Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Grundsätze

der

Strassen-, Brücken-, Kanal- und Hafen-Baukunde;

nach den

von

M. I. Sganzin,

General-Inspektor der Strassen-, Brücken- und Seebauten, ehemaligen Professor der k. polytechnischen Schule, Offizier der Ehrenlegion und Ritter des St. Michaels-Ordens,

an

der polytechnischen Schule zu Paris gehaltenen

Vorlesungen

aus dem Französischen übersezt und mit Zusäzen versehen

von

H. F. Lehritter und G. H. Straus,

königl. bayer. Bau-Konducteuren.

In zwei Theilen, mit 13 Steindruck-Tafeln.

Regensburg, 1832.

Auf Kosten der Herausgeber gedruckt

bei Friedrich Pustet.

Digitized by Google

M. I. SGANZIN'S

GRUNDSÄTZE.

I. Theil.

Baumaterialien - Lehre und Strassenbaukunde.

Digitized by Google

Dasselbe enthält in gedrängter Kürze die wichtigsten Lehren der Strassen-Brücken-, Kanal- und Hafen-Baukunde, vollständig genug, um den Bau-Eleven, für die es eigentlich bestimmt ist, nicht nur klare Begriffe von den dahin gehörigen Gegenständen beizubringen, sondern auch sie in den Stand zu sezen, ein Projekt über einen beliebigen Bau solcher Art auszuarbeiten. Dabei sind im Vortrage Theorie und Praxis so glücklich mit einander verbunden, dass keine Schrift mehr als diese mit Recht einem angehenden Baubeamten empfohlen werden dürfte, da sie ihn einerseits von der schwindelnden Höhe zurückhält, auf welcher ein spekulative, in der Ausführung meistens Schaden stiftende Theorien führen, andererseits aber auch ihn vor jener, leider nur zu häufigen Seichtigkeit bewahrt, welche das Studium rein praktischer Schriften gewöhnlich zur Folge hat.

Die erste Abtheilung des Originals dieses Werkes, welche die Lehre von den Baumaterialien enthält, hat nur wenig allgemeines Interesse und ist fast nur für Paris und dessen Umgebung berechnet; von den natürlichen Steinen insbesondere handelt dieselbe in allzugedrängter Kürze; unter den, beim Bauen in Anwendung kommenden Hölzern ist, mit Übergehung aller übrigen, nur von den Eichen die Rede: desshalb glaubte man, einzelne Vorlesungen dieser Abtheilung

Digitized by Google

gänzlich umarbeiten und die übrigen mit vervollständigenden Noten versehen zu müssen.

Die Noten, welche den übrigen drei Abtheilungen beigefügt wurden, sollen, da sie vorzüglich einfache, theoretische Entwickelungen enthalten, und der nächsten Bestimmung des Werkes angemessen zu seyn scheinen, mehr anregen als belehren.

Die über den Bau der Eisenbahnen, der grösseren hölzernen und eisernen Brücken, — unter denen die Bogenhängwerksbrücken und die Ketten-Brücken besonders beachtet wurden, — eingeschalteten *Vorlesungen* tragen wohl zur Vervollständigung des Ganzen bei und wir glauben somit, sowohl hiedurch, als durch die Hinzufügung der am Ende eines jeden Theiles befindlichen, in der Praxis sehr brauchbaren Tabellen, ein für Ingenieure und die es werden wollen nüzliches Handbuch geliefert zu haben.

Wir bemühten uns, das Original so treu als möglich zu verdeutschen, ohne uns jedoch durch das Eigenthümliche der französischen Konstruktionen fesseln zu lassen. Wohlunterrichtete, im Bauwesen erfahrene Männer haben uns hiebei sowohl in dieser Beziehung als insbesondere bei Ausarbeitung der ein-

Digitized by Google

geschalteten Vorlesungen wohlwollend mit ihrem Rathe unterstüzt und wir fühlen uns verpflichtet, Denselben hiemit öffentlich dafür unseren Dank auszudrücken.

Das Bedürfniss einer technischen Terminologie, in der Vollständigkeit, wie sie bereits die französische Schule besizt, fühlten wir in hohem Grade; desshalb müssen wir wegen einiger gewagten Verdeutschungen insbesondere die Nachsicht der Techniker in Anspruch nehmen.

Berichtigungen und belehrende Kritik sind uns willkommen; mit Dank werden wir jede Mittheilung dieser Art aufnehmen.

Regensburg, im Mai 1832.

Die Herausgeber.

Digitized by Google

Vorbericht des Verfassers.

Der Titel dieser Schrift zeigt an, was man sich von derselben zu versprechen und welchen Zweck man sich vorgesezt habe, als man diese Blätter der Presse übergab. *)

Man wollte kein vollständiges Werk über die Baukunst oder über die Strassen- und Brückenbaukunde liefern, man wollte blos den Eleven der polytechnischen Schule die wesentlichen Lehren eines mündlichen Vortrags ins Gedächtniss zurück rufen, der als integrirender Theil in die Reihe der Gegenstände trat, aus welchen der an der Schule damals ertheilte Unterricht bestund.

Dieser Lehrkurs, ohne Zweifel viel zu kurz, um alle Details der Konstruktionslehre zu umfassen, musste sich daher blos auf das Wesentlichste beschränken. In der ersten Abtheilung wurden die Eleven zuerst mit den verschiedenen Materialien bekannt gemacht, welche bei Aufführung der Gebäude vorkommen; und da in Bezug auf Aufstellung allgemeiner Grundsäze und verschiedener Konstruktions-Methoden die beste Art zu unterrichten immer darin besteht, Anwendungen zu zeigen, so widmete man die beiden lezten Theile diesem Gegenstande.

Dieser Kursus wurde von einem Strassen- und Brückenbau-Ingenieur bearbeitet, weshalb, da die Dienst-Verrichtungen eines solchen zur Anwendung

*) Anmerkung. Der vollständige Titel des Orginales ist: *Programmes ou Résumés des leçons d'un Cours de Construction, avec des Applications tirées principalement de l'Art de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées, conformément au système d'enseignement adopté par le Conseil de Perfectionnement de l'an* 1806; *par* M. I. Sganzin, Inspecteur général ect. ect. 3me Edition, revue, corrigée et augmentée. Paris, chez Courcier. 1821. d. H.

Digitized by Google

der in der Schule gelehrten Wissenschaften zahlreiche Gelegenheiten darbieten, die Wahl der Anwendungen natürlich und vorzugsweise unter solchen Werken getroffen werden musste, welche dieser Klasse von Ingenieuren anvertraut sind.

Man wird unter diesen gedrängten Abhandlungen Vorlesungen finden, welche einzig und allein für das Nachdenken der Eleven bestimmt sind; ferner allgemein anerkannte Grundsäze, Formeln und Resultate von Erfahrungen und Beobachtungen in Beziehung auf Konstruktionen; und in dieser Hinsicht werden sie nicht nur jenen Eleven, welche sich dem Strassen- und Brückenbau widmen, sondern auch denjenigen unter ihnen nüzlich seyn, welche sich den verschiedenen anderen Abtheilungen des öffentlichen Dienstes bestimmen.

Diese Auseinandersezung ist nöthig, damit der Zweck des Werkes und die Absicht des Verfassers nicht missverstanden werden: überdis hat derselbe, indem er diese kurzen Abhandlungen drucken liess, nur den Wünschen Genüge geleistet, welche das Konseil für den Unterricht damals kund gab.

Diese dritte Ausgabe liefert eine neue Tafel unter der Nummer 4bis *); sie ist zum Verstehen des Textes unentbehrlich; da sich dieselbe unter den Rissen befand, welche die Eleven in der Schule zeichnen mussten, so liess man sie deshalb in den früheren Ausgaben hinweg.

*) Die im Originale dieses Werkes mit 4bis bezeichnete Tafel kommt in vorliegender Übersezung unter der Nro. III vor. d. H.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniss des ersten Theiles.

	Seite
Subscriptions - Verzeichniss	V
Vorwort der Herausgeber	XIII
Verbericht des Verfassers	XVII

I. Abtheilung.

Baumaterialien.

I. Vorlesung.

Einleitung — Eintheilung der Baumaterialien. — Mineralische, nicht metallische Baumaterialien 1

Note 1) Eintheilung der Baumaterialien nach Sganzin, und Bemerkung; S. 1. — Note 2) Klassifikation der Steine nach Sganzin und Bemerkung hierüber; Citate; S. 2. — Note 3) Krystalle, Krystall-Systeme, Massen, Bruch, u. s. w; S. 5. — Note 4) Härtegrade der Mineralien nach Mohs; S. 7. — Note 5) Metallische und nicht metallische Farben; Citate; S. 7. — Note 6) Grade und Arten des Glanzes; S. 8. — Note 7) Fernere Merkmale der Mineralien; S. 8. — Note 8) Tabelle der chemisch einfachen Mineralien; S. 9. — Note 9) Gruppenreihe des mit allen einfachen Stoffen sich verbindenden Säurestoffes; S. 10. — Note 10) Bezeichnung der Mischungsverhältnisse und Gewichte; S. 11. — Note 11) Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre; S. 12. — Note 12) Übersicht des auf chemischen Prinzipien gestützten Mineral-Systems; S. 13. — Note 13) Kurze Erwähnung der Grundstoffe, aus deren Verbindung unter sich und mit säure die Fossilien hervorgehen; S. 14. — Note 14) und 15) Citate; S. 17 und S. 24. —

II. Vorlesung.

Von den beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten. — Feste Gesteine. — Ungleichartige; körnige; schieferige; porphyrartige. . . 30

Note 15—25) Gänge, Alter, Lagerung, Gebirgsform, Verbreitung und Vorkommen des Granit, Syenit, Gabbro, Hornfels, Gneis, Glimmerschiefer und Feldstein Porphyr; S. 32 — S. 45. — Note 26) Porphyr-Arten, welche bei der Pracht-Baukunst in Anwendung kommen; S. 46. —

III. Vorlesung.

Gleichartige Gesteine. — Körnige, schieferige; dichte Gesteine. — 47

Digitized by Google

Seite

Note 27—56) Gänge, Alter, Lagerung, Verbreitung, Gebirgsform und Vorkommen des Granulit, körn. Quarzgesteines, Hornblendegesteines, körn. Kalkes, Gypses, Dolomit, Talkschiefers, Topfsteines, Hornblendeschiefers, Übergangs-, Alpen-, Jura-, Muschel-, Grob-, und Süsswasserkalkes, Kalktuffes, Mergels, Stinkkalkes, Rauhsteines, Phonolith und Kieselschiefers; S. 48. — S. 72. —

IV. Vorlesung.

Scheinbar-gleichartige Gesteine. — Schieferige; dichte; glassartige; schlackenartige Gesteine. — Trümmer-Gesteine. Lose Gesteine. 73

Note 57—83) Gänge, Alter, Lagerung, Verbreitung, Gebirgsform und Vorkommen des Thonschiefers, Trachyt, Aphanit, Serpentin, Basalt, Thons, Pechsteins, verschl. Basalt, der Erdschlacke, Grauwacke, des ältern Sandsteins, Kohlen-Sandsteins, bunten Sandsteins, der Molässe, Nagelflue, des Trachyt-Trümmer-Gesteins, Traas, Trapptuffes, Gerölle, Sands, Lösses und Lehms; S. 73—S. 95. —

V. Vorlesung.

Von den Steinen in Beziehung auf ihre Anwendung als Hau- und Bruchsteine bei den Bauten. — Von den Ziegeln. — Vom Pisé. — . 96

Note 84) Inhalt dieser Vorlesung im Originale; S. 96. — Noten 85, 86, 87, u. 88). Einfluss der Witterung und des Frostes auf Steine. Citate. Meinung des Hrn. Hofr. Fuchs über die Brard'sche Methode, den Widerstand der Steine gegen Frost zu prüfen; S. 99. — Noten 89, 90, 91 u. 92) Bedingungen der Festigkeit und Gestalt des Bruches der Steine; Citate; S. 100 — Note 93) Biegsamkeit der Steine, Tredgold's Versuche; S. 101. — Note 94) Eigenschaften des Lehms zu Luftziegeln und als Bindemittel; S. 103. — Note 95) Citate; S. 106. — Note 97 u. 98) Noch einige Eigenschaften eines guten Backsteines und Anwendung desselben; S. 110. — Note 99) Ziegelmasse mit vegetab. Stoffen; S. 111. —

VI. Vorlesung.

Von den zur Mörtelbereitung dienenden Materialien. — Vom Kalke; — vom Sande; — vom Cement; — von der Puzzolane; — vom Basalte; — vom Bimssteine; — von der Asche von Tournay. — Vom Gypse. — . 113

Note 100) Erklärung; S. 113. — Note 101) Brennen des Kalkes; Citate; S. 114. — Note 102) Citate über verschiedene magere Kalke; Vicat's Verfahren gem. Kalk in hydraulischen Kalk umzuwandeln. — Verfahren, um zu untersuchen, ob ein Kalkgestein ein sog. hydraulisches sey; Citate. — Der Boulogner-Stein; S. 115—120. — Note 103) Über die Qualität des Sandes zu Mörtel, nach Fuchs, Vitruv; S. 121. Note 104) Citate; S. 123. — Note 105) Puzzolane; S. 124. — Note 106) Basalt zu Mörtel; S. 125. — Note 107) Citate; S. 126. — Note 108) Citate; S. 128. — Note 109) Eigenschaften des Wassers zum Kalklöschen und zur Mörtelbereitung; S. 128. — Note 110—115) Analyse, Todtbrennen, Brennen, Pulverisiren, Anmachen und Anwendung des Gypses; Citate; S. 130—S. 131. —

VII. Vorlesung.

Von den Mörteln und ihrer Bereitung. — Vom Löschen des Kalkes. Bereitung der Gemenge. — Erfahrungen über das spezifische Gewicht und über die Widerstandskraft der Mörtel der Alten und der Neuern. . 132

Note 117) Meinung des Hrn. Hofr. Fuchs über die Vicat'schen Löschungs-Arten; S. 133. — Note 118) Menge-Verhältnisse des Kalkes und der übrigen Substanzen

Digitized by Google

Seite

zu Mörteln, nach Hrn. Fuchs; S. 135. — Note 119) Citate; S. 139) — Note 120) Citate; S. 140. — Note 121) Urtheil des Hrn. Hofr. Fuchs über den Werth von Versuchen, welche die Konsistenz von Mörteln angeben; S. 142 — Note 122) Bereitung des Luft- und Wassermörtels, nach Hrn. Hof. Fuchs; S. 143. — Note 123.) Citaten, (Beton); S. 151. —

VIII. Vorlesung.

Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Art des Versezens der Steine. — Bruchstein- oder gemeines Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Backstein-Gemäuer. — Béton. — 152

IX. Vorlesung.

Vom Holze, als Baumaterial betrachtet. — 167

Note 124) Hauptarten der Eiche; S. 168. — Note 125) Kurze Beschreibung der Nadel- und Laubhölzer, welche beim Bauen in Anwendung kommen; S. 170 — Note 126) Berichtigung; Eigenschaften des Holzes, Reissen, Werfen, Alter u. s. w; S. 173. — Note 127) Einfluss des Bodens auf die Güte des Holzes; S. 178. — Note 128) Kennzeichen eines gesunden, kranken und fehlerhaften Baumes; S. 180. — Note 129) Über Fällzeit und Dauer der Hölzer; Citate; S. 182. —

X. Vorlesung.

Widerstand der Hölzer. — Vom Eisen: Erfahrungen über die Kohäsionskraft dieses Metalles. — 187

Note 130 — 132) Citate; S. 190 — S. 192. — Note 133) Über die Stärke und den Guss des Gusseisens, nach Tredgold; S. 196. — Schlussbemerkung über die Festigkeit der Baumaterialien; Formeln, Versuche und Citate; S. 20) —

II. Abtheilung.

Strassenbau.

XI. Vorlesung.

Eintheilung der Strassen; Abmessungen; Profile der Strassen im Allgemeinen; Pflaster- und Steinstrassen. — 206

Note 1) Bestimmung der Strassenbreite; S. 207. — Note 2) Vergleichung des Meters mit d. pariser u. d. bayerischen Fuss; S. 208. — Note 3) Zweckmässigste Form einer Strasse auf ihrer Oberfläche; Citate; S. 208. — Note 4) Citate, (Obstbaumpflanzungen an Strassen); S. 210. — Note 5) Vergl. des Kilo- und Myriameters mit der bayer. Stunde; S. 210. — Note 6) Harte Sandsteine zu Pflaster stehen dem Granite u. s. w. nach; S. 212. — Note 7) Vorzug schief gepflasterter Strassen; S. 213. — Note 8) Citate; S. 213. — Note 9) Pflasterstrassen werden weniger gewölbt, als Steinstrassen; S. 114. —

Digitized by Google

Seite

Note 10) Sezen des Grundbaues; S. 215. — Note 11) Mac-Adam's System und Bemerkungen darüber; S. 216. — Note 12) Stellung und Zweck der Linienteine; S. 217. — Note 13) Materialien, die besonders feste Fahrbahnen geben; S. 207 — Note 14) Gemischte und Klinkerstrassen; S. 217. — Note 15) Unterhaltung der Strassen; S. 219. —

XII. Vorlesung.

Betrachtungen über die Bildung der verschiedenen Profile einer Strasse in Bezug auf Lokalitäten; Strassenprofile in ebenen Gegenden; Detail über alle ihre Theile; — Mulden für den Abfluss der Gewässer; — Schärpen. — Fahrbahnen; Gräben. — . . . . . .

Note 16) Über die Längenneigung auf Strassen; S. 222. — Note 18) Nachtheil der auf ein Faschinat gelegten Strassen-Dämme; S. 226. —

XIII. Vorlesung.

Profile der Strassen in Gebirgs-Gegenden, und erste Betrachtung über den Zug dieser Gattung Strassen; Bestimmung und Berechnung der vortheilhaftesten Lage der Mulden in Gebirgs-Gegenden; ökonomische, kommerzielle, militärische Betrachtungen über den vortheilhaftesten Zug eines Strassen-Entwurfes. — Bestimmung des Zuges der geraden Richtungen. — Vereinigung der geraden Richtungen durch Kurven. — . 227

Note 19) Erklärung; S. 228. — Note 20) Bestimmung der Lage, Anzahl und Weite von Strassen-Durchlässen; S. 230. — Note 21) Bestimmung eines Strassen-Zuges ohne Neigungsmesser; S. 231. — Note 22) Fall, in welchem eine Stüzmauer angelegt werden muss; S. 233. — Note 23) Abmessungen gewöhnlicher Geländersteine auf Strassen; S. 234. —

XIV. Vorlesung.

Graphische Methoden der Vereinigungen der Richtungen in ebenen und gebirgigen Gegenden. — Theorie und Praxis des Nivellements. — Anwendung der Wasserwage zur Bildung eines Strassen-Entwurfes in der Ebene. — Gebräuchliche Methode um ein Nivellement aufzutragen. — System der Erzeugung des Geländes zwischen zwei Querprofilen. . . 240

Note 24 — 25) Bemerkungen über die Vereinigungs-Kurven nach der 2ten u. 3ten Methode; S. 241 — Note 26) Bestimmung des kleinsten Krümmung-Halbmessers auf Strassen; S. 243 — Note 27 u. 29) Absteeken grosser Kurven von 1000' Länge u. darüber; S. 244 u. S. 246. — Note 28) Citate; S. 245. — Note 30) Formel, um die Abweichung des scheinbaren Horizontes vom wahren zu finden; S. 247. — Note 31) Andere, sehr gebräuchliche Methode, ein Nivellement aufzunehmen; S. 250. —

XV. Vorlesung.

Von dem Neigungsmesser für die Bestsimmung des Zuges der Strassen in Gebirgs-Gegenden. — Anwendung auf die Bestimmung eines Zuges. — Neue Betrachtungen und allgemeine auf den Zug dieser Art Strassen anwendbare Grundsäze. — Bestimmung der Neigungen und Steigungen auf einem aufgetragenen Nivellement für einen Strassen-Entwurf in der Ebene. — Berechnung der rothen vertikalen Zahlen. — Me-

Digitized by Google

thode diese rothen Zahlen gleichzeitig mit dem Zuge durch den Neigungsmesser und ohne ein aufgetragenes Nivellement zu erhalten.

Note 32) Über Barometermessungen, Formel und Bemerkungen für die Praxis; S. 257. — Note 33) Gesez nach welchem Steigungen anzulegen sind; Berechnung der Vorspannpferde auf diesen, und Erfahrungen über den Widerstand auf Strassen; S. 260. — Note 34) Lage des Strassenprofiles, damit Ab- und Auftrag sich ausgleichen; S. 264. — Note 35) Wendeplätze sollen horizontal seyn; S. 265. — Note 36) Gründe, welche die Wahl zwischen zwei Strassenzügen bestimmen; S. 266. — Note 37) Citate; S. 267. — Note 38 u. 39) Erklärungen; S. 268 u. S. 269. —

XVI. Vorlesung.

Übergangspunkte. — Rothe Zahlen nach der Quere. — Horizontale Entfernung, welche die Übergangspunkte von dem Zusammentreffen zweier Böschungen bestimmt. — Kubirung der Körper. — Zerlegung der Körper. — Erd-Arbeiten. — Transport des Abtrags und Mittel ihn abzukürzen. — Übersicht der Berechnung der Körper. — 272

Note 40) Lehren für Querprofile; S. 273. — Note 41) Theoretische Entwickelung der Hauptformel für die Kubirung der Erdmassen. S. 275. — Note 42) Wurfweite für Erde mit Schaufeln; S. 277. — Note 43) Transportweite für Erde mit Schubkarren; S. 277 — Note 44) Ansätze in Voranschlägen für die Unterhaltung der Werkzeuge und für den Nutzen des Unternehmers; S. 279. — Note 45) Citate; S. 279. — Note 46) Grösse der Kompression von Erde; S. 280. — Note 47) Andere gebräuchlichere Methode der Erdberechnung; S. 281. —

Tabelle zur Berechnung der Erdmassen eines Strassen-Entwurfes. — 284

XVII. Vorlesung.

Schienenwege; Holz- und Eisenbahnen; drei verschiedene Arten der Konstruktion und Abmessungen derselben. — Transport durch Pferde und durch Dampfwagen. — 288

Note 48) Über Benennung und Erfindung der deutschen Schienenwege; S. 291. — Note 49) Zweckmässigere Form der Nägel zur Befestigung der Schienen; Seite 293. — Note 50) Konstruktion der Schienen bei Ausweichepläzen; S. 294. — Note 51) Lage der Schienen beim Kreuzen der Bahn mit einer Strasse; S. 296. — Note 52) Vortheil des Schalengusses; S. 296. — Note 53) Citate; S. 297. — Note 54) Walzen der Schienen; Citate; S. 299. — Note 55) Entwickelung der Formel für die untere Begrenzungslinie einer Schiene; S. 302. — Note 56) Versuche über Tragkraft stabeiserner Schienen; Entwickelung der Formel für die vortheilhafteste Länge einer Schiene; 306. — Note 57) Strickland's Meinung über die Vortheile guss- u. stabeiserner Schienen; S. 306. — Note 58) Entwickelung einer Formel für die Zugkraft der Pferde auf Eisenbahnen nebst Erfahrungen und Citaten hierüber; S. 307. — Note 59) Erläuterung; S. 314 — Note 60) Steinbahnen in England; S. 316. —

XVIII. Vorlesung.

Allgemeine Bestimmungen über die Anlage von Eisenbahnen. — Einfache und doppelte Bahnen; Richtung und Neigung derselben; schiefe Ebene; Bremsberge; Ausweichepläze. — Kunstarbeiten und Kosten der Eisenbahnen. 317

Note 61) Kurze Beschreibung der Eisenbahn zur Verbindung der Donau und Moldau, von Hrn. Ritter v. Gerstner; S. 319. — Note 62) Erläuterung; S. 324. —

Digitized by Google

Note 63) Citate; S. 324. — Note 64) Grösse des Krümmungs-Halbmesser auf Eisenbahnen. — Drehscheiben; Probebahn in Nympfenburg; S. 323 — Note 65) Widerstand auf schiefen Ebenen; Versuche von Wood; Citate; S. 328, Note 66) Berechnung der Kraft und des Kohlen-Bedarfs eines Dampfwagens; Grösse der mechanischen und der wirklichen Pferdekraft nach verschiedenen Autoren. S. 330. Note 67) Ausführliche Angabe der Kohten einer Eisenbahn; S. 334. — Note 68) Reglements und Zolltarif auf englischen Bahnen; S. 336. —

Inhalt der neu hinzugefügten Tafeln.

I. Tafel; zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine. Nach Röder. 338

II. Tafel; zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine. Nach Rennie. 339

III. Tafel; Schmirke's und Brahmah's Versuche über die Tragkraft mehrerer in England vorkommenden Bausteine. 341

IV. u. V. Taf l; Tredgold's Versuche über die Biegsamkeit der Steine. . . . . 340 u. 341

VI. Tafel; Tredgold's Versuche über die Erlangung von Daten, um darnach die Seitenstärke der Steine bestimmen zu können. . . . 341

VII. Tafel; Ordnung der Härte verschiedener Arten Sandsteine. . . 342

VIII. u. IX. Tafel; Rondelet's Versuche über die rückwirkende Festigkeit mehrerer Mörtelarten: zum Texte gehörig. 343

X. Tafel; zur Bestimmung der Umfänge oder Durchmesser der Fichten, Tannen, Buchen, Föhren und Lärchen bei verschiedenen, bekannten Höhen der Stämme. 344

XI. Tafel; Buffon's Versuche über horizontal liegende und in der Mitte belastete, frisch gefällte Eichenhölzer. 345

XII. Tafel; Girard's Versuche über vertikal stehende und an ihrem oberen Ende belastete Eisenhölzer. 345

XIII. Tafel; Rennie's Versuche über das Zerdrücken von Gusseisen 346

XIV. Tafel; Rondelet's Versuche über das Zerbrechen horizontal liegender Stangen von Gusseisen. 346

XV. Tafel; Resultate der von Séguin d. ä. über das Zerreissen von Schmiedeeisen angestellten Versuche. 347

XVI. Tafel; Dileau's Versuche über die Biegung schmiedeeiserner Stäbe. 347

XVII. Tafel; Resultate der von Séguin, d. ä. über das Zerreissen des Eisendrathes angestellten Versuche. 348

XIX. Tafel; über die Höhen des scheinbaren Horizontes über dem wahren 349

XX. Tafel; Spezifische und absolute Gewichte einiger Baumaterialien. 350

XXI. Tafel; Vergleichung mehrerer Fussmaasse und Gewichte. . 350

Digitized by Google

I. Abtheilung.

BAUMATERIALIEN.

I. Vorlesung.

Einleitung. — Eintheilung der Baumaterialien. — Mineralische, nicht metallische Baumaterialien.

Die Baumaterialien, als die wesentlichen Elemente der Gebäude betrachtet, lassen zweierlei Arten von Untersuchungen zu:

1) die Prüfung ihrer wesentlichen Bestandtheile und ihrer Eigenschaften,

2) jene ihrer Anwendung.

Unter den Baumaterialien unterscheidet man hauptsächlich:

mineralische . { nicht metallische, metallische,

vegetabilische. [1])

[1]) Sganzin giebt folgende Eintheilung der Baumaterialien: natürliche, künstliche Steine, Kalk, Sand, Hölzer und Metalle.

Diese Eintheilungsweise ist wissenschaftlich nicht begründet, deshalb wurde an ihre Stelle die oben angegebene gesezt, und nach ihr wurden die Baumaterialien untersucht. Dis machte zugleich nöthig, in der Anordnung der Vorlesungen einige Änderungen eintreten zu lassen, wobei jedoch der

Digitized by Google

Mineralische, nicht metallische Baumaterialien.

Die Baumaterialien, welche das Mineralreich liefert, sind das Resultat des Gemenges elementarer Erden, die rein oder mit anderen Stoffen gemischt vorkommen. Sie bilden eine weitläufige Nomenclatur.

Die Naturforscher, welche die Klassifikation der natürlichen Steine aufgestellt haben, schlugen nicht alle denselben Weg ein.

Einige haben als Grundlage für die Klassifikation die sichtbaren oder physischen Eigenschaften angenommen.

Andere haben die Steine nach der natürlichen Agregatform ihrer wesentlichen Bestandtheile geordnet; dis ist das System des berühmten Naturforschers Hauy.

Endlich haben einige Naturforscher, an deren Spize Cronstedt zu stellen ist, die Steine nach ihrer chemischen Zusammensezung gereiht.

Wir werden jener Methode folgen, welche die Gesteine an ihren äusseren Merkmalen erkennen lehrt, das Wissenwertheste über die chemischen Eigenschaften derselben beifügen, und zugleich ihre Anwendung bei dem Bauen zeigen. [2])

Zweck: — eine Übersezung des, auch in der ersten Abtheilung sehr brauchbaren Sganzin'schen Werkes zu liefern, — nicht aus dem Auge verloren wurde. Statt einer gänzlichen Umarbeitung der ersten Abtheilung beschränkte man sich darauf, in den ersten Vorlesungen die mineralischen, nicht metallischen Baumaterialien auf eine Weise zu klassificiren, die zwar wesentlich von der verschieden ist, die Sganzin angenommen, die aber als die angemessenere in Beziehung auf Bauwissenschaft erschien. Hierüber das Nähere im Folgenden.

[2]) Sganzin hält die Klassifikation der Steine nach ihren chemischen Zusammensezungen für die der Baukunst geeignetste und theilt hienach die Steine ein, in: 1. thonige; — 2. kalkige; — 3. gypsige; — 4. kieselige; — 5. gemengte Gesteine.

Die mit 2 und 3 bezeichneten Gesteine bilden aber, streng genommen, nur eine Klasse, die wieder in zwei Arten zerfällt, nemlich in die der kohlensauer-kalkigen und in die der schwefelsauer-kalkigen Steine; ferner ist dabei der talkigen Steine gar nicht erwähnt.

Hiernach ergiebt sich folgende Eintheilung:

1. talkige; — 2. thonige; — 3. kieselige; — 4. a. kohlensauer- b. schwefelsauer-kalkige; — 5. gemengte Gesteine.

Da die Kenntniss der manichfachen Gesteine (Felsarten), welche die Natur dem Ingenieur zur Verwendung beim Bauen bietet, für diesen ohne Zweifel von höherem Interesse ist, als jene der einzelnen Fossilien, wie sie die Mi-

Digitized by Google

Allgemeine Kennzeichen der Mineralien.

Die Kennzeichen der Mineralien theilen sich in physische und in chemische.

Physische Kennzeichen der Mineralien.

Unter den physischen Kennzeichen unterscheidet man:

Die Gestalt. Sie ist eines der wichtigsten Attribute aller Körper. Sind diese von bestimmten Winkeln und Flächen eingeschlossen, so wird sie Krystallgestalt, und die Körper, welche sie annehmen, werden Krystalle genannt. Alle Mineralien würden krystallisirt seyn, wenn die hiezu erforderlichen Bedingungen und Umstände vorhanden gewesen wären.

Vollkommen gebildete Mineralien erscheinen als deutliche Krystalle. Mehrere kleine Krystalle, in Haufwerken zusammen-

---

neralogie nach Klassen, Geschlechtern und Arten geordnet, beschreibt, so verdient eine charakteristische Bezeichnung der Felsarten wohl den Vorzug vor jeder anderen Klassifikations-Methode; denn wenn es gleich von Wichtigkeit ist, die chemischen Eigenschaften der Gesteine zu kennen, um sie mit Vortheil beim Bauen zu gebrauchen, so ist es doch nicht minder wichtig, mit jenen Merkmalen vertraut zu seyn, nach welchen sich jedes Gebirgs-Gestein, als solches, von allen übrigen unterscheidet.

Die Anwendung der Chemie beschränkt sich mehr auf die Eigenschaften der einzelnen, mehr oder minder wesentlichen Gemengtheile der Felsarten; der ersteren sind aber, im Verhältnisse zu den leztern, nur wenige und so scheint es denn am zweckgemässesten zu seyn, zuerst diese einzelnen Gemengtheile nach ihren physischen und chemischen Kennzeichen vorzuführen, daran die Erklärung der geognostischen Formen zu knüpfen und dann erst die Charakteristik der Felsarten folgen zu lassen.

Dis ist die Eintheilungsweise, welche der nachstehenden Beschreibung der mineralischen, nicht metallischen Baumaterialien zu Grunde liegt.

Die Schriften, welche wir benuzt haben, sind: Vorlesungen über Mineralogie von dem Hrn. Hofrath und Prof. Fuchs in München; — Charakteristik der Felsarten, von Hrn. Hofrath und Prof. v. Leonhard in Heidelberg: (Heidelberg b. Engelmann, 1824); — Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, u. s. w. von Hrn. Prof. Accum in Berlin: (Berlin, b. Reimer, 1826); — endlich: Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine u. s. w. von Hrn. Direktor Klöden, (in des Hrn. geh. Ober-Baurathes Crelle Journal für Baukunst, 3. Bd. 3. u. 4. Hft, u. 4. Band, 1 — 3. Heft.) —

Digitized by Google

geordnet, mit Spuren glänzender Krystallflächen, bilden krystallinische, verworren unter und übereinander liegende aber, dichte Massen. In compakten Massen lässt sich keine Krystallisation unterscheiden. Die Theile der erdigen Mineralien lassen sich nach jeder Richtung leicht trennen, im lockeren Zustande der ersteren erscheinen die lezteren als pulverige Massen. Die äussere Gestalt ist bei den, in den zulezt bezeichneten Zuständen vorkommenden Mineralien bloss zufällig. Es giebt ferner nachahmende, fremdartige Bruch-Gestalten. Äusserlich ganz unförmliche Massen werden derbe Massen genannt. [3])

---

[3]) Bei den Krystallen kommen in Betrachtung: ihre Flächen, Kanten und Ecken. Sie werden sämmtlich in gleich- und ungleichartige getheilt.

Von dem Mittelpunkte des Krystalles stehen alle gleichartigen Theile gleichweit ab. Die von diesem Punkte aus durch die Mitte der Flächen und Kanten und in die Ecke gezogenen Linien heissen Achsen. Aus der Neigung und Lage der Flächen gegen diese Linien geht die Verschiedenheit der Krystalle hervor.

Ungeachtet der grossen Manchfaltigkeit der Krystallformen lassen sich dieselben doch auf einige Hauptformen, Stammformen, zurück führen; sie sind: der Würfel, das Oktaeder, das Tetraeder, das Rhombendodekaeder, der Granatdodekaeder, das Trapezoeder, (mehrachsige Stammformen); — das Rhomboeder, die Pyramide, das Prisma (einachsige Stammf.). Die Veränderungen und Übergänge dieser selten vollkommen ausgebildet erscheinenden Hauptformen entspringen: aus der Abstumpfung, (gerade und schiefe Abstumptung); aus der Zuschärfung, (gerade, und schief aufgesezte Zuschärfung mit der ihr zugehörigen Zuschärfungskante); aus der Zuspizung. — Diese Veränderungen sind oft selbst wieder Veränderungen unterworfen (mehrfache Veränderungen) und machen dann die Bestimmung der Hauptform schwierig. — Einem, durch alle Gestalten der Mineralien durchgreifenden Geseze der Symetrie zu Folge aber wiederholt sich jede an einem Theile der Hauptform vorgehende Veränderung in der Regel an allen gleichen Theilen zugleich und in derselben Lage. — (Krystall-Übergänge).

Der unter den verschiedenen Formen Statt habende merkwürdige Zusammenhang wird Krystall-System genannt und lässt sich in sechs Hauptgruppen abtheilen.

1. Krystallsystem; Würfel-, Tassular- oder sphäroïdisches System. — Stammform: der Würfel, das Oktaeder, Tetraeder, Rhombendodekaeder und Trapezoeder.

2. Krystallsystem; rhomboedrisches oder Hexagonal-System. Dahin gehörige Gestalten: die Rhomboeder jeder Art, die regelmässigen, ungleichen und sechsseitigen Pyramiden, das regelmässige, das sechs- und zwölfseitige Prisma, so wie alle daraus ableitbaren Formen.

Digitized by Google

Das spezifische Gewicht. Bei Mineralien einer Species bleibt das spezifische Gewicht sich im Allgemeinen gleich und bei der Untersuchung thut man, um ein ganz sicheres Resultat zu erlangen, wohl, die höchste Angabe für die beste anzunehmen, weil ganz vollkommene Mineralien selten sind.

---

3. Krystallsystem; System der Quadratpyramide. — Es gehören dahin: das quadratische Prisma, die Quadrat-Pyramide, mit einigen abgeleiteten Formen, ebenso die ungleichschenklige, achtseitige Pyramide.

4. Krystallsystem; System der Rhombenpyramide. — Seine Hauptformen sind: die Rhomben, die rectanguläre Pyramide, das rhombische und rectanguläre Prisma.

5. Krystallsystem; System der schiefen, rhomb. Prismen. — Es begreift das schiefe rhomb. Prisma, das schiefe, rectanguläre Prisma, die Rhomboidal-Pyramide.

6. Krystallsystem. System des schiefen rhom. Prisma, als Hauptkörper

Jene Kraft, welche die äussere Gestalt der Krystalle bildet, bringt auch durch die ganze Masse des Körpers wirkend, jene innere mit der äusseren Form in Einklang stehende Anordnung der Theile hervor, die **Struktur, Gefüge** genannt, und bei vielen krystallinischen Massen durch mechanische Theilung derselben wahrgenommen wird. Die Art dieser Theilung heisst **Spaltung**; die dabei zum Vorschein kommenden Flächen heissen Spaltungsflächen; die bestimmten Richtungen nach welchen ein Mineral sich spalten lässt, werden Durchgänge der Blätter, die daraus entstehenden regelmässig gebildeten Körper Spaltungsformen, primitive Formen, Krystallkerne genannt. Sie erscheinen nicht bei allen krystallinisch gebildeten Körpern völlig deutlich, auch sind sie weit minder vielfältig als die äussere Krystallgestalt. Der Blätter-Durchgang, die Spaltbarkeit zeigen sich bald mehr bald minder vollkommen; beide dienen in solchen Fällen als wichtige Kennzeichen, wo entweder die äussere Form mangelt, oder schwer bestimmbar ist.

Die selten vollkommen ausgebildet erscheinenden Krystalle werden zuweilen durch Verwachsenseyn mehrerer mit einander entstellt. Die Verwachsen bildet verschiedenartige Gruppen.

Die Flächen, statt eben und glatt zu seyn, erscheinen öfter gekrümmt, gestreift, nezförmig, federartig, drusig, matt, rauh u. s. w.

Die meisten Krystalle sind ganz klein, oft mit dem unbewaffneten Auge nicht wahrnehmbar, doch erreichen auch einige eine Grösse von 2½ Fuss. — Pyramidenförmige, sehr spizig auslaufende, kaum ¼ Linie breite Krystalle heissen nadelförmige, und wenn sie noch dünner sind, haarförmige Krystalle.

Die Winkel werden, wo es nöthig ist, durch geometrische Winkelmesser bestimmt.

Eine **krystallinische Masse**, deren blättriges Gefüge so gross ist, als das Mineral selbst, heisst einfach. In Hinsicht auf Dimensions-Verhältnisse unterscheidet man gross-, grob-, klein- und feinkörnige; faserige-, schaalige Massen. Oft sind mehrere dieser Arten von Massen in einem Kry-

Digitized by Google

Der Zusammenhang der Mineralien. Er ist jene Kraft, welche die Theile der Körper verbindet und durch welche diese der Trennung widerstehen. Man unterscheidet drei Arten des Zusammenhanges: die Härte, Verschiebbarkeit und die Sprödigkeit.

Die Härte, als derjenige Widerstand, den ein Mineral einem, in dasselbe eindringenden, spizigen oder scharfen Körper entge-

---

stalle verbunden. Die Theile sind bald locker, bald sehr stark mit einander verwachsen (verbunden); ihre Trennung heisst Absonderung.

Die dichten Massen sind als Haufwerke von unendlich vielen, verwornen durch- und in einander gelegten Krystallen zu betrachten. Ihr Bruch ist fein oder grob, die Fläche desselben rauh oder glatt. Diese nicht immer stetigen Massen sind öfter aus sternförmigen, stenglichen oder schaaligen Theilen zusammengesezt. Dichte, nach einer Richtung in schaalige Theile trennbare Massen sind schieferig und zeigen oft Krystallisation.

Die erdigen Massen sind nach den verschiedenen Graden der Adhäsion bald zusammengebacken, bald locker, bald schaumartig, lassen sich zerreiben, und erscheinen öfters als staubartiges Pulver; ihre Theile sind fein- oder grobartig, und besizen bisweilen einigen Glanz. Einigen dieser Massen ist die Form ihrer Erscheinung ursprünglich eigen, bei andern ist sie das Resultat der Zerstörung oder Verwitterung anderer Mineralien.

Der Bruch, wesentlich verschieden von der Spaltung, ist die, nach ganz unbestimmter Richtung vorgenommene Theilung eines Minerals. Zeigt die Fläche des Bruches blattrunde Erhöhungen und Vertiefungen, so heisst er, wenn jene concentrisch sind, vollkommen, — ausserdem unvollkommen muschelig; — der ebene Bruch ist gerade fortlaufend. Bei dem unebenen Bruche zeigen sich auf der Fläche eckige Erhöhungen; der schieferige Bruch zeigt kleine keilförmige, bald losgerissene Theile. Die Flächen des bald grob-, bald feinerdigen Bruches erscheinen glanzlos, wie mit Staub überdeckt; jene des hackigen Bruches sind mit kleinen, krummen, spizigen Theilen übersät.

In Beziehung auf die Gestalt der nicht krystallisirten Massen ist folgendes zu bemerken. Man nennt ein Mineral, welches mehr als einen halben Zoll zur Länge, Breite und Dicke hat, derb. Von dieser Grösse aufwärts giebt es keine Gränzen. Ein, einem anderen Mineral in Körnern eingewachsenes heisst eingesprengt. Ein Korn von der Grösse einer Haselnuss bis zu der einer Erbse heisst gross; von der Grösse einer Erbse bis zu jener des Hanfkornes grob; vom Hanfkorn bis zum Hirsekorn, klein; unter der Grösse des lezteren aber fein. Gestalten, welche Ähnlichkeit mit andern haben, heissen nachahmende, sie sind kugelich, nieren-, traubenförmig, u. s. w. Fremdartige, von andern Körpern entlehnte Gestalten sind die Afterkrystalle und die Versteinerungen, (Nachbildungen organischer Körper.) Die durch Überziehung anderer, durch Auflösung weggeschaffter Körper, oder durch Luftblasen gebildeten leeren Räume, welche die derben Massen bald von deren Oberfläche nach Innen, bald ganz, bald nur im Innern durchziehen, sind zellig, blasig, löcherig.

Digitized by Google

gen sezt, hat verschiedene Grade, die durch Zahlen oder durch gewisse Mineralien bezeichnet werden.[4])

Die, immer nur relative Härte wird wahrgenommen durch Ritzen eines Minerals mit einem anderen, oder mit Glas, durch Schaben mit dem Messer, durch Anschlagen mit dem Stahle, durch die Feile.

Verschiebbare Theile können wohl durch mechanische Einwirkung aus ihrer Lage, nicht aber aus ihrem Zusammenhange gebracht werden.

Sie sind geschmeidig, wenn sie dem Schlage des Hammers nachgeben; biegsam, wenn sie, in dünnen Stücken, sich krümmen lassen, (elastisch und nichtelastisch.)

Bei spröden Körpern können die Theile derselben nur durch Aufhebung ihres Zusammenhanges aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht werden.

Das Verhältniss der Mineralien zum Lichte. Ein sehr wichtiges Kennzeichen der Mineralien ist ihre Farbe; sie ist für gewisse Mineralien characteristisch, bei anderen blos zufällig.

Man unterscheidet Haupt- und Nebenfarben und erstere wieder in metallische oder in solche die dis nicht sind.[5])

Die Intensität der Farben hat verschiedene Grade.

---

[4]) Sie sind nach Mohs, folgende:

1) Sehr weich, — Talk-Gyps;
2) Weich, — Steinsalz;
3) Halbhart, im geringen Grade, — Kalkstein;
4) „ im mittleren Grade, — Flusspath;
5) „ im hohen Grade, — Apatit, Glas;
6) Hart im geringen Grade, — Feldspath;
7) „ „ mittleren Grade, — Quarz;
8) „ „ hohen Grade, — Topas;
9) ungemein hart, — Korund;
10) überaus hart, — Diamant.

[5]) Metallische Farben, welche solchen Mineralien, die Metallglanz haben, stets wesentlich angehören, sind: Silberweiss, Zinnweis, Bleigrau, Stahlgrau, Eisenschwarz, Kupferroth u. s. w. Nicht metallische Farben sind: Weiss, Grau, Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Roth und Braun.

In des k. k. östr. Ingenieur-Hauptmanns Hrn. G. Weiss Lehrbuch der Baukunst etc. Wien 1820. I. Band. sind auf der Tabelle Nr. IV diese Farben mit ihren Abstufungen aufgezählt, weshalb wir darauf verweisen.

Digitized by Google

Ferner sind zu beachten: die Farbe des Pulvers und des Striches, das Farbenspiel, die Veränderungen der Farben, endlich der Glanz. [6])

Die Durchsichtigkeit und doppelte Strahlenbrechung. Je nach dem Grade als ein Mineral dem Lichte den Durchgang verstattet, heisst es: durchsichtig, halbdurchsichtig, an den Kanten durchscheinend, undurchsichtig. Die Durchsichtigkeit ist nur für die Metalle wesentlich. Die doppelte Strahlenbrechung ist allen krystallisirten Körpern eigen, die nicht zum sphäroidischen System gehören.

Die Phosphorescenz. Diese Eigenschaft gewisser Mineralien offenbart sich durch Einwirken des Sonnenlichtes, durch Reiben, Schlagen, Krazen, durch Erwärmung. Sie ist verschieden an Dauer, Stärke, Intensität, Farbe u. s. w.

Die Electricität wird in den Mineralien durch Reibung (und zwar durch diese nur in den Nichtleitern) durch Druck, Erwärmung, Berührung, Mittheilung hervorgerufen. Hiedurch wird ein Mineral positiv oder negativ elektrisch; durch Erwärmung beides zugleich.

Der Magnetismus ist nur dem Eisen und den Eisenerzen eigenthümlich, alle übrigen Mineralien, welche magnetisch sind, sind es nur durch ihren Gehalt an Eisen. [7])

Chemische Kennzeichen der Mineralien.

Die chemische Constitution. Sie ist der Inbegriff des materiellen Bestandes der Mineralien, sowohl in Rücksicht auf die Art, als auf das Menge-Verhältniss ihrer Theile.

---

[6]) Nach dem Grade der Stärke des lezteren hat man folgende Abstufungen: starkglänzend, glänzend, wenig glänzend, schimmernd, matt. Je nach der Art des Glanzes unterscheidet man: Metallglanz, halber Metallglanz, Diamantglanz, Perlmutterglanz, Fettglanz, Glasglanz.

[7]) Noch sind, als mehr oder minder bezeichnende Merkmale anzuführen: der Geruch; man unterscheidet bituminöse (Erdharz), schwefelartigen, knoblauch artigen (Arsenik), brenzlichen (Feuerstein beim Zerschlagen), Thongeruch, hepatischen Geruch (Schwefelleber, Quarz); — der Geschmack, welcher nur einigen, in Wasser auflösbaren Mineralien zukömmt; — das Anhängen an der Zunge. — Das Anfühlen, welches fettartig, mager, mehr oder minder kalt ist; der Ton, Klang, das Geräusch, welches manche Mineralien beim Zerschlagen äussern.

Digitized by Google

Die Mineralien sind hiernach chemisch einfache und zusammengesezte. Die lezteren sind die zahlreichsten. Sie werden sämmtlich in zwei Klassen: nichtmetallische und metallische, und jede von diesen wieder in zwei Gruppen: elektropositive und elektronegative, getrennt.*)

Aus der Verbindung der einfachen Stoffe entstehen die manchfachen und zusammengesezten Körper.

Man unterscheidet vier Ordnungen von Verbindung. Die erste, aus welcher die sogenannten unmittelbaren Körper hervorgehen, begreift die chemische Verbindung zweier Elemente zu einem Körper; bei der zweiten, häufigsten und vorzüglichsten, verbinden sich zwei schon zusammengesezte Körper der ersten Ordnung mit Körpern dieser Ordnung. Der dritten Ordnung gehört die Verbindung zweier Körper der zweiten Ordnung mit einem Körper der ersten oder zweiten Ordnung; die vierte Ordnung machen Verbindungen zweier Körper der dritten Ordnung mit Körpern der vorhergehenden Ordnungen aus.

---

*) Folgende Tabelle stellt die chemisch einfachen Mineralien, nach obigen Eintheilungen, dar:

I) Nichtmetallische.

a) Elektropositive.

Sauerstoff, 1;	Fluor, 2,25;	Selen, 5;	Boron, 6,75;
Chlor, 4,5;	Schwefel, 2;	Stickstoff, 1,75;	Silicium, 1;
Jod, 15,5;	Phosphor, 1,5;	Kohlenstoff, 0,75;	

b) Electronegative.

Wasserstoff, 0,125;	Lithium, 1,25;	Kalcium, 2,5;	Berylium, 2,25
Kalcium, 5;	Bargun, 8,5;	Magnesium, 1,5;	Ytrium, 4;
Natrium, 3;	Strontium, 5,5;	Alumium, 5,45? 5,12	Zirkonium, 4.

II. Metallische.

a) Elektropositive.

Arsenik, 4,75;	Wolfram) 12;	Tantal, 11,5;	Osmium, ?
Chrom, 3,5;	Selen)	Antimon, 5,5;	
Molybdän, 6;	Titan, 3,875;	Tellur, 4;	

b) Elektronegative.

Cerium, 5,75;	Kobalt, 3,625;	Blei, 13;	Rhodium, 6;
Uran, 16;	Eisen, 3,5;	Kupfer, 8;	Platin, 12;
Mangan, 3,5	Nickel, 3,625;	Quecksilber 12,5;	Gold, 8,25; *)
Zink, 4;	Wismuth, 8,875;	Silber, 13,5	
Kadmium, 5,5;	Zinn, 7,375;	Palladium, 7;	

*) Die beigesezten Ziffer bezeichnen die stoechiometrischen Zahlen, von denen im Folgenden die Rede seyn wird.

Digitized by Google

Einfache Körper, bei zusammengesezten sich widerholend, durch die Ordnungen hindurchgehend, treten als gemeinschaftliche Bestandtheile aller übrigen auf und begründen so gewisse Abtheilungen und Gruppen. [9])

Bei allen Körper, einfachen oder zusammengesezten, die eine chemische Verbindung eingehen, findet ein entgegen gesezтes Verhalten Statt, was der elektro-chemische Gegensaz genannt wird, und man unterscheidet deshalb possitive und negative Körper, wobei zu bemerken ist, dass gerade die am meisten sich anziehenden Körper am entgegengeseztestesten sind.

Das quantitative Verhältniss der Bestandtheile, wodurch die specifisch verschiedenen Körper hervorgehen, wird gewöhnlich nach Procenten bestimmt. Man denkt sich nemlich einen Körper in hundert Theile getheilt und giebt nun an, wie viele an den verschiedenen Bestandtheilen derselben in dem Körper vorhanden sind.

Wird irgend ein Körper als Einheit angenommen, und untersucht, wieviel von einem zweiten, oder dritten u. s. w. Körper bei dessen Verbindung mit dem ersten nöthig ist, damit jedesmal ein gleicher Grad der Sättigung erlangt werde, so erhält man das Mischungs- oder Atomengewicht (chemisches Aequiva-

---

[9]) Nachstehendes zeigt die Gruppenreihe, welche der mit allen einfachen Stoffen sich verbindende Sauerstoff bildet, und welche die der oxidirten Körper genannt wird: *) Wasser (Sauer- und Wasserstoff) 1,125.

Säuren aus Sauerstoff und nicht metallischen Basen gebildet:

Kohlensäure 2,75; Schwefel, 5; Salpeter 6,75;
Phospohrsäure 4,5; Borax 8,75; Kieselsäure oder Silicium, 2.

Gruppen mit Sauerstoff die nicht metallische mit salzfähigen Basen genannt werden:

Kali (Sauerstoff und Kalium) 6;
Natrium, 4;
Lythium, 2,25;
Amoniak, unbest.
} Alkalien.

Baryt (Sauerstoff und Barium 9,5;
Strontium, 6,5;
Kalk, 2,5;
} alkalische
Bittererde, 2,5;
Beryllerde, 3,25;
Zyrkonerde, 1,35;
Yttererde, 5;
} eigentliche
} Erden.

*) Die Produkte der Metalle mit Sauerstoff übergehen wir.

Digitized by Google

lent, Sättigungscapacität). Die, die Gewichte ausdrückenden Zahlen heissen stöchiometrische. Aus den verschiedenen Verbindungs-Verhältnissen, in welchen zwei Körper mit einander stehen, gehen die Verbindungsstufen hervor.[10])

Die chemische Reaction. Sie ist auf die chemische Constitution und auf die chemischen Eigenschaften der Bestandtheile gegründet und umfasst die Veränderungen und Erscheinungen, welche durch gewisse Körper oder Potenzen, — Reagentien genannt, — hervorgebracht werden, indem diese die Kräfte der Mineralien in Wirksamkeit sezen. Jene Veränderungen, die Eigenschaften der dadurch entstandenen Produkte, die dabei Statt findenden Erscheinungen heissen chemische Kennzeichen; sie sind von besonderer Wichtigkeit, und werden eingetheilt in Kennzeichen, die durch Versuche auf nassem Wege und in solche, die durch Versuche auf trocknem Wege ausgemittelt worden sind.

Auf nassem Wege ausgemittelte Kennzeichen sind die Auflösungen und die Präcipitation. Die hier in Anwendung kommenden Reagentien sind: Säuren, reine und mit Kohlensäure verbundene Alkalien, reagirende Papiere u. s. w.

Bei den Auflösungen wird durch die Aufnahme eines festen Körpers in einem flüssigen und durch die Verbindung beider ein flüchtiges Produckt gebildet. Man hat dabei die Qualität des Auflösungsmittels, den Grad der Auflösbarkeit, die Beschaffenheit des Rückstandes der nur theilweise sich auflössenden Mineralien, die Beschaffenheit der Auflösung und ihr Verhalten beim Abdampfen zu berücksichtigen.

Durch die Präcipitation wird ein Körper aus einer Auflösung in festen Zustand ausgeschieden, er heisst Präcipitat, Ni-

---

[10]) Der Kürze wegen werden die Mischungsverhältnisse auch in Formeln angesezt, in welchen die Bestandtheile mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennungen bezeichnet werden; ist das Verhältniss ein einfaches, so stehen die Buchstaben unmittelbar nebeneinander. Mehrere Mischungsgewichte eines negativen (gemeinschaftlichen, durchgehenden) Bestandtheiles werden durch Exponenten, die eines positiven durch Koefficienten ausgedrückt und die Glieder durch das Zeichen + verbunden. Der negative Bestandtheil wird der mineralisirende, formende, charakterisirende, aktive genannt.

Es giebt wesentliche und zufällige, Haupt- und Neben- oder Formenbestandtheile; die Hauptbestandtheile haben die grössten Mischungsgewichte; endlich kommen auch stellvertretende (vikarirende) Bestandtheile vor.

Digitized by Google

derschlag. Die Qualität des Fällungsmittels, die Beschaffenheit des Niederschlages sind bei der Präcipitation in Betracht zu ziehen.

Die auf trockenem Wege ausgemittelten Kennzeichen sind: das Verhalten der Mineralien im Feuer, durch dessen Einwirkung dieselben mancherlei Veränderungen erleiden. Durch Einwirkung anderer Substanzen (Zuschläge) werden die Mineralien in Reaction gesezt, die Erscheinungen vervielfältigt.

Die Mineralien werden entweder blos dem gewöhnlichen Feuer, oder der Flamme des Löthrohres ausgesezt. [11])

---

[11]) Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre für sich. Indem man die Mineralien vor dem Löthrohre bald auf der Kohle, bald auf der Zange, oder in Glasröhren oder Kolben untersucht, wendet man nur kleine Stücke, Splitter, seltener ein, des Zusammenhaltens wegen angefeuchtetes Pulver an, und beobachtet nachbezeichnetes Erscheinen:

Schmelzung. Je nach dem Grade der Schmelzbarkeit unterscheidet man die Mineralien in leicht schmelzbare, strengflüssige, nur an den Kanten flüssig werdende und in unschmelzbare. Die Schmelzung geht entweder ruhig oder mit Bewegung, Aufblähen, Schäumen, von Statten.

Die ganze oder theilweise Verflüchtigung findet theils sichtbar durch Rauch, Dampf, theils unsichtbar, gasförmig, — theils mit, theils ohne Zutritt der Luft Statt. Die, bei nicht gasförmiger Verflüchtigung wieder aufgefangenen Theile werden Sublimat, und der weisse, graue, gelbe Stoff der sich bisweilen an die Kohle anlegt, wird Beschlag genannt.

Die Oxydation kömmt vor dem Löthrohre bei Metallen, Erzen vor.

Durch die bald vollständige, bald nur theilweise Reduktion werden die Metalle aus den Erzen wieder hergestellt.

Die Veränderungen, welche der Zusammenhalt vor dem Löthrohre erleidet, bestehen darin, dass einige Körper mürbe werden, andere sich blättern, pulverig hinweg fallen, verknistern, oder auch wieder härter werden.

Bei der Veränderung des Umfanges der Gestalt findet zackiges Erhöhen (Ausblühen), Winden, Dehnen, Aenderung der Farbe, Verlust des Glanzes u. s. w. Statt.

Geruch und Geschmack werden bei manchen Mineralien oft charakteristisch.

Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre mit Zuschlägen. Unter den wenigen, für den mineralogischen Zweck als Zuschläge in Anwendung kommenden Stoffen sind der Borax, das phosphorsaure und das kohlensaure Natrum die vorzüglichsten. Ausser verschiedenen anderen Erscheinungen, welche mit den Zuschlägen vorkommen, zeigen sich auch die, welche bei den Mineralien ohne Zuschläge vor dem Löthrohre Statt finden.

Digitized by Google

Da es dem Zwecke des vorliegenden Werkes ebenso fremd ist, als es ausser dessen Grenze liegen würde, ein vollständiges Mineral-System zu liefern, so hat man sich im Nachfolgenden auf die Diagnose jener Mineralien beschränkt, welche die wesentliche Bestandtheile (bildenden Theile) der beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten ausmachen.[12])

Durch den Borax werden alle oxydirten, mineralischen Körper und ihre Verbindungen in Fluss gebracht, und glasartige Körper gebildet. Das nur auf die basischen Körper einwirkende phosphorsaure Natrum lösst die mit Kiesel verbundenen Erden auf und ist deshalb ein Reagens der Silikate. Die Soda, (kohlensaures Natrum) wird bei Reduktionsversuchen angewendet, und dient noch zu anderen Zwecken. Sie scheidet, vorzüglich bei Silikaten, Basen aus.

[12]) Es wird nur noch bemerkt, dass die Mineralien in der Ordnung aufgezählt werden sollen, in welcher sie sich als Glieder eines, auf chemische Prinzipien gestützten Systems (jedoch, wie sich aus obigem von selbst versteht, mit Hinweglassung der hieher nicht gehörigen) folgen. Um indessen eine Übersicht dieses Systems zu geben, bezeichnen wir zuvor noch im Nachstehenden die Klassen und die Genera desselben.

Ite Klasse. Nichtmetallische Mineralien.

1. Genus. Karbonate (kohlensaure Verbindungen).
2. Genus. Sulphate (schwefelsaure Verbindungen).
3. Genus. Phosphate (phosphorsaure Verbindungen).
4. Genus. Borate (boraxsaure Verbindungen).
5. Genus. Nitrate (salpetersaure Verbindungen).
6. Genus. Fluate, Fluoride (flusssaure Verbindungen).
7. Genus. Chloride, Muriate, (salzsaure Verbindungen).
8. Genus. Silikate (kieselsaure Verbindungen).
9. Genus. Aluminate (thonsaure Verbindungen).
10. Einfache nicht metallische Körper.

IIte Klasse. Metallische Mineralien und ihre Verbindungen.

a. Vorzüglich negative Metalle.

1) Arsenikgeschlecht.
2) Chromgeschlecht.
3) Molyadängeschlecht.
4) Titangeschlecht.
5) Wolframgeschlecht.
6) Antimon- oder Spiessglanzgeschlecht.
7) Tellurgeschlecht.

b. Vorzüglich positive Metalle.

1) Zinkgeschlecht.
2) Ceriumgeschlecht.
3) Urangeschlecht.
4) Mangan-Braunsteingeschlecht.
5) Eisengeschlecht.
6) Kobaltgeschlecht.

Digitized by Google

Kurze Beschreibung jener Fossilien, welche die bildenden Theile der in Deutschland beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten ausmachen. [13])

Nichtmetallische Fossilien.

Carbonate.

Die Carbonate lösen sich auf nassem Wege in Säuren, mit Entweichen der Kohlensäure, — auf trockenem Wege mit Borax, jedesmal mit Brausen, auf. Die barit-, strontianit- und kalkhaltigen Carbonate reagiren alkalisch, sie färben das Gurkumäpapier braunroth. Die Barit-, Strontianit- und Kalkauflösungen

---

7) Nickelgeschlecht.
8) Zinngeschlecht.
9) Kupfergeschlecht.
10) Wissmuthgeschlecht.
11) Bleigeschlecht.
12) Quecksilbergeschlecht.
13) Silbergeschlecht.
14) Goldgeschlecht.
15) Platingeschlecht.

III. Anhang.

Honigstein; Bernstein; Erdharze; Steinkohlen; Kohlenblende.

---

[13]) Es scheint hier der Ort zu seyn, in Kürze der wesentlichen Grundstoffe zu erwähnen, aus deren Verbindungen unter sich und mit Säuren die meisten der oben aufzuführenden Fossilien hervorgehen. Es sind die nachbenannte Erden, die chemisch betrachtet, nur wieder oxydirte Körper sind: nemlich die Kalkerde, Bittererde, Kieselerde, und die Thonerde.

Als die wesentlichsten Unterscheidungs-Merkmale dieser Erden von allen übrigen Naturkörpern sind folgende chemische Eigenschaften zu bezeichnen.

Das Eigen-Gewicht dieser Erden beträgt nie mehr als 4,9. Unverbrennlich, geschmacklos, im Wasser, mit Kohlensäure verbunden, unauflöslich, ist ein weisses Pulver die Form ihres reinen Zustandes.

Mehrere dieser Erden verbinden sich chemisch miteinander oder auch mit Metalloxyden, andere mit Säuren, einige, namentlich die Kieselerde und die Thonerde treten hie und da wie Säuern auf; sie bilden die Silikate.

Während einige Gemenge eben so strenge schmelzbar sind, als die Erden, aus welchen sie bestehen, sind andere, einer Glühhize ausgesezt, leicht schmelzbar.

Die chemische Beschaffenheit einer Steinart wird, bei einigen derselben, dadurch bestimmt, dass in ihr eine Erde einzig mit einer wirklichen Säure gebunden ist.

Betrachten wir nun jede der oben genannten Erden einzeln.

Digitized by Google

werden durch kohlensaures Ammoniak niedergeschlagen; Schwefelsäure und Salze dienen gleichfalls als Präcipitations-Mittel.

Calcit. (Kalkstein, Kalkspath); Hauptform: das stumpfwinkliche Rhomboeder; vollkommen spaltbar, die Spaltungsflächen das Licht stark brechend; in geringem Grade halbhart; unschmelzbar; weissglühend und, wenn er ausgeglühet hat, undurchsichtig; mit Säuren lebhaft aufbrausend; in Salzsäure und Salpetersäure in reinem Zustande ganz auflöslich.

Bestandtheile: Kohlensäure 44,0 + Kalk 56,0 = 100. — Spez. Gew. = 2,07.

Kalkerde. Aezkalk, Calciumoxyd, lebendiger Kalk, gebrannter Kalk). Der reine Kalk ist fest, weiss, geruchlos, aber von äzendem Geschmack. Er schwillt, der Luft ausgesezt, auf und zerfällt allmälig in ein feines Pulver (Staubkalk, Mehlkalk, zerfallener Kalk). Dis Pulver ist nicht mehr reiner Kalk, sondern enthält bereits aus der Luft absorbrtes Wasser und Kohlensäure.

Der wasserfreie Kalk besteht aus: Calcium 72,8 + Sauerstoff 27,2 = 100. — Spez. Gew. = 2,70.

Der reine Kalk ist auch im heftigsten Ofenfeuer unschmelzbar; schmelzbar wird er nur, wenn ihm etwas Thonerde und Kieselerde beigemengt ist; er kömmt aber rein nie (höchtens in der Nähe einiger Vulkane) vor; mit Kohlensäure und Wasser gebunden, wird er dagegen in den mancherlei Arten des Kalksteins, des Marmors, des Kalkspathes, und mit Schwefelsäure im Gypse gebunden, in ausserordenlicher Menge gefunden.

Durch die Hize des Weissglühens wird das Wasser und die Kohlensäure aus den kohlensauren Kalkarten ausgetrieben und so der reine Kalk dargestellt, dieser aber nur durch das Brennen des reinen Marmors der ausser dem eben genannten keine fremden Bestandtheile enthält, gewonnen. Der aus gemeinen Kalksteinen gebrannte Kalk enthält immer etwas Thonerde, Kieselerde und Eisenoxyd. Noch ist zu bemerken, dass der Kalk in der Chemie zu den Alkalien gezählt wird.

Bittererde. (Talkerde, Bittersalzerde, Magnesie, Magnesiumoxyd). Die reine Bittererde, welche in der Natur nicht vorkömmt, wird durch das Ausglühen der kohlensauren Erde in einem bedeckten Schmelztiegel erhalten.

Sie soll bestehen aus: Magnium 61,2 + Sauerstoff 38,8 = 100. — Spez. Gew. = 2,33.

Im gewöhnlichen Zustande enthält sie 30,6 Prozent Wasser, von welchem sie durch Glühen befreit wird. Sie zieht die Kohlensäure nur langsam an, da sie, wie alle übrigen Erden, eine vielgeringere Verwandtschaft zu derselben hat, als die Alkalien.

Kieselerde. (Siliciumoxyd) Die Kieselerde besizt, selbst im fein zertheilten Zustande einen gewissen Grad von Rauhigkeit, so dass sie zwischen den Zähnen knirscht; sie unterscheidet sich hiedurch von den übrigen Erden.

Ausser der Flussäure vermag keine Säure die Kieselerde aufzulösen, dagegen wird sie in Verbindung mit Thon, Kalk und mit den Alkalien mit

Digitized by Google

Formationszustände: in Krystallen; in krystallinischen Massen; dicht erdig durch Beimengungen verunreinigt. Farbe: weisslich, graulich, gelblich, röthlich, bräunlich.

Durch anhaltendes Brennen und Glühen wird der Kalk seines Gehaltes an Kohlensäure beraubt; er heisst im lezteren Falle Aezkalk.

Der, in so viel Wasser als er einsaugen kann, gelegte, gebrannte Kalk, erhizt sich allmälich, dampft und zerfällt zu Pulver (gelöschter Kalk, Kalk-Hydrat). Dieses Pulver wird durch

---

diesen zugleich in den Säuren aufgelöst; aus solchen Auflösungen scheidet sich die Kieselerde, besonders wenn sie nicht sehr verdünnt ist, bald wieder ab und bildet eine Gallerte. Durch Schmelzen verbindet sie sich mit der Borax- und mit der Phosphorsäure, so wie mit den feuerbeständigen Alkalien. Auf die merkwürdigste ihrer Verbindungen, nemlich der mit dem Kali und dem Natron werden wir unten zurückkommen, wenn von der Mörtelbereitung die Rede seyn wird.

Bestandtheile: Silicium 55,0 + Sauerstoff 45,0 = 100. — Spez. Gew. = 2,65.

Die Kieselerde wird in der Natur häufig angetroffen, ganz rein im Bergkrystall.

Thonerde (Alaunerde, Alumiumoxyd.) Die Thonerde ist weiss von Farbe, fühlt sich sanft an, klebt an der Zunge.

Im Wasser unauflöslich, lässt sie sich mit demselben zu einem bildsamen, in der Glühhize sich erhärtenden, zusammen sinternden und sein Volumen vermindernden Teig kneten. Gebrannt ihrer Bildsamkeit beraubt, nimmt sie dieselbe nach ihrer Auflösung in einer Säure, und Fällen aus der Auflösung durch ein Alkali, wieder an.

In Kali und in Natronlauge (in geringerer Menge von tropfbarem Ammoniak) auflösbar, scheidet sich die Thonerde wieder aus, wenn, das Alkali an sich ziehende, Säuren der Auflösung zugesezt werden.

Durch Schmelzen vereinigt sich die Thonerde mit dem Kali und mit dem Natron; mit anderen Erden (im reinen Zustande) ist sie fast unschmelzbar; durch Kalk wird sie schmelzbar.

Die Thonerde soll enthalten: Alumium 53,3 + Sauerstoff 46,7 = 100. — Spez. Gew. = 2,00.

Sie kommt in der Natur nicht rein vor. Auf künstlichem Wege wird sie gewöhnlich durch Zerlegung des Alauns (welcher grösstentheils diese Erde mit Schwefelsäure verbunden enthält) dadurch gewonnen, dass man dem im Wasser aufgelösten Alaun tropfbares (reines, kohlensaures) Ammoniak zusezt und den Niederschlag wohl auswäscht und trocknet.

Als vorwaltender Bestandtheil erscheint die Thonerde u. a. im Schmirgel, namentlich in den verschiedenen Thonarten, die insgesammt aus Thonerde, Kieselerde und Wasser bestehen, bisweilen auch etwas Kalk und Eisenoxyd enthalten.

Digitized by Google

noch mehr beigemengtes Wasser zu einem Teig, über welchem, nachdem er sich gesezt hat, das Kalkwasser steht und auf welch lezterem sich ein dünnes Häutchen (Rahm, Kalkrahm) bildet.

Man untsrscheidet die Kalkarten in fette und in magere. Die meisten liefern den fetten Kalk, der, weil er am meisten Wasser einsaugt, sich am stärksten erhizt und sich am feinsten zertheilen lässt. Der magere Kalk, der entweder gemeiner oder hydraulischer Kalk ist, besizt alle jene Eigenschaften in viel schwächerem Grade und ist mit Thon gemischt. Im rohen mageren Kalke verhalten sich Kalk und Thon indifferent, beim Brennen aber verbindet sich der Kalk chemisch mit Thon- und Kieselerde (aus diesen Stoffen, denen noch etwas Eisen- oder Manganoxyd beigemengt ist, besteht der Thon); beim Löschen geht dann eine mit der Quantität des vorhandenen Thones gleich grosse Menge Kalkes verloren, indem nur der freie Kalk sich mit Wasser verbindet.

Der allzu thonhältige Kalk löscht sich nicht mehr ab, er muss in Pulver verwandelt werden. Bei all zu heftigem Feuer schmelzen Kalk und Thon zusammen, was man das Todtbrennen des Kalkes nennt. Oft wird ein sehr thonreicher Kalk, der desshalb sich nicht ablöscht, oft auch ein nicht ausgebrannter Kalk ebenso — jeder Zeit aber unrichtig, — genannt.

Der pulverisirte Kalk zieht, längere Zeit der Luft ausgesezt, die Feuchtigkeit zu stark an und verliert dadurch an Güte.

Dem mageren Kalke gebührt vor dem fetten der Vorzug, denn obgleich lezterer mehr ausgiebt (gedeiht), so liefert doch der erstere ein compakteres Cement.

Der hydraulische Kalk besizt die Eigenschaft unter Wasser schneller oder langsamer, stärker oder schwächer zu erhärten; er muss, wenn er gut seyn soll, 30 bis 40 Procent Thon enthalten und darf sich nach dem Brennen nicht löschen. Seine Kraft scheint durch vorhandenes Eisenozyd vermehrt, durch Bittererde aber ihm jene Eigenschaft benommen zu werden. Auf künstlichem Wege wird der hydraulische Kalk durch Zusaz einer Quantität Thon zu gelöschtem, fettem oder magerem Kalk, und durch nochmaliges Brennen dieses Gemenges bereitet. [14])

[14]) Über die fernere Anwendung des Kalkes sowie über die Bereitung der verschiedenen Mörtelarten wird das Nöthige in der Folge am geeigneten Orte vorgetragen werden.

Digitized by Google

Magnesit (Talkkarbonat; kohlensaure Bittererde) Stammform: stumpfwinkliches Rhomboeder; Blätterdurchgang: vollkommen rechtwinklich zu den Flächen; im mittleren Grade halbhart; unschmelzbar; nach dem Ausglühen alkalisch reagirend; schwerer und härter als Kalk, und schwerer als dieser in Säuren, dagegen in Salzen vollkommen auflösbar und durch Äzammoniak präcipitirbar.

Bestandtheile: Kohlensäure 52,0 + Bittererde 48,0 = 100,0. — Spez. Gew. = 3,1

Formations-Zustände: am häufigsten körnige, ins Dichte und Erdige übergehende Massen.

Der Magnesit brauset unter allen Karbonaten mit Säuren am wenigsten auf, ausser wenn er in Pulver verwändelt ist, dann lösst er sich in Salzsäure, selten aber ganz rein auf. Die kohlensaure Bittererde wird aus jedem, Bittererde enthaltenden Salze durch, der Auflössung zugeseztes, kohlensaures Kali und Natrum, unter Anwendung der Glühhize gewonnen.

Sulphate.

Die Schwefelsäure kommt mit denselben Basen wie die Kohlensäure und ausserdem noch mit Thonerde, mit Metalloxyden u. s. w., verbunden vor. Die Sulphate (die schwefelsaure Thonerde ausgenommen) erleiden für sich durch das Feuer keine Zersezung, mit Kohlen hingegen werden sie in Schwefelleber umgewandelt. Vor dem Löthrohre erhalten sie auf Kohlen den sogenannten hepatischen Geschmack. Die Alkalien enthaltenden Sulphate reagiren nach dem Ausglühen alkalisch; auf Kohlen liefern sie mit Natrum und Kieselerde ein dunkel gelbrothes (heparfarbiges) Produkt.

Der grösste Theil der Sulphate ist in Wasser und Säuren unauflöslich; mit kohlensaurem Kalk oder mit Natrum bis zum Trocknen eingekocht und dann wieder mit Wasser aufgerührt, zersezen sich diese und es bleibt ein Karbonat zurück, indem die Schwefelsäure an das Alkali und die Kohlensäure an die Basis übergeht, mit welcher die Schwefelsäure vorher gebunden war.

Gyps. (Wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk). Stamm- und Spaltungsform: schiefes, rektanguläres Prisma; Blätterdurchgang: dreifach, mehr oder minder vollkommen; sehr weich; perl-

Digitized by Google

mutterartig glänzend; in der Flamme viel Wasser gebend und bei sehr grosser Hitze zu einem weissen Email zusammen schmelzend; im Wasser etwas auflössbar.

Bestandtheile: Schwefelsäure 46,0 + Kalk 33,0 + Wasser 21,0 = 100,0. — Spez. Gew. 2,3.

Formations-Zustände: in Krystallen; in krystallinischen Massen; dicht; erdig; durch Beimengungen verunreinigt.

Das Vorhandenseyn des Gypses in den Mineralien wird durch kohlensauren Baryt, welcher die Schwefelsäure, — und durch Kohlensäure, welche die Kalkerde ausscheidet, gefunden. Gebrannt saugt der Gyps das Wasser begierig ein, bindet, dehnt sich aus und erhärtet dabei.

Silikate.

In den Silikaten tritt die Kieselerde als Säure auf. Es giebt nur wenige einfache Silikate, desto häufiger aber sind Verbindungen der Kieselerde mit zwei, drei und mehreren Basen. Das Vicariren der Bestandtheile findet sehr oft Statt. Als Bestandtheile der Silikate kommen vor: Thon, fast immer; Kalk und Bittererde, oft; Natrum Kali, Lithium, Eisen- und Manganoxyd minder oft: andere Metalloxyde, dann Fluss- und Boraxsäure, Chlor, seltener, meist nur zufällig.

Unter den Kieselverbindungen sind nur wenige allein und geradezu in Säuren auflössbar; einige müssen zuvor für sich oder mit feuerbeständigen Alkalien zusammen geglüht und geschmolzen werden, bevor die Auflösung eine Gallerte bildet.

Durch das Aufschliessen wird die chemische Constitution der Silikate verändert, da das Alkali mit der Kieselerde in Verbindung tritt. In einigen Silikaten werden nur die Basen aufgelöst und die Kieselerde fällt ausgeschieden als Pulver zu Boden. Aus einem mit Flusssäure übergossenen und erwärmten Silikate entweicht jene Säure mit der Kieselerde und die Basen bleiben zurück. Aus einem mit Flusspath gemengten, mit Schwefelsäure übergossenen und erwärmten Silikate scheidet sich die Kieselerde aus, legt sich an einen feuchten, über das Gemege gehaltenen Körper an und die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Kalke.

Einige Silikate werden durch das Glühen zersezt. Die Silikate werden jedoch nicht alle gleich leicht durch Äzkali und

Digitized by Google

Natrum aufgelösst. Die sehr dickflüssige Auflösung wird durch alle anderen Säuren, selbst durch kohlensaures Gas, zersezt; wird sie sehr stark, etwa mit 24 Theilen, Wasser verdünnt, so bleibt die Kieselerde darinn aufgelösst. Beim Wiederabdampfen der Flüssigkeit verwandelt sich die Kieselerde bei einem gewissen Punkte wieder in Gallerte und bleibt endlich ganz rein übrig, wenn die, endlich ganz aus getrocknete Gallerte mit Wasser übergossen wird, wobei das Kali an die Säure übergeht.

Der Salmiak dient als vorzügliches Präcipitations-Mittel der in Alkalien aufgelösten Kieselerde; dieser Niederschlag ist in keiner andern Säure auflösbar.

Die Kieselerde lässt sich aus ihren Verbindungen durch die feuerbeständigen Alkalien, wenn erstere in diesen noch so lange gekocht werden, nicht scheiden; höchstens lösst sie sich, wenn sie in Überfluss vorhanden ist, nur sehr wenig auf; oft nimmt das Silikat nach Kali und Natrum auf und wird dann in Säuren auflösbar. Vor dem Löthrohre verhalten sich die Silikate auf sehr verschiedenartige Weise; sie sind alle in Borax mehr oder minder leicht schmelzbar, einige wenige auch in kohlensauren Natrum.

Quarz. (Kieselerde). Stammform: gleichschenkelige, sechsseitige Doppelpyramide; Spaltbarkeit unvollkommen; Blätterdurchgänge: versteckt, mit den Flächen der Pyramiden paralell; Bruch muschelig, ins Unebene und Splitterige; Härte: von mittlerem Grade, giebt am Stahle lebhaft Funken; phosphorescirt und riecht, wenn zwei Sücke gerieben werden; rizt Feldspath und ist durch Topas rizbar, mit weissem Strichpulver; für sich unschmelzbar, mit Borax langsam und ruhig schmelzbar; von Phosphorsäure fast unlösbar; mit Kali oder Natrum unter Aufbrausen zu einem Glase schmelzend; fein gerieben auch in Alkalien auf nassem Wege auflöslich.

Bestandtheile: Sauerstoff + 50,0 + Silicium 50,0 = 100,0. — Spez. Gew. = 2,65

Formationszustände: in krystallinischen Massen, erdig, verunreinigt. Gestalt, Farbe und Durchsichtigkeit höchst manchfach.

Durch seine Härte, sein Verhalten vor dem Löthrohre und gegen Säuren mit keinem ihm mehr oder minder ähnlichen Fossile leicht zu verwechseln.

Feldspath und Feldstein. (Kali-Feldspath; Ortoglas). Stammform: schiefes rhom. Prisma; Spaltbarkeit: leicht; Blätterdurchgang: doppelt, nach der schiefen Endfläche und nach der

Digitized by Google

kurzen Diagonale, — nach den Seitenflächen versteckt; Bruch: uneben, bis klein und vollkommen muschelig (und beim Feldstein ins Splitterige); Härte: gering, am Stahle nur schwach funkend; wenig phosphorescirend; für sich auf Kohlen schwer schmelzbar, mit Borax langsam, mit Natrum unter Aufbrausen, mit Phosphorsalz unschmelzbar; von Säuren unangreifbar; rizt Apatit; durch Quarz rizbar, mit graulich-weissem Strichpulver.

Bestandtheile: Kieselerde 66,0 + Thonerde 17,5 + Kalk 16,5 = 100,0. — Spez. Gew. = 2,5.

Zufällige Gemengtheile: Eisenoxyd und Eisenoxydul. Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen; verwittert in Thon; in Porzellanerde aufgelöst; in Spekstein verwandelt.

Vom Albit durch Farbe, Glanz und Frische, vom Labrador durch des lezteren Verhalten gegen Salzsäure, vom Korund durch geringere Härte unterscheidbar.

Turmalin. Stammform: sehr flaches Rhomboeder des zweiten Systems; Blätterdurchgang: unvollkommen, den Flächen und den drei Hauptschnitten parallel; Härte: ziemlich bedeutend, grösser als die des Quarzes; beim Erwärmen elektrisch werdend; Bruch: klein und vollkommen muschelig; von Säuren auf nassem Wege, selbst nach dem Glühen, kaum angreifbar; vor dem Löthrohre auf Kohlen, meist für sich allein, unter Aufblähen schmelzend; in Borax leicht und unter Brausen, schwerer in kohlensaurem Natrum und in Harnsalz auflöslich; rizt Quarz, rizbar durch Topas mit weissem Strichpulver. Kieselerde und Thonerde sind die wesentlichen Gemengtheile, in gleichem Mengeverhältniss; Kali, Natrum, Lithium, Kalk- und Bittererde, sind Eisen- und Manganoxyd und Boraxsäure sind zufällige Beimengungen des Turmalin. — Spez. Gew. 3,3.

Formationszustände: in Krystallen und in krystallinischen Massen. Färbung: meist dunkelbraun, auch roth, blau, grün, selten weiss.

Von Hornblende durch seine elektrische Kraft, durch verschiedenes Verhalten vor dem Löthrohre und minder deutlichen Blätterdurchgang zu unterscheiden.

Augit. Stammform: ein schiefes rhomb. Prisma; Spaltbarkeit: nach den Seitenflächen vollkommen, nach der Diagonale der Grundfläche unvollkommen; hart, oder halb hart; Bruch: uneben ins Splittrige und Muschelige; rizt Flussspath, wird durch Quarz gerizt, Strichpulver grau; von Säuern unangreifbar; für

Digitized by Google

sich mit einigem Aufwallen strengflüssig, mit Borax zu einem grünen Glase schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 55,17 + Bittererde 17,24 + Kalk 12,06 + Eisenoxydul 15,5 = 100,00. — Spez. Gew. = 3,3.

Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen. Farbe: schwarz.

Von der Hornblende durch geringeren Glanz der Spaltungsflächen, Verschiedenheit in den Winkeln, und schwierigeres Flüssigwerden vor dem Löthrohre sich unterscheidend.

Bronzit (Dialogon, Schillerstein.) Bis jezt nur in krystallinischen Massen bekannt, aus denen sich rhomb. Prismen spalten lassen; Blätter-Durchgang: vollkommen und unvollkommen; halbhart; Bruch: uneben splitterig; Glanz: perlmutterartig, dem metallischen sich nähernd; rizt Flussspath, ist durch Feldspath rizbar. Von Säuren unangreifbar; mit Borax schwer zu einem grünlichen, sich wieder bleichenden Glase auflösbar.

Bestandtheile: Kieselerde 55,5 + Bittererde 30,7 + Eisenoxyd 14,8 = 100,0. — Spez. Gew. = 3,2.

Farbe: tombackbraun, gelblichbraun, seltener bläulich ins Silberweisse (Bronzit), grün (Schillerstein).

Von Schillerspath in den Neigungs-Winkeln der Spaltungsstücke, im Verhalten vor dem Löthrohre und durch grösseres Eigengewicht abweichend.

Hornblende. Stammform: schiefes rhomb. Prisma; Blätterdurchgang: nach den Seitenflächen völlig, nach den Endflächen weniger deutlich; in hohem Grade halb hart; beim Anhauchen einen bitterlichen Geruch entwickelnd; Bruch: uneben, von grobem und feinem Korne, theils dem Muscheligen sich nähernd; rizt Flussspath, rizbar durch Quarz; Strichpulver: graulich weiss bis braun; von Säuren unangreifbar, für sich leicht zu einer schwarzen, glänzenden Schlacke, mit Borax zu einem grünen, mit kohlens. Natrum zu einem schwarzen Glase schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 51,0 + Thonerde 6,8 + Bittererde 16,0 + Kalk 11,2 + Eisenoxydul 15,0. = 100,0. — Spez. Gew. = 3,2.

Formationszustände: in körnigen, stenglichen, strahlichen, verworren faserigen, auch schieferigen Massen. Farbe: dunkelgrün, ans Schwarze gränzend.

Von Augit unterschieden durch leichtere und vollkommnere

Digitized by Google

Spaltbarkeit, und durch Verschiedenheit in den Winkeln. Die Unterschiede von Turmalin sind bei diesem Fossile angegeben.

Talk. Stammform: regelmässiges, sechsseitiges Prisma; Spaltbarkeit: nach den Seitenflächen leicht; sehr weich, nicht elastisch; sehr fettig anzufühlen; Bruch: bisweilen schieferig; von Säuren unangreifbar; in Borax mit Brausen sich auflösend; unschmelzbar, sich hart brennend.

Bestandtheile: Kieselerde 62,8 + Bittererde 32,0 + Eisen 1,6 + Thon mit Wasser 4,2 = 100,0 — Spez. Gew. = 2,7.

Formationszustände: in krystallinischen Massen, ins Dichte Farbe: verschieden grün, auch blau; Glanz: perlmutterartig, selbst halbmetallisch.

Glimmer. Stammform: regelmässiges, sechsseitiges Prisma; der Endfläche perallel, sehr leicht spaltbar; in geringem Grade halbhart; biegsam; in dünnen Blättern elastisch; Bruch: muschelig, splitterig, aber nur selten wahrnehmbar; Gypsspath: schwach rizend, rizbar durch Kalkspath, mit weissem Strichpulver; von Säuren meist unangreifbar, mitunter aber auch in solchen durch anhaltendes Kochen ganz zersezbar; vor dem Löthrohre theils leicht, theils schwer schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 46,23 + Thon 14,00 + Eisenoxyd 17,97 + Manganoxyd 4,00 + Kali 4,90 + Lythion 4,20 + Flüssäure 8,70 = 100.00. — Spez. Gew. = 2,9.

Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen; Farbe: graulich gelblich, röthlich; Glanz: perlmutterartig, beinahe metallisch.

Von Hornblende durch geringeres Gewicht und gänzlich verschiedene Spaltbarkeit, von Distehn durch geringere Härte und verschiedenes Verhalten vor dem Löthrohre unterscheidbar.

Aluminate.

Mit dem Namen Thon werden die meisten jener Silicate belegt, welche Thon enthalten; sie sind unbestimmte Gemenge, ohne, der Stöchiometrie entsprechende, Mischungs-Verhältnisse, und enthalten meist an Kieselerde 55, an Thon 40 bis 45 Procent, ausserdem auch noch Eisenoxyd, Kalk, Bittererde, auch Alkalien. Mancher Thon fühlt sich sanft, anderer fettig, und wieder anderer mager und rauh an, je nachdem seine Theile fein oder grob sind; diese haben bald schwächeren bald stär-

Digitized by Google

keren Zusammenhang; sie zerfallen in Wasser und bilden einen Teig; hienach werden die Thon-Arten in verhärtete und zerreibliche unterschieden; leztere sind schlemmbar, wodurch sie von beigemengten Stoffen befreit werden können.

An Schmelzbarkeit, so wie überhaupt im Verhalten im Feuer weichen die Thon-Arten sehr von einander ab, doch gewinnen sie alle an Consistenz; der Wassergehalt einiger verursacht indessen ihr Zerspringen. Im Wasser auflösbarer Thon verliert nach dem Glühen diese Eigenschaft. [15])

Metallische Fossilien.

Eisengeschlecht.

Magnet- und Titaneisen. (Mit Sauerstoff vererztes Eisen). Stammform: regelmässiges Octaeder; Blätterdurchgang: vierfach, oft versteckt, auf den Flächen muschelig; in geringem Grade hart; Bruch: muschelig, ins uneben Kleinkörnige; rizt Flussspath, ist durch Quarz rizbar, mit schwarzer Strichpulver; besizt theils nur retraktorische bald atraktive Kraft; in Salpetersäure unauflöslich, dagegen in Salzsäure, besonders erwärmt, auflösbar; unschmelzbar.

Bestandtheile: Eisenoxyd 69,0 + Eisonoxydul 31,0 = 100,0 — Spez. Gew. = 5,0

Beigemengt sind auch erdige Theile, Mangan u. s. w.

Das Titanoxyd enthaltende heisst Titaneisen; lezteres liefert, mit Phosphorsalz in der inneren Flamme geschmolzen, ein hyazintrothes, farbhaltiges, das gewöhnliche Magneteisen ein grünes, beim Abkühlen bleichendes Glas.

Formationszustände: in Krystallen, dicht, selbst erdig. Farbe: schwarz.

Vom **Eisenglanze** durch das Ungleiche der Krystallisations-Systeme, durch die bluthrothe Farbe des Strichpulvers bei dem genannten Mineral und durch die magnetischen Eigenthümlichkeiten, — vom **Wolfram** durch geringere Schwere und das röthlich braune Strichpulver dieses Fossils unterschieden.

---

[15]) Von den verschiedenen Arten des Thons und deren Anwendung wird weiter unten die Rede seyn.

Digitized by Google

Einleitung zur Kenntniss der Felsarten.

Gebirgsgesteine sind, allgemein betrachtet, alle jene Massen, welche, auf der Rinde des Erdkörpers mehr oder minder verbreitet, das Feste derselben ausmachen.

Nach dem Manchfachen ihres Bestandes unterscheidet man:

Gleichartige Gebirgsarten: sie gehören eigentlichen Mineralgattungen an, oder stehen diesen doch sehr nahe.

Scheinbar gleichartige Gesteine; in ihnen sind entweder mehrere Gattungen kleiner, dem blossen Auge nicht wahrnehmbaren Teilchen aufs innigste verbunden, oder es sind durch das Ganze ihrer Massen andere, keiner eigenlichen Gattung angehörende Substanzen verbreitet.

Ungleichartige Gesteine: dis sind Massen, die aus unmittelbar miteinander verbundenen, nach Gefüge und Gestaltverhältnissen und nach Eigenschaften mehr oder minder erkennbaren Theilen gebildet sind, welche sämmtlich eigentlichen Mineralgattungen angehören. Die manchfachen Gesteine dieser Gattung unterscheiden sich nicht sowohl durch das Vielartige des Materials, als durch das höchst Wandelbare in der Mengungsweise der einzelnen Bestandtheile.

Trümmer-Gesteine: sie bestehen aus Bruchstücken mehr oder minder stumpfkantiger Gesteine, aus Geschieben, Rollsteinen, Körnern und Blättchen, die durch einen bald deutlich, bald kaum bemerkbaren Kitt gebunden sind.

Lose Gebirgsarten: diese entstehen durch mechanische Zertrümmerung manchfacher Gesteine, zum Theil auch durch mehr chemische Zersezung der lezteren, durch Einfluss der Atmosphäre und Abnüzen und Fortschwemmen durch Gewässer. Hieher gehören Gerölle und Sand, der Grösse nach vom Felsblock bis zum feinsten Flugsandkorne, — ferner Erden, Thon Lehm, u. s. w. — Ihre Theile sind lose oder doch leicht trennbar, durch keinen Kitt gebunden, der, wenn er dennoch sich vorfindet nicht zum Wesen der Gebirgsart gehört. —

In Hinsicht auf Struktur und Gefüge unterscheidet man die drei zuerst genannten Gebirgsarten in krystallinisch-körnige, schieferige und dichte Gesteine, Phorphyre und Mandelsteine.

Krystallinisch-körnige Gesteine sind aus krystallinischen Theilen oder scharfkantigen, frischeckigen Körner gebil-

Digitized by Google

det, die ohne Grundmasse oder Bindemittel, lediglich kristallinisch zusammen gehäuft, in und miteinander verwachsen sind.

Schieferige Gesteine haben eine, aus dünnen Lagen oder Schichten, aus übereinander gehäuften Blättchen bestehende Masse, die mehr oder weniger fest gebunden ist.

Dichte Gesteine bestehen aus Theilen, die ohne besonder Gestalt, enge zusammen hängend, gewissermassen innig miteinander verschmolzen sind, sonach ein Ganzes bilden; sie gehen nicht selten ins Erdige über.

Porphyr-Struktur besizen mehrere ungleichartige und gleichartige Gesteine. In ihnen umschliesst die dichte, dem Körnigen sich nähernde Hauptmasse Krystalle, Körner, Blättchen, die meist spezifisch leichter als die erste sind und gemeinlich nicht miteinander in Berührung stehen.

Mandelstein-Struktur, von der eben erst bezeichneten wesentlich verschieden, besizen jene Gesteine, in deren Hauptmasse sich leere, oder ganz oder theilweise mit, der Hauptmasse fremden Mineralien erfüllte Höhlungen vorfinden. —

Ausser den wesentlichen Gemengtheilen kommen in vielen, unter sich sehr verschiedenartigen Felsarten, auch beigemengte Theile vor; da wo diese lezteren mangeln, wird dadurch zwar das Wesen des Gesteins nicht geändert; allein sie können doch auch nicht selten für dasselbe bezeichnet angesehen werden. Sie sind meist in geringerer Menge als die wesentlichen Bestandtheile in einem Fossile vorhanden.

Die thierischen und Pflanzenreste, die Versteinerungen, welche in den Felsarten vorkommen, sind, als mehr oder minder ausschliessliches Eigenthum gewisser Gesteine, für dieselben charakteristisch. —

Übergänge entstehen durch die allmälige stufenweise Näherung zweier Gebirgs-Gesteine, die mehr oder minder von einander verschieden sind. Als Mittelglieder zwischen diesen haben die Übergänge mehr oder minder mit der einen oder der anderen beider Felsarten gleichen Charakter, oder sie sind beiden gleich entfremdet. Sie werden vorzüglich durch Wechsel in der Natur der bildenden Theile oder durch Änderungen in der Struktur hervorgerufen.

Verwitterung und Zersezung sind Änderungen, welche die Felsarten, in Folge der Einwirkungen der Luft, des Wassers, des Temperaturwechsels, durch Auflösung des Ganzen oder einzelner Theile, oder auch durch blose Trennung derselben erleiden.

Digitized by Google

Schichtung nennt man das Getheiltseyn der Massen nach grossen Weiten, oft ihrer ganzen Verbreitung nach, in gerade, gebogene, selten wagrechte Lagen oder **Schichten**, die nach oben und unten durch mehr oder minder deutlich erkennbare Flächen begrenzt sind. Die Schichtung findet durch meist ziemlich parallele Spaltungen (Schichtungsklüfte) Statt, ist mit der Gebirgsmasse gleichzeitig gebildet, bald deutlich bald schwer erkennbar und fehlt selbst manchen Gebirgsarten ganz; sie ist von zufällig stellenweise parallel-laufenden Spalten wesentlich verschieden. Die **Mächtigkeit**, Stärke der Schichten, — welche leztere bei unbeträchtlicher Stärke **Bänke** heissen, — ihr **Schichtenfall** oder ihre Neigung, sind sehr manchfach. Unter **Streichen** der Schichten, senkrecht auf ihre Falllinie, versteht man ihre Ausdehnung in die Länge nach einer bestimmten Weltgegend.

Absonderung findet Statt, wenn Gebirgssteine und ihre Felsmassen in mehr oder weniger regelmässig geformte, auf manchfache Weise geordnete Stücke getrennt sind. Die Absonderung scheint später entstanden zu seyn, als die Felsmassen, welchen sie zukommt. Man unterscheidet: Absonderungen in Parallelepipeden, säulenförmige, plattenförmige, kugelige und massige Absonderungen.

Zerklüftung ist Trennung der Felsmassen in bald senkrechte, bald regellos nach den manchfachsten Richtungen laufende, unter sich nicht parallele Risse und Spalten, die oft von den Textur-Verhältnissen bedingt sind. Die Atmosphäre hat auf dieselben entschiedenen Einfluss.

Gänge sind tafelartig oder plattenförmig gestaltete, bald geraden, bald gekrümmten Richtungen folgende Räume, die ganz oder theilweise mit Mineralsubstanzen erfüllt und hinsichtlich ihrer Struktur von den Gebirgsmassen unabhängig sind. Das Erfüllende heisst **Gangart**.

Lager sind plattenförmig gestaltete, mit den Schichten des sie umschliessenden Gebirgs gleichlaufende, eigenthümliche Mineralmassen, die sich zwar von der Gebirgsart mehr oder minder unterscheiden, mit ihr aber als von gleichem Alter betrachtet werden. Ihr Streichen, Fallen, ihre Erstreckung, Mächtigkeit sind in Betracht zu ziehen. Lager von grosser Mächtigkeit, bei verhältnissmässig geringer Erstreckung, heissen **liegende**

Digitized by Google

Stöcke. Stückgebirge werden jene Lager genannt, deren Mächtigkeit nicht übersehen werden kann. Sie werden von unten durch das Sohlen-, von oben durch das Dachgestein begrenzt; sie selbst keilen, spizen sich aus, sind abgeschnitten, oder verlieren sich, jedoch selten, im Gebirgsgestein; sie werden von Klüften, Adern, Trümmern, selbst von Gängen durchsezt. —

Die Lagerung einer Felsart bezeichnet die Stelle, welche dieselbe zwischen den übrigen sie umgebenden Gebirgs-Gesteinen einnimmt. Wenn die Schichten mehrerer mit einander vorkommenden Felsmassen auf gleiche Weise gegen eine wagrechte Ebene geneigt sind, so heisst die Lagerung gleichförmig, im entgegengesezten Falle ungleichförmig. Zu den Modifikationen derselben gehören die Anlagerung, Auflagerung, Einlagerung, u. s. w.

Wenn es gleich nicht möglich ist, eine wahrhafte Geschichte der Entstehungsweise der Felsarten zu liefern, so lassen sich doch aus den Bedingnissen der Lagerung für jene gewisse Unterschiede des Alters erkennen, gewisse Zeitabschnitte in der Gebirgs-Bildung annehmen. Man unterscheidet hiernach:

Urgebirge: sie zeichnen sich aus durch das Vorherrschende individueller Bildungen, durch das Krystallinische mit seltenen Übergängen ins Dichte; durch hohe Reinheit und festes Verbundenseyn ungleichartiger Theile; ihre Haupt-Bestandstoffe sind Kiesel- und Thonerde; von Versteinerungen sind sie gänzlich frei.

Die Übergangsgebirge kommen zwar in manchen Merkmalen mit den zuerst genannten Gebilden überein, besizen aber bei vielen Gliedern, weniger Eigenthümliches als diese; in ihnen kommen zuerst Versteinerungen vor.

Die Flöz-Gebirge sind reich an animalischen und vegetabilischen Resten und meist auf mechanische Weise entstanden: davon zeugen ihre, aus früherer Zerstörung älterer Gebirge hervorgegangenen Trümmer-Gesteine; das Dichte, Erdige ist ihnen, jedoch nicht ohne Ausnahme, eigen; ihr vorherrschender Bestandtheil ist Kalk.

Aufgeschwemmtes Land: ein Flaches, oft aufs Örtliche Beschränktes. Dahin gehören Rollsteine, Gruss, Sand, Erden, u. s. w.

Die Gestalt der Berge lässt nicht selten Vermuthungen über die Natur und Bildungsweise der Felsarten, aus denen jene

Digitized by Google

zusammengesezt sind, zu: denn alle grossen Gebirgs-Ganzen besizen in obiger Beziehung, ungeachtet der, durch mancherlei Umstände hervorgerufenen Änderungen in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, mehr oder minder ausgezeichnete Eigenthümlichkeiten. Durch ihren Bestand, vorzüglich durch ihre Struktur- und Schichtungs-Verhältnisse und durch die Art ihrer Verwitterung üben die Felsarten manchfachen Einfluss auf das Physiognomische der Berge aus.

Wir wenden uns nun zu der gedrängten Beschreibung jener Felsarten, die in Deutschland vorkommen und zum Bauen verwendet werden. Was die zu Grunde liegende Klassifications-Methode betrifft, so muss bemerkt werden, dass sie die mineralogische sey, wornach die verschiedenen Felsarten nach Masse- und Struktur-Verhältnissen und anderen Beziehungen getheilt werden. Hienach ergiebt sich unten stehende Reihenfolge:

Feste Gesteine.

Ungleichartige; krystallinisch körnige;
schieferige;
porphyrartige;

Gleichartige; körnige;
schieferige;
dichte; mit Säuern { stark brausende;
schwach brausende;
gar nicht brausende;

Scheinbargleichartige schieferige;
porphyrartige;
dichte;
glasartige;
schlackenartige.

Trümmer-Gesteine.

Lose Gesteine.

Digitized by Google

II. Vorlesung.

Von den beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten. — Feste Gesteine. — Ungleichartige; körnige; schieferige; porphyrartige. —

Feste Gesteine.

Ungleichartige.

Körnige Gesteine.

Granit. Die bildenden Theile des Granites sind Feldspath, Quarz und Glimmer; sie wechseln unbestimmt durcheinander und sind mit einander unmittelbar und innig in körnig-krystallinischem Gefüge verbunden. Durch sie ist er von jedem anderen Gesteine sehr scharf geschieden. Die einzige, dem Granite in Beziehung auf Bestandtheile nahe stehende Felsart, der Gneiss, unterscheidet sich von ersterem durch die Art des Gefüges. — Die sehr manchfache Färbung des Granites ist von jener seiner bildenden Theile bedingt und sehr verschiedenartig. Sein Gemenge ist gleich- oder ungleichförmig, und wechselt vom Grosskörnigen herab bis zum Feinkörnigen; ebenso verschiedenartig ist das Mengeverhältniss seiner Bestandtheile.

Der am öftesten vorwaltende, und dadurch die Struktur der Felsart bestimmende Feldspath erscheint weiss, ins Graue, Grüne, Gelbe, Rothe übergehend, seltener schön fleisch- oder pfirschblüthe-roth, olivengrün, blau. Sein Gefüge ist meist blätterig, selten strahlig; seine Krystalle erreichen bisweilen eine Grösse von einigen Zollen. Im porphyrartigen Granite finden sich scharfkantige Körner und Krystalle von Feldspath bis zur Überladung häufig.

Die Farbe des Quarzes im Granite ist rauchgrau oder graulich weiss, seltener milchweiss, blau oder grün. Er kommt, meist minder häufig als der Feldspath, in kleineren und grösseren Körnern, bisweilen in Massen von mehreren Zoll Grösse und von regelmässig

Digitized by Google

abgeschlossenen Formen vor. Der Schriftgranit (hebräischer oder typographischer Stein), der selten, bisweilen gar keinen Glimmer enthält, hat seine Benennung von den darin liegenden, gewöhnlich grauen, auch braunen Quarzkrystallen.

Der Glimmer, der an Menge selbst dem Quarze meistens nachsteht, ist silberweiss, goldgelb, grau, violblau, tombackbraun, schwarz u. s. w. gefärbt. Er kommt in Blättchen oder Schuppen, in kleinen Gruppen, büschel- oder sternförmig-gehäuft, in rundlichen Parthien von Blättchen, selbst auch in Krystallen, selten aber in mehrere Zoll breiten Blättern oder grösseren Tafeln vor. Sein Gefüge ist blätterig, seltener strahlig, sein Glanz meist halbmetallisch.

Als stellvertretende Theile finden sich im Granite: Hornblende, Talk, Chlorit, Eisenglimmer, Turmalin u. s. w. vor; eben diese, dann Granat, Graphit, Magneteisen, u. s. w. treten auch als zufällige Beimengungen auf.

Der Granit geht über: in Gneiss, Glimmerschiefer, Syenit, Diorit, Feldsteinporphyr. Je nach Bestand, Härtegrad, Mengeverhältniss und ungleiche Verbindungsart der bildenden Theile des Granites, findet die Zersezung desselben mehr oder weniger schnell, theilweise oder gänzlich Statt; auch Schichtungs-Verhältnisse und Gangmassen wirken darauf ein.

Die Einwirkungen der Atmosphäre und des Wassers, welchen der ungeschichtete Granit minder als der geschichtete, der senkrecht zerspaltene am wenigsten zu widerstehen vermag, erstrecken sich oft bis in beträchtliche Tiefe des Innern der Granitmassen.

Der Feldspath, namentlich der blos krystallinische ist im Allgemeinen am meisten zu verwittern geneigt; er verwandelt sich in eine speckstein artige Masse oder in Kaolin und Thon, während Quarz und Glimmer sich noch mehr oder minder erhalten haben. Derselbe Fall findet oft bei dem Glimmer Statt; am unverwitterbarsten ist der Quarz.

Die Schichtung des Granites ist selten deutlich; oft sind die Massen nur durch ungemein häufige Klüfte in mächtige Lagen und Bänke getrennt. Säulenförmige Absonderung ist dem Granite nur selten eigen; häufiger ist er senkrecht in unregelmässige, prismatische Pfeiler oder in grosse, oft ungeheure, polyëdrische Blöcke zerspalten, auch in pyramidale, keilförmige oder in tafelförmige Massen zertheilt. Kugelige Absonderungen von 1 Fuss

Digitized by Google

bis 1 auch 2 Lachter Durchmesser, öfter lose übereinander liegend, kommen am öftesten im minder deutlich oder gar nicht geschichteten Granite vor. [15])

Die bedeutende Härte des Granites, die Unzerstörbarkeit welche ihm im Allgemeinen eigen ist, sein Vorkommen in grossen Massen, machen ihn dort zur Ausführung aller Arten von Bauwerken tauglich, wo er entweder häufig vorhanden ist, oder wo die Kosten seiner schwierigen Bearbeitung nicht in Betrachtung kommen.

Der klein körnige Granit verdient vor dem gross körnigen den Vorzug, da lezterer leichter verwittert und zerspringt als ersterer. Granite, in welchen der leicht sich spaltende Glimmer

---

[15]) Feldspath, Quarz, Hornstein, Thon, Barytspath, Syenit, Basalt, dann verschiedene Erde füllen im Granite gangartige Räume. Mehrere der oben genannten, dann Kaolin, Speckstein, Gneiss, Glimmenschiefer, Diorit, körniger Kalk u. a. m. bilden in demselben untergeordnete und fremdartige Lager.

Ein Theil des Granites wurde, als die Unterlage aller übrigen Felsarten ausmachen sollend, bis jezt als die älteste Gebirgsbildung erachtet; ein anderer, jüngerer Theil ruht auf Gesteinen, die jenem ältesten Granite gegenüber, als jüngere Gebilde zu betrachten sind; auch erscheint er mit diesen wechselnd.

Der Granit wechselt mit Gneiss (Granit-Gneiss); er ist über Glimmerschiefer, Alpen- und Jurakalk, in und auf Thonschiefer gelagert, ruht, mit Glimmerschiefer wechselnd, auf älterem Syenit. Er füllt Gänge im Gneiss; Glimmerschiefer, älteren Thonschiefer, Hornblende-Gestein und kömmt in Bruchstücken in Lavaströmen und als Auswürfling von Vulkanen, oft ohne die geringste Spur von Einwirkung vulkanischer Gewalten, vor.

Die granitischen Gebirge sind reich an malerischen Formen. Die hohen Granitgebirge sind meist schroff, mit spizigen, kahlen, zakigen, zum Theil mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln; gezackten Kämmen, steilen, nackten Wänden, tiefgefurchten, nach allen Seiten steil abfallenden Gehängen, tiefen, engsohligen, wilden Thälern. Die niedrigeren Granitberge steigen sanft an, verlaufen sich in ausgebreitete Ebenen. Die Bergrücken sind flach, die Gipfel meist abgeplatttet, die Abhänge bauchig, die Thäler weit und flach. Bemerkenswerth sind die oft weit gedehnten, mit einzelnen, zerrissenen Massen, Felsen besezten, unwirthbaren Bergebenen (Plateaus).

Der Granit ist eine der besonders häufig verbreiteten Felsarten. Mit Glimmerschiefer und Gneiss u. s. w. zugleich vorkommend, bildet er die eigentlichen Berge des Landes.

Vorkommen: Bayern; Oberpfalz, Bayrisch-Böhmisches Waldgebirge, linkes Donau-Ufer, von Regensburg abwärts. Gebirge des Odenwaldes und der Bergstrasse. Schwarzwald.

Digitized by Google

vorwaltet, sind wenig fest, halten die Feuchtigkeit und leiden durch dieselbe vom Froste; sie sind zum Bauen ebenso untauglich als jene Granite, in welchen Eisen-Erze eingesprengt sind, die mit der Zeit verwittern und das Gestein durchlöchern.

Bei den aus Granit aufgeführten Bruchsteinmauern ist ein regelmässiger Verband kaum möglich. Dicke Mauern aus Granit werden leicht feucht, weil der Granit kälter und zugleich ein besserer Wärmeleiter als Backsteine ist. Überdis verbindet sich der Kalk nicht so gut mit dem Granite als mit Backsteinen und Kalksteinen; je dünner aber der Mörtel angewendet wird, um so mehr wird seine mit den Jahren immer mehr zunehmende Verbindung mit dem Granite beschleunigt.

Granitische Bruchsteine werden am vortheilhaftesten zu Grundmauern, zum Bau von Wehren und Dämmen, zu Stüz- und Trockenmäuern, Brunnenschachten angewendet.

Zum Hausteingemäuer liefert der Granit ein treffliches, obgleich seiner Härte wegen kostbares Material. Ferner ist er zum Pflaster und zum Strassenbau vorzüglich geeignet.

Das spezifische Gewicht des Granites beträgt 2,57 bis 2,50. Eingemengte metallische Massen vermehren die Schwere desselben. [16])

Syenit (gemeiner). Feldspath, seltener Feldstein und Hornblende, im körnig-krystallinischen Gefüge einander

---

[16]) Zu den bedeutenderen aus Granit aufgeführten Bauwerken gehören: der Pont neuf zu Paris, die Quais an der Newa und am Katharinen-Kanal zu St. Petersburg; die Waterloo-Brücke in London; die Werften, Docken und der Hafen daselbst, so wie jene zu Liverpool.

Die Anwendung des Granites zu Werken der Prachtbaukunst und Bildhauerkunst verliert sich bis in die fernsten Zeiten des Alterthums. Die Obelisken Aegyptens werden auf 100 Fuss Höhe geschäzt. Der Schaft der aus Granit bestehenden Säule des Pompejus zu Rom ist 90 Fuss hoch. Das Fussgestelle der Bildsäule Peters des Grossen zu Petersburg misst auf der Grundfläche 42 Fuss in der Länge, 36 Fuss in der Breite und hat 21 Fuss zur Höhe; jede der 52 Säulen in der Casanschen Muttergottes Kirche zu St. Petersburg ist 29 Fuss 2 Zoll hoch und 3½ Fuss stark. Von allen oben genannten Werken ist jedes aus einem einzigen Stücke Granit gebauen.

Der feinkörnige Granit gestattet die schärfste Ausarbeitung von Gliedern und Verzierungen und nimmt eine treffliche Politur an; er dient deshalb um Gesimse, Ornamente, Vasen u. s. w. daraus zu arbeiten.

Digitized by Google

fest und innig verbunden, sind die bildenden Theile des gemeinen Syenites. Die Hornblende dient als Unterscheidungs-Merkmal des Syenites vom Granite, besonders dann, wenn im Gemenge des ersteren Quarz und Glimmer vorkommen.

Der Feldspath ist gewöhnlich der vorwaltende Gemengtheil; er kommt in groben, kleinen, feinen, auch in krystallinischen Körnern von rother, graulich- oder grünlich weisser, bisweilen auch schön himmelblauer Farbe vor.

Einzelne in der Gesteinmasse zerstreute Feldspathkrystalle finden sich im porphyrartigen Syenite.

Die Hornblende, das charakteristische Gemengtheil im Syenite, ist von dunkel lauchgrüner, graulich-schwarzer, schwärzlich-grüner Farbe und kommt in kleineren und grösseren krystallinischen Parthien, in nadelförmigen Gestalten, seltener in Krystallen vor.

An die Stelle der Hornblende treten Hyperstehn, Glimmer (granitartiger Syenit).

Das Gefüge des Syenites ist häufig vom mittlerem, doch auch von feinem und grobem Korne, auch neigt es sich zum Schieferigen (Syenit-Schiefer).

Unter die zufälligen Gemengtheile des Syenites gehören Quarz, Glimmer, Strahlstein, Zirkon, u. s. w.

Die Felsart geht über in Gneiss, Hornblende-Gestein, Thonschiefer, Trachyt.

Unter den Gemengtheilen ist es der Feldspath, welcher der Zerstörung am ersten unterliegt; er lösst sich in Knolin auf. Die sehr oft auch leicht zersezbare Hornblende zerfällt in Thon. Manche hornblendereiche Syenite verwittern sehr leicht, hyperstenhaltige am schwersten. Zufällig beigemengter Quarz vermehrt die Dauer und Festigkeit des Syenites.

Der Syenit ist meist gar nicht, oder nur selten und fast immer undeutlich geschichtet. Bei wahrnehmbarer Schichtung sind die Schichten gewöhnlich sehr mächtig. Er sondert sich in fünf- auch sechsseitige, 6 bis 8 Fuss dicke, zum Theil 100 Fuss hohe, ungegliederte, sehr enge mit einander verbundene Säulen; ferner in kugelige Stücke und in regellose Massen.[17])

---

[17]) Zu den Gangarten des Syenites gehören Feldspath, Quarz, Kalkspath, Diorit, Basalt; als untergeordnete, fremdartige Lager kommen in demselben vor: Quarz, Gneiss, Porphyr, körniger Kalk.

Digitized by Google

Als Baustein hat der Syenit seiner grossen Festigkeit, seiner beträchtlichen ungetheilten Massen wegen, hohen Werth. Er wird in dieser Beziehung ganz ebenso wie der Granit verwendet.

Diorit. (Ur- und Übergangs-Grünstein). Die bildenden Theile des Diorites sind Hornblende und Feldstein, oder Statt des lezteren, aber nur selten und mehr ausnahmsweise, Feldspath; sie bilden ein inniges, äusserst festes, grob- auch feinkörniges Gemenge.

Die Hornblende, von lauchgrüner, auch von graulich-, grünlich-, bräunlich-schwarzer Farbe, kommt in krystallinischen, blätterigen Parthien, auch in nadelartigen Krystallen vor, ist meist nicht sehr hart, bis zum Zerreiblichen.

Der Feldstein erscheint zum Theil regelmässig ausgebildet, obgleich unvollendet, meist in unbestimmbaren Krystallen, ist von Farbe grünlich- oder gelblich-weiss, beinahe glanzlos, nähert sich dem Erdigen. Gelblichweisse oder grünliche Feldspath-Krystalle im Hornblende- und Feldstein-Gemenge, bilden den porphyrartigen Diorite (Grünstein-Porphyr, zum Theil).

Hornblende und Feldstein sind im körnigen Gefüge des Diorites oft in ganz gleicher Menge vorhanden, doch waltet die Hornblende zuweilen, und mitunter so sehr vor, dass der Feldstein dem Auge unwahrnehmbar wird.

Zu den dem Diorite beigemengten Theilen gehören Quarz Glimmer, Diallagon, Granat, Eisenkies, u. a. m.

Er geht über in Gneiss und in Aphanit.

Der Syenit, früher zu den Gebilden der Urzeit gerechnet, wird in neuerer Zeit meist der Übergangsperiode beigezählt.

Er erscheint auf Granit gelagert, auf Gneiss ruhend, mit diesem wechselnd, demselben eingelagert, auf Thonschiefer liegend.

Die Syenitgebirge sind theils nicht sehr erhaben, mit abgerundeten Kuppen und Rücken, bauchigen Abhängen, weiten Becken; theils steigen die Berge mit spizigen Gipfeln, zackigen Kämmen hoch an; die Abhänge sind steil und wild, die einzelnen Felsen gäh abfallend, auch kugelförmig gestaltet.

Die Felsart ist wenig verbreitet, sie bildet kleine Bergzüge oder sezt einzelne Hügel zusammen.

Vorkommen: Bayrisch-Böhmisches Waldgebirge. Bergstrasse. Odenwald. Vogesen. Sächsisches Erzgebiege.

Digitized by Google

Durch von Aussen einwirkende Kräfte wird der Diorit mehr oder minder leicht zerstört, und lösst sich endlich in einen rothen, eisenschüssigen Thon, in Walkerde, zu einem braunen Gruss oder eisenschüssigen Sand auf.

Der Diorit ist nicht immer deutlich, aber stets sehr mächtig geschichtet. Er erscheint häufig säulen - oder kugelförmig abgesondert. [18])

Obgleich weit schwerer sprengbar als der Granit, ist der Diorit doch zerreiblicher als jener, er eignet sich desshalb wenigstens eben so gut zum Strassenbau. Als Pflasterstein angewendet fährt er sich leichter aus und läuft sich leichter glatt als der Granit. Er übertrifft den Granit an Tragvermögen, und taugt deshalb auch zum Mauerwerk, doch lässt er sich nur schwer regelmässig behauen, hält die Feuchtigkeit länger als Granit und scheint sich auch minder gut als dieser mit dem Mörtel zu binden.

Dolerit. (Flöz-Grünstein.) Die im krystallinischen oder körnigen Gefüge verbundenen, wesentlichen Gemengtheile des Dolerites sind: Feldstein und Feldspath in Körnern, krystallinischen Massen und Krystallen, von grauer, gelblicher, röthlicher oder grünlicher Farbe; dann Augit, gleichfalls in Körnern, krystallinischen Massen und Krystallen, von blätterigem Gefüge und schwarzer, dunkelgrüner, auch grünlichgelber Farbe; endlich Magneteisen, in Körnern fein eingesprengt, seltener in grösseren rundlichen Massen, in äusserst kleinen Krystallen, glänzend, von eisenschwarzer, selten von blauer Farbe.

---

[18]) Gangartige Räume im Diorite sind erfüllt mit Feldspath, Quarz, Kalkspath, u. s. w. — Quarz, Hornstein, Chloritschiefer auch Glimmerschiefer bilden darin fremdartige und untergeordnete Lager.

Die Lagerungs-Verhältnisse des Diorites, der theils dem Urgebirge angehört, theils zu den Übergangsgebirgen zu rechnen ist, sind sehr vielartig und abweichend. Der Diorit stets weniger selbstständig, als vielmehr anderen Formationen untergeordnet erscheinend, kommt vor als Lager, auch als Stückgebirge im jüngeren Granit-, Gneiss- und Glimmerschiefer-Gebilde; auf Serpentin gelagert und mit diesem in mächtigen Schichten wechselnd; in Kuppen über dem Grauwackengebirge hervorragend, einzelne Kuppen auf Übergangskalk zusammensezend oder dieser Felsart untergeordnet; mit Syenit wechselnd u. s. w.

Digitized by Google

In dem oft grob- oft klein- selbst auch sehr fein-körnigen Gemenge des Dolerites ist bald der Feldspath, bald der Augit vorwaltend, oft haben beide ein gleiches Mengeverhältniss.

Als beigemengte Theile finden sich Nephelin, schwarzer Granat, Sodalit, Glimmer u. s. w.

Der Dolerit geht über in Basalt und in Wacke.

Er verwittert im Allgemeinen leicht; am leichtesten der mandelsteinartige. Er geht ins Zerreibliche, Erdige von grünlicher Farbe mit beigemengten Kaolittheilen über.

Manchem Dolerite fehlt die Schichtung ganz, bei anderen ist sie nur angedeutet, zuweilen treten Abtheilungen in Bänke an ihre Stelle.

Die Felsart erscheint abgesondert in, bald nur wenige Zolle, bald sehr beträchtlich dicke Säulen von 9 bis 40 Fuss Höhe; in kugelige, zum Theil aus der Verwitterung der Säulen entstehende Massen.[19])

Der Dolerit eignet sich zum Pflastern und zum Strassenbau. Zum Mauerwerk ist er weniger tauglich, da er ziemlich leicht verwittert; und gerne Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Die, durch das Abgerundete ihrer Formen ausgezeichneten Dioritberge sezen theils von vielen Seitenthälern eingeschlossene Gebirgszüge zusammen, deren einzelne Berge in kegelartigen Gestalten hoch ansteigen, und die auf ihren Abhängen mit zahlreichen vorragenden Kuppen besezt sind, theils sind sie minder hoch, oft nur Hügel, auch finden sich ebene, mit einzelnen niedrigen Felsen besezte Flächen, die von sanft abfallenden oder kesselförmigen Thälern unterbrochen werden.

Vorkommen: Im Dillenburgischen. Im Nassauischen. Am Harze. Fichtelgebirge. Sachsen. Schlesien. Böhmen, u. s. w.

[19]) Auf gangartigen Räumen kommen in Dolerit vor: Feldspath, Quarz, Kalkspath u. a. m.

Der Dolerit findet sich als Glied basaltischer Formationen, basaltischen Gesteinen, auch der Grauwacke aufgelagert; er ist dem rothen Sandstein eingelagert; ruht auf Glimmerschiefer und wird den älteren vulkanischen Felsarten beigezählt.

Die spizigen, kegelförmigen, mit Blöcken und Trümmern umlagerten Gipfel mancher hohen Berge bestehen aus Dolerit, dessen bisweilen fast senkrechte Felswände eine Höhe von einigen hundert Fuss erreichen; an seinen Berghängen laufen tiefe, sehr steile Schluchten hinab.

Vorkommen: Odenwald; Kaiserstuhler Gebirge im Breisgau; Mainthal zwischen Hanau und Frankfurt. Kurhessen.

Digitized by Google

Gabbro. (Serpentinischer Urgrünstein; Serpentinit; serpentinartiger Granit). Feldstein, Feldspath und Diallagon, minder häufig nur Feldstein und Diallagon, sämmtlich im körnigen Gefüge miteinander verbunden, sind die bildenden Theile des Gabbro. Er ist meist grau, bisweilen geblich oder grünlich gefärbt; sein Gemenge ist grob-, klein-, auch höchst feinkörnig.

Der Feldstein, öfter in der Masse vorwaltend, hat ausgezeichnet grob- und dick-splitterigen Bruch, selten ist er höchst feinkörnig.

Das Gefüge des, meist nur sparsam vorkommenden Feldspathes ist körnig, seltener blätterig, er kommt in krystallinischen Theilen und in Krystallen vor und durchschiesst im feinkörnigen Gabbro den Diallagon in Nadeln.

Der Diallagon (Smaragdite, Schillerstein), der niemals in Gabbro fehlt, mitunter selbst im Gemenge vorwaltet, erscheint in grossen Blättern von mitunter 6 Zoll Länge.

Dem Gabbro beigemengt sind: Nigrin, Hornblende, Glimmer, u. a. m. Dem Sepentin in Beziehung auf Lagerung und Bestandstoffe nahe stehend, häufig in denselben übergehend, verläuft sich der Gabbro auch ausserdem in Diorit, Granit und Thon-schiefer.

Die Felsaar ist ausserordentlich schwer zersprengbar; bei beginnender Zersezung derselben wird der Feldstein zuerst zerstört aus dessen Höhlungen dann die Blätter des härteren Diallagon hervorragen.

Der Gabbro ist nur selten, aber dann in ziemlicher, sich gleichbleibender Mächtigkeit geschichtet. Er erscheint oft durch unzählige Klüfte getrennt.[20])

In Hinsicht auf Anwendbarkeit beim Bauen kommt der Gabbro dem Diorite ganz gleich.

---

[20]) Gangarten im Gabbro sind: Quarz und Kalkspath. Als fremdartige Lager kommen vor: Serpentin, Kalkstein u. a. m.

Der Gabbro tritt theils an der Gränze der Ur- und Übergangs-, theils an jener der Übergangs- und Flöz-Gebirge auf.

Er ist auf Glimmerschiefer gelagert; ruht auf älterem Thonschiefer, auf Hornblendeschiefer; erscheint auf Serpentin, über dichtem Kalk gelagert, u. s. w.; liegt in aufgelöstem Serpentin in einzelnen Massen; nicht selten ist er aber auch ganz unbedeckt.

Digitized by Google

Hornfels. (Trapp; Kieselschieferfels.) Die aus splitterigem Quarz, Feldstein und sehr wenig Turmalin, bald deutlich, bald innig gemengte Masse des Hornfels ist von rauchgrauer, ins Schwarze ziehender Farbe, bisweilen auch schwarz, grünlich oder weisslich gestreift; hat fein splitterigen, ins Unebene gehenden Bruch und ein zwischen dem Feinkörnigen und Dichten die Mitte haltendes, lezterem sich nährendes selten schieferiges Gefüge.

Als zufällige Gemengtheile kommen in derselben vor: Hornblende, Glimmer, Quarz und Feldspath.

Der Hornfels geht in Granit und in Deorit auch in Quarzfels und Kieselschiefer über.

Er besizt einen hohen Grad von Festigkeit und verwittert desshalb nur sehr schwer.

Er ist stets deutlich geschichtet. Seine fast senkrecht stehenden Schichten wechseln an Mächtigkeit zwischen ½ bis zu mehreren Fuss. [21])

Als Baustein wird er ebenso wie der Granit angewendet, auch ist er ein zum Pflaster und Strassenbau sehr gutes Material.

Schieferige Gesteine.

Gneiss. (Schieferiger Granit). Die wesentlichen Gemengtheile des Gneiss sind Feldspath, Quarz und Glimmer,

---

Die Gabbroberge sind steil, mit hohen Felsen besezt, ihre Abhänge stark gefurcht, tief eingeschnitten. Seine oft viele Meilen weit sich ausdehnenden Gebirge erreichen in einzelnen Bergen eine Höhe von mehreren tausend Fuss. Er bildet auch gesonderte, aus Ebenen einzeln emporsteigende Spizberge, und ist allgemein und weit verbreitet.

Vorkommen: Harz. Schlesien. Grafschaft Glaz. Harthegebirge. Unteröstreich. Mähren u. s. w.

[21]) Quarz und Turmalin füllen in Trümmern gangartige Räume im Hornfels; als untergeordnete Lager kommen in demselben vor: Quarz, Feldstein und Kalkstein.

Der Hornfels kommt auf Granit gelagert vor.

Er sezt theils ganze Gebirgszüge, theils die Kämme der Berge, theils blos einzelne, zuweilen kegelförmige Kuppen mit schroffen Wänden und klippigen Abhängen zusammen, und ist wenig verbreitet.

Vorkommen: am Harze. Harzeburger Forst; u. a. m.

Digitized by Google

nicht selten sehr deutlich, auffallend gegen einander contrastirend, im körnig schieferigen Gefüge verbunden.

Der Feldspath kommt darin in krystallinischen Theilen, in scharfkantigen Stücken von blätterigem Gefüge, in kleinen, auch sehr feinen, selten groben Körnern, in ausgebildeten, oft 8 bis 10 Zoll langen Krystallen vor, und ist weiss, grau, seltener fleischroth gefärbt; zuweilen nimmt er, in Feldstein übergehend, dichtes Gefüge an. Er macht bald den vorwaltenden Bestandtheil im Gneisse aus, bald kömmt er in demselben mit dem Quarze in gleicher Menge vor.

Die asch- auch rauchgrauen, weisslichen, braunen Körner des Quarzes, der im Gneisse bisweilen nur sparsam vorkömmt, oder darin oft ganz fehlt, haben Glasglanz, splitterigen Bruch und sind gewöhnlich kleiner als die des Feldspathes.

Der Glimmer, meist von grauer, ins Grüne, Schwärzlichbraune und Schwarze übergehender, seltener von weisser, am seltensten von grüner Farbe, — zuweilen in einer und derselben Gneissmasse verschiedenartig gefärbt — kommt im Gneisse fast immer häufiger als im Granite, in Blättchen, Schuppen, in Krystallen, im älteren Gneisse sparsamer als im jüngeren vor und je häufiger er sich findet, desto dünnschieferiger ist der Gneiss.

Als stellvertretende Theile finden sich statt des Glimmers bisweilen Talk, Chlorit, Hornblende, Epidot, Graphit.

Zu den mehr oder minder häufig im Gneisse sich findenden, für denselben mehr oder weniger charakteristischen Beimengungen gehören Granit, Turmalin, Disthen, Andalusit, Cordierit, Eisenkies, u. a. m.

Der Gneiss geht über in Granit, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Thonschiefer, Granulit, Syenit und Hornblende-Gestein.

Die meist von Aussen nach Innen fortschreitende Zerstörung des Gneisses beginnt mit dem Wechsel seiner Farbe ins Lichtere. Das Endresultat der Zerstörung ist die Auflösung des Gesteins in Gruss, in eine thonige, mit Glimmerblättchen und Quarzkörnern gemengte Masse. Der Feldspath wird in eine unrein gelbe oder braune Thonmasse auch in Kaolin, der Glimmer in Speckstein umgewandelt.

Die Felsart ist ausgezeichet deutlich und regelrecht geschichtet. Ihre Schichten sind von ungleicher, meist aber beträchtli-

Digitized by Google

cher Mächtigkeit. Zahlreiche Klüfte durchsezen die Masse des Gesteins nach allen Richtungen. [22])

Der Gneiss ist, vermöge seines schieferigen Gefüges leichter zu gewinnen und zu verarbeiten als der Granit; er dient gleich diesem zum Hau- und Bruchstein-Gemäuer, doch ist er zum Wasser und Grundbau desshalb weniger als der Granit geeignet, weil er im Wasser und selbst in feuchter Erde leichter verwittert und zerfällt, wie denn der Gneiss weit lieber als jedes der vorher beschriebenen Gesteine die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzieht und festhält. Der sehr glimmerreiche Gneiss besizt wenig Dauer, ist desshalb zum Bauen untauglich.

Der Gneiss geht mit dem Mörtel ziemlich feste Verbindung ein. Zum Pflaster, wie zum Strassenbau, wird besonders der feinkörnige mit Vortheil angewendet.

Glimmerschiefer. Die bildenden Theile des Glimmerschiefers sind **Quarz** und **Glimmer**, im dick- und dünnschieferigen Gefüge verbunden.

---

[22]) Als Gangarten finden sich im Gneisse: Ametist, Achat, Granit, Basalt, Kupfer- und Bleierze u. a. m.

Zu den untergeordneten fremdartigen Lagern im Gneisse, von denen er jedoch in manchen Gegenden fast ganz frei ist, gehören: Feldspath, Feldstein, Quarz, Kalk u. s. w.

Manche Gneisse sind entschieden älter als gewisse Granite, andere mit solchen gleichzeitig oder folgen diesen unmittelbar im Alter.

Der Gneiss wechselt mit Thonschiefer, Grauwacke, Kalk; bildet Gänge im Glimmerschiefer, kommt in Bruchstücken im Gneisse, im Glimmerschiefer, im augitreichen Trachyte, im Granite vor; und erscheint als Trümmergestein durch eine Quarzmasse verkittet, (Trümmergneiss, Gneiss-Brekzie).

Die Gneissgebirge haben minder schroffe Umrisse, einen mehr einförmigen Charakter als die Granitgebirge, keine gezackten Gipfel, nichts Wildes, selten vorragende Felsen. Sie erheben sich treppen-, massenförmig, mit geringem Emporsteigen; ihre Abhänge sind selten schroff, ihre Schlüchten meist sanft, ihre Thäler breit, von unbedeutender Tiefe, wenn gleich stellenweise jäh. Die grösseren Bergzüge des Gneisses haben selten vorragende Kuppen. Die kleineren Bergkettrn sind mit flachen Kuppen besezt. Zwischen den Höhen finden sich nur selten verbreitete Ebenen. Gneiss und Granit werden äusserst häufig mit einander angetroffen.

Digitized by Google

Zu den im Glimmerschiefer sich findenden Beimengungen gehören: Granit, Feldspath, Hornblende, u. a. m. Der Glimmerschiefer geht über in Gneiss, Granit, Hornblendschiefer u. s. w.

Das Resultat der Zersezung des, in der Regel viel später als der Thonschiefer verwitternden Glimmerschiefers ist ein unrein gelber, mit Quarzkörnern untermengter, glimmerreicher Thon; auch zerfällt das Gestein in feinen weissen oder gelblich braunen Sand, oder in eine röthlich-gelbe höchst feine Erde.

Die Schichtung des Glimmerschiefers ist ausgezeichnet und deutlich. Nicht selten ist er stark zerklüftet.[23])

Als Baustein ist der Glimmerschiefer von geringer Güte, zum Grund- und Wasserbau taugt er gar nicht, zum Pflaster und Strassenbau eignet sich nur der sehr quarzreiche. Dagegen ist er sehr feuerbeständig und desshalb zu Feuerungs-Anlagen sehr brauchbar; daher hat er auch den Namen Gestellstein. Endlich wird der feinschieferige, in gerade Platten sich spaltende Glimmerschiefer zum Dachdecken benüzt.

Dioritschiefer. (Grüsteinschiefer, Grünschiefer). **Feldstein** und **Hornblende**, in gerade und dickschieferigem, sehr häufig zum Körnigen sich neigenden Gefüge verbunden, bald der

---

Vorkommen: Bayern; um Passau. Spessart. Bergstrasse und Odenwald. Schwarzwald. Harz. Sächsisches Erzgebirge. Riesengebirge. Schlesisch-Mährisches Gebirge. Salzburg. Böhmen.

[23]) Der Glimmerschiefer ist unter den Urgebilden der reichste an mannchfachen, nicht selten sehr mächtigen untergeordneten und fremdartigen Lagern.

Er nimmt im Urgebirge seine Stelle meist zwischen Gneiss und Thonschiefer ein.

Die meist grosse Bergebenen mit sanften, wellenförmigen Erhöhungen zusammensezende Felsart entbehrt der steilen, pralligen Höhen und der tiefen Thäler granitischer Hochgebirge. Ihre Berge haben viel Ähnliches mit denen des Gneisses mehr noch mit jenen des Thonschiefers.

Der Glimmerschiefer tritt in manchen Haupt-Gebirgsketten sehr ausgedehnt und mächtig auf; oft überdeckt er, ununterbrochen verbreitet, auf weite Strecken ältere Gebirge bis zu Höhen, welche von späteren Formationen nicht erreicht werden konnten.

Vorkommen: Fichtelgebirge; Baireuth. Im Hanauischen. Thüringer Waldgebirge. Erzgebirge Sachsens. Oberschlesien. Salzburg. Tyrol. Böhmen u. s. w.

Digitized by Google

eine, bald die andere vorherrschend, machen die bildenden Theile des Dioritschiefers aus.

Der meist graue, auch durch Hornblende unrein grün gefärbte Feldstein, kommt in der Masse des Gesteins in einzelnen rundlichen, kleinen Quarztheile einschliessenden, oder von sehr zarten Quarzadern durchzogenen Massen vor; auch wechselt er in sehr dünnen Lagen mit anderen, aus Feldstein und Hornblende gemengten.

Die Hornblende, von rabenschwarzer Farbe, bald deutlich blätterig, bald dicht erscheinend, ist dem Feldstein mehr oder minder innig beigemengt, oft darinn ganz verschmolzen, auch nur fleckweise in demselben vertheilt. Bei vorwaltendem Feldstein tritt die Hornblende im Dioritschiefer fast nur als porphyrartige Einmengung auf.

Im Dioritschiefer kommen als zufällige Gemengtheile vor: Quarzkörner, Glimmerblättchen, Granat, Leberkies, Titanit. Derselbe geht allmälig in Hornblendeschiefer über.

Er verwittert im Ganzen leicht und es zeigen sich dann bei demselben etwa die nemlichen Erscheinungen wie beim Verwittern des Diorites.

Der Dioritschiefer ist nicht immer deutlich geschichtet; seine öfter nur sehr schwachen, bisweilen aber auch sehr mächtigen Schichten kommen zum Theil senkrecht stehend, zum Theil in bogenförmiger Krümmung vor. Er wird häufig von Klüften durchsezt.[24])

Der Doritschiefer, leichter spaltbar als der Diorit, findet mit lezterem beim Bauen völlig gleiche Anwendung.

---

[23]) Als Gangarten kommen im Gestein Silber und Bleierze, von Flussspath begleitet, vor.

Diorit und ein schwärzlich blauer von schwachen Quarzadern durchzogener Schiefer bilden darin untergeordnete Lager.

Der Dioritschiefer bildet mächtige, aber nur wenig verbreitete Lager im Gneisse und im Glimmerschiefer, ruht auf Gneiss, seltener auf Granit, wird von älterem Thonschiefer überdeckt, ist auf Glimmerschiefer und häufig zwischen diesem und Thonschiefer gelagert; in lezterer Felsart gelagert, wechselt er mit Hornblendeschiefer.

Die durch sanfte Gehänge besonders ausgezeichnete Felsart kommt im Allgemeinen im physiognomischen Charakter mit dem der schieferigen Gesteine überein und sezt die höchsten Bergkuppen zusammen.

Vorkommen: Harz. Fichtelgebirge. Erzgebirge Sachsens. Böhmen.

Digitized by Google

Porphyrartige Gesteine.

Feldstein-Porphyr. (Rother Porphyr; Hornstein-P.; Feldspath-P.). Die Hauptmasse dieser Felsart ist Feldstein; ihre Charakterfarbe, fast immer blass, meist nicht scharfbestimmbar, gleichmässig oder wechselnd in Streifen und Flecken, ist roth, ins Gelbe, Braune, Graue und Graulichschwarze, dann ins Lavendelblaue, Grüne und Weisse gehend; ihr Bruch ist grob- und feinsplitterig, oft selbst kleinmuschelig ins Ebene sich verlaufend.

In dieser Masse liegen als wesentliche Einmengungen Quarzkrystalle und Körner, von perl- und rauchgrauer, nelkenbrauner, gelblich- und graulichweisser Farbe, zuweilen in einerlei Masse verschiedenartig gefärbt; ferner krystallinische Theile und bisweilen über 1 Zoll grosse, meist undeutliche Krystalle von Feldspath, gelblich- und graulichweiss ins Grüne, dunkel fleisch- und braunlichroth gefärbt; endlich, aber weniger charakteristisch, mehr zufällig, Hornblende-Krystalle, Glimmer in Blättchen, Schuppen und Krystallen.

Innige Beimengungen von Quarztheilen machen die Hauptmasse hornsteinartig und verleihen ihr eine grössere Härte (Hornsteinporphyr); sie wird selbst bisweilen chalzedonähnlich. Bisweilen zeigt das Gestein ein etwas schieferiges Gefüge.

Die Grundmasse desselben überwiegt bald die übrigen bildenden Theile im Mengeverhältniss, bald ist sie stellen- und lagerweise von allen Einmengungen frei, bald erlangt auch das Gestein durch die Häufigkeit des darin vorhandenen Quarzes und Glimmers, besonders des Feldspathes, mehr eine körnige Struktur und es sind dann nur kleine Flächen der Hauptmasse bemerkbar.

Ins Mandelsteinartige übergergehend, umschliesst sie kleine Höhlungen, blasenähnliche Räume; bisweilen erscheint sie porös.

Der Feldstein-Porphyr mancher Gegenden umschliesst meist ziemlich gleich grosse Kugeln, theils von einer der Hauptmasse ähnlichen, theils von chalzedon- oder hornsteinartiger Substanz.

Als beigemengte Theile kommen im Feldstein-Porphyr manche Kiese, auch bisweilen Kalkspath, rother Granat, Epidot, Strahlstein vor.

Er geht über in Granit, in älteren Sandstein und in Gneiss.

Digitized by Google

Die Veränderungen, welche der Feldsteinporphyr durch äussere Einwirkungen erleidet, sind sehr manchfach, doch sezt er denselben meist einen kräftigen Widerstand entgegen, so dass jene nur auf Entfärben der Masse sich beschränken. Die Hauptmasse trozt gemeinlich der Zerstörung am längsten; Feldspath und Glimmer verwittern am leichtesten. Als Endresultat der Zersezung erscheint häufig ein erdiger Porphyr (sogenannter Thonporphyr, Thonsteinporphyr), oder ein mehr oder minder quarzreicher Sand.

Schichtung fehlt dem Feldstein-Porphyr entweder ganz, oder sie ist meist sehr undeutlich; ihre Stelle nehmen häufig Abtheilungen in wenig regelmässige Bänke ein. Die Schichten, in Mächtigkeit von 1 bis 10 Fuss wechselnd, stehen oft mehr oder weniger senkrecht.

Die Felsart erscheint abgesondert: in Säulen von 1 bis 18 Zoll Dicke, 5 bis 12, mitunter aber auch bis 60 Fuss Höhe, die senkrecht, oben etwas gekrümmt, in mehrere hundert Fuss langen Reihen parallel neben einander, dicht zusammen gefugt stehen; ferner in Platten (Platten-Porphyr). [25])

---

[25]) Gangarten im Feldstein-Porphyr sind Quarz, Chalzedon, Baryt- und Flussspath, Steinmark und mancherlei Erze.

Man unterscheidet eine ältere und eine jüngere Formation des zu den Urgebilden gerechneten Porphyres; in neuerer Zeit will man denselben als Glied der Übergangsperiode, oder als dem älteren rothen Sandstein zugehörig betrachten.

Der Feldstein-Porphyr bildet Lager auf Granit, von Thonschiefer oder von älterem Sandstein bedeckt, mit lezterem wechselnd; steigt aus dem älteren Sandstein- und Kohlengebilde empor, ist lezterem aufgelagert; überdeckt unmittelbar den älteren Sandstein oder ruht auf demselben in übergreifender Lagerung u. s. w. Er füllt gangartige Räume im Gneisse, im Thonschiefer; kommt in scharfkantigen Bruchstücken in Rollsteinen vor, bildet Konglomerate (Trümmerporphyr, Porphyr-Brekzie).

Der Porphyr sezt selten zusammenhängende Reihen, meist nur zerstückte, zerissene Gebirge zusammen. Seine hohen Kegel erheben sich, von einander unabhängig, steil, fast unersteiglich aus jüngeren Gebilden oder flachen Thälern. Die Kuppen sind rund, die Abhänge prallig, felsig, mit zahllosen Rollstücken überdeckt, die hohen Felswände schroff, klippig, die Thäler meist eng, die Schluchten tief, die grauenvollen Abgründe wild mit übereinander gehäuften Felsmassen überdeckt.

Vorkommen: Bergstrasse. Schwarzwald. Mittelrheinisches Gebirge; Donnersberg. Thüringer Waldgebirge. Gegend um Halle. Schlesien. Erzgebirge Sachsens sehr verbreitet. Harzgebirge. Tyrol. Böhmen.

Digitized by Google

Die Härte des Porphyres, seine Unzerstörbarkeit, sein dem Granite gleich kommendes hohes Tragvermögen, seine Trockenheit sind Eigenschaften, welche denselben als einen trefflichen Baustein bezeichnen, er wird desshalb auch zu allen Arten von Bauwerken, zum Pflaster wie zum Strassenbau mit Vortheil verwendet, [26])

---

[26]) Die bei der Prachtbaukunst in Anwendung kommenden Arten sind: der rothe antike P. mit weissen und rosenrothen Flecken, vom Nil und rothen Meere; der braune antike P. von brauner Hauptmasse mit grünlichen Krystallen (Ruinen Roms, Vogesen, Elfdalen in Dalekarlien, mit röthlichen Krystallen); der grüne antike P. von grüner Grundmasse mit weissen und grünlichen Feldspath-Krystallen (Ostia, Blankenburg am Harze, Vogesen, Corsika, Pyrenäen); der schwarze antike P. von schwarzer Hauptmasse mit weissen Feldspathkrystallen (Ruinen Roms) ist selten, seine Fundort unbekannt. Korsikanischer Kugelporphyr von gelber ins Röthliche ziehender Grundmasse mit eingemengten Feldspathkrystallen.

Digitized by Google

III. Vorlesung.

Gleichartige Gesteine. — Körnige; schieferige; dichte Gesteine. —

Gleichartige Gesteine.

Körnige Gesteine.

Granulit. (Weisstein; Glasurstein). Die Hauptmasse des Granulits ist Feldstein; sein Bruch ist klein splitterig, sein Gefüge körnig, oft so kleinkörnig, dass es aus Dichte grenzt; es neigt sich zum Schieferigen.

Die Feldstein-Körner sind weiss, bisweilen auch röthlich, gelblich, grau, schwärzlich gefärbt, haben ein seifenartiges Ansehen und werden vom Messer nur wenig oder gar nicht gerizt; oft wechseln mehrere Farben in bandartigen Streifen.

Bisweilen wechseln körniger und schieferiger Granulit, beide einer und derselben Masse angehörend, mit einander und sind dann stets innig miteinander verwachsen.

Als beigemengte Theile finden sich in der Hauptmasse: Hornblende, Glimmer, Quarz, rother Granat. Turmalin, Disthen und Kupferkies.

Als unmerkliche Übergänge des Granulits werden bezeichnet, die in Dioritschiefer, in Hornblendeschiefer, in Granat und in Gneiss.

Die Felsart verwittert leicht. Sie ist, besonders die von schieferigem Gefüge, mehr oder minder deutlich geschichtet, häufig nach allen Richtungen gespalten und zerklüftet, selten regelrecht säulenartig gestaltet. [27])

---

[27]) Gangarten sind Quarz, Barytspath; untergeordnete Lager: Granit und Serpentin, Hornblende, Syenit, Gneiss. Über das Alter des Gesteins herrscht Meinungsverschiedenheit. Es tritt am häufigsten aus Glimmerschiefer,

Digitized by Google

Als Baustein kann der Granulit höchstens nur zum Pflastern und zum Chausséebau angewendet werden, zu Kunstwerken taugt er nicht.

Körniges Quarzgestein. (Urquarzfels, Flözquarz-Gestein). Die Hauptmasse der Felsart ist Quarz. Sie erscheint theils sehr krystallinisch, theils nur körnig, dann ins mehr oder minder deutlich Dichte von grob splitterigem Bruche sich verlaufend. Im Grossen ist das Gefüge zuweilen unvollkommen schieferig.

Oft besteht das Ganze aus nichts als mehr oder weniger regelrecht ausgebildeten Krystallen.

Besteht die Masse aus Körnern, so ist sie bald einfach, bald in Abstufungen, streifig oder gefleckt gefärbt, an den Kanten stark durchscheinend, giebt am Stahle Funken und ist ärter und glänzender als Granulit. Die Körner, von weisser, grauer, rother, brauner Farbe, sind klein und haben fettig glänzenden Bruch.

Als der Hauptmasse eingemengte Theile kommen bisweilen silberweisse Glimmerschuppen, Quarzkrystalle, seltener Körner und Krystalle von Feldspath, kleine Würfel aus Eisenkies vor.

Das Quarzgestein, welches sich dem Ansehen nach dem Sandsteine nähert, geht in Hornfels und in quarzige Trümmer-Gesteine über.

Obgleich häufig zerklüftet, widersteht besonders das dichte Gestein doch lange äusseren zerstörenden Einwirkungen. Die Felsart ist entweder gar nicht oder nur sehr undeutlich geschichtet; häufig ist sie in 5 bis 7 Fuss dicke, meist sehr steil stehende Bänke abgetheilt, die wieder in Säulen und Platten ge-

---

auch aus Thonschiefer hervor; ist dem sogenannten Urgranit eingelagert; bildet schwache Lager im Dioritschiefer.

Der, im Ganzen nicht sehr bedeutend verbreitete Granulit scheint hohen Gebirgsgegenden nicht eigen zu seyn. Er geht in hohen Felsen zu Tage aus und umschliesst enge, tiefe Thäler.

Vorkommen: Sächsisches Erzgebirge. Fichtelberg. Schlesien. Mähren. Österreich. Steyermark.

Digitized by Google

trennt sind. Keilförmige, oder auch stängeliche Absonderungen sind selten und fast immer undeutlich. [28])

Zum Bauen ist das Quarzgestein wegen seiner grossen Festigkeit, wegen des Scharfkantigen seiner Bruchstücke und wegen seiner Eigenthümlichkeit, von fast gar keinem Stoffe angegriffen zu werden, sehr tauglich. Es wird, weil es sich sehr gut, und mit den Jahren immer inniger, mit dem Kalke verbindet, mit Vortheil zum Grundbau und zum starken Mauerwerk über und unter der Erde und im Wasser angewendet. Beim Strassenbau liefern seine grossen abgerundeten Blöcke Randsteine. Die kleineren Geschiebe geben ein gutes Deckmaterial, welches aber, seiner scharfen Kanten und Ecken wegen, möglichst klein zerschlagen werden muss. [29]) Spez. Gewicht 2,75 bis 2,66.

Hornblende-Gestein. Die Hauptmasse dieses Gesteines ist Hornblende; das Gefüge ist blätterig, durcheinander gewachsen, strahlig-, klein- und bis zum anscheinend Dichten fein-körnig; die Masse ist rabenschwarz, dunkellauchgrün, graulichschwarz

---

[28]) Quarz und Turmalin, lezterer seltener, füllen gangartige Räume im körnigen Quarzgesteine, oder bilden häufiger Adern in demselben. Untergeordnete Lager kennt man bis jezt nicht.

Das Quarzgestein gehört älteren und neueren Bildungsperioden an; es kömmt mehr in untergeordneten Lagern als selbstständig, jedoch bisweilen auch weit verbreitet vor und sezt ganze Bergmassen zusammen. Es ruht in manchen Gebirgen unmittelbar auf Granit, oder wechselt mit Hornfels und Dioritschiefer, zuweilen ist es zwischen Gneiss und Glimmerschiefer gelagert. Es sezt theils einzelne Kuppen, besonders auf den Gebirgskämmen, theils ganze Rücken zusammen. Seine Berge und Kuppen zeichnen sich durch ihre spize Kegelform aus; es erhebt sich in mächtigen steilen Felsen, kahlen pralligen, oft hundert und mehr Fuss hohen Wänden, in schroffen Klippen aus anderen Gebirgsarten. Die Oberflächen seiner Massen sind oft von blendender Weisse. Allmälig der Zerstörung unterliegend, trennen sich meist sehr scharfkantige Blätter und Bruchstücke von dem Ganzen der Massen und bedecken oft in grosser Menge die Abhänge der Berge.

Vorkommen: Bayern; der Pfahl von Thierlstein über Viechtach bis Bodenmais, der Weissenstein bei Regen. Bergstrasse. Odenwald. Taunusgebirge. Harz. Erzgebirge. Böhmen u. s. w.

[29]) Um Paris, werden aus einem höchst fein körnigen, sehr porösen Quarze Mühlsteine von ausgezeichneter Härte gehauen.

Digitized by Google

Als fremdartige Gemengtheile kommen im klein- und feinkörnigen Gesteine Feldspath, Quarz, Glimmer, Granat, verschiedene Erze u. a. m. vor.

Durch äussere Einwirkungen zerklüftet die Felsart, deren feinkörnige Abänderungen sehr schwer zersprengbar sind, in einzelne Blöcke; endlich löst sie sich in eine grünlichgraue, thonige Masse auf.

Das Hornblendegestein zeigt, obgleich selten deutliche, Schichtung. Mitunter werden grosskugelige Absonderungen angetroffen. [30])

Die etwas leichter als Diorit verwitternde Felsart findet mit jenem Gestein gleiche Anwendung beim Bauen; nur zum Wasserbau ist sie untauglich.

Körniger Kalk. (Urkalkstein; salinischer, parischer auch kararischer Marmor). Die Grundmasse dieses Gesteines ist kohlensaurer Kalk von kristallinischem, körnig-blättrigem Gefüge; seine mehr oder minder rein weisse Farbe verläuft sich ins Gelbe, Grüne, Blaue, Rothe, Braune und Graue; oft wechseln verschiedene Farben in Flecken oder in Streifen. Sein Gefüge ist grobkörnig bis ins Dichte, zuweilen schieferig. Seine Körner sind, ohne alle Zwischenräume, mehr oder minder fest, genau miteinander verbunden.

Beim Zerschlagen, selbst bei blosser Reibung entwickelt der körnige Kalk einen eigenthümlichen Geruch; er brausst mit Säuren auf.

Als zufällige Beimengungen enthält die Felsart Glimmer, Talk, Hornblende, Quarz, Graphit u. a. m. Oft ist sie von allen

---

[30]) Als Gangarten kommen Feldspath, Quarz und Kalkspath, als untergeordnete Lager Feldspath, Quarz, Glimmer, Strahlstein u. s. w. vor; es finden bisweilen Übergänge in die leztgenannte Felsart Statt. Das Hornblende-Gestein gehört meist den älteren Gebirgsformationen an. Es bildet Lager im Gneisse und Glimmerschiefer, im Übergangskalke.

Seine Hügel sind meist flach, seine pyramyden-förmigen Kuppen haben abgestumpfte Gipfel und steile klippige Abhänge. Es ist im Ganzen wenig verbreitet.

Vorkommen: Sächsisches Erzgebirge. Fichtelgebirge. Böhmer-Waldgebirge. Salzburg. Kärnthen. Norddeutsche Ebene.

Digitized by Google

Beimengungen ganz frei; ebenso werden in derselben im Allgemeinen keine vegetabilischen oder thierischen Reste angetroffen.

Der körnige Kalk verläuft sich allmälig in Übergangskalk.

Er ist bald mehr, bald minder leicht zerstörbar, zerfällt in einzelne Blöcke, zerbröckelt sich und löst sich endlich in Erde auf.

Schichtung fehlt, zumal dem von fremden Gemengtheilen freien Gesteine entweder ganz, oder sie ist meist undeutlich; an ihre Stelle treten oft unregelmässige Abtheilungen in Bänke. Nur der glimmerreiche, körnige Kalk zeigt mächtige, bisweilen höchst deutliche Schichten. Der dünngeschichtete hat bisweilen ein schieferiges Ansehen und ist oft so mürbe, dass er sich zerreiben lässt. Spalten und Klüfte kommen häufig, Gänge aber selten vor; bisweilen zeigen sich Schnüre und Adern von Kalk- und von Braunspath, auch von Quarz. [31])

Der körnige Kalk wird sowohl als Bruch- wie auch als Haustein verwendet, ebenso eignet er sich auch zum Brennen. Da er zu weich ist, so ist er weder zu Plaster noch zum Strassenbau sonderlich tauglich.

Körniger Gyps. (Alabaster; schöner Mädchenstein). Die Hauptmasse ist körniger Gyps, von meist feinem, ins Schuppige und Blätterige übergehendem Korne und schneeweisser, ins Grünliche, Graue und Blaue, sich verlaufender Farbe.

---

[31]) Eisenkies, Brauneisenstein, Bleiglanz, verhärteter Thon u. a. bilden fremdartige Lager. Als eigenthümliche Einlagerungen sind die sogenannten Schaalen zu bezeichnen; sie bestehen vorzüglich aus verhärtetem Talk, Feldstein, Quarz, Asbest und anderen Fossilien.

Der körnige Kalk erscheint theils den Gebilden der Ur-, theils jenen der Übergangszeit untergeordnet; er sezt selten Stückgebirge zusammen, eben so selten findet er sich als Trümmergestein; er bildet Lager im Gneisse, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Syenite, im dichten Übergangskalke, Serpentin, u. s. w.

Er erhebt sich nicht selten zu beträchtlicher Höhe. Die Abhänge seiner schroffen Berge sind mit steilen, kahlen Felswänden besezt. Er ist ziemlich verbreitet.

Vorkommen: Bayern; Bayreuth, Wunsiedel, Bullenreuth. Bergstrasse. Sachsen. Schlesien. Salzburg. Tyrol. Schweiz. Kärnthen. Mähren. Böhmen.

Digitized by Google

Er brausst mit Säuren nur dann auf, wenn er thonige oder mergelige Beimengungen enthält Bisweilen ist er eisenschüssig.

Von fremdartigen Gemengtheilen ist die Felsart oft ganz frei, hin und wieder kommen darin Feuerstein, Stinkstein, Schaumkalk u. a. m. so wie auch organische Reste vor.

Der körnige Gyps geht in Kalkstein auch in Stinkstein über. Obgleich er im frischen Zustande ziemlich fest ist, so verwittert er dennoch leicht. Das Resultat seiner Zersezung ist Lehm und Gruss. [32])

Er ist theils gar nicht, theils unvollkommen, theils, und zwar besonders der sogenannte Ur- und Übergangs-Gyps, ziemlich deutlich geschichtet. Der Gyps ist nicht immer von Klüften durchsezt. Bisweilen zeigen sich grosse regellos kugelige Massen. [33])

Zum Mauerwerk ist nur der sehr kieselhaltige Gyps brauchbar: zu Wasserbauten ist er ganz untauglich. Von seiner Anwendung zum Mörtel wird weiter unten die Rede seyn.

Spezifisches Gewicht, 2,19.

---

[32]) Bemerkenswerth sind die Reste einiger alten Burgen Thüringens: in den aus Gyps erbaut gewesenen Mauern derselben, bildet der, mit einem Theile aufgelösten Gypses durchdrungene Mörtel grosszellige Massen, die Steine selbst sind ganz ausgewaschen.

[33]) Zu den Gangarten im Gypse gehören Gypsspath, Steinsalz, Schwefel u. s. w. Ein Theil des körnigen Gypses gehört der Übergangsperiode an; ob es wahren Urgyps gebe, ist noch zweifelhaft. Er kommt auf Kalk und Thonschiefer, auf Feldstein-Porphyr, zwischen Grauwacke, im Alpenkalk, oder zwischen diesem und Jurakalk, oder auch in neuerem Sandstein, in Salzthon und über Kohlensandstein gelagert vor. Ein Theil desselben ist neuer als Kreide und Grobkalk.

Der Gyps sezt meist kegelförmige Berge, selten mächtige, erhabene Massen zusammen; indessen finden sich mitunter Felsen von mehr als 200 Fuss Höhe. Meist bildet er Hügel und kleine Berge, die durch nicht weit erstreckte, aber tiefe Schluchten von einander getrennt sind und sich bald sanft, bald ziemlich steil aus flachen Gegenden erheben; er überdeckt die Gehänge oder Abdachungen der Gebirge; füllt häufig, mit geringer Mächtigkeit, den Grund von Hochthälern.

Der Gyps des Alpenkalks zeichnet sich durch die in demselben vorkommenden Höhlungen (Schlotten, Kalkschlotten) so wie durch die, mit jenen vorkommenden Erdfälle (Seelöcher) aus.

Vorkommen: in Bayern; Windsheim. Im Schmalkaldischen. Mannsfeldischen. Thüringen. Im Stollbergischen. Im Hollsteinischen. Im Salzburgischen. Tyrol. Hall. Harz u. a. m.

Digitized by Google

Dolomit. (Talkhaltiger Kalkstein); Kohlensaurer Kalk, verbunden mit kohlensaurem Talke machen die Hauptmasse des Dolomits aus. Sein Gefüge ist ausgezeichnet körnig, oft mehr oder minder krystallinisch; das Korn ist klein, auch sehr fein, selten gross; das feinkörnige nähert sich dem Dichten von splitterigem Bruche. Die nur an wenigen Stellen sich berührenden Körner des Gesteines lassen sichtbare Zwischenräume; häufig hängen sie so lose zusammen, dass die Masse zerreiblich wird.

Hauptfarben des Gesteines sind Weiss-, Stroh- und Isabellgelb und Grau; die gelben Farben sind charakteristisch. Oft wechseln mehrere Farben in Flecken und Streifen. Der grobkörnige Dolomit zeigt auf der Bruchfläche perlmutterartigen Glanz. Bei dem ins Dichte übergehenden Dolomit wird der Glanz fettig und verschwindet endlich ganz. Das Mengeverhältniss der beiden Hauptbestandtheile des Dolomits ist sehr verschieden. Der Talkgehalt wechselt zwischen 3 bis zu 15 selbst zu 41 Prozent.

Der Dolomit enthält zuweilen Thon, auch Kieselerde, selbst Bitumen. Er entwickelt zuweilen, besonders der graugefärbte, beim Zerschlagen einen unangenehmen Geruch.

Der neuere Dolomit umschliesst viele drusenartige Räume und Höhlungen, die meist mit grauem, oder mit eisenschüssigem Thone erfüllt sind.

Bisweilen wird das Gestein brekzienartig, zuweilen rogensteinartig; manchmal kommt es in dünnen biegsamen Platten vor.

Als fremdartige Theile kommen, jedoch selten, im neueren Dolomit fast niemals, Glimmer, Talk, Turmalin, Quarz, u. a. vor Versteinerungen finden sich gleichfalls nur sehr selten im Dolomit.

Der neuere Dolomit geht in dichten Kalk über.

Die Felsart verwittert sehr leicht, sie zerfällt zulezt zu einem weisslichen Sande.

Die Schichtung des älteren Dolomits ist mitunter fast senkrecht; dem jüngeren Dolomit fehlt sie ganz; an ihre Stelle treten bei diesem bisweilen Abtheilungen in mehr oder minder mächtige Bänke. Senkrechte, in der Felsart meist sehr tief niedersezende Spalten und Klüfte, erstrecken sich bisweilen bis in das unter jener liegende Gestein. Unterirdische Gänge, geräumige

Digitized by Google

Höhlungen durchziehen die Bergmassen in manchfachen Richtungen. [34])

Die festeren Arten des Dolomits finden mit dem Kalksteine gleiche Anwendung beim Mauerwerk. Über seine Benüzung zum Mörtel das Nähere am gehörigen Orte. [35])

Schieferige Gesteine.

Talkschiefer. Talk, als die Hauptmasse dieser Felsart, in mehr oder minder schieferigem, bisweilen ins Faserige übergehendem Gefüge, erscheint weissgrau, ins Weisse, Grüne und Röthliche ziehend gefärbt, oft grün auf grauem Grunde gefleckt.

Fremdartige Beimengungen kommen nicht immer vor.

Der Talkschiefer geht unmerklich in Chloritschiefer, Thonschiefer, Glimmerschiefer über.

---

[34]) Der Dolomit gehört zum Theil den Gebilden der Urzeit an; als solcher macht er im Glimmerschiefer untergeordnete Lager aus, die bisweilen eine Mächtigkeit von 50 Fuss und darüber erreichen. Der, den jüngeren Felsgebilden angehörende Dolomit ruht auf Alpen- und Jurakalk, auf Mergel, buntem Sandsteine, auf einem quarzigen Trümmergesteine.

Der ältere Dolomit, nur stellenweise in bedeutender Verbreitung vorkommend, erhebt sich in hohen, spizzigen, mit schroffen Felsen, nakten Wänden besezten Bergen aus dem Glimmerschiefer. Der neuere Dolomit zeichnet sich da, wo er in beträchtlicherer, jenem des älteren Dolomits im Allgemeinen überwiegender Verbreitung auftritt, durch das Sonderbare seiner kegelförmig gestalteten Berge aus. Seine wundersam ausgezackten, thurmähnlich aus der Ebene emporsteigenden Felsen, erscheinen bald einzeln, bald in grosser Zahl nebeneinander, ohne sich zu berühren. Durch ihre Steilheit, ihr Senkrechtes selbst bisweilen Überhängendes gleichen sie Reihen ungeheuerer Basaltsäulen oder Trümmern zerstörter Vesten.

Der Dolomit erlangt bisweilen eine ungeheuere Mächtigkeit und reicht bis zur Alpenhöhe hinan.

Vorkommen: Bayern; um Bamberg, Sulzbach, Muggendorf, Streitberg und Gailenreuth, Amberg, Regensburg, Obereichstädt, Neuburg an der Donau. Schwäbische Gebirge. Im Mannsfeldischen. Westphalen. Österreich.

[35]) Die Alten benüzten die festeren Arten des Dolomit als Marmor. Reste am Palatinischen Berge zu Rom; Tempel des Jupiter-Serapis unweit Puzzuoli. Die berühmte biegsame Platte im borghesischen Palaste zu Rom.

Digitized by Google

Er besizt im Allgemeinen ziemliche Festigkeit, besonders in seinen unteren Schichten.

Er ist theils dünn-, theils mächtig, oft mit starkem Fallen, öfter in zick-zackförmigen Biegungen geschichtet. [36])

Häufig dauerhafter als Glimmerschiefer, findet der Talkschiefer beim Bauen ähnliche Anwendung mit jenem Gesteine. [37])

Hornblendeschiefer. Die Hauptmasse des Gesteines ist krystallinische Hornblende, von rabenschwarzer, dunkel- und schwärzlich-grüner Farbe, und von bald dick- bald dünnschieferigem, mehr oder minder ausgezeichnetem, meist geradem Gefüge. Die einzelnen, kleinen, glänzenden Hornblende-Theilchen durchkreuzen sich bald, bald folgen sie einer, den Schichten parallelen Hauptrichtung. Sie sind oft so ausserordentlich fest und innig miteinander verwachsen, dass man sie kaum unterscheiden kann.

Die oft ganz fehlenden fremdartigen Beimengungen des Glimmerschiefers erscheinen oft in so zarten Theilchen, dass die vorherrschende Hornblende sie ganz unsichtbar macht; es gehören dahin Feldspath, Quarz, Glimmer u. a. m.

Der Hornblendeschiefer geht über in Hornblendegestein, Glimmerschiefer, Dioritschiefer, Gneiss und Thonschiefer.

Die von zufälligen Gemengtheilen freie Abänderung ist der Verwitterung am wenigsten unterworfen.

---

[36]) Als Gangarten kommen in demselben Quarz und Kalkspath vor; der Zeichenschiefer bildet darin untergeordnete Lager.

Der Talkschiefer gehört der Ur- und der Übergangszeit an. Er setzt theils ganze Berge zusammen, theils bildet er von Gneiss und Glimmerschiefer, seltener von Thonschiefer umschlossene Lager; er wird öfter von Hornblendeschiefer begleitet. Er gehört zu den wenig verbreiteten Felsarten.

Vorkommen: Bayern; Bayreuth, Thiersheim bei Wunsiedel, Fuchsmühle und Erbendorf in der obern Pfalz. Rheinisches Übergangsgebirge. Alpen. Im Salzburgischen.

[37]) Der Topfstein ist eine sehr feinkörnige, ins Dichte übergehende, meist grünlich-grau gefärbte Abänderung des Talkschiefers.

Er ist höchst feuerbeständig; widersteht ungemein den Einwirkungen von Luft und Wasser; ist schwer zersprengbar, aber ziemlich leicht zu schneiden, zu sägen, lässt sich drehen und dient nicht nur als Baustein, sondern auch zu Fertigung von Geschirren u. s. w.

Digitized by Google

Die Felsart ist meist sehr deutlich, jedoch nur mit geringer Mächtigkeit, oft sehr dünn, geschichtet. Häufige Klüfte durchziehen das Gestein in den manchfachsten Richtungen. [38])

Als Baustein wird der Hornblendeschiefer wie das körnige Hornblendegestein verwendet. Der dünnschieferige dient zum Dachdecken.

Dichte Gesteine.

Gesteine, welche mit Scheidewasser stark aufbrausen.

Übergangs-Kalk. (Hochgebirgskalk; Mittel-Kalkstein). Die reine, dichte, nur selten ein körniges Gefüge annehmende Kalkmasse ist theils durchaus gleichartig, theils auch nach allen Richtungen von kleinen, weissen, oder lichter als die Masse selbst gefärbten Adern durchzogen. Ihre Hauptfarben sind grau, in mehrfachen Abstufungen (sie ist für das Gestein charakteristisch), auch roth, gelblich, und schwarz. Die Färbung der Masse ist einfach, in mancherlei Abstufungen wechselnd, mehrfach in scharf von einander abgesonderten Flecken und Streifen geädert.

Der Bruch ist fein splitterig, neigt sich zum Ebenen, bisweilen auch zum Flachmuscheligen und zeigt stellenweise einzelne glänzende Theilchen; oder das Gefüge ist höchst fein körnig, manchmal selbst mehr oder weniger krystallinisch, jedoch mehr von schuppigem als körnigem Ansehen.

---

[38]) Als Gangarten kommen in demselben vor: Feldspath, Quarz, Granat, sogenannter Schriftgranit.

Strahlstein, Quarz, körniger Kalk, Gneiss, Dolerit u. a. bilden darin untergeordnete Lager.

Der Hornblendeschiefer tritt selten selbstständig auf; er macht mehr oder minder mächtige Lager aus und gehört vorzugsweise den Gneiss- und Glimmerschiefer-Gebilden an; seltener findet er sich im Thonschiefer.

Die Gestalten seiner meist niederigen, einförmigen Berge haben wenig Charakteristisches. Er bildet nur selten aus manchfaltig zerrissenen Massen bestehende Felswände.

Vorkommen: Fichtelgebirge. Goldkronach bis Berneck. Erzgebirge. Thüringerwald. Schlesien. Salzburg. Tyrol. Schweiz. Norddeutsche Ebene. Böhmen.

Digitized by Google

Der Übergangskalk ist bisweilen reich an Kieselerde-Gehalt. Öfter ist er sehr stark durchscheinend. In seiner Grundmasse finden sich manchmal Zellen, und kleine Höhlungen.

Eine Abänderung der Felsart hat unvollkommen schieferiges, meist nur im Grossen deutliches Gefüge, ist stets mit Thon innig vermengt, brausst desshalb mit Säuren nur langsam auf, enthält öfter kleine Kalk- und Braunspath-Körner, ist graulichschwarz, auch grünlichgrau, stets unrein, gefärbt und bildet in der Regel nur untergeordnete Lager im gewöhnlichen Übergangskalke.

Als fremdartige Gemengtheile kommen darin mehr oder minder häufig vor: Kalk- und Braunspath, Feldspath, Quarz, Feuerstein, Asphalt, Bleiglanz u. a. m., oft ist er von solchen ganz frei. Eben so fehlen Versteinerungen bald ganz, bald sind sie im Gesteine nur sparsam vorhanden, bisweilen aber finden sie sich sehr häufig und in grosser Manchfaltigkeit in demselben. Denkwürdig sind die in der Felsart sich findenden ganz zu Braun-Eisenstein umgewandelten Holzzweige.

Die Felsart geht über in körnigen Kalk und in manche jüngere Kalksteine.

Nässe und Frost wirken mächtig auf die Zerstörung des Übergangskalkes ein, am schnellsten verwittert der mit Thon gemengte.

Schichtung fehlt der Felsart in den meisten Fällen, da wo sie Statt findet, ist sie undeutlich, regellos und von solcher Mächtigkeit, dass sie kaum wahrgenommen werden kann; bisweilen aber ist sie deutlich und dünn, namentlich bei der mit thongemengten Felsart von unvollkommenem schieferigem Gefüge. Der Übergangskalk wird von starken Klüften durchzogen und mit ihnen hängen die, für das Gestein mitunter charakteristischen Höhlungen und offenen Spaltungen zusammen.[39])

---

[39]) Gangartige Räume sind im Übergangskalke mit Kalkspath, Barytspath, Quarz, Eisenkiesel, Rotheisenstein, Thon, Lehm u. s. w. erfüllt. Zu den vielerlei Gesteinen, welche im Übergangskalke fremdartige und untergeordnete Lager bilden, gehören Kalkmergel, Quarz, Feldstein, Roth- und Brauneisenstein u. a. m.

Der Übergangskalk verdankt seine Bildung einer Reihenfolge mehrerer, in verschiedenen Zeiträumen stattgefundenen Niederschläge; er tritt, theils unmittelbar auf Gebilden der Urzeit abgesezt, vom Grauwacke und Thonschiefer überdeckt, als mehr selbstständiges, oft sehr erhabenes Gebirge auf, theils bildet er, mit Grauwacke und mit Thonschiefer wechselnd, auch diesen Fels-

Digitized by Google

Der Übergangskalk gehört in Beziehung auf seine Anwendung beim Bauen zu den wichtigsten Steinen. Er wird sowohl zum Bruch- als zum Hausteinmauerwerk häufig verwendet. Völlig gut hält er sich nur in trockenem Boden, oder (wenn ihm keine Erze beigemengt sind) beständig unter Wasser liegend, er dient desshalb mit Nuzen zum Bau der Wehre, Schleusen, zu Steinbekleidungen der Ufer. Zum Pflastern und zum Strassenbau ist er weniger geeignet. Er liefert gebrannt meistens einen sehr guten Kalk.[40])

Alpenkalk. Die Hauptmasse ist dichter Kalk; der Bruch ist grob oder feinsplitterig, lezterer verläuft sich bisweilen ins Ebene und Flachmuschelige; der dichte Bruch nähert sich bisweilen dem Erdigen; auch Übergänge ins unvollkommene körnige Gefüge kommen vor; Anlage zum Schieferigen zeigt sich

---

arten aufgelagert, oder denselben muldenförmig eingelagert, mächtige Lager und grosse Gebirgsmassen.

Die oft wahrhaft kolossalen, spizigen, kegelförmigen durch einen Charakter besonderer Wildheit meist sehr ausgezeichneten Berge des Übergangskalkes erreichen bisweilen eine Höhe von 10000 bis 13000 Fuss. Auf ihren Gipfeln ragen Nadeln und Hörner aus breiten Felsenmauern hervor; ihre sehr felsenreichen, steilen Abhänge sind mit schroffen Klippen, steten Einsturz drohenden Massen besezt. Die erhabenen, zerborstenen Kuppen bilden häufig, nur durch ihren Fuss verbundene Reihen von Pyramiden und Obelisken. Die meist hoch liegenden Thäler sind eng, tief, nicht weit erstrekt, durch senkrechte Felsen begrenzt, öfter unwirthbar, wild und mit Felsblöcken überdeckt.

Die Felsart kömmt häufig, jedoch in manchen Gebirgen nicht in grossen Massen vor.

Vorkommen: Sachsen, bis ins Baireuthische. Harz. Rheinpreussen. Gebirge zwischen dem Rhein, der Weser, Lippe und Lahn. Österreich. Tyrol. Salzburg. Mähren. Böhmen.

[40]) Die meisten politurfähigen Kalksteine (Marmore) sind Übergangskalk. Viele der erhaltenen Denkmale des Alterthums bestehen daraus. Er dient ferner zu Fundamentmauern, (in denen sich jedoch leicht Mauerfrass erzeugt), zu Gesimsen, Thür- und Fenstergestellen; zu Feuerungsanlagen, dann zu Grundmauern an Viehställen, Kloaken u. s. w. ist er aber untauglich. (In des Hrn. Dir. Klöden Abhandlung: *Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine* (*Journal f. d. Baukunst*, *herausgeg. von Dr. Crelle u. s. w. IV. Bd.* 1. *u.* 2. *Heft.*) sind die verschiedenen Marmorarten aufgezählt).

Digitized by Google

selten. Die Felsart ist meist einfach, roth, unrein grau, lichtegelblich - und graulichweiss, seltener in Streifen oder Flecken gefärbt. Sie besizt ein eigenthümliches mildes, etwas schimmerndes Ansehen.

Mit der, meist ganz reinen Masse, finden sich bisweilen Thon, Galmei und Erdöl mehr oder minder innig gemengt.

In der dichtesten, festesten Masse des Gesteines kommen, besonders in den oberen Lagen, mitunter häufig, Höhlungen vor.

Von fremdartigen Beimengungen ist der Alpenkalk meist frei, bisweilen kommen vor: Kalkspath, Gyps, Bergkrystall, Feuerstein, Glimmer, Thon u. a. m.

Versteinerungen, welche oft ganzen Gebirgsstrecken der Felsart fehlen, kommen dagegen an anderen Stellen darin äusserst häufig vor.

Der Alpenkalk geht über in Jurakalk und in Übergangskalk, ferner in Rauchwacke. Er ist von nicht geringer Härte und widersteht daher zerstörenden äusseren Einwirkungen ziemlich lange, bis er endlich manchmal selbst in Sand zerfällt.

Der Alpenkalk ist nicht immer, ein Theil desselben nur höchst selten, geschichtet, die Mächtigkeit der oft sehr sonderbar gekrümmten Schichten zeigt sich sehr verschieden, ebenso das Fallen derselben.[41])

Der Alpenkalk findet beim Bauen mit dem Übergangskalke gleiche Anwendung.

---

[41]) Gangarten im Alpenkalke sind: Kalkspath, Barytspath, Bleiglanz u. a. m. Als untergeordnete und fremdartige Lager kommen vor: Gyps, Mergel, Thon, Dolerit, Sandstein u. s. w.

Der Alpenkalk ist der Grauwacke, dem Thon- und Kupferschiefer aufgelagert; er ist unmittelbar auf Thon- und Kieselschiefer abgesezt; und ist über Kupferschiefer gelagert.

Die Felsart sezt da, wo sie selbstständiger auftritt, beträchtliche klippige Berge und Bergzüge zusammen, deren steile, wilde, gewaltige Massen oft alle übrigen Gebirgsarten verdrängen und sich in einer, von diesen unerreichbaren Grösse erhalten. Die Rücken der hohen Alpenkalk-Gebirge sind kuppig, ausgezakt, scharf zugespizten Firsten ähnlich, die Gebirgsjoche hoch, felsig, schroff; die Berggipfel mit thurmähnlichen Felsen besezt; die Abhänge bald steil, klippig, oft senkrecht, bald sanfter; die gewaltigen Wände kahl, senkrecht; die Risse und Spalten nach allen Richtungen laufend, häufig zu fürchterlichen Schluchten geweitet.

Digitized by Google

Jurakalk. (Kohlen-Kalkstein). Die Hauptmasse ist dichter Kalk, von muscheligem, ins Blaue sich verlaufendem, auch, jedoch seltener, von splitterigem Bruche, bisweilen mit dem Körnigen sich nährendem, öfter mit rogensteinartigen Gefüge; mitunter schwammig; von stets sehr lichter, graulich-weisser oder gelblicher Farbe; von mattem oder nur sehr schwach glänzendem Ansehen.

Der reinere, fast nur aus kohlensaurem Kalke bestehende Jurakalk, enthält oft nur 2 bis 3 % Thon, mit etwas Eisenoxyd oder Talkerde. Durch zunehmenden Thongehalt, der von 3 und 4 bis zu 20 und 24 % wechselt, wird das Gestein mergelig.

An beigemengten Theilen kommen Kalkspath, seltener Eisenkies, bisweilen Hornsteinknollen vor; ferner finden sich scharfeckige Bruchstücke von schwärzlich grauen, kleinsplitterigen Kalksteinen im lichtegelblich-grauen Jura-Kalke von muscheligem Bruche, von diesem innig umschlossen.

Mancher Jurakalk ist sehr reich an verschiedenartigen Versteinerungen, anderen fehlen sie fast ganz.

Er geht über in Alpenkalk, Rogenstein, Mergel und in Kreide.

Die thonreichen Arten des Jurakalkes verwittern am leichtesten, sie zerfallen, und wandeln sich in thonigen Kalkboden um.

Die Schichtung des Jurakalkes ist sehr deutlich. Die Mächtigkeit seiner meist beinahe wagrechten Schichten, ist gewöhnlich gering; beim jüngeren Jurakalke ist sie dagegen mitunter ausserordentlich beträchtlich. Er wird von sehr zahlreichen Klüften und vielen weiten und langen Höhlen durchzogen; auch kommen Erdfälle häufig in demselben vor.[42])

Die weniger erhabenen Gebirge des Alpenkalkes bilden sanfter abfallende Höhen, gerundetere Berge, die jedoch längs den Flüssen meist ebenfalls sich steil senken oft schroff abgeschnitten sind.

Der Alpenkalk ist sehr allgemein verbreitet.

Vorkommen: Bayern; Füssen, Schwangau, Reichenhall, Ettal, Valdep um Tegernsee. Baden. Rheinpreussen. Mannsfeld. Thüringerwald. Harzgebirge. Oberschlesien. Tyrol u. s. w.

[42]) Als Gangarten werden im Jurakalke Kalkspath, Dolerit und Basalt, als untergeordnete Lager Mergel, Rogenstein, schieferiger Kalk, Gyps, Thoneisenstein, Hornstein angetroffen.

Der Jurakalk ist auf Felsarten von sehr abweichenden Alter gelagert; er überdeckt den Granit, ruht auf älterem, auch auf Quader-Sandstein und auf Alpenkalk.

Digitized by Google

Als Baustein wird auch der Jurakalk ebenso wie der Übergangskalk verwendet, doch müssen die thonigen und wassersaugenden Arten desselben verworfen werden, wie man überhaupt die Güte des Gesteines durch Aussezen der Witterung erproben muss.

Muschelkalk. (Jüngerer Flözkalk; Muschelmarmor). Die reine, dichte, ziemlich einfache, gleichartige Masse dieses Gesteins ist Kalk; Beimischungen von Kiesel- oder von Thonerde, von Kalkspath-Theilen oder Eisenoxyd bringen in derselben hin und wieder Veränderungen hervor; die zahllosen Versteinerungen, besonders Muscheln, welche sie umschliesst, sind für dieselbe charakteristisch. Der Bruch ist matt, feinsplitterig, fast eben, zuweilen aber auch flachmuschelig; in einzelnen Bänken zeigt sich das Gestein von körnigem Gefüge mit Rogensteinstructur, porös oder blasig. Es ist beinahe immer blass und einfach, grau, gelblich oder weiss gefärbt, seltener in verschiedenen Abstufungen gefleckt. Die grau gefärbten Abänderungen sind härter, werden selbst hornsteinartig; die gelbgefärbten, zumal die thonhaltigen gegen die Oberfläche hin liegenden, sind weich, mürbe, feinsandig.

Als beigemengte Theile kommen im Muschelkalke vor: Kalkspath, Schaumkalk, Bergmilch, Bleiglanz u. a. m. — Der Reichthum an manchfachen Versteinerungen, besonders an Muscheln, den der Muschelkalk besizt, dient als wesentliches Unterscheidungs-Merkmal desselben von älteren Flözkalken.

Der Muschelkalk geht über in Mergel, Kreide und in Sandstein. Er widersteht, ungeachtet seiner starken Zerklüftung, da wo er fest ist, der Zerstörung lange Zeit; durch Zersezung

---

Seine ausgedehnten Gebirge zeichnen sich durch lang gezogene Formen aus; ihre Rücken dehnen sich in fast ununterbrochener Einförmigkeit, seine abgeplatteten Gipfel oft zu Plateaus aus, und sind durch senkrechte Abfälle, wild aufgethürmte Felsenmassen begrenzt.

Er ist sehr weit verbreitet.

Vorkommen: Von Schaffhausen aus, fast ohne Unterbrechung durch Würtemberg (schwäbische Alp) und Bayern (bei Regensburg) bis an die Ufer des Mains und gegen Koburg hin. Am Harze.

Digitized by Google

wird er theils mergelartig, theils geht seine schwindende Härte ins Zerreibliche über.

Er ist ausgezeichnet deutlich und sehr gleichförmig, meist aber nur mit unbedeutender Mächtigkeit geschichtet. [43])

Der Muschelkalk giebt wegen seines meist sehr hohen Grades von Unzerstörbarkeit einen trefflichen Baustein, doch sind seine Schichten nicht alle von gleicher Güte und zu gleichen Zwecken anwendbar, wesshalb er vor dem Verwenden erst erprobt werden muss. Im Allgemeinen wird er ebenso wie der Übergangskalk benüzt.

Spez. Gew. des reinen Muschelkalkes, 2,671.

Grobkalk. (Jüngster Flözkalk). Die aus Kalk, oft aus einem unreinen Gemenge von kalkigem und kieseligem Sande, Thon u. dgl. bestehende Masse hat splitterigen, zum Theil ins Unebene mit gröberem und kleinerem Korne, theils ins Ebene sich verlaufenden Bruch, bisweilen zeigt sie sich unvollkommen schieferig; sie ist, meist sehr licht, unrein graulichweiss ins Aschgraue, grünlich- und gelblich-grau, ockergelb, gelbbraun, in grauen und braunen, mit einander scharf begränzt wechselnden Abstufungen, gefärbt; häufig enthält sie kleine Löcher.

Die Festigkeit des Grobkalkes ist sehr verschieden, sie verliert sich selbst bis ins Zerreibliche; sehr fest ist meistentheils die Abänderung, welche Steinkerne und Muschelabdrücke enthält. Der feinkörnigere widersteht der Zerstörung am längsten. Der sandartige, in den Gruben weiche Grobkalk wird an der Luft nach und nach hart. Bisweilen wechseln Lagen festen Grobkalkes

---

[43]) Hornstein, Gyps, Thon, Mergel, Sandstein, Kohlen u. s. w. machen in dem Gestein fremdartige und untergeordnete Lager aus.

Der Muschelkalk ruht theils unmittelbar, theils durch Thon- oder Mergelschichten getrennt, auf buntem Sandsteine, auch kommt er auf Alpenkalk, Gyps und auf Trümmergesteinen gelagert vor.

Er bildet meist nur niedere Anhöhen, mit gerundeten Gipfeln, oder auch Berge mit langen, schmalen, ebenen Rücken, sanften Abhängen, seltener mit felsigen, steilen Wänden; zum Theil ist er auch auf niederige, flache Gegenden, auf die Gehänge der Berge beschränkt. Seine Thäler sind weit und flach.

Vorkommen: Rhöngebirge; gegen die Fulda und Ulster. Würtemberg. Harzgebirge. Thüringen. Im Mannsfeldischen. Im Eichsfeld. Rüdesdorf.

Digitized by Google

wiederholt mit Lagen eines kalkig-sandigen, zerreiblichen, mit Muscheln erfüllten Grobkalkes.

Von beigemengten Theilen ist, mit Ausnahme der nicht sowohl versteinten als vielmehr beinahe immer kalzinirten Konchilien, der Grobkalk ganz frei; zu den in demselben sich vorfindenden gehören: Grünerde, Quarz, Glimmerschiefer, Gneiss, rother Sandstein u. a. m. Die, in den oberen Lagen des Grobkalkes sparsamer als in dessen mittleren und unteren Lagen vorkommenden Muscheln finden sich oft so häufig und so aneinander gedrängt, dass das Bindemitttel ganz verschwunden ist.

Der Grobkalk ist im Allgemeinen ausgezeichnet deutlich geschichtet. Die Mächtigkeit seiner meist wagrechten, geraden, unter sich parallelen Schichten ist bisweilen bedeutend, öfter aber sehr ungleich. [44])

Der Grobkalk findet beim Bauen gleiche Anwendung wie der Muschelkalk. Die Brücke von Neuilly, die Genoveva-Kirche zu Paris sind daraus (und zwar aus den Steinen der Brüche von Saillancourt) erbaut. [45])

---

[44]) Er ist zum Theil von häufigen Klüften stark durchsezt. Gänge kommen in demselben nicht vor.

Der Grobkalk, an Alter der Kreide und dem Knochen führenden Gypse nachstehend, ruht auf jüngstem Sandstein, auf kalkigem Trümmergestein, auf Gneiss u. s. w.

Die Berge des Grobkalkes sind niemals von beträchtlicher Höhe, meist nur rundliche Hügel, jedoch bisweilen mit steil abstürzenden Seiten. Häufig füllt der Grobkalk grosse Vertiefungen, weitgedehnte Becken, oder er macht den Grund von ziemlich weit erstreckten Ebenen aus.

Vorkommen: Rheinthal um Mainz. Gegend um Wien. Niederlande.

[45]) Der in der Umgegend von Paris sehr häufig vorkommende Grobkalk hat, je nach seinen verschiedenen Abänderungen und nach den manchfachen Zwecken zu welchen er benuzt wird von den Arbeitern eigene Namen erhalten, als da sind: der sehr feine Pierre de Liais, von erdigem Bruche, mit 7 bis 15 Zoll mächtigen Schichten, der eben so feine aber härtere Cliquart, im Bruche von frischerem Ansehen. Der Banc franc, mit dem vorigen unmittelbar zusammen hängend, häufig Muscheln enthaltend und 1 Fuss dick. Der sehr feste, selbst feinkörnige, mit Muscheln und Höhlungen angefüllte Pierre de roche, mit Schichten von 2 Fuss Mächtigkeit, ist einer der besten Bausteine jener Gegend. Der Lambairde, dessen Lager eine Mächtigkeit von 12 Fuss erreichen, der aber so weich ist, dass er mit einer gezahnten Säge geschnitten werden kann.

Digitized by Google

Kreide. Die in reinem Zustande aus kohlensaurem Kalke mit etwas wenigem Talk, Thon und Eisenoxyd bestehende Masse der Kreide ist theils weich, selbst locker, theils ziemlich hart; ihr Bruch ist daher bald fein- oder groberdig, bald eben, ins Unebene und Splitterige sich verlaufend; sie ist weiss, ins Gelbliche, ins Graue übergehend, selten schwärzlichgrau, öfter ist sie mergelig oder mit einem äusserst feinkörnigen, quarzigen Sande innig gemengt, und dann mehr oder minder rauh.

Als beigemengte Theile werden in der Kreide eine chloritähnliche Substanz, kohlensaurer Kalk und Eisenkies angetroffen. Die in der Kreide sich findenden Versteinerungen sind für dieselbe sehr charakteristisch.

Die Kreide geht über in dichten Kalkstein, in rogensteinartigen Kalk des Jura-Gebildes, in Quader-Sandstein und in Greensand.

Sie besizt oft einen bedeutenden Grad von Festigkeit, oft ist sie leicht zerstörbar.

Sie ist selten regelrecht und andauernd geschichtet. Häufig wird sie von beinahe senkrechten Spalten durchsezt. [46])

Die Kreide wird in manchen Gegenden als ein, mitunter sehr fester Baustein zu Quader- und anderem Mauerwerk angewendet, [47]) auch wird aus ihr auf besonders eingerichteten Öfen Mörtelkalk gebrannt; zum Pflaster- und zum Strassenbau ist sie untauglich. Der in der Kreide sich findende Feuerstein wird, wo er häufig genug vorkommt, weil er eine grosse Härte besizt,

---

[46]) Basalt, seltener auch Feuerstein erfüllen in der Kreide gangartige Räume. Als untergeordnete Lager kommen vor: Feuerstein, Mergel, Thon auch Walkerde. Die Kreide kommt auf Granit und auf Thonschiefer gelagert, auf Quader-Sandstein, Muschelkalk ruhend vor; wechselt mit Thon oder kreidenartigen Kalkschichten, mit Sandlager, und ist von Grobkalk, Thon, Sand u. s. w. überdeckt.

Die aus Kreide zusammengesezten Berge bilden, wenn sich gleich die Felsart im Allgemeinen nicht beträchtlich erhebt, doch malerische Parthien; ihre scharfen Rücken sind von engen Schluchten durchschnitten. Bemerkenswerth sind die Reihen steiler Felsen, oft von mehreren hundert Fuss Höhe und von blendend weisser Farbe.

Vorkommen: Im Holsteinischen. Im Osnabrück'schen. Harz. Sachsen. Lausiz Schlesien. Böhmen. Mähren. Niederlande. u. a. a. O.

[47]) Die Abtei von Sturby in Berkshire in England, dann die Abtei St. Omar sind aus Kreide gebaut, noch vollkommen gut erhalten, und die Verzierungen an den lezt genannten Gebäuden haben noch ihre volle Schärfe.

Digitized by Google

und nur schwer verwittert, als Pflasterstein, auch als Baustein, endlich zur Strassenunterhaltung angewendet, indessen eignet er sich zu lezterem Gebrauch wegen seiner scharfen Ecken und Kanten nicht sonderlich.

Dichter Süsswasser-Kalk. Die bald rein kalkige, bald thonig, mergelig, selbst kieselig erscheinende Masse des Süsswasser-Kalkes ist weiss, grau, oder braun gefärbt, hat splitterigen, auch besonders im Grossen muscheligen Bruch; sie ist theils ziemlich fest, mitunter in solchem Grade, dass das Gestein Politur annimmt; theils ist sie beinahe weich, zerreiblich und färbt selbst bisweilen ab.

Im Gesteine finden sich Poren, kleine cylindrisch geformte, von unten nach aufwärts ziehende, beinahe immer vertical auf die Schichtungsklüfte treffende Höhlungen.

Beim Zerschlagen entwickelt namentlich ein Theil des lichtgefärbten und der mergelige Süsswasserkalk einen starken bituminösen Geruch.

Die in der Masse der Felsart mitunter in beträchtlicher Menge eingeschlossenen Süsswasser- und Landmuscheln sind für jene ein charakteristisches Merkmal; Meeres-Conchylien finden sich dagegen niemals in der Felsart, wohl aber vegetabilische und animalische Reste.

Der Süsswasser-Kalk ist leicht zersezbar, er spaltet sich in die dünnsten Platten und zerfällt endlich durch atmosphärische Einwirkungen.

Er ist nicht undeutlich, in den tiefer liegenden Massen jedoch auch gar nicht geschichtet. Die Mächtigkeit seiner meist wagrecht liegenden Schichten ist sehr ungleich. Er ist meistens sehr stark zerklüftet. [48])

---

[48]) Eigentliche Gänge kommen im Süsswasser-Kalke nicht vor; dagegen wird er häufig von, mit der Kalkmasse innig verbundenen, Feuerstein- und Hornstein-Adern durchzogen. Auch meist unzusammenhängende Lagen und rundliche Massen von Feuerstein und Hornstein finden sich darin vor.

Der Süsswasser-Kalk ist eines der neuesten Gebilde; er ist auf Thonschiefer, auf Sandstein gelagert, ruht unmittelbar auf älterem Kalke, liegt auf Merge, auf glimmerigem Sande, wechselt mit Schichten eines theils thonigen,

Digitized by Google

Als Baustein wird der Süsswasser-Kalkstein im Allgemeinen wie der gemeine Kalk verwendet. [49])

Kalktuff. (Tuffstein). Die Masse dieses Gesteines ist Kalk mit stärkerem oder geringerem Thongehalte; sie zeigt sich bald blasig, schwammig und porös, mit unregelmässigen, häufig überrindete vegetabilische Reste enthaltenden Löchern und Zellen; auch röhrenförmig und tropfsteinartig; bald ist sie dicht, hat splitterigen, ins Kleinkörnig - Unebene, ins Erdige und Zerreibliche übergehenden Bruch. Sie ist gelblich weiss, gelblich grau oder braun, seltener bräunlich-schwarz oder schwärzlichgrau, bisweilen in kreis - oder wellenförmigen Zeichnungen wechselnd, gefärbt.

Nicht selten finden sich im Kalktuff, am häufigsten in dem mehr mergelartigen, zerreiblichen, animalische und vegetabilische Reste. Durch atmosphärische Einwirkungen wird der zu Tag ausgehende Kalktuff leicht zerreiblich und zerfällt endlich zu einer grauen Erde.

---

theils kalkigen Mergels, mit Lagen von meist kalkigem Thone und mit Magnesit. Er tritt sehr häufig mit seiner ganzen Oberfläche frei zu Tage aus, oft auch ist er mit fruchttragender, zum Theil sehr sandiger Erde, auch von aufgeschwemmtem Lande bedeckt.

Der Süsswasser-Kalk erscheint, — theils mächtig und weit erstreckt, theils auf wenig ausgedehnte Streifen, auf einzelne Stellen beschränkt, — an den Gipfeln von Hügeln, über grosse Plateaus ausgebreitet, seltener in Thalgründen. Seine Hügel erheben sich mitunter 400 Fuss über das Niveau benachbarter Flüsse. Er ist weit verbreitet.

Vorkommen: Franken; Würzburg, Grafenrheinfeld u. s. w. Würtemberg, Baden u. s. w.

[49]) Hier ist noch einer in Italien vorkommenden Abänderung der Felsart, des Travertino zu erwähnen, der, bisweilen fester als körniger Kalk, häufig zellen- und blasenartige Räume enthält und zu Hochbauten angewendet, auch zu Bildwerken verarbeitet wird. — Ferner gehören hieher noch: der aus lauter festen Fasern bestehende, in dünnen Stücken durscheinende faserige Süsswasser-Kalk, der aus krystallinischen Körnern zusammengesezte, in den Kalkhöhlen zapfenartige Tropfen bildende Tropfstein. Beide Arten kommen, bei ihrer Verwendung zu Kunstwerken unter dem Namen antiker, orientalischer oder Kalkalabaster vor, der jedoch nicht mit den Gypsalabaster verwechselt werden darf. Man unterscheidet dabei den geaderten Alabaster (Onixmarmor) den geflekten und den einfarbigen Alabaster.

Digitized by Google

Nur der weit erstrekte, mächtige Kalktuff ist geschichtet oder in Bänke abgetheilt, öfter bildet er nur regellose Haufwerke grösserer Massen. Die Mächtigkeit seiner Schichten, die in der Teufe oft 2 bis 6 Fuss beträgt, misst nach oben oft nur wenige Zolle. [50])

Der Kalktuff, namentlich der sehr dichte, wird wie gemeiner Kalkstein zum Bauen benüzt, und sowohl zum Bruch- als selbst auch zum Haustein-Mauerwerke verwendet; es ist dabei aber Vorsicht nöthig, da nicht alle Abänderungen dieser Felsart gleiche Festigkeit besizen. Mancher Kalktuff erhärtet an der Luft immer mehr. Der poröse Kalktuff, der wie jeder andere sich leicht und schnell mit dem Mörtel verbindet, eignet sich, wenn er fest ist, seiner Leichtigkeit wegen vorzüglich zur Konstruktion flacher Gewölbe.

Gesteine, welche mit Scheidewasser schwach aufbrausen.

Mergel. Die aus Kalk bestehende Hauptmasse enthält bald Thon, bald Kiesel, bald Sand, bald diese Theile zugleich, in verschiedenartigen Mengeverhältnissen. (Kalk-, Thon- und Sand-Mergel). Der unebene Bruch neigt sich zum Splitterigen, wird im Grossen flachmuschelig, oder geht auch ins Erdige über. Öfter zeigt sich im Grossen Anlage zum Dick- und Geradeschieferigen (Schiefer-Mergel; Mergelschiefer). Selten ist die Felsart porös; sie erscheint unrein weiss, graulich, grünlich, röthlich braunlich, bald einfach bald verschieden, fleckweise, band-, wol-

---

[50]) Der Kalktuff gehört zu den ältesten Gliedern der aufgeschwemmten Gebirgs-Bildungen. Er bildet Lager bis zu 50 und mehr Fuss Mächtigkeit, ruht am häufigsten auf sogenanntem Schuttlande, auf Rollstein-Lagern, auf jüngerem Flöz, und namentlich auf Muschelkalk; seltener ist er über Quader-Sandstein, am seltensten auf älteren Felsarten gelagert; er wird oft nur von Dammerde überdeckt, manchmal bildet er Bänke zwischen Schichten von Thon und von Sand. Er sezt, wo er zu Tage ausgeht, nakte Felsen zusammen, und ist sehr ungleich verbreitet.

Vorkommen: Homburg am Main unterhalb Würzburg. Um Heidelberg. Thüringen. Braunschweig. Elmgebirge, unweit Königslutter. Um Meissen. Am Harze. Aachen, u. s. w.

Digitized by Google

kenartig gefärbt. Mancher Mergel, namentlich der schieferige, enthält eine ziemliche Menge Bitumen.

Seine Härte wechselt vom Festen bis zum Weichen, Zerreiblichen. Der Mergel vom blätterigem Gefüge schwillt im Wasser auf, erweicht und zerfällt endlich zu einem rauhen Pulver oder lösst sich in eine teigartige Masse auf.

Zu den fremdartigen Beimengungen, von denen jedoch der Mergel häufig ganz frei ist, gehören Glimmer, chloritähnliche Theile, Quarz, Strahlbaryt u. a. m. Ebenso enthält nicht jeder Mergel Versteinerungen. [51])

Der Mergel sollte vor dessen Verwendung zum Mauerwerke, wozu er wie der gemeine Kalk angewendet wird, den Einwirkungen der Witterung ausgesezt werden, weil er leicht reisst; da zugleich an feuchten Ort der Mauerfrass sich in dem Gesteine erzeugt, so benuzt man es nur an trockenen Orten. Er ist mitunter zum Kalkbrennen geeignet. Hievon weiter unten.

Stinkkalk. (Stinkstein; dichter Lucullan.) Die aus Kalk bestehende Masse, von splitterigem, theils ins Flachmuschelige, theils ins Unebene, Erdige sich verlaufendem Bruche, ist grau, braun auch schwärzlich, meist dunkel, einfach oder wechselnd, wolkenartig, gestreift gefärbt und zeichnet sich durch einen eigenthümlichen, bald dem geschwefelten Wasserstoffgase,

---

[51]) Übergänge des Mergels finden Statt in Kalkstein, Sandstein, Lehm, auch in Kreide. Untergeordnete Lager bilden in demselben Stinkkalk, Thongyps, Sandstein und Steinkohlen.

Der Mergel, ein Glied älterer und neuerer Kalkgebilde, dessen Massen bisweilen eine Mächtigkeit von 100 und mehr Fuss erreichen, kommt in dünneren Lagen im Alpenkalke, in stärkeren im Jurakalke vor; ist dem Muschelkalke aufgelagert: ist ein wesentlicher und steter Begleiter des Gypses; wechselt mit porösem Quarzgesteine, mit Gliedern der Steinkohlen-Formation: dient ungeheueren Sandebenen als mächtige Grundlage u. s. w.

Die Gebilde des Mergels verbreiten sich nur in ganz flachem Gelände oder erheben sich aus solchem nur in niederen Hügeln. Obgleich ziemlich allgemein verbreitet, tritt der Mergel doch nie wirklich vorherrschend auf.

Vorkommen: Franken; Mainthal, ober- und unterhalb Würzburg. Oberpfalz; Amberg. Niedersachsen, sehr allgemein. Harz. Um Dresden und Meisen. Oberlausiz. Schlesien. Niederrheinisch - Westphälische Gebirge. Meklenburg. Hannover. Holstein. Schweiz. Böhmen.

Digitized by Google

bald mehr dem Bitumen ähnlichen Geruch aus, den sie in stärkerem oder schwächerem Grade beim Reiben oder Rizen oder bei der Erwärmung entwickelt.

Mit dem Gesteine innig verbundene Kalkspath-Theile verleihen demselben bisweilen eine körnig-blätterige Struktur. Bisweilen erscheint es körnig abgesondert, manchmal auch schieferig.

Als Einmengungen kommen im Stinkkalke blos Hornstein und Schwefel, und auch diese nur hie und da vor.

Von organischen Resten ist die Felsart gleichfalls meist frei.

Sie geht in Mergel über.

Der Stinkkalk verwittert sehr leicht, wird erdig, mürbe, zerreiblich und zerfällt endlich ganz.

Er ist öfter gleichmässig und regelrecht, in verschiedener Mächtigkeit geschichtet; meist stark zerklüftet, senkrecht nach zwei verschiedenen Richtungen zerspalten; hie und da von schmalen Kalkspath-Adern und Gängen durchsezt. [52])

Anwendung beim Bauen, gleich jener des gemeinen Kalkes.

Rauhstein. Die mit thonigen, kieseligen Theilen und wenigem Bitumen gemengte Kalkmasse ist grau, meist braun gestreift, gefärbt von splitterigem bis ins groberdige gehenden Bruche, bisweilen von unvollkommenen, seltener deutlich-schieferigem Gefüge.

Der Masse des Gesteins sind bisweilen Kalkspath, Schaumkalk, Eisenkies beigemengt.

Die Felsart geht in Stinkkalk, Mergel, Rauchwacke und Asche über.

---

[52]) Lagen eines bituminösen Thones sind die einzigen fremdartigen Beimengungen, welche im Stinkkalke angetroffen werden.

Die Felsart gehört den Flözkalk-, auch den Steinkohlen-Gebilden an; sie ruht auf Alpenkalk; wird von Gyps überdeckt; findet sich, jedoch seltener, im bunten Sandsteine und im Muschelkalke; kömmt in Trümmern, durch eine rauchwackenartige Masse, oder durch einen mergelichen oder thonigen Kitt verbunden vor; (Stinkkalk-Brekzie; Trümmer-Stinkstein; rothschirbliches Gebirge).

Der Stinkkalk sezt schroffe Hügel mit felsigen Gehängen zusammen und findet sich in manchen Gegenden in nicht unbeträchtlicher Verbreitung.

Vorkommen: Im Mannsfeldischen. Thüringen. Im Stollbergischen. Im Hohensteinischen. Harz. Riesenberg. Kurhessen. Tyrol, u. a. a. O.

Digitized by Google

Sie ist nur selten, und dann nur in geringer Mächtigkeit geschichtet. [53])

Die festen Abänderungen des Rauhsteines werden beim Bauen wie der gemeine Kalkstein angewendet.

Rogenstein. (Oolith; Cenchrit). In einem theils rein kalkartigen, theils mehr thonigen Teige liegen runde, ungleich grosse, oft gleichartige Kalkkörner in eigenthümlicher Verbindung und in grösserer und geringerer Menge, und von rauchgrauer, bräunlicher, weisslicher, gelblicher, mit der Masse gleicher, oder von dieser verschiedener Färbung. Das Klein- und Feinkörnige geht allmälig ins Dichte über, oder es entsteht ein splitteriges, äusserst festes, Kalkspath-Theile enthaltendes Gestein. Bisweilen wird das Gefüge deutlich schieferig.

Beigemengte Theile hat der Rogenstein im Ganzen nicht aufzuweissen, wohl umschliesst er aber organische Reste. Er geht in Kalk, Mergel und in Sandstein über.

Der sehr mächtig geschichtete Rogenstein, besonders der klein- und feinkörnige, verwittert nur sehr schwer

Die Felsart ist deutlich und sehr gleichförmig, jedoch meist nicht sehr mächtig, bald wagrecht, bald fast senkrecht geschichtet, häufig zerklüftet, und schliesst bisweilen Höhlungen ein. [54])

---

[53]) In derselben finden sich Thonlagen, auch Streifen aus Stinkkalk.

Sie kommt über Rauchwacke, auch unmittelbar über Alpenkalk vor; ist dem Stinkkalke, der Rauchwacke, der Asche eingelagert und erscheint in rundlichen Massen in den Lettenschichten jener Felsgebilde.

Der Rauhstein ist sehr wenig verbreitet.

Vorkommen: Thüringische und Mannsfeldische Gebirge, u. s. w.

[54]) Gänge werden im Rogenstein selten, Erze nie angetroffen.

Er tritt bisweilen selbstständig, mächtig, weit verbreitet auf, öfter aber kommt er andern Felsarten untergeordnet vor.

Er findet sich im Alpen- und im Jurakalke; wechselt mit buntem Mergel, mit jüngerem Sandstein u. s. w.

Der Rogenstein bildet da, wo er mehr selbstständig auftritt, eigenthümlich gestaltete, oft bis zu 1000 Fuss absoluter Höhe sich erhebende Berge, bedeutende Felsenabstürze.

Er ist nicht allgemein, aber in manchen Gegenden bedeutend verbreitet

Vorkommen: Thüringen. Um Weimar. Mannsfeld. Halberstadt. Im Anhalt'schen. Braunschweig. Harz. Baden. Juragebirge. Kanton Basel u. s. w.

Digitized by Google

Der Rogenstein wird zwar zum Bauen angewendet, aber nur der in regelrechten Platten brechende ist dazu als sehr dauerhaft wohl geeignet; der zerklüftete zerfällt bald an der Luft.

Gesteine, welche mit Scheidewasser gar nicht brausen.

Phonolith. (Klingstein; Porphyrschiefer; Hornschiefer) Die Masse der Felsart ist Feldstein, von unebenem, splitterigem, ins Gross- und Flachmuschelige übergehendem Bruche, und von grauer, ins Grüne, Braune übergehender, nie rein schwarzer Farbe, meist ohne Glanz, nur hie und da schimmernd; bisweilen nimmt sie schieferartiges Gefüge an, mitunter zeigt sie sich wahrhaft flasrig.

Als wesentliche Einmengungen kommen im Phonolithe Feldspath-Krystalle, ausserdem noch Magneteisen, Hornblende, Glimmer u. a. vor.

Der Phonolith geht über in Aphanit, in Basalt und in Trachyt.

Ein Theil desselben widersteht den von Aussen auf ihn zerstörend einwirkenden atmosphärischen Kräften sehr, ein anderer Theil unterliegt denselben in Folge häufiger Zerklüftung leicht. Das Resultat der ganzen Zersezung ist eine thonartige, graue oder braune, poröse, rauh sich anfühlende Masse.

Nur der Phonolith von schieferartigem Gefüge zeigt sich deutlich, regelrecht geschichtet. Die bisweilen nur 2 Zoll mächtigen Schichten stehen meist senkrecht, seltener liegen sie horizontal. Senkrecht niedergehende Klüfte sondern das Gestein in vier-, fünf-, auch sechsseitige Säulen; wagrechte Klüfte trennen es in Platten. [55])

---

[55]) Gangartige Räume führen Quarz und Nathrolith.

Der Phonolith findet sich fast immer in der Nähe des Basaltes und des Trachyts und möchte mit diesem wohl auf gleiche Weise entstanden seyn.

Er ist dem Granite aufgesezt, auf Gneiss gelagert; ruht auf rothem Sandsteine u. s. w.

Er bildet weniger zusammenhängende Gebirgsreihen als einzelne, kegelförmige, bisweilen sehr spiz auslaufende oder gewölbte Berge, die gezakt, klippig, mit schroffen Wänden, von den sie umgebenden Bergen meist überragt, von diesen durch tiefe Schluchten geschieden und auf ihren Abhängen mit grossen losgerissenen Massen und Trümmern des Gesteines überdeckt sind.

Digitized by Google

Der Phonolit ist ein treflicher Baustein. Seine Festigkeit, Trockenheit, seine geringe Zerstörbarkeit, sein häufig plattenförmiges Brechen, machen ihn zum starken Mauerwerk gleich dem Porphyr sehr tauglich, indem er zugleich ebenso wie der leztere mit dem Mörtel sich bindet. Er eignet sich auf gleiche Weise zum Pflaster und zum Strassenbau.

Kieselschiefer. (Gemeiner und jaspisartiger Kieselschiefer; lydischer Stein; Trapp; Hornschiefer u. s. w.). Die mehr oder minder thon-, kohlenstoff- oder Eisenoxyd haltige Kieselmasse ist dicht, hat ebenen, theils ins Muschelige, theils ins Unebene und Splitterige übergehenden Bruch und ist schwarz, grau, grünlich, braun und roth gefärbt.

Die Felsart ist meist von Einmengungen frei, nur selten finden sich darin Eisen- und Leberkies und Eisenocker.

Sie geht über in Thonschiefer; verwittert nur sehr schwer.

Sie ist theils höchst deutlich, theils sehr mächtig und dann schwer bestimmbar geschichtet. Die das Gestein nach allen Richtungen häufig durchziehenden Klüfte bewirken säulenförmige Absonderungen. [56])

Zum Mauerwerk wird der Kieselschiefer ebenso wie der Quarzfels, mit dem er ganz gleiches Verhalten hat, angewendet. Ferner ist er zum Pflastern und als Deckmaterial zur Strassen-Unterhaltung sehr geeignet.

Die im Allgemeinen nicht sehr verbreitete Felsart findet sich mehr oder weniger häufig in allen basaltischen Gegenden.

Vorkommen: Rhöngebirge. Siebengebirge. Oberlausiz. Böhmen u. s. w.

[56]) An die Stelle von Gängen treten im Kieselschiefer Adern von Quarz, seltener von Chalzedon und von dichtem Brauneisenstein.

Der Kieselschiefer gehört den Übergangs-Gebilden an; er bildet meist untergeordnete Lager in anderen Felsgebilden, seltener kömmt er selbstständig auftretend vor. Er ist auf Grauwacke und Thonschiefer, mit denselben wechselnd, gelagert; ruht, von Diorit überdeckt, auf Grauwackenschiefer; liegt zwischen Hornfels und Thonschiefer u. s. w.

Der Kieselschiefer sezt kegelförmige, schroffe Berge mit oft weit hervorragenden, zackigen Felsenmassen, klippigen Gehängen zusammen; der Fuss der Berge ist mit ungeheueren Schutthaufen abgestürzter Stücke und mit Geröllo überdeckt; die mit hohen pralligen Felswänden besezten Thäler sind eng, tief.

Vorkommen: Bayern; um Hof, Fuchsmühle. Mittelrheinisches Gebirge. Niederrheinisch-Westphälisches Gebirge. Sachsen. Oberlausiz. Niederschlesien. Böhmen u. s. w.

Digitized by Google

IV. Vorlesung.

Scheinbar-gleichartige Gesteine. — Schieferige; dichte; glasartige; schlackenartige Gesteine. — Trümmer-Gesteine. — Lose Gesteine.

Schieferige Gesteine.

Thonschiefer. (Ur- und Übergangs-Thonschiefer; Grauwackenschiefer). Die Masse des Gesteines ist ein höchst feines und inniges, anscheinend gleichartiges Gemenge aus Glimmer, Quarz, Feldspath und Talk; ihr Gefüge ist ausgezeichnet schieferig, ihr Bruch theils splitterig, theils erdig; ihre Farbe grau, roth, unrein grün, braun oder schwarz. Einiger Thonschiefer neigt sich zum Talkigen, anderer enthält Kohlenstoff u. s. w.

Fremdartige Beimengungen, als: Glimmer, Talk, Chlorit u. s. w. fehlen im Thonschiefer bisweilen ganz. Versteinerungen kommen nur im neueren Gesteine vor.

Er geht über in Alaunschiefer, Kieselschiefer, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Gneiss, Grauwacke u. s. w. Der Thonschiefer ist im Ganzen weich, indessen widersteht aber namentlich der mit Quarzkörnern durchsezte oder der mit dünnen Quarzlagen wechselnde der Zerstörung ziemlich lange.

Er ist sehr ausgezeichnet, meist mächtig geschichtet; wird von Klüften häufig durchsezt.[57])

---

[57]) Als Gangarten kommen darin vor: Quarz, Kalkspath, Barytspath, körniger Gyps u. a. m. Zu den im Thonschiefer sich findenden untergeordneten und fremdartigen Lagern gehören Quarz, Feldspath, Chloritschiefer, u. s. w.

Ein Theil des Thonschiefer-Gebildes wird der Urzeit, ein anderer der Übergangszeit beigezählt. Er erscheint als dem älteren Gneisse aufgelagert, in Wechsel mit Grauwacke, Porphyr, Diorit u. s. w.; ist auf Grauwacke und auf schwarzem Kalke gelagert u. s. w.

Digitized by Google

Die Benüzung des Thonschiefers beim Bauen ist sehr beschränkt; zum Wasser- und zum Strassenbau untauglich, wird nur der dicksplitterige zum Mauerwerk, namentlich zu Gewölben angewendet, da er sich leicht keilförmig zurüsten lässt. [58])

Pporphyrartige Gesteine.

Trachyt. (Trapp-Porphyr; Granit-Porphyr). Die Grundmasse des Trachyts ist ein höchst feinkörniges Gemenge mehrerer Substanzen, in welchem, von denselben sehr scharf und bestimmt abgesondert, Krystalle glassigen Felspathes als charakteristische Einmengungen liegen; sie ist graulich, gelblich, grünlich und röthlich gefärbt, von grobsplitterigem und unebenen, ins Erdige sich verlaufenden Bruche und meist von mattem Ansehen; bisweilen besteht sie auch nur aus ziemlich reinem Feldspath; sie enthält manchmal, und dann oft in grosser Menge, kleine Höhlungen, Zellen, so dass sie stellenweise porös wird.

Ausser dem Feldspathe sind dem Trachit noch hie und da Glimmer, Hornblende, Titanit u. a. beigemengt.

Übergänge des Trachyts finden Statt in Basalt, in Obsidian und in schlackenartige Gesteine.

Der Thonschiefer bildet, wagrecht geschichtet, sich weit erstreckende Ebenen und Plateaus; da wo er, aus Tiefen, in beträchtlicher Höhe sich erhebt, sezt er wellenförmige Berge, mit gedehnten, sanft gerundeten, sparsam mit ebenfalls rundlichen Kuppen besezte Rücken zusammen; eigentliche Felsenbildung zeigt er nur da, wo die Berge von tiefen Thälern durchschnitten sind, oder wo erstere sich von den Flussufern erheben. Seine Verbreitung ist ziemlich allgemein.

Vorkommen: Franken. Oberpfalz. Fichtelgebirge. Rheinlande. Westerwald, Taunus. Hundsrücken. Harz. Oberschlesien. Sachsen. Tyrol. Schweiz.

[58]) Am häufigsten wird er zum Eindecken von Dächern benuzt, er muss dann aber frei von Schwefelkiesen, von Kohle und von Kalktheilen seyn.

Anhang.

Der Alaunschiefer, der Kupferschiefer der Schieferthon so wie der Brandschiefer sind Felsarten, die ihrer leichten Verwitterbarkeit wegen nur in Nothfällen bei dem Bauen in Anwendung kommen und deshalb hier keiner näheren Bezeichnug werth sind.

Der Kupferschiefer liefert indessen Belegplatten und wird mit dem Brandschiefer und Schieferthone hie und da zum Dachdecken benuzt.

Digitized by Google

Die durch äussere Einwirkungen allmälig zersezte Felsart, wandelt sich endlich in reine gelbliche Erde um.

Mancher Trachyt ist gar nicht oder höchst unvollkommen, anderer deutlicher geschichtet.

Mehr oder minder häufige Klüfte bewirken tafel- und säulenartige Absonderungen der Massen, auch finden sich hie und da Höhlen im Gesteine.[59])

Der feste Trachit ist sehr trocken, verwittert nicht leicht und bindet gut mit dem Mörtel, er wird deshalb zum Bauen mit Nuzen angewendet. Der lose, leicht zerreibliche Trachyt taugt aber nicht dazu. Der poröse dient wegen seiner Leichtigkeit zur Construktion von Gewölben, (Köllner-Dom).

Aphanit. (Trapp-Porphyr; Basalt-P.; dichter, auch basaltartiger Grünstein; Hornfels; Porphyrschiefer): Die Hauptmasse ist ein so inniges Gemenge von Feldstein und Hornblende, dass beide nicht von einander unterschieden werden können; sie ist dicht, glanzlos; von unvollkommenem, muscheligem, ins Ebene, auch ins Splitterige übergehendem Bruche und unrein dunkelgrün, grau, schwarz, seltener bräunlich oder röthlich gefärbt; bisweilen erscheint sie blasig. Durch mehr oder minder häufig eingeschlossene Feldspath- und Hornblende-Krystalle erhält sie Porphyr-Gefüge. Zu den, dem Aphanit mehr zufällig beigemengten Theilen gehören Augit, Glimmer, Granat u. s. w.

Der Aphanit zeigt nicht nur Übergänge inden ihm nahe verwandten Diorit, sondern auch in andere, ihm fremde Felsarten.

---

[59]) Pechstein, Obsidian und Perlstein auch Erze bilden Lager im Trachyt.

Der Trachyt, den vulkanischen Gebilden zugehörig, ist im Ganzen von ziemlich neuer Entstehung. Er erhebt sich aus Granit, aus dem Grauwacken-Gebilde; ist auf Syenit und auf Porphyr gelagert u. s. w.

Der Trachyt sezt bald einzelne, mitten aus Ebenen emporsteigende, bald mehrere auf einander gehäufte, durch Höhe und Gestalt ausgezeichnete Berge von regelmässiger, kuppelartiger Form zusammen. Die Gipfel der Berge sind theils mit thurmähnlichen Spizen besezt, theils eben, gegen die Mitte eingesenkt. Er ist ziemlich häufig, oft sehr weit und in bedeutender Mächtigkeit, die bisweilen 14 bis 18000 Fuss beträgt, verbreitet.

Vorkommen: Siebengebirge. Gleichberge zwischen Feldbach und Radkersburg, u. a. a. O.

Digitized by Google

Er erleidet durch äussere, meist das Ganze treffende Einwirkungen bedeutende Veränderungen. Die dichte Hauptmasse wird erdig, zerreiblich.

Die Felsart ist meist regellos, ungleichförmig, seltener deutlich geschichtet, bisweilen säulenartig abgesondert.[60])

Der Aphanit kommt in seinem Verhalten völlig mit dem Diorit überein und kann also ganz so wie dieser beim Bauen angewendet werden.

Dichte Gesteine.

Serpentin. Die dichte Masse des Serpentines ist ein höchst fein körniges, und deshalb scheinbar gleichartiges Gemenge von Diallagon und Feldstein. Sein bald grob- bald feinsplitteriger Bruch verläuft sich ins Ebene und Flachmuschelige; er erscheint grün, ins Braune, Graue, Schwärzliche, bald einfach, bald verschiedenartig, in Streifen, Flammen, Adern gefärbt; besizt Magnetismus, selbst Polarität.

Mancher Serpentin ist reich an vielartigen Einmengungen, dahin gehören Diallagon, Feldstein, Talk, Granat, Erze; anderer ist ganz frei davon.

Der Serpentin ist im Allgemeinen sehr zerstörbar.

Er ist meist gar nicht oder doch nur sehr undeutlich geschichtet, nach allen Seiten von häufigen Klüften durchzogen.[61])

---

[60]) Als Gangarten kommen in demselben Quarz, Kalk- und Barytspath, seltener Flussspath; als fremdartige Lager Quarz, Kalk und Glimmerschiefer vor.

Der Aphanit ist ein Glied der Übergangsgebilde; er erscheint auf Syenit und Diorit, mit diesen wechselnd, ferner auf schwarzen Kalkstein gelagert und als mächtige Gangart im Übergangsthonschiefer und im Kalke.

Er sezt mächtige, steile, fast senkrechte Felsenreihen mit hohen, daraus emporsteigenden, von abgefallenen Blöcken wild umlagerten Wänden zusammen; seine Bergmassen sind von engen Klüften durchschnitten.

Vorkommen: Um Dillenburg. Fichtelgebirge. Harz, u. a. a. O.

[61]) Auf gangartigen Räumen und in Adern umschliesst derselbe Asbest, Speckstein, Quarz, u. a. m.

Der Serpentin ist ein Glied mehrerer Formationen verschiedenen Alters. Er findet sich auf Gneiss gelagert; mit Glimmerschiefer, Übergangskalk, Hornblende wechselnd; ist dem Gabbro untergeordnet; ruht auf demselben und auf dem Übergangskalke; wird von Grauwacke, Thonschiefer, Kalk überdeckt, u. s. w.

Digitized by Google

Der Serpentin steht dem Marmor an Tragkraft und Festigkeit nach; ist aber sehr feuer- und wetterbeständig und wird deshalb sowohl als Mauerstein wie auch zum Pflaster und zum Strassenbau verwendet, läuft sich aber leicht glatt.[62])

Basalt. (Basanit, Zechstein). Die sehr dichte und harte Masse des Basaltes besteht aus innig gemengten Theilen von Augit, Feldspath oder Feldstein und Magneteisen; sein Bruch ist unvollkommen-flachmuschelig und geht theils ins Feinsplitterige, theils ins fein-, klein- oder grobkörnig Unebene über, grenzt auch bisweilen aus Erdige; seine Farben sind das Bläulich- und Schwärzlichgraue. Der sogenannte basaltische Mandelstein (mandelsteinartiger Basalt) enthält, mehr oder minder häufig, bald leere, bald mit verschiedenartigen Substanzen erfüllte Blasenräume.

Beigemengte Theile fehlen dem Basalte zum Theil ganz; zu den darin mehr oder weniger häufig vorkommenden gehören: Mesotip, Harmoton, Chalzedon, Augit, Feldstein, Hornblende, Glimmer. Ferner finden sich in dem Gesteine Bruchstücke von Granit, Gneiss, feldspathreichem Syenit, Grauwacke. Übergänge des Basaltes finden Statt in Dolerit, Phonolith, Trachyt, und in Wacke.

Der säulenförmig abgesonderte Basalt verwittert am schwersten. Das Endergebniss der durch Höhlungen und Reste im Gestein begünstigten Verwitterung ist die Auflösung der zersprengten Massen in eine graue, erdige Substanz, öfter in Thon und Lehm.

Deutliche Schichtung ist dem Basalte selten eigen; dagegen finden Absonderungen in unregelmässige, in tafelartige, in kon-

---

Die einzelnen, nicht beträchtlichen, meist kegelförmigen Berge des Serpentines erheben sich schnell und prallig. Die Gipfel sind steil. Die stark gefurchten Abhänge zeigen mitunter vorragende, klippige Felswände. Ausserdem bildet er plattrunde Kuppen und erfüllt kleine Mulden und flache Thäler.

Die Felsart ist bald mehr bald minder bedeutend verbreitet.

Vorkommen: Fichtelgebirge; um Hof. Oberpfalz; Erbendorf, Wernberg. Schlesien. Steyermark. Salzburg. Tyrol. Alpen u. s. w.

[62]) Er wird zu Bildwerken, Säulen verarbeitet, und es werden aus ihm verschiedene Geschirre und Geräthe gedreht.

Digitized by Google

zentrisch schalige, kugelförmige Massen und in mehr oder minder regelrecht gestaltete Säulen von bisweilen 200 bis 300 Fuss Höhe Statt. [63])

Der Basalt wird zu starkem Mauerwerk, beim Wasserbau, zum Pflaster und vorzüglich beim Strassenbau, als das hiezu vielleicht beste Material, mit Nuzen angewendet. Zu Hausteingemäuer ist er deshalb minder geeignet, weil er sehr schwer zu behauen ist. Dagegen dienen seine einzelnen Säulen ohne alle weitere Bearbeitung zu Eckpfählen, Mauern, Gewölben u. s. w. Zu Wohngebäuden taugt er nicht, weil die daraus aufgeführten Mauern zu kalt und feucht sind. Der poröse, leicht springende und verwitternde Basalt ist zum Bauen ganz unbrauchbar; man fertigt daraus, wenn er fest ist, Mühlsteine.

Wacke. (Eisenthon; Mandelstein; mandeltsteinartiger Trapp). Die scheinbar gleichartige, dichte, öfter zellige, blasige oder schwammige Masse der Wacke ist ein inniges Gemenge

---

[63]) Pechstein und Obsidian füllen gangartige Räume im Basalte aus.

Untergeordnete und fremdartige Lager finden sich in demselben fast nie.

Der Basalt wird als ein Erzeugniss vulkanischer Kräfte betrachtet und kommt unmittelbar in Ur-, Übergangs- und Flözgebilden, stromartig gelagert, vor. Er liegt über Gneiss; überdeckt den Syenit; ruht auf älterem Flözkalke; ist über rothen Sandstein, über Kreide, auf Trachyt gelagert; ruht auf Rollsteinen, auf fruchtragender Erde. Sein Vorkommen auf gangartigen Räumen ist von manchfachen, belehrenden, höchst interessanten Erscheinungen begleitet. Er liegt sehr oft frei zu Tage, doch wird er auch hie und da von anderen Felsarten überdeckt.

Der Basalt sezt bald einzelne, gerundete, kegelförmige Berge zusammen, bald steigen sie mit seltener Schroffheit zur scharfen Spize hinan; ihre Oberfläche ist theils mit kleinen Vertiefungen und Erhabenheiten überdeckt, theils mit eckigen, senkrechten, oder aus Säulen bestehenden Felsmassen besezt. Die Abhänge sind häufig terrassenartig abgesezt; sanfte Abdachungen wechseln mit tiefen Abgründen; die engen Thäler sind stellenweise mit losen Blöcken überdeckt.

Er ist ziemlich weit verbreitet.

Vorkommen: Rheinbayern; Hardtgebirge. Röhn. Fichtelgebirge; Kulmain. Flossfeld. Westerwald. Siebengebirge. Vogelsgebirge. Kurhessen. Thüringer Wald. Erzgebirge. Riesengebirge. Görliz. Oberchlesien. Mähren. Lausiz. Mittelgebirge Böhmens.

Digitized by Google

verschiedenartiger, mehr oder minder zersezter Fossilien. Sie darf nicht mit der Grauwacke verwechselt werden.

Die Grauwacke verwittert sehr leicht und wandelt sich zu Thon oder zu einer zähen fruchtbaren Erde um, deshalb kann sie nur im Nothfalle als Baustein verwendet werden.

Vorkommen: Wetterau, Erzgebirge. Harz. Tyrol u. s. w.

Gemeiner Thon. (Töpferthon; Pfeifenthon; Lötherde). Der Thon ist aus der Zersezung verschiedenartiger Felsarten theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege hervorgegangen und erscheint demnach von vielartiger Beschaffenheit. Seine Härte liegt zwischen dem Festen und Zerreiblichen inne; sein glanzloser Bruch ist uneben, von feinem Korne; verläuft sich bisweilen ins Feinerdige; mancher Thon zeigt Anlage zum Schieferigen. Der Thon fühlt sich theils mager, theils mehr oder minder fettig an, ist bisweilen sehr zähe, hängt an der feuchten Lippe an und ist bald einfach, bald verschiedenartig, in Streifen, Adern und Flecken, weiss, grau, blau, grün, roth, braun und schwarz, stets unrein, gefärbt.

Zu dem Thone mögen wohl aufgelöster Feldspath und fein zerriebener Glimmer am häufigsten den Stoff gegeben haben. Mancher Thon enthält viel Kalk, und ist dann wohl schon zum thonigen Mergel zu rechnen; anderer ist kieselhaltig oder mit Quarzkörnern, wieder anderer reich mit sandigem Magneteisen oder Eisenocker gemengt; auch Alaun und Bitumen sind in manchen Thongattungen enthalten.

An fremdartigen Beimengungen, die dem Thone bisweilen ganz fehlen, kommen vor: Kalk, Feuerstein, Braun- und Thon-Eisenstein, Serpentin, Speckstein u. a. m. Ebenso umschliesst mancher Thon manchfache animalische und vegetabilische Reste, anderem fehlen sie ganz.

Übergänge des Thones finden Statt in Sandstein, in Sand, auch in Alaunerde.

Er verwittert leicht, besonders der kalkhaltige, und zerfällt an der Luft in dünne, scheibenförmige Lagen. Er erscheint

Digitized by Google

mehr oder minder mächtig, meist wagrecht geschichtet und wird von senkrechten Klüften, Rissen und Spaltungen häufig durchsezt. [64])

Der Thon ist für die Baukunst eine der wichtigsten Felsarten. Im natürlichen Zustande dient er, vermöge seiner Undurchdringlichkeit gegen Wasser zum Ausschlagen von Wasserbehältern, Wasserleitungen u. s. w. Seine Auflösbarkeit im Wasser, seine Bildsamkeit gestattet, ihm die manchfachsten Formen zu geben und so werden aus demselben an der Luft getrocknete Steine gefertigt. Durch seine Eigenschaft, im Feuer zu erhärten wird es möglich, aus demselben die beim Mauerwerk und bei der Eindeckung von Dächern so häufig in Anwendung kommenden gebrannten Steine, Ziegeln, zu brennen. Hievon, wie von den Eigenschaften, die der Thon zu der Bereitung dieser Fabrikate besizen muss, wird weiter unten, am geeigneten Orte, umständlicher die Rede seyn.

Glasartige Gesteine.

Pechstein. (Hemihialischer Quarz). Die halbverglaste Grundmasse dieses meist porphyrartigen Gesteines hat theils mehr oder minder flachmuscheligen, theils grobsplitterigen Bruch, mit-

---

[64]) Als eine Art untergeordneter Lager finden sich bisweilen im Thone kalkige, theils in festes Gestein übergehende, theils mit vielem Sande gemengte Anhäufungen auch Lagen eines zerreiblichen Sandsteines und von Braunkohlen vor.

Der Thon gehört theils den Gebilden der Flözzeit, theils und zwar zum grössten Theile, jenen des aufgeschwemmten Landes an. Er wechselt mit Rogen- und Sandsteinschichten, mit Braunkohlen-Lagen, mit Sand; ist auf älterem körnigem Kalke, auf Kreide, über Sand, Braunkohlen und Alaunerde gelagert; überdeckt den bunten Sandstein u. s. w. und ist selbst meist mit Dammerde, oder mit Sand, Gerölle u. dgl. überdeckt.

Der Thon sezt meist sehr einförmige, niederige, wellenartig geformte Berge und Hügel zusammen, die selten eine beträchtliche Höhe erreichen; er überdeckt zum Theil weit ausgedehnte Ebenen; füllt Thäler und tiefe Gründe und bildet manchmal selbst ganze Hügelzüge. Er ist häufig, besonders an der Grenzscheide basaltischer und anderer mit diesen verwandten Gebilden verbreitet.

Vorkommen: Um Aschaffenburg. Oberpfalz. Westerwald. Kurhessen. Harz. Mannsfeld. Thüringen. Sachsen. Schlesien. Oberlausiz. Böhmen. Mähren u. a. a. O.

Digitized by Google

unter kommt es auch körnig abgesondert vor; es ist meist undurchsichtig; sein Glanz ist der des Wachses, zwischen dem des Fettes und Glases die Mitte haltend, auch nur schimmernd; es erscheint, meist einfach, unrein, nicht lebhaft, grün, grau, roth, braun und schwärzlich gefärbt.[65])

Der Pechstein verwittert und zerspringt leicht und wird deshalb als Baustein, da er überdis sich nicht gut mit dem Mörtel bindet, nur zu niederen trocknen Mauern benüzt. Zum Strassenbau ist er untauglich.

Schlackenartige Gesteine.

Verschlackter Basalt. (Rheinischer Mühlstein). Es ist dis ein rauhes, blasiges, schaumiges, aufgeblähtes, mehr oder minder glasiges, bisweilen poröses und dann dem Dichten sich näherndes Gestein, von unebenem, feinkörnigem Bruche und graulicher, unrein rother, brauner auch schwarzer Farbe.

An theils mehr oder weniger charakteristischen, theils nur zufälligen Beimengungen finden sich in der Felsart, jedoch nicht immer, Augit, Feldspath, Glimmer, Olivin, Hornblende u. s. w. auch kommen in derselben Bruchstücke ihrer eigenen Masse, von granitartigen Gesteinen, von Glimmerschiefer, Quarz u. a. m. vor. Sie geht sehr allmälig in den vollkommnen dichten Basalt über.

Der verschlackte Basalt ist weit leichter zerstörbar als der gewöhnliche und geht in einen erdigen Zustand über.

Er erscheint stellenweise schichten- oder lagenartig abgetheilt, zerklüftet, bisweilen säulenähnlich zerspalten.[66])

---

[65]) Die Felsart ist in Deutschland wenig verbreitet. Sachsen; an der hohen Eifel, um Kobriz, Grumbach, Zwikau.

[66]) Der verschlakte Basalt ruht auf dichtem Basalt auch auf Thonschiefer, wird auch von ersterem überdeckt und wechselt bisweilen damit. Die Berge des verschlakten Basaltes sind kegelförmig gestaltet, von Schlackenhalden umgeben. Häufig bildet die Felsart die obere Rinde der Gipfel anderer Berge, oder regellose Haufwerke, einzelne hohe und steile Wände, auch kommt sie in mächtigen Lagern vor.

Vorkommen: Rhöngebirge. Heimberg. Niedermenich und Laacher-See, unweit Andernach. In der Eifel. Böhmen u. s. w.

Digitized by Google

Der verschlackte Basalt ist wegen seiner Härte und Leichtigkeit, und weil er gut mit dem Mörtel bindet, zum Bauen sehr tauglich; obgleich leichter verwitternd als der dichte Basalt, ist er doch trockener als dieser.[67])

Erdschlacke. Dieses schlackige, schaumartig aufgeblähte, mitunter auch ästig gestaltete Gestein hat theils uneben-feinkörnigen, dem Splitterigen sich nähernden, theils erdigen Bruch; seine nicht selten verglaste Aussenfläche zeigt oft einen eigenen, fast metallischen Glanz; es ist grau, roth, braun oder schwarz, manchmal gefleckt, mitunter bund gefärbt, stahlgleich angelaufen.

Es umschliesst gewöhnlich Blasenräume, Höhlungen von verschiedener Grösse; erscheint zellig, selten dicht; es enthält ferner geröstete und halb gebrannte Trümmer von Schieferthon, Quarzkörner, Porphyrfragmente. Seine Klüfte und Risse sind bisweilen mit Gypsspath dünne überdeckt.[68])

Die Erdschlacke ist ein sehr dauerhafter, trockener, gut mit Mörtel bindender Baustein. Zum Strassenbau ist sie weniger geeignet; sie färbt die Fahrbahn roth.

Trümmer-Gesteine.

Grauwacke. (Grauwacken-Sandstein). Die Grauwacke ist ein vollkommener Sandstein, ihre manchfach gefärbten Gemengtheile sind Quarz, Thon-, Kiesel- und Glimmerschiefer, Feldstein-Porphyr, Granit und Kalkstein. Diese in eckigen oder rundlichen Körnern, Stücken, selbst Geschieben,

---

[67]) Die Mühlsteine welche die Brüche bei Niedermenich in die fernsten Gegenden liefern und unter den Namen rheinische Mühlsteine bekannt sind, gehören zu den vorzüglichsten Steinen dieser Art.

[68]) Die Erdschlacke verdankt ihre Entstehung dem bei Entzündung der Kohlenflözze dem Feuer ausgesezten Schieferthon und Thoneisenstein.

Vorkommen: Im Saarbrückischen. Kurhessen. Sachsen. Tyrol. Böhmen u. a. a. O.

Digitized by Google

in den verschiedenartigsten Grössen vorkommenden Theile sind durch eine Thonschiefer-Masse, die mehr oder minder von Quarz durchdrungen ist, fest miteinander verbunden.

Als zufällige Gemengtheile finden sich Glimmer, Feldspath, Eisenkies u. a. m.

Das ungemein feste und schwer zersprengbare Gestein ist meist rauch-, blaulich- und schwärzlichgrau, oder röthlich-braun gefärbt und hat beim Übergang ins Dichte splitterigen Bruch; seine Textur nähert sich bisweilen dem Schieferigen (Schiefr. Gr.); es ist dann leicht zu spalten und unterscheidet sich hiedurch von der gemeinen, körnigen Grauwacke.

Die Grauwacke, in welcher Versteinerungen nur selten vorkommen, geht in Thonschiefer und in Kohlen-Sandstein über.

Die Festigkeit ihrer Bestandtheile schüzt sie vor Verwitterung.

Die oft undeutliche, meist ins Grosse gehende Schichtung ist gewöhnlich schwer erkennbar. Die Klüfte, welche des Gestein trennen, schneiden sich am öftesten unter etwas schiefen Winkeln.[69])

Die Grauwacke ist ein guter, sehr feuerbeständiger Baustein, der sich gut mit dem Mörtel bindet. Die körnige Grauwacke wird auch zum Pflastern benüzt, die schieferige ist hiezu weniger, um so besser aber, weil sie in Platten bricht, zu Bodenbelegen, schwachen Gesimsen u. s. w. geeignet.

Älterer Sandstein. (Rother Sandstein; rothes Todtliegendes; graues und weisses Liegendes; Übergangs-Sandstein). Der wesentliche Bestandtheil dieser Felsart ist **Quarz**, in mehr oder minder feinen Körnern, in Trümmern und Brocken; ferner kommen darin Granit, Gneis, Glimmer-, Chlorit-, Thon-, Hornblende- und Kieselschiefer, Feldsteinporphyr, Diorit, Mandelstein, seltener Feldspath und Kalkstein vor. Diese verschiede-

---

[69]) Gänge, welche Quarz, Basalt, Kalk- und Barytspath, besonders aber Erze führen, sind häufig; ebenso fremdartige und untergeordnete Lager. Zu den vielen als solche vorkommenden Gesteinen gehören Quarz, Kieselschiefer, Granit, Diorit, Kalk, Serpentin u. a.

Die Grauwacke, ein conglutinirtes Gebilde, gehört der Übergangsperiode an. Sie kommt auf Thonschiefer, Übergangskalk gelagert, dem Gneisse und Glimmerschiefer aufgesezt, dem Diorit aufgelagert vor.

Digitized by Google

nen Gemengtheile, die von der Grösse eines Hirsekornes bis zu einen Fuss Durchmesser, selbst in Zentner schweren Blöcken vorkommen, sind auf das manchfachste untereinander gemengt und durch einen eisenschüssigen, braunlich-rothen, oder graulich-weissen Teig gebunden, der entweder etwas kalkhaltig oder mergelig, nicht selten auch sandig, kieselig oder thonig ist und welchem häufig Glimmerblättchen, erdige Körner und Thontheilchen beigemengt sind.

Die grössere oder geringere Härte dieses Bindemittels verleiht dem Gesteine alle Grade der Festigkeit, vom Schwerzersprengbaren bis zum Zerreiblichen. Im Allgemeinen ist dem grauen Liegenden eine grössere Festigkeit als dem rothen Liegenden eigen. Grobkörniger Sandstein zerfällt leichter als feinkörniger, im ersteren kömmt das Bindemittel in verhältnissmässig geringerer Menge vor. Ausser der körnigen ist dem ältern Sandsteine zuweilen schieferige, (Sandstein-Schiefer) und kugelige Struktur eigen, auch erscheint er porös.

Der ältere Sandstein ist meist von zufälligen Gemengtheilen frei. Bisweilen kommen darin Kalk-, Gyps-, Feldspath, und Erze, mineralische Holzkohle, Thongallen u. s. w. vor. Ebenso ist er frei von Muschelversteinerungen; vegetabilische Überreste kommen jedoch nur sparsam vor.

Er geht über in Feldsteinporphyr, in bunten Sandstein, in Grauwacke und in verhärteten, meist schieferigen Thon.

Die Schichtung des älteren Sandsteines, besonders des grosskörnigen, ist deutlich, von verschiedener, bis zu 30 Fuss betragender Mächtigkeit und häufig wagrecht. [70])

Die Bergmassen dieser Felsart sind meist einförmig gestaltet, ihre Rücken sind breit, kuppig, nach einer Richtung weit erstreckt. Die einzelnen Berge erscheinen kegelförmig. Schroffe Gehänge, Klippen sind selten. Die langen Thäler sind unbedeutend, die Querthäler tief, oft sehr enge.

Vorkommen: Westerwald. Grafschaft Mark. Kurhessen. Harz. Thüringer-Wald. Vogtland. Erzgebirge. Schlesien. Kärnthen u. s. w.

[70]) Gänge, die diesem Gesteine jedoch bisweilen auch gänzlich fehlen, umschliessen Quarz, Barytspath, Feldstein-Porphyr, Basalt, Erze u. a. m.

Die untergeordneten Lager, wohin Kalkstein, thoniger Mergel, Diorit, Steinkohlen u. a. gehören, sind von geringer Bedeutung und fehlen gleichfalls oft ganz.

Digitized by Google

In der Baukunst wird der ältere Sandstein, dessen Festigkeit durch die Bearbeitung zunimmt, sowohl als Hau- wie auch als Mauerstein und ebenso zum Pflaster mit Vortheil verwendet, wenn er gleich schwieriger als andere Sandsteine zu bearbeiten ist.

Kohlen-Sandstein. (Steinkohlen-Konglomerat; rauher Sandstein). Der Kohlen-Sandstein ist von grauer, ins Weisse und Gelbliche, seltener ins Blaulichgraue, Röthliche und Rothe ziehender Farbe. Meist klein-, oft sehr feinkörnig, besteht er aus kleinen, runden Quarzkörnern, welche durch ein graues,

---

Der ältere Sandstein, aus alten Anschwemmungen hervorgegangen, überdeckt in allen Gegenden der Erde einen grossen Theil der übrigen Gebirgsbildungen in Schichten von manchfacher Mächtigkeit. Er erscheint als dem Granite unmittelbar aufgelagert; auf älterem Glimmerschiefer, auf Übergangskalk ruhend; den Urkalk unmittelbar überdeckend; über Urthonschiefer abgesetzt; auf Übergangs-Thonschiefer gelagert; der Grauwacke und dem Thonschiefer aufliegend und wird in vielen Gegenden von Kupferschiefer überdeckt.

Die Gebirgszüge dieser Felsart sind, wenn sie in grösserer Mächtigkeit — oft bis zu 5000 bis 6000 Fuss — erscheint, meist isolirt, aus hohen steilen Bergen, mit schroffen Felsen, grossen Wänden, stark ansteigenden Bergrücken, schmalen Thälern und tiefen Schluchten zusammengesezt. Bei geringerer Mächtigkeit bildet sie einzelne Höhen-, niedrige Berge, mit gerundeten oder abgeplatteten Gipfeln, sanften Abhängen und weit gedehnten Thälern. Sie ist am Fusse der Ur- und Übergangs-Gebirgsketten oder zwischen den Unebenheiten der Oberfläche der Grundgebirge gelagert, oder in unermesslichen Thälern aufgehäuft.

Vorkommen. Im Schwarzwalde. Odenwald. Spessart. Vogesen. Kurhessen. Thüringer-Waldgebirge. Im Mannsfeldischen. Im Stollbergischen. Im Hohensteinischen. Tyrol. Böhmen.

Noch ist hieher zu zählen, das

Urfels-Trümmer-Gestein.

Die Masse des Gesteines ist ein Gemenge von Bruckstücken älterer Felsarten, als Glimmer-, Hornblende-, Chloritschiefer, Gneiss, Thonschiefer, Granit, Quarz und Feldstein, die durch einen bald granitischen, bald glimmerschieferartigen, bald quarzigen Teig zusammen gekittet sind. Man zählt acht Abänderungen der Felsart, die sich durch die Art, Grösse und Menge ihrer Bestandtheile und der Beschaffenheit ihres Bindemittels von einander unterscheiden.

Das Gestein ist in Deutschland wenig verbreitet. Am Hundsrück bei Ried, unfern Schärding. Im Fürstenthum Schweidniz etc.

Digitized by Google

erdiges, mehr oder minder schieferthonartiges Bindemittel, meist nur lose zusammen gehalten werden. Eisenkiesel, jaspesartiger Kieselschiefer, Hornstein, Feldspath- und Steinmarkähnliche Theile, Glimmerblättchen, Bruchstücke von Glimmerschiefer kommen, je doch nur selten, darin vor.

Ebenso sind zufällige Einmengungen, als Bleiglanz, Eisenkies selten. Vegetabilische Überreste werden angetroffen; ebenso Muscheln, leztere im sehr feinkörnigen Gesteine. Die der Verwitterung sehr unterworfene Felsart geht in Schieferthon über.

Sie ist deutlich, meist wagrecht geschichtet, durch Querklüfte gespalten.[71])

Die festeren Abänderungen des Kohlensandsteines werden beim Bauen zu Quadern, häufiger noch zum Pflaster verwendet.

Bunter Sandstein. (Neuerer Sandstein; Flöz-Sandstein; Sandstein mit Thon). Den wesentlichsten, fast ausschliessenden Bestandtheil dieses klein-, oft fein- und meist gleichkörnigen Gesteines machen kleine, mitunter kaum sichtbare, eckige und runde Quarz-Körner aus.

Die Benüzung des Urfels-Conglomerates in der Baukunst beschränkt sich auf Bruchstein-Gemäuer, da es sich minder regelmässig als Sandstein bearbeiten läst; ferner dient es als Füllstein und auch beim Strassenbau kommt es in Anwendung.

[71]) Gangarten des Gesteines sind: Bleiglanz, Blende, Eisenkies u. s. w. Als untergeordnete Lager kommen, jedoch nur selten, Schieferthon, Kalk, Mergel u. s. w. vor.

Der Kohlen-Sandstein wird zu den frühesten Flözgebilden gezählt; er wechselt mit Steinkohlen-Flözen und mit Lagern von Schieferthon und von Thon-Eisenstein, auch erscheint er älteren Gesteinen aufg lagert. Selten geht er frei zu Tage aus, ist meist am Fusse höherer Gebirge gelagert oder erfüllt die Vertiefungen älterer Berge.

Seine Berge erscheinen theils abgerundet und umschliessen breite, flache Thäler; zum Theil sind sie mit kleinen Kuppen besezt, haben schmale, spizzige Rücken; das Zerrissene, Zerschnittene an denselben, das Steile der Abhänge ist charakteristisch

Vorkommen: Zweibrückisches Steinkohlengebirge. Niederrheinisch-Westphälisches Gebirge. Schlesien. Grafschaft Glaz u. s. w.

Digitized by Google

Das Bindemittel ist am öftesten thonig, eisenschüssig, oder auch mergelig, kalkig und kieselig; es ist bald in grösserer bald in geringerer Menge, seltener überwiegend vorhanden. Die höchst manchfache Färbung der Felsart zeigt sich in Flecken, Streifen, geflammt, gebändert. Das Gestein nimmt öfter ein schieferiges Gefüge an, auch erscheint es porös, zuweilen auch in regelrechten Gestalten. Es ist im Allgemeinen leicht trennbar. Zufällige Gemengtheile fehlen fast ganz. Nur bisweilen kommen darin Glimmer, Chloryt auch Kalkspath, rundliche Massen von Thon u. s. w. vor. Ebenso sind Versteinerungen selten.

Der bunte Sandstein ist meist ausnehmend deutlich, fast immer wagrecht geschichtet, nach dem Tage zu stark zerklüftet.[72])

Die dichten Abänderungen des bunten Sandsteines, die meist sehr fest sind, werden wie der ältere Sandstein beim Bauen verwendet; jene aber, welche kleine Thonparthien, in Nieren und Nestern, sogenannte Thongallen, enthalten taugen nicht zu Quadern, indem der Thon durch Nässe leicht ausgewaschen wird.

Quader-Sandstein. (Oberer Sandstein; jüngster Sandstein.) Der Quader-Sandstein hat ein sehr gleichmässiges, gleiches, feines Korn. Er ist meistens von graulich- oder gelblich-weisser, seltener von brauner, rother, gelber Farbe. Er besteht fast ausschliessend nur aus feinen, dem Auge oft kaum sichtbaren Quarzkörnern und aus kleinen Quarzgeschieben. Das Bindemittel, meist ein thoniges, ist gewöhnlich nur sparsam

---

[72]) Auf Gängen führt er Basalt, Felsteinporphyr, und enthält Kalkspath-Adern. — Kalkstein, Roggenstein, Gyps, Steinkohlen, Braun- und Rotheisen-Stein u. a. bilden darin fremdartige Lager.

Er ist ein jüngeres Flözgebilde und erscheint über dem Alpenkalke und zunächst unter dem Muschelkalke gelagert. Er ist weit, jedoch nicht so allgemein wie der ältere Sandstein verbreitet, bildet bald einzelne, runde Hügel, niedrige, mitunter kegelförmig gestaltete, sanft abhängige Berge; bald schmale, niedere aber jähe Bergreihen mit schroffen Felsen an ihren Gehängen und tiefen engen Felsthälern; bald Bergebenen mit engen Thaleinschnitten.

Vorkommen: Thüringen. Kurhessen. Voigtland. Würtemberg. Wesergebirge. Ebene zwischen dem Böhmisch-Baierischen Waldgebirge. Schweiz.

Digitized by Google

vorhanden, oft ist es ganz unerkennbar, und kittet die Theile überhaupt nicht so fest, als dis bei den älteren Sandsteinen geschieht.

Bisweilen finden sich Poren im Gestein. Schieferige Struktur ist demselben gar nicht, oder nur selten und unvollkommen eigen.

Kleine, silberweise ungleichförmig in der Gesteinmasse vertheilte Glimmerschuppen sind die einzigen fremden Einmengungen, welche in Quader-Sandsteine sich finden. Versteinerungen kommen darin nur dann vor, wenn er fast unmittelbar über Kalkstein liegt.

Die Felsart verwittert leicht und zerfällt zu einem weissen, feinkörnigen Sande. Quarziger Teig verleiht ihr grössere, oft beträchtliche Festigkeit.

Der Quader-Sandstein ist regelrecht, fast beständig äusserst deutlich, und meist horizontal geschichtet. Seine Bänke sind oft sehr mächtig, oft schwach. Er wird durch meist senkrechte Spalten, die sich gewöhnlich in rechten Winkeln durchschneiden, getrennt; hieraus entstehen die charakteristischen würfeligen Blöcke. (Quader). [73])

Der Quader-Sandstein ist für die Baukunst eine der wichtigsten Felsarten. Er wird nicht nur zum Quadergemäuer und zu allen Arten von Gestellen, Gesimsen, Säulen, sondern in seinen feinen Abänderungen selbst zu Bildhauerarbeiten mit Vortheil verwendet. Er ist sehr feuerbeständig und bindet gut mit dem Mörtel, nur trocknet lezterer im dicken Quadergemäuer schwer aus.

---

[73]) Auf gangartigen Räumen umschliesst er Quarz und Federkalk. Als fremdartige Lager kommen darin Kalkstein, Mergel, Thoneisenstein, in Braunkohlen übergehende Steinkohlen u. a. vor.

Er bildet eine höchst deutliche, selbstständige Formation, ist geognostisch jünger als Jura- und Muschelkalk und ist unmittelbar dem Gneisse, dem Muschelkalke aufgelagert; lehnt sich an Grauwacke und Thonschiefer; liegt auf Kohlen-Sandstein; überdeckt den bunten Sandstein.

Die Berge dieser Felsart sind ausgezeichnet gestaltet; ihre Höhen sind mit schroffen, zackigen Säulen, Mauern ähnlichen Felswänden besezt; ihre Oberflächen bilden oft beträchtliche Ebenen. Die Bergreihen sind niedrig, bald weit erstreckt, bald an andere Gebirge angelehnt. Auch einzelne, kegelförmige Hügel mit sanften Abhängen kommen vor.

Vorkommen: Bayern. Harz. Schlesien. Sachsen. Im Mannsfeldischen. Lausiz. Erzgebirge. Thüringerwald. Moselthal. Lothringen. Böhmen, u. s. w.

Digitized by Google

Molasse. (Braunkohlen-Sandstein; Mergel-Sandstein; Nagelflue-Sand). Die Molasse ist im Allgemeinenein feinkörniger, gleichförmiger, meist nicht sehr fester, oft zerreiblicher Sandstein. Sie besteht aus kleinen Quarz-Körnchen, welche durch einen thonigen, kalkigen oder mergeligen Teig gebunden sind, der häufig kaum sichtbar ist. Sie ist gewöhnlich von weisser oder grauer Farbe, erstere geht auch ins Grauliche und Röthliche, der andere bisweilen ins unrein Blaue über.

Glimmer-Blättchen sind die einzigen fremdartigen Gemengtheile. Versteinerungen sind bald sparsam, bald häufiger vorhanden. Das Gestein besizt bisweilen bedeutende Festigkeit; Luft und besonders Frost wirken dann am zerstörendsten, wenn das Bindemittel ein thoniges ist.

Die Molasse ist deutlich, meist wagrecht geschichtet.[74])

Die Molasse wird beim Bauen zum Haustein-Gemäuer, vorzüglich aber und namentlich in Frankreich, zum Pflaster verwendet. Die anscheinend zerreiblichen an der Luft unbrauchbaren Abänderungen dienen mit Vortheil bei Wasserbauten; die mit Säuren aufbrausenden sind zu Gestellsteinen untauglich. Die Molasse bindet gut mit dem Mörtel.

Nagelflue. (Nagelstein; Buchstein). In diesem Trümmer-Gesteine bindet ein kalkig- sandsteinartiger Kitt kleinere und grössere Geschiebe und Bruchstücke von Kalksteinen sehr verschiedener Art zusammen; an ihre Stelle treten bisweilen, indess mehr ausnahmsweise, Brocken von Sandstein und Grauwacke,

---

[74]) Es kommen darin als untergeordnete Lager dichter, gelblich weisser Kalkstein, bituminöser Kalk, thoniger und faseriger Gyps u. a. vor.

Im Alter folgt die Felsart unmittelbar dem bunten Sandsteine und dem Muschelkalke. Sie ist auf Gneiss und Glimmerschiefer, auf Alpenkalk, auf Jurakalk gelagert; sie überdeckt den Kohlen-Sandstein, die Nagelflue und wechselt mit dieser; liegt über Kreide, über trachytischem Trümmer-Gesteine. Sie selbst liegt meist frei, nur hie und da ist sie mit einer Schichte Dammerde, oder mit Grob- auch Süsswasser-Kalk, auch mit basaltartigen Gebilden überdeckt.

Die Felsart ist sehr verbreitet.

Vorkommen: Bayern. Oberschwaben. Um Salzburg. Tyrol. Innthal. Österreich. Schweiz u. s. w.

Digitized by Google

Rollstücke von Granit, Gneiss, Porphyr, Diorit, Geschiebe von Hornstein, Feuerstein, Thon- und Kieselschiefer und von Serpentin.

Die Farbe des Kittes, der zuweilen sehr vorherrscht, ist im Innern unrein gelblich-weiss, aussen stets röthlich.

Die Festigkeit der Felsart ist theils gering, theils ungemein gross. Die zu Tage stehenden Massen verwittern fast nie.

Die Nagelflue ist deutlich geschichtet, in vielfachen Richtungen zerklüftet. Ihre Schichten sind bisweilen von Kalkspath-Adern durchzogen. Eigenthümliche Versteinerungen fehlen ihr. Sie geht in manche neuere Sandsteine über.[75])

Als Baustein taugt die Nagelflue, weil sie sich nicht regelmässig bearbeiten lässt, nur zum Bruchstein-Gemäuer. Sie ist meist sehr fest und daher zum Pflaster und zum Strassenbaue sehr brauchbar.

Trachyt-Trümmer-Gestein. (Trapp-Porphyr-Konglomerat). Dies in Deutschland wenig verbreitete Gestein ist ein Konglomerat aus Blöcken, Bruchstücken und Rollsteinen von Trachyt, denen bisweilen Bruchstücke von Bimsstein, auch von Basalt beigemengt sind.

Sein Bindemittel ist ein, theils mehr oder weniger krystallinischer, theils ein erdiger Teig, meist von unrein gelblich- oder graulich-weisser, seltener röthlicher oder grünlich-weisser Farbe. Die Felsart ist deutlich geschichtet.[76])

---

[75]) Sie gehört den neueren Gebirgs-Gebilden an und verdankt ihre Entstehung meist Anschwemmungen von Strömen, bei deren Erguss von Gebirgen in grosse Seen.

Sie wechselt mit Schichten von Molasse und Thon, oder ist der ersteren aufgelagert.

Die nakten Felswände der grossen Nagelflue-Kette erheben sich nicht selten zu einer Höhe von mehreren Tausend Fuss. Die einzelnen, mehr oder minder abgerundeten Berge stehen theils frei, einzeln, theils dicht zusammengedrängt, oder bilden langgedehnte Rücken.

Die Nagelflue, die minder allgemein, als nur stellenweise und dann mächtig ausgedehnt erscheint, bildet eine grosse Kette, die aus Österreich durch Salzburg, Bayern und Schwaben bis zum Bodensee zieht.

[76]) Sie ruht über Trachyt, Grauwackenschiefer auch Kalk; auch wird sie von Trachyt und von Basalt überdeckt. Sie bildet, mitunter Hügel und selbst weit erstreckte Berge mit hohen Gypfeln.

Vorkommen: Rheinisches Siebengebirge.

Digitized by Google

Beim Bauen findet das Trachyt - Trümmergestein mit dem Trachyt ziemlich gleiche Anwendung.

Bimsstein-Breckzie. (Bimsstein - Konglomerat; Sandstein, am Niederrhein). Man unterscheidet zwei Abänderungen dieses in Deutschland seltenen Trümmergesteines. In der einen hängen die Blöcke und Bruchstücke vom Bimsstein ohne Teig zusammen; in der anderen sind sie durch ein Bimsstein-Cement verbunden. Die Felsart ist sehr deutlich geschichtet. [77])

Die Bimssten-Breckzie ist, wenn gleich ein nicht leicht verwitterndes Gestein, doch zu weich, um als Baustein verwendet werden zu können. Sie dient höchstens, ihrer Leichtigkeit wegen, zur Aufführung von Gewölben.

Trass. (Duckstein, auch Tuffstein, am Niederrhein; Dielstein; Leberstein). Die Hauptmasse des Trasses ist im Bruche erdig, matt, von unrein gelber, ins Graue oder Braune ziehender Farbe, porös bisweilen auch mehr dicht.

Rollstücke von Bimsstein sind darin häufig eingemengt, seltener sind Bruchstücke von Thonschiefer, Trachyt, Basalt, Schlacke, Quarz und Magneteisen-Körner, Blättchen von schwarzem Glimmer. Baumstämme mit Ästen und Zweigen, selbst mit Blättern, mehr oder minder verkohlt, braun oder schwarz gefärbt, kommen im Trasse in völlig senkrechter Stellung vor.

Er erscheint abgetheilt in Bänke, in ganzen Lagern von 10 bis 20 Fuss Mächtigkeit. [78])

---

[77]) Sie liegt auf Grauwacke, quarzigem Sandsteine, Kalkstein; überdeckt den Trachyt; bildet niedere Berge und füllt Thäler und Ebenen.

Vorkommen: Am Rhein, zwischen Engers und Bendorf. Sayn, unfern Neuwied.

[78]) Er füllt als ein durch Wasser aufgeschwemmtes vulkanisches Konglomerat, Thäler, oder umkleidet Berge. Er liegt zwischen Schiefer; wird bisweilen von einem mit Schichten von Tuff und mit Schlacken untermengten Sande überdeckt.

Vorkommen: Bayern; im Pappenheimischen, bei Haarburg, Monheim. Am Rheine, um Andernach, Tönninstein, Brohl u. s. w.

Digitized by Google

Der Trass wird, da wo er sich findet, als Baustein benüzt; seine vorzüglichste Verwendung, wodurch er zugleich einen bedeutenden Handelsartikel ausmacht, ist aber die zur Mörtel-Bereitung, wovon am geeigneten Orte das mehrere.

Trapptuff. (Basalttuff; Basalt-Breckzie). Der Trapptuff ist ein basaltisches Konglomerat. Seine Bestandtheile sind Stücke von Basalt, Dolerit, Wacke, Mandelstein, Schlacken, Rollstücke von Quarz, Granit, Gneiss, Feldstein, Grauwackenschiefer, Kalkstein, rothem Sandstein; Reste von verkohltem Holze. Der Teig, welcher diese Theile zusammenkittet ist das Resultat der Auflösung jener und erscheint, zuweilen sehr stark, von Kalkspath durchdrungen; seine Farbe ist röthlich- oder gelblich-braun, gelblich-, rauch- und aschgrau.

Die Felsart verwittert leicht. Sie ist deutlich geschichtet.[79])

Der Trapptuff, der sich meist in der Nähe des Basaltes findet, ist zwar von geringerer Festigkeit als dieser, hat aber doch mit demselben ziemlich gleiches Verhalten, und wird demnach fast auf gleiche Weise beim Bauen verwendet.

Lose Gesteine.

Gerölle. Gerölle sind Zusammenhäufungen von Blöcken, Bruchstücken und Geschieben verschiedener Felsarten, die meist lose neben und über einander liegen, seltener mit einander verbunden sind. Ihre Grösse und Gestalt hängt von der Beschaffenheit der Felsarten ab, von denen sie herrühren. Sie enthalten nicht selten thierische Überreste.[80])

---

[79]) Auf Gängen umschliesst sie Kalkspath und Arragon; Basalt füllt darin gangartige Räume aus.

Der Trapptuff umgiebt die basaltischen Berge und Hügel; er selbst wird als aufgelöster, zusammengeschwemmter Basalt betrachtet; er setzt bisweilen kleine Hügel und Berge zusammen.

Vorkommen: In Kurhessen. Niedersachsen. Steyermark. Böhmen u. s. w.

[80]) Die schichtenartigen Abtheilungen des Gerölles liegen meist horizontal. Es wechselt mit Ablagerungen von Sand. Bisweilen durchziehen dasselbe ein-

Digitized by Google

Beim Bauen vertreten die Gerölle da, wo andere Steine fehlen, die Stelle von Bruchsteinen, und haben wenigstens das voraus, dass ihre Dauer bereits erprobt ist. Kleinere Gerölle werden besonders zum Pflaster und Strassenbau mit Nuzen angewendet.

Gruss. Der Gruss oder Grand entsteht aus der Zerstörung der Gebirgsgesteine, namentlich der ungleichartigen, indem die Bestandtheile derselben sich trennen, sich mehr oder minder auflösen und sich so an den Abhängen und am Fusse der Berge in mehr oder weniger mächtigen Lagen aufhäufen.

Als Baumaterial wird der Gruss nur zur Überdeckung von Plätzen, Wegen und solchen Fahrbahnen verwendet, auf denen sich blos geringe Lasten bewegen, und denen eine feste Unterlage mangelt.

Sand. Der Sand ist aus der Zersezung, Auflösung vielartiger, namentlich quarziger Gesteine hervorgegangen.

Seine Hauptbestandtheile sind meist abgerundete **Quarzkörner**, von der Grösse einer Erbse bis zur äussersten Feinheit herab. Seine Farbe ist weiss, gelb, grün, roth, auch braun oder schwarz, und wechselt mitunter in Flecken und Streifen.

Der Sand ist entweder ganz lose, oder auch bisweilen durch ein kalkiges, thoniges, eisenschüssiges Bindemittel lose zusammen gehalten.

Er kommt ganz rein, aber auch mit Gruss, Rollsteinen, Mineralsubstanzen gemengt vor; bisweilen erscheint er reich an animalischen und vegetabilischen Überresten.

Die schichtenartigen Abtheilungen des Sandes sind meist durch verschiedene Färbung bezeichnet: sie sind von sehr ungleicher Mächtigkeit.[81])

---

zelne Streifen von Thon und Eisenocker. Seine Mächtigkeit ist sehr verschieden und steigt bis auf 90 Fuss.

[81]) Der Sand ist ein Hauptglied des aufgeschwemmten Landes; er wechselt mit Schichten von Thon und Lehm, mit Ablagerungen von Gerölle, liegt bald frei, bald ist er von Lehm, Dammerde überdeckt.

Digitized by Google

Über die Verwendung des Sandes in der Baukunst wird dann umständlich gehandelt werden, wenn von der Bereitung der Mörtel die Rede seyn wird. Hier wird noch bemerkt, dass er vorzüglich auch beim Pflaster in Anwendung kommt.

Löss. Der Löss ist ein Gemenge aus Thon-, Kalk- und Kieseltheilen, so wie aus sehr kleinen Glimmerblättchen; seine Farbe ist unrein gelblich-grau, sein Bruch erdig; seine feinstaubigen Theile bilden eine lose, zerreibliche Masse. Er enthält Konchylien, selbst Knochenreste. [82])

Der Löss wird beim Bauen gar nicht oder höchstens als Füllmaterial angewendet, indessen fragt es sich, ob seine Bestandtheile ihn nicht zur Mörtelbereitung tauglich machen.

Lehm. Der Lehm verdankt seine Entstehung der endlichen Auflösung sehr verschiedenartiger Gesteine; namentlich des Granites, Gneiss, Glimmerschiefers, Feldstein-Porphyrs, Basaltes und der Wacke. Er ist ein sehr weicher, meist zerreiblicher Thon, mit welchem Quarzsand, Eisenocker, in grösserer oder geringerer Menge bisweilen auch Kalkerde innig vermengt sind. Er ist von Farbe gelblich-grau, zum Grünlich-grauen sich neigend, ockergelb, gelblich-braun gefleckt und geadert. Sein Bruch ist uneben, grob- oder kleinkörnig, ins Erdige übergehend, glanzlos oder, durch Glimmertheilchen, schimmernd.

Seine Hügelzüge sind meist niederig, wellenartig geformt. Selten erreicht er beträchtliche Höhen.

Es wird hier noch des Magnet-Eisen-Sandes erwähnt, welcher seine Entstehung der Zersezung von Laven, von basaltischen, doleritischen und anderen Felsarten verdankt. Er zersezt sich nicht leicht und kommt besonders in vulkanischen aber auch in anderen Gegenden vor (bei Andernach; unweit Berlin u. s. w).

[82]) Er findet sich unter der Dammerde, auch über Gerölle, Grob- und Alpenkalk, Dolerit, oft in sehr bedeutender Mächtigkeit, gelagert.

Vorkommen: Rheinbayern; Neustadt a. d. H. und abwärts. Baden. Um Neuwied, Andernach u. s. w.

Digitized by Google

Der Lehm ist in seinen oberen Lagen, die öfter Schaalen von Landschnecken, Gebeine von Landthieren einschliessen, meist unrein; in seinen tieferen Lagen ist er reiner, thoniger, jedoch auch manchmal sehr sandig. Er brennt sich im mässigem Feuer hart und wird dann durch seinen Eisenocker-Gehalt unrein roth; in stärkerem Feuer fliesst er zu einer schwärzlichen oder blaulichgrauen Schlacke zusammen. Er saugt das Wasser stark ein und zerfällt in demselben, vertheilt sich darin oder bildet in geringerer Wassermenge eine breiartige Masse. [83])

Der Lehm ist eines der vorzüglichsten Baumaterialien. Von seiner Benüzung zu sogenannten Luftsteinen und zu gebrannten Ziegeln wird am gehörigen Orte die Rede seyn. Beim Wasserbau wird er zu Fang- und anderen Dämmen, zur Hinterfüllung von Mauern und hölzernen Bollwerken (Beschlächten); beim Schleusenbau zum Ausschlagen der Teich- und Wasserbehälter, der Rostgefache u. s. w. mit Nuzen angewendet.

Garten- und Ackererde. Ihre Anwendung beschränkt sich beim Bauen vorzugsweise auf das Pisé-Mauerwerk, sie muss dazu aber von Steinen und Wurzelwerk befreit, rein angewendet, mässig feucht seyn und fest gestampft werden.

---

[83]) Er gehört zu den aufgeschwemmten Gebirgsarten; bildet unter der fruchttragenden Erde mehr oder minder mächtige Lager, überdeckt die Abhänge, Thäler und Ebenen der Gebirge und breitet sich längs den Ufern der Flüsse und über tiefere Landstrecken aus.

Digitized by Google

V. Vorlesung.

Von den Steinen in Beziehung auf ihre Anwendung als Hau- und Bruchsteine bei den Bauten. — Von den Ziegeln. — Vom Pisé. —

Im Voranstehenden haben wir die beim Bauen in Anwendung kommenden Gesteine in jener Reihenfolge kennen gelernt, in welcher sie nach ihren manchfachen Unterscheidungs-Merkmalen geordnet einander folgen; es wurde zugleich gezeigt, welche Art der Anwendung diese Gesteine nach ihren Eigenschaften beim Bauen finden.

Die Werkleute, welche die Steine nur unter leichter wahrnehmbaren und leichter fasslichen Beziehungen betrachten, beschränken sich darauf, die Steine, abgesehen von ihren wesentlichen Bestandtheilen, in harte und in weiche einzutheilen.

Aus der Grösse der Bruchstücke geht noch eine andere Eintheilung der Gesteine hervor, die nemlich in Hau- und in Bruchsteine. [84])

[84]) Das Orginal dieses Werkes enthält nun eine sehr kurze Beschreibung des Granites, der Sandsteine, der Mühlsteine und der Kalksteine, indem dabei bemerkt wird, dass diese Gesteine in Beziehung auf Härte einander in der Ordnung, in welcher sie eben genannt wurden, folgen; es wird zugleich ihrer Anwendbarkeit zum Quader-Gemäuer erwähnt, und bemerkt, dass der Porphyr, der Serpentin, die Brekzien und die Pudingsteine deshalb zum Quader-Gemäuer untauglich seyen, weil sie theils ihrer Seltenheit wegen zu theuer, theils ihrer Härte wegen nur zu Verzierungen im Innern, zu Säulen, Vasen u. s. w. verarbeitet werden.

Nachdem bereits bei der Charakteristik der Felsarten zugleich das Nöthige in Beziehung auf Härte, Festigkeit und bauliche Anwendung jedes einzelnen Gesteines gesagt worden ist, so genügt es, zur Vermeidung von Wiederholungen, dahin zu verweisen.

Digitized by Google

Es ist von Wichtigkeit, zur Aufführung der Gebäude nur vollkommen gute Steine zu verwenden.

Die Untersuchung solcher Gebäude, welche mit Steinen aus einem seit langer Zeit betriebenen Bruche aufgeführt sind, konstatirt ihre Eigenschaften; [85]) ist man jedoch genöthigt, einen neuen Steinbruch zu eröffnen, so muss man vor der Verwendung Versuchstücke den Wirkungen der Luft, des Wassers, des Gefrierens und selbst des Feuers auszusezen. [86])

Bei den Steinen, welche die Feuchtigkeit einsaugen, erkennt man die Wirkung des Frostes leicht; ihre Oberfläche wird pulverartig; bisweilen reissen die Häupter auf und blättern sich ab. Diese Steine müssen als untauglich zum Bauen verworfen werden. [87])

---

[85]) An den sogenannten Wetter- oder Abend- und Mitternachtseiten alter Gebäude, die aus Steinen erbaut sind, welche durch die Witterung leiden, zeigen sich diese am meisten zerstört.

[86]) Die Massen mancher der festesten Gesteine sind von so feinen Rizen durchzogen, dass sie das freie Auge kaum entdeckt; dringt nun durch sie Nässe in das Innere des Gesteines und gefriert, so ist das Zersprengen des Steines öfters davon die Folge. Solche Gesteine sollten nach dem Bruche, vor ihrer Verwendung ein Jahr lang der Witterung ausgesezt werden, wie denn diese Vorsichtsmassregel bei allen Bausteinen beobachtet werden sollte. Manche Gesteine, namentlich die thonhaltigen Sandsteine, nehmen, wenn sie gebrochen sind, an der Luft allmählig an Härte zu, man thut desshalb wohl, sie, wenn sie zu Quadern verarbeitet werden sollen, gleich nach dem Brechen dazu zuzurichten. An Steinen, die sehr feucht aus dem Bruche kommen, haftet kein Mörtel, sie selbst trocknen im Gemäuer nicht mehr aus, und müssen daher vor der Verwendung erst an der Luft austrocknen.

[87]) Nicht alle Steine, welche Wasser einsaugen, werden durch den Frost beschädigt, ja es widerstehen sogar manche Gesteine, welche das Wasser selbst durchlassen, der strengsten Kälte, während andere dichte Gesteine dadurch zersplittert werden. — Hr Vicat (man sehe dessen *Versuche über den Kalk und Mörtel S.* 37) glaubt, dass dieses Phenomen sich am besten durch die Annahme erklären lasse, dass der Frost nur auf solche Gesteine nachtheilig wirke, in welchen das Wasser röhrenförmige oder spaltenartige Räume findet; dass aber bei gleichförmiger Vertheilung der leeren Räume durch die ganze Masse des Gesteines, der Druck des Eises in allen kleinen Öffnungen sich wechselseitig aufhebe und sich blos durch Abblättern der Oberfläche des Steines, wenn es an dieser Widerstand findet, äussere.

Da die Einwirkungen des Frostes auf die Gesteine meist erst nach Verlauf einiger Zeit bemerkbar werden, so schlug Hr. Brard eine Methode vor, durch welche er den Widerstand der Steine gegen den Frost auf kürzerem

Digitized by Google

Wenn, wie dis gewöhnlich der Fall ist, der Bruch wohlgeschiedene Lager oder Bänke hat, so muss man darauf bei der Verwendung dieser Steine Acht haben, indem sie immer ebenso gelegt werden müssen, wie in ihrem Bruchlager, es mögen nun die Schichten wagrecht laufen, oder wie bei Gewölben gegen den Horizont geneigt seyn. Die Solidität des Gebäudes erheischt diese Vorsicht; geübte Werkleute täuschen sich selten über die wahre Lage dieses Bruch-Lagers, und sie wissen wohl, dass jeder Stein, wie sie es nennen, **auf sein Lager gelegt werden muss.** Ein Stein, der durch seine Lage in einer Masse Mauerwerks die Kraft des auf ihn wirkenden Druckes

---

Wege zu ermitteln glaubte; Hr. de Thury erstattete darüber im Jahre 1814 einen Bericht an die Gesellschaft zur Aufmunterung der National-Industrie in Paris ab; ferner findet sich diese Methode umständlich beschrieben in des Hrn. Accum Werk: *Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien etc. Berlin* 1826, *bei Reimer; I. Bd. S.* 225 *u. f.*; ebenso in der neuesten Ausgabe von Rondelet's: *l'Art. de batir etc.* Nachstehendes ist das Urtheil, welches Hr. Hofrath und Professor Fuchs in München in dessen werthvoller Abhandlung; *Über Kalk und Mörtel* (Erdmanns Journal für tech. und ökon. Chemie, B. VI.; und daraus besonders abgedruckt 1829, Leipzig bei Barth) über den Werth der Brard'schen Methode fällt.

„— Ich muss über die Methode des Hrn. Brard, den Widerstand der Steine gegen den Frost mittels Glaubersalz zu erforschen, ein paar Worte sagen. Ich habe darüber mehrere Versuche angestellt, muss aber gestehen, dass mich die Zeit reuet, welche ich darauf verwendet habe, so wenig haben mich bis jezt die Resultate derselben befriedigt. Durch das an den Steinen krystallisirende Klaubersalz, dessen Wirkung keineswegs congruent ist mit den abwechselnden Wirkungen des Frostes und der Wärme, erfahren wir nicht mehr, als was uns der Fingernagel, das Wasser, der Hammer oder ein gehörig angebrachter Druck vor und nach dem Einweichen der Steine in Wasser auch sagte, und es ist gar nicht nöthig, jenen Umweg zu machen und jenes, auch blos mechanisch wirkende Mittel zu gebrauchen, was zwar vornehmer aussieht, aber weit umständlicher anzuwenden ist. Ich hoffe nicht, dass man sich mit dieser Sache, die gegenwärtig sehr viel Aufsehen macht, auch wie mit dem Loriot'schen Mörtel seligen Andenkens, ein halbes Jahrhundert beschäftigen werde, um zur Einsicht zu gelangen, dass damit nichts gewonnen ist. — Bemerken muss ich hiebei noch, dass manchmal Steine, insbesondere Marmor, nach sehr kalten Winternächten zerspringen, wenn sie am Tage durch die Sonne erwärmt werden.„

Wie viel Wasser ein Stein einsaugen könne, erfährt man durch dessen Gewichts-Zunahme, nachdem er einige Tage im Wasser gelegen war.

Ungleich gefärbte, gefleckte, gestreifte, geaderte Gesteine, besonders die grobkörnigen, stehen den einfarbigen, feinkörnigen Steinen derselben Gattung an Güte nach.

Digitized by Google

nach einer Richtung auszuhalten hat, die nicht winkelrecht auf sein Bruchlager ist, liegt auf falschem Lager. Dis ist ein Konstruktions-Fehler, der sorgfältig vermieden werden muss.[88])

Merkmale zur Kenntniss der Dichtigkeit der Steine erhält man durch ihre spezifische Schwere.[89]). Diese Kenntniss ist wichtig; allein es besteht noch eine andere, die zum guten Erfolge der Ausführung erlangt werden muss; es ist dis diejenige, welche die Grösse der Kraft anzeigt, welcher die zu verwendenden Steine, ohne zu brechen, widerstehen können. Durch diese Kenntniss wird die Grenze der Höhe für einen Bau-Entwurf oder jene der Weite eines grossen Gewölbes bestimmt.

Nur die Erfahrung lehrt die absolute Widerstandskraft der Steine kennen: gewandte Ingenieure und Baumeister haben sich mit Untersuchungen hierüber beschäftigt und die Resultate ihrer Erfahrungen bilden Tafeln, welche in mehreren Werken, und besonders im ersten Theile der „Kunst zu bauen" von Rondolet enthalten sind.[90])

Adern oder Nester von Eisen- oder Manganoxyd, tragen, als der Verwitterung unterworfen, zur Zerstörung der Gesteine, in welchen sie sich finden, bei. Für gewisse thon- oder talkhaltige, höchst feinkörnige Abänderungen des Kalksteines sind die darin eingesprengten Nester feinzertheilten Feldspathes besonders verderblich.

Steine von blättrigem Gefüge, namentlich solche, deren Blätter-Durchgang braun, roth oder schwarz gefärbt ist, blättern sich an feuchten Orten gerne auf. Es zeigen sich zuerst in der Masse feine Haarrisse, die sich beim wechselweisen Durchnässtwerden und Wiederaustrocknen des Gesteines allmälig erweitern.

[88]) Eine Ausnahme von dieser Regel findet bei solchen Gesteinen Statt, die ohne Lager, ein unebenes, unregelmässiges, selbst oft muschelförmiges Gefüge haben.

[89]) Bedingungen der Festigkeit der Steine sind der Zusammenhang, die Härte und die chemische Beschaffenheit der Bestandtheile, die Bindekraft ihres Kittes. Angestellten Versuchen gemäss steht, alles Übrige als gleich vorausgesezt, die respektive Festigkeit der Steine ziemlich genau in dem Verhältnisse der Querschnitt-Flächen.

Peronnet's Methode die verhältnissmässige Härte der Steine auszumitteln, beruht auf der Annahme, dass die Härte eines Steines in geradem Verhältnisse stehe mit der Zahl der zur Austiefung eines Loches von gegebener Tiefe erforderlichen Bohrumgänge.

[90]) Statt der von Sganzin aufgenommenen Tafel theilen wir in den, diesem 1ten Theile am Ende beigefügten Tafeln No. I, No. II u. No. III die Versuche

Digitized by Google

Zahlreiche Versuche beweisen, dass im Allgemeinen, unter Steinen einer und derselben Klasse, diejenigen, welche das feinste Korn, die kompakteste Textur, die tiefste Farbe haben, den stärksten Druck aushalten können. [91])

Eine zweite für die Baukunst sehr wichtige Beobachtung, welche andere, mit Steinen derselben Gattung angestellte Versuche geliefert haben, ist die, dass, wenn man die Widerstände der Steine vergleicht, dieselben sich ungefähr wie die Kubi ihrer spezifischen Schweren verhalten. [92]) Diese Versuche fanden mit verschiedenen, von einem und demselben Blocke entnommenen Würfeln Statt.

Indem man diese Versuche variirte und mehrere Würfel übereinander legte, nahm man wahr, dass, um sie zu zerbrechen eine weit geringere Kraft nöthig ist, als wenn das Parallelopipedum aus einem einzigen Stücke bestanden hätte.

Man bemühte sich durch die Erfahrung auszumitteln, ob die Widerstandskraft der Steine im Verhältnisse der Grösse ihrer Grundflächen zunähme, und ob die Gestalt dieser Grundflächen auf die Stärke der Steine Einfluss habe.

Mit der grössten Sorgfalt zuletzt angestellte Versuche zeigten, dass bei Steinen von derselben Art und von gleicher Gestalt der Grundflächen die Widerstands - Kraft in gleichem Verhältnisse mit der Grösse der Grundflächen wächst, und in Hinsicht auf den Einfluss dieser Gestalt der Grundflächen hat man bemerkt, dass bei gleicher Oberfläche die Steine, welche ein rechtwinkliches Parallelogramm zur Grundfläche haben unter einem geringeren Gewichte zu brechen beginnen, als jene, deren Grundflä-.

---

mit, welche Gauthey, Rondelet, Quantin, Wiebeking und Rennie über den Widerstand der Steine angestellt haben.

[91]) Über die Gestalt der Theile eines Gesteines, bei dem durch Druck bewirkten Zerbrechen desselben, ist folgendes zu bemerken. Die harten Steine von feinem Korne, homogener und conpacter Textur trennen sich, bevor sie in Staub zerfallen, mit Geräusch in Platten oder in vertikale Nadeln. Die weichen Steine theilen sich zuvor in Pyramiden, deren Grundflächen in der Oberfläche des Körpers und deren Spizen gegen dessen Mittelpunkt liegen. Die beiden vertikalen Pyramiden spalten, indem sie wie Keile wirken, die übrigen; sie zertheilen sich sämmtlich in kleine vertikale Prismen und zerfallen endlich gleichfalls in Staub. (Man vergl. Navier's *Resumé de leçons* etc. Paris 1826. I. partie. pag. 3).

[92]) L'Art de bâtir, von Rondelet; V. Buch, S. 82 u. f. —

Digitized by Google

ehe ein Quadrat bildet; endlich dass Steine mit kreisförmiger Grundfläche den grössten Widerstand besizen.

Die Verhältnisse des Widerstandes für diese drei verschiedenen Arten von Grundflächen werden durch folgende Zahlen ausgedrückt: 703 für das Parallelogramm, 806 für das Quadrat, und 917 für den Kreis.

Diese lezteren Versuche liefern noch folgende Bemerkungen

Die Hausteine fangen unter einer Last, zu bersten und zu springen an, welche ungefähr der Hälfte des Gewichtes gleich ist, bei dem sie ganz zerdrückt werden.

Die Steine welche mit einem geringerem, als dem zum Zerdrücken erforderlichen Gewichte belastet sind, endigen damit, dass sie bersten, wenn diese Last ihren Druck eine gewisse Zeit lang ausübt.

Aus dieser lezteren Beobachtung folgt, dass man die Stüzpunkte eines Gebäudes nie mehr als die Hälfte derjenigen Last tragen lassen soll, welcher ein Stein, der Erfahrung gemäss, zu widerstehen vermag.

Die gute Auswahl der Hausteine und die Anwendung einer Zurüstung in grossen Stücken tragen zur Dauer der Gebände bei. Die egyptischen die griechischen und römischen Denkmele beweisen, dass, um diese doppelte und wichtige Bedingung zu erfüllen, die Alten in dieser Hinsicht weder Kosten noch die Schwierigkeit der Ausführung scheuten. [93])

---

[93]) Eine beachtenswerthe Eigenschaft, deren Sganzin nicht erwähnt hat, ist die manchen Steinen in schwächerem und stäckerem Grade zukommende Biegsamkeit. Die Tabelle No. IV. . . und No. V. . . geben die von Tretgold hierüber angestellten Versuche: (Ausführlicher sind dieselben sammt dem dabei angewandten Apparate beschrieben in Dr. Dingler's *polytech. Journale*, IV. Bd. 1. Heft, dann in Accum.'s oben S. 3. angeführten Werke, I. Th. S. 275 und folg.).

Die Versuche, deren Resultate auf der Tabelle No. VI. dargestellt sind, wurden, ohne Bestimmung der Biegung, zur Erlangung von Daten gemacht, nach denen die Seitenstärke der Steine berechnet werden könnte. Zur Vergleichung der Resultate dieser Versuche wandte Tredgold unten stehende Formel an, worin w das, eine Biegung δ hervorbringende Gewicht; W das Gewicht, welches das Stück brach; N die Niederdrückung zur Zeit des Bruches; l die halbe Länge; b die Breite; d die Dicke ist:

$\frac{2 l^3 w}{b d^3 \delta}$ = dem Gewichte des Modulus der Elastisität, oder das Mass der elastischen Kraft;

Digitized by Google

Mit dem Namen **Bruchstein** bezeichnet man den Stein in kleinen Stücken, der gewöhnlich zur Aufführung vom Inneren des Gemäuers dient.

Man wendet ihn bisweilen auch zu den Häuptern solcher Mauern an, die in Beziehung auf Architektur von geringer Bedeutung sind.

Die meisten Beobachtungen, welche über die Hausteine, hinsichtlich des Widerstandes, in so weit dieser von ihre Dichtheit abhängt, gemacht worden sind, lassen sich auch auf die Bruchsteine anwenden.

Der Bruchstein wird gewöhnlich in solchen Brüchen gewonnen, aus welchen man die Hausteine bezieht; man bricht ihn auf den Bänken, die wenig Dicke haben.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Bruchsteines bestehen darin, dass er hart ist, ein gutes Lager hat und dem Froste widersteht.

Es giebt noch eine andere Art Bruchstein, welche das Mittel zwischen den Hausteinen und dem rauhen Bruchsteine hält, es ist dis der **zugerichtete Bruchstein**. Er wird rechtwinklich und auf gleiche Höhe zugerichtet: sein vorderes Haupt ist gespizt. Man wendet ihn zur Aufführung von Mauern an, deren Stirnflächen eine sorgfältigere Ausführung erheischen.

Die Laven, die Basalte, die Roll- oder Lesesteine werden gleichfalls wie Bruchsteine an solchen Orten verwendet, wo Sand- oder Kalksteine selten sind. Diese Stoffe, obgleich im Allgemeinen minder lagerhaft als die kalkigen Bruchsteine, geben indessen dennoch ein gutes Füllgemäuer.

Von den Ziegeln und vom Pisé.

Der Ziegel ist eine Art künstlichen, aus reinem oder gemengtem Thone bereiteten Steines.

$\frac{3\,d\,N}{2\,l^2}$ = der Ausdehnung zur Zeit des Bruches;

$\frac{l\,W}{b\,d^2}$ = der Cohäsionskraft des Materiales, den Widerstand gegen die Spannung jenem gegen den Druck als gleich vorausgesezt. Die Tafel No. VII giebt die Ordnung in welcher verschiedene Arten von Sandsteinen der Härte nach einander folgen.

Digitized by Google

Die ersten, von den Alten gefertigten Steine dieser Art waren gross geformte, an der Luft getrocknete und an der Sonne gehärtete Massen von Thon.

Zeit und Erfahrung lehrten allmälig die Steine zu formen; um ihnen mehr Konsistenz zu verschaffen, mengte man gehacktes Stroh unter den Thon; endlich gelangte man dahin, ihnen dadurch eine grosse Härte zu geben, dass man sie der Wirkung eines heftigen Feuers aussezte.

Die Anwendung getrockneter Ziegel bei Bauten reicht bis in das hohe Alterthum hinauf: man findet deren in den Ruinen des alten Babylon: egyptische Monumente, einige Reste einer Pyramide beweisen, dass die getrockneten Ziegeln in den heissen Klimaten häufig gebraucht wurden, und dort einen hohen Grad von Härte erreichten.

Vitruv sagt, dass die Griechen und Römer sie bei den meisten ihrer Gebäude angewendet haben, und zeigt die Art und Weise wie diese Steine gefertigt wurden.

Die besten wurden aus weissem, oder rothem, mit Sand gemengten Thone bereitet. Die geeignetsten Jahreszeiten zur Fertigung der getrockneten Ziegel sind der Frühling und der Herbst, weil während denselben die Austrocknung gleichmässig vonstatten geht. Die im Sommer gemachten Ziegel trocknen aussen zu schnell und es entstehen dadurch Sprünge, wenn die innere Feuchtigkeit, um heraustreten zu können, diese Umgebung durchbrechen muss. Man verbrauchte diese Steine gewöhnlich erst zwei Jahre nach ihrer Fertigung.

Heutzutage bedient man sich der getrockneten Ziegel nur selten; man wendet sie bei ländlichen Gebäuden und an solchen Orten an, wo das Brenn-Material selten ist. [94])

---

[94]) Der Lehm, aus welchem man Luftziegel bereitet, soll weder zu fett noch zu mager seyn; im ersteren Falle muss man ihn mit Sand versezen, im zweiten Falle werden die Luftziegel nicht haltbar genug.

Als Bindemittel wendet man beim Lehmstein-Gemäuer am zweckmässigsten denselben Lehm an, aus welchem die Steine gefertigt sind; er darf im Allgemeinen gleichfalls weder zu fett noch zu mager seyn. — der Wassergehalt des, statt Mörtel angewendeten Lehms, ist zur Verbindung desselben mit Luftziegeln hinreichend, leztere werden daher ohne Annezen nur in den weichen Lehm eingedrückt. (Man vergleiche u. a. Accum a. a. O. II. Thl. S. 72 u. f.).

Digitized by Google

Der Pisé ist eine Bauart, die mit Erde ausgeführt wird; sie stimmt mit jenen aus getrockneten Ziegeln überein, nur ist sie viel einfacher und wohlfeiler.

Sie wird in verschiedenen Gegenden zur Aufführung ländlicher Wohnungen, Scheunen u. s. w. mit Erfolg angewendet und eignet sich mehr für südliche, als für nördliche Gegenden.

Die Fertigung des Pisè erfordert eine etwas kiesige Dammerde; im Allgemeinen sind die vegetabilischen Erden zu dieser Bauart geeignet.

Die Erde zur Fertigung des Pisé muss durch eine Hürde gesiebt seyn: gemeinlich reicht die natürliche Feuchtigkeit hin, sie so wie sie gegraben wird, verwenden zu können; ist sie zu trocken, so feuchtet man sie ein wenig und vollkommen gleichmässig so an, dass sie sich in der Hand ballen lässt.

Die Mauern werden theilweise und in Kästen aufgeführt, deren Wände aus Rahmen und Dielen bestehen. In diese Kästen schüttet man die Erde, in 3 bis 4 Zoll dicken Lagen, und stampft sie mittels Rammen, bis die Lagen nur mehr die Hälfte ihrer ursprünglichen Dicke haben. Der Rahmen hat gewöhnlich eine Länge von zehn Fuss, ist drei Fuss hoch und für die Mauer einer gewöhnlichen Wohnung 20 Zoll weit. Die einzelnen, eine Mauer bildenden Pisé-Blöcke erhalten demnach obige Abmessungen. Wenn ein Block vollendet ist, nimmt man den Rahmen ab, und schreitet zur Fertigung des nächstfolgenden, indem man den Flächen an den Stossfugen der Blöcke einen Winkel von 60 Grade giebt, damit sie sich unter einander verbinden. Diese Neigungen der aufwärts gehenden Fugen müssen nach der entgegen gesezten Richtung gehen, wenn man nach Vollendung einer unteren Blockschichte, die obere, welche jene deckt, herstellt.

Die Thür- und Fenstergewende, die Sokel, die Stürze werden aus natürlichen oder gebrannten Steinen gefertigt.

Bevor man, wie es gebräuchlich ist, die Mauern mit Kalk verpuzt, was zu ihrer Solidität beiträgt, muss man wenigstens sechs Monate vorüber gehen lassen, damit sie völlig trocken sind.

Durch vorstehende Details wird diese Bauart blos angezeigt; in den Werken des Herrn Cointeraux, Professor der ländlichen Baukunst, findet man alles, was nöthig ist, um sich eines

Digitized by Google

vollständigen Erfolges bei dieser wohlfeilen Bauart zu versichern. [95])

Gebrannte Steine (Backsteine, Ziegel) sind solche Steine, welche dadurch, dass sie lange der Wirkung eines heftigen Feuers ausgesezt waren, einen beträchtlichen Grad von Härte erlangt haben.

Die Römer haben diese Art Steine bei dem grössten Theile ihrer Bauten angewendet; die Mauern des Pantheon des Agrippa sind damit aufgeführt.

Es gab deren zwei Arten, die einen waren viereckig, die anderen dreieckig.

Die dreieckigen Steine wurden zu den Mauerhäuptern gebraucht und der parrallelogrammförmige Raum zwischen diesen Steinen, von denen zwei, in den Häuptern einander gegenüber liegend, die Mauerdicke bildeten, war mit Füllmasse angefüllt.

Unsere neueren Backsteine weichen von jenen der Römer in Form und Grösse ab. Sie sind rechtwinklich und haben gewöhnlich die doppelte Breite zur Länge. Ihre Dicke beträgt die Hälfte ihrer Breite.

Die kleinsten sind 8 — 9 Zoll lang. Sie dienen zur Aufführung der Kaminröhren. Die grossen, der Länge nach auf ihre breite Seite gelegt, welche zur Aufführung von Scheidewänden und leichten Gewölben dienen, sind bei 18 bis 22 Linien dick, und 11 bis 13 Zoll lang.

Die Backsteine werden wie die getrockneten Steine aus mehr oder minder mit Sand gemengtem Thone bereitet. [96]) Man knetet dis Gemenge sorgfältig zu einem zähen Teige durch, und

---

[95]) Ebenso gewährt des Hrn. Prof. Seebach Schrift „*der Pisébau*“ über diesen Gegenstand die vollständigste Belehrung.

[96]) Damit der Thon zur Bereitung der Ziegel tauge, muss er frei von Wurzelwerk und andern organischen Stoffen seyn, wesshalb man ihn am besten 3 bis 4 Fuss unter der Erdoberfläche ausgräbt, er muss ferner angefeuchtet kleben, dem Handdrucke ohne Reissen weichen, sich fest zusammen ballen und schwer aus den Händen bringen lassen. —

Sehr bildsamer oder allzufetter Thon giebt Steine, welche beim Trocknen und Brennen reissen und bersten, schwer aus der Form gehe, sich beim

Digitized by Google

fertigt die Steine in Modeln. Wenn sie im Schatten unter Schoppen oder, durch Strohmatten gegen die Sonne geschüzt, in freier Luft völlig ausgetrocknet sind, werden sie in einem besonders dazu eingerichteten Ofen bis auf den erforderlichen Grad gebrannt.

Die Natur liefert fast allenthalben den zur Fertigung der Backsteine geeigneten Thon; da, wo er nicht zähe und bindend genug ist, hilft man durch Kunst nach, indem man die Erde durch verschiedene Beimengungen von Sand oder reinem Thon auf den entsprechenden Grad von Zähigkeit bringt. Erfahrung und Versuche bestimmen die Menge-Verhältnisse dieser Mischungen.

Um die Zubereitung der Erde zu erleichtern und sie zur Fertigung der Backsteine tauglich zu machen, muss der Thon

---

Brennen krumm ziehen und stark schwinden, demnach gebrannt ungleich gross sind und an deren, wenn sie sehr stark gebrannt sind, zu glatter Oberfläche der Mörtel nicht gut hält. —

Das Schwinden kann im Allgemeinen beim fetten Thon zu $^1/_3$, beim mageren zu $^1/_4$ des körperlichen Inhaltes des gebrannten Steines angenommen werden. Ein mit etwas Eisenoxyd gemengter Thon liefert sehr harte, feste, dichte, durch das Brennen roth gefärbte, hell klingende Backsteine, indem durch das Oxyd eine innigere Verbindung der Kiesel- und Thonerde begünstigt wird.

Ein stark mit kohlensauerem Kalke und mit Kalkmergel gemengter Thon wird leichter im Feuer schmelzbar, ist desshalb untauglich; die daraus gebrannten Steine werden löcherig, bersten und blättern sich ab. Ein dem Thone in sehr feinen Theilen beigemengter Kalk ist demselben minder nachtheilig, besonders wenn die Steine so stark gebrannt werden, dass sie anfangen zusammen zu sintern. —

Kalknieren und Kalkstein-Trümmer, die mancher Thon enthält, verwandeln sich beim Brennen in Aezkalk; dieser löscht sich später, wenn die Steine feucht werden, und bewirkt ihr Zerreissen.

Dem Thone beigemengter Schwefelkies, der durch das Brennen nur geröstet wird, und später verwittert, erzeugt Salzbeschlag und feuchte Mauern und trägt zur Zerstörung der Steine bei. — Die Qualität des dem Ziegelthone zugesezten Sandes wirkt auf die Güte der Steine ein; ist er zu grobkörnig, so werden die Steine zu schwer, mürbe und zerbrechlich.

Die Menge des dem Thone beigemengten Sandes soll im Allgemeinen grösser seyn, als das Volumen des durch das Brennen Statt findenden Schwindens des Thones. Der sehr bildsame Thon, welcher mit der Schaufel umgestochen, eine glatte Fläche zeigt, verträgt einen Zusaz von Sand von 20 bis 25 Prozent. (Man vergl. Accum a. a. O. II. B. d. S. 40 u. f., ferner, Klöden: *Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine u. s. w.*; in Crelle's *Journal für die Bauhunst*: IV. Bd. 2tes Hft. S. 201 u. f.)

Digitized by Google

im November gegraben, den Winter hindurch der Luft ausgesezt und erst im darauf folgenden Frühling verwendet werden. Die Fröste und der Regen im Winter bewirken, dass die Erde sich leicht durcharbeiten lässt. Man muss grosse Sorgfalt auf die Reinigung der Erde von allen häufig darin vorkommenden steinigen und kiesigen Theilen wenden; denn diese Stoffe bringen bisweilen den Thon zum Flusse, was eine Veränderung der Form der Steine, während sie gebrannt werden, bewirkt.

Die mit Sorgfalt und zu wiederholten Malen durchgearbeitete Erde trägt besonders zur Dichtigkeit und folglich zur Güte der Backsteine bei. Der Unterschied der Dichtigkeit zwischen zwei getrockneten Backsteinen, von denen der eine sorgfältig, der andere auf gewöhnliche Weise durchgearbeitet ist, steht im Verhältnisse wie 86 zu 82.

Von diesen zwei zum Versuch gebrauchten Steinen, die beide auf gleiche Weise und unter denselben Umständen an der Luft getrocknet und einem gleichen Hizgrade ausgesezt worden waren, wog der erstere 4 Unzen mehr als der gewöhnliche Backstein; beide hatten durch das Brennen 5 Unzen ihres Gewichtes verloren.

Nachdem man die Steine, während jeder in seiner Mitte auf einem Schneideisen ruhte, einer auf den beiden Enden der Steine wirkenden Kraft ausgesezt hatte, brach der aus wohl durchgearbeiteter Erde gefertigte Stein erst unter einem Gewichte von 65 Pfund, während der gemeine Stein nur 35 Pfund trug. Dis kömmt einem Gewichte von 130 Pfund für den ersten und 70 Pfund für den zweiten Backstein gleich, wenn man sie als in der Mitte belastet annimmt.

Der Widerstand der Backsteine ist demnach von ihrer Dichtheit bedingt. Dis Resultat ist demjenigen ähnlich, welches wir bei dem Widerstande natürlicher Steine von einerlei Gattung beobachtet haben.

Was den Widerstand anbelangt, den ein Backstein zweien Kräften entgegen sezt, welche ihn in der Mitte zu brechen streben, so hängt derselbe nicht blos von der Sorgfalt, welche auf die Fertigung der Steine gewendet worden, sondern auch von der Beschaffenheit der Erde ab; in der That, die Backsteine von Maubeuge, sorgfältig, aber nach Ortsgebrauch gefertigt, haben, indem sie den Proben unterworfen wurden, einen weit stärkeren Druck ausgehalten als die des vorher erwähnten Ver

Digitized by Google

suches: sie trugen auf ihre Mitte 440 Pfund, das heisst, mehr als das dreifache von derjenigen Last, unter welcher der aus einem, der Erde von Moubeuge an Qualität nachstehenden aber mit besonderer Sorgfalt durchgearbeiteten Thone gefertigt waren.

Man kann die Backsteine noch vervollkommnen und ihre Dichtigkeit bedeutend erhöhen, wenn man die getrockneten Steine unter eine Presse bringt. Die Verfahren wird, nach Hr. Gallon, dem Verfasser mehrerer Schriften über die Fertigung der Backsteine, in den Ziegeleien von Chaumont beobachtet, und ist demjenigen nachgeahmt, welches in England Statt findet, wo man eine Art leichter und doch sehr dauerhafter Fajence mittels eines Hebels presst.

Die zur Verdünnung der Erde nöthige Wassermenge hängt von der Gattung des zu verwendenden Thones ab; nur die Erfahrung allein kann jene bestimmen: im Allgemeinen darf sie nicht mehr als die Hälfte des kubischen Innhaltes des Thones betragen.

Die Sorgfalt, welche man auf das Brennen der Backsteine verwendet, tärgt gleichfalls zur Güte dieser Gattung Materialien bei.

Zum Brennen werden verschiedene Arten Brennstoff, als Holz, Steinkohlen und Torf, angewendet. Jede Art von Brennmaterialien erfordert einen besonders gestalteten Ofen.

Die mit Holz geheizten Ziegelöfen sind zweierlei Art: grosse und kleine. In beiden werden die Steine und das Brennmaterial auf gleiche Weise eingesezt; sie unterscheiden sich blos durch die verschiedene Menge Steine die sie zu fassen vermögen. Die grossen Öfen fassen 100000 die kleinen 25000 Stück.

In einigen Orten Frankreichs und ebenso in Schweden beschränkt man sich darauf, statt bleibender, aus Backsteinen aufgeführten Öfen, diese, wie die Gewölbe des Heerdes worauf das Brennmaterial gelegt wird, aus getrockneten Steinen herzustellen.

Auf welche Weise aber die Öfen auch konstruirt seyn mögen, die Backsteine werden darin so geordnet, dass man sie der Breite nach auf ihre lange Seite, nemlich in der Art legt, dass die erste Lage die Zungen des Feuerheerdes überkreuzt; die zweite Lage überkreuzt dann die erste und so fort, wobei immer ein Raum zwischen den Steinen gelassen wird. Die lezte Lage wird mit einer 4 Zoll dicken Thonschichte überdeckt, um

Digitized by Google

die Wärme zusammen zu halten und sie mittels in jener angebrachter Öffnungen nach Belieben zu leiten.

Die Leitung des Feuers erheischt Erfahrung; man beginnt mit einem mässigen Feuer, das 24 Stunden lang andauert. Sodann erhöht man es, und erhält es während 36 Stunden auf diesem Grade. Nach den ersten 60 Stunden Feuerung steigert man dasselbe, bis es den höchsten Grad von Intensität erreicht hat, den man dann möglichst gleichförmig bis zum Garbrennen der Steine fortdauern lässt. Hierauf lässt man den Ofen erkalten, was 5 bis sechs Wochen Zeit erfordert, ehe man die Steine austragen kann.

Bei der Anwendung von Steinkohlen brennt man die Steine in freier Luft; der Bau des Ofens und seine Besezung mit getrockneten Steinen geschieht gleichzeitig. Zuerst bringt man eine Lage Steinkohlen auf die Heerdplatte, die man mit drei oder vier Lagen Steinen überdeckt; dann folgt wieder eine Lage Steinkohlen, und so fort bis zur Höhe von 20 Fuss.

In Holland werden die Steine mit Torf gebrannt. Die Öfen werden unter weiten Schoppen, auf die in Belgien übliche Art, erbaut. Das Brennmaterial wird auf den Heerd gelegt, der die ganze Grundfläche des Ofens einnimmt.

Von welcher Art aber auch die Öfen und das Brennmaterial seyn mögen, deren man sich zum Brennen der Steine bedient, niemals erhält die ganze Masse eines Brandes den gleichen Hizgrad, und es werden demnach Steine von verschiedener Qualität gewonnen. Man wendet diese zu verschiedenen Bauten an, für die sie in Hinsicht ihrer Härte mehr oder minder tauglich sind.

Die Güte eines Backsteines erkennt man daran, dass er angeschlagen einen hellen Klang giebt, dass das Korn fein und im Bruche dicht ist; endlich dass er dem Froste und den Einwirkungen der Jahreszeiten widersteht ohne dabei zu leiden. [97])

---

[97]) Ein guter, ins Wasser gelegter Backstein saugt etwa $^1/_{16}$ seines Gewichtes an Wasser ein, er darf aber, wenn er 24 Stunden darin gelegen, sich nicht abblätern, bröckeln oder zerspringen. Er darf keine groben Steine, am wenigsten aber Kalktheile enthalten; wird er zerhauen, so darf er sich nicht bröckeln, sondern muss scharf brechen. Endlich müssen, zur Erlangung eines guten Verbandes alle zu einem Gemäuer zu verwendenden Steine völlig gleiche Grösse haben.

Digitized by Google

Gut ausgesuchte Backsteine sind bei den meisten Bauwerken trefflich zu brauchen. Sie ersezen mit Vortheil die Bruchsteine, und selbst die Hausteine, wenn diese selten sind. Man bedient sich derselben zum Bau leichter Gewölbe: zu gewissen Bauten sind sie nothwendig, wie zu den Röhren und Zungen der Kamine, zu den Öfen und Heerden die einen hohen Hizgrad aushalten müssen. [98])

Die meisten Schleusen und Wasserbauwerke Hollands sind grossen Theils in Backsteingemäuer ausgeführt. Diese Art Mauerwerk eignet sich vortrefflich zu Wasserbauten und die damit aufgeführten Werke lassen, welche sie mit der Sorgfalt und Vorsicht hergestellt werden, welche man in Holland darauf verwendet, sowohl was ihre Solidität als ihre schöne Ausführung betrifft, nichts zu wünschen übrig.

Wir wollen diesen Abschnitt über die gebrannten Steine mit einigen Nachrichten über eine besondere Gattung derselben schliessen, die man schwimmende Steine nennt, und die vermöge ihrer Leichtigkeit wirklich die Eigenschaft besizen, sich über dem Wasser zu erhalten.

Es scheint, dass die Alten diese Art Backsteine gekannt haben; man fertigte dergleichen im Mittelalter und es wird behauptet, dass man sich solcher zum Bau der Kuppel auf der Sophieen-Kirche zu Constantinopel bedient habe.

Der berühmte Naturforscher Fabroni, Direktor des Museum zu Florenz, hat es versucht, leichte Backsteine aus einer Mineralsubstanz zu fertigen, die unter den Namen Steinmark oder Bergmehl bekannt ist. Diese Erdart kömmt im Toskanischen sehr häufig vor: sie besteht in hundert Theilen aus: Kieselerde 55,0 + Talk 15,0 + Thon 12,0 + Kalk 3,0 + Eisen 1,0 + Wasser 14,0 = 100.

---

[98]) Zu den leztgenannten Gegenständen, dann zur Ausmauerung von Fachwänden taugen auch die minder guten Backsteine, zu solchen Bauten aber, die der Witterung stark ausgesezt, oder stark belastet sind, oder einem Drucke widerstehen müssen, können nur festgebrannte Steine, als die besten verwendet werden.

Die ausserordentlich festen, meist etwas krummen, sehr dichten und harten, theilweise verglasten Backsteine dienen zur Aufführung von Wasserbauwerken und auch zum Pflaster.

Im Allgemeinen steht dem aus guten Backsteinen mit Sorgfalt ausgeführten Mauerwerke eine sehr hohe Festigkeit und Dauer zu.

Digitized by Google

Wenn man diesen Stoff anfeuchtet, entbindet sich ein leichter weisser Rauch aus demselben: diese Erde brausst mit Säuern nicht auf; durch das heftigste Feuer unschmelzbar, verliert sie durch dasselbe $\frac{1}{8}$ ihres Gewichtes, ohne ihren Rauminhalt merklich zu verringern.

Die Backsteine, welche Fabroni aus diesem Stoffe gefertigt, haben ein geringeres spezifisches Gewicht, als das Wasser. Sie binden sehr gut mit dem verschiedenen Mörteln: weder der Frost, noch die stärkste Hize bringen an ihnen eine Veränderung hervor.

Diese erdige Substanz ist zerreiblich; um die Schwierigkeit der Fabrikation zu vermindern, und dem Stoffe die nöthige Dehnbarkeit zu geben, mengte Fabroni denselben mit etwa $\frac{1}{3}$ Thon. Dieser Zusaz eines Stoffes, der schwerer als das Wasser ist, muss so beschaffen seyn, dass er den Steinen nicht die Eigenschaft nimmt, in dieser Flüssigkeit zu schwimmen.

Einer dieser Backsteine von 0,19^m (0,65′) Länge, 0,12^m (0,41′) Breite und 0,045^m (0,15) Dicke, wog nicht mehr als 0,13 Kil. (0,25 Pfund). Die gemeinen toskanischen Backsteine von gleichen Abmessungen wiegen 2,53 Kil. (4,5 Pfund).

Die grosse Leichtigkeit dieser Steine, ihre Unschmelzbarkeit im stärksten Feuer machen sie ganz vorzüglich zum Bau von Brennöfen geeignet. Sie sind so schlechte Wärmeleiter, dass man das eine Ende eines solchen Steines zwischen den Fingern halten kann, während das andere roth glüht. Man kann daraus pyrometrische Steine zum gewöhnlichen Gebrauch fertigen, die minder kostbar als die von Wedgewood sind. [99]).

Diese Art Steine würde mit vielen Nuzen zum Bau der Küchen auf Schiffen anzuwenden seyn: ebenso könnte man daraus die Magazine für Öl, Talg, Erdpech und andere brennbare Stoffe in den See-Arsenalen herstellen.

Der verstorbene Faujas, Professor am Museum der Naturgeschichte zu Paris, fand im Departement Ardeche eine Substanz, ähnlich derjenigen, woraus Fabroni seine leichten Backsteine gefertigt hat: er stellte damit verschiedene Versuche an,

---

[99]) Bisweilen versezt man die Ziegelmasse mit Torfgruss, Sägespänen oder mit anderen vegetabilischen Stoffen, die beim Brennen zerstört werden und erhält so leichtere, indessen aber doch sehr feste Backsteine.

Digitized by Google

welche zu demselben Resultate wie die in Toskana gemachten, lieferten.

Hr. Faujas wünschte durch einen genauen und entscheidenden Versuch den grossen Nuzen dieser Steine für das Mauerwerk auf Schiffen darzuthun, und liess deshalb mit den von ihm gefertigten Backsteinen in einem alten Fahrzeuge ein gewölbtes Gemach aufführen; dieses füllte er mit Schiesspulver an und nachdem er dasselbe mit Brennmaterialien umgeben und bedeckt hatte, liess er das Fahrzeug in Brand stecken; es brannte bis auf die Tracht gänzlich ab, sank unter, und das Pulver, geschüzt durch das Mauerwerk jener Steine, machte keine Explosion.

Es wäre zu wünschen, dass man von einer so kostbaren Entdeckung für das Seewesen Nuzen ziehe. —

Digitized by Google

VI. Vorlesung.

Von den zur Mörtel-Bereitung dienenden Materialien. — Vom Kalke; — vom Sande; — vom Cement; — von der Puzzolane; — vom Basalte; — vom Bimssteine; — von der Asche von Tournay. — Vom Gypse.

Vom Kalke.

Unter allen Materialien, welche zur Bereitung der verschiedenen Arten von Mörtel in Anwendung kommen, ist der Kalk das wichtigste; er wird durch das Brennen der kalkigen Steine gewonnen. [100])

Das Brennen der Kalksteine geschieht entweder in einem offenen oder in einem geschlossenen Ofen, indem man den Brennstoff entweder zu unterst oder schichtenweise mit dem Steine einsezt. Es hängt dis von der Gattung des Brennmateriales ab, das entweder Holz oder Steinkohle ist.

In der Praxis weiss man, dass der Kalk völlig gar gebrannt ist, wenn sich über dem Ofen ein lebhafter Feuerkegel ohne Rauch erhebt; untersucht man die Steine, so findet man, dass sie die Farbe geändert und einen weisslichten Ton angenommen haben, indem sie zugleich etwa die Hälfte ihres Gewichtes verloren; diese praktischen Kennzeichen hängen aber, mit Ausnahme

---

[100]) Nachdem bereits im Voranstehenden (Seite 14 bis 17, dann Seite 50 bis 51 und Seite 56 bis 70) von den verschiedenen Arten des Kalkes, von, ihren physischen und chemischen Eigenschaften, so wie von der Anwendung welche sie bei dem Bauen finden, das Nöthige gesagt worden, bleibt aus dieser, wie aus der nachfolgenden Vorlesung billig alles das hinweg, was im Originale hierüber enthalten ist. Ebenso wurde alles, was nur für Frankreich von Interesse seyn kann, hinweggelassen oder nur in Noten kurz berührt.

Digitized by Google

des zuerst genannten, welches als Regel feststeht, offenbar von der Qualität der dem Brennen ausgesezten Steine ab. Nach den Untersuchungen, welche man über die beste einem Ofen zu gebende Form angestellt hat, damit die Steine in möglichst kurzer Zeit und mit dem wenigsten Brennmateriale gar gebrannt werden, hat man gefunden, dass ein Ofen mit kreisrunder Grundfläche, dessen vertikaler Durchschnitt eine Elipsoide darstellt, hiezu der vortheilhafteste ist. Die Untersuchung und Erörterung dieser Frage sind im 9ten Bande des Journal des Mines, S. 105 enthalten. [101])

Der lebendige Kalk, der die Feuchtigkeit aus der Luft stark anzieht, und der, indem er zerfällt, sein Volumen vermehrt, besizt die Eigenschaft, mit dem Sande, mit dem Cemente und ei-

---

[101]) Das Brennen des Kalkes in eigens hiezu erbauten Öfen findet dort Statt, wo es im Grossen betrieben wird, und ist zugleich das vortheilhafteste; nicht selten aber bedient man sich der sogenannten Meiler, der Feldöfen, oder brennt den Kalk in Gruben, die meist am Abhange eines Hügels ausgegraben werden. Sehr häufig wird der Kalk in Ziegelöfen mit Ziegelsteinen zugleich eingesezt und gebrannt, indem er darin die unteren Räume des Ofens füllt. Eine ausführliche Beschreibung der Kalk- und Ziegelöfen findet man u. a. in des Hrn. Ingenieur Wolfram *Handbuch für Baumeister*, 1r. Thl., §§. 177 mit 183 und §§. 204 mit 210, 2. Aufl. Rudolstadt 1821.

Um den Kalk gar zu brennen werden gewöhnlich 36 bis 46 Stunden Zeit erfordert.

Die auf manchen Ziegeleien herrschen sollende Meinung, dass ein Kalk, der, bevor er gar gebrannt worden, aus dem Ofen gefallen und erkaltet ist, auch durch das stärkste und anhaltendste Feuer sich nicht mehr gar brennen lasse, hält Hr. Hofrath Fuchs (man sehe dessen oben auf Seite 3 angeführte Schrift *über Kalk und Mörtel*, S. 310), gestüzt auf desshalb eigens angestellte Versuche, für völlig ungegründet, indem er wahrnahm, dass ein nicht völlig gar gebrannter, einem zweiten starken und anhaltenden Feuer ausgezter Kalk jederzeit seines ganzen Gehaltes an Kohlensäure beraubt wurde, er mochte davon vorher viel oder wenig verloren haben. Andere, von Hrn. Fuchs angestellte Versuche haben gezeigt, dass, nicht nur aus dem Kalksteine sondern auch aus dem Aezkalke durch ein schwaches aber lange fortgeseztes Brennen sich ein basisches Kalk-Carbonat oder halb-kohlensauerer Kalk darstellen lasse, indem der rohe Kalk nur einen Theil seines Kohlensäure-Gehaltes verliert, der Aezkalk aber unter gleichen Umständen zwischen roth glühenden Kohlen eben so viel Kohlensäure in sich aufnimmt, als dem rohen Kalke an solcher entzogen wird. Hr. Fuchs hält dafür, dass der sogenannte todtgebrannte Kalk, meist nichts anderes als solcher halbgebrannter Kalk sey, der sich im Wasser nicht mehr löscht.

Digitized by Google

nigen anderen Stoffen, die man zur Mörtelbereitung anwendet, sich fest zu verbinden. Die Mengung geschieht mittels Wasser.

Unter den verschiedenen Gemengen bemerkt man, dass der Kalk eine grössere Adhärenz zur Kiesel- als zur Thonerde habe.

Wenn man den lebendigen Kalk mit Wasser anmacht, vereint und bindet sich diese Flüssigkeit mit ihm, und geht in den Zustand der Festigkeit über; diese Erscheinung rührt von dem Wärmestoffe her, der sich während jenes Verfahrens entwickelt. Die neueren Chemiker messen die Härte des Mörtels dem Festwerden des Wassers bei.

Die härtesten Kalksteine liefern den besten Kalk; aber nicht alle harten Kalksteine liefern einen solchen Mörtel. Man erhält grösstentheils den sogenannten fetten Kalk, der magere Kalk ist seltener. [102])

---

[102]) Der Text des Originales verbreitet sich hier, nachdem noch des sogenannten fetten und mageren Kalkes Erwähnung geschehen, über einige ältere Untersuchungen des lezteren, von denen nachstehendes mitzutheilen genügen dürfte.

Nach Bergmann's und nach Guyton de Morveau's Untersuchungen des Steines von Lena (in Schweden), der einen sehr fest werdenden Mörtel liefert, enthält dieser Stein: Kalk 90 + Bittererde 6 + Thon 4 = 100.

Guyton de Morveau, dessen Abhandlung über den Mörtel sich in den franz. *Annalen der Chemie* vom Jahre IX findet, hat in jedem von ihm untersuchten mageren Kalke Manganoxyd angetroffen. — Zur Bereitung eines künstlichen mageren Kalkes schlägt derselbe ein Gemenge von 90 Theilen gemeinen gepulverten Kalksteines, 4 Theilen Thon und 6 Theilen schwarzen Manganoxydes, — oder, an des lezteren Stelle, Weisseisenerzes, — vor, welches Gemenge, gebrannt, einen trefflichen künstlichen, mageren Kalk liefern soll.

Der in der Umgegend von Metz vorkommende, seiner ausgezeichneten Härte wegen berühmte, magere Kalk enthält, nach der an der polytechnischen Schule zu Paris im Jahre V damit angestellten Analyse zufolge: Kohlensäure 39,00 + Kalk 44,50 + Kieselerde 5,25 + Thonerde 1,25 + Bitterde 3,50 + Eisenoxyd 3,20 + Wasser 2,25 + Verlust 1,05 = 100,00.

Der Stein von Senonches (Departement d'Eure- et Loire), welcher den Kalk zu Wasserbauten liefert und in Paris häufig verwendet wird, enthält nach Descotil's Analyse eine grosse Menge Kieselerde, — ungefähr den vierten Theil seines Rauminhaltes, — die in sehr feinen Theilchen in der Kalkmasse des Gesteines enthalten ist.

In einer Note zur dritten Vorlesung des Originales dieses Werkes, — welche vom Kalke handelt, und einen Theil dieser sechsten Vorlesung ausmacht, — bemerkt der Verfasser Folgendes:

Digitized by Google

Vom Sande.

Die Naturforscher haben die Sandgattungen nach ihren wesentlichen Bestandtheilen klassificirt: es giebt kiesigen, kalkigen und thonigen Sand; man unterscheidet noch den metallischen Sand.

In der Baukunst betrachtet man den Sand in zwei anderen, von seinen wesentlichen Bestandtheilen unabhängigen Beziehungen; nemlich hinsichtlich der Grösse der Theile woraus er besteht, und hinsichtlich des Fundortes.

Man nennt daher Kiessand den aus grossen, kantigen und unregelmässigen Theilen bestehenden Sand; Sand schlechthin denjenigen, dessen Theile mehr zerkleint und regelmässiger sind; Gries jenen, der die feinsten Theile hat. Man unterscheidet ferner Gruben- und Fluss- oder Meersand.

„Das so eben Mitgetheilte ist das Resultat der Kenntniss des Kalkes zu der Zeit, als diese Vorlesungen bekannt gemacht wurden; seitdem erschien aber, im Jahre 1818, ein Werk über die bei dem Bauen in Anwendung kommenden Kalkarten, über den Beton und über den gemeinen Mörtel, in welchem der Verfasser, Hr. Vicat, Ingenieur bei dem königl. Korps des Brücken- und Strassen-Baues, nach der strengsten chemischen Theorie und nach ihrer Anwendung auf sehr vielfältige Versuche, die Mittel entdeckt hat, alle kalkhaltigen Stoffe, von welcher Gattung sie auch seyn mögen, in mageren Kalk, den man hydraulischen nennt, umzuwandeln."

„Das Verfahren, welches der Verfasser zu diesem Behufe anwendet, ist eine wahre Synthese, die auf eine innige Weise mittels des Feuers die wesentlichen Bestandtheile vereinigt, welche die Analyse bei den natürlichen hydraulischen Kalkarten ausscheidet."

„Da diese Umwandelung eine sehr wichtige Entdeckung für die Verbesserung des Mauerwerkes ist, so geschieht es im Interesse der Kunst, wenn man die von dem Verfasser angegebenen vorzüglichsten Mittel hier bezeichnet."

„Das Verfahren besteht darin, den gemeinen Kalk, den man umwandeln will, in einer gedeckten Pfanne zu löschen. Man knetet ihn dann, unter Hinzugiessen von etwas Wasser, mit grauem oder braunem Thone oder mit gewöhnlichem Ziegelmehl zusammen. Aus diesem Teige macht man Kugeln, die man trocknen lässt, um sie dann bis zu dem erforderlichen Grade zu brennen und erhält aus diesem Gemenge einen Kalk von einer ganz anderen Beschaffenheit als die des gemeinen Kalkes ist."

„Wenn man das Mengungs-Verhältniss einmal kennt, so kann man diesem künstlichen Kalke den Grad von Stärke geben, den man wünscht, und der selbst dem besten natürlichen hydraulischen Kalke gleich kommt, ja ihn sogar übertrifft."

Digitized by Google

Vitruv und nach ihm die italienischen Schriftsteller, welche über die Konstruktion geschrieben haben, behaupten, dass der Grubensand, mit Kalk gemengt, den besseren Mörtel gebe: die Neueren, unter welche man Belidor zählt, sind der Meinung, dass der Flusssand vorzuziehen sey. Diese lezte Meinung ist die allgemein herrschende; sie widerspricht jedoch den später von Rondelet angestellten Versuchen.

Dieser gewandte Baumeister, Verfasser des Werkes: L'art de batir, dessen Eifer für die Untersuchungen, welche die Vervollkommnung der Kunst zu Bauen zum Gegenstand haben, nicht genug gerühmt werden kann, hat Versuche angestellt, um diese Meinungsverschiedenheit über die beste Gattung Sandes zu beseitigen, und diejenige zu bestimmen, welche den Vorzug verdient.

Aus diesen Versuchen geht hervor:

Itens, dass der reine kieseligte Sand einen minder harten Mörtel als der weniger reine Sand giebt, wenn beide in gleicher Quantität mit einer und derselben Gattung Kalk gemengt werden, und dass dieser Mörtel nur langsam austrocknet;

„Der fette Kalk, *den der Verfasser gemeinen Kalk nennt*, kann 20 pCt. *Thonerde vertragen. Zu dem* Kalke, der die Mitte zwischen dem fetten und *mageren hält*, können 0,15 bis 0,06 pCt. Thonerde verwendet werden. Verwendet man den Zuschlag auf 0,04 so zerfällt der Kalk nicht; er wird leicht zu Pulver und giebt gelöscht einen Brei, welcher schnell steif wird, wenn er eingesumpft ist.“

„Eine wesentliche Beobachtung, welche der Verfasser gemacht hat, ist die, dass die abgesondert gebrannte Thonerde, in den oben angegebenen Verhältnissen dem Kalke beigemengt, nicht die nemlichen Resultate giebt, als wenn die Mengung vor dem Brennen geschehen ist; hieraus schliesst der Verfasser, dass die Grundstoffe, aus denen das Gemenge besteht, einander wechselseitig modificiren.“

„Der Kubikmeter künstlichen hydraulischen Kalkes, unter den Augen des Verfassers zu Souillac, im Departement Lot, nach den oben angegebenen Mengungen und Verfahren gefertigt, kostete 35 Francs.“

„Man muss in dem Werke des Hrn. Vicat, welchem die Akademie der Wissenschaften und das General-Konseil des Brücken- und Strassen-Baues ihren Beifall zollten, diese neue Theorie über die Bereitung hydraulischer Mörtel studieren und die Beobachtungen zu schäzen wissen, zu welchen die zahlreichen, von dem Verfasser zur Untersuchung seiner Theorie angestellten Versuche Raum gegeben haben.“

Im Vorausstehenden handelt es sich von der Bereitung eines künstlichen hydraulischen Kalkes. So wichtig die indessen für jene Gegenden ist, in wel-

Digitized by Google

2tens, dass der Grubensand einen besseren, härteren und schneller austrocknenden Mörtel giebt als der Flusssand;

3tens, dass unter den verschiedenen Gattungen Sand, die von dunklerer Farbe im Allgemeinen einen besseren Mörtel liefern.

4tens, dass der frisch geförderte, und auf der Stelle so wie ihn die Grube liefert angewendete Sand, einen besseren Mörtel giebt, als der mit demselben Sande bereitete Mörtel, wenn ersterer geschlemmt und an der Sonne getrocknet worden ist;

5tens, dass der mit sehr feinem Griese bereitete Mörtel nicht dieselbe Härte erlangt, als der aus Sand, dessen Körner von mittlerer Grösse sind;

---

chen man bis jezt keinen natürlichen hydraulischen Kalk gefunden, so wird doch der Kreis seiner Anwendung sich immer mehr beschränken. Die immer weiter sich verbreitende Erkenntniss der trefflichen Eigenschaften, welche der hydraulische Kalk besizt, und durch welche er den gemeinen, fetten Kalk weit übertrifft, vereint mit dem Wunsche, dis vorzügliche Bindemittel auf die wohlfeilste Weise zu gewinnen, fordern zu eifriger Nachforschung auf und dieser ist es bereits gelungen, an solchen Orten, wo man das Vorhandenseyn dieses Stoffes kaum geahndet, ja ihn selbst, als zu baulicher Verwendung untauglich, verworfen, in reichen Vorräthen und von vorzüglicher Güte aufzufinden. (Man sehe u. a. des Hrn: Ingenieur F. Panzer interessante Schrift: *Anleitung über die Bereitung des Mörtels aus hydraulischem Kalke, in Beziehung auf die Auffindung des vorzüglich hierzu sich eignenden Mergels*, u. s. w. Würzburg bei Becker, 1831. 31 Seiten in 8.)

Es dürfte hier der Ort seyn, das sehr einfache Verfahren anzugeben, welches bei der Untersuchung, ob ein Kalk-Gestein ein sogenanntes hydraulisches sey, in Anwendung kommt, und zugleich jene Steine, welche sich hiezu vorzüglich eignen, anzuführen.

Es ist bereits oben (S. 17) gesagt worden, dass namentlich der Gehalt an Thon- und Kieselerde es ist, welcher dem Kalke die Eigenschaft verleiht, schnell zu erhärten und ein, die Steine, welche er verbinden soll, an Festigkeit oft selbst übertreffendes Cement zu liefern. Ein zu untersuchendes Stück Stein wird zu Pulver zerstossen, und so lange mit verdünnter Salz- oder Salpesäure übergossen, bis kein Aufbrausen mehr Statt findet. Die Flüssigkeit, sammt dem Bodensaze in ein Filtrum gebracht, wird nun mit Wasser ausgesüsst, sodann der Rückstand getrocknet und im Filtrum gewogen. Die Differenz dieses und des Gewichtes des Filtrums an sich giebt den Thongehalt.

Durch so lange fortgesezes Zugiessen von Kalkwasser in die klare Auflösung, bis keine Trübung mehr erfolgt, wird die darin enthaltene Kalkerde, und zugleich auch allenfalls beigemengtes Mangan- und Eisenoxyd gefällt. Dieser auf dem Filtrum gesammelte, mit Wasser ausgesüsste und dann getrocknete Niederschlag wird gleichfalls gewogen.

Digitized by Google

6tens, dass der gestossene Grand schlechten Mörtel liefert;

7tens, dass man aus dem Pulver des harten Kalksteines einen minder guten Mörtel, als aus Pulver von weichem Kalksteine erhält;

8tens, dass ein Gemenge von Kalk mit dem gepulverten Kalksteine selbst keinen so guten Mörtel giebt als der Grubensand, oder als ein Steinpulver von einer anderen, als der zum Kalke angewendeten Gattung;

9tens, dass ein aus sehr hartem Kalksteine gewonnener Kalk, mit dem weichen pulverisirten Steine von Conflans gemengt, eine eben so harte als compakte Consistenz als der Stein von Conflans selbst erlangte;

10tens, dass ein Gemenge aus Kalk und Cement einen härteren Mörtel liefert, als derjenige ist, welchem man Sand beisezt;

Auf eine andere Weise wird der Stein geprüft, indem man denselben, nachdem er in etwa 1 Zoll grosse Stücke zerschlagen worden, 1½ bis 2 Stunden lang einer Rothglühhize aussezt, die gebrannten Stücke in feines Pulver verwandelt, gerade so viel Regenwasser, als zur Sättigung erfordert wird darüber giesst, die Masse zu einem steifen Teig zusammen knetet, diesen abtrocknet, in ein Glas eindrückt und endlich mit Wasser übergiesst. Bei guter Qualität des Gesteines muss die Probe schon nach 24 Stunden dem Drucke des Fingers Widerstand leisten und endlich die Härte eines Steines erlangen. (Man sehe die Schriften von Fuchs, Vicat und John: über *Kalk und Mörtel;* Accum: *phys. u. chem. Beschaff. d. Baumaterialien.* II. Bd. S. 126 u. f.).

Die Gesteine, welche einen natürlichen, hydraulischen Kalk liefern, haben im Allgemeinen erdigen, bisweilen ins Schieferige übergehenden Bruch, und sind von grauer ins Schwärzliche oder Gelbliche ziehender Farbe. Angehaucht entwickeln sie einen thonigen, mitunter bituminösen Geruch. Es gehören dahin die sogenannten mageren Kalk-, die Mergelarten, der Dolomit.

Der kieselhaltige Kalkstein von Boulogne-sur-Mer, von welchem der Text des Orginals dieses Werkes, in der V. Vorlesung umständlich handelt, besizt die Eigenthümlichkeit, ohne Zusaz von Kalk einen Mörtel von ausgezeichneter Güte zu liefern, der schnell im Wasser erhärtet.

Dieses vor noch nicht langer Zeit entdeckte und anfangs unrichtig mit dem Namen Gyps-Cement belegte Gestein wurde bis jezt in der Umgegend von Boulogne nur in kleinen Geschieben und in geringer Menge am Ufer des Meeres gefunden. In England soll es in der Nähe der Kupferbergwerke häufig vorkommen und, gebrannt und in Pulver umgewandelt, als ein Gegenstand des Handels nach Indien, wo er häufig angewendet wird, versendet werden.

Nachstehendes sind die wesentlichsten Resultate der Untersuchung des Gesteines, die, von einer hiezu eigens angeordneten Kommission angestellt, in dem 12ten Theile des Journal des Mines aufgezeichnet sind.

Digitized by Google

11tens endlich, dass der aus Kalk und aus Weisse von Bougival bereitete Mörtel mehr Konsistenz erlangt, und ein dichteres Gewebe als der Gyps zeigt, und dass dieses Gemenge, wenn es mit einem Felle abgerieben und geglättet wird, so glänzend wie italienischer Stucco wird.

Diese für die Kunst zu Bauen sehr wichtigen Resultate von Versuchen zeigen im Allgemeinen, dass, in Übereinstimmung mit der Meinung Vitruv's, der Grubensand und die analogen Stoffe den besten Mörtel geben.

Die pariser Werkleute richten sich nach diesen Beobachtungen; sie wenden den Grubensand zum groben Mauerwerk und den Flussand zum Puze an. [103])

Der Boulogner-Stein hat eine mehr oder minder regelmässige Gestalt; er ist immer flach, nicht über eine Hand stark; seine Farbe ist an seinen äusseren Seiten röthlich-grau, im Bruche graulich, an dessen Kanten rostähnlich; er fühlt sich auf dem Bruche fettig an, klebt an der Zunge und hat ein feines, dichtes Korn; sein spez. Gew. = 2,16; er ist sehr hart und schwer zu zerbrechen; er giebt am Stahle keine Funken, dagegen brauset er mit Salpetersäure auf. Er wird wie gewöhnlicher Kalk gebrannt, sein spez. Gewicht ist dann = 1,332, seine Farbe von Aussen gelblich, seine Härte erleidet keine Veränderung und er hat nicht das Ätzende des Kalkes. Nach Drapur's Untersuchungen besteht das Gemenge dieses Steines aus: kohlens. Kalk 61,6, kohlens. Eisen-Oxyd 6,1, Thon 22,8 (aus 15,0 Kieselerde, 4,8 Alaunerde und 3,0 Eisenoxyd bestehend), Wasser 6,6. Der daraus gebrannte Kalk enthält: Kalk 54,0 + Thon 31,0 + Eisenoxyd 15,0 = 100,0.

In Pulver verwandelt und allmälig mit Wasser gelöscht, wird der Stein wie Gyps angewendet; das Wasser bindet sich mit demselben, wird fest und entwickelt Wärme. Die Masse erhärtet schnell. Daraus gefertigte Wasserleitungsröhren von wenigen Linien Dicke, bald darauf mit Wasser gefüllt und aufbewahrt, liessen während der Dauer des Versuches keine Spur von Wasser auf ihrer Oberfläche wahrnehmen.

Aus diesem Stoffe gefertigte und damit zusammen gekittete Prismen, so wie damit verkittete Ziegeln und Kalksteintrümmer konnten, nachdem sie drei Tage lang im Wasser gelegen, durch keine Druckkraft, sondern nur durch Stosskraft getrennt werden.

Eine Temperatur von 6° unter dem Nullpunkte des Reaumur'schen Thermometers brachte an dem derselben ausgesezten Mörtel keine Veränderung hervor. Ein heftiges Feuer von 65° bis 75° bewirkte ein Schwinden der Masse, das, mit dem Wedgwood'schen Pyrometer gemessen, zu dem einer damit verglichenen Masse reiner Thonerde sich wie 4 zu 5 verhielt.

[103]) Der reine Grubensand soll zur Mörtelbereitung desshalb vor dem Flusssande den Vorzug verdienen, weil die scharfen, eckigen Körner des er-

Digitized by Google

Vom Cement, von den Puzzolanen und vom Trass.

Gebrannter, in Pulver verwandelter, gemeinlich aus Backstein- oder Ziegeltrümmern bereiteter Thon, wird mit dem Namen Cement bezeichnet. Vermöge der Grundbestandtheile der Backsteine, welche aus Thonerde, Kieselerde bestehen, und ihre

---

steren dem sie umgebenden Kalke eine grössere Oberfläche darbieten, wodurch so die Verbindung befördert werde.

Herr Hofrath Fuchs (man sehe dessen Abhandlung über Kalk und Mörtel) stimmt dieser Ansicht nicht bei; er sagt: „dass der Kalk besser an rauhen, als an glatten Sandkörnern haften könne, ist leicht einzusehen, aber schwer zu begreifen ist, was die scharfen Ecken und Kanten dazu beitragen sollen. Ich muss daher die vortheilhafte Meinung, welche man von dieser Gestalt des Sandes hat, bloss für ein Erbtheil aus der alten Zeit betrachten, in welcher man sich die Wirkung der Körper auf- und in einander nicht anders, als durch spizige und hackige Formen ihrer Theile vorstellen konnte. Die Natur kittet in den Brekzien gleich gut runde, stumpf- und scharfeckige Stücke zusammen, warum sollte es beim gewöhnlichen Mörtel, der ein ähnliches Konglomerat ist, anders seyn?“ —

Über die Qualität des zur Mörtelbereitung in Anwendung kommenden Sandes im Allgemeinen äussert sich Hr. Fuchs auf folgende Weise: „Mit jedem Sande lässt sich ein guter Mörtel darstellen, wenn er rein und von gehörigem Korne ist. Ich glaubte früher mit mehreren Chemikern, dass man ohne Quarzsand keinen guten Mörtel bereiten könne, bin aber von dieser Meinung zurück gekommen, seitdem ich hier, wo man nur Kalksand hat, unter welchem sich sehr wenig kleine Quarzkörner finden, sehr guten Mörtel habe darstellen sehen. Der Quarzsand mag jedoch vorzüglicher seyn, weil er seiner Härte wegen dem Ganzen mehr Festigkeit giebt, und der Kalk demselben ohne Zweifel etwas stärker adhärirt, als dem Kalksande. Sehr nachtheilig für den Mörtel ist es, wenn der Sand mit Thon und mit organischen oder humusartigen Theilen, welche mit dem Kalk gar nicht binden, verunreinigt ist. Davon kann man ihn durch Waschen befreien, was man so lange fortsezen muss, bis das Wasser klar davon läuft. Ein anderes, und wie ich glaube, noch viel besseres Mittel ihn zu verbessern, wäre ein gelindes Brennen, wodurch die organischen Substanzen zerstört und die thonigen Theile in Cement verwandelt würden. Ein mit sehr schwach gebranntem unreinen Kalksand angestellter Versuch hat mir ein sehr gutes Resultat gegeben. Allein da man sich nicht gerne zum Waschen versteht, so wird man noch mehr Abneigung gegen das Brennen des Sandes haben, zumal da dieses noch etwas kostspieliger ist. Indess möchte es doch in manchen Fällen lohnend seyn.“ —

„Bei dem zum Mörtel bestimmten Sande ist die Grösse des Kornes einer der wichtigsten Punkte. Weder durchaus feiner, noch durchaus grober Sand leistet ganz das, was man verlangt; am wenigsten der leztere, weil er zu viele leere Zwischenräume bildet und dem Kalk zu wenig Oberfläche darbie-

Digitized by Google

Farbe durch das Eisenoxyd erhalten, und nach der Eigenthümlichkeit, welche der Kalk besizt, mit diesen Stoffen Gemenge zu bilden, welche eine grosse Härte zu erlangen fähig sind, besizt der Cement alle zur Bereitung eines ausgezeichneten Mörtels erforderlichen Eigenschaften.

Der beste Cement wird aus Dachziegeln und selbst aus Trümmern gutgebrannter Töpferwaaren gewonnen. Der aus gewöhnlichen Backsteinen ist selten von guter Qualität, weil die Cement-Fabrikanten im Handel, um das Pulvern zu erleichtern, die weichsten Backsteine nehmen.

Der Cement, welchen man aus den Thonüberzügen bereitet, in welchen das Steingut gebrannt wird, und die man Muffeln nennt, ist von vorzüglicherer Qualität.

Man kann einen aus weichen Backsteinen bereiteten Cement verbessern, indem man ihn in einem Reverberirofen einem hohen Grade von Hize aussezt. Der im Grossen angestellte Versuch bei Erbauung des Hauptschleusenbodens am Hafen von Alexandrien, um eine Brückenschleuse herzustellen, lässt hierüber keinen Zweifel zu. Der mit diesem Bau beauftragte Militär-Ingenieur brachte

---

tet. Der mechanische Mörtel soll ein ähnliches Gemenge darstellen, wie wir mehrere in der Natur antreffen; er soll eine porphyrartige Struktur haben; grober und feiner Sand in mehren Abstufungen sollen immer zugleich vorhanden seyn; der feine, welcher dem Kalke eine grosse Oberfläche darbietet, soll mit dem Kalke die Hauptmasse bilden, und diese, nicht der Kalk allein, soll die leeren Räume zwischen den groben Körnern ausfüllen, und das Bindemittel für sie abgeben. Die Grösse der Sandkörner hat übrigens keine bestimmte Gränze; sie können von jeder beliebigen und nach Umständen zulässigen Ausdehnung bis zur Kleinheit eines feinen Pulvers herab gehen. Sehr grober Sand ist eben nicht nothwendig, aber feiner ist jedenfalls Bedingniss zu einem guten Mörtel. Wird der mechanische Mörtel nach diesem Vorbilde zusammengesezt, nicht mit Kalk übersezt, gehörig durchgearbeitet und nicht mit zuviel Wasser behandelt, so wird er hinsichtlich seiner Bestimmung nichts zu wünschen übrig lassen." —

Aus dem Meersande müssen, ehe er zum Mörtel angewendet wird, das darin enthaltene Kochsalz und andere Salzarten durch Waschen mit Wasser weggeschafft werden.

Vitruv bezeichnet den Sand als den zur Mörtelbereitung geeignetsten, welcher in der Hand zerrieben knirscht und von welchem, auf ein weisses Kleid geworfen, nachdem dieses geschüttelt und abgeklopft worden, nichts von erdigen Theilen hängen bleibt. (Accum, a. a. O. II. S. 142 u. f.)

Über das Mengungs-Verhältniss von Kalk und Sand wird weiter unten bei der Mörtel-Bereitung die Rede seyn.

Digitized by Google

es durch dieses Mittel dahin, einen schlechten Backstein-Cement in einen Cement von ausgezeichneter Güte umzuschaffen. Vor der Anwendung dieses Verfahrens gab der Cement einen Mörtel, der sich im Wasser auflösste und war durchaus nicht zu dieser Art Bauten tauglich, zu deren Gelingen es eines Mörtels bedurfte, der wie die Puzzolane sogleich nach seiner Verwendung im Wasser erhärtete. [104])

Unter den Stoffen, die man dem Kalke zur Mörtelbereitung beimengt, ist der bemerkenswertheste und zugleich in Hinsicht auf seine ausgezeichnete Brauchbarkeit bei Wasserbauten vorzüglichste, die Puzzolane.

Dieser Stoff, ein vulkanisches Erzeugniss, kommt in den Umgebungen brennender oder erloschener Vulkane vor. Der Theil Italiens zwischen Rom und Neapel liefert dessen in Überfluss. Jene Gegend ist es, aus welcher man mit grossen Kosten den beträchtlichsten Theil der in Frankreich zu den Wasserbauten der Kanäle und Seehäfen verwendeten Puzzolane bezieht.

Dieser Stoff hat seinen Namen von Puzzuoli bei Neapel, von woher, nach Vitruv, die Römer, welche denselben häufig anwendeten, den ersten zu ihren Bauten gebrauchten genommen zu haben scheinen.

Die Naturforscher betrachten ziemlich allgemein diesen Stoff als eine Art eisenhaltigen Thones, der durch das Feuer der Vul-

---

[104]) Cement ist im Allgemeinen jeder Zuschlag, der die Eigenschaft besizt, auf den Kalk, dem er beigemengt wird, chemisch einzuwirken. Unter den verschiedenen Arten Cement hat der sogenannte englische Patent- oder römische Cement (Roman-Cement) ein besondere Berühmtheit erlangt.

Er wird aus einem Kalksteine (in England Cementstein genannt) bereitet, der besonders auf der Insel Scheppy und an den Ufern und im Bette der Themse gefunden wird. (Man vergleiche: Accum a. a. O. II. S. 169 u. f.) Ein diesem Cement gleichkommender wird in Russland bereitet (M. v. Dinglers *Polytech. Journ.* Bd. 12, Hft. 3, S. 375) ferner die beiden, interessanten Aufsätze in des Hrn. Geh. Ob. Baurathes Crelle Journal f. d. Baukunst: *Bemerkungen über die Dauer und Festigkeit des in England erfundenen sogenannten Roman-Cement. Nebst Nachrichten von einigen anderen Cementen.* Von Hrn. Baurath Krahmer. (III. B. 4. Hft. des soeben genannten Journals) dann: *Über den Cement von Poully und andere Cemente.* Bericht des Hrn. Mallet, Ingenieur en Chef des ponts et chaussées, an die Société d'encouragement. (Aus dem Journal du génie civil, Febr. 1830, übersezt im 1. Heft des IV. Bds. von Creles Journal).

Digitized by Google

kane einem hohem Hizgrade ausgesezt war; er rührt von Stükken poröser und selbst harter Lava her.

Die Analysen verschiedener Arten italienischer und französischer Puzzolane, geben im Allgemeinen auf 100 Theile: Thonerde 40,0, Kieselerde 35,0, Kalk 5,00, Eisen 20,0.

Die Puzzolane kommt in den manchfachsten Abänderungen vor: sie haben verschiedene Farben, man findet weisse, schwarze gelbe, graue, braune, rothe, endlich violette.

Die verschiedenen Farben der Puzzolane rühren von dem Vorhandenseyn des Eisens und von dem Zustande von Oxydation, in welchem es sich befindet, her: ihr spezifisches Gewicht wechselt je nach dem Grade der Kalcinirung und dem Verhältniss ihrer wesentlichen Bestandtheile. Alle Varietäten werden mehr oder minder von dem Magnete angezogen; sie sind gemeinlich staubig; es ist dis ein Gemenge von Staub und gröberen Stücken, die lezteren sind porös.

In Neapel zieht man die in einer Tiefe von einigen Fuss geförderte Puzzolane jener vor, die man vom Boden aufliesst und welche den Einflüssen der Atmosphäre ausgesezt war; man bedient sich der lezteren bei minder wichtigen Bauten.

Die römische Puzzolane ist röthlich-braun; sie ist leichter als die von Neapel und mit glänzenden Stücken gemengt, die ein metallisches Ansehen haben. Diese Puzzolane besizt das Eigenthümliche, allein und ohne Zusaz von Kalk einen guten Mörtel zu geben, der in weniger als 24 Stunden im Wasser erhärtet [105])

---

[105]) Die Puzzolane (Vulkanischer Tuff; Wacke von Monte Verde; Gebirgsart des Kapitols; Puzzolan-Gestein), ein Trümmer-Gestein, nach v. Buch zu den Trassgesteinarten gehörig, ist eine mehr oder minder scheinbar gleichartige, lockere, weiche, fast zerreibliche Masse, von gelblich- oder schwärzlich-brauner, aschgrauer, röthlicher, bräunlich-, seltener ziegelrother Farbe, ohne Glanz; ihr Bruch ist theils uneben feinkörnig, ins Grossmuschelige und Ebene sich verlaufend, theils erdig.

Als Einmengungen finden sich, bald nur sparsam, bald in grösserer Menge und Manchfaltigkeit: Glimmer, Feldspath, Leüzit, Augit, Rollstücke von Kalkstein, Basalt, Lava, Bimsstein, Leüzit-Brekzie, Peperin, u. s. w. Hin und wieder kommen auch Pflanzen-Abdrücke vor.

Das Gestein, welches in zahllosen Abänderungen auftritt, ist deutlich geschichtet Fäden, Adern, Gänge von Kalkspath durchziehen dasselbe in manchfachen Richtungen. Manche Abänderungen des Gesteines enthalten häufige, eckige Höhlungen.

Digitized by Google

An die Stelle der Puzzolane kann man gepulverten Basalt (Man sehe S. 77 u. f.) sezen, wenn man ihn zuvor einem gewissen durch die Erfahrung bestimmten Hizgrade unterworfen hat. In diesem Zustande giebt er mit dem Kalke einen trefflichen Mörtel, der im Wasser schnell erhärtet.

Die Analyse zeigt, dass der Basalt auf 100 Theile enthält: Thonerde 16,75, Kieselerde 44,50, Eisenoxyd 20,00, Kalk 9,50, Manganoxyd 2, 37; Soda 2,37, Wasser 2,00, Verlust 2,28.

Vergleicht man diese Analyse mit jener der Puzzolane, so ist einleuchtend, dass diese beiden Mineralien beinahe von einerlei Art sind, und man auf das gute Resultat zählen dürfe, welches man aus der Mengung dieser gebraunten Basaltart mit Kalk zu erwarten hat. [106])

Die Bildung der Puzzolane, eines ursprünglich vulkanischen Produktes, ist aus der Fortschlemmung durch Wasser und durch Niederschlag hervorgegangen. Sie ist auf Peperin, auf Mergel, Sandstein, über Travertino oder einem mit Conchilien gemengte Sande, seltener auf Lava gelagert; steht im Allgemeinen den tetiären Gebilden an Alter nach und ist von Travertino, von Kalksteingeschieben, Bimssteinstücken, Lehm, Sand u. s. w. überdeckt.

Die meist einzelnen, steil, fast senkrecht abfallenden, mit Felsen von beinahe 60 Fuss Höhe besezten Hügel des Gesteines verbinden sich sämmtlich in der Höhe zu einer gemeinsamen Ebene.

Es ist, wenn gleich in bedeutenden Massen sich findend, doch nur von beschränkter Verbreitung.

Vorkommen: Südwestliche Seite der Appeninen-Kette, in zwei Haupt-Verbreitungen, die eine um Rom, südlich gegen die pontinischen Sümpfe, nördlich gegen Civita Castellana bis Bolsena, die andere um Neapel. — Frankreich: in den die Auvergne und das Vivaresische begreifenden Departementen. An der Ober-Vienne, Ober-Loire, an den Ufern des Rheines bei Andernach.

Sganzin fand die Puzzolane an den südlichen Gehängen der Gebirge von Auvergne, zwischen Chaudes-Aigues und La-Guiolle.

[106]) Über das Vorkommen und über die Anwendung des Basaltes zur Mörtelbereitung in Frankreich bemerkt Sganzin, dass die Basalte sich einerseits in Frankreich nicht häufiger als die Puzzolane vorfinden, und andererseits das Brennen und Pulvern dieser künstlichen Puzzolane sie fast eben so theuer als die natürliche mache, weshalb der lezteren gemeinlich der Vorzug gegeben werde.

Aus Versuchen, welche von den Strassen- und Brückenbau-Ingenieuren zu Cherburg angestellt worden, gehe indessen hervor, dass die aus dem Departement der oberen Loire kommenden Basalte, nach einem heftigen Brande gepulvert, einen Mörtel lieferten, der alle Eigenschaften des mit mancherlei Varietäten der italienischen Puzzolane bereiteten besize.

Digitized by Google

Auch den gepulverten Bimsstein hat man statt der Puzzolane angewendet: der daraus bereitetete Mörtel hat dieselben Eigenthümlichkeiten; dieser Stoff wird aber nur in den Umgebungen des Vesuv angewendet, wo er häufig vorkömmt.[107])

Der schwedische Ingenieur, Hr. Bagge, hat versucht, in Schweden, wo es keine Puzzolane giebt, einen analogen Stoff an ihre Stelle zu sezen. Er fand in der Nähe von Wenesburg eine Art schwarzen, sehr harten Schiefers, der ihm der Analyse nach zu dem vorgesezten Zweck tauglich schien.

Jener Ingenieur hat diesen Zweck zu wiederholtenmalen einem starken Feuer ausgesezt; er veränderte seine Farbe und verlor seine Härte. In diesem Zustande verwandelte er ihn leicht in Pulver, und nachdem er ihn mit dem Kalke gemengt, erhielt er einen trefflichen Mörtel, der alle Eigenschaften des aus Puzzolane bereiteten besass.

Die Versuche des schwedischen Ingenieurs wurden zu Cherburg vom Strassen- und Brückenbau-Ingenieur, Hr. Gratian, dem Vater, mit mehreren Schiefer-Varietäten wiederholt; und die zu Paris durch eine von dem verstorbenen Guiton de Mourveau präsidirten Comission wiederholt gemachten Versuche haben bewiesen, dass die Puzzolanen durch die Schiefer von der Art der Cherburger mit Vortheil ersezt werden können. Die durch diese Versuche erhaltenen Mörtel sind von guter Qualität; sie erhärten schnell im Wasser; und es findet dabei Ersparniss im Verhältniss zum Preisse der Puzzolane Statt, wenn die Schieferbrüche nicht zu weit entfernt und die Steinkohlen oder das Holz nicht zu selten sind.

Die Analyse des Schiefers von Haineville bei Cherburg, der die besten Resultate geliefert hat, gab auf hundert Theile: Thonerde 26,0, Kieselerde 46,0, Bittererde 4,0, Eisenoxyd 2,0, Wasser und Verlust 2,0.

Es giebt noch einen vulkanischen Stoff, welcher unter dem Namen Bruchstein von Andernach, oder von Brohl bekannt ist, und den die Holländer, wenn er gepulvert ist, unter dem Namen Trass (man sehe S. 90 u. f.) verkaufen, und mit welchem man einen zu den Wasserbauten vortrefflichen Mörtel bereitet.

---

[107]) Die Charakteristik des Bimssteines und die Angabe seiner Fundorte in Deutschland sehe man oben, S. 90, nach.

Digitized by Google

Der verstorbene Faujas de Saint-Fond, der besonders diesen Stoff vor dem pulvern desselben untersucht hat, fand, dass dis eine wahre Puzzolane sey.

Die Holländer haben sich fast völlig den Betrieb der Andernacher Brüche zugeeignet. Aus dem Bruchsteine, den sie mittels ihrer sehr sinnreichen Windmühlen in sehr feines Pulver verwandeln, fertigen sie den Trass, den sie nach dem Norden, nach Frankreich und England versenden, wo dieser Stoff vortheilhaft bekannt ist. Aus dem Brohl, der in grösseren Stücken bricht, hauen sie Mühlsteine die zu verschiedenen Zwecken dienen.

Die Analyse des Trass giebt auf 100 Theile: Thonerde 23,0, Kieselerde 27,0, Kalkkarbonat 6,5, Eisen 8,5.

Der grösste Theil der Gewölbe der gothischen Kirchen Belgiens ist aus Andernacher-Stein konstruirt. Man zog aus diesem Umstande Vortheil, indem man sich mit Ersparniss, mittels der Trümmer der Gewölbe einer zu Brugge abgebrochenen Kirche, den Trass verschaffte, dessen man zur Wiedererbauung der grossen Schleusse von Slikens bedurfte. Der Trass, den man aus diesem Abbruche erhielt, gab einen trefflichen Mörtel, der alle Eigenschaften des holländischen besass.

Man bereitet in Amsterdam einen künstlichen Trass: es ist dis eine aus dem Meergrunde geförderte Thonerde, welche man wie die Backsteine, stark brennt.

Diese Backsteinart wird mittels Stempel die durch Göpel bewegt werden, in ein grobes Pulver verwandelt, man bringt sie dann auf die Mühlen, wo dieser künstliche Trass die nöthige Feinheit erhält, um mit Kalk gemengt in Mörtel verwandelt zu werden.

Bergmann hat diesen künstlichen Tras, welcher den Namen privilligirter holländischer Trass trägt analysirt; er hat gefunden, dass derselbe auf etwa 100 Theile enthält:

Kieselerde 55 bis 60, Thonerde 19 bis 30, Kalk 5 bis 6, Eisen 15 bis 20.

Von der Asche von Tournay.

Die Asche von Tournay ist ein Gemenge von Kalktheilchen mit Steinkohlen Asche, welche dazu gedient hat, eine Art mageren Kalkes zu brennen, den man in der Nähe von Tour-

Digitized by Google

nay aus einem blauen und sehr harten Steine bereitet. Dieses Gemenge giebt einen Mörtel von ausgezeichneter Beschaffenheit zum Anwurf von Cisternen; dieser Stoff kommt aber zu selten vor, als dass man ihn im Grossen beim Mauerwerk anwenden könnte, man spart ihn zum Puz und zum Verkitten auf.[108])

Die Erfahrung hat gelehrt, dass alle Steinkohlenasche, welche zum Kalkbrennen gedient hat, zur Bereitung eines Mörtels tauglich ist, der im Wasser schnell erhärtet.[109])

Vom Gypse.

Der Stein, den man gewöhnlich zu Gyps brennt, ist fast niemals rein; meist ein Gemenge von schwefel- und von kohlensaurem Kalke.[110])

Die Wirkung des Feuers entzieht dem schwefelsauren Kalke sein Krystallisations-Wasser und dem kohlensaurem Kalke seine Säure, demnach ist der gebrannte Gyps ein Gemenge von leben-

---

[108]) Die Asche von Turnay scheint dasselbe Gestein zu seyn, welches oben, S. 90 u. f. unter dem Namen Asche (Mergelerde; sandförmiger Stücksteinkalk, u. s. w.) beschrieben wurde und sich im Mannsfeldischen, Thüringischen und in Kurhessen findet.

[109]) Über das zum Löschen des Kalkes und zur Mörtelbereitung anzuwendende Wasser sagt Hr. Hofrath Fuchs (in dessen öfter angeführten Abhandlung über Kalk und Mörtel): „In Betreff des Wassers ist noch besonders zu bemerken, dass es frei von Salzen seyn soll, weil es sonst Veranlassung zur Entstehung von salinischem Mauerfrasse giebt. Enthält z. B. das Wasser Kochsalz, was gar oft der Fall ist, so wittert auf den Mauern kohlensaures Natrum aus, wie ich mich schon öfter überzeugt habe. Man soll daher zum Löschen des Kalkes sowohl, als zur Bereitung des Mörtels nur Regenwasser gebrauchen, was man sich leicht und ohne besondere Unkosten sammeln kann. Man hat auch das Kalkwasser zum Mörtel in Vorschlag gebracht, um die Bildung von kohlensaurem Kalk zu verhindern, welche sonst durch die in jedem Wasser vorhandene Kohlensäure Statt findet. Allein dieses mögte eine übertriebene Sorgfalt seyn, um so mehr, da die Quantität der in den gemeinen Wassern enthaltenen Kohlensäure nie sehr bedeutend ist, und eine geringe Menge kolensauren Kalkes dem Mörtel gar keinen Nachtheil bringt.“ —

[110]) Die Charakteristik des Gypsgesteines ist oben S. 51 nach zu sehen. Die chemische Analyse desselben zeigt, dass er in 100 Theilen enthält: Säure 46,31 Th., Kalk 32,91 Th., Wasser 20,78 Th. Gebrannt enthält er 41,53 Th. Kalkerde und 58,47 Thl. Wasser.

Digitized by Google

digem, und von schwefelsaurem Kalke, welcher leztere von Wasser frei ist.

Aus der Zusammensezung dieses Stoffes ersieht man, dass der gute Gyps einen gewissen Grad von Brennen erfordert. Zu starkes oder zu schwaches Brennen macht die Operation verunglücken. Man begreift zugleich, wie der der Luft ausgesezte Gyps allmälig seine Härte verlieren muss und warum er, an feuchten Orten angewendet, abblättert und in Staub zerfällt. [111])

Ungeachtet der dem Gypse anklebenden Mängel, welche dessen Verwendung zu Gebäuden und öffentlichen Monumenten verwerflich machen, ist dieses Material in der Baukunst dennoch sehr nüzlich und seine Anwendung zu gewissen Arbeiten bei Aufführung von Privathäusern sehr vortheilhaft.

Der Gyps hat viele Adhärenz an Quader und Backsteine, aber wenige an Holz; es ist sogar üblich, die Hölzer, welche man mit Gyps bekleiden will, mit kleinen Nägeln zu beschlagen. Auf diese Weise verpuzt man mit diesem Material das Innere und die Aussenseiten der Häuser an allen jenen Theilen, bei welchen Holz in den Stirnflächen angewendet wird.

Das beste Verfahren den Gyps zu brennen besteht darin, demselben zuerst nur einen mässigen Grad von Hize zu geben, damit ihm alle seine Feuchtigkeit und alles das Wasser entzogen werde, welches nicht gebunden ist. Man steigert sodann die Hize, jedoch in einem geringeren Grade als beim Kalkbrennen, und ein vier und zwanzig Stunden lange andauernder Hizgrad ist gemeinlich hinreichend, einen vollkommenen Brand zu erhalten.

Der Gyps ist hinreichend gebrannt, wenn der Arbeiter beim Anrühren fühlt, dass er fettig ist und sich an die Finger hängt. Diese Eigenschaften fehlen ihm, wenn er zu stark oder zu schwach gebrannt ist. [112])

---

[111]) Der zu stark gebrannte Gyps, der mit Wasser nicht mehr erhärtet, heisst todtgebrannt. Das Todtbrennen des Gypses findet besonders dann leicht Statt, wenn er mit Thon gemengt ist; er muss also von diesem Stoffe, mit welchem er sich bisweilen in der Natur vorfindet, so wie von anderen fremdartigen Beimengungen vor dem Brennen sorgfältig gereinigt werden. Der gebrannte Gyps zieht die Feuchtigkeit aus der Luft begierig an, dis ist der Grund seines Härteverlustes und seines Zerfallens in Staub.

[112]) Der rohe Gyps wird gewöhnlich in den, Backöfen ähnlichen Öfen, oder in solchen, die nach oben offen sind, nicht selten aber auch in mit Holz zusam-

Digitized by Google

Da der gebrannte Gyps seine Eigenschaften verliert, wenn er eine Zeitlang der Luft ausgesezt ist, so muss man ihn beim Herausnehmen aus dem Ofen verwenden. Durch das Zerkleinern mittels Schlegeln verwandelt man ihn in Pulver; Mühlsteine oder steinerne oder eiserne Cylinder würden hiezu vortheilhafter seyn [113])

In den Ländern, welche keinen Gyps liefern, muss man ihn als Stein vor dem Brennen kommen lassen, und um dieses Material mit gutem Erfolg anzuwenden, muss das Brennen an den Orten der Verwendung und unmittelbar vor dieser geschehen.

Man bedient sich des klaren oder dichten Gypses je nach dem Gebrauche den man davon macht. Zu Verkittungen befeuchtet man ihn nur so viel als nöthig ist, ihn in einen steifen Brei zu verwandeln: dis nennen die Werkleute steifes Anmachen. Zu den Gesimswerken sezt man demselben mehr Wasser zu: man heist dis klar anmachen: Zu den Puzarbeiten wird er noch mehr angefeuchtet. [114])

---

mengeschlichteten Weilern, und bei geringem Bedarf selbst in eisernen, sonst zum Waschen dienenden Kesseln, oder wohl gar nur auf Eisenblechen gebrannt.

Beim Brennen des Gypses muss man grössere Vorsicht als bei dem des Kalkes anwenden, die Steine nach ihrer Güte genau sondern, und einen gewissen durch die Erfahrung gelehrten Hizgrad nicht übersehreiten; glühen darf der Gyps gar nicht.

Die beim Brennen auf der Oberfläche des Gypses entstehenden Staubsäulchen rühren von den sich entwickelnden Dämpfen her, der Gyps wird flüssig, wie man es nennt; man rührt das Pulver nach einiger Zeit um und wenn endlich die Staubsäulchen verschwunden sind, und die Gypskörner am Lichte nicht mehr glänzen, dann ist der Gyps gar gebrannt.

[113]) Der Gyps wird durch Stampfen, Mahlen und Sieben in Pulver verwandelt. Zum Stampfen bedient man sich besonderer Pochwerke, zum Sieben einer eigenen Siebmaschine, um die Gesundheit der Arbeiter, welche durch das feine Gypspulver sehr gefährdet ist, zu schüzen.

[114]) Bei der Anwendung des Gypses als Bindemittel beim Mauerwerk, zum Ausgiessen der Quaderfugen, u. s. w. ist Vorsicht nothwendig. An feuchten Orten kann er gar nicht gebraucht werden, eben so wenig kann er da gebraucht werden, wo der Zutritt der Luft gehindert ist; Beispiele haben gezeigt, dass in Fugen eingeschlossener Gyps nach 30 Jahren noch weich und nass war und dass seine Feuchtigkeit sich selbst dem angrenzenden Mauerwerke mitgetheilt hatte.

Digitized by Google

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass zum Anmachen des Gypses bei gewöhnlichen Arbeiten eine seinem Rauminhalte ungefähr gleiche Menge Wassers nöthig ist.

Da der gebrannte Gyps wenig Kalk - Karbonat enthält, so geht daraus hervor, dass der angemachte Gyps nicht äzend ist. Der Arbeiter kann ihn ohne Nachtheil in demselben Kübel behandeln, in welchem er angemacht worden ist, und zur Fertigung der Arbeiten bedient er sich seiner Hände ebenso wie der Kelle.

Man macht den Gyps bisweilen mit Kalkmilch an, auch bedient man sich des Wassers, in welchem man starken Leim aufgelöst hat. Diese Verfahrungsweisen, und namentlich die leztere, verleihen den daraus gefertigten Arbeiten eine grössere Dauer, sie sind sogar einer schöner Politur fähig. In Paris fertigt man auf diese Art den Stucko. [115])

Eine von den Eigenschaften des angemachten Gypses, welche wichtig genug ist, um sie zu kennen, ist die, dass er beim Festwerden sein Volumen bedeutend vermehrt. Diese Eigenschaft des Gypses ist jener der Mörtel entgegen gesezt, welche beim Erhärten an Volumen verlieren. Man muss hierauf Acht haben und die mit diesem Material aufgeführten Bauten von den Umfassungsmauern trennen. Ohne diese Vorsicht würde dieses Zunehmen an Rauminhalt üble Wirkungen und bisweilen selbst den Einsturz der Mauern zur Folge haben. [116])

---

[115]) Gewöhnlich wird der gebrannte Gyps mit Wasser angemacht, das Regenwasser ist hiezu das geeignetste, das Flusswasser ist dazu minder gut, am untauglichsten ist das Brunnenwasser. Zusaz von Leimwasser verzögert das Erhärten der Masse, wogegen dasselbe durch Beimengung von 2 Loth Salmiak auf 1 Pfund Gyps beschleunigt wird. Die Härte soll durch Essig oder durch in Wein aufgelösten Weinstein vermehrt werden; ein Zusaz von Kalkmörtel trägt hiezu nicht nur nichts bei, sondern ist selbst nachtheilig, weil er ein ungleiches Erhärten zur Folge hat.

Der Gyps wird entweder rein oder, aus Ökonomie, mit etwas Sand gemengt, verwendet. Der Sand muss dann völlig rein und scharf seyn; eisenschüssiger Sand befördert die Bindekraft. Statt des Sandes wird auch todt gebrannter Gyps dem gutgebrannten Gypse beigemengt.

[116]) Nach Manger's Untersuchungen gab ein Kubikfuss Gyps, der roh 145 ℔ 6 Loth, und gebrannt 119 ℔ 8 Loth wog, nachdem er gelöscht war, 2,87 Kubikfuss, welche 262 ℔ 18⅔ Loth wogen.

Digitized by Google

VII. Vorlesung.

Von den Mörteln und ihrer Bereitung. — Vom Löschen des Kalkes. Bereitung der Gemenge. — Erfahrungen über das spezifische Gewicht und über die Widerstandskraft der Mörtel der Alten und der Neueren. —

Vom Mörtel.

Mit der Benennung künstlicher Mörtel, oder allgemeiner mit dem Namen Mörtel bezeichnet man ein Gemenge von Kalk mit den kieseligen und thonigen Substanzen, die wir bereits untersucht haben.

Dieses Gemenge muss die Eigenschaft besizen, sich an die Steine fest anzuhängen und mit ihnen einen Körper zu bilden.

Hiezu ist nöthig, dass die Quantität eines jeden dieser Stoffe, aus denen das Gemenge bestehen soll, nach dem was Theorie und Erfahrung lehren, bestimmt werde. Die Natur bildet die Steine aus Erden, Metallen und aus Wasser, indem sich dieselben unter einander verbinden; durch Nachahmung dieser Verfahrungsweise gelingt es der Kunst, Mörtel zusammen zu sezen.

Einige Schriftsteller haben behauptet, dass die grosse Härte der römischen Mörtel von der Art den Kalk zu löschen herrühre. Andere maassen dieselbe einem Zusaze lebendigen Kalkes, welcher im Augenblick der Mörtelbereitung dem gelöschten Kalke beigemengt wurde, zu. Jeder hat zur Unterstüzung seiner Mei-

---

Über die Bereitung und Anwendung des Gypses sehe man u. a. des Hrn. Wolfram *Handbuch für Baumeister*, II. Theil, neue Aufl. (1821) §§. 243 mit 240, dann des Hrn. Accum mehr erwähntes Werk *über Baumaterialien*; I. Bd. S. 337 mit 343, und II. Bd. S. 195 mit 209.

Digitized by Google

nung Vitruv nach seiner Weise übersezt und erklärt und als Zeugniss die Resultate angeführt, die aus dem von ihm angenommenen Systeme hervorgehen.

Diese verschiedenen Systeme, von denen jedes eines günstigen Augenblickes genoss, hielten die Probe der Zeit nicht aus. Der Loriot'sche Mörtel hat seinen Ruf verloren, und die sehr umständlichen Methoden, den Kalk nach römischer Art durch Eintauchen auf die Weise des Herrn de la Faye zu löschen, werden nur sehr selten angewendet.[117])

---

[117]) Unter den drei verschiedenen Methoden den Kalk zu löschen, nemlich: 1tens durch allmähliges Übergiessen des Kalkes mit Wasser und Umgestaltung desselben in einem Brei; 2tens durch Eintauchen; 3tens durch Zerfallen an der Luft, hält Hr. Hofrath Fuchs, der Meinung des Hrn. Ingenieur Vicat entgegen, die lezte Methode für die schlechteste. Hr. Fuchs äussert sich hierüber in dessen öfter angeführten Schrift *über Kalk und Mörtel* auf folgende Weise.

„Nach Hrn. Vicat soll der durch Eintauchen gelöschte und besonders der an der Luft zerfallene und längere Zeit der Luft ausgesezte Kalk weit vorzüglicher seyn, als der auf die gewöhnliche Weise gelöschte. Dis scheint mir aber nur zu beweisen, dass man von dem so behandelten Kalk ohne Nachtheil für den Mörtel mehr anwenden kann, als von dem nach der ersten Art gelöschten, ja sogar mehr davon anwenden muss, wenn man ein gleiches Resultat erhalten will. Es möchte dieses auch nicht schwer zu begreifen seyn. Denn in dem an der Luft zerfallenen Kalk ist ein Theil des Kalkes in Kalk-Carbonat oder vielmehr Kalk-Hydro-Carbonat umgewandelt, was nicht mehr als positiver Faktor betrachtet werden kann, sondern die Stelle eines feinen Zuschlags, wovon nachher noch die Rede seyn wird, vertritt. Würde man dem reinen Kalk eben soviel Kalk-Hydro-Carbonat beimengen, als der an der Luft zerfallene schon enthält, und dann von beiden gleiche Quantitäten zur Bereitung des Mörtels nehmen, so würde man ohne Zweifel auch gleiche Resultate erhalten. Eine ähnliche Bewandtniss hat es mit dem durch Eintauchen gelöschten gebrannten Kalk. Darin ist sehr viel compaktes Kalkhydrat, durch die ganze Masse vertheilt, enthalten, was wie feiner Sand zu betrachten ist. Der damit bereitete Mörtel hat einige Ähnlichkeit mit dem Loriot'schen. Zum äussern Bewurf darf man ihn nie anwenden, wenn er auch zu anderen Zwecken dienlich seyn mag."

In Hinsicht der beiden zuerstgenannten Arten des Löschens bemerkt Hr. Hofrath Fuchs folgendes:

„Was den Unterschied zwischen dem nach der ersten und zweiten Art gelöschten Kalk anbelangt, so ist leicht einzusehen, dass er nur in der physischen Beschaffenheit und zwar in der verschiedenen Feinheit (Korn) des Kalkhydrats bestehen könne. Und dass dis wirklich der Fall sey, davon überzeugt man sich leicht, wenn man mit dem gelöschten Kalk eine dünne Kalkmilch macht, und diese in einem Cylinderglase eine kurze Zeit ruhig stehen lässt. Es bil-

Digitized by Google

Theorie und Erfahrung lassen vermuthen, dass die alten Römer keine eigenthümliche Methode zur Bereitung ihrer Mörtel hatten. Sie wendeten die an, welche noch in unseren Tagen in Rom und in ganz Italien ausgeübt wird. Es ist jezt fast allgemein anerkannt, dass die grosse Härte der römischen Mörtel nicht nur von der Sorgfalt, welche sie auf seine Bereitung verwendeten, und von der guten Auswahl der Substanzen, woraus er zusammen gesezt war, sondern auch von dem Verlaufe der Zeit herrührt, der nöthig ist, um dem der Luft ausgesten Mörtel alle die Festigkeit und Härte zu geben, die er zu erlangen fähig ist.

Im Allgemeinen können die Quantitäten der Materialien, aus denen der Mörtel zusammen gesezt wird, nicht angegeben werden; diese Quantitäten müssen wechselweise je nach der Verschiedenheit ihrer Qualität variiren.

Ein und ein halber Theil fetter Kalk, der zwei und ein halbtheil seines Gewichtes an Wasser absorbirt hat, um einen mittelmässig flüssigen Brei zu bilden, erfordert, um einen guten Mörtel zu

---

den sich, wie es bei jeder Schlämmung geschieht, Sedimente von verschiedenem Korn, welche sich allmählig in einander verlaufen."

„Dabei zeigt sich nun ein auffallender Unterschied zwischen dem nach der zweiten Art gelöschten Kalk, indem nämlich dieser einen viel grösseren und viel gröberen Bodensaz giebt als jener, dessen Theile überhaupt viel länger im Wasser schwebend bleiben. Der durch Eintauchen gelöschte Kalk fühlt sich auch gewöhnlich zum Theil wie Sand an; die Theile des andern hingegen sind beinahe nicht fühlbar. Die Ursache hievon liegt ohne Zweifel darin, dass bei der zweiten Löschungsart, so wie überhaupt, wenn zum Löschen des Kalkes zu wenig Wasser angewendet wird, die Temperatur viel höher steigt, als wenn eine grössere Wassermenge vorhanden ist. Dadurch treten die Theile des Kalkhydrats auf vielen Punkten zusammen, oder, wie die Maurer sich ausdrücken, der Kalk verbrennt. Diesen Kalk halten die Bauleute ebenfalls für schlecht, und ich muss ihnen beipflichten, obwohl Hr. Vicat das Gegentheil behauptet. Denn da die Wirksamkeit des Kalkes, in allen den Fällen, in welchen er beim Bauen in Anwendung kommt, im geraden Verhältnisse mit der Vergrössesung seiner Oberfläche bestehet, so muss er auch um so besser seyn, je feiner er zertheilt ist, und umgekehrt. Daher muss ich auch das Einsümpfen des Kalkes gegen diejenigen, welche meinen, es sey für nichts gut, in Schuz nehmen, weil dadurch der Kalk, indem er in Gruben längere Zeit feucht erhalten wird, noch mehr zertheilt wird, und zulezt die griesslichen Theile, welche er, wenn er auch so gut als möglich gelöscht worden, stets in unzähliger Menge enthält, ganz verschwinden, und sich Alles in eine gleichförmige und höchst feine Masse verwandelt."

Digitized by Google

liefern, drei Theile Sand, während man mit derselben Quantität Sand zwei Theile mageren Kalk mengen muss, zu welchem, um in einen Brei von gleicher Konsistenz wie jener verwandelt zu werden, eine, seinem Gewichte gleiche Quantität Wasser ausreicht. Diese beiden Mörtelarten haben, mit einander verglichen, fast gleiche Konsistenz.

Dieses Beispiel, wonach zwei verschiedene Mörtelarten von gleicher Konsistenz mit Quantitäten gelöschten Kalkes erhalten werden, welche für den ersten die Hälfte, für den zweiten zwei Drittheile des verwendeten Sandes betragen, beweisst die geringe Genauigkeit der von den meisten Schriftstellern, die über den Mörtel geschrieben, aufgestellten allgemeinen Vorschrift, nach welcher bestimmt wird, dass, um einen guten Mörtel zu erhalten, ein Theil gelöschter Kalk mit zwei Theilen Sand gemengt werden müsse.

Es ist einleuchtend, dass diese Vorschrift der Qualität des Kalkes und jener der übrigen Substanzen, aus welchen das Gemenge bestehen soll, untergeordnet ist.

Die schicklichen Mengungs-Verhältnisse können nur durch Versuche bestimmt werden, welche man jedesmal vor dem Beginnen grösserer Bauten anstellen muss; diese Verhältnisse ändern sich nicht nur in Beziehung auf die Qualität der Substanzen, aus denen das Gemenge besteht, sondern auch hinsichtlich der Mörtelgattung, die man bereiten will.

Der zum groben Mauerwerk bestimmte Mörtel erfordert einen kiesigen Sand. Findet der Bau im Wasser Statt, so wendet man anstatt des Sandes die thonigen Cemente, die Puzzolane und andere ähnliche Substanzen an und der Kalk muss mager seyn und lebendig verwendet werden. Zu dem Mörtel, der beim Versezen der Hausteine dienen soll, ist ein feiner Sand oder ein gesiebter Cement nöthig. Der zum Ausgiessen oder Verstreichen der bereits versezten Werkstücke anzuwendende Mörtel muss flüssig, durch eine hinreichende Menge Wasser verdünnt seyn. Der Puz-Mörtel endlich erfordert den reinsten Sand und einen bereits längere Zeit abgelöschten Kalk.[118])

---

[118]) Über das Menge-Verhältniss des Kalkes und der übrigen Substanzen, welche man zur Mörtelbereitung anwendet, äussert sich Hr. Hofrath Fuchs (a. a. O. S. 27 und 28) auf folgende Weise:

Digitized by Google

Die verschiedenen Arten des Löschens (man vergleiche die Note 117 S. 133) und der Verwendung des Kalkes können gleichfalls Einfluss auf die Qualität des Mörtels haben. Die fetten und klebrigen Kalke werden gemeinlich vor ihrer Verwendung gelöscht. In Metz und an den Orten, welche mageren Kalk liefern, wird er lebendig, so wie er aus dem Ofen kommt, verbraucht; man löscht ihn mitten unter den Substanzen, deren Gemenge den Mörtel geben soll.

Herr de la Faye, Verfasser mehrerer trefflichen Aufsäze über den Mörtel, glaubte das vorgebliche Geheimniss der Mörtel-Bereitung der Römer in einer besonderen Methode des Kalklöschens zu finden.

Diese Methode besteht darin, den Kalk durch Eintauchen mittels eines mit Kalkstücken gefüllten Korbes, den man in das Wasser senkt, zu löschen. Ist das Wasser abgetropft, so wird der Kalk sogleich in ein Fass geschüttet, wo er in ein sehr feines Pulver zerfällt und allmälig seine Wärme verliert. In den zugedeckten Fässern wird er dann bis zu seiner Verwendung aufbewahrt.

„Den Kalk soll man bei Bereitung des Mörtels nie im Übermaasse anwenden, und damit um so sparsamer umgehen, je reiner und feiner er ist. Dis ist eine Hauptregel, welche bei Darstellung jeder Mörtel-Art zu beobachten ist. Dagegen wird am öftesten gefehlt und die meisten Wiedersprüche bei Beurtheilung der relativen Güte des Mörtels sind daher entstanden, dass man hierauf nicht immer gehörig Rücksicht genommen hat.“

Da das Kalkhydrat selbst eine grosse Festigkeit anzunehmen fähig ist, so wäre nach des Hrn. Fuchs Ansicht, es in so ferne schon für sich geeignet, die Bausteine zu verbinden, wenn sie ebene Flächen hatten. „Eine äusserst dünne Lage von Kalkbrei“ — fährt Hr. Fuchs fort — „würde dann schon hinreichend seyn. Allein da die Bausteine sehr grosse Unebenheiten haben, welche ausgeglichen werden müssen, so müsste man zu dicke Lagen von Kalkbrei anbringen, welche beim Austrocknen sehr schwinden und unzählige Klüfte bekommen würden. Dieses zu verhindern und die Consumtion des Kalkes zu vermindern, und zugleich noch manche andere Vortheile, besonders beim Wasserbau, zu bezwecken, wird der Kalk mit anderen Materialien versezt, welche mit ihm ein festes Konglomerat, zum Theil auch ein chemisches Produkt bilden, was sich an die Bausteine fest anlegt und damit ein Ganzes bildet.“

„Das was dem Kalk beigesezt wird, heisst Zuschlag. Man könnte den Kalk den positiven und den Zuschlag den negativen Faktor des Mörtels nennen. Von der Qualität und dem quantitativen Verhältnisse dieser beiden Faktoren hängt hauptsächlich die Beschaffenheit des Mörtels ab.

Digitized by Google

Rondelet, der viele Versuche über die verschiedenen Arten den Kalk zu löschen und anzuwenden und ebenso über die verschiedenen Mörtel angestellt hat, die durch verschiedenartige Verbindungen jener Substanzen, die man mit dem Kalke zu mengen pflegt, bereitet sind, hat bemerkt, dass der Mörtel, welcher aus mittels Eintauchen gelöschtem Kalk bereitet wird, gar keinen Vortheil vor demjenigen gewährt, welcher mit auf gewöhnliche Weise gelöschtem Kalke gemacht wird. Er bemerkt, dass nur gesuchte Auslegungen einiger Stellen Vitruv's den Glauben veranlasst haben, diese Art des Kalklöschens sey jene der Römer gewesen.

Obgleich es nach Rondelet's Versuchen scheint, diese Methode trage zur Qualität der Mörtel in Beziehung auf ihre Härte nichts bei, so gewährt sie doch grosse Vortheile vor der in Paris gebräuchlichen Art den Kalk zu löschen, indem sie es möglich macht, die nicht vollkommen gelöschten Stücke, es mögen diese nun von der schlechten Beschaffenheit des Steines

---

Grossen Einfluss hat darauf auch die Bereitungsart. Der Mörtel kann daher sehr verschieden ausfallen, es giebt aber davon doch eigentlich nur zwei Arten, den mechanischen und chemischen Mörtel. Bei jenem verbinden sich der Kalk und Zuschlag durch die Adhäsionskraft, bei diesem durch die chemische Anziehungskraft. Jener wird auch gewöhnlich Luftmörtel, dieser Wassermörtel oder hydraulischer Mörtel genannt. Der Zuschlag des lezteren, welcher von einer solchen Beschaffenheit seyn muss, dass der Kalk chemisch darauf wirken kann, heisst Cement oder chemischer Zuschlag. Beide Mörtelarten werden in der Praxis sehr oft mit Vortheil vereinigt, indem man dem mechanischen Mörtel einen chemischen und dem chemischen einen mechanischen Zuschlag beigiebt. Dieses Gemenge kann man Doppelmörtel nennen. Einen solchen Mörtel erhält man auch dann, wenn man mechanischen Zuschlag und mageren Kalk zusammenbringt, weil dieser schon chemischen Zuschlag, nemlich Thon in sich hat. Der Luft- und Wassermörtel sind daher oft Doppelmörtel.«

„Den kohlensauren Kalk, welcher oft im Äzkalk vorhanden ist, darf man nicht zum positiven und die Bittererde nicht zum negativen Faktor des Mörtels rechnen. Das Eisen- und das Manganoxyd möchten wohl in den meisten Fällen als indifferent zu betrachten seyn.«

Über den Einfluss den die eben genannten drei Stoffe auf den Mörtel ausüben, sehe man was hierüber in der Schrift des Hrn. Fuchs S. 14, 25, 26 und 30 gesagt ist. Derselbe hält dafür, dass diejenigen in einem grossen Irrthum befangen seyen, welche glauben, dass die Bittererde gewissermaassen die Stelle des Thons und ähnlicher Körper vertreten könne; und dasselbe auch von vielen andern Salzbasen, namentlich dem Eisen- und Manganoxyd gelte.

Digitized by Google

oder von mangelhaftem oder übermässigem Brennen herrühren, zu verwerfen: auch Rondelet giebt dieser Methode den Vorzug, um aber der Umständlichkeit des Verfahrens im Grossen auszuweichen, schüttet er den Kalk nach dem Eintauchen nicht in die Fässer, um ihn als Staub aufzubewahren, sondern räth, ihn unmittelbar in die Grube zu bringen und ihn daselbst sogleich durch Verwandlung in Brei oder flüssigen Kalk vollends zu löschen.

Der Vorzug dieser Methode des Löschens durch Eintauchen ist neuerdigs durch Herrn Fleuret, ehemaligen Professor der Architektur an der königl. Militärschule zu Paris, Verfasser einer im Jahre 1807 gedrukten, trefflichen Abhandlung über die Kunst Steine zu fertigen, bestättigt worden; dieser Autor fügt aber dem Verfahren des Hr. de la Faye, die unerlässliche Vorsichts-Maassregel bei, den Mörtel unmittelbar nach dem Eintauchen des Kalkes zu bereiten und überdis durch Bedecken des lezteren mit Sand oder mit jenen Materalien, die zur Mörtelbereitung gebraucht werden, das Entweichen der Dämpfe zu verhindern, welche mit Heftigkeit aufsteigen. Hr. Fleuret glaubt, dass dieser Dampf zur Wiedererzeugung des Kalkes geeignete Grundstoffe enthalte und derselbe folglich zur Vermehrung der Härte des Mörtels beitrage.

Welche Methode man aber auch zum Löschen des Kalkes anwenden mag, welche Art von Mörtel man auch durch die Mengung verschiedener Substanzen mit lebendigem oder mit gelöschtem Kalke zu bereiten gedenkt, immer hängt die Güte des Mörtels wesentlich von der innigen Mengung der Substanzen ab, aus denen er besteht: es ist nothwendig, dass diese Mengung mit dem Kalke zu einem Brei ohne Zusaz oder nur mit so viel Wasser geschehe, als zum Löschen des Kalkes nöthig ist, wenn man lebendigen Kalk anwendet. Jedenfalls muss die Mengung nicht wie in Paris durch eine Schaufel oder einen Stock, sondern durch eine breite eiserne Krücke geschehen, wie dis an anderen Orten geschieht. Man muss dis Gemenge lang und stark umrühren und es nicht eher als vollständig betrachten, als bis man keine der Substanzen mehr zu unterscheiden vermag.

Man darf ausserdem, wie es auch Hr. Fleuret anräth, bei Anwendung des nach seiner Methode gelöschten Kalkes den Mörtel nur nach Maassgabe seines Verbrauches anmachen, weil

Digitized by Google

er schnell erhärtet und 10 bis 12 Stunden nach seiner Bereitung nicht mehr mit der Kelle behandelt werden kann, ohne dass man ihn anfeuchtet, was aber auf seine Qualität einen nachtheiligen Einfluss äussert.

Rondelet hat im Jahre 1783 mit Kalk von Marly verschiedene Versuche angestellt, um die Auswahl und die Mengen der Materialien, welche zur Bereitung eines guten Mörtels mit diesem Kalke am geeignetsten sind, kennen zu lernen. Er sezte Prismen oder Ziegeln, welche aus diesen verschiedenen Mörteln gefertigt und achzehn Monate alt waren, dem Drucke der zum Zerbrechen der Steine bestimmten Maschine aus; die Resultate dieser Versuche sind in dem Werke dieses Autors: die Kunst zu Bauen, I. Thl. S. 306 u. f., aufgezeichnet: ich werde die vorzüglichsten Resultate aus demselben zur Unterstüzung der Folgerungen, die ich daraus ziehen werde, ausheben. [110])

Aus diesen Hauptversuchen kann man schliessen;

1tens, dass die Zusammenpressung, d. h. das Schlagen des Mörtels, um ihn zusammenzupressen, seine Dichtheit und seine Widerstandskraft beträchtlich vermehrt;

2tens, dass weder der Flusssand, noch die aus zerstossenen Sandsteinen bereitete Kieselerde es sind, die troz des zu ihren Gunsten herrschenden Vorurtheils, den besten Mörtel geben;

3tens, dass der Cement-Mörtel dem Drucke besser widersteht, als der Puzzolane-Mörtel und dass unter den lezteren der Mörtel aus römischer Puzzolane besser als der aus neapolitanischer bereitete ist;

4tens, dass die nach dem Loriot'schen Verfahren bereiteten Mörtel den geringsten Widerstand leisten;

5tens, dass die alten Mörtel Italiens und Frankreichs eine fast gleiche Widerstandskraft unter sich haben, jedoch eine beiweiten grössere, als die erst achtzehn Monate alten Mörtel;

6tens, dass der aus dem Abbruche der Bastille genommene Mörtel gleichfalls an sich eine grosse, obgleich niedere Widerstandskraft als die römischen Mörtel erlangt hat;

7tens endlich, dass der mit Kalkmilch angemachte Gyps-Mörtel in achtzehn Monaten eine grössere Härte als der gemeine Kalk-Mörtel erreicht.

---

[110]) Die hieher gehörige Tafel ist am Ende unter No. VIII beigefügt.

Digitized by Google

Die Vermehrung der Härte, welche die Mörtel der Alten durch die Zeit erlangten, erregte die Aufmerksamkeit Rondelet's; er bemühte sich, diese Vermehrung zu bestimmen, indem er die nemlichen Mörtel, welche er sechzehn Jahre zuvor geprüft hatte, neuen Versuchen unterwarf.

Im Nachstehenden sind die wesentlichsten Resultate der mit Parallepipeden von vier Zoll Oberfläche angestellten neuen Versuche enthalten.

Nummer der alten Versuche.	Bezeichnung der Mörtel.	Ausgehaltener Druck im Momente des Brechens.	
		im Oktober 1787.	im August 1802.
		℔	℔
2	Mörtel von Flussand gepresst . . .	2552	2864
6	Cementmörtel, ebenso	3970	4948
7	dergleichen, mit Sand	2645	2948
15	Mörtel von römischer Puzzolane, gepresst, .	2728	3112
18	Mörtel von neapolitanischer Puzzolane, ebenso.	2360	3100

Diese Versuche beweisen offenbar die Vermehrung der Härte durch die Zeit, da sechzehn Jahre hingereicht haben, die Widerstandskraft des gemeinen Mörtels um $\frac{1}{8}$, die des mit Sand gemengten Cement-Mörtels um $\frac{1}{9}$, jene des aus römischer Puzzolane bereiteten Mörtels um $\frac{1}{7}$, endlich die des neapolitanischen beinahe um $\frac{1}{3}$ zu vermehren.

Diese verschiedenen Versuche drücken genau den Widerstand der Mörtel gegen eine drückende Kraft aus; allein es war für die Baukunst wichtig, die Kraft zu kennen, mit welcher der Mörtel an den Steinen oder Ziegeln, welche sie verbinden adhäriren

Rondelet hat gleichfalls Versuche zur Bestimmung dieser Adhäsionskraft angestellt; er fand, dass Steine und Ziegel, die seit sechs Monaten mit einem und demselben Mörtel verbunden waren, zur Trennung derselben erforderten: [120])

Diese Versuche über die Adhäsion der mit gewöhnlichem Mörtel und mit Gyps verbundenen Werkstücke und Ziegel zei-

[120]) Die hieher gehörige Tafel ist unter No. IX am Ende angefügt.

Digitized by Google

gen im Allgemeinen, dass die Adhäsionskraft um so stärker sey, je weniger hart die Steine sind; der Mühlstein macht indessen hievon eine Ausnahme; es rührt dis ohne Zweifel von den leeren Räumen her, welche diese Steinart hat und wodurch der Mörtel gleichsam veranlasst wird, sich in die Steine einzuhäckeln. Was die Adhäsion bei den Ziegeln, als der stärksten von allen, betrifft, so gründet sie sich auf die grosse, bereits bekannte Affinität des Kalkes und der eisenhaltigen Thonerde.

Aus den Versuchen über die Adhäsion der mit Gyps verbundenen Steine, welche ungefähr um ein Drittheil stärker ist, als wenn die Verbindung durch Mörtel geschieht, könnte man schliessen, dass der Gyps den Vorzug vor dem Kalke beim Mauerwerke verdiene, allein es ist wohl zu bemerken, dass die Adhäsionskraft des Mörtels mit der Zeit gewinnt, während dem die des Gypses, wie die Erfahrung gleichfalls zeigt, abnimmt, besonders wenn er der Feuchtigkeit ausgesezst ist.

Diese Versuche beweisen ferner, dass die Adhäsionskraft der mit Mörtel verbundenen Steine auch von der mehreren oder geringeren künstlichen Glätte der Oberfläche der Hausteine abhängt.

Man muss auch noch diese Adhäsionskraft der Mörtel, wenn damit Quader oder Backsteine verbunden werden, von jener unterscheiden, welche unter den Bestandtheilen des Mörtels Statt findet.

Wenn es auch unmöglich seyn mag, diese erstere Kraft genau zu bestimmen, da sie von der grösseren oder geringeren Glätte der Oberflächen und von mehreren oder minderen Affinität abhängt, welche die durch den Mörtel verbundenen Körper haben können, so kann man sie indessen doch ausmitteln, indem man als den mittleren Werth der Adhäsion eine aus vielen Versuchen abgeleitete Grösse annimmt. Man findet, dass sie 105 ℔ auf 4 Zoll Oberfläche oder 3780 ℔ auf den Quadratfuss beträgt.

Was die Adhäsionskraft der Bestandtheile des Mörtels anbelangt, so hat Rondelet gleichfalls gesucht sie aus verschiedenen Versuchen mit Parallelepipeden, die seit 16 Jahren aus Mörtel gefertigt waren, kennen zu lernen, indem er sie einer Zugkraft nach der Richtuug ihrer Länge aussezte.

Das Verhältniss der Kraft, welche nöthig war, diese Adhäsionskraft bei dem Mörtel Nro. 1 der vorstehenden Versuche zu überwinden, verhielt sich zur Druckkraft, welche dasselbe Paral-

Digitized by Google

lelepipedum zerbrach, wie 58 zu 676, das heisst, jene betrug ohngefähr den 13ten Theil der lezteren.

Bei dem Mörtel Nr. 6 ist das Verhältniss zwischen diesen beiden Kräften wie 1 zu $7\frac{1}{2}$; bei den Puzzolan-Mörteln wie 1 zu 8; fast dasselbe fand bei den alten Mörteln Statt.

Nach Verlauf eines beträchtlichen Zeitraumes, wenn die Mörtel endlich ihre ganze Härte erlangt haben, ist die Adhäsionskraft, welche die Steine mit den Mörteln vereinigt, viel grösser, als jene der Bestandtheile dieser Mörtel. Diese Wirkung wurde unwiderlegbar durch den Bruch der Mörtel dargethan, indem diese immer in der Mitte der Dicken oder Leeren Statt fand, während man die Steine, aus denen die Trümmer von altem, diesen Proben unterworfenem Mauerwerke bestanden, nicht trennen konnte.[121])

---

[121]) Es dürfte wohl nicht ungeeignet seyn, das Urtheil über den Werth ähnlicher Tabellen wie die vorstehenden sind anzuführen, mit welchem Hr. Hofrath Fuchs seine Schrift *über Kalk und Mörtel* schliesst, welche Schrift, so wenige Bogen sie auch füllt, so reich an interessanten Resultaten und Bemerkungen ist, und von Jedem, der an dem Gegenstande Interesse nimmt, studirt werden sollte. Hr. Hofrath Fuchs sagt:

„Was man bei meiner Arbeit vielleicht vermissen wird, ist, dass ich nicht genau die Konsistenz meiner Mörtelproben und Produkte aus Kalk und Silikaten bestimmt habe, wie Vicat und Andere thaten. Ich halte dieses keineswegs für unwichtig, glaube aber doch, dass wir uns vor der Hand, wenigstens zum praktischen Zweck, mit denjenigen Mitteln begnügen können, womit man die Härte der Mineralien bestimmt. Mit Mörtel, welcher dem Druck des Fingernagels widersteht, und sich nur mit dem Messer schaben lässt, kann man zu allen Bauwerken zufrieden seyn. Es besizen ja gar oft die Bausteine, besonders unsere Ziegelsteine, die noch immer den Mörtel an Festigkeit übertreffen dürften, nicht einmal diesen Grad der Konsistenz. — Sollten die Versuche über die relative Konsistenz der Mörtelsorten einen theoretischen Werth haben, sollten sie vergleichbare Resultate liefern, sollten wir dadurch zu einem Maassstab für die Wirksamkeit der Materialien gelangen, so müssen dabei viele Cautelen beobachtet werden, die bisher nicht immer beobachtet worden sind; insbesondere dürfte bei dem Wassermörtel nie die chemische Konstitution der Körper ausser Acht gelassen werden. — Eben dieselben Ingredienzien geben in eben denselben Verhältnissen zusammengebracht, sehr verschiedene Resultate, wenn ihre physische Beschaffenheit nicht ganz gleich ist, und wenn sie nicht mit gleicher Sorgfalt gemengt werden, was bei diesen Versuchen Alles wohl erwogen werden muss. Selbst die Temperatur ist darauf nicht ohne Einfluss. — Da dieses bei allen bisher über die Konsistenz der Mörtelsorten verfertigten Tabellen nicht gehörig berücksichtigt wurden, so kann man ihnen auch im Allgemeinen nicht den Werth, auf welchen sie Anspruch ma-

Digitized by Google

Bei Mauerblöcken, deren Steine mit Gyps verbunden sind, findet die entgegengesezte Wirkung Statt, das heisst, die Adhäsionskraft, welche die Theilchen des Gypses miteinander verbindet, ist jederzeit weit beträchtlicher, als jene, welche den Gyps an die Steine befestigt. [122])

---

chen, beilegen, und es ist zu wünschen, dass man mit diesen Versuchen wieder von vorn anfangen möchte. «

Unter den Versuchen, welche in neuerer Zeit über die Konsistenz der Mörtel, über ihre Verbindung mit Steinen verschiedener Art gemacht worden, müssen, was Menge, Manchfaltigkeit, angewendete Sorgfalt und Kosten betrifft, die Versuche zu den bedeutendsten gezählt werden, welche von der k. b. Festungs-Bau-Direktion zu Ingolstadt, unter der speziellen Leitung des Hrn. Ingenieur-Hauptmanns v. Seidel angestellt wurden. Es bleibt nur der Wunsch übrig, dass die seit Jahren gesammelten, zahlreichen Resultate zum allgemeinen Nuzen, veröffentlicht werden möchten.

[122]) Die Gränzen, in welche der Zweck des vorliegenden Werkes dieses einschliesst, gestatten nicht, den so eben besprochenen, wichtigen Gegenstand in seiner ganzen Reichhaltigkeit erschöpfend darzustellen, wesshalb man sich darauf beschränkt, unter Hinweisung über die Schriften, welche vom Kalke und von der Mörtelbereitung ausführlich handeln, und von denen die wichtigsten bereits angeführt worden sind, hier das Wesentlichste von dem mitzutheilen, was über die Bereitung des Luft- und Wassermörtels in des Hrn. Hofrath Fuchs mehrerwähnter Schrift enthalten ist.

Der Luftmörtel oder gemeine Mörtel, zur Verbindung der Steine solcher Bauwerke bestimmt, die auf trockenem Boden aufgeführt und blos der Luft aber nicht der Einwirkung des Wassers ausgesezt sind, erfüllt, gut bereitet, seinen Zweck vollkommen. Man wendet zu seiner Bereitung den auf gewöhnliche Weise gelöschten, fein zertheilten Kalk an. Das Menge-Verhältniss des lezteren ist einerseits von der physischen Beschaffenheit des Zuschlages und andererseits von der mehreren oder geringeren Magerkeit des Kalkes bedingt. Im Allgemeinen dürfte ein Theil Kalk auf 6 Theile Zuschlag (dem Gewichte nach) ausreichen. Die Theile des Zuschlages werden von dem Kalke um so stärker gebunden, je weniger sie durch ihn von einander entfernt gehalten werden.

Von dem gewöhnlichen Zuschlage zum gemeinen oder Luftmörtel, von dem Sande, ist bereits oben Seite 93 und Seite 116 bis 120 die Rede gewesen, es übrigt hier also nur noch einiges über die Mittel zu sagen, diesen Mörtel zu verbessern. Man wähnte diesen Zweck dadurch am besten zu erreichen, wenn man poröse, das Wasser stark einsaugende Körper unter den Mörtel mengte, vermuthlich weil man hoffte, den lezteren dadurch schneller konsistent zu machen. Noch mehr, man ging so weit, grob gepulverte Holzkohlen unter den Mörtel zu mengen, um dadurch zugleich das Bauwerk recht trocken zu machen, bedachte aber nicht, dass die Kohle als ein weicher Körper, an dem der Mörtel nur schwach adhärirt, als eine lockere und schwammige Substanz,

Digitized by Google

Vom Béton.

Unter den verschiedenen Arten Mörtel giebt es einen, welcher viele Vortheile gewährt, dis ist derjenige, welcher Béton heisst.

---

ein beständiger Träger der Feuchtigkeit sey. Auch die Knochenerde ist nicht geeignet den beabsichtigten Zweck zu erfüllen.

Zu Mauerwerk im Trocknen reicht, wie bereits bemerkt worden, ein gut bereiteter mechanischer Mörtel aus; seine Konsistenz gewinnt beträchtlich durch den Druck der über einander liegenden Steinschichten. Da aber, wo dieser Druck fehlt, oder an feuchten Orten, an Wetterseiten u. dgl. ist die Anwendung eines besseren Mörtels nothwendig.

Eine Verbesserung des gewöhnlichen Mörtels ist auf zweierlei Art möglich, nemlich durch Beimengung eines feinen mechanischen oder eines chemischen Zuschlages. Der feine oder pulverförmige Zuschlag, — der stets von einem, dem Marmor an Härte wenigstens gleich kommenden Stoffe herrühren muss, und bei dessen Verwendung, um das Absondern der gröberen Theile zu verhindern, nicht zu viel Wasser zugegossen werden darf, — vermehrt die Hauptmasse des Mörtels, vergrössert seine Flächenanziehung und erhöht dadurch seine Konsistenz.

Durch Zusaz eines chemischen Zuschlages (Cement) oder thonhaltigen Kalkes wird der Luftmörtel in einen Doppelmörtel verwandelt, und sonach um ein Beträchtliches mehr verbessert; er verhindert das Aufsteigen der Feuchtigkeit, somit auch den Mauerfrass in den Mauern und macht die Anwendung von Bleiplatten entbehrlich.

Sobald die Feuchtigkeit aus dem Mörtel entwichen, die Luft in denselben eingedrungen und somit die zur Geschmeidigkeit erforderliche Thätigkeit verloren ist, hören die Theile auf, sey es auf chemische oder sey es auf blos mechanische Weise auf einander zu wirken; ein zu schnelles Austrocknen ist desshalb jedem Mörtel, besonders aber dem Doppelmörtel, sehr nachtheilig, seine Masse wird locker und leicht zerreiblich.

Frost, besonders wenn er schnell und in hohem Grade eintritt, kann wohl nur dem noch sehr nassen Mörtel schädlich seyn; hat dieser bereits angezogen, so tritt das Wasser ohne Nachtheil für den Mörtel, der nur sich noch mehr zusammen zieht, auf dessen Oberfläche; auf den ganz ausgetrockneten Mörtel wirken Nässe und Frost ebenso wie auf anderes ihm ähnliches Gestein.

Das an die Theile des Zuschlages durch die Adhäsion angedrückte und an denselben erhärtende Kalkhydrat bewirkt, indem sich dabei zugleich stets mehr oder weniger Kalkhydrokarbonat bildet, den Zusammenhalt des mechanischen Mörtels. Ein später, unter gewissen Umständen, immer aber nur äusserst langsam stattfindendes Entweichen des Wassers und Austausch desselben gegen Kohlensäure kann keine Veränderung im physischen Zustande des Mörtels bewirken. —

Bevor nun von dem Wassermörtel oder wie man ihn auch nennt, von dem hydraulischen Mörtel die Rede seyn wird, mag noch einiges über die Kieselerde

Digitized by Google

Dieser Mörtel besteht gewöhnlich aus magerem Kalke, aus Sand und aus Puzzolane oder Cement, dann aus Steinabfällen, die je nachdem man das Gemenge bereitet hinzugethan werden.

Der Béton wird zur Herstellung von Fundamentmauern bei Wasserbauten am Meere oder in Flüssen angewendet: man giesst ihn in das Wasser, entweder unmittelbar oder mittels Kästen, welche diesem Zwecke gemäss eingerichtet sind und das Verdünnen des Mörtels hindern, wenn er die Flüssigkeit durchdringt, um bis auf den zur Aufnahme des Fundamentes bestimmten Boden zu gelangen.

---

und ihr Verhalten zum Kalke und zu anderen Körpern hier eine Stelle finden, um das auf Seite 15 und 16, dann Seite 19 und 20 Gesagte zu ergänzen.

Bekanntlich wird die Kieselerde, weil sie, indem dieselbe mit den Salzbasen Verbindungen eingeht, sich wie eine Säure verhält, gegenwärtig Kieselsäure (Silicium-Säure) genannt, so wie alle ihre Verbindungen Silikate genannt werden.

Die geringe Attraktivkraft der Kieselerde, — welch' lezterer Verwandtschaft zu den Salzbasen so schwach ist, dass dieselbe den schwächsten Säuren, sogar der Kohlensäure, auf nassem Wege weichen muss, — wird durch ihre Kohärenz reichlich und in dem Grade ersezt, dass die Kieselerde in manchen ihrer Verbindungen, z. B. im Feldspath, im gemeinen Glase, Porzellain u. s. w. den stärksten Säuren Widerstand leistet; solche Silikate aber, in denen die Kohärenz der Kieselerde einen gewissen Grad nicht übersteigt, sind geradezu durch Säuern zersezbar. In denjenigen unter diesen Silikaten, welche in Säuren (Salz- oder Salpetersäure) sich ganz auflösen, geht die Kieselerde, jedoch nur auf kurze Zeit, in die Auflösung mit über, scheidet sich jedoch, besonders wenn die Auflösung nicht sehr verdünnt ist, als eine gallertartige, die ganze übrige Flüssigkeit in sich schliessende Masse aus, und wird dann Kieselgallerte genannt. Bei denjenigen Silikaten, die von Säuren gar nicht oder nur schwach angreifbar sind, muss die Kohärenz der Kieselerde durch Glühen oder Schmelzen der zuvor pulverisirten Silikate mit Alkalien oder alkalischen Erden, vermindert, dass heisst, sie muss aufgeschlossen werden. Die Produkte, welche aus der Verbindung dieser Körper mit der Kieselerde hervorgehen, lösen sich in den Säuren gewöhnlich ganz auf und bilden eine Gallerte.

Der Kalk, von dessen Verhalten zur Kieselerde und zu den Silikaten auf nassem Wege nun die Rede seyn wird, geht mit jener und mit vielen Silikaten, selbst mit solchen, die schon eine beträchtliche Menge Kalk enthalten, Verbindung ein und schliesst sie gewissermaassen auf.

Die Mineralien, welche man anwendet, müssen fein pulverisirt und mit dem (gelöschten oder auch ungelöschten) Kalke gut gemengt, mit Wasser gehörig angemacht, und bevor sie in das Wasser zur Probe gebracht werden zwischen Löschpapier etwas zusammengedrückt werden, damit sie im Wasser die ihnen gegebene Form behalten dürfen, die Gemenge nicht zu dünn ge-

Digitized by Google

Obgleich man für die Zusammensezung des Béton keine allgemeinen Regeln geben kann, und obgleich die Beschaffenheit der verschiedenen Substanzen auf die Qualitäten derselben, aus denen das Gemenge bestehen soll, Einfluss haben, so werde ich dennoch die Zusammensezung eines Béton angeben, der unter mehreren Umständen mit gutem Erfolg angewendet worden ist. Er besteht, auf 40 Theile, aus 12 Theilen italienischer Puzzolane, 6 Th. groben Sand, 10 Th. mageren, lebendigen Kalk und 12 Th. Gerölle oder Steinabfälle.

Der Beton wird bereitet, indem man die Puzzolane sogleich mit dem lebendigen Kalke mengt, den man auf die von Hrn. Fleuret angegebene Weise löscht, das heisst, indem man ihn

---

macht und nicht mit zu viel Kalk versezt werden. Je länger sie im Wasser liegen, desto mehr nimmt ihre Konsistenz zu; dis ist oft schon nach wenigen Tagen, zuweilen sogar nach Verlauf von 24 Stunden bemerkbar, während das Gelatiniren mit Säuren in der Regel erst nach mehreren Wochen, selbst in einigen Fällen erst nach Monaten sich zeigt.

Auf eine mit Basen schon zu sehr gesättigte, oder auf eine zu kohärente Kieselerde wirkt der Kalk nur schwach ein, ebenso auf Silikate, die von Säuren unangreifbar sind.

Es würde zu weit führen, die Versuche, welche Hr. Hofrath Fuchs mit verschiedenen Körpern angestellt hat, hier aufzuzählen, wir verweisen auf dessen mehr erwähnte Schrift (S. 19 bis 25) und beschränken uns darauf, das noch anzuführen, was Hr. Fuchs über den, unter den angeführten Umständen Statt findenden Prozess zwischen Kalk und Kieselerde und zwischen Kalk und Silikaten vorträgt. Er sagt: „das Auffallende (bei diesem Prozesse) ist, dass sich keiner von den aufeinander wirkenden Körpern im flüssigen Zustande befindet, was gegen den, schon in älteren Zeiten aufgestellten allgemeinen chemischen Saz: *Corpora non agunt nisi fluida*, streitet. Allein es sind davon schon mehrere Ausnahmen bekannt, wozu namentlich die Cämentation gehört. Damit hat auch der Prozess, von welchem hier die Rede ist, die grösste Ähnlichkeit, und er könnte daher vielleicht schicklich nasse Cämentation oder Cämentation auf nassem Wege (*Cementatio humida*) genannt werden. Was bei der trockenen Cämentation durch das Feuer bewirkt wird, das bewirkt bei der nassen das Wasser, indem es die Theile der Körper in einem gewissen Grade geschmeidig macht, wodurch einigermaassen der Zustand der Flüssigkeit ersezt wird. Es ist vorauszusehen, dass mehrere andere Körper (Salzbasen), z. B. Bittererde, Eisen- und Manganoxyd etc. sich auf ähnliche Weise wie der Kalk zur Kieselerde und zu den Silikaten verhalten werden; und es ist zu vermuthen, dass sich noch viele andere Körper mit gutem Erfolge der nassen Cämentation werden unterwerfen lassen. Viele Veränderungen, welche mit den Mineralien auf und unter der Erde, besonders auf Gängen und Lagern, wo die Natur stets in stiller und unmerklich

Digitized by Google

in eine Art Bassin bringt, das aus der Puzzolane selbst gebildet ist, die den Kalk so umgiebt und bedeckt; man mengt sodann Sand darunter und bringt, wenn der Mörtel fertig ist, ohne Zusaz von Wasser, die Steinabfälle hinzu; das Wasser, welches dazu gedient hat, den Kalk in Brei zu verwandeln, soll hinreichen. Die Mengung muss mittels der Krücke und eiserner Schaufeln vorgenommen werden.

---

fortschreitender Thätigkeit begriffen ist, mögen durch diesen Prozess erfolgen." —

Der hydraulische oder Wassermörtel unterscheidet sich vom gewöhnlichen, mechanischen oder Luftmörtel dadurch, dass er unter Wasser anzieht, darin nach und nach steinhart und für dasselbe undurchdringlich wird. Seine vorzüglichste Anwendung findet er daher bei Bauten im Wasser, da wo es sich davon handelt, dieses am Versickern oder an dem Eindringen zu verhindern; mit gleichem Vortheil dient er aber auch zum Mauerwerke über der Erde und eignet sich besonders zum Abpuz der dem Wetter ausgesezten Mauern; endlich wird er auch zum Ziehen von Gesimsen u. dgl. benüzt. Er kommt der Hauptsache nach mit den im Wasser erhärtenden Produkten überein, welche der Kalk mit Kieselerde und verschiedenen Silikaten bildet, und die nichts anderes, als reiner hydraulischer oder chemischer Mörtel sind. Kalk als positiver und Kieselerde als negativer Faktor, wirken, als Hauptfaktoren des Wassermörtels, mittels des, ihnen einen gewissen Grad von Geschmeidigkeit verleihenden, Wassers chemisch auf einander. Da aber die zu starke Kohärenz der Kieselerde in ihrem natürlichen Zustande (im Quarze), keine merkliche Einwirkung des Kalkes auf dieselbe auf nassem Wege gestattet, so kann sie zum hydraulischen Mörtel nie unmittelbar angewendet werden, sondern es müssen ihre Stelle solche Silikate (Cämente oder chemische Zuschläge) vertreten, die in der Natur häufig vorkommen und auf die der Kalk geradezu, oder nach vorhergegangenem Brennen derselben, für sich oder mit Kalk, einzuwirken vermag.

Auf die Qualität des Wassermörtels haben die physische Beschaffenheit des Kalkes und Zuschlages, die Breitungsart, die dabei in Anwendung kommende Wassermenge und vorzüglich das quantitative Verhältniss der beiden Hauptfaktoren grossen Einfluss.

Man prüft ein Cäment hinsichtlich seiner Güte und des Kalkbedarfs, indem man es fein zerreibt, in mehrere Portionen theilt, jede derselben mit einer verschiedenen Quantität Kalk gut mengt und unter Zusaz von Wasser in einen steifen Teig verwandelt. In irgend eine beliebige Form gebracht, wird dieser Teig sogleich in Wasser gelegt, in welchem er dann täglich an Konsistenz zunimmt. Zerfällt er, so rührt dis oft daher, dass das Pulver des Cements zu grob, oder dazu zu viel oder nicht völlig gelöschter Kalk beigemengt war. Oft ziehen Proben, welche anfänglich zerfallen, später wieder an und erreichen bisweilen eine beträchtliche Festigkeit; bei Versuchen, welche mit langsam anziehenden Körpern gemacht werden, drückt man daher die Proben am besten in ein Glas ein und giesst Wasser darüber.

Digitized by Google

Man lässt den Béton 8 bis 10 Stunden ruhen, dann mengt man ihn vor seiner Anwendung zur Fundirungen aufs neue.

Bei dem Béton, welcher zu Schichten im Innern des oberen Mauerwerkes bestimmt ist, wo er zusammen gepresst werden muss, um dessen Dichtigkeit zu vermehren und dieses Gemäuer gegen das Wasser undurchdringbar zu machen, vermindert man

---

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mörtel um so schneller anzieht, je feiner der Kalk und Zuschlag zertheilt, je inniger und mit je weniger Wasser sie gemengt sind. Durch zu viel beigemengten Kalk zerfällt der Mörtel im Wasser, ersterer ist also auch hier wie beim Luftmörtel nur sparsam anzuwenden.

Um Kosten zu sparen und die Masse zu vergrössern, sezt man gewöhnlich dem Wassermörtel mechanische Zuschläge, feinen oder groben Sand, Steinstücke u. dgl. bei; es kann dann auch mehr Kalk zugesezt werden und man erhält einen Doppelmörtel.

Kalk (fetter) und verschiedene, in Massen vorkommende Silikate geben einen sehr guten Wassermörtel. Unter den Silikaten ist der Thon eines der vorzüglicheren, er giebt, gelinde gebrannt ein mehr oder minder gutes Cäment. Er ist um so besser, je feuerfester und je mehr frei von Eisenoxyd er ist; ein geringer Gehalt an Eisen ist nicht nachtheilig, ein stärkerer aber verzögert das Binden des Thones mit dem Kalke, liefert jedoch oft ein sehr festes Produkt.

Als Stellvertreter des Thones können Thonschiefer, Basalt, Wacke, ferner Trümmer von Töpferwaaren, Porzellankapseln, (Muffeln), Dachziegel, Backsteine u. s. w. dienen: die lezteren sind hiezu am wenigsten tauglich. Alle diese Körper müssen fein pulverisirt werden.

Trass und Puzzolane sind gleichfalls gute Cämente. Als ein solches betrachtet man auch die Eisenschlacken; ihre Wirksamkeit rührt aber nicht sowohl von ihrem Gehalte an Eisen als dem von gehörig aufgeschlossener Kieselerde her.

Unter denjenigen Mineralien, welche für sich, ohne künstliche Beimengung von Zuschlägen, einen hydraulischen Mörtel geben, verdient der Mergel, — seiner häufigen Verbreitung wegen; — die meiste Beachtung. Es war von demselben schon oben S. 67 und 68 die Rede, wir theilen hier, zugleich auf die Schriften des Hrn. Hofrath Fuchs und des Hrn. Ingenieur Panzer verweisend, aus der zuerst genannten nur noch folgendes mit.

Der Mergel (thonhaltiger Kalkstein oder, wie er bisweilen auch genannt wird, hydraulischer Kalk), verbreitet, wenn er angehaucht oder befeuchtet wird, gewöhnlich starken Thongeruch. Er schmilzt in starkem Feuer zu einer schlackenartigen Masse, bei geringem Thongehalte ist er äusserst strengflüssig. Er braust mit Säuren stark auf und es entwickelt sich dabei oft ein erdharziger Geruch. In Säuren (Salz- oder Salpetersäure) nie ganz auflöslich, hinterlässt er immer einen grossen schlammigen Rückstand. In der Luft zerfällt er meist allmälig zu einem grauen Pulver (Mergelerde).

Digitized by Google

die Quantität der Steinabfälle, die dann kleiner seyn müssen, auf die Hälfte: man lässt auch den groben Sand weg und ersezt ihn durch Grubensand oder feinen Cement.

Erst dann, wenn man Erfahrungen gemacht und Versuche mit verschiedenen Gemengen solcher Substanzen, welche Einem

---

Der verschiedene Thongehalt im Mergel und die verschiedenen quantitativen Verhältnisse der Kiesel- und Thonerde im Thon, bilden die verschiedenen Arten von Mergel. Die Kieselerde waltet fast immer, nicht selten bedeutend, gegen die Thonerde vor. Das Menge-Verhältniss zwischen Thon und (kohlensaurem) Kalk ist ganz unbestimmt. Der Thongehalt fällt von 50 Prozent und mehr auf 10 Prozent herab und der Mergel geht dann in den gemeinen, nie ganz thonfreien, dichten Kalkstein über. Der sogenannte magere Kalkstein ist ein gegen 10 Prozent Thon enthaltender Mergel. Wie man den Thongehalt eines Mergels findet, ist bereits oben S. 118 gesagt worden.

Beim Brennen des Mergels entweicht die Kohlensäure des Kalkes und lezterer wirkt auf den Thon, wie wenn dieser, mit Aezkalk gemengt, gebrannt wird. Der mit dem Thon chemisch sich verbindende Kalk wird aufgeschlossen, bildet mit Säuren eine Gallerte und es löst sich dabei ein Theil oder auch alle Kieselerde in den Säuren auf. Starkes Brennen treibt alle Kohlensäure aus, bringt mit dem Thon viel Kalk in Verbindung und es giebt dis ein sehr kalkhaltiges Gemenge von Äzkalk und Thonsilikat. Beim schwachen Brennen wird nur ein Theil Kohlensäure verflüchtigt, nur wenig Kalk mit dem Thon verbunden und ein wenig kalkhaltiges Gemenge von basischem Kalkkarbonat und Thonsilikat gebildet. Bei sehr grossem Thongehalt verschluckt, bei starkem Brennen, der Thon fast allen Kalk; und der Mergel bindet nicht gut, weil er zu wenig Kalk enthält.

Das Verhalten des gebrannten Mergels im Wasser ist sehr verschieden. Der beste Mergel ist in der Regel der von mittlerem (etwa 25 Prozent) Thongehalt; er erwärmt sich, er mag schwach oder stark, nur nicht bis zum Schmelzen, gebrannt seyn, im Wasser nur dann, wenn er in Pulver verwandelt ist; er steht sehr gut im Wasser und erhärtet in kurzer Zeit zu Stein. Im Allgemeinen gilt als Regel, dass, um den Mergel in guten Wassermörtel umzuwandeln, ersterer nur schwach gebrannt werden müsse. Sehr stark thonhaltigem und stark ausgeglühtem Mergel wird das ihm entzogene Vermögen, im Wasser zu stehen, durch Zusaz von etwas Kalk, oft auch durch Anwendung dünner Kalkmilch statt des Wassers beim Anmachen, wieder verschafft; kalkreichem und sehr stark gebranntem Mergel, der sich nicht mehr löscht, muss etwas Cäment zugesezt werden.

Die Gegenwart von viel Eisen- und Manganoxyd im Mergel kann dem daraus bereiteten Mörtel nicht von Nuzen seyn; dagegen schaden Bittererde und Gyps nichts; lezterer befördert vielmehr sehr das Anziehen des Mörtels. Zerfällt der Mörtel im Wasser und bindet er nur sehr langsam, so kann ihn ein Zusaz von etwas Eisenvitriolauflösung zu dem beim Anmachen gebrauchten Wasser dahin bringen, dass er im Wasser sogleich steht und schnell erhärtet.

Digitized by Google

zur Béton-Bereitung zu Gebothe stehen, angestellt, dabei die Quantitäten verändert und die Resultate mehrere Monate hindurch in Kästen, deren sämmtliche Flächen von Löchern durchbohrt sind, unter Wasser gesezt hat, kann man mit Sachkenntniss die Quantitäten bestimmen, aus welchen das Gemenge

---

Um jeden hydraulischen Mörtel vor dem Zerfallen zu sichern, und ihn in kurzem zu grosser Festigkeit zu bringen, überstreicht man ihn, nachdem er angezogen hat, und ehe man das Wasser auf ihn wirken lässt, mit Glasauflösung.

Um die Tauglichkeit des Mergels zu Wassermörtel zu prüfen, zerschlägt man ihn in nicht über ein Zoll starke Stücke, und brennt ihn in mittelmässiger Rothglühhize 1½ bis 2 Stunden lang in einem Tiegel oder besser noch zwischen Kohlen. Das feine Pulver, in welches man die Stücke dann zerreibt, wird ebenso, wie das mit Cäment und Äzkalk bereitete (S. 137) behandelt. Die Gleichheit der Farbe und die Konsistenz der Stücke lassen erkennen, ob sie alle völlig durchgebrannt sind. Es ist von Nuzen mit diesem Versuche auch einen auf nassem Wege zu verbinden.

Das gebrannte Produkt darf nicht zu lange der Luft ausgesezt werden, damit sich, durch Anziehen von Wasser, kein Kalkhydrokarbonat bilde und dadurch die Fähigkeit, unter Wasser zu binden, nicht zum Theil verloren gehe. —

Zum Schlusse fassen wir nun noch einmal das Wichtigste, was Theorie und Erfahrung über den hydraulischen Mörtel lehren, in folgendem zusammen.

Das Erhärten des Wassermörtels beruht einzig und allein auf einer chemischen Verbindung, welche der Kalk (oder an dessen Stelle die Bittererde) als Basis, mit der Kieselerde (oder mit Silikaten) durch Vermittelung der Feuchtigkeit eingeht.

Bei der Anwendung dieses Mörtels muss das zu schnelle Austrocknen desselben auf jede Weise verhütet werden.

Die Konsistenz des Mörtels ist um so grösser, je geringer die chemische Kohärenz der Kieselerde in dem anzuwendenden Silikate ist.

Ehe man daher das Silikat der Cämentation auf nassem Wege unterwirft muss dessen chemische Kohärenz auf trockenem Wege (im Feuer) möglichst gehoben werden.

Die Härte des Wassermörtels ist um so grösser, je physich härter das dazu verwendete Silikat ist.

Der Kalk wirkt auf das ihm beigemengte Cäment um so kräftiger, je feiner dieses ist.

Wir können nicht umhin, hier unsern Dank für die Belehrung, welche Hr. Hofrath Fuchs auch uns durch seine treffliche Schrift *über Kalk und Mörtel* gewährt hat, auszusprechen, und damit den Wunsch zu verbinden, dass es ihm gefallen möge, die Resultate seiner ferneren erfolgreichen Forschungen in einem so wichtigen Zweige der Technik recht bald öffentlich mitzutheilen.

Digitized by Google

bestehen soll, um daraus die tauglichsten Mörtel zu verschiedenen Arten von Béton zu erhalten. [133])

Noch ist zu bemerken, dass in des Geh. Ob. Baurathes Dr. Crelle *Journal für die Baukunst* (III. Bd. 3. Heft. S. 359 u. f.) ein, aus dem Journal du génie civil etc. (Mai 1829) übertragener Aufsaz des Hrn. Vicat, unter dem Titel: *Bemerkungen über die Theorie des Mörtels und der Kalk-Cemente*, enthalten ist, in welchem Hr. Vicat, nachdem er die von mehreren Gelehrten über das Erhärten des Mörtels aufgestellten Hypothesen beleuchtet hat, seine Ansicht dahin ausspricht, „dass der Kalk in den Cementen von natürlicher oder künstlicher Puzzolan-Erde, eben wie in den nicht kalcinirten Cementen von Psamit und Sand, mit diesen Substanzen eine chemische Verbindung eingeht. Diese Ansicht — fügt Hr. Vicat hinzu, — entspricht zahlreichen, bis jezt als richtig anerkannten Thatsachen. Freilich können diese Thatsachen nicht als direkte Beweise gelten, aber man weiss, dass in solchen Dingen direkte Beweise sehr schwer und zuweilen unmöglich sind.“ —

[133]) Die Fundirung der Bauwerke auf Béton gewährt vor den übrigen gebräuchlichen Fundirungs-Methoden in den meisten Fällen grosse Vortheile sowohl in Hinsicht auf Kosten als auf Zeitersparniss.

Über die Bereitung und Anwendung des Béton, so wie über Arbeiten zur Herrichtung des Baugrundes für die Aufnahme der Fundirung handelt umständlich des Hrn. C. A. Beaudemoulin, Ing. au corps roy. des Ponts et Chaus., Schrift: *Recherches théoretiques et practiques sur la Fondation par immersion des ouvrages hydrauliques, et particulièrement des écluses.* (Paris, 1829. — in 4., 83 Seiten mit 3 Kupft. in Fol.); ferner enthält das erste Heft des 3. Bandes von Hrn. Geh. Ob. B. Rth. Crelle Journal für die Baukunst über diesen Gegenstand einen interessanten Aufsaz von Hrn. Bau-Inspektor Zimmermann zu Lippstadt, unter dem Titel: *Einige Bemerkungen über die Festigkeit, Mischungs-Verhältnisse und Zubereitung des Béton.*

Digitized by Google

VIII. Vorlesung.

Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Art des Versezens der Steine. — Bruchstein - oder gemeines Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Backstein-Gemäuer. — Béton. —

Mauerwerk.

Mit dem Namen Mauerwerk bezeichnet man eine Baumasse, die entweder aus Hausteinen, oder aus Bruchsteinen oder endlich aus Backsteinen besteht, welche unter sich mittels Mörtel oder Gyps verbunden sind.

Es giebt demnach verschiedene Arten von Mauerwerk.

Die erste heisst Hausteingemäuer oder Mauerwerk aus zugerichteten Steinen.

Die zweite wird gewöhnliches Mauerwerk, oder Mauerwerk aus Bruch- oder aus Backsteinen genannt.

Hausteingemäuer.

Obgleich bei einigen antiken Monumenten die zugerichteten Steine, woraus jene bestehen, ohne Mörtel versezt sind, so werden diese Bauten doch in die Klasse des zugerichteten Mauerwerkes eingereiht.

Der Zweck den man bei jeder Gattung von Mauerwerk, hauptsächtlich aber bei dem dieser ersten Klasse im Auge hat, ist der, aus einzelnen, mit einander verbundenen Stücken eine einzige Masse zu bilden, die dieselbe Festigkeit hat, als wenn sie nur aus einem einzigen Stücke bestünde.

Bei den Alten war es gebräuchlich, zur Aufführung ihrer Bauwerke Stücke von den stärksten Abmessungen zu verwenden.

Digitized by Google

Man findet in den Ruinen von Persepolis Steine, die 52 Fuss Länge, 6 Fuss Höhe und ebenso viele Breite haben. Diese Blöcke halten 1872 Kubikfuss und wiegen ungefähr 4000 Zentner. An dem grossen Tempel zu Balbeck sieht man noch beträchtlichere Blöcke, und in dem in der Nähe des Tempels befindlichen Bruche, woraus die Blöcke genommen worden, findet man einen, der 69 Fuss Länge, 12 Fuss 10 Zoll Breite und 13 Fuss 3 Zoll Dicke hat. Er bildet einen Kubus von ungefähr 10000 Fuss und sein Gewicht mag beiläufig 2 Millionen Pfund betragen.

Der kühnste Baumeister muss erstaunen, wenn er an die Mittel denkt, welche angewandt werden mussten, solche Massen zu bewegen und fortzuschaffen.

Die Alten verwandten die grösste Sorgfalt auf die genaue Abrichtung der sich berührenden Oberflächen der Steine, und zwar in der Art, dass die Fugen, welche die sichtbaren Kanten dieser Oberflächen bilden, kaum bemerkbar waren. Die grosse Vollkommenheit im Zusammensezen dieser Steine hat den Glauben erzeugt, dass die Alten sie nur durch die Reibung erhielten, indem sie die Steine selbst sich aufeinander im Kreise bewegen liessen.

Wenn die Blöcke keine so grosse Abmessungen hatten, welche die Alten über ihre Stabilität beruhigten, so wendeten sie Klammern von Eisen, bisweilen auch von Bronze an, um die Blöcke zu verbinden und nur eine einzige Masse zu bilden.

Die Mauern des Concordia-Tempels zu Agrigent stellen Beispiele dieser Bau-Art dar. Die Schichten, welche aus Steinen bestehen, die nach allen Seiten gleiche Abmessungen haben und auf ihren Oberflächen mit der grössten Sorgfalt behauen sind, sind durch kupferne Klammern verbunden. Die Ausführung dieses Mauerwerks ist von solcher Vollkommenheit, dass man lange nach Erbauung des Tempels in den Seitenmauern Bogengänge durchgebrochen hat, wobei man die Gewölbe aushob, ohne auf die Zurüstung der Schichten Rücksicht zu nehmen, welche dadurch durchschnitten wurden. Die Steine halten sich noch, unerachtet einige der Pfeiler zerstört worden sind, und mit Erstaunen sieht man, dass diese Verwüstung durchaus keine Trennung in dem oberen Theile der Mauer hervorgebracht hat. Die lange Dauer und die Erhaltung dieses Monu-

Digitized by Google

mentes verdankt es offenbar der besonderen Sorgfalt, welche auf seinen Bau verwendet worden ist.

Die Konstruktion der antiken Monumente ist aber nicht immer so einfach, wie die des Tempels zu Agrigent. Die Griechen besonders wandten verschiedene Verbindungen bei der Anordnung der Blöcke an. Jede derselben hatte einen besonderen Namen.

Sie nannten διατονοι (diatonoi) eine Anordnung von Steinen, deren Länge das doppelte ihrer Breite hatte, und die im Mauerhaupte wechselweise ihre quadratische oder längliche Fläche zeigten; es ist dis, was wir mit dem Namen Binder und Läufer bezeichnen. Hatten alle Schichten gleiche Höhe; so hiess diese Art Mauerwerk, ισοδομον (isodomon); zwei aneinander liegende Steine waren nöthig, um die Dicke der Mauer zu bilden, wenn ihre lange Seite im Mauerhaupte lag, im entgegengesezten Falle reichte ein einziger hin, und dieser Block bildete das, was wir Durchbinder nennen. Unter den alten Bauwerken Roms findet man viele Beispiele dieser Art von Zurüstung.

Bisweilen hatten die Schichten keine gleiche Höhe; in diesem Falle waren aber die niedrigeren Schichten regelmässig zwischen die höheren gelegt. Die kleinen Blöcke hatten zwei Drittheile der Länge und Breite der grössern; es waren dann zwei der lezteren und drei der ersteren nöthig, die Mauerdicke zu bilden. Dieser Verband war das πσευδισοδομον (pseudisodomon) der Griechen.

Wenn die zwei verschiedenen Zurüstungen, von denen oben die Rede war, nicht die ganze Mauerdicke ausmachten, und nur die Stirnseiten aus Werkstücken aufgeführt waren, bestund die Füllmasse des Raumes zwischen jenen aus Bruchsteingemäuer. Diese Konstruktion war das εμπλεκτον (emplecton) der Griechen.

Es gab noch einen anderen antiken Verband, von den Lateinern opus incertum genannt. Er bestand aus Blöcken von unregelmässiger Gestalt. Diese Bauart, wovon man unter den antiken Mauerwerken häufige Beispiele findet, wurde besonders bei den Stadtmauern angewendet. Man bediente sich bei dieser Art Mauerwerk Blöcke von grossen Abmessungen, oder kleiner Steine; wenn das leztere Statt fand, so war dis das eigentliche opus incertum der Römer, welches zur zweiten Klasse des Mauerwerkes gehört.

Diese Details über die Bauart der Monumente der Alten bezeugen die Sorgfalt, welche sie auf die Schönheit und Solidi-

Digitized by Google

tät ihres zugerichteten Mauerwerkes verwendeten. Wir ahmen sie bei den Aufführungen unserer Brücken und einiger öffentlichen Monumente nach, aber für die gewöhnlichen Bauten sind diese Beispiele verloren. Die Unwissenheit der meisten Privaten, welche bauen lassen, die Habsucht der Unternehmer und die Sorglosigkeit eines Theils der Architekten geben in Paris und an andern Orten einer andern, den Alten unbekannten Art des Versezens der Hausteine den Vorzug, welche in Wahrheit förderlich und ökonomisch, aber wesentlich fehlerhaft ist; es ist dis die Methode, mittels Keilen oder Unterlagen zu versezen.

Dieser Methode zu Versezen hat man grösstentheils die Senkungen und Bewegungen zu verdanken, wodurch Besorgnisse über die Festigkeit eines der berühmtesten Bauwerke von Paris erregt wurden; es ist allgemein anerkannt, dass die Anwendung von Keilen und das Abschrägen der Steinlager an den Pfeilern des französischen Pantheons, um sehr dichte Lagerfugen mit scharfer Kante zu erhalten, die Zerstörung dieser Pfeiler verursacht und deren Wiederaufführung nöthig gemacht hat.

Diese Methode zu versezen ist schon längst von den Strassen-, Brücken- und Fortifikations-Arbeiten verbannt, und man hat sich bei den, diesem Ingenieur-Korps anvertrauten Bauten wieder sehr der von den Alten angewendeten Art des Versezens genähert.

Der Beweggrund, welcher die Werkleute bestimmt, auf Keilen zu versezen, ist der, dass dieses Verfahren ein schnelles und leichtes Versezen möglich macht, und wenig Nachhauen und Überarbeiten nach dem Versezen erfordert. Man kann in der That mittels mehr oder minder hoher Keile, einen Stein, ungeachtet der Fehler im Behauen der Lager, so versezen, dass seine Stirnfläche der der zu erbauenden Mauer entspreche und sein oberes Lager in der Ebene der Schichthöhe liege.

Ein auf solche Weise versezter und durch vier Keile unterrüsteter Stein, der oft eine Lagerfuge von beinahe einem Zoll Höhe hat, wird mit Gyps oder flüssigem Mörtel umgeben. Um dis leichter zu bewerkstelligen, bedient man sich einer eisernen Kelle, und schliesst die Öffnung der Fugen mit Werg oder Hanf, den man wieder wegnimmt, wenn der Mörtel Konsistenz gewonnen hat.

Die Folge dieser Versezungsweise ist, dass, weil der Mörtel durch das Trocknen sein Volumen vermindert, die Last eines

Digitized by Google

Theils des Gebäudes durch die Keile getragen wird, was, da die Steine nicht überall aufliegen, oft den Bruch derselben in ihrer Mitte verursacht; oder, was noch schlimmer ist, der Druck bewirkt, dass die Steine sich parallel mit ihrem Vorderhaupte spalten. Dis ereignet sich gemeinlich, wenn man, um im Gesicht dichte Fugen zu haben, das Abschrägen der Lager, wie es an den Pfeilern des Pantheons geschehen ist, ein oder zwei Zoll breit einwärts der Kante des Mauerhauptes angefangen hat.

Man könnte in der That wohl einen Theil der Nachtheile, welche mit dieser Methode zu versezen verknüpft sind vermindern, wenn man statt hölzerner Keile Plättchen von Blei anwendete, die, weil sie pressbar sind, den Steinen gestatten, sich nach Maassgabe der Zusammenziehung des Mörtels zu sezen, wodurch sich die Wirkung der Schwere auf die ganze Oberfläche der Fugen vertheilt; aber ungeachtet dieser Vorsicht, wodurch die Baukosten vermehrt werden, soll man sich doch dieser Methode nicht bei grossen Bau-Werken, am wenigsten bei Wasserbauten bedienen.

Die Art des Versezens, welche nothwendiger Weise an die Stelle jener mittels Keile, deren Nachtheile eben gezeigt worden sind, zu treten hat, ist diejenige, bei welcher man die Steine in Mörtel sezt.

Vor der Beschreibung dieser Methode ist es jedoch nothwendig, ein Wort über die Zurüstung zu sagen.

Bei den grossen Bauten, wo die beträchtlichen Dicken der Mauern nur selten die Anwendung von Durchbindern gestattet, wendet man ein System der Zurüstung an, welches sich dem Emplekton der Griechen nähert. Es ist dasjenige, welches wir, wie bereits gesagt worden, Läufer- und Binder-Verband nennen. Es bildet, vermöge seiner Anordnung, einen vortrefflichen Verband zwischen dem Hausteingemäuer der Vorderhäupter und dem Bruchsteingemäuer, woraus das Innere der Mauern besteht.

Diejenigen Hausteine, deren längere Seite im Mauerhaupte liegt, heissen Läufer. Die Binder sind dagegen diejenigen, die im Mauerhaupte ihre kleinste Abmessung, im horizontalen Sinne, haben, die längste heisst der Schweif des Steines. Diese beiden Arten von Steinen werden abwechselnd neben einander gelegt, und bilden eine ungleiche Dicke der Zurüstung. Die Theilung der gesammten Oberfläche des oberen oder unteren

Digitized by Google

Lagers von einer Schichte einer geraden Mauer, durch die Länge der Schichte, giebt zum Quotienten das, was man die mittlere Hausteindicke (appareil reduit) nennt. —

Obgleich die Abmessungen der Blöcke wesentlich von der Beschaffenheit der zu Geboth stehenden Steinbrüche und von der Grösse der aufzuführenden Gebäude abhängt, so muss doch ein gewisses Verhältniss zwischen den Abmessungen der Läufer und Binder bestehen, um so viel als möglich die Vortheile der grössten Stabilität und des Maximum vom Widerstande der Steine zu vereinbaren, auf welches Maximum, bei gleicher Oberfläche, die Gestalt dieser Oberfläche besonderen Einfluss hat.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass für den Stein von mittlerer Dauer, den Läufern die dreifache Höhe zur Länge und die zweifache Höhe zur Breite gegeben werden solle. Die Binder können ungefähr dieselben Abmessungen haben.

Wenn man sehr festes Gestein, von mehr als ein Fuss Zurüstungshöhe anwendet, kann man den Läufern das Fünffache der Höhe zur Länge und das Zwei- und Dreifache der Höhe zur Breite geben.

Die Ökonomie gestattet nicht, dass man alle Steine genau auf die angegebenen Dimensionen bringe und dass sie für alle Blöcke gleich sey; in der Ausübung begnügt man sich mit der Annäherung an diese Regel.

Welche Art Gestein man aber auch anwenden mag, so muss man doch vermeiden, den Läufern eine grössere Länge als das Sechsfache ihrer Höhe zu geben. Man darf nur dann von dieser Regel abweichen, wenn es sich von Steinen zur Bekrönung eines Baues handelt, welche Durchbinder bilden. Die mit gutem Erfolg bei den geneigten Theilen des Frontons am Louvre zu Paris, und an den Brüstungen der Brücke von Neuilly angewandten Steine berechtigen hiezu; in diesem Falle ist es aber nothwendig, dass die Lager mit Sorgfalt gearbeitet seyen, damit die Steine überall aufliegen, widrigenfalls leicht ein Bruch der Steine verursacht werden würde.

Vor dem Versezen eines Steines in Mörtel flächt man das obere Lager der unteren Schichten, worauf dieser Stein versezt werden soll, wagrecht nach der Ebene der Schichte ab, bringt das Werkstück zur Stelle und prüft im Falle es sich von einer geraden Mauer handelt, mittels des Senkels, des Winkels und der Sezwage, ob seine Lagen genau im Winkel zu der Stirnflä-

Digitized by Google

che zugerichtet sind, oder auch dem Steigungswinkel, wenn von einer Böschungs-Mauer die Rede ist: man untersucht, ob die Lager gut gehauen sind und ob die vertikalen oder geneigten Fugen gerade Flächen bilden. Endlich erst dann, wenn man sich überzeugt hat, dass der Stein so zugerichtet ist, dass er sich genau an die benachbarten Werkstücke anschliesst, schreitet man zum wirklichen Versezen auf dem Mörtellager, welches ihn aufnehmen soll. Ist man genöthigt, um ein genaues Anschliessen zu erhalten, die gerade Haltung der Stirnfläche aufzuopfern, das heisst, muss der Stein, um den Lager- und Stossfugen vollkommenen Schluss zu geben, über die Mauerfläche vorspringend versezt werden, so darf man nicht anstehen, dis zu thun. Man zieht nemlich in diesem Falle auf dem obern Lager des Steines eine, durch die Ebene der Stirnfläche gehende Linie; diese Linie zeigt die Lage der neuen Stirnfläche an, welche dann nach dem Versezen an Ort und Stelle zugehauen werden muss.

Den also hergerichteten Stein nimmt man wieder hinweg; breitet, nachdem das Lager der unteren Schichte gereinigt und angenezt worden ist, darauf eine recht gleiche Lage feinen Cement-Mörtels von etwa acht Linien Dicke aus; ebenso überzieht man die vertikale Fuge des nächsten Steines mit einer Mörtellage; darauf legt der Arbeiter den Stein auf die Cementschichte, bringt ihn mittels des Brecheisens zur Stelle, rückt ihn an die Fugen, und nachdem er seine Lage aufs neue mit dem Richtscheid, dem Winkelmaasse und der Bleiwage untersucht, schlägt er mit einem hölzernen Schlegel darauf, so dass der überflüssige Mörtel unter der Gewalt des Druckes aus den Fugen tritt.

Es ist einleuchtend, dass eine auf solche Weise versezte Hausteín-Schichte, die in ihren Fugen gar keine Leere hat, auf einer Mörtellage von gleicher Dicke ruht und sich folglich gleichmässig zusammen presst, eine völlig unveränderliche Stabilität erhalten muss, sowohl durch die gute Lage der Steine als durch die Adhäsionskraft des Mörtels, welcher die verschiedenen Schichten unter sich verbindet und die nach den vorerwähnten Erfahrungen mehr als das Doppelte des Gewichtes der Steine ausmacht.

Einige neuere Baumeister haben, nach dem Vorbilde der Alten, versucht, die Festigkeit, die aus dem Versezen der Steine in eine Mörtelbett hervorgeht, noch zu vermehren; sie erdachten Verbindungen im Innern, welche durch Zapfen und durch mässige

Digitized by Google

Vorsprünge in den Lagern und Fugen der Blöcke bewerkstelligt werden. Dieses Mittel wurde öfter versucht, vorzüglich bei Bauten am Meere, wo das Mauerwerk dem Wellenschlag früher ausgesezt ist, als der Mörtel die für den entgegen zu sezenden Widerstand nöthige Konsistenz erlangt hat. Aber man hat eingesehen, dass dieses Mittel der vortheilhaften Idee, die man sich davon gemacht hatte, nicht entsprach: denn es ist fast unmöglich, im Behauen die erforderliche Genauigkeit zu erhalten, damit die Oberflächen der so sehr vervielfachten Ebenen sich berühren; zwischen den Steinen, die sich nicht berühren und nur auf einigen Punkten unterstüzt sind, giebt es Leeren; kurz: aus der Anwendung dieses Mittels entspringen fast immer Konstruktionsfehler, die statt das Mauerwerk fester zu machen, gemeinlich nur seine Zerstörung verursachen.

Wegen dieser Nachtheile verzichtete man auf diese Verbindungs-Arten der Werkstücke: eiserne oder kupferne Klammern, die alle Werkstücke einer Schichte verbinden, verdienen vor ihnen den Vorzug: besser noch ist die Anwendung langer eiserner Schienen, welche Anker heissen, die man auf dem oberen Lager der Schichte nach deren ganzer Länge einfugt; jedes der Werkstücke, woraus die Schichte besteht, erhält ein vertikales Loch, welches auf das in die Schiene geschlagene trifft, und so kann mittels eines Bolzen, der durch die Schlauder und den Stein geht, jede Schichte als aus einem einzigen Werkstücke gebildet betrachtet werden. Um die Festigkeit dieses Mittels noch zu vermehren, verlängert man manchmal die Löcher durch eine oder zwei untere Schichten, und der verlängerte Bolzen, der durch sie hindurchgeht, verbindet sie dergestalt, dass ein Werkstück nicht verrückt werden kann, ohne mehrere Schichten mit zu verrücken. Bei See- und bei solchen Bauten, welche Stösse oder einen starken horizontalen Schub aushalten müssen, ist diese Art der Verbindung vortrefflich. —

Die Klammern, Anker und Bolzen werden in den Steinen gewöhnlich mit Blei befestigt. Es ist dis die solideste, jedoch auch theuerste Art: statt des Bleies kann man auch Schwefel, durch Essig oxydirtes Eisen und selbst einen Cementmörtel anwenden, der, indem er das Eisen der Klammern oxydirt, nach einiger Zeit eine sehr feste Verkittung bewirkt.

Digitized by Google

Rauhes Quader-Mauerwerk (Blockgemäuer).

Es gieht noch eine andere Art Mauerwerk, welches man zu der ersten Klasse rechnen muss: nemlich das mit rauhen Quadern.

Die Quader (Blöcke), Werkstücke von mittelmässiger Qualität, die ohne Behauung verwendet werden, das heisst, die keine andere Zurichtung, als die durch das Brechen bewerkstelligte erhalten haben, bilden ein Mauerwerk, das in Hinsicht auf Solidität dem aus Hausteinen ähnlich ist: es muss wie das leztere in Mörtel versezt werden. Hier ist der Überfluss an Mörtel als Bindemittel nothwendig, damit die genaue Lage der Steine, die durch den Schlag einer schweren Masse erlangt wird, den Mörtel so umher ausbreite, dass er die Fugen und zahlreichen Leeren, welche die nur rauh behauenen Blöcke lassen, ausfülle.

Diese Art Mauerwerk mit rauhen Quadern wird mit Erfolg bei Gründung grosser Gebäude, und besonders bei jener der Brücken, und im Allgemeinen bei Bauten im Wasser angewendet.

Die zweite Klasse von Mauerwerk, das Bruchstein- oder gemeine Mauerwerk, begreift die Bauten, welche aus Bruch-Füll- oder Backsteinen, mittels Mörtel oder Gyps verbunden, aufgeführt werden.

Mauerwerk der Alten.

Die Alten, besonders die Griechen, haben uns in dieser Art Mauerwerk ebenso wie bei dem Hausteingemäuer, Muster zur Nachahmung hinterlassen.

Vitruv ist bis in das kleinste Detail über die verschiedenen Arten Mauerwerk bei den Griechen und Römern eingegangen: wir wollen die vorzüglichsten darstellen.

Die Griechen unterschieden überhaupt fünf Arten von Mauerwerk; sie begreifen die zwei Abtheilungen, welche wir zu ihrer Klassifikation angenommen haben. Die drei ersten Arten, des Isodom, des Pseudisodom und des Emplekton wurden bei der ersten Klasse von Mauerwerk, wohin sie gehören, beschrieben und untersucht. Die beiden lezten von Vitruv angeführten und benannten Arten sind des opus incertum und des opus reticulatum, welche insbesondere zur zweiten

Digitized by Google

Klasse gehören: sie werden der Gegenstand unserer Untersuchung seyn, und wir werden die Verfahrungsweisen und Resultate dieser alten Art Mauerwerkes mit unseren neuen Mauerwerken vergleichen.

Bei dem opus incertum der Alten, welches wir Mauerwerk mit unbestimmten Fugen nennen, bestehen die beiden Mauerhäupter aus unbehauenen Bruchsteinen von unregelmässiger Gestalt; sie liegen ohne Ordnung und Reihenfolge der Schichten, aber allenthalben im Verbande, neben einander. Diese Art Mauerwerk geht bis in das höchste Alterthum: sie war in Rom bis zur Zeit der Kaiser in Anwendung; mehrere Ruinen von Bauwerken jener Epoche liefern den Beweis davon.

Der Raum zwischen den Mauerflächen des opus incertum war mit Füllsteinen, in Mörtelguss, ausgefüllt; dis ist eine Art Béton. Die Füllmasse wurde in Kästen ähnlich denjenigen, deren man sich beim Pisébau bedient, gegossen, — ein Mittel der Konstruktion, wodurch diese Methode förderlich wurde, und durch das Festwerden des Béton war sie fähig eine grosse Festigkeit zu erlangen.

Die Ecken der auf solche Weise aufgeführten Mauern mussten durch Hausteingemäuer in horizontalen Schichten verstärkt werden, um die Steine des opus incertum zu halten, die vermöge ihrer Lage abzurollen strebten. Bei einigen Gebäuden sind diese Ecken aus Backsteinen aufgemauert.

Vitruv tadelt die Methode der Römer, wenn sie das Emplecton der Griechen ohne die Diatonoi oder durchbindenden Steine ausführten; und bezeichnet es als einen Konstrnktionsfehler, der besonders auf das opus incertum und selbst auf das opus reticulatum anwendbar ist, wenn nach der Dicke der Mauer drei Mauerbänder von verschiedener Konstruktion angewendet, und folglich Trennungen verursacht werden, die Folge des ungleichen Sezens sind, das aus diesen verschiedenen Arten Mauerwerk hervorgehen muss.

Diese Bemerkung ist gegründet; es ist jedoch erweisslich, dass das Festwerden diesen Nachtheil verbessert, denn man nimmt in den Massen dieser Art des Mauerwerkes, von welchem man unter den antiken Bauwerken häufige, gut erhaltene Beispiele findet, keine Trennung wahr.

Das opus reticulatum, oder Mauerwerk im Nezverband war mit kleinen, viereckig gehauenen Steinen bekleidet, was

Digitized by Google

von Aussen die Gestalt eines Nezes gab, woher diese Art Mauerwerk den Namen hat. Das Innere war ebenso, wie bei dem opus incertum mit Füllsteinen ausgemauert; es wurde durch dieselben Hülfsmittel hergestellt, und die Ecken müssen gleichfalls durch grosse Werkstücke mit horizontalen Lagern verstärkt werden.

Die Steine, welche die äusseren Mauerhäupter bildeten, waren ins Kreuz gelegt: sie hatten gemeinlich 3 Zoll Seiten- und 5 bis 6 Zoll Binder-Länge, um mit der inneren Füllmasse eine Verbindung herzustellen.

Dieses Mauerwerk, dessen Häupter sich dem Auge wohlgefällig darstellten, wurde zu Rom in den lezten Zeiten der Republik und unter den Kaisern häufig angewendet; es trat an die Stelle des Opus incertum, von welchem man in jener Epoche aufhörte Gebrauch zu machen.

Die weitläufigen und prächtigen Ruinen der Villa Adriana bei Tivoli zeigen fast alle ein mit vieler Sorgfalt ausgeführtes Nezgemäuer. Einige Theile dieser Mauern waren mit Marmor-Vertäfelungen bekleidet; in den Ruinen der Bäder des Titus und des Diokletian zu Rom findet man noch die Löcher für die Klammern oder Hacken, welche die Marmortafeln, womit jene Art Mauerwerk bekleidet war, festhielten.

Die Römer kannten auch das Bruchsteingemäuer mit gerichteten oder parallelen Schichten. Man sieht in den Umgebungen von Rom, in der Nähe des Thurmes Metella die Ruinen eines alten Gebäudes, welches auf diese Art erbaut war. Diese sehr regelmässige Art Mauerwerk kommt dem Isodomon der Griechen nahe; das heisst, alle Bruchsteinschichten haben gleiche Höhe: die Bruchsteine haben alle 8 Zoll Länge, 8 Zoll Breite und 3 Zoll Höhe. Unser neues zugerichtetes Bruchsteingemäuer ist eine Nachahmung jener alten Art Mauerwerkes.

Von diesen verschiedenen Arten Mauerwerk der Griechen und Römer haben die Neuern nur das mit gleichlaufenden Reihen, und hauptsächtlich das Pseudisodomon der Griechen beibehalten, das heisst jenes, welches nichts erfordert, als dass alle Bruchsteinschichten unter sich gleich seyen: dis ist unser gewöhnliches Mauerwerk, in Paris Limousinage genannt, von welchem wir sogleich sprechen werden.

Digitized by Google

Mauerwerk der Neuern.

Unsere erste Art Mauerwerk ist das von gespizten Bruchsteinen; es wird bei Mauerverkleidungen, z. B. bei Stüzmauern, angewendet, welchen man ein gewisses Ansehen von Solidität und Sauberkeit zu geben beabsichtigt; es soll mit keinem Bewurf überdeckt werden.

Die gute Herstellung dieses Mauerwerkes erfordert, dass die Bruchsteine, welche die Mauerhäupter bilden, genau winkelrecht und sauber scharfkantig gehauen seyen; sie erheischt ferner, dass die Lager und Fugen winkelrecht auf das Mauerhaupt zugerichtet seyen. Man versezt diese Steine in Verband und in Mörtel; endlich müssen sie eine Folge von Läufern und Bindern bilden, um das Gemäuer der Häupter mit dem des Inneren in Verband zu bringen.

Wenn diese Art Mauerwerk gut ausgeführt wird, so ist es sehr solid und für das Auge von guter Wirkung. Bringt man noch in den Ecken Quader- oder Haustein-Einfassungen an, welche bäurisches Werk oder Spundfugen erhalten können, so verunziert sie eine schöne architektonische Masse nicht, sondern macht sie reicher, indem sie eine wohlgefällige Manchfaltigkeit bewirkt.

Die zweite Gattung des neuern Bruchstein-Gemäuers ist das rauhe Mauerwerk. Es weicht von dem ersteren nur davon ab, dass die Steine, statt gehauen, fast ganz rauh angewendet werden und dass man sich nicht an gleiche Höhe der Schichten bindet. Die Lager der Bruchsteine müssen indessen gut gerichtet seyn. Sie haben diese Eigenschaft von Natur, wenn sie aus Steinbrüchen genommen werden, deren Bänke deutlich hervortreten. Im entgegengesezten Falle muss man diese Lager mit dem Hammer zuhauen.

Um ein gutes gemeines Mauerwerk zu erhalten, ist es wesentlich, dass der Arbeiter vor dem Aufziehen des Mörtels, in welchem der Stein zu liegen kommt, die Schichte des darunter befindlichen Gemäuers wohl säubere und annezze; er muss die Erde und andere Stoffe, welche an den Steinen hängen können, wegschaffen, und diese befeuchten, damit sie den Mörtel besser anziehen; er muss sie stets in Verband und satt in Mörtel legen; er muss ihnen durch den Schlag des Hammers eine sichere Auflagerung verschaffen, und so lange darauf schlagen, bis jeder

Digitized by Google

Stein seine Stelle eingenommen hat. Es ist ferner nöthig, dass der Arbeiter alle Leeren der Fugen, welche durch die unregelmässige Gestalt der Bruchsteine entstehen, mit Steinabfällen wohl auszwicke, welche mittels des Hammers in den Mörtel, der alle Leeren ausfüllen muss, eingedrückt werden. Endlich ist es unerlässlich, die Mauer von beiden Seiten zugleich schichtenmässig aufzuführen und das Innere mit der Höhe jener Bruchsteine abzugleichen, welche die Häupter bilden.

Nicht immer stehen lagerhaft aus Kalksteinbrüchen kommende Bruchsteine zu Geboth; bisweilen sind nur vulkanische Produkte von unregelmässiger Gestalt vorhanden; ein andermal sind es Kieselgerölle die man anwenden muss. Wenn sie nicht, wie die Kalksteine, den Vortheil haben, lagerhaft zu seyn, so besizen sie doch gemeinlich die Eigenschaft, mit dem Mörtel stärker zu binden, und wenn man Sorge trug, die Leeren gut aus zu zwicken und diese Art Steine satt in guten Mörtel zu legen, so erlangen die Mauer-Massen, welche daraus gebildet werden, endlich eine grosse Solidität.

Im Allgemeinen erfordert das Bruchsteingemäuer die beste Aufsicht, wenn es gehörig ausgeführt werden soll. Es ist wesentlich, die Arbeiter, welche damit beschäftigt sind, nie aus dem Auge zu lassen und die Arbeit nie in Verding zu geben, und zwar der daraus entspringenden Fehler wegen, welche leicht verdeckt werden können. Die zahlreichen Beispiele unangenehmer, aus einem schlecht ausgeführten Mauerwerke entspringender Erfolge müssen den Ingenieur vorsichtig und aufmerksam machen, weil er immer für die ihm anvertrauten Arbeiten verantwortlich ist.

In Paris, wo der Gyps in Überfluss und von guter Qualität vorhanden ist, wird der grösste Theil des gemeinen Hauerwerkes statt in Mörtel in Gyps aufgeführt. Die Werkleute missbrauchen oft die Eigenthümlichkeit dieses Stoffes, auf der Stelle eine beträchtliche Konsistenz anzunehmen, und weit entfernt, die Lager der Bruchsteine vor ihrer Verwendung zu behauen, versezen sie dieselben gemeinlich so wie sie sind und ohne alle Vorsicht. Der Gypsüberzug, womit die Mauern bekleidet werden, verbirgt dann alle die Mängel; und wenn sehr hohe Mauern von 18 Zoll Dicke, die von vielen Fensteröffnungen durchbrochen sind, der Last der Gebälke und Dachstühle, welche sie zu tragen haben, widerstehen, so hat man dis lediglich der

Digitized by Google

Adhäsionskraft des Gypses zu verdanken einer Kraft, die unmittelbar nach seiner Anwendung beträchtlich ist; da sie aber mit der Zeit abnimmt, so können die auf solche Weise aufgeführten Gebäude nicht von Dauer seyn; es ist selten, dass diese über ein halbes Jahrhundert hinausreicht, und während dieses Zeitraumes ist man genöthigt, häufige Ausbesserungen vorzunehmen.

Eine der Ursachen der geringen Dauer jener Gebäude, bei welchen der Gyps angewendet wird, ist das Aufblähen desselben, die Mauern nehmen hiedurch, wenn sie an ihren Enden durch benachbarte Gebäude eingeschlossen sind, eine windschiefe Stellung an; sie verlieren bisweilen ihre lothrechte Richtung und folglich die zu ihrer Festigkeit unerlässliche Stabilität.

Diese Betrachtungen über Mauerwerke mit Gyps dürften die Anwendung dieses Stoffes als Mörtel widerrathen, wenn es sich um die Aufführung grosser Gebäude und öffentlicher Denkmäler handelt.

Backsteingemäuer.

Das Backsteingemäuer ist zu allen Arten von Bauwerken vortrefflich; seine Eigenschaft, mehr als jede andere Art Mauerwerk, den Béton ausgenommen, vom Wasser undurchdringbar zu seyn, eignet es vor Allen besonders zu Wasserbauten.

Die Herstellung desselben ist, wegen der Regelmässigkeit der Prismen aus denen es besteht, die leichteste von Allen. Der Arbeiter hat nur dafür zu sorgen, dass er den Backstein vor der Verwendung säubere und mit Wasser annezze, ehe er ihn auf sein Mörtellager bringt, und ihn auf der ihm zukommenden Stelle dadurch festlegt, dass er ihn mit der Hand, mit dem Hammer, oder einfacher mit der Kelle in sein Mörtellager eindrückt. Der Verband ist leicht herzustelllen, weil alle Backsteine gleiche Abmessungen haben. Man verändert die Verbindungen im Versezen nach der Dicke der Mauern in der Art, dass die Backsteine der oberen Schichten jene der unteren überkreuzen, und dass weder die vertikalen Fugen noch die wagrechten Lagen aufeinander treffen, wenn zur Mauerdicke mehr als ein Stein nöthig ist.

Es giebt noch eine Art gemischtes Mauerwerk, welches gemeinlich aus Backsteinschichten beteht, die regelmässig mit

Digitized by Google

Schichten von kleinen gespizten Bruchsteinen und bisweilen mit Kieselsteinen wechseln, deren Haupt ein Bruch ist, den man durch einen Schlag des Hammers auf den Kiesel erhält.

Man sieht mehrere antike Beispiele dieser Art Mauerwerk; auch einige gothische Monumente liefern dergleichen. Diese Gattung Mauerwerk, welche in Beziehung auf seine Konstruktion nichts besonderes hat, wurde beinahe ganz aufgegeben, da es kospieligere Handarbeiten erfordert, ohne irgend einen Vortheil in Beziehung auf die Solidität zu gewähren.

Bétongemäuer; Fussböden oder Pflaster.

Béton von dem wir bei den Mörteln, zu welchen er gezählt werden muss, gesprochen haben, kann hinsichtlich seiner Anwendung zu Wasserbauten, auch noch als eine Gattung Mauerwerk betrachtet werden Die Art und Weise seiner Bereitung und Anwendung ist bereits gezeigt worden; es ist über dieses Gemenge weiter nichts mehr zu sagen übrig.

Die Gränzen dieser Abhandlung gestatten nicht, uns besonders mit den Fussböden oder dem Pflaster der Gebäude zu befassen, welche die Römer mit einer Art Mörtel oder Béton herstellten, im Falle sie nicht den Marmor selbst anwendeten, den diese Mörtelarten durch die Schönheit des Schliffes, dessen sie fähig sind und durch ihre Härte nachahmten. Dieser Gebrauch hat sich in Italien erhalten, und man fertigt Pflaster aus künstlichem Marmor, dessen Grundlage Puzzolanmörtel mit Marmorstücken gemengt ist, und den man wie den Marmor selbst schleift. Diese Arbeiten, die zu ebener Erde, und selbst auf den Fussböden der oberen Stockwerke von Privatgebäuden angewendet werden, sind in den venetianischen und römischen Staaten sehr gewöhnlich; sie sind besser als unsere Zimmerböden aus gebrannten Platten, an deren Stelle sie in jeder Hinsicht mit Vortheil gesezt werden dürften.

Digitized by Google

IX. Vorlesung.

Vom Holze, als Baumaterial betrachtet.

Die Hölzer werden bei der Konstruktion der Gebäude entweder als wesentliche Bestandtheile dieser lezteren oder blos als Mittel zur Ausführung betrachtet.

Als wesentliche Bestandtheile dienen sie, die Gründungen auf einem Boden herzustellen, der keinen hinreichenden Widerstand darbietet; man fertigt aus ihnen das Zimmerwerk der Decken und der Dachstühle; man wendet sie zur Herstellung der Treppen und Schreinerarbeiten an, mit welchen das Innere der Gebäude geziert wird. Man gebraucht dieselben auch zur Erbauung hölzerner Brücken und Pfahlwerke; endlich dienen sie zu einer grossen Menge von Bauten bei deren Aufführung sie die Stelle des Mauerwerkes vertreten, wenn man sich entweder aus ökomischen Gründen oder aus Verlangen baldiger Benüzung zur Anwendung des Holzes entschliesst.

Als Mittel zur Ausführung werden die Hölzer angewendet, um damit Gerüste, Rüstbögen, Nothbrücken, Fangdämme herzustellen, und ihr Gebrauch ist in der Baukunst eben so häufig als unentbehrlich.

Zur möglichsten Ersparung des Holzes, welches von Tag zu Tag seltener wird, ist es nöthig:

1) dass die Holzkonstruktionen im Allgemeinen aus gesunden Hölzern bestehen;

2) dass die Stücke auf die vortheilhafteste Weisse angeordnet;

3) endlich, dass ihre Abmessungen nach dem Widerstande, den sie zu leisten haben, berechnet seyen.

Wir werden uns nun mit den Hölzern in Hinsicht auf diese drei wichtigen Betrachtungen beschäftigen.

Digitized by Google

Unter den verschiedenen zur Aufführung der Gebäude tauglichen Holzarten unterscheidet man die Eiche als diejenige, welche alle zur Dauer und Solidität nöthigen Eigenschaften im höchsten Grade in sich vereinigt. Unter gewissen Umständen wird auch die Tanne mit Vortheil angewendet; endlich ersezt man die Eiche bisweilen durch die Buche und die Ulme.

Die Botaniker unterscheiden bei den Eichen eine grosse Anzahl von Varietäten; für unseren Zweck wird es genügen, die erste von den zwei Hauptvarietäten als diejenige zu untersuchen, welche die zum Zimmerwerk geeignetsten Eichenhölzer liefert. [124])

Diese erste Varietät ist die, welche Eicheln mit langen Stielen trägt.

Sie theilt sich in zwei Unter-Varietäten, wovon die erste (die Stiel- oder Sommereiche) die beste Gattung Holz erzeugt. Sie begreift die Eichen mit grossen, einzelnen oder zwei und zwei zusammen stehenden Eicheln; das Blatt ist gross; das Holz, von gelblichem Weis ist, geschmeidig, fest, leicht spaltbar; die Rinde ist glatt und graulich von Farbe. Diese Eichenart wächst in gutem Boden, welcher mit einer Schichte von vegetabilischer Erde, die Tiefe hat, bedeckt ist.

---

[124]) Die Eiche (Quercus) trägt männliche und weibliche Blüthen auf einem Stamme, die ersteren haben die Gestalt von dünnen fadenförmigen Käzchen, die anderen jene von Knospen. Die Frucht, Eichel, ist eine einsamige Nuss, deren lederartige Schaale im Grunde von der holzig gewordenen Hülle umgeben ist.

Folgende sind die Hauptarten der Eichen, deren jede vielerlei Namen trägt:

Die Trauben- oder Wintereiche (Quercus Rubor L.) Steineiche, männliche Eiche; u. s. w.

Die Stiel- oder Sommereiche (Quercus Foemina Duroi, pedunculata), gemeine Eiche, Tanneiche, langstielige, grosse Eiche, Baueiche, weibliche Eiche u. s. w.

Abarten sind: die Raseneiche; die spizblättrige Stieleiche.

Die Cerreiche. (Quercus cerris), burgundische Eiche.

Die grosse Stachelkelcheiche (Quercus Aegilops), grosse Galleiche.

Die Stecheiche (Quercus Ilex L.) europäische immergrüne Eiche.

Die Korkeiche (Quercus Suber L.); Korkbaum, Pantoffelholzbaum.

Die beiden Arten von Eichen, die im Texte dieser Vorlesung als zwei Unter-Varietäten einer Eichenart bezeichnet werden, sind ohne Zweifel die Stiel- oder Sommereiche und die Trauben- oder Wintereiche.

Digitized by Google

Die zweite Unter-Varietät (die Trauben- oder Wintereiche) trägt kleine in Büscheln von 3, 4 und 5 vereinigten Eicheln. Das Blatt ist klein, die Farbe des Holzes und seiner Rinde ist dunkler, leztere weniger glatt, und zeigt Risse. Das Wachsthum ist langsam. Diese Eichenart wächst nur auf magerem Grunde mit steinigtem Boden.

Das Holz der Sommereiche gleicht sehr dem Kastanienbaum in der Textur seiner Fibern und in seiner Farbe, woher es kommt, dass man bisweilen altes, hieraus gefertigtes Zimmerwerk für Kastanien-Holz ansieht. Es erhält sich sehr gut, und man zieht es überhaupt allen übrigen Varietäten vor, weil es mehr Kern und weniger Splint giebt, und seine Fibern gerade und elastisch sind.

Die Wintereiche liefert ein beträchtlich spezifisch schwereres Holz als die Sommereiche; sie ist härter, aber minder gerade; ihre Fibern sind oft gewunden, fast mmer durch Knoten unterbrochen, weshalb das Holz schwer zu bearbeiten ist, und, wenn es zugehauen wird, aufreisst.

Alle übrigen Varietäten von Eichen gleichen mehr oder weniger den beiden, von welchen wir eben die Hauptmerkmale angegeben haben. Es wird demnach für unseren Gegenstand hinreichen, als Haupteintheilung des Eichenholzes diejenige anzunehmen, welche die Baumeister, in Übereinstimmung in dieser Hinsicht mit den Botanikern, aufgestellt haben und wonach die Eichen in weisse, oder mit dicken Eicheln, welche weniger schwer, weniger hart, und leichter zu bearbeiten sind, und in Eichen mit kleinen Eicheln, welche die entgegen gesezten Eigenschaften haben, abgetheilt werden.

Diese Eintheilung bezeichnet im voraus die Anwendung, welche von diesen beiden Holzarten in Hinsicht auf ihre Eigenschaften zu machen ist.

Die erste Klasse wird vorzugsweise zu den grossen Zimmerwerken der Dächer, der Decken, zu den Schreiner- und allen übrigen Arbeiten im Innern dienen.

Die zweite wird mit Nuzen zu den Gründungen der Gebäude, zur Konstruktion der Brücken und zu allen Bauten im Freien angewendet, welche dem Wechsel der Jahreszeiten ausgeszet sind.

Diese nüzlichen und geeigneten Anwendungen dieser beiden Holzgattungen können nur an jenen Orten Statt finden, wo diese

Digitized by Google

Hölzer wachsen, oder in See- oder in bedeutenden Handelsstädten, wo wohlversehene Holzhöfe vorhanden sind. Oft ist man durch örtliche Umstände genöthigt, die Gattung welche das Land hervorbringt anzuwenden, obgleich die Bauwerke die andere erforderten, die man aber nur mit sehr beträchtlichen Kosten erhalten würde. [125])

---

[125]) Eine kurze Beschreibung der übrigen, beim Bauen in Anwendung kommenden Hölzer, die im Texte dieses Werkes kaum dem Namen nach erwähnt sind, findet hier wohl um so mehr eine Stelle, als namentlich die Nadelhölzer in Deutschland so häufig sich finden und zur Herstellung von Gebäuden der verschiedenste Art gebraucht werden.

Die Waldbäume, welche Bau-, Nuz- und Werkholz liefern, werden eingetheilt in Nadelhölzer und Laubhölzer.

Nadelhölzer.

Die spizigen dunkelgrünen Blätter (Nadeln) dieser Hölzer, welche nicht wie die Blätter der Laubhölzer, an der Achsel oder im Grunde mit einer Knospe versehen sind, fallen (mit Ausnahme der Nadeln des Lerchenbaumes) nicht regelmässig gegen den Winter, sondern einzeln und nach und nach ab, indem sie sogleich wieder durch andere ersezt werden.

Die Nadelhölzer haben gewöhnlich einen schnurgeraden, gleichförmigen, nach oben verjüngten Wuchs, schwache, sperrig gewachsene, mitunter ganz niederwärts hängende Äste, und ihre Stöcke schlagen nach dem Fällen nie wieder aus. Zu dieser Gattung Waldbäume gehören:

Die Weisstanne (Silber-, Edeltanne; Pinus albus Linn.). — Das Holz dieses Baumes ist fein, langfaserig, von reiner, schön weisser, nur wenig ins Gelbliche, und bei feuchtem Standorte ins Blassröthliche spielender Farbe. Die Weisstanne, fast immer von beinahe schnurgeradem Wuchse, erreicht eine Höhe von 140 bis 170 Fuss, bei 3 auch 5 Fuss Durchmesser am Stammende, und ein Alter von 300 Jahren, während sie in 100 bis 130 Jahren ihr volles Wachsthum erreicht hat.

Auf den Gebirgen Süd-Deutschlands ist sie fast immer die vorherrschende Baumart.

Im Trockenen dient sie zu allen Arten von Bauholz, zu Balken, Sparren, Bohlen und Brettern; sie liefert treffliche, sehr elastische Schiffmasten und Segelstangen. Im Wechsel von Trockenheit und Nässe wird sie, ihres geringen Harzgehaltes wegen, leicht zerstört.

Die Kiefer (Kiene; Pinus silvestris Linn.). Das Holz der Kiefer hat sehr starke, meist mit einem durchsichtigen Harze durchdrungene Jahrringe; jung ist es gelb mit weissem Splint, reif aber röthlich gefärbt; es gehört zu den härtesten Nadelhölzern, ist ziemlich elastisch, aber spröder als Tannen- und Fichtenholz. Die Kiefer ist, im geschlossenen Stande schlank, nach Oben in der Dicke allmälig abfallend, gewachsen, wird bei 2 und mehr Fuss Durch-

Digitized by Google

Der Untersuchung der Fragen in Hinsicht auf den Widerstand und die Anwendung der Hölzer muss die Beschreibung der

---

messer 80 bis 120 Fuss hoch und 120 bis 140 Jahre alt, sie liefert bereits im 80ten oder 90ten Jahre starkes Bauholz.

Sie gehört zu den nüzlichsten Bauhölzern Norddeutschlands und kömmt dort häufig vor.

Beim Bauen dient die Kiefer mit Nuzen zu Balken, Sparren, Trägern, Schwellen, Bohlen, Brettern und besizt auch an feuchten Orten und im Wasser eine beträchtliche Dauer.

Die Weymuthskiefer (Pinus Strobus L.) liefert Schiffmasten und Segelstangen, und ein im Trockenen taugliches Bauholz; sie ist in Deutschland selten.

Die Zirbelkiefer (Pinus Cembra L.) Ein in Deutschland seltener, nur auf den Alpen gewöhnlich vorkommender Baum wird wie die Weiss- und Edeltanne beim Bauen verwendet.

Die gemeine Fichte (Pinus Picea Du Roi), ist von röthlichgelber Farbe, der Kern etwas geadert, die dicke Holzrinde von Harz durchdrungen. Sie erreicht in 100 bis 120 Jahren eine Höhe von 80 bis 100 Fuss bei 2 bis 3 Fuss Durchmesser. In Norddeutschland ist sie der gemeinste Waldbaum.

Die gemeine Fichte dient als Bauholz jeder Art im Trockenen, und ist zugleich, immer unter Wasser stehend, von langer Dauer, weshalb sie auch zu Grundpfählen, Rosten u. s. w. dient, nur dem Wechsel von Nässe und Trokkenheit ausgesezt, stockt und verfault sie in kurzer Zeit.

Die weisse Fichte (Pinus alba L.) findet sich in Deutschland nur sparsam; sie wird wie die Weisstanne benuzt.

Die Lerche (Lerchenbaum; Pinus Larix L.), das festeste unter allen Nadelhölzern, ist reif, von bräunlich-lichtrother, auch gelblicher Farbe, mitunter geflammt. Die Lerche hat schlanke dünne Äste und aus ihrer Rinde schwizt beständig Harz aus. Unter allen Nadelhölzern hat die Lerche das schnellste Wachsthum, sie liefert schon im 60ten bis 80ten Jahre 80 bis 100 Fuss hohe und 2 und mehr Fuss dicke Schäfte, und erreicht ein Alter von mehr als 200 Jahren.

Sie findet sich im südlichen Deutschland häufig, seltener im nördlichen.

Die Lerche liefert ein in Luft, Erde und Wasser ausserordentlich dauerhaftes Bauholz, widersteht dem Wechsel von Nässe und Trockenheit und wird deshalb bei Land- und Wasserbauten mit gleich gutem Erfolge angewendet.

Laubhölzer.

Die Blätter der Laubhölzer sind mehr oder minder breit, deutlich gerippt, an ihrer Achsel mit einer Knospe versehen, fallen im Herbste oder Winter ab und werden im Frühlinge durch neue ersezt.

Die Stämme dieser Hölzer sind im Allgemeinen nicht so regelmässig und nicht so kreisförmig gerundet, als jene der Nadelhölzer; sie nehmen von der Wurzel an meist schnell, höher hinauf aber nur langsam ab, und sind meist unter spizen Winkeln in grosse Äste getheilt. —

Digitized by Google

Haupttheile eines Baumes überhaupt und die der Eigenschaften und Fehler vorangehen.

Die in Deutschland zum Bauen in Anwendung kommenden Bauholzarten sind:

Die Eiche. Von den Varietäten dieses Baumes ist oben im Texte und in der Note 124 bereits gesprochen worden.

Die Rothbuche (Gemeine-, Mastbuche; Fagus silvatica L.) ist für die Baukunst von geringem Werthe, und wird nur bei Wasserbauten zu Grund pfählen u. dgl. mit einigem Erfolge angewendet, muss aber dann grün und saftig seyn, damit sie sich nicht krumm ziehe; unter dem Wechseln der Temperatur schwindet das Buchenholz stark und wird leicht von Würmern angegriffen.

Die Kastanien-Buche (Fagus castanea L.), ein in Deutschland noch wenig verbreiteter Baum, wird als Bauholz wie die Eiche benüzt.

Der Hornbaum (Weissbuche; Caprinus Betulus L., Hagebuche oder Hainbuche) ist gleichfalls nur von beschränkter Anwendung in der Baukunst, da das Holz desselben nur im Trockenen sich hält, dem Wetter und der Nässe ausgesezt aber keine Dauer hat. Es wird am häufigsten zum Maschinen-Bau, und zur Fertigung von mancherlei Geräthen und Werkzeugen benüzt.

Die gemeine Erle (Else; Eller; Alnus glutinosa L.): Das Holz der Erle ist nicht sehr hart und zähe, es hat breite faserige, kleine Spiegelfasern, ungleichförmiges Gefüge und ist jung, meist von weisser, im reiferen Alter aber von röthlich brauner Farbe.

Die Erle erreicht in 40 bis 60 Jahren eine Höhe von 50 bis 60, seltener von 70 Fuss bei 12 bis 16 Zoll Dicke. Sie findet sich allenthalben, vorzüglich an den Ufern der Bäche.

Als Bauholz ist die Erle im nassen Boden, und wenn sie beständig unter Wasser steht, sehr vorzüglich und wird deshalb mit sehr gutem Erfolg zu Grundpfählen, Rostschwellen u. dgl. angewendet; doch dürfen sie nie dem Zutritt der Luft ausgesezt seyn. Im Trockenen ist das Erlenholz zum Bauen ganz untauglich, indem es sich zieht und dreht, leicht stockt, und dem Wurmfrasse unterliegt.

Die weisse Erle (Weisse Else, Eller; Alnus incana L.) liefert Holz zu Schreinerarbeiten.

Die Ulme (Rüster; glatte Ulme; Feldrüster; Ulmus campestris L.). Dieser Baum hat ein gelblich weiss, im Alter röthlich braun in Flecken, Adern, Flammen gefärbtes, feinfaseriges, festes, ziemlich zähes, einer schönen Politur fähiges Holz, das sich fast nie wirft, von keinem Wurme angegriffen wird und durch den Wechsel von Trockenheit und Nässe nicht leidet.

Die Ulme findet sich in ganz Europa, besonders in niedrigen feuchten Gegenden, erreicht eine Höhe von 60 bis 90 Fuss, hat einen beträchtlich starken Stamm und ist in 80 bis 100 Jahren fällbar.

Die häufigste Anwendung des Ulmenholzes findet beim Maschinen- und Mühlenbau Statt.

Die Flatter-Ulme (Flatter-Rüster; Ulmus effusa L.) wird wie die weisse Erle benüzt.

Digitized by Google

Der Stamm des Baumes ist der wesentlich zum Zimmerwerke geeignete Theil; er besteht aus der Rinde, dem Splint und den holzigen Fibern, welche zusammen genommen das ausmachen, was man eigentlich Holz nennt. [126])

Die Esche (Fraxinus excelsior L.). Das Holz dieser Baumart wird, da seine Verwendung zu Bauholz zu kostspielig ist, zu Tischler-, Dreher-, Wagner Arbeiten u. d. gl. gebraucht.

Die Sommer-Linde (weiche Linde; Tilia europaea L.) und die Winter-Linde (Tilia parvifolia. Hoffm.) sind beide ihres weichen Holzes wegen zu Zimmerarbeiten unbrauchbar, und werden nur von den Bildhauern, Instrumentenmachern und Tischlern verarbeitet.

Die weisse Birke (Betula alba L.), dann die wohlriechende Birke (Betula odorata) haben als Bauholz nur geringen Werth. Sie werden zu Ackergeräthen, Radfelgen u. dgl. benüzt.

Die in Deutschland vorkommenden Arten der Pappeln; die Zitterpappel (Aespe, Populus tremulus L.); die schwarze Pappel (P. nigra L.); die italienische Pappel (P. italica Mönch) liefern gleichfalls kein zum Bauen taugliches Holz. Es werden daraus Bildhauer-, Dreher- und Schreinerarbeiten gefertigt. Ihr Reissig wird zu Faschinen verwendet.

Nachbenannte Baumarten werden, weil sie theils zu Bauholz untauglich, theils dazu zu theuer sind, als Werk- und Nuzholz verarbeitet, nemlich: der gemeine Ahorn (Acer Pseudo-Platanus L); — Der Feldahorn (Acer campestris L.); — Der weissblühende Schotendorn (Unächte Akazie; Robinia Pseudo-Acacia L.); — der Wallnussbaum (Juglans rigia L.); — die Rostkastanie (Aeculus Hippocastanum L.); — der Buchsbaum (Buxus sempervirens L.) — die wilde Kirsche (Prunus Cerasus L.); — der wilde Birnbaum (Pyrus communis L.); — der wilde Apfelbaum (Holzapfel; Pyrus malus comm. L.); — die gemeine Pflaume (Schwetsche; Prunus domestica L.). — (Man vergleiche Accum: *Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien etc. I. Band. S.* 81 *u. f.*; Wolfram: *Handbuch für Baumeister. I. Th. neue Aufl.*; J. H. Hoffmann: *Die Hauszimmerkunst. Königsb.* 1819).

[126]) Zur Berichtigung des eben Gesagten von Rinde, Splint, u. s. w. so wie der hinweggelassenen Definitionen stehe hier aus des Hrn. Accum Werke (m. vgl. die vorige Note) folgendes:

„Jeder Baumstamm, so wie auch jeder Ast und Zweig eines Baumes, ist aus der Rinde, dem Holze und Marke zusammengesezt.“

„Die Rinde ist derjenige Theil, welcher die Pflanze, von der Wurzel aus, bis zur Spize der Zweige bekleidet. Man sieht diese Theile deutlich, wenn man einen Ast quer durchschneidet. Die Rinde hat gemeinlich, jedoch nicht immer, grüne Farbe; sie besteht aus drei verschiedenen Theilen, die sich leicht trennen lassen: der Oberhaut, dem Fleische und dem Baste.“

„Die Oberhaut, oder Rindenhaut, ist die äusserste feine Bekleidung der Rinde, bei einigen Holzarten schält sie sich von selbst ab, dis ist der Fall bei der weissen Birke.“

Digitized by Google

Die Naturforscher finden in der Rinde eine wunderbare Anordnung, für das Leben der Pflanzen wesenticher, Organe; allein in der Beziehung betrachtet, die uns angeht, ist die Rinde eine weiche Masse, voll Risse, die durchaus zu keinem Baue taugt. Man trägt Sorge, sie von den zur Zimmerarbeit bestimmten Hölzern wegzuschaffen. Diese Substanz trägt zum Widerstande der Hölzer nichts bei, vielmehr ist sie ihnen schädlich, indem sie

---

„Das Fleisch liegt unmittelbar unter der Oberhaut der Rinde. Es besteht gemeinlich aus einem lokeren mit Bildungssafte angefüllten Gewebe. Untersucht man es vermittelst eines Mikroskops, so sieht man, dass es aus Fasern zusammen gesezt ist, die sich in verschiedenen Richtungen durchkreuzen und zahllose nezförmige Zwischenräume bilden.“

„Der Bast macht den innersten Theil der Rinde aus. Er besteht aus mehreren übereinander geschichteten Lagen dünner Häutchen. Ihre Anzahl scheint mit den Jahren der Pflanze zuzunehmen. Jede dieser Lagen besteht aus in die Länge laufenden Fasern, die sich abwechselnd einander nähern und sich von einander entfernen, so dass sie eine Art Nezwerk bilden, dessen Maschen in jeder der verschiedenen Lagen mit einander korrespondiren. Sie werden kleiner und kleiner, so wie sich die nezförmigen Lagen dem Holze nähern.“

„Das Holz folgt zunächst auf den Bast. Es macht den festen und grössten Theil des Stammes und der stärkeren Äste des Baumes aus. Der jüngere und nicht vollkommen erhärtete Theil des Holzes, welcher näher gegen die Rinde zu liegt, ist weicher, saftiger, und hat gemeinlich eine blässere Farbe, als der übrige Theil des Holzes, man nennt ihn den Splint des Holzes oder das Splintholz. Die Holzlagen nehmen bei ausgewachsenen Stämmen an Dichte zu, so wie sie sich dem Mittelpunkte nähern.“

„Die Holzsubstanz besteht aus Bündeln von schraubenförmig gewundenen Fasern, die bald enge, bald weiter über und in einander geschlungen sind, und dadurch kleinere oder grössere Öffnungen zwischen sich lassen; diese, nachdem sie verhärtet sind, zeigen sich als Fasern.“

„Das Mark nimmt das Innerste des Holzes ein. Es ist eine mehr oder weniger schwammige Substanz, welche eine grosse Menge Zellen enthält. Bei jungen Schösslingen ist es sehr saftig, es wird aber, so wie die Pflanze älter wird, härter und verschwindet endlich in den alten Stämmen mancher Bäume gänzlich.“

„Jene erwähnte Oberhaut, das Fleisch, der Bast, und das Mark, können also als verschiedene Gestaltungen einer zellenförmigen Masse angesehen werden, so wie die Jahresringe und die Spiegelfasern nur als verschiedene Richtungen der Holzfasern angesehen werden müssen. Die Holzfaser macht bei weitem den grösseren Theil des Holzes aus, und von der Art des Zusammenhanges derselben hängt die Verschiedenheit des spezifischen Gewichts der verschiedenen Holzgattungen ab.“

Im Nachstehenden wird nur noch das Wichtigste über die Eigenschaften des Holzes, über das Werfen, Reissen und Schwinden desselben über das Al-

Digitized by Google

ihr Verfaulen beschleunigt, wenn die Hölzer den Unbilden der Witterung ausgesezt sind. Man könnte versucht werden, den Grundpfählen die Rinde zu lassen, weil ihre Stellung sie gegen

---

ter der Bäume und sonstiges auf dieselben Bezügliche mitgetheilt, worüber die oben in Note 125 bezeichneten Schriften umständlicher handeln.

Die Fasersubstanz (Holzfaser, von welcher bereits die Rede gewesen) kommt in den mancherlei Theilen der verschiedenen Arten von Pflanzen in manchfacher Feinheit und Länge vor, kann aber jederzeit in sehr dünne Fäserchen mechanisch zergliedert werden. Das lockere Zellengewebe, welches die Holzfasern verbindet, gestattet sowohl eine leichte Trennung der Faserlagen, als auch ein Aneinanderpressen derselben bis auf eine gewisse Breite und Dicke. Um eine Holzfaser zu verkürzen, würde, wenn dis wirklich möglich ist, eine ungeheuere Kraft erfordert werden, es ist schon sehwer sie ihrer Länge nach zu zerreissen, dagegen aber leicht, sie nach der Quere zu zerbrechen.

Die Holzfaser, welche man im reinem Zustande dadurch erhält, dass man Holzspäne im Wasser anhaltend kocht, den getrockneten Rückstand mit starkem Weingeist, sodann mit ververdünnter Salzsäure, nachher mit einer Auflösung von gewöhnlicher Potasche übergiesst und zulezt so lange mit Wasser digerirt, als dasselbe auf das Holz noch einige Wirkung äussert, — ist geschmack- und geruchlos und in Wasser, Weingeist, in den Ölen und in den Pflanzensäuren unauflöslich; sie besteht in hundert Theilen: aus Kohlenstoff 52,53, Sauerstoff 4178, Wasserstoff 5,69.

Der immer beträchtliche Wassergehalt des Holzes ist von der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft bedingt. Das Holz zieht, nachdem es in starker Hize vollständig ausgetrocknet worden, nachher wieder so viel Feuchtigkeit aus der Luft an, als es vor dem Austrocknen enthielt; dis rührt grösstentheils von dem in Wasser auflöslichen extraktartigen und salzigen Theilen her, die im Holze enthalten sind. Die Nadelhölzer ziehen im Allgemeinen weniger Feuchtigkeit an, als die Laubhölzer. Nach Rumford nahm völlig ausgetrocknetes Eichenholz im Sommer bei 12° Fahrenheit 8,97, im Herbste bei 52° F. 12,46 und im Winter bei 45° F. 16,64 Theile Wasser auf.

Auf der eben bezeichneten Fähigkeit des trockenen Holzes, Feuchtigkeit aus der Luft einzusaugen, und auf der Art und Weise des Austrocknens desselben beruht das Aufreissen, Werfen und Schwinden desselben.

Sehr splintiges, schnell ausgetrocknetes Rundholz reisst der Länge nach auf, indem der schwammige Splint sich so stark zusammenzieht, dass er den Kern des Holzes nicht mehr ringsum bekleiden kann.

Bekanntlich krümmen sich beschlagene Baumstämme und Halbholz nach der Seite zu, wo der wenigste Splint ist, weil die entgegengesezte Seite sich stärker zusammen zieht. Deshalb sollte man Halbholz und Kreuzholz nie aus frischen Stämmen schneiden.

Dem Werfen der einzelnen Verbandstücke eines Gebäudes wird bei einer geschickten Anordnung durch ihr eigenes Gewicht und durch die Art ihres Verbandes mit anderen Stücken begegnet.

Digitized by Google

das Verfaulen schüzt, aber die Rinde, deren Oberfläche knorrig ist, hindert das Eindringen der Pfähle, indem sie die Reibung gegen das Erdreich vermehrt. Es ist also in jeder Hinsicht vortheilhaft, die Zimmerhölzer davon zu befreien.

Bei der gewöhnlichen Art das Holz zu schlagen, ist es für die Dauer des Zimmerwerkes von Wichtigkeit den Splint wegzu schaffen. Dis Verfahren grüudet sich darauf, dass eines Theils

---

Balken und Untersüge sollen so gelegt werden, dass die Seite, welche den meisten Kern hat, oder deren Fasern etwas bogenförmig gekrümmt sind, nach oben kommt. Bei stehendem Holze in Wänden, auf welche ein Druck von der Seite Statt findet, wie bei Bollwerken, Schleusenwänden, u. s. w. soll die kernigste Seite des Holzes gegen den Druck gerichtet seyn. In freien Wänden muss die kernigste Seite der stehenden Hölzer, in der Wand liegend, gegen die Mitte des Gebäudes gekehrt seyn. Frei stehende Säulen sollen rund gelassen oder nur achtseitig beschlagen werden.

Je langsamer und regelmässiger das Austrocknen des Holzes vor sich geht je weniger wirft es sich; gerade gewachsenes am wenigsten.

Die Stämme der Bäume, welche Bauholz geben sollen, müssen gesund, gerade, wohl ausgewachsen und auf 30 bis 40 Fuss Höhe noch 1 bis 1¼ Fuss im Durchmesser haben. Ein gleiches wird von den zu Schnittholz dienenden Stämmen erfordert. Grosses Bauholz wird, der Erfahrung zufolge, nur in dicht geschlossenen Revieren mit Sicherheit und in grossen Quantitäten erzeugt.

Da es in vielen Fällen erwünscht ist, ein Mittel zu besizen, die Durchmesser und Umfänge noch stehender Stämme, deren Höhe bereits ausgemittelt worden, zu finden, so hat Hr. Huber, k. bayer. Salinen-Forstinspektor in den von ihm herausgegebenen: *Hilfstafeln für Bedienstete des Forst- und Baufaches u. s. w.* (*München bei Fleischmann.* 1828 8. 130 *S.*) eine „Tafel der Verhältnisszahlen der Umfänge oder der Durchmesser der Baumstämme von 45 bis 120 Fuss Höhe von 5 zu 5 Fuss und zur Berechnung der Dimensionen und Massengehalte nachstehender Stämme dienlich, und zwar *a.* für Fichten, *b.* für Tannen und Buchen, *c.* für Föhren und Lärchen, berechnet." Aus dieser Tafel ist die unten mit Nro. X bezeichnete Tafel, als ein Auszug der ersteren, zusammengestellt.

Jeder Baum sezt, so lange er lebt jährlich einen Holzring an; nach der Zahl dieser Jahrringe wird, nach Hartig das Alter eines Baumes am sichersten geschäzt. Indem man die Ringe mit einer Nadel abzählt, rechnet man zu der Zahl der Jahre noch so viele hinzu, als jede Baumart gemachten Erfahrungen zu Folge erfordert, damit der Stock, auf welchem der Baum stand, die Höhe, die er hat, erreiche. Die ganz matten Ringe vom Frühlingstriebe der Laubhölzer dürfen nicht gezählt werden, sondern nur die deutlicher wahrnehmbaren Herbstringe. Der Wachsthum des Holzes soll zu seinem Alter in folgendem Verhältnisse stehen; wird nemlich ersteres im 1tem Jahre = 0 gesezt, so ist es im 2ten Jahre = 4, im 3ten = 9, im 4ten = 15 = im 5ten = 22, im 6ten = 30, im 7ten = 40, im 8ten = 54, im 9ten = 70, im 10ten = 92.

Digitized by Google

dieser unausgebildete Holztheil sehr weich ist, und andern Theils weil er sich erhizt und in kurzer Zeit zersezt. In den Splint legen ausserdem die Fliegen ihre Eier, woraus dann die Würmer entstehen, welche den Splint durchbohren und das Holz angreifen. Man wird nachher sehen, dass man, bei der neuen Art das Holz zu schlagen, aus dem Splinte Vortheil ziehen und die eben bezeichneten Mängel dieser Substanz beseitigen kann.

Bei der Eiche ist das Mark nur wahrnehmbar, wenn sie jung ist; es vertrocknet in dem Maasse als sie alt wird, und kaum bemerkt man eine Spur desselben in jenen Eichen, welche Alter und Grösse zur Zimmerarbeiten tauglich machen.

Die Verschiedenheit des Bodens, das Klima und die Stellung bringen bei den Zimmerhölzern merkliche Unterschiede hervor, welche von der Art und Varietät des Baumes, an dem sie vorkommen, unabhängig sind.

Die Eiche, welche in feuchtem Boden wächst, liefert ein Holz, welches man spröde nennt; es ist leicht, seine Fasern sind weich, eines geringeren Widerstandes fähig als von jener, die in einer minder nassen Dammerde gewachsen ist. Diese leztere Holzart ist von schönem Wuchse, ihre Fasern sind voll, dicht zusammen gedrängt, elastisch und sie erhält sich lange Zeit.

Wenn der Baum unter einer leichten Erdlage einen steinigten Boden findet, so liefert er ein gutes Holz, aber sein Wachsthum ist langsamer.

Diese beiden lezteren Holzarten besizen die Eigenthümlichkeit, eine bedeutende Krümmung anzunehmen bevor sie brechen, während im Gegentheile das spröde Holz in dem Augenblicke reisst und bricht, wo die Last die es trägt, es zu biegen anfängt.

Die in warmen Ländern wachsende Eiche ist im Allgemeinen härter und elastischer, als die in kalten Ländern. Die Erfahrung lehrt, dass die äussersten Grenzen dieser beiden Temperaturen dem Wachsthume der Eichen nicht günstig sind. Unter der heissen Zone wird diese Baumart nicht angetroffen, ebenso wenig bringen sie die kalten Zonen hervor. Die Temperatur des 40ten bis 45ten Grades ist die der härtesten Gattung, mit kleinen Eicheln, günstigste. Das mittlere und nördliche Frankreich, so wie Deutschland bringen die schöne Gattung mit dicken Eicheln hervor. Die Richtung gegen Mitternacht und Morgen ist für trockenen und leichten Boden günstig; in kräftigen und

Digitized by Google

feuchten Erlen ist es die Lage gegen Mittag, wo die Eiche am besten gedeiht. Die Lage gegen Abend ist die ungünstigste von allen, von welcher Beschaffenheit auch der Boden seyn mag. Sie ist in der That die dem Winde und Regen am meisten ausgesezte, Umstände, die den Bäumen Unfälle und Krankheiten zuziehen, die die Güte des Holzes schwächen.

Die Lage des Waldes in Bezug auf mehrere oder geringere Erhabenheit des Bodens bringt gleichfalls einige Änderungen in die Qualität des Holzes. Bei Wäldern welche Bergrücken krönen bemerkt man, dass die von den Winden ausgesezten Bäume krumm und verkrüppelt sind; die auf der Mitte eines Bergabhanges stehenden sind von den Zufällen frei, welchen die auf den Höhen stehenden ausgesezt sind; ausserdem ist die Pflanzenerde daselbst häufiger und die allgemeine Erfahrung zeigt, dass diese Lage der Wälder es ist, wo die schönsten, best gefaserten und gesundesten Bäume wachsen.

In den Thalgründen sind die Bäume gleichfalls von schönem Wachsthume, aber das Holz ist gemeinlich spröde.

Die Stellung des Baumes im Walde trägt ebenfalls zur Beschaffenheit des Holzes bei. Die an den Waldsäumen wachsenden und ebenso die vereinzelt und auf öden Plätzen stehenden erlangen eine weit grössere Dicke, als die mit ihnen gleichzeitig im Dickigt wachsenden; jedoch bei diesem schönen Anscheine liefern die erstern gemeinlich ein schlechtes Holz. [127])

---

[127]) Über den Einfluss, den Boden und Standort auf die Beschaffenheit und Güte des Holzes üben, ist noch folgendes zu bemerken.

Ein Boden der für den Baum, welcher auf jenem wächst, zu fruchtbar ist, erzeugt nach der Meinung der Forstmänner zu starken Reiz, verursacht, dass der Baum zu starke Jahrestriebe macht, sein Wachsthum zu spät verlängert und an der Krankheit leidet, die Saftfalle heisst. Nadelhölzer, besonders Fichten und Kiefern werden auf solchen Boden leicht kernfaul, schälrissig oder kernschälig. Zu dürftiger Boden verzögert das Wachsthum der Bäume. Sumpfiger Boden erzeugt im Allgemeinen minder festes und minder dichtfaseriges Holz, als die Bäume gleicher Art auf fruchtbaren, trockenen Boden haben.

Die gemeine Kiefer und die Birke wachsen am vollkommensten in sandigen Ebenen; die Edeltanne, die Buche, die Rüster, der Ahorn, die Aesche auf sanften Abhängen und Erhöhungen der Mittelgebirge; der Lerchenbaum, die gemeine Fichte in höheren Standorten.

In dichtgeschlossenen Holzrevieren wachsende Bäume haben im Allgemeinen ein geradfaseriges, gleichförmiges, minder ästiges und spezifisch leichteres Holz als vereinzelt an Berghöhen, dem Wind ausgesezt stehende Bäume die weniger gerade, ein knorriges, faseriges, härteres, gewundenes Holz liefern

Digitized by Google

Die Fehler oder Mängel des Holzes werden in der Baukunst unter folgenden Benennungen bezeichnet: als eisklüftiges, knorriges, kernschäliges, krummfaseriges, wurmstichiges, endlich rückgängiges (überständiges) Holz.

Das Holz ist eisklüftig, wenn man im Querschnitte des Stammes strahlenförmige, von dem Mittelpunkte nach dem Umfange auslaufende Spalten wahrnimmt. Wenn diese Spalten häufig sind, so ist das Holz das, was man zifferblattrissig oder gesternt nennt; der zuletzt bezeichnete Fehler entsteht durch die starken Fröste, durch welche die Bäume am Fusse spalten und so die Holzfasern trennen: Stücke welche diesen Fehler haben, müssen verworfen werden: sie sind zur Zimmerarbeit unbrauchbar.

Ein Holz ist knotig, wenn es von einem Baume kömmt, der auf seinem Stamme eine grosse Menge Zweige hatte. Dieses Holz ist weder zum innern Zimmerwerke noch zur Tischlerarbeit geeignet; es ist wegen der Ungleichheit von Härte, welche es dem Werkzeug entgegen sezt, schwer zu bearbeiten; aber ein korriges Holz kann, wenn es nur gesund ist, zu den Wasserbauten und Fundationen angewendet werden.

Gedrehtes Holz ist dasjenige, in welchem die gewöhnliche Ordnung und Anlage der Längen- und Querfasern gestört ist, was bei diesen verschiedene, nach allen Seiten gehende Richtungen bewirkt. Dieser Fehler hat Ähnlichkeit mit dem vorhergehenden und die Verwendung der damit behafteten Hölzer ist etwa dieselbe.

Die Kernschäligkeit wird leicht an den concentrischen Spalten erkannt, welche die Jahrringe des Holzes trennen und mit welchen diese Spalten gleichlaufen. Dieser Fehler, welchen der Baum im Stande durch heftige Winde zur Zeit des Saftes erhält, wird grösser, wenn der gefällte Baum austrocknet. Er ist bisweilen bis auf einen so hohen Punkt gesteigert, dass durch eine geringe Kraft ein Holzring vom Kern des noch gesunden Stammes getrennt werden kann. Zu diesem Fehler gesellt sich gewöhnlich noch der der Fäulniss, welche die Folge von jenem ist. Ein davon angegriffenes Stück taugt zu keiner Art von Zimmerwerk.

Krummfaseriges Holz ist jenes dessen Fasern durch unregelmässig dazwischen liegende Knoten (Masern), die jene unterbrechen, in Unordnung gebracht sind. Bei der Verarbeitung dieses Holzes durchschneidet die Säge verschiedene Faserbü-

Digitized by Google

schel, was besonders die Kraft des Holzes vermindert. Dieser Fehler, welcher dieses Holz bei dem Zimmerwerk im Innern verwerflich macht, hindert jedoch nicht, es bei Fundirungen anzuwenden, wo die Bearbeitung nur in einem einfachen vierkantig Behauen besteht.

Der Holzfrass, die Wurmstichigkeit zeigen verschiedene Grade der Fäulniss oder des Absterbens des Holzes an; das Holz ist wurmstichig, wenn es von den Würmern durchbohrt ist. Beim Anfang des Absterbens des Holzes zeigen sich weissliche Flecken. Endlich ist das Holz vom Frasse angegriffen, wenn die Fäulniss den höchsten Grad erreicht hat und das Holz ohne alle Konsistenz in Staub zerfällt. Dis sind Hauptfehler; die hievon zumal im höchsten Grade ergriffenen Hölzer müssen bei jeder Art von Konstruktion verworfen werden.

Überständiges Holz ist jenes, welches, nachdem es lange Zeit abgenommen hat, auf dem Stamme abgestorben ist. Die Zerstörung des Holzes beginnt in diesem Falle im Mittelpunkte des Stammes; die Fasern trennen sich, und das Holz hat lange die Kraft nicht mehr, die es, in der Blüthe seines Alters geschlagen, besass. Man erkennt diesen Fehler des Holzes nur, wenn der Baum noch auf dem Stocke steht; man bemerkt, dass sein Gipfel eine Krone hat, dass die Blätter zu rechter Zeit hervorkommen, aber dass sie vor dem Herbste abfallen; die Rinde ist mit Mosen, Schlingkraut und anderen Schmarozerpflanzen bedeckt. Dis sind die Merkmale, durch welche dieser Fehler zu erkennen ist. Überständiges Holz taugt nicht zur Zimmerarbeit. [128])

---

[128]) In des Hrn. Accum mehr erwähntem Werke sind folgende „Grundsäze, nach welchen sowohl der gesunde, als der kranke Zustand der Bauhölzer beurtheilt werden kann“ und die „Kennzeichen eines fehlerhaften Baumes“ angegeben:

„Die Gute des noch stehenden Baumes ist nie so sicher zu beurtheilen, als wenn derselbe bereits gefällt und aus dem Gröbsten behauen ist.“

„Die Kennzeichen eines gesunden Baumes, der noch auf dem Stamme steht, besonders bei Laubhölzern, sind folgende.“

„Ein kraftvolles, frisches, üppiges Ansehen aller einzelnen Theile, und frisch, gesund aussehende, regelmässig dichte Kronen, ohne blätterlose und dürre Zweige.“

„Ein lebhaft grünes, vollkommen ausgebildetes Laub, vorzüglich am äussersten Ende der Krone und spätes Abfallen des Laubes im Herbste.“

„Ein gerader Wuchs, vorzüglich bei Nadelhölzern — bei Laubhölzern nur eine sanfte Krümmung, und nirgend auffallend schnell abnehmende Dicke des

Digitized by Google

Da die Dauer der Hölzer und ihr Widerstandsvermögen beim Bauen von Wichtigkeit sind, so hat man gesucht, denselben durch verschiedene Arten die Bäume zu fällen und zu entrinden diese wesentlichen Eigenschaften im höchsten Grade zu verschaffen.

Die alten Verordnungen beschränken die zum Fällen der Hölzer geeignete Jahreszeit auf den Winter; Duhamel's Erfahrungen und die guten Resultate, die er für die Kraft und Dauer der in den Monaten Juni und July geschlagenen Hölzer erhielt, scheinen indess zu beweissen, das der Sommer hiezu nicht minder günstig ist als der Winter. Eine Beobachtung zu Gunsten der Meinung dieses gelehrten Kriegers ist die des geringeren Gewichtes der Hölzer während den Sommermonaten, das etwa $\frac{1}{6}$ weniger beträgt als im Winter, ein Resultat, welches er einer geringeren Menge Feuchtigkeit beimisst. Ungeachtet dieser Erfahrungen Duhamel's behält der alte Gebrauch, die Hölzer nur im Winter zu fällen, noch immer den Vorzug und man muss gestehen, dass diese Methode wenigstens den Vortheil gewährt, den Forsten weniger Schaden zu verursachen, als wenn ihr Auslichten im Sommer vorgenommen wird.

Stammes, bei jungen und mittelmässig starken Bäumen eine glatte, lebhaft frische, und ziemlich gleichfarbige, runzelfreie, ungefleckte Rinde und Abwesenheit von Moosen, Flechten, so wie von Insekten, welche in demselben zu nisten pflegen. Bei ältern und ausgewachsenen Stämmen, deren Rinde folglich gröber und dicker ist, ein saftiges, reines und lebhaftes Ansehen der Grundfläche zwischen den Furchen der Rinde. «

„Ein heller Klang, wenn der Baum auf der Südseite an einer von der Rinde entblössten Stelle, mit einem hölzernen Schlegel stark angeschlagen wird. «

Kennzeichen eines fehlerhaften Baumes sind:

„Eine zusammengedorrte, runzelichte, gespaltene, und mit vielen Querrissen durchschnittene Rinde, welche sich unten, gegen die Wurzel zu, leicht abbrechen lässt, und unter der Rinde wohl gar ein milbicht zerfressenes Ansehen hat. Unvollkommen ausgebildete, blassfarbige Blätter, eine abgestorbene dürre Krone, und gewöhnlich frühes Abfallen der Nadeln oder Blätter. «

„An Nadelhölzern Narben, Harzbeulen, Erhöhungen auf der Rinde am Stamme, die zuweilen mit kleinen Reisern besezt sind, — Spuren kleiner oder grösserer Spalten und Höhlungen zwischen den Theilungen der Hauptäste; lange an dem Stamme herunterlaufende, strickförmige Streifen, und weisse oder rothe Flecken auf der Rinde. Eine widernatürliche, verkrüppelte Form des Baumes. «

„Sehr grosse, wildwachsende Laubholz-Bäume sind höchst selten durchaus vollkommen fehlerfrei. Ob ein Baum, der durch seine Grösse, verbunden mit trockenen Ästen am Wipfel, vermuthen lässt, dass er kernfaul zu werden

Digitized by Google

Was die mehr oder minder günstigen Fällzeiten in Beziehung auf die Mondphasen betrifft, so glaubt heutzutage Niemand mehr an ihren Einfluss in dieser Hinsicht, und man weiss, dass die beim Neulichte gefällte Eiche sich ebenso gut erhält als die, welche bei abnehmendem Monde geschlagen worden ist.

Es ist für die Erhaltung der im Sommer gefällten Hölzer wesentlich, sie nicht lange im unbewaldrechteten Zustande, das heisst mit der Rinde bekleidet zu lassen. Man muss sie unmittelbar nach dem Fällen beschlagen; die Erfahrung hat gezeigt, dass der Saft gerne verdirbt; es ist desshalb dringend nothwendig die geeignetsten Mittel zur Austrocknung der Hölzer und Verdunstung des Saftes anzuwenden: durch das Abrinden und Beschlagen beschleunigt man dis. [129])

---

anfange, wirklich an dieser Krankheit leide, kann man durch das Anbohren desselben bis auf den Kern dicht über der Wurzel ausmitteln, denn Bäume, welche ohne äussere Verlezung blos Alters halber absterben, werden zuerst am Stammende kernfaul. Bei Nadelhölzern und allen weichen Laubhölzern, wird zuvor der ganze Kern auf 10 bis 20 Fuss hoch roth und mürbe, ehe die Fäulniss eintritt.«

[129]) Das Fällen des Bauholzes im Spätherbste oder Winter hat neben der erwähnten Schonung des Forstes noch den ökonomischen Vortheil, dass in dieser Jahreszeit die Zimmerleute, Taglöhner und Landfuhrwerke weniger beschäftigt sind als im Sommer; endlich wird die Abfuhr auf dem durch Frost fester gewordenen Waldwege erleichtert.

Die Bäume werden entweder durch Abhauen mit der Axt, möglichst nahe am Boden, oder durch Ausgraben oder Absägen gefällt. Durch das leztere Verfahren ist man oft nur allein im Stande, mittels einiger Keile dem Stamme die beliebige Richtung des Falles zu geben.

Durch schnelles Abrinden werden die Bauhölzer gegen den Angriff von Insekten gesichert, Nadelhölzer aber dürfen, so lange sie noch frisch sind, desshalb nicht entrindet werden, weil sonst aus dem entblössten Splinte Harz hervordringt, dessen Zurückhalten die Dauerhaftigkeit dieser Holzarten zum Theil bedingt. —

Es ist hier wohl der geeignete Ort, das Wichtigste in Bezug auf die Dauer der Hölzer und über die Mittel, jene zu befördern, anzuführen.

Die Organisation des Holzes erleidet, wenn dieses sich selbst überlassen ist, allmälig wesentliche Umänderungen, sie wird zerstört, und geht, wenn Feuchtigkeit und eine Temperatur von nicht viel unter 450 F. jedoch auch nicht so hoch, dass alles in Holze enthaltene Wasser schnell verdunstet, vorhanden sind, in Verwesung über.

Man ist über die chemi chen, bei der Fäulniss des Holzes Statt findenden Veränderungen noch nicht im Reinen, eben so wenig sind die Ursachen der lan-

Digitized by Google

Vitruv und einige andere Schriftsteller melden, dass man die Dichtigkeit, und folglich die Kraft der Hölzer vermehre, wenn man einen gesunden und kräftigen Baum auf dem Stocke absterben liesse, sey es, dass man ihn der Rinde beraubt, oder den Stamm des Baumes gegen die Wurzel zu tief auskerbt.

Duhamel und Buffon haben Versuche angestellt, um die wahren Resultate zu kennen, welche man durch diese beiden, von den alten gekannten und angewendeten Methoden erhält.

---

geren oder kürzeren Dauer der Hölzer unter verschiedenen Umständen genügend ausgemittelt.

Standort, Alter und Fällzeit des Holzes haben auf die Dauer der Hölzer ohne Zweifel bedeutenden Einfluss. Harzhaltiges Holz ist gegen Einwirkung der Luft und gegen Wurmfrass sicherer, als anderes. Dem Wechsel von Nässe, Trockenheit und Luft ausgesetztes Holz verdirbt leichter, als das unter einer unveränderten Temperatur oder beständig unter Wasser sich befindende. Gemachten Erfahrungen zu Folge leistet die Eiche 50 bis 60 Jahre, die Kiefer 20 bis 30 Jahre jenen wechselnden Einwirkungen Widerstand.

Kalk wirkt sehr nachtheilig auf das Holz, desshalb ist das Einmauern von Balkenköpfen, Mauerbänken, u. d. gl. so viel als möglich zu vermeiden. Man hat mancherlei Mittel vorgeschlagen und versucht, die Balkenköpfe zu sichern; Hr. I. l. Hoffmann (man vergl. dessen oben in Note 125 angeführte Schrift, S. 341 u. f.) widerräth das Einmauern aller Köpfe einer ganzen Balkenlage als dem Verbande der Mauern sehr nachtheilig. Er fügt hinzu:

„Die Balkenköpfe sollten billig nicht mit dem Kalke in Berührung kommen, sondern in Lehm vermauert werden; allein dieser ist ein weit schlechteres Verbindungsmittel als der Kalkmörtel, und die Mauer würde dadurch nur noch mehr geschwächt werden: man vermauert daher auch die Balkenköpfe in der Regel mit Kalk, und sucht sie nur durch starkes Betheeren gegen die zerstörende Einwirkung desselben zu sichern; die Erfahrung lehrt indessen oft genug, dass dieses Sicherungsmittel nicht hinlänglich sey. Sollen nun einst eingemauerte Balken erneuert werden: so leidet die Mauer noch mehr; und selten werden die Löcher, welche desshalb haben gebrochen werden müssen, in gutem Verbande und vollkommen dicht wieder ausgemauert.“ —

„Wo man sich zum Einmauern entschliesst, so sollte dis mit besonderer Vorsicht geschehen. Man sollte nemlich eine besondere Blende mit einem Bogen darüber in der Wand so tief einmauern, als der Balken hinein kommt, in diese den Balkenkopf, den man auch immer noch Theeren könnte, auf untergestrichenen Lehm lagern und an den Seiten und oben mit ausgesucht festen Steinen und sehr dünnen Fugen in Lehm vermauern. So würde der richtige Verband in der Mauer erhalten, das Holz fest und dauerhaft gelagert und bei der künftigen Erneuerung desselben aller Beschädigung der Wand vorgebeugt, indem man nur die Ausfüllung der Blende wegräumen dürfte.“

Das Betheeren kann nur bei völlig trockenem Holze angewendet werden, ausserdem befördert jenes das Verstocken des lezteren. Die Balkenköpfe zu

Digitized by Google

Diese Physiker haben wahrgenommen, dass ein kreisrunder, tiefer Einschnitt am Fusse des Baumes, sein Absterben weit mehr herbeiführe, als das theilweise oder auch gänzliche Wegnehmen der Rinde, welche die Vegetation des Baumes um fast noch ein Jahr erhält. Das Einschneiden unterbricht den Umlauf des Saftes gänzlich, während das Abrinden ihn nicht völlig aufhält: der Saft fährt fort, mittels des Splintes, den er blos härtet, zu zirculiren.

---

verkohlen, oder sie mit gewalztem Blei zu umgeben ist nuzlos und das leztere Mittel zu kospielig.

Für die Dauer der Hölzer im Boden ist der Lehm die beste, Garten- und Dammerde die schlechteste Erdart; im Allgemeinen dauert jede Holzart in allen dichten Erdarten länger, als in lockern; in feuchten werden die meisten Holzarten äusserst schnell zerstört.

Das in Erde einzugrabende Holz soll frei von Rissen und Ästknoten seyn.

In Berlin wurden (man vergl. Accum a. a. O. I. Bd. S. 150 u. f.) nach des Hrn. Hartig Angabe und unter dessen Aufsicht Versuche eingeleitet, um einst bestimmt urtheilen zu können, in welchem Verhältnisse Holzarten unter sich und unter gleichen Umständen in Rückicht auf Dauer stehen, ob und wie viel die Fällungszeit, der Boden, das Alter des Holzes, so wie auch vermeintliche Schuzmittel zur Förderung der Dauer des Holzes beitragen. (Hartig: *Versuche über die Dauer der Hölzer.* 1822. S. 7.)

Geschlagenes Holz muss, wenn es nicht sogleich verarbeitet wird, gegen Verderbniss geschüzt werden. Zu diesem Endzweck werden beschlagene und geschnittene Hölzer, auf einem trockenen Grunde, auf Unterlagen ruhend in bedachten, der Luft den Durchzug gestattenden Schopfen aufgesezt. Zu Grund- oder Wasserbauten zu verwendendes Holz wird mit der Rinde unter Wasser versenkt.

Um das Holz gegen das Verbrennen zu sichern, wendet man den von Hrn. Hofrath Fuchs in München erfundenen, leicht zu bereitenden und nicht kospieligen Anstrich an, dessen Basis eine Verbindung der Kieselerde mit Kalk oder Natrum ist. Hr. Fuchs hat dieses Schuzmittel Wasserglas genannt: es wurde, nachdem es zuvor von einer eigens dazu ernannten Commission geprüft worden war, zuerst beim Wiederaufbau des Theaters in München angewendet. In des Hrn. Dr. Dingler *polytechn. Journal.* XVII. Bd. 4tes Heft. 1825, dann in den berlinischen Nachrichten von Staats- und gelehrten Sachen, 27. Sept. 1825 endlich in des Hrn. Accum Werk *über Baumateriallen* (I. Th. S. 155. u. f.) ist die Bereitung und Anwendung dieses Glasfirnisses näher beschrieben.

Es liegt ausser den Grenzen dieses Werkes auch noch umständlich der Zerstörungen zu erwähnen denen das Holz in Gebäuden durch den Hausschwamm unterworfen ist. Die Schriften des Hrn. Accum (I. Thl. S. 161 u. f.) dann des Hrn. Wolfram (I. Thl. S. 386 u. f.) sowie mehrere Andere enthalten hierüber so wie über die geeigneten Schuzmittel genügende Belehrung.

Digitized by Google

Diese Wahrnehmung muss dem Entrinden den Vorzug geben. Man hat es in Deutschland und England schon lange im Gebrauch, wo man, während des Frühlingsaftes, die zum Fällen bestimmten Bäume auf dem Stocke abrindet; man lässt sie so fortreiben, oder vielmehr bis zum nächsten Winter, wo sie geschlagen werden, auf dem Stocke austrocknen.

Nach Buffon's Erfahrungen erleiden 70 jährige, von der Spize des Wipfels bis zum Fusse abgerindete Eichen während zwei Monaten keine wesentliche Veränderung; einige Zeit nachher werden die Blätter gelb und fallen Ende July, in welcher Zeit der Saft zu zirculiren aufhört, ab. Einer dieser abgerindeten Bäume wurde damals gefällt; das Holz hatte eine grosse Härte und der Splint hatte eine dem Kernholze ähnliche Dichtigkeit erlangt.

Im folgenden Frühjahre eilte die Vegetation der übrigen zum Versuche auf dem Stocke stehen gebliebenen Eichen jener der übrigen Bäume des Waldes vor; sie waren aber kränkelnd und verloren im Augustmonat ihr Laub. Diese Bäume wurden geschlagen, wie sie sich entlaubten, und ihr Holz wurde sowie der Splint, welche beide eine grosse Härte besassen, vergleichenden Versuchen mit solchen Hölzern unterworfen, die auf die gewöhnliche Weise gefällt und jenen an Alter, Stärke und an den wahrnehmbaren Eigenschaften ähnlich waren.

Diese vergleichenden Versuche fanden mit Stücken von gleichen Abmessungen, welche einen körperlichen Inhalt von drei (pariser) Kubikfuss enthielten, Statt.

Nummer der Stücke.	Bezeichnung der Versuch-Stücke.	Absolutes Gewicht.	Belastung vor dem Bruche.
		℔	℔
1	Stück von 3 Kubikfuss von einem auf dem Stocke abgerindeten Baume.	240	7940
2	Stück von gleicher Abmessung von einem nicht abgerindeten und auf die gewöhnliche Art gefällten Baum.	234	7320
3	Stück von gleicher Abmessung, von einem abgerindeten Baum.	249	8262
4	Stück, ebenso, unabgerindet. . . .	236	7383
5	Stück, Gitterstange aus Splint, von 3 Fuss Länge bei 1 □ Zoll Querschnitt, abgerindet.	Unzen $17\frac{2}{3}$	287
6	Stück, dergleichen aus Kernholz, von denselben Abmessungen, unabgerindet. . . .	$19\frac{1}{3}$	256

Digitized by Google

Aus diesen Erfahrungen folgt:

1) dass das absolute Gewicht der abgerindeten Eichen jenes der nicht abgerindeten um ungefähr $^{6}/_{110}$ übersteigt;

2) dass das Widerstand-Vermögen der abgerindeten Eichen zu den nicht abgerindeten in dem Verhältnisse von 81 zu 74 steht;

3) dass der Splint eines abgerindeten Baumes etwas weniger schwer, als das Kernholz eines nicht abgerindeten ist;

4) endlich, dass das Widerstand-Vermögen zwischen dem abgerindeten Splinte und dem nicht abgerindeten Holze in dem Verhältnisse von 28 zu 25 steht.

Diese Schlüsse sind entscheidend, und zu Gunsten des Abrindens der Bäume im Safte und ein Jahr vor dem Fällen derselben.

Untersuchungen über die beste Anordnung der Verbandstücke eines Zimmerwerkes, hiesse die Darstellung der Zimmererkunst selbst geben, welche hier vorausgesezt wird; ich werde mich darauf beschränken, einen Hauptgrundsaz zu wiederholen, nemlich den, das Verbindungssystem so viel als möglich aus dreieckigen Figuren zusammen zu sezen. Bei diesen Figuren sind die Winkel unveränderlich, sobald die Längen der Seiten sich nicht ändern, eine Eigenschaft, aus welcher das Maximum von Solidität in Bezug auf die Anordnung der Stücke hervorgeht, und welche vier- oder vieleckige Figuren nicht haben, deren Winkel sich erweitern oder verengen können, ohne dass die Länge der Seiten sich ändert. Dieses an Folgerungen fruchtbare System findet bei der Zimmerkunst beständig seine Anwendung.

Digitized by Google

X. Vorlesung.

Widerstand der Hölzer. — Vom Eisen: Erfahrungen über die Kohäsionskraft dieses Metalles.

Die Untersuchung der Hölzer, hinsichtlich des Widerstandes bei den verschiedenen Lagen, in welchen die einzelnen Verbandstücke der Zimmerwerke sich befinden, ist in Bezug auf die Baukunst, eine der wichtigsten.

Die Geschichte des Ganges der Wissenschaft in dieser Beziehung kann nur von Nuzen seyn, und muss der Auseinandersezung der neuesten Erfahrungen, aus denen man die Abmessungen der Stücke zur Erlangung des für den vorgesezten Zweck nöthigen Widerstandes bestimmen kann, vorhergehen.

Galiläi, der im Laufe des siebenzehnten Jahrhunderts den Grund zur neuern Physik legte, ist der erste, welcher die Geseze der Mechanik auf den Widerstand fester Körper überhaupt anwendete. Er betrachtet die festen Körper als aus Fasern bestehend, die parallel die einen auf den anderen liegen; er untersuchte anfänglich, welches der Ausdruck der Kraft sey, mit der die Körper einer Gewalt widerstehen, welche ihre Fasern zu verlängern strebt, indem sie dieselben nach der Richtung ihrer Länge zieht; er fand, dass ihr Widerstand der Anzahl der das Ganze bildenden Fasern proportional sey. Indem er sodann die Körper als Wirkung einer, auf ihrer Länge senkrechten Kraft ausgesezt betrachtete, bewies er leicht, dass in dieser neuen Lage der Widerstand der Summe aller Fasern, multiplizirt mit einem Hebelarme proportional sey, welcher immer ein gewisser Theil von der Höhe des Körpers in seiner Bruchebene ist.

Diese beiden, von jenem ausgezeichneten Geometer aufgestellten Prinzipien sind die Geseze, welche als Grundlage zur Auflösung der auf den Widerstand fester Körper bezüglichen Probleme dienen.

Digitized by Google

Die berühmtesten Gelehrten und Mathematiker, an deren Spize Leibnitz zu stellen ist, haben sich seit Galiläi sehr sorgfältig mit der Untersuchung des Widerstandes fester Körper beschäftigt; bei ihren Entdeckungen dürfen wir die des Mariotte nicht übergehen, welcher zu Ende des vorlezten Jahrhunderts wahrnahm, dass Prismen, in ihren Enden befestigt, vor ihrem Bruche ein doppelt so grosses Gewicht zu tragen vermögen, als dasjenige ist, welches sie zu zerbrechen hingereicht haben würde, wenn ihre Enden frei gewesen wären.

Diese an Glasplatten gemachten Wahrnehmungen, deren Textur eine andere als die der Hölzer ist, schien auf diese lezteren Stoffe nicht anwendbar zu seyn; unterdessen hat der Akademiker Parent, in dem er Mariotte's Versuche in den Jahre 1701 und 1708 wiederholte sich bemüht zu ermitteln, ob die für die Praxis sehr nüzliche Entdeckung dieses Gelehrten auch die Hölzer mit begriffe. Allein da die Versuche, welche er mit freien und eingespannten Prismen anstellte, mit Holzstükken von zu kleinen Abmessungen oder nicht mit der zu solchen Beobachtungen nöthigen Genauigkeit gemacht waren, so fand er, dass in diesem Falle der Widerstand nicht vollkommen dem von Mariotte gefundenem Geseze folgte.

Ungeachtet der Unsicherheit dieser Versuche hat Hr. Parent nach denselben mit Anwendung der von Leibniz bestättigten Galiläischen Regel, Tafeln berechnet, welche den Widerstand von Hölzern angeben, die bei einer Länge von 6 bis 36 Fuss, 10 bis 18 Zoll Querschnitt haben.

Belidor stellte im Jahre 1729 neue Versuche über den Widerstand der Hölzer an; jedoch erwägend, dass die beim Bauen vorkommenden Verbandstücke fast immer eingespannt sind und entweder auf Mauern, oder auf ihren Stüzpunkten gehörig festliegen, gab dis eine hinreichende Veranlassung, auf eine genauere Weise, als der Akademiker Parent gethan hatte, dass Gesez ihres Widerstandes und ihres Bruches in diesem Falle zu bestimmen.

Diese Versuche Belidor's haben auch noch den Nachtheil, dass sie mit Stücken von zu kleinen Abmessungen angestellt wurden; indessen bestättigen die, in vielen Umständen mit Parent's Versuchen übereinstimmenden Resultate immer das Galiläische Gesez; das heisst, dass die Stücke im geraden Verhältnisse der horizontalen Abmessung der Bruchebene, multiplizirt

Digitized by Google

mit dem Quadrate der vertikalen oder mit der Last parallelen Abmessung, und im umgekehrten Verhältnisse der Länge der Stücke Widerstand leisten.

Die Versuche Belidor's zeigen ferner, dass die eingespannten Stücke ein Drittheil mehr Kraft haben als die frei auf ihren Stüzpunkten ruhenden; dieses Resultat, obgleich übereinstimmend mit jenem, welches man aus ähnlichen Versuchen Parent's folgern kann, ist indessen unrichtig.

Die ersten genauen Resultate über den Widerstand und den Bruch eingespannter Hölzer verdankt man Muschenbröck. Die von diesem berühmten Physiker zu Leyden angestellten und im Jahre 1729 von ihm bekannt gemachten Versuche zeigen, dass die Stücke in dieser Lage einen doppelt so grossen Widerstand leisten, als wenn sie nur einfach unterstüzt sind und dass der Bruch der Stücke immer in der Mitte ihrer Länge und zugleich an den Stüzpunkten, wo das Stück fest eingespannt ist, Statt hat. Diese Resultate sind mit den ersten Versuchen von Mariotte und mit der später von Euler aufgestellten Theorie vollkommen im Einklange.

Wenn uns die lezten Versuche Muschenbröck's zu einigen Verstössen gegen die Wahrheit verleitet haben, so ist die besondere Sorgfalt, mit welcher er von den zu den Versuchen bestimmten Stücken nur solche auswählte, die eine fehlerfreie Textur und Struktur zu haben schienen, um dadurch alle die Resultate alterirende Zufälligkeiten zu beseitigen, vielleicht eine der ersten Ursachen, welche sie für die besonderen Bedürfnisse der Baukunst weniger nüzlich machen. Die Hölzer, die man hiebei anwendet, sind um so weniger vollkommen, als ihr Volumen beträchtlicher ist. Es war daher nöthig, durch eine Reihe zahlreicher und sehr im Grossen angestellter Versuche eine Art Model auszumitteln, der unter der Voraussezung eines minder vollkommenen Zustandes als der von den holländischen Physikern bestimmte dazu dient, in der Praxis den Widerstand der Hölzer mit mehr Sicherheit zu berechnen.

Dis war der Stand der Wissenschaft, und dis waren die Berechnungen der Physiker als durch ein glückliches Zusammentreffen von Umständen Buffon alle Mittel, die Versuche im Grossen anzustellen, vereinte, die jenen, welche auf dieser Bahn ihm voraus gegangen waren, fehlten.

Digitized by Google

Dieser berühmte Naturforscher hat Stücke von verschiedener Stärke, und zwar von 6 bis 30 Fuss Länge bei 8 bis 9 Zoll ins Gevierte einem Drucke und bis zum Zerbrechen ausgesezt: diese lezteren Versuche machen den interessantesten Theil seiner Arbeit aus. Er hat Tafeln angefertigt, in welchen er das Gewicht jedes Stückes, die Last welche es trug, und die Pfeilhöhe der Krümmung im Momente des Bruches des Holzstückes angiebt. [130])

Diese trefliche Arbeit, welche ihrem berühmten Verfasser auf immer den Anspruch auf unsern Dank sichert, wurde in die Denkschriften der (pariser) Akademie der Wissenschaften von den Jahren 1740 — 1741 eingerückt; man findet sie ferner in der Sammlung seiner Werke, im 7ten Theil der Pariser 12 Ausgabe; man hat sich beeilt, die Encyclopädie und mehrere andere Werke damit zu bereichern.

Da es aber bei den Holzverbindungen von Wesenheit ist, dass die Stücke ihre ursprüngliche Lage behalten, und da eine zu beträchtliche Krümmung die Gestalt des Systems verändert, so kommt es für die Solidität der Konstruktion besonders darauf an, das Verhältniss der Krümmungshöhe zu der Last, welche jene bewirkt, zu bestimmen, um bei der Verwendung der Hölzer die äussersten Grenzen der Krümmungshöhen, welche die ursprüngliche Gestalt des Systems merklich verändern, und besonders jene Grenzen zu vermeiden, welche dem Bruche unmittelbar vorausgehen und die einzigen sind, welche Buffon beobachtet hat.

Um diesen, der Arbeit Buffon's gewissermaassen als Ergänzung dienenden Zweck zu erreichen, haben die unter der Leitung des verdienstvollen Ingenieur Lamblardie bei den Seebauten zu Haver beschäftigten Ingenieure Versuche im Grossen über die rückwirkende Festigkeit angestellt, das heisst, über jene Festigkeit, wobei die Hölzer, vertikal gestellt, mit einem Gewichte belastet sind, welches sie nach einer mit ihren Fasern parallelen Richtung zerdrückt.

Lamblardie hat zu diesem Zwecke eine Vorrichtung erfunden, die einem Druck von mehr als 2000 Zentner hervorzubringen vermag und mittels welcher man es dahin brachte, Stücke von

---

[130]) Die von Buffon mit horizontal liegenden und in ihrer Mitte belasteten Eichenhölzern angestellten Versuche sind in der am Ende dieses Theiles unter No. XI angefügten Tafel enthalten.

Digitized by Google

8 bis 9 Zoll Querschnitt zu zerbrechen. Die Resultate dieser ersten Versuche von Havre sind in den ungedruckten Denkschriften der Strassen - und Brückenbau - Schule aufgezeichnet.

Diese Versuche wurden durch den Ingeniuer Girard fortgesezt, welcher die Vorrichtung vervollkommnete und die glückliche Idee fasste, sie in der Art anzustellen, dass sie zur Bestimmung der absoluten Elasticität der Körper dienen.

Diese Versuche und die sehr merkwürdigen Resultate seiner Arbeit machen einen Theil des vortrefflichen Werkes aus, welches dieser Ingenieur im Jahre 1798 unter dem Titel: *Traité analytique de la resistance des solides et des solides d'égale resistance* herausgegeben hat, ein Werk, welches die vollständigste Theorie über diesen Theil der Wissenschaft enthält. [131])

Die Grenze des rückwirkenden Widerstandes der Hölzer hinsichtlich ihrer Anwendung bei den Bauten ist nicht das Gewicht, welches sie zu brechen vermag, sondern jenes, unter welchem sie sich zu biegen anfangen; demnach ging die Absicht des Ingenieurs Girard dahin, den Druck zu bestimmen, der, indem er Körper von gegebenen Abmessungen parallel mit ihrer Länge zusammen presst, sie zu biegen vermag.

Man sollte glauben, dass ein Körper, dessen Fasern insgesammt genau parallel unter sich wären, sich nicht unter dem Drucke eines mit den, als gleichartig angenommenen Fasern parallel wirkenden Gewichtes biegen könnte, da keine Ursache ihre Ausbiegung mehr nach der einen als nach der anderen Seite zu bestimmen scheint.

Es ist dem aber bei einem dieser Probe unterworfenen Stück Holzes nicht so. Der Mangel vollkommener Gleichartigkeit unter den Fasern, die mindeste Verschiedenheit in ihrer Struktur bedingen eine Ausbeugung, die sie nach derselben Richtung hinzieht, und das ganze System folgt gemäss der transversalen Adhärenz, indem es der Last weicht, deren Resultat senkrecht auf die Länge des Körpers wirkt.

Endlich, auf welche Weise man auch suchen mag, diese Erscheinung der Einbiegung bei belasteten, aufrecht stehenden

---

[131]) Girard's oben genanntes Werk wurde von dem Hrn. Steuerrathe Krönke unter dem Titel: *Analytische Abhandlung über den Widerstand fester Körper* (Giessen, 1803) ins Deutsche übersezt.

Digitized by Google

Hölzern zu erklären, so ist sie eine durch Erfahrung dargethane Wahrheit, die man nicht in Zweifel ziehen kann.

Die Versuche des Ingenieurs Girard wurden mit einer grossen Menge von Stücken, theils Schnitt- theils Stammholz angestellt. Er fertigte sehr ausgedehnte Tafeln an, in welchen er die Phänomene, die den Beobachter interessiren können, anzeigt. Sie enthalten die Lage des Krümmungspfeiles, seine grösste Länge für vertikal und horizontal liegende Holzstücke, d. h. die diesen Krümmungspfeilen entsprechende rückwirkende und relative Grössen des Widerstandes.

Einige dieser Tafeln geben die, durch die Last hervorgebrachte, absolute Elasticität des Holzes, und zugleich den theoretischen Ausdruck des Gewichtes an, unter welchem das Stück anfangen müsste sich zu biegen, wenn es aufrecht belastet ist.

Die drei ersten Tafeln von Girard's Werke beziehen sich auf das Eichenholz, die vierte umfasst die zur Ermittelung des relativen Widerstandes der Tannenhölzer und ihrer absoluten Elasticität angestellten Versuche.

Die Tafeln 8 u. 9 bezeichnen die mittlere absolute Elasticität eines Kubikmeters Tannen- und Eichenholz; sie sind aus einer grossen Anzahl Versuche gezogen. Dis Resultat giebt das Verhältniss von 8161 zu 1778, was etwas geringer als das von Perronet angebene von 47 zu 63 ist. [132])

In demselben Werke des Ingenieurs Girard, welches unmöglich analysirt werden kann, findet man eben so neue als interessante Betrachtungen über den Widerstand der Hölzer, mittels welchen man die Abmessungen des Querschnittes, sey es nun für den absoluten Widerstand, oder was für die Solidität der Bauten mehr Werth hat, für die ersten Krümmungspfeile, an welche sich zu halten immer klug ist, — berechnen kann.

---

[132]) Da bereits die oben in der Note 130 angeführte Tafel Versuche über den Widerstand horizontal liegender eichener Balken angiebt, so fügen wir in der Tafel XII von den im Texte berührten verschiedenen, von Girard über die Festigkeit der Baumaterialien aufgestellten Tabellen nur diejenige an, welche dessen Versuche über den Widerstand vertikal stehender und oben belasteter Hölzer enthält: um so mehr, als in der am Ende dieser Vorlesung stehenden Note einige neueren Erfahrungen über die verschiedenen Arten der Festigkeit sowohl von Hölzern als von anderen Baumaterialien angeführt sind.

Digitized by Google

Um die Untersuchung der beim Bauen vorkommenden Materialien zu vervollständigen, bleibt mir noch übrig vom Eisen zu sprechen.

Vom Eisen.

Dieses Metall, das härteste und am meisten elastische unter allen Metallen, ist ohne Widerspruch in vieler Beziehung das nüzlichste; es ist zugleich das auf dem Ganzen Erdballe am häufigsten vorkommende. Frankreich, Deutschland sind damit im Überflusse versehen; aber es giebt kein Land in Europa, welches dasselbe in grösserer Menge und von besserer Art liefert als Schweden, sey es nun vermöge der Trefflichkeit seiner Bergwerke, oder vermöge der Sorgfalt, die man auf ihren Betrieb wendet.

Eines der Hauptkennzeichen des Eisens ist, dass es vom Mangnet angezogen wird. Sein Gewebe besteht aus kleinen faserigen Fäden und bisweilen aus kleinen Körnern. Es krystallisirt beim Erkalten zu auf einander gesezten Oktaedern. Durch das Zieheisen ist es dehnbar, jedoch sehr wenig durch das Streckwerk.

Die Naturforscher unterscheiden mancherlei Arten von Eisen. Ich werde mich nicht in diese, meinem Zwecke fremden Details einlassen, und dieses Metall blos in Beziehung auf die Eigenschaften untersuchen, die es mehr oder minder zur Aufführung der Gebäude geeignet machen.

Das Eisen ist durch die Wärme dehnbar; es fliesst bei 160° des Weedgewoot'schen, gleich 9280° des Reaumur'schen Thermometers.

Seine spezifische Schwere beträgt 7,600; allein dieselbe verändert sich je nachdem das Eisen mehr oder minder rein, und jenachdem es Guss- oder Schmiedeeisen ist.

Die Eigenschaften des reinen Eisens werden durch die verschiedenen Stoffe, welche mit ihm verbunden sind, modificirt und bisweilen vernichtet. Die wichtigsten Modifikationen in Beziehung auf Bauwerke sind folgende.

Erwärmtes und ohne Hämmerung wieder erkaltetes Eisen wird rauh und brüchig.

Digitized by Google

Schmiedeeisen ist biegsam und hämmerbar; es lässt sich mit der Feile, dem Grabstichel und Schmiedezeug bearbeiten. Im kalten Bruche ist es, wenn sein Gewebe faserig ist, von guter Beschaffenheit.

Wenn das Schmiedeeisen vollkommen gereinigt ist, darf es gar keinen fremden Stoff enthalten; allein man erhält es selten rein, welche Vorsicht man auch anwenden mag; es bleibt immer etwas Oxigen und Kohlenstoff zurück.

Das Eisen ist verbrennbar, beim Brennen desselben verbindet sich das Oxigen mit ihm, es beraubt dasselbe seiner übrigen metallischen Eigenschaften und erzeugt die Oxide von verschiedenen Farben, vom Schwarzen durch das Rothe und Gelbe bis ins Weisse übergehend.

Die verschiedenen Arten von Guss- und Schmiedeeisen und von Stahl entstehen nur aus den verschiedenen Mengen von Oxigen und Kohlenstoff, die mit dem Eisen verbunden sind; die Kunst bestimmt die nöthigen Mengen, aus deren Verbindung das Guss-, oder Schmiedeeisen und der Stahl hervorgehen.

Das Gusseisen entsteht aus dem Schmelzen des Erzes; durch das Hämmern verwandelt man es in Schmiedeeisen. Hier wird es durch die Kohle aufs neue von einem Theil Oxigen befreit; das Gusseisen nimmt eine teigartige Konsistenz an, und durch die Schläge des Hammers geht es in den Zustand des geschmiedeten oder gereinigten Eisens über.

Der Stahl wird aus der Art Gusseisen gewonnen, welches graubrüchig heisst: es enthält den meisten Kohlenstoff. Wenn man mittels der Leuterung noch mehr Kohlenstoff zusezt, so erhält man den sogenannten deutschen oder natürlichen Stahl.

Geschieht diese Operation mit Eisenstangen, die, von Kohlenstaub umgeben, in einem Kasten eingeschlossen, einem sehr starken Feuer ausgesezt sind, so kann der auf diese Weise des Oxigens beraubte Kohlenstoff nicht brennen, er verbindet sich mit dem Eisen, welches das wird, was man Cementstahl nennt.

Diese beiden Stahlarten, mittels eines geeigneten Flusses gegossen, geben den Gussstahl.

Wenn man mehrere Platten, die einen von Eisen, die anderen von Stahl schmiedet, um sie zusammen zu schweissen, so entsteht daraus eine gemengte Substanz, welche man Zeug nennt.

Digitized by Google

Er verbindet die Härte und Elasticität des Stahles mit der Geschmeidigkeit des Eisens.

Man unterscheidet in den Künsten vier Klassen von Gusseisen, deren jede ihre besonderen Eigenthümlichkeiten hat.

1tens das weisbrüchige Gusseisen. Es enthält wenig Kohlenstoff. Sein Bruch ist silberweis. Es ist sehr hart und zerbrechlich; zu Gegenständen, welche einen heftigen Stoss aushalten müssen, ist es nicht anwendbar; aber es ist zum Feinmachen geeignet und verwandelt sich leichter als die übrigen in Schmiedeeisen.

2tens das graubrüchige Gusseisen. Es verdankt seine Beschaffenheit und seine bleiähnliche Farbe im Bruche einer grossen Dosis Kohlenstoff; es besizt einige Dehnbarkeit, die es dem Molybdän oder dem Graphit verdankt, welche es enthält; es besizt zugleich Zähigkeit. Diese Eigenschaften machen es zur Verfertigung von Geschüz tauglich. Es ist weniger zum Feinmachen geeignet als das weisbrüchige Gusseisen.

3tens das gemischtbrüchige Gusseisen. Es hält das Mittel zwischen den beiden vorhergehenden. Man fertigt daraus die Kugeln, Bomben und andere Gegenstände, die einen starken Widerstand erleiden müssen, wie die Rahmen und Gewölbsteine bei eisernen Brücken. Dieses Gusseisen ist das zur Umwandlung in Schmiedeeisen geeignetste.

4tens endlich, schwarzbrüchiges Gusseisen. Dieses enthält die allerstärkste Dosis Kohlenstoff. Es hat einen feinkörnigen Bruch, von etwas dunklerer Farbe, als das graubrüchige; es ist zart, aber nur von geringer Widerstands-Fähigkeit, und überhaupt zu Gusswaren wenig tauglich.

Die Qualität dieser verschiedenen Arten von Gusseisen lässt sich dadurch ermitteln, dass man das aus ihnen erzeugte Schmiedeeisen untersucht: ist dieses Eisen zart, hat es Zähigkeit, ist es warm und kalt streckbar, so wird das Gusseisen, aus welchem es gearbeitet worden, von vortrefflicher Qualität seyn; wenn aber im Gegentheile das Eisen kaltbrüchig ist, so hat das Gusseisen nicht die erforderlichen Eigenschaften, um es mit Erfolg zu Gusswaren, die zu grossen Bauarbeiten bestimmt sind, anwenden zu können. [133])

---

[133]) Nach Tredgold (man vergl. dessen Schrift *über die Stärke des Gusseisens* u. s. w., Leipzig bei Baumgärtner, 1826) „ist die beste und ge-

Digitized by Google

Man unterscheidet gleichfalls verschiedene Gattungen Schmiedeeisen hinsichtlich ihrer Eigenschaften.

1tens zartes Eisen. Es nimmt vermöge seiner trefflichen Eigenschaften den ersten Rang ein. Dieses Eisen ist warm und kalt streckbar, was es seiner grossen Zähigkeit verdankt. Sein Bruch zeigt, bei grossen Massen, bleiähnliche Farbe, wenig Faser und viel Korn; in kleinen Stücken erscheint es im Gegentheile ganz als Faser. Es ist zu grossen Schmiedearbeiten tauglich, besonders wenn es ausgeschweisst ist.

Dieses Verfahren, wodurch das Schmiedeeisen besonders verbessert wird, besteht darin, dass man, statt das Stück, welches man gar macht, auf einmal in eine Stange zu strecken, dasselbe in der Mitte trennt, auf ihm selbst verdoppelt, es nach seiner ganzen Ausdehnung zusammen schweisst, und dann die Muster-

---

wisseste Probe der Qualität von Gusseisen die, die Ecke mit einem Hammer zu prüfen; wenn der Hammer einen leichten Eindruck macht, so beweisst dis einigen Grad von Hämmerbarkeit und die gute Beschaffenheit des Biegens, vorausgesezt, dass es gleichförmig ist. Fliegen Splitter oder Stücke ab, und wird keine sichtbare Vertiefung hervorgebracht, so ist das Eisen zu hart und spröde.«

„Die grösste Sorgfalt sollte man darauf verwenden, das Eisen eines jeden einzelnen Gusses von so gleichförmiger Qualität zu machen, als möglich, weil das Zusammenziehen des Eisens von verschiedener Qualität verschieden ist.« —

„Da das Gusseisen, welches zur Unterstüzung von Lasten dient, im Falle es bricht, keine Anzeichen seines nahen Bruches giebt, so ist es nothwendig, demselben hinlängliche Stärke zu geben.«

Aus den unten folgenden Tafeln No. XIII und No. XIV kann die Last beurtheilt werden, welche sowohl vertikal stehende, als horizontal liegende Stäbe von Gusseisen, ehe sie brechen, zu tragen vermögen.

Tredgold's oben erwähnte Schrift enthält viele Versuche und praktische Regeln über die Festigkeit und den Gebrauch des Gusseisens.

Über den Guss selbst bemerkt Tredgold noch folgendes.

„Die Theile eines jeden Gusses sollen so viel als möglich von demselben Umfang erhalten werden, damit sie alle in gleichem Maasse abkühlen können.«

„Grosse Sorgfalt muss auch auf die Verhütung von Luftblasen im Gusse verwandt werden. Je mehr Zeit bis zur völligen Abkühlung aufgeht, desto besser ist es für die Stücke, weil sodann das Eisen um so zäher wird.« —

„Bei Bereitung der Formen für Gusseisen muss man etwa $\frac{1}{8}$ Zoll auf den Fuss zugeben, weil sich um so viel das Eisen beim Abkühlen zusammenzieht. Auch die Formen verlangen dieses; und sie müssen leicht abgestumpft seyn, damit sie sich leicht aus dem Sande heben lassen; ohne die Eindrücke zu beschädigen; etwa $\frac{1}{16}$ auf 6 Zoll ist zu diesem Zwecke hinlänglich.« —

Digitized by Google

stücke daraus macht, die zu dem beabsichtigten Gegenstande tauglich sind. Diese Arbeit, die man oft bei grossen Bauarbeiten zu machen genöthigt ist, weil man nicht immer im Handel Eisen von solchen Abmessungen im Querschnitte, dass sie zu den Bauten geeignet sind, findet, verursacht bisweilen einen Fehler, den man Doppellung nennt, von dem ich sogleich sprechen werde, und welcher daher rührt, dass das Zusammenschweissen nicht allenthalben Statt gefunden hat; allein ungeachtet dieses Nachtheiles, den man bei einiger Sorgfalt vermeiden kann, gewinnt das Eisen durch dieses Verfahren an Zähigkeit.

2tens kaltbrüchiges Eisen. Diese Art Eisen bricht gerne kalt, ohne Beihülfe des Schneidezeugs, es ist in der Wärme streckbar. In grosse und kleine Musterstücke gebrochen ist es silberweis, mit kleinen Spiegelflächen und zeigt keine nervigten Fasern. Diese Gattung Eisen hat mehr Härte aber weniger Zähigkeit als das zarte Eisen, es schweisst gerne zusammen.

3tens das warmbrüchige Eisen. Der Hauptcharakter dieser Eisengattung ist, dass sie sich nicht schweissen lässt; ausserdem hat es viel ähnliches mit der ersten Gattung; die Werkleute nennen es ungeeignet kupferiges Eisen; sie geben ihm auch den Namen rothbrüchiges Eisen, unter welchem es allgemeiner bekannt ist.

Die schlechte Qualität dieser beiden lezteren Arten Eisen rührt im Allgemeinen von der Beschaffenheit der Bergwerke her. Diese Fehler sind indessen aber auch bisweilen die Folge des schlechten Betriebes der lezteren oder eines schlechten Garmachens. Man würde diese Mängel durch eine grössere Sorgfalt und der Natur dieses Minerals mehr entsprechenden Verfahrungsweisen beseitigen.

Unter den Mängeln des Eisens, die von der Fabrikation herrühren, unterscheidet man hauptsächlich:

Die Doppellung. Dis ist eine Stelle, wo das Eisen nicht zusammengeschweisst ist, eine Leere.

Die Aschenadern. Dis sind fremde zwischen das Eisen gelagerte Stoffe. Dieser Fehler schadet der Solidität nicht, aber er verunzirt die Arbeiten.

Die Querrisse, Dis sind transversale Spalten, welche vom Hammer herrühren.

Digitized by Google

Die brüchigen Stellen. Dis sind kleine Doppellungen von geringer Ausdehnung, die auf der Oberfläche des Eisens vorkommen.

Die Querbrüche. Dis ist ein Fehler, der nach der Breite des Eisens Statt hat; es ist dis eine Unterbrechung des Zusammenhangs seiner Textur.

Es ist noch übrig, die Resultate jener Versuche anzugeben, welche angestellt worden sind, um die Zähigkeit oder den Widerstand zu bestimmen, welchen das Eisen durch seine Kohäsion einer Gewalt entgegen sezt, die dasselbe zu brechen strebt, indem sie es nach seiner Länge zieht.

Muschenbröck hat gesucht die Kohäsionskraft der Metalle kennen zu lernen; aber dieser Autor bemerkt dabei, dass die ausgezeichnete Qualität der zu den Versuchen verwendeten Metalle auf die Resultate Einfluss hatte. In der That findet man, dass ein Stück deutsches Eisen, dessen spezifisches Gewicht 7,8076 und dessen Dicke 0,10 rheinisch. Zoll beträgt, nach der Richtung seiner Länge gezogen, eine Kraft von 19,30 ℔ erforderte, um zu brechen; dis ist weit mehr als das mittlere Resultat der übrigen Versuche angiebt.

Buffon hat gleichfalls seine Untersuchungen auf diesen Gegenstand gerichtet. Das mittlere Resultat seiner Versuche mit Schmiedeeisen ist, dass ein Eisendrath von (0,002^{m}) einer Linie Durchmesser vor dem Bruche ein Gewicht von (242,3^{k}) 405,4 ℔ trägt.

Man hat an Schmiedeeisen von St. Gervais Buffon's und Muschenbröck's Versuche mit einer Vorrichtung wiederholt, welche der von jenen Physikern angewendeten ähnlich ist. Sie wurden mit Stücken aus Guss- und Schmiedeeisen von St. Gervais und mit Schmiedeeisen aus den Gewehrfabriken von Tulle und St. Etienne angestellt.

Das Resultat dieser lezteren Versuche ist, dass das Gusseisen bei weitem nicht die Zähigkeit des Schmiedeeisens hat: ein Stück von (0,009^{m}) 4 Linien Seite, trug nicht mehr als (808,67^{k}) 1650 Pfunde, während ein Stück geschmiedetes Eisen aus derselben Werkstätte von St. Gervais und von gleichen Dimensionen (5671,88^{k}) 11,587 Pfunde trug, ein Resultat, welches einen ausserordentlichen Unterschied zwischen der Widerstandsfähigkeit dieser beiden Eisengattungen darstellt.

Digitized by Google

Die Resultate der Versuche von St. Gervais mit geschmiedetem Eisen stimmen so ziemlich mit denen Buffon's überein. Ein Stück Schmiedeeisen von St. Gervais, von (0,002^{m}) 1 Linie Seite trug (242,3^{k}) 581 Pfunde. Der angeführte Versuch Buffon's mit einem runden Eisendrath von 1 Linie Durchmesser, der 495 Pfunde trug, giebt ein fast gleiches Verhältniss des Widerstandes.

Unter den Versuchen von St. Gervais giebt das mit einem Stück Schmiedeeisen von (0,009^{m}) 4 Linien, welches (5671,88^{k}) 11587 Pfunde trug, ein mit demjenigen übereinstimmendes Resultat, welches in dem vortrefflichen Aide-Mémoire à l'usage des Officiers d'Artillerie betittelten Werke angegeben ist. Man sieht, dass der Bügel eines geschmiedeten Ringes, der (0,009^{m}) 4 Linien Seite hatte, ein Gewicht von (5874,06^{k}) 12000 Pfunde getragen hat.

Die Tafeln über die, auf die Versuche zu St. Gervais bezüglichen Beobachtungen sind in dem 2ten Theile des Werkes des Herrn Texier de Norbec, Divisions-Chef der Seetruppen eingerückt; es handelt von Untersuchungen über die Artillerie.

Wenn man die Resultate dieser Tafeln untersucht, erstaunt man über die Grösse, um die der Widerstand des Schmiedeeisens den des Gusseisens übersteigt; man erstaunt nicht minder über den grossen Unterschied der Widerstände geschmiedeter Eisenstücke unter sich, woraus hervorgeht, welch' grossen Einfluss das Garmachen auf die wesentliche Eigenthümlichkeit der Eisenarten hat.

Diese Beobachtungen beweisen, wie viele Sorgfalt und Vorsicht bei der Umwandlung des Gusseisens in Stabeisen nöthig ist, um dem Eisen in diesem lezterem Bestande die Homogenität zu verschaffen, aus welcher offenbar das Maximum des Widerstandes hervorgeht, welches zu erreichen von Wichtigkeit ist, wenn es sich von dessen Anwendung bei grossen Bauten handelt.

Wie sehr aber auch diese zahlreichen Versuche von einander abweichen mögen, die Übereinstimmung einiger derselben mit jenen von Buffon, und mit den in das Aide-Mémoire aufgenommenen gestattet, ohne Furcht, für ein zartes Eisen von guter Beschaffenheit ein mittleres Maass an Kraft und Widerstand von (5834,55^{k} bis 5874,07^{k}) 110 bis 120 Zentner für ein Stück von (0,009^{m}) 4 Linien Seite anzunehmen. Da nun aber gezeigt worden ist, dass der Widerstand jener festen Körper, die einer

Digitized by Google

parallel mit ihrer Länge wirkenden Kraft unterworfen sind, der Bruchfläche proportional ist, so wird es immer leicht seyn, nach dieser, auf das leztere Resultat angewendeten Regel das Gevierte der Stangen abzuleiten, welche bei Bauten einen bestimmten Widerstand zu leisten haben. *)

---

*) Ein neuerlich bei Courcier, Wittwe, unter dem Titel *Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé*, von Hrn. Duleau, Ingenieur des ponts et chaussées erschienenes Werk, stellt wichtige Resultate für die Bau-Kunst auf, wobei das Eisen als ein wesentlicher hinzugehöriger Theil erscheint.

Dieses treffliche und gelehrte Werk, welches den Beifall der königlichen Akademie der Wissenschaften, so wie des General-Konseils des Brücken- und Strassenbaues erhalten hat, ist keiner Zergliederung fähig, um dasjenige, was in dem voranstehenden Kursus ohne Zweifel an den Notizen über das Eisen fehlt, zu ergänzen. Der Verfasser des Lezteren, konnte in dieser Hinsicht nur dasjenige liefern, was zur Zeit der ersten Ausgabe seiner Schrift der Stand der, über das Eisen, als Bestandtheil gewisser Arten von Bauten, erworbenen Kenntnisse darbot. In dem Werke des Hrn. Duleau muss man die Erscheinungen von Widerstand und Krümmung, denen das Eisen in seinen verschiedenen Lagen bei Konstruktionen unterworfen ist, so wie den Widerstand studieren, den es den Kräften entgegensezt, welche nach verschiedenen Richtungen auf dasselbe wirken.

Indessen wenn man sich darauf beschränkt, die Resultate der vierten Abtheilung zu untersuchen, in welcher der Verfasser die Geseze des Widerstandes aus vielen von verschiedenen Ingenieuren und Physikern vor ihm angestellten Versuchen folgert, sieht man ein, dass das mittlere Resultat des Widerstandes des nach seiner Länge gezogenen Schmiede-Eisens auf den Quadratmillimeter 44,8^{k} bei vierkantigem, und 45,7^{k} für rundes Eisen beträgt, was von dem in dem Texte angegebenen Resultate, welches aus den Versuchen im *Aide-Mémoire* gefolgert ist, abweicht; leztere geben fast einen doppelt so grossen Widerstand an, als das in den Tafeln pag. 70 und 71 des Duleau'schen Werkes enthaltene mittlere Resultat beträgt.

Man muss aber zu Gunsten der im Texte angeführten Resultate von Versuchen anführen, dass sie mit zartem Eisen von ausgezeichneter Qualität angestellt worden sind, während jene des Duleau'schen Werkes mit Eisen von verschiedener Beschaffenheit gemacht wurden, wie man aus den Unterschieden schliessen kann, die unter den einzelnen Resultaten des lezteren bestehen, wobei man wahrnimmt, dass der aus den Versuchen von Texier de Norbec gefolgerte Wiederstand 56,3, jener der zu Bakewelt angestellten 80,8, endlich der von Buffon 59,5 beträgt, während der grössere Theil der übrigen einzelnen Resultate noch geringer ist.

Da es aber für die Solidität der Bauten von Wichtigkeit ist, lieber unter als über diesen Resultaten zu bleiben, möge es sich auch in Hinsicht auf die wenige Übereinstimmung unter den verschiedenen Resultaten verhalten wie

Digitized by Google

es wolle, so hält man dafür, dass es zuträglich sey, die in den Tafeln des Hrn. Duleau aufgestellten Resultate des mittleren Widerstandes, vor den im Texte angegebenen, den Vorzug zu geben. (Anmerk. des Verfassers.)

Zur Vervollständigung der in der vorstehenden Vorlesung über die Festigkeit der Baumaterialien, vorzüglich in Hinsicht auf Holz und Eisen enthaltenen Bemerkungen scheint es nöthig, auch einige neuere Erfahrungen aufzunehmen. Zuvor glauben wir aber über den Eisendrath, welcher in neuer Zeit auch beim Bau von Brücken in Anwendung gekommen ist, wenigstens das Nöthigste anführen zu müssen.

Die Eintheilung des Eisendrahtes in Hinsicht seiner Dicke geschieht fast überall nach Nummern, die gewöhnlich von 00000 anfangen und bis 26 fortgehen, und der Verkauf geschieht nach Ringen, die in der Regel 9 bis 10 ℔ wiegen.

Zu Drathbrücken wandten Dufour und Seguin Drähte von den Fabriknummern 14 und 18 an.

Guter Eisendrath muss eine hellgraue Bruchfläche und einen zackigen Bruch haben, er muss ungeglüht sich oft rechtwinklich hin und her biegen lassen, ohne bald zu brechen, auch darf er nicht aufreissen und sich nicht spalten. Hat der Drath ungleiche härtere und weichere Stellen, so ist das ein Beweis, dass er von schlechtem Eisen angefertigt ist. Er muss ausserdem vollkommen rund, glatt und nicht gestreift seyn.

Nach den Versuchen von Seguin und Dufour, ist die Festigkeit des ausgeglühten Eisendrahtes geringer, als die des unausgeglühten. So erfolgt auch die Ausdehnung des in der Richtung seiner Länge belasteten Eisendrahtes erst, wenn die angehängte Belastung $^2/_3$ der Kraft beträgt, welche den Drath zu zerreissen im Stande seyn würde.

Die Tafel No. XVII enthält die von Seguin über das Zerreissen des Eisendrahtes angestellten Versuche. —

Ausser den, über die Festigkeit der Baumaterialien angestellten Versuchen von Muschenbröck, Rondelet, Gauthey, Perronet, Buffon und Girard, deren bereits im Texte, oben S. 189 u. f. Erwähnung geschah, haben in neuer Zeit Eytelwein, Wiebeking, Gerstner in Deutschland, Dupin, Seguin, Dufour in Frankreich, und Telford, Rennie, Brown, Tredgold in England Versuche über die Festigkeit der Bau-Materialen angestellt.

Den grössten Theil der älteren und neueren Versuche findet man, mit Ausnahme der in Deutschland angestellten, in Navier's bereits erwähnten: *Resumé des Leçons données à l'Ecole des Ponts et Chaussées*, (Paris chez Firmin Didot, 1826). —

Unter der Festigkeit versteht man die Kraft, mit welcher die Theile eines Körpers ihrer Trennung widerstehen. Je nachdem nun die Kraft, ein Zerreissen, Zerbrechen, oder Zerdrücken des Körpers bewirkt oder zu bewirken strebt, nennt man den entsprechenden Widerstand, die absolute, respektive oder rückwirkende Festigkeit.

Digitized by Google

Die absolute Festigkeit nimmt im geraden Verhältnisse mit dem Querschnitt des Körpers zu oder ab.

Die Tafeln I. II. XII. XIII. XV. XVII. und XVIII. geben die Grösse der absoluten Festigkeit für verschiedene Bau-Materialien an.

Soll nach denselben die Last bestimmt werden, welche ein Körper mit Sicherheit tragen kann, so darf man nur den dritten Theil desjenigen Gewichtes in Rechnung bringen, welches das Zerreissen bewirkt.

Die respektive oder relative Festigkeit eines Körpers verhält sich wie das Produkt der Breite, mit dem Quadrate der Höhe multiplizirt und mit der Länge dividirt.

Bezeichnet man die Breite eines Körpers mit b, dessen Höhe mit h und dessen Länge mit l, so nimmt die respektive Festigkeit des Körpers, wie sich leicht darthun lässt, in direktem Verhältnisse mit dem Werthe des Bruches

$$\frac{b\,h^2}{l}$$

zu oder ab. Drückt nun N den durch Versuche ausgemittelten Brechungs-Koeffizienten aus, so stellt die folgende Tafel für mehrere Arten der Befestigung eine Übersicht der Formeln für das Tragvermögen horizontal liegender Balken dar, deren Richtigkeit ohne Schwierigkeit gezeigt werden kann.

Art der Befestigung der horizontal liegenden Balken.	Die Last welche ihn im ersten Augenblick zerbricht,		Die Last, welche er mit Sicherheit tragen kann,	
	wenn jene am andern Ende wie bei 1, od. in der Mitte wie bei 2 u. 3 wirkt:	wenn jene auf dem Balken gleichförmig vertheilt ist:	wenn jene am andern Ende wie bei 1. od. in der Mitte wie bei 2 u. 3 wirkt:	wenn jene auf dem Balken gleichförmig vertheilt ist.
	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
1) Wenn der Balken mit seinem einen Ende fest eingemauert ist, so ist	$\frac{N b h^2}{l}$	$\frac{2 N b h^2}{l}$	$\frac{N b h^2}{32 l}$	$\frac{N b h^2}{16 l}$
2) Wenn der Balken mit seinen beiden Enden frei aufliegt, so ist	$\frac{4 N b h^2}{l}$	$\frac{8 N b h^2}{l}$	$\frac{N b h^2}{8 l}$	$\frac{N b h^2}{4 l}$
3) Wenn der Balken mit seinen beiden Enden fest verspannt ist, so ist	$\frac{8 N b h^2}{l}$	$\frac{16 N b h^2}{l}$	$\frac{N b h^2}{4 l}$	$\frac{N b h^2}{2 l}$

Das Tragvermögen zweier Balken von gleichen Abmessungen verhält sich also für die drei verschiedenen Arten der Befestigung wie 1: 4: 6, es mag nun die Last blos in einem Punkt wirken oder auf dem ganzen Balken gleichförmig vertheilt seyn.

Nach den Versuchen von Eytelwein, (man vergl. dessen Statik II. Bd., S. 402) ist der Werth von N für

Digitized by Google

Kiefernholz	2878	Weisstanne	2737
Sommereichen	4006	Rothbuchen	4710
Steineichen	4109	Weissbuchen	3005
Rothtanne	2049	Erlenholz	3449

wobei zu bemerken ist, dass die Gewichte auf berliner Pfunde und die Längen auf rheinländische Zolle sich beziehen.

Die hieher noch gehörigen Tafeln, welche Erfahrungen über die respektive Festigkeit enthalten, sind die No. XI, XIV und XVI.

Für die sichere Belastung wurde in der dritten und vierten Kolonne nach Eytelwein nur der 32te Theil derjenigen Last in Rechnung gebracht, bei welchem der Balken bricht; von Langsdorf rechnet hiefür bei 45jähriger Dauer den 16ten und Navier den 10ten Theil. — Schmiedeeisen, welches nach seiner Quere durch eine Last gebogen wird, soll man nach Navier nur mit dem dritten Theil der Last, welche den Stab zerbrechen würde, beschweren. —

In vielen Fällen ist es wichtig, die Grösse der Biegung zu kennen, welche ein horizontal belasteterBalken erleidet. Für die unter der Eytelweinschen Voraussezung berechnete sichere Belastung ist die derselben im ersten Augenblick entsprechende Senkung nach diesem Autor (m. vergl. Eytelw. Stat. II. Bd., S. 406.):

bei Kiefernholz	$= \frac{l^2}{20992\ h}$	bei Weisstannen	$= \frac{l^2}{22656\ h}$
bei Sommereichen	$= \frac{l^2}{18976\ h}$	bei Rothbuchen	$= \frac{l^2}{15712\ h}$
bei Steineichen	$= \frac{l^2}{18560\ h}$	bei Weissbuchen	$= \frac{l^2}{20032\ h}$
bei Rothtannen	$= \frac{l^2}{20768\ h}$	bei Erlenholz	$= \frac{l^2}{17792\ h}$

wo h die Höhe und l die Länge des Balkens in jedem Längenmaasse ausgedrückt seyn können.

Noch ist zu bemerken, dass bei einerlei Balken die grössten Ordinaten der Biegungen sich verhalten wie die zugehörigen Belastungen.

Die neueren von Barlow, Ebbels und Tredgold über die respektive Festigkeit der Holzarten angestellten Versuche übergehen wir, da sie, als mit Holzstücken von 1 bis 2 Zoll Stärke angestellt, vor den Eytelweinschen keinen Vorzug haben. —

Die rückwirkende Festigkeit eines Körpers verhält sich wie das Produkt der Breite, mit dem Kubus der Höhe multiplizirt und mit dem Quadrate der Länge dividirt, — oder allgemein wie

$$\frac{b\,h^3}{l^2}.$$

Nach den, in der I. Tafel enthaltenen Versuchen von Rondelet, Gauthey und Wiebeking bekamen Steine schon Sprünge, wenn sie mit der Hälfte desjenigen Gewichtes belastet wurden, das sie zu Zerdrücken im Stande war. Navier räth daher bei Ausführungen Steine nur mit dem 10ten, Hölzer mit dem 5ten und Gusseisen mit dem 4ten Theile derjenigen Last zu beschweren, welche diese Materialien zu zerdrücken vermag.

Digitized by Google

Nach Eytelwein giebt die Last, welche ein Stiel mit Sicherheit tragen kann, für

$$\text{Kiefernholz} = 48520 \frac{b h^3}{l^2},$$

$$\text{Eichenholz} = 61408 \frac{b h^3}{l^2},$$

wobei wieder nur der 32te Theil derjenigen Last gerechnet ist, welche den Stiel zu zerdrücken im Stande wäre.

Nach den Erfahrungen von Rennie ist die einen Würfel von 1 engl. Zoll Seite zerdrückende Last für

	Pfd. av. du poids.
englische Eichen	3860
Weisstannen	1928
amerikanische Fichten	1606
Ulme	1284

Die mittleren Resultate der von Rondelet mit vertikal stehenden und an ihrem oberen Ende belasteten Hölzern angestellten Erfahrungen enthält folgende Tafel. Die Stücke hatten alle 1 Zoll ins Gevierte.

Art der Hölzer.	Länge der Stücke.	Last, welche den Bruch bewirkte.
	Zoll	Pfund
Eichen	1	6346
	12	5310
	24	2911
	36	2163
Tanne	1	7490
	12	6355
	24	3429
	36	2575

Rondelet schliesst aus diesen Erfahrungen folgendes. Nimmt man als Einheit die einen Würfel zu zerbrechende Kraft an, welche 44 ℔ per Quadratlinie des Querschnittes für Eichenholz, und 52 ℔ für Tannenholz beträgt, so ist die zum Zerbrechen eines Stückes nöthige Kraft, dessen Höhe 12mal der Dicke gleich ist $\frac{5}{8}$

24 . . . . . $\frac{1}{2}$; 36 . . . . . $\frac{1}{3}$; 48 . . . . . $\frac{1}{8}$;
60 . . . . . $\frac{1}{12}$; 72 . . . . . $\frac{1}{24}$. —

Nach demselben Autor ist ein vertikal belastetes Stück Holz fähig gebogen zu werden, wenn dessen Länge das Gevierte 10mal übersteigt. —

Die rückwirkende Festigkeit des Schmiedeeisens giebt Rondelet zu 512 ℔

Digitized by Google

auf eine Quadratlinie an; die Stücke, mit welchen er die Versuche anstellte, waren Würfel von 6 bis 12 Linien Seite.

Duleau fand, dass eine schmiedeeiserne Stange von 11,8′ Länge und von 1,21 Zoll im Quadrate unter einer Last von 4400 ℔ sprang.

Die XIII. Tafel enthält noch die Resultate einiger von Rennie über die rückwirkende Festigkeit des Gusseisens angestellten Versuche, aus denen zugleich die Abnahme ersichtlich ist, welche bei dem Widerstand mit zunehmender Höhe der Würfel Statt hat.

Man hat auch über den Widerstand gegen Drehung Versuche angestellt. — Nach den von Dunlop mit cylinderischen Stäben von Gusseisen gemachten Versuchen, wobei die Kraft an einem 14′ — 2″ langen Hebel wirkte, zerbrach ein Stab von 3″ Länge, $2\frac{3}{4}$″ Durchmesser mit 700 ℔ und bei 6″ Länge, $4\frac{1}{4}$″ Durchmesser mit 2158 ℔, avoir du poids.

In den oben angeführten Schriften von Tredgold und Navier sind mehrere über den Widerstand gegen Drehung angestellte Erfahrungen enthalten. —

Digitized by Google

II. Abtheilung.

STRASSENBAU.

XI. Vorlesung.

Eintheilung der Strassen; Abmessungen; Profile der Strassen im Allgemeinen; Pflaster- und Stein-Strassen. —

Die Strassen werden nach dem Grade ihrer Wichtigkeit gewöhnlich in vier Klassen eingetheilt.

In jeder dieser Klassen haben sie verschiedene Breiten.

I. Klasse von 20^{m} (68′,5) Breite,
II. Klasse von 16^{m} (54′,8),
III. Klasse von 14^{m} bis 12^{m} (48′—41′),
IV. Klasse von 7^{m} bis 8^{m} (24′—27′,3). —

Die drei ersten Klassen begreifen die sogenannten Haupt-Strassen und die vierte Klasse die Vizinal-Wege. —

Diese Abmessungen waren ehemals festgesezt; später beschäftigte sich die Gesezgebung von neuem mit der Breite der Strassen, welche in diesem ersten Systeme offenbar zu beträchtlich war.

Ein Rath-Beschluss von 1776 bestimmt sie folgendermaassen:

I. Klasse 14^{m} (48′) Breite,
II. Klasse 12^{m} (41′),
III. Klasse 10^{m} (34′,2),
IV. Klasse 8^{m} (27′,3). —

Digitized by Google

Ich muss bemerken, dass diese Abmessungen für die Breite der Strassen der ersten Klasse zu schwach scheinen; allein jene der zweiten, dritten und vierten Klasse sind offenbar zureichend.

Die Bestimmung der Breite von den verschiedenen Bestandtheilen einer Strasse und ihre Verhältnisse zu einander, so wie sie am schicklichsten scheinen, machen den Gegenstand der folgenden Tafel aus. [1])

Klassen	Gräben	Fussbank	Fussbank	Ganze Breite ohne Gräben.
I	2m (6,8′)	6m 66 (23,8′)	6m 66 (23,8′)	20m (68,5′)
II	2 (6,8′)	3, 00 (11,02′)	6, 00 (20,5′)	12 (41′)
III	1⅔ (5,7′)	2, 00 (6,8′)	6, 00 (20,5′)	10 (34,2′)
IV	1 (3,4′)	1, 50 (5,1′)	5, 00 (17,0′)	8 (27,3′)

Die Strassen der ersten Klasse sind diejenigen, welche, von der Hauptstadt ausgehend, das französische Gebiet durchschneiden und ohne Unterbrechung mit den vorzüglichsten Städten fremder Länder kommuniziren.

Die der zweiten Klasse gehen vom Mittelpunkt des Königreiches aus und stossen auf einen Hauptort eines Departements.

Die Kommunikationen von Hauptort zu Hauptort, von einer grossen Gemeinde zu einer andern, und von dieser leztern zu einer Strasse erster Klasse, bilden die der dritten Klasse.

Endlich die vierte Klasse begreift die Wege von Dorf zu Dorf, welche gewöhnlich Vizinalwege genannt werden. —

---

[1]) Die Breite der Fahrbahn hängt von der Breite der Wagenspuren oder Geleise und von der Anzahl der sich begegnenden Fuhrwerke ab. Die Geleise-Breiten variiren in den meisten Ländern. In Bayern ist dieselbe 4,5 Fuss. —

Wegen der bei grossen Lastwägen über die Räder hervorstehenden Ladung macht man die Breite der Fahrbahn von Haupt-Strassen wenigstens viermal so gross, als die des Geleises, d. i. 18 Fuss und giebt jeder Fussbank eine Breite von 4′ oder, was dem Gebrauche besser zusagt, eine Breite von 5′. In Ebenen und in Thälern, wo das Grund-Eigenthum einen grossen Werth hat, sieht man öfters selbst die Hauptstrassen auf eine obere Breite von 26 Fuss beschränkt. —

Wo dis nicht der Fall ist, erhalten die Hauptstrassen in Bayern eine Breite von 30 Fuss: nemlich 20′ für die Fahrbahn und 5′ für jede Fussbank. — Die Vizinalstrassen werden dagegen mindestens 22′ breit gemacht, und zwar giebt man der Fahrbahn 16′ und jeder Fussbank wenigstens 3′ Breite. —

Digitized by Google

Es giebt verschiedene Strassenordnungen in derselben Klasse.

Die Ökonomie beim Abtrag der Strassen in Gebirgs-Gegenden und Lokal-Verhältnisse erheischen oft eine Verminderung der Breiten in den Profilen der beiden ersten Klassen; hieraus geht die Nothwendigkeit hervor, eine Strasse in verschiedene Ordnungen unterabzutheilen.

Die Bestandtheile einer Strasse sind: feste Fahrbahn in der Mitte; eine Fussbank von Erde auf jeder Seite; Böschungen im Abtrag oder im Auftrag, welche die Fussbank unterstüzen; endlich Gräben zum Abfluss der Gewässer.

Wenn Lokal-Verhältnisse gebieten, die Breite einer Strasse zu vermindern, so findet die Reduktion gewöhnlich an den Fussbänken und Gräben allein Statt; die Breite der Fahrbahn kann in allen Fällen nicht geringer, als 18 pariser Fuss, ungefähr 6 Meter seyn. [2])

Die Fahrbahn wird entweder mit Pflaster, oder mit Versteinung angelegt; dieser dem Fuhrwerk bestimmte Theil erfordert eine grosse Festigkeit; die Fussbänke bestehen aus Erde; sie sind besonders für den Reisenden zu Fuss bestimmt; in der schönen Jahreszeit bieten sie auch dem Fuhrwerke ein sanftes und hinlänglich festes Fahren dar; in dieser Beziehung dienen die Fussbänke zur Erhaltung der Fahrbahn, welche sie ergänzen. Sie werden durch die Böschungen im Auftrag unterstüzt, wenn die Strasse einen Damm bildet, oder durch die Böschung der Gräben, wenn sie im Abtrag, das heisst, wenn die obere Fläche der Strasse unter der Ebene des natürlichen Bodens vom Gelände liegt.

Die obere Fläche der Fahrbahn stellt fast immer eine konvexe, nach Erforderniss der angenommenen Konstruktions-Art, mehr oder weniger stark gekrümmte Oberfläche dar. Der Zweck dieser Krümmung ist, dem Regenwasser auf beiden Seiten der Strasse Abfluss zu verschaffen. [3]) Diese wesentliche Bedingung des

---

[2]) Der Pariser Fuss ist = 0,^{m} 3248 . . und der bayerische Fuss = 0,2918 . . . Meter; also ist der Meter in bayerischen Fussen = 3,4263 . . . —

[3]) Dieser Zweck wird offenbar besser erreicht, wenn man die Fahrbahn nach zwei, gegen die Fussbänke geneigten, geraden Linien anlegt, wie es auch gegenwärtig bei den neuesten Strassen-Anlagen zu geschehen pflegt. — Die Krümmung oder Wölbung hat durchaus keinen Vorzug; die Ungleichförmigkeit ihrer Neigung ist im Gegentheil entweder dem Wasser-Abfluss hinder-

Digitized by Google

Abflusses macht es nöthig, die Strasse soviel als möglich, höher als das natürliche Gelände zu halten; allein wenn dieses, was das Einfachste und gewöhnlich das Wohlfeilste ist, nicht Statt finden kann, so giebt man ihr dann mittelst der zwei Gräben die für den Abfluss des Regenwassers erforderliche Erhabenheit.

Die Rücksicht auf den leichten Abfluss des Wassers von der Fahrbahn erheischt, dass die Fussbänke gegen die Kante der Damm - oder Graben - Böschung geneigt angelegt werden. Diese Querneigung wird durch die Natur des Erdreiches und besonders durch die Neigung der Strasse nach ihrer Längenachse bestimmt; sie muss immer geringer, als die der Fussbank seyn, damit das Wasser nicht veranlasst werde, nach der Länge einer nicht horizontal angelegten Strasse herabzufliessen.

Es giebt manchmal Umstände, wo die Fahrbahn die ganze Breite der Strasse einnimmt; ein fester Grund und ein grosser Überfluss an Gerölle berechtigt zu dieser Konstruktions - Art einige mittäglichen Departemente und besonders England liefern hievon Beispiele.

Dis ist, summarisch, das gewöhnliche Querprofil einer Strasse; wir werden darauf zurückkommen, wenn wir ausführlicher von seiner Konstruktion handeln. —

Die Neben - Anstalten der Strassen und ihre Verschönerungen bestehen in Pflanzungen, Stundensteinen, Wegweisern; man legt auch darauf Brunnen und Tränken an.

Unter diesen Neben - Anstalten nehmen die Pflanzungen den ersten Rang ein. Sie verschönern die Strassen, gewähren im Sommer dem Reisenden Schatten und dienen ihm als Führer, theils in den, Überschwemmungen ausgesezten Ebenen, theils in

---

lich, oder dem Fuhrwerke nachtheilig, je nachdem die Krümmung schwach oder stark ist. Die Kante in der Mitte dieses Profiles wird abgerundet.

Hr. Baurath Umpfenbach hält diese Gestalt des Quer-Profiles einer Strasse gleichfalls für die zweckmässigste. Man vergl. dessen *Theorie des Neubaues, der Herstellung und Unterhaltung der Kunststrassen*, Berlin bei Rücker, 1830; Seite 120. —

Diese interessante Schrift kam uns erst zu Gesicht, als diese Übersezzung mit den Zusäzen schon im Manuscripte vollendet war. Mit Vergnügen fanden wir in derselben mehrere von uns in den Zusäzen behandelte Aufgaben. Wir haben daher da, wo es ohne zu grosse Weitläufigkeit thunlich war, Hrn. Umpfenbach's Ansicht jedesmal kurz beigefügt.

Digitized by Google

Gebirgs-Gegenden, wo die Strassen und die ihnen zur Seite liegenden Abgründe öfters unter dem Schnee verschwinden.

Bei dem grössern Theile der Strassen werden die Bäume auf den äussern Rand der Gräben gepflanzt; aber heut zu Tage ist es ziemlich allgemein anerkannt, dass es vortheilhafter sey, dieselben bei den Strassen erster Klasse auf den äussern Rand der Fussbank zu sezen; mit der zu ihrer Erhaltung nöthigen Sorgfalt gedeihen sie besser, als die auf den Feldern jenseits der Gräben gepflanzten, wo der Pflug des Landmannes sie gewöhnlich beschädigt; in dieser ersteren Stellung machen sie eine viel schönere Wirkung und verschaffen den Reisenden weit mehr Schatten.

Man soll zu diesen Pflanzungen diejenigen Baumarten wählen, welche sich für den Boden am besten eignen und ein nüzliches Holz hervorbringen, wie die Eiche, Esche, Ulme; insonderheit muss man die Obstbäume verwerfen; durch ihre Produkte sind sie Beschädigungen ausgesezt. [4])

Die alten Stundensteine sassen in Entfernungen von 1000 zu 1000 Klaftern (Toisen zu 6 Fuss); nach dem neuen Maasssysteme sind oder werden sie nach und nach durch kilometrische ersezt. Jedes Zehntel, grösser als die andern, bezeichnet einen Myriameter (34263 Fuss), eine als Maasseinheit für Strassen angenommene Benennung: sie begreift einen Raum von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Stunden zu 2000 Klafter (12000 pariser Fuss). [5])

Diese Steine sind sehr nüzliche Merkzeichen, um die auf Unterhaltung der Strassen sich beziehenden Arbeiten zu bezeichnen; ausserdem haben sie den Vortheil, dem Reisenden den Weg anzuzeigen, welchen er zurück gelegt und den, welchen er noch zurück zu legen hat.

Nicht weniger nüzlich sind die Wegweiser; man soll an allen Punkten, wo sich eine Strasse mit einer andern vereinigt,

---

[4]) Diesem Ausspruche Sganzin's geradezu entgegen steht dasjenige, was zu Gunsten der Obstbaumpflanzungen an Strassen in des Freiherrn von Pechmann's *Anleitung zum Bau und zur Unterhaltung der Haupt- und Vizinalstrassen*, S. 126 — 131, namentlich in den §§. 160 und 167, dann in C. Arnd's *Strassen- und Wegebau*, S. 144 — 149 hierüber gesagt ist.

[5]) Ein Kilometer ist 1000 Meter und ein Myriameter ist 10000 Meter oder eine neue französische Meile. Eine bayerische Stunde beträgt 12703 Fuss, oder 3703,79 Meter. —

Digitized by Google

solche hinsezen: sie machen der Ungewissheit des Reisenden ein Ende und verhindern denselben, sich zu verirren, indem sie ihm die Richtung der Strasse anzeigen, welche er einhalten muss.

Zu diesen nüzlichen Nebenanstalten soll man noch, so oft sich Natur und Lokalität hiezu eignen, Brunnen und Tränken fügen; man legt diese Werke auf einem der Strassen-Ränder an. Diese Monumente sind Zeugnisse von der Sorgfalt der Regierung: die Römer haben uns hievon viele und grossartige Beispiele hinterlassen; wir sollen ihnen nachahmen, indem wir unseren Strassen nicht nur die nöthige Festigkeit geben, welche ihre Bestimmung erheischt, sondern indem wir ihnen auch die Verschönerungen und die Bequemlichkeit verschaffen, welche der öffentliche Nuzen anspricht. —

Nachdem ich die verschiedenen Theile, welche das Ganze einer Strasse umfassen, angezeigt habe, werde ich, bevor ich von der Art sie zu entwerfen spreche, die Details der Konstruktion auseinander sezen, in welche ich eingehen muss, und einige Erklärungen der, bei der Konstruktion der Strassen angenommenen Ausdrücke geben.

Man versteht unter Neigung oder Steigung den Abhang einer Geraden über oder unter einer Horizontalen, so wie der Ausdruck, die Neigung fällt und die Steigung steigt, es anzeigt. Allein um in den Entwürfen alles Zweideutige in dieser Beziehung zu vermeiden, ist man übereingekommen, die Neigungen und Steigungen von der Linken zur Rechten gehend zu bezeichnen. Die Tangente des Neigungs-Winkels in einem Kreise, der die Einheit zum Halbmesser hat, ist das Maass der Steigung oder Neigung; sowohl die eine, als die andere werden ganz oder absolut genannt, wenn sie im Verhältnisse zu einem Kreise betrachtet werden, dessen Halbmesser grösser, als die Einheit ist.

Abtrag ist das Ergebniss der Verrichtung, durch welche man den Theil des natürlichen Erdreiches hinwegnimmt, der sich über einer Linie des Entwurfes befindet.

Auftrag ist die Erdmasse, welche man auf den natürlichen Boden bringt, um ihm die, dem Entwurfe entsprechende, nöthige Erhabenheit zu geben.

Das Querprofil einer Strasse ist eine gebrochene Linie, welche von der Struktur der Strasse in allen ihren Theilen Rechenschaft giebt.

Digitized by Google

Um das Profil einer Strasse (Figur 1, Taf. I.) aufzuzeichnen, bildet man ein gleichschenkliches Dreieck, dessen Höhe zur Grund-Linie in dem Verhältnisse zu der Querneigung steht, welche man der Strasse für den Wasser-Abfluss geben will: in den gewöhnlichen Fällen ist dieses Verhältniss das Zwölftel der halben Strassen-Breite. Projektirt man alsdann auf die Seiten des Dreieckes die Breite der Fahrbahn, auf der Grundlinie gemessen, und zieht durch diese Punkte und die Spize des Dreieckes einen Kreisbogen, so wird dieser die Konvexität der Fahrbahn ausdrücken, und das was von den beiden Seiten des Dreieckes übrig bleibt, wird jede Fussbank bilden.

Um das Profil der Strasse zu vervollständigen, hat man nur noch an die Endpunkte der Figur die Böschungen des Auftrags anzuhängen, wenn es ein Damm ist, oder die Gräben, wenn die Strasse im Abtrag liegt.

Um aber nichts zu wünschen übrig zu lassen, muss dieses Profil ausserdem von der Dicke und Konstruktions-Art der Fahrbahn Rechenschaft geben. Der Körper, welcher sie bildet, ganz unabhängig vom Auf- und Abtrag, ist durchaus ein besonderes Werk der Kunst, hat seine eigne Struktur und hängt von keiner Erdumgrabung ab.

Dieser Körper wird auf zwei verschiedene Arten hergestellt: entweder mit Pflaster oder mit Versteinung.

Fahrbahn mit Pflaster.

Der Stein, welchen man vorzugsweise zu der Konstruktion dieser Gattung von Strassen verwendet, ist der harte Sandstein. [6])

Um einen gehörigen Widerstand darzubieten, soll, wie die Erfahrung gelehrt hat, der viereckig zugehauene Pflasterstein ungefähr $0{,}2^m$ (8 Duodezimal-Zoll) auf allen seinen Seiten haben.

---

[6]) Ausser dem hier genannten Sandsteine, welcher in der Nähe von Paris von besonderer Güte gebrochen und zum Pflaster dieser Hauptstadt verwendet wird, dürften selbst die härteren Sand-Steinarten den übrigen Steingattungen als Basalt, Granit, Gneiss, Porphyr, Kalkstein u. a. um somehr im Allgemeinen nachstehen, als diese, wie gewöhnlich der Gneiss und öfters der Kalkstein, aber nicht immer der Sandstein, in dünnen Platten und selbst in regelmässigen Prismen brechen. —

Digitized by Google

Er muss auf ein etwa 6 Zoll dickes Sand-Bett, das man Form nennt, normal auf die Krümmung der Fahrbahn, in geraden Reihen und mit überdeckten Fugen gesezt werden.[7]) Die beiden äussersten Pflasterstein-Reihen nennt man Randsteine: ihre Abmesungen nach der Länge und Höhe sind stärker, als die der übrigen Pflastersteine, damit sie eines Theils, indem sie tiefer in die Form eingreifen, die Reihen befestigen und zusammenhalten, und andern Theils, innerhalb und abwechselnd in einen Verband mit den übrigen Pflastersteinen treten.

Wenn die Pflastersteine mit der nöthigen Vorsicht gesezt sind und — damit ihre obere Fläche dem Profile entspreche — jeder derselben, um die Festigkeit des Ganzen zu sichern, mit der Handramme stark angetrieben worden ist, so breitet man auf der Oberfläche der Fahrbahn eine Lage Sand von ungefähr 0,03^{m} (ein Zoll) aus; diese Lage ist nöthig, um die Fugen ohne Hülfe einer fernern Handleistung zu sichern.

In dem durch einen Kreisbogen gebildeten Profile einer Strasse sind die Randsteine ihrer Lage nach der Theil dieser Fahrbahn, welcher am meisten Neigung hat.[8]) Wenn daher eines der

---

[7]) Gewöhnlich werden bei Pflasterstrassen die einzelnen Pflastersteine so gesezt, dass sie gerade Reihen bilden, wo, wenn auch die Reihen selbst unter sich nicht gleiche Breite haben, die doch wenigstens bei den Pflastersteinen in einer und derselben Reihe der Fall ist; wo also die Richtung dieser Reihen auf der Achse der Strasse senkrecht und die Fugen der Pflastersteine daher entweder parallel oder senkrecht zu dieser Achse sind. — Auf diese Art scheint auch Sganzin seine Pflastersteine gesezt haben zu wollen, indem er blos sagt, man müsse sie in geraden Reihen sezen; hiebei hat er aber, wie es gar nicht bezweifelt werden kann, das Pflaster von Paris als Muster vor Augen, welches, bekanntlich durchgängig in geraden, auf der Achse der Strasse senkrechten, Reihen gesezt ist.

Es ist aber besser, die parallelen Reihen der Pflastersteine unter einem Winkel, von allenfalls 45 Grad, mit der Achse der Strasse anzulegen, damit durch diese Anordnung die Fugen der Steine von den über sie hinrollenden Rädern alle quer durchschnitten, und dadurch, dass die Räder die Fugen nach ihrer ganzen Länge nicht mehr berühren, die Pflastersteine nicht so leicht wie früher von einander getrennt werden, wodurch folglich die Dauerhaftigkeit des Pflasters selbst sehr vergrössert wird. Die Vortheile, welche auf diese Art hergestellte Pflaster gewähren, sind auch bereits anerkannt und man legt in mehreren der grösseren Städte am Rhein, z. B. in Carlsruhe, Darmstadt, Frankfurt, das Pflaster fast ausschliesslich auf diese Weise an.

[8]) Bei dem gradlinigen Profile findet dis nicht Statt; man vergleiche die Bemerkung N. 3. —

Digitized by Google

Wagenräder die Randsteine erreicht, so gleitet es ab und fällt auf die Fussbank, wo es ein Geleise bildet.

Nur unvollkommen wird diesem Übelstande abgeholfen, wenn man, von Entfernung zu Entfernung, so wie es einigemal geschah, die Randsteine in die Fussbank springen lässt. Dieses Mittel ist im Gegentheile eine neue Ursache zu Beschädigungen: eine Anschüttung von Kieselsteinen auf die in dem Profile (Fig. 2 u. 3, Taf. I.) angezeigte Art, welche sich gegen die Randsteine stützt und in der Fussbank verliert, ist das Beste, was man in dieser Beziehung thun kann; allein um die Fussbank der gepflasterten Fahrbahnen völlig zu verwahren, muss man diesem Profile entsagen und dasjenige annehmen, welches man umgekehrtes (à revers) nennt, und von dem ich sprechen werde, wenn ich, — nach Beendigung dessen, was sich auf die Konstruktion der Fahrbahnen bezieht, — die Strassen in Hinsicht auf die Kunst, Entwürfe anzufertigen, betrachte. Dieses Profil hat die Eigenschaft die Wagenräder auf die Fahrbahn zurückzuführen, wenn jene, genöthigt sich von der Strassenachse abzuwenden, dieselbe verlassen haben.

Die Fahrbahnen sind gewöhnlich vor ihrem Eintritt in grosse Städte, sowie beim Durchgang durch Städte und Dörfer gepflastert. Diese Konstruktions-Art, gewöhnlich kostspieliger als die mit Versteinung, wird auch mit Vortheil in den, auf einem sumpfigen Boden liegenden Theilen der Strassen angewendet; und im Allgemeinen an den Orten, welche ihrer Natur nach dem Regenwasser wenig Abfluss gestatten und wo folglich die Fussbänke selten für die Fuhrwerke brauchbar sind. *)

Fahrbahn mit Versteinung.

Diese zweite Konstruktions-Art (Fig. 4 u. 5, Taf. I) der Fahrbahn ist diejenige, welche am meisten im Gebrauch ist. Sie ist

*) Einer gepflasterten Strasse giebt man gewöhnlich weniger Wölbung, ja nur die Hälfte von der einer Strasse mit Versteinung. Die grössere Festigkeit, so wie der Umstand, dass Geleise auf jenen weniger leicht entstehen und also der Wasserabfluss nach den Rinnen zu um vieles erleichtert ist, rechtfertigen eine geringere Wölbung vollkommen; abgesehen davon, dass eine solche für das sichere und leichtere Fahren, sowie auch für die Strassen selbst, grosse Vortheile gewährt. —

Digitized by Google

aus mehreren, und zwar gewöhnlich aus drei Lagen gebildet. Man wendet hiezu den rauhen Bruchstein an, und behält den härtesten, besonders wenn er kieselartig ist, für die obere Lage zurück.

Die erste Lage, die man als das Fundament der Fahrbahn ansehen kann, muss, wenn die Form eine horizontale Ebene ist, (0,24m) 9 (duodezimal) Zoll Dicke haben. Sie wird aus aufrecht stehenden Bruchsteinen ohne alle Ordnung gemacht; man trägt nur Sorge, keine Leeren zu lassen; die hervorstehenden Ecken der Bruchsteine dienen, diese erste Lage mit der zweiten zu verbinden. [10])

Diese erste, so vorbereitete Masse wird durch die zweite Lage, welche ungefähr 0,08m (0,25′) Dicke hat, zugedeckt; hiezu verwendet man auf den Feldern zusammen gerafften Steinschotter oder Kies, wenn man sich solchen verschaffen kann. In Ermangelung dieser Materialien zerschlägt man Bruchsteine und reduzirt sie auf die gleichförmige Stärke eines 1 Zoll 5 Linien breiten Würfels, das heisst, ungefähr auf die Stärke einer Nuss; diese zweite Lage wird auf der ersten mittels der eisernen Schaufel gehörig ausgebreitet: sie muss eine gleichförmige Fläche darstellen und dem angenommenen Profile entsprechen.

Die dritte Lage, die gleichfalls 0,08m oder ungefähr 3 (duodezimal) Zoll Dicke hat, besteht aus grobem Gerölle, oder was vorzuziehen ist, aus harten und kieseligen Steinen, welche sorgfältig mit dem Hammer auf der Fussbank zerschlagen und auf die Stärke eines Würfels von 1 Zoll oder 27 Millimeter Seite reduzirt werden. Sie wird über der zweiten Lage mittels eines Rechens mit eisernen Zähnen gehörig ausgebreitet.

Diese Masse von drei Lagen, aus welchen die Fahrbahn mit Versteinung besteht, ist auf ihren Rändern durch zwei Reihen von Randsteinen zusammen gehalten; allein die obere Fläche von diesen, statt, wie bei den Pflastersteinen, ganz sichtbar zu seyn, muss durch die sie bedeckende Versteinung verborgen werden:

---

[10]) Gewöhnlich wird die unterste Lage nicht, wie hier Sganzin sagt, ohne alle Ordnung gesezt, sondern die Steine werden, (man vergl. des Frhrn. v. Pechmann's *Strassenbau*, S. 61.) auf ihre schmale Kante reihenweise nebeneinander, und dicht aneinander so gesezt, dass sich die Fugen der verschiedenen Reihen überbinden. —

Digitized by Google

diese Randsteine zeigen also nur ihre Kante, welche, wenn die Versteinung vollendet ist, der einzige sichtbare Theil der Randsteine bleibt: diese Kante bildet eine, mit der Strassenachse parallele, gerade oder krumme Linie, welche die Fahrbahn von der Fussbank trennt. [11])

---

[11]) Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei der geringen Dicke der dritten Lage Steine von der zweiten Lage durch das Fuhrwer auf die Oberfläche gebracht werden; daher ist es besser, alle zerschlagenen Steine von gleicher Grösse und möglichst klein zu verwenden. — Bekanntlich schlägt Mac-Adam vor, die unterste Lage, welche gewöhnlich 6 — 9 Zoll stark angenommen wird, ganz wegzulassen und reduzirt selbst die Dicke der beiden oberen Lagen, auf den frequentesten Strassen und bei sehr hartem Material, als Basalt, Granit u. a. auf eine Höhe von zehn Duodezimal-Zoll; macht aber zur Bedingung, dass alle Steine gleich gross und möglichst klein (1 — 1½ Zoll ins Gevierte) geschlagen werden. — Dagegen hält Herr Arnd (man sehe dessen *Strassen- und Wegebau*, Darmstadt 1827, Seite 112 — 122), der mit Wesermann, Cordier u. a. die ganze Dicke der Versteinung bei vorzüglichem Material von 10 Zoll für Hauptstrassen ebenfalls als hinreichend angiebt, das Kleinschlagen der unteren Lage von sechs Zoll Höhe für Verschwendung.

Im Allgemeinen dürfte es wohl schwer seyn, hierüber etwas bestimmen zu wollen, da die von dem Ingenieur in besondern Fällen gewählte Konstruktion hauptsächlich von der Güte der ihm zu Gebot stehenden Materialien und von der Lokalität abhängt. —

Auf hoch- und auf festem guten Boden liegenden Strassen kann ohne Nachtheil die Mac-Adam'sche Konstruktions-Art angewendet und die Höhe der, aus gleich gross geschlagenen Steinen bestehenden Fahrbahn, bei gutem Material, auf 8 Zoll reduzirt werden. Bei tiefliegenden Strecken und bei einem weichen lehmigen Boden ist es aber rathsam, die Fahrbahn mit einem wohl verbundenen und dicht gesezten Grundbau von 5 — 6 Zoll Höhe zu versehen, welcher mit einer 3 bis 4 Zoll dicken Lage klein geschlagener, harter Steine überschüttet wird.

In Bayern müssen nach den bestehenden Instruktionen sowohl die Haupt- als die Vizinal-Strassen mit einem Grundbau versehen werden; dieser wird bei den ersteren in der Mitte zehn Zoll und bei den lezteren sechs bis acht Zoll stark gemacht und die aus gleich grossen klein zerschlagenen Steinen bestehende Decklage erhält in der Mitte eine Dicke von sechs bis sieben Zoll im ersten und von fünf Zoll im zweiten Falle. — Die Kiesstrassen ohne Grundbau werden um 2 bis 3 Zoll stärker gemacht. —

Die Randsteine, die bei keiner Strasse fehlen dürfen, sind bei den Hauptstrassen 6 Zoll breit, reichen bis unter den Grundbau und stehen über demsel- 3 bis 5 Zoll hervor. —

Freiherr von Pechmann erklärt sich bestimmt und kräftig gegen die Mac-Adam'schen Strassen; man sehe dessen *Jahrbücher der Baukunst*, 1ter Band, 2tes Heft, Seite 231. —

Digitized by Google

Diese durch die Figur 5, Taf. I angezeigte Stellung der Randsteine bietet mehrere Vortheile dar. Sie hält die zweite und dritte Lage zusammen, mit denen sie sich verbindet, und durch den unter die Fussbank reichenden Vorsprung befestigt sie dieselbe gegen die Eindrücke der Wagenräder, die sie an diesem Theile zu beschädigen streben. [12])

Indem man die Eigenschaften und den Erfolg dieser Konstruktions-Art zergliedert, erkennt man, dass sie alle zu wünschende Festigkeit darbietet, wenn die Fahrbahn mit Sorgfalt hergestellt, und die Materialien, besonders die der beiden lezten Lagen, gut gewählt worden sind. In der That, die kleinen Steine, welche die dritte Lage ausmachen, vereinigen und vermischen sich durch das Fahren mit denen der zweiten. Die Trümmer der Oberfläche, die sich abnüzen, und deren Abfälle der Regen auflösst, bilden ein Cement, welches die Berührungspunkte vermehrt und nach und nach alle Zwischenräume ausfüllt. Es geht hieraus, nach einem gewissen Zeitverlauf, eine gleichartige, harte, auf ihrer Oberfläche gebundene Masse hervor, welche dem schwersten Fuhrwerke vollkommen widersteht. [13])

Wenn das Erdreich nicht von guter Qualität ist, so muss die erste Lage auf ein Bett von flachen Steinen oder Platten von 6 Zoll oder 0,16^{m} Dicke gesezt werden. [14])

---

[12]) Nur äusserst selten werden die Randsteine auf diese Weise gesezt, weil ihre sichtbare, scharfe Kante den Beschädigungen zu sehr unterworfen ist und dadurch der Hauptzweck der Liniensteine — nemlich die Lage der Strasse bleibend zu sichern und ihr bei künftiger Unterhaltung als Anhalts-Punkte zu dienen — sowie die einzige Zierde der Fahrbahn verloren geht. Man sezt daher bei Strassen mit Versteinung die Randsteine wie bei Pflasterstrassen und beachtet die geringe Mehr-Arbeit nicht, welche das Zurichten der sichtbaren oberen Fläche erfordert. —

[13]) Besonders fest wird die Fahrbahn, wenn man zur zweiten Lage harte Kalksteine und zur dritten Lage Quarz, Basalt, Granit oder sonst eine der härteren Steingattungen nehmen kann. Eine solche Fahrbahn bindet sich in zwei Monaten, bei mittelmässiger Frequenz und nicht zu trockener Witterung, vollkommen.

Werden Kalksteine unter Basalt, Quarz u. s. w. gemischt, um dadurch ein schnelleres Festwerden der Fahrbahn zu bewirken, so müssen jene möglichst hart seyn, widrigenfalls leicht Unebenheiten in der Oberfläche der Strasse entstehen.

[14]) Ausser den angeführten Konstruktions-Arten der Fahrbahnen giebt es noch 2 andere, nemlich: 1) die sogenannten gemischten Strassen und

Digitized by Google

Das Gelingen einer neu angelegten Strasse mit Grudbau hängt wesentlich von der Handarbeit und vorzüglich von der Sorgfalt ab, welche man auf die dritte Lage verwendet; eine

---

2) die Klinkerstrassen. — Unter gemischten Strassen (Chaussées mixtes) versteht man nemlich solche, auf denen die Wagenspuren oder Geleise von anderer Beschaffenheit sind, als der übrige Theil der Fahrbahn. Durch sie wird an Pflaster erspart, da dasselbe blos zu den Geleisen angewendet wird, indem der Rest aus Steinschotter oder Kies besteht; sie bieten noch einen andern Vortheil dar: das Pflaster ist sehr vortheilhaft für den Zug und die übrigen Materialien sind bequemer für die Füsse der Pferde. Diese Art Strassen halten das Mittel zwischen den gewöhnlichen Strassen und den Eisenbahnen. Von zweien in Frankreich gemachten Versuchen ist der eine, auf der Strasse von Cherbourg zwischen Nantes und Rosny, wegen der zu holperigten Sandsteine (grés trop raboteux), nicht ganz gut ausgefallen. Der andere auf der Strasse von Celle nach Bongival, auf einer ziemlich steilen Steige, ist aber vollkommen gelungen. Diese Strassen gewähren auch eine grosse Ersparung an Kosten. Eine 6 Meter breite Fahrbahn, mit 4 Reihen Geleisen von grossen Sandsteinen kostet fast ⅓ weniger, als wenn sie ganz gepflastert würde. Mehrere Profile dieser gemischten Fahrbahn findet man im III. Band des *Journales du Génie civil*, Paris 1829, pag. 322. Zwei davon haben wir in den Figuren a, b, c, d, auf der ersten Tafel dargestellt.

Auf der 6 Meter breiten Fahrbahn hat jeder der vier gepflasterten Streifen eine mittlere Breite von 75 Centimeter, da diese Streifen aus Steinreihen bestehen, welche abwechselnd 60 und 90 Centmeter lang sind.

Die gepflasterten Streifen, deren Steine Würfel von 20 Centimeter bilden, werden auf dieselbe Weise wie gewöhnliches Pflaster angelegt; die Pflastersteine ruhen auf einem 15 Centimeter hohen Sandlager; die Dicke der Kieslage zwischen den gepflasterten Reihen ist 30 Centimenter, also ungefähr ein Fuss.

In Mailand und in einigen kleinen, an der Strasse über den Gotthard liegenden Städten befinden sich 1′ breite Granitplatten, auf die Breite der Geleise von einander entfernt, im Pflaster angebracht. Das Pflaster zwischen und neben diesen Platten besteht aus kleinen Steinen. Es scheint, dass in Oberitalien diese Konstruktions-Art sichauch als gut bewährt hat, da die auf diese Weise angelegten Strassen sich gut erhalten haben und man fortfährt neue Strassen auf gleiche Art herzustellen. Die Wagen rollen mit Leichtigkeit und ohne Erschütterungen, wie auf einer Eisenbahn, über diesen Wegen hin. —

2. Die in Holland ziemlich allgemein eingeführten sogenannten Klinker-Strassen, welche aus Klinkern oder hart gebrannten Backsteinen erbaut werden, sind auf folgende Weise konstruirt: die Klinker werden auf ihre hohe Kante parallel und mit ihren langen Seiten, senkrecht auf die Achse der Strasse gestellt, indem vorher der Grund geebnet und mit einer, ein Fuss hohen gleich dicken Lage Sand überschüttet wird. — An jeder Seite der Fahrbahn wird eine Reihe Klinker, welche aus 4 Steinen besteht, so gesezt, dass ihre

Digitized by Google

stete Unterhaltung, rechtzeitige Überführungen und eine fortdauernde Sorgfalt für das Ausfüllen der Löcher und der entstehenden Geleise, so wie sie sich bilden mit Steinschotter, — sind ein unerlässliches Mittel für die Erhaltung dieser Art von Strassen. [15])

---

lange Seite mit der Achse der Strasse parallel läuft, und jeder Stein um ¼ Zoll niedriger steht, als der nächste, gegen die Mitte der Fahrbahn zu liegende. — Die vier Reihen Klinkersteine bilden zusammen eigentlich die Rand- oder Leistensteine der gewöhnlichen Strassen. Die Klinker, welche die Fahrbahn bilden, werden mit einer 3″ hohen Lage feinen Sand überdeckt, dagegen die Randsteine mit Rasen von derselben Höhe. Die Klinker selbst haben eine Länge von 8¾″, eine Breite von 4¼″ und eine Höhe von 2″ und die Breite der Fahrbahn beträgt auf der zwischen Cleve und Nimwegen angelegten Strasse (die man ausführlicher in Crelle's *Journal der Baukunst* II. Band, 1tes Heft, Seite 1 berührt findet) 18′, und die der Fussbänke 6 Fuss. Die Randsteine zusammen sind auf jeder Seite 8 Zoll breit und die Rasen welche sie überdecken, haben eine Breite von 1½, die Figuren 10 und 11 auf der ersten Tafel stellen das Quer-Profil und die obere Ansicht dieser Art Strassen dar.

Es muss noch bemerkt werden, dass auf den Klinkerstrassen kein schweres Frachtfuhrwerk geht, da in Holland schwere Lasten zu Wasser verführt werden. — Man vergleiche auch Wesermann's *Handbuch für Strassenbau-Beamte*, Seite 337 u. f. —

[15]) Die Fahrbahn jeder Steinstrasse soll im Frühjahre und im Herbste bei feuchter Witterung, nachdem von derselben aller Koth und Schlamm sauber abgezogen ist, mit einer so dicken Lage Kieses oder klein geschlagener Steine überschüttet werden, als erforderlich ist, um die durch die Abnüzung der Strasse verloren gegangene Höhe wieder ganz herzustellen. So lange die Wölbung der Strasse nicht verloren ist, begnügt man sich, blos die sich gebildet habenden Geleise mit Kies oder klein geschlagenen Steinen anzufüllen. Auch soll man im Sommer den Staub, der dem Reisenden eben so lästig als schädlich ist, öfters abziehen lassen.

Die Grösse der Abnüzung, welche von der Beschaffenheit des Materiales und der Frequenz der Strassen abhängt, lässt sich in jedem speziellen Falle nur durch Erfahrung ausmitteln.

Nach bewährten Erfahrungen beträgt bei wenig frequenten Strassen, nemlich bei solchen, welche täglich von nicht mehr als 30 Einspännern von 15 Zentnern Ladung befahren werden, das zur Unterhaltung nöthige Material-Quantum auf die 12 füssige Ruthe im Durchschnitt 7 Kubikfuss, was bei einer 18 Fuss breiten Fahrbahn einer Abnüzung von 0,466 Zoll entspricht. Bei frequenten Strassen, die von höchstens 60 und bei sehr frequenten Strassen, die von 90 Einspännern und darüber befahren werden, beträgt das zur Unterhaltung nöthige Material-Quantum im ersten Falle 14 Kubikfuss und im anderen Falle 21 C′ auf die Ruthe; die entsprechenden Abnüzungen

Digitized by Google

sind 0,933 und 1,399 Zoll. — Wollte man die angeführten Material-Quantitäten blos zur Ausfüllung der Spuren oder Geleise verwenden, so können mit 7 C′ vier Geleise von 3 Zoll Breite und 4,2 Zoll Tiefe, mit 14 C′ acht und mit 21 C′ zwölf Geleise von gleichen Abmessungen ausgefüllt werden.

Wird diesen Angaben noch die Art und Qualität des Unterhaltungs-Materiales beigefügt, so erhellt, wie sich leicht die Abnüzung der Strassen oder ihr Bedarf an Unterhaltungs-Material nach der Beschaffenheit und Art von diesem, so wie nach der Frequenz der Strassen bestimmen und untereinander vergleichen lässt.

Es fehlt uns an den nöthigen Anhaltspunkten und Erfahrungen, um diese wichtige Frage allgemein und vollständig zu beantworten; wir begnügen uns, sie hier blos angedeutet zu haben, und bemerken nur noch, dass für die Frequenz ein mittleres Moment ausgemittelt werden muss, weil das leichtere Fuhrwerk sich gewöhnlich mit grosser und die schweren Frachtwägen dagegen sich mit kleiner Geschwindigkeit bewegen. Alles Fuhrwerk kann man auf Einspänner von 15 Zentner Ladung und von 3½ Fuss Geschwindigkeit reduziren. —

Digitized by Google

XII. Vorlesung.

Betrachtungen über die Bildung der verschiedenen Profile einer Strasse in Bezug auf Lokalitäten; Strassen-Profile in ebenen Gegenden; Detail über alle ihre Theile; — Mulden für den Abfluss der Gewässer; — Schärpen. — Fahrbahnen; Gräben. —

Die Strassen müssen vorzüglich in Bezug auf ihre Lage in ebenen oder gebirgigen Gegenden betrachtet werden. Diese Lage bringt wesentliche Unterschiede in ihr Profil.

Ich muss vorläufig die Begriffe aufstellen und die Erklärungen geben, welche die Betrachtung der Lage der Strassen erheischt.

Die Leitlinie einer Strasse ist eine fingirte Linie, welche mit der Neigung die Lage der Strasse im Raume bestimmt. Die horizontale Projektion der Leitlinie ist das, was man Richtung (Alignement) nennt.

Die Richtung, in der beim Strassen- und Brückenbau angenommenen Bedeutung, ist die Projektion der Leitlinie, oder ein Theil der Leitlinie selbst, diese Linie mag gerade oder krumm seyn

Man muss eine Strasse ansehen, als sey sie durch die Bewegung ihres, mit sich selbst parallelen und auf der Richtung senkrechten Querprofiles erzeugt.

Der Grundplan einer Strasse stellt das von ihr eingenommene Terrain getreu dar. —

Der Riss der Strasse bildet eine besondere Zeichnung, welcher zur Bestimmung von Auf- und Abtrag des Entwurfes dient. Er ist die Ergänzung des Grundplanes.

Digitized by Google

Von den Strassen in ebenen Gegenden.

In einer ebenen Gegend sind die Haupt-Richtungen gewöhnlich in gerader Linie und gestatten nur leichte Neigungen.

Die Längen-Neigungen bestimmen sich nach dem Grundsaze der Ausgleichung des Auf- und Abtrags, indem man überdis das rechte Mittel zwischen den zu starken und zu schwachen Neigungen beobachtet.

Die horizontalen Strecken sind vorzüglich für die Strassen mit Versteinung zu vermeiden. Dieses Prinzip beruht darauf, dass man bei Anlage einer horizontalen Strasse genöthigt ist, die Querneigung wegen des Abflusses der Gewässer zu verstärken, was für das Fuhrwerk unbequem und selbst gefährlich ist. [16])

---

[16]) Nach dem weiter unten angegebenen Maximum von $^1/_{18}$ für die Längen-Neigung und von $^1/_{12}$ für die Querneigung ist im Allgemeinen diese immer grösser, als jene; es ist also nicht nöthig, wegen der Querneigung horizontale Strassenstrecken, welche offenbar, unter übrigens gleichen Umständen, für das Fuhrwerk die vortheilhafteste Lage haben, zu vermeiden. — Nur Beförderung des Wasser-Abflusses in den Gräben und vorzüglich in den Rinnen können eine Abweichung von der, ohne besondern Kosten-Aufwand anzulegenden, horizontalen Lage rechtfertigen; wenn die Vermehrung, entweder des Grabengefälles, oder der Anzahl der Durchlässe, der Lokalität oder Ersparung wegen, unterbleiben muss. —

Soll die Längenneigung den Abfluss des Wassers in den Geleisen nach der Länge der Strasse bewirken, so muss jene, wie auf allen geneigten Strassen bemerkt werden kann, dem Maximum der Steigung sehr nahe kommen. Durch eine schwache Neigung wird dieser Zweck daher durchaus nicht erreicht. —

Auch Herr Baurath Umpfenbach ist mit Sganzin u. m. A. der Meinung, dass eine Strasse mit sanften Neigungen, welche abwechselnd steigen und fallen, ganz horizontalen Strassen vorzuziehen sey und sucht es wie die Engländer — was Dupin in seinen Reisen nach Grossbritanien als ein ziemlich allgemein verbreitetes Vorurtheil anführt — dadurch zu rechtfertigen, dass die Pferde auf wellenförmig angelegten Strassen weniger ermüden, als auf wagrechten und die ersten weniger feucht sind, als die lezteren.

Herr Umpfenbach bemerkt selbst in seiner *Theorie der Kunststrassen*, Seite 31 u. f., dass, wenn die Strassen gehörig abtrocknen sollen, ihr Gefälle auf die zwölffüssige Ruthe — (wie wir oben bereits angeführt haben) — wenigstens 5 bis 6 Zoll betragen müsse, welche Neigungen aber für jene Strassen zu stark sind, wo es nicht gerade Absicht ist, zu steigen. Bei einem Gefälle von $^3/_4$ bis 1 Zoll auf die Ruthe trocknen nach Hrn. Umpfenbach's Versiche-

Digitized by Google

Die Grenzen der Längen-Neigungen für die Strecken in Ebenen dürfen nicht $^1/_{18}$ oder 0,055 auf den Meter (4 Zoll auf die Klafter) überschreiten. Diese Neigungen werden gewöhnlich durch die Gestalt des Geländes geboten, dessen Unebenheiten nöthigen, mit der Strasse zu steigen, zu fallen, und wieder anzusteigen.

Eine Steigung, welche unmittelbar einer Neigung folgt, nennt man Gegenneigung; und im Falle nach einer Steigung eine Neigung kommt, heisst sie eine Gegensteigung. Der erste Fall verursacht eine hohle Einbiegung, der zweite eine Kante. Man rundet sie durch Kurven, die eine konkav, die andere konvex, ab.

Die durch den Übergang einer Neigung in eine Steigung gebildete hohle Einbiegung, welche das, nach der Länge der Strasse, desto reichlicher herabfliessende Wasser aufnimmt, je nachdem die Neigung lang und nachdrücklich ist, macht es nöthig, an diesem Theile ein Bauwerk anzulegen, um die Strasse von diesen Gewässern zu befreien. Dieses Werk heisst Mulde.

Die Breite der Mulde richtet sich nach dem Wasser-Volumen, dem sie den Abfluss verschaffen soll.

Man giebt ihr 3 bis 6 Meter (10′ — 20′) Weite und $^1/_{18}$ Höhe: sie muss gepflastert werden.

Wenn die Mulde auf einem Damme im Auftrag liegt und wenn der Fall beträchtlich ist, so bekleidet man die Böschung mit trockenem Mauerwerk; manchmal erbaut man auch eine Fallmauer.

Jede Mulde erfordert thalabwärts einen Graben, um den Gewässern Abfluss zu verschaffen, wenn das Haupt der Ausmün-

---

rung die Strasse schon so ziemlich ab, wesshalb man in flachen Gegenden mindestens dieses Gefälle geben sollte.

Aus den oben angeführten Gründen können wir dieser Ansicht nicht nur nicht beipflichten, sondern wir finden in derselben vielmehr noch eine Bekräftigung für die im Anfange dieser Bemerkung aufgestellte Behauptung. —

Bei den englischen Strassen wird übrigens die wellenförmige Lage derselben vorzüglich dadurch gerechtfertigt, dass die Fussbänke — was Dupin nicht anführt — gewöhnlich höher liegen, als die Fahrbahn; also das Regen-Wasser nach der Länge der lezteren abfliessen und demnach unter den Fusswegen vertikal abwärts durch Röhren in die Durchlässe geleitet werden muss. — Einige englische Strassen-Profile findet man in Strickland's weiter unten erwähnten Reports. —

Digitized by Google

dung nicht im Auftrag liegt; in lezterem Falle wird die Bekleidung des Dammes entbehrlich.

Die Mulden bedürfen vieler Ausbesserungen. Im Winter sind sie wegen des Eises gefährlich; desshalb ist es besser, sie durch Durchlässe zu ersezen, wenn es die Örtlichkeit erlaubt.

Ausser diesen auf der Strassenrichtung senkrechten Mulden giebt es noch grathartig gebrochene und schiefe Mulden. Die grathartigen Mulden finden ihre Anwendung auf starken Neigungen, um den Abfluss links und rechts von der Strasse zu bewirken.

Die grathartig gebrochene Mulde soll auf Strassen der schiefen Mulde vorgezogen werden, weil bei der ersten Anordnung die Wagenräder, um durch die Mulde zu gehen, weniger erschüttert werden, als bei der zweiten.

Die schiefen Mulden sind besonders für Gebirgsstrassen bestimmt.

Die Nothwendigkeit, das Regenwasser von den Strassen zu entfernen, und es zu verhindern diejenigen, deren Neigungen lange und etwas stark sind, zu beschädigen, liess andere Werke, als die Mulden, jedoch von derselben Gattung, entstehen; dieses sind die Schärpen (écharpes).[17]) Diese Werke sind eine Art Querbänder (Gurten) von rauhen und manchmal von Pflaster-Steinen, welche die Fussbänke quer durchschneiden und deren Verlängerung gegen die Strassen-Achse mit dieser einen Winkel von 100 bis 120° bildet, dessen Scheitel gegen den Anfang der Neigung liegt. Diese Schärpen werden als Erhaltungs-Mittel für die Fussbänke auf denjenigen Strassen angewendet, deren Neigung stark ist und die Grenze von $^1/_{18}$ auf den Meter übersteigt; da man aber erkannt hat, dass sie Gelegenheit zu Beschädigungen geben, — wegen der Gewässer, welche auf den Fussbänken einen Wildbach bilden, indem sie längs diesen Schärpen herablaufen und besonders wegen des Stosses, den diese Werke den Wagenrädern verursachen, wenn sie über die Fussbänke gehen, — so hat man schon seit längerer Zeit die Schärpen ganz aufgegeben.

---

[17]) Für écharpe haben wir im Deutschen keinen technischen Ausdruck. — Wir glauben dem Beispiele der Franzosen folgen und écharpe im Deutschen gleichfalls durch einen bildlichen Ausdruck geben zu dürfen: haben wir doch schon viele ähnliche technische Benennungen, und zum Glücke spielen die Schärpen keine grosse Rolle in der Strassenbaukunde.

Digitized by Google

Das Maximum der den Fussbänken zu gebenden Querneigung ist $^1/_{12}$ von der Breite, so wie wir es auf dem Profile des Aufrisses (fig. 3, Taf. I.) angenommen haben. Das Minimum, welches für sandige Erde Statt findet, ist $^1/_{24}$.

In den alten Strassen-Profilen war die Form oder die Sohle der Einbettung eine horizontale Linie; heut zu Tag ist sie ein mit der Strassen-Oberfläche koncentrischer Kreisbogen. Die Erfahrung hat die Vortheile dieser Abweichung bestättigt, welche ohne Nachtheil die alte Dicke der Versteinung vermindert.

Die neue gleichförmige Dicke des ganzen Körpers der Versteinung ist 0,40^m(1,3′) oder 15 pariser Zoll, statt 0,60^m(2′), welches das Resultat der alten Methode unter denselben Umständen war.

Die Quer-Profile (Fig. 1, 2 und 4, Tafel I) sind die, welche man gewöhnlich für die Strassen in ebenen Gegenden anwendet, indem man für die Fahrbahn diejenige Konstruktions-Art annimmt, welche die Lokalitäten erheischen; allein wie ich schon angezeigt habe, gibt es ein anderes Profil, das man mit Vortheil in ebenen und in gebirgigen Gegenden anwenden kann, und welches das Eigenthümliche hat, die Wagenräder auf die Fahrbahn zurückzuführen; dieses Profil ist das umgekehrte. (Fig. 6, Taf. I.)

In diesem Profile neigen sich die Fussbänke in entgegengesetztem Sinne zu der Fahrbahn; es ist offenbar, dass es nur bei gepflasterten Strassen Anwendung finden kann; es bildet zwei Rinnen längs der Fahrbahn und dieser Umstand überhebt Gräben anzulegen. Dasselbe kann auf Hügeln von geringer Höhe angewendet werden, welche schwache Neigungen darbieten, die Fortsezung der Richtung nicht verhindern, und von dieser durchschnitten werden, ohne dass man genöthigt ist, sich zur Umgehung des Rückens, seitwärts abzuwenden, damit hiedurch bedeutende Abträge vermieden und zu gleicher Zeit eine grössere Entwickelung erhalten werde.

Die Fussbänke, welche in den Strassen erster Klasse zusammen $^2/_3$ von der Strasse einnehmen, müssen bei denen der niedrigeren Klassen reduzirt werden.

Wenn man sich entschliesst, auf einem Boden von Gerölle die Fussbänke wegzulassen, um nur eine Fahrbahn zu haben, welche die ganze Strasse einnimmt, so muss man die Böschungen der Gräben und des Auftrags mit Steinen bekleiden.

Digitized by Google

In diesem Falle ist es unvermeidlich, von Entfernung zu Entfernung ausserhalb der Strasse Pläze für die Niederlage der Vorräthe aufzubewahren. — Auf starken Neigungen muss man immer die Fussbänke beibehalten; die Gründe für diese Nothwendigkeit entspringen daraus, dass die Fuhrleute vorzugsweise auf den Fussbänken sperren, und dass es besser ist, diese durch die herabgehenden Wagen durchfurchen zu lassen, als die Strasse, bei welcher eine so mächtige Ursache der Verwüstung, wie die Wirkung der Reibung eines gehemmten Rades bei sehr beladenen Wagen ist, nothwendig entfernt werden muss. —

Sobald man die Strasse einen halben Meter (1,66 Fuss) über das natürliche Gelände erhebt, hat man nicht nöthig, Gräben anzulegen. Diese Anordnung ist unter manchen Beziehungen vortheilhaft; allein es ist einleuchtend, dass in diesem Falle den Gewässern der Bäche, welche die Strasse durchschneiden, Abfluss verschaft werden muss.

Ein Durchlass genügt manchmal; er muss wenigstens 0,48^{m} (1,6′) im Lichten weit seyn, damit ein Mensch durchkriechen kann. Reicht ein Durchlass für den freien Abfluss der Gewässer nicht hin, so erbaut man eine Brücke. —

Eine Strasse, welche quer durch einen Sumpf geht, oder im Allgemeinen, welche auf einem Boden von geringer Festigkeit liegt, muss auf einen Rost oder auf ein Faschinat gelegt werden.

Holland liefert Beispiele einer ähnlichen Konstruktion auf Faschinat. Ich kann den Deich von Paten anführen; daselbst ist eine Faschinen-Masse unter dem Auftrag angelegt, welche auf einem sumpfigen Boden ruht. Die Erbauung des alten Deiches, mit welchem sich der neue verbindet, fällt in eine ziemlich entfernte Epoche; der diesem Deiche als Fundament dienende Rost von Faschinat hat sich vollkommen gut erhalten.

Diese ausserordentlichen Mittel der Konstruktion sind für Strassen, welche auf schlechtem Grunde erbaut werden, äusserst kostspielig; man nimmt nur dann zu denselben seine Zuflucht, wenn die Umstände ihre Anwendung durchaus erheischen. [18])

---

[18]) Da ein Faschinat, welches nicht immer unter Wasser bleibt, wie jeder Holzbau, bekanntlich der Vergänglichkeit unterworfen ist, so dürfte in dem angeführten Falle der Hauptstrassenkörper, um jede spätere unausbleibliche Senkung zu vermeiden, nicht auf einen Faschinenbau gesezt, sondern nur zu beiden Seiten am Fusse der Strassen-Böschung mit Faschinen-Banketen ein-

Digitized by Google

XIII. Vorlesung.

Profile der Strassen in Gebirgs-Gegenden, und erste Betrachtung über den Zug dieser Gattung Strassen; Bestimmung und Berechnung der vortheilhaftesten Lage der Mulden in Gebirgs-Gegenden; ökonomische, kommerzielle, militärische Betrachtungen über den vortheilhaftesten Zug eines Strassen-Entwurfes. — Bestimmung des Zuges der geraden Richtungen. — Vereinigung der geraden Richtungen durch Kurven.

Strassen in Gebirgs-Gegenden.

Das Profil und die Bestimmung des Zuges dieser Strassen bieten viele Schwierigkeiten dar, wenn gleichzeitig den Bedingungen für Ökonomie, Festigkeit und für Erleichterung des Fuhrwerkes ensprochen werden soll.

Erst in unsern Tagen wurde die Kunst, diese Art Strassenzüge anzulegen, vervollkommnet.

Auf einer Gebirgshänge, theils im Abtrag, theils im Auftrag liegend, werden sie gewöhnlich auf einer Breite von 10^m (34,'2) und unter manchen Umständen selbst auf eine Breite von 8 Meter (27,'3) reduzirt. —

---

geschlossen werden. Man macht diese Bankete an der Krone gewöhnlich 12 Fuss breit und gibt der äusseren Böschung eines jeden Bankets eine zweifüssige und der inneren, eine halbfüssige Anlage. — Die der Erdmasse zugekehrte Seite des Faschinenbankets muss senkrecht seyn, damit sich der Damm sezen kann, ohne das Faschinenbanket niederzudrücken, indem durch lezteres die äusseren Enden der Faschinen in die Höhe steigen würden.

Digitized by Google

Die zu langen Entwickelungen sind zu vermeiden, wenn die Richtung des Gebirges nicht jene der Strasse hat: sie verlängern den Weg mit reinem Verlust; in diesem Falle hält man die Neigungen etwas stark, ohne jedoch die Grenze vom 1/7 auf den Meter, welches einer Neigung von ungefähr 5 Zoll auf die Klafter entspricht, zu überschreiten.

Allein wenn der Abhang in einer parallelen Richtung mit der Strasse liegt, so kann man sich ohne Nachtheil sanfte Neigungen erlauben.

Bei der auf der Hänge eines Gebirges angelegten Strasse ist ihr Profil nicht mehr das nemliche, als das einer Strasse in der Ebene; es geht in eine einzige gerade Linie über und man gibt ihm eine, gegen den Fuss des Abtrags oder Bergeinschnittes geneigte Lage. Diese Anordnung ist unvermeidlich, damit das Profil gleichzeitig den Abfluss des Regenwassers befördere, welches man von dem äussern, gewöhnlich im Auftrag befindlichen Strassenrande entfernen und in die am Fusse des Einschnittes angelegten Gräben oder Rinnen leiten muss.

Dieses Profil (fig. 7, Taf. I.), welches umgekehrtes Profil (profil en revers) [19]) heisst, besteht wie das der Strassen in Ebenen, in der Mitte aus einer Fahrbahn, die von zwei Fussbänken eingeschlossen wird, aus einer Böschung im Auftrag auf der äussern Seite, und endlich aus einem Graben oder aus einer Rinne. Die Konstruktion der Fahrbahn mit Versteinung unterscheidet sich von jener in Ebenen nur dadurch, dass die Sohle, statt ein convexer Bogen zu seyn, eine gerade Linie, und die Oberfläche der Fahrbahn gleichfalls eine, mit jener Sohle parallele, gerade Linie ist. Die Handarbeit für das Sezen der Randsteine und für die Herstellung der drei, die Fahrbahn bildenden Lagen ist dieselbe, wie für die gekrümmten Fahrbahnen. —

Wenn durch vortheilhafte Lokal-Verhältnisse die Leitlinie einer Strasse Tangente zur Ebene des Gebirg-Abhanges seyn

---

[19]) Mit *profil en revers* bezeichnet Sganzin sowohl das Profil No. 6 als das No. 7. Taf. 1, obgleich beide wesentlich von einander verschieden sind. Im Deutschen hat man, so viel wenigstens uns bekannt ist, für diese Profile keine eigenen Namen; daher haben wir en revers mit umgekehrt übersezt, obgleich dieses Wort nicht genau das ausdrückt, was in dem französischen en revers liegt. Ohne Umschreibung ist es aber schwer einen passenden Ausdruck hiefür anzugeben. —

Digitized by Google

kann, — welches in Bezug auf den Aufwand der vortheilhafteste Fall ist, — so liegt die eine Hälfte der Strasse im Abtrag und die andere im Auftrag. Wenn man aber genöthigt wird, die Leitlinie, parallel mit der steigenden Ebene des Strassenzuges, in die Gebirgsmasse eintreten zu lassen, um dadurch zu vermeiden, dass der Theil der Strasse im Auftrag auf einen zu starken Abhang gelegt werde, oder wenn dis in Folge der Berichtigungen eines früher bestimmten Zuges geschieht, dann übertrifft der Abtrag den Auftrag.

Unter solchen Umständen wendet man mit Nuzen den Überschuss des Abtrags zur Bildung eines Bankets auf der im Auftrag liegenden Fussbank an. Dieses Banket dient als Schuzwehr, um die Wagen vor einem Sturze in den äussern Abgrund der Strasse zu bewahren, und als nüzlicher Fussweg für den zu Fusse Reisenden.

Das Maximum des Abtrags hat Statt, wenn die ganze Breite des Strassen-Profiles in das Gebirg eintritt: in diesem Falle vermindert man den Abtrag, indem man die Breite der Fussbänke reducirt oder sie manchmal ganz weglässt.

In diesem lezten Falle, — welcher gewöhnlich nur dann Statt findet, wenn man, zuvor genöthigt, nach einer falschen (fausse) Richtung anzusteigen, den Abhang plözlich verlässt, um den Rücken zu erreichen und auf der obersten Fläche des Gebirges wieder eine günstige Richtung anzunehmen, — kann das umgekehrte Profil nicht mehr Statt finden: man nimmt wieder das der gekrümmten Fahrbahn an und es sind zwei Gräben nöthig. Ihre Böschungen werden bekleidet, und wenn die Einschnitte des Abtrags tief sind, so bildet man daselbt Bankete von 1 bis 2 Meter ($3\frac{1}{2}'$ bis $7'$) Breite.

Wenn, um den Scheitel des Berg-Rückens zu erreichen, die Strassenlänge in dieser gezwungenen Lage nur wenig beträchtlich ist, so kann man manchmal ohne Nachtheil das umgekehrte Profil fortsezen und die Fahrbahn wird geradlinig; in diesem Falle macht man nur einen Graben; aber es ist nöthig Mulden anzulegen, um die Gewässer von der Böschung im Auftrag zu entfernen und sie in den Graben zu führen.

Um die Masse des Auftrags noch mehr zu vermindern, lässt man manchmal die Gräben weg und legt eine hohle (creuse) Fahrbahn an, welche die Gewässer in ihrer Mitte aufnimmt: diese hohle Fahrbahn kann nur mit Pflaster hergestellt werden.

Digitized by Google

Das lezte Profil (Fig. 8, Taf. I) bietet viel Nachtheiliges dar: man kann die Fahrbahn mit Versteinung offenbar nicht anlegen, weil sie, für den Wasser-Abfluss bestimmt, bald ruinirt seyn würde. Man muss daher in diesem Falle die Fahrbahn nothwendiger Weise pflastern; allein, abgesehen von dem Mehr-Aufwand den jene erfordert, zeigt die Erfahrung, dass wenn die Längen-Neigung ein wenig stark ist, diese Art von Strassen sehr glitschig und zur Zeit des Schnees und des Eises für Fuhrwerk durchaus unfahrbar sind. Man kann daher dieses Profil nur in den mittägigen Departementen anwenden, wenn die Strassen nur eine schwache Neigung nach ihrer Länge haben.

Wird das umgekehrte Profil der Fahrbahn, welches nur einen Graben erfordert, angewendet, so muss man von Entfernung zu Entfernung Mulden und Durchlässe anlegen, um die Gräben öfters abzulassen.

Den Gewässern möglichst oft einen Abfluss zu verschaffen und sie von den Strassen zu entfernen, ist im Allgemeinen ein sehr wichtiger Grundsaz. [20])

---

[20]) Nachdem der Entwurf bis auf die Anlage der Durchlässe vollendet und nur in den Abmessungen oder in dem Gefälle der Gräben und Rinnen noch einige Modifikationen Statt finden können, bleibt jezt noch der Ort und die Grösse der Durchlässe auf solchen Stellen zu bestimmen übrig, wo nicht schon beständig fliessende Gewässer oder Schluchten sich vorfinden.

Was den Ort betrifft, so muss der Durchlass an der Stelle angelegt werden, wo der natürliche Abfluss des Regenwassers durch die Strassen-Anlage gehemmt wird. Im Allgemeinen erkennt man diese Stelle aus mehreren Profilen, welche den Erzeugungslinien der Oberfläche als Leitlinien dienen, wie dis weiter unten näher gezeigt wird. Bei Gebirgsstrassen aber, wo angenommen werden kann, dass die Neigung des Geländes in Beziehung auf die Strasse (entweder mit oder gegen dieselbe) sich bestimmt ausspricht, ist eine Leitlinie, d. i. das Nivellement des Terrains in der Strassenachse hinreichend, und jede Vertiefung, wo in dem Längen-Profile Neigung und Gegen-Neigung sich begegnen, ist eine Stelle, wo der Abfluss des Regenwassers die Strassenachse durchschneidet.

Oft ist es der Fall, dass wo zwei Durchlässe sehr nahe zu stehen kommen würden, einer hinreicht, indem man die Gewässer zusammenleitet; oder wenn Durchlässe so entfernt liegen, dass der Abfluss des Wassers in den Gräben oder Rinnen nicht gehörig Statt finden kann, so werden Zwischen-Durchlässe angelegt. Der Ort für diese Durchlässe wird vorzüglich durch die Leichtigkeit der Ableitung des Wassers von der Strasse hinweg bestimmt. —

Digitized by Google

Die vortheilhafteste Lage einer Strasse in Gebirgsgegenden ist, wie wir schon gesagt haben, jene, welche durch den Ausdruck halb im Abhang liegend (à mi côte) bezeichnet wird;

Ist der Ort des Durchlasses gegeben, so ist seine Grösse nach dem Maasse des abzuführenden Wassers zu bestimmen, welches unter übrigens gleichen Umständen, der Grösse des Wasser Behälters, d. i. der Fläche proportional ist, von welcher das Wasser seinen Abzug durch den Durchlass nehmen wird.

Auf einem Steuerplane lässt sich leicht das Wassergebiet eines Durchlasses eintragen. Nimmt man nun an, dass bei heftigen Platzregen in einer Minute auf den Quadrat-Fuss 4½ Kubikzoll Wasser fallen, so kann, im äussersten Fall, von jedem Quadratfuss 4½ Kubikzoll abfliessen. — Man kann also hieraus, nach hydraulischen Lehren sowohl die Abmessungen der Gräben und Rinnen, in welchen allenfalls diese Wassermenge ganz oder zum Theil bis zu den Durchlässen geleitet werden muss, als die der Durchlass-Öffnungen selbst bestimmen. Man fürchte nicht diese hiedurch zu gross zu erhalten; es ist durch oft traurige Erfahrungen nur zu bekannt, welche Verheerungen, wegen zu engen Brücken-Öffnungen die Gewässer bei heftigen Regengüssen oder beim schnellen Abgang des Schnees im Frühjahr auf Strassen hervorgebracht haben.

Bei der Anlage von Zwischen-Durchlässen ist es wegen des, den Gräben oder Rinnen zu gebenden Gefälles besonders wichtig, die Gränze des lezteren zu kennen, welche wegen der Natur des Erdreiches ein gewisses Maximum nicht übersteigen darf.

Dieses Maximum des Gefälles kann so angenommen werden, dass es für Gräben in sandigem Boden einer Geschwindigkeit von zwey Fuss und für Gräben in thonigem Boden einer Geschwindigkeit von acht Fuss entspricht. Zu diesen Geschwindigkeiten gehört, nach Eytelwein's Hydraulik S. 135, für 2′ tiefe und 2′ breite Gräben mit einfüssigen Böschungen ein Gefälle von 0,05′ und von 0,75′ auf 100 Fuss. — Bei einer grösseren Neigung müssen die Gräben gepflastert, oder zur Ersparung der Unkosten gepflasterte Rinnen, wodurch aber die Anzahl der Durchlässe begreiflich vermehrt wird, angelegt werden.

Die Dimensionen der Durchlass-Öffnungen hängen, ausser der durchzuführenden Wassermenge, auch noch von der Lokalität und von dem Materiale ab.

Die ganze Höhe des Durchlasses ist durch die Höhe der Strassen-Oberfläche über der Sohle des Abzugs-Grabens gegeben; zieht man von derselben die Höhe der ersteren über dem Wasserspiegel im oberen Graben ab, so bleibt die lichte Höhe der Durchfluss Öffnung übrig, deren lichte Weite nun gefunden wird, wenn man die durchzuführende Wassermenge mit der lichten Höhe dividirt.

Ist es möglich den Durchlass aus Stein zu erbauen, so geht aus der gefundenen Höhe hervor, ob er noch mit Platten zu überdecken ist, oder ob er überwölbt werden muss; und im ersten Falle bedingt eine geringe Höhe der Strasse über der Grabensohle bei einer grossen Wassermenge die Anlage mehrerer Platten-Durchlässe nebeneinander. —

Digitized by Google

die Strasse ist zur Hälfte im Abtrag und zur Hälfte im Auftrag; es ist diejenige, deren Zug der Neigungs-Messer angiebt. [21])

Das Überlegen mit Platten von sehr hartem Gesteine findet nur bei Weiten von 4′ bis höchstens 4½ Fuss Statt; diese Platten erhalten gewöhnlich ein Viertel der Weite zur Höhe.

Noch ist zu bemerken, dass Wesermann in seinem vortrefflichen Handbuche für den Strassen- und Brückenbau anführt, bei neuen Strassen werde die Anzahl der Durchlässe gewöhnlich zu gross angenommen. Wir wollen nicht läugnen, dass man durch eine blinde Befolgung der aus vorstehender Bemerkung hervorgehenden Vorschrift auch in diesen Fehler verfallen könnte, wenn man nicht auf die Neigung der Flächen, von denen das Regenwasser abfliesst, auf ihre natürliche Beschaffenheit und besonders auf ihren Kultur-Zustand Rücksicht nimmt. Wie aber alle diese Umstände in Rechnung zu bringen sind, können wir eben so wenig angeben, als die Grösse der Verdünstung und Versickerung von Kanälen in einem Falle vorher genau bestimmt werden kann, von welchem kein ähnliches Beispiel vorliegt. Bei Kanälen begnügt man sich der Sicherheit wegen für Verdünstung und Versickerung ein Maximum anzunehmen und dieses glauben wir auch in vorstehender Betrachtung in Bezug auf das Maximum des Wasser-Abflusses zur Bestimmung der Weiten der Durchlässe angegeben zu haben.

Vorstehende Betrachtung über den Ort und die Grösse der Durchlässe — welche wir blos als einen Versuch angesehen wissen wollen, bei Bestimmung dieser Grössen einigermaassen die Anhalts-Punkte genauer als es bis jezt geschah, anzugeben, — möge hier um so mehr eine Stelle finden, als der Kostenaufwand den die solide Erbauung der Durchlässe erfordert, sehr bedeutend ist.

[21]) Auf kürzerem Wege gelangt man zu dem erwünschten Ziele, wenn man den Vortheil hat, die Strasse neben einem Flusse herführen zu können, wo alsdann die Operation mit dem Neigungs-Messer dadurch entbehrlich wird, dass man von dem Wasser-Spiegel des Flusses aus, die Höhenpunkte der Strasse in dem Berg-Abhange bestimmt, — welche Punkte natürlich alle über dem höchsten Wasser-Spiegel liegen müssen. Trägt man diese Punkte, wodurch also die Inundations-Linie des Flusses gegen die Seite der Strasse bestimmt wird, auf die Karte, so lässt sich bei einigem Lokal-Gedächtnisse, zwischen diesen Punkten und durch dieselben in der Art ein regulärer Zug auf der Karte ziehen, dass hieraus schon die Wahrscheinlichkeit einer Ausgleichung zwischen Ab- und Auftrag hervorgeht. — Wegen Ökonomie in den Erdarbeiten darf man sich freilich nur so wenig als möglich von diesen Punkten entfernen; da jedoch einige der Schönheit des Zuges geopfert werden müssen, so geschieht dis an solchen Stellen, wo durch Annäherung an den Abhang, also durch einen allenfalsigen Überschuss im Abtrag, Steine, die theils bei der Fahrbahn, theils beim Mauerwerke Verwendung finden, zu hoffen sind, — oder an solchen, wo durch Entfernung vom Abhang, also durch Vergrösserung des Auftrags, ein allenfalsiges Defizit im Auftrag vom nahe gelegenen, wohlfeilen Gelände, oder wo möglich von einem öden Grunde erholt werden

Digitized by Google

Diese erste, durch die Wasserwage bestimmte und gegebene Lage der Leitlinie wird ferner durch die Rektifikation oder durch die Vereinigung der aufeinanderfolgenden Richtungen, modifizirt, aus denen der ursprüngliche Zug besteht.

Es ist einleuchtend, dass man bei einem starken Abhang des Hügels den im Auftrag liegenden Theil durch eine Futtermauer unterstüzen muss. [22])

---

kann. — Der auf diese Weise auf der Karte bestimmte Zug wird dann mit dem Lokale verglichen, nochmals berichtigt, dann auf dem Felde abgesteckt, die Profile aufgenommen und die Erdberechnung, wie weiter unten gezeigt wird, angefertigt.

Wird dieser primitive Zug mit Aufmerksamkeit und Umsicht bestimmt, so wird die erste Erdberechnung, — eine nicht unbedeutende Arbeit, — von dem gewünschten Resultate nicht mehr weit entfernt und wohl gröstentheils schon brauchbar seyn.

Entbehrt man den Vortheil, zur Bestimmung der ersten Höhenpunkte den Wasserspiegel eines Sees oder Flusses benüzen zu können, so kann mittels der neuen Nivellir-Instrumente des geschikten Mechanikers, Herrn Ertl in München, obiger Zweck beinahe eben so schnell erreicht werden. — Man bestimme nemlich mittels eines solchen Instrumentes, in Stationen von 600 bis 800 Fuss Entfernung, in dem Bergabhange jene Höhen-Punkte, als in einer und derselben, in der Höhe der Strasse liegenden, horizontalen Ebene sich befindend. Am Ende dieser Operation erhält man durch dieselbe den Höhen-Unterschied zwischen dem Anfang- und Endpunkte der Strasse; man kann also jezt diesen Unterschied auf die im Abhang bestimmten Punkte, nach ihrer Entfernung von einander auf die zweckdienlichste Weise vertheilen: denn offenbar gibt in Bezug auf Ökonomie der Erdarbeiten und auf die Steigung der Strasse diejenige Linie die vortheilhafteste Richtung des Zuges an, welche durch den Durchschnitt einer, die Oberfläche der Fahrbahn an ihrem Anfang und Ende berührenden Ebene mit dem Abhange des Gebirges entsteht. Je mehr man sich also mit dem Strassenzuge dieser, durch die beiden angeführten Methoden leicht und schnell zu erhaltenden, Linie nähert, desto vollkommener wird, in obiger Beziehung, der Zug seyn. —

Zu dieser ersten Bestimmung braucht man für eine 15 bis 20 tausend Fuss lange Strassenstrecke in einer freien und ziemlich flachen Gegend, bei einiger Übung, zwei bis höchsten drei Tage.

[22]) Nur wenn der Abhang so steil und felsig ist, dass eine Erd-Anfüllung abrutschen würde, muss man eine Stüzmauer anlegen; in allen übrigen Fällen ist es eine Frage der Ökonomie, ob man eine Stüzmauer anlegen soll oder nicht, welche in jedem besondern Falle durch eine einfache Rechnung entschieden werden kann. — Das wichtigste Element hiebei ist, nachdem die Form der Strasse und die des Abhanges als gegeben vorausgesezt wird, der Preis des Erd- Ab- und Auftrags und der des Mauerwerks. Die Stüzmauer

Digitized by Google

Sie kann von gewöhnlichem, oder von trocknem Mauerwerke seyn.

Der Vortheil dieser zweiten Art besteht hauptsächlich in Ersparung; die Böschung der Mauer soll bei dieser Konstruktions-Art $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ ihrer Höhe betragen und da in dem fraglichen Falle der Bruchstein, mit dem die Mauer erbaut wird, gewöhnlich vom Abtrag herkömmt, so kann man, ohne den Aufwand zu vermehern, diesen Mauern eine grosse Dicke geben.

Die Stüzmauern mit Mörtel von Kalk und Sand sind ein Luxus-Artikel; sie werden gewöhnlich für die Zugänge der Städte aufbewahrt; ihre Böschung ist $\frac{1}{12}$. Man muss Sorge tragen, daran Ausgussteine für den Wasserabfluss anzubringen.

Wenn die Lokalitäten bei einem Strassen-Zuge in Gebirgs-Gegenden zur Annahme des Maximum in der Längenneigung genöthigt haben, und wenn sich mit diesem Umstande zugleich ein steiler Gebirgs-Abhang vereinigt, so ist es unvermeidlich zur Sicherheit der Reisenden Fürsorge zu treffen. Man muss desshalb auf dem Rande der Böschung des Auftrags Steine sezen, oder, noch besser, wie schon erwähnt, ein Banket oder eine Stüzmauer anlegen. [23])

Die zu nehmenden Vorsichts-Maassregeln um den Fuss der Böschung des Auftrags von der am Fusse eines Abhanges angelegten Strasse, woselbst ein Fluss fliesst, zu schüzen, bestehen gewöhnlich in einem Steinwurfe von grossen Blöcken. Manchmal wendet man auch eine Stüzmauer an: sie genügt jedoch nicht immer und unter manchen Umständen muss man sie selbst mit einem Steinwurf oder mit einer Spundwand von Pfählen schüzen.

---

darf dann nicht mehr kosten, als der Abtrag und die Herstellung des Auftrags, welcher durch jene erspart wird, mit Einschluss der Grund-Entschädigung, die durch die leztere allenfalls nothwendig werden könnte.

Auch muss öfters nicht nur der Theil der Strasse im Auftrag, sondern auch die Seite des Bergeinschnittes bekanntlich durch eine Futtermauer gesichert werden, um das Nachfallen der Erde zu verhüten.

[23]) Diese Steine- oder Geländer-Säulen erhalten gewöhnlich eine Höhe von 3 Fuss über dem Boden und stehen zwei Fuss in demselben. Ihre Breite ist gleich ihrer Dicke, nemlich gleich 1 Fuss, und ihre Entfernung von einander beträgt, im Falle sie durch 5 bis 6 Zoll ins Gevierte starke hölzerne Stangen verbunden werden, 12 bis 15 Fuss; — geschieht dieses nicht, so sezt man die Steine nicht so weit und allenfalls nur 8′ bis 10′ auseinander.

Digitized by Google

Besteht der Hügel aus Felsen und bietet er hervorspringende Massen dar, welchem die Strasse nicht ausweichen konnte, und die man wegen ihrer Anlage ausbrechen muss, so muss in diesem Falle die Strasse auf die kleinste Breite beschränkt werden.

Um beträchtliche und kostspielige Abträge zu vermeiden, legt man manchmal die Böschung des Einschnittes in Vorsprüngen an: diese Konstrucktions-Art einer Strasse ist aber nicht ohne Nachtheil, und Beispiele von ihrer Anwendung sind daher selten. Übrigens ist dasselbe nur dann ausführbar, wenn der Felsen von der Wirkung des Frostes nicht angegriffen und zerstört wird; ist aber dieses der Fall, so hat man keinen andern Ausweg für die Anlage der Strasse, als die Masse zu durchstechen und eine unterirdische Passage zu bilden. Die neuen Strassen Italiens über den Mont-Cenis und Simplon liefern mehrere Beispiele von unterirdischen Passagen.

Auf einem Felsenboden höhlt man für die Versteinung keine Vertiefung aus. — Der Felsen wird auf eine Tiefe von 0,16^{m} (0,55$^{'}$) abgehoben, um darauf die beiden lezten Lagen von zerschlagenen Steinen zu legen, die, welche auch die Härte des Felsens, auf dem die Strasse erbaut wird, seyn mag, immer unentbehrlich sind.

Die Veränderungen der Strassen-Profile, — sey es, um Reduktionen in ihrer Breite vorzunehmen, sey es, um die Form in Bezug auf Lokal-Verhältnisse umzugestalten — werden in die Winkel gelegt, wo die Richtungen sich brechen. —

Diese Veränderungen dürfen nicht plözlich vorgenommen werden; man muss sie vorbereiten.

Dieses Prinzip ist auf alle Arten von Strassen anwendbar.

Im Falle sich das Profil einer Strasse verändert, werden die Übergänge der Neigungen und die hieraus sich ergebenden Durchschnitte in den verschiedenen Körpern der Strassen nicht mit einer strengen Genauigkeit ausgeführt.

Die Kanten sind nicht scharf; im Gegentheile, man rundet sie ab. —

Gewöhnlich kann man die Gebirgsstrassen nicht bepflanzen; die Ursachen, welche sie dieser nüzlichen Verschönerung berauben, sind die geringe Breite dieser Strassen, die gewöhnliche Unfruchtbarkeit des Bodens und die Natur des Auftrags, welcher meistens auf Felsentrümmern gemacht wird. Man muss ihnen übrigens diesen Vortheil verschaffen, wenn es die Umstände erlauben.

Digitized by Google

Auf den Gebirgsstrassen findet man die häufigsten Gelegenheiten zur Anlage von Mulden; allein im Falle das umgekehrte Profil angewendet wird, muss die Mulde in einer schiefen Richtung auf die Strassenachse angelegt werden. Sie heisst alsdann **schiefe oder schärpenartige Mulde**; sie muss gepflastert werden.

Ihre vortheilhafteste Lage ist offenbar diejenige, welche der Mulde bei der geringsten Länge die grösste Neigung verschafft.

Beim Aufsuchen der vortheilhaftesten Lage der schiefen Mulde, muss man vermeiden, dass sie mit der Diagonale des Parallelogramms zusammenfalle, welches durch die Stüzpunkte der Wagen mit vier Rädern gebildet wird.

Die graphische Bestimmung dieses schiefen Winkels, der vermieden werden muss, ist leicht zu erhalten.

Die Lösung der Aufgabe für das Auffinden des vortheilhaftesten Winkels für die Lage der Mulde auf einer umgekehrten Strasse gehört der Elementar-Geometrie an. *) Um das, was sich auf die Mulden bezieht, zu beschliessen, muss ich noch bemerken, dass, wenn in einer Strassenstrecke, welche ein kleines Thal durchschneidet, der Wasser-Abfluss mittels einer Mulde Statt findet, seine Ausmündung immer auf die möglichst vortheilhafteste Weise für den Ackerbau angelegt werden muss. —

---

*) Auf DB und BC (fig. 1, Taf. II) den Projektionen der Quer- und Längen-Profile einer Strasse, die einen rechten Winkel bilden, seyen zwei Theile AB und DC gleich der Einheit des Maasses genommen, n stelle die Querneigung am Ende der einen und m die Längen-Neigung am Ende der andern vor. Diese leztere sey stärker als die erstere. Man verlangt die Bestimmung der Projektion einer solchen Lage der Mulde, dass sie die möglich grösste Neigung habe.

Um in dem Winkel DBC die Linie der grössten Neigung BE zu finden, muss man in der steigenden Ebene der Strasse eine horizontale Linie CD aufsuchen; wenn man alsdann durch den Scheitel B die senkrechte BB zieht, so wird diese offenbar die gesuchte Linie und folglich die Projektion des Winkels seyn, welcher mit der Projektion des Quer-Profiles die Richtung der Mulde macht.

Da $m < n$, so ist offenbar, dass man auf die Verlängerung von AB den Punkt D, welcher mit C horizontal ist, suchen muss und man wird leicht diesen Punkt D finden, wenn man überlegt, dass man nach der Voraussezung hat $(AD + AB)\, n = BC \times m$, oder $AD = x$ gesezt, $(x + 1)\, n = 1 \times m$.

Digitized by Google

Obgleich man auf eine allgemeine Weise das Maximum der Längen- und Quer-Neigungen festgesezt hat, so muss man dennoch die Zähheit (tenacité) des Bodens, auf welchem die verschiedenen Strassen-Theile angelegt werden, beachten und bei Bestimmung der Neigungen das berücksichtigen, was die Erfahrung über den Effekt der Gewässer auf diesem Boden lehren könnte. —

Nach dieser Darstellung der Grundsäze über die Konstruktion der Strassen-Profile und ihrer Nebenanstalten in Gebirgs-Gegenden ist es leicht, die Wahl des schicklichsten Profiles einer Strasse in Bezug auf Ökonomie, Festigkeit und Lokalität zu bestimmen. Dis genügt jedoch zur Aufstellung eines Entwurfes nicht: es bleiben noch einige wesentliche Details der auf dem Felde vorzunehmenden Arbeiten anzuzeigen übrig; es müssen die Methoden, die Strassenzüge zu bestimmen, und die Betrachtungen dargestellt werden, auf denen sowohl die Wahl der Richtung als der Vorzug gegründet sind, welchen sie unter den verschiedenen kommerziellen und militärischen Rücksichten erhalten müssen.

Sobald die Regierung die Eröffnung einer Strasse beschlossen und ihren Anfang und Endpunkt bezeichnet hat, ist die Prüfung der verschiedenen Richtungen und die Wahl unter denen, welche die vortheilhaftern sind, lediglich Sache des Ingenieurs.

Eine sehr vollständige Rekognoscirung des Terrains ist unentbehrlich: der Ingenieur muss, nachdem er durch eine erste, obgleich nur provisorische Rekognoscirung die Möglichkeit der Ausführung der Strasse erkannt hat, die Karte der Gegend, welche sie durchzieht, aufnehmen; die Nivellements, welche die Lage des Entwurfs, in Bezug auf das Gelände, und jene der Leitlinie

---

Hieraus zieht man $x = \frac{m-n}{n}$ und folglich $DB = \frac{m}{n}$.

Man wird leicht den analytischen Werth des Winkels DBE, welchen die Projektionen des Quer-Profiles und die Richtung der Mulde unter sich bilden, haben, wenn man überlegt, dass EC der Cosinus des Winkels ECB = DBE ist.

Und man findet durch die Betrachtung der ähnlichen Dreiecke DEC und BEC

$$\text{Cos EBC} = \frac{1}{\frac{\sqrt{m^2+n^2}}{n^2}} = \frac{n}{\sqrt{m^2+n^2}}.$$

(Anmerkung des Verfassers).

Digitized by Google

festsezen, anfertigen; endlich seinen Entwurf mit einem Gutachten begleiten, in welchem er die Gründe auseinander sezt, die ihn bestimmen könnten, die Richtung und Bauart, welche er vorschlägt, zu wählen, um hiedurch die Regierung in den Stand zu sezen, seiner Arbeit die Sanktion zu ertheilen, die der Ausführung vorausgehen muss.

Die allgemeinen Grundsäze für die Bestimmung des Zuges von einem Entwurfe sind:

1) ein Entwurf muss soviel als möglich bewohnte Orte berühren;

2) die einzelnen Richtungen müssen, soviel es die Lokalitäten gestatten, nach dem Ziele gerichtet seyn, welches man erreichen will.

Diese Rücksichten werden durch den Verkehr bedingt; es sind diejenigen, welche im Innern des Königreichs nothwendig beachtet werden müssen; allein wenn sich eine Strasse der Grenze, die sie überschreiten muss, nähert, so muss der Ingenieur, bei Bestimmung der zu befolgenden Richtung, militärische Rücksichten beachten.

In diesem Falle muss der Entwurf die Pläze und Festen (forts) welche die Grenzen schüzen, berühren, um dadurch die Kommunikationen und Zufuhren zu erleichtern; er muss die Aufmerksamkeit haben, eine solche Lage und solche Richtungen zu wählen, welche weder beherrscht, noch von den Höhen der Gegend jenseits der Grenze bestrichen werden können. Handelt es sich davon, zu einer Brücke, über einen die Grenze bildenden Fluss zu gelangen, jenseits welcher die benachbarte Regierung Vertheidigungs-Werke anlegen könnte, so ist es wesentlich, diese Brücke nicht durch eine gerade und in der Brücken-Achse liegende Richtung zu erreichen. Man muss in diesem Falle den Entwurf auf eine gewisse Länge parallel mit dem Flusse führen, um durch einen gekrümmten und wohl entwickelten Zug an die Brücke zu gelangen.

Aus der Beobachtung dieser Grundsäze, bei Bestimmung der Richtungen eines Entwurfes folgt, dass die Projektion der Achse einer Strasse, sey es in ebenen, sey es in gebirgigen Gegenden, eine Folge von geraden, unter sich Winkel bildenden Linien darstellt. Diese durch das Begegnen zweier Richtungen gebildeten Winkel müssen abgerundet werden.

Digitized by Google

Bevor ich die praktischen Methoden, diese Abrundungen auf dem Felde vorzunehmen gebe, muss ich summarisch die Art, wie die Richtungen abgesteckt werden, anzeigen.

Man weiss schon, dass die Leitlinie die Projektion der Strassenachse oder die Richtung ist.

Diese Richtung ist gerade oder krumm.

In den krummen Theilen kann sie auf dem Felde nicht wie auf dem Plane, gezogen werden. Man macht von verschiedenen Methoden Gebrauch; sie bestehen darin, Durchschnittspunkte von geraden Richtungen zu erhalten.

Eine gerade Richtung wird mittels der Visirstäbe abgestekt.

Wenn die Endpunkte gegeben sind, so sezt man die Zwischenstäbe, indem man sie alle in dieselbe vertikale Ebene bringt: diese Verrichtung ist sehr leicht.

Trifft man beim Abstecken einer sehr langen Richtung nicht genau auf den Endpunkt, so muss die ganze Abweichung gemessen und die Zwischenstäbe müssen auf derselben Seite, im Verhältnisse ihrer Entfernung vom Endpunkte, versezt werden.

Können die Endpunkte einer Richtung nicht wechselweise gesehen werden, so nimmt man zu trigonometrischen Verfahrungs-Arten seine Zuflucht, welche zur Absteckung der Richtung sehr einfach sind.

Diese Mittel werden bei kleinen Entfernungen angewendet; sind diese beträchtlich, so ist ein Plan in einem sehr grossen Maassstabe nöthig, um auf dem Felde, indem man die Hindernisse vermeidet oder umgeht, die Richtungs-Punkte zu erhalten.

In allen diesen Fällen muss, nach Beseitigung der Hindernisse, die Richtung durch direkte Beobachtung berichtigt werden.

In einer ebenen Gegend ist die Richtung das erste Element eines Entwurfes.

Die gebräuchlichsten Kurven für die Abrundung der durch das Begegnen zweier Richtungen gebildeten Winkel, sind der Kreis und die Parabel.

Man legt den Scheitel der Winkel, so viel wie möglich, in die Wendungen, um sie dem Blicke zu verbergen.

Es giebt drei praktische Methoden die Abrundungs-Kurven eines Winkels abzustecken.

Die Beschreibung dieser drei Methoden und die Vergleichung ihrer gegenseitigen Vortheile sind der Gegenstand der folgenden Vorlesung.

Digitized by Google

XIV. Vorlesung.

Graphische Methoden der Vereinigungen der Richtungen in ebenen und gebirgigen Gegenden. — Theorie und Praxis des Nivellements. — Anwendung der Wasserwage zur Bildung eines Strassen-Entwurfes in der Ebene. — Gebräuchliche Methode um ein Nivellement aufzutragen. — System der Erzeugung des Geländes zwischen zwei Querprofilen. —

Graphische Vereinigungs-Methode.

Man theile SAB (Fig. 2, Taf. II) in mehrere gleiche Winkel, bezeichne mit dem in A aufgestellten Winkel-Messer die Durchschnitte A1, A2, etc. von diesem Winkel mit der Richtung SB; wiederhole diese Operation im Punkte B; so muss, da der Winkel SBA gleich dem ersten SAB ist, die Kurve ein Kreisbogen seyn; das Durchschneiden der Linien, welche gleiche Winkel bilden, in einer verkehrten Ordnung verglichen, gibt offenbar Punkte in der Kurve, welche ein Kreisbogen ist, weil durch diese Konstruktion jeder Winkel am Anfang in M und M′ auf derselben Sehne AB ruhend, eine gleiche Anzahl Grade hat.

Zweite Methode.

Man theile AB (Fig. 3, Taf. II) in zwei gleiche Theile, ziehe SC, theile SA in zwei, ziehe S′S″ parallel mit AB, so wird diese Linie SC in einem Punkte M, der der Kurve angehört, schneiden. Macht man die nemliche Operationen in dem Dreiecke AS′M, so erhält man einen neuen Punkt M′, und sofort in so vielen Dreiecken, als man bilden will, sowohl von der Seite AC, als von der andern CB, welche Punkte der Kurve angehören.

Digitized by Google

Bei dieser zweiten Methode kann A S gleich oder nicht gleich mit S B seyn. In allen Fällen ist die Kurve eine auf ihre Achse sich beziehende Parabel, wenn A B = S B ist, oder auf einen Durchmesser in den entgegen gesezten Fällen

Diese Kurve hat den Vortheil, desto weniger Krümmung zu haben, je mehr sie sich von ihrem Scheitel entfernt und daher ist der Übergang der Kurve in die dazugehörige Richtung wenig bemerklich. [24])

Dritte Methode.

Man theile A S und S B (Fig. 4, Taf. II.) jede in eine gleiche Anzahl unter sich gleicher Theile; verbinde dann jede Abtheilung von B S aufwärts und den Punkt B einbegriffen mit jeder korrespondirenden Abtheilung von A S abwärts, den Punkt A einbegriffen, so werden die aufeinander folgenden Durchschnitte von allen Geraden je zwei und zwei in der oben angezeigten Ordnung einer Kurve angehören, welche zu den Richtungen A B und S B in den Punkten A und S Tangente seyn wird.

Diese dritte Methode, welche ebenfalls eine Parabel giebt, ist viel einfacher und leichter ausführbar, als die vorhergehenden. [25])

---

[24]) Bekanntlich ist bei einer Parabel die Subtangente SC (fig. 3.) noch so gross, als die dazu gehörige Abscisse MC; folglich gehört der Punkt M einem Punkte an, welcher in A von AS berührt wird. Da nun aus der Konstruktion leicht ersichtlich ist, dass, wenn man die Tangente in M und die dazu gehörige Ordinate zieht, bis sie SC schneidet, für jeden Punkt wie M die Sub-Tangente immer noch so gross als ihre Abscisse seyn wird, so gehören alle auf diese Weise bestimmten Punkte einer Parabel an, von welcher AS in A eine Tangente ist. —

[25]) Sind beide Tangenten gleich und wird jede in 8 gleiche Theile getheilt, so liegen die nach der dritten Methode erhaltenen sieben Kurven-Punkte bei einem stumpfen Winkel der sich schneidenden Richtungen beinahe in einem Kreisbogen.

Nimmt man auf den Tangenten statt 8 vier oder 16 gleiche Theile, so gehören die durch die Durchschnitte bestimmten Punkte zu einer krummen Linie, welche im ersten Falle weniger, und im andern Falle stärker gekrümmt ist, als der Kreis. Hievon kann man sich leicht durch Zeichnung überzeugen. Es geht also hieraus hervor, dass man die Zwischen-Punkte der auf diese Art bestimmten Kurve nicht durch Halbiren der, auf den Tangenten abgemessenen Theile, mit Anwendung derselben Methode (nemlich der 3ten), erhal-

Digitized by Google

Die Vereinigung der beiden aufeinander folgenden Richtungen soll eine solche Ausdehnung haben, dass die Wagenräder

---

ten könne: — diese Zwischenpunkte findet man nun am schnellsten durch die sogenannte Viertels-Methode, welche auf dem bekannten Saze beruht, dass bei kleinen Winkeln der Sinus-versus des halben Bogens der vierte Theil von dem des ganzen ist.

Für einen Bogen von 6° ist der Sin. vers. = 0,00547 und für einen Bogen von 3° ist der Sin. vers. = 0,00140. —

Es seyen nun die Hauptpunkte der Kurve durch die dritte Methode bestimmt und es bilden die sich durchschneidenden Richtungen der Strassen-Achse einen Winkel z. B. von 136° — 30′ (= α), die Länge jeder Tangente von der Ecke an gemessen sey = 400′ (= t) und jeder derselben sey in 8 gleiche Theile getheilt, so dass also die bestimmten 7 Hauptpunkte, wie oben angeführt wurde, beinahe in einem Kreisbogen liegen, dessen, durch Konstruktion oder Rechnung gefundener Halbmesser $r = t. tang. \frac{\alpha}{2} = 1000'$ ist. — Die durch wirkliche Messung auf dem Felde gefundenen Entfernungen der sieben Kurvenpunkte differiren zwar desto mehr, je nachdem man die Visirstäbe mehr oder weniger genau einrichtet; allein diese Differenzen haben, selbst wenn sie einige Fuss betragen, auf die folgende Absteckung durchaus keinen merkbaren Einfluss. Denn nimmt man von zwei dieser Entfernungen, die in unserm Beispiele 95′ lang sind und einem Centriwinkel von 5° — 25′ entsprechen, die eine zu 93′ und die andere selbst zu 101′ an, so ist der zu der ersten gehörige Sinus-versus (der durch Konstruktion oder Rechnung, aber auf dem Felde durch Messung gefunden werden kann) = 1,04′ und der vierte Theil für den ersten Zwischenpunkt ist 0,26′; der zu 101′ gehörige Sinus-versus ist 1,27′, also das Viertel = 0,32′. Die Differenz 0,32′ — 0,26′ = 0,06′ oder 6 Dezimal-Linien, ist daher schon bei Absteckung der ersten Zwischenpunkte, welche von dem schon bestimmten Kurven-Punkte noch 23′ bis 24′ entfernt sind, kaum bemerkbar und also um so viel weniger bei den folgenden. —

Das Abstecken der Kurvenpunkte selbst nach der Viertels-Methode, indem man auf der Mitte der Sehnen die dazu gehörige Sinus-versusse senkrecht errichtet, ist so einfach, dass jede weitere Auseinandersezung entbehrlich scheint.

Aus dem angeführten Beispiele erhellt nun, dass selbst bei einer grossen Kurve z. B. von 760′ Länge die Absteckung derselben durch die Verbindung der 3ten Methode mit der Viertels-Methode auf obige Weise bei Arbeiten dieser Art als hinlänglich genau angenommen werden könne. Dass aber alle obigen 7 Hauptpunkte, die Endpunkte der oben als Beispiel gewählten Sehnen von 93′ — 101′, unerachtet der hieraus sich ergebenden Abweichungen der Sinus-versusse, ziemlich genau in der Kurve, also in einer gleichen Entfernung vom Centrum liegen, geht aus der Konstruktions-Art der Kurve nach der 3ten Methode selbst hervor.

Digitized by Google

in allen Richtungen des Fortganges auf der Fahrbahn einen Stüzpunkt finden. [26])

Übrigens muss noch für diejenigen, welche die nach der dritten Methode entstehende Kurve streng mathematisch untersuchen wollen, bemerkt werden, dass diese Kurve weder ein Kreis noch eine Parabel ist; lezteres wird sie nur in dem Falle, wenn die Theile auf den Tangenten uneudlich klein angenommen werden, also die Kurve selbst durch die steetige Bewegung einer Linie zwischen den Schenkeln eines Winkels, auf welche jene sich während ihrer Bewegung stüzt, entsteht. —

[26]) Um den kleinsten Krümmungs-Halbmesser für Kunststrassen von gegebener Breite zu bestimmen, so dass das grösste Gespann der darauf sich fortbewegenden Wagen noch im vollen Zuge verbleiben könne, sey in Fig. 4bis, Taf. II die halbe Breite der Fahrbahn = am = b, die Länge des Gespannes = ab = l, der Halbmesser der Strassen-Achse = ac = r und der halbe Winkel, welchen die sich schneidenden Strassenachsen bilden, = afc = α.

Befindet sich nun der Wagen in a, dem Anfange der Kurve, so müssen, wenn der Wagen in a fortbewegt und keine Kraft verloren gehen soll, alle Pferde die Stränge nach der Richtung der Tangente ab anziehen. Ist nun diese Tangente gleich der Länge des Wagens plus der Bespannung, so wird sich der Wagen in dem concentrischem Ringe, so gross derselbe auch immer seyn mag, fortbewegen können: denn man wird, da nach der Voraussezung die Krümmung gleichförmig ist, von irgend einem Punkte u, v oder w der Strassenachse abvwe eine Tangente = ab = l ziehen können.

Von b, dem Endpunkte der Tangente ab, ziehe man durch den Mittelpunkt c die Sekante bcg, welche die Strassenachse in d durchschneidet, so ist bekanntlich

$$bd : ab = ab : bg \text{ oder}$$
$$b : l = l : 2r + b \text{ oder}$$
$$b(r + b) = l^2 \text{ und hieraus}$$
$$r = \frac{l^2 - b^2}{2b}.$$

Der Krümmungs-Halbmesser der Strassenachse ist also blos von der Breite der Fahrbahn und von der Länge des Gespannes abhängig, nicht aber von dem Winkel, unter welchem sich die verlangten Richtungen dieser Achse schneiden: bei gleich breiten Strassen sind daher alle Vereinigungs-Kurven mit demselben Halbmesser zu beschreiben. —

Um noch die zur Bestimmung des Mittelpunktes c gehörige Entfernung af, welche dem gefundenen Halbmesser r entspricht, durch Rechnung zu bestimmen, bemerke man, dass der Winkel acf = 90° − α, folglich

$$af = ac \cdot \text{tang. } acf = r \cdot \text{tang. } (90° - \alpha) = r \cdot \text{cotang. } \alpha$$

ist; oder für r obigen Werth substituirt:

$$af = \left(\frac{l^2 - b^2}{2b}\right) \text{Cotang. } \alpha$$

Digitized by Google

Sobald der allgemeine Zug der Strasse vollendet ist, so versichert man durch starke Pflöcke die Endpunkte der festgesezten Richtungen und durch schwächere Pflöcke die Zwischenpunkte derselben. Man bedeckt sie mit Erde und manchmal umgiebt man sie selbst mit einem massiven Mauerwerk, wenn ihre Wichtigkeit es erfordert.

Die krummen Richtungen werden erst bei der Ausführung abgesteckt. [27])

Die Vereinigungen zweier auf einander folgenden geraden Richtungen sind in Gebirgs-Gegenden viel häufiger, als bei Strassen in der Ebene.

Man führt sie durch die dritte Methode aus, welche insbebesondere auf Strassen in Gebirgs-Gegenden anwendbar ist.

Beispiele von dieser Vereinigung mit Wendung.

Es sey ASS'a (fig. 5, Taf. II.) das durch den Zug gebildete Zikzak, welches man durch eine Wendungs-Kurve zu ver-

---

' Hieraus erhellt, dass a f desto grösser wird, je kleiner der Winkel ist, unter welchem sich die verlängerten Richtungen der Strassenachse schneiden.

Beispiel. Ist die ganze Breite der Fahrbahn = 20′, also b = 10′ und die Länge eines Baustammes, als der längsten Last, welche auf Strassen verführt wird, mit der Bespannung von vier Pferden = 120′ = l, so findet man den Krümmungs-Halbmesser für die Strassenachse, $r = \frac{130 - 110}{20}$ = 715′ und für b = 9′ und l = 100′ ist r = 551′. —

Herr Baurath Umpfenbach ist der Meinung, dass ein Halbmesser von 50 Fuss für das schwerste Fuhrwerk hinreiche; denn wenn man dessen Länge von den Hinterrädern bis zum Kopfe der vordersten Pferde zu 60 Fuss annimmt und diese als eine Sehne im Bogen betrachtet, so wird der Pfeil nur 3 Fuss seyn, der Zug also nur unmerklich erschwert. —

[27]) Da öfters Kurven von 1000′ Länge und darüber, namentlich in Gebirgsgegenden vorkommen, wo die Erd-Arbeiten bedeutend, und ohne Aufnahme einiger Quer-Profile nicht wohl zureichend genau zu berechnen sind, so muss man desshalb in jeder Kurve wenigstens die Hauptpunkte bestimmen, was im Allgemeinen am schnellsten durch die dritte Methode geschieht.

Man theile, die Kurve mag gross oder klein seyn, die Tangenten immer in acht gleiche Theile, um einen Kreisbogen oder vielmehr eine Kurve zu erhalten, die diesem desto näher kommt, je grösser, wie schon erwähnt, der Winkel ist, unter welchem sich die Richtungen der Strassenachsen schneiden, was sowohl die allenfallsigen Berechnungen, als die Bestimmung der Zwischenpunkte, so wie die reine Zeichnung der Kurve sehr erleichtert. — Diese Art des Absteckens geht, bei einiger Übung, ziemlich schnell von Statten; mit drei abgerichteten Messgehülfen kann man in einem Tage wohl 4 bis 6 Kurven von 800′ bis 1000′ Länge abstecken. —

Digitized by Google

einigen beabsichtigt, und B sey der zur Wendung bestimmte Punkt.

Man wird für die beiden Winkel S und S′ die Vereinigungs-Art durch die dritte Methode anwenden.[28])

Die praktischen Methoden, eine Abrundungs-Kurve abzusteckken sind nicht immer geeignet in Gebirgs-Gegenden direckt gebraucht zu werden, da Lokal-Hindernisse die Eintheilung der Seiten des Winkels und das Abstecken der Linien, um die Kurve mittels Durchschnitte zu erhalten, nicht gestatten. —

Man substituirt ihr mit Vortheil eine Näherungs-Methode, welche durch Erfahrung und Übung förderlich wird, die eine ziemlich angenehme Kurve giebt und welche die Bedingungen der Aufgabe erfüllt.

Diese Methode besteht darin, aufeinander folgende Sehnen, welche ein in dem abgerundeten Winkel beschriebenes Vieleck bilden, zu ziehen, und auf dem Felde an die Endpunkte dieser, über das Vieleck gleich weit hinausreichenden Sehnen beliebig grosse Abstände zu sezen, die man gewöhnlich, auf eine solche Art vermehrt, dass das sich ergebende Vieleck durch die bestimmten Punkte geht. —

Die Ausführung dieses Verfahrens auf dem Felde zeigt die Zeichnung (fig. 6, Taf. II.)

Es sey der Winkel BSA durch zwei Stücke der Richtung eines mit dem Neigungsmesser bestimmten Zuges gebildet, welchen man durch die Näherungs-Methoden abzurunden beabsichtigt.

Man trägt von A nach A′ auf die Seite AS eine beständige Länge AA′, zum Beispiele von 10^m (34,2′); vom Punkte A′ und mit einem Radius gleich A′A trägt man auf den Bogen A′m die nöthig erachtete Sehne; man verlängert dann Am bis in n′, indem man mn′, gleich der Grösse A′A macht, und zieht, von dem Mittelpunkte m und mit einem Radius gleich mn, den Bogen nn′, der dem vorhergehenden Bogen gleich, oder kleiner, oder auch grösser gemacht wird, je nachdem man sieht, dass die Kurve

---

[28]) Hierher gehört die geometrische Aufgabe: zwei beliebige in einer Ebene liegende Geraden durch zwei Kreisbögen von gleichen Radien so zu verbinden, dass die Kreisbögen sich und die geraden Linien berühren. Die einfache Auflösung findet man z. B. in von Langdorf's *Einleitung in das Studium der Elementar-Geometrie, Algebra, Trigonometrie* u. s. w., Heidelberg bei Schwan und Göz, 1814. —

Digitized by Google

mehr oder weniger Krümmung erfordert. Auf diese Weise fährt man fort, bis man zu dem Punkte B gelangt ist. —

Es ist selten, dass aufs erstemal die gesuchte Kurve gelinge; allein die Vermehrungen oder Verminderungen der Abstände ergeben sich mit Leichtigkeit, und bei ein wenig Übung erhält man nach einem oder zwei Versuchen das Vieleck, welches die der Bedingung des Zuges entsprechende Abrundung giebt.

Diese Methode liesse sich bei Vereinigungen in ebener Gegend anwenden; allein um das hiebei Statt findende Versuchen zu vermeiden, ist es besser, wenn keine Hindernisse entgegen sind, die vorher gelehrten graphischen Methoden anzuwenden. [29])

Man weiss schon, dass die Bestimmung des Strassenzuges in einer gebirgigen Gegend, dermaassen von Lokalverhältnissen, von denen sie abhängig ist, geboten wird, dass sie besondere Methoden erfordert; sie ist nicht mehr, wie in der Ebene, das Ergebniss einer vorläufigen Skizze, die man zuerst auf der Karte im Kabinete gezogen hat: das Projekt einer Strasse in Gebirgs-Gegenden wird auf dem Felde selbst und gleichzeitig mit der Bestimmung des Zuges angefertigt; allein bevor ich von der unter diesen Umständen angewandten Methode spreche, muss ich einige Details über die Theorie und Ausübung der Nivellir-Kunde auseinandersezen. —

Der Zweck dieser Verrichtung im Allgemeinen ist, die Grösse zu bestimmen, um welche ein Gegenstand oder ein Punkt des

---

[29]) Befinden sich innerhalb des konkaven Theiles der Kurve Hindernisse, welche die Anwendung einer beliebigen der vier angeführten Methoden unmöglich machen und möchte man doch eine reguläre Kurve z. B. einen Kreis erhalten, so bestimmt man denselben von seinen Tangenten aus: man berechnet nemlich aus dem, gleichfalls durch Rechnung nach Note 26 gefundenen Halbmesser r, für beliebige, auf der Tangente genommene Abscissen x die dazu gehörigen Ordinaten y des Bogens nach der bekannten Formel:

$$y = r \mp \sqrt{r^2 - x^2}.$$

Auch kann man bei einer, in einem grossen Maassstabe aufgetragenen Zeichnung, sowohl den Halbmesser, als die Abstände des Bogens von der Tangente durch Konstruktion finden. —

Bei ganz grossen Kurven von mehreren Tausend Fussen oder von einigen Stunden Länge, wie solche manchmal bei grossen Fluss Korrektionen vorkommen, werden die Hauptpunkte der Kurven, mit oder ohne Wendungspunkte, trigonometrisch bestimmt und von diesen aus die übrigen in der Kurve liegenden Punkte entweder von der Sehne oder der Tangente aus, je nachdem es die Lokalitäten zulassen, abgesteckt.

Digitized by Google

Bodens mehr vom Mittelpunkte der Erde oder von einer davon gleich entfernten Linie, die man die Linie des Horizontes nennt, absteht, als ein anderer.

Man unterscheidet daher zwei Arten von Horizont; den wahren und den scheinbaren Horizont.

Der wahre Horizont ist eine mit der Erde parallele Kurve.

Der scheinbare Horizont ist eine Tangente zu dieser Kurve.

Das Werkzeug, welches Wasserwage heisst und welches man für die Arbeiten der Strassen-Entwürfe in Ebenen anwendet, und im Allgemeinen alle zum nivelliren bestimmte Instrumente, geben nur den scheinbaren Horizont an.

Man hat Tafeln berechnet, um für alle Entfernungen die äussern Stücke der Sekante zu bestimmen, welche die Grösse angeben, um die die Tangente oder der scheinbare Horizont über dem wahren Horizonte liegt, und die dazu dienen, die Operation zu korrigiren, wenn die horizontalen Entfernungen vom Instrumente bis zu den Punkten einer und derselben Beobachtung unter sich ungleich sind.

Diese Aufgabe der Elementar-Geometrie giebt für eine Entfernung von 1000 Klaftern (6000') eine Abweichung von 132,166 Linien des wahren Horizontes unter dem scheinbaren. [30])

Bei den Abwägungen für Strassen-Arbeiten hat man selten nöthig Verbesserungen dieser Art vorzunehmen, weil man stets die Aufmerksamkeit hat, die Wasserwage ungefähr in die Mitte jeder Station zu stellen.

Jede Station vergleicht wenigstens zwei Punkte des Geländes in einem Längen-Nivellement, das heisst nach der Längen-

---

[30]) Um die Abweichung des scheinbaren Horizontes vom wahren für eine gegebene Länge zu finden, sey in fig. 4bis, Tafel II ab der scheinbare und ad der wahre Horizont, so ist der gesuchte Abstand = b d. Nach bekannten Lehren der Geometerie ist aber die Tangente ab die mittlere Proportionale zwischen dem äusseren Stück der Sekante bd und der ganzen Sekante bg; sezt man daher ab = l, bd = x und ac = r, so hat man

$$l^2 = x\,(2r + x) \text{ oder}$$

$$x = \frac{l^2}{2r}$$

da man im Nenner x, welches im Vergleich zu 2 r sehr klein ist, ohne merklichen Fehler hinweglassen kann. Am Ende dieser Abtheilung ist eine Tafel für diese Abweichungen im Meter-Maasse berechnet und dabei der Erdhalbmesser zu 6 Millionen Meter angenommen, beigefügt. —

Digitized by Google

achse einer Strasse; der eine heisst der Vorblick, der andere der Rückblick; die anderen Beobachtungen, wenn es deren giebt, heissen Zwischenblicke.

Jede Station bildet ein einfaches Nivellement.

Ein Nivellement, welches aus mehreren auf einander folgenden Stationen besteht, heisst ein zusammengesetztes Nivellement. Jeder Theil des einfachen Nivellements knüpft sich an das zusammengesezte durch den Rückblick an, der auf den Punkt gemacht wird, welcher das Objekt des Vorblickes von der vorhergehenden Station war, uud der folglich die Beziehung der Lage zwischen diesen beiden Stationen herstellt.

Die Vor- oder Rückblicke dürfen, um die nöthige Genauigkeit zu haben, nicht mehr als 30 Meter (102,78′) von dem Instrumente entfernt seyn, wenn man sich der Wasserwage bedient, die am allgemeinsten zur Abwägung eines Strassenzuges in der Ebene angewendet wird.

Hat man in der nemlichen Station alle zum Entwurfe nöthigen Zwischenpunkte genommen, so verstellt man dann das Instrument und trägt es gegen die Mitte des Zwischenraumes, aus welchem die zweite Station besteht.

Es ist einleuchtend, dass man nicht nöthig hat, das Instrument in die Richtung der Strasse zu stellen. Die Visirlinien, welche immer in einer horizontalen Ebene liegen, bestimmen in Bezug auf diese Ebene die betreffenden Abstände der Geländ-Punkte, welche auch die Stellung der Wasserwage seyn mag.

Es ist nöthig, beim Führen des Nivellement-Brouillon's, was auf dem Felde geschieht, zur Vermeidung von Fehlern, eine gewisse Ordnung zu beobachten.

Der beim Strassen- und Brückenbau in dieser Hinsicht angenommene Gebrauch ist, die Zahlen der verschiedenen Höhen an Senkrechten zu schreiben, welche man auf die, die Horizontallinie bezeichnende Horizontale gezogen hat; jene vorwärts und jene rückwärts stehen in demselben Felde, die eine rechts, die andere links von jeder Senkrechten, daher ist jeder Endpunkt einer Station oder des einfachen Nivellements zweimal mit Ziffern bezeichnet. Die Zwischenblicke tragen nur eine einzige Zahl.

Man zeichnet unter die Senkrechten die Krümmungen und Biegungen des Geländes. Diese Vorsicht trägt gleichfalls dazu bei, Fehler zu vermeiden.

Digitized by Google

Auf die Horizontallinie sezt man, zwischen jede Senkrechte, den horizontalen Abstand, welcher sie trennt.

Die Fig 8, Taf. I. stellt ein Brouillon eines Längen-Nivellements mit den dazu gehörigen Querprofilen dar.

Es ist offenbar nöthig, die verschiedenen Stationen, aus denen ein zusammengesezetes Nivellement besteht, auf eine einzige zu reduziren. Diese Reduktion findet mittels der Operation Statt, welche man ein Nivellement auftragen nennt.

Durch diese Operation, welche eine Büreau-Arbeit ist, trägt man die Profile nach zwei verschiedenen Achsen auf, und erhält zum Resultat einen vertikalen Durchschnitt des Geländes, über welches die Leitlinie geht.

Um ein Nivellement aufzutragen, beginnt man damit von der stärksten die schwächste der Zahlen der Rück- und Vorblicke abzuziehen. Der Unterschied wird mit dem Zeichen plus bezeichnet, wenn die erste kleiner ist als die zweite, und mit dem Zeichen minus im entgegengesezten Fall.

Diese Unterschiede werden horizontal mit ihrem Zeichen auf die Minute des Nivellements geschrieben; man sezt sie in jedes durch die betreffenden Senkrechten gebildetes Feld.

Nachdem das Nivellement auf der Minute so vorbereitet ist, nimmt man zur Bestimmung der Lage des ersten Punktes vom Nivellement unter der Horizontalen eine solche Hülfs-Zahl an, damit sie zur Subtraktion der Summe aller steigenden Zahlen ausreiche und das ganze Nivellement unter diese Horizontallinie gesezt werden könne.

Alle folgenden Zahlen bestehen aus der ersten, mehr oder weniger durch die folgenden Differenzen modifizirt.

Man schreibt sie gewöhnlich schwarz und nennt sie Gelände-Zahlen zum Gegensaz von denen, welche Entwurfszahlen heissen, und die man roth schreibt; wir werden bald von diesen sprechen.

Man zieht die Linie des Geländes nach diesen neuen Zahlen und das Nivellment ist aufgetragen.

Will man nur die respektive Lage von den zwei äussersten Punkten eines zusammengesezten Nivellements kennen, so hat man nicht nöthig, indem man die Geländ-Linien zieht, das Nivellement aufzutragen; man begnügt sich, die Summe der Differenzen von jedem Zeichen zu machen, zieht das kleinste Resultat von dem grössten ab, und je nachdem die Differenz positiv oder

Digitized by Google

negativ ist, hat man die Grösse, um welche der lezte Punkt über oder unter dem ersten liegt. [31])

Jedes Nivellment, selbst die für Strassen-Entwürfe, welche keine so grosse Genauigkeit erfordern, als die welche Kanal-Projekte oder andere hydraulische Arbeiten erheischen, — muss indessen verifizirt werden.

---

[31]) Eine andere sehr gebräuchliche Methode ein Nivellement aufzunehmen und aufzutragen ist folgende: über dem Gelände-Punkte No. 1, an dem man das Nivellement beginnt, denke man sich in einer beliebigen Höhe, welche jedoch über dem höchsten zu bestimmenden Punkte liegen muss, eine horizontale Ebene, die gewöhnlich allgemeiner Horizont (*niveau général*) genannt wird. Auf diese Ebene werden alle, durch das Nivellement zu bestimmenden Punkte bezogen. Nun ziehe man von der über No. 1 angenommenen Höhe = a des allgemeinen Horizontes den Rückblick auf No. 1 = r ab, und addire zu dem Reste a — r den Vorblick auf No. 2 = v, so giebt die Summe a — r + v den Abstand des Geländpflockes No. 2 von dem allgemeinen Horizonte an; den v — r ist der Höhen-Unterschied der Geländepflöcke No. 1 und No. 2 und a ist der Abstand von No. 1 zum angenommenen allgemeinen Horizonte, folglich ist a + v — r oder a — r + v der gesuchte Abstand von No. 2 zu derselben Ebene. Nun seze man den lezteren Abstand = a, so findet man auf der zweiten Station auf dieselbe Weise a'', den Abstand von No. 3 zum allgemeinen Horizonte, indem man von a' den Rückblick auf No. 2 = r' abzieht und zum Reste a' — r' den Vorblick auf No. 3 = v' addirt: Es ist also: a'' = a' — r' + v' u. s. w.

Um auf einer beliebigen Station, z. B. auf der zweiten, die Höhen oder Abstände der Zwischenpunkte zu bestimmen, addire man zu dem Reste a' — r' den Vorblick m auf den zu bestimmenden Zwischenpunkt, so giebt die Summe a' — r' + m den Abstand jenes von dem allgemeinen Horizonte an.

Diese Methode bietet den Vortheil dar, sogleich auf dem Felde den Höhen-Unterschied zweier beliebigen Geländepunkte durch einfache Subtraktion ihrer Abstände zum allgemeinen Horizonte zu bestimmen: für No. 1 und No. 3 sey dieser Höhen-Unterschied = h, so findet man h = a' — a.

Nivellirt man längs eines stehenden oder fliessenden Gewässers und bestimmt man sogleich beim Anfange des Nivellements den Abstand des Wasserspiegels von dem allgemeinen Horizonte auf dieselbe Weise, wie man den eines Zwischenpunktes bestimmt, so kann man durch die Bestimmung des Abstandes vom Wasserspiegel zum allgemeinen Horizonte bei einem andern beliebigen Punkte und durch die Vergleichung dieses Abstandes mit dem vorher bei No. 1 oder sonst wo für den Wasserspiegel gefundenen Abstande, sich überzeugen, dass man, wenn das Wasser stehend ist, keinen, und wenn es fliesssend ist, wenigstens keinen erheblichen Fehler begangen habe. Im lextern Falle beurtheilt man das Gefälle nach der zwischen beiden Beobachtungen liegenden Entfernung, indem zugleich das Fallen oder Steigen, während man operirt, berücksichtigt wird.

Digitized by Google

Für die Verifikation der auf Strassen-Entwürfe bezüglichen Nivellements begnügt man sich, sie in grossen Strecken von 200m — 300m (687′ — 1027′) Abstand zu wiederholen, ohne jedoch die Zwischenräume zu messen, und wenn das Resultat auf beinahe 2 bis 3 Centimeter (10 — 15 Linien) mit dem des ersten Nivellements übereinstimmt, so schliesst man hieraus, dass die Arbeit hinlänglich genau sey. —

Was die auf hydraulische Arbeiten bezüglichen Nivellements anbelangt, so müssen sie, mit der grössten Sorgfalt, mit einer mit Ferngläsern und Luftblase versehenen Wasserwage angefertigt und jedes einfache Nivellement muss besonders und verschiedenemal verifizirt werden, bis man vollkommen ähnliche Resultate erhält.

Für die Anfertigung eines Strassen-Entwurfes ist ein Längen-Profil nicht hinreichend; man muss auch noch wissen, wie sich das Gelände links und rechts von der Leitlinie, auf die Breite des Projektes, gestalte. Diese Kenntniss wird durch das Quer-Profil gegeben.

Man muss soviele Querprofile nehmen, als es die Lokalitäten verlangen; diese Profile haben mit dem Längen-Profile einen Punkt gemein, und indem man die Differenzen der links und rechts der Leitlinie beobachteten Punkte entweder addirt oder abzieht, erhält man die Lage des Geländes in der ganzen Ausdehnung des Quer-Profiles.

Diese Querprofile sind mit Nummern versehen, welche ihre Übereinstimmung mit dem Längen-Profile bezeichnen.

Indem man das Nivellement macht, trägt man Sorge, die Sonden zu nehmen, welche die Natur des Bodens geben; endlich darf man keinen der Aufschlüsse vernachlässigen, welche ferner zur vortheilhaften Bestimmung des Entwurfes dienen können.

Die Querprofile, welche je zwei und zwei genommen, die Erhabenheit des Geländes darstellen, sind es, woraus die Theilung des Geländes, von einem Profile zum andern, in mehrere vieleckige Streifen mit windschiefen Flächen, hervorgeht; diese Flächen, werden durch die Bewegung einer, mit der Vertikal-Ebene parallelen und durch die Strassenachse gehenden Linie erzeugt, deren-Endpunkte sich auf die, durch die Profile gegebenen Linien des Geländes stüzen.

Dis ist die angenommene Erzeugung des Geländes, um die fernern Verrichtungen zu erleichtern.

Digitized by Google

Diese hypothetische Erzeugung des Geländes ist von der, von dem verstorbenen Senator Monge und dem Ingenieur Meusnier für die graphische Auflösung der Aufgabe des Defilements erdachten verschieden; in dieser wird das Gelände durch horizontale, in verschiedenen Höhen geführte Schnitte dargestellt, und durch Kurven begränzt, die alle Zahlen (cotes) von gleicher Abmessung einschliessen.

Der Gegenstand, welchen der Ingenieur Meusnier sich vorsezte, erfordert diesen Gang; allein der für die Strassen-Entwürfe angenommene, obgleich weniger streng, ist in Bezug auf das Ergebniss hinreichend genau.

Die Querprofile sind immer auf der Leitlinie senkrecht; sie müssen in einer hinreichend grossen Anzahl vorhanden und so gewählt seyn, dass man keine Mittelzahl zwischen zwei Profilen zur genauen Darstellnng des Geländes wünschen könne.

Alle diese Details beziehen sich auf das Nivellement für die Entwürfe der Strassen in ebenen Gegenden: das in gebirgigen Gegenden wird durch andere Mittel ausgeführt, welche mehr fördern, als die vorhergehenden. Diese lezten lassen sich nur sehr schwer und durch sehr vervielfachte Operationen auf Strasszüge in Gebirgs-Gegenden anweuden.

Digitized by Google

XV. Vorlesung.

Von dem Neigungsmesser für die Bestimmung des Zuges der Strassen in Gebirgs-Gegenden. — Anwendung auf die Bestimmung eines Zuges. — Neue Betrachtungen und allgemeine, auf den Zug dieser Art Strassen anwendbare Grundsäze. — Bestimmung der Neigungen und Steigungen auf einem aufgetragenen Nivellement für einen Strassen-Entwurf in der Ebene. — Berechnung der rothen vertikalen Zahlen. — Methode diese rothen Zahlen gleichzeitig mit dem Zuge durch den Neigungs-Messer und ohne ein aufgetragenes Nivellement zu erhalten. —

Das für die Bestimmung des Zuges der Strassen in Gebirgs-Gegenden am allgemeinsten angenommene Nivellir-Instrument, ist dasjenige, welches Neigungsmesser (éclimetre) heisst.

Es hat eine Luftblase und ist einer grossen Genauigkeit fähig.

Die Lage der Visir-Linie ist veränderlich von Null, welches die horizontale Linie angiebt, bis zu den stärksten Steigungen, welche angewendet werden können. Diese Veränderlichkeit der Visirlinie erhält man mittels einer im vertikalen Sinne beweglichen Kippregel; sie giebt die Tangenten der Neigungswinkel durch eine Gradeintheilung an, deren Unterabtheilungen mit Genauigkeit durch einen Nonius bezeichnet sind. Die Visirlinie ist alsdann die Sekante der verschiedenen Neigungswinkel.

Da diese Visirlinie im Instrumente eine Parallele mit der Neigungslinie des Entwurfes ist, so giebt der Neigungsmesser alle Punkte der Neigung an, welche man auf dem Gelände braucht, ohne dass man genöthigt ist, die horizontalen Abstände zu messen.

Digitized by Google

Alle diese Nullpunkte des Geländes bestimmen die Leitlinie der Strasse.

Dieses Instrument beschleunigt sehr die Bestimmung des Zuges in Gebirgs-Gegenden und gewährt den Vortheil, schnell und nach und nach mehrere Züge, welche einen Berg auf verschiedene Arten entwickeln, zu versuchen; zwischen denselben sucht dann der Ingenieur denjenigen aus, welcher die meisten Vortheile darbietet. —

Die Bestimmung des Zuges einer Strasse in Gebirgs-Gegenden kann gleichfalls mit der gewöhnlichen Wasserwage geschehen; allein die Operation ist weniger genau. —

Die Vergleichung der Details von der Operation eines Zuges mit dem Neigungsmesser und mit der gewöhnlichen Wasserwage läst in dieser Hinsicht keinen Zweifel zu.

Um mit der gemeinen Wasserwage in einer gebirgigen Gegend einen Strassenzug zu bestimmen, ist es nöthig, gleichzeitig an jedem Standpunkte die Operation eines einfachen Nivellements zu widerholen, die Visirlatte dann für eine schickliche Entfernung zu richten und diese Entfernung auf dem Gelände zu messen, indem man einen Bogen beschreibt, welcher diese Entfernung zum Halbmesser hat; der Punkt des Geländes, wo die so gerichtete Visirlatte dem Visirstrahle des Nivellir-Instrumentes entspricht, ist der Punkt des Zuges, den man sucht: eine eben so lange, als schwer ausführbare Operation, wegen der vielen Hindernisse, die sich gewöhnlich vorfinden, und die sowohl beim Beschreiben des Bogens, als bei den mit dem Instrumente zu machenden Beobachtungen geniren.

Die Vergleichung dieser beiden Mitteln, die Strassenzüge in Gebirgs-Gegenden zu bestimmen, ist einleuchtend ganz zum Vortheil des Neigungsmessers.

Um, wenn man die Leitlinie mit dem Neigungsmesser bestimmt, die Querprofile zu erhalten, bedient man sich gewöhnlich der Wasserwage oder schlechtweg der Sezlatte und der Bleiwage: diese Operation, so wie jene, welche man manchmal vorzunehmen genöthigt wird, um ausserhalb dem Zuge liegende und für die Berichtigung der Kurven des ursprünglichen Zuges erforderliche Nivellements-Punkte zu erhalten, findet erst Statt, wenn dieser ursprüngliche Zug definitiv festgesezt ist. —

Nachdem wir den Gebrauch des Neigungsmessers gezeigt und seine Vortheile dargestellt haben, ist hier der Moment, auf

Digitized by Google

den Zug der Strassen in Gebirgs-Gegenden zurückzukommen, und das, was sich auf diesen Gegenstand bezieht, zu beendigen, indem wir einige allgemeine Grundsäze aufstellen, welche dem Ingenieur bei Bestimmung des Zuges dieser Art von Strassen als Führer dienen sollen.

Bevor man mit der Bestimmung eines Strassenzuges beginnt, welcher auf der Hänge eines Berges, dessen Rücken, um ein Thal zu verlassen, zu ersteigen ist, entwickelt werden soll, — ist es unerlässlich, dass der Ingenieur, mit einer vollständigen Kentniss des Terrains, insbesondere die von der Lage der Nebenthäler verbinde, welche sich mit dem, nach der Länge oder Quere vom Strassen-Entwurf durchschnittenen Hauptthale verzweigen; die Richtung von demjenigen dieser Nebenthäler, welches sich am meisten der allgemeinen Richtung der Strasse nähert, ist diejenige, welche, in Bezug auf die Natur des Bodens, unter übrigens gleichen Umständen, für die Herstellung des Zuges vorgezogen werden muss. Die Leichtigkeit der Entwickelungen, der Gebrauch, den man in diesem Falle von sanften Steigungen machen kann, ohne den Weg unnöthiger Weise zu verlängern, sind die kostbaren Vortheile, welche man benüzen muss. Allein wenn die Punkte, wo man das Thal zur Ersteigung des Gebirg-Rückens verlassen muss, so wie die Anlange-Punkte auf dem Rücken der Lage nach durch Lokal-Umstände, denen der Entwurf unterworfen ist, gegeben sind, so muss die Entwickelung zwischen diesen Endpunkten Statt finden; — und wenn die Länge dieser direkten Entwickelung nicht hinreichend ist, damit das Ergebniss des Zuges Steigungen darbiete, welche die Grenze von 5 Zoll auf die Klafter nicht übersteigen, so ist der Ingenieur genöthigt, den Zug auf sich selbst zu krümmen, und so ein oder mehrere Zikzak zu bilden, damit durch diese künstliche Entwickelung Steigungen erlangt werden, welche für das Fuhrwerk fahrbar sind. Diese Art von Zug bietet viele Missstände dar, man soll sie nur anwenden, nachdem man vergeblich einen direkten Übergang versucht und sich von der Unmöglichkeit ihn zu erhalten, überzeugt hat. —

Diese Überzeugung ist durch den Neigungsmesser leicht zu erlangen: denn in der That, wenn man das Instrument auf einen Punkt stellt, welcher mit dem des Abgangs korrespondirt, und zwar auf eine solche Art, dass man den Punkt, wo man auf dem Rücken anlangt, sehen kann, so erhebt man die bewegliche

Digitized by Google

Kippregel, indem man sie gegen diesen Punkt richtet. Da die ansteigende, durch den Visirstrahl gegebene Ebene sich wenig von derjenigen unterscheidet, welche sich aus dem, auf der Hänge liegenden Zuge ergiebt, so kann man hieraus schliessen, ob die Steigung, welche das Instrument anzeigt, dem Entwurfe zusage oder nicht, und ob es der direckte Zug, oder ein Zikzak ist, welches Statt finden muss.

In Ermangelung eines Neigungsmessers würde der Ingenieur genöthigt seyn, bevor er sich über die Art des anzuwendenden Zuges entschliesst, durch ein besonderes Nivellement die absolute Höhe des Gebirgs, zwischen den Punkten des Abganges und der Ankunft zu finden; er müsste überdis die Entfernung zwischen diesen Punkten, der sie vereinigenden ansteigenden Ebene folgend, messen lassen; und indem er die absolute Höhe mit dieser Länge dividirt, würde er die Steigung auf die Klafter, welche aus dem Zuge entspringt, finden.

Der Ingenieur könnte die Arbeit des besondern Nivellements mit der Wasserwage, um die betreffende Höhe der zwei Endpunkte des Zuges zu erhalten, in der That noch abkürzen, wenn er sich des Reise-Barometers bedient, und die Resultate der Beobachtungen mittels der Formel des Hrn von Prony, die in seinem Kursus der Mechanik eingerückt ist, berechnet; man erhält ihre Lage mit ziemlicher Genauigkeit für einen Strassen-Entwurf, wenn der Unterschied der Höhen nicht zwölf bis 15 Hundert Fuss übersteigt; allein man ist immer genöthigt, um die Steigung des Zuges zu kennen, die Länge der steigenden Entwickelung zu messen, die diese Punkte trennt. Daher ist die Anwendung des Barometers auf die Bestimmung des Strassenzuges nicht so vortheilhaft, als der Gebrauch des Neigungsmessers; allein sie ist vortrefflich für die Rekognoscirung einer Gegend, welche einen Kanal mit Theilungs-Punkt erhalten soll.[32])

---

[32]) Sehr bald nach Erfindung des Barometers fasste man die Idee, dass es zu einer sehr einfachen Art von Höhenmessungen brauchbar seyn müsse. Aber obgleich schon Halley am Ende des 17. Jahrhunderts den Grund zu einer richtigen Theorie legte, so dauerte es doch lange, ehe es gelang, den Einfluss von Nebenkräften auf bestimmte und ziemlich sichere Regeln zurückzuführen. Das wichtigste leistete hiebei De Luc, und besonders neuerlich La Place. — Um eine feste Grundlage der Theorie zu gewinnen, muss zuerst blos untersucht werden, in welcher Abhängigkeit eine zu messende Höhe x von den beiden Barometerhöhen H und h an dem untern und oberen Endpunkt

Digitized by Google

In allen Fällen ist es bei der Bestimmung eines Strassenzuges in Gebirgsgegenden ein allgemeiner Grundsaz keine gleichförmige Neigung auf die ganze Steigung der Entwickelung anzuwenden, sondern die stärksten Steigungen, von unten anfangend,

---

der Höhe stehe, so fern in den Hauptkräften, wovon diese Höhen abhängen, nemlich in der Schwere und Expansivkraft der Luft, keine Veränderung vorgeht. Es lässt sich aber ohne Schwierigkeit beweisen, dass unter diesen Voraussezungen

$$x = M\,(\text{Log. } H - \text{Log. } h)$$

seyn würde, in welchem Ausdruck M ein durch Versuche bestimmbarer Koeffizient ist, der einen ganz bestimmten und unveränderlichen Werth hat, so fern in dem angenommenen Zustande der Luft keine Veränderung vorgeht.

Um zuerst den Sinn der zu lösenden Aufgabe deutlich zu fassen, seyen A und B Fig. 23, Taf. V, zwei Punkte, welche in verschiedener Höhe über einem bestimmten Horizont (etwa über dem Horizont des nächsten Meeres) liegen, es soll bestimmt werden, wie hoch B über A liege. Legt man nun durch den niedrigeren Punkt A eine wagrechte Ebene A D, und fället aus B auf dieselbe das Loth B D, so ist dieses die gesuchte Höhe. Errichtet man aber in A die Lothrechte A C, und zieht aus B die Wagrechte B C, so ist klar, dass auch C A = B D = x die zu bestimmende Höhe ist. — Nimmt man nun an, dass die Luft über AB im Zustande des Gleichgewichtes sey, so muss auch in der Linie B C überall gleicher Barometerstand seyn. Kennt man also den Barometerstand in B, den wir h nennen wollen, so kennt man auch den in C. In der Linie A C aber nimmt der Barometerstand von unten nach oben, nach dem Gesez einer geometrischen Reihe ab. Um dieses zu zeigen, denke man sich in Fig. 24, Taf. V zwischen den Linien A P und a Q eine Luftsäule, die bis zur Grenze des Luftkreises reicht, in welcher aber überall gleiche Wärme und Mischung vorhanden wäre. Man theile A P von unten in gleiche Theile A B, B C, C D, etc., und lege durch die Theilpunkte die wagrechten Ebenen A a, B b, C c, etc. Die Grösse der Theile A B, A C etc. ist eigentlich beliebig, nur denke man sie sich zuerst so klein, dass man die Dichtigkeit zwischen A a und B b, zwischen B b und C c u. s. f. als gleich betrachten könne. Die Buchstaben α, β, γ, δ, etc. mögen nun die Dichtigkeit der Luft in jeder Schichte, in welcher sie stehen, bedeuten. Die kleinen Buchstaben a, b, c, d, etc. aber sollen die Barometerhöhen oder den Druck der Luft, an der Stelle, wo sie stehen, andeuten. — Dieses vorausgesezt, so lässt sich das Verhältniss der Dichtigkeiten $\alpha : \beta$ auf zweierlei Art ausdrücken:

1) Nach dem blossen Begriffe der Dichtigkeit; denn diese verhält sich bei gleichem Volumen ganz allgemein, wie das Gewicht. Nun ist aber das Gewicht der ganzen Luftsäule von oben bis A a gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Höhe a; eben das Gewicht von oben bis B b, ist dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Höhe b gleich. Also ist das Gewicht der untersten Schicht A a B b = a − b. Auf dieselbe Art ergiebt sich, dass das Gewicht von B b C c = b − c sey u. s. w Daher verhält sich:

$$\alpha : \beta = a - b : b - c.$$

Digitized by Google

auvor anzulegen und sie zu vermindern, indem man zu dem Scheitel des Gebirges gelangt. —

---

2) Nach dem Mariotte'schen Geseze verhält sich aber auch bei gleicher Wärme und Mischung, die Dichtigkeit, wie der Druck, also

$$\alpha : \beta = b : c.$$

Denn die unterste Schicht Aa Bb leidet den Druck b, die folgende Bb Cc den Druck c, u. s. f. Aus beiden Proportionen folgt also

$$a - b : b - c = b : c,$$

oder mit Versezung der mittleren Glieder,

$$a - b : b = b - c : c;$$ desgleichen nach bekannten Säzen

$$a : b = b : c$$

Da sich nun offenbar auf dieselbe Art beweisen lässt, dass

$$b : c = c : d$$

$$c : d = d : e \text{ u. s. f,}$$

so ist klar, dass die Grössen a, b, c, d_1 e, etc (d. h. die Barometerhöhen, oder der Druck, oder die Expansivkräfte, und nach dem Mariotte'schen Geseze auch die Dichtigkeit der Luft in den Punkten A, B, C, D, E etc.) eine abnehmende geometrische Reihe bilden, deren Faktor (Exponent), wenn AB, BC etc. nicht sehr gross sind, nur sehr wenig kleiner, als 1 seyn wird.

Man stelle sich nun vor, in Fig. 23, Tafel V sey die Höhe AC in gleiche Theile von bekannter Grösse (z. B. in Toisen, Klafter oder Ruthen etc.) getheilt, so ist x eigentlich nichts anders als die Anzahl dieser Theile. Da nun die Barometerhöhen in allen Theilpunkten eine geometrische Reihe bilden, so sezе man die Barometerhöhe in dem untersten Punkte A = H, und den Faktor (Exponent) der Reihe $= \frac{1}{m}$, so bilden die Barometerhöhen in den Theilungspunkten folgende geometrische Reihe:

$$H; \frac{H}{m}; \frac{H}{m^2}; \frac{H}{m^3}; \text{ etc.}^a$$

die Barometerhöhe am Endpunkte des xten Theiles, (also in C) wird also $H : m^x$ seyn. Da wir aber diese $= h$ gesezt haben, so erhalten wir die Gleichung $h = \frac{H}{m^x}$. Hieraus folgt weiter $h\, m^x = H$, und in Logarithmen

$$x \text{ Log. } m = \text{Log. } H - \text{Log. } h; \text{ u. } x = \frac{1}{\text{Log. } m} (\text{Log. } H - \text{Log. } h).$$

So fern nun in der Schwere und Expansivkraft der Luft keine Veränderung vorgeht, ist m eine völlig bestimmte und unveränderliche Grösse; folglich ist auch Log. m und 1 : Log. m eine solche. Sezt man nun 1 : Log. m = M, so erhält man wie oben: $x = M (\text{Log. } H - \text{Log. } h)$.

Die weitere Untersuchung betrifft nunmehr die nähere Bestimmung des Koeffizienten M. Unter Voraussezung eines ganz bestimmten Zustandes der Luft hat diese keine Swierigkeit. Denn, wenn nicht nur B und b betrachtet, sondern auch x selbst unmittelbar durch geometrische Messung bestimmt wird, so hat man

$$M = \frac{x}{\text{Log. } H - \text{Log. } h}.$$

Digitized by Google

Diese Vertheilung der verschiedenen Steigungen zwischen den Punkten des Abganges und der Ankunft hat zum Zweck, die Schwierigkeiten des Fuhrwerkes nach Maassgabe der Erschö-

---

Man übersehe nicht, was im Anfange dieser Bemerkung ausdrücklich gesagt worden, dass der Koeffizient M nur in so fern beständig sey, als keine Veränderung in dem Zustande der Luft vorgeht. Man bemerkte sehr bald, dass die Wärme einen bedeutenden Einfluss habe, und man hielt diese lange, wo nicht für das Einzige, doch für das, bei weitem Überwiegende, was den Werth von M abändern könne. Daher stellte De Luc eine überaus grosse Menge von Versuchen an, um 1) für irgend eine bestimmte Temperatur den Werth von M auf die eben beschriebene Art zu bestimmen, und 2) zu finden, welchen Einfluss höhere und niedrigere Wärmegrade haben. Das Resultat seiner mühsamen Untersuchungen war 1) dass bei einer Temperatur von $16^3/_4$ Grad der 80 theiligen Skale, genau M = 10000 sey, wenn man x in Toisen (von 6 Fuss des alten franz. Maasses) ausdrückt; 2) dass man für jeden Grad über dieser Temperatur, den 215ten Theil der gefundenen Höhe vom Ganzen subtrahiren, für jeden niedrigeren Grad aber eben so viel addiren müsse. Diese Regel lässt sich durch folgende Formel darstellen: $x = 10000. \left(1 \mp \frac{t}{215}\right)$ (Log. H — Log. h), in welcher t anzeigt, wie viel Grade die wirkliche Temperatur von der Normal-Temperatur $16^3/_4{}^\circ$ verschieden ist. Die Vorzeichen sind $\mp$, weil man für Grade über $16^3/_4$ subtrahiren, für Grade unter $16^3/_4$ aber addiren muss.

Das Wichtigste, was nach De Luc zur Vervollkommnung der Theorie geleistet worden, verdankt man dem Scharfsinn des berühmten La Place. Durch seine tiefen Einsichten in die höhere Analysis, und in Verbindung mit den äusserst sorgfältigen Versuchen von Biot, Gay-Lussac und Arago ist es ihm nicht nur gelungen, den Einfluss der Temperatur genauer als De Luc zu bestimmen, sondern er hat selbst den Einfluss, welchen die kleinen Verschiedenheiten der Schwerkraft an verschiedenen Orten des Erdbodens oder in verschiedenen Höhen haben, in seine Formel aufgenommen; wodurch Rechnung und Wirklichkeit einander noch näher gebracht sind. Die Schwierigkeit der Thorie erlaubt uns hier blos die Formel mitzutheilen, und zwar in der einfacheren Gestalt, in welcher sie Biot in seinem *Essai de Phys.* Tom. I. p. 101 gegeben hat. Sie ist folgende:

$$x = 18393^m\ (1 + 0{,}002837\ \text{Cos. } 2\psi) \times \left(1 + \frac{2\ (T+t)}{1000}\right)\ \text{Log. } \frac{H}{p}$$

Die Buchstaben x, H, h haben die oben angeführte Bedeutung; m bedeutet Meter; ψ ist die Polhöhe; T und t sind die Temperaturen der Luft in beiden Stationen, nach der 100theiligen Quecksilberscale; H und h sind die wegen der Wärme corrigirten Barometerhöhen. Wir fügen noch einige Bemerkungen über das praktische Verfahren bei barometrischen Höhenmessungen hinzu.

1) Die nöthigen Werkzeuge sind: a) ein sehr sorgfältig gearbeitetes, und besonders mit einer sehr genauen Scale versehenes Barometer, neben welchem auf demselben Brett ein kleines Thermometer befestigt seyn muss, welches

Digitized by Google

pfung der Kräfte des Pferdes zu vermindern; allein dieser Grundsaz wird nicht so streng beobachtet, dass man nicht allemal davon abweichen könnte, wenn seine Anwendung eine beträchtliche Vermehrung des Aufwandes erheischen würde. [33])

---

nicht den Zweck hat, die Temperatur der Luft, sondern die des Quecksilbers im Barometer genauer zu bestimmen, als es durch ein entfernteres Thermometer geschehen könnte; b) ein gutes Thermometer mit derjenigen Scale, welche die Formel erfordert, nach der man rechnen will, um die Temperatur der freien Luft zu beobachten; c) zu der Beobachtung ist zwar kein Hygrometer nöthig: aber sehr zu empfehlen ist doch die Beobachtung des Wassergehaltes der Luft, wozu sich kein Instrument so gut eignet, als das Daniell'sche Hygrometer.

2) Eigentlich sind zwei Beobachter erforderlich, die gleichzeitig in A u B fig. 23, Taf. V die Instrumente beobachten. In diesem Falle müssen aber auch die Instrumente doppelt und genau verglichen seyn. Doch kann ein einzelner Beobachter auf folgende Art fertig werden. Er beobachtet zuerst die Instrumente in A, und bemerkt die Zeit der Beobachtung; dann begiebt er sich nach B, und bemerkt wieder die Zeit; endlich kehrt er nach A zurück, und wiederholt die Beobachtung. Findet er sie von der ersten Beobachtung abweichend, so wird er, mit Berücksichtigung der Zeit, und bei einem ruhigen Zustande der Luft, mit hinreichender Genauigkeit berechnen können, wie der Barometer - und Thermometerstand in A, zur Zeit der Beobachtung in B gewesen sey.

3) Der horizontale Abstand beider Stationen, AD oder BC, darf nicht zu gross seyn, weil man sonst nicht berechtigt ist, anzunehmen, dass in der Linie BC überall gleiche Barometerhöhe vorhanden sey. Will man die Höhe zweier entfernter Örter vergleichen, so kann es nur durch eine sehr grosse Menge gleichzeitiger Beobachtungen geschehen. In dem arithmetischen Mittel aller Resultate gleichen sich dann die Fehler in + und — desto sicherer aus, je grösser die Anzahl der Beobachtungen ist. Kennt man die mittlere Barometer- und Thermometerhöhe beider Orte, so kann man diese bei der Rechnung zum Grunde legen. Denn da alle Bewegungen im Luftkreise nichts als Bestrebungen sind, das gestörte Gleichgewicht herzustellen, so ist man berechtigt, anzunehmen, dass diese mittleren Höhen sich denen nähern, welche bei vollkommenem Gleichgewicht der Luft da seyn würden.

Die vorstehende Note ist aus E. G. Fischer's *mechanischer Naturlehre*, Berlin, 1827, einem der vorzüglichsten Lehrbücher über Physik, gezogen. —

In Wesermann's *Handbuch für Strassen-Bau-Beamte* findet man auch eine ausführliche Anleitung zu Höhenmessungen mit dem Barometer.

Ferner vergleiche man über denselben Gegenstand Eytelwein's *Hydrostatik*, S. 192. u. f. — Berlin bei Reimer, 1826. —

[33]) Es lässt sich hier die Frage aufwerfen, nach welchem Geseze die Abnahme der Steigungen Statt finden müsse, um wirklich der ausgesprochenen Bedingung: die Schwierigkeiten des Fuhrwerkes nach Maass-

Digitized by Google

Ökonomie und Solidität verlangen, dass die eine Hälfte der Strasse im Abtrag und die andere Hälfte im Auftrag liege, das

---

gabe der Erschöpfung der Kräfte des Zugviehes zu vermindern, auf die zweckmässigste Weise zu entsprechen.

Wenn auch hier gleich bemerkt werden muss, dass die Ableitung eines solchen Gesezes nur unter gewissen Hypothesen, die der Natur des Gegenstandes angemessen zu seyn scheinen, Statt finden kann, so wird doch die Beschäftigung mit dieser Frage uns einige Resultate liefern, welche in der Praxis nicht ohne Nuzen sind.

Es sey demnach die Last, welche ein Pferd auf einer guten horizontalen Strasse fortzuziehen im Stande ist = Q, die Kraft des Pferdes = P und der Reibungs-Koeffizient im Ganzen = μ, so ist bekanntlich

$$P = \mu . Q .$$

Steigt nun die Strasse an, so kann, wenn $P = \mu Q$ war, ohne eine Vermehrung der Kraft oder eine Verminderung der Last, aus zweifachem Grunde, die Last Q durch P nicht aufwärts gezogen werden.

1tens. Beträgt die Steigung auf die Länge = l, die Höhe = h, so hat die Last ein Bestreben, parallel mit der ansteigenden Länge der Ebene mit einer Kraft = $\frac{Q . h}{l}$ abzugleiten; der senkrechte oder normale Druck auf die schiefe Ebene ist aber jezt, statt Q, nur $\frac{Q . g}{l}$, wo g die Grundlinie oder sogenannte Projektion der Länge der schiefen Ebene bezeichnet.

Die zur Fortbewegung der Last auf der ansteigenden Strasse erforderliche, mit derselben parallel wirkende Kraft ist also:

$$\mu \frac{Q . g}{l} + \frac{Q h}{l} = (\mu g + h) \frac{Q}{l} .$$

Da nun g von l bei kleinen Steigungen bekanntlich wenig verschieden ist, so ist $\frac{Q . h}{l}$ der Zuwachs an Last auf der schiefen Ebene.

2tens. Die Kraft P erleidet an der ansteigenden Strasse eine Verminderung: denn das Pferd braucht auf derselben zur Fortbewegung seines eigenen Körpers eine grössere Kraft, als auf der horizontalen Strasse; es muss demnach einen Theil der Zugkraft hierauf verwenden, wodurch also diese vermindert wird.

Diese Verminderung wird gewöhnlich = $\frac{P . h}{l}$ oder = P Sin. α gesezt, wo α den Neigungungswinkel der schiefen Ebene mit dem Horizonte bezeichnet. Offenbar aber ist diese Verminderung zu gross, denn die ganze Zugkraft des Pferdes würde erst Null für $\alpha = 90^0$, da doch aus Erfahrung bekannt ist, dass Pferde bei einer Neigung von höchstens 30^0 nicht mehr im Stande sind, eine Last aufwärts zu ziehen. Um also der Wahrheit näher zu kommen, darf von der Abnahme der Zugkraft P . Sin. α nur ein solcher Theil x in Rechnung genommen werden, bei welchem für $\alpha = 30^0$ die ganze Zugkraft verschwindet. — Dieser Bedingung entspricht die Gleichung

Digitized by Google

heisst, dass die Leitlinie sich auf Null (à Zero) des Geländes

---

$$x \,.\, P \,.\, \text{Sin. } 30^\circ = P$$

oder weil Sin. $30^\circ = \frac{1}{2}$ ist,

$$x \,.\, \tfrac{1}{2} = 1 \text{ oder } x = 2,$$

folglich beträgt die Zugkraft des Pferdes auf der schiefen Ebene statt P nur

$$P - 2\,\frac{P\,h}{l} = (1 - 2\,\frac{h}{l})\,P\,.$$

Für den Fall des Gleichgewichtes hat man nun folgende Gleichung:

$$(1 - 2\,\frac{h}{l})\,P = (\mu\,g + h)\,\frac{Q}{l} \quad \text{oder}$$

$$(l - 2\,h)\,P = (\mu\,g + h)\,Q.$$

Hieraus lässt sich, wenn von den drei Stücken, nemlich der Kraft P, der Last Q und der Steigung h auf eine beliebige Länge l zwei gegeben sind die dritte finden: man hat

$$P = \frac{\mu\,g + h}{l - 2\,h} \cdot Q, \qquad \text{(I)}$$

woraus die Anzahl der Vorspann-Pferde bei einer unveränderlichen Last für eine gegebene Steigung berechnet werden kann.

Z. B. die Last Q, welche ein Pferd auf einer horizontalen guten Strasse fortzuziehen im Stande ist, beträgt 1100 ℔ und mit dem Gewichte des Fuhrwerkes . . . . . 1500 ℔ = Q.

Die Reibung an der Achse und der Widerstand des Rades am Boden sezt man gewöhnlich in diesem Falle = . . $\frac{1}{10} = \mu$, also ist die Zugkraft des Pferdes = $\frac{1500}{10}$ = . . 150 ℔ = P, wie gewöhnlich für ein Pferd von mittlerer Grösse angenommen wird.

Für eine Steigung der Strassen von 5½ Prozent, — nach Sganzin das Maximum auf Kunststrassen, — also für l = 100 und h = 5,5 ist nun g = 99,84, folglich P . . . . . = 260 ℔. d. i. ungefähr 1⅔ der auf horizontalen Strassen erforderlichen Kraft: folglich braucht man in diesem Fall auf 3 Pferde 2 Pferde Vorspann. —

Ferner hat man aus obiger Gleichung

$$Q = \frac{(l - 2\,h)\,P}{\mu\,g + h}, \qquad \text{(II)}$$

woraus sich für die unveränderliche Kraft P und eine beliebige Steigung $\frac{h}{l}$ die Last Q, welche auf der Strasse fortbewegt werden kann, finden lässt; und endlich wird die Steigung h auf eine beliebige Länge l

$$h = \frac{l \,.\, P - \mu \,.\, g \,.\, Q}{2\,P + Q} \qquad \text{(III)}$$

am leichtesten durch Annäherung gefunden, indem man zuerst den Werth von h für g = l berechnet und dann diesen ersten für h gefundenen Werth in g substituirt. Durch Fortsezung ähnlicher Substitutionen kann man h bekanntlich so genau finden, als zu einem beliebigen Zwecke nur immer nöthig ist; Q muss aber immer kleiner, als diejenige Last angenommen werden, welche die Pferde auf der horizontalen Strasse fortziehen können, sonst findet man für h einen negativen Werth, welcher anzeigt, dass die Strasse nicht steigt, sondern fällt. —

Digitized by Google

befinde. Dieser Grundsaz ist schon aufgestellt worden, als es

---

Mit Hülfe der gefundenen Formel (III) für die Steigung h sind wir nun im Stande, die Verminderung der Steigung anzugeben, wenn wir wissen, nach welchem Gesez die Abnahme der Zugkraft Statt findet. — Nimmt man an, dass die Abnahme der Zugkräfte oder — was dasselbe ist — die Zunahme der Ermüdung der Pferde mit der Zunahme der zurückgelegten Wege also nach arithmetischer Progression wachse, so lässt sich auch für eine bestimmte Strecke Weges die Abnahme der Zugkraft eines Pferdes bestimmen, wenn man die Länge derjenigen Wegstrecke kennt, welche ein Pferd mit seiner Ladung täglich zurück zu legen im Stande ist. Dieser Weg ist in 8 Stunden, nach Abzug der Ruhezeit, mit der oben angegebenen Last, auf guten Strassen = 5 bayerische Postmeilen oder 37037 Meter. —

Ist also die Länge der Steigung, die erstiegen werden muss, gegeben, so lässt sich, wie aus dem Obigen erhellt, die Abnahme von P auf diese Länge, und durch die Substitution der verschiedenen Werthe von P in die Formel (III) lassen sich die entsprechenden Werthe von h also die Verminderung der Steigung finden.

Wollte man in der Gleichung (III) auf der rechten Seite statt g seinen Werth $\sqrt{(l^2 - h^2)}$ sezen und dann das Wurzelzeichen wegschaffen, so erhält man in Bezug auf h eine unreine quadratische Gleichung, woraus der Werth von h mathematisch genau abgeleitet werden kann. —

Der entwickelte Werth von h selbst führt auf einen etwas zusammengesezten Ausdruck, welcher sich im Allgemeinen nicht mehr reduziren lässt. —

Nach Umpfenbach bildet die Strassenlinie eine Kurve, welche, unter der Voraussezung, dass das Gefälle aufwärts gleichförmig abnimmt, eine Parabel ist. —

Es dürfte Manchem nicht uninteressant seyn, hier die Werthe von μ für verschiedene Arten von Strassen zu finden, da die vom Grafen Rumford, mit grosser Sorgfalt angestellten Versuche nicht sehr bekannt sind:

für Pflaster-Strassen ist $\mu = \ldots \ldots \ldots

sich von den, auf diese Art Strassen anwendbaren Querprofilen gehandelt hat. [34])

Um dieser Bedingung zu genügen, soll der Zug allen Krümmungen der Hänge des Gebirges folgen: es ergiebt sich aus der Beobachtung dieses Grundsazes, dass der Zug eine Folge von aus- und einspringenden krummen Linien ist.

Die krumme Richtung muss durch die, durch das Nivellir-Instrument gegebenen Anhaltspunkte gehen: man opfert jedoch der Anmuth des Zuges einige dieser Punkte, wenn sie auf das Auge eine unangenehme Wirkung äussern; indessen dürfen die Rektifikationen, von denen ich bald sprechen werde, nur dann von dem ursprünglichen Zuge entfernen, wenn die Lokalitäten es erlauben und wenn hierdurch nicht zu beträchtliche Erd-Arbeiten veranlasst werden.

Wenn es Punkte giebt, von denen der Zug ohne starke Nachtheile sich nicht entfernen kann, so theilen diese Punkte den ganzen Entwurf in partielle Entwürfe und vermehren gewöhn-

---

Wege sich darbietenden Hindernisse, auch in dem Falle vermehrt wird, wenn sie keine Last zu ziehen haben. —

In Bayern werden, nach den bestehenden Instruktionen, für neue Strassen-Anlagen bei anhaltenden und starken Steigungen von 5 — 6 Prozent alle 120 Ruthen — ungefähr — 80 bis 100 Fuss lange Ruhe-Pläze angelegt. —

[34]) Es lässt sich streng erweisen, dass für das gewöhnliche Strassen-Profil auf Strassenabhängen, — das also auf der unteren Seite mit einer Böschung im Auftrag und auf der oberen mit einem Graben oder einer Rinne versehen ist, — und für eine gleichförmige Neigung des Abhanges, der Auf- und Abtrag sich nie ausgleichen könne, wenn die Leitlinie, wie es hier Sganzin verlangt, auf Null des Geländes gelegt wird. — Man zeichne das Profil, ziehe durch die Strassen-Achse eine gerade, beliebig geneigte Linie, so wird man sich, selbst ohne den leicht zu führenden Beweis, hievon schon durch den blossen Augenschein überzeugen.

Soll daher das Strassen-Profil auf die Hänge so gelegt werden, dass sich Ab- und Auftrag ausgleichen, so muss man jenes entweder von dem Abhange entfernen, oder dasselbe höher legen, je nachdem die Richtung oder die Höhe der Strasse als unverrückbar angesehen werden muss. Das um wie viel lässt sich am schnellsten durch die Zeichnung des Profiles auf den Abhang finden, indem man die Fläche des Auf- und Abtrags berechnet und mit dem Profile so lange rückt, bis diese Flächen gleich sind. Ist der Abhang stark geneigt, so legt man gewöhnlich auf der oberen Seite statt eines Grabens eine Rinne, und wohl auch zur Verminderung des Abtrags — man vergl. die Note 22 — statt der oberen Böschung eine Stüzmauer an.

Digitized by Google

lich die Schwierigkeit, während dem in einer ebenen Gegend dieser Umstand manchmal die Anlage eines Projektes erleichtert.

Die schwächsten Steigungen müssen auf den Wendepläzen des Zikzaks angebracht werden; sie dienen als Ruhepunkte, auf welchen die Wagen ohne Gefahr sich aufhalten können. [35])

Man muss vermeiden zu steigen um wieder herabzusteigen, und besonders wissen, den Rücken des Gebirges, auf dem sich der Zug entwickelt, zur rechten Zeit zu verlassen.

Die Lage gegen Mittag ist diejenige, welche man vorzugsweise zur Anlegung einer Strasse wählen muss, wenn es die Umstände erlauben.

Dis sind im Allgemeinen die Grundsäze für die Bestimmung des Zuges durch den Neigungsmesser in gebirgigen Gegenden. —

Bevor ich vom Detail der vorzunehmenden Arbeiten spreche, um die Korrektionen, deren der ursprüngliche Zug fähig ist, zu erhalten, muss ich auf die Entwürfe der Strassen in Ebenen zurückkommen und die im Bureau zu machenden Vorarbeiten angeben, um auf einem aufgetragenem Nivellement die Steigungen und Neigungen, welche zusammen den Entwurf bilden, zu bestimmen: die Kenntniss dieser Vorarbeiten ist wegen der Berichtigungen eines, in Gebirgs-Gegenden zu bestimmendeu Strassenzuges, auf welche sie anwendbar sind, nöthig.

Das Längen-Nivellement, aufgetragen und verbunden mit den Querprofilen, bietet die wesentlichen Anhaltspunkte zur Bestimmung der Neigungen dar.

Ökonomie in den Erd-Arbeiten, Ausgleichung des Abtrags gegen den Auftrag, Erleichterung des Fuhrwerkes sind die Bewegründe, welche die Wahl der anzunehmenden Neigungen bestimmen.

Die Linien der Neigung und Steigung eines Entwurfes müssen, soviel als möglich, parallel mit dem Gelände seyn.

Steigen um zu fallen und danu wieder zu steigen ohne absolute Nothwendigkeit ist ein Fehler, den man vermeiden muss.

Die Neigungen der Strassen erster Klasse müssen bei den Zugängen grosser Städte wenigstens eine Länge von 600 Meter (2055′) haben. —

---

[35]) Am besten ist es also die Wendepläze horizontal anzulegen, wie es auch allgemein gebräuchlich ist.

Digitized by Google

Diese Längen werden alsdann für die Strassen von geringerer Wichtigkeit vermindert, auf 4, 3 und selbst auf 200 Meter (685′) Länge.

Es fehlt noch an direkten Prinzipien für die Festsezung der Wahl eines Systems von Neigungen, welche das Ganze eines Entwurfes bilden. Allein die Erfahrung eines Ingenieurs zeigt ihm bei der Prüfung des Längenprofiles auf eine leichte Weise, was er am besten zu thun hat.

Man versucht eine erste Idee; wenn sie nicht entspricht, fängt man wieder an; endlich, um mit ganzer Sachkenntniss zwischen mehreren Resultaten zu vergleichen und zu wählen, muss man für jedes der Systeme die Berechnung der Erdmassen machen.

Anhalts-Punkte theilen gewöhnlich einen ganzen Entwurf in einzelne Entwürfe. Dieser Umstand erleichtert, wie schon gesagt worden ist, in einer Ebene die Anlage eines Entwurfes von Neigungen. [36])

---

[36]) Bei Vergleichung zweier Strassenstrecken zwischen denselben unveränderlichen Punkten, hat man vorzüglich folgende Umstände zu beachten. 1) Die Länge und 2) die Steigung der beiden Strecken; 3) die Kosten der Grund-Entschädigungen für das Gelände, auf welches die Strasse ganz oder theilweise gelegt wird; 4) die Kosten der Erd-Arbeiten; 5) die Kosten der Fahrbahn und 6) die Unterhaltungs-Kosten, wobei nicht sowohl auf die respektiven Längen der beiden Strassentheile, die Güte und Nähe des zu Gebot stehenden Materials, sondern auch vorzüglich auf eine freie, dem Luftzug ausgesezte und auf eine über dem Gelände hinlänglich erhabene Lage der Fahrbahn zu sehen ist. Endlich hat man 8) noch die Anmuth und Schönheit des Strassenzuges selbst und seine Umgebungen, so wie bei bedeutenden Längen die Nähe von Wohngebäuden zu berücksichtigen.

Das Verhältniss, welches zwischen der relativen Steigung oder zwischen der Länge und Steigung Statt finden muss, damit unter übrigens gleichen Umständen die beiden Strecken mit gleichem Zeit- und Kraft-Aufwande von den Zugthieren, welche Lasten ziehen, zurückgelegt werden können, — lässt sich nach Note 33 leicht bestimmen.

Denn nach allgemein bekannten Lehren der Dynamik verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Widerstände zweier gleichen Massen oder Lasten. Die Zugkraft steht aber mit dem Widerstande der Last, und die Geschwindigkeit mit dem zurückgelegten Wege im direkten Verhältniss, also verhalten sich auch die zurückgelegten Wege wie die Zugkräfte.

Mittels der Formel I (Note 33) sind wir im Stande, die Zugkraft P für eine beliebige Steigung h auf eine gegebene Länge l, oder das Verhältniss $\frac{h}{l}$ — nemlich die relative Steigung, — also auch den Vortheil zu berechnen,

Digitized by Google

Die Untersuchung über die Gleichheit des Ab- und Auftrags in einem Strassen-Projekte ist keine Aufgabe, die einer strengen Auflösung durch die Geometrie fähig ist. —

Indessen bietet die Betrachtung über die Wirkung der auf dem Längenprofile projektirten Neigungen, in Bezug auf die sich ergebenden Ab- und Aufträge, gewöhnlich hinreichende Anhaltspunkte dar, um die provisorische Lage zu bestimmen. [37])

Man fasst auf einmal eine gewisse Anzahl von Profilen zusammen; man modifizirt diese Idee durch aufmerksame Prüfung der Resultate, welche sogleich auf den ersten Blick bemerkt werden können, indem man diese Anzahl der Profile vermehrt

---

den zwei Strassenstrecken von verschiedener Steigung gegen einander darbieten.

Beträgt z. B. bei zwei gleich langen Strassenstrecken die Steigung der einen 5½ Prozent, und liegt die andere horizontal, so verhalten sich die Zugkräfte in dem, Note 33, angenommenen Beispiele wie 5 zu 3: also die Geschwindigkeiten oder zurückgelegten Wege stehen im Verhältnisse von 3 zu 5. — Die horizontale Strassenstrecke darf also um ⅔ länger seyn, als die mit einer Steigung von 5½ Prozent angelegte, um von den Zugthieren mit demselben Zeit- und Kraft-Aufwande zurückgelegt zu werden.

Herr Umpfenbach sagt in seiner bereits angeführten Strassenbaukunst Seite 69, dass, — da man nicht wisse, in welchem Verhältnisse die Ermüdung der Zugthiere, welche eine Last auf einer geneigten Ebene von gegebenem Gefälle heraufziehen, zu derjenigen stehe, wenn sie dieselbe Last auf einer horizontalen Ebene fortziehen — man sich mit den oberflächlichen Resultaten der Erfahrung begnügen müsse: desshalb nehme man gewöhnlich an, dass bei gleicher Ermüdung der Zugthiere für leichtes Fuhrwerk der Umweg gleich dem Zehnfachen der zu ersteigenden Höhe, für Frachtwägen gleich dem Achtzehnfachen, und wenn Fuhren beiderlei Art, ungefähr in gleicher Anzahl, die Strasse befahren, gleich dem Fünfzehnfachen seyn könne. —

Dass der Staat, welcher für die Sicherheit und Bequemlichkeit des Publikums sorgt, bei Vergleichung der ökonomischen und technischen Vorzüge zweier in Zweifel gezogener Strassenstrecken, nicht wie der Kaufmann, ängstlich nach Prozenten der verwendeten Kapitalien rechnet, bedarf wohl kaum erwähnt zu werden. Denn wollte man die Vortheile, welche z. B. die Umgehung eines Berges gewährt, entziffern, so müsste man im Stande seyn, die Wahrscheinlichkeit der vermin.derten Gefahren und den Zeitgewinn des Reisenden in Geld anzuschlagen: wie ist dis aber möglich? — Man muss daher diese Wahl der vorurtheilsfreien, strengen Prüfung des Ingenieurs überlassen, welcher mit weiser Sparsamkeit und Umsicht, das Interesse des Staates nie aus dem Auge verlierend, doch auch dessen Würde, bei seinen, das allgemeine Wohl bezweckenden Arbeiten zu behaupten wissen wird. —

[37]) Man vergleiche die Bemerkung Note 21.

Digitized by Google

oder vermindert; endlich legt man, so gut als möglich, ein System von Neigungen, welches dem Gelände zusagen könne, an, in dem man auf alle andern Bedingungen der Ökonomie in den Erdarbeiten und der Erleichterung für das Fuhrwerk Rücksicht nimmt.

Um den Mangel strenger Grundsäze in dieser Beziehung zu ergänzen, hat man versucht einen Entwurf von Neigungen darzustellen, indem man die Motive ihrer Bestimmung auf einem Stück des Nivellements, dessen Minute (Fig. 7, Taf. II) aufgetragen ist, anzeigt. —

Der zu befolgende Gang, um die Neigungen und die daraus hervorgehenden rothen Zahlen, welche den Ab- und Auftrag anzeigen, zu bestimmen, ist sehr einfach; er verlangt nur ein wenig Aufmerksamkeit, und jeder kann sich eine eigene Methode bilden. Ich werde diejenige angeben, welche beim Strassen- und Brücken-Bau allgemein befolgt wird. Die rothen Zahlen heissen desshalb so, weil es gebräuchlich ist, sie zur Unterscheidung von den Gelände-Zahlen, welche immer schwarz sind, mit rother Tinte zu schreiben. [38])

Die Neigung oder Steigung für die Einheit des Längenmaasses ist durch die absolute Neigung, getheilt durch die Länge der Neigung gegeben. Man erhält dieabsolute Neigung oder Steigung durch Subtraktion der grösten der äussersten Zahlen des Entwurfes von der kleinern.

Jede rothe Zahl wird durch die Vergleichung von jeder Zahl des Nivellements oder des Geländes mit den neuen Zahlen des Entwurfes bestimmt. Man erhält diese leztern, indem man nach der Lage des Terrains in Beziehung auf das Projekt, Grössen, die alle bekannt sind, abzieht oder addirt.

Ein Beispiel der Berechnung einer Steigung und der daraus hervorgehenden rothen Zahlen, angewendet auf das Stück des Längen-Nivellements, welches die 7te Figur der IIten Tafel darstellt und in der die projektirte Linie der Steigung A′B′ gezogen ist, sezt den Gang dieser Methode auseinander.

---

[38]) Da *la cote* die Ziffer und *coter* beziffern heisst, so glaubten wir *cotes* durch Zahlen und *cotes rouges* durch rothe Zahlen, in Ermangelung eines deutschen technischen Ausdruckes, übersezen zu dürfen, obgleich *cotes* und *cotes rouges* dem Sinne nach öfters Abstände bezeichnen. — Den Gebrauch dieser rothen Zahlen und ihre Bedeutung giebt Sganzin selbst ausführlich an, wesshalb hier jede nähere Erklärung überflüssig scheint.

Digitized by Google

Die rothen Zahlen der beiden äussersten Punkten sind in . . $\left\{\begin{array}{l} A' = 4{,}62 \\ B' = 0{,}89 \end{array}\right\}$ und im Auftrag vorausgesezt.

Die Länge der Steigung . . . . = 48m
Die ganze oder absolute Steigung = 1,64
Die Steigung auf den Meter . . = 0,034

Die Zahl des Entwurfs im Punkte A = 6,38
Abzuziehen für die Grösse, um welche der Entwurf bis M' gestiegen ist = 0,034 × 15 . = 0,51

Daher die Zahl des Entwurfes im Punkte M' . . . . . = 5,87
Jene des Geländes ist . . . . . = 9,16

Die Differenz zwischen diesen beiden Zahlen giebt die rothe Zahl im Punkte M' . . . . . = 3,29

Sie zeigt einen Auftrag an, weil die Zahl des Geländes stärker ist, als jene des Entwurfes.

Der äusserst einfache Gang ist derselbe, um die rothen Zahlen der folgenden Punkte N und B zu finden.

Sind die Steigung und die Zahlen gefunden, so werden sie roth geschrieben, sobald eine Linie der Steigung oder Neigung, auf die möglichst beste Weise den geforderten Bedingungen und den aufgestellten Grundsäzen entspricht; wenn diese rothen vertikalen Zahlen sowohl auf das Längen-Profil, als auf die Quer-Profile geschrieben sind, so ist der Entwurf festgestellt, und der Aufriss kann nun die andern horizontalen, zur Erdberechnung nöthigen, rothen Zahlen aufnehmen. —

Kehren wir zu den Korrektionen zurück, welche bei einem, mit dem Neigungsmesser aufgenommenen Zuge einer Strasse in gebirgiger Gegend anzubringen sind.

Es wurde gesagt, dass die Punkte, welche sich von dem ursprünglichen Zuge entfernen, durch ein mit der Wasserwage gemachtes Nivellement an jenen angeknüpft werden müssen, um auf gewissen Strecken gefällige Kurven zu erhalten oder Hindernisse zu vermeiden, und manchmal um eine Brücke oder ei-

Digitized by Google

nen Durchlass über einen zu passirenden Hohlweg schicklich anzubringen.

Nachdem auf dem Felde mittels der gelehrten Methoden, die Kurven, die den angenommenen Berichtigungen entsprechen, abgesteckt worden sind, ist es gebräuchlich, auf einem besonderen Profile diese berichtigten Strecken des Entwurfes aufzutragen, um alsdann im Bureau auf diesen partiellen Nivellements die Vorarbeiten und Berechnungen zur Bestimmung der Neigungen vorzunehmen, und die rothen Zahlen zu finden, wie man es für die Entwürfe der Strassen in Ebenen gelehrt hat.

Man kann sich aber auch, was besser ist, dieser Arbeit im Bureau überheben, und auf dem Felde selbst, während man das Nivellement macht, sowohl die Neigungen als die rothen Zahlen bestimmen. Diese Methode, wodurch die Arbeit des Ingenieurs abgekürzt wird, hat ausserdem den Vortheil, ihn auf der Stelle mit den Quantitäten der Erdarbeiten bekannt zu machen, welche aus diesen Berichtigungen hervorgehen, und ihm folglich zu zeigen, ob sie zulässig oder ob sie verwerflich sind, um andere, weniger kostspielige, zu versuchen.

Das Verfahren und die Ordnung dieser Verrichtung sind auf der folgenden Tafel angezeigt: sie stellt die Formel und alle Daten dar, welche man nöthig hat, um mittels einfacher Additionen oder Subtraktionen die rothen Zahlen für die Punkte des neuen Zuges zu finden. Dieses partielle Nivellement ist das in der 8ten Figur der I. Tafel aufgetragene. Die Übereinstimmung der durch dieses Verfahren gefundenen rothen Zahlen mit den oben berechneten stellt die Genauigkeit der Formel auf, von der man sich übrigens leicht bei jeder vorkommenden Lage des Entwurfes in Bezug auf das Gelände Rechenschaft geben kann.

Die Formel, um die folgende rothe Zahl zu finden, ist $(A \pm P \pm C) - B = C'$.

C ist die rothe Zahl des Rückblickes;

C' ist die gesuchte rothe Zahl. A ist der Rückblick und B der Vorblick.

Die Zeichen der Grössen P und C müssen so genommen werden:

für P { + wenn es eine Neigung ist.
— wenn es eine Steigung ist [39]).

[39]) P ist die Steigung oder Neigung der Linie des Entwurfs auf die ganze Entfernung zwischen dem Vorblick und Rückblick.

Digitized by Google

für C { + im Falle des Abtrags.
— im Falle des Auftrags.

Übersicht der Neigungen und rothen Zahlen des Längen - Nivellements.

Nummern der Pflöcke.	Entfernung zwischen den Pflöcken.	Steigung — Neigung + für die ganze nebenstehende Entfernung.	±C Abtrag + Auftrag — am Ende; Anfang der Neigung oder Steigung oder rothe Zahl an diesem Ende.	Blicke von jeder einzelnen Station.		Formel C' oder zu suchende rothe Zahl, = (A ± P ± C) — B. indem man die Grössen auf die eben angezeigte Weise mit Zeichen versieht.
				Rückblick A	Vorblick B	
1	—	0,0	— 4,62	—	—	
2	15	0,51	— 3,29	2,56	0,72	
3	15	0,51	+ 2,36	6,26	0,10	
4	18	0,61	— 0,88	0,89	3,52	

Digitized by Google

XVI. Vorlesung.

Übergangspunkte — Rothe Zahlen nach der Quere — Horizontale Entfernung, welche den Übergangs-Punkt von dem Zusammentreffen zweier Böschungen bestimmt. — Kubirung der Körper. — Zerlegung der Körper — Erd-Arbeiten. — Transport des Abtrags und Mittel ihn abzukürzen. — Übersicht der Berechnung der Körper.

Der Aufriss einer Strasse ist eine den Grundriss ergänzende Zeichnung: er bestimmt die Formen und Abmessungen der Körper im Abtrag und im Auftrag.

Die Kanten, und folglich die obern und untern Flächen der Körper gehören der Oberfläche des Entwurfes und der des Geländes an.

Der Durchschnitt dieser beiden Oberflächen giebt das, was man die Übergangs-Punkte nennt.

Die für die Kanten gefundenen Übergangs-Punkte, welche diese Oberflächen begrenzen, müssen untereinander, je zwei und zwei, verbunden werden; diese Linien bestimmen die Grenzen des Abtrags zum Auftrag und umgekehrt.

Jeder Übergangs-Punkt wird durch seine horizontale Entfernung von der Projektion des zu seiner Bestimmung gewählten Querprofiles fixirt.

Diese Entfernungen nach der Länge bilden mit den durch die Querprofile oder durch die Übergangs-Punkte in der Quere gegebenen Breiten die Abmessungen, welche aufeinander senkrecht stehen, und welche die Grundflächen der den Auf- und Abtrag bildenden Körper sind. Die vertikalen rothen Zahlen geben die dritte senkrechte Abmessung von diesen Körpern.

Digitized by Google

Um einen Übergangs-Punkt zu finden, muss man die Steigung des Geländes, jene des Entwurfes und den vertikalen Abstand kennen, welcher sie trennt.

Die rothen Zahlen des Längenprofiles müssen daher zuerst gefunden werden.

Nachdem sie zuvor auf das Längenprofil gesezt waren, bringt man sie nun wieder auf den entsprechenden Punkt des Querprofiles.

Ist dieser Punkt nach dem Maassstabe bestimmt, so sezt und zieht man das Querprofil der Strasse mittels einer Lehre.[40])

Man endigt dann damit, die rothen Zahlen das Querprofiles zu berechnen.

Jede rothe Zahl der Quere ist die Zahl der Strassenachse mehr oder weniger nach den Veränderungen des Geländes und nach dem Geseze der für die verschiedenen Bestandtheile angenommenen Neigungen modifizirt.

Die horizontalen Abstände oder horizontalen rothen Zahlen finden sich durch Formeln, die nachher gegeben werden und welche sowohl die Berechnungen abkürzen, als Betrachtungen entbehrlich machen, die man, um diese Zahlen zu finden, ohne diese Formeln, anstellen müsste.

Ein Beispiel von dieser Berechnung der rothen Zahlen des Querprofiles ist auf einige Punkte des rechten Theils vom Profile 29, Taf. III angewendet.

Man muss diese rothen Zahlen für alle Theile, aus denen das Querprofil der Strasse zusammengesezt ist, und für alle Biegungen des Geländes finden.

Die Formel, um die horizontale Entfernung der Übergangs-Punkte Mm oder $x = \frac{PT \times AB}{S}$ (Fig. 8, Taf. II.) zu finden, ist leicht zu erweisen: sie ist auf die Ähnlichkeit der Dreiecke, aus denen diese Figur besteht, gegründet.

PT ist die rothe Zahl zur linken; S ist die Summe der beiden Zahlen PT und ER, und AB die horizontale Entfernung.

Der Beweis der Formel, um die horizontale Entfernung von dem Durchschnitte zweier Böschungen oder Neigungs-Linien zu finden, deren Gesez man kennt, ist nicht weniger leicht.

---

[40]) Man schneidet diese Lehre, oder die Umrisse des Quer-Profiles gewöhnlich in steifem Papier, Blech oder dünnem Holze aus.

Digitized by Google

Erster Fall. (Fig. 9, Taf. II) Wenn die eine Böschung steigt und die andere fällt, so ist LC oder $x = \frac{AT}{P + p}$, AT ist die rothe Zahl, P die Neigung des Entwurfes und p die Neigung des Geländes.

Zweiter Fall. (Fig. 10, Taf. II) Wenn die Böschungen in demselben Sinne gehen, so ist LC oder $x = \frac{AF}{P - p}$. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung, wie in dem ersten Falle.

Der Aufriss Taf. III bietet Anwendungen dieser drei Formeln dar.

Ist das Nivellement so vorbereitet, so hat man alle nöthigen Abmessungen, um die Körper des Ab- und Auftrags zu berechnen.

Nach der hypothetisch angenommenen Erzeugung des Geländes und des Entwurfes, wird jeder zwischen zwei Profilen auf den Entwurf gestützter Körper eine Ebene zur Basis haben.

Diese Körper sind nach ihrer Länge durch vertikale, parallele Ebene getheilt. Wenn die vier, je zwei und zwei in zwei aufeinander folgenden Querprofilen korrespondirenden rothen Zahlen alle im Abtrag oder im Auftrag liegen, so werden die Körper diesem Umstande entsprechend und von der, durch die Natur der Zahlen angezeigten Gattung seyn; ihre Grundfläche wird in diesem Falle ein Viereck seyn.

Wenn von den korrespondirenden Zahlen die einen im Abtrag und die andern im Auftrag liegen, so giebt es einen Körper im Abtrag und einen Körper im Auftrag. Die Grundflächen sind gewöhnlich Trapeze, deren durch den Ort der Übergangs-Punkte gebildete Linie die Seite ist, welche keine parallele hat; man hat auch manchmal zwei Körper, von denen der eine ein Trapez, und der andere ein Dreieck zur Grundfläche hat.

Dis ist das allgemeine Resultat der Zerlegung der Körper zwischen zwei Profilen.

Um diese Körper zu berechnen, theilt man sie mit Rücksicht auf ihre Grundfläche in 3 Arten.

Digitized by Google

B ist die Oberfläche der Basis. H, H′, H″, H‴ sind die Höhen. S ist der körperliche Inhalt.

Die erste Art begreift die Körper mit Dreieck-Basis. Sie kann eine, zwei oder drei Höhen haben; in diesem Fall ist die Formel

$$S = B \times \frac{H + H' + H''}{3}.$$ (Fig. 11.)

Die zweite mit Viereck-Basis. Sie kann eine, zwei, drei oder vier Höhen haben; in diesem Fall ist die Formel

$$S = B \times \frac{H + H' + H'' + H'''}{4}.$$ (Fig. 12.)

Die dritte, mit Trapez-Basis. Man theilt sie in zwei Dreiecke, deren Basis B′ + B″ ist.

Zwei Fälle: 1tens vier gleiche Höhen oder zwei gleiche auf den parallelen Seiten. Formel:

$$S = B' \times \frac{(H + H' + H'')}{3} + B'' \times \frac{(H' + H'' + H''')}{3}$$

2tens vier ungleiche Höhen. Formel

$$S = B' \times \frac{(2H + 2H' + H'' + H''')}{6} + B'' \frac{(2H' + 2H'' + H' + H)}{6}.$$ [41]).

---

[41]) Die Richtigkeit dieser vier Formeln lässt sich im Allgemeinen leicht durch Differential-Rechnung darthun; die der ersten und dritten kann man jedoch auch durch die Elemente zeigen, wenn der Körper durch keine windschiefe Fläche begrenzt wird.

Um für den allgemeinsten Fall den Beweis durch Differential-Rechnung zu führen, sey in Figur 13, Tafel II die grössere der parallelen Seiten der trapezförmigen Grundfläche = a, die kleinere = c und ihr senkrechter Abstand = b. Denkt man sich nun durch eine Ebene, parallel mit der vorderen Fläche HH′ den Körper geschnitten, so ist dieser vertikale Schnitt gleichfalls ein Trapez, dessen untere Seite = z, dessen vertikale Seite links = y und die rechts = u sey; endlich sey der senkrechte Abstand dieses Trapezes von der hinteren Fläche H″H‴ = x, so ist:

$$y = H'' + \left(\frac{H - H''}{b}\right)x\,; \quad u = H' + \frac{H''' - H'}{b}(b - x)$$

Digitized by Google

Bei Anwendung dieser Berechnungen auf die Kubirung der Körper wird eine krumme Richtung als ihre Tangente und folglich wie eine gerade Richtung angesehen. Wenn auch das Ergebniss hieraus nicht mathematisch richtig ist, so ist es doch für den Gegenstand, von dem es sich handelt, hinlänglich genau.

Die Anwendung dieser Theorie auf die Zerlegung des Theils zur rechten und die Einschreibung der Faktoren der Körper im Ab- und Auftrag von diesem, zur rechten der Achse liegenden Theile des Aufrisses (Taf. III) machen den Gegenstand der der folgenden Vorlesung beigefügten Übersicht aus.

Durch die aufgestellten Grundsäze, die gezeichneten Aufrisse, und durch die mitgetheilten Vorlesungen wird man in den Stand gesezt, einen Strassen-Entwurf herzustellen.

Ist der Zug des Profils einer Strasse auf dem Felde ausgemittelt, sind die Pflöcke sowohl nach ihrer Lage, als nach ihrer Höhe verifizirt, so schreitet man zur Ausführung.

---

und $z = c + \left(\frac{a - c}{b}\right) x$.

Der Inhalt des Trapezes ist $= \frac{y + u}{2} \cdot z$ oder

$$= \left[\frac{H'' + H' + \left(\frac{H - H'' - H''' + H'}{b}\right) x + H''' - H'}{2}\right] \times \left[c + \frac{a - c}{b} x\right]$$

Dieser Ausdruck mit dx multiplizirt giebt das Differential des Körpers $H'' x y u H' = X$, also

$$dX = \tfrac{1}{2} \left[H'' + H' + \left(\frac{H + H' - H'' - H'''}{6}\right) x\right] \times \left[c + \frac{a-c}{b} x\right] dx.$$

Die angezeigte Multiplikation ausgeführt, integrirt und für den ganzen Körper $x = b$ gesezt, giebt den Inhalt des Körpers S; also ist

$$S = \tfrac{1}{6} \left[\frac{b\,c}{2} (2H'' + 2H''' + H + H') + \frac{a\,b}{2} (2H + 2H' + H'' + H''')\right]$$

und für $\frac{b\,c}{2} = B''$ und $\frac{a\,b}{2} = B''$ erhält man, wie oben,

$$S = B' \times \left(\frac{2H + 2H' + H'' + H'''}{b}\right) + B'' \left(\frac{2H'' + 2H''' + H + H'}{b}\right)$$

Ist die Grundfläche ein Rechteck, so ist $a = c$ und $B' = B''$, also reduzirt und $B' + B'' = B$ gesezt, giebt

$$S = B + \frac{H + H' + H'' + H'''}{4},$$

wie es nach der zweiten Formel Fig. 12 seyn soll. —

Digitized by Google

Man stellt dem Unternehmer ein Längenprofil zu, auf welches man alles, was zur Leitung der Ausführung dienen kann, eingetragen hat.

Der Unternehmer muss die Erd-Verführungen, zur Vermeidung unrichtiger Verrichtungen, übereinstimmend mit den Profilen und dem Voranschlage ausführen; der durch das Preis-Detail des Ingenieurs bewilligte Preis ist auf die Voraussezung gegründet, dass Ab- und Auftrag auf die möglichst beste Weise verwendet werde.

Es ist wesentlich, nur den angezeigten Abtrag des Entwurfes zu gestatten.

Um den Arbeitern die Hauptformen des Entwurfes klar zu bezeichnen, ist es gebräuchlich, ein Strassen-Profil im Auf- und im Abtrag an jedem Ende eine Steigung herzustellen.

Die Zwischenpunkte zwischen diesen Enden werden mit den Visirkreuzen eingerichtet.

Man muss, um das Sezen so viel wie möglich zu vermeiden, den Auftrag in Lagen von zwei Dezimeter (7 Zoll) Höhe ausführen. Man lässt ihn sorgfältig stampfen, besonders wenn es sich von Auffüllungen handelt, auf denen eine Wasserleitung oder ein Kanal angelegt werden soll.

Bei den in Auftrag ligenden Theilen wird die Masse der Strasse ganz in Erde ausgeführt: die Leere für die Einbettung wird später ausgehoben.

Das Wegschaffen der Erde geschieht mit der Schaufel, mit dem Schubkarren oder mit dem Wagen. Der Transport-Preis ist von der Art des Transportes abhängig.

Das Werfen mit der Schaufel findet nur für sehr kleine Entfernungen Statt.[42])

Der Schubkaren wird gewöhnlich bis zu 160 Meter (548′) angewendet; über diese Entfernung geschieht der Transport durch Wägen.[43])

---

[42]) Die Entfernungen, auf welche die Erde ein- oder zweimal mit der Schaufel geworfen werden kann, nimmt man gewöhnlich bis zu 10 Fuss im ersten, und bis zu 20 Fuss im zweiten Falle an. —

[43]) Die hier angegebene Entfernung von 160 Meter oder 548 Fuss, bis zu welcher der Transport mit Schubkarren Statt finden kann, ist zu gross. Der Schubkarren wird mit Vortheil gewöhnlich nur bis zu Entfernungen von 200 bis höchstens 300 Fuss angewendet. Die Berechnung dieser Entfernung

Digitized by Google

Ein Schubkarren enthält gewöhnlich 0,04 Kubikmeter, ungefähr $1\frac{1}{6}$ Kubikfuss. Durch einen Mann von mittlerer Stärke geführt, legt er in einem Tage auf einem beinahe horizontalen Boden, das Hin- und Hergehen mit eingerechnet, 30000 Meter (102780 Fuss) zurück.

Daher kann er 10 Meter (402 C') auf eine Entfernung von 60 Meter ($205\frac{1}{2}$') täglich transportiren, das Gehen und Kommen mit einbegriffen.

Dis ist die Quantität, welche ein Mann gewöhnlich in einem Tage gräbt und ladet.

Die Stationen oder Wendepläze (relais) des Schubkarrens sind 30 Meter ($102\frac{3}{4}$') in der Ebene und 20 Meter auf Steigungen.

Aus obigen Daten kann man auf die Art und Weise schliessen, wie der Transport mit Schubkarren ausgemittelt wird, indem man die verschiedenen Verrichtungen, welche er verursacht, in Tagschichten eines Arbeiters ausschlägt und hiebei gewöhnliche und leicht zu ladende Erde voraussezt.

Der Transport des Kubikmeters (40 baier. Kubikfuss) mit dem Schubkarren erfordert in Tagschichten eines Arbeiters für

jede Station von 30 Meter (103')	0,069
Das Laden des Schubkarrens und der Zeitverlust, zusammen geschäzt zu	0,006
Ganzer Werth der Station	0,075
Der Preis des Ladens ist derselbe als der der Station	0,069
Das Ausgleichen der Erde und das Stampfen erfordert auf den Kubikmeter	0,017
Das Graben in gewöhnlicher Erde . . .	0,023

Würde das Graben zwei Mann erfordern, so müsste man es doppelt in Ansaz bringen, u. s. w.

Diese Resultate lieferten Erfahrungen, welche mit Sorgfalt angestellt worden sind; wenn man aber berufen wird, grosse Arbeiten zu leiten, so muss man selbst Erfahrungen anstellen; denn die verschiedenen Erdarten bewirken in den Resultaten grosse Abweichungen.

---

ist in jedem besonderen Falle leicht, wenn das Ladungs-Vermögen und die Zeit sowohl zum Auf- und Abladen, als zum Ziehen des beladenen und leeren Karrens, auf einem Wege von beliebiger Beschaffenheit für Schub- und Pferdekarren, und der Preis der Taglöhnungen für Ross und Mann bekannt sind.

Digitized by Google

Zu diesen Ausmittelungen sezt man noch den Werth für die Unterhaltung der Werkzeuge und für den Nuzen des Unternehmers hinzu. [44])

Der Transport mit Wagen wird nach verschiedenen Daten geschäzt.

Diese Daten sind die Ladungsfähigkeit des Wagens, der Weg, den er durchläuft, und der Preis von der Tagschichte für einen Wagen nebst seinem Führer.

Man ordnet sie so an, dass immer ein Wagen beladen ist, und dass derjenige, welcher leer zurückkömmt, sogleich einen beladenen Wagen nehmen und ohne Zeitverlust zum Auftrag zurückkehren könne.

Der von Perronet erfundene Wippkarren ist für den Erdtransport der vortheilhafteste.

Er erhält gewöhnlich 0,26 Kubikmeter (10 Kubikfuss). Vier Menschen können ihn ziehen; ein Pferd selbst zwei.

Man hat bemerkt, dass der mit dem Wippkarren wohl eingerichtete Transport viel weniger, als der mit gewöhnlichen Wagen kostet.

Man findet in den Werken von Perronet alle auf diese Art von Wagen bezüglichen Details. [45])

Wenn der Abtrag zu weit von dem Auftrag entfernt ist, so wird man genöthigt, diesen Abtrag auf den Rand des Weges, jedoch so zu legen, dass er nicht auf denselben zurückfallen kann. Diese Operation, welche man nur möglichst selten vornehmen darf, heisst den Auftrag aufhäufen.

Der Auftrag geschieht alsdann mittels Entlehnen.

Ist der Preis des Transportes zum Auftrag beträchtlicher, als der des Transportes und des Grabens der entlehnten Erde mit Einschluss der an den Eigenthümer zu zahlenden Entschädigung, so wird durch diesen Umstand das Aufhäufen der Erde bestimmt.

---

[44]) Für Unterhaltung der Werkzeuge rechnet man gewöhnlich, in Ermangelung genauer Anhaltspunkte, im Durchschnitt ein Fünfzehntel, und für den Nuzen des Unternehmers ein Zehntel des ganzen Preises.

Man vergleiche das am Ende des IIten Theiles beigefügte Preis-Verzeichniss. —

[45]) Man vergl. Perronet's Werke aus dem Französischen übersezt von I. F. W. Dietlein, Halle, 1820. Seite 108 und 109.

Digitized by Google

Das Anhäufen des Abtrags und das Entlehnen der Erde sind für den Ackerbau sehr nachtheilig; man muss, wie schon gesagt, soviel wie möglich ihre Anwendung vermeiden.

Wenn man gezwungen ist zu entlehnen, so darf, wo möglich, dadurch nicht die ganze Lage der Pflanzen-Erde hinweggenommen werden.

Hat diese Lage nur wenig Dicke, so nimmt man sie hinweg, bringt sie aber auf die Seite; die zu entlehnende Erde wird abgehoben und hierauf die Pflanzenerde auf die abgegrabene wieder ausgebreitet.

Das Entlehnen soll parallel mit der Strasse und in einer gleichförmigen Breite vorgenommen werden. Eine gewöhnliche, als Auftrag verwendete Erde, nimmt um $\frac{1}{6}$ ihres Raumes zu. [46])

Die mittlere Transport-Weite ist eine fingirte Entfernung, welche dem ganzen Abtrag eines, zur Bildung von einem Auftrag bestimmten Körpers gemein ist: sein Produkt in die ganze Masse ist der Summe der einzelnen Produkte für den wirklich durchlaufenen Weg gleich. Ökonomie und die gute Verwendung des Abtrags erfordern, dass diese Entfernung ein Minimum sey.

---

[46]) Bekanntlich lässt sich die gegebene Erd-Masse nicht mehr in denselben Raum zusammenstampfen, den sie in ihrem natürlichen Zustande hatte. Man nennt das Raum-Verhältniss von jenem zu diesem, oder öfters auch den Unterschied dieser Räume: die Ausdehnung oder Kompression der Erde. Es ist wichtig, dieselbe möglichst genau zu bestimmen, weil bei einer Strasse, wo beträchtliche Erdmassen bewegt werden müssen, ein grosser Überschuss im Abtrag oder ein bedeutendes Defizit im Auftrag durch eine zu klein oder zu gross angenommene Ausdehnung sich ergeben würde. —

Sganzin giebt hierüber weder allgemeine Bestimmungen, noch selbst die Beschaffenheit der gewöhnlichen Erde an, von welcher er die Ausdehnung zu $\frac{1}{6}$ annimmt. —

Nun ist aber aus anderen Erfahrungen bekannt, dass sich der reine Sand gar nicht, hingegen die reine Thonerde um die Hälfte ihres Volumens zusammenpressen lasse.

Die Ausdehnung für reinen Sand ist also $= 0$, und für reine Thonerde $= \frac{1}{2}$.

Da man nun das Verhältniss des, einer beliebigen Erdart beigemischten Sandes durch Schlämmen leicht finden kann, so lässt sich also auch die Ausdehnung von jener angeben und hierauf erst eine Ausgleichung zwischen Auf- und Abtrag vornehmen.

Das sicherste Mittel die Kompression der Erde auszumitteln bleibt jedoch immer, einen Erd-Kubus von bestimmter Grösse auszuheben und diesen dann wieder allenfalls in einen hölzernen Kasten einzustampfen.

Digitized by Google

Das Aufsuchen dieser mittleren Entfernung führt in der Analysis auf Schwierigkeiten einer höheren Ordnung.

Der verstorbene Senator Monge hat sich damit beschäftigt; allein in der Praxis kann man bei dem Bau der Strassen nur selten von dieser Arbeit Gebrauch machen.

Die Mechanik bietet zum Auffinden dieser mittleren Entfernung ein Verfahren dar, von dem man allgemein Gebrauch macht.

Es ist leicht zu beweisen, dass die mittlere Entfernung eines in Auftrag gebrachten Körpers im Abtrag, die horizontale Entfernung ist, welche die Schwerpunkte der beiden Körper trennt.

Diese Regel dient dazu die mittlere Entfernung für alle Abträge zu finden; sie ist gleich der Summe der einzelnen Produkte eines jeden vom Abtrag in den Auftrag gebrachten Körpers in die Entfernungen der Schwerpunkte, getheilt durch die Summe der Kubi.

Die Anwendung dieser Regel unterliegt in der Ausführung noch Schwierigkeiten, weil die Körper im Abtrag selten denen im Auftrag gleich sind.

In diesem Falle sucht man den Abtrag so gut als möglich zu vertheilen; ist aber der kubische Inhalt des Abtrags grösser als der entsprechende des Auftrags, so sucht man den Überschuss in den folgenden Profilen zu verwenden, oder man schafft ihn zur Seite und häuft ihn auf. —

Die Verwendung des Abtrags muss im Voranschlage klar angezeigt seyn; wenn die Erbauung der Strasse auf gerichtlichen Zuschlag geschieht; diese Anzeige ist für den Unternehmer zur Vermeidung unrichtiger Transporte nöthig. [47])

---

[47]) Die von Sganzin für die Erd-Berechnung angegebene Methode wird wegen ihrer Weitläufigkeit und des grossen Zeit-Aufwandes, den sie erfordert, höchst selten angewendet. Man macht von derselben gewöhnlich nur dann Gebrauch, wenn man die Masse einer sehr festen, zusammenhängenden, felsigen Erde zu berechnen hat, oder wenn die durch die Übergangspunkte begrenzten Körper in einem Profile von Bedeutung sind, oder endlich wenn die Entfernungen der Querprofile von einander sehr bedeutend z. B. 2 oder mehrere Hundert Fuss lang sind und also auch der Ab- oder Auftrag in denselben sehr beträchtlich ist. — Daher bedient man sich zur Erdberechnung bei Strassen-, Deich- und Kanal-Arbeiten so ziemlich allgemein folgender, viel einfacheren und eine hinlängliche Genauigkeit gewährenden Methode. —

Um die Erdmasse des Auftrags zwischen zwei gegebenen Querprofilen zu bestimmen, berechnet man die Fläche des Ab- und Auftrags sowohl in

Digitized by Google

dem einen, als in dem andern Profil; addirt die Fläche des Abtrags in dem einen zu der Fläche des Auftrags in dem andern, halbirt beide Summen und multiplizirt die mittlere Fläche des Abtrags und die mittlere Fläche des Auftrags mit der horizontalen Entfernung der beiden Querprofile, so geben die Produkte die zwischen den Profilen vorzunehmenden Ab- und Aufträge.

Sind die Querprofile auf dem Felde zweckmässig gewählt, so können die Unterschiede zwischen den Flächen des Ab- und Auftrags der beiden Profile nicht bedeutend seyn, und man erhält also die Erdmasse offenbar desto genauer, je geringer diese Unterschiede sind. Noch mehr nähert sich das Resultat der Wahrheit, wenn die beiden Profile ganz im Abtrag oder Auftrag liegen.

Liegt das eine Profil ganz im Abtrag und das andere ganz im Auftrag, so theile man ihre horizontale Entfernung in zwei Theile, die sich wie die mittleren Höhen des Ab- und Auftrags verhalten, und multiplizire sowohl die Fläche des Abtrags, als die des Auftrags mit der Hälfte des ihr zukommenden Theiles jener Entfernung, so erhält man die Körper des Ab- und Auftrags in diesem Profile, nach bekannten Säzen der Elementar-Geometrie, genau genug. —

Hat man auf diese Weise den Ab- und Auftrag in jedem Profile berechnet, so ist jezt die vortheilhafteste Verwendung und hieraus jede einzelne Transport-Weite zu bestimmen.

Der Abtrag muss so nahe wie möglich verwendet werden, um möglichst kleine Transport-Weiten zu erhalten. Ist also in einem Profile gleichzeitig Ab- und Auftrag, so wird jener zu diesem verwendet und nur der Überschuss in den Auftrag des nächsten Profiles gebracht. Da öfters ganze Profile des Abtrags auf Profile im Auftrag verwendet werden, so kann man grössere Transportweiten um so mehr blos nach dem Längen-Nivellement beurtheilen, als die Bestimmung derselben auf einzelne Fuss, wegen der geringen Zunahme des Preises, welche bei Entfernungen von 100′ — 150′ für die Schachtruthe nur einen bis zwei Kreuzer betragen, nicht nöthig ist.

Die Berechnung der kubischen Inhalte des Ab- und Auftrags fertigt man am bequemsten nach einer Tabelle an, welche der am Ende dieser Vorlesung beigefügten, ähnlich ist. Die erste Kolonne zur linken enthält die fortlaufenden Nummern der Profile; die zweite die Abmessungen der Flächen, ohne jedoch die bezeichnenden Worte: Dreieck, Trapez u.s.w. beizufügen; die dritte Kolonne enthält die Fläche des Auftrags und die vierte die Fläche des Abtrags. Die fünfte und sechste enthalten die Kubi des Ab- und Auftrags und endlich die siebente Bemerkungen.

In der lezten merkt man besonders die Veränderungen in der Natur des Geländes an.

Um die Verwendung des Abtrags leicht und schnell vornehmen zu können, stellt man zu diesem Zwecke die Ab- und Aufträge nach den einzelnen Profilen in einer zweiten Tabelle zusammen. Die erste Kolonne dieser zweiten Tabelle enthält wieder die fortlaufenden Nummern der Profile, und die zweite und dritte die Kubi des Auf- und Abtrags, welche in der fünften und sechsten Kolonne der ersten Tabelle enthalten sind. Die vierte Kolonne ist zur Verwendung des Abtrags bestimmt und theilt sich in drei Unter-Abtheilungen

Digitized by Google

wovon die erste Spalte mit Menge, die zweite mit Ort und die dritte mit Entfernung bezeichnet wird.

Die erste enthält nemlich den Theil des Abtrags, welcher mit Einschluss der Grösse, um den er sich als Auftrag ausdehnt auf die in der dritten Spalte enthaltene Entfernung, und in dem, in der zweiten Spalte, blos durch seine Nummer bezeichneten Profil, verwendet wird. Die dritte Rubrik enthält wieder dieselben Bemerkungen, wie die 7te Kolone der ersten Tabelle, und ausserdem die Anzeige der Mengen Erde, welche ohne Verwendung auf die Seite geworfen oder entlehnt werden müssen.

Ist die zweite Zusammenstellung, aus welcher man die ganze Masse des Auftrags und Abtrags findet, vollendet, so stellt man in einer dritten Tabelle, nach den einzelnen Transport-Weiten und den verschiedenen Erd-Arten die Abträge zusammen.

Die erste Kolone dieser dritten Tabelle enthält wieder die fortlaufenden Profil-Nummern; die 2te und 3te den Abtrag, welcher mit der Schaufel einmal und zweimal geworfen wird; die 3 oder 4 folgengenden Kolonnen enthalten den durch Schubkarren, auf 3 oder 4 verschiedene Weiten zu transportirenden Abtrag; und die übrigen den Auftrag, welcher auf Wagen verführt wird. Die in dieser lezten Rubricke enthaltenen Entfernungen wachsen gewöhnlich von 100′ bis 150′.

Zulezt fügt man noch einige Kolonnen für die auf die Seite zu werfende und für die zu entlehnende Erde bei.

Für jede der verschiedenen Erdgattungen muss eine solche Transport-Tabelle angefertigt werden.

Die Summe der Abträge von allen Kolonen muss mit der Summe des Abtrags in der II. Tabelle, mit Rücksicht auf die Ausdehnung, übereinstimmen.

Nun ist man im Stande, nach den verschiedenen Erdarten und Transport-Weiten den Geldbetrag für die Erdarbeiten zu berechnen, zu welchem Betrage noch die Kosten für Stampfen des Auftrags und für Ebenen oder Planiren der Fussbänke und Böschungen gefügt werden.

Die Kosten der Erd-Arbeiten hängen also von dem Volumen der zu bewegenden Erdmassen, von der Weite, auf welche sie transportirt werden müssen und von der Beschaffenheit der Erde selbst ab. Man sollte immer suchen, diese drei Bestimmungsstücke der Kosten, wo möglich, mit gleicher Genauigkeit auszumitteln.

Digitized by Google

Beispiel einer Tabelle zum Einschreiben der verschiedenen Körper, oder Berechnung der Erdmassen eines Theils vom Strassenentwurf, welcher sich auf den Aufriss No. III bezieht.

Bezeichnungen	Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen
Vom 18ten bis zum 19ten Profil. *Erster Theil, rechts der Strassenachse*					
Einbettung.					
Trapez A — 1tes Dreieck	(½ Länge 4,51m / ⅙ Höhe 1,65)	7,44m			
Trapez A — 2tes Dreieck	(½ Länge 4,90 / ⅙ Höhe 1,61)	7,89			
	Gemein. Breite	15,33 / 3,00	45,99m		
Trapez A' — 1tes Dreieck	(½ Länge 2,99 / ⅙ Höhe 1,03)	3,08			
Trapez A' — 2tes Dreieck	(½ Länge 2,60 / ⅙ Höhe 0,93)	2,42			
	Gemein. Breite	5,50 / 3,00	....	16,50m	
Fussbank.					
Trapez B — 1tes Dreieck	(½ Länge 5,52 / ⅙ Höhe 1,92)	10,60			
Trapez B — 2tes Dreieck	(½ Länge 6,03 / ⅙ Höhe 2,06)	12,42			
	Gemein. Breite	23,02 / 1,00	23,92		
Trapez B' — 1tes Dreieck	(½ Länge 1,98 / ⅙ Höhe 0,60)	1,19			
Trapez B' — 2tes Dreieck	(½ Länge 1,46 / ⅙ Höhe 0,57)	0.83			
	Gemein. Breite	2,00 / 1,00	....	2,02	
Trapez C — 1tes Dreieck	(½ Länge 6,03 / ⅙ Höhe 2,46)	14,83			
Trapez C — 2tes Dreieck	(½ Länge 6,53 / ⅙ Höhe 2,78)	18,15			
	Gemein. Breite	32.98 / 2.00	65,96		
Trapez C' — 1tes Dreieck	(½ Länge 1,46 / ⅙ Höhe 0,51)	0,74			
Trapez C' — 2tes Dreieck	(½ Länge 0,96 / ⅙ Höhe 0,48)	0,46			
	Gemein. Breite	1,20 / 2,00	....	2,40	
	Übertragen	...	134,87	20,92	

Digitized by Google

Bezeichnungen	Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
Der Übertrag . . .		. . .	134,97m	40,92m	
Gräben und Böschungen.					
Trapez D 1tes Dreieck	(½ Länge 6,53m) (⅙ Höhe 3,07)	20,05m			
Trapez D 2tes Dreieck	(½ Länge 2,06) (⅙ Höhe 3,07)	18,60			
	Gemein. Breite	38,65 / 0,66	25,51		
Trapez D′ 1tes Dreieck	(½ Länge 0,96) (⅙ Höhe 0,54)	0,52			
Trapez D′ 2tes Dreieck	(½ Länge 1,44) (⅙ Höhe 0,62)	0,89			
	Gemein. Breite	1,41 / 0,66	. . . .	0,93	
Trapez E 1tes Dreieck	(½ Länge 6,06) (⅙ Höhe 3,06)	18,54			
Trapez E 2tes Dreieck	(½ Länge 5,84) (⅙ Höhe 3,06)	17,87			
	Gemein. Breite	36,41 / 0,33	12,01		
Trapez E′ 1tes Dreieck	(½ Länge 1,44) (⅙ Höhe 0,72)	1,04			
Trapez E′ 2tes Dreieck	(½ Länge 1,33) (⅙ Höhe 0,71)	0,94			
	Gemein. Breite	1,98 / 0 33	. . . .	0,65	
Trapez F 1tes Dreieck	(½ Länge 5,84) (⅙ Höhe 3,02)	17,64			
Trapez F 2tes Dreieck	(½ Länge 5,70) (⅙ Höhe 2,98)	16,98			
	Gemein. Breite	34,62 / 0.33	11,42		
Trapez F′ 1tes Dreieck	(½ Länge 1,33) (⅙ Höhe 0,67)	0,89			
Trapez F′ 2tes Dreieck	(½ Länge 1,16) (⅙ Höhe 0,63)	0,73			
	Gemein. Breite	1,62 / 0,33	. . . .	0,53	
Pyram. G	½ Länge 5,70 / Breite 8,79 / ⅕ Höhe . . .	50,10 / 1,96	98,20		
Pyram. G′	½ Länge 1,16 / Breite 1,03 / ⅓ Höhe . . .	1,19 / 0,40	. . . .	0,47	
Überzutragen		. . .	282,11	4,10	

Digitized by Google

Bezeichnungen.	Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
Der Übertrag . . .	. .		287,11m	4,10m	
Zweiter Theil, links von der Strassenachse.					
Einbettung.					
Trapez a. 1tes Dreieck	(½ Länge 3,06m, ⅙ Höhe 1,33)	4,07m			
2tes Dreieck	(½ Länge 4,90, ⅙ Höhe 0,93)	4,56			
Gemein. Breite	8,63, 2,00		17,26		
Trapez a′. 1tes Dreieck	(½ Länge 4,44, ⅙ Höhe 0,91)	4,04			
2tes Dreieck	(½ Länge 2,99, ⅙ Höhe 1,02)	3,05			
Gemein. Breite	7,09, 2,00		. . . .	14,18	
Pyram. b.	½ Länge 3,06, Breite 0,97, ⅓ Höhe . . .	2,97, 0,37	1,10		
Trapez b′. 1tes Dreieck	(½ Länge 7,50, ⅙ Höhe 0,64)	4,80			
2tes Dreieck	(½ Länge 4,44, ⅙ Höhe 0,72)	3,19			
Gemein. Breite	7,99, 0,97		. . . .	7,75	
Viereck cc′.	Länge . 15,00, Breite . 0,03, ¼ Höhe . . .	0,45, 0,57	. . . .	0,26	
Fussbank.					
Pyram. d	½ Länge 2,55, Breite 0,32, ⅓ Höhe . . .	0,82, 0,12	0,10		
Trapez d′. 1tes Dreieck	(½ Länge 4,96, ⅙ Höhe 0,34)	1,69			
2tes Dreieck	(½ Länge 7,50, ⅙ Höhe 0,31)	2,22			
Gemein. Breite	4,01, 0,32		. . . .	1,28	
Viereck ee′.	Länge . 15,00, Breite . 1,14, ¼ Höhe . . .	17,10, 0,46	. . . .	7,87	
Trapez f. 1tes Dreieck	(½ Länge 6,57, ⅙ Höhe 0,85)	5,58			
2tes Dreieck	(½ Länge 7,50, ⅙ Höhe 0,75)	5,63			
Gemein. Breite	11,21, 0,54		. . . .	6,05	
Überzutragen	. . .		300,57	72,99	

Digitized by Google

Bezeichnungen	Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
Der Übertrag . . .		. . .	300,57m	72,99m	
Pyram. f.	½ Länge 0,93m, Breite 0,54	50,0	0,04		
	⅓ Höhe . . .	0,09			
Trapez g. 1tes Dreieck	½ Länge 5,49, ⅙ Höhe 1,01	5,54			
2tes Dreieck	½ Länge 6,57, ⅙ Höhe 0,98	6,44			
	Gemein. Breite	11,98, 1.00	. . . .	11,98	
Trapez g'. 1tes Dreieck	½ Länge 2,01, ⅙ Höhe 0,30	0,60			
2tes Dreieck	½ Länge 0,93, ⅙ Höhe 0,22	0,20			
	Gemein. Breite	0,80, 1.00	0,80		
Gräben und Böschungen.					
Trapez h. 1tes Dreieck	½ Länge 6,84, ⅙ Höhe 1,28	8,75			
2tes Dreieck	½ Länge 5,49, ⅙ Höhe 1,16	6,36			
	Gemein. Breite	15,11, 0,66	. . . .	9,97	
Trapez h'. 1tes Dreieck	½ Länge 0,66, ⅙ Höhe 0,30	0,20			
2tes Dreieck	½ Länge 2,01, ⅙ Höhe 0,22	0,44			
	Gemein. Breite	0,64, 0,66	0,42		
Trapez i. 1tes Dreieck	½ Länge 6,84, ⅙ Höhe 1,40	9,58			
2tes Dreieck	½ Länge 6,76, ⅙ Höhe 1,41	9,53			
	Gemein. Breite	19,11, 0,36	. . . .	6,88	
Pyram. i'.	½ Länge 0,66, Breite 0,36	0,24	0,03		
	⅓ Höhe . . .	0,09			
Trapez k. 1tes Dreieck	½ Länge 6,76, ⅙ Höhe 1,42	9,60			
2tes Dreieck	½ Länge 6,50, ⅙ Höhe 1,43	9,29			
	Gemein. Breite	18,89, 0,30	. . . .	5,67	
Pyram. l.	½ Länge 6,50, Breite 3,15	20,47	. . . .	19,45	
	⅓ Höhe . . .	0,95			
	Total . .	. . .	301,86	114,84	

Digitized by Google

XVII. Vorlesung.

(Eingeschaltet)

Schienenwege; Holz- und Eisenbahnen; drei verschiedene Arten der Konstruktion und Abmessungen derselben. — Transport durch Pferde und durch Dampfwagen. —

Einleitung.

Die zur Fortbringung von Lasten auf gewöhnlichen Erd- und Stein-Strassen erforderlichen Zugkräfte sind, wegen der Veränderlichkeit der Materialien, aus denen diese Strassen bestehen und vorzüglich wegen des Einflusses der Witterung, dem jene ausgesezt sind, sehr verschieden.

Die auf einer trocknen Strasse erforderliche Zugkraft wird von der, welche, unter übrigens gleichen Umständen, auf einem nassen, durch anhaltenden Regen erweichten Wege nöthig ist, und auf dem die Wagenräder sechs und mehr Zoll tief einschneiden, nicht selten um das Zehen-, ja selbst um das Zwanzigfache übertroffen.

Dieser grosse Unterschied in den Zugkräften, hervorgebracht durch die Veränderlichkeit des Strassen-Materials, musste daher schon in den ältesten Zeiten die Nothwendigkeit fühlbar machen, für Strassen, welche stark und mit schwerem Fuhrwerke befahren werden, ein festes dauerhaftes Material, wenigstens auf denjenigen Theilen der Strasse zu verwenden, die mit den Rädern unmittelbar in Berührung kommen. — Die Pflaster-Strassen in den Städten verdanken ähnlichen Betrachtungen ihre Entstehung.

In Bergwerken, wo Tag und Nacht in horizontalen und vertikalen Richtungen Steine und Erze weiter gefördert werden

Digitized by Google

wurden schon seit mehreren hundert Jahren die Wege in den Stollen mit Bohlen und Balken belegt, über welche hin die Räder der kleinen Karren oder sogenannten Hunde rollen.

Aber in Bergwerken nicht allein, auch auf Werkpläzen sieht man von gewöhnlichen Arbeitern Wegestrecken mit Brettern belegen, um das Einsinken der mit schweren Stein - oder Holzmassen beladenen Wagen zu verhindern und diese mit weniger Anstrengung fortzuziehen.

Da nun Holz, besonders wenn es bald nass und bald trocken wird, der Vergänglichkeit bekanntlich sehr unterworfen ist; von dem darauf gehenden Fuhrwerke mehr oder weniger leidet und demnach nur eine kurze Dauer hat; so belegte man die Bohlen und Balken auf den Stollenwegen der Bergwerke bald mit eisernen Schienen und ersezte diese endlich durch solche, welche ganz aus Eisen bestanden. —

Die erste Anwendung der Geleise von Holz soll in England um's Jahr 1630 in den Bergwerken nahe bei Newcastle gemacht worden seyn. Erst nachdem in der Mitte des vorigen Jahrhunderts das Holz in diesem Lande seltener und der Gebrauch des Eisens allgemeiner zu werden anfieng, wurden eiserne Schienen, und zwar die ersten im Jahre 1786, in der Giesserei von Coalbrookdale angefertigt.

Die Idee dieser Verbesserung verdankt man dem Civil - Ingenieur John-Sheffields.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, was man unter Holz- oder Eisenbahnen versteht. Die Holz- oder Eisenbahnen, die man auch mit dem gemeinschaftlichen Namen Schienenwege belegt, sind nichts anders, als zwei parallel zu einander liegende Stäbe oder Schienen von Holz oder Eisen, welche auf die gewöhnlichen Wege, zur Erleichterung des Zuges, gelegt werden.

Von den Holzbahnen.

Die Holzbahnen bestehen aus 3 bis 6 Zoll hohen Bohlen oder Balken von hartem Holze, welche auf horizontalen und in Entfernungen von 4′ bis 5′ liegenden hölzernen Querriegeln, von allenfalls 8 Zoll Breite und 6 Zoll Höhe, in der Spurweite der Wagenräder, die gewöhnlich 4½ Fuss breit ist, befestigt werden. Die Bohlen oder Balken werden auf ihrer Oberfläche glatt

Digitized by Google

abgehobelt und, damit die Räder nicht ableiten können, auf der innern Seite mit einem vorstehenden Rande oder einer Leiste versehen, welche aus einer angenagelten Latte bestehen kann.

Dieser Rand schüzt die Schienen möglichst vor Verunreinigung, welche um so leichter Statt findet, da zwischen den Schienen gewöhnlich der Weg ist, auf dem die Menschen oder Pferde gehen, welche die Wagen ziehen.

Ist der Boden weich und nachgiebig, so rammt man auch wohl in Entfernungen von 4 bis 5 Fuss Pfähle ein, auf denen man unmittelbar die Bohlen oder Balken befestigt. Die Länge der leztern wird den Umständen gemäss nicht unter 12 und aus ökonomischen Gründen nicht wohl über 36 Fuss angenommen.

Ecken und starke Krümmungen müssen möglichst vermieden werden.

Man hat auch tragbare Schienenwege, besonders auf Werkpläzen, wo die Richtungen der Transporte oft geändert werden müssen. — Der Vortheil den die Anwendung dieser Mittel zur Erleichterung des Transportes auf grossen Baupläzen gewährt, ist einleuchtend. Dass auch die Wichtigkeit dieser temporären Schienenwege insbesondere von vielen Ingenieuren gefühlt wurde, beweiset die Baugeschichte von mehreren ältern und neuern grossen Bauten. —

Von den Eisenbahnen.

Verschiedene Arten und Konstruktionen derselben.

Nicht nur die meisten, sondern auch die grössten und vorzüglichsten Eisenbahnen wurden in England ausgeführt; englische Ingenieure haben nach Dupin und Andern die Schienenwege erfunden und vervollkommnet.

Die Muster welche sie als solche anerkennen und die Konstruktionsarten welche sie für die bessten halten, dürfen wir unbedingt auch als solche betrachten, da für sie Erfahrungen sprechen, wie kein anderes Land in dem Maasse sie aufzuweisen hat.

Die Vorschriften der berühmten englischen Civil-Ingenieure Jessop, Stephenson, Strickland, Tredgold, Wood u. a. sind es also, die wir in dem Folgenden nach den bessten Quellen geben. —

Digitized by Google

In England kamen 3 Arten von Eisenbahnen im Grossen zur Ausführung, welche sich vorzüglich durch die Form ihrer Schienen unterscheiden. Die erste Art sind die Bahnen mit flachen Schienen (tram-rails, ornières-plates), welche wie die Holzschienen, auf der innern Seite mit einem aufrechten Rande versehen sind, um das Abgleiten der Räder zu verhindern; sie werden immer von Gusseisen aus einem Stück gegossen. (Man vergleiche die Figuren 1, 2, u. 3, Taf. IV).

Die zweite Art sind die Kantenschienen (edge-rails, ornières-saillantes); ihre obere, über dem Boden etwas hervorstehende Fläche ist eben, und nur an den Ecken etwas abgerundet; hiedurch erhält der obere Theil der Schiene das Ansehen, als sey er ein wenig konvex, was er aber, wenigstens auf den neuesten Bahnen, nicht ist.

Die Kantenschienen werden sowohl aus Gusseisen, als aus Schmiedeeisen verfertigt. (M. vergl. die Figuren 5. u. 6. Taf. IV).

Die auf den Kantenschienen laufenden Wagenräder haben ausserhalb einen vorstehenden Rand, um das Abgleiten der Wagen zu verhindern; die Räder, welche auf den flachen Schienen sich bewegen, entbehren diesen Rand, da hier die Schienen, wie erwähnt, mit einem solchen selbst versehen sind.

Die dritte Art von Eisenbahnen sind die sogenannten Palmer'schen oder auch schwebenden, wie man sie zur Unterscheidung von den beiden ersten Arten, welche liegende heissen, zu nennen pflegt.

Die Schienen sind konvex und das Wagenrad hat konkave Felgen, in welche der konvexe Theil der Schiene genau passet; die Schienen sind gewöhnlich 3 Fuss, wo nicht mehr, über dem Boden erhaben, und die Ladung hängt in Kästen zu beiden Seiten des Wagens, tiefer als seine Achse, wesshalb diese Art Schienenwege den Namen hängende oder schwebende erhalten haben.

Sie kommen nicht mehr viel in Anwendung; wir werden sie später nochmals, wenn auch nur kurz, berühren.

Die Eisenbahnen mit flachen Schienen heissen in England auch die deutschen und die Kantenschienen die englischen Schienenwege. [48])

---

[48]) Wesshalb die flachen Schienenwege die Deutschen genannt werden, konnten wir bis jezt nicht erforschen; wahrscheinlich sind es aber

Digitized by Google

Die gusseisernen Schienen unterscheiden sich von den schmiedeeisernen besonders auch durch ihre Länge: erstere macht man gewöhnlich 3′ bis 4′, selten unter 3′, noch seltner aber über 6′ lang; dagegen erhalten die Schienen von Schmiedeeisen, welche jezt in England fast ausschliesslich von gewalztem Stabeisen angefertigt werden, eine Länge von 15′ bis 20′ und höchstens bis 30 Fuss.

Beide Arten von Schienen ruhen gewöhnlich, jedoch nicht immer, auf gusseisernen Lagern oder Stühlen (chairs), in welche sie mittels eines Nagels oder Bolzens befestigt werden, der horizontal und quer durch Schiene und Stuhl geht.

Auf der IV Tafel stellt Figur 6 oder 7 die Seiten-Ansicht, Figur 8^{b} die obere Ansicht, und Figur 8^{a} den Querschnitt eines solchen Stuhles dar.

Die Stühle sind in Entfernungen von 3′ bis 4′ auf steinernen Würfeln oder auch hölzernen Pfählen oder Schwellen, durch zwei vertikal in dieselben geschlagene Nägel befestigt; je weiter man die Stühle von einander entfernt, desto stärker müssen begreiflich die Schienen seyn. Wenn, wie dis gewöhnlich bei den deutschen Bahnen der Fall ist, die Stühle fehlen, so werden die Schienen unmittelbar auf den Würfeln oder Hölzern durch Nägel befestigt.

Eisenbahnen mit flachen Schienen von Gusseisen. (Deutsche Schienenwege.)

Die meisten Schienenwege dieser Art sieht man in Süd-Wales; Figur 23, Taf. IV stellt den Querschnitt eines doppelten Schienenweges, dessen Schienen unmittelbar auf den Würfeln ruhen, und die Figuren 1, 3 und 2 auf derselben Tafel stellen die Seiten-Ansicht, den Querschnitt und die obere Ansicht von

---

unsere Landsleute, welche dieselbe in England zuerst ausgeführt, wo nicht erfunden haben, und die Engländer ehren die Erfinder noch jezt dadurch, dass sie diese Art von Schienenwege deutsche heissen. Dass die Schienenwege, ihrem Prinzipe nach, deutschen Ursprunges sind und zuerst in deutschen Bergwerken vor mehr als drei Jahrhunderten zur Stollenförderung angewandt wurden, unterliegt keinem Zweifel. Nach einem in den *Annales des Mines*, Jahrgang 1818, 3 Bd., Seite 129, von dem Ingenieur Gallois *über Eisenbahnen*, mitgetheilten Aufsaze war es John Curr der die Eisenbahnen mit flachen Schienen (Tram-roads) vor ungefähr 30 Jahren erfand. —

Digitized by Google

einer einzelnen flachen Schiene dar. — Die Länge der Schiene beträgt gewöhnlich 3′ — 4′ und ihre Breite, mit Ausschluss des aufrechtstehenden Randes, welcher die Spurrippe heisst, gewöhnlich 3″ manchmal auch 4 Zoll; wie das leztere z. B. auf der Surrey-Eisenbahn unweit London, einer der interessantesten Bahnen Englands, der Fall ist.

Der Querschnitt der Spurrippe ist trapezförmig, und zwar in der Art, dass die gegen das Rad gekehrte Seite, um die Reibung möglichst zu vermindern, einen Anlauf hat.

Der flache oder in der Oberfläche der Strasse liegende Theil der Schiene ist ½ bis ¾ Zoll dick; die Spurrippe ist oben ¼ bis ½ Zoll und unten gewöhnlich noch so breit als oben, also ½ bis 1 Zoll dick. An den Enden der Schienen sind, wie die Zeichnung zeigt, kleine Verstärkungen angebracht, so wie ein Einschnitt, durch welchen der 4″ lange, mit einem viereckigen Kopfe von 6‴ Dicke und 1″ — 3‴ Breite versehene Nagel geht.[49])

Der Kopf liegt in den beiden aneinander stossenden Schienen versenkt und mit der Oberfläche derselben in einer Ebene. Ruhen die Schienen auf steinernen Würfeln, welche 2′ im Quadrat und 1 Fuss Höhe haben, so wird in ein, in die Steine gebohrtes Loch ein hölzerner Pflock und in diesen erst der Nagel eingetrieben. Die Spurrippe hat eine mittlere Höhe von 2″ bis 2½″; am Ende ist sie 1½″ bis 2″ und in der Mitte 2½ bis 3 Zoll hoch; ausserdem ist auf der untern Seite die Schiene mit einer, manchmal auch mit zwei Verstärkungsrippen versehen, welche in der Mitte gewöhnlich 2″ bis 3″, und am Ende 2½″ bis 2″ hoch und im Mittel 1″ dick sind. Das Gewicht einer deutschen Schiene von mittlerer Stärke und 3′ — 4′ Länge beträgt 30 bis 50 engl. Pfund. An den Wechselstücken, wo zwei Schienen sich kreuzen, sind auf beiden Seiten Spurrippen angebracht. An denjenigen Schienen, wo eine Spurrippe von einer andern abgeht, wird die Spurrippe von einer beweglichen

---

[49]) Es mögte vielleicht besser seyn, den Kopf des Nagels statt rechteckig auf beiden in den Schienen greifenden Seiten schwalbenschweifartig und diesen Kopf nach unten zu etwaskonisch zu gestalten, um dadurch ein Verrücken der Schienen in der Richtung der Bahn und ein Aufliegen derselben durch darübergehende Wagen möglichst zu verhindern.

Digitized by Google

Zunge gebildet (Fig. 11 u. 12, Taf. IV), die auch der Weiser heisst. [50])

Über das Trag-Vermögen der oben beschriebenen flachen Schienen sind uns keine Versuche bekannt.

Die Wagen, welche auf denselben gehen, wiegen etwa eine Tonne oder 20 Zentner, oder 2240 englische Pfund, und ihre Ladung beträgt gewöhnlich einen Newcastle-Chaldron zu 53 Zentner, oder höchstens 3 mal so viel als ihr eigenes Gewicht. Auf der Surrey-Eisenbahn darf ein 20 Zentner schwerer Wagen nicht mehr als 65 Zentner laden; gewöhnlich laden sie nur 60 englische Zentner zu 112 Pfund. — Die Schienen auf dieser Bahn sind aber auch 4″ breit, und 1″ dick und haben eine 3″ hohe und ½″ starke Spurrippe.

Die Last, welche demnach eine solche Schiene zu tragen hat, beträgt, bei einem Gewicht des Wagens sammt Ladung zu 4 Tonnen, eine Tonne.

Bei einer solchen Last ist es rathsam die Schienen nicht unter einem Zoll dick zu machen, da die Schienen bei dem Kalksteinbruche auf dem Avon-Kanale bei Bath mit Schienen von 3½″ Breite und ⅝″ Dicke, welche überdis noch mit einer Spurrippe von 1″ Höhe in der Mitte versehen waren, zeigten, dass dieselben unter einer Last von 20 Zentnern häufig zerbrachen.

Die Kästen der Steinkohlenwagen, gewöhnlich von Holz und stark mit Eisen beschlagen, oder auch aus einem eisernem Ge-

---

[50]) Den Grundriss eines Ausweichplazes stellt die Fig. 9, Taf. IV, dar. Man bemerkt hiebei 3 besondere Schienenstücke, nemlich das Mittelstück AB, welches Fig. 10 und die zwei Seitenstücke CD und EF, welche Fig. 11 und Fig. 12 gezeichnet sind.

Die Konstruktion dieser drei aus Gusseisen geformten Stücke ist theils aus den Grundrissen, theils aus den Durchschnitten Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlich. — Die Furchen, welche in diesen Schienen enthalten sind, haben 2″ bis 2½″ Breite und ¾″ oder 1½″ Tiefe, um die Spurkränze der Räder aufzunehmen. Die Zungen mn und m′n′, welche von Schmiedeeisen und bei m,m′ um einen Nagel beweglich sind, werden an eine oder die andere Schienenreihe angelegt, um den Wagen in die eine oder die andere Bahn zu leiten. — Damit die Zungen in ihrer Lage bleiben, werden keilförmige Eisenbleche G, von 4″ biz 6″ Länge und ½″ Dicke, die an kleinen Ketten befestigt sind, zwischen die Zunge und einen auf der Schiene angegossenen Vorsprung o p eingeschoben. Dass die Zungen immer so liegen müssen, damit die Hauptbahn geöffnet bleibt, und nur, wenn sich Wagen begegnen, geschlossen werden, versteht sich von selbst. — (Gerstners *Mechanik*, S. 606).

Digitized by Google

rippe bestehend, welches innerhalb mit Brettern oder Eisenblech bekleidet ist, haben die Form einer abgestumpften Pyramide; sie sind ungefähr 5′ breit, 8′ lang und 2′ tief und enthalten also 80 englische C′. Die Wagen sind vierräderig und ihre Räder sind von Gusseisen, am Umfange 1½″ breit und 3′ hoch. Oft werden die Speichen der Räder auch von Schmiedeeisen angefertigt; ihre Enden, mit welchen sie in die Radkränze greifen, sind schwalbenschweifartig geformt, die Speichen selbst aber im kalten Zustand etwas zu kurz; macht man sie nun rothglühend, so dehnen sie sich auf die rechte Länge aus, passen in die entsprechenden Vertiefungen der Radkränze und werden erkaltet nicht so leicht lose, als auf andere Weise eingesezte Speichen. — Räder mit stabeisernen Speichen haben einen entschieden Vorzug vor denen aus einem Stücke gegossenen von Gusseisen, weil sie nicht so leicht brechen.

Zum Hemmen der Geschwindigkeit von abwärts gehenden, beladenen Wagen ist jeder Wagen mit einer sogenannten Bremse versehen. Diese Bremse besteht aus einem schmiedeeisernen Arme, der sich um einen in der Mitte zwischen zwei Rädern an den Wagen befestigten Zapfen dreht. An diesem Arm ist ein Pflock von weichem Holze mit zwei Wangenstücken angebracht, welche sich, wenn der Bremsarm herabgedrückt wird, an die zwei auf einer Seite des Wagens befindlichen Räder bei dem einen über dem Mittelpunkte, bei dem andern unter demselben anlegen, und dadurch diese beiden Räder hemmen. Während dem Bremsen muss ein Mann auf den Arm drücken; wird aber nicht gebremst, so ruht der Handgriff von jenem in einem, am Wagen befindlichen Ringe oder Hacken. Die Fig. 15, Taf. IV. stellt einen Wagen mit der Bremse-Vorrichtung dar.

Gewöhnlich sind die Räder an den Achsen fest und diese drehen sich mit jenen um. Wo dis leztere nicht der Fall ist, sind die Achsen konisch und haben 1½″ bis 2½″ im Durchmesser. Neuerdings macht man die Räder aber wieder cylindrisch, wie dis an den Dampfwagen auf der Liverpool-Eisenbahn der Fall ist. Da wo die deutschen Schienenwege andere öffentliche Strassen durchschneiden, werden stärkere Schienen angewendet, welche mit 2 Spurrippen versehen sind, so dass die Räder des, die Eisenbahn kreuzenden Fuhrwerkes zwischen die Spurrippen nicht hineingleiten, und damit sie auch nicht abgleiten können, macht man

Digitized by Google

diese Ränder uneben, indem man ihnen kleine bogenförmige Vorsprünge giebt.[51])

Auf den deutschen Eisenbahnen beträgt der gesammte Widerstand, nemlich die Reibung an den Schienen und an den Achsen der Wagenräder, welche durch die Zugkraft überwunden werden muss, zusammen genommen $^1/_{116}$ bis $^1/_{136}$ der gesammten Last, wenn das Verhältniss der Achsen zum Durchmesser der Räder wie 1 : 12 oder wie 1 : 15 ist und die Räder aus hart gegossenem Eisen mit breiten gusseisernen Pfannen bestehen. Sind die Räder weich gegossen und die Pfannen schmal und von Messing oder Schmiedeeisen, so ist der Effekt, nach den Versuchen von Stephenson und Wood nur ungefähr $^3/_4$ von dem der vorstehenden Angabe, also der Reibungs-Koeffizient nur $^1/_{102}$ statt $^1/_{136}$.[52]) Ein mittelmässig starkes Pferd, dessen Zugkraft, bei einer Geschwindigkeit von zwei englischen Meilen in der Stunde, oder von 2,93′ in der Sekunde, zu 165 englischen Pfunden angenommen werden kann, zieht also auf einem horizon-

---

[51]) Wird eine Eisenbahn von einer Strasse durchschnitten, so werden die Schienen, wie gewöhnlich, auf Steinblöcken, die in der Strasse versenkt sind, in den Stühlen befestiget, auf der inneren Seite der Schiene aber ein Falz oder eine Öffnung von 2″ Tiefe und 1½″ Breite für die Spurkränze gelassen; damit jedoch diese Öffnung sich gehörig erhalte, wird auf der andern Seite derselben, in paralleler Richtung zur Schiene, ein hinlänglich starkes, mit Eisen beschlagenes Stück Holz oder auch eine zweite Schiene eingelegt. — Die Öffnung muss von Zeit zu Zeit gereiniget werden. Zur Vermeidung dieser Mühe hat man auf der Liverpool-Eisenbahn Kanäle unter den Öffnungen angelegt durch welche ein Knabe kriechen und sie reinigen kann. —

(Gerstner's *Mechanik*, I. Bd., Seite 607.)

[52]) Da man gefunden hat, dass die auf gewöhnliche Art in Sandformen gegossenen Räder an der Oberfläche und vorzüglich in der, von dieser und dem Spurkranze gebildeten Ecke sich sehr bald ausschleifen, so werden seit mehreren Jahren die Oberflächen aller Räder mittels eines sogenannten Schalengusses erzeugt. Man legt nemlich in die Sandform einen, nach der Krümmung der Radfelge genau ausgedehnten, mehrere (2 — 6) Zoll dicken gusseisernen Ring ein, und bestreicht denselben mit Oel; das flüssige Gusseisen erstarrt an diesem kalten mit Oel bestrichenen Ringe sehr schnell, erhärtet an seiner Oberfläche und bildet ein krystallinisches Gefüge, wodurch die Oberfläche so sehr gehärtet wird, dass jezt die Räder mehrere Jahre dauern, während sie bei gewöhnlichem Sandguss, vorzüglich in gekrümmten Bahnen, nur einige Monate zu brauchen waren.

(Man vergleiche Gerstner's *Mechanik*, I. Bd., S. 609).

Digitized by Google

talen deutschen Schienenwege eine Last von 200 englischen Zentnern oder 3 gewöhnliche, sammt Gewicht und Ladung ungefähr 3 Tonnen schwere, Steinkohlen-Wagen im günstigsten Falle; folglich zehnmal so viel als auf den besten Landstrassen. Die tägliche Arbeit-Zeit wird gewöhnlich zu 10 Stunden gerechnet, so dass also ein Pferd mit obiger Last in einem Tage einen Weg von 20 englischen Meilen (oder 8,68 bayerischen Poststunden) zurück legen kann.

Die vortheilhafteste Geschwindigkeit eines jeden Pferdes ist diejenige, in welche ein Pferd fällt, wenn man dasselbe frei und unangetrieben gehen lässt. Bei schweren Pferden beträgt diese Geschwindigkeit 2 englische Meilen in der Stunde oder 2,93′ in der Sekunde und bei leichten Pferden 2½ englische Meilen in der Stunde oder 3⅔′ in der Sekunde. Man sollte, wie dis auch unsere Fuhrleute mit schweren Frachtwägen recht gut wissen, die Pferde immer in diesem Schritte gehen lassen, wenn man den grösten Nuzen von ihnen ziehen will.

Der durch die Zugkraft zu überwältigende Widerstand auf Eisenbahnen hängt ganz besonders auch von der Beschaffenheit der Schienen ab; ob sie in einem guten Zustande und alle Unebenheiten bei ihrem Zusammenstosse gehörig vermieden; ob sie gerade oder krumm und endlich ob sie trocken oder nass sind. Ausserdem hängt auch der Widerstand noch von der Grösse der Ladung ab; nimmt diese zu, so nimmt jener umgekehrt etwas, jedoch nur wenig, ab; dagegen hat die Geschwindigkeit auf die Reibung, nach den angestellten Versuchen, durchaus keinen merklichen Einfluss. Der Widerstand auf nassen Schienen verhält sich zu dem auf trockenen Schienen, nach den gemachten Erfahrungen, wie 5 : 4 und wenn die Schienen mit Staub und Koth bedeckt oder nicht gut zusammen gestossen sind, so nimmt dieser Widerstand begreiflich in einem noch weit grösseren Verhältnisse zu. [53])

Der Effekt eines mittelmässig starken Pferdes auf einer horizontalen deutschen Eisenbahn ist daher nach dem Obigen höchstens 2. 200 = 400 engliche Zentner in der Stunde, eine engl.

---

[53]) Über die Verschiedenheit der Reibung auf Eisenbahnen, wenn diese Schienen trocken, nass, mit Reif, Eis oder Schnee bedeckt sind, sehe man einen Aufsaz von Herrn Professor Dietlein nach, welcher sich in Crelle's *Journal* II. Band, 3tes Heft, Seite 288 befindet. —

Digitized by Google

Meile weit fortgezogen. Nimmt man an, dass diese Last auf 3 Wagen vertheilt sey, und das Gewicht eines Wagens eine Tonne betrage, so beträgt der Nuzeffekt von einem Pferde auf einem deutschen Schienenwege 340 Zentner in der Stunde.

Eisenbahnen mit Kantenschienen.
(Englische Schienenwege.)

Die Kantenschienen sind es, welche in neuester Zeit fast ausschliesslich und allgemein in England in Gebrauch gekommen sind, da sie, besonders wenn sie von gewalztem Stabeisen angefertigt werden, entschiedene Vorzüge vor den Eisenbahnen mit flachen Schienen haben.

Nur in Gegenden, wo leztere in grösserer Anzahl bereits bestehen, wie in Süd-Wales und insbesondere in der Nähe von Newcastle, wird die Anlage von neuen Bahnen mit flachen Schienen durch die Gestalt der Räder mit flachen Felgen, gleichsam bedingt, da die Räder ohne Spurkranz, — so nennt man nemlich den vorstehenden Rand der auf Kantenschienen gehenden Wagen, — die englischen Eisenbahnen nicht befahren können.

Die grössten und vorzüglichsten, in neuester Zeit erbauten Schienenwege, namentlich die Darlington- und die Liverpool-Eisenbahn sind von dem berühmten Ingenieur Stephenson nach diesem Systeme angelegt worden.

Die Kantenschienen werden, wie bereits erwähnt wurde, theils von Gusseisen, theils von Schmiedeeisen und leztere zwar von gewalztem Stabeisen konstruirt. — Der Form und dem Querschnitte nach sind diese beiden Arten von Schienen nicht verschieden; nur in ihrer Länge, wie gleichfalls oben angeführt wurde, weichen sie wesentlich von einander ab, da die gusseisernen Schienen aus Stücken von ungefähr 3′ bis 4′, dagegen die von gewalztem Stabeisen aus Stücken von 15′ bis 18′ ja selbst von 30′ Länge bestehen.

Beide Arten von Schienen, die gusseisernen wie die schmiedeeisernen, ruhen in Stühlen oder Lagern, auf welchen sie gehörig befestigt werden. Die Schienen auf der Eisenbahn bei Darlington, in der Grafschaft Durham und auf jener von Manschester nach Liverpool, welche kaum vollendet ist, sind von Stabeisen, in einer einzigen Hize unter Walzen ausgewalzt

Digitized by Google

und es muss die Schiene 6mal die Walze passiren bevor sie fertigt ist. [54])

Die Schienen haben auf diesen beiden Bahnen eine Länge von 5 Yards oder 15 engl. Fuss. Jede Schiene ist in 5 Theile zu einer Yard abgetheilt und an jeder Abtheilung, also zwischen ihren Enden viermal, unterstüzt. (M. vgl. die Fig. 5, Taf. IV).

Die Schiene ist an der Oberfläche 2 Zoll breit und ihre Kanten sind abgerundet, so dass die grösste Breite 2 ¼″ beträgt; die Höhe dieses Theiles ist ¾. Die darunter angebrachte Verstärkungsrippe ist an den Stellen, wo die Schiene auf den gusseisernen Stühlen aufliegt 1½″ hoch und an der untern Seite ½″ stark; in der Mitte aber hat diese Rippe im Ganzen eine Höhe von 3¼″ — 3½″ und eine Stärke von ¾,″, und ist ausserdem noch mit einer 1″ hohen und 1″ dicken Schwellung versehen. Diese Schwellung fehlt an den Abtheilungen der Schienen, wo sie auf den Stühlen ruhen, ganz und es sind die Schienen an diesen Stellen auf eine Länge von 5″ eben und gerade.

In den gusseisernen Lagern oder Stühlen, welche in den Figuren 6, 7, 8a, 8b im Aufriss, Querschnitt und im Grundriss dargestellt sind, werden die Schienen, wie schon erwähnt, mittels eines Nagels oder Stiftes, oder noch besser durch einen Keil befestiget, denn die Erfahrung hat gelehrt, dass die Stifte gerne lose werden, die Keile aber ohne grosse Mühe in diesem Falle leicht nachgetrieben werden können. Die Lager haben zuweilen einen runden, wie Fig. 16 zeigt, zuweilen einen eckigen Ausschnitt, worin der stabeiserne oder noch besser stählerne Keil genau passt; oder es haben die Schienen auch einen hervorstehenden Absaz und die Lager eine entsprechende Vertiefung, wie Fig. 17, Taf. IV zeigt.

Die zur Aufnahme der Schienenenden bestimmten Lager haben zwar dieselben Abmessungen, wie die dazwischen liegenden Stühle, nemlich eine Länge von 6″, eine Breite von 4½″ und eine Dicke von ¾″, aber die Schienen werden in denselben durch 2 Nägel oder auch Keile befestigt. Der Theil des Lagers

---

[54]) Die Art, wie Schienen von Stabeisen gewalzt werden, indem sie durch 6 Model von verschiedenem Querschnitte rothglühend gezogen werden und hiedurch nach und nach die Gestalt, die sie haben sollen erhalten, findet man in der Abhandlung: *Über Schienenwege*; von Oeinhausen und Dechen, Seite 101 u. f., ausführlich beschrieben. —

Digitized by Google

auf dem die Schiene unmittelbar aufliegt, ist stärker und kreisförmig abgerundet, damit, wenn der Stuhl durch die Nachgiebigkeit des Bodens in eine schiefe Lage kömmt, die Schiene sich nicht verrücken und namentlich nicht aus ihrer horizontalen Richtung gebracht werden können und damit die Schiene auf der Kugelfläche sich wie in einem Chaniere bewege und ohne zu brechen den verschiedenen Bewegungen nachzugeben vermöge. Die Löcher in dem Boden der Stühle, durch welche die hölzernen Nägel getrieben werden, sind etwas konisch und oben $1\frac{1}{8}''$ weit; die Löcher für die quer durchgehenden Stifte haben $\frac{1}{2}''$ im Durchmesser.

Die steinernen Würfel, welche in ihren Abmessungen sehr differiren, sind gewöhnlich $10'' - 12''$ hoch, $21''$ lang und $14''$ breit. Diese Steine werden blos auf ihrer Oberfläche abgeglichen und in denselben für das Lager und die Vorsprünge eine Brust und 2 Löcher von $4''$ Tiefe ausgemeisselt, in welche die hölzernen Pflöcke zur Befestigung des Lagers getrieben werden. Die Löcher im Boden, in welche die Würfel gesezt werden, werden auf eine Tiefe von $3' - 4'$ mit kleingeschlagenen Steinen angefüllt, um die Wirkung der Frostes und die hiedurch mögliche Veränderung der Lage dieser Steine zu beseitigen. Die hölzernen Unterlagen oder Stege, deren man sich früher bediente, und die an einigen Orten, wo sie quer durch die Bahn gehen, der grössern Dauer wegen, selbst von Gusseisen gemacht wurden, bedient man sich jezt nicht mehr; auf Bahnen wo sie noch vorkommen, werden sie ausgewechselt.

Die gusseisernen Kantenschienen unterscheiden sich von den stabeisernen noch dadurch, dass sie an ihren Enden $2\frac{1}{4}''$ lange und $3\frac{1}{2}''$ hohe Laschen haben, mit welchen sie wechselseitig in den Lagern übereinander greifen. Die Laschen sind mit einem runden Loche versehen und nach ihren Enden zu etwas abgeschrägt.

Die Fig. 5, Taf. IV, stellt eine gusseiserne Kantenschiene dar, so wie sie auf dem Hatton-Schienenwege, nach den Liverpool- und Darlington-Eisenbahnen gegenwärtig dem schönsten in England, vorkömmt; ferner vergleiche man die Figuren 6, 7, 8^a und 8^b, welche die verschiedenen Ansichten eines Stuhles darstellen.

Die Kantenschienen von Gusseisen haben dieselben Abmessungen, wie die von Stabeisen, nur in der Mitte sind die Verstärkungs-Rippen stärker und höher; die grösste Höhe einer solchen

Digitized by Google

Schiene beträgt nemlich 6″, und die laufende Yard wiegt 48 ¾ Pfund, also beinahe doppelt so viel, als die auf dem Darlingtonwege, welche 28 Pfund per Yard wiegen. Um mit diesen gleiche Tragkraft zu haben, müsste sie wenigstens noch so viel wiegen; hieraus erhellt, welchen ökonomischen Vortheil die stabeisernen Schienen vor den gusseisernen, wenigstens in England, haben, wo das Stabeisen jezt nicht höher im Preisse steht, als das Gusseisen.

Die auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester angewendeten Schienen sind stärker als die, welche auf dem Darlingtonwege gebraucht werden, weil jene Bahn gleich anfänglich für den Transport mit Dampfwagen bestimmt wurde, was bei dem Darlington-Schienenwege nicht der Fall war; die laufende Yard Schienen wiegt daher 35 Pfund. Ein Stuhl wiegt gewöhnlich 6 bis 10 Pfund.

Über die Tragkraft der Kantenschienen von Gusseisen hat Wood Versuche angestellt. Schienen von Gusseisen, wie die auf der Hattonbahn gebräuchlichen, deren Abmessungen oben angeben sind, wogen bei 45½″ Länge und aus, mit altem Brucheisen gemischten Eisen gegossen, 58 Pfund. Mit dem spezifischen Gewichte der Schienen vermehrt sich auch ihre Tragkraft und in Berücksichtigung der verschiedenen Gewichte verhalten sich die Tragkräfte der ersten Art zu der zweiten wie 1 : 1,35. Die geringste Last, welche eine der obigen Schienen zerbrochen hat, war bei gemischtem Eisen 140 Zentner und bei ungemischtem 100 Zentner. Auf diesen Schienen gehen 80 Zentner schwere Wagen mit Sicherheit; demnach bricht die Schiene erst bei dem 7- oder 5fachen der Belastung, welche gewöhnlich darauf ruht.

Nach Tredgold soll die Breite der Schiene der darauf ruhenden Belastung proportional seyn; bei einer Belastung von 20 Zentner auf jedes Rad hat die Erfahrung eine obere Breite von 2″, 2¼″ bis 2½″ gut geheissen. Die mittlere Stärke der Schiene soll der halben obern Breite und die geringste Stärke einem Viertel der oberen Breite gleich, in jedem Falle aber nicht unter ½″ dick seyn. Hiernach vertheilt man die Masse einer Schiene so, dass die meiste Masse oben und unten, und die wenigste in der Mitte ist. Auf schiefen Ebenen muss man wegen der ungleichen Vertheilung der Last auf den Rädern die Schienen stärker machen. Sezt man das Gewicht eines Rades

Digitized by Google

in Zentnern = p, die Länge einer Schiene = l, und die mittlere Breite = b, so ist, nach Tredgold, für gewöhnliche Schienenwege $bh^2 = 0{,}022\ pl$; für die zum öffentlichen Gebrauche bestimmte Schienen soll man ihre Stärke aber um $\frac{1}{3}$ vermehren, also $bh^2 = 0{,}0293\ pl$ annehmen.

Noch ist zu bemerken, dass die gewöhnliche Form der englischen Schienen auf ihrer untern Seite eine parabolische Krümmung hat, und die Schiene diese Form, der Theorie zufolge, haben muss, wenn die Last blos in der Mitte wirksam gedacht wird; ist aber die Last gleichförmig auf der Schiene vertheilt, wie es bei dem darüber Hinrollen der Last angenommen werden kann, so ist die Schiene am stärksten, wenn die untere Seite eine halbe Ellipse bildet. [55])

---

[55]) Um zu zeigen, dass die untere Begrenzungslinie einer Schiene von Gusseisen, welche als ein harter unbiegsamer Körper angenommen werden kann, eine Ellipse ist, sey die Länge der an beiden Enden unterstützten Schiene = a, ihre Breite = b, der Abstand der Last von dem einen Ende = x, die dazu gehörige Höhe der Schiene = y, der Brechungs-Koeffizient, nach der Erfahrung, für einen Quadratzoll = k, und alle Abmessungen seyen gleichfalls in Zollen ausgedrückt, so ist nach bekannten Lehren der Statik, die Last P, welche einen Bruch in x zu veranlassen im Stande ist:

$$Q = \frac{y^2 . b . K}{2 (a - x) x} \quad \text{und}$$

$$y^2 = \frac{2 (a - x) x . Q}{b K} ; \qquad (I)$$

y wird am grössten für $x = \frac{1}{2} a$, setzt man also den Werth von y in diesem Falle = c, so hat man

$$c^2 = \frac{a^2 Q}{2 b k} , \qquad (II)$$

und wird die erste Gleichung mit der zweiten getheilt, so erhält man

$$\frac{y^2}{c^2} = 4 a^2 (a - x) x \quad \text{oder}$$

$$y^2 = 4 \frac{a^2}{c^2} (a - x) x , \qquad (III)$$

welches bekanntlich die Gleichung einer Ellipse ist, deren grosse Achse a und deren kleine Achse c ist. —

Da nun die Dicke der Schienen an ihren Enden, wo sie auf den Lagern aufliegen, nicht Null ist, sondern diese daselbst immer noch eine gewisse Dicke haben, so sey diese Dicke = d, und die Höhe der Schiene, um welche ihre Dicke auf die Entfernung x vom Ende zunimmt = y, so hat man wie oben

$$(d + x)^2 = \frac{4 a^2}{c^2} (a - x) x \quad \text{und hieraus}$$

$$y = \pm \frac{2 a}{c} \sqrt{(a - x) x} - d , \qquad (IV)$$

Digitized by Google

Aus den über die Tragkraft der Kantenschienen von gewalztem Stabeisen angestellten Versuchen, wie sie auf der Darlington- und Liverpool-Bahn vorkommen, geht hervor, dass eine gehörig befestigte Schiene eine grössere Tragkraft besizt, als eine nur lose aufliegende, woraus sich auch unmittelbar die Vorzüglichkeit langer, auf mehreren Unterlagen befestigten Schienen ergiebt. Das Gewicht, welches bei diesen Schienen anfängt eine bleibende Biegung hervorzubringen und die bei einer Last von 140 Zentnern auf einer nur lose aufliegenden 3′ langen Schiene 0,25 Zoll beträgt, ist demnach beinahe ebenso gross, als dasjenige, welches bei den vorhergehenden gusseisernen Schienen schon einen Bruch verursachte; die augenblicklich dadurch hervorgebrachte Biegung betrug ungefähr ½ Zoll.

Nach Tredgold soll die obere Breite einer Schiene von Stabeisen 2 Zoll und ihre mittlere Stärke ⅜ dieser Breite sey; nach demselben Ingenieur hat man ferner bei der oben angenommenen Bezeichnung für Kantenschienen von gewalztem Stabeisen bh = 0,01525 pl und es verhalten sich hiernach die Gewichte gewalzter und gegossener Schienen von gleicher Tragkraft wie 1 : 1,44, wenn man für erstere das Gewicht, welches eine beständige Biegung, und für leztere das Gewicht, welches einen Bruch bewirkt, annimmt.[56])

---

aus welcher Gleichung, wenn c bekannt ist, die Dicke y in einem beliebigen Punkte der Schiene gefunden werden kann. —

Für y = 0 findet man

$$d = \pm \frac{2a}{c} \sqrt{(a - x)\, x} \qquad (V)$$

[56]) Wood hat mit Schienen von Stabeisen, welche für die Darlington-Eisenbahn bestimmt waren, Versuche angestellt. Die Schienen waren von Abschnizel-Eisen (scrap iron); die Entfernung der Unterlagen betrug 3′; die Höhe in der Mitte 3 7/16″, an den Enden 2¼″; die Breite der oberen Fläche 2¼″; die Stärke ungefähr ⅝″, das Gewicht pro Yard 28 ℔. Die Schiene hatte 9′ Länge und wurde auf den Lagern ebenso befestigt, als auf dem Schienenwege. Die Schienen wurden in ihrer Mitte mit verschiedenen Gewichten beschwert und die Senkungen, welche den Gewichten von 84, 112, und 131,5 Zentnern entsprachen, waren 0,2″, 9,35″, 0,47″ und 0,57″. Nach jedesmaliger Hinwegnahme dieser Gewichte nahm die Schiene wieder ihre gerade Gestalt an. Bei dem Gewicht von 154 Zentner betrug die grösste Senkung 0,92″ und die Schiene nahm, ohne sonst weiters beschädigt zu scheinen, eine bleibende Biegung von 0,24″ an.

Digitized by Google

Der Reibungs-Koefficient kann auf den englischen Kantenschienen von Gusseisen bei einem Verhältnisse der Rad- und Achsen-Durchmesser von 12 : 1, bei hart gegossenen Rädern, breiten Pfannen und wenn Räder und Achsen $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$ der ganzen Wagenlast betragen, zu $\frac{1}{120}$ = 0,005 angenommen werden.

Eine 3′ langs ähnliche Schiene wurde, ohne weiters befestigt zu werden, frei auf ihre Lager gelegt; bei einer Last von 127¾ kehrte sie wieder in ihre vorige Gestalt zurück; bei einem Gewichte von 140 Zentnern nahm sie aber eine bleibende Biegung von 0,25″ an.

Diese Versuche zeigen, welchen Vortheil lange, gehörig befestigte Schienen über nur lose-aufliegende haben; und es geht hieraus zugleich die im Texte erwähnte Vorzüglichkeit langer Schienen hervor.

Es ist einleuchtend, dass in Bezug auf Ökonomie zwischen der Länge der Schienen und der Anzahl der Stühle, auf welchen jene liegen, ein gewisses Verhältniss für ein und dieselbe Belastung Statt finden muss, welches das vortheilhafteste von allen ist. Nach dem was oben S. 301 u. 303 angeführt wurde, sind wir im Stande, die Tragkraft einer Schiene von Guss- oder Schmiedeeisen zu berechnen. Sezen wir nun im Allgemeinen die Länge einer Schiene zwischen ihren Unterlagen = x, ihre mittlere Stärke = b, ihre Höhe = h, das Gewicht von einem Kubikzoll ihres Materials in Pfunden = g und den durch Erfahrung bestimmten Festigkeits-Koeffizienten = γ; sezt man ferner das ganze Gewicht eines Stuhles, welches man für gleiche darüber hingehende Lasten zu 10 ℔ als unveränderlich und als unabhängig von dem Gewichte der Schienen, betrachten kann, = p; und den Preis für das Pfund Eisen zu den Schienen = m und zu den Stühlen = n, so ist das Gewicht einer Schiene = g b h x, und für ihre Tragkraft hat man die Gleichung

$$\gamma\, q\, x = b\, h^2 \text{ und } h = \sqrt{\frac{\gamma\, q\, x}{b}},$$

also ist das Gewicht der Schiene = $g\, b\, x \sqrt{\frac{\gamma\, q\, x}{b}}$ und ihr Werth in Geld = $m\, g\, b\, x \,.\, \sqrt{\frac{\gamma\, q\, x}{b}}$.

Die auf einer beliebigen Länge des Schienenweges für eine Seite erforderliche Anzahl von Schienen ist = $\frac{l}{x}$ und die Anzahl der Stühle ist = $\frac{l}{x} + 1$; folglich sind die Kosten der Schienen und der Stühle auf diese Länge

$$= \frac{l}{x} \,.\, m\, g\, b\, x \,.\, \sqrt{\frac{\gamma\, q\, x}{b}} + p\, n \left(\frac{l}{x} + 1\right)$$

$$= l\, m\, g \,.\, \sqrt{\gamma\, q\, b\, x} + p\, n \left(\frac{l + x}{x}\right)$$

Dieser Ausdruck soll nun ein Minimum seyn; wird derselbe differentiirt und = o gesezt, so erhält man:

Digitized by Google

Bei den besten Wagen mit harten Rädern und gusseisernen Pfannen beträgt der Reibungs-Koefficient, unter günstigen Umständen, sogar nur $1/219$; dagegen bei den mit weichen Rädern und schmiedeeisernen Pfannen $1/114$, also ist in lezterem Falle der Widerstand fast um die Hälfte grösser. — Ob die Reibung auf schmiedeeisernen Schienen, wie man vermuthet, geringer ist, als auf gusseisernen, ist durch Versuche noch nicht ausgemittelt; übrigens wenn dis auch nicht der Fall ist, so geht schon aus dem Vorhergehenden hervor, dass die ersteren den lezteren vorzuziehen sind.

Fassen wir alle Vorzüge der Schienen von gewalztem Stabeisen gegen jene von Gusseisen noch kurz zusammen, so erhellt:

1) dass die Schienen von Stabeisen bei gleicher Tragkraft weniger wiegen, folglich nicht so kostspielig sind als die gusseisernen;

2) dass die ersten nicht so leicht mit Staub und Koth bedeckt werden als die leztern, wodurch der Widerstand um mehr als die Hälfte vermindert wird;

3) dass die erstern der Gefahr des Zerbrechens weniger ausgesezt sind, als die leztern;

4) dass die Schienen von Stabeisen, bei einer wenigstens vierfach grössern Länge als die von Gusseissen, in demselben Verhältnisse weniger Stösse haben; daher die Wagen auch sanfter darüber hinrollen und durch Vermeidung öfterer Stösse Schienen und Wagen weniger Schaden leiden.

5) dass die gewalzten Schienen sich viel sicherer und dauerhafter befestigen lassen, als die gusseisernen;

6) dass allenfalsige Krümmungen einer Eisenbahn sich viel gleichförmiger durch Schienen von Stabeisen herstellen lassen, als durch Schienen von Gusseisen, da erstere sich biegen, was bei den leztern nicht der Fall ist; und endlich

---

$$\tfrac{1}{2}\, l\, m\, g \sqrt{(b\, d\, \gamma)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x}} - \frac{p\, n\, l}{x^2} = o$$

und hieraus $x = \sqrt[3]{\left(\frac{2\, p\, n}{m\, g \sqrt{b\, \gamma\, d}}\right)^2}$.

Ist $9 = 20$ Zentner, $b = 1{,}25''$, $p = 10$ ℔ oder 0,089 Zentner; für Stabeisen $\gamma = 0{,}015$, $g = 0{,}266$ ℔ oder 0,0026 Zentner und $n = \frac{3}{4}\, m$, so ist $x = 19{,}2''$ und hieraus die Höhe einer Schiene $= 2{,}1''$ und ihr Gewicht $= 13{,}1$ ℔. —

Sind Schienen und Stühle von Gusseisen, so ist $\gamma = 0{,}0293$ und $m = n$, also $x = 18{,}5''$, die Höhe $= 2{,}9''$, und das Gewicht der Schiene $= 17{,}4$ ℔. —

Digitized by Google

7) dass die gusseisernen Schienen viel eher bei starkem Froste springen, als die von Stabeisen. [57])

Die Last, welche ein mittelmässiges starkes Pferd auf einer horizontalen englischen Kanten-Eisenbahn fort zu ziehen im Stande ist, beträgt, nach den vorausgehenden Angaben, 200 × 165 = 33000 Pfund oder 295 englische Zentner, und wenn der Reibungs-Koefficient, unter sehr günstigen Umsänden, zu $\frac{1}{219}$ angenommen wird, so beträgt die Last, welche von einem Pferde auf einer horizontalen Kantenbahn gezogen wird, 219 × 165 = 322 englische Zentner oder 4 Chaldron-Wagen, welche mit den Wagen zu 25 Zentnern im Ganzen ungefähr 16 Tonnen wiegen. Ein Pferd zieht also auf einem solchen Schienenwege fast eben so viele Tonnen, als es bei uns auf der besten Strasse Zentner zu ziehen im Stande ist; mit einer solchen Last legt es in einer Stunde auf der Darlington Eisenbahn gemächlich 3 englische Meilen zurück, oder in einem Tage, die eine in die andere gerechnet, 24 englische Meilen, oder ungefähr 10,4 bayerische Stunden. Auf ähnliche Art wie bei den deutschen Bahnen lässt sich hier wieder der ganze Effekt, sowie jener eines Pferdes für die englischen Eisenbahnen berechnen.

Hat die Bahn eine Neigung, so dass die Wagen durch ihre eigene Schwere, entweder ganz oder zum Theil herabrollen, so

---

[57]) Strickland spricht sich in seinen *Reports* weder zum Vortheile der gusseisernen noch zum Vortheile der stabeisernen Schienen aus. Er giebt zu, dass die Schienen von Stabeisen etwas weniger kosten und entschieden vortheilhafter sind, auf Bahnen, worauf, wie in Bergwerken, kleine Lasten gehen; allein für schwere Lasten seyen sie zu weich, ihre Oberflächen dehnen sich aus und blättern sich ab. Diese Nachtheile würden jedoch auch wieder von andern Ingenieuren geläugnet, welche dagegen noch ferner anführen, was wir zum Vortheil der stabeisernen Schienen bereits im Texte oben gesagt haben.

„Es ist schwer," fährt Strickland in seinem Berichte fort, „über beide Arten von Schienen zu entscheiden, da die darauf Bezug habenden Fakta selbst bestritten werden. — Man hat auch versucht, beide Arten miteinander zu vereinigen, indem man die obere Kante von Gusseisen auf der die Wagen laufen an einen geeignet gestalteten Stab von Schmiedeeisen angiessen wollte; allein der Versuch ist bis jezt noch nicht gelungen, da es schwer ist einen solchen Guss zu machen."

„Unstreitig würde eine solche Schiene jeder bis jezt gebrauchten vorzuziehen seyn; das Gusseisen hat eine lange Erfahrung für sich, und wo man gehärtete Räder gebraucht, würde ich, wie die Sache jezt steht, den Vorzug geben." —

Digitized by Google

ist der Effekt der Pferde natürlich viel grösser; wir werden weiter unten, wo von den geneigten Ebenen die Rede seyn wird, hierauf wieder zurückkommen und bemerken nur noch, dass auf den Strecken mit einer Neigung von 1′ auf 160′ Länge, wie sie z. B. auf der Darlington-Bahn vorkommen, die Wagen durch ihre eigene Schwere herabrollen, und die Pferde in einem hinten angehängten Wagen selbst mit herabgeführt werden.

Die auf den englischen Schienenwegen gehenden Wagen sind von denen, welche auf den deutschen Bahnen gehen, nur durch den vorstehenden Rand der Felgen der Räder oder den sogenannten Spurkranz verschieden. Die Räder haben gewöhnlich 30 Zoll im Durchmesser und einen 3″ bis 3¼″ breiten Radkranz, über den der Spurkranz ¾″ bis 1¼″ in einer etwas schiefen Richtung hervorsteht. Die Eisenstärke des Radkranzes beträgt ½″ — ⅝″, und da wo der Spurkranz ansizt 1⅛″ bis 1½″. Das Gewicht eines der schweren 30″ hohen gusseisernen Räder beträgt 250 — 280 Pfund. Das vortheilhafteste Gewicht der Wagen mit ihrer Last wird durch die Erfahrung zu 3 Tonnen oder 48,6 bayerischen Zentnern bestimmt.

Die leichtesten Wagen, welche auf Eisenbahnen in England gehen, wiegen 10 Zentner oder ½ Tonne und ihre Ladung beträgt 2½ Tonnen, also Gewicht des Wagens und der Ladung zusammen 3 Tonnen. [58]) —

---

[58]) Wir sind zwar durch die im Texte angegebenen Daten in den Stand gesezt, die auf den verschiedenen Eisenbahnen erforderliche Zugkraft nach verlässigen Erfahrungen zu bestimmen, wenn das Verhältniss der Durchmesser der Achsen zu dem der Räder, so wie das Material, aus welchem beide bestehen, bestimmt angegeben sind; allein wir wissen noch nicht, wie gross der Einfluss dieses Verhältnisses und des Materials von Achse und Nabe auf die Zugkraft selbst ist. — Um denselben kennen zu lernen, sey der Halbmesser des Rades = R und der Halbmesser der Achse = r; das Gewicht des Wagens mit der Ladung = Q und der Koeffizient für die Reibung oder der Widerstand am Boden = m. — Wäre die Achse an dem Rade fest, so dass durch die Kraft das Rad fortgezogen oder auf den Boden vielmehr fortgeschleift würde, so wäre der Widerstand am Boden begreiflich = m Q, und in diesem Falle die Zugkraft P = m Q. Da nun aber die Achse in der Büchse sich umdreht, so entsteht von dem Drucke der auf den Achsen ruhenden Last am Umfang der Achse ein Widerstand, nemlich die Reibung zwischen Achse und Büchse, welcher dem Drucke proportional, und den Reibungs-Koeffizienten zwischen Büchse und Achse = μ gesezt, = μ Q ist; vorausge-

Digitized by Google

Es ist hier der Ort von den Dampfwagen einiges anzuführen, welche gegenwärtig in England so sehr die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich ziehen und die bereits auf mehreren Eisenbahnen, namentlich der Hatton-, der Darlington- und auch der Liverpool-Eisenbahn im Gange sind.

Schon vor 20 Jahren und noch früher wurden Vorschläge und auch Versuche gemacht, mit Dampfwagen zu fahren. Um sie in Bewegung zu sezen, brachte man an denselben noch ein fünftes verzahntes Rad, entweder in der Mitte des Wagens oder an der Seite zwischen den Rädern an, dessen Zähne in eine gleichfalls verzahnte Stange eingriffen. — Es musste demnach zwischen den Schienen der Bahn entweder noch eine dritte Schiene gelegt, oder eine der eigentlichen Eisenbahn-Schienen mit einem verzahnten Rande versehen werden. Mit solchen Dampfwagen war es möglich auch schiefe Ebenen hinanzusteigen. In neuester Zeit hat man dieses System von Dampfwagen verlassen. Die Dampfwagen, welche gegenwärtig in England angewendet werden, haben kein verzahntes fünftes Rad; der Widerstand der durch die Reibung, zwischen Rad und Schiene Statt findet, reicht hin, den Wagen in Bewegung zu sezen, und ihn in derselben zu erhalten, wenn die Räder sich umdrehen. — Die Schienen der Eisenbahnen, auf welchen Dampfwagen gehen, werden daher gerade so wie die oben beschriebenen konstruirt.

---

sezt, dass man das Gewicht des unterhalb der Achse liegenden Theiles der Räder als unbedeutend nicht berücksichtigt.

Wird dieser Widerstand auf den Umfang des Rades reduzirt, so ist derselbe $= \frac{r}{R} \mu Q$. Es kann nun das Rad nur in dem Falle umgedreht werden, wenn der Widerstand $m Q$ grösser, als $\frac{r}{R} . \mu Q$ ist; ist aber $m Q$ kleiner, wie dis manchmal im Winter auf glatten Schneebahnen, wenn die Schmiere in den Büchsen eingefroren ist, Statt findet, so kann sich das Rad nicht umdrehen.

Die nach horizontaler Richtung wirkende Zugkraft ist also

$$P = m Q + \frac{r}{R} \mu Q .$$

Bei messingenen Büchsen und guter Schmiere kann, nach Cordier μ zu $\frac{1}{11,5}$ und mit alter Schmiere zu $\frac{1}{8,5}$, also im Mittel zu $\frac{1}{10}$ angenommen werden; für gusseiserne Pfannen und harte Räder kann man aber μ wohl $= \frac{1}{16}$ annehmen. — Sezt man ausserdem, wie dis bei den Wagen auf Eisen-

Digitized by Google

Wegen des grössern Gewichts und der grössern Schnelligkeit der Dampfwagen werden die Schienen, wie dis bereits oben bemerkt wurde, um den 4ten Theil ihres Gewichts stärker gemacht.

Nach der Meinung des englischen Ingenieurs Walker, welcher im Jänner des Jahres 1829 von der Direktion der Liverpool Eisenbahn abgesandt war, um die verschiedenen, zur Ausführung gekommenen Systeme von Dampfwagen zu untersuchen, soll der vortheilhafteste Dampfwagen die Kraft von 10 Pferden haben; die Räder sollen 5 Fuss hoch seyn; der Druck des Dampfes soll auf den Quadratzoll 40 bis 50 ℔ und die Hubhöhe des Kolbens 24″ und das ganze Gewicht der Maschine mit dem Munitionswagen, welcher die Kohlen und das Wasser führt, nicht mehr als 10 Tonnen betragen. Die neuesten Dampfwagen von denen wir später mehr anführen werden, sind kaum halb so schwer. — Der Verbrauch an Koh-

---

bahnen der Fall ist $\frac{r}{R} = 1/15$, *) so ist $\frac{\mu r}{R} = \frac{1}{240}$ und für Q = 16 Tonnen = 35840 ℔.

$$\frac{r}{R}\ \mu\ Q = 149{,}3\ ℔.$$

Um den Werth des Koeffizienten m zu bestimmen, erinnere man sich, dass, nach den Versuchen von Coulomb, die wälzende Reibung sich direkt wie die Pressungen und verkehrt wie die Durchmesser der Walzen verhält und dass bei einer 1000 ℔ schweren eisernen Walze von 6″ Durchmesser die Reibung 6 ℔ betrug. Nehmen wir nun wieder R = 34″, so ist der Werth von m, wenn das Rad und die Bahn auf welcher das Rad geht, von Eichenholz wäre

$$m = \frac{6}{34} \cdot \frac{6}{1000} \cdot Q$$

und für Q = 16 Tonnen = $\frac{36}{34} \cdot \frac{35840}{1000} = 37{,}9$ ℔.

Da die Reibung von polirtem Eichenholz auf Eichenholz, mit welchem Coulomb den angeführten Versuch anstellte, mit der von Eisen auf Eisen, welches durch längeres Befahren auch sehr glatt abgeschliffen ist, als gleich gross angesehen werden kann, wie es auch Herr Professor Dr. Dietlein annimmt, (man vergl. Crelle's *Journal* II. Band, 3tes Heft, S. 203) so hat man in diesem Falle:

$$P = m\,Q + \frac{r}{R} \cdot \mu\ Q = 37{,}9\ ℔ + 149{,}3\ ℔ \text{ oder}$$

$$P = 186{,}2 \text{ englische } ℔.$$

*) Auf der Budweiser-Bahn ist $\frac{r}{R} = 1/24$; man wird demnach bei gut gebauten Wagen immer $\mu\ \frac{r}{R}$ zu $1/240$ annehmen können. —

Digitized by Google

len wird zu 2½ ℔ per Meile und Stunde und die Kosten eines solchen Dampfwagens werden zu 600 Pfund Sterling angeschlagen.

Im Winter, wenn die Bahn nass ist, zieht ein Dampfwagen 16, und im Sommer, wenn die Bahn trocken ist 20, mit einem Chaldron Kohlen beladene Wagen; folglich beträgt die ganze Last, welche ein Dampfwagen im Sommer zieht, jeden der 20 leeren Wagen zu einer Tonne gerechnet, 1460 Zentner oder 73 Tonnen, — Die Dampfwagen leisten also ebensoviel, als 4 bis 5 Pferde, wobei jedoch die Geschwindigkeit wenigstens noch so gross, als die der Pferde ist, folglich kann ihr Effekt dem von 8 bis 10 Pferden gleich gerechnet werden.

Überzeugt von den grossen Vortheilen, welche die Einführung der Dampfwagen auf der Liverpool-Eisenbahn bringen würde, liess die Direktion dieser Bahn, nicht nur durch zwei eigens nach dem nördlichen England abgeschickte Ingenieure worunter der bereits genannte Ingenieur Walker war, die verschiedenen, in Anwendung gekommenen Dampfwagen untersuchen, sondern sie sezte auch noch einen Preis von 500 Pfund Sterling für den best-konstruirten Dampfwagen fest, und bestimmte in der Preis-Aufgabe, dass das Gewicht des Dampfwagens ohne seinen Munitionswagen nicht über 6 Tonnen betragen dürfe, dass die Ladung wenigstens 3mal so gross als sein Gewicht seyn müsse, und dass der Wagen nicht langsamer als mit 10 englischen Meilen in der Stunde fahren dürfe.

---

was bekanntlich die Kraft eines starken englischen Pferdes ist, welches auf einer guten Kanten-Eisenbahn 16 Tonnen fortzuziehen vermag.

Erfahrungen, nach welchen die Reibung an den Achsen von der am Boden getrennt ausgemittelt worden wäre, sind uns keine bekannt. Gewöhnlich wird, wie dis auch im Texte nach den Angaben englischer Ingenieure geschah, der Widerstand für beide Arten von Reibung im Ganzen angegeben; dis ist auch bei den von Wood auf einer Kanten-Eisenbahn angestellten Versuchen der Fall. Die Schienen, auf welchen die Versuche angestellt wurden, waren gegossen, oben 3½″ breit und 39½″ lang. — Die Räder der Wagen waren auf den Achsen fest, hatten 34″ im Durchmesser und einen ¾″ vorstehenden Spurkranz und die Achsen sind 2¼″ dick und von Schmiedeeisen. — Bei den besten Wagen, mit harten gegossenen Rädern und gusseisernen Pfannen, war der Reibungs-Koeffizient $\frac{1}{219}$ und bei den schlechtesten, mit nicht harten Rädern und breiten schmiedeeisernen Pfannen, $\frac{1}{114}$. —

Digitized by Google

Der Ingenieur Stephenson erhielt den Preis; sein Dampfwagen, die Rakete (the Rocket), zog 3mal so viel als er selbst wog und er fuhr mit demselben 12½ englische Meilen in einer Stunde; mit einem blos mit 30 Personen besezten Wagen machte er 22 bis 28 engl. Meilen (9½ — 12 bayerische Poststunden) in der Stunde. Die Rakete wog 4 Tonnen 3 Zentner und mit ihrem Munitionswagen im Ganzen 5 Tonnen 17 Centner. Die Fig. 18, Taf. IV. stellt diesen Dampfwagen mit seinen Munitions-Wagen im Aufrisse dar.

Der Kessel A hat 6′ Länge und 3′ im Durchmesser; der Ofen B hat 6′ Länge und 3′ im Durchmesser und ist mit einem eisernen Überzug versehen, zwischen welchem und dem Feuerherde ein Zwischenraum von 3″ bleibt, der mit Wasser ausgefüllt ist und mit dem Kessel in Verbindung steht. Die erhizte Luft des Kessels cirkulirt durch denselben mittels 25 kupferner Röhren von 3″ im Durchmesser, welche sich in dem langen Schornsteine C enden.

F, G sind Sicherheitsklappen und H, H ist die Dampfröhre; D ist einer der zwei Dampfcylinder, welche sich unter einem Winkel gegen die Räder hinneigen und den Kessel, zwischen sich, wie zwei Arme umfassen. E ist eine der Verbindungsstangen, welche den Rädern Bewegung mittheilt, a ist der Schieber des Stempels vom Cylinder, den man in der Figur sieht und o eine der Entweichungsröhren. M ist der Theil des Munitionswagens, welcher für das Brennmaterial bestimmt ist; N ist das Wasserfass.

Sezt man den Effekt des Wagens mit harten Rädern und gusseisernen Pfannen = 1,000, so ist der Effekt des Wagens mit harten Rädern und messingenen Pfannen 0,904
mit harten Rädern und schmiedeeisernen Pfannen 0,707
mit weichen Rädern und gusseisernen Pfannen 0,707
mit weichen Rädern und messingenen Pfannen 0,644
mit weichen Rädern und schmiedeeisernen Pfannen . . . . 0,534.

Diese Angaben sind aus Karsten's *Archiv* 19ter Band, 1s Heft, S. 201, entlehnt.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir die oben aufgestellte Formel, welche, so einfach sie auch ist, doch von keinem Schriftsteller, so viel uns bekannt, in dieser Allgemeinheit und Einfachheit aufgestellt wurde, noch auf andere Beispiele und namentlich auf gewöhnliche Stein-Strassen anwenden. Selbst Herr Ritter von Gerstner, welcher am vollständigsten die Theorie der Fuhrwerke in seinem *Handbuche der Mechanik*, Prag 1831, abhandelt,

Digitized by Google

Ein anderer, von dem schwedischen Ingenieur Ericson angegebener Dampfwagen, die Neuigkeit (the Novelty), welcher seine Munition selbst auf seinem Rücken trug, 2 Tonnen 15 Zentner, und mit dem Wasser und den Kohlen, 3 Tonnen 10 Zentner, wog, legte mit einer Ladung, welche 3mal so gross, als sein eigenes Gewicht war, so dass die ganze Last 15 Tonnen betrug, in einer Stunde 20¾ englische Meilen (9 bayer. Stunden) zurück und als die Last später blos auf das Gewicht eines Wagens mit 45 Personen zu ungefähr 3½ Tonnen reduzirt wurde, also die ganze Last nur 9 Tonnen betrug, legte er einen Weg von 30 bis 32 englischen Meilen (13 bis 13,86 Stdn.) in der Stunde zurück. — Dieser Dampfwagen, nach einem neuen Systeme und eben so elegant als solid erbaut, erfreute sich des allgemeinsten Beifalls; ein unbedeutendes Unglück war Ursache, dass er den Forderungen der Aufgabe nicht entsprechen und den Preiss nicht erhalten konnte.

Nach den neuesten Anzeigen (Journal du Génie civil, Tom. VI, pag. 383, Paris 1830.) soll die Rakete von Stephenson mit einer Last von 40 Tonnen, das Gewicht des Wagens mitbegriffen, einen Weg von 14 Meilen und mit Passagiren einen Weg von 28 Meilen; und die Neuigkeit soll, was fast unglaublich scheint, mit einer Ladung sogar einen Weg von 30 und mit Passagiren einen Weg von 50 englischen Meilen in der

---

scheint Seite 574, wo er vom Widerstande an den Achsen spricht, die Reibung an der Achse mit der am Boden zu verwechseln, da er zwar den Widerstand, der durch das Einschneiden der Räder in weichen Boden stattfindet, berücksichtiget, aber bei festen Strassen, wie bei Eisenbahnen, einen Widerstand am Boden gar nicht annimmt.

Über den Widerstand der Zugkraft auf verschiedenen Strassen wollen wir noch folgende Erfahrungen aus Cordier und aus Dingler's *Journal* (34. Bd., Heft 5) anführen.

Sezt man das Gewicht des Wagens und der Zugkraft = Q, so ist die wirkliche Zugkraft bei Strassen

in losem Sande	0,165 — 0,240	im Mittel . .	=	0,204 Q.
Neu beschüttete Wege . .	0,121 — 0,180	» » . .	=	0,143 Q.
Gewöhnlicher Erdweg . .	0,091 — 0,121	» » . .	=	0,106 Q.
Harter fester Lehm	0,036 — 0,061	» » . .	=	0,053 Q.
Trockner harter Wiesengrund			=	0,040 Q.
Strasse, etwas kothig 0,030) Strasse, mehr kothig 0,039)		. . . . .	=	0,024½ Q.
Strasse, frei von Schutt und von Koth	0,030 — 0,031	.	=	0,030½ Q.

Digitized by Google

Stunde zurückgelegt haben; — hiebei ist der Gang dieser Wagen so sanft und stetig, dass man, wie Mehrere versichern, auf denselben, während der Fahrt, lesen und schreiben kann. —

Die Dampfwagen erfordern zu ihrer Bedienung nur einen Mann und einen Knaben. Beträgt die Neigung der Eisenbahnen nicht mehr, als $\frac{1}{2}$ oder höchstens $\frac{1}{96}$ pr. %, so können auf denselben, noch mit Vortheil, Dampfwagen gehen, ist aber die Neigung stärker, und beträgt sie $\frac{1}{60}$, so können die Dampfwagen nur die Hälfte der Last fortschaffen, welche sie auf horizontaler Bahn ziehen, also statt 20 — 24 nur 10 — 12 Chaldron - Wagen; bei einer Neigung von $\frac{1}{48}$ muss ihnen aber durch Pferde oder andere mechanische Vorrichtungen, z. B. durch stehende Dampfmaschienen, nachgeholfen werden. —

Im Vorhergehenden sind die Daten enthalten, um den Effekt der Dampfwagen mit denen der Pferde unter verschiedenen Umständen zu vergleichen. Die Rechnungen sind einfach und leicht; wir halten es für unnöthig uns dabei zu verweilen.

Ausser den beweglichen Dampfwagen ist in England, selbst auf horizontalen oder nur wenig geneigten Eisenbahnen, ein System mit stehenden, in Stationen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meilen aufgestellten, Dampfmaschinen zur Ausführung gekommen, durch welche die Wagen mittelst Seilen oder Ketten, die über Frik-

---

Die Breite der Radfelgen hat auf den Eisenbahnen keinen erheblichen Einfluss; desto grösser ist aber derselbe auf gewöhnlichen Stein-Strassen, wie jezt allgemein anerkannt wird. — Man vergleiche hierüber Herrn Ritter von Gerstner's *Mechanik*, S. 585 und 596; und Herrn Oberbaurathes A. von Schlichtegroll's *Abhandlung über den Nuzen breitfelgigter Räder* München 1819. —

Hat die Eisenbahn eine Neigung, so lässt sich mit Hülfe der Formel (I) Note 25 und der obigen Angaben in allen Fällen die Zugkraft bestimmen. Z. B.

Ist die Neigung $= \frac{1}{50}$, $\mu = \frac{1}{200}$, $Q = 16$ Tonnen, so ist die Zugkraft $P = \frac{\mu g + h}{1 - 2h} . Q = 933$ engl. ℔ oder 5mal so gross als auf horizontaler Bahn.

Ist die Neigung $= \frac{1}{100}$, so ist $P = 548$ engl. ℔ oder fast 3mal so gross etc.; und ist die Neigung $= \frac{1}{160}$, so ist $P = 408$ engl. ℔ oder 2mal so gross.

Digitized by Google

tions-Rollen laufen, vorwärts gezogen werden. Der Ingenieur Walker zog das System der stehenden Dampfmaschienen dem der Dampfwagen vor, ehe diese lezteren die Verbesserungen erhalten hatten, welche in jüngster Zeit an ihnen angebracht worden sind. Es würde zu weit führen, wollten wir uns auf fernere Details hierüber einlassen; wir begnügen uns anzuführen, dass man im 34ten, 35ten, 39ten und 40ten Bande von Dingler's polytechnischem Journale; dann im VI. und VII. Bande vom Journal du Génie civil; im Archiv für Berg- und Hüttenbau, 19ter Band, erstes Heft, und endlich in Strickland's Reports (Philadelphia 1826), ausführliche Mittheilungen über beide Systeme von Dampfwagen, sowie über Eisenbahnen im Allgemeinen findet. [59])

Palmer'sche Eisenbahnen.
(Schwebende Schienenwege).

Die Konstruktion dieser Art Bahnen, von welcher schon zu Anfang dieses Kapitels Erwähnung geschah, so wie der Bau der auf denselben gebräuchlichen Wagen, wird durch die auf der VI. Tafel, Fig. 19, 20 u. 21 dargestellte Zeichnung, welche aus Cordier's Ponts et Chaussées, Tome I, entnommen ist, ganz deutlich. — Dieses Buch enthält zugleich eine Beschreibung der Palmer'schen Eisenbahnen von dem Erfinder selbst; man vergl. Seite 443, 470 u. f. —

Der Umstand, dass die gewöhnlichen, dem Boden ganz oder beinahe gleich liegenden Schienenwege vom Staube, Koth und Schnee sehr leicht bedeckt werden, und hiedurch der Vortheil, den die Eisenbahnen vor den gewöhnlichen Strassen haben, ganz verloren geht, veranlasste den englischen Ingenieur Palmer, ein System von Eisenbahnen zu erdenken, welches über dem Boden erhaben seyn, und wegen der grossen Kosten, die eine

---

[59]) Es blieb uns noch übrig, den Effekt der durch Pferde oder Dampfkraft gezogenen Wagen mit einander zu vergleichen, wobei sich Gelegenheit geben würde, manche interessante Bemerkung zu machen. Allein abgesehen davon, dass wir eine gewisse Grenze, die wir uns gesezt, bei Verfassung der eingeschalteten Kapitel nicht überschreiten dürfen, haben wir absichtlich manche Rechnungen, und besonders solche, die zur Vergleichung der im Texte enthaltenen und durch die Erfahrung gebotenen Resultate dienen würden, nicht angestellt: möchten die Eleven diese, wie manche andere blos angedeutete Aufgabe zur Übung selbst lösen. —

Digitized by Google

erhöhte Lage über dem Boden nothwendig veranlassen musste, statt aus zwei, blos aus einer Schienenlinie bestehen sollte.

Der eigentliche Schienenweg ruht auf hölzernen oder gusseisernen Säulen, welche in Entfernungen von ungefähr 10′. von Mitte zu Mitte, in die Erde fest eingerammt werden. Diese Säulen haben, je nach den Unebenheiten des Geländes verschiedene Höhen, und sind an ihrem oberen Ende mit gabelförmigen Ansäzen versehen. Auf diesen Gabeln ruhen 9″ hohe und 3″ starke Bohlen auf doppelten hölzernen Keilen, so dass sich die Schienen mit Leichtigkeit in die Ebene der Bahn bringen lassen. Die auf diese Bohlen aufgenagelten, etwas konvexen, stabeisernen Schienen sind $3\frac{1}{2}$″ breit uud $\frac{1}{2}$″ in der Mitte stark. Die Räder haben zwei Spurkränze von $1\frac{1}{4}$″ Höhe.

Es erhellt, welchen Vortheil dieses System vor jedem andern in Bezug auf Ersparung in den Erdarbeiten, und bei einer neuen Anlage, wegen der geringeren Breite, auf Ersparung von Grund-Entschädigung hat. Die Schienen selbst, auf welchen sich der Wagen bewegt, können von Holz oder von Eisen seyn.

Der Wagen hat zwei, in derselben vertikalen Ebene hinter einander laufende Räder; die sie verbindende Stange trägt zwei Kästen, den einen zur Linken und den andere zur Rechten, in welche die Waaren gelegt werden. Eine ungleiche Belastung, obgleich man sie zu vermeiden sucht, hat doch keinen Nachtheil. Neben dem Schienenwege befindet sich auf der einen Seite ein Ziehweg für die Pferde, welche den Wagen an langen Seilen ziehen, um den Einfluss, welchen die schiefe Richtung des Seiles auf die Verminderung der Zugkraft hat, weniger fühlbar zu machen. Das Seil, an welchem das Pferd zieht, wird an einer der Achsen des Wagens befestigt.

Die Kästen lassen sich leicht losmachen und, wenn es nöthig ist, auf andere Wagen bringen. Staub und Koth, welche diese Bahnen, wie schon erwähnt, nicht so leicht bedecken, als die dem Boden zugleich liegenden Arten, können, sowie der Schnee, leicht mit einem Besen weggekehrt werden. Palmer giebt den Widerstand auf diesen Bahnen zu $\frac{1}{300}$ der Last an.

In England sind blos zwei Schienenwege dieser Art angelegt worden. Der erste in dem Proviantamte zu Deptford bei London dient zum Transport der Vorräthe aus den Waarenhäusern bis zur Themse; die Wagen auf dieser Eisenbahn haben drei hintereinander laufende Räder von 18″ Höhe. Der zweite

Digitized by Google

führt von den Kalköfen und der Ziegelei bei Cheshunt nach dem Lee-Kanale; seine Länge beträgt nur ¾ englische Meilen. Die Wagen haben zwei 26″ hohe Räder; jeder Kasten wird mit 20 Kubikfuss Kalk oder Ziegel beladen, die 20 Zentner wiegen. Ein Pferd zieht 2 solche Wagen, also ohne die Wagen 80 Zentner. [66])

---

[66]) Man hat auch in England angefangen, Steinbahnen anzulegen; so ist von den Werften zu London nach der City eine 3 Meilen lange Granit-Bahn hergestellt, worauf das schwerste Fuhrwerk geht. Die in das gewöhnliche Pflaster eingesezten Granitquader haben eine Länge von 2′, eine Breite von 18″ und eine Höhe von 15″; die Pferde ziehen 6 — 9mal soviel, als auf den gewöhnlichen Strassen; die Reibung auf diesen Steinbahnen beträgt $^{3}/_{180}$ der Last, also fast nicht mehr als auf den besten Eisenbahnen.

Hieraus geht hervor, welchen grossen Vortheil festes, geschlossenes und sorgfältig hergestelltes Pflaster, namentlich in grossen Städten, hat; wollte man denselben entziffern, was nicht unmöglich scheint, so würde man die Überzeugung erlangen, dass der Aufwand, welchen die sorgfältigere Herstellung eines Pflasters erheischt, mehr als hinlänglich durch die Kosten sich bezahlt macht, welche für Abnüzung und Unterhaltung von Wagen, Geschirr und Pferden erspart werden.

Digitized by Google

XVIII. Vorlesung.

(Eingeschaltet.)

Allgemeine Bestimmungen über die Anlage von Eisenbahnen. — Einfache und doppelte Bahnen; Richtung und Neigung derselben; schiefe Ebenen; Bremsberge; Ausweichepläze. — Kunstarbeiten und Kosten der Eisenbahnen. —

Nachdem im Vorhergehenden die verschiedenen Konstruktions-Arten und die Abmessungen der gebräuchlichsten Schienenwege angegeben und die Mittel, die Transporte entweder durch die Kraft der Pferde oder Dämpfe zu bewerkstelligen, beschrieben worden sind, bleibt uns nun noch übrig, die allgemeinen Grundsäze aufzustellen, nach welchen Eisenbahnen angelegt werden.

Eine Eisenbahn ist entweder einfach oder doppelt, je nachdem sie blos aus einer oder aus zwei neben- und parallel zu einander laufenden Bahnen besteht.

Auf einer doppelten Eisenbahn können die Wagen mit verschiedenen Geschwindigkeiten sich bewegen, was bei einer einfachen nicht möglich ist; gewöhnlich dient der eine Weg einer doppelten Bahn zum Hin- und der andere zum Herfahren.

Auf einer einfachen Bahn müssen, wenn anders der Transport nicht auf eine eigene Weise angeordnet und der Zweck nicht ein ganz besonderer ist, Ausweiche-Pläze und zwar in der Art angelegt werden, dass man von jedem Ausweiche-Plaze aus den nächsten folgenden direckt, oder von demselben wenigstens ein, durch eine Art von Telegraphen gegebenes Zeichen sehen könne. —

Die Länge dieser Ausweichepläze, bei welchen die Bahn nur an den Stellen, wo jene Statt finden, doppelt ist, richtet

Digitized by Google

sich nach der Anzahl der aneinander gehängten Wagen. Geschieht der Transport durch Pferde und zieht ein Pferd 4 gewöhnliche Chaldron-Wagen, wovon jeder 10′ — 12′ und die Verbindungsketten zwischen ihnen 1′ lang sind, so beträgt die Länge der Ausweichung 80′ — 100′; geschieht aber der Transport durch Dampfmaschienen, so dass 16 bis 20 Wagen hinter einander hängen, so müssen diese Ausweichungen eine Länge von 300′ bis 400′ haben. Auf dem Darlington-Schienenwege, auf welchem nun auch Dampfwagen gehen, kommen auf 2 englische Meilen 7 Ausweichungen.

Wir haben oben schon erwähnt, dass die Spurweite einer Eisenbahn, oder eines Schienenweges im Allgemeinen gewöhlich $4\frac{1}{2}$ Fuss betrage; werden also zu beiden Seiten dieser Bahn $3\frac{3}{4}$′ breite Fusswege angelegt, so beträgt die obere Breite eines einfachen Schienenweges 12 Fuss — manchmal jedoch auch nur 9 Fuss. —

Doppelte Bahnen sind durch ein Banket von 1,5′ — 4′ Fuss Breite getrennt; ihre obere Breite beträgt daher mit den Fussbänken zu beiden Seiten mindestens 18′ und höchstens 24′. Die untere Breite der Bahn, in so fern sie blos von der Anlage der Böschungen und Gräben abhängt, wird auf dieselbe Weise, wie bei gewöhnlichen Strasen, bestimmt.

Beispiele einer drei oder vierfachen Bahn sind uns keine bekannt, — wenn anders einzelne Strecken grösserer, entweder einfach oder doppelt angelegter Bahnen, nicht als solche angesehen werden wollen.

Als Beispiel von einfachen Bahnen können die Darlington- und Hatton-Bahn und die meisten in England angelegten Bahnen angesehen werden; eine doppelte Bahn ist die Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester; wegen des ausserordentlichen Verkehrs auf dieser Bahn spricht man davon, sie vierfach anzulegen.

Auf dieser Eisenbahn werden gegenwärtig mindestens 2000 Tonnen Waaren verführt, und ausserdem reisen täglich 400 Personen in 40 Kutschen hin und her, ohne die Hunderte von Personen, welche mit den Dampfwagen fahren. Der Weg von $31\frac{1}{4}$ englischen Meilen wird von einer Dampfkutsche gewöhnlich in 2 Stunden, manchmal selbst in $1\frac{1}{2}$ Stunden zurücklegt. Ein Dampfwagen führt 110 Personen und eine Person zahlt für

Digitized by Google

die Fahrt von Liverpool nach Manchester 2 Schilling und 7 Penny oder 1 fl. 33 kr.

Die Eisenbahn von St. Etienne nach Lyon, sowie jene zwischen der Donau und Moldau sind einfache Bahnen.[61])

Das erste, was bei der Anlage einer Eisenbahn vorzunehmen ist, ist die Bestimmung und Wahl des Strassenzuges. In Bezug auf Richtung wird eine Eisenbahn nach denselben Principien, wie eine Stasse angelegt: der geradeste und kürzeste Weg ist auch hier der beste, wenn die Eisenbahn in einer Ebene erbaut wird, und wenn in einer gebirgigen Gegend die Ersteigung oder Umgehung von Höhen nicht zu einer langen Entwickelung des Zuges oder zu besonderen Modificirungen desselben nöthigen. —

---

[61]) Das Längen- und Querprofil und der Situations-Plan der von Herrn Ritter von Gerstner angelegten Eisenbahn zur Verbindung der Donau und Moldau zwischen Budweis und Mauthhausen, befindet sich in dessen *Handbuch der Mechanik*, Prag 1831.

Die Bahn ist in langen Entwickelungen angelegt und die Neigung ist nirgends stärker als $^1/_{120}$ oder 7,2 Linien auf die Klafter, so dass allenthalben durch Pferde gefördert werden kann. Die eigentliche Bahn besteht aus schmiedeeisernen Schienen von $1^3/_4$″ — 2″ Breite und $^1/_3$″ Dicke, die auf Holz befestigt sind. Nur der Ökonomie wegen wurde diese Art Schienen bei den äusserst niedrigen Preisen des Holzes in jener Gegend, statt der gewalzten Schienen angewendet. Die Hölzer unter den Schienen bestehen in Längen-Schwellen die auf Querschwellen ruhen und diese liegen allenthalben auf masivem Mauerwerke auf.

Die Wagen haben gusseiserne Räder, welche auf schmiedeeisernen Achsen fest gekeilt sind, so dass sich also die Achsen mit den Rädern umdrehen. Die Räder wurden im Schalenguss gegossen und die Achsen zweimal gehärtet. Die Entfernung der Radachsen beträgt 3′ — 3″, der Durchmesser der Räder 2′ — 6″ und die Dicke der Achsen $2^1/_4$″. Die Ladung eines Wagens beträgt, ohne das zu $^1/_{17}$ betragende Gewicht dieses von jener, 40 Zentner; ein Pferd zieht auf horizontaler Bahn 3 Wagen, also 120 Zentner Ladung und legt in $1^1/_2$ Stunden eine Meile zurück.

Zur Verminderung der Reibung in den Krümmungen der Bahn hatten die Wagen die weiter unten erwähnte Einrichtung.

Noch verdient bemerkt zu werden, dass längs der ganzen Bahn in Entfernungen von 1500 Klaftern kleine Aufseher-Wohnungen und in Entfernungen von $2^1/_2$ Meilen Stationsplätze, um Pferde zu wechseln, angelegt sind.

Die Vollendung dieser Bahn, resp. ihre Fortsezung bis Linz, sollte im Jahr 1832 Statt haben.

Die mit der angeführten auf ganz ähnliche Art konstruirte Eisenbahn zwischen Prag und Pilsen ist ebenfalls ihrer Vollendung ganz nahe. —

Digitized by Google

Die Bestimmung des Zuges in einer Ebene hat keine Schwierigkeit; ist die Neigung nach der einen Richtung stärker, als nach der andern, so muss hier nach denselben Rücksichten verfahren werden, wie bei dem entsprechenden und weiter unten näher beleuchteten Falle in Gebirgsgenden.

Der Zweck der Eisenbahn und das System des Transportes, in so fern dieses nicht auch durch jenen schon bedingt wird, sind es vor allem, welche bei der Bestimmung und Wahl des Zuges einer Eisenbahn ins Auge gefasst werden sollen.

Es muss hier gleich bemerkt werden, dass wir die Regeln, die wir nach den besten Mustern und Autoren aufstellen, nicht als fest und unveränderlich betrachtet wissen wollen, da die Verbesserungen, welche namentlich durch die Anwendung des Dampfes, als einzigen Prinzipes der Bewegung, in England bewirkt wurden, so wichtig waren und die Eisenbahnen in der Art modifizirt haben, dass die vor kaum mehr als 10 Jahren aufgestellten Regeln heute als solche nicht mehr gelten können.

Der Ingenieur muss immer nach dem Zwecke die Mittel wählen, um diesen auf die beste und wohlfeilste Weise zu erreichen; hier gilt als oberster Grundsaz: der Zweck heiligt die Mittel; baut der Ingenieur zweckgemäss, so baut er gut, kein Tadel kann ihn treffen! —

Der Zweck ist es also, welcher vor der Anlage einer Eisenbahn vor allem bekannt seyn muss; dieser ist aber hier nicht ein allgemeiner, wie dis bei gewöhnlichen Strassen der Fall ist, sondern gewöhnlich ein besonderer, da die Eisenbahnen nicht zu so allgemeinem Gebrauche, wenigstens bis jezt nicht, bestimmt sind, als die Strassen, auf denen jede Art von Landtransport beliebig, ja selbst willkührlich, Statt finden kann. Auf denjenigen neuern Eisenbahnen, welche als zu so allgemeinem Gebrauche bestimmt angesehen werden könnten, findet dis doch unter so eigenthümlichen Verhältnissen Statt, dass es uns Deutschen wenigstens schwer fallen möchte, die Eisenbahnen, wie z. B. die zwischen Liverpool und Manchester, blos als eine Art unserer gewöhnlichen Strassen anzusehen. —

Die meisten in England ausgeführten Eisenbahnen sind bestimmt, rohe oder auch verarbeitete Stoffe als: Kohlen, Steine, Eisen, Waaren beliebiger Art u. s. w. von einem bestimmten Ursprungsorte nach einem gleichfalls bestimmten Verbrauchsorte zu verführen. Je nach der Lage dieser beiden Orte ist auch die

Digitized by Google

zweckmässige Wahl des Strassenzuges mit mehr oder minder grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Gewöhnlich liegt der Ursprungsort höher, als der Verbrauchsort; man hat aber diesen Umstand, der selbst bei der Anlage gewöhnlicher Strassen und vorzüglich bei Kanälen, wie später in einer Note beim Kanalbau bemerkt wird, seither nicht so beachtet, als er es, gemäss seiner Wichtigkeit, wohl verdienen dürfte. Dass der Ursprungsort gewöhnlich höher liegt, als der Verbrauchsort, und demnach der Haupt-Transport fast immer von den Höhen gegen die Niederungen zu Statt findet, hat seinen Grund in der natürlichen Lage der Orte, welche zur Niederlassung von Menschen am geeignetsten waren und an denen sich also die Bevölkerung am ehesten und schnellsten mehret. Solche Orte waren aber vorzugsweise die Ufer des Meeres, die grosser Seen und Flüsse; an ihnen liegen die grösten und blühendsten Städte; mit der Vermehrung der Bevölkerung nahmen auch die Bedürfnisse zu, und es waren die Niederungen bald nicht mehr im Stande, jene ganz zu befriedigen.

Was zum Leben vor allem nöthig: Getraide, Brenn- und Bau-Materialien u. s. w., die grossentheils häufiger und reichlicher in den höher liegenden Gegenden sich vorfinden als in den Niederungen, mussten daher jezt von jenen in diese herab geschafft werden; während dem aufwärts nur leichte Produkte der Industrie gehen, welche man gegen die schweren eintauscht.

Der Haupttransport der meisten Eisenbahnen findet daher, wie dis auch durch viele Beispiele gezeigt werden könnte, nach einer Richtung, nach einem Sinne Statt; — nach dieser Richtung muss man also — dem Zwecke gemäss — den grössten Vortheil durch die Anlage zu erreichen, also die Neigung, wo möglich gleichförmig vertheilt, nach dieser Richtung fallend anzulegen und alle Gegenneigungen, soviel als thunlich zu vermeiden suchen. —

Werden blos Pferde zum Transporte verwendet — und dis möchte wohl, wenn anders die Eisenbahnen in Deutschland auch bald einheimischer werden, wegen der Einfachheit und selbst Sicherheit dieses Transport-Systemes, noch lange bei uns der Fall seyn, so ist es am vortheilhaftesten, die Neigung einer Bahn so anzulegen, dass die Wagen durch ihr eigenes Gewicht herabrollen, was, wie schon oben bemerkt, bei einer Neigung der Bahn von 1′ auf 160 Fuss Statt findet. Die Anzahl der

Digitized by Google

leeren oder nur zum Theil beladenen Wagen, welche ein Pferd aufwärts zieht, wird durch diese Neigung und den Widerstand bestimmt, welcher für die verschiedenen Bahnen mit flachen oder Kantenschienen nach den Umständen verschieden und zu $\frac{1}{120}$ — $\frac{1}{220}$ angenommen werden kann. Auf einer Kantenbahn deren Neigung $\frac{1}{160}$ beträgt, zieht ein Pferd aufwärts sechs lange Chaldron-Wagen, und eine grössere Anzahl beladener Wagen lässt man es auch nicht abwärts auf weniger oder gar nicht geneigten Strecken ziehen. —

Werfen wir, ehe wir weiter gehen, und die Eigenthümlichkeiten der neuern englischen Eisenbahnen, ihre schiefen Ebenen, Bremsberge, und ihre übrigen künstlichen Mittel, Lasten horizontal und vertikal fortzuschaffen, anführen, noch einen Blick, wenn auch nur einen flüchtigen, auf die Fälle, welche die Verschiedenheit der Terrain-Verhältnisse bieten und wobei besonders die relative Lage der Ursprungs- und Verbrauchs-Orte von Wichtigkeit ist. — Beide können in einem und demselben Thale oder in verschiedenen Thälern liegen, und durch mehr oder minder hochliegende Wasserscheiden und selbst durch eigentliche Bergrücken getrennt seyn; der eine dieser Orte kann auch im Thale und der andere auf der Höhe liegen.

Es ist hier nicht der Ort, die mannichfaltigen Fälle, welche vorkommen können durchzugehen, wir beziehen uns in dieser Hinsicht auf die vortreffliche Schrift über Strassenbau von Herrn Umpfenbach, und führen aus derselben blos an, dass Thalstrassen, nemlich solche, welche ganz in einem Thale liegen, und zur Unterscheidung von Hochstrassen, die auf oder über Berge hinziehen, so genannt werden — gewöhnlich die Neigung der Thäler in welchen sie liegen, haben, und also parallel mit den, in diesen Thälern fliessenden, Gewässern angelegt werden können. —

Je breiter nun diese Gewässer sind, desto kleiner ist gewöhnlich ihr Gefälle: kleine Bäche haben in ihrem mittlerem Stande eine Breite von 1′ — 50′, ein Gefälle von $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{200}$ und einen $\frac{1}{4}$ — 8 Meilen langen Lauf; grössere Bäche oder kleine Flüsse, haben eine mittlere Breite von 50′ — 300′, ein Gefälle von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{500}$, und im aufgeschwemmten Lande selbst ein Gefälle von $\frac{1}{3000}$ und einen 2 bis 20 Meilen langen Lauf; grössere Flüsse und Ströme haben eine mittlere Breite von 300′ — 1800′, ein Gefälle von $\frac{1}{3000}$ — $\frac{1}{12000}$ und einen

Digitized by Google

10 bis 60 Meilen langen Lauf. — Die grössten Ströme, wie der Oronoko und Ganges, haben manchmal nur ein Gefälle von $^1/_{2000}$ bis $^1/_{24000}$.

Eine kurze, schnelle Übersicht des Thales, in welchem eine Strasse oder eine Eisenbahn angelegt werden soll, ist daher schon hinreichend, nicht nur die Möglichkeit der Ausführung einer Strasse, sondern auch die Richtung und vorzüglich die Grösse der Neigung einigermaassen kennen zu lernen, welche zu wissen bei einer Eisenbahn von so hoher Wichtigkeit ist, — da von ihr, wie oben angeführt wurde, der Effekt und Nuzen der Bahn und also auch ihre Ausführbarkeit nicht nur in technischer, sondern auch in ökonomischer Beziehung, abhängt.

Überhaupt soll sich der Ingenieur in der schnellen, allgemeinen Beurtheilung eines Terrains üben; eine solche Übung wird ihm in vielen Fällen von dem grössten Nuzen seyn; vorzüglich wenn er, wie dis ja so oft von ihm verlangt wird, durch eine blose Besichtigung des Terrains nicht nur über die Möglichkeit der Ausführung, sondern auch über den zu erreichenden Vortheil einer Strasse oder Eisenbahn ein Gutachten abgeben soll. — Die natürlichen Neigungen des Geländes und die Wasserscheiden sind es hauptsächlich die er schnell aufzufinden wissen soll. —

In Bezug auf Ökonomie in den Erd-Arbeiten wird bei Eisenbahnen auch nach denselben Principien verfahren, wie bei Strassen: — Ausgleichung im Auf- und Abtrag ist auch hier Hauptsache; man legt den Querschnitt der Eisenbahn wo möglich so, dass derselbe halb in Auftrag und halb in Abtrag zu liegen kommt.

Wäre der Transport nach beiden Richtungen der Eisenbahn gleich gross, so hätte man natürlich keinen Grund, die Steigungen nach der einen Seite grösser als nach der andern herzustellen; diese würden, wie bei den Strassen, ganz allein nach ökonomischen Rücksichten in den Erdarbeiten und zur Erleichterung des Zuges nach beiden Richtungen so bestimmt, dass sie sich der horizontalen Lage möglichst näherten.

Sollen die Pferde, ohne Vorspann und sonstige Hülfe, auf kurzen geneigten Strecken einer Bahn dieselben Lasten ziehen, wie auf horizontalen Schienenwegen, so darf das Minimum der Neigung 1 p% nicht übersteigen, wobei sie sich jedoch besonders anstrengen müssen. Selbst auf so sehr geneigten Eisen-

Digitized by Google

bahnen, auf welchen die Wagen durch ihre eigene Schwere von selbst herabrollen, darf die Neigung, wenn die Wagenräder gehemmt, oder wie man zu sagen pflegt, gebremst werden, und die Wagen keine gefährliche Geschwindigkeit annehmen sollen, $16\frac{2}{3}'$ auf $100'$ nicht übersteigen. Durch eine einfache Berechnung lässt sich aus dem Reibungs-Koeffizienten für gleitende Reibung, welcher nach Rennie bei Gusseisen auf Gusseisen zu ungefähr $\frac{1}{6}$ angenommen werden kann, dieses Resultat leicht ableiten. [62])

Auf Eisenbahnen, auf denen die Wagen nicht gebremst werden, nehmen dieselben schon eine gefährliche Geschwindigkeit an, wenn diese Neigung $1'$ auf $100'$ beträgt.

Übersteigt die Neigung der geneigten Bahn das eben angegebene Maximum, so ist man gezwungen, zu künstlichen mechanischen Vorrichtungen seine Zuflucht zu nehmen, um die Wagen zu verhindern, dass sie nicht eine für sie gefährliche Schnelligkeit annehmen.

Navier und nach ihm Gerstner schlagen vor, — zur Vermeidung langer Strecken mit starken, dem Maximum sich nähernden Neigungen, auf denen die Pferde aufwärts nur wenig leisten — die Bahn möglichst zu entwickeln, dieselbe auf längeren Strecken horizontel oder mit geringen Neigungen anzulegen, und dann die Hauptneigungen auf kurze Strecken gleichsam zu konzentriren, auf welchen dann Vorspann-Pferde genommen würden. Die Vortheile oder Nachtheile eines solchen Systems lassen sich nur in besonderen Fällen beurtheilen; die vorstehenden Angaben enthalten, mit Zuziehung der Noten Nro. 25 und 58, alle Daten, um vergleichende Berechnungen in vorkommenden Fällen anstellen zu können. [63])

---

[62]) Sezt man nemlich das Gefälle der Ebene $= \frac{1}{x}$ und den Winkel, welchen sie mit dem Horizont macht, $= \alpha$, so ist

$$\text{tang } \alpha = \frac{1}{x} = \frac{1}{6} \text{ also}$$

$x = 6$. Die Steigung der schiefen Ebene beträgt also auf $6'$ einen Fuss, — oder auf 100 Fuss $16\frac{2}{3}$ Fuss. —

[63]) Betrachtungen über die Vortheile, welche die verschiedenen Systeme, nach welchen eine Eisenbahn angelegt werden kann, bieten, findet man in Navier's kleiner Brochure: *De l'établissement du Chemin de fer entre Paris et le Havre*, und in Gerstners Schrift: *Über die Vortheile der Anlage einer*

Digitized by Google

Der Transport mit Pferden ist immer am einfachsten und sichersten; beträgt die Neigung $^1/_{50}$, so ist, nach Navier, die doppelte Anzahl von Pferden zur Fortbringung der Last erforderlich, welche sie auf einer horizontalen Bahn zu ziehen im Stande waren.

Ist man genöthigt, die Eisenbahn in einer Krümmung anzulegen, was häufig, besonders bei Thalstrassen, vorkömmt, so muss man die Radien, womit diese Krümmungen beschrieben werden, so gross als möglich annehmen: da begreiflich durch den vorstehenden Rand, welcher sich entweder am Rade oder an der Schiene befindet, der Widerstand bedeutend vermehrt wird. Dieser Widerstand ist desto grösser, je kleiner die Krümmungs-Halbmesser oder je gekrümmter die Kurven sind.

Auf der neuen Eisenbahn zwischen Andrezieux und Roanne, südlich der Loire, haben die kleinsten Radien, mit welchen die Krümmungen beschrieben sind, eine Länge von 200 Meter (685′) und dis zwar an zwei Orten, wo man gezwungen war die Kurven so gekrümmt anzulegen. In allen übrigen Wendungen haben die Kurven wenigstens 500 Meter (1713′) lange, und an einigen Stellen sogar 2500 Meter (8565′) lange Krümmungs-Halbmesser. [64])

Eisenbahn zwischen der Moldau und Donau. Beide, im Fache der Mechanik sehr geachtete Schriftsteller, sprechen sich für ein System aus, bei welchem eine Eisenbahn in langen Entwickelungen mit gleichförmigen und nicht zu starken Neigungen, so dass auf allen Strecken noch Pferde ziehen können, angelegt würde; jedoch ohne die übrigen Systeme, bei denen horizontale Strecken mit schiefen Ebenen abwechseln, geradezu zu verwerfen. Dagegen sind die berühmten englischen Ingenieure: Jessop, Stephenson, Strickland etc. mehr für das leztere System, insbesondere wenn Dampf als bewegende Kraft angewendet wird.

[64]) Um die Grösse des Krümmungs-Halbmessers auf Eisenbahnen nach den in Note 26, S. 243 zum Strassenbau aufgestellten Grundsäze zu berechnen, sey die Spurbreite einer Eisenbahn = 4,5′ also b = 2,25′ und die Länge des Gespannes von 4 durch ein Pferd gezogenen Kohlenwägen = 60′, so findet man

$$r = \frac{l^2 - b^2}{2\,b} = 798{,}8 \text{ Fuss.}$$

und wenn ein Dampfwagen, der mit seinem Munitions-Karren eine Länge von ungefähr 20′ hat, 20 Kohlenwagen zu 12′ Länge zieht, so ist l — 260′, also

r = 15021 Fuss.

Digitized by Google

In England, wo die Dampfmaschinen gleichsam das Bürgerrecht erhalten haben, und wo dieselben, schon weil sie so häufig vorkommen, mit einer Vollkommenheit und Wohlfeilheit erbaut werden, wie in keinen anderen Lande; wo das Eisen, welches vorzugsweise zu ihrer Konstruktion verwendet wird, und die Steinkohle, welche als Brennmaterial zur Hervorbringung und Unterhaltung ihrer Bewegung erforderlich ist, auf einem so niedrigen Preise stehen — in England, sagen wir, hat man in neuester Zeit versucht, die Dampfmaschinen auch auf den Eisenbahnen ausschliesslich als bewegende Kraft anzuwenden. — In diesem Falle werden die Eisenbahnen nach einem Systeme angelegt, bei welchem horizontale Strecken mit schiefen Ebenen, abwechseln; auf den horizontalen Strecken gehen dann Dampfwagen, und auf den schiefen Ebenen ziehen fest stehende Dampfmaschinen die beladenen Wagen mittels Ketten oder Seilen, die sich auf grossen Trommeln aufwickeln, hinauf.

Da die 20 aneinander hängenden Wagen nicht eine unbiegsame gerade Linie bilden, so erhellt, dass man auf Eisenbahnen die Krümmungs-Halbmesser nicht so gross machen darf, als es vorstehende Rechnung verlangt.

Werden die Wagen noch so eingerichtet, dass die beiden vorderen Räder sich früher als die hinteren drehen können — wie dis auf der Moldau-Donau-Eisenbahn der Fall ist, — (man vergl. v. Gerstner's *Mechanik*, S. 650) — so kann man die Krümmungs-Halbmesser noch kleiner als 800′ machen. Auf der, unter der Leitung des Hrn. v. Gerstner angelegten Bahn betrugen die kleinsten Krümmungs-Halbmesser 100 Klafter oder 600′; auf den neuesten Strecken dieser Bahn jedoch nur 40 Klafter.

Auf der Darlington-Bahn ist der kleinste Krümmungs-Halbmesser 402′ und auf der Eisenbahn von Andrezieux nach Roanne 200 Meter (685′); auf beiden Bahnen gehen Dampfwägen. —

Der Widerstand, welcher durch Reibung der Spurrippe oder des Radkranzes entsteht, ist sehr bedeutend; um ihn möglichst zu vermindern, stellen die Engländer ihre Wagen sehr kurz, d. h. sie entfernen die Achsen nicht mehr als 3′ von einander. — Ausführliche Berechnungen hierüber findet man in v. Gerstner's *Mechanik*, Prag 1831, S. 560 u. 586. — Auch legt man in England, um diesen bedeutenden Widerstand, — welcher nach v. Gerstner den auf gerader Bahn statt findenden um $^1/_{11}$ vermehrt, — möglichst zu vermindern, in starken Wendungen, Drehscheiben an. —

Diese Drehscheiben sind in der Ebene der Bahn liegende, horizontale Scheiben, welche sich um einen vertikalen Zapfen in ihrer Mitte drehen und so gross sind, dass gerade ein Wagen darauf Plaz hat. Auf Eisenbahnen, welche von Dampfwagen befahren werden, können solche Drehscheiben wohl nicht vorkommen. Im Allgemeinen scheinen sie sich mehr für Seitenbahnen

Digitized by Google

Es können die Wagen auf den horizontalen Strecken einer, nach diesem Systeme angelegten Eisenbahn, zwar auch durch Pferde gezogen, und die auf den schiefen Ebenen aufgestellten Trommeln können auch durch andere Maschinen, z. B. durch Wasserräder oder durch Pferdegöpel, in Bewegung gesezt werden, wie dis auch manchmal in England geschieht, allein in neuester Zeit scheint in diesem Lande die Dampfmaschine alle übrigen verdrängen zu wollen, und ziemlich allgemein scheinen die Engländer dasjenige System einer Bau-Anlage für das vorzüglichste zu halten, auf welchem Dampfmaschienen wirksam seyn können.

Auf geneigten Eisenbahnen hat ein Pferd nicht nur die Reibung der Wagen, sondern auch noch den Widerstand zu überwältigen, welcher von der Neigung der Bahn herrührt und der dem Bestreben der Last gleich ist, mit welchem diese auf der geneigten Strasse abwärts zu gleiten strebt. Bei einem solchen

---

zu eignen, welche die Hauptbahnen öfters unter einem rechten Winkel schneiden, und auf denen der Transport nur mittels Pferden geschieht. — Solche Drehscheiben sind auch auf der von Herrn v. Baader in Nympfenburg erbauten Probebahn angelegt; zur Vergleichung ist nicht undienlich, die Abmessungen dieser Bahn kennen zu lernen.

Die in dem Nympfenburger Schloss-Garten bei München zu Probe-Versuchen von Herrn v. Baader angelegten Eisenbahnen sind dreierlei Art; die erste ist eine Bahn mit flachen und die zweite mit Kanten-Schienen: die dritte ist eine neue Art schwebender Bahnen. Die flachen Schienen sind nicht ganz drei bayer. Fuss lang, 0,36′ breit, 0,05′ dick und die Spurrippe hat in der Mitte eine Höhe von 0,25′ bis 0,29′ und am Ende von 0,18′ bis 0,2′ und ihre mittlere Stärke ist 0,05′. Die Schienen sind mit viereckigen Nägeln auf eingerammten Pfählen befestigt. — Die Spurbreite beträgt 4′ bayerisch.

Ein Göpel zum Aufziehen der Wagen auf der künstlich angelegten schiefen Ebene; Drehscheiben; Ausweichungen und Fallthüren sind auf dieser Probe-Bahn angebracht.

Die Schienen der Kantenbahn sind oben eben und 0,15 breit, und mit einem nach unten zu bis zur Breite von 0,18′ zulaufenden Rande von 0,06′ Höhe versehen; — im Ganzen sind sie 0,3′ hoch und die Stühle, in denen sie mittels zweier Nägel befestigt sind, haben eine Länge von 0,5′.

Die 3te Art Bahnen, welche über dem Boden fast ¾ Fuss erhaben ist, und auf welcher Wagen mit doppelten Rädern und Friktionsrollen gehen, findet man in Herrn v. Baaders: *Neues System der fortschaffenden Mechanik*, Seite 119, beschrieben und auf der XII. Taf. in Fig. 56 abgebildet.

Diese Art Schienen wurden, soviel uns bekannt ist, im Grossen noch nicht ausgeführt, wesshalb wir sie, sowie einige andere sehr angepriesene Verbesserungen des Herrn von Baader übergehen zu dürfen glauben.

Digitized by Google

Systeme wird die Reibung vom mechanischen Widerstande gleichsam getrennt, indem man die zur Überwältigung des leztern erforderliche Kraft an bestimmten Punkten concentrirt und die Anhöhen mittelst schiefer Ebenen und stehender Dampfmaschinen, wie erwähnt, auf einmal ersteigt. Nur auf den horizontalen, zwischen 2 schiefen Ebenen liegenden Strecken ist alsdann die Reibung allein zu überwinden, was entweder durch Pferde oder durch Dampfwagen, oder endlich auch durch stehende Dampfmaschinen, wie bereits oben erwähnt wurde, geschieht. [65])

---

[65]) Um den gesammten Widerstand, welcher durch die Reibung und Steifigkeit der Seile, die Reibung an den Zapfen der Räder und Rollen u. s. w., mit einem Worte, die ganze Nebenlast, wie man diesen Widerstand bei Maschinen bekanntlich zu nennen pflegt, auch für Bremsberge kennen zu lernen, — was bei Bestimmung des zum Aufziehen der Wagen nöthigen Kraftaufwandes unentbehrlich ist — hat Wood mehrere Versuche angestellt, welche in der Abhandlung von Oeinhausen und Dechen (man vergleiche *Karsten's Archiv*, 19ter Bd. S. 205 u. f.) ausführlich beschrieben sind. —

Das Resultat aus diesen Versuchen ist; dass im Mittel die Seil- und übrige Reibung zu $^1/_{321}$, oder 0,311 des Gewichtes bei Bremsbergen angenommen werden kann, wo das Seil um ein horizontales Bremsrad geschlagen ist; und zu $^1/_{348} = 0{,}2902$ bei fest stehenden Dampfmaschinen, wo die leeren Wagen das Seil von dem Seilkorbe abwickeln.

Zur bessern Beurtheilung wollen wir noch 2 Versuche aus obiger Schrift hier aufnehmen.

1) Der Bremsberg des Killingworth-Schienenweges hat am obern Ende ein horizontal liegendes Rad, eine Länge von 715 Yards, und einen Fall von 57½ Fuss, also $\frac{1}{37{,}3}$ oder 1° 32′ 10″.

Fünf beladene Wagen, von denen jeder 8764 Pfund wog, zogen 6 leere Wagen, von denen jeder 2800 wog, im Mittel mehrerer Versuche, in 200 Sekunden herauf. Die Wagenräder sind 34″ hoch; die Achsen 2¾″ stark; das Seil hat 5″ Umfang (beinahe 1,6″ Durchmesser) und wiegt 3884 Pfund. Die Seilscheiben (Leitungsrollen) auf dem Wege haben 11″ Durchmesser; die Achsen ¾″ (Verhältniss 14,65: 1); es sind 73 derselben gleichzeitig in Bewegung, die zusammen 3297 Pfund wiegen. Das Fallen des Bremsberges ist nicht regelmässig, sondern am obern Ende stärker als am untern. Das Bremsrad wiegt 4636 Pfund, hat 10 Fuss Durchmesser und eine Achse von 6″ Durchmesser (daher Verhältniss 20: 1).

Hiernach ist der Widerstand des Seil·s = 239 ℔.

2) Geneigte Ebene mit feststehender Dampfmaschine; der vorigen ähnlich. Länge 2325 Fuss; Fall 115 Fuss; $^1/_{20} = 2°\ 50'\ 10''$, beinahe regelmässig; die Richtung des Weges ohne Krümmungen. Gewicht des Seilkorbes 8960 ℔. Verhältniss seines eigenen und des Achsendurchmessers 10: 1. Anzahl von Leitungsrollen 134; Gewicht derselben 4324 ℔. Verhältniss der Durchmesser 14: 1. Länge des Seiles 875 Yards; Umfang 7¼ Zoll: Gewicht 6157 ℔.

Digitized by Google

Die erste und einfachste Art von geneigten Ebenen ist diejenige, auf welcher die vollen, abwärts gehenden Wagen die leeren aufwärts ziehen.

Die vortheilhafteste Neigung dieser Ebenen wird durch das Verhältniss der Gewichte von den vollen zu den leeren Wagen, ihrer Anzahl, dem Widerstande der durch die Reibung entsteht und durch das Gewicht des Seiles bestimmt. Auf den schiefen Flächen des Killingworth Schienenweges, welche eine Neigung von $1/37{,}5$ haben, werden gewöhnlich durch 6 volle abwärts gehende Chaldron-Wagen, die zusammen, mit ihrer Ladung, 469 Zentner wiegen, eben so viele leere Wagen zu 150 Zentner mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 10 engl. Meilen in der Stunde hinaufgezogen.

Das Seil oder die Kette bewegt sich über ein, oben auf der schiefen Ebene stehendes horizontales Rad von ungefähr 10′ im Durchmesser; die Friktionsrollen, über welche das Seil auf der schiefen Ebene lauft, sind ungefähr 24′ von einander entfernt, von Gusseisen, sie haben $12\frac{1}{2}$″ im Durchmesser, $4\frac{3}{4}$″ Breite und ihre Rinne ist $2\frac{1}{2}$″ tief. Gewöhnlich sind diese geneigten

---

Vier leere Wägen, jeder 3472 ℔ schwer, wickelten in ihrem Niedergange das Seil von dem Korbe in 115 Sekunden ab.

Hiernach Reibung des Seiles = 470 ℔.

Die zum Aufziehen der leeren Wagen durch die vollen auf Bremsbergen erforderliche Zeit richtet sich lediglich nach der Überwucht. Bei Ermittelung derselben muss auch auf den Zustand der Schienen, ob sie trocken oder nass sind, was den Widerstand im Verhältniss von 3: 4 vermehrt, Rücksicht genommen werden. Gerade Bremsberge, mit gleichförmigem Gefälle auf ihrer ganzen Länge, gestatten keine gleichförmige Bewegung; diese ist auf denselben ungleichförmig und zwar beschleunigt. Durch Krümmung der Bahn lässt sich die Bewegung gleichförmig herstellen; aber nach welchem Geseze dieselbe zu diesem Zwecke gekrümmt werden muss, ist eine Aufgabe, die sich nicht ohne Schwierigkeit, wegen der mancherlei dabei influirenden Umstände, wird lösen lassen.

Die vorstehende Note enthält auch alle Daten, um die Neigung oder den Winkel zu bestimmen, bei dem sich Bremsberge noch anwenden lassen.

Nach Walker beträgt die Reibung des Seiles und der Rollen allein $1/21$ vom Gewichte des Seiles: denn auf dem Killingworth-Wege steigen 16 leere Wagen eine schiefe Ebene in 4 Minuten hinab, indem sie nach sich ein Seil von $4\frac{1}{4}$ im Umfang schleppen, dessen Gewicht 3096 ℔ beträgt; die Neigung dieser Ebene ist $1/625$; es bleibt also für die Reibung des Seiles u. s. w. $143\frac{1}{2}$ ℔, oder ungefähr $1/22$ vom Grwichte des Seiles.

Man vergleiche: *Journal du Génie civil*, Band VI, Seite 276, Paris 1830.

Digitized by Google

Ebenen mit gleichförmigem Gefälle angelegt, doch es ist besser die Neigung an dem unteren Ende allmählig zu vermindern und sanft in die horizontale Linie übergehen zu lassen. Warum diese Ebene nicht nach demselben Prinzipe, wie die Steigungen bei gewöhnlichen Strassen angelegt werden, leuchtet ohne weitere Erklärung von selbst ein. —

Die oben angegebene Neigung von $\frac{1}{37,5}$ kann als ein Beispiel der geringsten Steigung für schiefe Ebenen dienen, auf welchen die vollen Wagen bei trocknem Wetter, ohne gebremst zu werden, die leeren hinaufziehen. Sind die Schienen zum Theil nass, so hat es einige Schwierigkeit, dass die vollen 6 Wagen ebenso viele leere hinaufziehen.

Ist die Neigung einer schiefen Ebene grösser als $\frac{1}{37,5}$, so müssen die Wagen oder das Rad um welches sich das Seil aufwickelt, gehemmt oder gebremst werden. Eine, mit einem Bremsrad versehene schiefe Ebene heisst alsdann ein Bremsberg. Das Bremsen geschieht gewöhnlich mittelst eines eisernen Bandes oder Ringes, welcher gegen die halbe Peripherie des Bremsrades gedrückt wird. Diese Bremsräder, welche über, in, und manchmal selbst unter der Ebene des Schienenweges liegen, haben 6′ — 10′ im Durchmesser, sind gewöhnlich von Gusseisen und horizontal, und vor demselben befinden sich zwei gleichfalls horizontale Scheiben oder Rollen von 1½′ — 2′ im Durchmesser, über welche das Seil in die Richtung der Bahn geleitet wird.

Die am Ende der schiefen Ebenen aufgestellten feststehenden Dampfmaschienen sind gewöhnlich Hochdrucks-Maschienen von 30 — 60 Pferdekräften. —

Auf dem Hatton-Schienenwege zieht eine solche von 60 Pferdekräften, auf einer 832 Yards langen schiefen Ebene von $\frac{1}{16}$ Fall, 8 volle Chaldron-Wagen mit einer Geschwindigkeit von 3 englischen Meilen in der Stunde hinauf. Das Seil, an dem die Wagen befestigt sind, hat 7¼″ im Durchmesser. [66])

---

[66]) Berechnung der Kraft eines Dampfwagens.

Eine Pferdekraft bei Dampfmaschinen wird gewöhnlich nach Bulton und Watt zu 3300 ℔ in der Minute einen Fuss hoch gehoben, gerechnet; sie ist also gleich 150 ℔, in der Minute 220′ hoch gehoben; oder 150 ℔ in der Stunde, 2½ Meile weit transportirt, oder endlich 37,5 ℔, 10 Meilen weit verführt.

Digitized by Google

Zwei nahe bei einander liegende geneigte Ebenen, auf denen die Bahn, wenn das Aufziehen der Wagen durch Maschinen geschieht, nur einfach ist, werden durch eine kurze horizontale Strecke von einander getrennt; auf derselben weichen die Wagen sich aus und sie werden daher doppelt angelegt.

Wir halten es nicht für nöthig, über den ökonomischen Vortheil, welchen die Anlage der schiefen Ebene, wozu Smeathon die erste Idee gegeben hat, bei Eisenbahnen im Allgemeinen, sowie über die, welche ihre Anwendung in hochliegenden Steinbrüchen zum Herablassen grosser Werkstücke habt, mehr anzuführen, da er für beide — an und für sich — einleuchtend ist. Dagegen wollen wir noch über die bei Eisenbahnen vorkommenden Kunst-Arbeiten und über die Kosten von jenen in England auch einiges beifügen.

Die Kraft einer Maschine von zehn Pferden wird daher durch 375 ℔, 10 Meilen weit transportirt, dargestellt, was, wenn man die Reibung zu $^1/_{180}$ des Gewichtes rechnet, einer Gesammtlast von 30 Tonnen entspricht. Zieht man hievon für das Gewicht der Maschine und der Munition $10^1/_2$ Tonnen ab, so bleibt für Wagen und Waaren $19^1/_2$ Tonnen oder 13 Tonnen Waaren und $6^1/_2$ Tonnen Wagen.

Berechnung des Kohlen-Bedarfs eines Dampfwagens.

Eine Maschine von 10 Pferdekräften transportirt 13 Tonnen Waaren mit einer Geschwindigkeit von 10 englischen Meilen in der Stunde und macht die Fahrt von Liverpool nach Manchester 3mal im Tage; sie durchläuft also ungefähr $3 \times 30 = 90$ Meilen täglich und zieht $13 \times 90 = 1170$ Tonnen Waaren eine Meile weit. Rechnet man $2^1/_4$ ℔ Kohle für die Stunde und Meile, so erfordert die Maschine an Brennmaterial täglich 2925 ℔ oder jährlich ungefähr 382 Tonnen.

Berechnung der Kraft, welche die am Ende der geneigten Ebene bei Rainhill auf der Eisenbahn von Manchester nach Liverpool aufgestellten Dampfmaschinen nöthig haben.

Die Länge dieser geneigten Ebene ist $1^1/_2$ Meile und ihre Neigung $^1/_{96}$; da nun die Wagen mit einer Geschwindigkeit von 12 Meilen in der Stunde gehen, so brauchen sie $7^1/_2$ Minuten um die schiefe Ebene zu ersteigen. Der tägliche Kommerz beträgt 2000 Tonnen, welche auf Wagen die 1000 Tonnen wiegen transportirt werden. Die Maschinen, welche während 10 Stunden arbeiten, erheben vom Fusse bis zum Gipfel der Steigung 300 Tonnen in der Stunde oder 50 Tonnen in $7^1/_2$ Minuten; nehmen wir 52 an.

Multiplizirt man 52 Tonnen oder 116,480 ℔ mit $^1/_{96}$ so erhält man für die parallel mit der Neigung der Ebene zerlegte Last . . . 1213 ℔.
und für die Reibung an den Schienen $^1/_{180} \times 116{,}480$ ℔ . . 647 „
Zusammen . 1860 „

Digitized by Google

Die Kunstarbeiten auf Eisenbahnen sind von denen auf gewöhnlichen Strassen nicht verschieden; schneidet eine Eisenbahn eine Strasse, so liegt sie mit derselben entweder in einer Ebene und sie kann darüber hin geführt werden, (man vergleiche die Fig. 22 Taf. VI.); oder die Eisenbahn liegt tiefer oder höher als die Strasse und es wird in diesen beiden Fällen mittels einer Brücke entweder diese über jene hinweggeführt oder umgekehrt. Diese Werke hat man in neuester Zeit im Gegensaz zu ähnlichen, welche beim Kanalbau vorkommen und Aquadukte heissen, Viadukte genannt.

Übertrag	1860 ℔.
für Reibung des Seiles zu $1/_{22}$ seines Gewichtes von 10560 ℔ .	480 „
Relatives Gewicht des Seiles = $1/_{96}$ seines Gewichtes . .	110 „
	2450 „

Ein Dampfpferd oder vielmehr die Pferdekraft einer Dampfmaschine transportirt nicht mehr als 31 ℔ mit einer Geschwindigkeit von 12 Meilen in der Stunde; also $\frac{2450}{31}$ = ungefähr 30 Pferde.

Sezt man jeder Maschine 10 Pferde als Kräfte in Reserve hinzu, so müssen die beiden Dampfmaschinen eine Kraft von 100 Pferden haben.

Eine Dampfmaschine von 50 Pferde-Kräften kostet ohne Zubehör 1500 Pf. Sterling und mit Zubehör, als Gebäude, Wohnung, Seile, Wasserbehälter etc. 2300 Pf. Sterling. Vergleichende Berechnungen über den Transport mit stehenden und mit beweglichen Dampfmaschinen findet man im 6ten Bande des *Journals du Génie civil*, Seite 265 u. f., aus welchem Werke auch die vorstehenden Angaben gezogen sind.

Zur Vervollständigung der vorstehenden Daten über stehende Dampfmaschinen wollen wir noch bemerken, dass die Maschine mit welcher der 2te Versuch über das Abwickeln des Seiles (m. s. Note 65) angestellt wurde, eine doppelt wirkende Boulton- und Watt'sche Dampfmaschine mit zwei Zylindern von 30″ Durchmesser war. Die Dampfpressung im Kessel betrug 4½ Pfund auf 1 □″. — Sieben beladene Wagen wurden in 550 Sekunden herauf gezogen, wobei die Kolben 320 einfache Hübe zu 5′ machten.

Gleichzeitig zog diese Maschine mit einem, am Ende des Wagenzuges angehängten Seile sieben beladene Wagen von demselben Gewichte eine andere geneigte Ebene herauf, deren Länge 770 Yards und deren Fall $1/_{90}$ betrug.

Dampfpressung auf die Kolben 27567 ℔, welche 160′ durchliefen; mithin 44·107·200 ℔, 1 Fuss.

Gesammter Widerstand 5251 ℔, welcher 2325, durchlief; mithin 12·208·575 ℔, 1 Fuss.

Es wird mithin von dem Dampfdrucke im Kessel 27,7 pro Cent übertragen.

Geschwindigkeit des Kolbens 174′ pro Minute.

Geschwindigkeit der Last 253′ pro Minute. Bei Hochdruckmaschinen üben die Dämpfe auf den Kessel einen Druck von 45 — 50 ℔ pro □″ aus.

Digitized by Google

Die Kosten der Eisenbahnen im Allgemeinen sind wie jene der Strassen nach den Lokalhindernissen sehr verschieden. Die Tonne gewalztes Stabeisen zu den Schienen der Liverpool-Bahn kostete 13 Pfund-Sterling (156 fl.) und eben so viel kostete auch die Tonne Gusseisen zu den dazu gehörigen Stühlen oder Lagern. Die Kosten von einer englischen Meile eines gut gebauten Schienenweges mit 2 Bahnen betragen im Durchschnitt 5000 Pfund-Sterling und einer einfachen 1000 Pfund-Sterling.

Aus diesen und ähnlichen Angaben lässt sich eine praktische Regel über die Grösse der Kraft einer feststehenden Dampfmaschine für geneigte Ebenen ableiten, wenn damit eine bestimmte Last in einer bestimmten Zeit herauf gezogen werden soll. Wenn nemlich nach dem Vorhergehenden der gesammte Widerstand, der aus dem respektiven Gewichte der bewegten Massen, aus der Reibung der Wagen, des Seiles, der erforderlichen Überkraft um den Wagen die Geschwindigkeit zu geben, besteht, berechnet ist, so muss die Maschine so gross seyn, dass das Moment der Last nur $^1/_4$ bis $^1/_3$ von dem des Dampfdruckes im Kessel auf den Kolben beträgt.

Um die Kraft einer Dampfmaschine in Pferdekräften anzugeben, wird, da die Spannung der Dämpfe durch eine Queksilbersäule, über welcher ein Vacuum ist, gemessen wird — die Grundfläche des Kolbens zuerst mit der Last der Quecksilbersäule und dann mit der Geschwindigkeit des Kolbens multiplizirt; — von diesem Momente gehen 40 Procent für unvollständiges Vacuum, Reibung und Nebenlasten verloren, so dass nur 60 Prozent als Nuzeffekt in Rechnung kommen dürfen. Dieser Nuzeffeckt durch das Moment einer Pferdekraft, für bayerisches Maass und Gewicht also mit 500 oder genauer mit 450, dividirt, giebt die Anzahl der Pferde, welche die Kraft einer Dampfmaschine darstellt.

Mittels der verstehenden Angaben sind wir nun auch in den Stand gesezt, den Effekt eines wirklichen Pferdes mit der des mechanischen Pferdes, nemlich der Pferdekraft, wie sie gewöhnlich bei Damdfmaschinen angewendet wird, zu vergleichen. Das wirkliche Pferd hebt in einer Minute auf die Höhe von ein Fuss eine Last von 19702 ℔ und das mechanische Pferd, nach Boulton und Watt, in derselben Zeit auf dieselbe Höhe eine Last von 33000 ℔. Das wirkliche Pferd verhält sich daher zum mechanischen wie 1 : 1,67.

Nach Smeaton ist eine Pferdekraft Statt 33000 ℔ nur 22000 ℔, in der Minute einen Fuss hoch gehoben.

Prony rechnet eine Pferdekraft zu 50 Kilogramm in einer Sekunde 1 Meter hoch gehoben. Navier bemerkt aber, dass dieses zu viel sey, und dass man bei anhaltender Arbeit, z. B. bei Göpeln, an welchen die Pferde täglich arbeiten, nur 40 Killogramm rechnen dürfe.

Nach von Reichenbach und nach Dietlein kann das Moment eines Pferdes in einer Sekunde zu 500 ℔, nach dem Erstern in bayer'schem und nach dem Leztern in preussischem Maass und Gewicht, angenommen werden; die

Digitized by Google

Die Unterhaltung wird gewöhnlich in Verding gegeben und für die Meile einer einfachen Bahn jährlich 40 Pfund bezahlt. [67])

---

giebt also für eine Geschwindigkeit von 2 deutschen Meilen in der Stunde, oder von ungefähr $3\frac{1}{2}'$ in der Sekunde $\frac{500}{3\frac{1}{2}} = 150$ ℔ für die Zugkraft eines Pferdes in bayer'schen oder preussischen Pfunden, wenn es täglich 8 Stunden arbeitet. — Man vergleiche Crelle's *Journal der Baukunst*, 1ter Band, 3tes Heft, S. 303. —

[67]) Da es nicht ohne Interesse seyn dürfte, einen Maassstab zu haben, wonach die Kosten der Erbauung einer Eisenbahn an sich, oder im Vergleich zu den Anlage-Kosten einer gewöhnlichen Kunststrasse, wenn auch nur annäherungsweise, geschätzt werden können, so theilen wir noch aus dem *Journal du Génie civil*, Tom. I, pag. 22, Paris 1828, die Kosten von einer 80 Kilometer langen Eisenbahn zwischen Andrecieux und Roanne mit, da diese Berechnung die vollständigste und genügendste ist, welche uns zu Gesichte kam.

Die Strasse mit 2 Bahnen, jede von 1,50 m, hat 6 Meter Kronenbreite und 2 Meter Gräben.

Der Kostenaufwand wird nach laufenden Metern für die Anlage der Strasse und für die Herstellung der doppelten Eisenbahn berechnet.

Art. 1. — Ankauf des Geländes . . .	3 Fr.	
Erd-Arbeiten	6 »	
Brücken- und andere Kunst-Arbeiten . .	6 »	
	15 »	
Für 80 Kilometer		1,200,000 Fr.
Art. 2. — Herstellung der Eisenbahn		
56 Kilogramm Schmiedeeisen zu 0,55 Fr. . .	30,80 Fr.	
4 Würfel von Stein zu 2 Fr.	8,00 »	
Lager von Gusseisen 11 Kil. zu 0,47 Fr. . .	5,17 »	
Eichene Pflöcke, Nägel und Keile . . .	1,90 »	
Legen der Schienen	6.50 »	
Total per lauf. Meter	52,37 »	
Der Kilometer kostet 52370 Fr. also 80 Kilom. . . .		4,189,600 Fr.
Art. 3. — Allgemeine Administrations-Kosten.		
Aufnahme der Pläne, Nivellirungen, Verfassung des Entwurfes, Bureau-Ausgaben, Reisen, Leitung der Arbeiten . . .		800,000 Fr.
Art. 4. — Geneigte Ebenen mit feststehenden Maschinen, eine unterirdische Gallerie von ungefähr 1200 Metern, zu 400 Fr. den laufenden Meter, im Verhältnisse zu der Festigkeit des zu durchstechenden Bodens		480,000 Fr.
Art. 5. — Neben-Anstalten.		
Magazine zu Roanne und auf der Linie .	300,000 Fr.	
Brücke über die Loire	300,000 »	
	600,000 »	
Gesammte Bau-Kosten		7,269,600 Fr.

Digitized by Google

Über die Erhebung der Zollgebühren und über die Ordnung welche beim Befahren der Eisenbahnen beobachtet wird, bestehen in England eigene, durch das Parlament genehmigte Reglements. In der Abhandlung über Schienenwege in England von

---

Art. 6. — Materialien, welche zum Transporte nöthig sind.		
700 Wägen zu 700 Fr.	490,000 Fr.	
Art. 7. 30 Dampfwägen zu 15,000 Fr. . . .	450,000 „	
Total der Kosten für das Material zum Transporte . .		940.000 Fr.
Total des Aufwandes für Bau- und Transport-Material-Kosten, wenn der Weg mit 2 Bahnen angelegt wird . .		8,209,600 Fr.
Wenn man anfänglich blos eine Bahn mit Ausweichungen von Entfernung zu Entfernug anlegen würde, so würden an Eisen allein wenigstens 2,000,000 Fr. erspart; die Bau- und Material-Transport-Kosten würden demnach auf .	6,209,600 Fr.	
1/10 für unvorhergesehene Kosten . . .	620,960 —	820,960 Fr.
	6,830,560 —	9,030,560 „
Art. 8. — Interessen der Aktionäre zu 4 pCt. für ihre aufeinander folgende Zahlungen		
Während 5 Jahren oder 0,1 des Kapitals		903,056 Fr.
Während 4 Jahren oder 0,08	546,445 Fr.	
Gesammt-Summe für die Kosten des Baues, der Anschaffung der Transport-Materialien und für die Interessen für die Länge von 10 Kilometers .	7,377,005 —	9,933,616 Fr.
Jährlicher Aufwand für Unterhaltung und Transport.		
Art. 9. — Administrations- und Aufsichts-Kosten nach der Vollendung der Bahn		60,000 Fr.
Art. 10. — Unterhaltungs-Kosten zu 1½ pCt. des für den Bau und die Anlage der Strasse erforderlichen Kapitals		100,000 Fr.
Art. 11. — Transport-Kosten.		
Der Aufwand für einen Dampfwagen besteht in Folgendem:		
Verbrauch von Steinkohlen, 100 Kilog. pr. Stund, für 14 Stunden täglich 1400 Kilog. und für 300 Tage . .	4200 Fr.	
Verbrauch an Wasser 12 Tonnen	200 „	
Ausbesserungen und Ergänzungen 20 pCt. des Kapitals	3000 „	
Ein Maschinist und 2 Gehülfen zu 3000 Fr. - .	3000 „	
Oel, Seife, Hanf	600 „	
Total des Aufwandes für jeden Dampfwagen .	11000 „	
Für die 30		330,000 Fr.
Art. 12. — Unterhaltung der Wagen etc.		
Wagen	490,000 Fr.	
Krahnen, Wagen etc.	110,000 „	
Total	600,000 „	
zu 10 pCt.		60.000 Fr.
Total der jährlichen Kosten		550,000 „

Digitized by Google

Oeinhausen und Dechen, welche im 19ten Bande des Archives für Bergbau und Hüttenwesen, vom Jahre 1829, stehen, befinden sich mehrere dieser Reglements und überhaupt die schäzbarsten Bemerkungen über Eisenbahnen. [68])

Über ihren ökonomischen Effekt in Vergleich zu dem der Strassen und Kanäle werden wir in einer Note beim Kanalbau, (II. Thl. IV. Abth. S. 247.) wenn die erforderlichen Daten auch für diesen geliefert sind, das Wesentlichste nachtragen und

---

Art. 13. — Interessen des effektiven Kapitals von 10,000,000 zu

4 pCt.	400,000 Fr.
Summe, welche jährlich von dem Gewinn zu decken ist .	95,000 „
Wollte man eine Dividende von 6 pCt. für die 10 Millionen erhalten, so müssen zu obiger Summe von	950,000 „
noch	600,000 „
hinzugesezt werden.	
Total der Einkünfte damit die Kapitalien 10 pCt. tragen	1,550,000 „

Da nun der Tarif zu 14½ Centims für die Tonne und den Kilometer abwärts und 17½ aufwärts festgesezt ist, und nehmen wir an, dass die aufwärtsgehende Last, zu der abwärtsgehenden sich wie 1 : 5 verhalte, so ist der mittlere Tarif 15 Centims für die Tonne und den Kilometer oder 12 Fr. für die 80 Kilometer zwischen Roane und Andrezieux. Die nöthige Anzahl von Tonnen muss demnach seyn $\frac{1550000}{12} = 129167$; demnach sichert ein Transport von 129167 Tonnen den Aktionären ein Einkommen von 10 Prozent.

Diese ausführliche Anzeige über die Berechnung des Aufwands und des Ertrages einer Eisenbahn möchte vielleicht von Manchem als überflüssig und hier als nicht am rechten Orte stehend, angesehen werden; allein abgesehen davon, dass sie manche interessante, noch nicht angeführte Details enthält, kann sie zugleich als Beispiel gelten, wie diese und ähnliche Rechnungen von den auf Aktien unternommenen Bauten, als Eisenbahnen, Kanälen, Brücken u. s. w. angestellt werden.

Detaillirte Berechnungen über die Kosten der Eisenbahnen enthalten auch Navier's *Établissement d'un Chemin de fer entre Paris et le Havre*, Paris etc. und Gerstner in seiner Schrift: *Über die Vortheile der Anlage einer Eisenbahn zwischen der Donau und Moldau*, Wien 1824, und in einer späteren Brochüre in 4° unter demselben Titel, Wien 1829. —

[68]) In den durch eine Parlaments - Akte genehmigten *Reglements über die Ausführung und Benüzuug einer Eisenbahn* sind nicht nur die desshalb im Allgemeinen, und die über Erhebung der Zollgebühren insbesondere nöthigen Bestimmungen enthalten, sondern diese Reglements sezen auch die beim Befahren der Bahn stattfinden sollende Ordnung und die Strafen fest, wenn dieselbe nicht beobachtet wird. Als Beispiele führen wir nur folgende an: jeder Wagenführer, welcher vernachlässigt, über den Schienenweg gemachte

Digitized by Google

üben die Vortheile dieser 3 Systeme der Komunikation einige Bemerkungen beifügen. Übrigens müssen wir gleich hier bemerken, dass im Allgemeinen, keinem dieser Systeme der Vorzug vor dem andern eingeräumt werden darf, da, wie die geachtesten Schriftsteller einhellig erklären, dieser stets durch Lokal- und andere besondere Verhältnisse bedingt wird.

Thüren, die er passirt zu schliessen; oder welcher sich von seinen Pferden Wagen oder Dampfmaschinen entfernt, oder der an seinen Wagen nicht eine zweckmässige Bremse hat, die Schnelligkeit derselben zu reguliren, u. s. w. verfällt in eine Strafe nicht über 2 Pfund.

Ferner heisst es in Bezug auf das Nehmen der Ausweichungen:

Jeder, der mit leerem Wagen auf dem Schienenwege fahrend, verweigert, bei der Annäherung beladener Wagen oder Dampfwagen, die Ausweichung zu nehmen, verfällt in eine Strafe nicht über 10 Schilling. Kutscher mit Passagieren oder Dampfwagen haben nur eine Ausweichung zu nehmen, wenn sie einem Dampfwagen oder einem beladenen Zuge von Wagen begegnen. u. s. w.

Der Zolltarif für den Stackton- und Darlington-Schienenweg ist pro Tonne und Meile folgender:

für Kohlen, rohes Erz, Steine, Kalk, Ziegel. Mist u. s. w. .	1½ Pence,
für Stab- und Gusseisen, Zimmerholz, Dielen und Akrikulturprodukte	2 „
für alle Kaufmannsgüter und Waaren	2½ „
für alle benannte Artikel, welche eine feststehende Dampfmaschine auf der geneigten Ebene passiren	6 „
für das Geschirr und den Gebrauch der Wagen der Kompagnie in allen Fällen	½ „

Reisende zahlen per Meile 1 Pence oder 3 kr. rheinisch.

Digitized by Google

I. Tafel;

zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine.

(Nach Röder.)

Steingattungen.	Spezifisches Gewicht.	Mittlere Last aus mehreren Versuchen auf 1 rhein. Quadratzoll, welche den Stein zerdrückte.
		Berliner Pfund
I. Gauthey's und Rondelet's Versuche.		
Basalt	2,820	22638
Porphyr	2,798	26261
Granit	2,651	9224
Schwarzer Marmor	2,720	7824
Weisser Marmor	2,691	3906
Weisser harter Sandstein (grès)	2,496	11398
Blätteriger Kalkstein (Cliquart)	2,493	5500
Körniger Kalkstein (Liais)	2,292	4143
Muschelkalk (roche)	2,207	2772
Lava	2,179	5258
Tuffstein	1,251	555
Kalkstein von der Brücke zu Neuilly	2,408	1855
II. Quantin's Versuche nach Eytelwein.		
Sandstein	2,185	2631
Ziegelstein	1,818	1124
III. v. Wiebeking's Versuche.		
Röthlicher, eisenhaltiger Sandstein v. Neubayern	2,909	6841
Gelber Sandstein, ebendaher	2,899	2125
Murnauer Sandstein	2,800	2005
Tuffstein, härteste Gattung	2,000	1785
Nagelflue von Glarnisch	2,090	1537
Kalkstein von Lengries	2,900	6416

Bemerkung. Die Versuche No. I wurden mit Würfeln von 2 Zoll Seite, die Versuche No. II mit kleinen Stein-Körpern von einigen Zollen, und die Versuche No. III mit Würfeln von 3 bis 6 Zoll Seite angestellt.

Digitized by Google

II. Tafel;

zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine, nach M. G. Rennie.

Bezeichnung der Steine.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht, welches das Zerdrücken hervorbrachte, Pfunde (avoir du poids)
Granite.		
Blauer Granit von Aberdeen	2,625	24556
Granit mit dichtem Korn von Peterhead . . .	——	18636
Granit von Cornouailles	2,662	14302
Kieselige Steine.		
Kieseliger Stein von Dundee	2,530	14918
Kieseliger Stein von Brannlfall, bei Leyden, parallel oder senkrecht mit den Schichten . .	2,506	13632
Kieseliger Stein von Derby, roth und zerreiblich	2,316	7070
Kalkige Steine.		
Weisser, italienischer Marmor, geadert. . . .	2,726	21783
Weisser Marmor von Brabant	2,697	20742
Schwarzer, kompakter Kalkstein von Limerik .	2,598	19924
Rother Marmor von Devonshire	——	16712
Stein von Portland, von feinem, gleichen Korn (der Würfel hatte 2 Zoll Seite)	2,423	14918
Idem, (der Würfel hatte 1½ Zoll Seite) . . .	2,428	10284
Ziegelsteine.		
Ziegelstein von Stourbridge	——	3864
Ziegelstein von Hammersmith	——	2254
Idem, verbrannt	——	3213
Rother Ziegelstein, Mittel aus 2 Versuchen . .	2,168	1817
Blassrother Ziegelstein	2,085	1263
Kalk	——	1127

Diese Versuche wurden mit kleinen Würfeln von 1½ engl. Zoll Seite angestellt.

Digitized by Google

III. Tafel;

Shmirke's d. J. und Brahmah's Versuche über die Tragkraft mehrerer in England vorkommenden Bausteine.

	Bruch-Belastung auf ein □ Zoll. Pfund.
Feinkörniger Kieselsandstein (Portlandstein)	1121
Grüner Serpentin, von Cornwallis	1121
Kalkerdehaltiger Kalkerdestein, von Ferri Bridge in der Grafschaft York	1149
Kalkerdiger Sandstein (Kettonstein)	1272
Feinkörniger, kalkartiger Kieselsandstein (Bathstein)	1287
Gemeiner, kompacter Gypsstein, von Nottingham	1479
Alabaster, von Nottingham	1489
Versteinerungen enthaltender Kalkstein, von Mattlok in der Grafschaft Derby	2764
Feinkörniger Granit, von Cornwallis	2967
Urkalkstein	2989
Blauer Marmor, von Castleton in der Grafschaft Derby	3124
Kieselsandstein (Purbeckstein)	3452
Carara-Marmor	3787
Grüner Basalt, vom Riesendamm in Irland	4427
Schwarzer Basalt, von Staffa	4989
Hydraulischer Mörtel (Parker's oder Roman-Cement, 3 Jahre alt)	1237 1242 1251

Bemerkung. Die Versuche wurden mittels der hydraulischen Presse angestellt.

IV. Tafel;

Tredgold's Versuche über die Biegsamkeit der Steine.

Brauner Kieselsandstein.					
Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung.	Gewicht	Niederdrückung
10 Pfund	,01 Zoll	50 Pfund	,025 Zoll	80 Pfund	,032 Zoll
20 —	,015 —	60 —	,0275 —	90 —	,035 —
30 —	,02 —	70 —	,03 —	100 —	,037 — und gebrochen.
40 —	,022 —				

Bemerkung. Dieser Versuch war sehr gut, da man schon durch mehrere vorausgegangene Prüfungen das Gewicht beinahe wusste, welches er zu tragen vermag, und daher gegen das Ende die Gewichte mit mehr Vorsicht auflegte.

Das spezifische Gewicht des Steines war 2,113, und er verschlingt $^1/_{16}$ seines Gewichtes an Wasser. Das Gefüge war regelmässig ohne scheinbaren Fehler. Die Länge zwischen den Stützen war 24 Zoll, die Breite 2 Zoll und die Dicke 1,45 Zoll.

Digitized by Google

V. Tafel;

Tredgold's Versuche über die Biegsamkeit der Steine.

Weisser Kieselsandstein.					
Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung
20 Pfund	,015 Zoll	50 Pfund	,025	80 Pfund	,045
30 —	,02 —	60 —	,03	90 —	,05
40 —	,022 —	70 —	,038	92 —	gebrochen.

Das spezifische Gewicht dieses sehr biegsamen Steines war 2,212 und er verschlingt $^1/_{207}$ seines Gewichtes Wasser. Das Gefüge war regelmässig, mit kleinen eingesprengten Glimmerblättchen. Die Entfernung war 18 Zoll, die Breite 1,45, die Dicke 1,525 Zoll.

VI. Tafel;

Tredgold's Versuche zur Erlangung von Daten, um darnach die Seitenstärke der Steine berechnen zu können.

Arten der Sandsteine	Entfernung zwischen den Stützen.	Breite (in Zahlen.)	Dicke (in Zahlen.)	Gewicht, welches den Stein brach.	Gewicht eines Kubikfusses
1	14 Zoll	1,45	1,5	414 Pfund	163,8 Pfund
2	14 —	1,55	1,55	137 —	147,6 —
3	14 —	1,55	1,5	123 —	134,8 —
4	9 —	1,525	1,45	160 —	138,25 —
5	7 —	1,55	1,55	233 —	
6	12 —	2,07	1,55	270 —	132 —
7	5,5 —	1,10	1,0	68 —	123,4 —

Bemerkung. Sandstein No. 1. — Das untersuchte Stück war von höherer Güte, als die gewöhnlichen Steine aus dem Bruche, sowohl in Hinsicht der Feinheit der Textur, als der Dichtigkeit. Sein spezifisches Gewicht war 2,621, und er verdichtete nur $^3/_{111}$ seines Gewichtes Wasser.

Sandstein No. 2. — Das spezifische Gewicht desselben war 2,392, er sog $^1/_{63}$ seines Gewichtes Wasser ein.

Sandstein No. 3 — war mehr blätterig.

Sandstein No. 4 — hatte ein grösseres Gefüge; das Stück war 7 Zoll lang.

Ein anderes Stück No. 5.

Die Stücke Portland-Sandstein No. 6 und der Bathstein No. 7 (kalkartiger Kieselsandstein) waren in ihrer Art gut, und so wie man sie gewöhnlich zu London gebraucht.

Alle Stücke, mit Ausnahme einer Steinart, wurden mit ihrem natürlichen Lager horizontal gelegt.

Digitized by Google

VII. Tafel;

Ordnung der Härte verschiedener Arten Sandsteine.

Bemerkung. Die hier mit Ziffern bezeichneten Steinarten sind dieselben, welche auf Tafel III angeführt sind.

Stein-Arten.	Cohäsions-Kraft eines □ Zolles.	Gewicht des Modulus der Elasticität eines □ Zolles.	Höhe des Modulus der Elasticität.	Ausdehnbarkeit.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht des eingesogenen Wassers, dem Stein als Einheit.	Ordnung nach der Härte.
	Pfund	Pfund					
1.	1,811	2,513,000	2,109,000	1/1304	2,706	3/1300	3
	2,020	1,910,000	1,591,000	1/809			
	2,197	1,800,000	1,500,000	1/128			
2.	857	1,152,000	1,256,000	1/1789	2,113	1/16	2
	976	. . .	. . .	. . .	. . .		
3.	734	569,000	523,000	1/709	2,212	1/167	5
	675	. . .	. . .	. . .			
	656	. . .	. . .	. . .			
4.	2,661	. . .	. . .	. . .	2,621	3/511	4
5.	772	. . .	. . .	. . .	2,262	1/63	5
6.	740	. . .	. . .	. . .	2,155	. . .	5
7.	478	. . .	. . .	. . .	1,975	1/13	1

Digitized by Google

VIII. Tafel.

Nummer der Versuche	Vortrag.	Quantität der Substanzen	Specifisches Gewicht	Gewicht von einer Oberfläche von 4 Zoll getragen.
		Theile		Pfunde.
1.	Flussand	3	1,823	1866
	Kalkbrei	2		
2.	Derselbe Mörtel gepresst		1,893	2552
3.	Grubensand	3	1,588	2475
	Kalkbrei	2		
4.	Derselbe Mörtel gepresst		1,903	3420
5.	Cement aus Ziegelstücken	3	1,457	2896
	Kalkbrei	2		
6.	Derselbe Mörtel gepresst		1,663	3970
7.	Cement aus Ziegelstücken	2	1,503	2645
	Grubensand	1		
	Kalkbrei	2		
8.	Derselbe Mörtel gepresst		1,734	3762
9.	Gepulverte Kieselerde	3	1,681	1783
	Kalkbrei	2		
14.	Römische Puzzolane	3	1,320	2090
	Kalkbrei	2		
15.	Derselbe Mörtel gepresst		1,442	2728
18.	Puzzolane von Neapel	3	1,284	1844
	Kalkbrei	2		
19.	Derselbe Mörtel gepresst		1,394	2360
32.	Alter Mörtel von Puzzolane-Überzug einer alten Wasserleitung bei Rom		1,549	4664
33.	Alter Mörtel von einer Wasserleitung bei Lyon		2.028	4738
39.	Mörtel von der Bastille in Paris		1.487	2258
43.	Loriot'scher Mörtel		1,472	1592
44.	La-Faye'scher Mörtel		1,592	1664
46.	Gypsmörtel, mit Kalkmilch angemacht		1,115	3242

IX. Tafel.

Nummer der Versuche.	Vortrag.	Nöthige Kraft um die Trennung zu bewirken.
		Pfund.
1.	Zwei mit Sandstein abgeschliffene Werkstücke	64
2.	Dieselben Steine mit minder anliegenden Oberflächen	70
3.	Stein von Arcueil	72
4.	Stein von Conflence	108
5.	Mühlstein	123
6.	Backstein von Burgund	138
7.	Ziegelstück	141
	Dieselben Versuche wiederholt, indem die Substanzen mit Gyps verbunden waren.	
obige 2.	Werkstücke	124
3.	Stein von Arcueil	127
4.	Stein von Conflence	168
5.	Mühlstein	189
6.	Backstein von Burgund	201

Digitized by Google

X. Tafel;

zur Bestimmung der Umfänge oder Durchmesser der Fichten, Tannen, Buchen, Föhren und Lärchen bei verschiedenen, bekannten Höhen der Stämme.

Verhältnisszahlen der Umfänge und Durchmesser für Bäume von

bei der Höhe	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Fuss	Fuss, ganze Stammlänge, vom Stocke bis zum Wipfel-Ende.								
1. Fichten.									
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,82	0,84	0,88	0,90	0,91	0,93	0,93	0,94	0,95
30	0,50	0,59	0,70	0,76	0,81	0,83	0,85	0,87	0,88
45	0	0,14	0,41	0,57	0,65	0,72	0,76	0,79	0,81
50	—	0	0,28	0,48	0,59	0,67	0,72	0,76	0,79
70	—	—	—	0	0,24	0,40	0,51	0,59	0,65
90	—	—	—	—	—	0	0,20	0,36	0,46
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,19
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,693	0,694	0,697	0,700	0,703	0,706	0,709	0,711	0,713
2. Tannen und Buchen.									
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,89	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
30	0,57	0,66	0,77	0,84	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91
45	0	0,13	0,47	0,63	0,72	0,78	0,83	0,85	0,87
50	—	0	0,32	0,54	0,66	0,73	0,79	0,82	0,85
70	—	—	—	0	0,27	0,46	0,58	0,65	0,71
90	—	—	—	—	—	0	0,24	0,41	0,52
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,23
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,737	0,737	0,738	0,739	0,740	0,741	0,742	0,743	0,743
3. Föhren und Lärchen.									
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,78	0,80	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
30	0,52	0,58	0,67	0,73	0,76	0,79	0,81	0,83	0,84
45	0	0,14	0,44	0,57	0,63	0,68	0,72	0,74	0,76
50	—	0	0,32	0,50	0,58	0,64	0,68	0,72	0,74
70	—	—	—	0	0,27	0,43	0,53	0,58	0,63
90	—	—	—	—	—	0	0,25	0,39	0,48
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,23
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,684	0,685	0,686	0,687	0,688	0,689	0,690	0,691	0,692

Digitized by Google

XI. Tafel.

Buffon's Versuche über horizontal liegende und in der Mitte belastete frisch gefällte Eichenhölzer.

Gevierte der Stücke.	Länge der Stücke.	Gewicht der Stücke.	Last in der Mitte welche brach.	Pfeil im Augenblick des Bruches.	
Zoll.	Fuss.	Pfund.	Pfund.	Zoll.	Lin.
4	7	58	5312	4	0
	8	66	4350	4	2
	9	74	4025	5	2
	10	83	3612	6	2
	12	99	2987	7	0
5	7	92	11525	2	6
	8	101	9787	2	9
	9	116	8308	3	3
	10	130	7125	3	10
	12	155	6075	5	8
	14	177	5300	8	1
	16	207	4350	8	1
	18	232	3700	8	1
	20	261	3225	9	5
	22	281	2975	11	3
	24	309	2162	12	3
	28	362	1775	20	0
6	7	127	18950		
	8	148	15525	2	5
	9	165	13150	2	8
	10	187	11250	3	3
	12	223	9100	4	1
	14	255	7475	4	4
	16	293	6362	5	8
	18	333	5562	7	11
	20	376	4950	9	2
7	8	203	26050	2	8
	9	226	22350	3	0
	10	253	19475	2	10
	12	302	16175	3	2
	14	351	13225	3	11
	16	505	11000	5	0
	18	452	9245	5	8
	20	503	8375	8	2
8	10	331	27750	2	8
	12	396	23450	3	0
	14	460	19775	3	6
	16	526	16375	4	6
	18	594	13200	4	3
	20	662	11487	6	3

XII. Tafel.

Girard's Versuche über vertikal stehende und an ihrem oberen Ende belastete Eichenhölzer.

Länge der Stücke.	Breite der Stücke.	Dicke der Stücke.	Pfeil der ersten beobachteten Einbiegung.	Last, welche die erste Einbiegung bewirkte.	Last, welche den Bruch bewirkte.
Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Kilogramm.	Kilogramm.
2,6	0,158	0,128	0,0068	17321	
2,6	0,162	0,106	0,0056	11994	42514
2,6	0,158	0,102		11992	
2,6	0,133	0,099	0,0079	11993	
2,6	0,131	0,106	0,0068	11997	22931
2,27	0,156	0,131	0,0028	22939	
2,27	0,158	0,129		17317	
2,27	0,156	0,104	0,0062	17320	33120
2,27	0,158	0,102	0,0068	17322	28626
2,27	0,126	0,102	0,0079	11999	
1,95	0,156	0,133	0,0079	17322	
1,95	0,158	0,102	0,0056	17321	
1,95	0,160	0,102	0,0045	11974	32997
1,95	0,133	0,106	0,0056	17295	
1,95	0,129	0,108	0,0056	11998	
2,27	0,158	0,108	0,0029	11999	
2,6	0,158	0,135	0,0051	11999	37305
2,6	0,158	0,131	0,0045	11997	
2,6	0,187	0,158	0,0023	11998	
2,6	0,189	0,158	0,0023	11998	

Digitized by Google

XIII. Tafel;

Rennie's Versuche über das Zerdrücken von Gusseisen.

Bezeichnung der Würfel.	Spezifisches Gewicht.	Seite der quadratischen Basis.	Höhe	Gewicht, welches das Zerdrücken bewirkt.
		Zoll, engl.	Zoll, engl.	Pfunde. (avoir du poids.)
Eisen aus der Mitte einer grossen Masse gezogen . . .	7,033	1/8	3/8	1440
Idem	7,033	3/4	3/4	9773
Würfel aus horizontal gegossenen Stäben	7,113	3/4	3/4	10114
Würfel aus vertikal gegossenen Stäben	7,074	3/4	3/4	11137
Würfel von verschiedener Höhe aus horizontal gegossenem Eisen	—	1/4	1/2	9449
			3/4	8362
			1	6321
Idem von vertikal gegossenem Eisen	—	3/4	1/2	9328
			3/4	7896
			1	6430

XIV. Tafel.

Rondelet's Versuche über das Zerbrechen horizontal liegender Stangen von Gusseisen.

Bezeichnung des Gusseisens.	Entfernung der Stützpunkte.	Last in der Mitte, welche bricht.	Mittlere Last.	Senkung im Augenblick des Bruches.
	Zoll.	Pfund.	Pfund.	Linien.
Graues Gusseisen	42	450	450	6,25
Idem		450		6,75
Zartes Gusseisen	42	650		15,75
Idem		1062	656	14,—
Idem		350		4,25
Idem		361		10,5
Graues Gusseisen	21	540	795	1
Idem		1050		2
Zartes Gusseisen	21	1650	1461	5,25
Idem		1272		2

Digitized by Google

XV. Tafel.

Resultate der von Séguin, d. ä. über das Zerreissen von Schmiedeeisen angestellten Versuche.

Bezeichnung der Eisenarten.	Breite der Stücke.	Dicke der Stücke.	Gewicht, welches den Bruch bewirkte.	Gewicht, welches 1□ Millimeter trägt.
	Millim.	Millim.	Kilogr.	Kilogr.
Gewalztes Eisen von St. Charmond	16	8	5611	43,8
Idem	10	8	4133	51,7
Idem, von 0,01m Durchmesser . .	—	—	3743	48,0
Eisen von Bourgogne	13	13	5226	30,4
Idem, bis zum Rothglühen erhizt und langsam erkaltet	13,5	13, 5	5435	29,7
Idem, in der Mittte zerschnitten, mit den Enden zusammengelöthet ohne zu strecken	13,3	13,3	5280	29,7
Idem, in der Mitte zerschnitten, und gestreckt	10,15	10,15	5688	55,2
Idem, mehr gestreckt als das vorige, ohne Löthung	4,5	4,5	1238	61,0
Bandeisen, sehr weich (?) . . .	20,3	1,7	1541	44,7

XVI. Tafel.

Dileau's Versuche über die Biegung schmiedeeiserner Stäbe.

Bezeichnung des Schmiedeeisens.	Abstand der Unterlagen.	Breite.	Höhe.	Biegung in der Mitte.	Aufgelegtes Gewicht.
	Meter.	Millim.	Millim.	Millimeter.	Kilogr.
Eisen von Perigord, so wie man es in der Schmiede fand	2	45	12	54	45
Eisen von Perigord . .	2	40	11,5	52,5	25
Idem	3	60	20	33	50
Idem	2	11,5	40	15,03	90
Eisen von Perigord, so wie man es in der Schmiede fand	3	77	14	72	50
Eisen von Perigord . .	3	15	25	70	50

Digitized by Google

XVII. Tafel.

Resultat der von Séguin, d. ä., über das Zerreissen des Eisendrathes angestellten Versuche.

Bezeichnung der Dräthe.	Durch-Messer.	Gewicht, welches den Bruch bewirkte.	Gewicht, welches 1 □ Millimeter trug.
	Millimeter.	Kilogr.	Kilogr.
Eisendrath von Bourgogne, No. 8, ungleich, nochmals geglüht	1,172	41,30	38,2
Idem, No. 7, gleich geglüht	1,062	31,40	36,1
Idem, No. 18, nicht wieder geglüht	3,366	505,60	56,8
Idem, No. 7, nicht wieder geglüht	1,062	65,50	73,7
Dräthe aus einer Manufaktur von Besançon			
No. 1, weich	0,618	25,96	86,1
No. 3, zerbrechlich	0,732	34,12	80,8
No. 5, sehr zerbrechlich	0,911	47,25	72,3
No. 7	1,08	65,25	71,2
No. 9, ziemlich zerbrechlich	1,293	91,74	69,8
No. 11, sehr weich	1,476	100,25	58,6
No. 13	1,800	145,50	57,2
No. 15	2,226	202	51,9
No. 17, brüchig	2,695	389	68,1
No. 18	3,087	617	84,0
No. 19	3,492	750	78,2
No. 21	4,812	1138	62,5
No. 23, weich	5,942	1738,5	62,6

XVIII. Tafel;

über das Maass der absoluten Festigkeit mehrerer Materialien.

(Nach Eytelwein.)

Bezeichnung der Materialien.	Absolute Festigkeit in Berliner Pfunden auf 1 rhein. □ Zoll.
Blei, englisches, gegossen	913
Buchenholz, (Rothbuchen)	22360
Eichenholz, (Sommereichen) vom Kerne	26600
Eichenholz, zwischen Kern und Splint	21940
Eichenholz, vom Splint	14760
Eichenholz, (Steineichen)	22120
Eisen, deutsches, gegossen	70433
Eisen, deutsches, gutes, geschmiedet	78050
Erlenholz	24740
Kiefernholz, vom Kerne	21400
Kiefernholz, vom Kerne, harzig	16160
Kiefernholz, vom Splint	18320
Mauerziegel	290
Stahl, bester, biegsamer	125510
Stahl, bester, gehärtet	118120
Seile, von Hanf gedreht	9000
Tannenholz, (Rothtanne)	10920
Tannenholz, (Weisstanne)	15400
Weissbuche	20400

Digitized by Google

XIX. Tafel;

über die Höhen des scheinbaren Horizontes über den wahren, und über die durch die Refraction verursachten Senkungen für die Entfernung von 20 bis 10000 Meter.

Entfernung in Meter	Erhöhung des scheinbaren Horizontes über den wahren.	Senkung, verursacht durch die Refraction	Überschuss des scheinbaren Horizontes über den wahren, mit Rücksicht auf die Senkung durch die Refraction
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0000	0,0000	0,0000
40	0,0001	0,0000	0,0001
60	0,0003	0,0000	0,0002
80	0,0005	0,0001	0,0004
100	0,0008	0,0001	0,0007
120	0,0011	0,0002	0,0009
140	0,0015	0,0002	0,0013
160	0,0020	0,0003	0,0017
180	0,0025	0,0004	0,0021
200	0,0031	0,0005	0,0026
300	0,0071	0,0011	0,0059
400	0,0126	0,0020	0,0106
500	0,0196	0,0031	0,0165
600	0,0283	0,0045	0,0237
700	0,0385	0,0062	0,0323
800	0,0503	0,0080	0,0422
900	0,0636	0,0102	0,0534
1000	0,0785	0,0126	0,0660
1100	0,0950	0,0152	0,0798
1200	0,1131	0,0187	0,0982
1300	0,1327	0,0212	0,1115
1400	0,1539	0,0246	0,1293
1500	0,1767	0,0283	0,1484
1600	0,2011	0,0322	0,1689
1700	0,2270	0,0363	0,1907
1800	0,2545	0,0407	0,2137
1900	0,2835	0,0454	0,2382
2000	0,3142	0,0503	0,2639
2500	0,4909	0,0785	0,4123
3000	0,7069	0,1131	0,5938
3500	0,9621	0,1539	0,8082
4000	1,2566	0,2011	1,0556
4500	1,5904	0,2545	1,3360
5000	1,9635	0,3142	1,6493
5500	2,3758	0,3801	1,9957
6000	2,8274	0,4524	2,3750
6500	3,3183	0,5309	2,7874
7000	3,8484	0,6157	3,2327
7500	4,4179	0,7069	3,7110
8000	5,0265	0,8042	4,2223
8500	5,6745	0,9079	4,7666
9000	6,3617	1,0179	5,3438
9500	7,0882	1,1341	5,9541
10000	7,8540	1,2566	6,5973

Digitized by Google

XX. Tafel.

Spezifische und absolute Gewichte einiger Bau-Materialien *).

Material.	Spezifisches Gewicht	Ein bayer. Kubikfuss wiegt in bay. ℔.	Material.	Spezifisches Gewicht	Ein bayer. Kubikfuss wiegt in bay. ℔.
Wasser, destillirtes .	1,00	44,30	Lehm, fetter . . .	1,60	70,88
Schmiedeeisen . . .	7,55	314,00	Gartenerde, fette . .	1,62	71,78
Gusseisen	7,04	312,00	Erde, magere, lockere	1,33	58,91
Stahl, englischer . .	7,83	346,86	Thon, gemeiner . .	1,89	83,72
Gussmessing . . .	8,39	371,67	Lehm, gehärteter. .	1,51	66,89
Zinn	7,29	322,94	Eichenholz, frisches .	1,17	50,83
Blei	11,35	502,80	— —, dürres . .	0,60	27,00
Kalkstein an der Isar	2,70	120,00	Lerchenholz, frisches	0,94	42,00
Gebrannter Kalk . .	0,95	41,50	— —, dürres . .	0,60	29,24
Gypsstein	2,16	95,08	Kiefernholz, frisches.	0,90	40,00
Marmor von Tegernsee	2,77	123,00	— —, dürres . .	0,47	21,00
Ziegelsteine, feste .	1,61	71,47	Fichtenholz, frisches	0,88	39,00
Sandstein gewöhnlicher	2,34	104,00	— —, dürres . .	0,45	20,00
Tuffstein, harter . .	2,00	88,60	Tannenholz, frisches	0,92	41,00
Nagelflue	2,09	92,58	— —, dürres . .	0,45	20,00
Sand	1,63	73,53	Pech	1,14	50,00

*) Aus des Herrn Baurathes C. Panzer: Preis-Verzeichniss zur Herstellung verlässiger Kostenanschläge für Strassen-, Brücken- und Wasserbauten, so wie auch für Hochgebäude. München bei J. Lindauer.

XXI. Tafel;

zur Vergleichung mehrerer Fussmaasse u. Gewichte.

I. Fussmaasse.

	Meter.		Meter.
Baden, ein Fuss ist . . .	0,3000	Rheinländischer Fuss . . .	0,3138
Bayern	0,2919	Rheinbayern	0,3333
Preussen	0,3139	Russland	0,5382
England	0,3048	Speier	0,2890
Frankfurt a. M.	0,2864	Wien	0,3161
Paris	0,3248	Würtemberg	0,2865
Nürnberg	0,3043	Schweden	0,2971

II. Gewichte.

	Kilogr.		Kilogr.
Amsterdam, ein Pfund ist . .	0,4942	Hamburg	0,4846
Baden	0,5000	Köln	0,4677
Bayern	0,5617	Leipzig	0,4671
Preussen	0,4686	Nürnberg	0,5096
England (avoir du poids) . .	0,4339	Rheinbayern	1,0000
Frankfurt a. M.	0,4673	Wien	0,5603
Frankreich	0,4895	Würtemberg	0,4677

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

I. M. SGANZIN'S

GRUNDSÄTZE.

II. Theil.

Brücken, - Kanal - und Hafen - Baukunde.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniss des zweiten Theiles.

III. Abtheilung.

Brückenbau.

I. Vorlesung.

Seite

Vorläufige Begriffe von der Zurüstung überhaupt. — Anwendung auf die Konstruktion der Brücken. — Korbbögen. — Vergleichung der Kurven mit der Elipse. — Details über das Beschreiben grossen Bögen durch Kreisbögen. 1

Note 1) Entwickelung der Formel für das Minimum des Verhältnisses der beiden Radien eines Korbbogens aus 3 Mittelpunkten; S. 7. —

II. Vorlesung.

Flügelmauern an Brücken; Grundsäze, welche ihre Stellung und Zurüstung bestimmen. — Details über den Druck der Gewölbe und der Erdarten. — Grundsäze für die Bildung eines Brückenentwurfes. — Der für Werke dieser Art passende Baustyl. 11

Note 2) Seltener Fall, dass die Fahrbahn einer Brücke tiefer liegt als das Gelände; S. 12. — Note 3) Adhärenz und Reibung beim gewöhnlichen Mörtel; S. 14 — Note 4) Citate, (Theorie der Gewölbe); S. 15. — Note 5) Entwickelung der Formel für das Maximum des Erddruckes gegen Futtermauern, nebst Citaten hierüber; S. 17. Note 6) Über hydrometrische Messungen nach Funk; S. 19. Note 7) Erfahrungen über die zum Fortführen verschiedener Geschiebe erforderlichen Geschwindigkeiten nach Dubuat: S. 21. Note 8) Bestimmung der Grösse der Durchflussöffnung; Citate; S. 23. — Note 9) Kleinste, in neuester Zeit bei ausgeführten steinernen Brücken vorkommende Pfeilhöhe; S. 24. —

III. Vorlesung.

Fortsezung von den Arbeiten, welche der Konstruktion der Brücken vorangehen. — Fundationen. — Pfahlwerke. — Einrammen der Pfähle. — Grund- und Spund-Pfähle. 29

Note 8) Bestimmung der Grösse der Steine zu Pfeiler-Umgebungen; S. 30. — Note 11) Entwickelung der Formel für die Last, welche ein eingerammter Pfahl mit Sicherheit tragen kann; Zweck der Pfahlwerke; S. 37. —

Digitized by Google

IV. Vorlesung.

Seite

Roste. — Fangdämme. — Schöpfwerke. — Abstecken des Baues. — Gründung mittels Kästen. 40

Note 12) Vorzug der hölzernen Rostnägel vor den eisernen; S. 42. — Note 13) Vortheil vorstehender Schwellen bei Rosten; S. 43. — Note 14) Vorschriften über den Bau der Fangdämme nach Eytelwein; S. 46. — Note 15) Vergleichende Zusammenstellung der Wirkungen verschiedener Wasserförderungs-Maschinen, nebst einigen neuen Versuchen über Tonnenmühlen; S. 47. — Note 16) Formel für die Grösse der Belastung eines Senkkastens: S. 53 — Note 17) Citate, (Gründung der Schleuse zu Dieppe); S. 54. Note 18) (Gründung in Kästen und mit Beton).

V. Vorlesung.

Konstruktion der Gewölbe. — Rüstbögen der grösseren Gewölbe. — Abrüstung. — Hölzerne Brücken. 56

Note 19) Erklärung von *cintre retroussé* S. 61. — Note 20) Vorschriften für die Konstruktion der Bollwerke nach Eytelwein; S. 62. —

VI. Vorlesung.

(Eingeschaltet)

Fortsezung und weitere Ausführung der Lehre von den hölzernen Brücken. — Jochbrücken; Anzahl und Stärke der Strassenträger für verschiedene Weiten; Tragvermögen einer Jochbrücke; Konstruktion der Joche. — Eisbrecher. — Nothbrücken. 66

Note 21) Was von Langsdorf und Röder unter gemeinen Balkenbrücken verstehen; S. 67. — Note 22) Abmessungen der eisernen Schienen für Brückenbelege; S. 68. — Note 23) Konstruktion des einfachsten hölzernen Geländers nach Crelle; S. 69. — Note 24) Verhältniss der Stärke eines quadratischen Balkens zu einem runden; Citaten hierüber; S. 70. — Note 25) Den wievielten Theil der wirklichen Tragkraft eines Balkens der Sicherheit wegen Eytelwein und v. Langsdorf annehmen; S. 71. — Note 26) Formel für die Stärke eichener Strassenträger; S. 72. — Note 27) Anzahl der Strassenträger nach Crelle; S. 73. — Note 28) Verstärkung derselben durch Querbalken nach demselben; S. 74. — Note 29) Formel für das Minimum der Tragkraft einer Strebe S. 75. — Note 30) Wie die Tragkraft übereinander liegender oder verzahnter Balken gewöhnlich berechnet wird; S. 77. — Note 31) Anzahl der Jochpfähle nach Crelle; S. 79 — Note 32) Zweck und Nuzen zusammengesezter Joche; S. 79. — Note 33) Über die Berechnung des Widerstandes der Joche; S. 80. — Note 34) Stelle, in welcher Jochpfähle am ehesten verfaulen; S. 82. — Note 35) v. Wiebeking's und Röders Meinung über die Anwendung eines Steinpflasters bei hölzernen Brücken S. 83. — Note 36) Vortheil von Preistabellen, welche die Kosten von Material und von Arbeitslohn getrennt enthalten; S. 83. — Note 37) Einfache Konstruktion der Niederösterreichischen Strassenbrücken; S. 84. —

VII. Vorlesung.

(Eingeschaltet).

Bogenhängwerk-Brücken; ihre Konstruktion; approximative Bestimmung ihres Tragvermögens. — Bogenbrücken. Konstruktion und Dauer derselben. — Bohlenbrücken. — Häng- und Sprengwerke; gedeckte Brükken. — Schlussbemerkung über hölzerne Brücken von grossen Weiten im Allgemeinen 85

Digitized by Google

Seite

Note 38) Bemerkung über das Setzen der Würfel bei Holzpflaster; S. 90. — Note 39) Funk's Annahme für die sichere Tragkraft der Bohlenbrücke über die Wesser. S. 93. Note 40) Man sollte auch Versuche über die Tragkraft gebrauchter Hölzer anstellen. S. 93. Note 41) Citate, (Senkungen der Bogenbrücken); S. 100. — Note 42) Citate, (Berechnung des Tragvermögens der Bogenbrücken); S. 102. — Note 43) v. Pechmann's Meinung über das Prinzip der wiebeking'schen Bogenbrücken; S. 103. — Note 44) Wiebeking'sche Bogenhängwerke; S. 104 — Note 45) Brückenbögen aus übereinander geleimten Brettern; S. 105. — Note 46) Gränze für die Spannung der Bohlenbögen nach Zimmermann; S. 106. — Note 47) Wie weit man nach Crelle mit verzahnten Balken gehen kann; S. 108. — Note 48) Du Mollard's neues System für hölzerne Brücken von grossen Weiten, nebst einem Beispiel; S. 112. — Note 50) Steinerne Brücken von der grössten Weite in Europa; S. 113)

VIII. Vorlesung.

(Eingeschaltet)

Von den eisernen Brücken: Einleitung. — Verschiedene Arten von eisernen Brücken. — Gesprengte Brücken von Gusseisen. — Beschreibung einer grossen und einer kleinen ausgeführten Brücke von Gusseisen. — Einige Bemerkungen über die Konstruktion dieser Art von Brücken. — Röhrenbrücken. — Beschreibung der Kettenbrücke zu Bamberg; Berechnung ihres Tragvermögens. — Einige Bemerkungen über die Bauart anderer Ketten-Brücken. — Drath- und Stahlbrücken; ihre Nachtheile. . 114

Note 51) Crelle's und K. v. Wibeking's Meinung über die Dauer und Vortheile eisener Brücken im Allgemeinen; S. 114. — Note 52) Citate, (erste Stahlbrücke); R. 116. Note 53) Citate, (Coalbrookdale-Brücke); S. 116. — Not e54) Telfort's und K. v. Wiebeking's Meinung über die schmiedeisernen Tragringe; S. 119. — Note 55) Verhältniss der Festigkeit einer Röhre zu der eines Cilinders; S. 121. — Note 56) Abmessungen einer Röhrenbrücke nach v. Reichenbach; S. 122. — Note 57) Erste Kettenbrücke für Fuhrwerk; S. 123 — Note 58, 59, 60, 61 u. 62) Citate und kurze Bemerkungen in Betreff der Bamberger Brücke; S. 123 — 128 — Note 63) Beweis des Sazes, dass ein nach einer horizontalen Geraden gleichförmig beschwerter, mit seinen Erden befestigter biegsamer Faden eine Parabel bildet S. 129 — Note 64) Formel für die Spannung einer Kette in jedem beliebigen Punkte derselben; S. 131. — Note 65) Grösse und Belastung eines Kettenstabes nach Navier; S. 123. — Note 66) Grösse der Spannung einer Spannkette mit Rücksicht auf Reibung, und Formel hiefür; S. 134. Note 67) Die an der Bamberger Bücke nach ihrer Ausrüstung sich offenbarten Bewegungen der Pylonen; S. 135. — Note 68) Über die statische Harmonie zwischen den wirkenden und widerstehenden Kräften bei einer Kettenbrücke S. 137. Note 69 u. 70) Citate, Menäi- und Hammersmith's-Brücke und jene auf der Insel Bourbon); S. 140. — 142. — Note 71) Einige praktische Bemerkungen über Kettenbrücken von Traiteur; S. 143. — Note 72) Die Spulen der Drathbündel mit Rändern; S. 145. — Note 73) Formel für die Stärke der Spulen; S. 146. Note 74) Abmessungen der Drathbrücke von Argentat; S. 147. — Note 75) Citate, (Drahtbrücke von Jarnac); S. 149. — Note 76) Abmessungen der Drathbrücke über die Rhone bei Beaucaire; S. 149. — Note 77) Noch einige Gründe wider den Bau von Drathbrücken; S. 150. — Note 78) Art wie Dufour das Tragvermögen des Genfer Drathsteges berechnet. — Schlussbemerkung nebst Citaten; S. 150. —

Digitized by Google

IV. Abtheilung.

Kanal- und Hafenbau.

XI. Vorlesung.

Seite

Natürliche und künstliche Schiffahrt. — Erklärung der wichtigsten Bauwerke. 132

Note 1) Hinweisung auf Perronet's und v. Wiebeking's Werke; S. 153. — Note 2) Citate, (Theorie fliessender Gewässer); S. 154. — Note 3) Erklärung von *pertuis*, r. s. w.; S. 156. — Note 4) Citate, (Schiffbarmachung der Flüsse); S. 158. —

X. Vorlesung.

Von den Schiffahrtskanälen in Ebenen und mit Theilungspunkt. — Betrachtungen über die Verfahrungsweise bei Bildung von Kanal-Entwürfen mit Theilungspunkt. — Hierauf bezügliche Grundsäze. — Wasserbedarf. 150

Note 5) Citate, (Kanal von Charolais); S. 161. — Note 6) Citate, (Grösse der Verdünstung und Versickerung); S. 103 —

Fortsezung der Grundsäze zur Bildung eines Kanal-Entwurfes mit Theilungspunkt. — Untersuchungen über der Wasserbedarf für den Durchgang eines Fahrzeugs unter allen möglichen Fällen. — Bestimmung des vortheilhaftesten Falles der Schleusen. — Betrachtungen über die schicklichste, den Kammern zu gebende Gestalt. Anwendung auf einen Schiffahrts-Entwurf. 165

Note 7) Citate, (Durchschleusung der Schiffe); S. 167. — Note 8) Betrachtungen und Formeln über den Wasserbedarf am Theilungs-Punkte mit Rücksicht auf die Fahrtiefen den Schiffe; wichtige Folgerungen hieraus; S. 168. — Note 9) Vortheil der gekuppelten Schleusen auf Kanälen der kleinen Schiffahrt; Citate; S. 178. — Note 10) Woltmann's und Girard's Meinung über die Kosten der Schleusen im Vergleich zu ihren Fallhöhen; Vortheile kleiner Schleusenfälle und Werth des Wassers auf Kanälen; Beispiele; S. 179. — Note 11) Bestimmung der Zeit zur Füllung und Entleerung einer Schleusenkammer; Beispiel; S. 186. — Note 12) Citate, (Schleuse v. Schlykens). S. 187. — Note 13) Vortheile gekrümmter Uferumauern, nach Dupin. S. 188. — Note 14) Mittelthore an den Schleusen des Donau-Main-Kanals; S. 191 — Note 15) Citate, (Schleuse bei Busalmgen); S. 191. —

VII. Vorlesung.

Von den Wasser-Behältern und Leitgräben. — Von dem eigentlichen Kanal, und zwar als Erdbau betrachtet. 193

Note 16) Citate, (Wasserbehälter zu St. Féréol und Lampy); S. 195. — Note 17) Abmessungen der Leitgräben zu St. Féréol; Formeln für die Geschwindigkeit fliessender

Digitized by Google

Gewässer; S. 197. — Note 18) Stärke der Kieslage für Ziehwege; S. 199. — Note 19) Berechnung der Breite eines Erddammes; Formel; Beispiel; S. 200. —

XIII. Vorlesung.

Kammerschleusen. — Bestimmung, Gestalt und Dicke der verschiedenen Theile, aus welchen die oberen und unteren Schleusenhäupter bestehen. — Details der Konstruktion. — Mittel das Wasser in die Kammern zu leiten. — Schleusenthore. 202

Note 20) Bankete unter dem Wasserspiegel grosser Kanäle, Beispiel; S. 202. — Note 21) Bestimmung der Dicke einer Mauer, welche einem Wasserdrucke zu widerstehen vermag; S. 204. — Note 22) Citate, (Gründung der Schleusen auf Béton); S. 207. — Note 23) Citate, (Linie des gleichen Falles); S. 207. — Note 24) Vorschlag des Ing. Forey, die Fallmauer hinweg zu lassen; S. 208. — Note 25) Citate (Drempelwinkel); S. 209. — Note 26) Bestimmung der Dicke des Schleusenbodens nach Girard; S. 210. Note 27) Beschreibung einer neuen Art die Umläufe zu schliessen nach v. Pechmann; S. 213. — Note 28 u. 29) Stärke der Winkel- und Halsbänder; S. 218. — Note 30) Citate, (Wendehöhlung); S. 218. — Note 31) Vortheile gekrümmter Schleusenthore, nach Dupin; S. 218. — Note 32) Arten die Schleusenthore zu öffnen, S. 221. — Note 33) Bestimmung der Kraft zum Aufziehen einer Schütze; S. 221.

XIV. Vorlesung.

Wasserleitungen. — Überfälle und Grundablässe. — Feste und bewegliche Verbindungs-Brücken. — Durchstiche und Einschnitte der Berge zur Anlage des Kanals oder der Leitgräben. — Beschreibung der keinen Schiffahrt. 222

Note 34) Bedeutungen von Buze; S. 224. — Note 35) Mittel, die Brückkanäle wasserdicht zu machen; S. 224. — Note 36) Citate, (Heberdurchlässe) S. 226. — Note 37) Beispiele einiger unterirdischen Kanäle mit und ohne Ziehweg; S. 229. — Note 38) Bestimmung der Grösse der Zugkraft für Kanalschiffe; Formel; neueste Untersuchungen und Erfahrungen hierüber. S. 229. — Note 39) Beschreibung einer Schwimmschleuse von Chapmann, S. 241) Beschreibung einer geneigten Ebene, von Dutemq; S. 242. — Note 41) Über den Zustand der englischen Kanäle im Allgemeinen, von demselben. S. 243. — Note 42) Beschreibung einer doppelten Schleuse in England von Dupin; S. 246. — Note 43) Kurze vergleichende Bemerkungen über die Vortheile der Kanäle, Eisenbahnen und Landstrassen, mit Citaten; S. 247. —

XV. Vorlesung.

Erklärungen. — Ebbe und Fluth. — Wirkung der Wellen. — Bau-Werke, aus denen ein Hafen besteht. 250

Note 44) Definition eines guten und eines schlechten Hafens, nach Cordier; S. 250. Note 45) Citate, (Ebbe und Fluth) S. 251. —

XVI. Vorlesung.

Hafendämme. — Vorhäfen. — Spülschleusen und Sammelbehälter . 254

Note 46) Bedeutung von *claires voies*; S. 258. — Note 47) Kabellänge; S. 249. —

Digitized by Google

XVII. Vorlesung.

Von den Bassins. — Ufermauern. — Verpfählungen. — Von den Rheden. — Beschluss. 265

Anhang.

Über die Theorie der Gewölbe. 269

Note 48) Entwickelung der De la Hire'schen Gleichungen für die Dicke der Widerlager und des Schlusssteines; S. 270. —

Inhalt

der neu hinzugefügten Tafeln.

I. Tafel; zur Bestimmung der wichtigsten, bei Strassen- und Brückenbau-Arbeiten gewöhnlich vorkommenden Preise 297

II. Tafel; über das Trag-Vermögen eingerammter Pfähle. (Nach Eytelwein). 314

III. zur Bestimmung der Profile bei Futtermauern, wenn die Hinterseite des Profils lothrecht steht. (Nach Eytelwein) 315

IV. Tafel; zur Bestimmung der Profile bei Futtermauern. (Nach Eytelwein). 316

V. Tafel; über die zu den Gefällen von 0,005′ bis 10,000′ gehörigen Geschwindigkeiten 317

VI. Tafel; über einige der merkwürdigsten Brücken in Europa, und über ihre Abmessungen 318

VII. Tafel; Übersicht der wesentlichsten Theile mehrerer Kettenbrükken. (Nach von Wiebeking's Arch. civ. Tom. VII. p. 166). . . . 320

Digitized by Google

III. Abtheilung.

BRÜCKENBAU.

I. Vorlesung.

Vorläufige Begriffe von der Zurüstung überhaupt. — Anwendung auf die Konstruktion der Brücken. — Korbbögen. — Vergleichung der Kurven mit der Ellipse. — Details über das Beschreiben grosser Bögen durch Kreisbögen.

Die Kunst, welche die Formen der Materialien, aus denen ein Gebäude zusammengesezt werden soll, bestimmt, heisst Zurüstung.

Die Zurüstung theilt die Massen eines Gebäudes, um sie wieder nach besondern Bedingungen zusammenzusetzen.

Unter dem Worte Zurüstung im architektonischen Begriffe versteht man nur den Zuschnitt, insoferne er ins Auge fällt.

Die Vollkommenheit der Zurüstung erheischt Regelmässigkeit und selbst Anmuth in den Formen, und vor allem Solidität.

Um diesen doppelten Zweck zu erreichen, ordnet man bisweilen den äussern Zuschnitt der eigentlichen Zurüstung unter. In allen Fällen muss die durch die Zurüstung getrennte Masse nicht nur mit den Formen, welche sie constituiren, sondern

Digitized by Google

auch mit der Stabilität, welche sie vor der Trennung hatte, hervorgebracht seyn.

Eine gerade Mauer ist als ein rechtwinkliges Prisma zu betrachten; sie kann ohne Nachtheil in Beziehung auf die Stabilität in mehrere wagrechte Schichten getheilt seyn. Die Stabilität ist dann das Ergebniss der Trägheit der aufeinander liegenden Schichten.

Man kann das Prisma noch durch vertikale Schnitte theilen; damit aber Stabilität vorhanden sey, ist es nothwendig, dieselben so zu vertheilen, dass jede Abtheilung einer Schichte auf einem vollen Theil der untern Schichte ruhe.

Man hat bereits, als vom Haustein-Gemäuer die Rede war, gesehen, dass jede Grenze der wagrechten Abtheilungen das bildet, was man Lagerfuge nennt, und dass die jeder vertikalen Abtheilung das ist, was man Stossfuge nennt; ferner dass die Zurüstungs-Ebenen, deren Kanten die Grenzen der Schichten bilden, Schichten-Lager, und die Ebenen der Fugen Fugen-Lager genannt werden.

Die Lager der wagrechten Schichten sind unter sich parallel; diese Anordnung, welche gefällig ist, erfordert auch, dass die Dicken der Schichten unter einander gleich seyen; man nennt dis geregelte Schichten.

Eben so ist es einleuchtend, dass die vertikalen Fugen nicht aufeinander treffen dürfen, sondern dass immer Voll auf Fuge gerichtet seyn muss oder, wie man zu sagen pflegt, die Fugen sich überdecken müssen. — Diese Anordnung heisst auch Verband.

Dis ist das natürlichste System der Zurüstung einer geraden Mauer.

Anders verhält es sich mit dem, welches bei der Konstruktion der Gewölbe angenommen wird.

Sie (die Gewölbe) müssen so zugerüstet werden, dass ihr Streben nach Bewegung gegen die Leere, bei irgend einem ihrer Theile nicht besonders Statt haben kann, ohne bei dem andern ein Trennen hervorzubringen, welches jenem Streben entgegenwirkt.

Die Elementar-Körper der Gewölbe können keine rechtwinkligen Prismen seyn.

Sie müssen ungleiche, entgegengesezte Grundflächen haben, und die kleinste ist immer an der Seite des überwölbten Raumes

Digitized by Google

Diese Körper nehmen dann den Namen Gewölbsteine an; sie haben die Gestalt des Keils. Es ist nöthig, dass diese Theile gleichen Widerstand leisten, besonders in den beiden Flächen, welche die Stossfugen bilden und die daher auf dem Gewölbe senkrecht seyn müssen.

Dieses Princip ist unerlässlich; die spitzen Winkel werden dabei vermieden.

Aus demselben geht hervor, dass es mehrere Arten giebt, ein gerades oder scheitrechtes Gewölbe zuzurüsten. —

Man verdankt es dem Senator Monge, die Kunst des Schnittes zu einem Theil der Stereometrie gemacht zu haben, um die Aufgabe der Zurüstung allgemein zu lösen; er hat gezeigt, dass die grossen und kleinen Fugenkanten zu zwei Systemen von Kurven in der Gewölbfläche gehören, und dass die Fugenlager entwickelbare Oberflächen sind.

Die untere, sichtbare Fläche des Gewölbes heisst innere Bogenrundung; die äussere ist die äussere Bogenrundung. Die übrigen äusseren sichtbaren Flächen sind die Häupter, und wenn sie auf dem Gewölbe senkrecht sind, heissen sie gerade Bögen.

Die Gewölbe der Brücken bieten für die Zurüstung keine Schwierigkeit dar, wenn sie auf den Längenaxen der Brücken senkrecht sind.

Die Zahl der aufeinander folgenden Gewölbschichten in jedem geraden Bogen ist gewöhnlich durch die Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen und durch die Qualität der Materialien, über die man verfügen kann, bestimmt.

Ihre Zurüstung wird einzig und allein durch die Vereinigung der Gewölbsteine mit den wagrechten Schichten der Pfeiler und Widerlager bedingt.

In der gemeinen Baukunst, und für wenig beträchtliche Gewölbe erlangt man diese Vereinigung durch ein Mittel, welches nur bis zu einem gewissen Punkt bei der Konstruktion der Brücken zulässig ist. Dis Mittel ist das, was man hackenförmige Zurüstung nennt; das heisst: statt eine vertikale Fuge über dem Zusammentreffen jeder wagrechten Schichte mit der entsprechenden Fuge des Stirnbogens zu setzen, wird diese senkrechte Fuge zur Rechten oder zur Linken um eine gewisse Grösse zurückgerückt, und das Stück der horizontalen Schichte,

Digitized by Google

um welches diese Stossfuge zurückgerückt wird, ist ein Theil des Gewölbsteines; man nennt es Hacken.

In den obern Theilen der Gewölbe verwirft man die hackenförmige Zurüstung, wegen der Brüche, welche sie zur Zeit des unvermeidlichen Setzens bei grossen Gewölben nach der Herausnahme der Gerüste (was Abrüstung genannt wird) verursachen würde.

Die Hacken können ohne Nachtheil von den Anfängern an, bis zu einer gewissen Höhe angewendet werden: man nennt Rückfall die Reihe Gewölbsteine, welche auch zur wagrechten Schichte gehören.

Die Figuren 14, 15, 16 und 17, Taf. V, zeigen verschiedene Mittel an, um die Gewölbsteine mit den wagrechten Schichten der Pfeiler und der Gewölbschenkel zu vereinigen, und den Gewölben zu gestatten, ihr Setzen, ohne dass Steine brechen, zu vollenden.

Das Abgleichen des oberen Lagers eines jeden Gewölbsteines für diese Vereinigungen kann erst nach dem Versetzen des Steines und nach erfolgter Wirkung des Setzens statt finden.

Man führt die stufenförmigen Verbindungen nur dann aus, wenn die Gewölbsteine durch ihre Anordnung eine hinreichende Schnittlänge erhalten haben. Es ist ausserdem der Solidität angemessen, dass der rückfallenden Schichten so wenige als möglich seyen, damit die Gewölbsteine auf ihrem Steinbruch-Lager liegen.

Die Brücke von Mantes bietet ein Beispiel der Schwierigkeit dar, allen Bedingungen zu entsprechen, auf die man bei der Verbindung der Gewölbsteine mit den wagrechten Schichten achten muss. Die Wahl, die man hier getroffen hat, zeigt eine auffallende Unregelmässigkeit. (Figur 16, Tafel V.).

Bei der neuen Brücke am Platze Ludwigs XV, wo die Vorder- und Hinter-Köpfe der Pfeiler aus, mit der Hauptmasse verbundenen, Säulen bestehen, hat diese Verbindung nicht Statt finden können: die Eigenthümlichkeit des Entwurfes liess es nicht zu. Die Gewölbsteine haben die nöthige Schnittlänge dadurch erhalten, dass man sie über den sichtbaren Anstoss der Schenkel hinaus verlängerte. Dieses Verfahren machte die Zurüstung der Gewölbsteine von jener der wagrechten Schichten unabhängig.

Die Zurüstung der Gewölbe nach Kreisstücken beginnt erst bei ihrem Kämpfer. Wenn die Basis des Anfängers auf dem

Digitized by Google

Kämpfer ruhte, würde sie einen spitzen Winkel bilden, und überdis würden an diesem Punkte drei sichtbare Kanten zugleich vorhanden seyn; um dis zu vermeiden erniedrigt man gewöhnlich das Lager des Anfängers in der Art, dass sich der Anfang des Bogens über demselben befindet.

Auf solche Art ist man bei der Brücke von Pesme, im Doub-Departemente, verfahren. (Fig. 17, Taf. V.)

Kurven, Korbbögen, angewendet auf die Konstruktion der Gewölbe.

Von allen Kurven, die für die Konstruktion der Brückengewölbe angewendet werden können, ist der Halbkreis die schönste und reinste.

Die Alten haben ihn fast immer angewendet, jedoch eignet sich sein Gebrauch nicht für alle Ortsverhältnisse.

Er erhebt bisweilen die Brücken zu sehr und macht ihre Auffahrt schwierig.

Da der Halbkreis eine zu grosse Schenkelbreite der Gewölbe zur Folge hat, so verhindert diese Form den leichten Abfluss der Gewässer; in dem Maasse als sie anschwellen, finden sie eine geringere Öffnung. —

Diese Rücksichten machen es nöthig, die Anwendung der Halbkreise auf gewisse Örtlichkeiten und überhaupt auf Brücken von geringer Öffnung zu beschränken.

Das scheitrechte Gewölbe würde der grössten Öffnung am besten entsprechen; aber man macht wegen der Nachtheile, die aus seiner Konstruktion hervorgehen, bei Brücken wenig Gebrauch davon; es ist ausserdem für beträchtliche Öffnungen wegen des grossen wagrechten Druckes, den es ausübt, nicht anwendbar.

Nach dem scheitrechten Gewölbe entspricht das Gewölbe nach einem Kreis-Segmente meistens der Bedingung der grössten Öffnung. Dieses leztere Gewölbe hat gleichfalls das Nachtheilige, einen sehr beträchtlichen, wagrechten Druck auszuüben.

Man zieht ihm gewöhnlich das Gewölbe vor, dessen Stirnbogen eine gedrückte Ellipse ist.

Diese Kurve hält das Mittel zwischen dem Kreis-Segmente und dem Halbkreise. Die Örtlichkeit bestimmt das Verhältniss der Hälfte der kleinen Axe, welche Bogenhöhe oder Pfeil

Digitized by Google

genannt wird, zur grossen Axe, welche die Bogenweite oder Spannung heisst.

Die Höhe wechselt meistens zwischen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der Weite.

Die Schwierigkeiten, die Ellipse im Grossen zu konstruiren, giebt vor dieser Kurve dem aus Kreis-Segmenten gebildeten Korbbogen den Vorzug; diese leztere Kurve hat ausserdem noch mehrere der Lage nach gegebene Mittelpunkte, wodurch das Einziehen der Normalfugen erleichtert wird.

Damit der Korbbogen seine Pfeiler berühre, ist es nothwendig, dass die Summe der Bögen 180° betrage und dass die kleinen Bögen ihren Mittelpunkt auf dem Durchmesser der Kurve haben.

Jeder gedrückte Bogen hat eine ungerade Anzahl von Mittelpunkten.

Gewöhnlich hat diese Kurve nur drei Mittelpunkte, so lange sie nicht zu sehr gedrückt ist.

Bei gegebener Öffnung und Bogenhöhe zeigt die Analysis die Mittel an, die Mittelpunkte zu finden.

Die eleganteste Auflösnng ist die von Bossut; da aber diese Aufgabe zu der Klasse derjenigen gehört, die man unbestimmte nennt, so giebt die hieraus hervorgehende Gleichung des zweiten Grades nur dann einen Halbmesser, wenn der andere zuvor bestimmt ist.

Um diese Unbestimmtheit zu beseitigen, hat Herr Bossut bemerkt, dass die gefälligste Form eines Korbbogens diejenige sey, in welcher die Krümmung der Bögen AM und MD (Fig. 18, Taf. V) am mindesten ungleich ist.

Demnach ist es nöthig, dass das geometrische Verhältniss des Unterschiedes beider Halbmesser x und y ein Minimum sey, d. h. $d\frac{x+y}{x} = o$.

Indem man die nöthigen Berechnungen zur Lösung dieser Aufgabe auf diese Art ausführt, gelangt man zu einem sehr einfachen Resultate, welches die nachstehende geometrische Konstruktion eines Korbbogens aus drei Mittelpunkten angiebt.

Die Mittelpunkte haben ihre Stelle auf den Durchschnittspunkten P und π der grossen und der verlängerten kleinen Axe durch eine auf AD senkrecht stehende Gerade, welche die äussersten Punkte der beiden Halbaxen verbindet und den Theil Ad' der Linie AD in zwei gleiche Theile theilt, nachdem man von

Digitized by Google

dieser Dd', gleich dem Unterschiede beider Axen, abgezogen hat. (Fig. 10, Taf. V.)

Diese Konstruktions-Art ist sehr alt; sie wird in der Praxis am häufigsten und gemeiniglich von den Palieren angewendet. [1])

Man kann die Unbestimmtheit der Aufgabe, einen Korbbogen zu beschreiben, auch durch die Bedingung aufheben, dass jeder der drei Bögen 60° messe. (Fig. 19, Taf. V.)

---

[1]) Um einen allgemeinen Werth für die beiden Radien dieser Konstruktions-Art eines Korbbogens zu finden, welche dem Minimum des geometrischen Verhältnisses entsprechen, sey AC = a, CD = b; Ad = d M = r und Mπ = π; D = R so ist:

$$(R - r)^2 = (a - r)^2 + (R - b)^2 \text{ und hieraus}$$

$$R = \frac{a^2 + b^2 - 2ar.}{2\,(b - r)}$$

Nun soll $\frac{R}{r}$ und nicht $\frac{R+r}{r}$, wie es irriger Weise im Texte heist, ein Minimum seyn: wird demnach $\frac{R}{r} = \frac{a^2 + b^2 - 2ar}{2r\,(b - r)}$, in Bezug auf r differentiirt, und der Differential-Quotient gleich Null gesezt, so hat man

$$r^2 - \frac{b^2 + a^2}{a} \cdot r + \frac{b^3 + a^2 b}{2a} = 0$$

und hieraus $r = \frac{b^2 + a^2 \pm (a - b)\sqrt{b^2 + a^2}}{2a}$

wie es nach der Bossut'schen Konstruktion seyn soll. —

Der auf diese Weise beschriebene Korbbogen hat nur den Nachtheil, dass der Bogen AM um vieles kleiner gefunden wird als MB, was eine üble Wirkung macht, indem man glaubt, der Theil des lezteren zunächst an dem Punkte M sey abgeplattet.

Bei der Konstruktion der Korbbögen im Allgemeinen ist zu bemerken, dass die Zurüstung desto leichter und die Durchfluss-Öffnung desto grösser wird, je kleiner die Anzahl der Mittelpunkte ist: je grösser man aber diese Anzahl annimmt, desto stetiger und angenehmer wird die Kurve seyn. — Demnach ist es unmöglich, alle diese Vortheile zu vereinigen; der Ingenieur muss sie zu vereinigen suchen und die Wahl den Umständen gemäss zu treffen wissen.

Man vergrössert auch noch die Durchfluss-Öffnung, indem man den ersten Radius sehr gross, jedoch immer noch kleiner als die Höhe der Öffnung annimmt, und indem man dem ihm entsprechenden Bogen die möglichst grösste Länge, jedoch in der Art giebt, dass die Länge des Radius am Schlussstein die Weite der Öffnung nicht 1½ mal übersteigt; dis ist vorzüglich bei sehr gedrückten Bögen nöthig, damit der Bogen am Scheitel keine zu grosse Abplattung erhalte, welche gefährlich werden könnte. —

Über die Konstruktion der Korbbögen aus mehr als 3 Mittelpunkten sehe man *v. Wiebeking's theoretisch-praktische Wasserbaukunst*, III. Band §. 403 u. f.

Digitized by Google

Nachdem man mit BC, als Halbmesser, einen Halbkreis durch den Punkt D, wo der Halbkreis die verlängerte Bogenhöhe schneidet, beschrieben, nehme man die Sehne M'D' zu einem Winkel von 30°, ziehe dann die Sehne M'C, die einen Winkel von 60° enthalten wird, ziehe von dem Endpunkte D der Bogenhöhe DM, parallel mit D'M', und durch M die Linie MO, parallel mit M'B, so werden die Durchschnittspunkte K und O die Mittelpunkte seyn, und der hiedurch beschriebene Korbbogen wird den geforderten Bedingungen entsprechen.

Diese Konstruktions-Art eines Korbbogens wird häufig von den Ingenieuren des Brücken- und Strassenbaues angewendet, wenn ein geringer Unterschied zwischen der halben Öffnung und der Höhe statt findet. Wenn aber das Gewölbe unter dem Drittheile gedrückt ist, so muss man wegen der zu grossen sich übel ausnehmenden Krümmung des kleinen Bogens darauf verzichten.

In dem lezten Falle, wo mehr als drei Bögen zur Beschreibung eines Korbbogens nöthig sind, wendet man fünf, bisweilen sieben und für die grössten Bögen selbst elf Mittelpunkte an.

Die schönen Kurven der Bögen an der Brücke zu Neuilly, welche 120 Fuss Spannung haben, sind aus 11 Mittelpunkten beschrieben. (Fig. 20, Taf. V.)

Die Bedingungen, deren man sich beim Beschreiben dieser Kurven bedient hat, um die Unbestimmtheit der Aufgabe zu beseitigen, sind:

1) dass der Abstand i, 12 zwischen dem Mittelpunkte der Öffnung und dem Mittelpunkte des äussern Bogens durch die Halbmesser der Bögen in Theile geschnitten sey, die unter sich in dem arithmetischen Verhältnisse der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 und 5 stehen.

2) dass die Verlängerung dieser Halbmesser auf der Höhe unter sich gleiche Räume abschneide.

3) dass i, 12 dem dritten Theil von iB gleich sey.

Nun bliebe noch übrig, die Stelle 12 des Mittelpunktes zum äussersten Bogen zu bestimmen, damit die mit den übrigen gegebenen Punkten beschriebene Kurve durch die Endpunkte der Höhe und Weite gehe.

Um die Stelle des, allen diesen Daten entsprechenden, Mittelpunktes 12 zu finden, bediente man sich eines eben so sinnreichen als einfachen Mittels.

Digitized by Google

Man konstruirte eine Figur, (Fig. 21, Taf. V) V, 1, 12, R, Q, P, O, V, besonders, welche die Lage der Mittelpunkte nach den Daten darstellt; und aus sehr einfachen, unter den Seiten dieser ähnlichen Figuren Statt findenden, Beziehungen leitet man den analytischen Werth von x leicht ab, und findet $x = (b - a) \frac{n}{m + n - S}$, wobei S das Polygon 12, R, Q, P etc. und m und n das Verhältniss von 1, 12 und 1, V sind.

Um den Werth von x vollständig zu erhalten, muss noch der Ausdruck für das Vieleck S berechnet werden, man erhält denselben durch die Sinusse der auf einander folgenden Dreiecke, in welchen Alles bekannt ist, was man bedarf. Diese Rechnung ist sehr lang: man kann sie durch eine graphische Konstruktion nach einem grossen Maassstab abkürzen.

Zwischen m und n hätte man auch ein anderes Verhältniss als 1 zu 3 annehmen können; aber jede Änderung, welche dieses Verhältniss vermehrte, vergrössert auch den grossen Halbmesser in der Mitte des Gewölbes, und vermindert daher die Krümmung und die Solidität.

Es ist bei der Konstruktion der Gewölbe nöthig, für jeden Gewölbstein Stirnlehren zu haben, wenn die Kurve kein Halbkreis ist.

Diese Lehren werden nach dem Risse im Grossen und nach den natürlichen Maassen des Gegenstandes aufgezeichnet.

Der Riss erfordert zum Auftragen einen grossen Raum; wenn man sich für ihn kein Obdach verschaffen kann, so hilft man sich damit, dass man auf dem Werkplatze in der Nähe der Brücke eine gemauerte Fläche herrichtet, die man mit einem sehr ebenen Gypsüberzug bedeckt.

Um eine genaue Aufzeichnung zu erhalten, beschreibt man, nachdem die Stellen der Mittelpunkte bestimmt sind, die äusseren Bögen mit einem grossen Stangenzirkel; werden aber die Halbmesser beträchtlich, so muss man auf dieses Mittel verzichten, weil sich die Stange des Zirkels biegt und dadurch der Riss fehlerhaft wird.

Man beschreibt den übrigen Theil der Kurve durch Punkte; man bestimmt nehmlich die Koordinaten der äussersten Punkte jedes Bogens durch Rechnung; zieht für jeden Bogen die Sehne, so giebt der Pfeil, der leicht zu berechnen ist, einen Punkt in der Kurve an. Man erhält zwei andere Zwischenpunkte, indem

Digitized by Google

man neue Sehnen zwischen dem Mittelpunkt und den Endpunkten des Bogens zieht, und erhält auf diese Weise nach und nach alle Punkte, deren man bedarf, um die Kurve mit biegsamen Linealen, welche man an der zu bestimmenden Kurve anlegt, zu beschreiben.

Wenn die Sehnen sehr klein sind, so hat man nicht nöthig die Pfeile zu berechnen; in diesem Falle sind sie offenbar der vierte Theil des Pfeiles der doppelten vorher gefundenen Sehne.

Mittels der Endpunkte der Bögen und dem bekannten Durchschnittspunkte ihrer Halbmesser mit der wagrechten Axe, bestimmt man die Richtung der Krümmungs-Halbmesser, und folglich auch jene der Gewölbsteine, welche durch die Enden der Bögen gehen.

Für die Richtung der inzwischen liegenden Gewölbsteine kann, weil die Länge derselben in Beziehung auf den Halbmesser sehr klein ist, dieser Bogen für die Sehne genommen werden; wenn man daher durch die Theilungspunkte der Gewölbsteine eine Linie a'b (Fig. 22, Taf. V) parallel mit dem Krümmungs-Halbmesser zieht, so bestimmt man durch eine einfache Proportion den Werth von a'b', welche senkrecht auf dieser Linie ist und den Abstand von zwei auf einanderfolgenden Punkten angiebt.

Damit das Resultat hinreichend genau sey, muss der Radius im Verhältniss zu der Dicke des Gewölbes sehr gross seyn.

Alle diese zur Aufzeichnung grosser Bögen nöthigen detaillirten Untersuchungen sind das Resultat der Arbeit von Ingenieuren, welche sich vorzüglich mit der Konstruktion grosser Brücken beschäftigt haben, und der gute Erfolg dieser Kostructionen verbürgt die Genauigkeit und die Güte der dargestellten Verfahrungsarten.

Digitized by Google

II. Vorlesung.

Flügelmauern an Brücken; Grundsätze, welche ihre Stellung und Zurüstung bestimmen. — Details über den Druck der Gewölbe und der Erdarten. — Grundsätze für die Bildung eines Brückenentwurfes. — Der für Werke dieser Art passende Baustyl.

Das Erdreich einer im Auftrag befindlichen Strasse kann bei den Auffarthen einer Brücke auf zweierlei Weise gestüzt werden: entweder durch eine Futtermauer, oder durch eine Erdböschung.

Das erste ist gebräuchlich, wenn der Bau der Brücke einen hohen Auftrag erfordert.

Die Stüzmauern bei den Brückenauffarthen können wieder auf zweierlei Art angelegt werden: entweder liegen sie in der Verlängerung der Häupter, oder sie bilden mit denselben einen Winkel; in diesem lezteren Falle heissen sie Flügelmauern.

Die in der Verlängerung der Häupter liegenden Stützmauern müssen lang genug seyn, damit sich die Erdböschung des Dammes nicht bis zur Bogenöffnung ausdehne; und wenn das Gewässer eingefasst ist, so muss man immer einen Zwischenraum lassen, um zwischen dem Fuss der Böschung und dem Rande des Ufers das nöthige Banket zu bilden, im Falle die Böschung nicht mit einer Trockenmauer bekleidet wird, wodurch die Anlage eines Bankets entbehrlich wird.

Wird eine Flügelmauer in der Verlängerung der Häupter angelegt, so endet sich die Böschung des Auftrags in einen geraden Viertels-Kegel, welcher sich gegen diese Mauer stützt.

Diese Anordnung bietet einige Vortheile dar; es ist diejenige, welche die Hälfte der rechts von der Axe auf Taf. VII gezeichneten kleinen Brücke darstellt. Die linke Hälfte dieses Aufrisses giebt die Art an, die Stützmauer in der Verlängerung der Häupter mit dem Ufer des Rinnsaales zu verbinden, wenn, wie

Digitized by Google

es jedoch ziemlich selten der Fall ist, dessen Böschung sich bis zur Höhe der Fussbank verlängert.

Diese Verbindung durch einen Viertels-Kegel ist gefällig; sie verhindert die nachtheilige Wirkung des Regenwassers und ausserdem vermehren diese in der Verlängerung der Häupter angelegten Mauern den Widerstand der Widerlager.

Wenn man eine Flügelmauer anlegt, so muss die oberste Schichte dieser Mauer in der Neigungs-Ebene der Dammböschung liegen; in diesem Falle findet aber auch die Erde an den Flügeln weniger Unterstützung, weil die durch irgend einen Zufall sich ablösenden Erdtheile sogleich über die Flügelmauer herabfallen, was nur durch sorgfältige Ausbesserung verhütet werden kann.

Wenn man blos Ökonomie berücksichtigen, demnach den Flügeln nur die unumgänglich nöthige Länge geben will, so stellt man sie in rechten Winkeln auf die Häupter; es ist aber in diesem Falle nöthig, dass die Öffnung die ganze Breite des Bettes, die der Uferbankete mitgerechnet, einschliesse, und die Flügel müssen bis an den untern Rand der Böschung reichen. Sie endigen sich gewöhnlich in einen, mit einem Würfel versehenen Sockel, welcher an das Ende der Böschungs-Ebene gesezt wird.

Wenn die aufrechte Stirnfläche einer Flügelmauer mit einem Anlauf versehen ist, so gewährt diese Art der Anlage einen etwas grössern Raum und es ist diese Form dem Abflusse günstig.

Die Erweiterung, welche von dem Anlauf der Mauer herrührt, ist oft unzureichend, und die Bedingung einer beträchtlicheren Erweiterung ist gemeinlich unerlässlich, um den Unterspülungen und den Beschädigungen vorzubeugen, welche der Stoss schwimmender Körper verursacht.

Hat man nur diesen lezten Bedingungen Genüge zu leisten, so ist es ziemlich allgemein gebräuchlich, der Grundfläche der Flügelmauer eine Richtung zu geben, die mit einer Parallel-Linie der Längenaxe des Gewölbes einen Winkel von $22^{\circ}\frac{1}{2}$ macht. Diese beständige Erweiterung von $22^{\circ}\frac{1}{2}$ kann indess nur dann angewendet werden, wenn der Lauf des Wassers nicht eingeengt ist, oder wenn, wie es die auf der linken Seite stehende Figur der Taf. VII darstellt, die Breite der Grundfläche der Dammböschung mit der Uferkrone zusammentrifft, indem sie mit den Widerlagern des Gewölbes einen Winkel von $22^{\circ}\frac{1}{2}$

Digitized by Google

bildet. Indessen ist es in jeder Beziehung besser, die Basis der Flügelmauer, anstatt sie unter diesem beständigen Winkel anzulegen, auf demjenigen Punkte auslaufen zu lassen, in welchem sich die äussere Kante des Ufer-Bankets und der untere Rand der Dammböschung durchschneiden.

Um den vortheilhaftesten Winkel zu erhalten, muss das Ende der Böschungs-Ebene und der Würfel, den sie begrenzt, sich unmittelbar bis zur Kante des Ufers erstrecken, damit die Böschung dieses Ufers von der vertikalen Stirnfläche der Flügelmauer, welche erstere schräg durchschneidet, gestützt sey.

Dis Princip ist auf das gegründet, was Lokalität augenfällig fordert; demnach soll sich der Erweiterungs-Winkel den Umständen gemäss verändern.

Ein sehr seltner Fall ist der, wo bei einer in Abtrag befindlichen Strasse der oberste Rand der Bach-Ufer höher als die Strasse liegt; die Flügelmauern sind alsdann nutzlos und der Durchschnitt der Böschungen des Abtrags bildet mit denen des Baches eine hervorspringende Kante, welche man gemeinlich durch eine Trockenmauer befestigt. Man unterstüzt durch eine in der Verlängerung der Häupter liegende Stützmauer den kleinen Theil des Auftrags, der zunächst den Häuptern liegt, wenn dieser Auftrag Statt findet: in diesem Falle ist diese Anwendung den Flügelmauern vorzuziehen, die, indem sie in die Ufer des Flussbettes einschneiden, unregelmässige Formen erzeugen und zu einer wunderlichen Zurüstung nöthigen. [2])

Die Zurüstung der Flügelmauern geschieht mittels wagrechten Ebenen.

Die aufwärts gehenden Fugen sind senkrecht auf den Schichten.

Die wagrechten Ebenen werden nicht bis an die Stirnfläche der Böschung der Flügelmauer fortgeführt; ein wenig vor derselben bildet man zur Vermeidung des spitzen Winkels eine Wiederkehr oder einen Hacken, welcher auf der ansteigenden Ebene senkrecht ist und 8 bis 10 Centimeter (2—3 Zoll) Höhe hat. Durch dieses Einlassen jeder Schichte in die unter ihr

---

[2]) Dieser Fall kommt häufiger bei Kanälen vor; nemlich wenn der Kanal in einem Einschnitt geführt wird und die Fahrbahn der ihn kreuzenden Brücke tiefer liegt, als das Gelände. — Oberhalb der grössern unterirdischen Strecke des Kanales von St. Quentin sieht man ein schönes Beispiel dieser Art.

Digitized by Google

befindliche, wird zugleich dem Abgleiten der Steine vorgebeugt, wozu sie durch den Druck der Erde veranlasst werden.

Der Entwurf einer kleinen Brücke mit allen zum Aufreissen der Zurüstung nöthigen Durchschnitten und Grundrissen ist auf der VIIten Tafel dargestellt. Überhaupt lassen die Tafeln VI, VII, und VIII zur Fertigung eines Entwurfs kleiner Brücken, nach den verschiedenen Ortsverhältnissen, unter welchen sie vorkommen können, nichts zu wünschen übrig. —

Bevor man sich in die, auf die Konstruktion der Brücken Bezug habenden, Details einlässt, ist es nöthig, zwei wesentliche Punkte in der Baukunst, nemlich den Druck der Gewölbe und den der Erde zu untersuchen.

Die Lösung der auf diese beiden Gegenstände Bezug habenden Aufgaben gehört aber zu den delikatesten physico-mathematischen Betrachtungen, welche den grössten Theil der bis jezt gegebenen Auflösungen variiren macht.

Für den Druck der Gewölbe muss die Lage des Brechungs-Punktes bestimmt werden, der das Gewölbe in zwei Theile theilt, nemlich in einen wirkenden und in einen widerstehenden. Man muss annehmen, dass die Widerlager, der Gewalt des Druckes weichend, umstürzen oder rutschen, indem sie sich entfernen. Als wesentliches Datum muss man noch die Adhärenz des Mörtels berücksichtigen. [3])

Einige Ingenieure und Geometer ersten Ranges haben sich mit diesen Untersuchungen beschäftigt; da sie aber von einander abweichende Hypothesen und Daten annahmen, so stimmen ihre Resultate nicht miteinander überein.

Der verstorbene Perronet, erster Ingenieur des Brücken- und Strassenbaues, aufmerksam auf diese Abweichungen, hat die Lage des Brechungspunktes durch Erfahrungen gesucht, welche im Grossen bei den Bogen der Brücken von Nogent und Neuilly gemacht worden sind.

Auf den Gewölbe-Häuptern wurden Merklinien gezogen. Diese haben später die Mittel geliefert, die Richtung und Grösse der Bewegungen zu schätzen, welche nach der Ausrüstung,

---

[3]) Die Adhärenz des aus Sand und Kalk gemischten Mörtels kann, nach den Versuchen Boistard's, auf 1,00 □M. zu 6960 Kileg., und die Reibung auf 0,76 des Gewichtes gerechnet werden.

Digitized by Google

als die Gewölbe ihrer eigenen Last überlassen waren, Statt fanden.

Bei der Brücke von Nogent hat eine Statt gefundene Einbiegung die Unterscheidung der beiden Wirkungen und folglich den Brechungspunkt bezeichnet; er befand sich gegen den dritten Theil des halben Gewölbes.

Bei der Brücke von Neuilly haben sich die Fugen der Gewölbsteine vom 26ten bis 31ten Stein, das heisst, etwas unterhalb des halben Gewölbes geöffnet.

Diese leztere Beobachtung nähert sich wieder der ältern, durch den Akademiker de la Hire angenommenen, Hypothese.

Der verstorbene General Inspektor des Brücken- und Strassenbaues, Chezy, hat nach de la Hire's Formeln Tafeln berechnet und den Brechungspunkt, mit den im Grossen gemachten Erfahrungen übereinstimmend, dahin bestimmt, dass er ihn bei halbkreisförmigen Bögen in der Hälfte, bei gedrückten Bögen aber im dritten Theil des halben Gewölbes annahm. Beide Hypothesen sind dem Widerstande günstig.

Man bediente sich dieser Tafeln mit gutem Erfolge, um die Abmessungen der, Widerlager bildenden, Pfeiler bei den meisten später erbauten grossen Brücken zu bestimmen.

Sie gaben die Dicken der Widerlager für halbkreisförmige Gewölbe und für solche an, welche um ein Drittheil gedrückt sind, von der grössten Weite bis zur geringsten, bei verschiedener Höhe der geraden Pfeiler und für mancherlei Erd- und Steinbelastungen; endlich bestimmen sie die Dicke der Gewölbe an ihrem Schlusssteine.

Eine lange Erfahrung und beständig gute Erfolge begründen das Vertrauen, das man in diese Tafeln, deren Gebrauch beim Strassen- und Brücken-Bauwesen ziemlich allgemein ist, setzen darf; man findet dieselben am Schlusse dieser Abhandlung abgedruckt. [4]) Was die Aufgabe in Beziehung auf den Druck des

---

[4]) Eine ausführliche Übersicht der verschiedenen über den Druck der Gewölbe vorhandenen Theorien befindet sich in *Wiebeking's theor.-prakt. Wasserbaukunde* (3ter Band, Seite 629 etc.,) welche von dem k. b. Baulnspektor Herrn von Cammerloher zu Landshut zusammengestellt ist; ferner in einem Anhange der bereits oben angeführten Dietlein'schen Übersetzung der Werke Perronets, (Seite 526 u. folgende). — Dietlein hält die Theorie von Langsdorf, welche dieser in seinem *Brücken- und Strassenbau* (2ter Theil, 1ste Abtheilung, Heidlberg 1819) vorträgt, für die beste.

Digitized by Google

Erdreichs betrifft, so hat sie mehrere ausgezeichnete Geometer, und in der neuesten Zeit solche vom ersten Range beschäftigt; aber bei dem grössten Theile der ältern Auflösungen wurde der Einfluss der von der Kohäsion und der Reibung der Erdmassen herrührt vernachlässigt.

Hr. v. Prony ist, nach Coulombs Bericht, der erste, der die vollständige Lösung dieses Problems geliefert hat, indem er die Daten der Kohäsion und der Reibung mit aufnahm und die Methode des Grössten und Kleinsten anwandte.

Der Druck des Differential-Prisma, das unmittelbar auf der Böschung ruht, welche das Edreich natürlich annimmt, ist Null, wenn man der Kohäsion den geringsten Werth giebt.

Dieser Werth ist für das Prisma in senkrechter Lage ebenfalls Null.

Zwischen diesen beiden Grenzen giebt es jedoch eine Lage, in welcher das Differential-Prisma ein Maximum des Druckes ausübt.

Diese Berücksichtigung eines Maximum des Druckes, welches man hinweggelassen hatte, macht alle ältern Formeln mangelhaft.

Herr von Prony hat in seiner philosophischen Mechanik und zulezt in einer im Jahre 1802 zum Gebrauch der Eleven gedruckten Abhandlung bewiesen, dass die Lage des Differential-Prisma des grössten Druckes jederzeit auf seiner untern Fläche mit der Vertikalen einen Winkel bilde, welcher der Hälfte des Böschungs-Winkels, den frisch aufgeschüttete Erde annimmt, gleich ist.

Dieses Gesetz stellt die Übereinstimmung her, welche zwischen der Formel für die Erdarten, die eine Böschung bilden, und zwischen dem der Hydrostatik für den Druck der Flüssigkeit Statt haben muss.

Im leztern Fall ist der Winkel Null. Daher ist der Winkel vom Maximum des Druckes 45°. Dieser ist es, welcher bei den wirklichen Flüssigkeiten Statt findet.

Herr von Prony hat der theoretischen Auflösung dieses Problems eine, mit Genauigkeit konstruirte, graphische Formel beigefügt, auf welcher man ohne Rechnung durch Konstruktion von Linien die einer Futtermauer zu gebenden Dicken für alle Hypothesen findet, die vorkommen können.

Digitized by Google

Diese graphische Formel, die von allen Werkleuten angewendet werden kann, dürfte künftig an die Stelle des blinden Verfahrens zu setzen seyn, welchem gewöhnlich die im Kalkul wenig geübten Werkleute folgen; sie gewährt sehr beträchtliche Vortheile in Beziehung auf Ökonomie und Dauerhaftigkeit, zwei sowohl den Privat-Unternehmungen, als öffentlichen Bauwerken nöthige Bedingungen. Da Herr von Prony mir erlaubt hat, diese graphische Formel und seine Erklärung diesen Vorlesungen beizufügen, so werden sie nach den Tafeln über den Druck der Gewölbe folgen. Sie machen den Gegenstand der 13ten Tafel aus. [5])

---

[5]) Die Abhandlung von Prony *über den Erddruck* ist vergriffen; man findet aber im Anhang zum 3ten Hefte der *Wasserbaukunst* von Eytelwein, (Seite 101 etc.) die Aufgabe vom Druck der Erde gegen Futtermauern auf eine sehr vorzügliche Art, und, wie es nach den von Sganzin im Text angeführten Resultaten hervorzugehen scheint, auf eine Weise gelöst, die der Prony'schen sehr ähnlich seyn muss. Der einfachste Ausdruck für den Erddruck gegen Futtermauern und zugleich derjenige, welcher für die Ausführung hinlängliche Sicherheit gewährt ist $\frac{h^2 . \varepsilon}{2}$, wo h die Höhe der Mauer und ε das Gewicht von einem Kubikfuss Erde bezeichnet. Denn der Kubus des Erdprisma, welches ein Bestreben hat abzugleiten, und welches gegen die Mauer einen Seitendruck ausübt, ist $\frac{h^2 . \text{Cotang } \alpha}{2}$, wo α den Winkel mit dem Horizonte bedeutet, unter welchem die Erde ohne abzugleiten noch gerade liegen bleibt. Dieser vertikal wirkende Druck lässt sich in zwei andere zerlegen, von denen der eine auf der Böschung der Erde, und der andere auf der hintern Fläche der Mauer senkrecht und also horizontal ist. — Diesen nach horizontaler Richtung wirkenden Erddruck findet man

$$= \frac{h^2 . \text{Cotang } \alpha . \varepsilon}{2} . \text{ Sin } \alpha = \frac{h^2 . \text{Cos } \alpha . \varepsilon}{2}$$

und für $a = o$ also Cos $\alpha = 1$ wird dieser Ausdruck ein Maximum, d. $. = \frac{h^2 . \varepsilon}{2}$ (was schon Coulomb und Prony bemerken), also ist auch der horizontale Erddruck der Mauer in diesem Falle ein Grösstes.

Nennt man x die Breite einer senkrechten Mauer, und das Gewicht von einem Kubikfuss derselben δ, so hat man für den Fall des Gleichgewichts, da der Erddruck an dem Hebelarme $\frac{h}{3}$ und das Gewicht der Mauer an dem Hebelarme $\frac{x}{2}$ wirkt, die Gleichung $\frac{x}{2} . xh\delta = \frac{h}{3} . \frac{h^2}{2} . \varepsilon$, also hieraus die Breite der Mauer $x = h . \sqrt{\frac{1}{3} . \frac{\varepsilon}{\delta}}$. Für nicht zu fette Gartenerde ist $\varepsilon = 66$

Digitized by Google

Nachdem die beste Auswahl der zur Konstruktion der Brückenbögen anzuwendenden Kurven angezeigt, und die Grundsätze, deren Richtigkeit allgemein anerkannt ist, für die schicklichste Anordnung und für die ihren Theilen zu gebenden Abmessungen aufgestellt worden sind, werde ich einige andere Grundsätze vortragen, die den Ingenieur bei der Fertigung des Entwurfes einer Brücke und bei der Wahl der besten Construktion für Werke dieser Art leiten müssen.

Wenn es sich von der Anfertigung eines grossen Brücken-Entwurfes handelt, so hat der Ingenieur mit der Aufnahme eines genauen Planes zu beginnen, auf welchem auf eine bestimmte Weise die Breite des Wasserlaufes, die Unebenheit des Geländes, die Kiesbänke, welche bei niederem Wasserstande überdeckt werden, die Inseln, endlich die Richtung der Wege oder Strassen, welche sich bis an die Brücke erstrecken sollen, angezeigt sind. Es ist nicht nur wesentlich, die Zugänge ihrer Lage zu kennen, sondern es muss auch noch mittels eines

---

und für gewöhnliches Bruchstein-Mauerwerk ist $\delta = 88$ Pfund, folglich hat man $x = h.\sqrt{\frac{66}{3.88}} = \frac{h}{2}$. Erhält die Mauer auf ihrer vorderen Seite eine Böschung und auf der Rückseite Fussbänke, so lässt sich die obere Breite derselben nach den nemlichen Voraussetzungen bestimmen und x wird alsdann natürlich kleiner. —

Giebt man der Futtermauer auf der vorderen Seite $\frac{1}{10}$ und auf der Rückseite, welche gegen die Erde gekehrt ist, $\frac{1}{5}$ Anlauf, so findet man die obere Breite der Futtermauer gleich $\frac{3}{10}$ ihrer Höhe, und die untere Breite derselben ist in diesem Falle das doppelte, also $\frac{3}{5}$ h.

Auf vorstehende, äusserst einfache Weise findet man die Aufgabe vom Druck der Erde behandelt in einer Note zu *Gauthey's Mémoires sur les canaux* (Seite 53), welche Note wahrscheinlich von Navier, dem Herausgeber dieser Memoiren, ist; ferner in einer Abhandlung von Girard, welche sich im 24ten Bande der *Annales de Chimie et de Physique* (pag. 48) befindet und endlich in dem 7ten Bande des *Journal du Génie civil* (Paris 1830 Seite 502) von dem Ingenieur en Chef Mondot de Lagorce. —

Noch verdient bemerkt zu werden, dass die Stütz- oder Futtermauern, welche gewöhnlich von trocknem Mauerwerk und auf ihrer vorderen Seite mit $\frac{1}{5}$ Anlauf angelegt werden, vorzüglich an Stabilität gewinnen, wenn man die Mauersteine in der Art versetzt, dass alle Lagerfugen auf der Böschungsfläche senkrecht liegen und das Fundament der Mauer statt horizontal zu seyn, eine geneigte Lage hat. — Die Gleichung des Gleichgewichts ist, nach obigen Voraussetzungen, auch für dieses Profil der Mauer leicht auszumitteln; sie ist eine Gleichung vom dritten Grade. —

Digitized by Google

Nivellements nach der Linie des Projekts das Profil des Bettes hergestellt, mit vieler Sorgfalt die Wassermenge unter verschiedenen Umständen gemessen, und mit Genauigkeit in dem Nivellement die Höhe des Sommerwassers oder des kleinsten Wasserstandes, so wie die der grössten Anschwellungen angegeben werden. [6])

---

[6]) Über die Art und Weise, hydrotechnische Messungen aufzunehmen, — die zu den schwierigsten Arbeiten des Ingenieurs gehören, wenn dieselben verlässig und zur Vergleichung mit Theorien über das zwischen dem Profile, der Neigung und der Wassermenge eines Flusses bestehende Verhältniss brauchbar seyn sollen — findet man in *Funk's Beiträgen zur allgemeinen Wasserbaukunde* sehr lehrreiche Bemerkungen und Erfahrungen.

Bei dem Bane einer Brücke muss der Ingenieur, vorzüglich wenn mit jenem zugleich eine Flusskorrektion verbunden ist, die genaueste Lokal-Kenntniss besitzen. Diese wird nicht allein durch langjährige Beobachtung des Flusses, sondern besonders durch hydrotechnische Messungen erlangt.

Nach Funk soll eine richtige Stromkarte enthalten:

1) Die Richtung des Stromstrichs bei den 3 Wasserständen (dem grössten, dem vollbörtigen und dem kleinsten);

2) die Tiefe des Stromes für einen bestimmten Wasserstand, alle 10 Ruthen;

3) die genaue Uferlinie bei dem kleinsten Wasserstande mit der Bemerkung, ob dieselben im Abbruch, ob Verlandung, oder ob sie durch Eisgang und Wellenschlag corrodirt werden;

4) Inseln und Sandbänke;

5) Alluvionen und Weiden-Plantationen;

6) die Uferbefestigungen, als Buhnen, Blesswerke, Steinbauten;

7) Brücken, Schiffsmühlen u. s. w.

8) Influirende Nebenflüsse und Gräben;

9) die Grundstücke, soweit sie vom Hochwasser überschwemmt werden;

10) die Altwässer und ihr Zustand; und endlich

11) der Zug der Eisgänge und Hochgewässer.

Ein genaues Nivellement muss enthalten:

1) das Gefälle bei den drei Wasserständen;

2) den Abhang der Strommrinne;

3) Peilmarken alle 100° zu 100°, wovon der normale Wasserstand genau zu ersehen ist.

4) die Höhe der Peilmarken über dem Normalen-Wasserstand, wonach das Nivellement bestimmt ist;

5) die Punkte der Quer-Profile; und

6) alle unveränderlichen Punkte, als Brücken u. s. w.

Eine gewisse Anzahl von Quer-Profilen, verbunden mit Geschwindigkeits-Messungen, muss nicht allein ober- und unterhalb der influirenden Nebenflüsse, sondern auch in lezteren selbst, bei demselben Wasserstande

Digitized by Google

Mit diesem Nivellement müssen auch hinreichend tiefe Sondirungen verbunden werden, um in allen Punkten des Profils die Natur des Bodens und die Tiefe, in welcher sich der feste Grund vorfindet, zu bestimmen. Endlich knüpft man das Nivellement an einen unveränderlichen Punkt an, welcher später bei den auf den Bau sich beziehenden Arbeiten als Anhaltspunkt dient.

Die Axe des Entwurfes soll, soviel als möglich, senkrecht auf den Lauf des Flusses seyn, damit die Längenflächen der Pfeiler und Widerlager mit der Richtung des Stromes parallel laufen; und wenn die allgemeine Anlage des Baues diese Anordnung nicht zulässt, so geht hieraus hervor, dass die Brücke schief seyn muss, ein Missstand, der jedoch eher zulässig ist, als die Stellung der Pfeiler unter einem Winkel gegen den Stromstrich, was vor allem möglichst vermieden werden muss.

Sind die Haupt-Massen und ihre Lage auf diese Weise festgesetzt, so bleibt noch die Anzahl und Weite der Bögen, woraus die Brücke bestehen soll, zu bestimmen übrig, oder, was dasselbe ist, es muss der Querschnitt der Durchfluss-Öffnung festgesetzt werden.

Die strenge Lösung dieser Aufgabe, wenn sie vollständig möglich wäre, erforderte zuerst, dass der Ingenieur die Wassermasse genau kenne, welche durch die Brücke zur Zeit der höchsten Anschwellungen fliessen soll, um die Öffnungen dieser Quantität so zu proportioniren, dass die unter der Brücke sich herstellende Geschwindigkeit des Stromes nicht zu beträchtlich ist, und hiedurch die Pfeiler keinen Unterspülungen ausgesetzt werden. Die Erfahrungen Dubuat's, welche in der Lehre der fliessenden Gewässer bedeutende Fortschritte bewirkt haben, und vor allen die lezten Untersuchungen des Herrn von Prony

---

wie das Längen-Profil, aufgenommen werden. Die Höhe der 3 Wasserstände soll in demselben angegeben seyn.

Endlich soll eine hydrotechnische Darstellung eines Flusses enthalten:

1) Untersuchungen über das Material des Flussbettes und die Ufer und dessen Wasserstand;

2) Untersuchungen über die Menge Schlick u. s. w.;

3) Beschreibung der Erdarten der überschwemmten Gegenden;

4) Beobachtung über die Anschwellungen der Flüsse, ihre Dauer, Höhe u. s. w. —, sowie über die verschiedenen Stände des Schiffahrtswassers; und

5) Beschreibung der üblichen Fahrzeuge. —

Digitized by Google

über die Übereinstimmung der von ihm berichtigten Formeln mit der Erfahrung, haben gezeigt, dass die mittlere Geschwindigkeit, — ein Element, dessen man zur Berechnung der abfliessenden Wassermenge bedarf, — beinahe gleich $^4/_5$ ihrer Geschwindigkeit an der Oberfläche sey. Man könnte hierdurch hinreichend genau die Lösung der Aufgabe für die Durchfluss-Öffnung erhalten; allein die grössere oder geringere Zähigkeit des das Flussbett bildenden Bodens, hat zu grossen Einfluss auf diese Lösung, und man muss darauf Rücksicht nehmen, um die Grenze der Geschwindigkeit, welche man sich erlauben kann, zu bestimmen. [7])

[7]) Gauthey giebt in seinem *Traité de la Construction des Ponts*, (Paris 1813, Tome II, pag. 103) eine Note über die zum Fortschaffen verschiedener Gerölle nöthige Geschwindigkeit, die uns interessant genug scheint, sie hier ganz überzutragen. —

„Über die Art und Weise, mit welcher fliessende Gewässer die auf dem Boden ihrer Bette sich befindlichen Materialien mit sich führen, hat Dubuat wissenswerthe Beobachtungen angestellt. Man findet dieselben in seinen *Grundsätzen der Hydraulik*." *)

„Er hat versucht, Erfahrungen über die Beharrungs-Geschwindigkeit, welche verschiedenen Bodenarten entsprechen, zu machen, deren Resultate in der folgenden Tabelle niedergelegt sind."

Geschwindigkeit für die Sekunde auf dem Bett des Stromes		Brauner Töpferthon.	Grober, gelber Sand.	Gerölle aus der Seine. Von der Dicke eines Anis-korns.	Von der Dicke einer Erbse.	Von der Dicke einer Bohne.	Strandsteine auf 27 cent. (0,93′) Durchmesser und darüber abgerundet	Vielwinklige Feuersteine von der Grösse eines Hühnereies
Meter	= Fuss							
1,219	4,17	fortgeführt	fortgeführt	fortgeführt	fortgeführt	fortgeführt	fortgeführt	fortgeführt
0,975	3,36	ditto	ditto	ditto	ditto	ditto	ditto	Beharrungsstand
0,650	2,23	ditto	ditto	ditto	ditto	ditto	Beharrungsstand	widerstehend
0,474	1,64	ditto	ditto	ditto	ditto	ditto	widerstehend	ditto
0,325	1,13	ditto	ditto	ditto	ditto	Beharrungsstand widerstehend	ditto	ditto
0,217	0,75	ditto	Beharrungsstand	ditto	ditto		ditto	ditto
0,189	0,65	ditto	widerstehend	ditto	Beharrungsstand widerstehend	ditto	ditto	ditto
0,162	0,55	setzt feinen Sand ab	ditto	ditto		ditto	ditto	ditto
0,108	0,37	ditto	ditto	Beharrungsstand widerstehend	ditto	ditto	ditto	ditto
0,081	0,27	Beharrungsstand	ditto		ditto	ditto	ditto	ditto
Spezifische Schwere der Stoffe.								
		2,64	2,36	2,545	2,545	2,545	2,614	2,25

*) Übersetzt von Eytelwein und von Lempe Ir Bd. 2. Abth. Cap. 3. und 2r Bd. 1. Abth. Cap. 7.

Digitized by Google

In der That, wenn die Brücke auf einem Felsen-Grunde erbaut werden sollte, so würde es in Beziehung auf Unterspü-

---

„Das Wort Beharrungsstand zeigt in dieser Tabelle an, dass bei der Geschwindigkeit, die ihr entspricht, die Materialien, mit welchen der Versuch angestellt wurde, Stabilität hatten, und dass sie bei einer nur um etwas grösseren Geschwindigkeit von dem Strome fortgeführt worden sind. Sie waren auf dem Boden eines künstlichen in Bohlen ausgeführten Kanals niedergelegt.“

„Um dieses Resultat mit der im Texte auseinander gesetzten Theorie zu vergleichen, sey in der Gleichung $c = \frac{H}{\pi}$, $\pi = 1{,}25$, $H = 0{,}0484^m$ (0,16′), welches die einer Geschwindigkeit von $0{,}975^m$ (3,38′) zugehörige Höhe und wo π die Differenz zwischen der spezifischen Schwere des Steines und jener des Wassers ist. Man wird $c = 4^{ctm}$ (0,13′) finden, was genau die Stärke ist, die man bei den eckigten Kieseln, auf welche sich die lezte Spalte der Tabelle bezieht, voraussetzen muss.“

„Wir fügen hier noch einige Beobachtungen bei, welche die Anhaltspunkte zu Vergleichungen bieten, um sich von der Geschwindigkeit der Flüsse eine Idee zu machen.“

„Die gewöhnliche Geschwindigkeit in der Sekunde für kleine Bäche in den Umgebungen von Paris, mit einer Neigung von $0{,}0018^m$ (0,006′) ist: — $0{,}28^m$ (0,96′)

Geschwindigkeit der Seine zwischen der Brücke der Tuillerien und des Pont-neuf, beobachtet von Mariot . . . . $0{,}47^m$ (1,61)

Geschwindigkeit der Seine, zwischen Sureine und Neully, beobachtet von Chezy, die Höhe über dem Sommerwasser war $1{,}26^m$ (3,94′) und die Neigung war 0,00125. . $0{,}78^m$ (2,67′)

Grösste Geschwindigkeit der Temse bei London während der Fluth $0{,}90^m$ (3,10′)

während der Ebbe . . . . . $0{,}76^m$ (2,60′)

Geschwindigkeit der Tiber bei Rom, beim niedrigsten Wasserstande $1{,}00^m$ (3,42′)

Geschwindigkeit der Donau bei Ebersdorf bei niedrigem Wasserstand . . . . . $1{,}05^m$ (3,43′)

Bei Hochwasser variirt diese Geschwindigkeit zwischen . . . . . $2{,}21^m$ (7,57′) bis $3{,}79^m$ (12,98′)

Geschwindigkeit der Loire bei $0{,}000382^m$ (0,013′) Steigung $1{,}30^m$ (4,44′)

Geschwindigkeit der Rhone bei Arles bei niedrigem Wasserstand $1{,}46^m$ (5,00′)

Geschwindigkeit der Rhone bei Beaucaire zu derselben Epoche $2{,}60^m$ (8,90′)

Gewöhnliche Geschwindigkeit der Durance bei Sistron bis zu ihrer Mündung, die Höhe über dem Sommer-Wasser überschreitet nicht $3{,}00^m$ (10,278′) . . . . . — $2{,}60^m$ (8,90′)

Geschwindigkeit des Maragnon rechts von Songo, beobachtet von Herrn de la Contamin . . . . . $3{,}90^m$ (13,35′)

Digitized by Google

lungen wenig Nachtheil haben, eine geringere Durchflussweite, als der Querschnitt des Flusses ist, anzunehmen; hingegen, wenn das Bett aus Materialien besteht, die durch die Strömung fortgeführt oder abgeschält werden können, so ist es unumgänglich nothwendig, die Durchflussöffnung diesem Querschnitte fast gleich zu machen.

Unter allen Umständen scheint es am angemessensten zu seyn, die Durchflussöffnungen derjenigen Brücken zu untersuchen, welche an demselben Flusse oberhalb der zu erbauenden sich befinden; die in diesen Öffnungen vorhandene Geschwindigkeit und die Wirkungen derselben auf den Boden kennen zu lernen; zu untersuchen, ob sie keine Unterspülungen verursache, welchen durch die Kunst vorgebeugt werden muss; endlich, wenn der Boden von derselben Beschaffenheit ist, wie der, auf welchem die neue Brücke erbaut werden soll, so unterliegt es keinem Zweifel, dass man dieselbe Durchflussöffnung annehmen könne, indem man sie den Zuflüssen gemäss, welche unterhalb des beobachteten Punktes Statt finden können, und in der Art modifizirt, dass die mittlere Geschwindigkeit unter der neuen Brücke unter gleichen Umständen die nemliche sey, wie die, welche unter der zur Vergleichung gedienten Brücke Statt findet.

Wenn die Breite der Durchflussöffnung auf diese Art festgesetzt ist, so ist es wichtig, — obgleich die Dicke der Pfeiler nicht unter dieser Breite miteinbegriffen ist, ihre Masse aber immer für den Fluss ein Hinderniss bleibt, — deren so wenige als möglich zu machen. [8])

Geschwindigkeit eines Wildwassers, welches von dem durch den Ausbruch eines Vulkans verursachten Schmelzen des Schnees herrührte und von Bouger in Amerika beobachtet worden ist . . . 7,80^{m} (26,72′)“

Die mittlere Geschwindigkeit des Rheins beträgt beim höchsten Wasserstande bei Mannheim 5′ und beim niedrigsten wird sie nahe um die Hälfte vermindert. Man sehe: von *Tulla, über die Rektifikation des Rheins*, (Carlsruhe 1825.)

Nach der in Bemerkung 6 angeführten Funk'schen Schrift verhalten sich die Gewichte der Geschiebe, im Falle sie mit der Geschwindigkeit des Stromes im Gleichgewichte sind, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; Sand, mit etwas Thonschiefer vermischt, widersteht bei einer Geschwindigkeit von 2,46′ und Granit von 2 bis 2½ Zoll Dicke einer Geschwindigkeit von 6,05′.

[8]) Über die Bestimmung der Grösse der Durchfluss-Öffnung findet man im Anhange der in Note 4 erwähnten Übersetzung der Werke Peronets von Dietlein einige sehr schätzbare allgemeine Bemerkungen. —

Digitized by Google

Dieses Princip hat einerseits zur Grenze das Maximum der Weite, welche anzunehmen möglich ist, andererseits die Höhe des Bogens, welche die Örtlichkeit zu geben gestattet; die gedrückteste Bogenhöhe kann ohne Nachtheil nicht unter einem Viertheil der Weite betragen. *)

Man legt gewöhnlich den Scheitel des Gewölbes 1 bis 2 Meter über den höchsten Wasserstand.

Hat man nicht Materialien von vorzüglich guter Beschaffenheit zu seiner Verfügung, so ist ein System von Bögen mit mittelmässigen Weiten vorzuziehen; und da es vortheilhaft ist, in der Mitte des Wasserlaufes einen leeren Raum zu haben, so geht daraus hervor, dass, wenn man die Zahl der Bögen vermehrt, die Zahl derselben, von der Einheit ausgehend, beständig um zwei wachsen müsse.

Das System von Gewölben aus Kreisstücken entfernt viele Schwierigkeiten in Bezug auf Befriedigung mannigfaltiger örtlicher Verhältnisse, indem es das, was diese erheischen, mit dem was die Durchflussöffnung nöthig macht in Einklang bringt.

Die aus einem einzigen Kreisstücke gebildeten Gewölbe können ihren Anfang in der Höhe der Hochgewässer und selbst noch etwas über denselben haben, was ein für den Durchfluss zur Zeit der Hochgewässer vorzüglich günstiger Umstand ist. Diese Konstruktions-Art gewährt ausserdem auch den Vortheil, den Leinpfad unter einem der äussersten Bögen anlegen zu können; — demnach scheint es, dass diese Vortheile zur Annahme dieses Gewölbesystems bestimmen dürften.

Vergeblich wird man eine durch unabwendbare Ortsverhältnisse bedingte zu geringe Durchflussöffnung dadurch verstärken wollen, dass man die Widerlager in das Erdreich zurücklegt, um den Querschnitt des Flusses zu vergrössern; da diese Erweiterung ausserhalb dem eigentlichen Strome liegen würde, so werden die Gewässer daselbst stehen bleiben, die Anschwemmungen werden sich dort niedersetzen, das Bett wird sich auf seine ursprüng-

---

*) In neuerer Zeit gieng man in Verminderung der Pfeilhöhe zum Verhältniss der Bogenweite noch viel weiter; so z. B. ist bei der von Lamandé im Jahre 1810 zu Paris erbauten Brücke der Invaliden, welche jezt durch ihre Kühnheit und Solidität die Bewunderung aller Kenner auf sich zieht, das Verhältniss des Pfeiles zur Spannung wie 1 zu 8,46. Bei einigen andern ist dieses Verhältniss wie 1 zu 12 und sogar wie 1 zu 17. —

Digitized by Google

liche Breite wieder herstellen, und die Geschwindigkeit, sowie ihre Einwirkungen auf den Grund werden bald wieder dieselben seyn, wie zuvor. —

Stossen die Widerlager an bereits vorhandene Futtermauern, so muss ihre Wand in die Richtung dieser Futtermauern gelegt werden.

Wenn indessen das Flussbett zwischen diesen Futtermauern eine grössere Breite hat, als nöthig ist, so kann man die Widerlager mit Vortheil vorspringen lassen und die Durchflussöffnung auf die gerade nöthige Weite beschränken.

Eine zu beträchtliche Durchflussöffnung ist ein Nachtheil; sie verursacht bei niederem Wasserstande Verlandungen, die sich nach und nach erhöhen und den Querschnitt bei Hochwasser zuweilen unzureichend machen.

Die in den Fluss sich erstreckenden Widerlager erleichtern die Auffarth an den Brücken, indem sie zugleich ihrem Grundrisse ein gefälliges Ansehen geben. —

Die Breite einer Brücke zwischen ihren Häuptern hängt von der Wichtigkeit der Strasse ab, welche über die Brücke führt.

Man hat Beispiele von Brücken mit Breiten von 8 bis 16 Meter (27—54 Fuss); in grossen Städten erhalten sie noch beträchtlichere Breiten.

Im Allgemeinen sind die Brücken nicht so breit, als die Strassen, man geht in diese Breite wieder an ihren Enden durch sich erweiternde Abschnitte über, die entweder geradlinig, oder ein- oder auswärts gebogene sind. Diese Abschnitte erleichtern die Auffarth.

Wenn die Örtlichkeit nicht erlaubt diese Erweiterung, wie es seyn soll, ausserhalb der Durchfluss-Öffnung anzulegen, so verschafft man sich dieselbe durch überhängende Gewölbe, die man in den Ecken anbringt, und bisweilen werden sie selbst auf Tragsteinen von den äussersten Gewölben getragen. Aber dieses leztere Mittel ist mit mehreren Missständen in Bezug auf den Steinschnitt in der Zurüstung verbunden.

Die durch einen guten Erfolg bestättigte Erfahrung hat im Strassen- und Brückenbau eine praktische Methode eingeführt, um die Dicke der Gewölbe an ihrem Schlusse zu bestimmen.

Man nimmt $\frac{1}{24}$ der Bogenöffnung und setzt noch die beständige Zahl von $0{,}32^{m}$ ($1{,}03'$) hinzu; zieht man von der Summe dann $\frac{1}{144}$ der Öffnung ab, so ist der Rest die gesuchte Dicke.

Digitized by Google

Man ist in der neueren Zeit in der Art und Weise, den Zweck der Pfeiler zu betrachten, sehr von einander abgewichen; indessen geht gerade aus dieser Betrachtung die Dicke, welche sie nöthig haben, hervor.

Die Einen verlangen, dass dieselben für jede Öffnung Widerlager bilden sollen: Andere, und unter diesen Ingenieure von sehr grossem Verdienst, sind der Meinung, — indem sie die von gleichen Bögen herrührenden, entgegengesezten horizontalen Pressungen für Null ansehen, — dass die Pfeiler in diesem Falle nur die Last der Gewölbe zu tragen haben.

Bei der ersten Annahme müssen die Pfeiler dieselbe Dicke, wie die Widerlager selbst, haben.

Bei der zweiten braucht die Dicke der Pfeiler nicht mehr als das Doppelte der Höhe des Schlusssteines von einem der Gewölbe zu haben. Da dieser Gewölbstein unter allen am meisten gepresst wird, so ist diese Dicke diejenige, welche gerade nöthig ist; aber bei einigen der grossen, neuerlich erbauten Brücken, deren Pfeilerdicke nach diesen leztern Bestimmungen des Widerstandes angelegt wurde, hat man ihr den vierten, und manchmal selbst den dritten Theil noch darüber gegeben.

Die Annahme dieses Systems gewährt eine grosse Ersparung an Material, und man kann selbst sagen, dass sie zu der Dauerhaftigkeit der Brücke beiträgt, indem sie durch geringere Dicke der Pfeiler die Ursachen der Unterspülungen vermindert, welche die Zerstörung der Brücken veranlassen.

Nach dieser Voraussetzung wurde die Dicke der Pfeiler an der Brücke von Neuilly bestimmt.

Allein die Anwendung dieses Systems erfordert vorzügliche Materialien, einen guten Baugrund und ein wohl regulirtes Flussbett. Ausserdem verursacht dieselbe einen grösseren Kosten-Aufwand für die Rüstungen, weil man alle Gewölbe gleichzeitig erbauen, folglich auf einmal einrüsten muss.

In diesem Falle ist es noch wesentlich, den Pfeilern durch Abstufungen unter der Höhe des Sommerwassers die Dicken wieder zu geben, die sie gehabt hätten, wenn man sie als Widerlager betrachtet hätte. —

Handelt es sich davon, eine grosse Brücke über einen, häufigen Anschwellungen ausgesetzten, Fluss zu erbauen, dessen Grund beweglich und dessen Beharrungsstand veränderlich ist, so muss man offenbar auf das System dünner Pfeiler ver-

Digitized by Google

zichten, weil der Einsturz eines derselben den der ganzen Brücke nach sich ziehen würde.

Man muss alsdann Pfeiler, welche Widerlager bilden, aufführen; um indessen den Nachtheil der Verengerung des Bettes und folglich eines zu kleinen Durchflusses zu vermindern, kann man diese Widerlager-Pfeiler nur von zwei zu zwei und selbst auch von drei zu drei Bögen anbringen.

Diese von berühmten Ingenieuren angegebene Methode theilt eine Brücke in mehrere Abtheilungen, welche die Vortheile der zweiten Hypothese gewähren, und die Nachtheile der ersteren verringern. —

Die Häupter der Brücken werden stromaufwärts gegen den Stoss schwimmender Körper durch die Verlängerung des viereckigten Theils der Pfeiler geschützt. Diese Schutzmittel finden gleichfalls stromabwärts der Brücken Statt.

Die Verlängerungen der Pfeiler nennt man die Vorder- und Hinter-Köpfe.

An den alten Brücken bilden diese Köpfe gewöhnlich ein Prisma, welches ein gleichschenkliges, bisweilen gemischtliniges Dreieck ist, das aus zwei Kreisbögen besteht, dessen Grundlinie und Halbmesser die Pfeiler-Dicke bildet.

Diese vorspringenden Körper müssen sich immer bis zur Höhe des Hochwassers erheben.

Man krönt sie mit einer Plinthe und endigt sie durch einen Körper, welcher Mauerhaube heisst, und der bei den neueren Brücken auf mannigfache Weise gestaltet ist. Die einfachste und gefälligste Form hiefür ist ein sehr abgeplatteter Halbkegel. An der Brücke von Neuilly wurde ein solcher angewendet.

Der dreieckige Grundriss der Vorderköpfe wird nicht mehr häufig gebraucht; mit Recht zieht man ihm den Halbkreis vor.

Manchmal nehmen die Pfeiler bei verzierten Brücken die Gestalt eingemauerter Säulen an und manchmal verlängert man diese Art Säulen bis zu dem Gesimse, welches sie tragen. An der Brücke von Black-Fryards zu London steht auf den Pfeilern eine Gruppe von kleinen Säulen, die nur ihr Gesims tragen und zum Zweck haben, die Fläche zwischen dem Gewölbschenkel zu zieren.

Es scheint, dass der Architectur der Brücken, welche sich vorzüglich durch grosse Massen und durch Kühnheit in der Konstruktion empfiehlt, diese oft sehr ungereimten Verzierungen

Digitized by Google

durchaus zuwider sind, wesshalb man sich derselben nur sehr selten bedient. —

Sind die Hauptabmessungen einer Brücke und ihrer Nebentheile bestimmt, so muss man trachten, dem Ganzen einen architektonischen Charakter zu geben, welcher dieser Gattung von Bauwerken angemessen ist.

Eine grosse horizontal angelegte Brücke ist eine von den Neuern allgemein anerkannte Schönheit. Diese Anordnung gestattet überdiess die Anbringung einiger architektonischen Verzierungen, die allzeit eine schlechte Wirkung hervorbringen, wenn die Brücken nicht horizontal sind. Vergleicht man in dieser Beziehung die Brücke von Neuilly mit jener vom Platze Ludwigs XV, so wird die Wahrheit dieses Grundsatzes einleuchtend.

Nöthigen Ortsverhältnisse, auf ein nach der Längenaxe der Brücke wagrecht angelegtes Pflaster zu verzichten und sie nach zwei von der Queraxe des mittleren Bogens gegen die Widerlager laufenden Neigungen anzulegen, so dürfen diese $^1/_{24}$ ihrer Länge nicht übersteigen.

Die Häupter der Brücken sind gewöhnlich durch ein Gesims gekrönt, welches aus einem Rundstab, einem Streifen und einer Hohlkehle besteht. Diese Bekrönung ist einfach; sie ist es, welche im Allgemeinen der Architektur der Brücken entspricht.

Bisweilen wendet man verschiedene Arten von Gesimsen an; jedoch sollte man sie immer nur aus wenigen und stark ausgedrückten Gliedern zusammensetzen. Die Tragsteine, die Sparrenköpfe müssen für Brücken in grossen Städten aufgespart werden.

Der architektonische Charakter der Brücken muss mit den Umgebungen ihrer Lage im Einklange stehen; einfach, ernst auf Strassen; kühn, reich und mannigfaltig in grossen Städten.

Die Details dieser mancherlei Theile müssen diesen verschiedenen Arten entsprechen.

Die quaderförmigen Vorsprünge (bossages) und die Fugen (refends), die tropfsteinartigen Bildungen (congélations), der Diamantschliff (pointes de diamant), kurz Alles was zum bäurischen Werke gehört, passt unter gewissen Umständen zur Architektur der Brücken.

Überhaupt wird der Styl einer Brücke durch den der sie umgebenden Gebäude und durch die Lokalität bestimmt.

Digitized by Google

Dis sind die Details und die vorzüglichsten Vorschriften, welche sich auf die Anfertigung von Entwürfen zu grossen Brücken und auf die Bestimmung der Abmessungen ihrer verschiedenen Theile über dem Sommerwasser beziehen.

III. Vorlesung.

Fortsetzung von den Arbeiten, welche der Konstruktion der Brücken vorangehen. — Fundationen. — Pfahlwerke. — Einrammen der Pfähle. — Grund- und Spund-Pfähle.

Es ist nicht genug, zur Versicherung der Festigkeit und Dauerhaftigkeit einer steinernen Brücke, nach den gegebenen Regeln und angezeigten Formeln die Abmessungen der Massen, welche den verschiedenen, gegen sie wirkenden Pressungen widerstehen müssen, bestimmt zu haben, es ist auch noch nöthig, dass die Basis des Werkes fest zu liegen komme, damit später die Last des Gebäudes keine Veränderung in seiner ursprünglichen Lage bewirken könne.

Diese Basis ist, was man das Fundament nennt. Es ist eine allgemeine Regel, sie so tief hinabzulegen, dass sie, soviel als möglich, unmittelbar auf einer Erdschichte ruhe, welche bei hinreichender Mächtigkeit Widerstand genug darbietet, um das Gebäude zu tragen.

Wenn der Boden, welcher das Fundament aufnehmen soll, die nöthige Konsistenz nicht hat, und wenn man, um festen Grund zu erreichen, genöthigt ist, mit den Ausgrabungen in eine solche Tiefe hinabzugehen, dass die daraus entspringenden Schwierigkeiten nicht gestatten, das Fundament unmittelbar auf diesen festen Grund zu legen, so liefert die Kunst Hülfsmittel, um der Basis des Gebäudes die seiner Stabilität nöthige Festigkeit zu geben.

Digitized by Google

Die gute Auswahl dieser Mittel ist es, welche einen wesentlichen Theil der Ingenieur-Wissenschaften ausmacht, und es ist vorzüglich bei den im Wasser aufzuführenden Werken der Fall, dass die Schwierigkeiten sich mehren. Die Hindernisse, welche vom Wasser, in das man bauen muss, herrühren, und diejenigen, welche aus der Nothwendigkeit, auf einen schlechten Boden gründen zu müssen, entspringen, — machen, dass im Allgemeinen die Fundirung dieser Art von Gebäuden als der delikateste Theil der Baukunst angesehen werden muss.

Die Ingenieure unterscheiden gewöhnlich drei verschiedene Arten von Boden in Bezug auf ihre gute oder schlechte Beschaffenheit, um darauf ein Fundament zu setzen.

Die erste Klasse begreift die festen Bodenarten, nemlich: die Felsen jeder Art, den Tuff, das steinige Erdreich, dem man nur durch Sprengen oder durch die Spizhaue beikommen kann.

Die zweite begreift die kiesigen und die sandigen Erdarten; sie sind unzusammenpressbar, wenn sie eingefasst sind.

Endlich die dritte Klasse begreift die erdigen Bodenarten jeder Art in sich, von der Pflanzenerde bis zum Thon, die torfhaltigen Erden, und alle jene, welche einer Zusammenpressung fähig sind.

Die erste Klasse bietet das günstigste Erdreich dar, um darauf auf eine feste Weise jede Art von Fundament zu setzen.

Mittels Einschliessungen, — seyen es Steinwürfe [10]) oder Pfahlreihen, oder Spundpfähle, — welche das Fundament umge-

---

[10]) Die Steinwürfe von trockenen Steinen, mit denen man gewöhnlich die Pfeiler zur Vermeidung von Unterspülungen umgiebt, müssen aus hinlänglich grossen Steinen bestehen, welche bei der grössten Geschwindigkeit des Stromes Widerstand leisten. Die Grösse der Steine hängt von der Geschwindigkeit des Stromes allein nicht ab, sondern auch noch von der Neigung der Böschungen, welche man den Steinwürfen giebt. Die Steine sollen auf ihrer breiten Fläche liegen, damit sie die kleinste Seitenfläche dem Strome entgegensetzen. —

Vier bis fünf Meter (14′— 17′) kann man als die Grenze ansehen, welche die reissendsten Flüsse und selbst Wildbäche selten erreichen; daher werden Steine (man vergleiche die in Bemerk. 7 angeführte Schrift von Gauthey Tome II. pag. 271 u. f.) von 35 bis 40 Centimeter (1,2′— 1,4′) Höhe und von höchstens 1 Meter Breite (3,42′) dieser Geschwindigkeit vollkommen Widerstand leisten.

Digitized by Google

ben, können die Erdarten, welche die zweite Klasse begreift, die Basis eines Gebäudes ohne allen Nachtheil aufnehmen.

Was die dritte Klasse betrift, so schliesst sie die als schlecht bekannten Erdarten ein, die zugleich die grössten Schwierigkeiten darbieten, sowohl um sie zu befestigen, als auch um auf der ganzen Grundfläche des Fundamentes eine gleichförmige Zusammen-Pressung zu erlangen, welche die Stabilität des Gebäudes sichert.

Es ist demnach sehr wichtig, im voraus die Erdart zu kennen, auf welcher ein Fundament ruhen soll, damit man die Konstruktions-Art sowohl, welche man anzuwenden hat, als auch den Aufwand, den sie erheischt, bestimmen könne. Diese Kenntniss des Bodens wird mittels Sondirungen erlangt, welche von Abstand zu Abstand nicht nur in der Richtung der Axe des Entwurfes, sondern auch in, diese Axe quer durchschneidenden und über die Breite des Entwurfs sich noch ausdehnenden Linien gemacht werden.

Man wendet hiezu ein eisernes Werkzeug an, das in die Erde gestossen wird, und welches auf seiner Länge, besonders gegen seine Spitze zu, Einschnitte hat, die man mit Talg bestreicht: man bewirkt das Eindringen der Sonde dadurch, dass man auf ihren Kopf mit einem eisernen Hammer, und manchmal mittels einer Ramme schlägt.

Wenn man die Sonde mit Hilfe eines Hebels, der durch ein, unterhalb des Kopfes befindliches Ohr gesteckt wird, umdreht und herauszieht, so bringt sie Erdtheile mit herauf, die in den Einschnitten an die Stelle des Talges getreten sind: und also die Beschaffenheit der Bodenart anzeigen.

Es ist nöthig, diese Untersuchung so tief als möglich mittels der Sonden oder Aufsatzstangen, welche durch Schrauben aneinander befestigt werden, vorzunehmen.

Wenn das feste Erdreich sich in einer solchen Tiefe befindet, dass man die Basis des Fundamentes nicht unmittelbar darauf setzen kann, ohne den Aufwand für das Ausgraben und Aus-

---

Gauthey giebt auch ebendaselbst auf eine sehr einfache und elegante Weise Bestimmungen über das Verhältniss, welches zwischen der Geschwindigkeit des Stromes, der Böschungs-Neigung und den Abmessungen der Steine im Falle des Gleichgewichts Statt finden muss. —

Digitized by Google

schöpfen zu sehr zu vermehren, oder ohne überhaupt unüberwindliche Hindernisse zu treffen, so wendet man Pfahlwerk an.

Dis ist ein System von Pfählen, welche bis in das feste Erdreich eingetrieben, und deren Köpfe durch, einen Rost bildende Helme oder Grundschwellen verbunden sind.

Auf diese künstliche Ebene wird dann die Basis des Gebäudes gesetzt.

Befindet sich das feste Erdreich in grosser Tiefe, und ist der Boden, von welchem jenes bedeckt wird, zusammenpressbar, so wendet man keine Grundpfähle an; indessen kann man mit gutem Erfolg das Fundament auf diese Erdart legen, aber dann müssen die durch die Kunst gebotenen Mittel angewendet werden, um den Nachtheilen zu begegnen, welche aus einer ungleichen Zusammenpressung entspringen würden.

Man legt in diesem Falle ein massives Gemäuer unter dem Widerlager und in dem Leeren der Bögen an und wirkt der Flüssigkeit des Erdreichs in horizontalem Sinne durch aneinanderpassende Pfahlreihen entgegen, welche den Umfang des Gemäuers, das den Namen Fluthbett, Giessbett annimmt, einfassen.

Die Giessbette kleiner Brücken und die von Brücken mit geringer Öffnung, werden nach einem scheitrechten, und bisweilen nach einem umgekehrten Gewölbe zugerüstet, wobei die innere Bogenrundung sich wenig von der Fläche des Flussbettes entfernt.

Die Erfahrung hat bewiesen, dass, um einen passenden Querschnitt für das umgekehrte Gewölbe zu erhalten, die Höhe der Krümmung des Giessbettes so gross angenommen werden muss, dass, wenn sie vom Halbmesser abgeschnitten wird, der Rest ein und ein halb- bis zweimal der Bogenweite gleich sey.

Die Giessbette mit umgekehrten Gewölben können daher nach dieser Regel nur für kleine Bögen angewendet werden.

Die Giess- oder Fluthbette grosser Brücken werden nach einem andern Systeme angelegt; es ist dis ein dichter Körper von Mauerwerk, dessen Häupter allein einen bogenförmigen Schnitt erhalten. —

Wir wollen nun zu den Details des Einrammens der Lang- und Grundpfähle zurückkehren, und einige Betrachtungen über diese Art der Fundirung aufstellen.

Die Langpfähle sind von den Grundpfählen darin verschieden, dass die ersteren mit einem grossen Theil ihrer Länge über

Digitized by Google

dem Erdreich sich befinden, wogegen die zweiten ganz in dasselbe eingetrieben sind.

Die Tiefe eines Pfahls ist die Grösse, um welche derselbe in das Erdreich eingedrungen ist, bevor er zum absoluten Stehen gelangt.

Die Anzahl und der Durchmesser der Grund-Pfähle müssen offenbar der Grundfläche des Fundaments und der Last entsprechen, welche sie zu tragen haben.

Die rückwirkende Festigkeit der Hölzer muss vor allem bei der auf die Grundpfähle und ihr Einrammen bezüglichen Theorie bekannt seyn.

Man weiss, dass die rückwirkenden Festigkeiten zweier cylindrischer, im aufrechten Stande belasteter Hölzer, im geraden Verhältnisse der Würfel ihrer Durchmesser und im umgekehrten Verhältniss der Quadrate ihrer Längen stehen.

Nach den im Grossen von den Ingenieuren des Strassen- und Brückenbaues zu Havre gemachten Erfahrungen hat man wahrgenommen, dass ein Stück Holz von 0,24^{m} (0,82′) im Durchmesser, welches um 0,97^{m} (3,32′) über dem Erdreich, in das es eingetrieben war, hervorstand, ehe es zerdrückt wurde und brach, eine Last von 54343 Kilogrammen (97043 bayerische Pfund) zu tragen im Stande war.

Dis war ungefähr unter denselben Umständen die Last eines jeden Pfahls von einem der Bögen der Brücke zu Tours, welche im Jahre 1777, da ihre Pfahlwerke gebrochen waren, sich senkte und dadurch den Einsturz dieses Gewölbes verursachte.

In der Ausübung muss man sich wohl hüten, den absoluten Widerstand, nach dem, in der eben angegebenen Erfahrung erhaltenen Resultate in Rechnung zu bringen; gewöhnlich reduzirt man ihn auf die Hälfte.

Perronet räth an, die Zahl der Grundpfähle in der Art zu bestimmen, dass jeder Pfahl nicht mehr als 25,000 Kilogr. (44643 bayerische Pfund) zu tragen habe.

Die Regel des Abstandes der Grundpfähle, in Beziehung auf den Boden, welchen man nicht zusehr zusammenpressen soll, ist nach der bei grossen Brücken- und Strassen-Bauten gemachten Erfahrung aufgestellt: sie setzt das Minimum des Zwischenraumes von Mittel zu Mittel auf 0,8^{m} (2,74′) fest.

Digitized by Google

Theilt man die entsprechende Last durch diese Anzahl der Grundpfähle, so erhält man diejenige, welche jeder zu tragen hat. Nimmt man dann auf das Gesetz des modifizirten Widerstandes Rücksicht, und bedient man sich obiger Erfahrung, so kann man, wenn die Anzahl der Grundpfähle gegeben ist, ihren Durchmesser, und, wenn der Durchmesser der Grundpfähle bekannt ist, ihre Entfernung von einander, nach der modifizirten Regel finden.

Zwischen dem Durchmesser und der Länge eines Grund-Pfahls besteht ein gewisses Verhältniss, damit sie mit Vortheil eindringen: nach der Erfahrung sollten die Grundpfähle von 3 bis 4 Meter (10,3′ bis 13,7′) Länge, eine Stärke von 24 Centim. (0,82′) haben.

Das Einrammen der Grundpfähle und der Pfähle geschieht durch Stoss.

Die Zurüstung, welche hiezu angewendet wird, heisst Ramme und der Körper, welcher durch seinen Fall den Stoss bewirkt, heisst Rammklotz (Bär).

Es giebt zwei Arten von Rammen; die erste, welche fast allgemein gebraucht wird, ist die Zugramme: die zweite ist die Kunstramme; sie wird gewöhnlich nur beim Einrammen grosser Pfähle angewendet.

Die Zugramme wurde bei den Brücken- und Strassen-Bauarbeiten vervollkommnet; das Gewicht des Rammklotzes, bei dieser Art von Rammen, beträgt 3 bis 400 Kilogr. (535 bis 714 bayr. Pfund) und die Anzahl von Menschen, welche erforderlich ist, um ihn in Bewegung zu setzen, muss so gross seyn, dass jeder nur 14 bis 15 Kilogr. (25 bis 27 Pfund) auf die Höhe von 1,3^{m} (4,4′) in der Sekunde zu heben habe.

Dis ist das Maass der Anstrengung, welche ein Mensch während 8 Arbeits-Stunden zu wiederholen im Stande ist.

Dreisig auf einanderfolgende Schläge nennt man eine Hitze. Nach jeder Hitze muss die Mannschaft 30 Sekunden ruhen.

Diese Ruhe ist dem Eindringen des Grund-Pfahls in so ferne günstig, als durch sie die durch das Einschlagen verursachte zitternde Bewegung aufhört und der Pfahl die Wirkung des darauf folgenden Schlages um so vollkommener aufnimmt.

Unter gewissen Umständen hört ein durch eine Kunstramme eingeschlagener Pfahl auf, einzudringen, während er fortfährt

Digitized by Google

in die Tiefe zu gehen, wenn er durch einen Rammklotz von kleinerem Gewicht und von geringerer Fallhöhe eingeschlagen wird.

Dieses Phänomen erklärt sich dadurch, dass eine gewisse Geschwindigkeit bisweilen einen Widerstand hervorbringt, der im Stande ist, die daraus entspringende Quantität von Bewegung zu vernichten.

Bei dem Bauen unterscheidet man zwei Arten von Widerstand (refus), den absoluten und den scheinbaren oder relativen.

Der absolute Widerstand ist derjenige, wo der Pfahl, nachdem er bis in die Tiefe gelangt ist, in welcher sich festes Erdreich finden muss, nur mehr 4 bis 5 Millim., (im Mittel $1\frac{1}{2}'''$) auf jede Hitze eindringt.

Der relative Widerstand findet Statt, wenn die Reibung des Pfahls gegen das Erdreich das aufhebt, was er an Bewegung bei jedem Schlage erhält.

Würde man sich an diesen relativen Widerstand halten, ohne die bei solchen Umständen nöthigen Vorsichtsmaasregeln zu ergreifen, so würde man das Gebäude, welches ein solches Pfahlwerk zu tragen hätte, einem baldigen Einsturz aussetzen.

Um diesen relativen Widerstand, der immer leicht zu erkennen ist, zu vermeiden, vermindert man soviel als möglich alle Ursachen der Reibung, indem man die Pfähle abschält und sie an ihrem unteren Ende zuspizt. —

Im thonigen Erdreich, welches sich schwer zusammendrücken lässt, kann man nur eine gewisse Anzahl Pfähle einschlagen; wird diese Anzahl überschritten, so treiben die neuen Pfähle die früher eingeschlagenen wieder heraus. — Um dis zu vermeiden, schlagen einige Ingenieure vor, die Grundpfähle unter solchen Umständen mit dem dicken Ende nach unten einzutreiben.

Schlägt man die Grundpfähle, um dadurch das Erdreich zu befestigen, so ist einleuchtend, dass man in diesem Falle das Schlagen von der Mitte aus anfangen und damit von hier aus nach dem Umfange zu fortfahren muss.

Da es wichtig ist, das Schlagen der Grundpfähle so viel als möglich zu beschleunigen, um dadurch den Aufwand für das Wasserschöpfen, welches gewöhnlich während dieser Operation Statt findet, möglichst zu vermindern, so muss man so viele Rammen, als es der Raum der Einschliessung nur immer gestattet,

Digitized by Google

anwenden, und zur Erreichung des grössten Effektes das Gewicht der Rammklötze der Masse der Grundpfähle proportioniren.

Man weiss, dass ein Stoss nur in so weit eine physische Wirkung hat, als er eine gewisse Quantität mitgetheilter Bewegung überschreitet, und dass diese das Maass des Widerstandes ist, den ein eingeschlagener Grundpfahl der Last, die er zu tragen im Stande ist, entgegen setzen kann.

Theoretisch genommen lässt sich zwischen einer lebendigen und einer todten Kraft keine Vergleichung anstellen; indess beweisen häufige Beispiele beim Schlagen der Grundpfähle, dass ein gewisser Druck einem gewissen Stoss das Gleichgewicht halten kann.

Nach der Formel der mitgetheilten Bewegung hat man für das Schlagen der Grundpfäle: $v = \frac{MV}{M+m}$; M ist die Masse des Rammklozes, V seine Geschwindigkeit und m die Masse des Pfahls; v zeigt die Geschwindigkeit an, mit welcher das Eindringen des Pfahls anfängt. —

Da dieses Eindringen dem Quadrate der Geschwindigkeit, d. h. $\frac{M^2V^2}{(M+m)^2}$ oder $\frac{M^2h}{(M+m)^2}$, und da das Quadrat der Geschwindigkeit V des Rammklozes der Fallhöhe h proportional ist, so ist folglich für einen und denselben Rammkloz und Pfahl das Eindringen seiner Fallhöhe h proportional.

Um das Eindringen verschiedener in demselben Boden mit verschiedenen Rammklözen eingeschlagener Grundpfähle zu vergleichen, wird jedes Eindringen dem Produkte $\frac{M^2V^2}{(M+m)^2} \cdot (M+m) = \frac{M^2h}{M+m}$ proportional seyn.

Nach einer von Mariotte gemachten Erfahrung ist der Stoss eines, von einer Höhe von $0{,}18^m$ (0,62′) herabfallenden Körpers von 1,03 Kilogr., (1,8 Pfund) einem Drucke von 195,8 Kilogr. (348,5 Pfund) gleich. —

Dieser Erfahrung und der obigen Theorie gemäss würde ein 90 Kilogr. (160 Pfund) schwerer, und von einer mittleren Höhe von $1{,}29^m$ (4,4′) fallender Rammkloz einen Schlag hervorbringen, dessen Wirkung einem Drucke von 399106 Kilog. (712689 Pfund) gleich käme.

Digitized by Google

Dieser Druck ist das Maass des Widerstandes eines Grund-Pfahles, sein Widerstand mag absolut oder nur relativ seyn. [11])

---

[11]) Um die Last zu berechnen, welche ein in die Erde eingerammter Pfahl, ohne tiefer zu sinken, zu tragen im Stande ist, sey, ausser den im Texte angeführten Bezeichnungen für M, m, V, v und h noch e die Tiefe, um welche der Pfahl bei einem Schlage in die Erde eindringt, wie V, v und h in Längenschuhen, und R der Widerstand der Erde, wie M und m in Pfunden, gegeben: so ist die, dem Eindringen des Pfahles gerade entgegenwirkende Kraft $= R - M - m$; die Gewalt, mit welcher der Rammkloz den Pfahl trifft $= MV$, und die Geschwindigkeit, welche Rammkloz und Pfahl unter der Voraussetzung, dass beide vollkommen hart und unelastisch sind, haben, ist $= \frac{MV}{M+m} = v$. — Ist ferner die Zeit, in welcher der Pfahl die Tiefe e erreicht $= t$, so hat man nach bekannten Lehren der Mechanik, (man vergleiche *Eytelwein's Mech.* §. 49)

$$0 = v - 2gt \cdot \frac{R - M - m}{M + m} \text{ oder}$$

$$t = \frac{v}{2g} \cdot \frac{M + m}{R - M - m.}$$

$$\text{Nun ist aber } e = vt - gt^2 \cdot \frac{R - M - m}{M + m}$$

und statt t den oben gefundenen Werth gesezt,

$$e = \frac{v^2}{4g} \cdot \frac{M + m}{R - M - m.}$$

Sezt man ferner für v seinen Werth $\frac{MV}{M+m}$ und bemerkt dass $h = \frac{V^2}{4g}$ ist, so erhält man

$$e = \frac{h \cdot M^2}{(R - M - m)(M + m).}$$

Wenn man also für einen und denselben Schlag den Widerstand R und die Gewichte des Pfahls und Klozes als unveränderlich annimmt, so verhalten sich die Tiefen, zu welchen die Pfähle eindringen, wie die Fallhöhen des Rammklozes.

Aus dem Werthe für e erhält man die Last, welche ein Pfahl tragen kann; hiefür hat man

$$R - m = \frac{h\,M^2}{e\,(M + m)} + M$$

und wenn man mit Eytelwein, der Sicherheit wegen, nur den *4ten Theil* dieser Last in Rechnung bringt, so hat man für die sichere Belastung eines Pfahls

$$R - m = \frac{h\,M^2}{4e\,(M + m)} + \frac{M}{4}$$

vorausgesetzt, dass der Pfahl stark genug ist, sich nicht unter der Belastung zu biegen.

Digitized by Google

Reduzirt man diesen Widerstand, wie dis geschehen muss, auf die Hälfte, so kann der Grundpfahl offenbar mit mehr als 150000 Kilogr. (268928 Pfund) belastet werden; dis ist sechsmal mehr, als die von Perronet für jeden Grundpfahl eines Gebäudes angegebene Quantität; da man sich jedoch nicht ver-

---

Um also die Belastung zu finden, welche ein Pfahl mit Sicherheit tragen kann, müssen die Grössen M, m, h und e bekannt seyn; die Tiefe e, auf welche ein Pfahl bei einem Schlage, z. B. bei dem lezten eindringt, wird unmittelbar durch Beobachtung gefunden.

Bei der Entwickelung des vorstehenden Ausdruckes ist auf die Reibung, welche der Pfahl bei seinem Eindringen zu überwinden hat, nicht Rücksicht genommen worden; diese kömmt daher offenbar der Belastung zu gut.

Eytelwein hat im 3. Hefte seiner *Wasserbaukunst* (Seite 149) auch auf die Reibung Rücksicht genommen; jedoch nach der obigen, für die sichere Belastung eines Pfahls entwickelten Formel, eine Tafel über die Tragkraft eingerammter Pfähle berechnet, welche wir, ihres Nutzens in der Praxis wegen, am Ende dieses Buches auch beigefügt haben.

Indem wir die bekannte Formel für das Trag-Vermögen der Grundpfähle angeben, von welcher in vielen Fällen Gebrauch gemacht werden kann, wollen wir hiemit nicht gesagt haben, dass die Anzahl der Pfähle, welche das Fundament eines Gebäudes aufzunehmen hat, in allen Fällen nach dem Gewicht dieses Gebäudes, wie dis gewöhnlich geschieht, bestimmt werden soll. Der Zweck der Grundpfähle überhaupt ist, einem Boden die, ihm von Natur mangelnde und zur Aufnahme eines Gebäudes nöthige Festigkeit oder Dichtheit zu geben. Durch das Einrammen der Grundpfähle wird diese Dichtheit und also auch die Festigkeit des Bodens in dem Maasse erhöhet, als mehr Pfähle auf eine Grundfläche von gegebener Grösse eingerammt werden. Findet man während oder nach Vollendung dieser Operation, dass bei einem Bau, dessen Fundament z. B. auf 100 Pfählen ruhen soll, die Dichtheit des Bodens — dessen Zunahme während dem Einrammen leicht ermessen werden kann — nicht zureichend vergrössert worden sey, so müssen noch Zwischenpfähle geschlagen werden und zwar so lange, bis die Dichtheit des Bodens das gehörige Maass erlangt hat.

Hieraus geht hervor, dass sich die Anzahl der Grundpfähle in vielen Fällen im Voraus nicht ausmitteln lasse. Nur aus sorgfältig angestellten Beobachtungen ist es möglich, für die verschiedenen Bodenarten ein Gesetz für die Zunahme der Dichtheit derselben durch das Einrammen von Grundpfählen — deren Tragvermögen mit dieser Zunahme allerdings in naher Verbindung steht — aufzustellen und aus mehreren solchen Erfahrungen allgemeine Regeln für die Praxis abzuleiten. Soviel uns bekannt ist, fehlt es leider noch an so vollständigen Beobachtungen. Die wenigen, welche uns bekannt sind, enthalten zwar die genauesten Angaben, um daraus das Trag-Vermögen der Pfähle zu berechnen, aber immer fehlt eine nähere Bezeichnung über die Natur des Bodens, in welchen die Pfähle eingerammt worden sind.

Digitized by Google

hehlen kann, dass bei den Erfahrungen dieser Art noch manche Ungewissheit Statt findet, und es bisweilen gefährlich seyn möchte, die Resultate der Formeln strenge anzuwenden, so hält man es für rathsam, die Vorsicht dieses gewandten Ingenieurs nachzuahmen und die von ihm auf 25000 Kilogr. für jeden Grundpfahl bestimmte Grenze der Belastung nie zu überschreiten.

Der Kopf eines Grundpfahls muss viereckig und am Umfang zugeschärft abgeschnitten seyn, damit er beim Schlagen sich nicht spalte; auch umgiebt man ihn mit einem eisernen Ring, den man nach dem Einschlagen wieder abnimmt.

Ist das feste Erdreich sehr hart, so bewaffnet man die Spitze des Pfahls mit einem eisernen Schuhe.

In diesem Falle muss sorgfältig darauf gesehen werden, dass die viereckig zugehauene Spitze des Pfahls unmittelbar auf dem inwendigen untern Theile des Schuhes ruhe, damit er sich nicht seitwärts neige, und unter der Gewalt des Schlages die Nägel losreisse, durch welche seine Arme am Pfahl festgehalten werden.

Erfordern es die Umstände, so schiftet man die Pfähle oder Grundpfähle an, um ihnen die nöthige Länge zu geben.

Die Anschifftung der Grundpfähle oder der Pfähle geschieht mittels zweier Einschnitte, auf die in Fig. 23, Taf. VI, angezeigte Art; ausserdem wird diese Verbindung beider Theile noch durch zwei eiserne Bänder mit Gewinden verstärkt. Die Anschifftung vierkantiger, zu Pfählen verwendeter Hölzer, geschieht auf halbem Holze durch Übereinanderplatten. Die Verbindung muss durch eine wagrechte Schwelle bedeckt werden.

Über das Schlagen der Grundpfähle oder der Pfähle muss man ein Register führen, in welchem man von der Anzahl der zum Schlagen verwendeten Menschen, von der Länge eines jeden Pfahls, von seinem Eindringen bei jeder Hitze, von der Anzahl der Hitzen, um ihn bis zum Stehen einzutreiben, und von der Tiefe, bis zu welcher er eingedrungen ist, Rechenschaft ablegt. — Diese Register sind nicht nur nützlich, um die Preisse vom Einrammen der Grundpfähle oder Pfähle zu bestimmen, sondern auch um die Ursachen gewisser Wirkungen des Setzens, die bisweilen während und nach dem Bau Statt haben, anzugeben.

Digitized by Google

Die Pfähle zu den Gerüsten und jene zu den Fangdämmen, welche gewöhnlich nicht bis zum Stehen eingeschlagen werden, braucht man nicht mit Eisen zu beschlagen.

Ist das Einrammen der Grundpfähle beendigt, so entfernt man die Mannschaft und die Gerüste, schneidet die Grundpfähle wagrecht ab und richtet sie zur Aufnahme des Rostes her.

Hat das Erdreich wenig Consistenz, und fürchtet man das Nachstürzen der beim Ausgraben für die Fundamemte angelegten Böschungen, so schlägt man am Umfang der Einfassung Zwischenpfähle oder Spundbohlen.

Die Spundbohlen sind eine Art Grundpfähle, welche wenig Dicke haben; man verfertigt sie aus Bohlen von 3 bis 4 Dezimeter (1,03′ bis 1,37′) Breite und von 1 bis 2 Dezimeter (0,34′ bis 0,68′) Dicke. Sie werden mit der schmälsten Seite zusammengestossen und zu ihrer vollkommenen Verbindung durch Nuth und Feder vereinigt, wenn durch das Erdreich das Einrammen nicht zu sehr erschwert wird.

Bei allen hydraulischen Bauten werden die Spundbohlen mit Nutzen angewendet. Später werden noch häufige Beispiele ihrer Anwendung vorkommen.

IV. Vorlesung.

Roste. — Fang - Dämme. — Schöpfwerke. — Abstecken des Baues. — Gründung mittels Kästen.

Zur bessern Anwendung der Grundsätze in Bezug auf den Bau einer Brücke an einem Orte, wo das feste Erdreich wegen zu grosser Tiefe nicht durch Ausgrabung erreicht werden konnte, und weshalb ein Pfahlwerk geschlagen werden musste, fahren wir mit den Details der Konstruktion unter dieser Voraussetzung und unter jener, dass ein Rost angewendet wird, fort.

Digitized by Google

Wenn die Grundpfähle, deren Anzahl, Abstand und Abmessungen nach Verhältniss des Gewichts der Gewölbe berechnet wurden, in der Einschliessung des Fangdammes geschlagen sind; wenn der schlammige oder wenig Widerstand leistende, und zugleich durch das Einrammen erschütterte Boden auf etwa 1′ Tiefe abgehoben und durch eine wagrechte Lage von Thonerde, oder noch besser durch ein Mörtel-Mauerwerk ersezt ist, welches in einer Ebene mit der Grundfläche der Zapfen liegt, die man auf dem Kopfe jedes Grundpfahls zurichtet, um den Rost aufzunehmen, auf welchem die erste Schichte des Fundamentes ruhen muss, — so ist Alles zur Aufnahme dieses Rostes hergerichtet.

Der Rost ist eine Art gezimmerter Rahm, welcher aus zur Hälfte über einander geplatteten Stücken besteht, und durch die, diesen Stücken korrespondirenden Reihen von Pfählen getragen wird.

Es ist einleuchtend, dass der Rost, im Falle als man einen solchen anwendet, auf das Erdreich gelegt wird, wenn lezteres gegen die Oberfläche des Bodens hinreichenden Widerstand besitzt, oder, falls es wenig nachgiebig ist, der Raum der Fundation mit Grundpfählen oder Spundwänden eingeschlossen wird. Dieser Umstand veranlasst in seiner Konstruktion keine Veränderung.

Wenn aber ein Rost auf ein Pfahlwerk gelegt werden muss, sobald, in Folge der beim Einrammen oft unvermeidlichen Unregelmässigkeit, einige der Rostpfähle sich ausserhalb der Richtung befinden, so lässt man die Zapfen dieser Grundpfähle hinweg, und der Rost ruht alsdann auf ihnen mittels Versatzung; wenn ihre Abweichung zu beträchtlich ist, so ruht das Stück des Rostes auf einem, an dem Grundpfahl angebrachten, und mit demselben durch einen oder zwei Bolzen verbundenen Futterholz.

Die Zapfenlöcher in den Theilen, welche den Rost bilden, werden nicht vorgerissen, bevor sie nicht zur Stelle gebracht sind: diese Vorsicht ist unerlässlich.

Das Stück, welches Holm heisst, ist dasjenige, welches den Rahm des Rostes bildet. Die Langschwellen sind die Stücke, welche parallel mit der Länge des Baues gelegt werden, und die Querschwellen sind diejenigen, welche auf jenen senkrecht sind.

Digitized by Google

Diese Stücke sind durch Kämme und durch Überplattung verbunden und stehen am Zusammentreffen jedes Winkels des Vielecks um etwa 0,32m (1,10′) vor.

Diese Verlängerungen heissen Vorstösse. Erfordert die Länge einer Seite des Vieleckes, dass man mehrere Stücke zusammenstosse, so werden sie durch Überplattung und Überdeckung verbunden.

Bringt man auf dem Roste ein Bohlenbeleg an, so kann man die Langschwellen weglassen. Die Querschwellen heissen dann Grundschwellen: sie sind um die ganze Dicke des, mit dem Holm gleich hoch liegenden und mit demselben durch einen Falz vereinigten Beleges schwächer als der Holm.

Macht man eine Einschliessung aus Spundbohlen, so werden diese erst nach dem Legen der Holme gegen die innere vertikale Fläche, an welche sie anstossen, eingerammt.

Das Beleg, welches den Rost bedeckt, wird aus Bohlen von etwa einem Decimeter (0,34′) Dicke angefertigt; sie werden aneinander passend und senkrecht auf die Grundschwellen gelegt, auf denen sie mit eisernen Nägeln befestigt werden. [12]).

Statt unter dem Roste ein massives Gemäuer anzulegen, begnügt man sich, diesen Körper wie schon gesagt wurde, manchmal aus Thon herzustellen, und man wendet in diesem Falle dieselbe Substanz zur Ausfüllung der durch den Rost gebildeten Gefache an: diese Methode ist gut, wenn man auf dem Roste ein Beleg anbringt. Die Ausfüllung der Gefache, sie mag nun aus Mauerwerk oder aus Thon bestehen, muss mit dem oberen Theile des Rostes eben seyn, um unmittelbar und ohne Leere das Beleg aufnehmen zu können.

---

[12]) Es ist nicht gerade nöthig, zur Befestigung des Rostbeleges auf den Rostschwellen eiserne Nägel zu verwenden; hölzerne Nägel sind wohlfeiler und erfüllen denselben Zweck. Wollte man ein Verschieben der Pfeiler und Widerlager als statthaft annehmen, so würden eiserne Nägel eben so wenig als hölzerne dieses Verschieben verhindern. Die eisernen Nägel haben ausserdem noch den Nachtheil, unter Wasser noch schneller als im Freien zu oxydiren, hiedurch also mit der Zeit in ihren Löchern einigen Spielraum erhalten und lose werden, was vorzüglich bei hölzernen Schleusenböden, — welche einen Wasserdruck von unten nach oben unter gewissen Umständen auszuhalten haben, — unvortheilhaft ist. Bei den hölzernen Nägeln findet dieses Losewerden nicht Statt, ja bei ihnen kann man eher das Gegentheil annehmen.

Digitized by Google

Einige Ingenieure missbilligen die Anwendung von Belegen, besonders wenn die Rostgefache ausgemauert sind; nach ihnen ist es ein Zwischen-Körper zwischen zwei Gemäuern, deren Verbindung er verhindert. Noch mehr, es erleichtert das Abgleiten, wozu die Massen durch die gegen sie ausgeübten horizontalen Pressungen veranlast werden. —

Man sezt, zu Gunsten der Belege, diesen Gründen den möglichen Fall der Unterspülungen unter dem Grundgemäuer, und den unvermeidlichen Einsturz des Gebäudes entgegen, wenn nicht das Beleg den Kern des Mauerwerks gegen die Wirkung dieser innern Unterspülungen sicherte; dieser leztern Gründe wegen wendet man gewöhnlich Belege, ungeachtet der Vermehrung der Kosten welche sie verursachen, an.

Man kann ein Beleg mit geringeren Kosten, als eine durchgehende Bohlenbedeckung des ganzen Rostes erfordert, herstellen, wenn man sich begnügt, blos die durch die Langschwellen gebildeten Zwischen-Räume mit Bohlen auszufüllen. Diese Methode hat nicht den Nachtheil, das Abgleiten der Massen zu erleichtern, weil durch die Ungleichheit der Dicke der Bohlen und der Langschwellen Vorsprünge gebildet werden, aber sie hat einen andern Nachtheil, nemlich den, dass das Mauerwerk nicht mit derselben Leichtigkeit darauf aufgerissen werden kann.

Die Fig. 24, Taf. VI, zeigt das Profil aller Theile, aus welchen ein Rost mit Beleg besteht, der zur Aufnahme eines Fundaments bereit ist [13]). —

---

[13]) Der Vortheil, welcher durch die erwähnte Ungleichheit der über das Rostbeleg hervorspringenden Langschwellen erreicht wird, ist von grosser Wichtigkeit und die kleine Unbequemlichkeit — anders kann man es nicht nennen — in Vergleich zu diesem Vortheil von keinem Belange. Man sollte daher bei Widerlagern, und bei, als solchen dienenden Pfeilern von sehr gedrückten und einen sehr grossen Seitenschub ausübenden Gewölben, je lerzeit einen Rost mit Langschwellen anlegen, welche über die Querschwellen hervorragen und deren Richtung also die des Schubes senkrecht durchschneidet. Man hat nicht nöthig, wie Sganzin oben erwähnt, zwischen den Langschwellen — zumal wenn die Rostgefache nur klein sind — ein Dielenbelege anzubringen; im Gegentheil es ist, nicht blos aus Ökonomie, sondern auch in technischer Beziehung vortheilhafter, die Bohlen ganz hinwegzulassen, indem man alsdann die Quader in die Gefache des Rostes kann hinabreichen lassen, wodurch der Zweck, das Verschieben zu verhindern, in einem weit höheren Grade erreicht wird.

Digitized by Google

Es ist einleuchtend, dass man bei der Fundirung eines Pfeilers oder Widerlagers im fliessenden Wasser zum Einrammen der Pfähle und zum Verlegen des Rostes die Baustelle trocken legen muss, was nur mit Hülfe der Kunst erlangt werden kann. Zu diesem Behuf wird die Baustelle von dem Wasserlauf durch Fang-Dämme abgeschieden.

Diese Werke müssen sich um etwas über das Sommer-Hochwasser erheben.

Der Körper des Deiches besteht aus gewöhnlicher Pflanzenerde, oder besser noch aus Letten, wegen der diesen Stoffen eigenen Zähigkeit, Schwere und Undurchdringbarkeit.

Im stehenden Wasser, und bei geringer Tiefe, genügt ein Erddamm mit natürlicher Böschung.

Liegt das zu fundirende Werk an einem Flusse oder am Meere, so muss man einen Kasten-Damm anlegen.

Das diesen Fangdamm bildende Holzwerk ist zwischen einer doppelten Reihe von Pfählen angebracht, welche gewöhnlich, nach der Länge um 1,3^{m} (4,45$'$) von Mittel zu Mittel, und nach der Quere um eine, für die Dicke des Dammes nöthig erachtete, Entfernung von einander abstehen.

Der Kasten des Fangdammes besteht aus Spundwänden.

Sind die Pfahlköpfe jeder Reihe durch Kronhölzer oder Holme verbunden, so legt man auf diese Holme Riegel, welche damit durch Überplattung verbunden werden und Vorstösse bilden. Diese Riegel dienen zur Verbindung der beiden Pfahlreihen mit einander.

Der zu Gunsten der Rostbelege von Sganzin angeführte Grund, dass im Falle Unterspülungen Statt finden, das Bohlenbeleg die Fundamente vor Einsturz bewahre, ist unhaltbar. Unterspülungen müssen auf alle Weise zu verhüten gesucht werden; haben sie aber bei einem Bau, ohne dass es bemerkt wurde, solche Fortschritte gemacht, dass das Dielenbeleg allein den Einsturz des Baues, wie Sganzin meint, verhindert, so kann zwar jenes das theilweise Einsinken verhüten, aber dem Verfall des ganzen Werkes, nach unserer Ansicht, durchaus nicht vorbeugen. —

Pfeiler, welche, wie es bei den neuern französischen, allerdings etwas kühnen, Brücken der Fall ist, nicht als Widerlager dienen und die keinen Seitenschub auszuhalten haben, werden auf ebenen Rosten, die jedoch streng genommen die Rostbelege gleichfalls entbehren können, aufgeführt. —

Digitized by Google

Man schlägt die Spundbohlen, welche die zwei vertikalen Wände des Kastens bilden, dicht an das Innere der Holme, gegen die sie sich stützen.

Die Fig. 25, Taf. VI, ist das gewöhnlichste Querprofil eines Fang - Dammes, welches die Verbindung und Lage der Hölzer anzeigt, aus denen er zusammengesezt ist.

In dem Maasse als der Fangdamm angefertigt wird, baggert und hebt man den Schlamm und Sand bis auf das gute Erdreich mittels der Bagger - Maschine ab.

Es ist einleuchtend, dass der gute Erfolg eines Fang-Dammes vorzüglich von der Sorgfalt abhängt, die man auf seine Konstruktion verwendet. Man fühlt, wie wichtig es ist, dass die Lettenwand, welche das Innere des Kastens ausfüllen soll, unmittelbar auf dem guten Erdreich ruhe, um die Durchsickerungen zu verhindern, die unfehlbar Statt fänden, wenn die Lettenwand auf Sand oder kiesigen Boden gelegt würde.

Das Anfüllen des Kastens muss gleichfalls mit Vorsicht geschehen; man stampft die Erde in Schichten und sezt dabei das Wasser so wenig als möglich in Bewegung, um den Letten nicht zu verdünnen. Bei dem Bau der Fang - Dämme darf kein Zimmerholz quer durch dieselben gehen. Eine solche Anordnung im Zimmerwerk würde für die äusseren Gewässer ein Leiter seyn, welcher Durchsickerungen veranlassen würde, und es ist ganz klar, dass es ausserordentlich wichtig ist, alle Ursachen zu entfernen, durch welche jene hervorgebracht werden können.

Durch die gewöhnlichen Regeln der Hydrostatik könnte man leicht die Dicke eines Dammes bestimmen, wenn man bei dem, ihm gegen den Druck des Wassers zu gebenden Widerstand, nur die Trägheit seiner Masse berücksichtigte; aber die durch die Tiefe der Pfähle und Spundbohlen verursachte Vermehrung dieses Widerstandes ist so beträchtlich, die Annahme des Bruchs dieser Stücke ist so wenig wahrscheinlich, und diese Annahme verwickelt die Auflösung der Aufgabe so sehr, dass man berechtigt ist, diese Dicke nach einem, beim Strassen - und Brückenbau angenommenen Gebrauch fest zu setzen, welche durch eine lange Erfahrung erprobt ist.

Dieser Gebrauch besteht darin, dem in einem gezimmerten Kasten angelegten Fangdamm eine, der Höhe des abzuhaltenden

Digitized by Google

Wassers gleiche Dicke zu geben, wenn jene 3 Meter (10,3′) nicht überschreitet; über dieses Maass hinaus setzt man für jeden Meter (3,42′) mehr, noch 0,32^{m} (1,1′) hinzu. [14])

Die Fang-Dämme sind durch ihre Lage im fliessenden Wasser häufigen Beschädigungen ausgesetzt. Es ist nöthig, dass, wenn Beschädigungen Statt finden, und die Umstände es gestatten, bei den Ausbesserungen auf die spätern Bau-Arbeiten Rücksicht genommen werde.

Ein gewandter Ingenieur muss von diesen zusätzlichen Werken Nutzen zu ziehen suchen, um dadurch die Solidität des Baues zu vermehren. —

Sind die Eindämmungen beendigt, so beschäftigt man sich mit den Ausschöpfungen.

Man bewerkstelligt sie mit mehr oder weniger zusammengesezten Maschinen, welche entweder durch die Kraft der Arme, oder, wenn es die Örtlichkeit gestattet und die Ausschöpfungen beträchtlich sind, durch fliessendes Wasser in Bewegung gesezt werden.

Die am allgemeinsten beim Brücken- und Strassenbau angewendeten Maschinen sind die vertikalen oder geneigten Schau-

---

[14]) In Bezug auf die Konstruktion der Fangdämme giebt Eytelwein im ersten Hefte seiner *Wasserbaukunst* (Seite 70 und 71), folgende Vorschriften:

Wenn das Wasser nur etwa 3 bis 4 Fuss hoch vor einem Fangdamme steht, so ist's hinreichend eine Reihe Pfähle, etwa 4 bis 5 Fuss auseinander einzurammen, einen Holm darauf aufzuzapfen und dagegen Bretter, die sich überdecken, in einer schrägen Richtung zu stellen und selbige etwas in die Erde einzutreiben; vor diesen Brettern wird dann zuerst etwas Mist und dann Erde gefullt.

Steht das Wasser mehr als 4 Fuss über der Baustelle, so muss der Fangdamm wenigstens aus zwei Reihen Pfählen mit dagegen gestossenen Brettern bestehen, zwischen welche festgestampfte Erde gebracht wird, um das Durchdringen des Wassers zu verhindern. Die Höhe des Fangdammes muss wenigstens etliche Fuss über das möglichst hohe Wasser reichen, die Breite desselben macht man aber gewöhnlich der Höhe gleich. Sonst ist es für die meisten Fälle hinreichend, wenn man bei Fangdämmen, welche höher als 8 Fuss sind, die Breite des Erdkastens dadurch bestimmt, dass zur halben Höhe noch 4 Fuss hinzugesezt werden.

Den Pfählen, Holmen und Bohlen kann man dieselbe Stärke geben, wie bei den Bollwerken, deren Konstruktion ausführlich in der Bemerkung No. 20 angeführt wird. —

Digitized by Google

felwerke, die archimedische Schnecke, endlich das einfache Ausschöpfen mit Eimern und Schwung-Schaufeln.

Das Ausschöpfen mit Eimern ist nur bei geringen Tiefen statthaft; es ist das am meisten förderliche Mittel, weil man das Ausschöpfen durch beliebige Vermehrung der Arbeiter-Zahl sehr beschleunigen kann, indem man selbst den ganzen Umfang der Einschliessung besezt.

Lässt es der Platz zu, so ist der Gebrauch der archimedischen Schnecke sehr vortheilhaft. Man kann durch Vermehrung der Windungen mit dieser Maschine Wasser-Förderungen von grosser Tiefe machen. Ausserdem ist diese Maschine sehr einfach, bedarf wenig Unterhaltung, und hat noch den sehr bedeutenden Vortheil, während ihres Gebrauches keiner Ausbesserung zu bedürfen, weil sie fast nie in Unordnung geräth.

Die vertikalen Schaufelwerke erfordern wenig Platz, und ihr Ergebniss ist ununterbrochen; aber sie sind häufigen Ausbesserungen unterworfen, welche jedoch auf einer gut organisirten und mit den nöthigen Auswechslungen versehenen Werkstätte leicht sind [15]).

---

[15]) Eine Vergleichung der Wirkungen der verschiedenen Maschinen zum Wasserausschöpfen giebt Gauthey in seiner *Brückenbaukunde* Seite 246.

Benennung der Maschinen.	Wassermenge, die ein Mensch in 24 Stunden auf 1 Meter heben kann.	Verhältniss des Nuzeffektes zu der angewendeten Kraft.	Preis des in 24 Sunden auf 1 Meter gehobenen Kubik-Meters Wassers.
	Kubikmeter		Franken
Ausschöpfen mit Eimern . .	46	0,66	0,042
Geneigte, durch Menschen bewegte Schaufelwerke . . .	68	0,44	0,035
Pumpen	84	0,50	0,028
Archimedische Schnecke . .	90	0,58	0,023
Vertikale Schaufelwerke . .	117	0,75	0,021
Geneigte, durch Pferde bewegte Schaufelwerke . . .	—	0,37	0,013
Trommel- oder Zellenrad . .	180	0,90	0,011
Geneigte, durch ein Wasserrad bewegte Schaufelwerke . .	—	0,11	0,007
Durch ein Wasserrad bewegtes Schöpfrad	—	0,70	0,004

Digitized by Google

Die Anzahl der in Gang zu sezenden Maschinen hängt von dem Platze, über den man verfügen kann, von der Menge des

---

„Man sieht aus dieser Tafel, dass der Preiss der Ausschöpfungen zwischen eins und zehn variiren kann, und dass, wenn sie bedeutend sind, die Wahl der anzuwendenden Maschinen ein sehr wichtiger Gegenstand ist. Unter den durch Menschen bewegten Maschinen scheint das vertikale Schaufelwerk nach dem Trommelrade das am meisten ökonomische zu seyn. Aber wenn man die Ungewissheit des Erfolgs eines Schaufelwerks, dessen mehr oder minder häufige Reparaturen, welche vielen Zeitverlust verursachen, andere Nachtheile, und vor allem die fast absolute Nothwendigkeit erwägt, beinahe immer das Wasser höher heben zu müssen, als nöthig ist, so wird diese blos scheinbare Ökonomie ihm nicht den Vorzug vor der archimedischen Schnecke geben, von welcher sich überdis eine grössere Anwendung, als es bisher geschah, machen lässt.

„Die Pumpen haben den Vortheil, das Wasser so hoch zu heben, als man es nur wünschen kann; aber in Bezug auf die Reparaturen, welche sie erfordern, bieten sie dieselben Nachtheile dar, wie die Schaufelwerke. Man muss die Leder an den Kolben sehr oft erneuern, und wenn man neues anlegt, so verursacht es eine grosse Reibung. Die alten Leder bieten zwar keinen so grossen Widerstand dar, lassen aber dagegen viel Wasser durch."

„Die durch geneigte Schaufelwerke vorgenommenen Ausschöpfungen sind ziemlich kostspielig; wenigstens in dem Falle, wenn erstere nicht durch Pferde bewegt werden, was wieder eine kostbare und umständliche Anlage erfordert, deren Aufwand nur bei grossen Arbeiten gedeckt werden kann; und da diese Maschinen, deren Unterhaltung sehr beträchtlich ist, keine besondern Vortheile darbieten, so kennt man keine Fälle, in denen sie vorzugsweise angewendet werden dürften."

„Nach dem Beispiel der jüngsten in Frankreich erbauten Brücken zu schliessen scheint es, als ob die Methode der Kästen oder andere analoge Verfahrungsarten, künftig allgemein für die Gründung grosser Bauten dieser Art angenommen würden."

„Man wird dann keine sehr beträchtlichen Ausschöpfungen zu machen und folglich mehr Gelegenheit haben, die durch fliessendes Wasser in Bewegung gesezten Maschinen anzuwenden, die in diesem Falle die vortheilhäftesten von allen sind. Die archimedischen Schnecken, welche nur bei geringen Tiefen angewendet werden, scheinen fast immer den Vorzug zu verdienen, und man nimmt nur dann seine Zuflucht zum Ausschöpfen mit Eimern, wenn die Durchsickerungen nicht stark genug sind, um eine Schnecke zu beschäftigen."

Ausser diesen findet man im 2. Hefte von Eytelwein's *Wasserbaukunst* sehr schätzbare Bemerkungen über das Ausschöpfen, so wie mehreres über die Konstruktion der hiezu gebräuchlichsten Maschinen. —

Da über die Wirkungen der archimedischen Schneke im Grossen keine Erfahrungen bekannt sind, so werden die hier nachfolgend mitgetheilten Versuche Manchem erwünscht seyn.

Digitized by Google

auszuschöpfenden Wassers und von der Ergiebigkeit der Quellen und der Durchsickerungen ab, die gewöhnlich nicht vorhergesehen werden können. Es ist desshalb nicht möglich, im voraus genau die Anzahl der Maschinen zu bestimmen, deren

---

Dieselben wurden mit zwei archimedischen Wasser-Schnecken oder Tonnenmühlen bei dem Bau der Entwässerungs-Schleuse von Rheingönheim bei Mannheim angestellt, von welchen die eine zwei und die andere drei Gänge hatte. Die Abmessungen derselben waren:

	Tonnenmühle mit zwei Gängen.	Tonnenmühle mit drei Gängen.
	Meter	Meter
Länge des Mantels	5,80	6,50
Äusserer Durchmesser desselben . . .	0,57	0,69
Dicke des Mantels	0,04	0,035
Länge der Splissen oder Weite der Windung	0,12	—
Dicke der Splissen	0,02	0,02
Länge der Spindel	6,68	7,23
Dicke derselben	0,23	0,25
Windungshöhe im Lichten	0,16	0,10
Länge des Kurbel-Armes	0,55	—
Länge des Zapfens, an welchem die Löffel angebracht sind	0,59	—
Der Windungswinkel	6°—40′	8°—20′

Nummer der Versuche	Standwinkel der Tonnenmühle	Förderungs-Höhe	Wassermenge in einer Sekunde.	Effekt oder Produkt der Menge in die Höhe.
	I. Tonnenmühle mit 2 Gängen.			
		Meter	Liter	
12 —	29° — 41′	2,87	10,85	31,14
18 —	31° — 22′	3,02	10,50	31,68
30 —	41° — 5′	3,81	9,15	34,86
	II. Tonnenmühle mit 3 Gängen.			
48 —	28° — 48′	3,13	18,14	56,78
58 —	40° — 22′	4,21	13,20	55,56

Die in der 4. Kolonne enthaltenen Wassermengen waren die grössten und wurden bei jedem Standwinkel dann erhalten, wenn der Wasserspiegel den nach *Ettelwein's Hydraulik* (Seite 408) bestimmten Normalpunkt erreichte.

Digitized by Google

man bedürfen wird, und bei dieser Ungewissheit ist es natürlich besser, deren eher zu viele, als zu wenige zu haben, um selbst unter den ungünstigsten Umständen damit auszureichen.

Erfordert es die Ökonomie, dass die Oberfläche der Einschliessungen in Bezug auf das Ausschöpfen möglichst klein sey, so gebietet die Vorsicht, sich den nöthigen Raum zur Anlegung von inneren Gegen-Fangdämmen — welche bisweilen nothwendig werden, — stets aber auch den für die Arbeiten des Baues zu verschaffen.

Gestatten es die Lokalitäten, so schliesst man die Fundationen eines Widerlagers und eines Pfeilers durch dieselbe Einfassung zusammen ein. Man ordnet auch die Einschliessungen so an, dass ein Theil zu einer nächsten Einschliessung dient.

Die Bestimmung der Linien nach denen die Einschliessungen angelegt werden, hängt von der Gestalt des zu gründenden

---

Stand die Einflussöffnung ganz unter Wasser, so schöpfte die erste Tonnenmühle im Mittel nur 6,21 Liter oder 6,21 Kubikdecimeter (0,025 bayerische Kubikfuss) statt 10,85, und senkte der Wasserspiegel sich unter dem Normalpunkt, so nahm die Wassermenge, entsprechend der Eytelwein'schen Theorie, ab. —

Zur Bewegung der zweigängigen Tonnenmühle waren 6—8 und zur dreigängigen 8—10 Mann erforderlich, welche in einer Minute im Durchschnitt 30 Umdrehungen machten. — In 24 Stunden fanden, nach je zwei Stunden, drei Ablösungen Statt. — Diese Data reichen hin, um diese Versuche mit den Angaben von Gauthey und den hier unten stehenden von Gudme zu vergleichen, da bekanntlich ein Liter = einem Kubikdecimeter oder 0,040 Kubikfuss ist. —

Gudme giebt nemlich in seinem *Handbuch der theoretisch-praktischen Wasserbaukunde* (Berlin 1827) die Effekte der Wasserförderungs-Maschinen auf folgende Weise an; wo M die in einer Minute gehobene Wassermenge in Kubikfussen, H die Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden soll und N die Anzahl der Arbeiter bezeichnet:

1) Für Scheibenkünste $MH = 37,8\ N$
2) Für 6zöllige Bohlen-Pumpen $MH = 34,6\ N$
3) Für Wurfschaufeln $MH = 24\ N$
4) Für Schaufelwerke $MH = 18\frac{1}{2}\ N$
5) Für die Wasserschnecke $MH = 15,7\ N$
6) Für das Ausschöpfen mit Eimern $MH = 15\ N$ für eine Reihe Arbeiter. —

Digitized by Google

Baues und von Umständen ab, die aus Orts-Verhältnissen und aus Vorsichtsmaasregeln hervorgehen, die nicht vernachlässigt werden dürfen.

Nachdem die Ausschöpfung beendigt, die Baustelle vollkommen trocken gelegt und das Rost-Beleg hergestellt ist, macht man die zum Mauern nöthigen Anstalten; bevor man aber damit beginnt, reisst man auf dem Rost-Beleg mit Genauigkeit den Grundriss des Baues auf.

Das erste Geschäft in Bezug auf dis sehr wichtige Aufreissen besteht darin; die beiden Axen oder Hauptlinien zu bestimmen. Man merkt die Längenaxe durch Pfähle an, welche auf den Fluss-Ufern eingeschlagen werden. Man schlägt deren gleichfalls auf derselben Axe nach ihrer Breite ein, und sie müssen so vertheilt werden, dass sie beim Bauen nicht hinderlich seyn können. Sie werden in derselben Höhe abgeschnitten und die Richtung wird auf ihren Köpfen eingeschnitten.

Diese Pfähle dienen als Anhaltspunkte für alle horizontalen und vertikalen Messungen.

Wenn die Breite des Stromes mehreremal hintereinander gemessen worden ist, so bemerkt man die Mitte desselben durch einen Pfahl, auf dessen Kopf gleichfalls die Richtung eingeschnitten wird.

Dieser Punkt ist es, von welchem man ausgeht, um alle horizontalen und einzelnen Maasse des Projekts zu vertheilen.

Ausserhalb des Risses und auf einem festen und unveränderlichen Punkte bestimmt man gleichfalls für die Höhen ein Merkzeichen. Es bezieht sich auf das niedrigste Wasser, und zeigt dasselbe durch eine Horizontallinie an.

Diese Merklinie muss zur Hälfte weiss und zur Hälfte schwarz angestrichen seyn, damit das niedrigste Wasser genau unterschieden und bei den später mit dem Nivellirinstrumente anzustellenden Messungen leicht beobachtet werden könne.

Man trägt diesen Merkpunkt in jede folgende Einschliessung über, und prüft seine genaue Lage öfters nach dem ursprünglichen Merkzeichen.

Mittels dieser gut angelegten Punkte ist es leicht, den Grundriss des Baues aufzureissen, und man kann den Bau beginnen und das Mauerwerk mit Zuversicht anlegen. —

Dis sind die zum Bau der Fundament-Mauern nöthigen Vorarbeiten, wenn man einen Pfahl oder einen Schwell-Rost

Digitized by Google

herstellt und dabei die Baustelle durch Fangdämme und Ausschöpfungen trocken legt. Es giebt aber auch noch ein anderes Mittel, die Wasserbauwerke zu gründen, nemlich das durch Kästen. Man wendet es an, wenn die Örtlichkeit nicht gestattet, Fang-Dämme anzulegen, oder wenn die Tiefe, bis zu welcher das Fundament hinabreichen muss, die Ausschöpfungen nicht zulässt, oder endlich, wenn man den immerhin beträchtlichen Aufwand für die Fangdämme und Ausschöpfungen vermeiden will.

Es giebt zwei Arten von Kästen. Die erste begreift die Kästen mit Boden, in welchen das Mauerwerk trocken aufgeführt wird.

Die zweite Art der Kästen hat keinen Boden, sie dient zur Fundation mit der Art von Mauerwerk, welches Beton heisst, und welches in den Kasten durch das ihn anfüllende Wasser hindurch geschüttet wird.

Die erste, in England erfundene Art von Kästen wurde in Frankreich vervollkommnet; man bediente sich derselben mit glücklichem Erfolge bei der Gründung der Brücken von Saumur und von Tours; sie wurde alsdann für die Formen zur Ausbesserung der Schiffe von Toulon angewendet; ebenso machte man von dieser Methode mit dem günstigsten Erfolge bei der Gründung der neuen Brücken in Paris Gebrauch.

Diese erste Art von Kästen ist ein Boot oder ein grosses, flaches Fahrzeug, dessen Boden wagrecht ist und aus zusammengefügten Balken besteht; die vertikalen Seitenwände sind aus Rahmen oder Feldern von gut verbundenen und kalfaterten Bohlen angefertigt; sie können, indem man sie vom Boden losmacht, auseinander genommen werden, wenn sie nach Aufführung des Mauerwerkes nicht mehr nöthig sind.

Der Kasten wird auf dem Platze, welchen das Fundament des Gebäudes einnehmen soll, befestigt; er wird in dieser Lage durch Ständer erhalten, die in seine Falzen eingreifen, und ihm nur die Freiheit lassen, sich auf- und abwärts zu bewegen.

Es ist selten, dass der natürliche, den Grund des Flussbettes ausmachende Boden eine ebene und wagrechte Oberfläche darbiete, auf welcher man den Kasten könnte ruhen lassen; gewöhnlich ist man genöthigt, den Boden vorzubereiten; sey es, indem man seine Unebenheiten und Ungleichheiten wegschafft, oder sey es, dass man eine Füllerde darauf bringt, und auf

Digitized by Google

demselben eben ausbreitet; ein Geschäft welches von Seite des dasselbe leitenden Ingenieurs viele Gewandheit erfordert. Ist der Boden im Voraus so zubereitet, so sezt sich der Kasten darauf nieder, wenn das Gewicht des Mauerwerkes mit dem des Kastens grösser ist, als das des Wasservolumens, welches er verdrängt [16]).

Da es nicht immer möglich ist, den Boden auf eine entsprechende Weise zur Aufnahme des Kastens herzurichten, und da es öfters der Solidität keinen Nutzen bringt, wenn man mit der Fundation über eine gewisse Tiefe hinabgeht, so legt man unter diesen Umständen den Kasten über den Boden des Flusses und stellt ihn auf ein System von Pfählen, welche in einer gewissen Tiefe unter dem Wasserspiegel wagrecht abgeschnitten werden.

Das Abschneiden der Pfähle unter dem Wasser geschieht mit einer Pfahlsäge.

Diese sehr sinnreiche Maschine verdankt ihre Vervollkommnung dem verstorbenen Herrn Cessart, General Inspektor des Brücken - und Strassenbaues. Sie ist gegenwärtig in der Art vervollkommnet, dass man in einer Tiefe von 15′ unter Wasser von einem schon abgeschnittenen Pfahl leicht noch eine 2 Linien dicke Schichte abnehmen kann.

Diese Vollkommenheit der Maschine, war nöthig, um das Abschneiden unter Wasser von allen Pfählen in gleicher Höhe,

---

[16]) Um die Belastung zu finden, welche zur Versenkung eines auf dem Wasser schwimmenden prismatischen Senkkastens erforderlich ist, sey B die Grundfläche oder der horizontale Querschnitt des Kastens, h die Tiefe um welche er versenkt werden soll und γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser: so ist das Gewicht des von dem Senkkasten auf die Höhe h verdrängt werdenden Wassers, nach bekannten hydrostatischen Lehren $= Bh\gamma$ und ebenso gross muss wenigstens die zur Versenkung erforderliche Belastung seyn. Enthält z. B. die Grundfläche B 700 Quadratfuss und nimmt man die Tiefe h zu 6′ an, so ist das Gewicht des verdrängten Wassers für $\gamma = 44\frac{1}{4}$ Pfund $= 185850$ Pfund; damit aber der Kasten auf dem Roste einen festen Stand habe, muss man dieses Gewicht noch um etwas vermehren, weshalb man die nöthige Belastung des Kastens zu 2000 Zentner annehmen kann.

Es ist am vortheilhaftesten zur Beschwerung des Kastens die Werkstücke und Steine zu verwenden, welche zum Bau der untersten Schichten des Pfeilers u. s. w. bestimmt sind, und wobei man das Gewicht von einem Kubikfuss Sandstein zu einem bayer. Zentner annehmen kann. —

Digitized by Google

und nach einer und derselben horizontalen Ebene mit Genauigkeit vornehmen zu können; diese doppelte Bedingung ist für den guten Erfolg dieser Konstruktionsart wesentlich. Erfordern es die Örtlichkeit und die Art des aufzuführenden Baues, dass der Boden des Kastens unmittelbar auf dem Grunde aufliege, so muss man denselben, wie schon erwähnt wurde, vorbereiten, um ihn vollkommen wagrecht herzustellen.

Man erreicht diesen Zweck auf zweierlei Weise; entweder indem man die Hervorragungen über der Ebene des Niveaus hinwegnimmt, oder indem man die Vertiefungen unter dieser Ebene mit Füllerde ausfüllt.

Gewöhnlich wählt man das leztere. Das Einschütten der Füllerde, das Ausgleichen derselben in eine horizontale Ebene und ihre Zusammenpressung, um ihr die nöthige Dichtheit zu geben, erfordern sinnreiche Verfahrungsarten, welche denen ähnlich sind, die bei der Gründung der Schleusen zu Dieppe und Treport der Ingenieur Lamblardie angewendet hat. Sie sind grossentheils in dem Werke des Herrn von Cessart beschrieben; ich muss mich aber auf diese einfache Anzeige beschränken, weil die Details, in die ich eingehen müsste, zu Weitläufigkeiten führen würden, auf welche ich mich nicht einlassen kann [17]).

Um die Nachtheile des Auf- und Absteigens vom Kasten während dem Bau des Mauerwerkes zu vermeiden, — Bewegungen, die allzeit Statt finden, wenn sich der Wasser-Spiegel, worauf er schwimmt, verändert, — lassen einige Ingenieure, den Kasten vor dem Beginnen des Mauerwerkes stranden und befestigen ihn in dieser Lage durch eine provisorische Belastung.

Andere Ingenieure, und zwar die grösste Zahl derselben, lassen den Kasten bis zum Momente seiner Strandung, welche durch das Gewicht des in seinem Innern aufgeführten Mauerwerkes erfolgt, schwimmen. Jede dieser beiden Methoden hat ihre Vortheile und ihre Nachtheile. Die zwischen denselben zu

---

[17]) Das angeführte Werk führt den Titel: *Description des travaux hydrauliques de L. A. De Cessart.* (2 Vol. in 4. avec 67 Planches; Paris 1806.) Die Beschreibung der Gründungs-Arbeiten an der Schleuse zu Dieppe befindet sich im 2ten Bande, Seite 92 u. f. —

Digitized by Google

treffende Wahl hängt von Lokal-Umständen und vor allem von der Natur des Flusses ab. —

Lässt man den Kasten auf einem System von Pfählen ruhen, so ist es nöthig, einen Steinwurf anzulegen, welcher alle Leeren zwischen den Pfählen ausfüllt, und zugleich die Basis gegen Unterspülungen durch äussere Reihen von Spund-Pfählen zu sichern, welche den Steinwurf einschliessen.

Mittels Kästen dieser ersten Art wurden die Pfeiler des Pont des Arts und des Pont du Jardin des plantes und jene der Brücke von Jena, der Militair Schule gegenüber, gegründet. Durch die Anwendung dieses Mittels wurde die Arbeit um mehrere Jahre abgekürzt, und der Aufwand war viel geringer, als wenn man die Fundirung auf die gewöhnliche Weise mittels Fangdämmen hergestellt hätte.

Die zweite Art von Kästen, die welche keine wagrechten Böden haben, stellt eine, seit langer Zeit in Italien, und hauptsächlich bei den Seebauten des mittelländischen Meeres übliche Fundirungs-Art dar. —

Dieses Mittel der Fundirung ist eben so sicher, als ökonomisch, wenn ein felsiger, hinlänglich fester Grund vorhanden, und keine Unterspülung zu befürchten ist. Seine Anwendung erfordert auch, dass man die zur Bereitung des Betons nöthigen Materialien habe; eine Art Mörtel, dessen Anwendung für diese Konstruktionsart unerlässlich ist.

Ich habe mich desselben mit gutem Erfolg bei einer Tiefe von 16 Fuss unter Wasser zur Gründung des neuen Pfeilers der Brücke Notre Dame zu Cahors bedient.

Bei dieser zweiten Art Kästen werden die vertikalen Wände nicht hinweggenommen; sie bleiben an dem Mauerwerke hängen; jedoch machen diese Wände, die allerdings zur bessern Verwahrung des Pfeilers beitragen, einen Steinwurf am Umfang des Kastens, — eine in allen Fällen nöthige Vorsichtsmaasregel, — nicht entbehrlich.

Das Schütten des Betons in den Kasten geschieht durch eigene, einfache Vorrichtungen, damit der Beton, indem er um auf den Boden zu kommen durch die Wassermasse geht, sich nicht auflöse, und möglichst wenig zerseze.

Die Art mit Kästen zu gründen, sie mögen nun auf die erste oder zweite Art in Anwendung kommen, bietet im Allge-

Digitized by Google

meinen viele Vortheile zu gleicher Zeit aber auch Schwierigkeiten dar; nur einem gewandten und erfahrenen Ingenieur können Gründungen mittels Kästen anvertraut werden [18]).

V. Vorlesung.

Konstruktion der Gewölbe. — Rüstbögen der grössern Gewölbe. — Abrüstung. — Hölzerne Brücken.

Das Mauerwerk der Fundamente der Pfeiler und Widerlager, jenes der Pfeiler, und selbst die ersten Schichten der rückfallenden Steine der Gewölbe von Bögen beträchtlicher Weite, deren Konstruktion uns jezt beschäftigen soll, wird ohne Schwierigkeit bis zu einer gewissen Höhe aufgeführt; allein bald macht es die Neigung der Gewölbsteine nöthig, sie zu halten, und ihnen Stüzpunkte zu geben.

Der Reibungswinkel, welchen polirte Körper beim Abgleiten mit dem Horizonte bilden, wird durch die Erfahrung auf 18° — 20′ festgesezt; Gewölbsteine aber fangen wegen der Rauheit ihrer Lager, gemachten Erfahrungen zufolge, erst unter einem Winkel von 39° — 4′ abzugleiten an.

Unterhalb dieses Punktes tritt daher die Nothwendigkeit ein, die Gewölbsteine zu unterstüzen. Man wendet hiezu gezimmerte Rüstbögen an, deren Verbandstücke so verbunden und im Ge-

---

[18]) Über die Gründung der Pfeiler in Kästen und mit Beton findet man in *Gauthey's Brückenbau* (Tom. II, Seite 293 u. f.) ausführliche Nachrichten. — Ferner sehe man über die Bereitung und Anwendung des Betons einen vortrefflichen Aufsatz von Herrn Bau-Inspektor Zimmermann in *Crelle's Journal der Baukunst* (III Band, I. Heft) und die *Recherches théoriques et pratiques sur la fondation par immersion des ouvrages hydrauliques et particulièrement des écluses par L. A. Beaudemoulin* (Paris 1829) —

Digitized by Google

vierten so stark seyn müssen, dass sie ohne sich zu biegen das ganze Gewicht des Gewölbes tragen können.

Die Rüstbögen von Gewölben gewöhnlicher Grösse bestehen aus zwei geneigten Streben, welche sich oben gegen eine in der kleinen Axe stehenden Säule stüzen, und mit welchen sie durch Zapfen mit Versazung verbunden sind; sie haben ihren Stüzpunkt unten auf den Vorsprüngen der Widerlager, die unterhalb der Anfänger liegen, und manchmal auch auf vorspringenden Steinen, die Tragsteine heissen; mit den Streben senkrecht verbundene kleinere Pfosten tragen Stücke, welche die Krümmung des Stirnbogens haben; man nennt sie Kranzstücke; endlich umfasst eine wagrechte Zange die Streben und die Säule und befestigt so das ganze System.

Die Kranzstücke reichen nicht bis zur inneren Gewölbfläche; man lässt eine Leere oder einen Zwischenraum von 7 bis 8 Zoll, um horizontal und winkelrecht auf die Rüst-Bögen lange Hölzer zu legen, die man Schaallatten nennt, und welche zur unmittelbaren Aufnahme der Gewölbsteine bestimmt sind. So ist die allgemein angewendete Verbindung und die Zusammensetzung von einem der Gespärre, aus denen die Rüstung für die Konstruktion eines Gewölbes von gewöhnlicher Grösse besteht.

Die Zahl der Gespärre muss offenbar der Breite des Gewölbes angemessen und so berechnet seyn, dass sie sich durch dessen Gewicht nicht biegen.

Auf diese, so angeordnete Rüstung legt man die Gewölbsteine: bei den Bögen von mittelmässiger Öffnung erfordert diese Arbeit nur diejenige Sorgfalt, welche man auf den Bau der Gewölbe im Allgemeinen verwenden muss; damit jedoch grosse Bögen mit gutem Erfolg erbaut werden, ist beim Versezen der Gewölbsteine die grösste Vorsicht erforderlich.

Da man ihre genaue Lage mittels der Krümmungs-Halbmesser nicht verifiziren kann, wenn die Mittelpunkte zu weit entfernt sind, so bestimmt man diese Lage für jeden Gewölbstein, indem man den horizontalen Abstand zwischen jedem Krümmungs-Halbmesser, sowie die Ordinate oder die jedem Gewölbsteine zugehörige vertikale Entfernung berechnet. Mit Hilfe dieser Koordinaten und einiger auf den Pfeilern und Widerlagern angebrachten festen Punkte ist es leicht, mit langen

Digitized by Google

Richtscheiten und einem Nivellir-Instrumente genau den Platz zu bestimmen, welchen jeder Gewölbstein einnehmen muss.

Die auf der Kurve senkrechte Richtung der Ebene des Lagers, oder die Neigung jedes Gewölbsteines wird mit Hülfe eines Viertelkreises verifizirt, welcher den für jeden einzelnen Gewölbstein berechneten Neigungs-Winkel der Fuge angiebt.

Der Gebrauch dieses Viertelkreises ist leicht; man legt die eine der Seiten an das Lager des Gewölbsteines an, und der Faden, an welchem das Blei dieses Viertelkreises befestigt ist, muss die numerirte Theilung des Gewölbsteines decken: im entgegengesezten Falle vermehrt oder vermindert der Versezer mittels eines Holzspahnes die Neigung des Gewölbsteines so lange, bis der Faden auf die entsprechende Theilung fällt. Entspricht er in dieser Lage den wagrechten und vertikalen Koordinaten, so ist man versichert, dass der Gewölbstein seinen wahren Platz einnimmt.

Unabhängig von der guten Auswahl der Bau-Materialien, von der Genauigkeit der Ausführung, gemäss den oben vorgeschriebenen Regeln, und von der Qualität des Mörtels, hängt das Gelingen des Baues grosser Bögen noch besonders von dem, seit einiger Zeit allgemein angenommenen Rüstungs-Systeme, von seiner Verbindung und von dem Verfahren bei der Abrüstung ab.

Die Rüstbögen hatten ehemals eine Menge Stützpunkte auf dem Boden. Die Anordnung ihres Systems, welche die Last auf die Mitte der Streben übertrug, war für den Widerstand nicht günstig.

Die Zapfen und Zapfenlöcher, welche sie erforderten, schwächten das Holz, wesshalb man mit Recht auf dieses System verzichtet, und dasselbe durch schwebende Gerüste ersezt hat

Bei dem lezteren System sind die Streben so angeordnet, dass die Enden einer Reihe auf die Mitte der Streben einer obern oder untern Reihe treffen, mit denen sie dreieckige Figuren bilden, welche zur Grundlinie die Länge einer Strebe haben. Dieses System ist durch geneigte, in der Richtung des Krümmungs-Halbmessers, zu welchem die Bögen gehören, liegende Schwellen verbunden. Sie umfassen gleichzeitig die Enden von einer Reihe Streben, und die Mitte von denen einer andern Reihe. Diese Anordnung gestattet dem ganzen System, eine gewisse gegen den Schluss sich erhebende Bewegung und darauf

Digitized by Google

unter der Last eine Senkung anzunehmen, welche, wenn diese Bewegung geschickt geleitet wird, ohne Nachtheil für die Solidität des Baues ist.

Es ist, um mit gutem Erfolg den Fortgang des Baues grosser Gewölbe zu leiten, wesentlich nothwendig, die verschiedenen Bewegungen zu kennen, welche in den Rüstbögen, und ebenso in den Gewölben selbst, während und nach ihrer Erbauung, Statt finden.

Vorher und unmittelbar nach der Aufstellung der Rüstbögen senken sich dieselben unter ihrer eigenen Schwere, und allmählich unter der der Gewölbe.

Dieser Effekt der Senkung muss vorausgesehen und die Krümmung des Gerüstes danach eingerichtet werden.

Sobald als die Gewölbsteine der Gewölb-Schenkel versezt werden, sucht die Wirkung ihres Gewichtes das Gerüst gegen den Schluss wieder zu heben.

Man widersezt sich dieser Wirkung, indem man die Gespärre gegen den Scheitel zu vorläufig mit einer gewissen Anzahl Gewölbsteine belastet.

In dem Maasse, wie sich die Gewölbe erheben, senken sich die Rüstbögen aufs neue; diese neue Wirkung rührt von der Schwere der Gewölbsteine her. Im Augenblicke des Versezens der Schlusssteine der Brücke von Neuilly betrug die Senkung 0,354^{m}, ungefähr 13 $^{1}/_{4}$ pariser Zoll.

Aus diesen verschiedenen Bewegungen eines Gewölbes entsteht anfangs eine Öffnung im oberen Theile der Fugen der Gewölbsteine, in geringer Entfernung vom Lothe über den Anfängern, dann höher; aber diese Fugen schliessen sich wieder, wenn die Schlusssteine versezt sind.

Die Gesammt-Belastung der Rüstbögen, für jeden Bogen der Brücke von Neuilly betrug 2400000 Pfunde. Die Senkung des Gerüstes dauerte bis zum Augenblick der Abrüstung fort, in welchem die ganze Senkung 0,52^{m}, ungefähr 19 Zoll, betrug.

Um das Sezen der Gewölbe zu vermindern, war es ehemals üblich, die lezten Reihen der Gewölbsteine trocken zu versezen, und sie mit Holzkeilen, die zwischen eingeseiften Latten fest eingetrieben wurden, zu verspannen.

Diese Methode hatte den Nachtheil, das Brechen der Gewölbsteine zu verursachen; mit Recht ist man von derselben abgegangen.

Digitized by Google

Die Schlusssteine und die ihr zu beiden Seiten gelegenen Steinschichten werden auf ein Mörtel-Lager gelegt, und wie die übrigen Gewölbsteine ausgegossen und verstrichen.

Man hat keinen festbestimmten Zeitpunkt, um das Ausrüsten der Bögen, in Beziehung auf die Solidität, welche aus der Beschleunigung oder Verzögerung dieser Operation hervorgehen kann, vorzunehmen.

Die Vorsicht scheint indess zu fordern, dass man diesen leztern Zeitpunkt, das heisst, 14 Tage — einige mehr oder weniger, je nach der Porosität des Gesteins und der Natur des Kalkes, aus dem der Mörtel zusammengesezt ist, — abwarte.

In dem Maasse, als man die Unterlagen wegnimmt, und die Gerüste entlastet, zeigt sich ihr Streben sich wieder zu erheben.

Der Brechunkspunkt der Gewölbe, welcher nach den von Perronet gemachten Erfahrungen im ungünstigsten Falle in den dritten Theil des halben Gewölbes gesezt wird, beweiset, dass man ohne Besorgniss die Unterlagen bis zu diesem Punkte wegnehmen kann, weil in diesem Theile die Rüstbögen an das Gewölbe durch den Druck der obern Gewölbsteine angetrieben werden.

Die Unterlagen müssen langsam hinweggenommen werden, um zu vermeiden, dass der sich senkende Theil des Gewölbes nicht eine gewisse Geschwindigkeit annehme. Ein zu sehr übereiltes Verfahren würde den Einsturz des Bogens zur Folge haben.

Man sezt die Ausrüstung durch die allmählige Hinwegnahme der Unterlagen gegen den Schluss zu fort, indem man sie symetrisch von den beiden Seiten eines jeden Gswölbes hinwegnimmt.

Diese Operation währte bei der Brücke von Neuilly 19 Tage. Die 7 lezten Reihen der Unterlagen wurden am lezten Tage weggenommen.

In dem Maase, wie man die Unterlage wegnimmt, ersezt man sie durch aufrecht stehende hölzerne Stützen, die zwischen die Rüstbögen nnd das Gewölbe gestellt werden.

Nach der Hinwegnahme aller Unterlagen wurden diese Stützen mit dem Meissel zerrichtet. Diese Operation dauerte nur eine Stunde: in dem Maase, als man sich dem Schlusse näherte, zerdrückten sie unter der Last des Gewölbes, welches sich allmählich und gleichmässig zu sezen begann.

Digitized by Google

Sobald die Rüstbögen frei waren, erhoben sie sich wieder um 0,162m (ungefähr 6 Zoll) vermöge der Elastizität der Hölzer.

Während der Hinwegnahme der Unterlagen haben sich die Gewölbe um 0,162m oder 6 Zoll gesezt; während der Zernichtung der Stützen betrug das Sezen 0,030m oder 18 Linien und Tags darauf 0,029m oder 13 Linien. Hierauf nahm es ab. Das Pflaster und die Brüstungen wurden in dieser Epoche gelegt und wenige Zeit nachher hat das Sezen gänzlich aufgehört. Nach der vollständigen Beendigung dieser Arbeiten betrug das gesammte Sezen 0,297m ungefähr 11 Zoll.

Dis sind summarisch die wesentlichen, beim Bau grosser Brücken-Bögen Statt findenden Arbeiten und dis sind die vorzüglichsten Wirkungen, die bei der Ein- und Ausrüstung der Gewölbe Statt finden, deren Kenntniss dem mit dem Bau, dieser Art öffentlicher Denkmale beauftragten Ingenieur unentbehrlich ist.

Hölzerne Brücken.

Die hölzernen Brücken welche diese dritte Abtheilung schliessen, werden in zwei Hauptklassen eingetheilt.

Bei der ersten wird das Pflaster durch ein auf horizontalen Balken liegendes Beleg getragen. Die Balken werden an ihren Enden durch Stützpunkte getragen die, wenn die Brücke aus einer einzigen Öffnung besteht, auf dem Boden ruhen.

Bei der zweiten ist es ein System von Zimmerwerk, dessen Stützpunkte gegen den untern Theil, des, den äussern Bogen bildenden Kreisbogens oder Polygons aufgestellt sind.

Dis ist ein gesprengter Bogen [19]).

Die erste Gattung ist nur bei kleinen Öffnungen anwendbar.

Die zweite lässt die grössten Weiten zu.

---

[19]) Den Ausdruck cintre retroussé glauben wir durch Sprengwerk übersetzen zu müssen, obgleich nicht geläugnet werden kann, dass diese Bezeichnung des Bogens eben so gut auf eine Zimmer-Verbindung passt, welche wir Hängwerk nennen; cintre bedeutet ursprünglich Bogen und unter retroussé, wofür wir in Verlegenheit sind einen passenden Ausdruck im Deutschen zu finden, versteht man auf den Werkplätzen in Frankreich das Aufrichten der Zimmer-Arbeit auf denselben bevor man es verwendet.

Digitized by Google

Die Leere oder der Durchfluss heisst Jochweite. Die äussersten Stützpunkte werden wie bei den gemauerten Brücken durch den Namen Widerlager bezeichnet, und die mittleren Stützpunkte, wenn mehrere Jochweiten vorhanden sind, heissen Joche.

Die gezimmerten Widerlager werden wie die Bollwerke erbaut, von denen weiter unten die Rede seyn wird [20]).

---

[20]) Das Holz zu den Bollwerken kann aus Eichen, Buchen oder Kiefern bestehen; eichene Pfähle, welche dem Wasserwechsel ausgesezt sind, können 36 bis 40 Jahre und kieferne Pfähle können 15 bis 20 Jahre dauern. — Man kann die Pfähle vertikal einrammen, weil sie aber bei einer schrägen Stellung dem Erddruck mehr Widerstand leisten, so pflegt man sie um den zwölften bis sechsten Theil ihrer Höhe aus dem Lothe zu setzen. — Im Durchschnitt kann man rechnen, dass die Bollwerks-Pfähle so tief in die Erde kommen, als sie über derselben hervorragen. — So weit sie über der Erde hervorstehen, werden sie des bessern Aussehens wegen vierkantig behauen, und man nimmt zu denselben 8 bis 10 Zoll, zu sehr hohen jedoch 12 Zoll am Zopfe starkes Holz. Die grösste Entfernung der Pfähle von Mittel zu Mittel nimmt man nicht über 5 ½ und nicht leicht unter 4 Fuss an. — Die in gleicher Höhe und gleicher Breite von 1 ½ bis 2 Zoll starken Zapfen, welche auf den Köpfen der Pfähle ausgearbeitet werden, dienen zur Aufnahme des 11—12 Zoll am Zopfende starken Holmes. — Die Pfähle werden auf ihrer Rükseite mit 3 bis 4 zölligen Bohlen verkleidet, welche, wenn sie trocken sind und Lehm oder fette Füllerde dahinter kömmt, blos gefugt und scharf aufeinander gepasst werden; sind die Bohlen aber nicht trocken und ist die Erde mager und sandig, so müssen sie gespundet werden. Die Bohlen werden mit hölzernen Nägeln an die Pfähle angenagelt. — Zur Verhütung einer Unterspülung muss entweder eine Spundwand hinter die Pfähle bis zur Höhe des niedrigsten Wasserspiegels oder ein Deckwerk von Faschinen oder losen Steinen angelegt werden. — Zur bessern Erhaltung des Holzes wird dasselbe, so weit es bald nass und bald trocken wird, betheert und hinter der Bohlenwand wohl auch eine Lehmschicht angeschüttet, die aber wie jede andere Füllerde fest gestampft werden muss. —

Der horizontale Druck der Erde gegen Spundwände wächst bekanntlich im Verhältniss vom Quadrate der Höhe des Bollwerkes; bei kiefernem Holze kann man als Erfahrungssatz annehmen, dass die 8 bis 9 Zoll starken und im Mittel 5 Fuss von einander entfernten Pfähle einem Erddruck von 6 bis 7 Fuss Widerstand leisten können. Bei einem Erddruk von 8 Fuss Höhe dürfen die Pfähle nur 4′ im Mittel von einander abstehen, und wenn man ein Bollwerk ohne weitere Verstärkung gegen einen 10 Fuss hohen Erddruk anlegen will, so ist es nothwendig, dass die Pfähle schräg eingeschlagen und wenigstens 10 Zoll im Gevierten stark genommen werden.

Sollen die Bollwerke höher als 8 bis 10 Fuss erbaut werden, so erfordern sie eine Verstärkung, bei 12′ Höhe auf jeden 4ten, bei 14′ Höhe auf jeden 3ten

Digitized by Google

Die Joche sind einfache oder zusammengesezte, je nach der Brückengattung.

Die einfachen Joche werden aus einer Reihe Pfähle gebildet, die oben mit einem Holm versehen sind.

Die Zusammensezung der Joche muss dem System des Zimmerwerkes der Brücke anpassend seyn.

---

und bei 16 Fuss auf jeden 2ten Pfahl oder alle 8′ Fuss einen Erd-Anker. — Die wesentlichen Theile eines Erdankers sind die Zugbalken, welche senkrecht gegen den Bollwerkspfahl stehen, an diesem befestigt, und an ihrem entgegengesezten Ende durch den eingerammten Ankerpfahl gehalten werden. — Der Zug oder Ankerbalken wird in der Mitte des Bollwerks-Pfahls angebracht, wenn er mit gleicher Kraft sowohl über als unter dem Pfahl dem Erddruk Widerstand leisten soll. — Ist die Höhe der Bollwerke grösser als 18 Fuss, so müssen zwei Reihen Anker und zwar so angebracht werden, dass die erste Reihe die Bollwerkspfähle auf dem ersten Drittel ihrer Höhe trift, die 2te aber auf dem 2ten Drittel dieser Höhe an den Pfählen befestigt wird: denn nur unter diesen Umständen wird der oben angeführten Bedingung entsprochen. —

Die Anker oder Zugbalken werden mittels eiserner Zugbänder an die Pfähle befestigt, welche mit den Krammen und Nägeln 18 bis 20 Pfund wiegen. —

In der vorstehenden Bemerkung wurde, wie dis gewöhnlich geschieht, die Entfernung der Bollwerkspfähle als gegeben vorausgesezt; allein es ist einleuchtend, dass je näher diese Pfähle zusammen gerückt werden, desto schwächer können sie seyn und desto geringer darf auch die Dicke der horizontalen Bohlen seyn, welchen sie als Stüzpunkte dienen. Auf der andern Seite wird ihre Anzahl durch diese Annäherung offenbar grösser; die Vermehrung der Anzahl der Bollwerkspfähle und die Verminderung ihrer Dicke sowohl als der der Bohlen lässt daher nothwendiger Weise einen bestimmten Werth des Holz-Kubus vom Bollwerk zu, welcher für eine gewisse Entfernung der Bollwerkspfähle ein Minimum wird.

Mittelst der fruchtbaren Methode des Maximum und Minimum läst sich diese Aufgabe leicht auflössen, indem man den Erddruk, sowohl gegen die Pfähle als gegen die Bohlen nach Bemerk. Nro. 5 und den Widerstand der Balken selbst nach den bekannten Eytelwein'schen Formeln, (man sehe dessen *Statik*, II Band, Seite 270) in Rechnung bringt. —

Theoretische Untersuchungen über den Ort, wo die Erdanker angebracht werden müssen, findet man im Anhange zum 3ten Hefte der Eytelwein'schen *Wasserbaukunde*. —

Digitized by Google

Die Hölzer, welche bei der zweiten Gattung von hölzernen Brücken die Bogenanfänger tragen, müssen über dem höchsten Wasserstande liegen.

Unter den verschiedenen Systemen der Verbindungen zwischen den Brückenbögen und den zusammengesezten Jochen, ist dasjenige das vortheilhafteste, welches die Auswechselung der schadhaften Hölzer am leichtesten gestattet.

Man sezt vor die Joche, von der Brücke abgesonderte, Eisbrecher.

Es ist gebräuchlich, die freiliegende Länge der Strassenträger dadurch zu vermindern, dass man sie auf Hölzer legt, die man Schirr- oder Unterbalken nennt. Sie befinden sich in der Vertikal-Ebene der Strassenträger, und man lässt sie von da über die Stirnfläche der Widerlager und Joche um $1{,}0^m$ oder $1{,}5^m$ ($3{,}42' - 5{,}13'$) vorspringen.

Bisweilen wird dieser Vorsprung der Unterbalken durch eine Strebe getragen. Die zur Aufnahme des Pflasters bestimmten Bohlen werden dicht an einander und senkrecht auf die Richtung der Balken oder Strassenträger gelegt.

Hölzer, welche auf die Balken aufgeplattet, und von Entfernung zu Entfernung zwischen die Bohlen, welche sie überragen, gelegt sind, nehmen durch Zapfenverband die aufrechten Pfosten und die innern und äussern Bänder der Geländer auf. Eine auf die hohe Kante gestellte Bohle, die Kiesschwelle heisst und an den Geländerpfosten anliegt, hält das für die Anlage des Pflasters bestimmte Sandlager zusammen.

Bisweilen überdeckt man das Beleg mit einer Tafel von Blei oder Kupfer; aber dieses, die Erhaltung der Hölzer beabsichtigende Mittel wird gewöhnlich nur für grosse Brücken der zweiten Gattung aufbewahrt.

Die Abmessungen der Hölzer im Gevierten bestimmen sich, in Bezug auf die Festigkeit welche sie haben müssen, bei der ersten Gattung von Brücken wie folgt:

1) nach dem Gesez, wonach der Widerstand durch das Produkt des Quadrates der mit der Kraft parallelen Abmessung, multiplizirt mit den andern Abmessungen, und dividirt mit der Länge des Holzes ausgedrückt ist;

2) nach den zu Havre gemachten, und in dem Werke des Ingenieur Girard aufgezeichneten Erfahrungen über den

Digitized by Google

Widerstand fester Körper, und über feste Körper von gleichem Widerstande, sieht man wie sich die Krümmungs-Pfeile der Hölzer zu den Gewichten verhalten, von welchen sie hervorgebracht werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist es die Wirkung der Belastung auf die horizontalen Hölzer zu kennen. Die zahlreichen von Buffon gemachten Erfahrungen, welche Resultate des absoluten Bruches geben, können offenbar nicht dazu dienen, auf das Gevierte der bei dem Bau der Brücken vorkommenden Hölzer zu schliessen. —

Man weiss, dass ein an seinem Ende eingeschlossenes Holz sich in seiner Mitte nur halb so tief senkt, als wenn bei derselben Last das Holz frei aufläge. Man weiss ferner, dass ein auf seine ganze Länge gleichförmig belastetes Holz einen doppelt so grossen Widerstand leistet, als der ist, den es auszuhalten hätte, wenn die ganze Last in seiner Mitte vereinigt wäre. Mittels dieser Betrachtungen, und der eben erwähnten Regeln und Beobachtungen kann man das Gevierte der Strassen träger in horizontaler Lage bestimmen.

Diese Regeln sind gleichfalls anwendbar auf Hölzer in einer geneigten Lage, weil, sobald ein aufrecht gestelltes Stück sich unter dem Drucke zu biegen anfängt, man es als ein Stück in horizontaler Lage betrachten kann, das durch eine transversale Kraft, welche senkrecht auf seine Fasern wirkt, zu brechen genöthigt ist, und man kann seinen Widerstand berechnen, indem man, nach dem Grade der Neigung den das Stück im System behauptet, den Theil der absoluten Kraft, der gegen dasselbe wirkt, modifizirt.

Diese allgemeinen Bemerkungen gelten für alle Gattungen hölzerner Brücken.

Digitized by Google

VI. Vorlesung.

(Eingeschaltet.)

Fortsezung und weitere Ausführung der Lehre von den hölzernen Brücken. — Jochbrücken; Anzahl und Stärke der Strassenträger für verschiedene Weiten; Trag-Vermögen einer Jochbrücke; Konstruktion der Joche. — Eisbrecher. — Nothbrücken. —

Wie im Allgemeinen die Weite oder Spannung bei jeder Brücke vorzugsweise ihre Konstruktions-Art bedingt, so ist es bei hölzernen Brücken hauptsächlich, ja fast ausschliesslich, nur diese Weite, welche jene festsezt. In Bayern — in dessen südlichen holzreichen Kreisen Brücken von Holz in grosser Anzahl erbaut werden, — kommen vorzüglich drei Arten von hölzernen Brücken zur Ausführung, nemlich: Die Jochbrücken, die Bogenhängwerkbrücken, und die Bogenbrücken. Die ersten werden bis zu Weiten von 50′—60′, die zweiten bis zu Weiten 70′—80′ und die dritten bis zu Weiten von 150′—160′ angelegt. Hölzerne Brücken mit grössern Weiten als 160′ zu erbauen ist nicht rathsam. —

Wir werden nun jede dieser drei Arten von hölzernen Brükken kurz beschreiben; ihre Bestandtheile und die Abmessungen der lezteren angeben; endlich noch einige andere Konstructions-Arten, nemlich die Bohlen-, Häng-, und Sprengwerk-Brücken aufzählen, und über den Bau hölzerner Brücken von mehr als 160′ Weite und über eine angeblich neue Konstruktions-Art einige Bemerkungen beifügen.

Digitized by Google

Von den Jochbrücken.

Was man Joch, Jochfeld und also auch Jochbrücke nennt, geht aus den von Sganzin gegebenen Erklärungen hervor. Jede Brücke von Holz, die auf Jochen ruhet, nennt man eine Jochbrücke; allein sie heisst auch noch eine Jochbrücke, wenn die Balkenlage, von welcher ihre Fahrbahn unterstüzt wird, auf steinernen Pfeilern oder Widerlagern aufliegt [21]).

Die in Bayern gemachten Erfahrungen haben gelehrt, dass bei einer Breite der Brücke von 30′ mit 10 Balken von gesunden Tannen-, Föhren- oder Lerchenholze, welches auf Bergen in einem sandigen oder kiesigen Boden und in einer freien Lage gewachsen ist, Weiten bis zu 60 Fuss frei und ohne irgend eine andere Unterstüzung, als die an beiden Enden der Balken, überspannt werden können: vorausgesezt, dass diese Balken an ihrem dünnen oder Zopfende wenigstens eine Dicke von 14 Duodecimal-Zoll, oder von 1,16 Fuss haben, und nicht behauen sondern rund belassen werden. Nur auf ihrer untern Seite, mit welcher sie auf den Kron- oder Mauerschwellen aufliegen und auf ihrer oberen, die Deckhölzer oder Bohlen der Fahrbahn berührenden Seite werden die Strassenträger ein wenig abgeflächt, um diese Berührung vollkommener herzustellen.

Auf den Kronschwellen, in welche sie zwei Zoll tief eingelassen werden, liegen die Strassenträger mit ihren Enden frei auf: es ist jedoch besser, sie zwischen der Kron- und der gerade über dieser liegenden Deckschwelle mittels eiserner, durch diese beiden Schwellen gehender Schrauben fest zu verspannen, wodurch das Trag-Vermögen oder die Widerstand-Fähigkeit der Brücke fast um das Doppelte vermehrt wird.

---

[21]) Zur Unterscheidung will v. Langsdorf und nach ihm Röder, dass man die hölzernen Brücken mit geraden Balken im Allgemeinen gemeine Balkenbrücken, und nur diejenigen Jochbrücken heissen soll, welche, wie wir oben sagten, mit Jochen versehen sind.

Diese Unterscheidung scheint uns unwesentlich, da wohl Niemand unter einer Jochbrücke, eine Bogen- oder Bohlenbrücke versteht. Den Beisaz gemein oder einfach erhielten die Jochbrücken, um sie von den gesprengten und Bogenbrücken u. s. w., welche ebenfalls auf Jochen ruhen, zu unterscheiden.

Digitized by Google

Eine solche Jochbrücke ist zwar, wie jede hölzerne Brücke, starken Schwankungen ausgesezt und sie schlägt sich unter den darüber hingehenden grossen Lastwägen von 100—120 Zentner Ladung drei und wohl auch sechs Zoll tief ein; allein diese Schwankungen und Einbiegungen haben, wie die Erfahrung beweisst, bei der grossen Elastizität des Nadelholzes durchaus keinen ungünstigen Einfluss auf eine solche Brücke, wenn anders die Erschütterungen und Stösse nicht so heftig sind, dass die Strassenträger dadurch auf der Kronschwelle stark aufgebogen oder gar zwischen Kron- und Deckschwelle lose gerüttelt werden.

Die zureichende Befestigung der erstern auf den Pfählen des Joches oder in dem Mauerwerke der Pfeiler und Widerlager und die unverrückbare Verbindung der Deckschwelle mit jener durch eiserne Bolzen, Dübel, Schrauben oder Bänder ist daher eine wesentliche Bedingung.

Um die über solche Brücken gehenden Lasten auf alle Strassenträger gleichförmig zu vertheilen, werden sogenannte Tragschwellen, — Hölzer, welche quer und senkrecht auf der Richtung der Strassenträger unter und an denselben durch dünne eiserne Schrauben befestigt sind, — angebracht. Die Schrauben sind nur $\frac{1}{2}''$ dick, mit breiten Köpfen und Muttern versehen und gehen durch jeden zweiten Balken und die darüber liegende Deckschwelle hindurch. Bei Brücken von 50′ — 60′ Weite reichen zwei oder höchstens drei Tragschwellen hin: bei Brücken von 30′ — 40′ Weite bringt man jedoch nur eine Tragschwelle an.

Die quer über die Strassenträger liegenden Deckhölzer, gewöhnlich von weichem, jedoch besser von Eichenholz, haben eine Stärke von 6″; man zieht ihnen drei bis vierzöllige Dielen vor, weil die Deckhölzer bald ungleich werden und sich gerne aufbiegen. — Bei stark befahrenen Brücken wird das Dielen-Beleg der Fahrbahn verdoppelt, und nach der Länge oder Quere der Brücke selbst mit eisernen Schienen versehen [22]). — Auch

---

[22]) Die eisernen Schienen sind entweder von Guss- oder Schmiedeisen: die gusseisernen, welche zum Querschnitt ein Trapetz erhalten, in dessen oberer Seite sich ein flacher hohler Kreisbogen befindet, werden nach Herrn Dietlein (m. vgl. *Crelle's Journ.* III. Bd. Hft. 1. Seite 69) nach der Länge der Brücke, also quer über die Deckhölzer oder Bohlen in die Richtung der

Digitized by Google

ist es sehr vortheilhaft, die Deckhölzer einer Brücke in der Breite der gewöhnlichen Fahrbahn mit gemeinen Brettern zu decken, um jene mehr zu schonen.

Die Deckhölzer oder Bohlen lässt man zu beiden Seiten über die äussersten Strassenträger $1\frac{1}{2}'$ bis $2'$ vorstehen: Dis hat zum Zweck, die Strassenträger von den nachtheiligen Einwirkungen des Regens zu schützen und die Büge der Geländerpfosten sicher anzubringen. — Diese Pfosten werden entweder geradezu in die Deckhölzer oder Bohlen verzapft, oder es werden zu beiden Seiten über den äussersten Strassenträgern, parallel zu der Längenaxe der Brücke, sogenannte Saum-, Kies- oder Kothschwellen gelegt, in welchen jene mit ihren Zapfen stehen. — Die $8''$—$9''$ oder $0{,}75'$ im Gevierten starken Geländerpfosten werden in Abständen von $10'$ — $12'$ aufgestellt, oberhalb mit einem sogenannten Geländerholze miteinander und ausserdem manchmal noch durch einen, zwischen Koth- und Geländerschwelle liegenden Riegel oder auch durch Kreuzstreben (die sogenannten Andreas — Kreuze) verbunden.

Die Koth- und Geländerschwellen macht man $8''$—$9''$ stark; die Geländerbüge und Kreuzstreben oder Riegel jedoch nur $4''$ bis $5''$. — Die Kothschwellen werden an die Deckschwellen mittels Schrauben befestigt [23]).

Wagengeleise gelegt und erhalten eine Länge von ungefähr $4'$, eine obere Breite von $6''$—$7''$, eine untere Breite von $7''$—$8''$ und eine Dicke von $1\frac{1}{4}''$ — $1\frac{1}{2}''$. Jede Schiene wird mit 2 Nägeln mit versenkten Köpfen befestigt. — Die schmiedeisernen Schienen werden quer über die Fahrbahn, also nach der Länge der Deckhölzer oder Bohlen und in Entfernungen von ungefähr $3''$—$4''$ vom Mittel zu Mittel gelegt; sie erhalten eine Breite von $1\frac{1}{2}''$ und eine Dicke von $\frac{1}{2}''$. —

[23]) Herr Geh. Oberbaurath *Crelle* sagt in einer Note zu Herrn Dr. *Dietlein's Vorlesungen über Strassen-Brücken- und Wasserbau* (m. vgl. *Crelle's Journal der Baukunst* III. Band, I. Heft, Seite 67): das einfachste Geländer solcher Brücken erhält man wohl, wenn man die Geländersäulen von aussen mit einem halben Blatte an die Ort-Balken (Saumschwellen) nagelt, also halb sie auf die Balken sezt und dann die Säule von zwei Unterbelag-Bohlen umfassen lässt. Die Geländersäulen noch in die Balken einzuzapfen, dürfte nicht nöthig und nicht gut seyn, weil in das Zapfenloch das Wasser dringen und der Balken in demselben leichter faulen kann. Besondere Streben zur Unterstüzung des Geländers sind nicht nöthig.

Digitized by Google

Um das Tragvermögen einer Jochbrücke von 60′ Weite unter der Voraussezung zu berechnen, dass auf die zwischen den Geländern 30′ breite Fahrbahn zehn Strassenträger kommen, diese von Fichtenholz sind, an ihren Enden auf den Kronschwellen frei aufliegen und am Zopfende eine Stärke von 14″ oder 1,16′ haben, — ist vorerst die mittlere Dicke eines solchen Strassenträgers auszumitteln.

Nach Herrn Forstinspektors Huber Hülfstafeln beträgt die mittlere Stärke eines 60′ langen und am Zopfende 1,16′ starken Föhrenstammes 1,58′ oder in runder Zahl 1,6′; nach Eytelwein's Versuchen ist nun die Last, welche ein vierkantiger, mit seinen beiden Enden frei aufliegender, föhrener Balken mit Sicherheit tragen kann $= 360 \frac{bh^2}{l}$ berliner Pfund, wenn die Breite b, die Höhe h und die Länge l des Balkens in preussischen Duodecimal-Zollen ausgedrückt sind, oder $\frac{374\ bh^2}{l}$ für münchner Pfunde und bayerische Decimal-Zolle.

Für $b = h$ ist der Querschnitt des Balkens ein Quadrat und die Tragkraft des föhrenen Strassenträgers $= \frac{374\ h^3}{l}$; ist aber der Balken kreisrund, so ist sein Tragvermögen $= \frac{275\ d^3}{l}$, da nach Eytelwein die respektive Festigkeit eines Balkens, dessen Querschnitt ein Quadrat ist, zu der eines Zylinders, dessen Durchmesser der Breite des quadratförmigen Balkens gleich ist, sich wie 1 zu 0,736 verhält [24]).

---

[24]) Eytelwein findet mit Hülfe der Differential-Rechnung, (m. vergl. II. Band, *d. Statik*, Seite 316) die respektive Festigkeit eines runden Balkens unter der Voraussezung, dass die Fasern des Holzes sich ausdehnen aber nicht zusammendrücken lassen. Nimmt man jedoch mit *Gallilaei* an, dass die Balken hart und unbiegsam seyen, so verhalten sich die respektiven Festigkeiten zweier Balken, von welcher der eine zum Querschnitt ein Quadrat und der andere zum Querschnitt einen Kreis hat, dessen Durchmesser der Seite des Quadrats gleich ist, wie diese Querschnitte oder wie 1 : 0,785, was von dem Eytelwein'schen Verhältnisse nur um 0,049 abweicht.

Die respektive Festigkeit eines Zylinders lässt sich leicht sowohl durch die Elemente als durch Differential-Rechnung finden. (Man vergleiche auch *Gerstner's Handbuch der Mechanik*, I. Band, Seite 316.)

Digitized by Google

Die grösste zufällige Belastung einer Brücke findet bei einem Menschen-Gedränge Statt; man rechnet hiebei gewöhnlich auf einen Menschen 3 Quadratfuss, also auf einen Quadratfuss im Durchschnitt 50 Pfund oder einen halben Zentner. — Die ganze zufällige und grösste Belastung der Brücke für eine Länge von 60′ und eine Breite von 30′

beträgt also	900 Ztr.
hiezu das Gewicht der 10 Strassenträger mit .	253 —
das Gewicht der 0,5′ hohen Deckhölzer mit .	214 —
das Gewicht der 2 Tragschwellen, Geländerhölzer und Schrauben mit	22 —
demnach ganze Belastung der Brücke . . .	1389 Ztr.

Diese auf der Brücke gleichförmig vertheilte Belastung hat bekanntlich dieselbe Wirkung, als die halb so grosse in der Mitte der Brücke wirkende Last; jeder der 10 Strassenträger wird also in seiner Mitte im ungünstigsten Falle mit einem Gewichte von 69 ½ Zentner belastet. Sein Tragvermögen beträgt aber, für $d = 1{,}6'$ und $l = 60'$, nach den Versuchen von Eytelwein, unter der Voraussezung, dass er mit seinen beiden Enden frei aufliegt, 18,77 Ztnr. und unter der Voraussezung, dass er mit seinen beiden Enden fest verspannt oder eingemauert wird 37,54 Ztnr.; im ersten Falle ist es also 8,7mal und im zweiten Falle 17,4mal so gross als diejenige Last, welche im Stande seyn würde, ein Zerbrechen des Balkens zu bewirken. [25])

Wie wir oben schon angeführt haben, können die Strassenträger leicht fest verspannt werden, desshalb sollte man dis nie unterlassen, da hiedurch der Theorie und Erfahrung zufolge die Tragkraft der Brücke um das Doppelte erhöht wird. —

---

[25]) Bekanntlich nimmt Herr Ober-Landesbau-Direktor Eytelwein für das Trag Vermögen eines Balkens der Sicherheit wegen nur den 32ten Theil derjenigen Last an, welche denselben im ersten Augenblick zu zerbrechen im Stande ist; Herr Geheimerath von Langsdorf dagegen nimmt bei 45 jähriger Dauer den 16ten Theil hiefür an. Obige Erfahrungen sprechen daher für die Langsdorf'sche Annahme und zeigen, dass es wirklich hinreichend ist, der Sicherheit wegen blos den 16ten Theil derjenigen Last für die Tragkraft eines Balkens in Rechnung zu bringen, welche denselben im ersten Augenblicke zu zerbrechen vermag.

Digitized by Google

Die Rechnung bestättigt also vollkommen die oben erwähnte und in Bayern vielfältig erprobte Erfahrung; demnach kann mit Sicherheit nach den obigen Grundsäzen und Voraussezungen die mittlere Stärke oder Dicke der Strassenträger für kleinere Brücken ausgemittelt werden. —

Für eine Weite von 40′ beträgt die mittlere Dicke der mit ihren Enden frei aufliegenden runden Strassenträger von

Föhrenholz . . . . . 1,22′,
und wenn sie fest verspannt sind . . . . 0,97′,
für eine Weite von 20′ im ersten Falle . . 0,76′,
und im zweiten Falle . . 0,65′. —

Strassenträger von Tannenholz werden im Verhältnisse ihrer respektiven Festigkeit stärker und Strassenträger von Lerchenholz ebenso, jedoch nicht in gleichem Verhältnisse schwächer gemacht.

Nach Eytelwein verhalten sich die respektiven Festigkeiten von Föhren- und Fichten-Holz beinahe wie 3 : 2. [26])

---

[26]) Werden nach denselben Voraussezungen die Stärken eichener, rund belassener, Strassenträger berechnet, so ist vorerst zu bemerken, dass nach den Eytelwein'schen Erfahrungen

$$P = \frac{501\ d^3}{l} . 0,736 \text{ berl. } \mathfrak{Z}$$

und für bayer'sches Maass und Gewicht

$$P = \frac{521\ d^3}{l} . 0,736 \text{ bayr. } \mathfrak{Z},$$

$$\text{oder } P = \frac{383\ d^3}{l} \text{ bayr. } \mathfrak{Z}.$$

Für die Weite der Brücke von 24′ und ihre Breite von 30′ ist aber die zufällige Belastung der Brücke mit ihrem Gewichte, lezteres aproximativ in Rechnung gebracht, = 611 bayer. Ztr.; da nun das Trag-Vermögen für unverspannte Balken blos 8,7 mal, P aber 32 mal so gross ist, als die zum Zerbrechen des Balkens nöthige Kraft, so ist hier P = 8,306 Ztr. und hieraus d = 0,804 oder 9½ duod. Zoll. —

Wäre der Balken statt rund viereckig und verhielte sich in diesem Falle seine Breite zur Höhe wie 5: 7, so ist seine Höhe wenn er frei aufliegt

= 0,9 oder fast 11″,

und seine Breite = 0,64 oder 7½″.

Da das Eichenholz sich bekanntlich gerne einschlägt, und seine Elasticität geringer als die des Nadelholzes ist, so macht man bei gleicher Spannweite und bei gleicher Anzahl Strassenträger die eichenen Strassenträger beinahe, jedoch nicht ganz eben so stark als die von Föhrenholz. —

Digitized by Google

Die Anzahl der Strassenträger hängt natürlich von der Breite der Brücke zwischen ihren Geländern ab; man rechnet gewöhnlich auf 3′ Fuss Breite einen Strassenträger, also auf Brücken von 18′ Breite 6, von 24′ Breite 8 und von 30′ Breite 10 Strassenträger. [27])

Obgleich es bei der strengsten Ökonomie nach den angeführten Erfahrungen und der aufgestellten Berechnung nicht nöthig ist, zur Erhöhung des Trag-Vermögens einer Jochbrücke noch besondere Vorkehrungen zu treffen, wenn dazu vollkommen gesunde und zureichend starke Hölzer verwendet werden, so ist es doch wichtig, die Mittel kennen zu lernen, durch welche die Tragkraft einer solchen Brücke noch erhöhet werden kann: ja die Kenntniss dieser Mittel ist unentbehrlich, wenn dem Baumeister entweder nicht so starke Hölzer oder vielleicht (wie dis in manchen Gegenden der Fall ist) nicht einmal Balken von der Holzgattung, welche oben vorausgesezt wurde, zu Gebot stehen. So kann z. B. das Eichenholz, welches in Norddeutschland und am Rheine vorzugsweise zu Hause ist, und daher fast ausschliesslich, wo keine Steine zu haben sind, zu Brückenbauten verwendet werden muss, wegen seiner geringen Elasticität höchstens nur bei Brücken von 20—24′ Weite, sich frei tragend, angewendet werden.

Die Mittel zur Erhöhung der Tragkraft einer Jochbrücke, im Falle nicht die strengste Ökonomie erforderlich ist, — und gerne wird der Ingenieur von solchen Mitteln Gebrauch machen,

---

Werden also bei 24′ Spannung und bei einer Breite des Brückenweges von 30′ zehn Strassenträger genommen, so sollen diese immer 9″ breit und 12″ hoch seyn. —

[27]) Herr G. O. B. R. Crelle bemerkt an dem angeführten Orte, Seite 66, dass für gewöhnliches Fuhrwerk bei 12′ bis 13′ breiten Brücken, von 18′ bis höchstens 20′ Weite, vier 9″—10″ breite und 12″—15″ hohe kieferne Strassenträger hinlänglich seyen; auch sey es besser eine gerade Zahl von Balken statt einer ungeraden zu nehmen, weil im leztern Falle die Wagenräder nicht gerade auf Balken treffen und den Beleg mehr schonen. Brücken von 24′ — 26′ Weite giebt er 8, von 30′ Weite 10 Strassenträger u. s. w. und fügt noch bei, dass es gut sey, bei Brücken von mehr als 24′ Breite und darüber die beiden mittleren Balken nur einen Fuss auseinander zu legen, und die untern Belag-Bohlen zwischen diesen Balken zusammenstossen zu lassen. Dieses gewähre den Vortheil, bei Reparaturen die Brücke nicht ganz, sondern blos eine Hälfte sperren zu müssen, da man dann die Ausbesserung jeder Hälfte besonders vornehmen kann.

Digitized by Google

um die Tragkraft und Dauer der ohnedis sehr vergänglichen Holzkonstruktionen möglichst zu erhöhen — oder im Falle ihm nicht zureichend starke Hölzer zu Gebot stehen, sind, ausser dem wichtigen Verspannen der Strassenträger an ihren Enden, vorzüglich die Schirrbalken und die Streben zur Unterstüzung dieser ersteren, wenn, um diese anzubringen, hinreichende Höhe vorhanden ist.

Dass das Holz vollkommen gesund, nicht im Safte gefällt und vor seiner Verwendung gehörig ausgetrocknet seyn muss, würde man kaum anzuführen für nöthig erachten, wenn nicht so oft dagegen gefehlt und diese, zur Erhöhung der Tragkraft und Dauer einer hölzernen Brücke so unerlässliche Bedingung so oft vernachlässiget würde.

Die Schirr- oder Unterbalken werden unter die Strassenträger gelegt, erhalten, vorausgesezt dass jene viereckig sind, die Breite der Strassenträger, also gewöhnlich eine Breite von 10″—12″ und eine Höhe von 14″—16″ und unterstüzen, wie Sganzin schon bemerkt, diese frei auf eine Länge von 1 bis 1½ Meter (3,42′ bis 5,13′) [28]). Kann man sie länger machen, so ist es desto besser, allein sie müssen dann durch Streben unterstüzt werden, welche bekanntlich desto mehr tragen und sich desto weniger einbiegen, je kleiner unter übrigens gleichen Umständen der Winkel ist, den sie mit einer Vertikalen einschliessen. —

---

[28]) Herr G. O. B. R. Crelle sagt ferner: „Die Verstärkung, welche Sattelhölzer, die mit den Balken zusammen gebolzt sind, einer Brückenbahn gewähren, besteht darinn, dass das freiliegende eine Ende des Sattelholzes sich nicht senken kann, ohne dass das andere sich hebt, weil sich die kurzen und dicken Sattelhölzer nicht leicht biegen. Die Brückenbahn kann sich also in der Mitte zwischen zwei Jochen nicht anders senken, als wenn sie über die angrenzenden Joch-Öffnungen sich hebt. Die Sattelhölzer machen, dass die Brückenbahn mehr als aus einem Stücke zu betrachten ist, und dis gewährt ihr eine ansehnliche Verstärkung. Da jenseits der Stirnjoche keine Brückenbahn weiter sich befindet, so hört hier die Wirkung der Sattelhölzer auf, und sie nuzen also über den Stirnjochen nichts. Dass man sie dennoch so häufig auch über den Stirnjochen angegeben findet, wo sie in der That nicht die Balken tragen helfen, sondern umgekehrt von den Balken getragen werden müssen, ist ein Beweis zu vielen andern, wie wenig allgemein noch selbst die einfachsten Regeln der Baukunst und die physikalischen Grundsätze, welche sie zu berücksichtigen haben, bekannt seyn müssen.“

Digitized by Google

Der vortheilhafteste Winkel für Stüz-Streben ist 45° und ihre kleinste Länge für den Fall, dass der Schirrbalken mindestens 10′ vor dem Joche oder Pfeiler vorspringt ungefähr 14′ [29]).

Die Streben stüzen sich auf eine Schwelle, welche die Enden der Schirrbalken mit einander verbindet und welche unterhalb derselben mit jedem andern Strassenträger durch dünne Schrauben befestigt ist. —

Sind die Streben länger als 16′, so werden sie gleichfalls untereinander mittels eines horizntalen Querriegels verbunden. — Die Stärke der Streben wird zu 8″ bis 10″ im Gevierten angenommen.

„Übrigens wird es mit wenigen Ausnahmen angemessen seyn, die Brücken-Öffnungen zunächst an den Stirnjochen um die halbe Länge der Sattelhölzer enger zu machen, als die übrigen, weil grosse Öffnungen, des Einganges und der Flösse und Schiffe wegen, in der Regel nur nach der Mitte zu nothwendig sind, weil dort gewöhnlich das Wasser am tiefsten ist.“ — Werden die Schirrbalken oder Sattelhölzer auf Widerlagern oder Landjochen mit Mauer- oder Kronschwellen, welche parallel und in einer Entfernung von drei oder mehr Fuss liegen, durch eiserne Klammern so verbunden, dass sie sich nicht aufbiegen können, so können, wie es bei uns sehr oft geschieht, auch an den Widerlagern Schirrbalken mit Vortheil angebracht werden. — Die Verankerung der Kronschwellen ist, wie oben schon erwähnt, in diesem Falle aber unentbehrlich.

[29]) Wird ein horizontaler Balken, dessen Länge = a ist und an dessen einem Ende — das andere ist fest verspannt — eine Last P vertikal abwärts drückt, durch eine Strebe oder ein Winkelband von der Länge b unterstüzt und bildet die Strebe mit dem Balken einen Winkel α, so ist der von P auf das Ende der Strebe vertikal abwärts wirkende Druck

$$p = \frac{a \cdot P}{b \cdot \text{Cos } \alpha}.$$

Zerlegt man p nach der Richtung der Strebe und des Balkens, so geben die hiedurch erhaltenen Kräfte die Pressungen an, nach welchen Strebe und Balken nach der Richtung ihrer Länge zusammengedrückt werden.

Für die Strebe findet man

$$Q = \frac{a \cdot P}{b \cdot \text{Cos. } \alpha \cdot \text{Sin } \alpha} = \frac{2\,a\,P}{b \cdot \text{Sin } 2\,\alpha}.$$

Für $\alpha = 45°$ wird Q ein Minimum, es folgt also hieraus: dass unter mehreren Streben von gleicher Länge diejenige den kleinsten Druck nach der Richtung ihrer Länge leidet, welche, bei übrigens gleichen Umständen, unter einem Winkel von 45 Grad angebracht ist.

Man nennt deshalb in der Zimmermannskunst diesen Winkel den Ruhewinkel.

Digitized by Google

Die Stärke der Strassenträger hängt bei Brücken jeder Art lediglich von der Weite ab, auf welche sich dieselben frei tragen sollen. — Es erhellet also, dass nur die zwischen den Enden der Schirrbalken (verausgesezt, dass sie als unverrückbar angesehen werden können) enthaltene Länge bei Bestimmung der Tragkraft einer solchen Brücke in Rechnung zu nehmen ist; ferner geht hieraus hervor, wie bei schwächeren Holzarten der Ingenieur sich in Bezug auf die Bestimmung der Abmessungen der Strassenträger zu verhalten habe.

Hohe Streben unter einem kleinen Winkel gegen die Vertikale angebraeht, erfordern immer eine grosse Höhe zwischen dem höchsten Wasserstande und der Brückenbahn, da begreiflich die Anfänge dieser Streben, welche bei Jochen auf Schwellen oder bei Pfeilern auf Quadern ruhen, über den Wasserspiegel der Hochwässer sich befinden müssen. — Mittels Streben können daher bei hohen Ufern mit eichenen Strassenträgern Weiten von 40′—50′ und mit föhrenen Strassenträgern sogar Weiten von 80′—90′ leicht überlegt werden.

Als Beispiel der leztern Art kann die Brücke über die Donau bei Passau angeführt werden, welche aus 86′ langen Strassenträgern besteht, die auf jeder Seite mit 15′ vorspringenden Sprengstreben versehen sind, und wobei also jene nur 56′ frei liegen.

Zwar bestehen diese Strassenträger aus zwei übereinander liegenden, nicht verzahnten Balken, jedoch war dis in dem ursprünglichen Entwurfe des Herrn Oberbaurathes von Riedl nicht enthalten.

Dieser sehr erfahrene Baubeamte, — dem wir diese, wie mehrere andere sehr schäzbare Bemerkungen verdanken, — hat die Überzeugung, dass auch, ohne diese Verdoppelung, die

---

Man vergl. Eytelwein's *Statik* (II. Band, Seite 92.).

Nach Seite 412 desselben Autors ist die Last Q′, welche ein senkrechter Stiel mit Sicherheit tragen kann, wenn die Breite b, die Länge a und die Dicke h in rheinländischen Zollen gegeben sind, für

$$\text{Kiefernholz} = 48520\,\frac{b\,h^3}{a^2} \quad \text{und für}$$

$$\text{Eichenholz} = 61408\,\frac{b\,h^3}{a^2}\,.$$

Hienach ist es leicht, die Last zu berechnen, welche eine Strebe mit Sicherheit zu tragen im Stande ist. —

Digitized by Google

Brücke ihrem Zweck vollkommen entsprechen und ebensolange dauern werde. —

Bei der Verstärkung einer Brücke durch Verdoppelung oder Verzahnung aller oder nur einzelner Strassenträger können wir uns nicht verweilen; die Berechnungen hierüber sind so einfach, dass jeder, welcher mit den Grundlehren der Statik vertraut ist, leicht in vorkommenden Fällen die Abmessungen der Strassenträger wird bestimmen können, wenn er die Tragkraft eines verzahnten Balkens ebenso, wie die eines einfachen von derselben Breite und Höhe berechnet [30]).

Die Strassenträger, im Falle sie, wie gewöhnlich die eichenen, mit Schirrbalken versehen werden und überhaupt alle Hölzer, welche zu Schirrbalken, Streben, Tragschwellen u. s. w. verwendet werden, werden vierkantig behauen. Mehrere erfahrne Techniker sind darin nicht einig, ob es besser sey, die Balken rund zu lassen, oder zu behauen. Durch das leztere wird offenbar die Tragkraft der Strassenträger geschwächt, dagegen haben runde unbeschlagene Hölzer eine viel kürzere Dauer, weil der Splint, vorzüglich beim Nadelholze, viel schneller in Fäulniss übergeht, als der Kern und dadurch auch das Verderben des lezteren beschleunigt. Beim Laubholze ist der Unterschied in dieser Beziehung zwischen Splint und Kern minder gross, desshalb ist es auch beim Eichenholze gleichgültiger, ob es behauen oder rund belassen wird. —

---

[30]) Bei mehreren übereinander liegenden Balken sind in Bezug auf ihre Tragkraft zwei Fälle wohl zu unterscheiden. Liegen die Balken mit ihren Enden frei auf und sind sie nicht verzahnt, so ist das Trag-Vermögen von n gleichen aufeinander liegenden unverzahnten Balken, welche im Falle eine Senkung Statt findet sich übereinander verschieben können, n mal so gross als das eines einzelnen Balkens.

Sind dagegen die über einanderliegenden Balken verzahnt, so dass bei allenfalls Statt findender Biegung kein Verschieben über einander möglich ist, und die n Balken als ein Balken von der Höhe nh angesehen werden können, so verhält sich die Tragkraft des verzahnten Balkens zu der des einfachen wie $n^2 : 1$. — Hieraus geht hervor, wie wichtig es ist, die Balken zu verzahnen. Von Langsdorf und nach ihm Rössling nehmen, der Sicherheit wegen, bei verzahnten Balken das arithmetische Mittel zwischen der Tragkraft der unverzahnten und verzahnten, also statt n^2 setzen sie für leztere $\frac{(n+1)n}{2}$. Versuche hierüber sind uns keine bekannt.

Digitized by Google

Um das Verschieben der Strassenträger auf den Kronschwellen zu verhüten, und sie durch das Verschneiden nicht allzusehr zu schwächen, brachte man auch vor und hinter den Kronschwellen 4 bis 5 Zoll hohe viereckige Klözchen von der Breite der Strassenträger an, welche an diese befestigt werden und hart an der Kronschwelle zu beiden Seiten anstehen.

Einige Überlegung reicht hin zu zeigen, welchen Vortheil diese einfache Vorrichtung hat, wobei die Befestigung der Strassenträger zwischen Kron- und Deckschwelle fast entbehrlich und also die Tragkraft, wie bei verspannten Balken, fast verdoppelt wird. — Kann man die Strassenträger über die Kronschwellen der Joche hinausreichen lassen, legt man sie hart neben die des andern Joches und schraubt man unterhalb derselben, zu beiden Seiten des Joches, eine Schwelle an die Strassenträger an, so können die des einen Joches sich nicht senken oder einbiegen, ohne die des nächsten Joches in die Höhe zu heben; wird nun lezteres möglichst verhindert oder gar unmöglich gemacht, so erhellt, wie sehr auch hiedurch die Tragkraft der Brücke vermehrt werden kann. —

Alle diese verschiedenen, zu Erhöhung des Trag-Vermögens einer Brücke angewandten Mittel sind von grosser Wichtigkeit; wir begnügen uns sie blos angedeutet zu haben. —

Um die Dauer der Strassenträger zu vermehren, überdeckt man sie auch mit einem Brette, um dadurch das Eindringen des Wassers von oben zu vermeiden. Das Belegen der Strassenträger mit dünnen Blei- oder Zink-Platten muss, als zu kostspielig, meistens unterlassen werden.

Dem Brette, welches über dem Strassenträger zu beiden Seiten einige Zoll vorsteht, giebt man eine Wassernasse, damit das Wasser nicht an dem Balken hinablaufe. Das Betheeren der Hölzer, wenn diese vollkommen ausgetrocknet sind, ist von grossem Nuzen, doch muss es öfters und wenigstens alle zwei bis drei Jahre geschehen. —

Die Joche einer Balkenbrücke bestehen aus mehreren, in der Richtung des Stromstriches hintereinander stehenden Pfählen, von denen die mittleren gewöhnlich vertikal, die 2 oder 3 äusseren aber etwas schräg eingerammt werden. Manche Techniker schlagen vor, die Pfähle eines Joches zur Vermehrung seiner Stabilität centrisch einzurammen; dieser Vortheil verschwindet aber gegen die Mehrkosten, die das schiefe Einrammen der

Digitized by Google

Pfähle erheischt. Ein Joch erhält gewöhnlich eben soviele Pfähle als die Brücke Strassenträger hat [31]).

Es ist dis jedoch nicht nöthig: die Anzahl der Pfähle, aus welchen ein Joch besteht, hängt einzig und allein von der Höhe des Joches oder der Lage der Brückenbahn über dem Boden des Flusses, der Reissigkeit desselben und von der Menge und Grösse des Treibeises ab. Auf den grössten und reissendsten Flüssen in Bayern, wie die Donau, die Isar, der Inn u. s. w., werden blos einfache Joche, d. h. Joche aus einer Reihe Pfähle angelegt; wir halten uns daher bei den von Sganzin erwähnten zusammengesezten Jochen, welche aus 2 oder selbst mehreren Reihen Pfählen bestehen, gar nicht auf. Man findet sie übrigens fast in allen Werken über Brückenbau beschrieben [32]).

Die Joche in der Donau erhalten bei Brücken, über welche Hauptstrassen führen und die eine Breite von 30′ und eine Höhe von gleichfalls 30′ haben, gewöhnlich zehn Jochpfähle, wovon die mittleren 6 vertikal und die beiden äussern unter einem Winkel von 60°—70° eingeschlagen werden. Die Pfähle werden je nach der Festigkeit des Bodens und der Höhe des Wasser-

---

[31]) Herr G. O. B. R. Crelle will aus dem Grunde so viele Pfähle haben als Strassenträger vorhanden sind, damit jeder Strassenträger unterstüzt sey und der Holm sich nicht einbiegen könne. Ein Einbiegen ist jedoch bei dem geringern Abstande der Pfähle und der Stärke des Holmes von mindestens 14″, wie man sich leicht durch Rechnung überzeugen kann, nicht wohl möglich.

[32]) Es können Fälle vorkommen, in welchen man genöthigt ist, zusammengesezte Joche zu errichten; z. B. wenn die Tiefe des Flusses sehr gross ist und es an Holz von der gehörigen Länge fehlt; oder wenn bei Sprengwerken oder Bogenbrücken, welche einen starken Seitenschub ausüben, in der Mitte der Brücke eine Fall- oder Aufziehbrücke angebracht werden muss, um Schiffen einen freien Durchgang zu gestatten.

Hauptsache ist bei gekuppelten Jochen, dass die Holme, mit welchen die untern Pfähle miteinander verbunden sind, unter dem niedrigsten Wasser liegen. Die, auf diesen Holmen aufgezapften Pfähle werden von beiden Seiten mit 2 Schwellen ganz umschlossen und leztere durch Schrauben wohl zusammen gezogen. Um die Masse der Joche und ihren Widerstand zu vergrössern, werden sie mit Bohlen verschaalt und mit Kies oder Gerölle angefüllt. Dieselbe Breite, welche die Joche haben, müssen auch die zu ihrem Schuze angelegten Eisbrecher erhalten. Übrigens fragt es sich noch, ob gekuppelte oder zusammengesezte Joche nicht aus der Ursache empfohlen zu werden verdienen, weil nur der obere Theil derselben fault und man bei Erneuerung der Joche nicht mehr nöthig hat, neue Pfähle einzurammen, also an Holz und vielleicht auch an Arbeitslohn erspart wird.

Digitized by Google

spiegels, bei welchem der Eisgang geht, um ⅓ bis ½ ihrer Länge in den festen Boden eingerammt.

Die Stärke dieser Jochpfähle beträgt 18″ oder 1,5′ am obern Ende; am besten nimmt man zu denselben Eichenholz und in Ermangelung desselben Lerchen- oder Föhrenholz. Die Pfähle werden rund belassen und zu beiden Seiten vom niedrigsten Wasser bis einige Fuss über den Wasserspiegel, bei welchem der Eisgang geht, mit sogenannten Streichhölzern, welche 6″ bis 9″ stark sind und an die Pfähle angenagelt werden, verschaalt. Es ist nicht nöthig über oder unter diesen Streichhölzern noch besondere Gurten oder Kreuzstreben anzubringen.

Diese Verschaalung dient nicht blos zur Verstärkung der Joche, sondern bewahrt sie auch vor den Beschädigungen durch Eismassen und andere schwimmende Körper.

Um die Masse und die Widerstand-Fähigkeit der Joche auf Flüssen, welche starkes Eis führen, noch mehr zu vergrössern, füllt man den Raum zwischen den Pfählen und Streichhölzern mit Kies oder kleinen Steinen aus, wobei jedoch die Vorsicht nicht unbeachtet gelassen werden darf, die untersten Streichhölzer so stark zu nehmen, dass sie sich zwischen den Pfählen genau berühren und demnach das Durchfallen des Kieses u. s. w. verhindern. Die Ausfüllungen der Joche mit Steinen und Mörtel haben sich nicht bewährt, indem dadurch die Verfaulung der Joche befördert wurde. [33])

---

[33]) Die Berechnung des Widerstandes, den Joche darbieten, hat keine Schwierigkeit. Die Pfähle einfacher Jochbrücken haben nur einen Vertikaldruck auszuhalten. Das Trag-Vermögen der Pfähle ist bei der Tiefe, bis zu welcher sie eingerammt werden müssen, fast immer viel grösser als die grösste Belastung erfordert. Nach Note 11 lässt sich die Tragkraft eines Pfahls leicht finden.

Haben die Pfähle, wie bei Bogen- oder Sprengwerk-Brücken einen Seitenschub auszuhalten, so hat derselbe das Bestreben, den Pfahl über dem Boden abzubrechen; die Länge des Pfahls über dem Boden, bis zu der Stelle wo der Schub wirkt, ist hiebei besonders zu beachten. Kennt man nun noch die respektive Festigkeit des zu den Pfählen verwendeten Holzes, so unterliegt die Ausmittelung des Widerstandes des Joches gegen einen Seitenschub keiner Schwierigkeit.

Fast ebenso verhält es sich mit dem Widerstande der Joche gegen Eisstösse, wenn anders die Grösse und die Geschwindigkeit der die Joche treffenden Eismassen ungefähr ausgemittelt werden kann.

Digitized by Google

Bei Brücken in weniger reissenden Strömen oder auf Strassen, die nicht mit sehr grossen Lasten befahren werden, können die Joche auch leichter und einfacher erbaut werden. —

Mehrere Brücken über die Donau, z. B. jene bei Vohburg, Kelheim u. s. w. bestehen bloss aus 3 vertikalen und aus 2 schräg eingerammten, im Ganzen also aus 5 Jochpfählen.

Der äusserste Pfahl, sowohl auf als abwärts, stüzt sich blos an die über das eigentliche Joch hervorstehende Kronschwelle an, ragt 2′ über dieselbe hervor und hat also zum Zweck, nicht sowohl die Stabilität des Joches zu vermehren, als die Stösse schwimmender Körper für dasselbe unschädlich zu machen.

Bei leichter erbauten Jochen, die keine heftige Eisstösse auszuhalten haben und nicht sehr hoch sind, lässt man die Verschaalungen der Pfähle öfters hinweg, dagegen bringt man über dem niedrigsten und über dem Mittelwasser, in einem vertikalen Abstande von höchstens 10′— 15′, zu beiden Seiten horizontale Gurten an, welche an die Pfähle angeschraubt und unter sich noch mit, sich durchkreuzenden Strebeu verbunden werden.

Die Joche der Vohburger und ähnlicher Brücken halten aber den Eisstoss nicht aus und werden desshalb jedesmal vor dem Winter abgetragen und nach demselben wieder von neuem hergestellt.

Vor Jochen welche über Winter stehen bleiben, muss man stromaufwärts einen besonderen Eispfahl anbringen, d. i. einen Pfahl, welcher etwas stärker als die übrigen Pfähle und möglichst schräg eingerammt ist. — Derselbe wird auf andere, vertikal oder noch besser senkrecht auf die Richtung des Eispfahls eingeschlagene Pfähle aufgezapft. Mit den übrigen Jochpfählen werden auch die Pfähle des Eisbrechers mit Streich- oder Schaalhölzern gleichzeitig verschaalt und zwar in der Art, dass jedes dieser Streichhölzer auf die ganze Breite des Joches wo möglich aus einem Stück bestehe; müssen sie aber gestossen

---

v. Langsdorf bemerkt in seinem berühmten *Lehrbuche der Hydraulik* (Seite 250):

„Mächtiger und schneller als jede andere Kraft wirken die Eisgänge auf die Brückenpfeiler. Ihre Macht erscheint in einer furchtbaren Grösse, wenn man das Gewicht einer anstossenden ungeheuern Eismasse als das Gewicht einer Wassersäule ansieht, die mit der Geschwindigkeit der Eismasse anstösst. Z. B. u. s. w. — Was den Eisstoss noch gefährlicher macht, ist dass die Eismasse die Pfeiler gewöhnlich nur in wenigen Punkten trifft, so dass also oft ein einziger Stein den ganzen ungeheuern Druck auszuhalten hat.“

Digitized by Google

werden, so dürfen die Stösse nicht auf den Pfahl treffen, welcher von den Pfählen des Joches zunächst an dem Eisbrecher steht.

Der Eisbrecher muss wenigstens 3′ bis 4′ über demjenigen Wasserspiegel hervorragen, bei welchem der Eisgang geht, damit die auf demselben sich aufschiebenden Eismassen nicht bis auf die Brücke kommen und diese beschädigen. Um das leztere zu vermeiden, stellt man auch gerne die Eisbrecher isolirt vor den Jochen auf, oder bringt wenigstens den Eispfahl mit dem Joche nicht in unmittelbare Berührung: man kann allenfalls die Schaalhölzer oder nur einige derselben, welche als Gurten dienen, übergreifen lassen. —

Unter einem je schrägeren Winkel man die Eispfähle einschlägt, desto mehr erfüllen sie ihren Zweck. —

Der Eisbrecher wird auf seiner obern Seite mit einer eisernen, vorne 18‴ und hinten 6‴ dicken Schiene armirt, welche durch mehrere Bänder an die Pfähle befestigt wird. —

Wird eine Jochbrücke mit steinernen Pfeilern und Widerlagern erbaut, so werden die Kronschwellen zu Mauerschwellen, welche in dem Mauerwerke gehörig befestigt werden müssen.

Die Enden der Strassenträger dürfen nicht eingemauert werden, da sie sonst schnell verstocken und in Fäulniss übergehen; ihre Hirn-Enden dürfen nicht einmal, um dieses möglichst zu verhüten, mit dem Mauerwerke in Berührung kommen, wesshalb man zwischen ihnen und den Mauern einigen Raum zum Durchstreichen der Luft lässt, wozu 2″—3″ hinreichend sind. Um das Eindringen der Erdfeuchtigkeit und das Durchfallen der Erde zu verhindern, nagelt man an die Hirn-Enden der Strassenträger, welche nicht hintermauert werden, eichene zwei zölligeBohlen an.

Die Dauer einer gut und mit aller Vorsicht konstruirten Jochbrücke kann, bis sie ganz neu erbaut werden muss, im Durchschnitte zu 20 bis 25 Jahren angenommen werden, jedoch dauern nicht alle ihre Theile gleich lange. So z. B. müssen die Deckhölzer bei frequenten Strassen alle 4 bis 5 Jahre erneuert werden, das obere Belege der Fahrbahn, wenn es aus Eichenholz besteht, alle 3 und das untere alle 6 Jahre. Die Dauer der Jochpfähle, wenn sie von Eichenholz sind, kann zu 25 — 30 und wenn sie von Föhrenholz sind zu 12 — 15 Jahren angenommen werden [34]).

[34]) Bemerkenswerth ist es, wie diese Pfähle in dem Theile ihrer Höhe, wo sie dem Wechsel des Wasserspiegels am stärksten ausgesezt sind. also

Digitized by Google

Die Dauer der Strassenträger ist sehr verschieden; manche müssen schon nach Verlauf von 6 Jahren ausgewechselt werden, andere halten 15—20 Jahre aus. Ihre Bedeckung und Betheerung hat, wie schon bemerkt, auf ihre Dauerhaftigkeit den grössten Einfluss. Man sollte auch nie, wie dis noch an manchen Orten zu geschehen pflegt, den Brückenweg mit einer Kies-Lage oder gar einem Steinpflaster versehen; die Brücken werden dadurch ganz unnöthiger Weise mit einer grossen Last beschwert, welche, wie leicht berechnet werden kann, grösser ist, als die grösste durch ein Menschen-Gedränge Statt findende Belastung. —

Eine Überschüttung mit Kies, oder die Anlage eines Pflasters halten mehr oder weniger die Feuchtigkeit auf, lassen Nässe durch und bewirken dadurch das schnelle Verfaulen der Deckhölzer und Strassenträger [35]).

Die Kosten einer Jochbrücke sind, im Vergleich zu denen anderer Brücken für dieselben Weiten, äusserst gering, da, wenn anders der Holzwerth die Brücke nicht vertheuert, die Kosten für Arbeitslohn, vorzüglich wenn Strassenträger und Jochpfähle nicht vierkantig beschlagen werden, wirklich klein sind [36]). —

---

etwas unter dem Mittelwasser, viel schneller als an allen übrigen Stellen zerfressen und oft so dünne sind, dass es fast unmöglich scheint, wie sie noch die darüber gehenden Lasten zu tragen vermögen. — An der alten Naabbrücke bei Etterzhausen unweit Regensburg, wo jetz eine neue Bogenhängwerk-Brücke mit 3 Öffnungen von 70′ Weite steht, hatten die Jochpfähle kaum eine Stärke von 3″—4″ im Quadrat, und ohne die Verschaalung, die öfters erneuert wurde und beim Abbruch dieser Brücke noch gut war, hätten diese morschen Joche unmöglich bestehen können. —

[35]) Herr von Wiebeking und nach ihm Herr Röder sind nicht dieser Meinung, sondern der gerade entgegengesezten; allein viele Erfahrungen bestättigen unsere im Texte ausgesprochene Ansicht und in Bayern hält man ein Steinpflaster für hölzerne Brücken jetz allgemein für unzweckmässig. —

[36]) Bei keinen Konstructionen ist es wohl wichtiger, die Kosten für Material und Arbeitslohn zu scheiden, als bei hölzernen Brücken; das Missverhältniss, welches zwischen diesen beiden Kosten in verschiedenen Gegenden Statt findet, ist höchst auffallend; in manchen derselben ist der Preis des Holzes sehr hoch, dagegen in anderen wieder sehr niedrig; weise Sparsamkeit ist aber eine der ersten Rücksichten, welche der Ingenieur bei seinen Entwürfen stets im Auge behalten muss, ja nicht selten ist es die allererste und gebietherisch bedingt sie selbst die Art der Konstrucktion: — Daher wird

Digitized by Google

In Bezug auf Noth- oder Interimsbrücken ist nur zu bemerken, dass, wenn sie andere Brücken während einem oder mehreren Jahren ersezen, oder beim Bau bedeutender Brücken als Gerüstbrücken zum Transport grosser Werkstücke, Baustämme u. s. w. dienen sollen, dieselben natürlich nach den nemlichen Grundsäzen wie die Jochbrücken erbaut werden müssen. Die Abmessungen der Hölzer können etwas geringer als die bei Jochbrücken auf Hauptstrassen angenommen werden. —

Bei allenfallsigen Berechnungen der Stärke der Hölzer für Nothbrücken, scheint uns die Anwendung der, in von Langsdorf's Strassen- und Brückenbau (Seite 132) angeführten Werthe für einen bestimmten Zeitraum einzig und allein satthaft zu seyn. Für kleine Rüst- und Nothbrücken von kurzer Dauer legt man die Balken wohl auch auf Böcke, wesshalb diese Brücken Bockbrücken heissen. [37])

---

mancher Bau in der einen Gegend zweckmässig erscheinen, welcher es in einer andern nicht ist. —

In Gegenden, welche Überfluss an Holz haben, wird man es einem Brücken-Baumeister nicht sehr zur Last legen, wenn er die Abmessungen der einzelnen Theile seiner Brücke etwas stärker macht, oder einen Strassenträger oder Jochpfahl mehr anbringt, als es die strengste Ökonomie erfordert; — aber unnöthiger Weise Holz verschwenden, — wie dieses leider auch oft wahrgenommen wird, — ist ein Fehler der sich durch nichts rechtfertigen lässt. —

Bei hölzernen Brücken nicht allein ist es von Wichtigkeit die Kosten für Material und Arbeit zu trennen, bei allen Konstruktionen im Allgemeinen — einzelne Objekte, wo der Werth des Arbeitslohnes zu dem des Materials sehr gross ist, vielleicht ausgenommen — sollte dis geschehen. Nur durch eine solche Ausscheidung kann auf eine klare Weise — wenn wir so sagen dürfen — ökonomisirt werden, indem man untersucht, ob bei dem Materiale, — also in der Anzahl und Stärke der Hölzer, — oder in dem System der gewählten Konstruktions-Art, — also in der Art der Bearbeitung, Verwendung und Verbindung der Holzstücke, — mit einem Worte, bei dem Arbeitslohne erspart werden kann und darf.

Preis-Tabellen, welche Arbeitslöhnungen getrennt von den Material-Preisen enthalten, haben daher unstreitig grossen Nutzen, abgesehen von dem Interesse, welches solche Preiszergliederungen an und für sich schon haben und die auch viel dazu beitragen, die Vortheile einer Konstruktions-Art vor einer andern in ökonomischer Beziehung klarer, als es ohne diese möglich ist, zu zeigen.

[37]) Noch müssen wir einer einfachen Konstruktions-Art hölzerner Brücken erwähnen, welche auf den meisten Strassen in Nieder-Östreich, zum Theil

Digitized by Google

VII. Vorlesung.

(Eingeschaltet.)

Bogenhängwerk-Brücken; ihre Konstruktion; aproximative Bestimmung ihres Tragvermögens. — Bogenbrücken; Konstruktion und Dauer derselben. — Bohlenbrücken. — Häng- und Sprengwerke; gedeckte Brücken. — Schlussbemerkung über hölzerne Brücken von grossen Weiten im Allgemeinen.

Von den Bogenhängwerk-Brücken.

Die Bogenhängwerk-Brücken, eine neuere, in Bayern erfundene und zuerst ausgeführte Konstruktions-Art hölzerner Brücken werden, wie wir schon erwähnt haben, bis zu Weiten von 70′ — 80′ angelegt. Sie bestehen im Wesentlichen aus zwei von einem oder mehreren gebogenen Hölzern zusammengesezten Tragbögen, welche parallel mit der Längenaxe der Brücke zu beiden Seiten derselben aufgestellt, in einen horizontalen, die Sehnen dieses Bogens bildenden Balken, versezt sind

---

auch in Steyermark, Ober-Östreich und Böhmen vorkommt und gewöhnlich für Weiten von 30′ bis 40′ und höchstens für Weiten von 50′ bis 60′ angewendet wird.

Die Fig. 37 und 38, Taf. VI, stellt die vordere Ansicht und den Querschnitt einer solchen hölzernen Strassenbrücke von 40′ Weite dar.

Drei gerade, ihrer ganzen Länge nach übereinander liegende Balken, von denen der mittlere von dem unteren und oberen durch kürzere, am Ende und in der Mitte liegende Balkenstücke getrennt ist, bilden zu beiden Seiten der Fahrbahn hölzerne Wände, welche zusammen erstere tragen und zugleich als Geländer dienen.

Die Enden der Balken sowohl, als die unter jenen liegenden Balkenstücke sind in vertikale Ständer verzapft und werden, ein jedes Stück Holz einzeln, mit diesen Ständern durch eiserne Schienen verbunden. — Ebenso halten

Digitized by Google

Ihre Gestalt wird durch mehrere, zwischen Sehne und Bogen vertikal angebrachten Säulen oder Klötze unveränderlich erhalten. (Man vergl. Taf. XI, Fig. 1 und 2).

Diese beiden Tragbögen oder Bogenträger tragen den zwischen ihnen sich befindlichen Brückenweg; die Strassenträger liegen nemlich auf Querschwellen oder sogenannten Tragschwellen auf, welche mittelst mehreren, durch die Säulen der Bogenträger gehenden und mit Schrauben und breiten Köpfen versehenen Hängeisen von diesen getragen werden. — Der grösste Vortheil dieser neuen Konstruktionsart hölzerner Brücken ist, dass dieselben, wie aus obiger Erklärung hervorgeht, wie die einfachen Jochbrücken, gar keinen Seitenschub ausüben und daher nicht stärkere Pfeiler und Widerlager erfordern als diese.

Die meisten der bis jezt in Bayern ausgeführten Bogenhängwerke — und es wurden seit 12 Jahren mehr als 20 erbaut — haben eine Weite von 70′ und nicht mehr. Diese Weiten sind, wie die Erfahrung gezeigt hat, gross genug, um bei den grössten und reissendsten Flüssen keine Eisstopfungen zu verursachen. — Wir wollen nun eine detailirte Beschreibung einer Bogenhängwerk-Brücke von 70′ Weite aufnehmen und die Abmessungen ihrer Bestandtheile angeben, wonach es dann leicht ist, die Abmessungen für Brücken von geringerer Weite zu bestimmen. Wir sezen wieder voraus, dass die Breite der Brücke zwischen den Geländern, welche hier die Tragbögen bilden, 30′ betrage. Schmäler als 30′, nemlich 20′ für die Fahrbahn und 5′ für die Fusswege, sollte man die Breite einer

---

zwei eiserne Hängschienen die Balken und die dazwischen liegenden Holzstücke in der Mitte fest zusammen, sind durch zwei Schrauben mit einander verbunden und tragen, wie die Figur zeigt, die Tragschwellen, welche von einer Holzwand zur andern quer unter der Fahrbahn durchgehen und die Strassenträger unterstüzen.

Nach Versuchen, welche an dem polytechnischen Institut zu Wien angestellt wurden, soll die Tragkraft einer solchen, aus drei ganzen Balken und zwei Balkenstücken, also aus 5 über einander liegenden Hölzern bestehende Wand fünfmal so gross, als die eines einzelnen ganzen Balkens seyn.

Bei Weiten von 50′ bis 60′ werden ganze Balken mit 3 Reihen Holzstücke und drei Tragschwellen angebracht. —

Mit dieser Art Brücken werden nicht nur gewöhnliche Bäche, sondern auch ganze Flüsse, wie z. B. die Wien in Wien und die Erlaff in Mölk überspannt. —

Digitized by Google

Brücke auf Hauptstrassen nicht machen; in grossen Städten müssen sie begreiflich noch breiter angelegt werden.

Die Tragbalken, welche die Sehnen der Bogenträger bilden, bestehen bei Brücken von 70′ Weite aus zwei verzahnten nicht unter 12″ breiten und 14″ bis 15″ hohen Balken. Ehe man die Zahnschnitte auf diese Balken aufzeichnet, krümmt man sie ein wenig, etwa 4″ bis 5″; ihre Tragkraft wird hiedurch bedeutend vermehrt, indem eine viel grössere Kraft dazu gehört, einen aufwärts gebogenen und mit seinen Enden fest verspannten Bogen um 4″—5″ abwärts zu biegen, wodurch er erst gerade wird, als einen geraden, der durch eine solche Krümmung eine konkave Gestalt annimmt und daher dem Bestreben, bei welchem sein Bruch erfolgt, sich sehr nähert.

Noch besser ist es, die Balken ohne Verzahnung platt übereinander zu legen und mit gusseisernen Schlusskeilen, die nach oben und unten zu schwalbenschweifartig gestaltet sind, miteinander zu verbinden. Diese Schlusskeile werden bei grösseren Konstruktionen 3″ hoch und oben und unten 2″ breit gemacht; nach der Mitte zu verjüngen sie sich um ½ Zoll. —

Fehlt es in einer Gegend an Holz von hinlänglicher Stärke und Länge, so können die Tragbalken sehr wohl zusammengeschiftet werden. Die Bogenträger bestehen gleichfalls bei Brücken von 70′ Weite und darüber aus zwei über einanderliegenden, nicht verzahnten, 10—12 zölligen Balken; man macht sie, wie die Tragbalken, gewöhnlich aus Föhren- oder Fichtenholz; doch kann man sie auch aus Eichenholz anfertigen, da sich 13″ auf 15″ starkes Eichenholz um den 40ten Theil seiner Länge, und Fichten- und Föhrenholz um den 25ten Theil seiner Länge, mit aller Sicherheit, biegen lässt. — Die einzelnen übereinander liegenden Hölzer der Bogenträger werden, vorzüglich wenn man dazu Eichenholz nimmt, welches auf eine Länge von 70′ nicht leicht in der erforderlichen Stärke zu haben ist und auf die entsprechende Höhe auch nicht gebogen werden kann, aus zwei Stücken zusammengesezt. Die Schiftung geschieht von den untern Bogenhölzern gewöhnlich in der Mitte und von den obern im 3ten Theile ihrer Länge, so dass die Stösse gerade auf eine Hängsäule treffen. Mit seinen Enden wird der Bogenträger mittels 4″ tiefen Versazungen in den verzahnten Tragbalken versezt und durch eine Schraube, welche durch ihn, den Tragbalken und

Digitized by Google

das Schirrholz geht, fest verschraubt, so dass jene durchaus nicht aufspringen können. (Man vergleiche die Zeichnung Fig. 2, Taf. XI).

Man muss, um das Aussprungen der Versazungen zu vermeiden, wenigstens 3′ Hirnholz hinter denselben stehen lassen, da man die unangenehme Erfahrung gemacht hat, dass bei 2′ Hirnholz jene wirklich ausgesprungen sind. Ausserdem legt man, um das Eindrücken des Hirnholzes der Versazung zu verhindern, starkes Eisenblech in die Fugen, welches besser als weiches Blei ist, was man auch wohl zu nehmen pflegt. — Der Pfeil oder die grösste Ordinate des Bogens beträgt bei einer Bogenhängwerk-Brücke von 70′ Weite 4,4′, also den 16ten Theil dieser Weite. — Die bei der abgebildeten Brücke angebrachten Schirrbalken und Streben, wodurch die Festigkeit derselben bedeutend vermehrt wird, sollten nirgends fehlen, wenn anders die nöthige Höhe für die leztern über dem höchsten Wasserspiegel vorhanden ist.

Das Biegen der Hölzer zu den Bogenträgern geschieht auf dem Tragbalken über Klözen, welche, in Abständen von ungefähr 5′ aufgestellt, genau die der Bogenrundung entsprechende Höhe haben: man versezt nemlich die zu biegenden Hölzer mit ihrem einen Ende in die, in den Tragbalken bereits eingeschnittenen Versazungen des Bogenträgers, verspannt sie daselbst so fest als möglich, biegt das andere Ende des Balkens mittels starker Hebel oder Winden sehr langsam nieder und hält das bewegliche Ende des Balkens mittels starker, um dasselbe und den Tragbalken geschlungener Ketten fest verspannt, um die einmal gewonnene Biegung, beim Nachlassen des Druckes (wenn der Hebel oder die Winde von neuem angesezt wird) nicht wieder zu verlieren.

Ausführlich wird die Manipulation beim Biegen in des Freiherrn v. Pechmann Jahrbücher der Baukunde, (I. Bd., 1tes Heft, S. 101), beschrieben. —

Man nimmt gerne zu den Hölzern der Tragbögen krumm gewachsenes Holz, da dasselbe nicht nur den Vortheil gewährt, weniger stark gebogen werden zu müssen, sondern auch begreiflich fester ist als Holz, welches gerade gewachsen, stärker gebogen werden muss.

Grünes Holz lässt sich besser biegen als ausgetrocknetes; dessen ungeachtet sollte man der grössern Dauer und Festigkeit wegen zu hölzernen Bögen und andern zusammengesezten Brücken

Digitized by Google

nie anderes, als vollkommen ausgetrocknetes Holz verwenden, welches wenigstens 3 oder noch besser 5 Jahre unter einem Schoppen dem Luftzuge ausgesezt und vor jeder Art nachtheiliger Einwirkung von Nässe und Feuchtigkeit aufs sorgfältigste bewahrt war. — Sobald das grüne Holz austrocknet, schwindet es zusammen; die Fugen in den Versazungen, Schiftungen und übrigen Zusammensezungen öffnen sich und die Verbindung wird lose, was natürlich das Einbiegen und Nachgeben einzelner Theile, sowie die Senkung der ganze Brücke, zur Folge haben muss. —

Man sucht in diesen und ähnlichen Fällen gewöhnlich durch das Anziehen der Schrauben einer ferneren Senkung vorzubeugen; jedoch wird, wie bei den Bogenbrücken gemachte Erfahrungen zeigten, diesem Übel hiedurch nur auf kurze Zeit und unvollkommen gesteuert und es ist daher im Allgemeinen sehr rathsam, bei Holzkonstruktionen die Zusammensezungen und Schiftungen soviel als thunlich zu vermeiden und jene möglichst einfach herzustellen. Die Einfachheit der Konstruktion ist demnach ein grosser Vorzug, welchen die Bogenhängwerke vor den Bogen-, Bohlen- und gewöhnlichen, mehr oder weniger komplicirten Spreng- und Hängwerk-Brücken voraus haben. —

Die fünf Hängeisen der, auf der XI. Tafel, Figur 2 gezeichneten Bogenhängwerk-Brücke von 70′ Weite, sind 1″ bis 1½″ dicke runde Stangen von Schmiedeisen, welche an dem einen Ende mit einem 3″ bis 4″ breiten Kopfe und an dem andern Ende mit einer Schraube versehen sind, so dass sie durch eine wenigstens ¾″ dicke Mutter fest angezogen werden können. —

Zwischen die Schraubenmutter und das Holz werden 4″ bis 5″ breite und 3‴ dicke Eisenplatten gelegt. — Die Bogenträger, Klöze, Tragbalken und Tragschwellen werden, um die Hängeisen durchstecken zu können, durchbohrt. Die mit ihren Enden von den Hängeisen getragenen Tragschwellen, sind von Eichenholz und 10″ bis 12″ im Gevierten stark; auf ihnen ruhen die Strassenträger der Brücke, welche aus Föhrenholz oder Tannenholz bestehen. — Die Konstruktion der Fahrbahn und die der Fusswege ist aus der Zeichnung ersichtlich und so einfach, dass sie keiner ausführlichen Beschreibung bedarf. Über den Strassenträgern liegen eichene 5″— 6″ starke Rippen in Abständen von 3′ bis 4′; sie sind oberhalb gewöhnlich kreisförmig zugehauen, und die 3″ — 4″ hohen Bohlen, am besten von Ei-

Digitized by Google

chenholz, werden auf jenen mittelst hölzerner Nägel befestigt; auf diese wird erst das Pflaster von Holzwürfeln, aber ja nicht eine Beschüttung von Kies oder ein Steinpflaster, gelegt.

Diese Würfel, wieder am besten aus Eichenholz oder überhaupt aus hartem Holze bestehend, 5″ bis 6″ breit und ebenso hoch, werden auf ihre Hirnseite gesezt und ruhen auf einer 1½″ dicken festgestampften Schichte von gutem Lehm, welcher um sein Aufdringen in die Fugen der Würfel zu verhüten, mit einer ½″ starken Lage reinen Sandes überschüttet wird. Diese neue Art Pflaster mit Holzwürfeln, deren erste Anwendung man dem Herrn Baurathe Beischlag in Augsburg verdankt, wird jezt allgemein in Bayern nicht nur bei Brücken, sondern auch in Thorfahrten angewendet. Man sehe hierüber des Freiherrn von Pechmann bereits angeführte Schrift, Seite 103 und 104 [38]).

Die über die Fahrbahn erhabenen Fusswege werden mit eichenen Bohlen einfach überlegt, und man sorgt für den Abfluss des Wassers von der Fahrbahn der Brücke unter jenen in der Art, dass das Wasser hiebei mit Holz nicht unmittelbar in Berührung komme und dieses desshalb entweder mit Eisenblech beschlagen oder noch besser zur Ableitung des Wassers gusseiserne Röhren angebracht werden. —

Die Bogenträger und Tragbalken werden zu beiden Seiten mit 1½ zölligen Brettern verschaalt; bevor aber dieses geschieht, wird die ganze Brücke mehrmal betheert, was, wenn das Holz, wie es seyn soll, vollkommen ausgetrocknet ist, unmittelbar nach der Vollendung der Brücke geschehen kann. — Die Fusswege sollen nicht unmittelbar an die Verschaalung anstossen; man lässt zwischen dieser und jenen einen Raum von ungefähr 1½″ für das von der Wand der Verschaalung abfliessende Regenwasser.

---

[38]) Herr Oberbaurath Fick bemerkt in seinem Strassenbau, Seite 47, dass es gut sey, den Unterbeleg und die Klözchen vor ihrer Zusammensezung tüchtig auf allen Seiten mit Theer zu tränken und leztere nicht allzudicht zusammenzusezen; besonders, wenn die Klözchen aus alten ausgetrockneten Abfällen gemacht sind, weil in nasser Witterung diese aufquellen und die Fahrbahn sich streckenweise 3″ bis 4″ hoch aufhebt. Man soll daher zwischen den Klözchen Fugen von ½ Linie lassen. Auch die Bohlen des Unterbeleges soll man, wegen des Zutrittes der Luft, nicht dicht aneinanderstossen.

Digitized by Google

Noch ist zu bemerken, dass man bei Brücken von 25′ bis 30′ Breite in der Mitte gerne einen verzahnten oder gedoppelten Strassenträger anbringt und diesen wie die beiden Tragbalken und übrigen Strassenträger (deren Anzahl gewöhnlich wie bei einfachen Jochbrücken bestimmt wird) mit Schirrbalken und Streben unterstüzt. Die Strassenträger, welche sich blos auf die Länge der Tragschwellen, also auf 15′ bis höchstens 20′ frei zu tragen haben, dürfen bedeutend schwächer seyn als jene der Jochbrücken: eine Breite von 8″—9″ und eine Höhe von 10″ bis 12″ reicht vollkommen hin. Ausserdem bringt man in den, den Pfeilern und Widerlagern zunächst liegenden Feldern der Tragschwellen 9″—10″ starke Windruthen an, die sich diagonaliter durchkreuzen und zum Zwecke haben, die Seiten-Schwingungen und Ausbiegungen möglichst zu verhindern. Bei Brücken unter 50′ Weite kann man diese Windruthen ganz weglassen.

An Brücken von 60′ Weite und darunter können die verzahnten oder gedoppelten Balken hinwegbleiben, also Tragbalken und Bogenträger aus einem einfachen Stück Holze bestehen; hiebei kann der Tragbalken 12″ bis 14″ und der Bogenträger 10″ bis 12″ stark seyn. — Über die Konstruktion dieser und noch kleinerer Bogenhängwerke mehr anzuführen, halten wir nicht für nöthig; — aber über die Art, wie sich das Trag-Vermögen einer solchen Brücke, wenn auch nur aproximativ überschlagen lässt, wollen wir noch Folgendes beifügen. —

Im Allgemeinen ist es bei jeder Brücke sehr schwer, wo nicht unmöglich, — wenigstens bei dem jezigen Stande der Wissenschaft, — diejenige Kraft nur einigermaassen genau anzugeben, welche erfordert wird, eine solche Brücke zu zerbrechen; es ist aber auch nicht nöthig, die Grösse dieser Kraft für die Praxis, so interessant es übrigens wäre, genau zu kennen, da der Sicherheit wegen immer ein nicht zu bestimmender Überschuss, welchen die geachtetsten Schriftsteller sehr verschieden angeben, hinzugefügt werden muss. — Immerhin lässt sich aber das Trag-Vermögen einer Brücke, wie dis auch bei der Stabilität der Futtermauern und Gewölbe zu geschehen pflegt, in soweit überschlagen, um daraus zu erkennen, ob die Brücke für eine Reihe von Jahren, für welche ihre Dauer mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, hinlängliche Sicherheit gewähre oder nicht.

Digitized by Google

Um nun die Tragkraft einer Bogenhängwerk-Brücke zu überschlagen, wollen wir als Beispiel die oben beschriebene Brücke von 70′ Weite annehmen. Es ist klar, dass die beiden Tragbögen, wie es schon ihre Benennung ausspricht, die ganze Brücke mit der zufällig darauf ruhenden Belastung zu tragen haben; dieselben müssen also eine, dem Gewichte der Brücke und der zufälligen Belastung entsprechende Stärke haben und dürfen durch dieselbe natürlich nicht zerbrochen werden.

Nimmt man nun an, dass ein Bruch dennoch erfolge, so muss mit dem Tragbogen zugleich auch der Tragbalken brechen, welcher mit jenem durch die Hängsäulen unveränderlich verbunden ist. — Die respektive Festigkeit des Tragbalkens ist nun mit Rücksicht auf Sicherheit nach den Eytelwein'schen Erfahrungen $= \frac{N\,bh^2}{32\,l}$ oder, die entsprechenden Werthe substituirt, für bayerisches Maass und Gewicht $= \frac{374\,bh^2}{l}$ = 3339 bayer. Pfd., wenn der verzahnte Balken als frei aufliegend und als ein Stück Holz von der Breite und Höhe der beiden aufeinander liegenden Balken zusammengenommen angesehen wird. Für die respektive Festigkeit des Tragbogens kann die Formel $= \frac{7\,N.\,bh^2}{32\,l}$ so lange angenommen werden, bis Erfahrung und Theorie weiter vorgerückt sind, da nach den Wiebeking'schen Versuchen ein gebogener Balken wenigstens 7mal soviel trägt, als ein gerader von denselben Abmessungen. Werden in die obige Formel die entsprechenden numerischen Werthe, nemlich für b 10″, für h 25″ und für l 700″ substituirt, so erhält man für das Trag-Vermögen des Tragbogens 23375 bayer. Pfund. Die Summe der beiden gefundenen Zahlen giebt das Trag-Vermögen von einem Tragbogen mit seinem Tragbalken an, man hat also hiefür . . . . . 267,14 Ztr.
oder für beide Tragbögen nebst ihren Tragbalken . 534 —.

Das Gewicht der ganzen Brücke beträgt ungefähr 700 Ztr.
und ihre gröste zufällige Belastung bei einem Menschen Gedränge, wie bei der Jochbrück zu
½ Zentner auf den Quadratfuss gerechnet . 1050 —
Zusammen . . . . . 1750 —,
oder auf die Mitte reducirt. . . . . 875 —

Digitized by Google

Folglich übersteigt das Trag-Vermögen der Bogenträger nebst ihren Tragbalken allein, mit Rücksicht auf die bei den Jochbrücken Seite 71 gemachten Bemerkungen, jedoch ohne Rücksicht auf die Verstärkung durch die Schirrbalken und Streben, die zum Zerbrechen erforderliche Kraft fast um das zwanzigfache [39]).

Dieses äusserst günstige Resultat könnte den Vorwurf veranlassen, als habe man bei obiger Brücke, — wenn anders die Voraussezungen welche der Berechnung zu Grunde liegen, statthaft sind, — die Abmessungen zu stark angenommen, also Material verschwendet, da ausser den Schirrbalken und Streben das Trag-Vermögen der Brücke auch dadurch noch sehr verstärkt wird, wenn der Tragbalken selbst — wie dis z. B. bei der neuen Bogenhängwerk-Brücke über die Naab bei dem Dorfe Etterzhausen unweit Regensburg der Fall ist — ebenfalls ein wenig gekrümmt wird und da — im Falle ein Bruch wirklich erfolget — die übrigen Strassenträger und der verzahnte Tragbalken in der Mitte, worauf bei obiger Berechnung gar keine Rücksicht genommen wurde, ebenfalls brechen müssen. — Allein bedenkt man, wie schnell die Festigkeit der Hölzer, welche bei den aufsteigenden Wasserdünsten bald feucht und bald trocken werden, abnimmt und wie sehr also nach einer Reihe von Jahren die Brücken durch die Stösse des sie befahrenden Fuhrwerkes leiden, so können wir wenigstens nicht rathen, die Abmessungen obiger Brücke, welche eine mehr als 12 jährige Erfahrung gut geheissen hat, aus allerdings hier übel verstandener Ökonomie schwächer zu machen [40]).

---

[39]) Bei der von dem berühmten Funk erbauten Bohlenbrücke über die Weser, ist die Tragkraft der Bohlenbögen kaum viermal so gross, als die zum Zerbrechen nöthige Kraft, und diese Brücke hat, unerachtet einer sehr starken Passage während den Kriegsjahren, nun eine Dauer von 32 Jahren erreicht, ohne dass die Bohlenbögen ganz hätten erneuert werden müssen. —

[40]) Es wäre zu wünschen, dass nicht nur mit neuen gesunden, sondern auch mit gebrauchten und selbst schon angegriffenen Hölzern Versuche über das Trag-Vermögen der verschiedenen Holzarten unter mancherlei Umständen angestellt würden. Diese Versuche mit den wenigen, welche man bereits über die Biegung und die Tragkraft des Holzes angestellt hat, verbunden, würden höchst wahrscheinlich nicht wenig dazu beitragen, eine Theorie aufzuhellen, welche noch so sehr in Dunkel gehüllt ist.

Digitized by Google

Die Vortheile, welche die Bogenhängwerk - Brücken darbieten, sind zwar an und für sich schon einleuchtend, allein sie treten noch mehr hervor, wenn man die Nachtheile der übrigen zusammengesezten Konstruktions - Arten erwägt.

Erstere sind folgende: 1) die Verbindung des Bogens mit seiner Sehne durch Ordinaten lässt keine Einbiegung oder Umgestaltung des Bogens zu, wie dis bei den weiter unten vorkommenden Bogen - oder Sprengwerk - Brücken möglich ist;

2) sie üben gar keinen Seitenschub auf Pfeiler und Widerlager aus, wodurch eine bedeutende Ökonomie bei dem Bau der leztern eintritt;

3) sie können bei ihrer geringen Höhe leichter als die Bogen - oder Sprengwerk - Brücken über den höchsten Wasserspiegel gelegt werden, wodurch ihre Festigkeit und Dauerhaftigkeit nicht wenig vermehrt wird, und endlich

4) können einzelne schadhafte Theile, ohne grosse Zurüstungen und ohne die Kommunikation der Brücke zu unterbrechen, leicht ausgebessert und durch neue ersezt werden.

Das Einzige was man vielleicht an dieser Konstruktions-Art aussezen könnte ist, dass die über die Fussbänke 4′ bis 5′ hervorragende Tragbögen unter sich keine unmittelbare Verbindung haben, und daher leicht seitwärts ausgebogen werden können.

Um diese Ausbiegungen möglichst zu vermeiden, hat man vorgeschlagen, die Tragbögen, soweit sie in die Pfeiler (wenn solche vorhanden sind) reichen, an das Mauerwerk derselben anzuschliessen und zu dem Ende dieses bis zur obersten Geländer-Schwelle aufzuführen.

Es scheint, dass dieser Vorschlag nicht ungeeignet ist, obigem Nachtheile einigermaassen vorzubeugen, um so mehr, wenn die auf den Tragbögen aufliegenden und mit denselben verschraubten Geländerschwellen, die über den Pfeilern oder Jochen wenigstens unentbehrlich sind, von starkem Holze und durch Pfosten und selbst Büge mit den Tragbalken fest und unverrückbar verbunden werden.

Aus den vorstehenden Bemerkungen geht von neuem hervor, wieviel dem Ingenieur noch zu thun übrig ist, wenn er hier, wie in so manchen andern Theilen der praktischen Baukunde, nicht ganz ohne Führer seyn soll.

Digitized by Google

Noch besser ist es, wenn man, wie dis an den neuen, in der Gegend von Reichenhall gebauten Bogenhängwerk-Brücken geschieht, innerhalb über jeder Tragschwelle hölzerne Pfosten anbringt, die, so breit als die Stüzsäulen, hart an denselben anstehen, bis auf die Tragschwellen herabreichen, und durch eine, mitten durch sie hindurch gehende, eiserne Stange, welche oberhalb an der Tragschwelle angeschraubt ist, steif erhalten und hiedurch also das Ausbiegen des Tragbogens ein- und auswärts verhindert wird.

Die eiserne Stange, welche hier den Dienst einer Strebe versieht, und von dem Holze blos als Gehäuse, um jene zu schüzen, umgeben wird, ist 1″ dick und endigt sich oberhalb in einer vertikalen Pratze mit 3 Laschen, welche durchlocht sind und mittels drei Schrauben an die Tragbögen angeschraubt werden. — Nach des Freiherrn von Pechmann Versicherung bedürfen die Bogenhängwerke nach der neuen Konstruktion diese Vorsichtsmaassregel nicht, da von allen bis jezt erbauten Brücken dieser Art nicht die geringste Spur von einem Ausbiegen nach der Seite bemerkbar ist. —

Werden die Bogenträger nebst den Tragbalken vor Regen und Nässe auf jede Art möglichst geschüzt, — was bei der, mit aller Vorsicht vorgenommenen Verschaalung zu beiden Seiten und der Bedeckung von oben möglich ist, — so kann die Dauer einer solchen Brücke bis zu 50 bis 60 Jahren angenommen werden. — Ist aber dieses nicht der Fall und dringt durch die Fugen der Bedeckung oder Verschaalung Nässe und Feuchtigkeit ein, so möchte kaum eine Dauer von 18 bis 20 Jahren mit Sicherheit verbürgt werden können. —

Die in Bayern erbauten Bogenhängwerk-Brücken sind, so viel uns bekannt, noch in einem so guten Zustande, dass die gänzliche Umbauung derjenigen, welche mit steinernen Pfeilern und Widerlagern versehen sind, mit grosser Wahrscheinlichkeit, bei den nöthigen Vorsichtsmaassregeln für ihre Unterhaltung, erst nach 50 bis 60 Jahren nöthig werden dürfte. —

Einzelne Strassenträger müssen bei diesen, wie bei den Joch- und übrigen Brücken von Holz gewöhnlich schon nach 6 Jahren ausgewechselt werden; jedoch kann, wie schon oben bemerkt, die Dauer dieser Balken auch sehr vermehrt werden, wenn man sie von oben vor Nässe gehörig schüzt und öfters betheert.

Digitized by Google

Von den Bogenbrücken.

Die Bogenbrücken, welche man jezt ziemlich allgemein die Wiebeking'schen nennt, sind, ihrem Principe nach, zwar keine Erfindung des Herrn Geheimen-Rathes von Wiebeking, jedoch von demselben bis zu so grossen, früher nie gewagten Weiten von 200′ und darüber ausgeführt worden, dass man ihnen wie es scheint vorzüglich desshalb obige Benennung beigelegt hat. Nach von Langsdorf und Roeder war es der deutsche Hydrotekt Fuchs, welcher die Anwendung der gebogenen Balken für grosse Spannweiten lehrte und sie in seinem Handbuche für Hydrotechniker im Jahre 1791 bekannt machte. Nach einer mündlichen Mittheilung des Herrn Oberbaurathes von Pechmann ist aber der Erfinder der Bogenbrücken ein Zimmermeister aus Tyrol, Namens Kink, da dieser vor Fuchs und Wiebeking mehrere grosse Bogenbrücken in Tyrol und später auch einige in Bayern nach seiner Erfindung ausführte.

Herr von Wiebeking baute die erste Bogenbrücke in Bayern im Jahre 1807. —

Die Wiebeking'schen Bogenbrücken bestehen aus zwei oder drei Tragbögen, Bogenrippen oder schlechtweg auch Rippen genannt, welche vertikal und parallel zu einander aufgestellt und durch horizontale Querbalken oder sogenannte Verbindungs- oder Tragschwellen, Kreuzstreben und Windruthen in ihrem vertikalen Stande erhalten werden. Die eigentliche Fahrbahn der Brücke, auf ganz ähnliche Weise wie die der Bogenhängwerk-Brücken konstruirt, wird von den Bogenrippen von unten unterstüzt. Über den Tragbögen liegt nemlich ein sogenannter Schlussbalken, der mit seinen beiden Enden auf den Pfeilern oder Widerlagern aufliegt, durch Säulen oder durch übereinander und auf jenen liegende Balken unterstüzt ist, und über denen andere Querbalken, die Tragschwellen, welche die Strassenträger der Fahrbahn tragen, aufgekämmt und durch Schrauben befestigt sind.

Die Tragbögen oder Bogenrippen sind aus einzelnen, kreisförmig gebogenen Hölzern zusammengesezt, welche Hölzer Herr von Wiebeking Kurven nennt; je nach der Weite der Brücke bilden zwei, drei bis fünf übereinander liegende Kurven

Digitized by Google

eine Bogenrippe. Die Kurven, welche, wenn sie an Ort und Stelle auf einer über dem Flusse befindlichen Rüstung gebogen, blos platt aufeinander liegen und — in diesem Falle — weder verzahnt noch durch Keile mit einander verbunden werden, sind von Tannen-, Föhren- oder Lerchen-, oder noch besser von Eichenholz, und erhalten eine Breite von 8″ — 14″ und eine Höhe von 10″ — 18″. Wird das Biegen der Kurven aber auf einem Werksaz vorgenommen und müssen sie später an den Ort ihrer Bestimmung transportirt werden, so bringt man zwischen den Kurven in Entfernungen von 12′ — 18′ trockene, in Öl gesottene Keile von Eichenholz an, welche 12″ — 18″ lang und 5″ bis 7″ hoch sind, zur Hälfte in die obere und zur Hälfte in die untere Kurve eingreifen und bei 2 oder mehreren Kurven nicht unmittelbar und gerade übereinander, sondern abwechselnd zu liegen kommen; man vergleiche die Fig. 3, Tafel XI, wo m, m, diese Keile darstellen. — Die einzelnen Kurven sind aus 2, 3 oder 5 Stücken zusammengesezt, da man bei grossen Weiten nicht nur nicht leicht Hölzer von hinreichender Länge und Stärke findet, um eine Kurve aus einem Stück Holz bestehen zu lassen, sondern auch nicht im Stande wäre, diese Hölzer so stark, als es die Wiebeking'sche Konstruktions-Art erfordert, zu biegen. — Nadelholz lässt sich, wie schon erwähnt, um $^1/_{25}$ und Eichenholz um $^1/_{40}$ seiner Länge mit aller Sicherheit biegen; durch die Grösse der Biegsamkeit der Hölzer wird also die Grenze des Verhältnisses bestimmt, welches zwischen der Weite und der grössten Ordinate einer Bogenrippe stattfinden kann. Wiebeking bestimmt dieses Verhältniss im Minimum zu 1 : 8 und im Maximum zu 1 : 12; das Verhältniss von 1 : 10 ist dasjenige, welches bei den meisten seiner Bogenbrücken stattfand.

Die Holzstücke zu den beiden äussersten Kurven einer Bogenrippe, wenn diese nemlich aus mehr als 2 Kurven besteht, werden über einander geschiftet; die mittlere oder mittleren aber blos stumpf an einander gestossen. Die Zungen der Schiftungen erhalten eine Länge von 22″ bis 24″ und werden auf die halbe Holzstärke eingeschnitten. Auf die Mitte des Bogens dürfen keine Schiftungen treffen; sie wechseln auch ab, und man vermeidet nicht blos in einer und derselben Rippe, sondern auch in den verschiedenen mit einander parallelen Rippen, dass die Schiftungen in eine und dieselbe vertikale Ebene zu liegen kom-

Digitized by Google

men. Durch eiserne $^3/_4$″ bis $^7/_4$″ starke Stangen, welche an ihrem einen Ende mit einem breiten Kopfe und an dem andern mit einer Schraubenspindel und Mutter versehen sind, werden die Kurven fest zusammengeschraubt. Diese Schrauben gehen, wie schon bemerkt wurde, durch die Trag- oder Verbindungs- und übrigen Schwellen, auf welchen der Schlussbalken aufliegt, sowie durch diesen selbst hindurch. Liegen die Verbindungs-Schwellen, welche am besten aus Eichenholz und mindestens 10′ stark gemacht werden, weiter als 15′ auseinander, so zieht man die Rippen auch zwischen je zwei Tragschwellen noch durch eine besondere Schraube zusammen; weiter als 18′ dürfen die Tragschwellen nicht auseinander gelegt werden. Die Verbindungschwellen werden mittels Schwalbenschwänzen 3″ bis 4″ in die Bogenhölzer eingelassen. Die Bogenrippen ruhen mit ihren Enden in sogenannten Stüzschwellen oder Stüzsäulen mittels Versazung; diese erhalten zu dem Ende 4″ bis 5″ tiefe Kerben, in welchen die Enden der Rippen mit ihren Versazungen eingreifen. —

Es ist wesentlich und zur Stabilität der Brücke unentbehrlich, dass diese Stüzpunkte durchaus unverrückbar sind; ihrer Veränderlichkeit wird der baldige Verfall mehrerer Wiebeking'schen Bogenbrücken zugeschrieben. Stüzschwellen oder Stüzsäulen sollten sich daher immer gegen festes Mauerwerk stüzen und, — da sie aus Holz und zwar aus Eichenholz bestehen müssen, — stets über dem höchsten Wasserspiegel liegen. Herr von Wiebeking legte fast an allen seinen Brücken diese Stüzschwellen selbst mehrere Fuss unter das Hochwasser, was um so auffallender ist, da er sonst so sehr besorgt war, die übrigen Theile seiner Brücken möglichst vor den nachtheiligen Einwirkungen von Nässe und Feuchtigkeit zu bewahren.

Die Figur 3, Tafel XI zeigt die Art, wie die Bogenrippen in den Stüzschwellen versezt und durch die Schrauben a b befestigt sind.

Bei Brücken von 100′ Weite und darunter und 20′ — 24′ Breite reichen zwei aus zwei Kurven bestehende Bogenrippen hin; beträgt aber ihre Breite 30′ — 36′ oder ihre Weite 150′ — 160′, so müssen drei Bogenrippen, welche aus wenigstens 3 übereinander liegenden Kurven von 12″ Breite und 15″ — 16″ Höhe bestehen, angewendet werden.

Digitized by Google

Die Bogenrippen werden ausserdem auf ungefähr ⅓ ihrer Länge an ihrer schwächsten Stelle, welche sich nach Wiebeking im 4ten Theile ihrer Länge vom Widerlager an gerechnet befindet, noch mit einer oder 2 Kurven verstärkt, und es werden diese Kurven mit den übrigen zusammengeschraubt und in die Stüzschwellen versezt. Um die Steifigkeit der Brücke möglichst zu sichern und die Tragbögen in ihrem vertikalen Stande zu erhalten, gegen Seiten-Ausbiegungen und Windstösse zu sichern, und die Schwankungen möglichst zu verhindern, werden zwischen den Verbindungs-Schwellen Windruthen eingezogen, die sich durchkreuzen und an sogenannte, in den Ecken der Tragschwellen befestigte Stüzklöze stemmen In den 2 oder 3 untern Feldern bringt man auch noch Stüzstreben an, welche von den Ecken der untern Verbindungs-Schwellen gegen die Mitte der zunächst höhern sich stüzen, also mit dem Horizont einen Winkel bilden und in dem untersten Felde gegen die Mauerlatten der Widerlager oder Pfeiler, in welche die Stüzschwellen eingelassen sind, anstehen. —

Die Stüzschwellen erhalten die Breite der Bogenrippen und eine Höhe von 15″ bis 16″.

Um die Steifigkeit der Brücke zu erhöhen und sie gegen Seitenausbiegungen zu sichern, liess man die Bogenrippen 6′—12′ in die Widerlager reichen und brachte zwischen jenen vertikale Kreuzstreben an. Die Art, die Bogenrippen mehrere Fuss in die Widerlagkammern, wie Hr. v. Wiebeking sie nannte, reichen zu lassen, hat sich durchaus verderblich erwiesen. Die Kreuzstreben sowohl, sowie die Windruthen und Spannstreben erhalten eine Stärke von 9″—10″ im Gevierten; man bringt auch oft doppelte Windruthen übereinander an, wie dis z. B. an der Augsburger Brücke geschah.

Stüzen sich die Bogenrippen gegen Joche, so bringt man an allenfalls drei Jochpfählen eiserne Tragringe an, von denen jeder aus zwei 3″ hohen und 1″ dicken Ringen besteht, welche mit Vorsprüngen versehen sind, mittels 2 Schrauben zusammen gezogen und 1″ tief in die Pfähle eingelassen werden, so dass diese Rinne den aus 2 Balken bestehenden, die Jochpfähle umschliessenden und gleichfalls mittels Schrauben zusammengezogenen Traggurten als Unterlage dienen.

Die unterste Kurve der Rippen steht unmittelbar auf dieser Traggurte auf; die übrigen Kurven stüzen sich aber gegen die

Digitized by Google

Jochpfähle, oder besser gegen eichene, an denselben befestigten Säulen, in welche die Enden der Kurven mittels Versazungen eingreifen.

An einigen grossen Brücken hat Herr von Wiebeking zur Vermehrung der Stabilität und Festigkeit seiner Bogenbrücken zwei Paar Bogenrippen auf den Seiten und in der Mitte dicht nebeneinander gelegt, wie z. B. an der zu Bamberg, welche eine Weite von 215′ hatte und an deren Stelle jezt eine Kettenbrücke erbaut ist. Ebenso wurden von ihm an einigen Brücken sogenannte Diagonal-Rippen angebracht, die, von den Ecken der Widerlager ausgehend, in der Mitte der Brücke sich durchkreuzen und an den entgegengesezten Ecken der Widerlager anstehen.

Diese Art der Verstärkung wird aber durchaus nicht gebilligt, indem namentlich die Diagonalrippen die Brücken unnöthiger Weise beschweren, den mittleren Tragbogen, in welchen sie versezt sind, schwächen, und bei ihrer gegen die Höhe der Hauptbogenrippen relativ geringeren Höhe die Tragkraft der Brücke nur sehr wenig verstärken.

Um das Sezen der Bogenbrücken, welches bei diesen wie bei allen Brücken im Allgemeinen unvermeidlich ist, möglichst zu verhindern, treibt man in die Fugen der Rippen und ihre Versazungen, Keile von ganz trocknem und in Öl gesottenen Eichenholz oder noch besser Keile von Eisen ein; sie müssen öfters nachgeschlagen werden. Das Sezen der Bogenbrücken beträgt nach von Wiebeking unmittelbar nach der Ausrüstung so vielmal 10 Linien als der Quotient der Höhe des Bogens in seine Weite Einheiten enthält. Auch die Schrauben müssen öfters angezogen werden. Drei Monate nach Vollendung des Baues gehen sie gewöhnlich 12 Linien und in den ersten 18 Monaten bis 3 Zoll, dann aber, wie Herr von Wiebeking versichert, nicht mehr. [41]). —

---

[41]) Über die Senkungen und das Anziehen der Schrauben an den Wiebeking'schen Bogenbrücken und über die Ursachen ihrer Vergänglichkeit wird die Baugeschichte dieser Brücken von Freiherrn von Pechmann, welche im 1ten Hefte des 2ten Bandes seiner Jahrbücher der Baukunde nächstens erscheinen wird, nähern Aufschluss geben. Wir verdanken es der besonderen Güte des Herrn Oberbaurathes, diese Baugeschichte bereits im Manuskripte zu kennen. —

Digitized by Google

Alles Holzwerk der Brücke wird, wenn sie ganz vollendet und vollkommen ausgetrocknet ist, betheert, und erst wenn der lezte Theeranstrich trocken ist, werden die Seitenrippen innerhalb und ausserhalb mit 1 bis 1½ zölligen Brettern verschaalt, die Fugen dieser Bretter mit Latten überdeckt und die Seitenrippen sowohl, als die mittlere Rippe und selbst die Strassenträger, mit Brettern, zu demselben Zweck wie bei den Jochbrücken, überlegt. Das Überdecken der Bogenrippen und Strassenträger mit dünnen Blei - oder Zinckplatten sollte wenigstens bei den Stössen und Schiftungen nicht unterbleiben. Die Verschaalung wird mit guter Ölfarbe 3mal angestrichen.

Steinerne Pfeiler, welche in Bezug auf Festigkeit und Dauer immer den Vorzug vor hölzernen Jochen verdienen, erhalten eine Dicke von 5′ bis 7′. Sechs Fuss dicke Pfeiler haben den stärksten Eisgängen, welche auf dem Inn, der Isar und der Donau stattfanden, Widerstand geleistet. —

Der Kern der Widerlager, wenn diese, wie es bei grossen hölzernen Brücken stets seyn sollte, von Stein erbaut werden, muss bei Brücken von ungefähr 160′ Weite immer 12′ dick seyn: dass die Rippenenden nicht eingemauert werden dürfen, ist bereits oben bemerkt worden; sie sollen sich mit ihrer langen Seite blos an das Mauerwerk anlehnen, so dass die Luft sie von allen Seiten noch bestreichen kann. Der Druck oder horizontale Schub, welchen diese Widerlager auszuhalten haben, lässt sich leicht finden, wenn das ganze Gewicht und die grösste zufällige Belastung der Brücke, sowie die Richtung der Tangente an dem unteren Ende der Bogenrippen ausgemittelt ist. Der Sicherheit wegen wird auf die Entlastung durch die Kreuzstreben keine Rücksicht genommen, —

Um das Trag-Vermögen einer Wiebeking'schen Bogenbrücke zu überschlagen, sucht man das Trag-Vermögen einer jeden einzelnen Bogenrippe, indem man dieselbe als einen geraden Balken von der Breite, Höhe und Länge der Bogenrippe ansieht und das Resultat noch mit sieben multiplicirt: denn nach Wiebeking trägt ein gekrümmter Balken, wie schon oben angeführt wurde, wenigstens 7 bis 10mal soviel als ein gerader, vorausgesezt, dass der gekrümmte Balken mit seinen Enden fest verspannt ist. —

Ist b die Breite, h die Höhe und l die Länge einer Bogenrippe und bezeichnet N den Brechungs-Koefficienten und Q die

Digitized by Google

ganze Belastung mit Einschluss des Gewichts der Brücke, welche als gleichförmig vertheilt angesehen wird, so ist mit Rücksicht auf Sicherheit bei drei Bogenrippen:

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{Q}{2} = \frac{7\,N\,b\,h^3}{32\,l}.$$

Für Eichenholz ist $\frac{N}{32} = 521$ und für Föhrenholz $= 374$, wenn b, h und l in bayer. decimal Zollen und Q in bayer. Pfunden ausgedrückt wird. Nach Röder ist die respektive Festigkeit eines Bogenbalkens

$$= \frac{n.\ E.\ b\,h^2.\ \mathrm{Sin}\ \varphi}{l},$$

in welcher Formel b, h und l die obige Bezeichnung haben, φ den Sehnenwinkel, E den Koefficienten der respektiven Festigkeit nach den Funk'schen Versuchen und n eine Zahl bedeutet, durch die der Koefficient E mit Rücksicht auf die nöthige Sicherheit multiplicirt werden muss. Für Kiefernholz ist E = 17000, für Eichenholz E = 24000 und für Fichten- oder Weiss-Tannenholz E = 16000 preussische Pfunde; und n ist für Rippen aus 2 Kurven = 1,23 und für Rippen aus 3 Kurven = 1,5. — Die obige Formel ist auf die Voraussezung gegründet, dass die Festigkeit eines Bogenbalkens mit der zweier Streben von gleicher Stärke und gleicher Holzart als gleich gross angesehen werden dürfe, wenn die Streben im Scheitel denselben Winkel bilden, wie zwei vom Scheitel des Bogens nach den Enden seiner Sehne gezogene Linien.

Wir überlassen es den Bau-Eleven, die vorstehenden Formeln auf ein Beispiel anzuwenden und die, mit keinen Schwierigkeiten verbundene Rechnung für beide Voraussezungen auszuführen [42]).

Herr von Wiebeking nimmt die Dauer seiner Bogenbrücken, wenn sie von Lerchen- oder Eichenholz sind, zu mehr als 150 und wenn sie von Föhren- oder Fichtenholz erbaut werden, zu mehr als 50 Jahren an. (Man vergleiche dessen Architekture civil, Vol. VII., pag. 119.) Allein wenn auch die Trag-

---

[42]) Ausgeführt findet man die Rechnungen über das Trag-Vermögen von Bogenbrücken z. B. im Brückenbau von Röder II. Bd., Seite 160 und in dem von v. Langsdorf Seite 390 u. f.

Digitized by Google

bögen und Strassenträger noch so sorgfältig gegen die Einwirkungen der Nässe von oben geschützt werden, so können die von unten aufsteigenden Wasserdünste doch nicht von der Brücke abgehalten werden und wir glauben daher, dass, nach allen uns bekannten Erfahrungen, nach 50 bis 60 Jahren eine hölzerne ungedekte Brücke ganz neu erbaut werden müsse. —

Die Vorwürfe, welche man den Wiebeking'schen Bogenbrücken im Allgemeinen und nicht mit Unrecht macht, treffen mehr die Ausführung derselben als das Prinzip ihrer Konstruktion [43]). Werden die Anfänge der Bogen über das höchste Wasser gelegt, wozu allerdings bei grossen Weiten hohe Ufer erforderlich sind; wird die Brücke so einfach wie möglich konstruirt; wird zu derselben vollkommen ausgetrocknetes Holz genommen; werden alle diese Theile auf's sorgfältigste bearbeitet, und miteinander verbunden; sucht man auf jede Weise diese vor den nachtheiligen Einwirkungen der Nässe möglichst zu bewahren; mit einem Worte, wird sowohl bei dem Entwurfe als bei der Ausführung mit Sachkenntniss, Umsicht und Vorsicht verfahren, so können die Wiebeking'schen Bogenbrücken bis zu Weiten von 150′ bis 160′ ohne Nachtheil ausgeführt werden; vorzüglich wenn, wie sich dis von selbst versteht, auch nach ihrer Vollendung stets ein aufmerksames Auge auf sie gerichtet bleibt; die Schrauben und Keile sobald es nöthig ist angezogen und nachgeschlagen werden, und die ganze Brücke, besonders von unten, öfters frisch betheert wird. Bogenbrücken aber bis zu Weiten von 200′ bis 300′, oder wie Herr von Wiebeking behauptet, selbst bis zu Weiten von 600′ ausführen zu wollen, scheint uns wenigstens nach der Wiebeking'schen Konstruktions-Art nicht nur sehr gewagt, sondern sogar unmöglich. Äusserst selten ist man gezwungen, Brücken von mehr als 100′ bis höchstens 150′ Weite aus einem Bogen herstellen zu müssen;

---

[43]) Herr Oberbaurath von Pechmann hält jedoch auch das Princip, nach dem die Wiebeking'schen Bogenbrücken erbaut sind, für fehlerhaft, indem ein Bogen, — welcher weder längs seiner ganzen Ausdehnung von einer ausser ihm liegenden Kraft unverrückbar erhalten wird, noch in sich selbst hinlängliche Festigkeit und Unbiegsamkeit besizt, um jeder Kraft, welche seine Gestalt zu verändern strebt, vollkommen Widerstand leisten zu können, — zwischen seinen festen Endpunkten unendlich viele Krümmungen und Formen annehmen kann. Man vergleiche des Freiherrn von Pechmann Jahrbücher der Baukunde, (I. Band, 1tes Heft, Seite 96 u. f.) —

Digitized by Google

findet aber dieser äusserst seltne Fall dennoch Statt und ist man auf Holz, als das wohlfeilste Material, durchaus beschränkt, so wird man eher zu einem Häng- und Sprengwerk oder zu derjenigen Konstitutions-Art, welche am Ende dieses Kapitels angeführt ist, seine Zuflucht nehmen, als zu einer Wiebeking'schen Bogenbrücke. —

Ausser den angeführten und im vorhergehenden beschriebenen Bogenbrücken, müssen wir noch einer andern Art erwähnen, welche Herr von Wiebeking bei kleineren Weiten angewendet hat und welche im Wesentlichen darin besteht, dass zwei Tragbögen vertikal übereinander und durch vertikale Säulen miteinander zu einem Ganzen verbunden sind. Der obere Bogen reicht bis über die Fahrbahn, bildet das Geländer der Brücke und ruht mit seinen beiden Enden, wie der untere, gleichfalls durch Versazungen in der Stüzschwelle. Die mittels Hängeisen, welche durch die Säulen und die beiden Bögen gehen, an dem untern Bogen befestigten Tragschwellen, dienen, wie bei den Bogenhängwerk-Brücken, den Strassenträgern als Unterlager. Da diese Art von Brücken, welche nur bei Weiten von höchstens 100′ angewendet wird, vor den Bogenhängwerk-Brücken keinen Vorzug hat, sondern denselben in mehrfacher Hinsicht nachsteht, so glauben wir, sie hier bei der Beschränktheit des Raumes ganz übergehen zu dürfen [44]). —

Die französischen Bogenbrücken bestehen, wie der Pont de la Cité in Paris, aus kurzen, krumm zugehauenen Hölzern, welche mittels eisernen Bändern oder Schrauben mit einander verbunden und in centrisch gestellten und verschraubten Zangen oder Hängsäulen eingeschlossen sind. — Bei Brücken von 80′ — 90′ Weite liegen gewöhnlich 3 Kurven übereinander und die Rippen, welche von diesen Kurven gebildet werden, liegen 5′ von Mittel zu Mittel auseinander. Durch das Zuhauen der Kurven geht viel Holz verloren, und da hiedurch vorzüglich ein grosser Theil der Längen-Fasern durchschnitten wird, so haben begreiflich die zugehauenen Kurven weder die Tragkraft

---

[44]) Diesen Brücken, welche Herr v. Wiebeking Bogenhängwerk-Brücken nennt, und von ihm erfunden worden sind, verdankt man unstreitig die Erfindung der Bogenhängwerke. Jene sind aber, wie aus dem vorhergehenden erhellt, wesentlich von diesen verschieden.

Digitized by Google

noch die Dauer der gebogenen. Die Franzosen geben ihren Bogenbrücken gewöhnlich die Weite oder Sehne zum Radius, welches $^1/_{8,3}$ zur Bogenhöhe giebt. Hiedurch gewinnen diese Brücken gegen die Wiebeking'schen wieder sehr an Tragkraft und üben einen geringern Seitenschub gegen Pfeiler und Widerlager aus, welche fast immer von Stein und stärker als nothwendig wäre, erbaut werden. Die einzelnen Kurvenstücke sind 10″ breit und 14,5″ hoch; zwischen zwei, gewöhnlich 6′—8′ auseinanderstehenden Hängsäulen sind sie zweimal verschraubt oder, minder gut, durch eiserne Bänder zusammengezogen. — An mehreren dieser Brücken wurden eiserne Windstreben angebracht [45]).

Von den Bohlenbrücken.

Die de l'Orme'sche Erfindung, Bögen aus kurzen Bohlen zusammen zu sezen, wurde auf Brücken zuerst im Jahre 1800 von Funk bei der Erbauung der Buntenbrücke über die Weser bei Minden angewendet.

Die Fig. 4, Tafel XI stellt die vordere Ansicht von einem der sechs 45′ weiten Bögen und Fig. 5, Taf. XI den Querdurchschnitt der 24′ breiten Brücke vor. — Da die Konstruktion dieser Art Brücken durch die Zeichnung ganz klar ist, so bemerken wir blos, dass die Höhe des Bogens über seiner Sehne 5′ beträgt und dass die aus zwei übereinander liegenden, 8′ bis

[45]) Ausser obigen, aus gebogenen oder krumm zugehauenen Hölzern zusammengesezten Bogenrippen wurden auch solche aus übereinander geleimten Brettern angefertigt und an der Altenmarkter Brücke von Herrn v. Wiebeking zur Ausführung gebracht. — Freiherr v. Pechmann äussert sich über diese Bretterbögen sehr günstig; man vergl. dessen *Jahrbücher der Baukunst* (III. Bd., 1stes Heft, S. 102), und von v. Wiebeking's *theor. prakt. Wasserbaukunde* (III. Bd., S. 380).

In der oben erwähnten Baugeschichte der hölzernen Brücken in Bayern sagt Freiherr v. Pechmann: dass die Verbesserungen, welche diese Bretterbögen noch fähig zu seyn scheinen, vorzüglich in der Wahl oder Entdeckung eines dauerhaften, von dem Wasser unauflösbaren Verbindungs-Mittels statt des hier angewendeten Tischlerleimes bestehen dürfte. Dadurch dürfte es vielleicht möglich seyn, grössere Bögen von ganz unveränderlicher Gestalt zusammenzubringen, ein Zweck, der durch gewöhnliche gekrümmte Hölzer kaum jemals erreicht wird. —

Digitized by Google

9′ langen Bohlen bestehenden Bögen 15″ breit und 18″ hoch und von Eichenholz sind. Die Fugen wurden mit Werg ausgestopft und sammt dem Geländer mehrmals mit Ölfarbe angestrichen. Die Bohlenbögen sind durch die eichenen Klöze i auf den Pfeilern mit einander verspannt. Die 7 eichenen, von den 14 Hängeisen getragenen Tragschwellen e, e sind 15″ breit u. 18″ hoch. Bei Brücken von 24′—30′ Breite sollte man die Tragschwellen nie schwächer machen, oder sie, wie dis bei der Bamberger Kettenbrücke geschah, zu beiden Seiten mit eisernen Schienen versehen.

Die neun Strassenträger haben eine Breite von 8″ und eine Höhe von 9″ und sind blos 3′ bis 4′ länger als die Entfernungen der Tragschwellen von einander betragen, reichen also nicht von einem Pfeiler bis zum andern. Die Anwendung so kurzer Strassenträger gewährt in ökonomischer Beziehung allerdings Vortheile, aber man wird, wo es nur immer möglich ist, dieselben lieber aus einem Stücke nehmen, um die Tragbögen möglichst zu entlasten und die Schwingungen zu verhindern.

Ausführlich findet man die Buntenbrücke, von Funk selbst beschrieben in seiner Abhandlung über die Bohlenbögen zu hölzernen Brücken, die grosse Öffnungen umspannen (in Leipzig bei Cnobloch 1812).

Das Studium dieser Schrift ist um so interessanter, als Funk nicht nur viele Versuche über das Tragvermögen der Bohlen, sondern auch theoretische Entwickelungen mit dem ihm eigenen Scharfsinne angestellt hat, welche bei späteren Theorien über die Tragkraft der Bohlenbögen von den geachtetsten Schriftstellern mehr oder weniger benüzt und jenen zu Grunde gelegt worden sind.

Die Vortheile, welche die Anwendbarkeit der Bohlenbögen zu kleinen wie zu grossen Brücken, besonders wo Eichenholz zu haben ist, gewähren, sind zu einleuchtend, als dass wir für nöthig fänden, uns dabei länger zu verweilen; wir verweisen in dieser Beziehung auf Röder's Brückenbau (II. Band, Seite 170) und auf von Langsdorf's Strassen- und Brückenbau (Seite 452 u. f.) [46])

---

[46]) Man vergleiche auch einen Aufsaz von Zimmermann: *Bemerkungen über das Tragvermögen der Bögen aus eichenen Bohlen und über ihre Anwendung zu Brücken nach Versuchen.* (*Crelle's Journal der Baukunst*

Digitized by Google

Von den Spreng- und Hängwerken.

Jede mit Streben versehene Jochbrücke ist eigentlich schon eine gesprengte Brücke: im Allgemeinen versteht man jedoch unter einem Srengwerk diejenige Verbindung von Hölzern, bei welcher sich zwei Streben gegen die Enden eines, zwischen denselben befindlichen horizontalen Balkens, den Spannriegel, stüzen und eine Last, hier also den Strassenträger, von unten unterstüzen. Die Fig. 6, Taf. XI stellt das Gespärre oder die Rippe eines Sprengwerkes dar. — Der vortheilhafteste Winkel, welchen die Streben AB und DC mit dem Horizonte bilden, ist, wie schon oben bemerkt wurde, 45°. Je grösser dieser Winkel angenommen wird, desto weniger leicht werden die Streben, unter übrigens gleichen Umständen, ausgebogen, desto weniger Last wird aber auch dem Strassenträger durch die Streben abgenommen. Selten werden Streben stärker als 10″ bis 12″ im Gevierten und länger als 12′ bis höchstens 15′ gemacht; längere Streben müssen in ihrer Mitte durch horizontale Zangen oder Hängsäulen an die Strassenträger befestigt und vor dem Ausbiegen gesichert werden. Gewöhnlich wird unter jedem Strassenträger eine Rippe angebracht, dis ist jedoch nicht nöthig; es reicht hin, wenn man die Rippen in Abständen von 5′ bis 6′, also unter jedem 2ten oder 3ten Strassenträger aufstellt. Bei Feldbrücken können die Rippen noch weiter, doch nicht mehr als höchstens 12′ von einander entfernt werden.

Brücken werden gesprengt oder durch Sprengwerke unterstüzt, wenn es an Hölzern von hinlänglicher Stärke und Länge fehlt, um die Öffnung mit einfachen oder verzahnten Strassenträgern zu überspannen und wenn die Fahrbahn hoch genug liegt, um die untern Enden der Streben über das höchste

---

III. Bnd., S. 367). Seite 393 wird unter andern bemerkt, dass die Spannung von 110′ die Grenze zu seyn scheine, bis zu welcher Bögen, die das Gewicht unter sich tragen, aus zwei Bohlen ohne andere Unterstüzung zu bauen sind. — Ferner, dass bei einer Spannung von 120′ die Bohlenbögen schon aus 3 Bohlen von 1′ Dicke zusammengesezt oder die Brücke auf andere Weise etwa durch Drathseile, verstärkt werden müsse. —

Übrigens erfordern Funk's Bohlenbögen, im Vergleich zu den Bogenhängwerken, eine ungeheure Menge von Holz. —

Digitized by Google

Wasser zu legen [47]). Man giebt dem Spannriegel eine Breite von 8″ bis 9″, eine Höhe von 10″ bis 12″ und eine Länge von 20′ bis höchstens 25′.

Gesprengte Brücken können daher höchstens bis zu Weiten von 50′ angelegt werden. Für grössere Weiten müssen die Streben grösser als 15′ und also in ihrer Mitte aufgehängt werden; in diesem Falle ist die Brücke nicht mehr ein reines Sprengwerk, sondern ein Spreng- und Hängwerk. Sobald der Spannriegel länger als 12′ wird, bringt man unter seiner Mitte eine Tragschwelle an, welche mit ihm und den Strassenträgern wenigstens 3mal verschraubt wird. — Diese Tragschwelle kann man auch zwischen Spannriegel und Strassenträger legen und sie zur Hälfte in beide einschneiden; sie erfüllt dann den Zweck eines Schlusskeiles, da man, wie schon oben erwähnt, zwei übereinander liegende Balken lieber durch Schlusskeile verspannt als verzahnt. — Zwischen Strebe und Spannriegel werden auch oft Schwellen angebracht, so dass sich erstere gegen diese Schwellen und nicht unmittelbar gegen den Spannriegel, wobei Hirnholz auf Hirnholz stösst, stützen. Diese Schwellen sind unentbehrlich, sobald nicht unter jeden Strassenträger eine Rippe gelegt wird.

Beträgt die Länge des Stückes der Strassenträger zwischen dem Widerlager und dem Stützpunkt der Strebe mehr als 10′, so sieht man bei manchen Brücken die Strassenträger auf diese Länge nochmals entweder durch Schirrbalken oder durch kurze Streben unterstützt. — Die Enden dieser, wie der grossen Streben, stehen bei steinernen Pfeilern oder Widerlagern stumpf auf, in Quadern eingehauenen Löchern, oder noch besser auf eingemauerten Mauerschwellen auf; im ersten Falle muss immer dafür gesorgt werden, dass die Streben leicht durch Keile angetrieben und wenn sie nachgeben, wieder fest verspannt werden können.

Die Strassenträger bei Sprengwerken erhalten eine Breite von 8″ — 9″ und eine Höhe von 10″ — 12″; man kann sie sogar

---

[47]) Herr Geh. Oberbaurath Crelle bemerkt, dass man mit verzahnten Balken ohne Bedenken bis auf 40 Fuss gehen könne, und, wenn hinreichend lange und starke Hölzer zu haben sind, selbst bis auf 45′ — 48′; und wenn man noch einfache oder doppelte Sattelhölzer unter die verzahnten Balken legt, selbst bis auf 50′ und 54′, u. s. w. Man vergl. dessen *Journal für die Baukunst* (III. Bd., S. 72). —

Digitized by Google

noch schwächer machen, und sie selbst auf den Tragschwellen zusammenstossen, im Falle es an Holz von der nöthigen Länge fehlt, um mit einem Stück die ganze Weite zu überspannen. Die Tragschwellen und Streben werden nicht unter 8″ und nicht über 12″ im Gevierten stark gemacht. Bei Jochen ruhen die Streben auf Gurthölzern, welche die Joch-Pfähle fast ganz einschliessen; mit denselben wenigstens 3 mal verschraubt sind und statt auf eisernen Tragringen auf Klözchen aufliegen, welche an die Pfähle angenagelt sind. Die Gurthölzer werden in die Pfähle ungefähr 2″ tief eingelassen. (Man vergleiche Fig. 12, Taf. XI. — Die Fig. 13 stellt einen viereckigen Tragring vor).

In die Pfähle selbst dürfen die Streben, um sie nicht zu schwächen oder ihr Verfaulen an den Stellen, wo diese aufsizen, zu befördern, nie verzapft werden; will man sie nicht in die Gurthölzer verzapfen und gegen die Pfähle blos stumpf anstehen lassen, so stellt man vor diese, wie bei den Jochen der Wiebeking'schen Brücken, eine Stüzsäule, in welche man jene verzapft oder durch Versazungen verbindet.

Die Berechnung des Trag-Vermögens eines reinen Sprengwerkes gehört zu den einfachsten statischen Rechnungen und man findet dieselbe fast in jedem guten Handbuche der Statik ausgeführt. Nur die Vertheilung der Belastung auf die Stüzpunkte hat einige Schwierigkeit, im Falle die Hölzer als elastisch angenommen werden. — Nimmt man aber an, dass die Stüzpunkte im Verhältniss der zwischen ihnen liegenden Längen der Strassenträger belastet sind, was bei Berechnung des Trag-Vermögens für die grösste, auf der ganzen Brücke gleichförmig vertheilte Belastung statthaft ist, so ist auch die Ausmittelung dieser vertikalen Pressungen äusserst einfach. — Aus denselben lässt sich die Stärke der Strassenträger, Spannriegel und Streben theoretisch ableiten und aus dem Winkel, welchen leztere mit dem Horizont machen, der Seitenschub gegen die Pfeiler und Widerlager, und hieraus die Dicke von diesen bestimmen[48]).

Spannriegel und Strassenträger werden bei dieser Art Berechnung der Sicherheit wegen als ein Stück Holz, welches die Höhe von beiden hat, angesehen; — was, da sie gewöhnlich mit einander verzahnt oder verkeilt werden, um so statthafter

---

[48]) Man vergleiche z. B. *Eytelwein's Statik* (II. Bd., §§. 271 und 372).

Digitized by Google

ist; als bekanntlich die Tragkraft zweier übereinander liegender, verzahnter Balken mehr als noch so gross ist, als die des einfachen Balkens, welcher die Breite und halbe Höhe des verzahnten hat. —

Das einfachste Hängwerk entsteht, wenn sich 2 Streben an das obere Ende einer vertikalen Säule, welche die Hauptsäule heisst, so stützen, dass sie mit dieser Säule in eine Ebene fallen und mit ihren untern Enden in einen horizontalen Balken versezt sind, welcher in der Mitte auf irgend eine Art, z. B. durch eine eiserne Schiene oder eine Schraube, an die Hängsäule befestigt und von dieser getragen wird. — Bei ungedekten Brücken wird ein solches Hängwerk nicht angewandt, da schon bei Weiten von nur 30′ — 40′ die Streben und auch die Hängsäulen zu lang und daher das Gespärre, ohne besondere, hier unstatthafte Vorrichtungen zu schwankend werden würde: — desshalb bringt man über dem Strassenträger, welcher durch ein Hängwerk von oben getragen werden soll, zwei Hängsäulen an, die oberhalb, wie bei den Sprengwerken, durch einen horizontalen Balken, welcher auch hier der Spannriegel heisst, getrennt und gegeneinander verspannt werden. Die Figur 7, Tafel XI stellt das Gespärre eines einfachen Hängwerkes vor. — Streben, Hängsäulen, Spannriegel und Strassenträger erhalten gleiche und zwar dieselbe Breite, wie bei Sprengwerken, gewöhnlich 9″ — 10″. Die Dicke der Hängsäulen, parallel mit der Länge der Strassenträger gemessen, muss aber wegen den Zapfen der Streben etwas stärker und wenigstens 12″ — 14″ breit gemacht werden. Der Winkel, welchen die Streben mit dem Strassenträger bilden, soll mindestens 30° bis 25° betragen. Um eine ganz freie Passage zu haben, wird nur zu beiden Seiten der Brücke oberhalb den äussersten Strassenträgern eine Hängrippe angebracht. —

Die Strassenträger zwischen diesen Hängrippen ruhen auf den beiden Tragschwellen, welche durch Hängeisen oder Schrauben von den Hängsäulen getragen werden; sie müssen stärker seyn, als bei Sprengwerken, und bei Brücken von 20′ Weite mindestens 14″ und bei Brücken von 30′ Weite mindestens 16″ Höhe haben; ihre Breite kann ungefähr $\frac{5}{7}$ der Höhe betragen. Die Hängsäulen dürfen höchstens 6′ bis 7′ hoch gemacht werden; höhere Hängsäulen müssen an ihren Köpfen verspannt werden. Da man nun ferner die Hängsäulen nicht weiter

Digitized by Google

als 12′ bis 16′ auseinander stellt, so geht daraus hervor, dass mit einem einfachen Hängwerk mit zwei Hängsäulen höchstens Weiten von 60′ — 70′ überspannt werden können. Für grössere Weiten bringt man 3 und mehrere Hängsäulen an; man giebt den untern Spannriegeln, eine gegen die Mitte zu etwas gesprengte oder erhöhte Lage, wie Fig. 8, Taf. XI zeigt, und stellt wohl auch die Säulen centrisch, wie Fig 9 zeigt. —

Die Figur 10 stellt ein von Palladio entworfenes Sprengwerk vor; das System der centrisch gestellten Hängsäulen und vorzüglich die doppelte Verstrebung derselben zwischen den beiden Spannriegeln — die sogenannten Andreas Kreuze — wurden häufig, und mit Glück nachgeahmt. — Die Neigung der Fahrbahn, welche die Brücke bei einer Erhöhung des untern mittlern Spannriegels erhält, soll nicht mehr als $\frac{1}{30}$ oder höchstens $\frac{1}{24}$ der Breite betragen. Die Hängeisen erhalten eine Dicke von 1″ — 1,5″. — Um die Steifigkeit einer Hängrippe zu vermehren, sezt man auch wohl die Hängsäulen aus zwei miteinander verschraubten Hölzern zusammen, welche mit ihren untern Enden entweder die Strassenträger oder die Tragschwellen unverschwächt einschliessen; die Fig. 11, Taf. XI zeigt, wie lezteres gewöhnlich geschieht. Die Tragschwellen lässt man gerne einige Fuss vor der Rippe vorstehen, um sie zu verstreben und hiedurch ihr Ausbiegen nach der Seite zu vermeiden. Für denselben Zweck bringt man auch horizontale, über Eck gestellte Streben an.

Werden die Hängsäulen höher als 8′, so muss man ihre Köpfe verspannen, und die Brücken werden dann gewöhnlich mit einem Dache versehen. Die untern Tramen, — so nennt man auch die äussersten Strassenträger auf welchen die Rippen ruhen, — werden bei Weiten von mehr als 70′ bis 80′ verzahnt, dieses geschieht auch mit dem Spannriegel und selbst mit den Hauptstreben bei grossen Brücken. —

Nach Röder werden die Tramen für Brücken von 50′ Weite, 10″ breit und 18″ hoch; für jede 10′ weiter nimmt die Breite um $\frac{1}{4}$″ und die Höhe um 2″ zu; die Hängsäulen erhalten bei 50′ — 60′ weiten Brücken eine Dicke von 14″ und bei 100′ eine Dicke von 16″ u. s. w. —

Zwischen den Verbindungs- oder Tragschwellen bringt man auch, aus dem mehrfach berührten Grunde, Windruthen an; — die Strassenträger werden in Abständen von 4′ von Mittel zu Mittel gelegt und 8″ bis 9″ stark gemacht.

Digitized by Google

Bei einigen Brücken in der Schweiz, nemlich bei der Wettinger und Schaffhauser, wurden sie selbst nach der Richtung der Diagonale gelegt, so dass sie sich durchkreuzen und nebst ihrer eigentlichen Bestimmung noch die der Windruthen erfüllen.

Die Pfeiler und Widerlager bei reinen Hängwerken erhalten dieselbe Stärke wie bei Joch- oder Bogenhängwerk-Brücken. — Die grossen Hängwerkbrücken in der Schweiz, welche alle gedeckt sind, so wie die in Gallizien, von dem berühmten Bau-Direktor Gross, wovon einige eine Weite von 332′ und die bei Wettingen über die Limmat selbst eine Weite von 378′ haben, sind nach dem Urtheile sachkundiger Männer mehr als Muster zum Studium, als zur Nachahmung zu empfehlen. So sinnreich auch diese riesenhaften Holzkonstruktionen sind, so erfordern sie, da sie jederzeit gedeckt werden müssen, eine so beträchtliche Menge Holz von grossen Dimensionen, und ausserdem so viele Handarbeit, dass man nur in sehr holzreichen Gegenden und in den dringendsten Fällen zu ihnen seine Zuflucht nehmen dürfte. Die gedekten Brücken bieten, ausser dem allerdings wichtigen Vortheile einer grössern Dauer, manche Nachtheile dar und gereichen einer Gegend keineswegs zur Zierde. In der Schweiz wurden die meisten hölzernen Brücken, und, wie es scheint aus Gewohnheit öfters selbst an Orten erbaut, wo man bei mässigen Weiten und hohen Ufern mit einer einfachen Joch- oder Sprengwerkbrücke vollkommen ausgereicht haben würde.

Noch müssen wir auf ein neues System hölzerner Brücken für grosse Öffnungen aufmerksam machen, welches von dem französischen Staabs-Officiere Barrés du Mollard [49]) angeblich erfunden, dem Principe nach aber schon bei den englichen

---

[49]) Der Titel dieser Schrift ist: Nouveau système de ponts à grandes portées, ou moyen économique de construire des arches de toutes grandeurs par le Vte de Barrés du Mollard. (Paris chez Bachelier, 1827.) — Im IV. Bande des *Journal du Génie civil* (Paris 1829) wird einer, bei Gournay über die Marne in der Nähe von Paris, nach diesem System von dem Erfinder selbst ausgeführten Brücke erwähnt. Sie besteht aus 3 gleichen Bögen von 25 Meter (85½′) Weite und 1,725m Bogenhöhe; jeder Bogen ist aus 3 Ripden zusammengesezt, welche im Scheitel 1 Meter und an den Pfeilern 2,785m (parallel mit einer Vertikalen gemessen) hoch und 0,25m dick sind. Unter

Digitized by Google

Rüstungen und namentlich bei jenen für die Blackfriars-Brücke zu London von dem englischen Ingenieur Mylne in Anwendung gebracht wurde. — Die mit ihren Enden aufeinander stossenden Holzstücke, wobei gewöhnlich Hirnholz auf Hirnholz zu liegen kommt, berühren sich nicht unmittelbar, sondern sind in starke gusseiserne Kapseln, welcher auch Röder (II. Band, Seite 145), aber nicht auf eine empfehlende Art erwähnt, gefasst.

Dem System von Du-Mollard können wir keinen Beifall zollen; hier ist nicht der Ort, weder unsere Gründe hiefür anzugeben, noch in eine Beschreibung dieses neuen Systems uns einzulassen.

Jedoch, wenn es gelingt, ungedeckte hölzerne Brücken für Weiten von 200′ bis 300′ und darüber zu erbauen, so glauben wir, dass es nur bei einer gemischten Konstruktions-Weise obiger Art am ehesten geschehen wird, wozu die auf der 2ten Tafel des Du-Mollard'schen Werkes dargestellte Brücke oder noch besser die Rüstung der Blackfriars-Brücke als Leitstern dienen könnte. —

Wir sehen nun aus dem Vorhergehenden, dass weder aus Stein noch aus Holz Weiten von mehr als 150′ bis 160′ mit Brücken frei, sicher und kunstgemäss überspannt werden können; da es uns für steinerne Brücken von mehr als 160′ Weite durchaus an Erfahrungen fehlt, hölzerne Brücken aber, welche Räume von 300′ und darüber frei überspannen, nach dem Urtheile sachkundiger Männer nicht als der Nachahmung würdige Muster angesehen werden können.

Ist man daher genöthigt, Flüsse von mehr als 160′ frei mit einem Bogen zu überspannen — und allerdings können Umstände dieses gebieten — so muss man hiezu ein Material wählen, welches Stein und Holz nicht nur an Festigkeit übertrifft, sondern auch alle jene Eigenschaften besizt, welche es zum Bau einer grossen Brücke geschickt machen: dieses Material ist das Eisen. —

---

einer Belastung von 200 Kilogr. auf den □ Meter senkten sich die Bögen in der Mitte nur um 15 Millimeter und erhoben sich, nach Hinwegnahme dieser Belastung, wieder ganz. —

[40]) Die grösste steinerne Brücke in Europa ist die Brücke Vielle-Brioude über den Allier im Jahre 1454 von Grenier und Estone erbaut. Ihre Weite beträgt 167½ Fuss; ihre Sprengung 64½′ und die Höhe des Schlusssteines 4′ — 6″. — (*Theor. prakt. Wasserb. v. Wiebeking*, III. Bd., S. 528).

Digitized by Google

VIII. Vorlesung.

(Eingeschaltet.)

Von den eisernen Brücken; Einleitung. — Verschiedene Arten von eisernen Brücken. — Gesprengte Brücken von Gusseisen. — Beschreibung einer grossen und einer kleinen ausgeführten Brücke von Gusseisen. — Einige Bemerkungen über die Konstruktion dieser Art von Brücken. — Röhrenbrücken. — Beschreibung der Kettenbrücke zu Bamberg; Berechnung ihres Trag-Vermögens. — Einige Bemerkungen über die Bauart anderer Ketten-Brücken. — Drath- und Stahlbrücken; ihre Nachtheile. —

Einleitung.

Die genaueste Kenntniss der Eigenschaften der verschiedenen Arten des Eisens ist bei seiner Anwendung zu Brücken unerlässlich. — Das Gusseisen, obgleich sehr spröde, wurde nichts desto weniger zum Bau der grössten Brücken verwendet. Es übertrifft den härtesten Sandstein in Hinsicht des inneren Zusammenhanges 120mal, hingegen an specifischem Gewichte nur 6mal; demnach kann damit ein Gewölbe hergestellt werden, welches nur den 20ten Theil eines steinernen wiegt und dennoch denselben Druck aushält [51]). Die Vortheile, welche hieraus in Bezug

---

[51]) Man vergleiche des Herrn Oberbaurathes Dr. F. Fick *Strassen- und Brückenbau* (Cassel bei Krieger, 1831, Seite 82 u. f.), welche Schrift über Brücken im Allgemeinen und vorzüglich über Unterhaltung der Strassen viel Treffliches enthält. —

Herr Oberbaurath Crelle (man vergleiche den III. Bd., S. 443 seines *Journales für Baukunst*) ist der Meinung: „dass eiserne Brücken im Allge-

Digitized by Google

auf Ökonomie, insbesondere im Material-Bedarf nicht nur für Gewölbe selbst, als auch für Pfeiler und Widerlager und in den Arbeitslöhnungen für die Zufuhr und Aufstellung geringerer und weniger vereinzelter Massen entstehen, sind einleuchtend. —

Die absolute und respektive Festigkeit des Stabeisens ist nach von Reichenbach ungefähr 3mal so gross als die des Gusseisens; dasselbe ist biegsam und in so hohem Grade elastisch dass es, selbst stark belastet und heftigen Erschütterungen ausgesezt, nicht bricht — wenn die Belastung eine gewisse Grenze nicht übersteigt.

Es ist bemerkenswerth, dass die absolute und respektive Festigkeit des Stabeisens im Allgemeinen 3mal so gross als die des Eichenholzes ist. Die Dauer des Eisens kann als ewig angenommen werden, vorzüglich wenn man es mit einem angemessenen Anstriche, z. B. mit Ölfarbe überzieht, der es vor Oxidirung schüzt. —

Dünne Stangen von Stabeisen tragen mehr als dicke; eine Stange von 0,0315^{m} — 0,0270^{m} im Durchmesser trägt, verlässigen Erfahrungen zufolge, bis sie zerreisst 21 Kilogramme auf einen Quadratmillimeter; eine Stange von 0,0045 Dicke trägt 61 und der feinste ungeglühte Drath trägt 80 Kilogramme auf einen Quadratmillimeter. Die Anwendung dünner Stäbe bietet demnach

---

meinen nicht wohlfeiler, noch weniger aber dauerhafter seyen, als steinerne, da das Eisen mit der Zeit in der Luft allmählig sich auflöse."

Hiemit sind Tredgold und andere englische Ingenieure nicht einverstanden, welche behaupten: Eisen könne durch einen angemessenen Anstrich vor jedem nachtheiligen Einflusse des Wechsels der Witterung vollkommen geschüzt werden.

Jedoch im Meereswasser ist die Zersezung des Gusseisens sehr merklich, da sich die Theile an seiner Oberfläche in eine reissbleiartige Masse auflösen. (Man vergl. Thom. Tredgold: *Über die Stärke des Gusseisens*, Leipzig bei Baumgärtner, 1826). —

Der verstorbene Kreisbaurath, Herr Karl von Wiebeking äussert sich über die Vortheile der eisernen Brücken im Allgemeinen wie folgt: „Die den Einflüssen der Zeit trozende Dauer und der höhere Grad der Tragkraft des Eisens giebt demselben (als Material zu Brücken) vor Holz, die grössere Leichtigkeit, die mittels desselben der Konstruktion gegeben werden kann und die, namentlich in England, ohne Vergleich leichtere und wohlfeilere Aufführung einer, aus Eisen konstruirten, Brücke, aber auch vor Stein den Vorzug." — (Man vgl. v. Wiebeking's *theor. prakt. Wasserbau*, IV. Bd., S. 217). —

Digitized by Google

grosse ökonomische Vortheile dar. — Gewöhnlich wird Stabeisen nur mit dem dritten Theile desjenigen Gewichts belastet, unter welchem es zerreisst. —

Auch Stahl wurde bereits zum Bau einer Brücke gebraucht, [52]) da derselbe durch Durchglühen seine Sprödigkeit fast ganz verliert und noch $2\frac{1}{2}$ mal fester als Stabeisen bleibt. Bekanntlich ist die Festigkeit des gehärteten Stahles im Allgemeinen ungefähr noch so gross, als die des Schmiedeisens. —

Unter den bis jezt ausgeführten Brücken von Eisen unterscheidet man vorzüglich zwei Arten: nemlich solche, welche die Fahrbahn von unten unterstüzen — sie sind gewöhnlich von Gusseisen — und solche welche die Fahrbahn von oben tragen — sie werden fast ausschliesslich aus Stabeisen oder auch aus Drath hergestellt. — Bei den ersten, welche gesprengte eiserne Brücken heissen können, spielt das Stabeisen und bei den leztern, welche Hängbrücken von Eisen genannt werden, das Gusseisen eine untergeordnete Rolle. Von Brücken, welche ganz aus Schmiedeisen erbaut sind, ist, so viel uns bekannt, bis jezt blos eine kleine bei St. Denis wirklich ausgeführt worden [53]). —

Die ersten, meisten und grössten eisernen Brücken jeder Art hat in Europa England aufzuweisen. Im Jahre 1779 wurde bei Coalbrookdale die erste Brücke von Gusseisen erbaut; in anderen Welttheilen, z. B. in Amerika, sollen aber schon früher eiserne Brücken erbaut worden seyn. —

Von den gesprengten eisernen Brücken.

Eine der grösten Brücken dieser Art ist die von dem berühmten englischen Ingenieur Rennie, in den Jahren 1814 bis 1819 über die Themse in London erbaute sogenannte South-

---

[52]) Die Karlsbrücke in Wien ist die erste bis jezt ausgeführte Kettenbrücke mit Tragketten von Stahl. (Man vergleiche die Beschreibung derselben von J. v. Mitis. Wien bei Sollinger, 1829).

[53]) Röder theilt im 2ten Bande seiner *Brückenbaukunde* (Seite 294) eine Beschreibung und Zeichnung dieser Brücke, welche blos für Leinpferde bestimmt ist, mit. — Die weiter unten angegebene Brücke zu Coalbrockdale findet man ebendaselbst (Seite 281 u. f.). —

Digitized by Google

wark-Brücke, welche in jeder Beziehung als Muster für ähnliche Bauten gelten kann. Der königl. bayer. Baurath, Herr K. v. Wiebeking, welcher beim Beginnen des Baues dieser Brücke in London war, giebt davon im 4ten Bande, Seite 231 der theor. prakt. Wasserbaukunde seines Herrn Vaters folgende Beschreibung:

»Die Öffnung des mittleren Bogens dieser Brücke (siehe Taf. XII, Fig. 1.) beträgt 240 englische Fuss, und die Bogenhöhe 24′; die Öffnung der beiden äussern Bögen ist aber 210′, und 21′ ihre Höhe.«

»Die Dicke eines Widerlagers beträgt 46′ und die eines Pfeilers 24′; die Länge desselben ist 74′.«

»Die Konstruktion der Bögen dieser merkwürdigen Brücke von Southwark anbetreffend, so wird das Eisenwerk dazu bei den Herrn Walker in Rotterdam, wo auch schon der Guss der Sunderland-Brücke verfertigt wurde, gegossen. Hier hatte ich Gelegenheit, einen Theil eines Bogens auf dem Gerüst aufgestellt, und die einzelnen Rippentheile selbst giessen zu sehen; jeder Bogen dieser Brücke besteht nun aus 8 Rippen, zu gleichen Abständen von einander entfernt, und jede Rippe ist aus 13 in dem Aufriss (Fig. 1, Taf. XII) mit b angegebenen Gewölbplatten, zusammengesezt; ich nehme diesen Ausdruck an, weil ich keinen bessern kenne. Jede von den Gewölbplatten des mittlern Bogens ist zwanzig Fuss 6″—6‴ lang, 7′—5″ hoch, und 3″—2‴ dick. Diese Platten sind, wie alle übrigen Brückentheile, von gegossenem Eisen; die äussern Hervorragungen oder Umgebungen c c (Fig. 26 und 27) dieser Platten, auf 2″ — 9‴ Breite, sind 4″—9‴ hoch. An den beiden Endseiten jeder Platte ist ein Vorsprung d (Fig. 28) von ebenfalls 4″—9‴ Breite und 4″—3‴ Höhe angegossen; derselbe endet in einem prismatischen Einschnitt e, dessen Tiefe 5‴ beträgt und dieser Vorsprung ist eines der wesentlichsten Theile der Konstruktion. Je zwischen 2 dieser Gewölbplatten a a (Fig. 27), d. i. zwischen 2 Rippen geht ein Verbindungsstück f f (Fig. 2, 26, 27 und 28) rechtwinklicht mit demselben, quer durch die ganze Brückenbreite, und dieses dient wesentlich zur Vereinigung der einzelnen Gewölbplatten a a sowohl, als auch der einzelnen Rippen, die sie bilden, zu einem Ganzen. An die zu diesem Zweck an die Gewölbplatten a a (Fig. 28) gegossenen Vorsprünge d d stossen die Hervorragungen g g g g der Verbindungsstücke f f; durch 2

Digitized by Google

derselben und durch 2 Vorsprünge d d einer Gewölbplatte werden nach der ganzen Höhe der Platten 4 Schrauben i i i i (Fig. 26, 27 und 28) durchgezogen *). — Der zwischen den beiden Hervorragungen g g (Fig. 28) einer Verbindungsplatte f f gelassene, in Fig. 28 schwarz gezeichnete leere Raum e wird, mittelst eines eisernen Keiles, von oben herab, ausgefüllt, dessen eine Kante gerade in den prismatischen Einschnitt e, welchen ich früher erwähnte, passt; des leichter zu bewirkenden Gusses wegen ist jede dieser Querverbindungsstücke f f (Fig. 28) aus 2 Theilen zusammengesezt. Der eine Theil ist 30′—6″ und der andere 17′—3″—6‴ lang.«

»Zur Verminderung der Oscillation werden von jedem Eck der Querverbindung, diagonal nach dem gegenüber stehenden Eck, Windruthen h k (Fig. 2) ausgegossenen Eisen angebracht.«

»An den einzelnen mit Schrauben versehenen Hervorragungen der Gewölbplatten m Fig. 26 werden die die Gewölbschenkel füllenden, und die Platten mit dem Brückenweg in Verbindung sezenden, diagonal sich kreuzenden Streben zu stehen kommen, welche in dem Aufriss der Brücke (Fig. 1) gezeichnet sind.«

»Die oben beschriebenen äussern Hervorragungen c c (Fig. 1 u. 27) der Gewölbplatten sowohl, als der Enden l l der Verbindungsplatten, sind an der äussern Rippe, des gefälligen Aussehens wegen, halbkreisrund, an den innern Rippen sind jene, so wie alle Vorsprünge der leztern vierkantig.« —

Vor und nach dieser majestätischen, kühnen und schönen Brücke, deren imposanter Anblick Staunen und Bewunderung erregt, wurden nicht nur in England, sondern auch in Frankreich und Deutschland ähnliche eiserne Brücken erbaut.

Alle Brücken dieser Art sind entweder Nachahmungen der Holz - oder Stein - Konstruktion oder beides zugleich. Mehrere parallel aufgestellten Bogen - Rippen, wovon jede aus einem oder aus zwei, wohl auch aus drei gusseisernen Bögen übereinander bestehen, werden durch horizontale Quersprossen, Streben und Andreas - Kreuze in ihrem vertikalen Stande erhalten. Das Verhältniss der Weite zur Höhe einer Bogenrippe war bei der Coalbrookdaler - Brücke fast wie 2 zu 1; bei den später erbauten nahm dieses Verhältniss immer mehr ab und bei der Southwark - Brücke betrug die Höhe nur $\frac{1}{10}$ der Weite.

*) „Die Fig. 26 ist ein Querschnitt von einem Theil eines Verbindungs-Stückes.“ —

Digitized by Google

Um die Bogenrippen gegen die Stösse der darüber gehenden Wagen unempfindlicher zu machen, füllte man die Gewölbschenkel, wie z. B. bei der Sunderland- und bei der Staines-Brücke, mit Ringen von Stabeisen aus, deren Durchmesser von den Widerlagern nach der Mitte zu abnehmen [54]). Es ist hier nicht der Ort, mehrere dieser Brücken ausführlich zu beschreiben, was ohne Zeichnungen nicht wohl anginge; übrigens findet man Beschreibungen von solchen Brücken in den mehrmals erwähnten Werken von Wiebeking, Gauthey, Langsdorf, Röder, Batsch, Dupin und in Crelle's Journal der Baukunst (III. Band, 4tes Heft).

Um jedoch auch für kleine Weiten ein Muster einer gusseisernen Brücke zu geben, wählen wir die Neue-Friedrichs-Brücke in Berlin, welche in der Sammlung von Entwürfen, Beschreibungen und Kosten-Berechnungen wichtiger Bauten von Triest, Lieferung I, Berlin 1828, vorkömmt.

»Diese Brücke hat zum Grundbau 6 Mittelpfeiler zwischen den Stirnpfeilern. Die Mittelpfeiler sind unterhalb in den Widerlagern 9′ und über den Widerlagern 6′—10″ dick. Da alte Pfeiler beibehalten worden sind, so sind die Öffnungen verschieden, die kleinste misst 20′—11 ½″, die grösste 29′—7″.«

»In jeder der 7 Öffnungen befinden sich nebeneinander 8 eiserne Bogen (Tafel XII, Fig. 3, 4), welche nach der Mitte hin enger zusammengestellt sind, um der auf der Mitte der Brücke sich bewegenden grössern Last einen stärkern Wider-

---

[54]) Der berühmte englische Civil-Ingenieur Telford bemerkt über diese Tragringe (man vgl. *Wiebeking's theor. prakt. Wasserbau*, IV. Band S. 220 u. f.): »dass die Anbringung der eisernen Tragringe in den Gewölbschenkeln als Tragpunkte des Fahrweges unpassend sey, da dieselben nicht gleichförmig gepresst werden.« — Dieser Einwurf scheint dem verstorbenen Herrn Kreisbaurathe K. v. Wiebeking ungegründet zu seyn, weil, wie er sagt, der Widerstand eines solchen Kreisringes, als ein geschlossenes Gewölbe, viel grösser als einzelner vertikaler Stangen ist, wie sie Telford und Rennie vorschlagen. Wir können v. Wiebeking's Meinung nicht beipflichten: denn, wenn auch nicht in Abrede gestellt werden will, dass ein Ring wie ein Gewölbe widersteht, so drückt doch die Fahrbahn blos vertikal auf den oberen Theil des Ringes, wo dieser, besonders wenn er einen grossen Durchmesser hat, nur schwach gekrümmt ist und daher leicht eingebogen werden kann. Etwas anderes wäre es, wenn der Ring von allen Seiten gleich stark gepresst würde. —

Digitized by Google

stand zu leisten. Die äussern Bogen sind von Mitte zu Mitte 5′, die darauf folgenden 4′— 3″, und die 3 mittleren Bogen 3′— 10″ von einander entfernt.«

»Die Widerlager liegen mit ihren niedrigsten Kanten in einer Ebene und sind abgeschrägt worden. Auf den schrägen Flächen liegen die eisernen Sohlplatten (Fig. 7, 8) als Unterlagen der Bogen. Sie sind mit eisernen Dübeln eingelassen und vergossen, damit sie nicht hinabgleiten können.«

»Die aus zwei Hälften bestehenden Bogen sind in der Mitte durch Schlussbalken (Fig. 3, 4, 5) verbunden, welche wieder nach der Breite der Brücke durch eiserne Verbindungsplatten (Fig. 6) vermittelst zweier Schraubenbolzen zusammengehalten werden.«

»Quer über die Bogen liegen 1′ breite, an jedem Ende mit einem Modillon verzierte eiserne Platten, über welche, zur Verhinderung des Seitenschubes, eiserne Schienen über's Kreuz liegen und durch Schrauben an den Platten befestiget sind.«

»Die äussere Ansicht der Hälfte eines Bogens und dessen Verbindung mit der Sohlplatte und den lothrecht stehenden äusseren Wänden, welche sich an die Widerlagsmauern lehnen und mit denselben verbunden sind, zeigt (Taf. XII, Fig. 4). Die Rippen sind 4″ hoch und 2″ breit.«

»Die Verbindungsplatten, welche die Schlussplatten zweier ganzen Bogen zusammenhalten, sind 1″ dick und passen mit ihren Löchern genau auf die der Schlussbalken.«

»Einen Theil von der untern Ansicht und der Seiten-Ansicht der Deckplatten, welche quer über die Bögen zur Bedeckung gelegt sind, zeigt (Fig. 9, 10).«

»Jede dieser Platten ist, zusammengesezt, 32′ lang, 1′ breit und 1″ dick; an der untern Seite sind Knaggen (in gleichen Entfernungen wie die Bogen, welche sie umfassen) an die Platten mit angegossen. Diese Platten bestehen aus 2 Stücken von 14′ und 18′ Länge, welche abwechselnd über dem 4ten und 5ten Bogen stumpf zusammengestossen sind; zwischen den Knaggen ist ein Rücken an jeder Platte zur Verstärkung derselben angebracht.«

»Die Seiten- und Ober-Ansicht eines Widerlagstückes ist (Fig. 11) dargestellt. Es hat 4 Knaggen, um mittels derselben den Bogen an der hintern Seite, welche in dem Pfeiler stehet, zu umschliessen. Dieses Widerlagstück dient zugleich

Digitized by Google

den Druck des Bogens nach seiner Länge auf eine grössere Grundfläche zu vertheilen.«

»Eine Sohlplatte ist (Fig. 7, 8) von oben und von der Seite dargestellt. Sie besteht aus 3 Stücken, nemlich aus 2 Endstücken und einem Mittelstück, welche durch Schwalbenschwänze miteinander verbunden sind. In selbigen befinden sich für jeden Bogen zwei Löcher, in welche derselbe mit den an den Bogen angegossenen zwei Zapfen eingesezt ist.«

Im Allgemeinen ist bei Brücken von Gusseisen noch zu bemerken, dass wegen der ungleichen Abkühlung beim Gusse, die einzelnen zusammenhängenden Theile einer Gewölbplatte, von welcher Gestalt sie auch seyn mag, gleich stark gemacht werden sollen, indem die schwächern Theile gerne von den stärkern lossspringen. —

Zur Ersparung von Material bringt man in den Gewölbplatten auch viereckige oder runde Öffnungen an, oder lässt, sich durchkreuzende Sprossen stehen. Beispiele dieser Art sind der Pont du Jardin du Roi über die Seine in Paris.

Ausserdem wurden noch gusseiserne Röhren zum Bau von Brücken von Gauthey, Wiebeking und Reichenbach vorgeschlagen; aber, soviel uns bekannt ist, kam bis jezt noch keine eiserne Röhrenbrücke zur Ausführung. Am ausführlichsten und gründlichsten handelt der berühmte Reichenbach in seinem Werke: Theorie der eisernen Röhrenbrücken (München, 1811) von dieser Konstruktions-Art.

Der durch die Erfahrung bestättigte Saz, dass hohle cylindrische gusseiserne Röhren eine grössere Festigkeit haben, als Cylinder von gleicher Masse, und diese bekanntlich eine grössere, als vier- oder vieleckige Prismen von gleichem Querschnitte, hat auf die Idee geführt, Brücken aus Röhren zu bauen [55]).

Die Bogenrippen werden aus einzelnen Röhren auf ähnliche Weise wie bei Brunnen oder bei Wasserleitungen zusammengesezt und die Röhren, nach Wiebeking, entweder in einander geschoben oder, nach Gauthey und Reichenbah, mittels Schrauben zusammengeschraubt. — Durch horizontale Röhren

---

[55]) Die respektive Festigkeit einer Röhre verhält sich zu der eines gleich langen, vollen Cylinders wie 1 : 0,8247. (Man vergl. Eytelwein's *Statik*, II. Bd, S. 322). —

Digitized by Google

werden die einzelnen Rippen und durch centrisch oder radial gestellte Röhren werden die Bogen miteinander verbunden, deren allenfalls zwei oder drei übereinander eine Rippe bilden [56]).

Von den Hängbrücken aus Eisen.

a) Kettenbrücken.

Wichtiger als die vorstehenden Konstruktions-Arten eiserner Brücken sind für uns die Hängbrücken, da mittels derselben Flüsse von 500′ Breite und darüber, in welchen die Gründung von Pfeilern entweder zu kostbar oder sogar unmöglich ist, frei überspannt werden können.

Dem Principe nach sind die Hängbrücken uralt; Brücken von Seilen getragen finden sich schon in Indien und in China. Oft sind die Seile blos an Bäumen befestigt und der Reisende übersezt tiefe Schluchten oder reissende Flüsse in einem, an dem Hauptseile aufgehängten Korbe, indem er sich selbst mittels eines Strickes vorwärts zieht. —

Erst in neuester Zeit wurde das Princip der Hängbrücken vervollkommnet; von Amerika kam es nach Europa. Die erste Hängbrücke von Eisen, welche eine Kettenbrücke war, wurde in England ungefähr um's Jahr 1741 zu Winch über

---

[56]) Die grösste von Herrn von Reichenbach vorgeschlagene Röhrenbrücke hat 306′ Öffnung und 30,44′ Höhe, also beinahe $^1/_{10}$ der Bogenweite. Sie besteht aus 6 parallelen Bogenrippen und jede Rippe aus zwei concentrischen, aus ungefähr 6′ langen Röhren zusammengesezten Bögen. Die Bögen sind mit centrisch gestellten und die Rippen durch horizontale Röhren unter einander verbunden. Die Rippen stehen in einem Abstande von 6′. — Die gusseisernen Röhren haben alle eine Dicke von 1″, die unteren sind im Lichten 15″ und die obern 9″ weit; sie sind mit Anstoss-Scheiben versehen, mittels welchen die Röhren durch schmiedeiserne, $1^1/_4$″ dicke und $2^1/_2$″ lange Schrauben zusammengeschraubt werden. Die Anstoss-Scheiben sind $3^1/_2$″ breit und $1^1/_4$″ dick.

Die im Texte angeführte sehr interessante Schrift von Herrn von Reichenbach verdient von Jedem, dem es um gründliche Belehrung zu thun ist, studirt zu werden. Von Langsdorf, in seiner *Brückenbaukunde*, S. 467, und von Cammerloher, in seinen *Beiträgen zur Brückenbaukunde* (München bei Zängl 1812), haben die von Reichenbach aufgestellte Theorie geprüft und mitunter berichtigt. —

Digitized by Google

den Fluss Tees erbaut; ihre Weite betrug 60′; die Fahrbahn lag auf den Ketten: sie war blos für Fussgänger bestimmt. —

Eine der ersten Kettenbrücken für Fuhrwerk ist die von Telford im Jahre 1818 angefangene Brücke über den Meeresarm Menäi [57]); die Entfernung der Widerlager von einander, zwischen denen die Ketten frei hängen, beträgt 527 englische Fuss. — Die Fahrbahn war mittels vertikaler Stäbe an die Ketten aufgehängt.

Um unsere Idee zu fixiren, wählen wir als Beispiel eine der neuesten Kettenbrücken, nemlich die in Bamberg über die Regnitz im Jahr 182⅝ von dem kön. bayer. Ingenieur, Herrn Schierlinger erbaute Brücke: nicht sowohl aus Vorliebe für diese erste, in Bayern hergestellte Brücke der Art, sondern mehr aus dem Grunde, weil wir die genauesten Aufschlüsse über diesen Bau erhalten und diese an Ort und Stelle selbst berichtigen konnten [58]).

Wir werden demnach eine kurze Beschreibung dieser Brücke geben, ihr Trag-Vermögen berechnen, und über die vorzüglichsten, nach andern Systemen erbauten Kettenbrücken noch einige Bemerkungen beifügen. —

Eine 18′ bis 25′ tiefe, die ganze Breite des Flusses erfüllende Sandlage machte die Gründung eines Pfeilers und hiemit, da die Breite der Regnitz an der Baustelle über 200′ beträgt, die Erbauung einer Brücke aus Stein oder Holz mit zwei oder drei Öffnungen unmöglich. —

Ein Blick auf die Fig. 12, Taf. XII, welche die Hälfte der Bamberger Kettenbrücke im Aufriss darstellt, reicht hin, um sich eine klare Idee von dem System dieser sinnreichen Brücken-Konstruktion zu verschaffen.

---

[57]) Nach Dupin war der Kapitain Samuel Brown der erste, welcher in England eine Kettenbrücke für Fuhrwerk baute. Es war dis die Brücke über den Fluss Tweed bei Kelso, welche er, mit dem besten Erfolg, in weniger als einem Jahre (vom August 1819 bis July 1820) ausführte.

[58]) Ausser einer ganz kurzen, bei Eröffnung der Brücke erschienenen Beschreibung (Bamberg, bei Drausnick 1830) und einer kleinen Notiz darüber in der neuen Mechanik von Gerstner, ist von dieser Brücke nichts im Drucke erschienen. — Es wäre sehr zu wünschen, dass Herr Ingenieur Schierlinger seinen Entwurf, nebst der Baugeschichte und den interessanten, während des Baues gemachten Erfahrungen veröffentlichen möchte, wodurch er sich gewiss den Dank aller Techniker erwerben würde. —

Digitized by Google

Die Fahrbahn der Brücke ist zu beiden Seiten mittels vertikaler Hängschienen ab, ab, an die zwei, in derselben Ebene vertikal übereinander, in einem Abstande von 2′ freischwebenden Tragketten aa, aa, aufgehängt. — Diese Tragketten gehen über die Pylonen bei c und sind mit ihrem untern Ende unverrückbar in Mauerwerk unter der Erde befestigt. Zur Unterscheidung hat man den jenseits der Pylonen liegenden und in die Erde hinabreichenden Theil cd der Kette die Spannkette genannt.

Jede der vier Tragketten besteht aus vier nebeneinander liegenden parallelen Ketten; die einzelnen Glieder dieser Ketten — Fig. 14, Taf. XII stellt die vordere Ansicht einer Kettenschiene dar — sind 3¾″ hoch und ¾″ breit; ihre Längen sind verschieden: die kurzen Glieder, an den Enden zunächst der Pylonen, haben nämlich eine Länge von 4′—3″, die langen, ebendaselbst, eine Länge von 9′ — 3″, und die dazwischen liegenden, unter sich alle gleichen Kettenschienen, eine Länge von 8′— 6″ — 6‴ von Mitte zu Mitte der durchgebohrten Löcher gerechnet [59]).

Die Glieder einer Kette sind unter einander durch Verbindungs-Glieder verbunden, welche gleichfalls ¾″ breit, 9½″ in der Mitte hoch und 1′ — 6″ von Mitte zu Mitte des Loches, im Ganzen aber 2′ — 4″ lang sind. — Die Verbindungsblätter zunächst der Pylonen, durch welche keine Hängschienen gehen, sowie die der Spannketten, haben statt 18″ nur 12″ Länge. Die Fig. 15 stellt ein längeres und Fig. 16 ein kürzeres Verbindungsblatt dar. —

Die längern Verbindungsblätter sind in der Mitte noch einmal durchbohrt, um den 20″ dicken Bolzen für die Verbindungsblätter der Hängschienen aufzunehmen.

Zwischen den fünf Verbindungsblättern, welche zwei zunächstliegende Kettenglieder mit einander vereinigen, hängen an dem mittleren Bolzen vier Verbindungsblätter für die Hängschienen vertikal herab. Die Fig. 17 zeigt die vordere Ansicht eines solchen Verbindungsblattes. — Der untere Bolzen von 2″ Dicke trägt drei vertikale Hängschienen, und diese tragen auf einem gemeinschaftlichen gusseisernen Sattel, dem sogenannten Trag-

---

[59]) Zoll und Linien sind in bayerischem Duodecimal-Maass angegeben. —

Die Maaße für die Hängeschienen sind fast alle unrichtig

Digitized by Google

sattel die horizontalen Tragschienen, auf welchen die eichenen Tragbalken der Fahrbahn aufliegen. Die Fig. 19 und Fig. 20 zeigen die oben beschriebene Art der Verbindung.

Fig. 21 a, b, c, stellt die Verbindungsbolzen der Ketten- und Hängschienen, Fig. 18 einen Tragsattel und Fig. 22 die vordere Ansicht einer vertikalen Hängschiene dar.

Die Hängschienen sind 2″ breit und ½″ dick; die längsten, zunächst der Pylonen haben eine Länge von 18′ — 8″, und die kürzesten in der Mitte eine Länge von 6′. Die beiden horizontalen, zwischen den drei Hängschienen auf den Tragsätteln aufliegenden Tragschienen sind 4″ hoch und 1″ breit. —

Die Länge der einzelnen Hängschienen bestimmte Herr Schierlinger durch Konstruktion, indem er eine Uhrkette mit kleinen Gliedern, nach einem Maassstabe vom 50sten Theil der natürlichen Grösse, an zwei in gehöriger Entfernung befestigten Stiften aufhieng, hienach die Kettenlinie zeichnete, und diese in gleiche Theile und zwar so eintheilte, dass die Abstände der Hängschienen ungefähr 5′ betrugen. Eine unter dieser Kettenlinie in gehöriger Entfernung und Lage gezogene Gerade gab die Abstände von jedem Punkte dieser Geraden zu jener mit hinlänglicher Genauigkeit an. — Telford bestimmte auf ähnliche Weise bei der Menäi-Brücke die Länge der Hängschienen, indem er ein Modell im vierten Theile der natürlichen Grösse von dieser Brücke anfertigen liess. —

Die horizontalen Entfernungen der Hängschienen, sowie die der eichenen Tragbalken beträgt von Mitte zu Mitte ungefähr 5′. Es ist begreiflich, dass, da die Glieder der Trag-Ketten unter sich, mit Ausnahme jener zunächst der Pylonen, alle gleich sind, die Entfernungen der Hängschienen es nicht seyn können. Diese nehmen ab, je mehr sie sich den Pylonen nähern.

Die Trag- und Spannketten sind durch kurze Kettenglieder mit einander verbunden, welche auf gusseisernen, in das Mauerwerk der Pylonen eingreifenden Sätteln aufliegen.

Die Fig. 19 zeigt die Art der Verbindung zwischen Trag- und Spannkette. — Die Länge des Sattels, dem Bogen auf welchem die Ketten aufliegen nach gemessen, ist 5′—10″ und seine Breite im Lichten 7″— 9.‴ —

Die Spannketten, von denen jede, wie die Tragketten, aus vier parallelen Kettenschienen bestehet, haben stärkere Glieder als diese; ihre Dicke beträgt nemlich 1″ ihre Breite 4″ und die

Digitized by Google

der Wurzelglieder 5″. — Leztere sind 2′—6″ lang, die zunächst der Pylonen 8′ und die übrigen 10′. — Durch die unteren Löcher der Wurzelglieder — Fig. 23 giebt die vordere Ansicht eines solchen Gliedes — gehen die 4′ langen und 4½″ starken eisernen Bolzen, welche sich gegen die 4″ dicken gusseisernen Platten von 5′ im Quadrat stüzen. Diese Platten liegen senkrecht auf der Richtung der Spannketten und sind fest eingemauert. —

Zwischen den Stüzplatten und Pylonen ist, wie in Fig. 2, Taf. XII zu ersehen ist, ein Gewölbe aus Werkstücken aufgeführt, dessen Breite und Höhe 6′ beträgt. Durch dieses Gewölbe, sowie durch die Stüzplatten, gehen die Ketten hindurch. —

Die Pylonen, von dem Herrn Geheimenrathe L. v. Klenze entworfen, sind an ihrer quadratischen Grundfläche 10′—6″ und unter dem Gesimse 8′ breit. Die Fig. 24, Taf. XII zeigt die Hälfte der vorderen Ansicht und Fig. 25 den vierten Theil des Grundrisses einer Pylone im vergrösserten Maassstabe. — Die lichte Entfernung der Pylonen, nach der Breite der Brücke, beträgt 20′, und nach der Länge der Brücke 216′, welches zugleich die frei schwebende Länge der Fahrbahn ist. — Die Öffnungen nach dem Flusse zu, durch welche die Ketten gehen, liegen 2′—2½″ höher, als die gegen die Stadt zu.

Die von fichtenen sechszölligen Riegeln gebildete Fahrbahn hat eine Breite von 20′, sie ruht auf fünf Strassenträgern von Föhrenholz, die 10″ breit und 12″ hoch sind. — Die Fusswege liegen 6″ über der Fahrbahn, bestehen aus eichenen 3zölligen Bohlen und haben eine Breite von 5′, so dass die ganze Breite der Brücke zwischen den Köpfen der durch die Tragketten gehenden Bolzen 30′ beträgt. — Die beiden über einander und an den Hängschienen anliegenden Strassenträger sind 21″ hoch. — Alle sieben Strassenträger sind 2″ tief in die Tragschwellen eingelassen.

Die eichenen Tragschwellen selbst — 41 an der Zahl — haben eine Breite von 10″, eine Höhe von 15″, und eine Länge von 33′. Zu beiden Seiten sind sie auf eine Länge von 18′ mit 4‴ hohen, ½″ dicken und um 4″ aufwärts gebogenen eisernen Schienen versehen. Unerachtet dieser Armirung haben sich die Tragschwellen ein wenig eingebogen; ein Beweis, dass es gut gewesen wäre, wenn man die eisernen Schienen noch einige Fuss länger gemacht und sie unter die Fusswege hätte reichen lassen.

Digitized by Google

Über den horizontalen Tragschienen liegt ein starkes Eisenblech, um das Einschneiden der Tragschwellen zu verhindern.

Die Strassenträger — oberhalb sattelförmig zugehauen — haben eine Länge von 50′ bis 55′; sie sind über einander geplattet und durch Keile verspannt. Die Fahrbahn selbst hatte ursprünglich gegen die Mitte eine Neigung von 18″; nach der Ausrüstung senkte sich dieselbe um 10″ und jezt beträgt die Neigung nur noch ungefähr 3 Zoll. —

Die grösste Ordinate der Tragketten betrug 14′—10″. Das Brückengeländer wird, mit Ausnahme der zunächst an die Pylonen stossenden Theile, aus horizontalen ½″ breiten und 2″ hohen eisernen Stäben gebildet. Die Stäbe haben eine Länge von ungefähr 10′ und sind an ihren Enden mittels 5‴ starken Bolzen an die Hängschienen befestiget. Ähnliche Bolzen gehen durch die längeren Hängschienen, an welchen sich keine Geländerbolzen befinden, um das Zusammenschlagen derselben zu verhindern und ihre Steifigkeit zu vermehren. — Aus derselben Ursache sind auch zwischen den Verbindungsblättern der Tragketten und Hängschienen, Scheiben von Blei angebracht, die eine Dicke von ¼″ und 3½″ im Durchmesser haben. —

Die Enden der Geländerstangen berühren nicht unmittelbar die Pylonen, sondern bewegen sich in Charnieren, um die nachtheiligen Wirkungen der Schwankungen unschädlich zu machen[60]).

Der Wasserabfluss findet an jeder dritten Hängschiene durch vertikale, unter den Fusswegen angebrachte und mit Blech ausgefütterte Öffnungen Statt.

Alles Eisenwerk der Brücke, besteht mit Ausnahme der Sättel und Stüzplatten, welche gegossen sind, aus Schmiedeisen und ist mit schwarzer Ölfarbe angestrichen; alles Holzwerk sollte erst im nächsten Jahre nach der Erbauung der Brücke betheeret werden; die vorstehenden Köpfe der Tragschwellen sind es bereits. Die Ausrüstung der Kette geschah auf einem einfachen Bockgerüste von 6′ Breite; jede Kette wurde

---

[60]) Die kreuzförmig übereinander liegenden Stäbe der Geländer zunächst der Pylonen, welche eine Stärke von ⅝″ im Gevierten haben, haben durch die Schwankungen an allen Pylonen sehr Noth gelitten. Es möchte vielleicht besser gewesen seyn, wenn man die horizontalen, das Geländer zwischen den Hängschienen bildenden Stäbe bis an die Pylonen fortgeführt und, wie die oberste, sich daselbst gleichfalls in Charnieren hätte bewegen lassen.

Digitized by Google

besonders zusammengefügt und ein und dasselbe Gerüst zu den vier Ketten verwendet [61]). —

Die Schwankungen dieser Brücke sind zwar nicht unmerklich, jedoch höchst unbedeutend; die stärksten, bei einem Leichen-Kondukte beobachteten, wobei die Brücke gedrängt voll Menschen war und Militär im Schritte über jene ging, betrugen in horizontaler Richtung nur ungefähr einen Fuss. Der Einfluss der Temperatur ist unbedeutend und verdient keine Berücksichtigung; für diejenigen, welche denselben berechnen wollen, bemerken wir, dass für 80 Grad Reaumur die Ausdehnung durch die Wärme nach Lavoisieur und Laplace 0,001235 der Länge beträgt. — Der grösste Unterschied in der Temperatur kann bei uns zu höchstens 40° Reaumur angenommen werden. —

Schon der Anblick dieser schönen, zur allgemeinen Zufriedenheit ausgeführten Brücke erweckt und befestigt das Vertrauen zu einem Bausystem, welches mit Recht immer mehr Nachahmung findet.

Dieses Vertrauen wird noch durch die Massen der Ketten und Pylonen erhöhet, welche in der Wirklichkeit sich bei weitem kräftiger ausnehmen, als man, nach einer Zeichnung im Kleinen, vielleicht glauben möchte. —

Um das Trag-Vermögen der Bamberger-Kettenbrücke zu berechnen, ist vor allem zu bemerken, dass alle Kettenglieder mit einer Last von 300 Zentner auf den Quadrat Zoll geprüft und während dieser Prüfung mit einem 8 Pfund schwerem Hammer auf ihre breite Seite und nach ihrer ganzen Länge angeschlagen wurden [62]).

---

[61]) Nach der Ausrüstung der ersten Kette senkte sich diese um 3′ und einige Zoll tiefer als es seyn sollte; aus Versehen war ein 18 zölliges Verbindungsblatt statt einem 12 zölligen genommen worden. Nachdem dieses Versehen gut gemacht war, betrug die Senkung nur noch 6″ mehr, was durch theilweise Verkürzung oder auch Verlängerung einzelner Glieder berichtigt wurde. Die beim Aufhängen der ersten Kette gemachten Erfahrungen waren hinreichend, um alle übrigen Ketten danach zu berichtigen, welche, der Versicherung des Herrn Ingenieur Schierlinger gemäss, sogleich recht hingen.—

[62]) Eine eiserne Stange, welche man bei den Versuchen zerreissen wollte, zerriss, ohne Schlag, noch nicht bei einer Belastung von 700 Zentner. Jedoch zersprangen während den Proben, wobei, wie erwähnt, die Schienen mit einem 8pfündigen Hammer angeschlagen wurden, unter 155 Stücken 16, und einige

Digitized by Google

Die beständige Last der Brücke bestehet:

1) aus dem Gewichte der Tragketten, Häng- und Tragschienen, Verbindungsblättern, Sätteln und Geländerstangen, zusammen zu . . . . . 750 Ztnr.

2) aus dem Gewichte der Brückenbahn, den Kubikfuss Eichenholz zu 40 ℔, den C′ Föhrenholz zu 30 ℔, und den C′ Fichtenholz, im trocknen Zustande, zu 26 ℔ angeschlagen, zusammen zu . . . 1956 —

daher die stetige Last der Brücke . . . 2796 Ztnr.

Die grösste zufällige Belastung findet bei einem Menschen-Gedränge Statt; rechnet man wieder einen halben Zentner auf einen Quadratfuss, so erhält man für 216 . 30 oder 6480 □′ . . . 3240 Ztnr

demnach gesammte grösste Belastung der Brücke . 5946 Ztnr.

Wird eine gleichförmig schwere Kette mit ihren Enden frei aufgehängt, so bildet sie, wie bekannt, eine Kettenlinie; wird dagegen ein gewichtloser biegsamer, mit seinen Enden gleichfalls befestigter und frei schwebender Faden so belastet, dass jeder gleich grosse Theil seiner horizontalen Projektion gleich viel zu tragen hat, so hat der Faden die Gestalt einer Parabel. Dupin d. ä. hat diese wichtige Wahrheit zuerst bekannt gemacht; Navier gründet darauf seine berühmte Theorie der Kettenbrücken. Mittels dieses Sazes ist es möglich, die statische Theorie der Kettenbrücken auf die einfachste Weise, und ohne höhern Kalkul vorzutragen [62]).

---

sogar ohne Schlag: — ein Beweis wie nothwendig es ist, alles Eisen vor seiner Anwendung zu prüfen. —

Diese wie mehrere andere, auf die Bamberger-Brücke Bezug habenden Bemerkungen verdanken wir der Güte des Herrn Ingenieur Schierlinger, welcher mit zuvorkommender Bereitwilligkeit uns jeden erbetenen Aufschluss ertheilte. —

[62]) Um zu beweisen, dass ein gewichtloser, biegsamer, mit seinen Enden in gleicher Höhe aufgehängter Faden, welcher auf jede Längeneinheit seiner horizontalen Projektion gleichförmig belastet ist, eine Parabel bildet, denke man sich den Faden umgekehrt und in seiner höchsten Stelle befestigt. n 0 sey der in n befestigte gewichtlose Faden (m. vergl. Fig. 29, Taf. VI); die gleichförmig schwere horizontale Linie m n stelle die auf den Faden wirkende Last dar und es sey n a = a b = b c = c d u. s. w. = e. —

Das Gewicht von a n denke man sich auf a reducirt; es sey = q, so ist dessen Moment = e q und dis ist die Kraft, mit welcher der Punkt f der Linie

Digitized by Google

Wir behalten die Navier'sche Bezeichnungs-Art bei, da diese in mehrere neuere Werke übergetragen ist. —

Die halbe Sehne oder Weite der Brücke zwischen den Aufhäng-Punkten sey AE = h (m. vergl. Taf. VI, Fig. 30), die dazu gehörige grösste Senkung oder der Pfeil sey EC = f; so ist bekanntlich bei der Parabel die Abscisse gleich der halben Subtangente oder hier EC = CD, oder $f = \frac{ED}{2}$; — wenn AD die zu A gehörige Tangente ist. —

Sezt man den Winkel, welchen die Tangente in A mit dem Horizonte macht, oder DAE = α, so hat man bekanntlich

$$\text{tang } \alpha = \frac{2f}{h}.$$

Bei der Bamberger-Brücke ist h = 110′ — 5″ und f = 14′ — 10″; demnach α = 15° — 2′ — 20″. —

Nun sind nach bekannten Lehren der Statik, wie leicht zu zeigen, (m. vergl. Eytelw. Statik, II. Bd., §. 307) die nach den Tangenten in den Punkten A und B wirkenden Kräfte mit dem ganzen Gewichte der Kette ACB unter denselben Bedingungen im Gleichgewichte, als wenn diese Kräfte unmittelbar in dem Durchschnittspunkte D der rückwärts verlängerten Tangenten vereinigt, und nach denselben Richtungen wirksam wären. — Nennt man nun die Spannungs-Kräfte in A und B, welche, weil die Aufhängpunkte gleich hoch liegen, auch gleich seyn müssen = T, und die der Einheit der Bahnlänge von einem Fuss entsprechende Last im Ganzen = p, so ist das ganze Gewicht der Brücke mit der zufälligen Belastung 2hp = 5946 Zentner,

---

no um eine gewisse Grösse af herabgedrückt wird. — Denkt man sich das Gewicht von nb gleichfalls auf b, das Ende dieser Linie, reducirt, so ist das reducirte Gewicht = 2q, und der Hebelarm an welchem es wirkt = 2e, also dessen Moment = 4eq. Die Kraft, welche der Punkt g der Linie no abwärts drückt, ist demnach viermal so gross, als diejenige, welche auf f wirkt; der Abstand bg muss folglich auch viermal so gross seyn, als af. — Auf dieselbe Weise lässt sich zeigen, dass eh neunmal, und di sechszehnmal so gross ist, als af; dass also die Ordinaten af, bg, eh, di u. s. w. sich wie die Quadrate der dazu gehörigen Abscissen na, nb, ne, nd u. s. w. verhalten, oder dass — was zu erweisen war — die Linie no eine Parabel ist. Navier führt den Beweis in seinem *Memoire sur les ponts suspendus* mittels Differential-Rechnung; Vorstehendes mag als ein Versuch gelten, ihn ohne dieselbe zu geben. —

Digitized by Google

und hieraus p = 26,92 Ztr. Das Gewicht nach den Richtungen der Tangenten zerlegt, giebt

(I) $$T = \frac{2hp.\ Sin\ (90-\alpha)}{Sin\ 2\ (90-\alpha)} = \frac{hp}{Sin\ \alpha} = 11455 \text{ Ztnr.}$$

Zerlegt man ferner T nach horizontaler und vertikaler Richtung, und bezeichnet die erstere nach AE wirkende Kraft mit Q, so erhält man hiefür

$$Q = T.\ Cos\ \alpha = \frac{hp.\ Cos\ \alpha}{Sin\ \alpha} = \frac{hp}{tang\ \alpha} \text{ oder}$$

(II) $$Q = \frac{h^2\ p}{2f} = 11063 \text{ Ztnr.}$$

und eben so gross ist auch die Spannung der Kette, nach horizontaler Richtung im Scheitel oder in irgend einem beliebigen andern Punkte derselben, wie sich sehr leicht zeigen lässt. —

Für die vertikal abwärts wirkende Kraft, welche wir mit P bezeichnen, erhält man

$$P = T\ .\ Sin\ \alpha = 2972{,}4 \text{ Ztnr. oder}$$

(III) $$P = hp = 2973 \text{ Zentner.}$$

Wir wollen nun nach den aufgestellten Principien das Trag-Vermögen oder die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Haupttheile der Bamberger-Brücke untersuchen und prüfen.

Die grösste Spannung der Tragketten findet begreiflich an den Aufhängpunkten Statt, und die kleinste Spannung in dem tiefsten Punkte oder in der Mitte der Tragkette. Je mehr man sich von der Mitte aus erhebt, desto länger wird die Kette und desto grösser ist auch das Gewicht, das die Aufhängpunkte — vorausgesezt dass diese auch immer höher angenommen werden — zu tragen haben. [64])

---

[64]) Um das Nachdenken der Eleven zu wecken, hat Sganzin in seinen Vorlesungen manche Aufgabe nur angedeutet; auch wir trachteten, bei den eingeschalteten Kapiteln, ihm auch in dieser Beziehung nachzuahmen; da aber diese Vorlesungen sowie sie jezt erscheinen, mehr zum Privatstudium als zu öffentlichen Vorlesungen bestimmt sind, weshalb wir die Noten und Erklärungen, die wir bei einem allenfalsigen mündlichen Vortrage beigefügt hätten, zum Theil, hier zugesezt haben, — so mussten, der Consequenz wegen, die eingeschalteten Kapitel nothwendiger Weise auch Zusäze erhalten. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, bedarf das Vorstehende noch eine Erläuterung.

Wir sagten, dass es leicht sey, die Spannung der Kette in jedem Punkte zu finden, verwiesen deshalb auch noch auf Eytelwein's *Theorie der trans-*

Digitized by Google

Die Grösse der Spannung in jedem einzelnen Punkte der Kette, wie sie auch belastet seyn mag, ist theoretisch (man vergleiche auch Eytelwein's Statik, III. Bd., §. 90) leicht auszumitteln. Hiernach dürfte man die Stärke der Kettenglieder gegen die Mitte zu abnehmen lassen; es geschieht dis aber aus mehreren Gründen nicht. —

Die grösste Kraft, mit welcher die vier Tragketten, zunächst der Aufhängpunkte, gespannt werden, ist = T = 11455 Zentner. Der kleinste Querschnitt der 16 einzelnen Schienen dieser vier Ketten ist = 55□″; demnach trifft auf einen Quadratzoll 254 ½ Ztr., also nur der 0,95ste Theil derjenigen Last, welche dem Eisen mit Sicherheit zugemuthet werden kann nnd kaum die Hälfte von der, bei welcher es zerreissen würde. [65]) —

---

eendenten Linien. (*Statik*, III. Bd.) — Dis geschah blos, um die Eleven zu veranlassen, die Resultate, welche die Theorie der Kettenlinie bietet, mit denen, der im 2ten Bande der *Statik* auf viel einfacherem Wege gefundenen Resultaten zu vergleichen: diese Vergleichung dient eben so sehr zur Belehrung, als sie Stoff zu neuem Nachdenken darbietet. —

Die Gleichung $T = \frac{h\,p}{\sin\,\alpha}$ gilt für einen beliebigen Punkt der Kette; wird h kleiner, d. h. rückt der Punkt A, Fig. 30 näher gegen die Mitte, so wird auch der Winkel α kleiner, also die Spannung T, nach der Richtung der Tangente, aus zweifachem Grunde kleiner.

Sezt man die Spannung im tiefsten Punkte oder im Scheitel der Kette = C, so hat man, wie leicht zu zeigen ist,

$$C = T\,\mathrm{Cos}\,\alpha = \frac{h\,p}{\mathrm{tang}\,\alpha} = \frac{h^2\,p}{2\,f}$$

und eben so gross ist, wie aus der Gleichung im Texte erhellt, die Spannung der Kette nach horizontaler Richtung in jedem beliebigen Punkte derselben.

Da nun die Spannung der Kette, nach horizontaler Richtung, im höchsten wie im niedrigsten Punkte derselben, gleich gross ist, worin bestehen nun aber die Vortheile, welche die weiter unten erwähnte Art gewährt, die Ketten einer Brücke an den Ufern bis auf den Boden herabreichen zu lassen? —

[65]) Die Grenze der natürlichen Elasticität oder das Gewicht, bei welchem das zu der Bamberger-Brücke verwandte Eisen anfing sich auszudehnen und seine vorige Gestalt genau wieder anzunehmen, ist uns nicht bekannt. — Navier räth, das Eisen mit nicht mehr als dem 3ten Theile derjenigen Last zu beschweren, bei welcher es zerreisst, wobei die natürliche Elasticität des Eisens nicht zerstört wird. Diese Last beträgt nach Navier auf den Quadratmillimeter ein Drittel von 35 bis 45 Kil. d. i. nur 13 — 14 Kilogramme; was etwa ¼ von dem Gewichte ist, bei welchem nach Eytelwein's Angaben (m. vergl. *Statik*, II. Band, S. 262), ein eiserner Stab von 1 Millimeter Dicke zerreisst.

Digitized by Google

Die Hängschienen haben zusammen einen Querschnitt von 246 Duodecimalzoll; da aber durch dieselben ein 5 Linien starker Bolzen geht, so wird der Querschnitt der Hängschienen, mit welchem sie tragen, auf 194,58 □ Zoll reduzirt. Mit Sicherheit kann ihnen also eine Last von 58375,8 Zentner zugemuthet werden. Die grösste Last, welche die Hängschienen zusammen zu tragen haben, beträgt 5946 Ztr.; demnach ist ihr Trag-Vermögen fast zehnmal grösser als nöthig ist. —

Die Hängschienen werden viel heftiger erschüttert als die Tragschienen, indem diese die Erschütterungen erst durch jene erhalten; die Schwankungen müssen auch begreiflich in dem Maasse zunehmen, als die Masse der Hängschienen abnimmt, deshalb ist es nach dem vorliegenden Beispiele, sowie nach Navier und Andern immer rathsam, die Hängschienen verhältnissmässig stärker zu machen als die Tragschienen.

Die Spannketten bilden mit dem Horizonte einen Winkel von 38°; bezeichnet man denselben mit β und die Spannung der Spannketten mit S', so hat man für den Fall des Gleichgewichtes, wenn die Reibung unberücksichtigt bleibt:

$$S'. \operatorname{Cos} \beta = T. \operatorname{Cos} \alpha$$

und hieraus

$$S' = \frac{T. \operatorname{Cos} \alpha}{\operatorname{Cos} \beta} = 14039 \text{ Ztnr.}$$

Die Grösse dieser Kraft kann nur in Betracht gezogen werden bei Brücken, wo die Ketten, statt, wie hier, auf einem unbeweglichen Sattel aufzuliegen, über bewegliche Rollen u. s. w. gleiten und wo also fast keine Reibung vorhanden ist.

Nimmt man den Reibungs-Koefficienten μ für unpolirtes Eisen auf Eisen, wie es vom Hammer kommt, nach gemachten Erfahrungen zu $\frac{1}{2}$ an, so ist die Kraft S, mit Rücksicht auf die Grösse der Reibung, welche auf dem gusseisernen Sattel, der unpolirt versezt wurde, entsteht, und der Spannung T das Gleichgewicht hält, nach Eytelwein's Statik, II. Bd., §. 311

(IV) $$S = Te^{-\mu\alpha'}$$

wo e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen, nemlich 2,71828.... und α' die Länge des Bogens vom Sattel, auf welchem die Ketten aufliegen, für den Radius = 1 bezeichnet; hier ist $\alpha' = 1$, da der Bogen zufällig seinem Halbmesser gleich ist;

Digitized by Google

demnach

(V) $S = 6950{,}8$ Ztnr.

Der von S auf den Pfeiler vertikal abwärts entstehende Druck ist gleich

(VI) $R = S . \sin \beta = 4293{,}3$ Ztnr.

und die von S nach horizontaler Richtung entstehende Spannung ist gleich

(VII) $U = S . \cos \beta = 5477{,}3$ Ztnr.

Der ganze, von der Trag- und Spannkette auf den Pfeiler vertikaler Richtung entstehende Druck ist nun gleich

(VIII) $V = P + R = 7251{,}7$ Ztnr.

Die Spannketten haben zusammen einen Querschnitt von 64 □″ und tragen demnach mit Sicherheit 19200 Zentner; also 2,76 mal soviel als die Spannung beträgt, der sie ausgesezt werden. [66])

Wird bei der Berechnung der Stabilität der Pylonen angenommen, dass weder die Befestigungspunkte der Spannketten nachgeben, noch die Sättel verrückt werden können — was bei einer sorgfältigen Konstruktion statthaft ist — so sind hier zwei Fälle zu unterscheiden: entweder die Pylonen werden von der Last der Brücke nach dem Fluss zu gezogen und umgeworfen, wobei sie sich um die innere untere Kante a b, unmittelbar über ihren Sockeln, drehen (man vergl. Fig. 13, Taf. XII, welche den Querschnitt der Brücke darstellt); oder die Schichte, in welche der Sattel eingelassen ist, wird fortgeschoben. Aus einer einfachen Betrachtung und aus der Eigenthümlichkeit der Konstruktion

---

[66]) Erhält der Pfeiler durch die Wirkung der Tragketten ein Bestreben, sich um seine untere, gegen den Fluss zu liegende Kante zu drehen und soll er durch die Spannkette in seinem vertikalen Stande erhalten werden, so hat die Spannkette auch die Reibung auf dem Pfeiler zu überwinden, und ihre Spannung ist unter dieser Voraussezung gleich

$$S'' = T e^{\mu \alpha}.$$

Dieselbe Wirkung tritt auch bei einer Temperatur-Erniedrigung ein: der Werth der Spannung der Spannkette variirt daher — was jedoch in unserm Beispiele füglich ausser Acht gelassen werden konnte — zwischen den beiden Werthen

$$T e^{\mu \alpha} \text{ und } T e^{-\mu \alpha}.$$

Digitized by Google

geht hervor, dass weder ein Drehen noch ein Verschieben bei einer tiefer liegenden Fuge zulässig ist. —

Das Gewicht der beiden Pylonen über ihren Sockeln sey K und ihre halbe Breite ebendaselbst = b, so ist hier K = 4600 Zentner und b = 5′—3″. —

Man denke sich von der Drehaehse auf die Richtungen der Spannkräfte S und T die Senkrechten a und c gefällt, so hat man für den Fall des Gleichgewichtes, mit Rücksicht auf die, zwischen Kette und Sattel Statt findende Reibung, die einfache Gleichung

$$a\,S + b\,K = c\,T \text{ oder}$$

$$K = \frac{c\,T - a\,S}{b} \qquad (IX)$$

werden statt T, S und b die oben angegebenen Werthe und statt c und a ihre Werthe 19,22′ und 16,25′ gesezt, so erhält man K = 1372,2 Zentner; K ist aber wirklich = 4600 Ztnr.; demnach mehr als 3 ⅓ mal so gross, als das Gleichgewicht erfordert. [67])

---

[67]) Würde keine Reibung der Ketten in ihrem Lager auf den Pylonen Statt finden, so könnten begreiflich die Trag- und Spannketten sich leicht ins Gleichgewicht sezen, wenn die eine der Ketten durch irgend einen Umstand stärker angespannt würde als die andere. Man war daher bei den neuern, in England erbauten Kettenbrücken, wie wir später noch anführen werden, bemüht, die Reibung auf den Pylonen möglichst zu vermindern. Von dieser Reibung rührt es auch her, dass gleich nach der Ausrüstung die vier Pylonen der Bamberger-Brücke flusseinwärts sich ein wenig geneigt haben, doch ist diese Neigung so gering, dass sie an der untersten Fuge kaum ¼ Zoll beträgt und demnach, wie leicht zu zeigen, ohne allen Nachtheil. Es hat sich auch seit der Eröffnung der Brücke nicht die geringste Bewegung der Pylonen ferner gezeigt. —

Die Tragketten haben ausserdem den zwischen denselben, auf der innern Seite der Pylonen liegenden Haustein zersprengt. Herr Ingenieur Schierlinger liess die untere Tragkette durch Winden heben, und die Öffnung oberhalb und unterhalb mit einer eisernen Platte ausfüllen, welche zu beiden Seiten mit eisernen, 2 — 3 zölligen Bolzen gestüzt wurde.

Diese einfache Vorkehrung war gleichfalls zureichend, dem kleinen Gebrechen zu begegnen, so dass wir, wie es auch die ausführliche Berechnung hinlänglich zeigt, mit vollem Rechte behaupten können, dass die Sprünge, welche sich zeigten, und deren auch Herr Ritter von Gerstner in seinem *Handbuche der Mechanik* Seite 469, auf eine etwas zweideutige Weise

Digitized by Google

Nimmt man an, dass die Sattelschichte, d. h. diejenige Steinschichte, in welcher der Sattel befestigt ist, fortgeschoben würde, so ist das Gewicht des über dieser Schichte liegenden Theiles der beiden Pylonen = 2700 Zentner; der vertikale Druck, welcher von den Trag- und Spannketten auf diese Schichte entsteht = 7251,7 Ztr., demnach der Gesammtdruck auf dieselbe = 9951,7 Zentner.

Der Reibungs-Koefficient für Stein auf Stein sey 0,6 und der Zusammenhang des Mörtels für 64 □′ nach Navier 100 Ztr., so hat man für den Fall des Gleichgewichts folgende Gleichung:

(X) $100 + 0{,}6\,(9951{,}7) + S \cdot \cos\beta = T \cdot \cos\alpha$

oder $11548{,}3 = 11063$ Ztnr.

Die Kräfte, welche nach der Landseite wirken, sind also um 485 Ztr. grösser, als die nach der Flussseite wirkenden; demnach ist ein Fortschieben der Sattelschichte unmöglich. —

Die Grösse der Vertikal-Pressungen, welche von den Ketten und dem, über den Sätteln liegenden Mauerwerke herrührt, beträgt für zwei Pylonen, nach obiger Auseinandersezung, 9951,7 Zentner; die Grundfläche der beiden unteren Sättel, auf welche diese Last wirkt, ist 6′—6″ . 9″ . 2 oder 9,75 □′ oder 1404 □″. Die rückwirkende Festigkeit des Sandsteines kann zu 25 Ztnr. auf den Quadratzoll angenommen werden; die von 1404 □″ beträgt daher 35100 Zentner. Die Pylonen widerstehen demnach auch den Vertikalpressungen mit einer Gewalt, welche mehr als $3\frac{1}{2}$ mal so gross ist, als das Gleichgewicht erfordert. —

Der kubische Inhalt eines Spann-Gewölbes mit Parapet ist 3860 C′ und dessen Gewicht beträgt 4246 Zentner; demnach das Gewicht von zwei Spann-Gewölben 8492 Zentner. Die Kraft, mit welcher diese Gewölbe in der Richtung der Spannketten Widerstand leisten, oder der Normaldruck dieses Gewölbes auf die gusseiserne Platte ist $= \frac{8492}{\sin 38^\circ}$ Zentner, (man vergl. Eytelwein's Statik, I. Bnd., §. 217) = 13793 Zentner. —

---

erwähnt, durchaus nicht zu der geringsten begründeten Besorgniss Veranlassung geben können.

Noch müssen wir bemerken, dass in des Herrn v. Gerstner's Werk die Länge der Fahrbahn irriger Weise zu 316½′ statt zu 216½ angegeben ist. —

Digitized by Google

Die Spannung der Spannketten ist, wie oben schon auseinander gesezt wurde, = 6950,8 Ztnr., demnach ist der Widerstand, welchen das Gewölbe darbietet, beinahe 2mal so gross als die Kraft, mit welcher die Spannketten diesen zu überwältigen streben. [68])

Es blieb uns nun noch die Berechnung der Tragkraft einiger anderen Theile der Brücke übrig, z. B. der verschiedenen Bolzen und Tragschienen von Eisen, der Tragbalken von Eichen- und der Strassenträger von Föhrenholz u. s. w.; — allein da diese Rechnungen höchst einfach und ähnliche bereits vorgekommen sind, so dürfen wir dieselben wohl übergehen. Die hier, soviel uns bekannt, zuerst angewendete Armirung der Tragbalken mit schmiedeisernen Schienen zu beiden Seiten, kann mit Vortheil auch bei andern breiten Brücken, besonders bei den Bogenhängwerkbrücken, angewendet werden. —

Der Gesammtaufwand für die, in 18 Monaten ausgeführte Brücke betrug mit Einschluss der 251′ langen Ufermauern, bei einer sehr kostspieligen Fundation der Widerlager, — da für die Grundpfähle die Trümmer einer alten eingestürzten steinernen Brücke durchbohrt werden mussten, — die gewiss kleine Summe von 58000 fl.; hiebei kam das Pfund Schmiedeisen, fertig auf den Platz geliefert, auf 12 kr., und der Kubikfuss Quader, mit

---

[68]) Vergleicht man die Grösse der wirkenden Kräfte mit der Grösse der widerstehenden, so geht aus der Vergleichung derselben hervor, dass, nach der Art wie wir die statischen Rechnungen führten, zwischen diesen Kräften dasselbe Verhältniss oder eine Harmonie nicht Statt findet. Warum sucht man aber nicht eine solche herzustellen? warum sind z. B. die Hängschienen fast 10mal so stark und die Schienen der Tragketten kaum einmal so stark, als die Kräfte, welche sie im Zustande der Ruhe zu zerreissen streben? — Wir haben schon oben darauf kurz geantwortet; es ist schwer, wo nicht unmöglich, die Art und die Grösse der Wirkungen der Kräfte wie z. B. diejenigen, welche von den Schwankungen, Erschütterungen und Stössen von Menschen, Pferden und Wagen herrühren, in Ziffern auszudrücken. Navier ist, soviel uns bekannt, der erste, welcher die Grösse dieser Wirkungen durch Kalkul darzustellen suchte; seine Rechnungen, mit Hülfe der höhern Analysis ausgeführt, sind sehr komplicirt. Wir werden später, bei den Drathbrücken ein Mittel angeben, wie wenigstens von den Stössen, welchen Brücken durch den Tritt von Menschen ausgesezt sind, auf eine einfache Weise Rechnung gehalten werden könne. —

Digitized by Google

Einschluss des Transportes auf 4 Stunden Entfernung, auf 24 kr. zu stehen. — Acht Mann waren hinreichend, um in vier Tagen eine Kette einzuhängen. —

Ausser der Kettenbrücke zu Bamberg wurde noch in Nürnberg von Herrn Professor Kuppler im Jahre 1825 ein Kettensteg erbaut. Die Konstruktion dieses Steges ist äusserst einfach. Er besteht aus 2 nicht ganz gleichen Öffnungen; die Länge des ganzen Steges, zwischen den Pylonen, beträgt 241′; die Breite zwischen den Ketten 4′ — 4″; die Glieder der zwei Tragketten zu beiden Seiten haben eine Dicke von 1 ⅛″; die Glieder der Spannketten von 1 ½″; erstere wurden mit einem Gewicht von 350 Zentner geprüft.

Auf den beiden mittlern Pylonen, — welche, wie die äussern, blos aus einem eingerammten Pfahl von Eichenholz bestehen, — sind die Tragketten an einem eisernen Winkelhebel aufgehängt, welcher sich um einen 2″ dicken Zapfen drehen kann. Diese Vorrichtung hat den Vortheil, dass, wenn beide Theile des Steges nicht gleich belastet sind, durch den grössern Zug nach einer Seite kein Nachtheil für den mittleren Pfeiler entsteht.

Die Tragketten liegen auf den Pylonen in gleicher Höhe; die äussern senken sich aber in der Mitte um ungefähr 5″ tiefer als die innern. — Die Glieder der Tragketten sind an ihren Enden ankerförmig gebildet, und werden durch zwei 1″ dicke, 3″ bis 4″ breite und 7″ lange Ringe miteinander verbunden.

Der Querschnitt der Ketten- und Hängschienen ist kreisförmig. — Es wäre vortheilhafter gewesen sie platt zu schmieden, auf ähnliche Weise, wie die an der Bamberger Brücke.

Durch den Kopf der Hängschienen geht eine 2″ hohe und 3‴ dicke eiserne Splisse, welche auf den Kettenschienen aufsteht; unterhalb sind die Hängschienen mit einer Schraube versehen, welche in einem zweiarmigen Hängeisen die eichenen Querschwellen tragen. Leztere sind 4″ breit und 10″ hoch, und liegen in Entfernungen von 4 ½′ von einander. —

Die darüber liegenden Langschwellen sind mit 2 Schrauben an jeder Querschwelle befestigt. Die Schwankungen des Steges sind zwar sehr fühlbar, aber nichts weniger als belästigend. — Das Gewicht alles Eisenwerkes betrug 90 Zentner und die Kosten des ganzen Steges 3620 fl. —

Digitized by Google

Nach dieser kurzen Beschreibung der beiden in Bayern erbauten Hängbrücken aus Eisen, wollen wir nur noch einiger anderen, namentlich in England hergestellten, Kettenbrücken erwähnen, in soferne sie wesentlich von der Konstruktion der Bamberger-Brücke abweichen.

Die Menäi-Brücke, welche wir schon oben nannten, besteht aus einem Hauptbogen von 579′ — 10½″ Weite zwischen den Aufhängpunkten. Der ungefähr 100′ über dem Wasserspiegel liegende Brückenweg ist 28′ breit, und wird von vier Tragketten getragen, von welchen die beiden mittleren den 4′ breiten Fussweg, von den, zu beiden Seiten desselben liegenden, 12′ breiten Fahrbahnen trennen. Jede Tragkette besteht aus vier einzelnen, vertikal über einander liegenden Ketten, und jede einzelne Kette aus 5 nebeneinander liegenden Gliedern von 3¼″ Höhe, 1″ Dicke und 10′ Länge von Mitte zu Mitte der Verbindungsglieder. — Der Pfeil der Tragketten beträgt 43′ auf obige Länge. Die Bolzen der Verbindungsblätter sind 3″ stark, und die Kettenglieder untereinander und mit den Hängschienen auf ähnliche Weise wie bei der Bamberger-Brücke verbunden.

Die Tragstangen hängen in Entfernungen von 5′ und haben einen Quadratzoll im Querschnitt. Ihre Länge bestimmte Telford wie schon erwähnt, mittels eines im 4ten Theile der natürlichen Grösse ausgeführten Modelles. — Die Hängschienen von mehr als 20′ Länge sind aus 10′ langen Stücken und demnach diejenigen, zunächst der 52′ hohen Tragpfeiler, aus vier Stücken zusammengesezt. Die Brückenbahn liegt auf eisernen Querschienen, und auf diesen ein doppeltes Bohlenbeleg; ausserdem ist unter den Querschienen der Fahrbahn ein eisernes Spreugwerk angebracht. Die Verankerung der Spannketten ist ebenfalls jener der Bamberger-Brücke ähnlich; die 9′ langen schmiedeisernen Bolzen sind 6″ dick.

Alle Kettenglieder wurden vor ihrer Anwendung mit einem Gewichte von 11 Tonnen auf den englischen □″ geprüft; — bei der möglich-grössten Belastung tragen die Ketten nur beiläufig den dritten Theil desjenigen Gewichtes, welches sie zu zerreissen im Stande seyn würde.

Die Ketten liegen über den Pylonen nicht auf festen, sondern auf beweglichen Sätteln von Gusseisen auf. Diese Sättel bestehen aus vier übereiuander liegenden, kastenförmigen Stücken, wovon das unterste auf 6 Walzen von 8″ im Durch-

Digitized by Google

messer ruht. — Die Fig. 26, Taf. XII stellt den Querschnitt und die Ansicht dieser Vorrichtung dar.

Zur Verminderung der Schwingungen wurden die Tragketten viermal, und jede der Spannketten zweimal, im Ganzen die vier Ketten also 8mal nach der Quere durch eiserne Rahmen verspannt. Diese Rahmen bestehen aus 2 übereinander fortlaufenden hohlen gusseisernen Röhren von 3″ Stärke, durch welche schmiedeiserne, an ihrem Ende durchbohrte Stangen gehen, welche mit den Röhren durch Bolzen verbunden sind. Andere schmiedeiserne Stangen wurden in diagonaler Richtung zwischen die gusseisernen Röhren eingepasst, um dadurch dem Ganzen die gehörige Festigkeit zu geben.

Diese Einrichtung vermindert die Schwingungen der Brücke in einem solchen Grade, dass jene, selbst wenn die Brücke von Postkutschen im scharfen Trabe befahren wird, kaum bemerkbar sind; allein bei Stürmen, welche von der Seite kommen, erhebt sich die 560′ lange Brückenbahn noch um 1 bis 2 Fuss. [69])

Die von dem Ingenieur William Tierney Clark entworfene und in den Jahren 1824—1827 ausgeführte, sogenannte Hamersmith's-Brücke, welche 2 Meilen oberhalb London über die Themse erbaut und deren Plan von Telford geprüft wurde, ist die erste, bei welcher die Ketten über den Pfeilern sich auf Rollen hin und her bewegen können, und bei welcher die Spannketten zum Theil noch unter die Fahrbahn hinabgehen. Die ganze Breite des Flusses von 732′ ist in drei Theile getheilt, so dass sich der mittlere von 400′ Weite zu den beiden äussern zu 142′—145′ Weite beinahe wie 3 zu 1 verhält.

Die im Flusse errichteten Pylonen haben eine Länge, in der Richtung des Flusses gemessen, von 42′, eine Breite von 22′ und über der Brückenbahn eine Höhe von 48′. Die Brückenbahn wird durch zwei Tragketten, welche die, in der Mitte liegende 20′ breite Fahrbahn von den, zu beiden Seiten sich befindlichen 5′ breiten Fusswegen trennen, in 3 Theile getheilt; sie liegt 16′ über dem höchsten Wasser und hat, mit Einschluss der Geländer u. s. w., im Ganzen eine Breite von 33 ½′. — Es hängen im-

---

[69]) Ausführlich findet man die Menai-Brücke beschrieben und eine Berechnung über ihr Trag-Vermögen aufgestellt, in Gerstner's *Mechanik* S. 460 u. f. Auch die Hammersmith's-Brücke ist ebendaselbst, S. 450 u. f. umständlich beschrieben.

Digitized by Google

mer je zwei Ketten in einem Abstande von 1′ vertikal übereinander, so dass also die Fahrbahn von 8 Ketten getragen wird. Die beiden inneren Tragketten bestehen aus 6 und die beiden äussern aus 3 parallelen Schienenreihen von 5″ Höhe und 1″ Breite, so dass der Querschnitt der 36 Kettenschienen 180 englische □″ beträgt.

Die Hängschienen haben einen □″ im Querschnitt, hängen in Entfernungen von 5′ senkrecht herab, und es wird der mittlere 400′ lange Theil der Brückenbahn von 324, und jeder äussere Theil von 92 schmiedeisernen Hängschienen getragen. Die Seitenfelder werden ausserdem von 28 gusseisernen Stüzen von unten unterstüzt. (Man vergl. Fig. 27, Taf. XII). Die Verbindung der einzelnen, 8 ¾′ langen Kettenglieder ist jener bei der Menäi- oder Bamberger-Brücke ähnlich. Die Bolzen haben 2 ¾″ im Durchmesser.

Die Hauptketten laufen, wie schon erwähnt und in Fig. 28, Taf. XII zu ersehen, über zwei Reihen gusseiserner genau abgedrehten Walzen, die einen für die obern und die andern für die untern Ketten. Diese Walzen haben 11″ im Durchmesser und 3″ dicke schmiedeisene Zapfen, die in metallenen Lagern ruhen. Die leztern sind an einem massiven, gusseisernen Sattel, welcher in die Tragpfeiler eingelassen und fest an denselben angeschraubt ist, befestigt. Da die Achsen dieser Walzen in der Peripherie eines Kreises liegen, so ergibt sich die leichte Beweglichkeit derselben und der darauf ruhenden Ketten.

Nach genauen Beobachtungen des Ingenieur Clark betrug die Bewegung der Ketten auf den gusseisernen Rollen, wenn Wagen im scharfen Trabe über die Brücke gingen, ¼″ und die grösste Verschiebung derselben nie mehr als 1″. — Die, dieser Verschiebung von 1″ entsprechende, grösste Senkung in der Mitte betrug nach genauen Messungen 5″.

Alles Eisenwerk der Brücke wurde, zur Verminderung der durch die Sonnenstrahlen bewirkten Ausdehnung mit weisser Ölfarbe angestrichen und dieser Anstrich wird von Zeit zu Zeit sorgfältig erneuert. Das Eisen nimmt in der Sonne an heissen Tagen 16 bis 20 Grad mehr Wärme an, als die atmosphärische Luft, wodurch also eine weitere Ausdehnung von $^{16}/_{80} \cdot {}^{872}/_{10000} = {}^{1}/_{573}$ erfolgt; — die Ausdehnung von 0° bis 50° beträgt beinahe $^{1}/_{183}$ der Länge. —

Digitized by Google

Die Kosten dieser Brücke betrugen im Ganzen 45249 Liv. st.; wobei die Tonne Schmiedeisen um 36 Liv. st. geliefert wurde. Aus der Vergleichung der Kosten mit vier, gleichfalls über die Themse erbauten Brücken, wovon zwei von Stein und zwei von Gusseisen sind, geht hervor, dass die Kettenbrücke bedeutend wohlfeiler als jene ist. —

Noch verdient der sehr sinnreichen Art erwähnt zu werden, auf welche der berühmte Ingenier Brunnel, der Erbauer des Tunnels unter der Themse, seine Tragketten über den Pylonen der Kettenbrücke für die Insel Bourbon aufhieng. Man denke sich zwei bewegliche Rechtecke, welche 2 vertikale und 2 horizontale Seiten haben; eine horizontale Seite, welche jedem Rechteck als Achse dient, ist in einem Gehäuse am Scheitel des Sattels befestigt und befindet sich in der Ebene einer Tragkette. Die andere horizontale Seite des Rechtecks dient gleichzeitig als Bolzen für das höchste Kettenglied der Trag- und Spannkette. Man vergleiche Fig. 29, Taf. XII, welche den Querschnitt und die Ansicht dieser Vorrichtung darstellt. Wenn nun bei dieser Anordnung Lasten auf einer Seite der Brücke gehen, und die Tragketten nöthigen, eher nach einer als nach der andern Seite zu weichen, so bewirkt die möglichst kleinste Oscillation der Rechtecke, dass die Ketten leicht nachgeben, und durch allenfalls heftige Stösse nirgends ein Bruch veraulasst werde. [70])

Die lezterwähnte Brücke hat zwei Öffnungen von 37,2^m (127,4′) Weite; in der Mitte des Flusses befindet sich ein Pfeiler, über den die Tragketten gehen und welche an den Widerlagern der Ufer fast horizontal auslaufen. Der Vortheil dieser Anordnung in Bezug auf Ökonomie ist in die Augen springend; und es geht hieraus hervor, dass es nicht nöthig ist, an den Ufern die Befestigungs-Punkte der Ketten gleich hoch zu legen, ja es kann, wenn z. B. das eine Ufer aus hohen natürlichen Felsen besteht, die Kette an demselben mit ihrem einen Ende in einer beliebigen Höhe befestigt werden, während dem sie sich an dem andern niedrigen Ufer beinahe bis auf den Boden senkt. —

---

[70]) Man vergleiche *Dupin's Voyages dans la Grande-Bretagne*, III. Partie, Tom. 1, pag. 278, wo sich nebst einer Beschreibung auch eine Zeichnung dieser Brücke befindet. —

Digitized by Google

Noch manches wäre von Kettenbrücken anzuführen; z. B. dass man aus örtlichen Hindernissen genöthigt werden könne, die Spannketten, wie dis bei der Karls-Brücke in Wien geschah, hinter dem Pfeiler in den Boden hinab gehen zu lassen; die Brückenbahn, wie bei der eingestürzten Brücke von München - Nienburg, an mehrere, von dem Scheitel der Pfeiler schief herabgehende Ketten aufzuhängen: allein die Grenzen dieses Buches erlauben nicht, in weitere Details über Kettenbrücken einzugehen. [71])

---

b) Von den Drathbrücken.

Die grosse Festigkeit, welchen Eisendräthe vor Stäben von grösserer Dicke haben, und die Ökonomie, sowie Leichtigkeit der Konstruktion, welche aus ihrer Anwendung auf Brücken, selbst gegen die Kettenbrücken, hervorgehen, brachten die Ge-

---

[71]) Über Kettenbrücken im Allgemeinen sehe man auch noch: *Crelle's Journal der Baukunst*, III. Bd., 4tes Heft, S. 444 u. f., und den VII. Bd. von *Wiebeking's Architecture civile*. In lezterer befindet sich Seite 166 eine Tabelle über die Hauptabmessungen von 11 Kettenbrücken, worunter auch die zwei von Herrn von *Traiteur* in Petersburg erbauten Kettenbrücken und jene bei Nassau über die Lahn hergestellte sich befinden. Den verhältnissmässig grössten Pfeil hat die Brücke von Panteleimon zu St. Petersburg, er beträgt $^1/_{9,61}$ der Weite; und den kleinsten Pfeil hat die Menäi-Brücke, er ist $^1/_{32,9}$ der Spannung. Die geringste Entfernung der Hängschienen mit Ausnahme jener der Brücke bei Dryburgh von 8′, 9 beträgt 4′ und die grösste 5′ — 10″. — Eine Hängschiene trägt mindestens 2,34 und höchstens 4,50 Quadrat Meter der Fahrbahn. —

Herr von Traiteur gibt in seinem Werke über die Kettenbrücken, S. 62, in Bezug auf die Lage der Tragketten folgende, aus der Erfahrung gezogene Regel an. Er sagt: „Es ist in jeder Beziehung sehr vortheilhaft, die Tragketten auf eine solche Weise zu senken, dass sie beinahe den Brückenweg berühren. Diese Anordnung, wovon die beiden Brücken zu St. Petersburg als Beispiele gelten, gestattet dem System der Ketten keine Oscillationen, vermindert bedeutend die Vibrationen, und verkürzt überdis die Höhe der Pylonen, ohne den Pfeil zu vermindern und ohne also die Spannung zu vermehren.“

Ferner S. 167; „Es ist nöthig, dass die Tragketten in drei Punkten, nemlich an ihren beiden Enden und in der Mitte Glieder mit länglichen Ohren haben; durch diese Glieder wird die Aufstellung, Berichtigung und die Regulirung der Ketten an Ort und Stelle ausserordentlich erleichtert.“ —

Digitized by Google

brüder Séguin von Annonay im Jahre 1821 auf den Gedanken, nach dem Drathbrücken schon in Amerika mit Erfolg erbaut waren, auch in Frankreich deren auszuführen.

Der erste, von denselben in ihrem Garten angelegte Drathsteg, war 55′ lang, 18″ breit und kostete nur 50 Frcs. (ungefähr 17 fl. 20 kr.). Einige Jahre später (1823) wurde von dem Génie-Obrist-Lieutenant Dufour in Genf ein Drathsteg nach dem gewöhnlichen System der Hängbrücken, bei welchen nemlich die Fahrbahn mittels vertikaler Seile unterhalb den Haupt-Tragseilen aufgehängt ist, über zwei, zusammen 81,95 Meter breite Festungsgräben erbaut. — Der Steg überspannt demnach zwei Öffnungen von 40^{m} (137′) Weite; die beiden Widerlager und der Pfeiler in der Mitte haben 4^{m} Höhe und 3,80^{m} Breite; die Dicke der erstern, nach der Länge der Brücke, ist verschieden, da das eine Widerlager als Wachthaus dient. Das äussere Widerlager und der Pfeiler haben eine Dicke von 2^{m}, und das innere, gegen die Stadt gelegene Widerlager eine Dicke von 6^{m}. In allen dreien befindet sich ein Thorweg von 1,80^{m} Breite und 3,10^{m} Höhe. — Die Breite des Steges beträgt 2^{m}.

Die Brücke ist an sechs Trag-Drathseilen aufgehängt, deren Enden auf den gusseisernen Lagern (Sätteln) der Widerlager ruhen, während ihre Mitte von den Lagern des Pfeilers getragen wird. Jedes Seil besteht aus neunzig 2,10 Millimeter dicken Drathfäden von der Fabriknummer 14. Auf der Seite gegen die Stadt sind sie an vertikalen 2,60^{m} langen, und auf der Seite gegen das Feld an schiefen 3,50^{m} langen Zugbändern oder Spannseilen befestigt. Die drei Tragseile, zu jeder Seite der Brücke, liegen auf den Wiederlagen und Pfeilern in einer horizontalen Ebene neben einander; senken sich aber in ihrer Mitte ungleich tief und in der Art, dass alle drei in eine und dieselbe vertikale Ebene zu liegen kommen und das obere bis zur Höhe des Geländers und das untere bis auf den Boden der Brücke sich herabsenkt. Das mittlere liegt zwischen beiden und hat einen Pfeil von 3,50^{m}. —

„Zur Verminderung der Oscillationen tragen auch Kreuzstreben zwischen den Tragbalken des Brückenweges und eine konvexe Krümmung des lestern wesentlich bei.“ —

Digitized by Google

Die Tragseile zwischen einem Widerlager und dem Pfeiler bestehen aus einem langen Stücke; dieselben werden unter einander und mit den Spannseilen oder Zugbändern durch sehr kurze Seile, welche auf dem Pfeiler und dem Widerlager aufliegen, verbunden.[72]) Die Fig. 30, Taf. XII zeigt die Art, wie diese Verbindung Statt findet. — Die Spulen haben einen Durchmesser von 0,045^{m} oder ungefähr 1 ½″ und eine Länge von 0,116^{m}.

Dufour hat durch Versuche gezeigt, dass die Drathfäden unbedenklich über einen Cylinder von obiger Dicke, ohne zu zerbrechen oder an ihrer Tragkraft etwas zu verlieren, gebogen werden können. Damit nicht die Drathbündel da, wo sie durch die Ringe der Zugbänder gehen, eine zu starke Beugung machen müssen, werden sie über einen kleinen Sattel oder einen halben Ring von gegossenem Kupfer oder Metall gelegt. Man vergleiche Fig 31, Taf. XII.

Die vertikalen Hängseile, welche die Querschwellen der Brücke tragen, bestehen jeder aus 12 Drathfäden und sind 1,30^{m} (4,45′) von einander entfernt. An den Tragseilen werden die Hängseile durch einen Wulst von ausgeglühtem Drathe — welcher bekanntlich zwar nur halb so stark ist, als der ungeglühte, aber sich, ohne zu zerbrechen, auf jede Art biegen lässt — fest gehalten. Dieser, den Wulst bildende Drath ist 15 mal über das Seil gewickelt. Dicht unterhalb dem Tragseil ist die Schleife oder der Ring des Hängseiles mit ausgeglühtem Drathe zusammengezogen, und ausserdem auf seine ganze Länge mit diesem Drathe spiralförmig umwunden. —

Zur Verminderung der Vertikal - und Seitenschwingungen gehen ungefähr im 3ten oder 4ten Theile der Länge des Brückenweges, unterhalb desselben, zu beiden Seiten an Pfeiler und Widerlager schiefe Zugbänder herab, welche aus 32 Drathfäden bestehen. —

Die Querschwellen sind von Eichenholz, 0,14^{m} hoch, 0,11^{m} breit, 2,26^{m} lang und 1,30^{m} von einander entfernt. — Die Langschwellen sind von Lerchenholz, 0,15^{m} hoch, 0,11^{m} breit und

---

[72]) Es wäre besser gewesen, wenn man zwischen den Rändern der Spulen gleichfalls zwei vorstehende Ränder angebracht hätte, um die Berührung der Haupttragseile mit den kürzern Verbindungseilen zu verhindern. —

Digitized by Google

an ihren Enden so miteinander verbunden, dass sie auf die ganze Länge der Brücke als aus einem Stücke bestehend angesehen werden können. Durch diese Verbindung der Langschwellen und das, von dem Hängsystem unabhängige, 1,05^{m} hohe eiserne Geländer wird die Steifigkeit der Brücke sehr vermehrt. Alles Holzwerk wurde mit weisser und alles Eisenwerk mit schwarzer Ölfarbe angestrichen, nachdem lezteres zuvor 2mal mit trocknendem Öl bestrichen worden war.

Das Trag-Vermögen einer Drathbrücke lässt sich auf ganz ähnliche Weise wie das einer Kettenbrücke ausmitteln. Hr. Dufour berechnet dasselbe von der Genfer-Drathbrücke ausführlich. Nach seinen Versuchen tragen die aus 90 Drathfäden von Nro. 14 bestehenden Tragseile, ihre absolute Festigkeit nur zu 200 Kil. angenommen, 18000 Kil. Die wirkliche Spannung beträgt aber kaum 5000 Kil.; demnach tragen die Seile drei und einhalbmal mehr, als das Gleichgewicht erfordert. —

Über die Anfertigung der Seile, die Ausrüstnng und die detaillirte Berechnung der Kosten dieser Drathbrücke, welche im Ganzen 16350 frcs. betrugen, sehe man die Schriften von Dufour, Séguin und Vicat nach.[73])

---

[73]) Der Titel der erstern ist: *Description du pont suspendu en fil de fer, construit à Genève, par G. H. Dufour*, Lieutenant - Colonel du Génie etc. (Genève et Paris, chez J. Paschoud, 1824). — Herr Berg giebt, im Auszuge, eine Übersezung hievon in seiner kleinen Schrift: Über den Bau der Hängbrücken aus Eisendrath (Leipzig 1824, Industrie Comptoir.) — Die Stärke der Spulen der hohlen Bolzen berechnet Dufour mittels der Formel:

$$P = 100. \frac{R^3 - r^2}{c} . R.$$

In derselben ist P das Gewicht in Kilogrammen, welches ein hohler Cylinder in seiner Mitte ohne zu zerbrechen noch gerade tragen kann; R und r bezeichnen den äusseren und inneren Halbmesser dieses Cylinders, und c seine Länge in Millimeter ausgedrückt. Werden die Werthe von $R = 22{,}5^{mm}$, $r = 9^{mm}$ und von $c = 100^{mm}$ in die Formel gesezt, so findet man $P = 9568$ Kil. Bedenkt man nun, dass die Last nicht in der Mitte des Cylinders, sondern gleichförmig auf demselben vertheilt ist, so ist er einem Widerstande von 19136 Kil. gewachsen. Die Spulen haben daher, da die grösste Spannkraft der Tragseile 5000 Kil. beträgt, eine mehr als dreifach grössere Kraft, als im ungünstigsten Falle erforderlich ist. —

Digitized by Google

Die erste für den Übergang von Fuhrwerk bestimmte Drathbrücke wurde von den Herrn Séguin über die Rhone zwischen Tournon und Tain im Jahre 1824 erbaut.

Die Brücke hat zwei gleiche, durch einen 4,50m (15,4′) breiten Pfeiler getrennte Öffnungen von 89m (305′) lichter Weite. Der Brückenweg wird zu beiden Seiten von sechs Drathseilen von 27 Millimeter (0,092) Dicke getragen. Diese Drathseile liegen übereinander in Abständen von 0,40m (1,37′), jedoch nicht in einer und derselben vertikalen Ebene, sondern in verschiedenen, von einander ein wenig entfernten parallelen Ebenen.

Der Pfeil von einem jeden Tragseile ist 8m (27,41′); sie sind auf ihre ganze Länge mit einem ausgeglühten Drathe umwickelt und mit einem Mastix überzogen. Die Hängseile — von derselben Dicke wie die Tragseile — sind, in Entfernungen von 4′ zu 4′, abwechselnd an den 6 Tragseilen mittels eiserner Ringe befestigt; die Vereinigung der einzelnen Theile der Tragseile geschieht mittels Schleifen oder Ohren, die in einander verschlungen sind. [74])

---

[74]) Eine genauere Beschreibung dieser Vereinigung ist weder in dem *Journal du Génie civil* (Tom. VI, pag. 129), noch in von Wiebeking's *Architecture civile* (Tom. VIII, pag. 173), aus welchen wir oben stehende Angaben gezogen haben, enthalten. —

Vicat beschreibt die Art, wie die Hängseile an den Tragseilen bei der Drathbrücke von Argentat über die Dordogne befestigt sind, auf folgende Weise: (man vergl. dessen *Description du pont suspendu à Argentat sur la Dordogne* [Paris chez Goeury, 1830], wovon sich auch ein Auszug im März-Hefte des *Journal du Génie civil*, Jahrgang 1831, befindet.)

Die Hängseile umfassen die Tragseile mittels einer Schleife (ganse), indem sie selbst über einen Sattel von Gusseisen gehen. Die Enden der Balken werden mittels einer ähnlichen, durch das Ohr eines Bolzen gehenden Schleife gehalten, welche durch den Balken geht, u. s. w.

Die erwähnte Brücke hat eine Spannung von 100m (342,6′), und eine Breite von 4,20m (14,4′). — Der Brückenweg ist zu beiden Seiten an sechs parabolischen Seilen aufgehängt; die Hängseile bestehen aus Bündeln von 40 Drathfäden von No. 18. — Die sechs Tragseile haben alle eine gleiche Sehne von 106,84m (366′) und die entsprechenden Pfeile sind 6,90m; 7,14m; 7,38m; 7,62m; 7,86m und 8,10m (27,8′); sie bilden überdis, wie bei der Brücke zu Tain und zu Genf, eine windschiefe Ebene.

Jedes Tragseil besteht aus einer Anzahl Drathfäden, die mit dem Pfeile im Verhältnisse steht; nemlich vom obersten Seile anfangend, aus 216, 210,

Digitized by Google

Die 12 Tragseile gehen über gusseiserne, auf den Pfeilern befestigte Sättel, und vereinigen sich an den Widerlagpfeilern mit eben so vielen, vertikal abwärts gehenden Spannseilen oder Zugbändern. Die Enden der Spannseile werden durch eiserne Bolzen gehalten.

Die Breite der Brücke beträgt zwischen dem Geländer 4,20^{m} (14,4′), wovon 1 Meter für jeden Fussweg und 2,20^{m} für den Fahrweg bestimmt sind. Die Wagen können nur in der Mitte der Brücke auf dem Pfeiler, woselbst der Brückenweg 6,20^{m} (21,2′) breit ist, einander ausweichen; aus dieser Anordnung geht hervor, dass die Tragseile zunächst des Pfeilers eine schiefe konvergirende Richtung annehmen müssen.

Die Fahrbahn hat gegen den Pfeiler zu ungefähr eine Neigung von 2,50^{m} (8,5′) im Ganzen. Die Widerlager und der Pfeiler bilden Portale, welche, in der Ebene der Fahrbahn und in der Längenachse der Brücke gemessen, 5^{m} dick, 10^{m} (34,2′) breit und 14^{m} über der Fahrbahn hoch sind. Die Thoröffnungen haben im Lichten eine Weite von 4,20^{m} (14,4′) und eine Höhe von 6^{m}. —

Die Brücke wurde nach ihrer Vollendung mit einer 0,16^{m} hohen Lage Kies oder einem gleichförmig auf derselben vertheilten Gewichte von 58000 Kil. belastet und ausserdem noch von zwei 7spännigen Wagen befahren, von denen jeder, ohne die Pferde, 5000 Kil. wog. Die grösste Senkung in der Mitte betrug während dieser Belastung 325 Millimeter über der anfänglichen Sehne. Zwei Tage nach dieser, mehr als genügenden Probe wurde die Brücke dem Publikum eröffnet; sie kostete im Ganzen 190,000 Frcs.

202, 196, 190, 186; die Bündel sind von 50 zu 50 Centimeter mit ausgeglühtem Drathe 24 mal umwickelt. —

Die Pfeiler und Widerlager, — deren Achse eine, gegen den Fluss zu geneigte Lage hat, in der Art, dass sie den Winkel der Trag- und Spannseile halbirt — bestehen blos aus Mauerwerk von Bruchsteinen mit mittelmässig hydraulischem Kalke, und es befinden sich selbst nicht einmal an den Ecken oder den Thorgewölben Hausteine verwendet. —

Der Vortheil, welchen die Anwendung von hydraulischem Kalke, bei Mauerwerk im Trocknen, in ökonomischer Beziehung, bietet, ist so evident, dass man sich wundern muss, wenn man von demselben, unerachtet einiger sehr glücklicher Erfolge, nur selten Gebrauch machen sieht. —

Digitized by Google

Die zweite in Frankreich von den Herren Séguin und Quénot über die Charente zu Jarnac im Jahre 1828 vollendete Drathbrücke hat eine Öffnung von 70m (240′) Weite und zwischen den Geländern eine Breite von 7,75m (26,5′), wovon 5,75m auf die Fahrbahn und 1m auf jeden Fussweg treffen. Die Brücke wird von 12 Seilen von Eisendrath, welcher einen Durchmesser von 0,003m hat und im Handel unter Nro. 18 bekannt ist, getragen. Die Seile gehen über vier Pylonen, von denen jeder 9,30m hoch, parallel mit der Richtung des Stromstriches 2,42m breit, und 3,67m lang ist; sie stehen in einem Abstande von 5 Meter. Der Brückenweg wird von 138 Hängseilen getragen, und wurde mit einer Last von 200 Kil. auf den laufenden Meter, oder die ganze Brücke, deren Oberfläche 538,84m betrug, mit einem Gewichte von 106764 Kil. geprüft. — Die Kosten dieser Brücke betrugen, ohne die der beiden Auffahrts-Dämme, 180000 frcs. [75])

Aus der vorstehenden übersichtlichen Darstellung der eisernen Hängbrücken lassen sich die allgemeinen Maximen sowohl, nach welchen diese Brücken erbaut werden, als auch die, vorzüglich in ökonomischer Beziehung grossen Vortheile abstrahiren, welche sie darbieten. Die Drathbrücken sind noch wohlfeiler als die Kettenbrücken; jedoch auf den ersteren die Schwankungen bei heftigen Winden so stark, dass, wie aus einem ungedruckten Protokolle über die vorgenommene Prüfung der, im Jahre 1829 von Séguin-Montgolfier über die Rhone bei Beaucaire und Tarascone erbauten Drathbrücke hervorgeht, — Menschen sich darauf nicht aufrecht erhalten, sondern nur auf Händen und Füssen gehen konnten. [76])

---

[75]) Man vergleiche: *Journal du Génie civil*, Tom. II, pag. 186; — und das *Mémoire sur le pont suspendu en fil de fer, construit sur la Charente, à Jarnac* etc. etc. *par J. P—. Quénot* (Paris 1828). —

[76]) Diese Brücke hat vier Öffnungen und drei Pfeiler: die Weite von jeder der mittleren Öffnungen beträgt 118m — 119m, und jeder der beiden anderen 90m — 92m; die ganze Länge der Brücke, mit den 6m — 8m breiten Pfeilern, beträgt 441m (1511′), und ihre Breite zwischen den Geländern

Digitized by Google

Nach unserer Meinung eignen sich Drathbrücken, vorzüglich wegen der heftigen Schwingungen, denen sie durch Winde ausgesezt sind, mehr für Wege, welche, wie z. B. die in englischen Gärten u. s. w., nicht zu jeder Zeit passirt werden, als für Haupt-Verbindungstrassen. [77])

Wir können daher den Drathbrücken nicht den Vorzug vor den Kettenbrücken einräumen, wie es Herr Oberbaurath Fick in seiner oben angeführten Schrift über Strassenbau, S. 91 u. f. thut. — Noch weniger verdienen die Stahl-Brücken den Kettenbrücken vorgezogen zu werden, da die erste Stahlbrücke in Wien, wie Hr. v. Mitis in seiner Beschreibung derselben, S. 74, selbst bemerkt, bei einem Organe in schuhhohen Wellen schwankte. Ausserdem stehen die Stahlbrücken in Bezug auf Ökonomie den Drathbrücken nach. [78])

6,40^{m} (21,9′). Auf jeder Seite wird der Brückenweg von fünf Seilen, im Durchschnitt aus 240 Eisendräthen von No. 18 bestehend, getragen. Diese Seile haben an den Stellen, wo sie mit ausgeglühtem Eisendrathe umwickelt sind, eine Dicke von 7 Centimeter oder 3″. — Der Pfeil der Tragseile beträgt bei den grösseren Öffnungen 11,50^{m} (39,3′), also etwas weniger als $^{1}/_{10}$ der Weite. Die Hängseile sind 1,20^{m} von einander entfernt und bestehen aus 40 Drathfäden von No. 18. — Die auf den Pfeilern und Widerlagern errichteten Portale haben Thoröffnungen von 6,40^{m} Breite und 11,60^{m} Höhe im Lichten; sie sind mit einem jonischen Gesimse und einer Attike gekrönt.

[77]) Die Gründe, welche sich gegen den Bau der Drathbrücken noch anführen lassen, möchten besonders folgende seyn:

1) die aus vielen dünnen Eisendräthen bestehenden Drathbündel sind schwer vor dem Einflusse der Luft und Nässe, also vor Oxidation zu sichern;

2) die Hängseile bei Drathbrücken können an dem in continuo fortlaufenden Drathseile nicht so sicher befestigt werden, als die Hängschienen an den Tragketten bei Kettenbrücken; und endlich

3) ist es bis jezt sehr schwierig, wo nicht unmöglich, alle einzelnen Dräthe, aus denen ein Häng- oder Tragseil besteht, so gleichmässig zu spannen, dass jeder derselben eine gleiche Tragkraft ausübt. —

[78]) Noch ist hier eine, wie uns scheint, nicht unwichtige Bemerkung über die Berechnung des Trag-Vermögens von Brücken jeder Art aufzunehmen. — Nimmt man nemlich mit Dufour an, dass 280 Personen, von denen jede 70 Kil. wiegt, indem sie im Geschwindschritte gleichzeitig über die Genfer Drathbrücke gehen, alle auf einmal von einer Höhe von 10 Centimeter herabfallen, so ist der dynamische Effekt des Stosses für einen Mann 9800, und für 280 Mann 2744000. Da nun nach seinen Versuchen jeder Faden unter einem dynamischen Effekte von 5200 bricht, so können die 600 Fäden 3120000 tragen; dis ist um $^{1}/_{9}$ grösser als der durch die 280 Mann erzeugte dyna-

Digitized by Google

mische Effekt. Dieser Überschuss ist zu klein, als dass man mehr als 200 Mann erlauben dürfte, auf einmal im Schritte über die Brücke zu marschiren.

Ähnliche Berechnungen lassen sich auch über andere Brücken-Konstruktionen anstellen und es lässt sich untersuchen, ob sie stark genug seyen, einer lebendigen Kraft gehörig zu widerstehen. —

Wir können uns mit solchen Berechnungen nicht mehr befassen; es geht jedoch hieraus sowohl, als auch aus der Bemerkung No. 71 hervor, dass es uns an Stoff nicht gefehlt haben würde, noch manche Berechnungen und Aufgaben aufzunehmen, die nicht ohne Interesse gewesen wären.

So z. B. lässt sich fragen, welches der vortheilhafteste Winkel für die Spannketten in Bezug auf Ökonomie sey. Nennt man diesen Winkel β, die Spannung der Tragkette nach horizontaler Richtung Q, und die Spannung der Spannkette S, so ist

$$S = \frac{Q}{\text{Cos } \beta} \text{ und ihre Länge} = \frac{K}{\text{Sin } \beta},$$

wenn K die Höhe des Pfeilers ist. Der Geldwerth der Spannkette ist nun fast immer dem Produkte der Länge in ihre Spannkraft gleich; dieser Werth wird demnach ein Minimum, wenn

$$\frac{1}{\text{Cos } \beta \,.\, \text{Sin } \beta}$$

ein Minimum oder $\beta = 45°$ wird. —

So führt auch die Betrachtung der, bei den Berechnungen für die Bamberger-Brücke aufgestellten Formeln zu interessanten Folgerungen, je nachdem eine oder die andere der in diesen Formeln enthaltenen Grössen als veränderlich betrachtet wird. Wir wollen in dieser Beziehung nur noch auf das Verhältniss zwischen α und β aufmerksam machen, und auf den Einfluss, welchen dasselbe auf die Richtung der Zusammengesezten von T und S, und diese wieder auf die Stabilität des Pfeilers hat.

Die genaue Berechnung der Länge einer Kette kann nur nach den Formeln für die Bogenlänge der Kettenlinie oder der Parabel geschehen: beide Arten der Berechnung sind mühsam. Dufour sucht die Länge der Kette näherungsweise dadurch zu bestimmen, dass er statt der Kettenlinie oder Parabel einen Kreisbogen annimmt, welcher die Richtung der Spannung T tangirt. —

Kann man z. B. nach bereits bestehenden Mustern die Grösse der Spannung C im tiefsten Punkte der Kette im voraus bestimmen, so lässt sich die Länge v der Kettenlinie für jede gegebene Abscisse x auch leicht durch die Gleichung

$$v = \pm \sqrt{(2\,C\,x + x^2)}$$

finden, (M. vergl. Eytelwein's *Statik*. III. Bd., S. 101).

Auch müssen wir noch besonders auf die als klassisch anerkannte Abhandlung von Navier: *Mémoire sur les ponts suspendu* etc. etc. (Paris 1823) aufmerksam machen, deren Studium ebenso interessant als wichtig ist. — In der Beschreibung der Sophienbrücke in Wien von Mitis befindet sich Navier's Bericht an den General-Direktor des Strassen- und Brückenbaues zu Paris übersezt. — Ferner sehe man: *Auszug aus der Navier'schen Abhandlung über Hängbrücken* von Dr. Dietlein (Berlin bei Reimer 1825).

Digitized by Google

IV. Abtheilung.

KANAL- und HAFENBAU.

IX. Vorlesung.

Natürliche und künstliche Schiffahrt. — Erklärung der wichtigsten Bauwerke.

Der Gegenstand dieser vierten Abtheilung ist die Anwendung der, über die Konstruktions-Lehre aufgestellten Grundsäze auf Werke für die Schiffahrt, in dem Sinne genommen, wo man mit dieser Benennung die Bauten oder Arbeiten bezeichnet, welche zur Herstellung oder Vervollkommnung jener nöthig sind.

Bei dieser Annahme

- ist die Schiffahrt im Allgemeinen
  - innere — Sie begreift die Kommunicationen zu Wasser mittels der Flüsse und der Kanäle.
  - oder äussere — Sie begreift die Häfen und Rheden.
- Die innere Schiffahrt theilt sich in die
  - natürliche — Sie findet auf Strömen und Flüssen Statt, welche die Natur allein schiffbar gemacht hat.
  - oder künstliche — Sie geschieht auf Strömen und Flüssen, welche durch die Kunst schiffbar gemacht sind, oder auf Kanälen.

Digitized by Google

Die natürliche Schiffahrt findet Statt, wenn die Flüsse oder Ströme eine zureichende Wassertiefe für die Fahrtiefe der Schiffe darbieten, und wenn die Neigung erlaubt, stromaufwärts entweder mit Segeln oder mit Hülfe des Schiffzuges zu fahren.

Die Bestimmung der Grenze, wo die natürliche Schiffahrt der Flüsse anfängt, hängt ab:

1) von der Form oder dem Kiele der Fahrzeuge, welcher auf die Fahrtiefe der lezteren Einfluss hat;

2) von den herrschenden Winden, in Bezug auf die Hauptrichtnng des Fluss-Laufes;

3) von der Art des Materials, das er mit sich führt und welches selbst die Grenze der verschiedenen Reviere ist, in welche der Lauf des Flusses getheilt wird;

4) von der Breite des Bettes.

Die obere Grenze der natürlichen Schiffahrt eines Flusses oder Stromes liegt gemeinlich am Anfang desjenigen Revieres, welches Sand führt; sie entspricht einer Neigung von 3 Meter auf 6000 Meter. Diese Neigung ist das Maximum derjenigen, welche die Schiffahrt mittels des Schiffzuges gestattet.

Jene mit Segel erheischt weniger Neigung: die Erfahrung hat bewiesen, dass sie nur 1½ Meter auf 6000 Mtr. seyn darf. Dis ist die mittlere Neigung der Seine zwischen Rouen und Paris, auf welcher es daher, in Beziehung auf dieselbe möglich wäre, eine Segelschiffahrt einzurichten.

Der Ziehweg soll auf demjenigen Ufer hergestellt werden, wo der Strom am meisten Tiefe hat: auf dem Rande des Flusses angelegt, darf daselbst zwischen ihm und dem Ufer nichts seyn, was die Stetigkeit des Zuges erschweren oder hindern könnte. Um leicht und sicher Brücken zu passiren, muss dieser Weg immer unter dem äussersten Bogen angelegt werden, wenn die Gewölbe nach einem, mit einem grossen Halbmesser beschriebenen Kreissegmente gebildet sind, wie dis bei der Brücke am Plaze Ludwig's XV. der Fall ist; oder hinter den Widerlagern, wenn die Gewölbe gedrückt sind, wie bei der Brücke von Neuilly; endlich muss man vermeiden, ihn über das Pflaster der Brücke zu führen, wie bei der Brücke der Tuillerien; diese leztere Anordnung hat sehr grosse Nachtheile. [1])

[1]) Die Beschreibungen und Zeichnungen von diesen Brücken findet man in Perronet's und Wiebeking's Werken: nemlich von dem Pont Louis XVI., dem Plaze Louis XV gerade gegenüber, in Perronet's

Digitized by Google

Die Höhe auf welche dieser Weg rücksichtlich des Flusses gelegt werden soll, befindet sich etwas über dem Punkte, wo die Schiffahrt wegen der Anschwellungen aufhört.

Es ist einleuchtend, dass auf Flüssen die eine starke Neigung haben, die Schiffahrt aufhört vortheilhaft zu seyn, sobald die Kosten für das Ziehen der Fahrzeuge denen des gewöhnlichen Transportes gleich kommen, und in diesem Falle wird diese Art des Transportes sowohl aus der angeführten Rücksicht, als weil eine solche Schiffahrt stets Gefahren darbietet, aufgegeben.

Die Italiener sind die Ersten, welche sich mit der Theorie der fliessenden Gewässer beschäftigt haben.

Untersuchungen dieser Theorie, so wichtig sie auch sind, um das natürliche Verhalten (régime) der Flüsse zu bestimmen, können nicht der Gegenstand dieses Kurses seyn. [2])

Die wichtigsten Hindernisse der natürlichen Schiffahrt auf Flüssen sind: die zu grosse Neigung ihres Bettes; die Mühlwehre, denen die Mittel fehlen, welche die Kunst angiebt um sie zu passiren; die Inseln, die Anschwemmungen, welche die Flussbette erhöhen, und das natürliche Verhalten der Flüsse auf eine nachtheilige Weise verändern.

Die Kunst ist berufen, diese Hindernisse zu besiegen; die Arbeiten, welche jene als die Mittel angiebt um jene zu überwinden, begründen die künstliche Schiffahrt.

Ein Nivellement, das die Neigung des Flusses darstellt, ist die erste Vorarbeit zu jedem Verbesserungsentwurfe einer künstlichen Schiffarth.

Diese Arbeit erheischt Vorsichtsmaassregeln um die Genauigkeit zu erlangen, welche bei Entwürfen dieser Art durchaus

---

Werken, übersezt von Dietlein, S. 228, Taf. 34; die Brücke von Neuilly S. 8., Taf. 2, und endlich die Brücke der Tuillerien oder des Pont royal in v. Wiebeking's *theor. prakt. Wasserb.*, Bd. III, S. 497, Taf. 129. — Die Brücke von Jena zu Paris, von dem Ingenieur Lamandé, die jezt Pont des Invalides heisst, ist gleichfalls in von Wiebeking's *theor. prakt. Wasserb.*, Bd. III., S. 532, Taf. 124, und auch in Batsch's *hydrotechnischen Wanderungen*, 2ter Bd., S. 39, Taf. III zu finden. —

[2]) Eine Übersicht der vorzüglichsten Theorien über die Bewegung fliessender Gewässer befindet sich in G. Hagen's *Beschreibung neuer Wasserbaubauwerke in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und der Schweiz*, (Königsberg 1826, S. 1 bis 53); ferner sehe man über denselben Gegenstand: Funk's *Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunde*, I. Bd., S. 219 u. f. —

Digitized by Google

unentbehrlich ist: sie muss mit einem, mit Libelle und Fernrohr versehenen Nivellirinstrumente vorgenommen werden.

Um diese Genauigkeit zu erhalten, ist es üblich den Lauf des zu nivellirenden Flusses in Stationen von 1000 Mtr, oder darüber einzutheilen, und von keiner Station zur andern als nach mehreren Berichtigungen überzugehen, welche man durch aufeinander folgende Nivellirungen erhält, deren Resultate beinahe dieselben sind: das Nivellement wird nicht eher für hinlänglich genau angesehen, als bis durch die Berichtigungen das Resultat des Verhältnisses der Höhen-Pflöcke oder äussersten Steine von jeder Station auf 4 bis 5 Millimeter (2 — 2½ Linien) genau angiebt.

Wenn der Fluss, den man schiffbar machen will, eine hinreichende Breite hat; wenn er zu gleich den Anschwemmungen und grossen Anschwellungen wenig ausgesezt ist; wenn er endlich bei einer wenig beträchtlichen Geschwindigkeit überall die nöthige Wassertiefe darbietet, so kann man alsdann die Schiffahrt in seinem Bette herstellen.

Allein wenn die natürliche Neigung beträchtlicher ist als die oben festgesezte von 1 Mtr. auf 2000 Mtr. Länge, so muss man das natürliche Verhalten auf diese Neigung mittels schicklich angelegter Deiche oder Wehre zurück führen.

Bei der Wahl des Plazes und bei der Festsezung der Höhe dieser Wehre muss man vermeiden, dass ihre Anlage dem Ackerbaue dadurch nicht schaden könne, dass man die Felder zur Zeit der Hochgewässer Überschwemmungen aussezt.

Gewöhnlich können diese Wehre nur mit mehr oder weniger Nachtheil für die Uferbesizungen Statt haben, ausgenommen bei natürlich eingeschlossenen, oder bei künstlich eingedeichten Flüssen.

Es ist nun nöthig, die Definition einiger technischen Ausdrücke und die Erklärung einiger Bauwerke zu geben, welche zum Verständniss der folgenden Vorlesungen unerlässlich sind.

Der Fall eines Wehres oder einer Schleuse ist die Linie, welche den senkrechten Unterschied des Wasserspiegels zwischen dem obern und untern Bette eines Flusses angiebt, dessen Lauf durch ein Wehr durchschnitten ist.

Wenn es sich um einen Ableitungs-Kanal oder um einen Kanal zur Leitung von Gewässern auf eine Mühle, oder um einen solchen handelt, der zur Erleichterung der Schiffahrt eines

Digitized by Google

Flusses nöthig wird, so nennt man diesen Kanal eine Haltung, und man sagt obere Haltung und untere Haltung.

Die Bauwerke, welche die Schiffahrt anwendet, um die Fahrzeuge über einen, durch ein Wehr verursachten Fall zu sezen, sind: die Stauschleusen, Sturzbette oder Stauthore; die einfachen Schleusen, endlich die Kammerschleusen.

Diese Bauwerke gewähren die Mittel, die Verbindung zwischen den obersten und untersten Flussbetten nach Gefallen herzustellen oder aufzuheben; sie dienen mit mehr oder weniger Leichtigkeit zur Thal- und Bergfahrt der Fahrzeuge.

Geschieht die Schliesung dieser Anstalten durch Thore oder Schüzen, so ist dis eine einfache Schleuse, es mag nun eine Fallmauer vorhanden seyn oder nicht.

Wenn die Sperrung mittels kleiner, vertikal, oder auch horizontal gelegter Balken Statt findet, und wenn der Schleusenboden, — d. i. das untere Gemäuer oder der Boden, auf welchem das Werk erbaut wird, — eine geneigte Ebene bildet, so ist dis dann eine Stauschleuse oder ein Sturzbett oder ein Stauthor. [3])

Eine Kammerschleuse ist ein aus drei wesentlichen Theilen zusammengeseztes Bauwerk; sie besteht aus den obern und untern Schleusen und aus der Kammer die jene trennt: diese Kammer ist zur Aufnahme der Fahrzeuge bestimmt.

Mittels der Stemmthore, womit die Schleusen versehen sind, kann man, indem die Kammer von der einen oder der anderen Haltung abgeschlossen wird, den Wasserspiegel in derselben steigen oder sich senken lassen, und wenn dieser Wasserspiegel in der Kammer die nöthige Höhe hat, um die Thore der einen oder der anderen Schleuse öffnen und das Fahrzeug eintreten zu lassen, so schliesst man die Thore wieder, die man geöffnet hatte, und lässt das Fahrzeug steigen oder fallen, indem man den Wasserspiegel in der Kammer durch sehr einfache Mittel

---

[3]) Pertuis ou pas, démi-écluses, écluses simples, portières, portes de garde, passelis, pas du Roi, sind in Frankreich Provinzialausdrücke für einen und denselben Gegenstand und bezeichnen alle eine und dieselbe Vorrichtung, welche man in Deutschland mit dem Namen Stauschleusen belegt. Man sehe *l'Encyclopédie de l'Ingénieur par Délaistre*, (Tm. III, pag. 157) und des Freiherrn von Pechmann *praktische Anleitung zum Flussbau*, (II. Bd., S. 79 u. f.) —

Digitized by Google

hebt oder senkt: dann stellt man die Verbindung der Kammer mit derjenigen von den Haltungen wieder her, in welche man das Fahrzeug eingehen lassen will.

Die Anlage der Stauschleusen und Sturzbette, um die Fahrzeuge über die Wehr-Fällen zu schaffen, sind mit den grössten Unbequemlichkeiten und Nachtheilen verbunden; diese Werke gehören der Kindheit der Kunst an.

Die Sicherheit und Leichtigkeit der Schiffahrt mittels der Kammerschleusen müssen ihnen, ungeachtet der Kosten-Vermehrung die sie verursachen, unter allen Umständen den Vorzug verschaffen.

Bei der künstlichen, in dem Bette eines Flusses eingerichteten Schiffahrt liegt die Längen-Achse der Kammerschleusen gewöhnlich in der Richtung des Flusses: diese Lage ist mit vielen Missständen verbunden. Ausserhalb des Flussbettes und senkrecht auf dasselbe erbaut, vereinigen sie mehrere Vortheile; diese lezte Anwendung ist daher vorzuziehen.

Die Inseln sind im Allgemeinen der Schiffahrt hinderlich, weil dieselben, indem sie gewöhnlich die Breite des mittleren Querschnittes des Flusses vermehren, die Tiefe und Geschwindigkeit der Gewässer vermindern, indem die Tiefe der Flüsse beständig im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Breite steht. Man hilft diesem Missstande ab, indem man die kleinen Arme zuschliesst, um nur den Hauptarm zu erhalten.

Die natürlichen, nur an der Ausmündung des Flusses sich bildenden Bänke sind das unvermeidliche Resultat eines Gesezes des Gleichgewichtes. Die Kunst kann diese Wirkung nicht verhindern, allein sie kann manchmal ihre Nachtheile für die Schiffahrt abwenden, indem sie durch einen Ableitungskanal eine künstliche Ausmündung herstellt.

Es scheint, dass die Römer dieses Mittel angewendet haben, um den Bänken an der Ausmündung der Rhone auszuweichen, und dass dis die Absicht war, warum sie einen Kanal ausgruben, der sich seitdem ausgefüllt hat, wovon man aber noch Spuren findet: er ging von Arles ab und stund direkt mit dem Meere in Verbindung. Ohne Zweifel haben dieses Werk und die Schwierigkeiten, welchen die Schiffahrt an der jezigen Ausmündung der Rhone ausgesezt ist, die Eröffnung des Kanals von Bouc veranlasst, welcher sich von der Rhone aus, ein wenig unterhalb Arles, mit dem Hafen von Bouc vereinigt.

Digitized by Google

Also: wohl angelegte Wehre, um in allen Theilen eines Flusses eine constante Wasserhöhe zu erhalten, die für die Art von Fahrzeugen, welche darauf gehen sollen, hinreicht, und deren Wirkung ist, die Geschwindigkeit zu mässigen, und sie auf den gleichförmigen Beharungsstand von 1 Meter Neigung auf 6000 Meter Länge zurückzuführen; bequeme Ziehwege, Kammerschleusen, um über die Fälle zu sezen, und so angelegt, dass sie zum Schuz gegen Anschwemmungen dienen; Beschränkung der verschiedenen, durch, den Lauf des Flusses hindernde, Inseln gebildeten Verzweigungen desselben, auf einen einzigen Hauptarm; endlich Anlegung eines Seiten-Kanals, um die Sandbänke zu vermeiden, die sich an der Ausmündung bilden: dis sind, im Allgemeinen, die hauptsächlichsten und besten Mittel, eine in dem Bette eines Flusses errichtete, künstliche Schiffahrt zu verbessern. [4])

Allein wenn die, der Schiffahrt eines Flusses entgegen stehenden Hindernisse nicht durch die Anlage der Schiffahrt im Bette des Flusses überwunden werden können, so muss man ihnen durch eine künstliche Schiffahrt ausserhalb des Bettes, das heisst durch einen, mit dem Lauf desselben parallelen Kanal ausweichen.

Da dieses zulezt angegebene Mittel zu der Schiffahrt auf Kanälen gehört, welche leztere insbesondere den Gegenstand der nächsten Vorlesungen ausmachen, so behalten wir uns die Details über diese Art Werke für die Kanäle vor, mit denen wir uns jezt beschäftigen wollen.

---

[4]) Über die Schiffbarmachung eines Flusses sehe man des Freiherrn von Pechmann *praktische Anleitung zum Flussbau*, besonders den 2ten Band, S. 67 u. f. und Funk's *Beiträge zum Wasserbau*, S. 307 u. f. —

Digitized by Google

X. Vorlesung.

Von den Schiffahrts-Kanälen in Ebenen und mit Theilungspunkt. — Betrachtungen über die Verfahrungsweise bei Bildung von Kanal-Entwürfen mit Theilungspunkt. — Hierauf bezügliche Grundsätze. — Wasserbedarf.

Die Schiffahrts-Kanäle werden in zwei Klassen getheilt:

1) Kanäle in der Ebene, oder in einem und demselben Thale;

2) Kanäle mit Theilungspunkt.

Die ersteren sind diejenigen, welche man anlegt, um mittels Bauwerken ein fliessendes, von Natur nicht schiffbares Gewässer schiffbar zu machen. Die lezteren sind diejenigen, welche zwischen Flüssen oder Meeren, die durch eine Gebirgskette getrennt sind, eine Verbindung dadurch herstellen, dass sie die Gebirgsrücken übersteigen.

Der grösste Theil der Belgischen und Holländischen Kanäle ist von der ersteren Art.

Der Kanal zwischen den zwei Meeren, der Kanal du Centre, oder von Charolais, der von Briare, gehören zur zweiten.

Die Ersparung für den Transport mittels der Schiffahrt ist zu einleuchtend, als dass sie eines Beweises bedürfte; indessen giebt die Vergleichung der zwei Arten von Transport, nemlich entweder auf Landstrassen oder auf Kanälen, ein für die Schiffahrt so günstiges Resultat, dass es nur nüzlich seyn kann, es darzustellen.

Dieses Resultat geht aus den Erfahrungen hervor, welche täglich beim Befahren des Kanals von Orleans gemacht werden.

Digitized by Google

Ein einziger Mensch legt, indem er ein mit 5 tausend Miriagrammen (ungefähr 1000 Zentner) beladenes Fahrzeug zieht, die Länge des Kanals, von der Einmündung desselben in die Loire bei Combleux, bis Moret, wo er in die Seine tritt, in zehn Tagen zurück; der zurückgelegte Raum ist 11 Miriameter (ungefähr 30 bayer. Poststunden) lang. Ein einziger Bootsmann lenkt das Schiff; demnach erfordert der Transport von 2000 Zentner auf diese Weise nicht mehr als zwanzig Arbeitstage eines einzigen Menschen.

Nach den gewöhnlichen Daten für die Transporte mittels Wagen, würden, um denselben Transport mit diesen zu bewerkstelligen, 300 Tage eines Pferdes, und um es zu leiten, 75 Tage eines Fuhrmannes nöthig seyn.

Die Ersparung bei der erstern Art gegen die zweite beträgt für ein einziges Fahrzeug 300 Tage eines Pferdes und 55 Tage eines Menschen.

Wenn man erwägt, dass jährlich 3800 Schiffe auf diesem Kanale gehen, — die wir auf 3000 reduciren wollen, weil sie nicht alle die vorausgesezte Ladung von 1000 Zentner haben, — so findet man, dass jedes Jahr der Kanal von Orleans eine Ersparung von 900000 Tagen eines Pferdes und von 175000 Tagen eines Menschen gewährt; ein Resultat, welches in jeder Beziehung verdient, in besondere Betrachtung gezogen zu werden.

Da die, auf beide Klassen von Kanälen anwendbaren Bau-Werke dieselben sind, und da ein Kanal der erstern Klasse als einer der beiden Arme eines Kanals mit Theilungspunkt angesehen werden kann, so beschäftigen wir uns blos mit der leztern Art.

Die Anfertigung eines guten Kanalentwurfes mit Theilungspunkt erfordert alle Hülfsmittel, welche Erfahrung und Genie darbieten, um allen Anforderungen, welche diese Aufgabe in sich begreift, zu entsprechen.

Die Alten kannten diese Art von Kanälen nicht.

Muss ein hoher Berg, auf welchen man die zur Speissung eines Kanals nöthigen Gewässer nicht leiten kann, durchstochen werden, so bieten manchmal diese Durchstiche grosse Unbequemlichkeiten dar: sie sind, im Allgemeinen, zu vermeiden und man soll nur dann seine Zuflucht zu ihnen nehmen, wenn der Ingenieur die Unmöglichkeit erkannt hat, diesen Culminationspunkt mit einem nach oben offenen Kanale zu durchschneiden.

Digitized by Google

Das Resultat der Verhandlung, welche in Betreff des Kanals von St. Quentin Statt hatte, und gemäss welcher der, schon längst angefangene lange gerade Durchstich verlassen wurde, steht mit den wahren Grundsäzen im Einklang. Man hat Statt der Richtung Laurent das Projekt Devicq angenommen, welches, indem es ein, beinahe in der zu befolgenden Richtung liegendes Thal benüzt, den unterirdischen Theil in zwei Hälften theilt, und ihn ungefähr auf die halbe Länge reduzirt, was die mit dieser Kanalgattung verknüpften Unbequemlichkeiten bedeutend vermindert, da man sie doch nicht ganz vermeiden konnte.

Betrachtungen über die Bestimmung des Theilungspunktes.

Es giebt Theilungspunkte, welche von der Natur gebildet sind. Es können zwei Beispiele dieser Art angeführt werden.

Der Teich von Longpendu und der von Cony bei Epinal.

Der erste giesst an seinem südlichen Endpunkte sein Gewässer in die Bourbince, welche in die Loire läuft; und an seinem nördlichen Endpunkte fliesst sein Gewässer in die Heune, welche in die Saone mündet. Der zweite, der von Cony, ergiesst sein Gewässer in das Bassin der Mosel durch die Niche, und in das der Saone durch den Coney. Diese Teiche mit doppelten, entgegengesezten und natürlichen Ausflüssen haben ohne Zweifel die Idee der Kanäle mit Theilungspunkt gegeben. Der erste dieser Teiche wurde nuzbar gemacht und bildet den Theilungspunkt für den Kanal von Charolais; der zweite macht die Haupt-Grundlage eines Verbindungsprojekts zwischen den Bassins der Saone und der Mosel aus. [5])

Für die Anlage von Kanälen mit Theilungspunkten sind Kammerschleusen offenbar nothwendig.

Ihre Erfindung verdankt man zwei italienischen Ingenieuren, deren Namen unbekannt sind. Über die Brenta, nahe bei Vi-

---

[5]) Eine Beschreibung des Kanals von Charolais, von dem verstorbenen Kreis-Baurathe, Herrn Karl von Wiebeking, findet man im III. Bd. der *theor. prakt. Wasserbaukunde*, S. 156 u. f. —

Digitized by Google

terbo wurden die zwei ersten Schleusen dieser Art im Jahre 1481 erbaut.

Die ersten in Frankreich erbauten Kammerschleusen wurden an dem Kanal von Briare im Jahre 1605, über ein Jahrhundert nach ihrer Erfindung, angelegt. —

Alle seit jener Epoche erbauten Schleusen, mit Ausnahme der des Kanals du Centre, bei denen einige nüzliche Modificationen vorkommen, sind im Allgemeinen Nachahmungen der einen von den andern.

An Schleusen und an Bauwerken, welche sich auf Schiffahrts-Kanäle beziehen, bleiben noch viele Verbesserungen vorzunehmen übrig. Um diese Materie mit Ordnung zu behandeln, ist es am besten, einen Kanal-Entwurf zu bilden, und die Eleven auf die Bau-Werke aus denen er besteht, aufmerksam zu machen.

Gang der vorzunehmenden Arbeiten und Untersuchungen zur Bildung eines Kanal-Entwurfes mit Theilungspunkt.

Gesezt, es handle sich davon, durch einen Kanal zwei schiffbare Flüsse zu verbinden, welche durch eine lange, zusammenhängende Gebirgskette, die überstiegen werden muss, getrennt sind: so bestimmt man zuerst, den niedrigsten Punkt des Rückens, und untersucht, ob oberhalb dieses, zur Anlage der Theilungshaltung gewählten tiefsten Punktes sich Quellen befinden; ob es möglich ist, sie durch Leitgräben dahin zu führen, und ob sich die Ortsverhältnisse zur Anlage grosser Wasserbehälter eignen, welche die in der trockenen Jahrszeit zur Speisung beider Kanalarme nöthige Wassermenge enthalten müssen.

Man muss alsdann durch, unter verschiedenen Umständen wiederholte Messungen das mittlere Produkt der Gewässer oberhalb des Theilungspunktes bestimmen; die Kenntniss dieses mittleren Produktes und die darauf gegründeten Berechnungen stellen, durch Vergleichung dieses Produktes mit dem Wasserbedarfe die Möglichkeit her, ob der Kanal auszuführen sey oder nicht.

Digitized by Google

Die Berechnung der zur Speisung eines Kanals mit Theilungspunkt nöthigen Wassermenge besteht aus mehreren Ursachen des Bedarfs. Die erste ist die, welche die Verdünstung veranlasst: durch die Erfahrung wird diese Quantität auf eine 0,865 Meter (2,96 Fuss) hohe Schichte jährlich festgesezt; eine zweite Ursache des Bedarfs ist die, welche durch die Versickerung entsteht. Man schäzt sie, bei gewöhnlicher Erde, auf die Hälfte der Verdünstung; jedoch bemerkt der Herr General-Inspektor Ducros dass diese Schäzung zu schwach sey, wesshalb er sie auf ein und ein halb mal festsezt. —

Dis ist die Regel, welche man gewöhnlich für undurchdringbares Erdreich anwendet, allein in sandigem Erdreich ist die Versickerung beträchtlich grösser. Als Beispiel kann man den täglichen Verlust am Kanal von Narbonne, einige Zeit nach seiner Herstellung, anführen; er betrug nicht lange Zeit hernach in 24 Stunden ein 18tel des in dem Kanal enthaltenen Wassers. Allein diese Ursache des Wasserbedarfs vermindert sich mit der Zeit, und wird am Ende sehr unbeträchtlich. [6])

Um die dritte und hauptsächlichste Ursache des Wasserbedarfs, nemlich jene welche zum Manoeuvre der Schleusen dient, zu bestimmen, muss man die Menge der Schiffe kennen, welche jährlich den Kanal befahren. Die Entfernung der Schleusen von einander hat gleichfalls auf diesen Bedarf Einfluss; endlich kann man denselben, selbst annäherungsweise, erst dann bestimmen, wenn wir später einige Betrachtungen, in die wir noch nicht eingehen können, werden angestellt haben. —

Wenn Quellen oder Bäche sich unterhalb des Theilungspunktes vorfinden, welche man immer benüzen soll, so muss man untersuchen, ob es möglich sey, dieselben in den Kanal

---

[6]) Freiherr von Pechmann sagt in seiner Beschreibung des Kanals von der Donau zum Main, dass man den Verlust durch Vegetation, Verdünstung und Versickerung nicht einzeln und abgesondert angeben könne. Die Versickerung nimmt das meiste hinweg, und sie ist vorzüglich im Anfange und bei sandigem Boden gross, verliert sich aber nach und nach. Nach den an französischen Kanälen gemachten Erfahrungen kann man für jährliche Verdünstung und Versickerung eine Wassermasse annehmen, die dem doppelten körperlichen Inhalte des angefüllten Kanals gleich ist. Man sehe auch hierüber Woltmann's *Beiträge zur Baukunst schiffbarer Kanäle*, S. 249, 265. u. s. w. —

Digitized by Google

zu leiten, um sie zur Speisung der unteren oder tiefsten Theile des Kanals zu verwenden. Sind diese vorläufigen Untersuchungen gemacht, und ist die Möglichkeit des Kanals erkannt, so nimmt man einen Plan der Gegend auf, durch welche der Entwurf zieht.

Man bestimmt vorläufig den Zug des Entwurfs nach den vortheilhaftesten Localitäts-Verhältnissen.

Nach diesen als gut angenommenen Richtungen fertigt man ein Längen- und ein Quer-Nivellement, in der doppelten Breite des Entwurfs an und dehnt dasselbe bis zu den oberen Quellen aus.

Dieses Nivellement wird auf eine horizontale Ebene bezogen, welche über dem höchsten Punkte des Entwurfs liegt.

Auf das Längen-Nivellement zieht man das Längenprofil des Kanals; man bestimmt die Lage der Schleusen, so wie ihre Fallhöhen und sezt ihre Entfernungen von einander fest.

Sind diese Vorarbeiten hergestellt, so studirt man den Entwurf in allen seinen Einzelheiten; man trägt in den Plan alle die Veränderungen und Berichtigungen ein, welche die Berücksichtigung der, durch die Querprofile ausgedrückten Gelände-Neigungen nöthig gemacht hat, um die Festigkeit der Bauwerke mit der Ökonomie in den Erdarbeiten zu verbinden; endlich bestimmt man die Abmessungen der verschiedenen Theile des Kanals und sezt die Lage und die Art der verschiedenen Bauwerke, woraus er besteht, unter Rücksicht auf den Zweck den sie zu erfüllen haben, fest.

Wir wollen einige Grundsäze in dieser Beziehung aufstellen, und sie sodann auf einen Kanal-Entwurf anwenden.

Um zur Bestimmung des Abstandes der Schleusen von einander zu gelangen, erwägt man, dass, wenn die Ortsverhältnisse es gestatten, der geringste Abstand zwischen den Schleusen immer so seyn müsse, dass eine aus einer Haltung genommene Schleusung (éclusée) die Schiffahrt nicht unterbreche, das heisst, dass sie nicht eine solche Senkung bewirke, die ein Fahrzeug hindert in dieser Haltung zu gehen, wenn ihr nicht das entzogene Wasser ersezt wird.

Daher ist das Minimum des Abstandes zwischen zwei Schleusen der Quotient des durch die Kanal-Breite dividirten Kubus einer Schleusung, multiplicirt mit der Wasserböhe, um welche man eine Haltung ohne Nachtheil für die Schiffahrt senken kann.

Digitized by Google

Bisweilen ist der Abstand, welcher zwei Schleusen trennt Null, das heisst, die Ortsverhältnisse haben die Hinweglassung der Haltung nothwendig gemacht, und die Schleusen sind zusammenhängend: man nennt sie auch gekuppelte Kammern.

Diejenigen unter den Haltungen, in welcher die Schiffleute gewöhnlich rasten, muss sehr lang seyn; wenn aber die Örtlichkeit diese vortheilhafte Anlage nicht gestattet, so muss man dem Kanal in diesem Theile eine grössere Breite geben, oder noch besser, daselbst eine Bucht anlegen.

Die alte Meinung eines beständigen Bedarfs von zwei Schleusungen für ein Fahrzeug, welches die beiden Arme eines Kanals mit Theilungspunkt befährt, ist unrichtig. Die Untersuchungen welche zur genauen Bestimmung dieses Bedarfs Statt finden werden, lassen keinen Zweifel über diese Behauptung zu.

XI. Vorlesung.

Fortsezung der Grundsäze zur Bildung eines Kanal-Entwurfs mit Theilungspunkt. — Untersuchungen über den Wasserbedarf für den Durchgang eines Fahrzeugs unter allen möglichen Fällen. — Bestimmung des vortheilhaftesten Falles der Schleusen. — Betrachtungen über die schicklichste, den Kammern zu gebende Gestalt. — Anwendung auf einen Schiffahrts-Entwurf. —

Um zur genauen Bestimmung des Wasserbedarfs zu gelangen, den der Durchgang eines Fahrzeuges durch eine Schleuse verursacht hat, muss der Kubus des Wassers, welcher eine Schleusung bildet, als aus zwei übereinander liegenden Prismen bestehend betrachtet werden. Diese Prismen haben zur Grundfläche die der Kammer, aber ihre Höhe ist gewöhnlich bei den meisten Schleusen verschieden.

Digitized by Google

Das erste, Flottmasse genannt, ist dasjenige, dessen Höhe der Wassertiefe gleich ist, die erfordert wird, um das Schiff flott zu erhalten; sie ist also seiner Fahrtiefe gleich. Diese Höhe ist kleiner als diejenige, welche in der Haltung gewöhnlich erhalten wird.

Das zweite heisst Füllmasse, es hat den Höhen-Unterschied der Wasserspiegel der aneinander stossenden oberen und unteren Haltungen zur Höhe. Die Flottmasse ist immer in der abgeschlossenen Kammer vorhanden.

In den gekuppelten Kammern kann man sie nach den Umständen und dem Bedürfnisse des Dienstes halten oder ablaufen lassen; allein da die Ersparung des Wassers eine sehr wichtige Rücksicht bei dem Manoeuvre der Schleusen ist, und da es wenig Nachtheil bringt, wenn man in den gekuppelten Kammern die Thore mit diesem Prisma belastet lässt, so ist einleuchtend, dass es vortheilhafter sey, dasselbe zu halten. Ohne Zweifel ist es diese Rücksicht, welche dazu bestimmt hat, es bei der Berechnung des Wasserbedarfs für die Durchschleusung nicht zu beachten.

Bei der Untersuchung der, beim Durchgange eines Fahrzeuges verbrauchten Wassermenge unterscheidet man vier Fälle.

Die Kammer als mit der Flottmasse angefüllt vorausgesezt.

- Die Kammern sind von einander entfernt.
  - 1ter Fall: Kreuzen sich zwei Schiffe, dass heisst: fahren sie in entgegen geseztem Sinne, so brauchen sie eine Schleusung, oder, um mit der obigen Bemerkung übereinstimmend zu sprechen, eine einzige Füllmasse;
  - 2ter Fall: Folgen sie nach einander; so verbrauchen sie zwei Schleusungen;
- Die Kammern sind gekuppelt.
  - 3ter Fall: Kreuzen sich zwei Schiffe, so verbraucht jedes so viele Schleusungen als gekuppelte Kammern aufwärts liegen;
  - 4ter Fall: Folgen zwei Schiffe einander, so braucht jedes zwei Schleusungen.

Digitized by Google

Dis ist die wahre Art, diesen Bedarf zu schäzen; man verdankt sie dem verstorbenen General-Inspektor Gauthey, welcher zuerst Licht in diese Untersuchung gebracht hat. Einiges Nachdenken über die Wirkungen, welche sich aus den verschiedenen Gängen der Schiffe und unter den verschiedenen Voraussezungen ergeben, reicht hin, um sich von ihrer Genauigkeit zu überzeugen. *)

Der General-Inspektor des Brücken- und Strassenbaues Dueros hat Formeln des Bedarfs für den Durchgang der Schiffe unter der Voraussezung, dass die Kammern gekuppelt seyen, und unter jener gegeben, dass die Flottmasse abgelaufen und die Kammer ganz leer sey, was den Bedarf um vieles vermehrt.

Der General-Inspektor, Hr. v. Prony hat diese Formeln für alle Fälle verallgemeinert und sie unter derselben Hypothese auf den Durchgang mehrerer Fahrzeuge ausgedehnt.

Ungeachtet der Genauigkeit dieser Formeln können sie nur mittelbar dazu dienen, die zum Durchgang der Schiffe in einem Kanal nöthige Wassermenge zu messen, weil dieser Bedarf, wie er schon oben festgesezt wurde, von der Ordnung, welche die Schiffe in ihrem Gange halten, das heisst, je nachdem sie gegen einander gehen oder nacheinander folgen, abhängt; da es nun nicht möglich ist, im Voraus die Ordnung dieses, noch unbestimmten Ganges festzusezen, so kann man das Resultat dieser

---

*) Über die zur Durchschleusung von Schiffen, sowohl für einfache, als für gekuppelte Schleusen erforderliche Wassermenge und die Nachtheile, welche die letztern, sowie Schleusen mit verschiedenen Fallhöhen haben, sehe man: Gauthey's *Mémoires sur les Canaux de Navigation*, publiés par Navier, Paris 1816, S. 28. u. f.; ferner Büsch's *Übersicht des Wasserbaues*, II. B., S. 205. u. f., und von Wiebekings *theor. prakt. Wasserb.* III. B., S. 36 u. f. In dem zulezt genannten Werke sind auch die, im Texte von Sganzin erwähnten Prony'schen Formeln angegeben, man vergl. S. 45. —

Bei allen Berechnungen über den zur Durchschleusung der Schiffe erforderlichen Wasserbedarf wurde vorausgesezt, dass die Fahrtiefen der ab- und aufwärts gehenden Schiffe gleich seyen; dass aber dieses, im Allgemeinen, nicht angenommen werden könne, und dass für die Zulässigkeit dieser Annahme zwischen den Fahrtiefen der auf- und abwärts gehenden Schiffe, den Schleusenfällen und dem Wasser-Bedarf ein gewisses Verhältniss Statt finden müsse, dis hat zuerst Girard in einer Abhandlung gezeigt, welche im 18. Bde. der *Anales de Chimie et de Physique*, (Paris 1821, S. 225 u. f.) abgedruckt ist. Wir kommen auf dieselbe in der folgenden Note zurück.

Digitized by Google

vorzüglichsten Ursache des Wasserbedarfs nicht genau berechnen.

Man ist daher auf die annäherungsweise Bestimmung dieses Bedarfs beschränkt; aber es ist wesentlich nöthig, die Berechnung zum Vortheil des Kanals zu machen, das heisst, man muss den ungünstigsten Fall voraussezen; dis ist derjenige wo, bei von einander entfernt liegenden Kammern die Schiffe nacheinander, und bei gekuppelten Schleusen gegen einander gehen.

Also, fasst man alle Ursachen des Wasser-Bedarfs kurz zusammen, so müssen die Behälter enthalten:

1) die zum Ersaz der vorgesehenen Versickerung und Verdünstung nöthige Menge;

2) jene, welche man für den Durchgang der gegebenen Anzahl Schiffe unter der Voraussezung berechnet hat, dass sie in den abgesonderten Kammern nach einander, und in den gekuppelten gegen einander gehen.

Nach dieser Bestimmung der zur Speisung beider Kanal-Arme vorausgesezten nöthigen Wassermenge wird man also den Raumiuhalt der Wasser-Behälter bestimmen.

Da gewöhnlich die wichtigste Rücksicht bei der Anlage eines Kanals mit Theilungspunkt die Ersparung des, zur Speisung nöthigen Wasser-Bedarfs ist, so muss man alle möglichen Mittel anwenden und die vortheilhaftesten Einrichtungen treffen, um nur gerade die nöthige Wassermenge zu verbrauchen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, ist es üblich, die Schiffe in der trocknen Jahrszeit am Theilungspunkte aufzuhalten, um sie einen entgegen gesezten Gang nehmen zu lassen; allein man muss gestehen, dass dis Mittel eine Fessel für den Handel ist; man muss sich desselben nur mit Behutsamkeit bedienen, und sich hüten es zu missbrauchen. [5])

---

[5]) Wassermangel am Theilungspunkte war oft schon die Ursache, dass die nützlichsten Kanäle nicht ausgeführt, oder die Schiffarth bereits ausgeführter nicht zu allen Zeiten unterhalten werden konnte. Daher das Bestreben vieler grossen Ingenieure, diesem Hindernisse zu begegnen. Die Anwendung der geneigten Ebenen v. Fulton, die Schiffe mit Räder von Chapmann; die Schwimmschleusen von Bettancourt; die beweglichen Kammern von Soulage u. m. a. sind Erfindungen, die meistens in England zur Ausführung kamen (m. s. Dutems).

Der zur Durchschleusung eines oder mehrerer Schiffe erforderliche Wasserbedarf lässt sich nun in allen Fällen der Ausführung nach den Formeln von

Digitized by Google

Das Resultat der Untersuchung des Wasser-Bedarfs, den der Durchgang der Schiffe verursacht, beweisst den Nachtheil

---

Gauthey und Ducros, von Prony verallgemeinert, leicht finden, die Schleusen mögen isolirt oder gekuppelt seyn. — Allein, besteht nicht zwischen dem Fall einer Schleuse, dem Wasserbedarf beim Durchgang eines Schiffes und dessen Fahrtiefe, sowohl beim Ab- als Aufwärtsgehen ein gewisses Verhältniss? Diese Frage, so wichtig sie auch ist, wurde noch nicht erörtert, desshalb finde sie hier ihren Plaz. — (Man vergleiche die in der Note 7 erwähnte Abhandlung von Girard: *Annales de Chimie et de Physique*, Tom. 18, pag. 225 u. f., — von welcher diese Note ein Auszug ist).

Zur Vereinfachung nehme man an: dass die Schiffe 1) aus der untern in die obere Haltung durch eine Schleuse gehen und 2) dass ihre Form prismatisch und ihr horizontaler Querschnitt = dem der Schleusenkammer = S sey.

Die Fallhöhe der Schleuse sey = x, und die Fahrtiefe des Schiffes sey für die Bergfahrt = $t_,$ und für die Thalfahrt = $t_{,,}$.

Bei dem bekannten einfachen Manöver der Durchschleusung erfordert ein Schiff, bei der Fahrt zu Berg, aus der obern Haltung die Wassermenge

$$Sx + St_,.$$

Nimmt man nun an, dass die Kommunikation zwischen der Kammer und der obern Haltung belassen und gerade ein Schiff abwärts geschleust werde, so geht hierdurch in die obere Haltung die Wassermenge $St_{,,}$ zurück, und es ist daher die zum doppelten Durchgange eines Schiffes aus der obern Haltung erforderliche Wassermenge

$$= Sx - S(t_{,,} - t_,)$$

= einem Prisma, dessen Basis gleichfalls = S und dessen Höhe = y' gesezt werden kann, man hat also

$$Sx - S(t_{,,} - t_,) = Sy$$

$$\text{oder } y' = x - (t_{,,} - t_,).$$

eine Gleichung, die der geraden Linie angehört und leicht zu konstruiren ist; sie stellt das Verhältniss zwischen dem Wasseraufwand, dem Schleusenfall und der Fahrtiefe der zu Berg und zu Thal gehenden Schiffe auf.

Es folgt aus dieser einfachen Gleichung, dass der Wasseraufwand y positiv, Null oder negativ ist, je nachdem man

$$x > t_{,,} - t_,$$

$$x = t_{,,} - t_,$$

$$x < t_{,,} - t_,$$

sezt. Daher kann man den Wasseraufwand einer beliebigen Haltung nicht nur so klein machen, als man nur immer will, sondern man kann ihn sogar = o werden lassen; noch mehr, man kann selbst ein gewisses Volumen Wasser aus der untern Haltung in die obere steigen machen. —

Digitized by Google

der gekuppelten Kammern, besonders wenn sie sich nahe am Theilungspunkte befinden.

Für den doppelten Durchgang zweier anderer Schiffe findet man, bei ähnlicher Bezeichnung, den Wasseraufwand

$$y'' = x - (t_{IV} - t_{III})$$

und für einen 3ten doppelten Durchgang ebenso

$$y''' = x - (t_{VI} - t_V) \text{ u. s. w.}$$

Der Gesammt-Aufwand für die obere Haltung derselben Schleuse für eine beliebige Anzahl von n sich abwechselnd folgenden doppelten Durchgängen ist also

$$y' + y'' + y''' + \ldots = nx - ((t_{II} + t_{IV} + \ldots + t_{2n} - (t_I + t_{III} + \ldots t_{2n-1})).$$

oder — die Summe mit grossen Buchstaben bezeichnet —:

$$Y = nx - (T'' - T'),$$

wo also für eine beliebige Anzahl von n Schiffen der Gesammt-Wasseraufwand wieder positiv, Null oder negativ wird, je nachdem

$$x > \frac{T'' - T'}{n}, \quad x = \frac{T'' - T'}{n},$$

$$\text{oder } x < \frac{T'' - T'}{n} \text{ wird.}$$

Da nun die Fahrtiefen (T'', T') der Schiffe immer ihre Gewichte nebst ihren Ladungen repräsentiren, so erhellt, dass zur Bestimmung des Falles einer Schleuse x auch die Natur und die Menge der Ein- und Ausfuhren, also gewisse statistische Kenntnisse bekannt seyn müssen, die auf den ersten Blick nur eine entferntere Beziehung mit dem Entwurf eines Kanals zu haben scheinen.

Es erhellt, dass der oben vorausgesezte Gang der Schiffe der vortheilhafteste in Bezug auf den Wasseraufwand ist; allein gewisse Umstände können einen andern Gang bedingen, z. B. wenn mehrere Schiffe unmittelbar nacheinander — also in Zügen zu bestimmten Stunden bergab oder bergan fahren.

Das 1ste bergan fahrende Schiff erfordert den Wasseraufwand

$$S(x + t_I').$$

Das 2te bergan fahrende Schiff findet die Kammer gefüllt; diese muss daher zuerst entleert werden, folglich braucht das 2te Schiff, um aus der untern Haltung in die obere zu kommen, aus der obern die Wassermenge

$$S(x + t_{III}').$$

Eben so das 3te

$$S(x + t_V') \text{ u. s. w.}$$

also für n' berganfahrende Schiffe

$$S(n'x + t_I' + t_{III}' + t_V' + \ldots).$$

Digitized by Google

Es lassen sich Beispiele dieser schlechten Anordnung anführen. Der Kanal von Briare und der mittägliche Kanal

---

Das erste abwärts fahrende Schiff findet die Kammer gefüllt, es tritt also hiedurch die Wassermenge $S t'_{,,}$ in die obere Haltung zurück, folglich ist der Wasserbedarf für diese Haltung vom ersten abwärts gehenden Schiffe

$$- S t'_{,,}.$$

Das zweite abwärts gehende Schiff findet nun die Kammer leer, um also abwärts zu kommen, muss aus der obern Haltung die Wassermenge

$$S (x - t'_{IV})$$

genommen werden.

Der Aufwand für das 3te abwärts gehende Schiff ist gleichfalls:

$$S (x - t'_{VI}) \text{ u. s. w.}$$

also m′ abwärts gehende Schiffe erfordern:

$$S (x (m' - 1) - t'_{,,} - t'_{IV} - t'_{VI} \ldots.)$$

Ein 2ter Zug (convoi) von n″ aufwärts gehenden Schiffen erfordert

$$S (n'' x + t''_{,} + t''_{,,,} + t''_{v} + \ldots.),$$

und ein zweiter Zug von m″ abwärts gehenden Schiffen erfordert

$$S (x (m'' - 1) - t''_{,,} - t''_{IV} - t''_{VI} - \ldots.).$$

Nennt man nun Sy', Sy'', Sy''' .... die partiellen Wassermengen der aufwärts gehenden Schiffzüge, und Sz', Sz'', Sz''', ... die der abwärts gehenden Züge, so hat man für K Schiffzüge, die abwechselnd bergan und bergab fahren:

$$\begin{aligned}
S (y' + y'' + y''' + \ldots. + z' + z'' + z''' + \ldots.) &= \\
S (n' x + t'_{,} + t'_{,,,} + t'_{v} + \ldots.) & \\
+ S (n'' x + t''_{,} + t''_{,,,} + t''_{v} + \ldots.) & \\
+ S (n''' x + t'''_{,} + t'''_{,,,} + t'''_{v} + \ldots.) & \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
+ S (x (m' - 1) - t'_{,,} - t'_{IV} - t'_{VI} - \ldots.) & \\
+ S (x (m'' - 1) - t''_{,,} - t''_{IV} - t''_{VI} - \ldots.) & \\
+ S (x (m''' - 1) - t'''_{,,} - t'''_{IV} - t'''_{VI} - \ldots.) &
\end{aligned}$$

oder setzt man im Allgemeinen die Anzahl der bergan fahrenden Schiffe = N, die der bergabfahrenden = M und macht man die Summe von $y' + y'' +$

Digitized by Google

sind davon nicht ausgenommen. Am Kanal von Briare kommen nahe am Theilungspunkte, seitwärts des Baches von Loing,

---

$y''' + \ldots . z' + z'' + z''' + \ldots . = Y$, so hat man, wenn T' und T'' die obige Bedeutung haben,

$$Y = x\,(N + (M - K)) - (T'' - T'),$$

wo $Y = +$, $= 0$ oder $= -$ wird, je nachdem

$$x > \frac{T'' - T'}{N + M - K},\quad x = \frac{T'' - T'}{N + M - K},$$

$$\text{oder } x < \frac{T'' - T'}{N + M - K}.$$

In der allgemeinen Formel $Y = x\,(N + (M - K)) - (T'' - T')$ wird der erste Posten des 2ten Gliedes ein Minimum für $M - K = 0$, d. h. wenn die Anzahl der bergab fahrenden Schiffe der Anzahl der Züge gleich ist, welche sie bilden, oder, was dasselbe ist, wenn sie je eins und eins gehen. Unter dieser ersten Voraussezung wird die Formel

$$Y = Nx - (T'' - T'),$$

wie wir schon oben fanden. –

Der Ausdruck $x\,(N + (M - K))$ der allgemeinen Formel wird dagegen ein Maximum, wenn $K = 1$ ist, denn weniger als ein Zug kann nicht ab- oder aufwärts gehen; man hat also

$$Y = x\,(N + (M - 1) - (T'' - T').$$

Sezt man die Anzahl der bergan- und bergabfahrenden Schiffe gleich, also $N = M$, so hat man:

$$Y = x\,(2N - 1) - (T'' - T').$$

Es ist nun klar, dass, wenn die Schiffe in beliebiger Anzahl n gehen und sich je eins kreuzen, der Wasseraufwand Null wird unter der Bedingung

$$x = \frac{T'' - T'}{n};$$

wenn hingegen dieselben Schiffe in zwei Zügen gehen, so wird dieselbe Bedingung ausgedrückt durch

$$x = \frac{T'' - T'}{2n - 1}.$$

Hieraus folgt, dass der Fall einer Schleuse sich desto mehr der Grösse

$$\frac{T'' - T'}{2n}$$

nähert, je grösser n, die Anzahl der Schiffe, ist; folglich geben die Grössen

$$\frac{T'' - T'}{n} \text{ und } \frac{T'' - T'}{2n}$$

die Grenzen an, zwischen welchen man den Fall einer Schleuse variiren lässt, damit der Wasseraufwand der obern Haltung für eine beliebige Anzahl der, in beliebiger Ordnung, den Kanal befahrenden Schiffzüge Null ist. Der mittlere Werth von diesen beiden äussersten Werthen, nemlich

$$\frac{3}{4}\left(\frac{T'' - T'}{n}\right) = x$$

Digitized by Google

sieben gekuppelte Schleusen vor. Diese fehlerhafte Anlage verursacht, dass ein Schiff, welches von Moret nach Briare

---

ist also derjenige, welcher der Bedingung $y = 0$, für eine gegebene, den Kanal in beliebiger Ordnung befahrende Anzahl von Schiffen, am wahrscheinlichsten entspricht.

Diese Fallhöhe ist $^3/_4$ von derjenigen, welche der Bedingung, dass die Schiffe bei jeder Schleuse sich kreuzen, entspricht, und bekanntlich ist es auch diese lezte Ordnung, welche man auf Schiffahrtkanälen einzuhalten sucht. —

Von Niemand wurde noch auf den dynamischen Effekt der Kanäle aufmerksam gemacht: bekanntlich versteht man unter dynamischem Effeckt das Produkt eines Gewichtes in die, mit gleichförmiger oder gleichförmig beschleunigter Bewegung vertikal durchlaufene Höhe. —

Bei einem Kanal werden nun nicht nur Wassermengen, sondern auch Schiffe aufwärts bewegt.

Für den Wasseraufwand hatten wir allgemein:

$$y = x - (t'' - t'),$$

für $y = +$ ist nun die Wassermenge, welche von oben nach unten bewegt wird $= x - (t'' - t')$, also der dynamische Effekt für die Höhe x

$$= z\,(x - (t'' - t'));$$

ausserdem steigt das Schiff t'' von derselben Höhe herab; dessen dynamischer Effekt ist also

$$= x\,t''.$$

Die Summe hievon ist

$$= x\,(x - (t'' - t')) + x\,t''.$$

Während dieser Zeit geht aber das Schiff t' aufwärts, es muss daher, um den Verlust der die dynamischen Effekte erzeugenden, lebendigen Kräfte zu finden, der dynamische Effekt von t', also x t', von obigem abgezogen werden; man hat also:

$$x\,.\,(x - (t'' - t')) + x\,t'' - x\,t' = x\,x.$$

Für $y = 0$ ist der Verlust an lebendiger Kraft

$$= x\,(t'' - t') = x\,x$$

und für $y = -$ oder $-y = -x + x\,(t'' - t')$, ist der Verlust an lebendiger Kraft

$$= t''\,x \quad - t'\,x - x\,(-x + (t'' - t')) = x\,x,$$

also in allen 3 Fällen $= x^2$.

Nennt man die ganze Höhe eines Kanals $= h$, die durch die verschiedenen Schleusenfälle $x_{,}, x_{,,}, x_{,,,}, x_{IV} + \ldots$. vereinigt werden soll, so hat man

$$h = x_{,} + x_{,,} + x_{,,,} + x_{IV} + \ldots.$$

und für den Verlust an lebendiger Kraft auf die ganze Länge des Kanals

$$x_{,}^2 + x_{,,}^2 + x_{,,,}^2 + x_{IV}^2 + \ldots.$$

Digitized by Google

geht, acht Schleusungen verbraucht, wenn darauf ein von Briare kommendes Schiff durchgeht; während dem es nur eine ver-

---

Dieser Verlust wird desto kleiner, je grösser die Anzahl der Schleusen ist.

Für gleiche Schleusenfälle hat man:

$$x_{,} = x_{,,} = x_{,,,} = \ldots = \frac{h}{n},$$

also der Verlust an lebendiger Kraft

$$= n \cdot \frac{h^2}{n^2} = \frac{h^2}{n}.$$

Für eine andere Vertheilung der Schleusen hat man

$$\frac{h^2}{n'},$$

folglich verhalten sich die Verluste unter den angeführten Voraussezungen wie:

$$\frac{1}{n} : \frac{1}{n'} = n' : n$$

d. h. sie stehen in umgekehrtem Verhältnisse der Anzahl der Schleusen, welche die gegebene Höhe des Kanals verbinden.

Für $y = +$ hat man:

$$y = \frac{h}{n} - (t'' - t') \text{ und}$$

$$y = \frac{h}{n'} - (t'' - t'),$$

also vermindert sich dieser Aufwand in einem noch grössern Verhältnisse, als die Anzahl der Schleusen zunimmt.

Für die gewöhnliche, bis jezt allein stillschweigend angenommene Voraussezung von $t'' = t'$ hat man:

$$y = \frac{h}{n} \text{ und } y = \frac{h}{n'},$$

woraus also erhellt, welchen Vortheil es für den Wasseraufwand hat, den Schleusen wenig Fall zu geben. —

So einfach auch die Rechnungen, welche dieses Resultat lieferten, sind, so ist es bis jezt dennoch der Aufmerksamkeit der Ingenieure entgangen, was in dem natürlichen Gange unsers Geistes und der Langsamkeit liegt, mit welcher gewisse Kenntnisse sich verbreiten!

Die ersten Schleusen sollen in dem venetianischen Staate erbaut worden seyn; an Wassermangel war daselbst nicht zu denken; deshalb glaubte man später, je grösser der Effekt einer Schleuse sey, desto vortheilhafter und bewunderungswürdiger sey auch sie. Bis auf die heutige Stunde ahmte man blos nach!

Aber es ist viel leichter, das, was in der hydraulischen Architectur geleistet worden ist, nachzuahmen, als suchen es zu verbessern, — oder das, was der Gebrauch geheiligt zu haben scheint, durch Gründe zu rechtfertigen.

Digitized by Google

braucht haben würde, wenn die Schleusen isolirt oder in schicklichen Entfernungen von einander angelegt worden wären.

Es ist daher einleuchtend, dass man so viel als möglich die Anlage von gekuppelten Schleusen nahe am Theilungspunkte

---

Die Missgriffe, die in dieser Beziehung an dem Kanal von Languedoc gemacht wurden, sind — weltbekannt.

Die Meinung von Perronet, dieses mit Recht berühmten Ingenieurs, dass der grössere oder kleinere Raum, welcher durch ein Schiff verdrängt wird, auf den Wasserbedarf der ab - und aufwärts gehenden Schiffahrt ohne Einfluss sey, und dass man daher keinen Grund habe, die Schleusenfälle zu vermindern, fand bis heute keinen Widerspruch.

Gauthey sagt, man soll die Schleusenfälle nicht gleich, sondern immer kleiner machen, je mehr man sich vom Theilungspunkte entfernt und so lange man keine neue Zuflüsse hat; aber er giebt nicht an, unter welchen Umständen und mit welchen Ausnahmen man so zu verfahren habe. Er bemerkt blos, dass die Schleusenfälle nicht kleiner als $1{,}30^{m}$ und nicht grösser als $3{,}90^{m}$ gemacht werden; demnach, sagt er, scheint es am schicklichsten zu seyn, die Schleusenfälle $= 2{,}60^{m}$ zu machen! —

Wir wollen nun die strengen Grundsäze nach welchen die aufeinanderfolgenden Schleusenfälle eines Kanals vertheilt werden sollen, aufstellen.

Nimmt man an, dass die Fahrtiefen der ab - und aufwärts gehenden Schiffe gleich sind, so ist der Wasserbedarf, den der doppelte Durchgang eines Schiffes bei einer Schleuse erfordert, ihrem Falle proportional und umgekehrt. Würde nun der Kanal auf seine ganze Länge keinen Verlust an Wasser erleiden, so könnten alle Schleusenfälle zwischen den Haltungen, die neue Zuflüsse erhalten, gleich seyn. — Dem ist nun aber nicht so; die Verdünstungen und die Durchsickerungen sind, bei gleichartigem Gelände, der Länge des Kanales proportional; um also den Nachtheilen, die hiedurch erwachsen, begegnen zu können, muss man entweder die Fahrtiefe in den Haltungen oder die Schleusenfälle, je weiter man sich von der obersten Haltung entfernt je mehr vermindern.

Ersteres geht wegen der Schiffahrt nicht an, also muss das leztere geschehen. Die Schleusenfälle müssen demnach bei einem Kanal so lange abnehmen, bis wieder neue Zuflüsse Statt finden; die Schleuse unterhalb der Haltung, welche einen neuen Zufluss hat, kann nun wieder diesem gemäss vergrössert werden, von ihr abwärts müssen aber die Schleusenfälle, proportional ihrer Entfernung, abnehmen. Kurz es erhellt: dass im Allgemeinen, wenn man alle Haltungen eines Kanals als einmal gefüllt ansieht, und zwar so hoch, dass die am tiefsten gehenden Schiffe darauf gehen können, so muss, um die gleichhohe Wassertiefe im Kanal zu erhalten, welches auch die Aktivität der Schiffahrt auf demselben seyn mag; der Fall einer beliebigen Schleuse der Summe sowohl der am Theilungspunkte als der

Digitized by Google

vermeiden muss, und dass man dieses System von Kammern nur dann anwenden darf, wenn die Ortsverhältnisse es durchaus erfordern.

---

durch Seitenzuflüsse erhaltenen Wassermengen proportional seyn, nachdem man von dieser Summe den, auf diese Länge Statt gefundenen Verlust für Verdünstung und Durchsickerung abgezogen hat; und da diese gewonnenen und verlorenen Wassermengen nach den Lokalitäten eines Kanals von bestimmter Länge ausserordentlich veränderlich sind, so erhellt, dass die Gleichheit der Schleusenfälle, die man auf einem Kanal vorschreibt, auf einer einfachen praktischen Regel beruht, die durch keine Theorie gerechtfertigt wird.

Würde auf den Unterschied der Fahrtiefen der ab- und aufwärts gehenden Schiffe Rücksicht genommen, so lässt sich das Gesez der Veränderlichkeit der Schleusenfälle eben so leicht aufstellen. —

Die lebendigen Kräfte oder die dynamischen Effekte können immer den Nutz-Effekt einer Maschine darstellen. Die Ökonomisirung dieser Kräfte lässt daher zu einer anderweitigen Benuzung stets einen Theil disponibel. Z. B. Bei einem Kanal bleibt ein grösserer Theil der lebendigen Kraft zum Betriebe von Mühlen disponibel, wenn man die Schleusenfälle schicklich vertheilt und also mit jener Kraft möglichst spart. —

Der Wasseraufwand der obersten Haltung kann, wie wir gesehen haben, $>$ als 1 oder positiv, 0 und negativ werden. —

Um den lezten Vortheil zu erhalten muss, 1) die Fahrtiefe der abwärts gehenden Schiffe grösser seyn, als die der aufwärts fahrenden; und 2) der Fall der Schleusen gerade dem Unterschiede dieser Fahrtiefen gleich seyn. —

Diese lezte Bedingung ist leicht zu erfüllen, wenn die erste Statt findet. Aber die erste findet viel öfter Statt als man bis jezt glaubte, da man immer annahm die Schiffahrt sey nach den beiden entgegengesezten Richtungen eines Kanals gleich stark. —

Die Flussthäler sind es vor allem, wo sich die Bevölkerung am ersten anhäuft; die grössten Städte blühen an den Ufern grösserer Ströme: dem Mangel der Bedürfnisse in den niedrigen Ebenen wird durch den Überfluss in den höher liegenden Gegenden abgeholfen. Geschieht nun die Zufuhr zu Wasser, so ist klar — wie es auch durch viele Beispiele erwiesen werden kann — dass die Schiffe schwer beladen abwärts gehen, aber fast ganz leer aufwärts. —

Wird dieses Princip einmal anerkannt, so erleidet die zur Unterhaltung der Schiffahrt eines Kanals nöthige Wassermenge grosse Reduktionen und Wasser-Mangel am Theilungspunkte wird künftig kein Hinderniss zur Ausführung eines Kanals seyn. *) —

*) Es versteht sich wohl von selbst, was auch Girard aus einer Stelle in der 2ten Abhandlung schliessen lässt, dass man am Theilungspunkte immer so viel Wasser sammeln könne, als zur 1ten Füllung des Kanals erforderlich ist. —

Digitized by Google

Die Beweggründe zu ihrer Anlage sind bei den meisten der bestehenden Kanäle ohne Zweifel aus der scheinbar hieraus ent-

---

Ein Beispiel: Die Fahrtiefe der Schiffe, die abwärts gehen, oder t'' sey $= 1{,}20^m$, $t' \ldots = 0{,}30^m$, und das Gewicht des Wassers, das der Kanal aufwenden kann, sey dem 4ten Theile des ganzen Gewichts der ab- und aufwärts gehenden Schiffe gleich, so findet man $x = 1{,}275$. —

Für $y = -$ dieser Grösse ist $x = 0{,}685^m$ und für $y = 0$ ist $x = 0{,}90^m$, wenn man nemlich die entsprechenden Werthe in unsere allgemeine Formel substituirt.

Es erhellt aus dieser Abhandlung, wie dem Wassermangel, der der Eröffnung eines Kanales unter gewöhnlichen Umständen hinderlich seyn könnte, zum Theil abgeholfen werden kann; aber die Herstellung des bezeichneten Verhältnisses, zwischen den Fahrtiefen der Schiffe und dem Schleusenfall bietet noch andere nicht minder wichtige Vortheile. —

Die Vermehrung der Fahrtiefe und die Verminderung der Schleusenfälle verschafft die Möglichkeit, auf schmälern Kanälen ein bestimmtes Gewicht fortschaffen zu können; daher diese eine kleinere Oberfläche, also weniger Aufwand für Grund-Ankäufe, in Anspruch nehmen, während dem zugleich hiedurch die Verdünstung in demselben Verhältnisse abnimmt. — Die Handhabung der Schleusen wird viel einfacher und leichter, daher sie auch, wie es bereits in England bei den kleinen Kanälen der Fall ist, den Schiffern anvertraut werden kann und also die Löhnungen und Wohnungen für Schleusenwärter ersparrt werden. —

Die Unterhaltungskosten von Schleusen mit kleinem Falle sind auch viel geringer und die aussergewöhnlichen seltener; demnach auch die Unterbrechungen der Schiffahrt nicht so häufig und nicht so lange andauernd.

Endlich erfordern schmälere aber tiefer gehende Fahrzeuge weniger Kraft zum Fortziehen; und da sie geschlossen werden können, so sind die Waaren darin mehr in Sicherheit. —

Die Erfindung der Schleusen muss noch als eine neue Erfindung, welche noch vieler Vervollkommnung fähig ist, angesehen werden.

Obgleich man im 14ten Jahrhundert nach der Erfindung des Schiesspulvers anfänglich mit ungeheuer grossen Kanonen — die jezt nur als Schaustücke in Arsenälen oder allenfalls noch bei den Türken sich vorfinden — Kugeln von 100 bis 150 Kil. abschoss, und jedermann über die ausserordentliche Wirkung derselben staunte, so hat doch die neuere Taktik den Gebrauch so grosser Kanonen, die nach und nach immer kleiner wurden, nun ganz abgeschafft; — und es wurde diese Waffe nur dadurch wahrhaft vervollkommnet, dass man sie beweglicher und leichter und folglich geschickter machte, mit dem geringsten Aufwand von lebendiger Kraft den möglichst grössten Effekt hervorzubringen. — Freilich hat es seit der Erfindung des Schiesspulvers nicht gefehlt, die Artillerie in Anwendung zu bringen, und diese Anwendung hat daher auch ihre Fortschritte vielmehr beschleunigen müssen, als die der hydr. Architectur seit der Erfindung der Schleusen. — Desshalb stehen wir auch in dieser besondern Gattung von Bauwerken noch bei den groben Stücken.

Digitized by Google

springenden Ökonomie genommen, indem man bei gekuppelten Schleusen ein Paar Thore, mithin einen Schleusentheil weglässt; allein, zergliedert man diese Gründe, so ist leicht einzusehen, dass diese Ersparung beinahe Null wird. Die von dem Hrn. General-Inspektor Gauthey angestellten, vergleichenden Berechnungen lassen hierüber keinen Zweifel zu. *)

Nach den Kosten-Zusammenstellungen, welche er für die verschiedenen Hypothesen gekuppelter und isolirter Kammern gefertigt hat, findet man, dass die Ersparung nur ein Fünftheil bis ein Sechstheil für die gekuppelten Schleusen von zwei bis fünf Kammern beträgt. Nachdem die Frage in Bezug auf die gekuppelten Kammern geprüft worden ist, wird man sich nun mit der Untersuchung über die Bestimmung des den Schleusen zu gebenden Falles und mit den aus dieser Untersuchung entspringenden Folgerungen beschäftigen.

---

*) Man sehe das angeführte Werk von Gauthey, Seite 33, sowie über denselben Gegenstand den *Wasserbau* von Büsch und Wiebeking. — Wenn jedoch nur auf die Zeit Rücksicht genommen wird, die man braucht, um einen Schiffahrts-Kanal zu durchfahren, so ist es angemessen, den ganzen Fall des Kanals auf gekuppelte Schleusen zu vertheilen und die Schiffe in Reihen gehen zu lassen. —

Da es sich aber nicht davon handelt, mit der Zeit allein, sondern auch und vorzüglich mit dem Wasser zu ökonomisiren, so ist es nöthig, wie in der vorstehenden Bemerkung gezeigt wurde, die Schleusenfälle zu vermindern. Wenn ein einzelnes Schiff eine gekuppelte Schleuse passirt, so ist der Wasserbedarf für den doppelten Durchgang eines Schiffes stets derselbe, welche auch die Anzahl der Schleusenkammern, aus denen eine gekuppelte Schleuse besteht, seyn mag; wenn aber bei dem doppelten Durchgange mehrerer Schiffe dieselben in Reihen oder Zügen passiren, so ist der Wasserbedarf immer desto kleiner, in eine je grössere Anzahl von Kammern die gekuppelte Schleuse getheilt wird; und da, wenn die Anzahl der Schiffe eine gewisse Grenze übersteigt, ein Zug von Schiffen eine gekuppelte Schleuse desto schneller passirt, je nachdem ihr Fall in eine desto grössere Anzahl einzelner Kammern getheilt ist, so geht aus der von Girard zuerst aufgestellten Theorie hervor, dass man für den Durchgang von einer gekuppelten Schleuse den Aufwand an Wasser und Zeit vermindert, indem man sie 1) aus einer grössern Anzahl von Kammern zusammensezt und 2) indem man eine gegebene Anzahl von Waaren auf eine grössere Anzahl von Schiffen vertheilt; ein Vortheil, den die kleine Schiffahrt vor der grossen voraus hat, und der bis jezt noch nicht bemerkt worden ist.

Die ausführlichen Untersuchungen über diesen Gegenstand findet man in der, in der vorangehenden Note angeführten Abhandlung von Girard: *Annales de Chimie et de Physique*, (Tom. 32, pag. 37, 131, 161 u. f.).

Digitized by Google

Es ist einleuchtend, dass, wenn bei gekuppelten Kammern die Fallhöhen verschieden sind, das von dem Höhenüberschuss eines der oberen Fälle herrührende Wasserprisma rein umsonst verbraucht wird, indem, weil keine untere Haltung besteht, um es aufzunehmen, dieser Wasserüberschuss nicht in der Kammer enthalten seyn kann und somit über die Thore abfliesst. Daher ist es bei den gekuppelten Kammern Grundsaz, die Fälle gleich zu machen.

Dieser Nachtheil vermindert sich, wenn er nur bei den von dem Theilungspunkte entfernten Schleusen Statt hat, die durch Seitengewässer gespeisst werden.

Zwei Beispiele des, von der Ungleichheit der Fälle herrührenden Nachtheils liefern der mittägliche Kanal und der Kanal von Briare.

Da der Wasserbedarf für das Manoeuver der Schiffe nach Schleusungen berechnet wird, und da in mehreren Fällen ein Fahrzeug bei seinem Durchgange nur eine einzige verbraucht so erhellt, dass es für die Wasserersparniss vortheilhaft sey, den Fällen nur die möglich kleinste Höhe zu geben.

Ungeachtet der Vortheile gleicher Fälle, darf dieser Grundsaz doch nur für jeden, zwischen verschiedenen Wasserzuflüssen liegenden Theil eines Kanals beobachtet werden.

Um das System am besten anzulegen, muss man nahe am Theilungspunkte, wenn es an Wasser fehlt, schwache Fälle anlegen: werden die Nebenzuflüsse reichlicher, so kann man die Fälle vergrössern.

Allein wenn einerseits durch die Annahme des Systems schwacher Fälle eine Ersparung an Wasser Statt findet, so werden dagegen die Baukosten dadurch vermehrt. Indessen zeigen vergleichende Berechnungen, dass diese Vermehrung nur ein Drittheil zwischen der Erbauung zweier Schleusen von 4 Fuss und einer solchen von 8 Fuss betragen. [10])

---

[10]) Mit dieser Ansicht von Sganzin, welche aus der von Gauthey, S. 37, berechneten Tabelle über die Kosten der Schleusen mit verschiedenen Fallhöhen entlehnt ist, stimmen Woltmann und Girard nicht überein.

Woltmann sagt in seiner *Baukunst schiffbarer Kanäle*, S. 171: „Die Kosten einer Schleuse verhalten sich, wie das Produkt aus der Länge, Breite und dem Quadrat der Höhe der Schleusen und dieses Produkt mit der Anzahl aller Schleusen multiplicirt, wird ein Minimum, wenn der Abfall jeder

Digitized by Google

Wenn, im Gegentheile, ein Kanalarm keine Nebenabflüsse erhält, so wird es nöthig, die Fälle im Verhältniss, des durch die Versickerung und Verdunstung verursachten Wasserverlustes zu vermindern, um so viel als möglich den Wasseraufwand gleichförmig herzustellen. Der vortheilhafteste Fall ist ohne Zweifel derjenige, wo man diesen Massenverlust durch Nebenzuflüsse ersezen kann; im entgegen gesezten Falle muss man eingestehen, dass das Mittel der Verminderung der Fälle nicht immer hinreicht, und dass man als dann Gefahr läuft, die Schif-

---

Schleuse der Tiefe des Kanals gleich ist. Dass die Kosten einer Schleuse cet. parib. wie das Quadrat ihrer Höhe sich verhalten, ist allerdings der Wahrheit gemäss, indem nicht nur die Aushebung der Erde und des Wassers die Schwierigkeiten des Baues in einem grösseren Verhältnisse als dem der einfachen Tiefe vermehrt, sondern auch vorzüglich die Quantität des erforderlichen Mauerwerks dem Quadrat der Höhe der Schleusenmauern proportional ist.« — Eine Abweichung von dieser Regel hält jedoch Woltmann für keinen Fehler, »indem, wenn z. B. der Kanal nur wenig Tiefe bekommen sollte, aber doch einen hohen Fall hätte, nach dieser Regel viele Schleusen, also auch viele Schleusenwärter, Aufenthalt der Schiffe und dergleichen nöthig würden.«

Girard äussert sich über die Kosten, welche die Vertheilung des ganzen Falles einer gegebenen Kanalstrecke auf eine grössere Anzahl von Schleusen bewirkt, auf folgende Weise. —

»Bei jedem Kanal lassen sich die Erd-Arbeiten in zwei Theile theilen, wovon die erste von der Anzahl der Schleusen, auf welche der ganze Fall vertheilt wird, nicht abhängt und welcher derjenige ist, den hohe Aufdämmungen beim Übergang des Kanals durch Thäler oder tiefe Einschnitte, beim Durchstechen der Hügel oder bei Anlage unterirdischer Strecken nöthig machen. Der zweite Theil hängt allein von der Lage der Kanalsohle über oder unter der mittleren Oberfläche des Geländes, also allein von der Vertheilung der Schleusenfälle und ihrer Anzahl ab. — Theilt man nun nach dieser Voraussezung den ganzen Aufwand für Erdarbeiten ferner in zwei Theile, wovon der eine durch das Graben und Laden der Erde, und der andere durch ihren Transport, parallel mit der Achse des Kanals, verursacht wird, so findet man, dass der erste dem Falle der Schleusen und der zweite dem Quadrat dieses Falles proportional ist.«

»Es folgt hieraus, dass der ganze Aufwand für Erdarbeiten eines Kanals immer schneller abnimmt als die Schleusenfälle abnehmen, in der Art, dass wenn man diese Fallhöhe auf den 3ten Theil reducirt, der Aufwand, von dem es sich handelt, um mehr als dreimal kleiner wird; dis hätte z. B. für den Kanal von St. Denis Statt gefunden, wenn man jeder Schleuse statt 2,60^{m} nur 0,866^{m} Fall gegeben hätte.«

»Gehen wir zu den Kunstarbeiten über und beschränken wir uns nur auf die Schleusen, von deren Fall die Brücken über den Kanal und die Durchlässe unter demselben offenbar ausgenommen sind.«

Digitized by Google

fahrt während eines grossen Theils des Sommers eingestellt zu sehen.

Nach den Rücksichten auf Örtlichkeit, in Bezug auf ein Kanalprojekt mit Theilungspunkt, ist es einleuchtend, dass, wenn die zwei Arme aus denen er besteht nur durch die Gewässer der obersten Haltung gespeisst werden können und sie keine Nebenzuflüsse erhalten, oder wenn nur einer der Arme durch den Umstand begünstigt ist, Zuflüsse zum Vortheil der Schiffahrt be-

---

„Wenn die Pressung, welche die verschiedenen Theile einer Schleuse auszuhalten haben, weder abgeschäzt, noch in Betracht gezogen werden, um hienach die Abmessung zu regeln, so begreift man, dass bei dem Bauaufwande etwas erspart werden könne, wenn man die Anzahl der Schleusen vermindert, oder, was dasselbe ist, wenn man ihren Fall zwischen den beiden Endpunkten einer gegebenen Kanal-Strecke vergrössert."

„Aber es darf dem nicht so seyn: denn wie bei jeder andern Maschine, deren verschiedene Elemente stark genug gemacht werden müssen, um den entsprechenden Pressungen, denen sie ausgesezt sind, zu widerstehen, müssen auch die verschiedenen Theile einer Schleuse solche Abmessungen haben, die sie in den Stand sezen, dem grösten Drucke, welcher gegen sie ausgeübt werden kann, zu widerstehen. Dieser Druck ist immer eine gewisse Funktion von der Fallhöhe der Schleusen. Der grössern Sicherheit wegen bestimmt man sie unter den ungünstigsten physischen Voraussezungen; stellt dann die Gleichung für das Gleichgewicht zwischen dem Drucke und dem Widerstande des jenem entgegengesezten Theiles des Baues auf, und bestimmt hieraus die Abmessung für diesen leztern. Aus der Abmessung wird der Kubus und also auch der Werth in Geld bestimmt; denn die Kosten dieser Art Werke werden immer nach dem Kubus der Materialien, die man dazu verwendet, berechnet."

„Nachdem man die nemlichen Rechnungen für alle Theile der Schleusen, die sich übrigens auf 3 reduciren, nemlich auf die Schleusen-Thore, Schleusen-Mauern und auf die Schleusen-Böden, besonders gemacht hat, bildet man die Summe von diesen 3 Werthen, die man durch Rechnung erhalten hat, und erhält so den genauen Ausdruck für den Kosten-Aufwand von einem dieser Werke." —

„Wenn auf die eben angeführte Weise der Kostenaufwand für eine Schleuse ausgemittelt ist, so wird der Aufwand einer Reihe gleicher, auf die Länge des Kanals, zwischen zwei festen Punkten zu bauenden Schleusen, offenbar ihrer Anzahl proportional seyn. Diese Anzahl steht selbst im umgekehrten Verhältnisse der Fallhöhe derselben, und da diese Fallhöhe die einzige veränderliche Grösse ist, welche in dem, für den ganzen Aufwand gefundenen Ausdrucke vorkömmt, so wird aus diesem Ausdrucke selbst, durch die Anwendung der gewöhnlichen Methode vom Maximum und Minimum, der Werth von dieser veränderlichen Grösse abgeleitet, die also dem möglichst kleinsten Gesammt-Kosten-Aufwande entspricht. Der allgemeinste Werth der Fallhöhe einer massiven Schleuse, welchen dieses Minimum des Aufwandes giebt; wird durch eine Gleichung vom vierten Grade gefunden; da aber die

Digitized by Google

nüzen zu können, alsdann das System der Schleusenfälle verschieden seyn müsse.

Im ersten Falle, wo jeder Arm nur durch die Gewässer am Theilungspunkte gespeisst werden kann, müssen die Fälle gleich seyn; man dürfte sogar, übereinstimmend mit der Berücksichtigung der Nothwendigkeit, das für Verdünstung und für Versickerung Erforderliche zu liefern, dessen Bedarf im Verhältnisse der Länge des Kanals wächst, die Fälle vermindern; allein man ent-

---

Schleusenthore im Vergleich zu ihren Schleusenböden und vertikalen Mauern nur wenig kosten, so kann man ohne merklichen Fehler die Kosten der Thore vernachlässigen, und es wird der Fall für das Minimum des Aufwandes durch eine Gleichung vom zweiten Grade bestimmt."

„Diese Fallhöhe wird genau der Tiefe des Kanals gleich, oder, mit andern Worten, der grössten Fahrtiefe der ihn befahrenden Schiffe, wenn in der Ausmittlung des Aufwandes nur die vertikalen Mauern der Schleuse, welche immer den kostspieligsten Theil ausmachen, in Rechnung gebracht werden."

„Die merkwürdige Einfachheit dieses Ausdruckes für die dem Minimum des Aufwandes entsprechende Fallhöhe macht, dass man ihn leicht behalten kann; es ist nicht weniger bemerkenswerth, dass die grösste Fahrtiefe, der bis jezt auf unseren Schiffahrt-Kanälen im Innern angewandten Schiffe nicht grösser als 1,30^{m} ist; dagegen die Fälle, welche man den Schleusen gewöhnlich giebt, von 2,50^{m} bis 3^{m} hoch, also ungefähr doppelt so gross sind, als die, welche sie haben müssen, damit ihre Baukosten die möglichst geringsten seyen."

„Was wir so eben sagten, gilt blos für ganz massive Schleusen, wie sie in England und Frankreich allgemein gebräuchlich sind; allein da wo, wie in Holland, Überfluss an Holz und Mangel an Steinbrüchen ist, wird es, wenn auch gerade nicht unvermeidlich, doch wenigstens sehr vortheilhaft seyn, Schleusen von Holz zu erbauen."

„Wird auf ähnliche Weise, wie bei den Schleusen von Mauerwerk, die Gleichung des Gleichgewichtes zwischen den wirkenden und widerstehenden Theilen einer hölzernen Schleuse aufgestellt, so erhält man im Allgemeinen eine Gleichung des 3ten Grades, aus welcher die Fallhöhe für das Minimum des Aufwandes abgeleitet werden kann; wird ferner wieder blos auf die hölzernen Schleusenwände, als dem wichtigsten und grössten Theil des Aufwands, Rücksicht genommen, so erhält der Fall der hölzernen Schleusen = $\frac{4}{7}$ der Kanal- oder Fahrtiefe zur Höhe."

„Nachdem nun (m. s. Note 8) der Einfluss, den der Fall der Schleusen sowohl auf Wasser- als auf Kosten-Aufwand bei Schiffahrts-Kanälen hat, bestimmt worden ist, und die Wasserersparung, — wie wir gesehen haben —, mit der Verminderung der Schleusenfälle abnimmt, das Minimum der Kosten aber immer einer bestimmten Höhe der Schleusenfälle entspricht, so erhellt, dass, wenn, wegen Wasserersparung, die Schleusenfälle geringer als dieses Minimum des Bauaufwandes angiebt, angenommen werden, die

Digitized by Google

fernt sich gewöhnlich von diesem Grundsaze, einiger Nachtheile wegen, welche er in Beziehung auf die, aus der Gleichförmigkeit der Fälle entspringenden Vortheile bietet, denen man entsagen müsste. —

Im zweiten Falle, wo einer der Arme Seitengewässer aufnehmen kann, muss man anfänglich, nahe am Theilungspunkte, starke, jedoch unter sich gleiche Fälle bis zu dem Punkte anlegen, wo man Seitengewässer in den Kanal einführen kann;

---

gewonnene Wassermasse wirklich durch ein Opfer erkauft wird: es ist daher der Preis des Wassers auszumitteln."

„Dieser Preis ist nun unwiderlegbar das Kapital des Einkommens, welches man durch die Anwendung der ersparten Wassermasse erlangt, entweder um damit die Schiffahrt auszudehnen, oder um einen anderweitigen Nuzen, z. B. durch den Betrieb von Fabriken, davon zu ziehen." —

Ausführlicher ist dieser Gegenstand in der mehr erwähnten Abhandlung von Girard, wovon das Obige nur ein gedrängter Auszug ist enthalten. (*Annales de Chimie et de Physique*, Tom. 24, pag. 33 u. 113).

Nachdem in der Note 8 und in der vorstehenden gezeigt worden, dass die Verminderung der Höhe der Schleusenfälle in Bezug auf Wasser-Aufwand von dem grössten Vortheile ist, und durch die Vermehrung der Anzahl der Schleusen die Kosten derselben nicht vergrössert werden, so untersucht Girard in einer 4ten Abhandlung (man sehe den 32ten Band der *Annales de Chimie et de Physique*, Paris 1826), welchen Einfluss die Vermehrung der Schleusen auf die zur Durchschleusung erforderliche Zeit hat.

Nachdem er im Allgemeinen die zur Füllung und Entleerung der Schleusen nöthige Zeit, wie wir es in der Note 11 zeigen werden, bestimmt hat, macht er eine Anwendung von seinen Bestimmungen auf den Kanal von Soissons und zeigt, dass wenn die Schleusen auf einem Schiffahrts-Kanal isolirt sind: 1) im Allgemeinen die Zeit zur Durchschleusung nur ein geringer Theil von derjenigen ist, welche das Durchfahren der Haltungen des Kanals erfordert, und 2) dass, wenn man in dem angeführten Beispiele die Fälle dieser Schleusen auf den 3ten Theil reduzirt, oder was dasselbe ist, ihre Anzahl verdreifacht, die Verzögerung, welche dadurch entsteht, ungefähr nur der acht und vierzigste Theil von der ganzen, zum Durchschiffen des Kanals nöthigen Zeit ist.

Die Kammern der 100 Schleusen an dem, von Girard projektirten Kanal von Soissons haben eine Länge von 34 Meter, eine Breite von 2,60m und einen Fall von 1,25m statt 3,75m, wie dis auf andern Kanälen gebräuchlich ist. (Man vergl. Girard's *Mémoire sur le Canal de Soissons*, Paris 1821). Die Schiffe, welche diesen Kanal befahren, haben 34m Länge, 2,40m Breite und gehen leer 0,20m bis 0,25m und beladen 1,25m im Wasser; ihre Ladung beträgt ungefähr 80 Tonnen."

Digitized by Google

und von diesem Punkte an bis zur Mündung können die Fälle vermehrt werden. Dis sind die Betrachtungen, welche den Ingenieur bei der Wahl der Fallhöhen der Schleusen und ihrer Anlage in Bezug auf den obersten Punkt leiten müssen.

Prüfung der vortheilhaftesten Gestalt und Fassungsfähigkeit der Kammern.

Die Kammern müssen nach Abmessungen erbaut werden, die mit der Zahl der Fahrzeuge im Verhältnisse stehen, welche jene aufzunehmen bestimmt sind; man reiht sie in zwei Gattun-

---

„Die zur Durchschleusung der 100 Schleusen von 1,25m Fall erforderliche Zeit ist 33 Stunden und 18 Minuten und die, zur Durchschleusung von 33 Schleusen mit 3,75 Fall nöthige Zeit ist 32 Stunden 34 Minuten, also nur 44 Minuten weniger.“

„Hieraus geht also hervor, dass der Einwand, welchen man den kleinen Schleusenfällen wegen des grösseren Zeitaufwandes, den das Durchfahren einer grössern Anzahl von Schleusen erfordert, macht, durchaus ungegründet ist; und da man durch die Annahme dieses Systems stets eine mehr oder minder beträchtliche Ersparung, des zur Durchschleusung der Schiffe erforderlichen Wasseraufwandes und eine bedeutende Verminderung in ihren Baukosten erlangt, so können über die Vortheile, welche sie darbieten, keine Zweifel bleiben.“ —

„Von welchem Gesichtspunkte aus man auch die Schiffahrt auf künstlichen Kanälen betrachtet, stets finden beim Durchgang durch ihre Schleusen zwei verschiedene Arten des Aufwandes Statt, nemlich der für das, aus der Theilungshaltung gezogene Wasser, und der für die zum Durchgang der Schleusen verwandte Zeit. In gewissen Fällen findet Verminderung des Wasser-Anfwandes und Vermehrung des Zeit-Aufwandes Statt; das Entgegengesezte ereignet sich unter andern Umständen. Diese beiden Arten von Aufwand können daher nur verglichen werden, wenn man sie auf ein gemeinschaftliches Mauss zurückführt, das heisst, wenn man sie in Geld ausschlägt. Die Verwerthung des, zur Unterhaltung der Schiffahrt auf einem Kanal verbrauchten Wassers in Geld ist der Gegenstand einer neuen Frage. Die Lösung derselben hängt von sehr einfachen Betrachtungen ab.“

„Es geht aus derselben hervor, dass der Werth des Wassers, von dem es sich handelt, dem Kapitale des Netto-Einkommens gleich ist, das man aus dem Kanal zieht, weniger dem Kapitale das den Werth der Ländereien, die er einimmt, und den Werth der Materialien, welche bei dem Bau der verschiedenen Werke verwendet worden, darstellt. — Das für die Schiffahrt jährlich verbrauchte Wasser ist daher genau den Interessen des Kapitales gleich, welches den Werth dieses Wassers repräsentirt, und da dieses Kapital und seine

Digitized by Google

gen, die grossen und die kleinen Kammern. Die grossen, zur Aufnahme mehrerer Fahrzeuge bestimmt, verursachen offenbar einen verhältnissmässig grösseren Wasserbedarf als die kleinen Kammern, wegen des zwischen den Schiffen zu ihrer Manoeuvrirung unvermeidlich zu lassenden leeren Raumes.

Interessen bekannt sind, und da man ausserdem den jährlichen und täglichen Wasseraufwand für den Durchgang der Schleusen als bekannt voraussezen kann, so ist es leicht, hieraus aufs genaueste den Preis des Kubikmeters zu bestimmen."

„Was den Werth der Zeit anbelangt, so kann, — da der Preis für den Ankauf der Schiffe, ihre Dauer, der Nuzen den der Eigenthümer aus ihrer Miethe zieht, der Lohn der Schiffer, die sie führen und der der Menschen oder Pferde, welche sie ziehen, zum voraus bestimmt sind, — der Werth in Geld für den täglichen Gebrauch eines Schiffes und der verschiedenen für dasselbe wirksamen Mittel leicht bekannt seyn. Der Werth von der Zeit-Einheit findet sich hiedurch bestimmt und daher auch der Aufwand an Geld für die, zum Duchgang eines Schiffes durch eine einfache oder gekuppelte Schleuse verwandte Zeit." —

„Hat man diese Bestimmungen erhalten, so entscheidet man leicht über den Vortheil den ein System von Schleusenfällen über ein anderes gewährt, indem man das Verhältniss des Nuzeffektes der Schiffahrt auf diesem Kanal zu der Ursache dieses Effektes möglichst gross zu machen sucht."

„Dieser Nuzeffekt ist immer das Produkt der transportirten Massen in die Wege, welche sie entweder horizontal oder vertikal durchlaufen."

„Auf der andern Seite ist die Ursache von diesem Effekt offenbar der Aufwand an Wasser und an Zeit, den man in Geld machen muss, um die Bewegung der Schiffe und ihre Ladung von einem Ende des Kanals zum andern zu bewirken."

„Wenn man also den Nuzeffekt durch den ganzen Aufwand theilt, und den Fall der Schleusen als veränderlich ansieht, so erhält man, indem man das Differential gleich Null macht, die Fallhöhe, welche man den Schleusen geben muss, damit der Vortheil des Kanals, auf welchem sie angelegt werden, der möglichst grösste sey. Die Bestimmung dieser Fallhöhe hängt im Allgemeinen von der Auflösung einer Gleichung vom dritten Grade ab."

„Die Anwendung, welche wir von den theoretischen Bestimmungen auf die wir kamen, gemacht haben, zeigt, dass der Werth des, auf die Unterhaltung der Schiffahrt eines Kanals verwandten Wassers um vieles grösser ist, als der Werth der auf den Durchgang der Schleusen verwendeten Zeit. Bei der mehr oder weniger lebhaften Bewegung der, einen Kanal befahrenden Schiffe ist das Wasser, mit dem er gespeisst wird, die Materie ihrer bewegenden Kraft, wie ein beliebiges Brenn-Material die Materie der bewegenden Kraft von einer Dampfmaschine ist: nun ist der Werth von diesem Brenn-Material, wenigstens wenn man es nicht gerade in dem Bergwerke, das es hervorbringt, selbst anwendet, immer viel beträchtlicher als der Preis der Zeit der Arbeiter, die beauftragt sind, dessen Verbrennung zu beaufsichtigen um die Maschine im Gang zu erhalten." —

Digitized by Google

Die grossen Kammern bieten überdiess in Hinsicht auf Zeitersparniss gar keinen Vortheil dar. Die Erfahrung hat bewiesen, dass man fünf Schiffe durch eine kleine Kammer in der, zum gleichzeitigen Durchgang von vier Schiffen durch eine grosse Kammer nöthigen Zeit gehen liess. [11])

„Wird als Beispiel der Kanal von Soisson gewählt, welcher 60000 Meter Länge hat, und dessen ganzer Fall von 123,575m durch 100 Schleusen von 1,23m Fallhöhe vereiniget ist, so findet man, dass der Preis des verwendeten Wassers, um ihn zu durchlaufen, 142 Frc. 21 Cent., während dem der Preis der, zum Manoeuver der Schleusen verwandten Zeit nur 8 Frc. 7 Cent., d. h ungefähr 12 mal weniger ist."

„Wir haben auch gefunden, dass, um den, für das Durchfahren des Kanals erforderlichen und in Geld ausgeschlagenen Aufwand an Wasser und an Zeit möglichst klein zu machen, man den Fall der Schleusen auf 17 Centimeter (0,58′) reduciren müste, d. h. wenigstens auf den vierzehnten Theil von jenem, welchen der Gebrauch auf den verschiedenen, bis jezt eröffneten Kanälen geltend gemacht hat."

„Wenn man auch nicht leicht Schleusen mit so niedrigem Falle anwenden wird, so geht doch aus dieser Betrachtung von neuem hervor, welchen grossen Vortheil die Verminderung der Schleusenfälle in jeder Beziehung habe."

[11]) Um die Zeit zu überschlagen, die eine Schleusenkammer zu ihrer Füllung und ein Schiff zu seiner Durchschleusung bedarf, sey die Länge einer Kammer 110 bayerische Fuss, die lichte Breite 15′, die Fallhöhe 10′ und die Kammer werde durch Umläufe gefüllt und entleert, deren Aus- und Einmündungen unter dem Wasser liegen und deren kleinster Querschnitt 2,5 Fuss im Durchmesser hat. Der horizontale Querschnitt der Kammer

ist daher . . . . . = 1650 □′ = A

und der der Ausflussöffnung . . . . . = 4,90 □′ = a.

Nimmt man auf die Kontraktion, die wegen der kegelförmigen Gestalt des kleinsten Durchflusses im Umlauf äusserst gering ist, keine Rücksicht und ist g (der beim freien Fall in der 1sten Sekunde durchlaufene Raum) = 16,80 bayerische Fuss, so ist die Zeit der Anfüllung nach bekannten hydraulischen Lehren

$$t = \frac{2\,A \cdot \sqrt{h}}{g \cdot a} = 126 \text{ Sekunden}$$

und ebenso gross ist auch die Zeit zur Entleerung; folglich ist die Zeit zur Füllung und Entleerung der Kammer = 4 Minuten und 12 Sekunden.

Gewöhnlich sezt man dieser Zeit noch ungefähr 2 bis 3 Minuten zu, und nimmt also den zur Durchschleusung eines Schiffes von circa 1500 Zentner Ladung erforderlichen Zeitaufwand zu 6 bis 7 Minuten an. Bedenkt man aber, dass ein Höhen-Unterschied zwischen den zwei Wasserspiegeln von 1 bis 1½ Zoll beim Öffnen der Thore nur ein sehr geringes Hinderniss ist, dass aber die zur gänzlichen Gleichstellung der Wasserspiegel erforderliche Zeit immer grösser ist, als die Zeit, welche man nöthig hat, das Schiff ganz

Digitized by Google

Eine grosse Kammer erfordert einen beständigen und sich stets gleich bleibenden Wasseraufwand, es mögen nun mehrere Schiffe da seyn oder nur ein einziges; es ereignet sich ausserdem öfters, dass man genöthigt ist, eines einzigen Schiffes wegen, die grossen Kammern zu füllen, was die mit dieser Art Kammern verbundenen Nachtheile in Betreff des Wasseraufwandes vermehrt.

Die kleinen Kammern für ein einziges Fahrzeug sind deshalb in dieser Hinsicht vorzuziehen. Diese Art von Kammern ist diejenige, welche beinahe immer bei der Erbauung der Känäle angewendet wird. Ohne Zweifel ist die Ersparung in den Baukosten der Beweggrund, weshalb man die grossen Kammern erfunden hat.

Diese Ersparung besteht darin, dass unter diesen Umständen, mit Rücksichtnahme auf die grosse Länge des Zwischenraumes, welcher die Schleusenhäupter trennt, man es in seiner Willkühr hat, die Erbauung eines durchgehenden Schleusenbodens zu vermeiden. Ein Beispiel dieser Ersparung ist die grosse Kammer von Slykens, welche ohne durchgehenden Schleusenboden erbaut ist. [12])

Es ist für den Dienst der Schiffahrt vortheilhaft, bei Annahme des Systems grosser Kammern, ihm zur Seite, wie dis bei den Schleusen von Slykens und bei einigen anderen Holländischen der Fall ist, eine kleine Kammer von geringerer Länge und mit durchgehendem Schleusenboden für den Durchgang der kleineren Fahrzeuge anzuschliessen.

Allein wenn man blos die aus der Hinweglassung des Schleusenbodens in den Kammern hervorgehenden Erscheinungen, die gering und unter manchen Umständen trüglich sind, in Betrachtung zieht, so scheinen die grossen Kammern im Allgemeinen verworfen werden zu müssen.

---

aus der Kammer treten zu machen, so erhellet hieraus, dass der zur Füllung und Entleerung der Schleuse durch obige Formel, in dem angeführten Beispiele zu 4,2 Minuten gefundene Zeit-Verlauf, für die Durchschleusung eines Schiffes vollkommen hinreichend ist.

[12]) Die Schleuse von Schlykens bei Ostende findet man beschrieben und abgebildet im III. Bde. der *theor. prakt. Wasserbaukunde* von Wiebeking. Taf. 74; auch Batsch führt sie in seinen *hydrotechnischen Wanderungen durch Bayern, Baden, Frankreich und Holland* an. —

Digitized by Google

Was den Grundriss der Kammern betrifft, so sind einige nach einer eliptischen Gestalt erbaut. Diese Anlage, von der man keinen Nuzen in Beziehung auf Erleichterung für die Schiffahrt sieht, wurde wahrscheinlich gewählt, um dem Drucke des Erdreichs einen grösseren Widerstand entgegen zu sezen.

Allein dieser Druck ist es nicht, dem man aus dieser Rücksicht kräftig entgegen wirken muss. Es ist der Druck des Wassers, welches hinter das Mauerwerk dringen kann, der vorzüglich zu beachten ist, und dieser lezte Umstand erfordert solche Dicken, dass sie der Stabilität der Mauern, unabhängig von jener, genügen, welche sie durch den Schnitt der Zurüstung erhalten können, und die durch die konkave Gestalt des eliptischen Grundrisses der Kammer entspringt, was in Betracht der geringen Krümmung des Grundrisses die Stabilität der Kammer nur wenig vermehrt. [13])

---

[13]) Statt den Mauern in horizontalem Sinne eine Krümmung zu geben, was offenbar in mancher Beziehung unzweckmässig ist, haben die Engländer den Schleusenmauern sowohl, als überhaupt hohen Kaymauern, die einem grossen Erddrucke zu widerstehen haben, eine Krümmung in vertikalem Sinne gegeben: und zwar in der Art, dass die vordere und die mit der vordern gleichlaufende hintere Wandfläche einen Kreisbogen bilden, dessen Tangente am obersten Punkte der Mauer vertikal ist und an dem untersten Fusse auf dem Roste, auf welchem die Mauer ruht und der eine Neigung von 25 bis 30 Graden hat, senkrecht steht. — Den Vortheil, den diese Mauern in Bezug auf Festigkeit und Ökonomie bieten, zeigt Dupin im III. Bde. seiner *Reisen nach Grossbritannien* auf folgende Weise:

„Es sey abcd, Fig. 33, Taf. VI, das Profil eines Kay's nach der französischen Bauart und ABGEC jenes eines Kay's nach der englischen; die vertikalen Höhen cn, CN seyen gleich, so wie die Dicken ab und AB und es sey $CG = \frac{1}{2}(ab + cd)$. Zieht man be parallel mit ac und nimmt den Punkt f in der Mitte von ed, so hat man $ef = \frac{1}{2}(ab + cd) = cg$; endlich sey die Oberfläche ABCG = Oberfl. abfc, und da das Dreieck bdf um vieles grösser ist als CEG, so ist weniger Mauerwerk in den krummlinigen Mauern als in den geraden."

„Wenn man nun von den Punkten C, G die zwei Geraden dm, GM parallel mit derjenigen Geraden zieht, welche die natürliche Böschung des Erdreichs begrenzt, so hat man Oberfläche $dbm = \frac{1}{2}(bd \cdot bm)$ und Oberfläche $GLBM = \frac{1}{2}(Gg \cdot gM)$ — Segm. Gg BL, ein Ausdruck, in welchem die auf MN senkrechte Linie $Gg = CN$ und daher $= bd$ ist. Da nun die rechtwinklichen Dreiecke bdm, gGM gleiche Höhe und die ähnlich liegenden Seiten parallel haben, so sind sie gleich. Daher ist der Inhalt GgB gleich dem Überschusse des Inhalts bdm über BLGM. Folglich ist die Grösse der

Digitized by Google

Diese Gestalt der Kammer vermehrt ausserdem den Wasserbedarf und die Baukosten, leztere werden durch das Behauen der Steine verursacht, die hier beträchtlicher sind, als bei Mauern die nach einer geraden Linie aufgeführt werden.

Die eliptische Gestalt der Kammern wird deshalb gleichfalls verworfen. Diejenige, welche wir für den Entwurf, der uns beschäftigt, annehmen werden, ist die mit Wänden, die zu der Schleusenaxe parallel und fähig sind, ein einziges Fahrzeug auf-

---

durch ihren Druck wirkenden Erdmasse gegen die krummlinigen Mauern kleiner, als gegen die gerade.«

»Dieses ist wahr, so lange die Punkte d und e gleichen Abstand von der Oberfläche des Kays A B M haben, daher haben bei gleicher Höhe alle Schichten der gekrümmten Mauern mehr Druck auszuhalten, als die Schichten der geraden Mauern.«

»Aber diese leztern Schichten, abgesehen davon, dass sie einen geringern Druck auszuhalten haben, leisten einen um vieles grösseren Widerstand, als die unsern. In der That, sie können nur verrückt werden, indem die einen über die andern auf den, ihre Fugen bildenden geneigten Ebenen, oder indem alle zusammen auf der Ebene ihrer Grundflächen, der geneigtesten von allen, in die Höhe steigen. Wenn man die Mauern a b c d, A B C D nach b d und G M in Schichten von gleicher Dicke theilt; dann durch die Theilungspunkte 1, 2, 3, ... I, II, III, ... die Geraden 1.1′, 2.2′, 3.3′, ... I.I′, II.II′, III.III′, parallel mit d m und G m zieht, so sieht man, dass die Masse des gegen die aufeinanderfolgenden Schichten der geradlinigen Mauer drückenden Erdreichs nach arithmetischen Progressionen zunimmt, während dem die, gegen die Schichten der krummlinigen Mauer drückende Erdmasse (immer von oben nach unten zu gerechnet) nach einer Progression wächst, deren Unterschiede sich immer mehr und mehr vermindern und deren Glieder daher um immer und immer weniger zu nehmen. Daher trägt sich die Verminderung der Pressungen besonders auf die entferntesten Schichten über, welche den stärksten Druck auszuhalten haben.«

»Wenn bei den horizontalen Schichten, durch irgend einen Fehler bei ihrer Bearbeitung oder durch das Sezen und Zusammenziehen des Cementes, sich eine äussere Leere bildet, so reicht der mindeste Druck hin, die Steine nach Aussen zu treiben, weil sie gleichsam in Gefässen von parallelen Seitenflächen gleiten.«

»Bei den krummlinigen Kays aber werden die Steine wie die Schlusssteine in einem Gewölbe gedrückt; jemehr sie vorrücken und desto inniger wird ihre Vereinigung mit den übrigen Theilen werden und desto mehr werden sie Verrückungen widerstehen. Da endlich die Grundfläche CE kleiner ist, als CG < c d so sind weniger Pfähle erforderlich um diese zu tragen, als jene; und wenn die Pfähle in derselben Anzahl vorhanden sind, so werden sie dieselbe Grundfläche mit mehr Nachdruck tragen.«

Digitized by Google

zunehmen. Der Grundriss der Kammer ist ein Parallelogramm mit Abmessungen, welche in der Länge und Breite ein wenig grösser sind, als jene der auf dem Kanale gebräuchlichen Schiffe.

Die Kammern für die künstliche Schiffahrt in den Betten der Flüsse können mit geringerem Nachtheil, als die an einem Kanal mit Theilungspunkt angelegten, von der Gattung der Kammern mit grossen Dimensionen seyn. Man kann sie auch anwenden, wenn auf einem Kanal, auf dem man viel Wasser hat, die gleichzeitige Schiffahrt eingeführt ist, wie dis im Allgemeinen in Holland mittelst kleinen und grossen Fahrzeugen Statt findet.

Aber alsdann müssen die grossen Kammern durch ein Paar Zwischenthore in zwei Theile getheilt seyn, ein Mittel welches

---

„Wenn nun wirklich das nemliche Fahrzeug an jeder der beiden Ufermauern anlegt, so ist einleuchtend, dass bei der geraden Mauer, welche auf ihrer vordern Seite eine gleiche Neigung hat, weiter von dem Rande X zu der Kante a der Mauer a b c d ist, als von dem Rande X zu der Kante A der gekrümmten Mauer A B C E. — Die Ein- und Ausladungen sind demnach um vieles leichter bei den leztern Mauern, als bei den erstern. Die Böschung der gekrümmten Mauer fängt nicht eher an, sich merklich zu neigen, als bei dem Spiegel der gewöhnlich niedrigsten Gewässer, und es ist daher vorzüglich bei diesem Wasserstande, wo diese Mauern die meisten Vortheile über die andern haben.“ —

Dieses sind die Gründe, warum, wie Dupin glaubt, bei den hohen Kay's der Handels- und Krieghäfen, die Gestalt der gekrümmten Mauern vor jenen der geraden den Vorzug verdient. —

Die Stirn- oder Flügelmauern der Schleusenkammern werden ebenfalls nach einem krummlinigen Profile gebildet, das sich auf einem horizontalen Kreisbogen stüzt, um die im Winkel stehenden Flächen der Bassins oder Verbindungskanäle zu vereinigen.

In Bezug auf den Druck, den Wasser gegen eine solche gekrümmte Mauer ausüben würde, ist zu bemerken, dass dieser Druck nicht, wie der der Erde gegen gekrümmte Mauern, grösser ist, als der gegen gerade Mauern, und dass derselbe im Gegentheil in dem Verhältnisse grösser wird, als das Produkt der Oberfläche in die Tiefe ihres Schwerpunktes unter dem Wasserspiegel grösser ist, als das entsprechende Produkt der geraden Mauer.

Werden, wie dis in England der Fall ist, diese Mauern von Backsteinen aufgeführt und dann die Ecken, Kanten und durchgehenden Gurtschichten allenfalls von Quadern hergestellt, so sind sie auch in ökonomischer Beziehung weniger kostspielig, als die geraden Profile von verschiedenen, sowohl im Hafen zu Sheerness als an den Doks zu London von dem berühmten Rennie erbauten Kay- und Schleusenmauern findet man im III. Bnd. von Dupin's *Reisen nach Groshritannien*, wovon in Stuttgart eine Übersezung in's Deutsche erschienen ist; — man vergl. besonders die 4te, 9te und 12te Kupfer-Tafel.

Digitized by Google

die Kammer auf die nöthige Länge für den Dienst der kleinen Fahrzeuge reducirt, indem es ihr dennoch gestattet, die grössten aufzunehmen. Durch diese Abänderung wird Wasser und Zeit erspart. Sie wird gewöhnlich in Holland auf den Kanälen angewendet, welche auf Flüsse stossen, deren Fahrzeuge jeder Art auf gleiche Weise zur Schiffahrt in den Kanälen dienen. [14])

In Belgien erbaut man gewöhnlich, im Falle, dass eine kleine und eine grosse Schiffahrt Statt hat, wie zu Slykens, zwei Kammern, eine grosse und eine kleine.

Dieses Mittel ist weniger werth, als das in Holland angewendete.

Die Anlage der Kammer von Bussingen auf dem Kanale von Ipren zu Nieuport bietet grosse Vortheile in Bezug auf Wasserersparniss dar.

Der ganze Fall beträgt 6,40^{m}, ungefähr 20 (pariser) Fuss. Der Ingenieur, durch die Örtlichkeit zu der Annahme dieses starken Falles genöthigt, hat zwei Seitenbehälter angelegt, in welchen er ungefähr zwei Drittheile der ganzen Fallmasse vorräthig aufbehält, was den Bedarf für den Durchgang durch diese Kammer auf eine Schleusung von der Höhe des gewöhnlichen Falles der übrigen Schleusen dieses Kanals reducirt. [15]).

Dieses Beispiel ist, ungeachtet des Mehraufwandes, nachzuahmen, wenn Lokalverhältnisse zur Anlage beträchtlicher Fälle in der Nähe des Theilungspunktes nöthigen.

Die grossen Kammern auf den Flüssen, deren Längenaxe gewöhnlich mit dem Laufe der leztern parallel ist, können vortheilhafter nach einer, auf den Fluss senkrechten Richtung angelegt werden. Die beiden Schleusen befinden sich dann am Rande des Ufers und werden durch den Wehrdamm getrennt, welcher

---

[14]) Auch auf dem projektirten Kanal von der Donau in den Main werden die Kammen durch ein Paar Mittelthore in zwei Theile abgetheilt, so dass die Kammern Schiffe von 88 und von 108 Fuss Länge aufnehmen können. —

Die leztern sind, auf diesem Kanal insbesondere für den Transport der, mit grossen Baustämmen beladenen Schiffe bestimmt. —

[15]) Von der bei Bussingen an dem Vereinigungs-Punkte der Kanäle von Furnes nach Ypern im Jahre 1643 erbauten Schleuse findet man eine Beschreibung in v. Wiebeking's *theor. prakt. Wasserbaukunde* (II. Bd., S. 720). —

Digitized by Google

sich gegen die Masse, (eine Art Pfeiler) stüzt, die den Aus- und Eingang scheidet. Die Idee zu dieser Anlage, welche grosse Vorzüge darbietet, und einen grossen Theil der Nachtheile, welche den in Flüssen angelegten Kammern anhängen, verschwinden macht, verdankt man dem Hrn. Gauthey, welcher sie in seiner trefflichen Abhandlung über Kanäle und Schleusen vorschlägt. Diese Abhandlung, gedruckt in jenen der Akademie von Dijon, vom Jahre 1783, hat die meisten der, über Kanäle und Schleusen eben aufgestellten Bemerkungen geliefert.

Die grossen Kammern müssen wenigstens die doppelte Breite der Schiffe haben; diese Grösse ist nothwendig, damit jene die zu ihrem Ausgange aus der Kammer nöthige Wendung vornehmen können.

Unter diesen Umständen ist erforderlich, eine Strecke des Wehrdammes in dem, die Schleusen verbindenden Theile über die Höhe der Gewässer zu legen, bei welchen die Schiffahrt aufhört, um die Strömung zu vermindern, die das Aus- und Einlaufen der Schiffe hindern würde; ohne diese Vorsicht würden die Schiffe der Gefahr ausgesezt, auf den Damm getrieben zu werden.

Nachdem die Hauptmassen eines Kanalentwurfs mit Theilungspunkt auf diese Weise festgesezt sind, bleibt nun noch übrig, von den, dieser Gattung von Kanälen eigenen Werken der Kunst im Besonderen zu handeln; diese sind:

1) Die Wasser-Behälter;
2) Die Leitgräben;
3) Der eigentliche Kanal und die Ziehwege;
4) Die Kammerschleusen;
5) Die Durchlässe;
6) Die Überfälle ,
7) Die Brück - Wasserleitungen;
8) Die Verbindungsbrücken;
9) Die Bergdurchstiche.

Digitized by Google

XII. Vorlesung.

Von den Wasser-Behältern und Leitgräben. — Von dem eigentlichen Kanal, und zwar als Erdbau betrachtet.

Die Wasser-Behälter sind natürliche oder künstliche Teiche, in welchen die zur Speisung des Kanals mit Theilungspunkt nöthigen Gewässer vorräthig aufbewahrt werden; ihre Abmessungen nach Länge, Breite und Höhe müssen so seyn, dass der Kubus der Gewässer, welchen sie enthalten, wenigstens den Quantitäten gleich sey, welche durch die verschiedenen Ursachen des geprüften und genau abgeschäzten Wasseraufwandes bestimmt worden sind.

Die Gewässer eines Wasser-Behälters werden durch einen Deich gehalten, welcher gewöhnlich das Thal, in dem der Behälter angelegt ist, quer durchschneidet.

Der schönste bekannte Wasser-Behälter ist der von St. Fereol. Er ist zur Speisung des Kanals der beiden Meere, oder des Kanals von Languedoc, bestimmt. Das Wehr dieses Wasser-Behälters widersteht am tiefsten Punkte des Thales einer Wasserhöhe von 32,4^{m}, ohngefähr 100 (pariser) Fuss. Er fasst nahe an 7 Millionen Kubikmeter Wasser, das heisst, mehr, als zur gänzlichen Anfüllung der beiden Arme des Kanals erforderlich ist.

Die Untersuchungen über die Anlage und über die Konstruktion dieses Wasser-Behälters dienen uns, die Grundsäze aufzustellen, nach welchen diese Art Werke entworfen und erbaut werden.

Das Wehr wird an dem Theile wo die Wasserhöhe am beträchtlichsten ist, durch drei von einander getrennte Stüzmauern gebildet, deren sie scheidende Zwischenräume mit Erde aus-

Digitized by Google

gefüllt sind, nemlich eine Hauptmauer in der Mitte, eine vordere Mauer, die in den Behälter tritt, und eine äussere Mauer. Diese lezte hält die Erde der, den Körper des Wehres bildenden Füllmasse.

Diese Anlage machte die Erbauung zweier gewölbter Gänge (Gallerien) nöthig, welche durch die ganze Dicke des Wehres durchgehen. Mittels dieser Gallerien gelangt man bis an das Ende des Gewölbes, wo man die Hahnen und die Schüze in Bewegung sezt, welche im Inneren der am meisten in den Teich tretenden Hauptmauer liegen, und die den Ausfluss der untersten Wasserschichten des Behälters erleichtern, wenn die Umstände seine gänzliche Trockenlegung erheischen.

Die erste Konstruktion dieser Stüzmauern des Wehres war bei ihrer Anlage mangelhaft: man war genöthigt, ihr später durch Nacharbeiten, die beträchtliche Kosten verursachten, die nöthige Festigkeit und Undurchdringlichkeit zu geben. —

Indem man dieses grossartige Werk bewundert, kann man sich doch nicht verbergen, dass man bei der Konstruktion und Anordnung der Wehrmauern grosse Fehler begangen habe.

Der hauptsächlichste Fehler war das zu grosse Vertrauen, welches man in die Anwendung der Thonerde gesezt zu haben scheint, um dieses Wehr undurchdringlich zu machen, und von welcher man eine Schichte auf die Böschung des, gegen die innere Mauer sich stüzenden Erdreichs gelegt hat. Die Erfahrung hat die Unzulänglichkeit eines solchen Mittels bei einer so beträchtlichen Wasserlast bewiesen, und die verdriesslichen Resultate dieser ersten Versuche beweisen, dass man diese Undurchdringlichkeit eines Wehres bei einem so starken Wasserdrucke nur durch ein, mit der grössten Sorgfalt gefertigtes Mauerwerk erhalten kann.

Eine einzige Mauer von hinreichender Dicke, um dem Drucke des Wassers zu widerstehen, aus guten Materialien und mit den zweckdienlichen Vorsichtsmaassregeln aufgeführt, würde viel besser gewesen seyn, als das zusammengesezte System getrennter Mauern mit Füllerde dazwischen, deren Ausbesserungen eben so schwierig als kostspielig sind.

Gewöhnlich wird der Bedarf des Kanals durch die Gewässer des Behälters mittels der, für die oberen Schichten des Bassins bestimmten, zwei Schüzen geliefert. Von diesen Schüzen ist die erste 2 Meter (6,85′) unter die Oberfläche des Bassins

Digitized by Google

wenn es voll ist, und die zweite 8 Meter (27,41′) unter diese nemliche Oberfläche gelegt.

Die Ablassung der unteren Schichten geschieht mittels der drei nahe am Boden der grossen Mauer angebrachten Hahnen, und die lezte aus trüben und schlammigen Gewässer bestehende Schichte fliesst durch die Schüze ab, welche in der lezten Gallerie liegt.

Die Sohle dieser lezten Schüze liegt mit dem Boden des Grabens in gleicher Höhe, in welchem der Bach Laudot fliesst. Sie wird nur geöffnet, wenn man die Stüzmauern des Wehres ausbessern, oder den Wasser-Behälter reinigen will.

Der Wasserbedarf regelt sich, wenn das Bassin voll ist, leicht durch die zwei oberen Schüzen; allein, wenn man zu den unteren Schichten gelangt ist, — (eine Epoche, in welcher man mit dem Wasseraufwand auf's sparsamste zu Werke gehen muss), — bedient man sich mit Vortheil der zu diesem Zweck angebrachten Hahnen: sie sind den Schüzen vorzuziehen, um mit Genauigkeit die Vertheilung der Gewässer zu regeln.

Ein zweiter Behälter, der von Lampy, wurde seit einigen Jahren als unentbehrliche Ergänzung zu dem von St. Fereol angelegt: man hat dabei die Nachtheile in der Konstruktion vermieden, die man bei dem lezteren wahrgenommen hat. [16])

Das Wehr von Lampy besteht aus einer einzigen Mauer, welche die nöthigen Abmessungen der Dicke hat, um dem Drucke einer Wasserhöhe von ungefähr 50 Fuss zu widerstehen.

Ungeachtet der Vorsichtsmaassregeln, welche man bei seiner Erbauung traf, zeigten sich dennoch unmittelbar nach seiner

---

[16]) Von dem Wasserbehälter zu St. Fereol, welches nahe an der Abdämmung 400 Klafter breit ist, findet man eine Beschreibung und Abbildung in Woltmann's *Beiträgen zur Baukunst schiffbarer Kanäle*, S. 53 u. f. Man findet in derselben Schrift auch den Wasserbehälter von Lampy beschrieben, nemlich S. 58 u. folgende. Die Mauer dieses Behälters ist oben 360′ und unten 210′ lang; das 6 Fuss hohe Fundament hat eine Breite von 43′.

Zu beiden Seiten ist die Mauer mit Granit bekleidet und mit einem Anlauf von $\frac{1}{12}$ aufgeführt, ausserdem sind auf der Landseite Strebepfeiler angebracht; die Breite der Mauer beträgt an ihrer Oberfläche 16 Fuss und die Mauer selbst ist auf Felsen gegründet.

Auch in Wiebeking's *theor. prakt. Wasserbaukunde* und in Büsch's *Übersicht des Wasserbaues*, II. Bd., S. 233 und 236 findet man eine Beschreibung von diesen beiden Wasserbehältern.

Digitized by Google

Aufführung einige Durchsickerungen; sie wurden mittels 1000 Miriagrammen (ungefähr 200 Zentner) lebendigen in Milch verwandelten Kalks beseitigt, welche man an der Bergseite der Mauer in das Wasser des Behälters schüttete. Die Theilchen des so aufgelösten Kalks wurden mit dem durchsickernden Wasser gegen die inneren Wände der Mauer geführt; sie füllten einige in den Fugen Statt gehabten Leeren und drangen sogar in die Poren des Gesteins, woraus die Mauer erbaut ist, und gaben ihr die Undurchdringlichkeit, welche Werke dieser Art wesentlich nöthig haben.

Dis Mittel kann unter manchen Umständen nüzlich seyn, und der günstige Erfolg, den es bei der Mauer des Behälters von Lampy gewährte, beweisst, dass es in ähnlichen Fällen mit Vertrauen angewendet werden kann.

Dis sind die vorzüglichsten Details über die Behälter, und die Vergleichung des für den Deich von St. Fereol angewendeten Systems der Konstruktion mit jenem für den Deich von Lampy ist, sowohl in Bezug auf Ökonomie als auf Festigkeit, ganz zum Vortheil dieses lezteren.

Von den Leitgräben.

Die Leitgräben sind, wie dis ihre Benennung anzeigt, kleine Kanäle, um das Wasser der oberen Quellen und Teiche in die Behälter zu leiten.

Die Herstellung der Leitgräben erfordert blos Erdarbeiten, die man durch die gewöhnlichen Versicherungsweisen entweder in Erde oder in Felsen ausführt; manchmal erfordern sie Bergdurchstiche und Gallerien, die man durch Gewölbe unterstüzt. Es ist schon gesagt worden, dass man so viel wie möglich dis lezte Mittel vermeiden soll, indem man den Hügel, auf welchem der Leitgraben liegt, umgeht und ihn frei oder offen führt. Die Bergdurchstiche für die Anlage eines Leitgrabens bieten dieselben Nachtheile wie jene dar, die man bereits bei den unterirdischen Kanälen bemerkt hat.

Die Neigungen der meisten ausgeführten Leitgräben weichen voneinander ab. Die der Leitgräben von St. Fereol beträgt 0,88m auf 1000 Meter (88 Decimallinien auf 1000 Fuss), jene

Digitized by Google

des Leitgrabens von Courpalette, auf dem Kanal von Orléans, beträgt nur $0{,}07^{m}$ auf 1000 Meter (7 Decimal-Linien auf 1000 Fuss.) Die Bestimmung der Neigung des lezteren Leitgrabens ist das Resultat von Erfahrungen, welche der verstorbene Chezy gemacht hat, und man kann auf seine Genauigkeit rechnen. Diese Neigung scheint die möglich kleinste zu seyn, welche man für einen Leitgraben annehmen darf. [17])

Es ist diejenige, welche man anwendet wenn die Örtlichkeit es nicht gestattet, den Wasser-Behälter viel über den Theilungspunkt oder die oberste Haltung eines Kanals mit einem einzigen Arme, zu legen: allein wenn man, ohne Nachtheil für die Anlage der Theilungshaltung des Kanals, eine beträchtliche Neigung benüzen kann, so ist es besser, jene welche beim Leitgraben von St. Fereol Statt findet anzuwenden.

Man legt in den Leitgräben Grundablässe und Überfälle an, um die Gewässer in seiner Gewalt zu haben, und von den Quellen nur die gewünschte Menge Wassers zu nehmen. Diese

---

[17]) Die Leitgräben von St. Fereol haben eine Wassertiefe von 3′ und eine Breite von 10′ bis 12′. Die mittlere Geschwindigkeit in den Leitgräben soll nach Woltmann nicht zu gross, d. h. nicht grösser, als höchstens 2′ in einer Sekunde seyn, damit das Wasser die Ufer und das Bett nicht angreife und nicht viele trübe Materien mit sich führe. Man hat es immer in seiner Gewalt, die Abmessungen, das Gefäll und die Geschwindigkeit der Leitgräben nach Belieben zu bestimmen und bedient sich hiezu der bekannten Eytelwein'schen Formel in welcher:

für rheinländisches Fuss-Maass . . . . . $c = 90{,}9 \sqrt{\frac{s}{p} \cdot \frac{\alpha}{\lambda}}$,

für bayerisches Fuss-Maass . . . . . $c = 94{,}08 \sqrt{\frac{s}{p} \cdot \frac{\alpha}{\lambda}}$,

und für englisches Fuss-Maass . . . . . $c = 92{,}3 \sqrt{\frac{s}{p} \cdot \frac{\lambda}{\alpha}}$,

ist. Für Profile, deren Breiten in den Grenzen zwischen dem zwei- und zehnfachen ihrer Tiefe bleiben, sind die Geschwindigkeiten von ¾ bis 2 Fuss in der Sekunde die angemessensten; die obige Formel stimmt mit der Erfahrung sehr gut überein, wie man sich aus den von Woltmann in seinen *Beiträgen zur Baukunst schifbarer Kanäle*, S. 287 mitgetheilten Erfahrungen überzeugen kann. —

Das Wasser eines Grabens, dessen Breite in der Oberfläche 8′, dessen mittlere Tiefe 1,38′ und dessen Gefälle auf 1000 Fuss 2 ½ Zoll betrug, hatte eine mittlere Geschwindigkeit von 1,5′ in der Sekunde; die Formel gab hiefür 1,435. —

Digitized by Google

Werke dienen zugleich, die Leitgräben trocken zu legen, was zur Vornahme der Ausbesserungen nöthig ist.

Es ist wesentlich nothwendig die Leitgräben auf einer Seite und längs der Behälter zu verlängern, um diese lezteren von den Zuflüssen unabhängig zu machen und das Wasser der Quellen nach Belieben laufen lassen zu können; es ist in der That unerlässlich nöthig, sie zur Zeit der jährlichen Ausbesserungen der Wände des Behälters, von diesem lezteren selbst zu entfernen.

Wenn die Leitgräben einen durchdringbaren Boden durchschneiden, so wird es unvermeidlich den Boden und die Wände mit Thonerde zu bekleiden; man muss endlich alle möglichen Vorsichtsmaassregeln ergreifen, damit sie kein Wasser verlieren, dessen Aufbewahrung für den gehörigen Dienst des Kanals wesentlich nothwendig ist.

Von dem Schiffahrts-Kanal und von den Ziehwegen.

In einem trockenen Gelände wird der Boden des Kanals gewöhnlich nach der ganzen Länge der Haltung und nach ihrer Längenaxe wagrecht angelegt. Indessen hat es einige Vortheile, ihm eine schwache Neigung zu geben. Diese lezte Anordnung macht es möglich, die Haltung im Falle einer Ausbesserung trocken zu legen, sie vermindert die Höhe der Schleusenfälle.

In einem sumpfigen Boden ist es nöthig und stets unvermeidlich, ihn unter einer Neigung von wenigstens 0,02^{m} auf einen Kilometer (1 Decimallinie auf 500 Fuss) Länge anzulegen.

Die Breite des Theils vom Kanal zwischen dem Fusse der inneren Böschungen hängt von der Breite der Schiffe ab, welche den Kanal befahren; sie soll wenigstens das Dreifache der Schiffe betragen.

Die Böschungen der Dämme, die den Kanal bilden, haben gewöhnlich das Zweifache ihrer Höhe zur Grundlinie. Diese Bestimmung der Grundlinie der Böschungen hängt von der Natur des Erdreichs, aus dem diese Dämme oder Deiche gebildet werden, oder von der Konstruktion der Dämme, das heisst von dem Umstande ab, ob sie aus loser Erde erbaut, oder mit einer Steindecke oder einem Faschinate bekleidet werden; in diesem

Digitized by Google

lezteren Falle ist eine ein- und ein halbmalige und selbst eine einmalige Böschung hinreichend.

Wenn ein Ziehweg angelegt wird, so legt man ihn gewöhnlich einen Meter (etwa 3 ½ Fuss) über den Wasserspiegel des Kanals, auf einen der beiden Ufer an; legt man nur einen einzigen Ziehweg an, so muss man so viel als möglich jenes der beiden Ufer vorzugsweise wählen, welches unter dem herrschenden Winde liegt. Der Grund dieses Vorzugs besteht darinn, dass wenn der Ziehweg auf dem entgegengesezten Ufer angelegt würde, die Wirkung des Schiffzuges sehr oft mit der des Windes zusammen fiele, und das Fahrzeug alsdann gegen die Böschung des Dammes getrieben würde. Die Konstruktion dieses Weges muss, wenn die Schiffe durch Pferde gezogen werden, dieselbe seyn wie die der Hauptstrassen. [18])

Wenn ein Kanal längs eines, Überschwemmungen ausgesezten Flusses hinzieht, legt man zur Sicherheit des Dammes auf dieser Seite eine Fussbank über dem höchsten Wasser an und schüzt den Fuss des Dammes durch eine Steinbekleidung, die man Steindecke nennt.

Die Dämme eines Kanals müssen so viel als möglich von schwerer Erde hergestellt werden; in Ermanglung derselben muss man nothwendiger Weise, wenn diese Dämme von leichter Erde aufgeführt werden, in der Mitte des Dammkörpers eine Lettenwand anlegen.

Die Festigkeit und Undurchdringlichkeit, welche diese Deiche haben sollen, erheischen viele Vorsichtsmaassregeln bei ihrer Erbauung: zuerst ist es wesentlich, den Rasen und die Pflanzen, welche auf dem, zur Aufnahme ihrer Grundfläche bestimmten Boden wachsen, hinweg zu schaffen, damit die aufgetragene, diese Dämme bildende sollende Erde sich mit dem natürlichen Boden verbinde: sie soll in 5 bis 6 Zoll dicken Lagen aufgeführt und mit Sorgfalt gestampft werden.

Wenn man, dieser Vorsichtsmaassregeln beim Bauen ungeachtet, einigen Grund hat, die Durchdringlichkeit der Erde zu fürchten, so darf das Wasser erst einige Zeit nach der Anlage

---

[18]) Dis ist wohl zuviel verlangt; da die Ziehwege von schwererem Fuhrwerke nicht befahren werden, so wird man wohl mit einer Beschotterung oder einer Kieslage von 5 bis 6 Zoll Höhe, in den meisten Fällen, ausreichen.

Digitized by Google

des Kanals und zwar nur streckenweise in denselben gelassen werden, indem man die Haltungen durch Fangdämme abtheilt. Diese Vorsichtsmaassregeln für die Einlassung des Wassers in den Kanal sind nöthig, um die Ausbesserungen, die durch die Durchsickerungen veranlasst werden, zu erleichtern und um den Überschwemmungs-Zufällen des Landes vorzubeugen, dessen Boden tiefer als der Kanal liegt, und das offenbar im Falle des Bruches eines der Dämme überschwemmt werden würde. [19])

---

[19]) Um die Stärke oder die obere Breite eines Erddammes zu finden, sey x diese obere Breite, h seine Höhe und die Böschung habe auf 1′ Tiefe innerhalb und ausserhalb m Fuss Ausladung, so ist die Grundlinie der Böschung für die Höhe h = mh, also die untere Breite des Dammes = x + 2mh und der Querschnitt des Dammes = (x + mh) h. Das Gewicht der Erdmasse, welche man sich zur grössern Sicherheit vom Wasser ganz durchdrungen denken kann, sey auf die Länge von einem Fuss = (x + mh) h ($\varepsilon - \gamma$), wo ε das Gewicht von einem Kubikfuss Erde und γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser bezeichnet: denn nur das Gewicht kann hier in Rechnung kommen, um welches der C′ der vom Wasser durchdrungenen Erde mehr wiegt, als ein C′ Wasser.

Der Vertikaldruck des Wassers ist

$$= \frac{mh^2\gamma}{2} = V,$$

und der Horizontaldruck

$$= \frac{h^2\gamma}{2} = H.$$

Der Gesammtdruck auf die Grundfläche des Dammes ist daher:

$$= \frac{mh^2}{2}\gamma + (x + mh)\, h\, (\varepsilon - \gamma)$$

und für den Fall des Gleichgewichtes hat man also ganz allgemein, wenn μ den Reibungs-Koefficienten bezeichnet und der Sicherheit wegen der Horizontaldruck 3mal so gross angenommen wird, als er wirklich ist, die Gleichung:

$$3H = \mu\,((x + mh)\, h\,.\,(\varepsilon - \mu) + V).$$

Sezt man statt V und H ihre Werthe, so erhält man:

$$\frac{3h^2}{2}\,.\,\mu = ((a + mh)\, h\,.\,(\varepsilon - \gamma) + \frac{mh^2}{2}\,.\,\gamma)$$

und hieraus:

$$x = \frac{h\,\gamma\,(3 - \mu m)}{2\mu\,(\varepsilon - \gamma)} - mh.$$

Wird nun in diesem Ausdrucke für h = 10, $\gamma = 44\frac{1}{4}$, $\mu = \frac{1}{2}$, m = 2 und $\varepsilon = 66$ gesezt; so erhält man:

$$y = 20{,}69.$$

Nach den vorstehenden Voraussezungen berechnet Eytelwein in den *Aufgaben zur Übung der Analysis* die Stärke eines Dammes.

Digitized by Google

Die Baumpflanzungen, die einen Kanal einfassen, sind nüzlich und angenehm; man muss sie jedoch nicht zu nahe an den Rand des Kanals sezen, damit ihre Wurzeln keine Durchsickerungen veranlassen.

Man legt, parallel mit den Dämmen und in einiger Entfernung von dem Fusse der äusseren Böschung, auf einer, manch-

---

Es ist aber einleuchtend, dass, wenn die Erde des Dammes vom Wasser ganz erweicht ist, die Erde, auf welcher der Dammkörper ruht, ebenfalls durchdrungen seyn muss, wie dieses auch Grundwasser und Quellen hinlänglich beweisen. Daher wird dem Vertikaldrucke des Wassers auf die Dammböschung von dem Grundwasser des Bodens das Gleichgewicht gehalten, und es kann dieser Vertikaldruck $\frac{m h^2}{2} . \gamma$ nicht in Rechnung erscheinen.

Ausserdem beweisen mehrere am Rheine gemachten Erfahrungen, dass man nicht nöthig habe, den Horizontaldruck $\frac{h^2 p}{2}$ mit 3 zu vervielfachen, sondern dass die Vergrösserung dieses Druckes um die Hälfte hinlängliche Sicherheit gewähre. —

Denn ein Damm, dessen Krone 8′ breit, dessen vordere Böschung 2malig und dessen hintere 2½füssig war und vor dem das Wasser 10′ hoch stand, leistete dem Wasserdrucke vollkommenen Widerstand.

Berechnet man nun nach der lezten Voraussezung den Druck des Wassers und den Widerstand des Dammes, so verhalten sich Druck und Widerstand wie

$$\frac{10^2 . 44.25}{2} \text{ zu } \frac{61}{2} . 10 . 21{,}65 \text{ oder wie}$$

2212,5 zu 3316,8 oder beinahe wie 1 zu 1,5;

folglich ist es hinreichend, wenn man den Horizontaldruck der Sicherheit wegen statt 3mal nur 1½mal so gross nimmt.

Die allgemeine Gleichung wäre demnach:

$$\frac{3 h^2 \gamma}{4} = \mu (x + mh) . (\varepsilon - \gamma)$$

$$\text{und } x = \frac{3 h \gamma}{4 \mu (\varepsilon - \gamma)} - mh$$

oder, wenn man statt μ, ε und γ die obigen numerischen Werthe sezt:

$$x = (3{,}05 - m) h;$$

für $m = 2$ ist also x beinahe $= h$.

Sezt man wie oben $h = 10$ und $m = 2$, also die Böschung zu beiden Seiten 2malig, so findet man nun statt 20,6 nur 10,5, was mit der angeführten Erfahrung gut übereinstimmt. Man sehe auch Woltmann's *Beiträge zur hydraulischen Architektur*, welche die vorstehende Aufgabe auf fast ganz gleiche Weise aufgelöst enthalten. (Bd. II, §. 39 und §. 40). —

Digitized by Google

mal auch auf beiden Seiten einen Gegengraben oder eine Rinne zur Ableitung der dem Kanal fremden Gewässer an. [20])

XIII. Vorlesung.

Kammerschleusen. — Bestimmung, Gestalt und Dicke der verschiedenen Theile, aus welchen die oberen und unteren Schleusenhäupter bestehen. — Details der Konstruktion. — Mittel das Wasser in die Kammern zu leiten. — Schleusenthore.

Wir haben bereits die Länge und die Gestalt der Kammer oder Schiffstube bestimmt. Es bleibt, um das Ganze einer Kammer zu vervollständigen, noch übrig, die Abmessungen der beiden Schleusenhäupter festzusezen.

[20]) An ganz grossen Kanälen, z. B. an dem kaledonischen Kanal, welcher das Baltische mit dem Atlantischen Meere verbindet und auf dem Fregatten von 32 Kanonen gehen, werden auch unter der Oberfläche des Wassers Bankete angelegt. Bei dem erwähnten Kanal haben diese Bankete eine Breite von 6′ und liegen 2′ unter dem Wasserspiegel. Der Zweck dieser Bankete ist, zu verhindern, dass die grossen Fahrzeuge sich nicht allzusehr den Kanalufern nähern und die Böschungen beschädigen. Dadurch, dass die Schiffe entfernter von den Ufern gehen, ist der zwischen beiden Statt findende Aufstau und sind die sowohl hiedurch, als durch das Berühren der Böschungen von den Schiffen entstehenden Ufer-Abschälungen viel geringer. Löst sich übrigens über dem Banket durch irgend einen Zufall Erde los, so fällt diese nicht bis auf die Sohle des Kanals, sondern bleibt auf dem Banket liegen, welches bei der geringen Tiefe von 2′ unter dem Wasser sich leichter von Zeit zu Zeit reinigen lässt, als der Kanal. Aus diesen Gründen sollte man bei allen grossen Kanälen solche Bankete anbringen. —

Der erwähnte kaledonische Kanal, welcher von dem Ingenieur Telford entworfen wurde, hat eine Tiefe von 21′, eine Sohlenbreite von 52′ und im Wasserspiegel eine Breite von 127′. Die 23 Schleusen auf diesem Kanal, welche, wie die der London-Doks mit gekrümmten Mauern und mit gekrümmten eisernen Thoren angelegt sind, haben zwischen den Thoren eine Breite von 41,7′ und eine Länge von 179,7′. — Man vergl. Dupin: *Voyages dans la Grande-Bretagne* (III. Partie, Tom. II, pag. 153). —

Digitized by Google

Es ist einleuchtend, dass die Längen der verschiedenen Theile, aus welchen diese Schleusen bestehen, nach den Funktionen des Widerstandes und des Nuzens für das Manoeuvriren der Schleusen, welches diese Theile zu erfüllen haben, festgesezt werden müssen.

Die Grundrisse der oberen und unteren Schleuse gleichen sich in ihren gemeinschaftlichen Theilen, als in den Thorkammern, Flügelwänden und den Stirnmauern der lezteren; sie unterscheiden sich nur durch den Theil jenseits der Thorkammer, welcher zur Erleichterung ihres Manoeuvers bestimmt ist.

In der oberen Schleuse muss der vor der Thorkammer liegende Theil die gehörige Länge haben, um daselbst Nuthen zur Aufnahme horizontaler Balken anbringen zu können, mittels denen man einen Fangdamm bildet, welcher zur Ausbesserung der Kammer oft nöthig wird. In den Kammern von 5 bis 6 Meter (17′—20′) Breite, die eine Wasserhöhe von 2 bis 3 Meter (7′—10′) halten müssen, giebt man diesem Theile gewöhnlich 1½ bis 2 Meter (5′—7′) Länge.

Die Thorkammer, welche hierauf folgt, hat natürlich die Länge des Thores, das sie aufnimmt, wenn es geöffnet ist; man sezt dieser Länge noch etwas für den nöthigen Spielraum des Thores hinzu. In diesem Theile befindet sich die Vertiefung zur Aufnahme des Thores und der Wendehölung, welches der halbrunde Theil ist, in dem die Wendesäule des Thores sich während seiner Umdrehung bewegt. Der Drempel (so nennt man den Theil des Schleusenbodens, welcher über der Ebene des Bodens der Thorkammer hervorsteht, und den Thoren unten einen Stüzpunkt bietet) — schliesst diesen Theil der Schleuse.

Die Länge des folgenden Theiles, welcher Verstärkungspfeiler heisst, ist in beiden Schleusen, seiner Lage nach, in Bezug auf die Funktionen, die er zu erfüllen hat, verschieden. In der obern Schleuse verbindet dieser Theil die Schleuse mit der Kammer, und seine Länge könnte durch die der Halbmauer zu gebende Dicke bestimmt werden, indem jene für das Manoeuver der Thore Null ist, da die Oberfläche der Schleusenkammer allein nöthigen Raum zu diesem Manoeuver giebt; allein da, bei vertikal angelegter Stirnfläche dieser Mauer und bei geringer Fallhöhe, diese Dicke geringer als die Länge ist, welche man dem Theile gegeben hat, der vor die Thorkammer kommt, und worin

Digitized by Google

der Fangdamm liegt, — so ist es gebräuchlich, dem Pfeilervorsprung eine Länge zu geben, die dem vor der Thorkammer liegenden Theile gleich ist. In der unteren Kammer muss, da die Länge der Schleuse durch die Verstärkung begrenzt wird, derselbe die hinreichende Länge zur Aufnahme des Stückes liefern, welches man Drehbaum nennt, und welches dazu dient, die Thore zu handhaben. Die Länge dieses Theiles in der unteren Schleuse wird also von dieser lezteren Rücksicht bestimmt.

Was die Flügelwände anbelangt, die man an die Häupter der obern und untern Schleusen zu sezen pflegt, um die Einfahrt zu erleichtern, so legt man sie nach der Diagonale eines Quadrates an, dessen Seite 2 bis 3 Meter (7′ — 10′) ist. Diese Abmessung giebt die Stärke der Stirnmauer.

Fügt man zu diesen verschiedenen Theilen die Kammer, deren Gestalt und Abmessungen bereits bestimmt worden sind, so hat man das Ganze des Grundrisses einer Kammerschleuse.

Die Dicken { der Schleusenwände müssen mit dem Drucke des Wassers im Verhältnisse stehen. / der Häupter der Stirnmauern und der obern Flügelwände stehen mit dem Erddrucke in Verhältniss; die der untern Häupter und Stirnmauern hängen von dem Drucke des Wassers ab.

Die Dicken der Schleusenwände müssen nach der Funktion des Widerstandes, welche sie dem Wasser entgegensezen sollen, berechnet werden, weil diese Funktion des Widerstandes auf die Betrachtung gegründet ist, dass ein Wasserfaden zwischen die innere Fläche des Gemäuers der Schleusenwand und dem, gegen sie sich stüzenden Erdkörper eindringen könnte. Es ist einleuchtend, dass dann, wenn die Kammer leer ist, die Schleusenwand von diesem Wasserfaden einen Druck erleidet, welcher der Höhe dieses Fadens zugehört. [21])

---

[21]) Um die Dicke einer Mauer zu finden, welche einem Wasserdrucke auf ihre ganze Höhe widerstehen soll, muss man sich erinnern, dass der Druck des Wassers gegen eine vertikale Wand dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, welche diese Wand zur Grundfläche und die halbe Tiefe des vor ihm stehenden Wassers zur Höhe hat. — Nennt man h die Höhe, x die Breite, γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser, (was für bayerisches Maass und Gewicht 44¼ Pfund beträgt) und sezt man die Länge = 1, so ist der Druck des Wassers gegen die Mauer = $\frac{1}{2} h^2 \gamma$ und da der Mittelpunkt

Digitized by Google

Man nimmt in dieser Rechnung das Verhältniss der spezifischen Gewichte vom Wasser und von Mauerwerk gewöhnlich so an, als verhielten sich diese beiden Gegenstände wie 7 : 12.

Dieses Verhältniss muss sich jedoch nach Maassgabe des grossen Unterschiedes ändern, welcher in dem Gewichte der Hausteine und im Allgemeinen in jenem der eben zu Gebote

---

dieses Druckes um den dritten Theil der Höhe vom Boden entfernt liegt, so wirkt derselbe mit dem Hebelarme $\frac{1}{3}$. h und das Moment des Wasserdruckes ist $= \frac{h^2 \gamma}{6}$.

Die Mauer widersteht diesem Wassserdrucke mit ihrem ganzen Gewichte, nemlich mit $2xh\gamma$, wenn das Gewicht von einem Kubikfuss Mauerwerk noch so gross, als der des Wassers, also zu 2γ angenommen wird. —

Das Moment des Widerstandes der Mauer ist $x^2 h\gamma$, da das Gewicht der Mauer an dem Hebelarme $\frac{x}{2}$ wirkt, folglich hat man für den Fall des Gleichgewichtes:

$$x^2 h\gamma = \frac{h^2 \gamma}{6} \text{ oder}$$

$$x = \sqrt{\frac{h^2}{6}} = 0{,}41\ h.$$

Allein, da man immer etwas mehr thun muss, als das Gleichgewicht erfordert, so erhält man, indem man ungefähr $\frac{1}{8}$ beifügt,

$$x = \frac{1}{2}\ h,$$

woraus also hervorgeht, dass die Dicke einer Mauer, welche einen Wasserdruck auszuhalten hat, immer gleich der halben Höhe des Wassers seyn muss, welches vor dieser Mauer steht. In der Note No. 5 der IIIten Abtheilung fand man die Breite einer vertikalen Mauer, gegen welche, der Sicherheit wegen, das Maximum des Erddruckes angenommen wurde, gleichfalls $= \frac{h}{2}$.

Es würde zu weit führen, wollte man die Breite einer Mauer für die verschiedenen, statthaften Arten des Querschnittes derselben, z. B. wenn die Mauer auf ihrer vordern Seite eine Böschung und auf ihrer Rückseite Fussbänke hätte, berechnen. Es erhellt aus der vorstehenden Auseinandersezung, wie die Dicke einer Mauer in jedem besonderen Falle bestimmt werden kann.

Eine Vergleichung des Vortheils, den das trapezförmige Profil oder das mit Fussbänken vor dem rechtwinklichen hat, giebt Eytelwein im 4. Hefte seiner *Wasserbaukunst*, S. 91, wobei er aber, der Sicherheit wegen, annimmt, dass der Wasserdruck gegen die Mauer um die Hälfte grösser wäre, als er wirklich ist.

Befindet sich hinter der Mauer statt Wasser eine breiartige Schlammasse, so gilt die vorige Auseinandersezung auch für diesen Fall, wenn man nur statt dem Gewichte eines Kubikfusses Wassers, das von einem Kubikfusse des gegen die Mauer drückenden Schlammes sezt.

Digitized by Google

stehenden Materialien Statt hat. Es ist wesentlich, dass ein Ingenieur im voraus, durch Versuche über das Gewicht der Materialien die er anwenden muss, dieses Verhältniss bestimme.

Es war früher ziemlich allgemein üblich, Strebepfeiler hinter den Schleusenwänden anzulegen. Dieses Mittel zur Vermehrung des Widerstandes der Schleusenwände gegen den Erddruck erzeugt eine kleine Ersparung im Kubus des Mauerwerkes. Dieser Umstand hat jedoch dem beträchtlicheren Vortheilen weichen müssen, welche man von einer, auf die ganze Länge der Schleusenwand gleichförmig verbreiteten, grösseren Dicke des Mauerwerkes zieht, wenn man die Strebepfeiler weglässt und den Kubus derselben jener zusezt, um eine gleichförmige Masse von Mauerwerk zu haben, die gegen die Durchsickerungen einen weit kräftigeren Widerstand leistet.

Die Verminderung der Dicke der Schleusenwände gegen die Erdseite, welche nach Maassgabe ihrer Erhöhung Statt findet, geschieht durch Abstufungen auf der Rückseite der Mauer.

Die obere Fläche der Schleusenmauer soll gewöhnlich 0,5^{m} (1,7 Fuss) über dem Wasserspiegel liegen.

Die Schleussenböden werden in Holland und in den Niederlanden gewöhnlich zum Theil aus Mauerwerk und zum Theil aus Holz konstruirt; allein man kann sich nicht verbergen, dass diese Bauart viele Nachtheile hat: man soll sie vermeiden, besonders dann, wenn die zu Gebote stehenden Materialien die Anwendung dieses Gemisches entbehrlich machen.

Wenn man Hausteine von guter Qualität hat, müssen die Schleusenböden ganz von Mauerwerk hergestellt werden; sie werden nach einem umgekehrten oder nach einem scheitrechten Gewölbe zugerüstet. Die Böden in den, mit den Schleusen korrespondirenden Theilen müssen so konstruirt werden: was die Schleusenböden der Kammern betrifft, so können sie ohne Nachtheil aus zugerichteten Bruchsteinen bestehen, allein sie müssen ebenfalls nach einem umgekehrten Gewölbe zugerüstet werden.

Ihre Gründung geschieht, wenn der Boden schlecht ist, durch Einbettung, das heisst auf einer, einen durchgehenden Schleusenboden bildenden Masse von Mauerwerk. [22]) Dieses Mittel

---

[22]) Die Gründung der Schleusen auf Beton fängt jezt an allgemeiner zu werden. Die Schleusen an dem Kanal Monsieur wurden, wie z. B. jene

Digitized by Google

ist unter solchen Umständen ihrer Anlage auf einem Pfahltroste vorzuziehen.

Die Fallmauern werden gewöhnlich senkrecht aufgeführt. Man könnte ihnen das Profil der Kurve von gleichem Falle geben. [23]) Diese Anordnung der Fallmauer hatte das Vortheilhafte, dass die Geschwindigkeit des Wassers am Fusse des Falles eine horizontale Richtung annehmen würde, allein diese Konstruktion ist nicht ohne Nachtheil in Bezug auf die Zurüstung (den Steinschnitt), und da es möglich ist, die Wirkungen eines vertikalen Falles aufzuheben, so ist es besser, dem Profile einer vertikal aufgeführten Fallmauer den Vorzug zu geben. In allen Fällen musss die Zurüstung der obern Schichte der Fallmauer nach einem Schnitte geschehen, wonach sie der Wirkung des Wassers widersteht, welche sie gegen die Kammer zu schieben sucht. Die Zurüstuug dieser Schichte, die, der Festigkeit des Werkes wegen, eine beträchtliche Dicke haben muss, vereinigt sich mit

---

bei Strassburg und die bei Hünningen auf 1 Meter (3,42′) hohe Betonlage fundirt; — bei andern Schleusen an diesem Kanal, welche ebenfalls auf Beton fundirt wurden, erhielt die Betonlage eine Höhe von 0,75m (2,56′). Die Schleusen an der Lippe wurden nach Herrn Zimmermann's, im I. Theil angeführten Aufsazes gleichfalls auf Beton fundirt, sowie die Schleusen an dem neu zu erbauenden Donau-Main-Kanal; die Höhe der Betonschichte der leztern beträgt 3′. —

Bei der Gründung einer Schleuse auf Beton hält Herr Zimmermann für rathsam, den ganzen Raum mit einer Spundwand zu umgeben; dagegen werden an dem Donau-Main-Kanal, was auch wohl hinreichend ist, blos vor und hinter der Schleuse Quer-Spundwände geschlagen, an die sich der Beton hart anlegt.

Der aus Trassmörtel und zerschlagenen Ziegelsteinen bereitete Beton hat, nach Zimmermann, nach Verlauf von 8 Wochen, eine absolute Festigkeit von 70 ℔ auf den Quadrat-Zoll (Berliner Maass und Gewicht); die rückwirkende Festigkeit ist noch so gross und zwar nach Jahresfrist 32000 ℔ auf den □ Fuss. Sezt man die rückwirkende Festigkeit nun gleich der absoluten, was gewiss nicht unbillig ist, so kann nach Verlauf von 8 Wochen auf den Beton eine Mauer von 70′ Höhe und nach einem Jahre eine Mauer von 152′ Höhe aufgeführt werden.

[23]) Die Konstruktion der Linie des gleichen Falles und die Anwendung derselben auf das Öffnen von Zugbrücken findet man ausführlich in Belidor's *Ingenieur-Wissenschaften* abgehandelt. —

Digitized by Google

dem Drempel der obern Schleuse, dessen Verlängerung sie ist. [24])

Der Theil des Schleusenbodens, welchen man Drempel oder Anschlagschwellen nennt, bildet in seinem horizontalen Grundrisse einen Winkel, dessen Scheitel offenbar gegen die obere Haltung gekehrt seyn muss; durch diese Anordnung stüzen sich die Thore, wenn sie geschlossen sind, gegenseitig und halten den, gegen sie wirkenden, Wasserdruck aus. Wenn der Winkel des Drempels ein rechter wäre, so folgte natürlich hieraus, dass die Stärke des, von einem Thore auf das andere ausgeübten Druckes, der auf die Holzfasern dieses leztern wirkt, ein Maximum des Widerstandes in dieser Lage geben würde; allein dieser Winkel hat den Nachtheil, eine sehr grosse Länge der Thore zu veranlassen, und folglich auch noch den, die Stärke des Druckes gegen die Fläche eines jeden Thores zu vernehmen.

Wenn der Winkel Null wird, so werden sich die Thore keinen wechselseitigen Stüzpunkt mehr gewähren; und wenn man, in dieser Stellung, von Seite des Druckes, in Beziehung auf die geringere Oberfläche, alles, was man konnte, vermindert hat, so geht, in Beziehung auf ihren wechselseitigen Stüzpunkt, alles verloren.

Es ist also ein Maximum des Vortheils zwischen diesen Grenzen aufzufinden.

Die Auffindung des vortheilhaftesten Winkels für den Drempel einer Schleuse beschäftigt seit langer Zeit die Ingenieure. Die Unterschiede, die man in den mancherlei Lösungen dieser Aufgabe findet, rühren von den verschiedenen Arten, diese Frage zu betrachten, her.

Welche aber auch die verschiedenen Lösungen seyn mögen, auf welche man nach den verschiedenen Arten, die Daten dieses

---

[24]) Der Ingenieur Forey hat, wie Girard im 24sten Bande der *Annales de Chimie et de Physique*, pag. 131, anführt, die glückliche Idee gehabt, die Fallmauer ganz wegzulassen und den Thoren am Ober- und Unterhaupte gleiche Höhe zu geben. Die Hinweglassung dieser Mauer vereinfacht die Bauart, vermindert ihre Kosten und stellt sie vor mehreren Ursachen der Zerstörung sicher. Das Verdienst dieser Idee, welche nicht ermangeln wird, früher oder später allgemein anerkannt zu werden, besteht in ihrer Einfachheit selbst. Indessen seit der Erfindung der Kammerschleusen, — vor nun fast vierhundert Jahren, — ist sie noch keinem Ingenieur beigefallen. —

Digitized by Google

Problems aufzustellen, geleitet wurde, — eines Problems, welches bis jezt noch nicht völlig gelöst worden ist, und dessen Lösungen von dem Winkel von 109° — 28′ bis zu dem von 143° — 8′ von einander abweichen, — so stellt doch die Beobachtung alles dessen, was in dieser Hinsicht geschehen ist, fest, dass bei allen ausgeführten Schleusen, dieser Winkel ein, zwischen diesen beiden Grenzen eingeschlossener, stumpfer Winkel sey. [25])

Aus den vergleichenden Untersuchungen zwischen den Winkeln der Drempel von 26 mit Sorgfalt ausgeführten Schleusen könnte man folgern, dass der mittlere Vorsprung des Drempels zwischen dem dritten und vierten Theile der Schleusenbreite liegen müsse.

Der Winkel, welcher für die Schleusen des Kanals von Burgund angenommen worden ist, beträgt 143° — 8′ und entspricht einem Vorsprunge, welcher ein Sechstel der Breite der Schleusen ist.

Diese leztere Bestimmung des Drempel-Vorsprunges hat den Vortheil, eine sehr grosse Verminderung in der Breite der Thore zu erzeugen: eine in vielen Beziehungen wichtige Berücksichtigung. Dieser Vorsprung ist mit Vortheil bei den meisten neuerlich erbauten Schleusen angewendet worden.

Die hölzernen Anschlagschwellen müssen in die Drempel eingelassen werden, wenn man diese aus Mauerwerk erbaut.

Diese Anschlagschwellen verhüten die Absplitterungen, welche das Anschlagen der Thore gegen die, den Drempel bildenden Gewölbsteine verursachen würde. Die Thore schliessen sich ausserdem viel besser an diese Schwellen als an eine Steinschichte an; sie verhindern weit wirksamer den Wasserverlust. Um diese Wirkung noch vollständiger zu erreichen, legt man zwischen die hölzerne Anschlagschwelle und die genuthete Steinschichte des Drempels einen sehr dicken wollenen Zeug, welcher

---

[25]) Eine ausführlichere Untersuchung über den Drempelwinkel findet man in Gauthey's angeführter Abhandlung über Kanäle, Seite 71, und eine analytische Auflösung der erwähnten Aufgabe über den vortheilhaftesten Winkel in Belidor's *hydraulischer Architektur*, — sowie auch in Woltmann's *Beiträgen zur Schiffbarmachung der Flüsse* (Hamburg 1826, S. 226 u. f.). Woltmann findet durch Theorie den Vorsprung des Drempels, zu $\frac{1}{6}$ der Schleusenweite: dieses Resultat stimmt also mit dem, was Perronet, Brünings, Silberschlag und Andere angeben, überein.

Digitized by Google

fest zusammen gepresst, durch die, die Schwelle festhaltenden Schraubennägel mit dem Drempel verbunden ist.

Wenn der Boden, auf dem eine Schleuse erbaut wird, nicht von guter Beschaffenheit ist, so ist es üblich, querüber und senkrecht auf die Längenaxe der Schleuse, unter den Häuptern der Schleusenböden und unter den Drempeln der Schleusen, Spundwände zu schlagen, um dem Zuge der Durchsickerungen unter dem Schleusenboden entgegen zu wirken, und zu verhindern, dass sie denselben nicht nach seiner Länge durchziehen: eine Wirkung, die besonders dann Statt haben würde, wenn die Gründung der Schleusenböden auf einem Schwellrost geschehen würde, dessen Längeschwellen den Durchsickerungen als Leiter dienen könnten.

Die Konstruktion des Schleusenbodens in Gestalt des umgekehrten Gewölbes macht es offenbar überflüssig, ihm so viel Dicke als den Schleusenwänden zu geben, obgleich er einen beträchtlichen Widerstand gegen den Wasserdruck zu leisten hat. [26])

---

[26]) Es ist wesentlich nothwendig das Mauerwerk des Schleusenbodens auf einen festen Boden zu legen, mit dem es sich auf eine innige Weise verbinden kann; aber bei Bestimmung der ihm zu gebenden Dicke muss der ungünstigste Fall angenommen werden, und der ist, wenn das Wasser der obern Haltung zwischen den Boden und das Mauerwerk des Schleusenbodens eingedrungen ist. —

Durch die Elemente der Hydrostatik ist bekannt, dass der Wasserfaden, — den man als zwischen das natürliche Erdreich und das Mauerwerk des Schleusenbodens, welches er in der Ebene der Längenachse der Schleuse zu zerbrechen strebt, eingedrungen ansieht, — eine Wirkung ausübt, die gleich

$$\frac{l\,b^2\,\gamma}{8}\,(h+x)$$

ist, wenn l die Länge der Schleuse, b ihre Breite, h die Höhe des Wassers über der Oberfläche des Schleusenbodens, x dessen Dicke und γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser bezeichnet. —

Man findet eben so leicht und durch Anwendung der nemlichen Grundsäze, dass die entgegengesezte Wirkung, welche von der Masse des Schleusenbodens, herrührt, diese als einen gleichförmigen und zusammenhängenden Körper betrachtet, gleich

$$\frac{l\,b^2\,\delta\,.\,x}{8}$$

ist, wenn δ das Gewicht von einem Kubikfuss Mauerwerk bedeutet. Die Gleichung des Gleichgewichts ist also:

$$(h+x)\,\gamma = x\,\delta \text{ und hieraus } x = \frac{h\,.\,\gamma}{\delta-\gamma}.$$

Digitized by Google

Die Natur und Gattung des Bodens, auf welchem die Schleuse gegründet ist, hat gleichfalls auf diese Dicke Einfluss, welche hienach verschieden seyn muss.

In einem festen und lehmigen Erdreich erhalten die Schleusenböden eines Kanals von gewöhnlicher Schiffahrt eine Dicke von 1,29m (4,4′) bis 1,62m (5,5′). Endlich hängt auch noch diese Dicke von der Art der anzuwendenden Materialien, und besonders von der Beschaffenheit des Kalks und des Mörtels ab.

Der Boden der unteren Schleuse hat gemeinlich eine grössere Dicke. Diese grössere Dicke muss offenbar Statt finden, weil dieser Theil des Schleusenbodens einem beträchtlicheren Drucke von Seite des Wassers widerstehen muss. Deshalb gibt man ihm manchmal bis zu 2 Meter (6,8) Dicke.

Diese Angaben der Dicken sind weit entfernt feste Regeln zu seyn; wie man bereits gesagt hat, ist es die Rücksicht auf die Natur des Bodens auf welchem die Schleuse erbaut wird und die auf die Beschaffenheit der Materialien, welche den Ingenieur bei der Festsezung dieser Dicken leiten müssen.

Mittel, das Wasser in die Kammer zu leiten.

Das Mittel, welches man wählt, um das Wasser in eine Kammer zu leiten, hat nothwendig Einfluss auf die Gestalt der Schleusenwände und auf die der Schleuse selbst.

Nach dieser von Girard aufgestellten Formel fände man, für h = 15′, $\gamma = 44\,\widehat{\alpha}$ und $\delta = 88\,\widehat{\alpha}$, x = 15 Fuss, was aber mehr als das Doppelte von dem ist, was in dieser Beziehung die Erfahrung als hinreichend angiebt.

Dieses Beispiel dient wieder als Beleg, wie vorsichtig man bei der Anwendung von Formeln seyn muss und dass selbst die ausgezeichnetsten Ingenieure sich irren können; es ist daher unumgänglich nöthig, alles reiflich selbst zu prüfen und, auf keine Autorität hin, etwas ohne Prüfung als wahr anzunehmen.

Jedoch darf nicht unerwähnt bleiben, dass Girard in der angeführten Abhandlung bemerkt, er habe, der grössern Sicherheit wegen, den ungünstigsten Fall angenommen; es können also nach unserer vorstehenden Bemerkung um so mehr die Kosten des Schleusenbodens in Vergleich zu denen der Schleusenmauern (man vergleiche die Note No. 10) hinweggelassen werden.

Digitized by Google

Das einfachste Mittel sind die Schüzen, welche in den Schleusenthoren angebracht sind; allein es ist mit einigen Nachtheilen verbunden.

Diese Nachtheile bestehen darin, dass sie Beschädigungen und folglich auch Unterspülungen am Fusse der Fallmauer und öfters auch an den Schleusenwänden verursachen. Diese Beschädigungen rühren eines Theils von der Wirkung des Wassers her, welches von einer erhöhten Fallmauer herabstürzt, und andern Theils von der Richtung des Strahles, welcher, wenn man auf einmal nur eine Schüze öffnet, die Längenaxe der Schleuse in schiefer Richtung trifft.

Ein anderes Mittel sind die Umläufe oder die in den Schleusenwänden angebrachten Wasserleitungen, welche eine Verbindung zwischen der oberen Haltung und der Kammer, oder zwischen dieser und der unteren Haltung herstellen; allein ausser dem Nachtheil einer daraus hervorgehenden falschen Richtung des Stromes, welche weit beträchtlicher als bei Anwendung der Schüzen ist, haben sie noch den, dickere Schleusenwände zu erfordern; diese Wasserableitungen sind überdis noch schwer auszuführen und häufigen Ausbesserungen unterworfen.

Die, diesen beiden ersten Systemen von Wasserverbindung zwischen der Kammer und oberen Haltung anhängenden Nachtheile haben zu den Hebern Veranlassung gegeben, welche der verstorbene General-Inspektor Gauthey auf die Schleusen angewendet hat. Durch dieselben wird das Wasser unter der Fallmauer, die zu diesem Zwecke gewölbt ist, in die Kammer geleitet.

Diese Heber beseitigen die Nachtheile, welche durch den Sturz und die schlechte Richtung der, durch die Umläufe und die Schüze der Thore aus der obern Haltung abfliessenden Gewässer hervorgebracht werden; allein ihre Konstruktion ist schwierig, und sie scheinen, in Beziehung auf die Unterbrechung des Zusammenhanges, welche sie in dem Mauerwerke der Schleusenwände verursachen, den nemlichen Nachtheilen wie die Umläufe ausgesezt zu seyn. Dis leztere Mittel, das Wasser in die Kammer zu leiten, wurde indess mit Erfolg bei den Schleusen des Kanals du Centre oder von Charolais angewendet, welcher von Gauthey entworfen und ausgeführt worden ist. Allein diesen Erfolg verdankt man ohne Zweifel nur der sorg-

Digitized by Google

fältigsten Aufsicht, welche der Ingenieur, besonders wenn die Arbeiten von seinem Wohnsize entfernt sind, nicht immer ausüben kann; und in diesem Falle verdient die Anwendung des einfachsten Mittels zur Leitung des Wassers in die Kammer, nemlich das der Schüzen, den Vorzug. [27])

Details der Konstruktion der Schleusen, und Nebenanstalten.

Die Konstruktion der Schleusen erheischt im Allgemeinen die grösste Aufmerksamkeit für die Wahl der Materialien und besonders die möglichst grösste Sorgfalt, bei ihrer Anwendung.

---

[27]) Auch an dem Kanal von St. Quentin, sowie an dem, jedoch nur als Projekt dermalen noch bestehenden Kanal zur Verbindung der Donau mit dem Main wurden solche heberförmige Umläufe angebracht. Beide werden mit Muschelventilen von Gusseisen geschlossen, und die ersteren findet man in Batsch's *hydrotechnischen Wanderungen* und die anderen in des Freiherrn von Pechmann *Beschreibung des Kanals von der Donau in den Main*. Freiherr von Pechmann giebt ausserdem eine äusserst sinnreiche Anordnung zum Öffnen und Schliessen der Umläufe an; seiner Güte verdanken wir die nachfolgende, aus der oben erwähnten Abhandlung, entlehnte Beschreibung dieser Anordnung.

„Alle bis jezt gewöhnlichen Arten von Umläufen haben die Unvollkommenheit, dass sie nie ganz wasserdicht gemacht werden können, und daher immer einiges Wasser durch sie verloren gehet. Da an diesem Kanal das überflüssige Wasser zum Betriebe von Mühlen verwendet werden soll, so ist es um so wichtiger, jenen Verlust zu hindern. Ich habe daher vorgeschlagen, diese Umläufe mit von Eisen gegossenen, genau schliessenden Muschelventilen zu versehen. Auf diesen, vorzüglich an den untern Umläufen, liegt daher allerdings, wenigstens bei Schleusen von bedeutender Höhe, wie es einige an diesem Kanal seyn werden, eine hohe Wassersäule, und es muss, um diese Ventile zu öffnen, ein grosses Gewicht gehoben werden. Es ist zwar für Schrauben nicht zu gross, aber doch ansehnlich genug."

„Ich habe anfangs Schrauben mit doppelten Gewinden vorgeschlagen. An den Kopf der Schraubenmutter wird ein Schlüssel gesteckt, und die Kraft eines Mannes würde vollkommen hinreichend seyn, sie mittels eines durch den Kopf derselben gesteckten, ungefähr 3′ langen, folglich auf beiden Seiten 18″ vorragenden Hebels zu bewegen. Allein ich wünschte die Umläufe mit weniger Anstrengung und Zeitverlust öffnen und schliessen zu können. Die Mittel, welche ich dazu vorschlage, sind in der Fig. 31, 32, Taf. VI dargestellt."

„Zuerst jenes für den untern Umlauf, auf welchem die grössere Wasserlast liegt. Wenn man mit dem Ventile desselben ein hohles Gefäss verbindet,

Digitized by Google

Wenn es ohne beträchtliche Vermehrung des Aufwandes geschehen kann, sollen die Schleusen ganz in Haustein von einer harten, wenig porösen, sowohl dem Froste widerstehenden, als von dem Wasser unangreifbaren Gattung, erbaut werden. In Ermangelung eines Steines, der diese Eigenschaften in sich vereint, wendet man mit Erfolg Ziegel an; allein in diesem Falle müssen immer die Winkel, die Schichten des Drempels, die Gesimse, endlich alle, Stössen oder Reibungen ausgesezten Schleusentheile aus Hausteinen aufgeführt werden.

Um das, einem starken Wasserdrucke beständig ausgesezte Mauerwerk undurchdringbar zu machen, bringt man mit Vortheil gegen die Durchsickerungen eine Lage Beton zwischen das Mauerwerk von Hausteinen und zwischen jenes von Bruch-

---

so wird dieses, sobald es in das Wasser versenkt ist, sich und folglich auch das daran befestigte Ventil mit einer Kraft zu erheben suchen, welche dem Gewichte der Wassermasse gleich ist, welche es verdrängt."

„Soll in dem gegenwärtigen Falle das Gefäss seinem Zwecke entsprechen, so muss es gross genug seyn, dass es durch sein Bestreben aufzusteigen, die Last der auf dem Ventile liegenden Wassersäule, und sein eigenes Gewicht mit noch einem, zum Heben hinlänglichen, Überschusse an Kraft überwinden könne. Es sey das Gewicht der Wassersäule = M, das Gewicht des Ventils mit dem daran befestigten Gefässe = P und das nothwendige Übergewicht = p, so muss das Gefäss A, Fig. 31, eine Grösse erhalten, dass das Gewicht des dadurch verdrängten Wasser = M + P + p sey. Wenn nun die Schleusenkammer bis zum Wasserspiegel der obern Kanalhaltung gefüllt wird, wird das Ventil, wenn es nicht auf irgend eine Weise niedergehalten wird, sich von selbst erheben. Ein Reiber, an dessen Knopf ein Schlussel gesteckt werden kann, bedeckt aber die Öffnung a und hindert die Stange des Ventils und folglich dieses selbst in die Höhe zu steigen. Eine Umdrehung desselben befreit die Öffnung, und das Ventil hebt sich. Es würde nun, wenn die Kammer wieder geleeret wird, und der Wasserspiegel in derselben zur untern Kanalhaltung herabsinkt, ebenfalls und zwar zu frühe sinken."

„Allein eine in die Stange eingeschnittene Kerbe, in welche der Reiber, wenn er wieder zurückgedreht wird, eingreift, hindert dieses, und das Ventil sinkt erst dann und schliesst sich wieder, wenn der Reiber aus der Kerbe wieder zurückgedreht wird. Da der, gegen die Umlaufs-Öffnung gerichtete, Strom einen störenden Druck oder Stoss auf die Oberfläche des Ventiles ausüben könnte, so sind die Seitenwände des Gefässes bis an dieses herab verlängert und oben mit Öffnungen versehen, damit unter demselben keine Luft zurückbleiben und das Sinken des Ventils hindern könnte. Vielleicht könnte man dieses für eine entbehrliche Vorsichtsmaassregel halten, doch kann zu viele Vorsicht selten nachtheilig seyn." —

Digitized by Google

steinen oder Ziegeln, welches das Mehr der Dicke der Schleusenwände bildet.

Die Festigkeit einer Schleuse wird durch eine sorgfältige Konstruktion allein nicht gesichert: es ist wichtig, die Unterspülungen zu verhindern, welche am Ende des unteren Schleusenbodens Statt finden könnten, und dieser Wirkung, welche bald den Verfall der Schleuse verursachen würde, kann nur durch die Anlage eines Werkes vorgebeugt werden, das man Vorboden nennt.

Diese Vorböden werden manchmal ganz aus Zimmerwerk erbaut; es ist dis ein auf Pfählen liegender Schwellrost, dessen Felder mit Thon ausgefüllt und mit einer flachen Rollschichte überdeckt werden, welche zugleich die Verlängerung des Schleusenbodens bildet; öfters aber begnügt man sich, diesen Vorboden aus Faschinat herzustellen.

Es giebt eine besondere Art von Schleusenkammern, die mit Nuzen an dem unteren Ende eines Kanals angelegt werden, wenn es an einem, Anschwellungen ausgesezten Flusse liegt, und mit welchem die Schleusenkammer eine beständige Ver-

---

„Dieses Mittel ist aber an dem oberen Umlaufe nicht ohne einige Abänderung anwendbar, weil vor demselben die Höhe des Wasserspiegels immer die nämliche bleibt. Das Gefäss A, Fig. 32, wird sich, wenn es leer ist, wohl erheben, und das Ventil öffnen, allein es würde eine bedeutende Kraft erfordert werden, um es wieder niederzudrücken und das Ventil zu schliessen, weil es hier wegen dem nie stattfindenden Sinken des Wassers nie ausser demselben, wie jenes an dem untern Umlaufe befindlich seyn kann. Soll das Gefäss selbst ohne Kraftanstrengung wieder sinken, so muss es vorher mit Wasser gefüllet werden. Ich wende dazu folgendes einfache Mittel an. Das Ventil erhält in der Mitte eine ungefähr 3 Zoll weite Öffnung. Ist die Schleusenkammer leer, und das Ventil geschlossen, so wird das Gefäss A leer seyn und sich heben, sobald es durch die Umdrehung des Reibers bei a möglich gemacht wird. Der Wasserspiegel in der Schleusenkammer wird nun durch Füllung derselben bis zu jenem, unter welchem das Gefäss A steht, erhoben, und dieses füllt sich nun durch die, im Ventile befindliche, 3″ weite Öffnung. Es wird nun mit seinem Gewichte sinken und das Ventil wieder schliessen, sobald der Reiber aus der in der Ventilstange befindlichen Kerbe entfernt wird.“

„Wird hierauf die Kammer durch den untern Umlauf geleert, so leert sich auch das Gefäss A und das Ventil wird sich wieder zu öffnen streben, und sich wirklich öffnen, sobald man es durch die veränderte Stellung des Reibers bei a gestatten wird.“

„Einzelnheiten über die verschiedenen kleinern Theile dieser Ventile sind in dieser Schrift entbehrlich.“

Digitized by Google

bindung, bei jedem Wasserstande des Flusses, unterhalten muss.

Diese besonders gestaltete Kammer, muss demnach die Einfahrt in den Kanal selbst dann gestatten, wenn die Anschwellungen sich über die Kanalhaltung erheben, welche über der Ausmündung des Flusses liegt; zu dem Ende müssen Fluththore in dem unteren und oberen Schleusenhaupte angebracht werden, und mittels dieser Gegen - Stemmthore können die Schiffe aus dem Flusse in den Kanal herabsteigen: weil dadurch, dass man die über der Haltung, in die man eingehen will, liegende Wasserschichte in die Kammer abfliessen lässt, man sodann den Wasserspiegel der Kammer leicht mit dem dieser Haltung gleich stellt.*)

Die an der Einmündung des Kanals beider Meere in die Garonne angelegte Kammer dient als ein Beispiel, die Vortheile des Maneuvres dieser Art Kammern zu zeigen.

Das Zimmerwerk der Schleusenthore besteht aus einem parallelogrammförmigen Rahmen, aus Riegeln und Querschwellen; eine oder mehrere Streben vervollständigen das System desselben.

Von den beiden Rändern, welche die vertikalen Seiten des Rahmens bilden, heisst der in der Wendehöhlung stehende, auf welchem das Thor sich dreht, der Drehständer, der andere Stemm - oder Schlagständer.

Die Funktion der Hauptstrebe oder des Stückes, welches die Diagonale des Parallelogrammes bildet, so wie die der anderen Streben, wenn deren vorhanden sind, besteht darin, das Gewicht des Thores auf den Drehständer überzutragen.

Man hat bisweilen von diesem Princip Missbrauch gemacht, indem man die Streben ohne Noth vervielfältigte.

Jede unter der Hauptstrebe liegende Strebe, welche sich nicht auf den Dreständer stüzt, ist offenbar fehlerhaft; sie muss deshalb wegbleiben.

---

*) Strenge genommen könnte man diese Theile der Schleusen, welche Fluth-Thore erhalten müssen, entbehren, und diesen Aufwand vermeiden, indem man das Flusswasser frei in den Kanal eintreten lässt; allein durch diese übel verstandene Ökonomie sezt man den ganzen überschwemmten Theil der Schleuse und des Kanals der Versandung aus; der Fluss wird darin den Schlamm und das Materiale, welches er unter diesen Umständen reichlich mit sich führt, fallen lassen. Es ist von grosser Wichtigkeit, dis zu vermeiden. (Anmerk. d. Verfas.).

Digitized by Google

Da der Rahmen des Thores immer eine stärkere Abmessung ins Gevierte hat, als die sich mit demselben verbindenden Riegel und Querschwellen, so gleicht man diesen Unterschied durch einen Falz aus, der zur Aufnahme der Enden der Dielen oder Bohlen dient, welche auf dem Rahmen eine ebene Fläche bilden und auf der Seite des Wasserdruckes angebracht werden.

Da das Gewicht der Thore beträchtlich ist, und da sie während sie sich drehen nicht mehr unterstüzt sind, so muss man durch den Verband das Gewicht eines jeden Flügels zu vermindern suchen, indem man einen Theil dieses Gewichtes auf den Drehständer überträgt. Dis ist die Ursache, warum man die Bekleidungsdielen nach der Diagonale des Thores, parallel mit der Lage der Strebe anbringt.

Die kleinen Schüzen oder Schussthore werden, wenn man sie zur Füllung der Kammer anwendet, am Fusse des Thores in einem, am Thore befestigten Rahmen angebracht.

Aus der Prüfung der Abmessungen und aus der Untersuchung über die beste, den Riegeln oder Querschwellen zu gebende Lage, ergeben sich zwei Systeme der Konstruktion der Thore.

1) Querschwellen, gleichweit von einander entfernt, von ungleichen Abmessungen ins Gevierte, die im Verhältnisse zu den Pressungen stehen, denen sie vermöge ihrer Lage ausgesezt sind. Dis ist das erste System.

2) Ins Gevierte gleiche Abmessungen und ungleiche Abstände, von denen die Produkte der Pressungen unter sich gleich sind, bilden das zweite System.

Von diesen beiden Systemen, welche in Bezug auf den Widerstand gleiches Resultat gewähren, verdient das lezte den Vorzug, wegen der Gleichheit der Gevierte, was die Konstruktion sehr erleichtert.

Es ist üblich, den Verband des Rahmens, aus welchem das Zimmerwerk des Thores besteht, durch Beschläge, welche Winkel und Bänder bilden, zu verstärken; diese Beschläge werden auf den vertikalen Seiten der Riegel und auf denen der Dreh- und Schlagständer angebracht, sie treffen auf den, einander gegenüber liegenden Seiten des Thores aufeinander und sind unter sich durch Schrauben-Bolzen mit Muttern verbunden. [28])

---

[28]) An dem Donau-Main-Kanal sind die Winkelbänder von Gusseisen und haben zum Theil die Form eines rechtwinkligen Dreieckes oder eines

Digitized by Google

Das Thor dreht sich auf dem Zapfen des Drehständers, welcher sich in einer, in den Schleusenboden versenkten Pfanne bewegt. Die Thore werden in ihrer vertikalen Stellung durch ein gusseisernes Halsband erhalten, welches den Drehständer an seinem oberen Ende umfasst. [29])

Man muss auf die Stellung der Thore die grösste Sorgfalt verwenden, um die Durchsickerungen zu verhindern, welche nothwendig Statt fänden, wenn die abgerundete Seite des Drehständers sich nicht genau an die Fläche der Wendehöhlung anschlösse, und wenn die untere Querschwelle nicht an dem Drempel anläge. Diese Genauigkeit in der Stellung der Thore hängt von der Lage des Drehständers und von jener der Mittelpunkte des Halsbandes und der Pfanne ab, welche sich in allen Stellungen des Thores, während es sich dreht, in einer vertikalen Linie befinden müssen. [30])

Der General-Inspektor Gauthey hat eine nüzliche Abänderung in der Art, das Halsband anzurichten, angegeben, um die Reibung an demselben zu vermindern; sie ist bei dem Kanal von Burgund angewendet worden. Es ist dis eine in den Drehständer eingesezte eiserne Axe. Diese Anordnung vermindert offenbar die Reibung, die unter diesen Umständen nur am Umfange der Axe Statt hat. [31])

Viereckes; die platten Seiten sind 2 Zoll breit und 3 Linien dick, und die Winkelbänder selbst sind 1,5′ bis 1,8′ lang und 1,5″ — 2,0″ hoch; ein dreieckiges wiegt 10 und ein viereckiges wiegt 20 Pfund.

[29]) Die Arme des Halsbandes werden 2 ½ bis 3 Zoll breit und einen Zoll dick angenommen; auch erhalten diese Arme nahe am Halse nebst dem Halsbande selbst eine Dicke oder Höhe von 2 Zoll, so dass der Thorzapfen 2 Zoll hoch vom Halsbande umgeben ist. —

[30]) Eine Beschreibung und Zeichnung von der vortheilhaftesten Anordnung der Wendehöhlung findet man in Eytelwein's *Wasserbau*, IVtes Heft, S. 69 und in Perronet's Werken, übersezt von Dietlein, S. 351 und Tafel 44. —

[31]) In neuerer Zeit wurden die grossen Schleusen-Thore in England gekrümmt angelegt. Über die Vortheile solcher gekrümmter Schleusenthore äussert sich Dupin in seinen *Reisen nach Grossbritannien* wie folgt: (man vgl. dessen *Voyages dans la Grande-Bretagne*, III. Partie, Tom. II, pag. 29.)

„Die Thore der Schleusen des London-Doks, welche in allen ihren Theilen aufs vollkommenste zusammengesezt und aufs schönste ausgeführt sind, wie alle diejenigen, deren Breite 6 oder 7 Meter übertrifft, sind, anstatt eben wie die unsrigen, zu seyn, auf der gegen das drückende Wasser ge-

Digitized by Google

Die Unterhaltung der Thore erfordert, dass sie mit Öl getränkt oder betheert werden.

Man sezt die Thore gewöhnlich mittels Hebel oder Arme in Bewegung, welche mit den Dreh- und Schlagständern verbunden sind; diese Hebel liegen in der gewöhnlichen Stüzhöhe, von der oberen Fläche der Schleusenmauern an gerechnet. Dieses Mittel ist ebenso bequem als einfach; es erfordert wenig Kraftaufwand, wenn das Thor gut vertikal gestellt ist. Man giebt diesen

---

kehrten Seite gekrümmt. — Wir wollen nun untersuchen, welches von beiden Systemen die meisten Vortheile darbietet."

„Bei uns hat sich das Vorurtheil offenbar für die geraden Thore erklärt. Daher haben sich auch, als ich (Dupin) in meinen Mémoiren über das Seewesen und den Strassen- und Brückenbau von Frankreich und England den gekrümmten Thoren den Vorzug zu geben schien, sehr geschickte Ingenieure gegen diese Meinung erklärt. — In der Folge sind sie jedoch, durch die natürliche Richtigkeit ihres Geistes, indem sie die Resultate der Erfahrung zu Rathe zogen, darauf zurückgekommen."

„Belidor hat versucht, den Widerstand der gebogenen Thore mit denen der geraden zu vergleichen. Ich gestehe, dass ich erstaune, wie er in den theoretischen Fehler, auf den er sich stüzt, verfallen konnte. Hier ist die Art, wie er diesen Gegenstand im 1sten Buche seiner *hydraulischen Architektur über die Vervollkommnung der Schleusen* behandelt." —

„Der Druck des Wassers gegen die gekrümmten Thore ist, unter übrigens gleichen Umständen, derselbe, als gegen die geraden Thore, d. h. wenn man statt der zwei gebogenen Flügel EfF, FgG die Geraden EF, FG hat, welche ihre Dreh- und Stemmständer in denselben Punkten E, G und F haben (man vergleiche die Fig. 34, Taf. VI) so findet man:

„1) wenn die, gegen einen gebogenen Flügel EfF ausgeübten senkrechten Pressungen daselbst zerlegt werden, um die senkrecht auf den ebenen Flügel EF wirkende Pressung zu haben, dieselbe ganze Pressung, als wenn die Flüssigkeit unmittelbar auf diesen lezten Flügel drückte: dieser Theil des Belidor'schen Beweises ist vollkommen richtig." —

„2) Die mit dem ebenen Flügel EF parallel wirkenden Kräfte, welche sich aus der Zerlegung der, auf dem gegebenen Flügel senkrechten Kräfte ergaben, theilen sich in zwei Theile, deren Richtungen sich diametral entgegen gesezt sind, und deren Gesammt-Pressung dieselbe ist. Hieraus schliesst Belidor, dass diese Kräfte sich gegenseitig das Gleichgewicht halten und also keine Wirkung auf die gebogenen Flügel hervorbringen; woraus folgte, dass die gebogenen Flügel den geraden in Bezug auf den Widerstand gegen den Wasserdruck nicht vorzuziehen wären. Citiren wir den Text selbst." —

„„Da der Druck des Wassers, welcher die Flügel EdF in der Mitte zu brechen strebt, durch den nicht modifizirt wird, welcher auf der einen wie auf der andern Seite des Punktes D, parallel mit der Sehne EF wirkt, da sie keinen Gegendruck haben: so ist es einerlei, die Flügel gekrümmt oder gerade zu machen; es ist blos der Fall, dass während der mit Id parallele

Digitized by Google

Hebeln eine, der Breite des Thores ungefähr gleiche Länge; und man belastet bisweilen ihr Ende mit Eisen und selbst mit

---

Druck das Bestreben hat, die Krümmung EdF gerade zu machen, seine Hälften nach Richtungen gepresst werden, die auf do senkrecht sind, um sie noch mehr zu biegen, und die Enden E und F, wo möglich, der Mitte o zu nähern. Der grosse Unterschied, welcher zwischen den Linien do und oF Statt findet und die den einen wie den andern Druck darstellen, ist die Ursache, dass man hievon in der Rechnung ganz Umgang nehmen darf.«« —

„Wenn die Raisonements von Belidor richtig wären, so könnte man auch ein, mit Gewichten nach einem beliebigen Geseze belastetes cylindrisches Gewölbe mit einem Dache von zwei Ebenen, das von der innern Wölbungslinie des Gewölbes eingeschlossen wird, vergleichen und also beweisen, dass das Dach ebenso stark, als das Gewölbe sey.«

„Die einzige Art, die Festigkeit eines Systemes von Zimmer- oder Mauerwerk zu betrachten, ist die, vorauszusezen, dass die Kräfte, welche die Gestalt dieses Systemes zu verändern streben, es wirklich verändern, anfänglich um eine unendlich kleine Grösse, dann um eine immer mehr und mehr beträchtlichere. Wir wollen nun sehen, was eine solche Gestalt-Veränderung auf Flügel hervorbringt, je nachdem wir sie gerade oder kreisförmig annehmen.«

„Der ebene Flügel wird, indem er seine Gestalt verändert, konkav auf der Seite des, ihn drückenden Wassers, und die Wirkung der Flüssigkeit sucht den Flügel zu zerreissen, um die Theile links und rechts von einander zu entfernen. Es ist eine neue Kraft, die sich noch zu den ersten Pressungen gesellt und die in dem Maasse immer mehr und mehr wächst, als dis Konkavität des Flügels zunimmt.« —

„Wenn im Gegentheile ein konvexer Flügel seine Gestalt verändert, so muss er sich in sich selbst zusammenbiegen, um einen geringeren Raum einzunehmen: daher werden die Elemente, aus denen er besteht, — weit entfernt, ein Bestreben zu erhalten, sich von einander zu trennen, — immer mehr und mehr, die einen gegen die andern gepresst, wodurch nur die Verbindung vermehrt wird. Er hat ausserdem den Vortheil, die Filtrationen bei so zusammengepressten Fugen weniger zu erleichtern.« —

„Fügen wir noch hinzu, dass je mehr Krümmung ein konvexer Flügel hat, er desto mehr der Gestalt-Veränderung widerstehe. In der That, um dieselbe Verminderung ihrer Ordinate zu bewirken, muss ihre Oberfläche sich um eine viel beträchtlichere Grösse verkleinern. Vergleichen wir z. B. mit einem nur äusserst wenig gekrümmten Flügel einen andern, welcher es 2, 3, 4 oder 5 mal mehr ist, so wächst der Widerstand durch diese Gestalt-Veränderung im Verhältnisse von 1 : 4 : 9 : 16 zu 25, d. h. im Verhältnisse der Quadrate der Krümmungs-Ordinaten.«

„Ich hielt es für nöthig, in dieses lange Detail einzugehen, um ein Vorurtheil zu zerstören, das vielleicht einige Ingenieure mit Vertrauen angenommen haben, und das noch allgemein in Frankreich zu herrschen scheint, da man ausschliesslich von den geraden Flügeln sowohl bei grossen, als kleinen Schleusen, Gebrauch macht.« —

Digitized by Google

Blei um die Wirkung des Gegengewichtes zu vermehren. Die Hebel werden allgemein zum Öffnen und Schliessen der Thore der Kanäle angewendet; allein bei den grossen Schleusen der Seehäfen bedient man sich der Wellen, der Haspeln und solcher Mittel, welche von der Kraft abhängen, die man hervorbringen will, um dieses Manoeuver der grossen Thore leichter zu bewerkstelligen. [32])

Was die kleinen Schüzen oder Schussthüren betrifft, so giebt man denselben eine auf- und absteigende Bewegung, entweder mittels Schrauben wie an dem Kanal der beiden Meere, oder, was allgemeiner angenommen ist, mittels Winden. In diesen beiden Fällen muss die Kraft, die man mit diesen mechanischen Mitteln hervorbringen soll, nach derjenigen berechnet werden, welche nothwendig ist, und die mit dem Gewichte der Schüze sowohl, als mit der in den Nuthen Statt findenden Reibung und mit dem auf die Schüzen wirkenden Wasserdrucke in Verhältniss steht. [33])

---

[32]) Die älteste und einfachste Art die Schleusen-Thore zu öffnen, welche noch bis auf die heutige Stunde am häufigsten und allgemeinsten gebraucht wird, ist die im Texte beschriebene Vorrichtung mittels eines Hebelarmes. — Dieser Hebelarm hat an den meisten Schleusen eine horizontale Lage; allein es ist offenbar besser, wenn man denselben gegen die Mitte des Thores etwas abwärts neigt, indem dadurch der obere, über dem Thorsteg hervorragende, Theil des Schleusenständers kürzer und also der Gefahr, von dem Hebelarme gebogen, oder gar zerrissen zu werden, weniger ausgesezt ist. —

Wird über dem Unterhaupte einer Schleuse eine Brücke erbaut, wie dis gewöhnlich, der Ersparung wegen, zu geschehen pflegt, so können die untern Thore wegen der Stirnmauer der Brücke nicht durch Hebel geöffnet werden. Man öffnet in diesem Falle die Thore gewöhnlich, wie dis an dem Kanal von St. Quentin Statt findet, mittels beweglicher Stangen, die an den Schlagständern befestigt sind, oder mittels Seilen, die, gleichfalls an den Schlagständern angebracht, sich auf einem Göpel aufwickeln. — Andere mechanische Vorrichtungen zum Öffnen der Schleusenthore, z. B. durch verzahnte eiserne, gerade, oder nach einem Quadranten geformte Stangen, deren Zähne in einen Trilling eingreifen, sieht man nur bei den Thoren grosser Schleusen angewendet. —

[33]) Um die zum Aufziehen einer Schüze erforderliche Kraft zu finden, sey b die Breite der Schüze, h die Höhe des vor ihr stehenden Wassers, Q das Gewicht derselben, und γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser, so ist der Druck des Wassers gegen das Schuzbrett

$$= \tfrac{1}{2} \gamma \, b \, h^2.$$

Digitized by Google

XIV. Vorlesung.

Wasserleitungen. — Überfälle und Grundablässe. — Feste und bewegliche Verbindungs-Brücken. — Durchstiche und Einschnitte der Berge zur Anlage des Kanals oder der Leitgräben. — Beschreibung der kleinen Schiffahrt.

Wasserleitungen.

Die Wasserleitungen sind Werke, welche dazu dienen, einen Kanal oder einen Leitgraben von den Gewässern zu befreien, welche sie nicht unter allen Umständen aufnehmen dürfen; ihre Bestimmung ist, einen Kanal nach Belieben von den wilden Gewässern, welche der Schiffahrt schädlich sind, zu isoliren. Von diesen Werken giebt es dreierlei Arten hinsichtlich ihrer Lage gegen den Wasserspiegel des Kanals.

1) Eigentliche Wasserleitungen oder Durchlässe; wenn sie unter dem Kanal liegen, den sie durchkreuzen, und wenn das Giessbett des Durchlasses sich in der Sohle des Seitengrabens befindet, so haben die Gewässer des Leitgrabens einen natürlichen Abfluss, der der gleichförmigen Neigung der Sohle des Leitgrabens entspricht.

2) Heberdurchlässe; wenn der Körper des Durchlasses und sein Giessbett sich unter den Kanal senkt, und an jeder Seite wieder aufwärts steigt, um in die Gegengräben oder Seitenrinnen zu gelangen, deren Bett oder Sohle sich eines Lokalumstandes

---

Wenn wegen der Unebenheit der Fugen die Reibung zu $\frac{1}{3}$ des Druckes angenommen wird, so ist der hievon herrührende Widerstand

$$= \frac{1}{6} \gamma b h^2$$

und hiezu das Gewicht des Schuzbrettes addirt, giebt die zum Aufziehen desselben erforderliche Kraft, nemlich

$$= \frac{1}{6} \gamma b b^2 + Q. -$$

Digitized by Google

wegen, in einer, über dem Giessbette des Durchlasses liegenden Ebene befindet.

3) Brückwasserleitungen; wenn der Kanal höher liegt, als ein Fluss, über welchen er, ohne den Ablauf der Gewässer des Flusses zu hindern, sezen muss und umgekehrt. Wenn die Wasserleitung bestimmt ist, den Kanal über einen Fluss zu führen, so erhält dieses Werk den Namen Brück-Kanal; wenn dagegen der Fluss es ist, welcher über den Kanal gehen muss, ohne dessen Schiffahrt zu hindern, so behält sie den Namen Brück-Wasserleitung.

Die Abmessungen der Wasserleitungen nach der Breite sind in allen Fällen der Menge des Gewässers, welches durchfliessen soll, entsprechend.

Wenn die Wassermassen, welche der Kanal zu durchkreuzen genöthigt ist, bedeutend sind, und wenn sie sich, was der ungünstigste Fall ist, in der Ebene des Kanals befinden, so ist man gezwungen, sie in den Kanal selbst zu leiten, und seine Zuflucht zu den Hülfsmitteln zu nehmen, welche die Kunst zur Abhaltung der Versandungen, welche diese Hineinleitung gewöhnlich verursacht, darbietet.

Ein empfehlenswerthes Beispiel dessen, was das Genie unter solchen Umständen vermag, ist die Art, wie man sich bei dem Kanal der beiden Meere der Versandungen des Wildbaches Libron entledigt hat, welcher jenen frei, und ohne Wasserleitung durchschneidet, da die Örtlichkeit der Anwendung dieses Mittels entgegen war.

Man bedient sich zu diesem Zwecke einer Art von Brückbarke, die man während der Hochgewässer auf den Wildbach, nach der Quere desselben legt. Die Anrichtung dieser Barke ist von der Art, dass sie den Lauf des Wildbaches von dem Bette des Kanals absondert, wenn sie, gehörig gestellt, mittels Einlassung einer gewissen Menge Wassers in ihren Schiffsraum versenkt wird. In dieser Stellung befindet sich die Brücke der Barke in der Ebene des Bachbettes, auf welches man die langen Seiten oder Wände der Barke, die in Scharnieren gehen, niederlässt. Die kurzen Seiten bleiben in ihrer vertikalen Stellung, und da ihre Höhe den Wasserspiegel des Kanals übersteigt, so halten sie das Gewässer des Wildbaches zusammen, der ebenso wie das Versandungsmateriale, welches er mit sich führt, in den Theil seines Bettes jenseits des Kanals geleitet wird. Die

Digitized by Google

unveränderliche Lage der Barke wird durch gemauerte Wände gesichert, die den Einmündungen des Wildbaches in den Kanal, und folglich auch den langen Seiten der Barke entsprechen. Eine leichte Konvergenz im Grundrisse dieser Wände verhindert die Barke ihre Stellung zu verlassen.

Sobald die Anschwellung, welche die Einsenkung der Barke veranlasst hat, vorüber ist, schöpft man das in den Schiffsraum gebrachte Wasser aus, macht sie flott, um sie in der, im Ufer des Kanals für sie angelegten Bucht aufzubewahren, und die Schiffahrt ist frei.

Die eigentlichen und die Heber-Durchlässe können von Holz erbaut werden: sie heissen dann Dohlen. [34])

Die Details der Konstruktion der Brückwasserleitungen sind dieselben wie jene der auf den Hauptstrassen erbauten Brücken, nur kommen hier noch die bereits angezeigten Vorsichtsmaassregeln hinzu, um das Mauerwerk der Schleusen undurchdringbar zu machen. [35])

Die vortheilhafteste Lage der Wasserleitungen muss mit der grössten Sorgfalt studirt werden. Wir führen den Kanal der beiden Meere als nachzuahmendes Beispiel in einigen seiner Theile, in welchen diese Werke gut angebracht sind, an.

---

[34]) Buze ist ein Zapfendohl; so nennt man nemlich am Rheine einen kleinen hölzernen, gewöhnlich durch einen Deich oder eine Strasse gehenden Durchlass, welcher manchmal blos ein durchbohrter Holzstamm ist, der mit einem Zapfen verschlossen werden kann.

[35]) Um das Durchdringen des Wassers an den Brück-Kanälen zu verhindern, wird die Sohle des Kanals, auf die ganze Breite zwischen den Kanalmauern, die bei 6′ Fahrtiefe eine mittlere Dicke von 2½ Fuss haben, mit einer 1 Fuss hohen Betonschichte überzogen und zwischen den Kanal- und Stirn-Mauern ausserdem noch eine 1½′ dicke und 6′ hohe Lettenwand angebracht.

Die Steine der erstern werden natürlich mit hydraulischem Mörtel gemauert und überdis noch in jeder Fuge eigene kleine Rinnchen eingehauen, die mit Cement-Mörtel ausgegossen werden. (Man sehe v. Pechmann's *Flussbau*, 2. Bd., S. 115). —

An dem Donau-Main-Kanal wurde die Breite des Wasserspiegels in den Brück-Kanälen auf 20′ beschränkt; zu beiden Seiten wurden aber 6′ breite Ziehwege angelegt. —

Digitized by Google

Von den Überfällen und Grundablässen.

Diese Werke dienen dazu, den Kanal seines Wasserüberflusses zu entledigen, wenn dieser nach beträchtlichen Regengüssen oder aus einer anderen besonderen Ursache zu gross ist; er würde offenbar die Dämme in Gefahr sezen, wenn man nicht die nöthigen Anstalten getroffen hätte, ihn zu verhindern, jene zu übersteigen. Man wendet diese Werke auf gleiche Weise zur Trockenlegung des Kanals an, im Falle Ausbessernngen vorzunehmen sind. —

Mittels der Überfälle wird das Wasser an der Oberfläche, mittels der Grundablässe wird es am Grunde abgelassen.

Die ersteren lassen bei einer Wasserhöhe, welche nur sehr wenig diejenige übersteigt, die man im Kanal zu halten pflegt, nur wenig Wasser ab; bei den zweiten ist, weil der Abfluss eine Geschwindigkeit hat, welche von der Wasserhöhe im Kanal herrührt, das Ergebniss bei weitem beträchtlicher.

Die Überfälle sind nach den Funktionen die sie erfüllen, als Werke der Kunst, nichts anderes, als eine Mauerwerk - Bekleidung der inneren Böschung des Kanals; es ist dis eine Mauer, deren oberste, das Sturzbett bildende Fläche, auf den höchsten Wasserstand angelegt ist, welcher im Kanal gehalten wird. Das Wasser, welches über den Überfall läuft, stürzt, sobald es sich über denselben erhebt, auf ein unteres Giessbett, welches den Damm durchschneidet, und sich bis an die Rinne oder den Gegengraben verlängert: für den Dienst des Schiffzuges wird über diesen Durchschnitt eine Brücke geschlagen. Die Zahl dieser Überfälle und ihre Abmessung nach der Breite müssen der Wassermenge angemessen seyn, welche abgeführt werden soll, damit der Wasserspiegel des Kanals sich beständig auf der zur Schiffahrt geeigneten Höhe erhalte.

Die Grundablässe sind einfache, durch Schüzen geschlossene Schleusen: es sind dazu Schleusenwände und ein Giessbett nöthig, welches sich vom Kanal bis in den Gegengraben erstreckt. Ausser den beträchtlichen Baukosten, welche diese Werke erheischen, bedürfen sie auch der Aufsicht eines Schleusenwärters zu ihrem Manoeuver; deshalb erbaut man deren auch gerade nur so viele, als zur Abführung jener Gewässer erfordert werden, die von den Anschwellungen herrühren, denen der Kanal aus-

Digitized by Google

gesezt ist, und um den Kanal im Falle einer Ausbesserung trocken zu legen. —

Der Heberüberfall, der zugleich Überfall und Ablass, und von dem Ingenieur Garipuy erfunden ist, wurde mit gutem Erfolg am Kanal der beiden Meere angewendet.[36])

Dieser Überfall dient unter gewissen Umständen als Oberflächen-Überfall und wird Grundablass, wenn die zu grosse Höhe der Gewässer es erfordert. Dieser aus Mauerwerk erbaute Überfall ist, wie sein Name es auch anzeigt, aus zwei Armen zusammen gesezt; der eine, kürzere, hat seine Einmündung in den Kanal nahe am Boden; der andere, längere endigt äusserlich am Gegengraben. Diese beiden Arme sind durch eine kreisrunde Kurve vereinigt.

Das Spiel dieses Überfalles, welcher nach Bedürfniss beide Funktionen erfüllt, wird durch ein Luftloch bewirkt, welches in dem Arme des Hebers, der sich in den Kanal senkt, angebracht und ein wenig unter der Höhe des gewöhnlichen Fahrwassers durch gestochen ist. Dieser Arm des Hebers reicht über die Ebene dieses Luftloches nur um ungefähr 1 Decimeter (0,342'), das heisst, um diejenige Grösse hinauf, welche die innere Höhe der Krümmung des Hebers bildet; die untere Ebene des Luftloches wird durch diese Anordnung Tangente zur unteren Kurve, welche die beiden Arme vereinigt. Bei diesem Stande der Dinge ist es einleuchtend, dass, wenn die Gewässer durch die Anschwellungen über den gewöhnlichen Spiegel erhoben werden, dieselben die innere Kurve erreichen und das Werk verrichtet dann die Funktion als Oberflächen-Überfall, bis der Wasserspiegel, indem er sich immer mehr hebt, die obere Kurve, welche die beiden Arme verbindet, erreicht, und die durch die Krümmung des Hebers gebildete Leere vollkommen füllt. Da die äussere Luft, welche in der Krümmung blieb, durch das an ihre Stelle getretene Wasser verdrängt wurde, ohne in dieselbe zurücktreten zu können, weil das Luftloch unter Wasser ist, und sie nicht mehr in dasselbe eindringen kann, so ist der ganze Raum des Hebers mit Wasser angefüllt, leistet auf diese Art

---

[36]) Beschreibung und Abbildung von den, an dem Kanal du Midi erbauten und von Garipuy angegebenen Heberdurchlässen findet man in Woltmann's *Beiträgen zur Baukunst schiffbarer Kanäle*, S. 73, und in Büsch's *Wasserbau*, Bd. II, S. 168 u. f. —

Digitized by Google

nothwendig die Funktion des Grundablasses, und bewirkt einen bedeutenden Abfluss. Diese lezte Funktion währt so lange bis das Luftloch auftaucht, nachdem sich die Gewässer im Kanal gesenkt haben: dann tritt die Luft wieder in den Heber ein und er wird wieder Oberflächen-Überfall.

Das physische Phenomen der nicht anhaltend fliessenden Quellen hat wahrscheinlich zur Erfindung des Heber-Überfalles Veranlassung gegeben; die Ursachen des Fliessens und des Aussezens sind vollkommen dieselben.

Alle diese Werke, mit Ausnahme des Heber-Überfalles, der besondere Sorgfalt erfordert, bieten nur die bei Ausführung der Bauten im Wasser überhaupt vorkommenden Schwierigkeiten dar. Ein gut gewählter Steinschnitt, mit Sorgfalt ausgeführtes Mauerwerk, Anwendung von Beton im Innern dieses Gemäuers, um es undurchdringbar zu machen, sind im Allgemeinen die Mittel, um den Erfolg dieser Werke zu sichern.

Von den Brück-Wasserleitungen und Brückkanälen.

Diese Werke dienen dazu, den Kanal über einen Fluss zu führen, und umgekehrt.

Die Abmessungen dieser Werke hängen immer von dem Nuzen, welchen dieselben der im Kanale eingerichteten Schiffahrt gewähren sollen, und von der Wassermasse ab, der sie den Übergang zu verschaffen haben. — Die Details ihrer Konstruktion werden, bis auf einige Abweichungen, durch dieselben Grundsäze festgestellt, welche für die Entwürfe und für die Konstruktion der Strassen-Brücken entwickelt worden sind: alles was über diese lezteren und zur Erlangung der Undurchdringbarkeit gegen die unvermeidlichen Durchsickerungen, welche an Werken dieser Art Statt finden, gesagt wurde, ist auf die Brück-Wasserleitungen anwendbar.

Von den Verbindungsbrücken.

Man erbaut auch Brücken über die Kanäle, um die durch den Kanal getrennten Theile einer Strasse oder eines Weges zu

Digitized by Google

verbinden; in diesem Falle müssen, wenn die Schiffahrt mittels Segel Statt findet, diese Brücken nothwendig beweglich seyn.

Unter den verschiedenen Arten von beweglichen Brücken sind die Aufzug- oder Hebelbrücken und die Dreh- oder Rollbrücken die gebräuchlichsten. Die Ortsverhältnisse und die Beachtung der Mittel, durch welche die Schiffahrt Statt findet, bestimmen die zwischen den verschiedenen Arten von beweglichen Brücken zu treffende Wahl.

Welche Art Brücken man aber auch wählen mag, immer müssen die Abmessungen derselben genau nach dem vereinten Bedürfnisse der Schiffahrt und der zu verbindenden Strasse festgesezt werden, und die zur Bewegung dieser Brücken bestimmten Mittel, müssen immer dem Kalkul unterworfen werden, um bei denselben nur die Kraft anzuwenden, welche gerade nothwendig ist. Die Elemente der Statik reichen zur Lösung dieser Art Aufgaben vollständig hin.

Von den Durchstichen und von den Einschnitten.

Von den Nachtheilen dieser Art Bau-Anlagen zur Herstellung eines Kanals oder einer Rinne war schon die Rede; allein wenn ihre Anwendung unvermeidlich ist, so muss man die grösste Sorgfalt beim Sprengen des Durchstiches, wenn es auf bergmännische Weise in lebendigem Gestein Statt findet, wegen der Erschütterungen anwenden, welche die Felsen öffnen und später Durchsickerungen veranlassen können. Der Abtrag geschieht, wenn die Masse weich ist, aber noch Konsistenz genug hat, mittels der Picke: dis ist der vortheilhafteste Fall. Die Schwierigkeiten der Ausführung vermehren sich, wenn der Boden aus Sand, Gerölle, weichem Sandstein, oder endlich aus anderen Materialien besteht, die sich schiefern, und wenig Zusammenhang unter einander haben. Dieser leztere Fall bietet grössere Schwierigkeiten für die Ausführung dar; er erfordert kostspielige Vorkehrungen, und macht es fast immer nothwendig, den Kanal zu wölben, was die Kosten bedeutend vermehrt.

Wenn der Durchstich lang ist, erfordert es die Ökonomie, dass man den Kanal auf die möglichst geringste Breite be-

Digitized by Google

schränke, man bringt alsdann von Entfernung zu Entfernung Buchten an, in welcher ein Fahrzeug sich hält, um ein anderes ihm begegnendes, vorbei zu lassen. [37])

Man muss indess bemerken, dass die Beschränkung eines Kanals oder einer Rinne auf ihre geringste Breite im unterirdischen Theile, den Widerstand bedeutend vermehrt, welchen das fliessende Gewässer dem Fortgange des Fahrzeuges entgegensezt, was eine weit beträchtlichere bewegende Kraft für den Schiffzug erfordert, und die Geschwindigkeit des Wassers in den Rinnen merklich vermindert. [38])

---

[37]) Das Quer-Profil der unterirdischen Kanalstrecken von St. Quentin und St. Maux findet man in Batsch's *hydrotechnischen Wanderungen* abgebildet und beschrieben; der erste hat auf beiden Seiten, der lezte aber nur auf einer Seite einen Ziehweg. Die unterirdischen Kanalstrecken in England haben, wie z. B. die am Regentkanal, keine Ziehwege; Schiffe werden, wie das auch bei den Stollen des Donau-Main-Kanals der Fall seyn wird, mittels in dem Mauerwerk befestigter Ringe, durch die Schiffer vorwärts geschoben.

[38]) Um die Grösse der Zugkraft zu berechnen, welche zur Bewegung von Schiffen in Kanälen erforderlich ist, kann man, nach den Versuchen von Bossu und Condorcet, annehmen, dass ein Schiff, dessen vertikaler Querschnitt q und dessen Geschwindigkeit c ist, im unbeschränkten Wasser zu seiner Fortbewegung eine Kraft erfordert, welche dem Gewicht einer Wassersäule gleich kömmt, deren Grundfläche q, nemlich dem vertikalen Querschnitt des Schiffes, und deren Höhe der, der Geschwindigkeit des Schiffes zugehörigen Höhe $=$, nemlich $\frac{c^2}{4g}$ ist.

Nennt man γ das Gewicht von einem Kubikfuss Wasser (44 ¼ ℔ in bayerischem Maass und Gewicht, so ist die zur Fortbewegung des Schiffes im freien Strome erforderliche Kraft

$$= q \cdot \frac{c^2}{4g} \cdot 44{,}25 \text{ ℔}$$

vorausgesezt, dass das Schiff die Gestalt eines rechtwinklichen Parallelopipedums hat, und dass jede seiner Seitenflächen, also auch die dem Strome ausgesezte vordere Fläche, ein Rechteck ist.

Gewöhnlich haben nun die Schiffe diese Gestalt nicht und es ist der vordere Theil entweder blos cylindrisch abgerundet, so dass sich, die Seitenflächen des Schiffes in einem vertikalen Ständer, dem Vordersteven, endigen und der Boden auf die ganze Länge des Schiffes ein ebenes, mit Halbkreisen, oder einem gleichschenklichen sphärischen Dreieck vorn und hinten geschlossenes Rechteck bleibt; — oder sie haben auch noch einen Kiel, der sich nach vorn zu erhebt und im Vordersteven endigt. —

Der Widerstand wird, im Falle der vordere Theil des Schiffes rein cylindrisch ist, um die Hälfte, und im Falle das Schiff einen, vorn aufwärts ge-

Digitized by Google

Die Höhe unter dem Gewölbe der Durchstiche für einen Kanal muss so viel betragen, dass ein beladener Kahn mit aufgerichtetem Zugmaste frei durchgehen könne.

Man beleuchtet die unterirdischen Kanäle durch Luftschachte, die sich von dem Gewölbe an, welches sie durchschneiden, bis zur Oberfläche des Geländes erheben.

Diese Schachte verschaffen ausserdem während dem Bau des Kanals die Mittel, um die Wegräumung des Abtrags zu bewerkstelligen und selbst zu beschleunigen; eine Operation, welche sehr lange und kostspielig seyn würde, wenn man den Abtrag durch die ganze Länge des Kanals führen müsste, um ihn an den Ausgängen nieder zu legen.

Wenn ein Kanal einen Berg durchschneiden müsste, welcher keinen schroffen Abgang hat, so kann man die Länge des Durchstiches vermindern, indem man den Kanal mittels nach oben offenen Einschnitten bis zu dem Punkte herstellt, wo der Aufwand für den Abtrag, welcher in dem Maasse, als man in den Berg eintritt, wachsend zunimmt, denjenigen übersteigt, welcher für die Anlage des unterirdischen Kanals Statt fände.

---

bogenen Kiel hat, um das Vierfache vermindert, so dass man für die gewöhnlichen Kanalschiffe, deren Vordertheil abgerundet und etwas zugespizt ist, mit Weltmann, den dritten Theil obigen Widerstandes im freien Strome in Rechnung bringen kann, also ist die Zugkraft:

$$(I) \qquad P' = \frac{1}{3} \cdot \frac{q\,c^2}{4g} \cdot \gamma = \frac{q\,c^2}{3} \cdot \frac{\gamma}{4g}.$$

In einem beschränkten Wasser, oder in einem Kanal muss aber diese Zugkraft wegen des Widerstandes, der von der Beschränkung des Wassers herrührt, noch vermehrt werden, und man kann mit Herrn von Reichenbach annehmen, dass die, von dem Schiffe vorn, während seiner Bewegung verdrängte Wassermasse qc hinter demselben wieder ersezt werde, also durch den, zwischen Schiff und Kanal belassenen Raum fliessen müsse.

Sezt man den Querschnitt des Kanals $= p$, so ist dieser Raum $= p - q$, und die Geschwindigkeit, mit welcher die Wassermenge qc durch denselben strömt, ist

$$v = \frac{qc}{p-q}.$$

Zur Erzeugung dieser Geschwindigkeit ist die Druckhöhe $\frac{v^2}{4g} = \frac{1}{4g}\left(\frac{qc}{p-q}\right)^2$ erforderlich. Der durch die Beschränkung bewirkte Widerstand ist daher

$$(II) \qquad P'' = \frac{\gamma}{4g} \cdot q \left(\frac{qc}{p-q}\right)^2$$

Digitized by Google

Wenn diese nach oben offenen Einschnitte vorkommen, muss man das Nachstürzen der Erde dadurch vermindern, dass man Bankette mit einer kleinen Rinne am Fusse des Einschnittes anlegt, um die von Regen, von Durchsickerungen, oder von Quellen herkommenden Gewässer aufzunehmen, welche nothwendigerweise von den Böschungen des Einschnittes entfernt zu halten sind.

System der kleinen Schiffahrt.

Dieses System scheint einige Vortheile in Hinsicht auf Ersparung an Wasser und an Baukosten darzubieten, und in dieser Beziehung ist es vorzüglich auf, in Gebirgsgegenden anzulegende Kanäle anwendbar, besonders wenn sie zur Verführung von Mineralien bestimmt sind.

Die ganze zur Fortbewegung eines Schiffes in einem Kanal nöthige Kraft ist also:

(III) $P''' = P' + P'' = \frac{\gamma}{4g} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{q^2}{(p-g)^2}\right) qc^2 = 0{,}6584 \left(\frac{1}{3} + \frac{q^2}{(p-q)^2}\right) qc^2.$

Ist p viermal so gross, wie es gewöhnlich bei gut gebauten Kanälen angenommen wird, also $p = 4q$, so wird

$$P''' = 0{,}6584\ (1/3 + 1/9)\ q c^2 = 0{,}2926\ q c^2$$

und für $q = 60$ □′ und $c = 3'$ ist

$$P''' = 158 \text{ bayerische Pfund},$$

welches die in der Verlängerung der Achse des Schiffes zum Fortziehen desselben erforderliche Kraft ist.

Das an der Spize des Mastes angebrachte Zugseil, an welchem das Pferd zieht, bildet aber mit der Achse des Schiffes einen Winkel, der bei Kanälen von mittlerer Grösse zu 14° angenommen werden kann; ist daher die Zugkraft eines Pferdes = P, so hat man

$$P \cdot \text{Cosin } 14° = P''' \text{ oder}$$

(IV) $$P = \frac{P'''}{\text{Cos } 14°} = P''' \text{ Sec } 14°$$

und in unserm Beispiele

$$P = \frac{158}{0{,}968} = 163{,}2 \text{ ℔},$$

welches bekanntlich die Zugkraft eines mittelmässig starken Pferdes ist.

Schiffe von 1500 bis 1600 Zentner Ladung können also durch ein Pferd gezogen werden.

Für $p = 3{,}7\ q$; $q = 31$ □′ und $c = 3'$ ist

$$P''' = 129{,}25 \text{ ℔ und } P = 133\,1/3 \text{ ℔},$$

Digitized by Google

Diese Kanäle haben eine geringe Breite und werden nur von den, für sie eigens erbauten Fahrzeugen befahren, welche eine, ihrer Bestimmung angemessene Form haben. Einige von diesen in England ausgeführten Kanälen haben nur 3 Meter (ungefähr 10 1/4 Fuss) Breite.

Durch die Anwendung dieses Kanalsystems, wobei die stärksten Fälle durch verschiedene, dieser Schiffahrt eigene Mittel überstiegen werden, kann man einen Kanal auf der Hänge eines Hügels hinführen, so lange diese sich zur Anlage des Kanals eignet, und einer, dem Entwurfe günstigen Richtung folgt. Diese Art den Kanal zu führen verursacht nothwendigerweise beträchtliche Fälle, für welche die gewöhnlichen Schleusen nicht mehr anwendbar sind; die Kunst hat jedoch andere, mehr oder minder sinnreiche Mittel gefunden, um diese Fälle für die Fahrzeuge übersteigbar zu machen.

Es giebt Fälle von 20 bis 30 Meter (68 bis 102 Fuss) Höhe, die mittels geneigter Ebenen überstiegen werden und auf solche Art angelegt sind, dass ein Fahrzeug hinaufsteigt, während ein anderes abwärts geht. Hiezu können verschiedene bewegende

---

folglich erfordert ein Schiff von 850 Zentner Ladung zur Fortbewegung beinahe ebenfalls eine Pferdekraft. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, — und die weiter unten angeführten neuern Versuche bestättigen dis, — dass, wenn zwei Schiffe ganz nahe hinter einander gehen, das vordere nur den Stoss des Wassers auszuhalten habe und also die Sache ebenso betrachtet werden könne, als wenn ein Schiff von der doppelten Länge fortgezogen würde. Die Kraft von 133 1/3 Pfund dürfte also nur noch um den Theil vermehrt werden, welcher auf die Überwindung der Adhäsion des zweiten Schiffes verwendet werden muss und es ist daher begreiflich, dass ein Pferd, wie dis auch die Erfahrung bestättiget, zwei hinter einander hängende Schiffe von 7 1/4′ Breite, 4′ Fahrtiefe, 82,2′ Länge und 850 Zentner Ladung fortzuziehen im Stande ist.

Der Mast wird im ersten Drittel nach vorn zu aufgerichtet, und das Steuer kann, um in dem Kanal nicht wenden zu müssen, sowohl vorn als hinten eingehängt werden, daher Vorder- und Hintertheil der Schiffe ganz gleich sind. —

Bei dem Mangel an Untersuchungen über den vorstehenden Gegenstand wird es nicht uninteressant seyn, wenn wir zur Vergleichung noch einen Auszug aus dem, über die Zugkraft für die Schiffe auf Flüssen und Kanälen, im VII. Bde. des *Journal du Génie civil* (Paris 1830) sich befindlichen Aufsaze beifügen, der von dem Jngenieur en chef Mondot de Lagorce ist. —

Digitized by Google

Kräfte und verschiedene mechanische Vorrichtungen angewendet werden. Der amerikanische Ingenieur Fulton hat ein Werk verfasst, in welchem er verschiedene Systeme von geneigten Ebenen mit mehreren Arten von bewegenden Kräften, die aber auf dieselben Principien gegründet sind, aufstellt, und vorschlägt. Dis Werk ist in's Französische übersezt, es bietet viele interessante Details, nicht nur für die Konstruktion dieser Art Kanäle, sondern auch für jene eiserner Brücken.

Wenn bei der Ausführung dieser Kanäle die Fälle nur wenig beträchtlich sind, so hat man die Verbindung zwischen der unteren und oberen Haltung durch einen Schacht herzustellen gesucht, den ein, das Fahrzeug aufnehmender und als bewegliche Kammer dienender Kasten nach seiner ganzen Höhe durch

---

Die zum Ziehen eines Schiffes erforderliche Zugkraft auf einem Flusse oder Kanal wird durch ein Gewicht dargestellt, welchem die Grösse der Wirkung, die der Dynamometer anzeigt, gleich ist.

Es sey

L die reduzirte Länge vom eingesenkten Theile des Schiffes,
l die reduzirte Breite desselben Theiles,
t die Fahrtiefe,
} in Meter ausgedrückt.

v die Geschwindigkeit des Schiffes in Bezug auf die Strömung, durch die, in einer Stunde durchlaufene Anzahl von Kilometern ausgedrückt:

so lehrt die Erfahrung, dass, wenn der eingetauchte Theil des Schiffes die im Allgemeinen angenommene Form der mit Sorgfalt erbauten Schiffe hat, und wenn das Schiff gut geleitet wird, das Gewicht oder die zur Hervorbringung der Bewegung auf einem Flusse oder einem Kanal, dessen Breite die des Schiffes wenigstens 6mal übersteigt, erforderliche Zugkraft durch die folgende Formel in Kilogrammen dargestellt wird.

Diese Zugkraft ist $= 2\ v^2\ t \left(l + \frac{L}{20}\right)$. Hat das Schiff die Gestalt eines quadratförmigen Pontons, welcher dem Strome eine vertikale rechtwinkliche Oberfläche entgegensezt, so ist die Zugkraft

$$= 4{,}5\ v^2\ t \left(l + \frac{L}{20}\right).$$

Geht das Schiff, statt auf einem breiten und tiefen Flusse, auf einem Kanal, dessen Querschnitt nur noch so gross ist, als der des Schiffes, so ist auch die Zugkraft das Doppelte von der eben angezeigten.

Ist der Querschnitt des Kanals dreimal so gross, als der des Schiffes, so ist die Zugkraft um $\frac{2}{3}$ grösser, als die auf einem Flusse von unbeschränkter Breite.

Ist der Querschnitt des Kanals das Vierfache von dem des Schiffes, so ist die Vermehrung nur noch ein Drittel.

Digitized by Google

fährt. Diese erste Idee, welche bedeutende Nachtheile hat, wurde indessen in England auf einem Kanal nahe bei Bath ausgeführt; sie wurde in der Folge an demselben Kanal abgeändert und verbessert, indem die bewegliche Kammer von einem versenkten Schwimmer getragen wird, der sich in einem Schachte befindet, welcher von dem Wasserspiegel der unteren Haltung an abwärts gegraben und von gleicher Tiefe mit dem Falle ist. Durch diese Anordnung lässt der Kasten oder die bewegliche Kammer, in welchem sich das Fahrzeug befindet, den Schwimmer bis auf den Grund des Schachtes hinabsteigen, und senkt sich mit ihm, um auf dem Wasserspiegel der unteren Kanalhaltung anzukommen, in die er alsdann eintreten kann. Durch das-

---

Werden mehrere nach einander folgende Schiffe bugsirt oder gezogen, so muss man sie möglichst einander nähern. Hat das hintere Schiff eine ebene vertikale Fläche, und gehen die Schiffe gekuppelt, ohne Zwischenraum, so ist die Zugkraft ungefähr dieselbe, als die eines Schiffes von doppelter Länge.

Haben die Schiffe ein winkelförmiges oder aufgebogenes Vordertheil und ist die Geschwindigkeit 4 bis 8 Kilometer, so erfordert jedes folgende Schiff $^2/_3$ von der Kraft, welche es nöthig hätte, wenn es isolirt gehen würde.

Diese Daten der Erfahrung reichen hin, die zum Zuge eines oder mehrerer einander folgender Schiffe erforderliche Kraft zu bestimmen, wenn ihre Abmessungen und die Fahrtiefe oder die Ladung bekannt sind. —

Nachdem die Zugkraft bestimmt ist, so bestimmt man die Anzahl der zum Ziehen erforderlichen Pferde mittels der folgenden Daten.

Die Zugkraft eines Pferdes hängt von der Geschwindigkeit ab, welche man von ihm verlangt. —

Die folgende Tafel giebt eine Idee von der wirklichen Kraft guter Schifferittspferde; sie ist grösser als die mittlere Kraft gewöhnlicher Pferde.

Geschwindigkeiten per Stunde in Kilometern ausgedrückt.	Zugkraft in Kiligrammen.	Dauer der Arbeiten in Stunden.
1	200	10.
2	175	8.
3	150	7.
4	140	6.
5	120	$5\,^1/_2$.
6	100	5.
7	85	4.
8	75	3.
9	60	$2\,^1/_2$.
10	50	$2\,^1/_3$.
11	40	$2\,^1/_2$.
12	30	2.

Digitized by Google

selbe Mittel steigt auch wieder ein Fahrzeug, indem man in den Kasten Wassermassen hinein oder heraus lässt, welche dem Effekte der Senkung oder des Steigens, den man hervorbringen will, angemessen sind; man bringt bei diesem sehr sinnreichen Mittel noch die, zur Erleichterung oder Regulierung des Spiels der Maschine nöthigen, mechanischen Vorrichtungen und die dazu erforderlichen Zurüstungen an. —

Fanzösische Ingenieure, nemlich die Herrn Soulage und Bossu, haben vor nicht langer Zeit, unter der Benennung Schleuse mit beweglicher Kammer, eine, in allen ihren Theilen sehr gut zusammen gesezte Maschine erfunden; ihre Bewegung ist auf die eben auseinander gesezten Principien gegründet, und sie scheint mit Erfolg den vorgesezten Zweck zu erfüllen, der darin besteht, mit einem Fahrzeuge der kleinen Schiffahrt einen Fall von 7 bis 8 Meter (etwa 24 bis 27 Fuss) Höhe zu übersteigen. Das Modell hievon, welches sie mit vieler Genauigkeit ausführen liessen, scheint für die Regelmässigkeit der Bewegun-

---

Wenn eine beschwerliche Stelle passirt werden muss, wie beim Aufsteigen durch eine Stauschleuse, so kann man die augenblickliche Zugkraft eines guten Pferdes zu 300 und selbst zu 400 Kilogrammen rechnen, allein nur während einer Viertelstunde, und diese ausserordentliche Anstrengung muss die Dauer der täglichen Arbeit um 1 ½ bis 2 Stunden vermindern. —

Das Pferd, auf welchem ein Führer sizt, hat nicht ganz die Zugkraft, als die der andern Pferde. Die obige Tabelle giebt die mittlere Kraft von einem berittenen und einem unberittenen Pferde an. Sie dient für den Fall, wo jeder Führer zwei Pferde leitet. —

Man hat bemerkt, dass ein allein angespanntes Pferd nicht die Hälfte der Zugkraft von zwei zusammen arbeitenden Pferden hat. Die obige Tabelle giebt die Kraft der bei der Arbeit vereinigten Pferde an. Für ein Pferd, welches isolirt arbeitet und noch einen Führer trägt, muss man obige Zahlen um ¼ und manchmal selbst um ⅓ vermindern.

Manchmal werden die Schiffe durch Menschen gezogen. Die folgende Tafel giebt eine Übersicht der gewöhnlichen Kraft von den, an diese Arbeit gewöhnten Menschen an.

Geschwindigkeit in Kilometern.	Zugkraft in Kilogrammen.	Dauer der täglichen Arbeit in Stunden.
1	25	10.
2	20	9.
3	18	8.
4	15	7.
5	12	6.
6	10	5.

Digitized by Google

gen im Auf- und Absteigen der Fahrzeuge, in allen Fällen, welche vorkommen, nichts zu wünschen übrig zu lassen.

Die Fulton'sche geneigte Ebene und die bewegliche Kammer wurden im Grossen bei einem Kanal der kleinen Schiffahrt angewendet, der zur Verbindung des Creuzot'schen Etablissements mit dem Kanal du Centre dient. Die Erfahrung wird ohne Zweifel bei diesem Theile der kleinen Schiffahrt, deren Werke vielleicht nicht mit der, zu einem vollständigen Erfolg nöthigen Sorgfalt ausgeführt worden sind, den Streit aufheben, welcher in Frankreich über die Vortheile und Nachtheile der kleinen Schiffahrt Statt hat; sie wird ausserdem die Meinung

---

Bei den Dampfbothen soll die Anzahl der Pferde, durch welche man die Kraft dieser Maschinen zu bezeichnen pflegt, gleich

$$\frac{v^3 t}{m}\left(1+\frac{L}{20}\right)$$

seyn, wo m eine Zahl bedeutet, die für ein und dasselbe Schiff die nemliche bleibt, welches auch seine Geschwindigkeit seyn mag, die jedoch nach der kleinern und grössern Sorgfalt und Kunst variirt, mit welcher es erbaut wurde. Für ein sehr vortheilhaft konstruirtes Schiff ist m = 340; für ein Schiff mit plattem Boden und mit beinahe vertikalen Wänden, wie solche auf Flüssen von sehr geringer Tiefe vorkommen, ist der Werth von m nur 280. Wenn die Tiefe des Flusses einen Meter beträgt, so kann das Schiff so konstruirt werden, dass der Werth von m mindestens 320 seyn wird.

Die Geschwindigkeit der Schaufeln muss ungefähr 1½ mal so gross, als die des Schiffes, seyn.

Nicht minder interessant ist ferner ein, im VIII. Bde. desselben *Journales* befindlicher Aufsaz, den wir gleichfalls im Auszuge hier mitzutheilen für nöthig erachten; es heisst nämlich daselbst S. 463:

Herr Mallet, Ingenieur en chef, giebt im III. Bde., pag. 374 Rechenschaft von einigen interessanten Erfahrungen, welche in Schottland über die Anwendung des Dampfes als bewegende Kraft auf Kanälen angestellt worden sind. Das bei diesen Versuchen angewandte Dampfschiff hatte die Kraft von 10 Pferden.

Allein und ohne einen zu bugsirenden Anhang legte das Schiff bei 35 Kolbenhüben in der Minute, und bei einem Verbrauch von einem Zentner Kohlen, einen Weg von 6 englischen Meilen in der Stunde zurück; es beschädigte aber die Ufer durch einen heftigen Wellenschlag.

Mit einem Anhange von 3 Schiffen, im Ganzen mit 90 Tonnen beladen bei 18 Kolbenhüben war die Geschwindigkeit in der Stunde kleiner, als 3 Meilen und der Wellenschlag an den Ufern schwach. — Er war mittelmässig und die Geschwindigkeit betrug 3½ Meilen bei 22—24 Kolbenhüben wenn nur zwei Schiffe angehängt wurden.

Digitized by Google

über die bis jezt bekannten Mittel feststellen, welche geeignet sind, die grossen, diesem System besonders zugehörigen Fälle zu übersteigen.

Ergänzung zur Notiz über das System der kleinen Schiffahrt.

Die Kontroverse, welche in Frankreich in Bezug auf das System der kleinen Schiffahrt zur Zeit, als vorliegendes Werk gedruckt wurde, bestund, muss aufhören, seitdem das treffliche Werk des Herrn Dutems, Divisions-Inspektor des Brücken- und Strassenbaues, alle bis dahin unbekannten Dokumente über das System der kleinen Schiffahrt in England liefert, und deren man bedurfte, um die Erörterung über diese wichtige Frage aufzuklären.

Dieser Ingenieur, ein ebenso gewandter als vortrefflicher Beobachter, hat, nach Beendigung einer nach England unternommenen Reise, in seinem Werke, welches durch die Administration des Brücken- und Strassenbaues im Jahre 1819 herausgegeben wurde, die vollständige Übersicht der in England mittels der Kanäle nach beiden Systemen eingerichteten Schiffahrt geliefert.

Zwei Schiffe mit einer ganzen Ladung von 112 Tonnen, welche weniger als 1½ Meilen in der Stunde machten, verursachten keinen Wellenschlag.

Diese beiden Kohlenschiffe, vom Dampfschiffe losgebunden und durch einen Zug von 5 Pferden gezogen, konnten, bei ungewöhnlicher Anstrengung, nur 1¾ Meilen in der Stunde machen. —

Hieraus folgt, dass bei einer gewöhnlichen Geschwindigkeit ein Zentner Kohlen in der Stunde, ohne den Kanal zu beschädigen, ungefähr dasselbe leistet, als 4 Pferde; und dass der Aufwand für Dampf zu dem für Pferde sich beinahe wie 1 : 4 verhält, wenn die Anlagkosten der Maschine nicht mit gerechnet werden. —

Von einer andern Seite ist zu bemerken, dass die Wirkung der Seitenschaufeln der Räder sehr wenig zur Erhebung des Wassers längs der Ufer beizutragen scheine, und dass diese fast ganz allein von der, dem Schiffe mitgetheilten Geschwindigkeit abhänge, dasselbe mag nun durch Pferde gezogen oder durch Dampf getrieben werden.

Der grösste Nachtheil, welcher mit der Anwendung des Dampfschiffes, bei dem System der kleinen Kanäle, so wie es in England besteht, verbun-

Digitized by Google

Die erste Beobachtung, welche man bei der Übersicht der, nach diesem doppelten System hergestellten Kanäle machen muss, besteht darin, dass, obgleich sie im Querschnitte nach verschiedenen Breiten angelegt sind, die, die Fälle in den grossen Kanälen verbindenden Schleusen solche Abmessungen haben, dass sie, ohne den Wasseraufwand zu vermehren, die beiden auf den Kanälen der grossen und kleinen Schiffahrt allgemein gebräuchlichen Fahrzeuge aufnehmen können.

Die Fahrzeuge für die Schiffahrt auf den Kanälen von grossem Querschnitte haben im Allgemeinen 22 bis 23 Meter (75′ bis 79′) Länge auf 4,40m (15′) Breite, von Aussen nach Aussen gemessen, und tragen 40 bis 60 Tonnen (800 bis 1200 Zentner). Die für die Schiffahrt auf den Kanälen mit kleinem Querschnitte bestimmten Fahrzeuge haben 22 bis 23 Meter (75′ bis 79′) Länge bei 2,20m (7½′) Breite und tragen 22 Tonnen (440 Zentner).

---

den ist, besteht also darin, dass das Schiff, ohne einen zu heftigen, für die Ufer nachtheiligen, Wellenschlag zu erregen, einen schmalen Kanal, mit einer nicht grössern Geschwindigkeit als von 1½ Meile in der Stunde befahren darf.

Es folgt hieraus, dass auf Kanälen von 58′—62′ Breite, (und es giebt viele unter dieser Breite) die Anwendung des Dampfbothes mit oder ohne angehängten Zug noch zu kostspielig sey.

Man hat behauptet, dass der Wellenschlag, welcher für die Ufer eines Kanales so nachtheilig ist, ganz aufhöre, wenn das, den Kanal befahrende Schiff sich mit einer mittlern Geschwindigkeit von 4 bis 5 Meilen in der Stunde bewegt.

Ein geschickter Civil-Ingenieur von Glasgow zeigt an, man habe die Lösung dieser Aufgabe so eben gefunden, welche, wie er sagt, den Kanal-Eigenthümern eine jährliche Mehreinnahme von 150,000 Pfund Sterling abwirft; — man verdankt diese Lösung einer eben so einfachen, als leicht auszuführenden Abänderung an den Schiffen.

Mit Schiffen von 60′ Länge und 5′ Breite, welche zum Transport von Reisenden und Waaren ebenso geeignet sind, als andere, hat man neue Versuche auf dem Kanale von Paislay nach Adrossan und auf dem von Firth nach Clyde angestellt. Die schlanke Gestalt des Schiffes gab Veranlassung, ihm den Namen Gig-boat zu geben; es ist sehr leicht, hat einen platten Boden, und sein Vorder- und Hintertheil sind sanft gebogen, so dass es desto weniger einsinkt, je grösser seine Geschwindigkeit ist. Bei seiner grössten Geschwindigkeit bewirkt es in der Oberfläche des Wassers blos eine leichte Erhebung, welche, indem sie nur eine Verrückung von einigen Zollen erleidet und von dem Schiffe nur leicht und schnell durchfurcht wird, ihr Gleichgewicht schnell wieder herstellt, so dass der gewöhnliche Aufstau keine Zeit findet, sich zu bilden.

Digitized by Google

Aus dieser Anordnung geht augenscheinlich hervor, dass die Schleusen der grossen Kanäle zwei Fahrzeuge von kleinem Querschnitte aufnehmen können, indem man je zwei zusammen hängt und dass diese kleinen Fahrzeuge ohne den geringsten Nachtheil die Kanäle von grossem und kleinem Querschnitte zu befahren im Stande sind.

Eine der wichtigsten Betrachtungen für die Vervollkomnung eines allgemeinen Schiffahrt-Systems ist die, allen diesen Schleusen solche Abmessungen zu geben, dass sie alle gebräuchlichen Fahrzeuge aufzunehmen vermögen, und dahin ist man in England mittels der wechselseitigen Beziehung, welche zwischen den Schleusen verschiedener Systeme und jener der Fahrzeuge Statt findet, gelangt.

Mittels dieser wechselseitigen Beziehung, welche einen freien Verkehr auf allen Kanälen gestattet, die ein allgemeines System bilden, kann man von allen Vortheilen Nuzen ziehen,

---

Im Laufe der Versuche hat man erkannt, dass die erhaltenen Resultate besonders von der Gestalt des Fahrzeuges abhängen, dessen Breite ohne Nachtheil 5′ übersteigen darf, wenn es die Breite des Kanals zulässt.

Zuerst machte man einen Versuch mit einem Schiffe von 30′ Länge und 5′ Breite. Mit 10 Menschen an Bord und einem Pferde bespannt, machte es wenigstens 2 Meilen in der Stunde, ohne einen Wellenschlag an den Ufern zu verursachen. Der gute Erfolg dieser ersten Probe bestimmte die Kanal-Eigenthümer, für den regelmässigen Transport von 36—40 Reisenden ein Gig-boat von 60′ Länge und 5′ Breite erbauen zu lassen. Im Laufe des Monats April 1830 machte man auf dem Kanal von Firth und Clyde einen Versuch mit zwei aneinander gehängten Schiffen dieser Art, denen man den Namen Zwillings-Both beilegte. Bei dieser Verdopplung hatte man vorzüglich im Auge, den Zufällen vorzubeugen, die man bei einem so schmalen und leichten Schiffe zu fürchten haben könnte. Das wichtigste, aus diesen Versuchen hervorgehende Resultat war, dass der Wellenschlag an den Ufern stets im umgekehrten Verhältnisse zu der Geschwindigkeit stund, mit der das Schiff durch den Kanal fuhr, und dass bei einer gewissen Geschwindigkeit der Wellenschlag ganz aufhöre.

Diese Erfahrung wurde durch spätere, mit einem 60′ langen und 4′—6′ breiten Gig-boat, in dem Hafen von Glasgow, angestellten Versuche vollkommen bestättigt; das Schiff, welches 24 Personen an Bord hatte und durch 2 Postpferde gezogen wurde, legte in 45 Minuten 7 englische Meilen zurück, und es war hiebei nicht der geringste Aufstau vor dem Schiffe, noch Wellenschlag an den Ufern bemerklich. Man zweifelt nicht, dass derselbe Weg mit einem guten und wohl angespannten Pferde in 40 Minuten zurückgelegt werden kann. —

Digitized by Google

welche aus der Ersparung in den Baukosten und im Wasseraufwande für den Bedarf der Schleusen durch die Anwendung eines Systems der kleinen Schiffahrt entspringen, weil es einen ergänzenden Theil eines allgemeinen Systems ausmachen kann; und man darf hinsichtlich seiner Annahme kein Bedenken tragen, wenn die Ortsverhältnisse die Anwendung dieses Mittels zur Fortsezung einer Schiffahrtlinie erheischen, welche öfter ohne jene nicht Statt haben könnte: allein es ist unerlässlich, die in England angenommenen Querbreiten von 8 Meter (27,4′) für den Wasserspiegel und 4,87^{m} (16,6′) auf dem Boden, bei einer Wasserhöhe von 1,22^{m} (4,2′) beizubehalten, nicht aber eine kleine Schiffahrt, wie die von Fulton vorgeschlagene, herzustellen, auf welcher nur sehr kleine Fahrzeuge zulässig sind, die nicht mehr als 4 Tonnen (80 Zentner) tragen können. Die Nachtheile eines ähnlichen Systems wurden in England gefühlt und verworfen, als das Werk des amerikanischen Ingenieurs zu einer Zeit erschien, in welcher man sich gerade mit der Anlage eines Systems der kleinen Schiffahrt beschäftigte.

Bei dem grössten Theile der bis jezt in Frankreich erbauten Kanäle, haben die Schleusen derjenigen, die unter sich in Verbindung stehen, oder doch diese künftig haben sollen, keine gleichförmigen und angemessenen Abmessungen, um alle zu dieser Schiffahrt bestimmten Fahrzeuge ohne Ausnahme aufzunehmen; diese Fahrzeuge selbst weichen nach Länge, Breite und Fahrtiefe so sehr von einander ab, dass man in vielen Fällen genöthigt ist, die Ladung zu theilen oder mit dem Fahrzeuge zu wechseln, um aus einem Kanal in den andern überzugehen.

Bei Anwendung des Systems der kleinen Schiffahrt, die gewöhnlich nur da Statt findet, wo das Wasser nicht reichlich vorhanden ist, haben die englischen Ingenieure verschiedene Mittel versucht, um den Aufwand des Wassers zu vermindern; sie haben, wie schon gesagt wurde, verschiedene Systeme zur Übersteigung beträchtlicher Fälle erfunden. Diese Mittel sind Schleusen mit Kasten, Schleusen mit Schwimmern und endlich die von ihnen sogenannten geneigten Ebenen.

Der Ingenieur Williams Smith liess im Jahr 1794 zu Oaken-Gaten die erste Schleuse mit Kasten bauen. Sie ist in dem Texte dieses Werkes (S. 34) nach den hinreichend genauen Angaben beschrieben, welche dem Verfasser zugekommen,

Digitized by Google

und durch die von Herrn Dutems gelieferte Beschreibung bestättigt worden sind. Dieses sehr gefahrvolle Schleusensystem wurde mehrmals, und von dem Ingenieur selbst, geprüft, welcher mit einigen Reisenden den Schacht in dem Kasten durchfuhr, der das Fahrzeug einschloss. Aber bald nach seiner Erbauung bemerkte man, dass die Mauern des Schachtes sehr beschädigt waren, und der gänzliche Einsturz des Werkes war die Folge davon. Man gab das System auf und ersezte es durch eine geneigte, mit Göpeln versehene Ebene und in der Folge durch gewöhnliche Schleusen.

Von den beiden Entwürfen von Schleusen mit Schwimmern, von der Erfindung der Herrn Rowland und Pikering, die schon oben im Texte beschrieben worden sind, sollte eine an dem Kanal von Ellesmère, bei Ruabon, ausgeführt werden; allein, kaum war sie angefangen, so beschlossen die Mitglieder der Kanalgesellschaft, durch das Ungeheure des Aufwandes, der sich auf mehr als 250,000 Pfund belaufen sollte, und durch die Ungewissheit des Erfolges erschreckt, das Unternehmen aufzugeben, von dem nun keine Spur mehr übrig ist. Das andere Projekt einer Schleuse mit Schwimmer ist nicht nur niemals zur Ausführung gekommen, sondern es ist selbst kein Modell davon vorhanden. [39])

---

[39]) In Herrn Dutems Werke kömmt noch folgende Beschreibung einer Schwimmschleuse von Chapmann vor, welche einen Fall von 45 Fuss (13,70m) hat und für Fahrzeuge von 21,90m Länge und 2,13m Breite bestimmt ist.

„Der Kasten, sagt Chapmann ist cylindrisch und von einer hinreichenden Stärke, um dem Drucke einer Wassersäule von 13,70m Höhe zu widerstehen, deren Gewicht er zu tragen hat, wenn er bis auf den untern Wasserspiegel herabgestiegen ist. Das ganze System ist auf eine solche Weise balanzirt, dass der Kasten, wenn er die zum Flotterhalten des Fahrzeuges nöthige Wassermasse aufgenommen hat, dasselbe specifische Gewicht besizt, als das Medium in dem er sich befindet, und also, wie ein mit Luft erfüllter Ballon, bei der geringsten Vermehrung oder Verminderung seiner relativen Schwere steigt oder fällt, indem man nach Belieben die kleinste Wassermenge ein- oder ablässt. Der Brunnen, in welchen sich der schwimmende Kasten bewegt, kommunizirt mit der obern und untern Kanalhaltung durch einen Durchgang und durch ein Stück eines, mittels Thoren geschlossenen, unterirdischen Kanals. Der Kasten wird in seinen beiden Lagen, wenn er einem von diesen Durchgängen gerade gegenüber steht, durch den Widerstand des Fluidums zurückgehalten, welches in dem kleinen Theile des, zwischen den

Digitized by Google

Die geneigten Ebenen wurden bei Wassermangel in England unter gewissen Umständen mit Erfolg angewendet. Auf dem Kanal von Shropshire allein giebt es deren drei; sie dienen, um Fälle von 36 bis 63 Meter (123 bis 216 Fuss) Höhe zu übersteigen. Man findet in dem Werke des Herrn Dutems (Seite 48) die Beschreibung dieser geneigten Ebenen und des Manövers zum Auf- und Abwärtsgehen der Fahrzeuge. [40])

Thoren der Haltung und ihren Enden eingeschlossenen Durchganges enthalten ist. Die Thore des Durchganges sind alsdann offen und das Fahrzeug verlässt den Kasten, oder wird in denselben eingeführt, um sich zur obern Haltung zu erheben oder bis zur untern herabzusteigen. Das Wasser wird in den Kasten mittels Pumpen hinein oder herausgeschafft, je nachdem das Fahrzeug steigen oder fallen soll; Menschen, welche in dem Kasten eingeschlossen sind, sezen diese Pumpen in Bewegung; endlich sind auch Röhren zur Vermeidung von Unglücksfällen angebracht, im Falle durch zu langes Unterwasserbleiben den eingeschlossenen Menschen die frische Luft fehlen sollte.« —

[40]) „Herr Wilhelm Reynolds (man sehe das angeführte Werk von Dutems) bemühte sich, die Art des Transportes zu vervollkommnen, welche bisher für die Verführung der Eisensteine und Kohlen von Oaken-Gaten bis zu den 1½ Meilen (2413,7m) entfernten und 22,22m tiefer liegenden Giessereien zu Ketley, angewendet wurde.«

„Dieser geniale Mann war der Meinung, zwischen diesen beiden Punkten eine Kanallinie anzulegen, welche er bis zu dem Rande des Hügels, den er hinabzusteigen hatte, in der Art führte, dass er den ganzen Fall von 22,22m an einem Orte und in einem Male, ohne Hülfe der gewöhnlichen Schleusen, hinabsteigen könne.«

„Zu diesem Ende erbaute er am Scheitel dieser Neigung eine Schleuse und legte an ihrem Ende eine geneigte Ebene mit einer doppelten Eisenbahn für das Hinab- und Heraufsteigen von 2 Schiffen an; über der Schleuse stellte er einen horizontalen Cylinder auf, über welchem sich 2 Taue auf- und abwickelten, an denen 2 Wagen, die auf der Eisenbahn von 4 ungleichen Rädern horizontal erhalten werden, befestigt waren. Jeder Wagen konnte ein Fahrzeug von 6m Länge, 1,92m Breite und 1,16m Höhe, dessen Ladung 160 Zentner betrug, aufnehmen.«

„War der aufwärtsgehende Wagen einmal in die Schleuse eingeführt, und waren die untern Thore geschlossen, so standen die obern Thore für den Durchgang des auf dem Wagen befestigten Schiffes offen.«

„Nach der Entleerung der Schleuse, dessen Wasser in ein Seiten-Behälter aufgenommen wurde und nach dem Oeffnen der untern Thore stieg das Schiff, durch die Einwirkung seines eigenen Gewichtes, auf der geneigten Ebene bis zur unteren, in der Höhe der Giessereien von Ketley angelegten Haltung hinab, indem es das leere oder blos mit einem Drittel beladene Fahrzeug aufsteigen machte.«

Digitized by Google

Die geneigte unterirdische Ebene, welche der Herzog von Bridgewater in den Bergwerken von Walkden-Moore erbauen liess, ist die vierte Anlage dieser Art. Das Eigenthümliche des Ortes wo diese geneigte Ebene angelegt worden ist, und ihr grosser Nuzen, haben ihr mit Recht die Berühmtheit verschafft, deren sie geniesst. Man findet die Beschreibung derselben gleichfalls in dem Werke des Herrn Dutems. [41])

„Diese Operation erforderte, wie man leicht einsieht, nur einen sehr geringen Wasseraufwand, indem die Schleuse, durch die Anordnung ihres Schleusenbodens, welcher thalaufwärts in der Höhe der obern Haltung angelegt war, sich auf die möglichst kleinste Wasser-Kapazität beschränkt sah; überdis wurde die Hälfte der Durchschleusung mittels des Seiten-Behältnisses in Reserve gebracht, und die andere Hälfte, welche bei dem Manöver der Thore ablief, konnte zur Zeit der Trockniss, mittels einer Dampfmaschine in die obere Haltung zurückgebracht werden."

„Endlich konnte noch mittels eines Hemmrades, welches an dem Cylinder, auf dem sich die Taue ab- und aufwickelten, befestigt war, die Bewegung nach Belieben gemässigt oder angehalten werden."

„Diese geneigte Ebene, — die erste in England, — wurde im Jahre 1788 vollendet."

„Drei andere auf dem Kanal von Shropshire erbauten geneigten Ebenen, die erste von 36,57m Fall auf 292,5m Länge, die zweite von 38,4m Fall auf 548,6m Länge, und die dritte von 63,0m Fall auf 320,4m Länge, sind alle nach dem Prinzipe des Herrn Reynolds angelegt, und sie unterscheiden sich von dem beschriebenen nur dadurch, dass man die Schleuse, welche an dem Scheitel erbaut ist, durch eine zweite, in entgegengesezтem Sinne geneigte Ebene ersezte, deren Länge nur 12m beträgt und mittels welcher daselbst aller Wasseraufwand vermieden wurde."

„Die Cylinder, auf welchen sich die Taue, an denen die Wagen befestigt sind, ab- und aufwickeln, werden durch eine Dampf-Maschine in Bewegung gesezt."

Herr Dutems, welcher 2 von diesen geneigten Ebenen manövriren sah, begleitet seine ausführlichen Beschreibungen mit mehreren Zeichnungen. —

[41]) Gewöhnlich macht man sich von den Kanälen der Engländer im Allgemeinen zu grosse Vorstellungen, desshalb möchte es nicht uninteressant seyn, hier noch eine Stelle aus Dutems bereits erwähnter Schrift anzuführen, wodurch man ein ziemlich treues Bild von dem Zustande der Kanäle und Schleusen in jenem Lande erhält.

„Die Bauwerke auf den Kanälen in England sind mit Ausnahme von einigen, welche Lokalitäten unvermeidlich machten und die entweder durch ihre Grösse oder ihre Masse die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, im Allgemeinen wenig merkwürdig."

„Es giebt wenige Kanäle, welche auf einige Ausdehnung die nemliche Breite beibehalten, sey es, dass die Zeit das ursprüngliche Profil, mit welchem

Digitized by Google

Mit diesem lezteren Mittel zur Übersteigung der Schleusenfälle, wobei man an Wasseraufwand spart, verbinden die Engländer noch das bei der Kammer von Bussingen, auf dem Kanale von Ipern, bei Nieuport angewendete, welches im Texte dieses Werkes (Seite 191) beschrieben und ebenso einfach als sinnreich ist.

---

sie angelegt worden sind, veränderte, sey es, dass bei der Ausführung Lokalursachen veranlassten in einigen Theilen davon abzuweichen."

„Jeder Kanal hat nur einen Ziehweg, und die Breite dieses Weges ändert sich fast jeden Augenblick; manchmal auf 1,50m (5′,) reduzirt, übersteigt sie sehr selten 3m (10,27′); gewöhnlich variirt sie zwischen 2 und 3 Meter."

„An dem Regentkanal wurde auf der entgegengesezten Seite des Ziehweges ein Banket von 0,91m (3,12′) Breite angelegt; allein diese Anlage ist eine Ausnahme und es besteht keines längs den übrigen Kanälen." —

„Endlich bemerkt man auch keine Pflanzungen auf dem Rande der Kanäle."

„Die Kunst-Arbeiten, gewöhnlich aus Backsteinen, sind von der einfachsten Konstruktion. Mit Ausnahme des Kanals von Worcester, geleitet durch Smeaton; deren des Kanals von Kennet und Avon, geführt durch Rennie, in welchem man leicht die Sorgfalt erkennt, welche alle Bauten dieses geübten Ingenieurs auszeichnen: des Brück-Kanals von Loyel, auf dem Kanal, von Lancaster, von demselben Ingenieur, und endlich der beiden Brück-Kanäle von Pontcysylty und von Chirk, welche durch ihre Masse aus der gewöhnlichen Reihe der Konstruktionen treten: mit Ausnahme von diesen Werken und vielleicht von einigen andern, die nur in sehr geringer Anzahl vorhanden sind, kann man sagen, dass der grösste Theil der Konstruktionen dieser Art im Allgemeinen unter denjenigen stehen, welche man auf den Kanälen in Frankreich trifft."

„Die Kanal-Brücken, grösstentheils auch aus Backsteinen erbaut, sind im Allgemeinen nicht sehr sorgfältig und manchmal sogar nachlässig ausgeführt."

„Die Schleusen, ebenfalls aus Backsteinen aufgeführt, sind öfters nicht viel vollkommener; was die Thore anbelangt, stehen sie meistens sowohl in Bezug auf Zimmer- als auf Schlosser-Arbeit weit unter dem, was man sich als das Mittelmässigste in der Konstruktion denken kann. Nur die Schrauben, die zum Manöver der Schüzen, der Umläufe und der Thore dienen, muss man ausnehmen."

„Bei dem Bau der lezteren hat man meistens, selbst auf den kleinen Kanälen, einen Luxus von Räderwerk verschwendet, den man streng genommen zwar nicht tadeln kann, der aber doch an dem Kanal von Kennt und Avon, welcher nach grossen Abmessungen angelegt ist, für entbehrlich gehalten wurde."

„Die Schleusen auf den grossen Kanälen sind im Allgemeinen 24m (82,′16) lang und 4,60m (15,′7) breit, und die der kleineren Kanäle haben dieselbe Länge und 2,30m (7,′8) Breite." —

„Die Fallhöhen der einen und der andern Schleusen übersteigen nicht 3 Meter und sind meistens noch darunter."

Digitized by Google

Endlich, um auf eine wirksame Weise den Wassermangel, der bei dem grössten Theile der Kanäle für kleine Schiffahrt oft sehr fühlbar ist, zu ergänzen, wenden die Engländer mit dem grössten Erfolge Dampfmaschinen an, welche das in den unteren Haltungen geschöpfte Wasser bis zum Kulminations-Punkte heben. Eine Maschine dieser Art, von hundert Pferdekräften, ist auf dem Kanal von Rokdale angewendet. Mehrere andere Maschinen sind auf verschiedenen anderen Kanälen hergestellt, und es scheint, dass dieses Mittel, die zureichenden Wassermengen, für die Schiffahrt zu erhalten, später auf dem Regent-Kanal bei London angewendet werden wird, wo der Erfolg eines neuen Schleusensystems von der Erfindung des Herrn Congreve zur

---

„Die oberen und unteren Thore der grossen Schleusen bestehen ohne Ausnahme aus 2 Flügeln."

„Die der kleinen Schleusen sind alle ohne Ausnahme am Oberhaupte aus einem Flügel und am Unterhaupte aus 2 Flügeln gebildet." —

„Sie werden auch alle, auf den grossen und kleinen Kanälen, mittels eines Hebels geöffnet." —

„In allen Schleusen von grosser und kleiner Abmessung wird das Wasser aus der obern Kanalhaltung mittels Umläufe in die Kammer geleitet, welche Umläufe die obern Thorkammern umgehen; aus der Kammer fliesst das Wasser in die untere Haltung durch Schüzen ab; welche in den Thoren des Unterhauptes angebracht sind."

„Wir haben bemerkt, dass sowohl die Zimmer- als Schlosser-Arbeit an den Thoren sehr verwahrlost sey und bei keinem Schleusenthore Strebebänder bemerkt werden, eine von den französischen Ingenieuren anerkannte Vorsichtsmaassregel, welche zur Befestigung des ganzen Zimmer-Systems dient, und es verhindert, so wenig als möglich auf die Schlagsäule zu drücken."

„Ebenso wenden die Engländer auf die Anfertigung der Halsbänder, denen wir die grösste Aufmerksamkeit schenken, gleichfalls keine Sorgfalt." —

„Wenn diese Details beweisen, dass im Allgemeinen die strengste Oekonomie in den Arbeiten der englischen Kanäle beobachtet wird, und dass die Gesellschaften sich auf dasjenige beschränken, was gerade zur Erreichung ihres Zweckes nöthig ist, so darf man indessen nicht glauben, dass unter gewissen Umständen dieselben Gesellschaften sich je durch den Kosten-Aufwand abhalten lassen, wenn er unvermeidlich ist. — Es giebt in der That wenig Kanäle, deren Anlage grössere Bauten erfordert hätten, als die in England ausgeführten; man glaubt sogar in dem Geiste der Gesellschaften, welche sie unternommen haben, manchmal eine gewisse Eigenliebe zu erkennen, Schwierigkeiten, die man dann gerne zu übertreiben beliebt, zu besiegen; und man nimmt in deren Entwürfen eine Neigung zum Aussergewöhnlichen wahr, welcher man allein gewisse Konstructionen verdankt, die weit einfacher hätten

Digitized by Google

Zeit als Herr Dutems sein Werk schrieb, noch nicht gesichert war. [42])

---

ausgeführt werden können und wieder andere, deren Eigenheiten nicht immer vom guten Geschmack oder Erfolg geleitet sind."

„Jedoch, wie dem auch seyn mag, immer ist gewiss, dass von den Werken, welche unumgänglich durch die Lokalitäten bedingt wurden, einige der Aufmerksamkeit würdig sind."

„Die unterirdischen Kanalhaltungen oder sogenannte Tonell, von denen einige eine Länge von 3000 bis 5000 Meter haben, sind eliptisch und aus Ziegeln gewölbt; ihre Breite übersteigt nie 5,10m und reduzirt sich sogar manchmal auf 2,70m. Sie sind im Allgemeinen ohne Ziehweg."

„Man findet auch lange und tiefe Einschnitte. Aber was die Kanäle in England ganz besonders kostbar macht, ist die grosse Anzahl von Schleusen, die sie erfordern. Auf dem Kanal der grossen Union zählt man auf 145223 Meter 101 Schleusen. Nichts ist gewöhnlicher, als grosse Strecken eines Kanals auf sehr hohen Auffüllungen angelegt zu sehen."

„Der Kanal von Worcester ist auf eine Länge von wenigstens 500 m (1713′) im Auftrag aufgeführt, deren grösste Höhe 20 Meter (68,′5) beträgt. Bei Aquädukten, wie bei dem von Pontcysylty, liegt der Kanal auf einem 35m (119,′9) hohen Auftrag." —

„Am Kanal von Worcester sind die 30 ersten Schleusen nur 50m bis 60m (171′ bis 205′) von einander entfernt." —

42) Dupin führt im III. Bde. seiner Reisen nach England bei der Beschreibung des Regent-Kanales, S. 209, an: „dass die von dem General Congreve erfundene, sehr sinnreiche doppelte Schleuse nicht ausgeführt worden sey, weil sie sehr komplicirt und mehreren zufälligen Störungen unterworfen gewesen wäre."

„Auf demselben Kanal hat man eine doppelte, viel einfachere Schleuse erbaut, die in vielen Fällen mit Vortheil angewendet werden kann. Hier folgt die Beschreibung ihrer Bauart und ihres Spiels."

„Eine unterirdische Leitung, welche eine Schüze nach Belieben öffnet und schliesst, geht von einer Kammer nach der andern. Gesezt das Wasser der einen Schleuse habe die Höhe des Wasserspiegels der obern Haltung, und jenes der andern Schleuse die Höhe des Wasserspiegels der untern Haltung, so fällt, indem man die Schüze der Zwischen-Leitung öffnet, der Wasserspiegel der beiden Kammern auf die Hälfte des Wassers in den beiden Haltungen herab."

„Man hat daher, wenn ein Schiff aufwärts geschleust werden soll, nur die Hälfte der zur Erhebung dieses Schiffes erforderlichen Wassermenge aus der obern Haltung zu erholen; und wenn das Schiff abwärts geht, so wird hier nur die Hälfte derselben Wassermenge abgelassen. In beiden Fällen ist der Aufwand nur die Hälfte desjenigen, welchen eine gewöhnliche Schleuse erfordert." Man sehe die Abbildung dieser Schleuse auf der 9ten Taf. Fig. I u. II der Dupin'schen Reisen nach Grossbritannien.

Digitized by Google

Dis sind die vorzüglichsten Nachweisungen über das System der kleinen in England hergestellten Schiffahrt, welche zu dem, im alten Texte dieses Werkes hierüber schon vorgetragenen hinzugefügt werden mussten. Sie sind sämmtlich aus den Memoiren des Herrn Dutems gezogen; allein man muss sie in dem Werke dieses Ingenieurs selbst nachlesen und studiren. Die Resultate seiner zahlreichen Untersuchungen, nicht allein über die Schiffahrt auf den Kanälen, sondern überhaupt über alle, seit kurzem in England ausgeführten öffentlichen Bauten, ist für alle Klassen von Ingenieuren vom grösten Interesse. [45])

---

[45]) Es ist nicht uninteressant, nachdem nun auch die Leistung eines Pferdes auf einem Kanal bekannt ist, diese Leistung mit der des Pferdes auf einer Eisenbahn und einer gewöhnlichen Strasse zusammen zu halten und die viel besprochenen Vortheile oder Nachtheile, welche vorzüglich die beiden neueren Systeme der Kommunikation darbieten, wenigstens zu berühren.

Unter den vortheilhaftesten Umständen zieht ein starkes Pferd bei einer mittleren Geschwindigkeit von ungefähr 3 Fuss in der Sekunde und bei einer täglichen Dauer der Arbeit von 10 Stunden, — in welcher es also 8 bayerische Poststunden zurücklegt, — auf einer horizontalen, fest gefahrnen und gut erhaltenen Strasse mit Versteinung eine Tonne oder 20 Zentner; auf einer guten horizontalen Kanten-Eisenbahn mit gewalzten Schienen sechzehn Tonnen oder 320 Zentner und auf einem gut angelegten Kanal, dessen Querschnitt viermal so gross ist, als der des Schiffes, bei windstillem Wetter, ein hundert Tonnen oder 2000 Zentner, wie es z. B. auf dem Kanal du Midi der Fall ist.

Die Effekte eines Pferdes auf Landstrassen, Eisenbahnen und Kanälen verhalten sich daher, unter den günstigsten Umständen, wie

1 : 16 : 100. —

Auf den Landstrassen und Eisenbahnen beträgt das, in obigen Angaben mitbegriffene Gewicht der Wagen ungefähr ein Viertel der ganzen Ladung; auf einem Kanal beträgt aber der Widerstand, den das leere Schiff, wenn es nur ½ Fuss tief einsinkt, zu überwinden hat, kaum 1/10 von dem, wenn es beladen ist; die Nutzeffekte des Pferdes auf diesen drei verschiedenen Arten der Kommunikation verhalten sich daher, wie

¾ : 12 : 90 oder wie 1 : 16 : 120.

Bei dem Transporte der Güter auf Landstrassen haben gewöhnlich vierspänige Wagen nur einen Führer; dagegen ist auf Eisenbahnen bei jedem Pferde, welches vier bis sechs Wagen zieht, wenigstens ein Mensch erforderlich, der das Pferd leitet und die Bremsen nöthigen Falls einlegt. Auf Kanälen erheischt jedes Schiff, ausser einem Pferde und seinem Führer, noch einen Steuermann . — Rechnet man nun den Taglohn eines Pferdes zweimal

Digitized by Google

so hoch, als den eines Menschen, so verhalten sich die effektiven Transportkosten auf Strassen, Eisenbahnen und Kanälen, unter diesen Voraussezungen, wie

67,5 : 5,7 : 1.

Der Transport auf Kanälen ist daher fast 12mal wohlfeiler als auf Eisenbahnen, während er auf diesen kaum 6mal wohlfeiler als auf Strassen ist.

Wollte man noch die Kosten der Anschaffung von Wagen und Geschirr, sowie jene für Aus- und Einladen der Waaren berücksichtigen, so gestalten sich die drei lezten Verhältnisszahlen noch mehr zu Gunsten der Kanäle, da nicht nur die erste Anschaffung für Wagen und Geschirr, sondern auch und vorzüglich die Unterhaltung derselben, sowie das Auf- und Abladen und weit sorgfältigere Packen auf Strassen und Eisenbahnen viel höher zu stehen kommt, als auf Kanälen.

Nur wenn auf alle Unkosten, welche der Transport erheischt, — also auf Anschaffung und Unterhaltung der Fahrzeuge und Wagen, auf die Kosten für Ein- und Ausladen, auf das nöthige Aufsichts-Personal, auf die Bau- und Unterhaltungskosten der Strasse selbst und auf die Quantität der zu verführenden Güter und ihren Werth, — ferner auf die Leistungen eines Pferdes und auf die ganze Länge der herzustellenden Verbindung Rücksicht genommen wird, lassen sich, in besonderen Fällen, die Vortheile der drei Systeme der Kommunikation gegen einander abwägen.

Die Quantität der Fracht und die Beschaffenheit der zu verführenden Gegenstände dürfte nicht selten bei der Wahl zwischen den drei Arten von Strassen den Ausschlag geben, vorausgesezt, dass nicht Lokal-Verhältnisse, welche für die eine oder andere Art des Transportes besonders günstig oder ungünstig sind, beachtet werden müssen. So z. B. wird ein Kanal, welcher zur Verbindung zweier Meere oder Flüsse dient, fast immer den Vorzug vor einer Eisenbahn verdienen, da die Schiffe aus dem Kanal unmittelbar in die See oder den Fluss einlaufen können, ohne umgeladen zu werden. — Der Einwurf, dass in rauheren Klimaten die Kanalfahrt wegen Frost längere Zeit unterbrochen werde, ist von keinem Belange, da ja, zu dieser Zeit in dem zulezt erwähnten Falle auch die Flussschiffahrt nicht Statt finden kann. Übrigens unterliegt es keinem Zweifel, dass auch die Fahrt auf Eisenbahnen und selbst auf Strassen, durch Schnee, Eis u. s. w. nicht nur sehr erschwert werden, sondern selbst eine Unterbrechung erleiden kann.

Niemand wird aber einen Kanal an solchen Orten anlegen, wo nicht zu allen Zeiten der zur Unterhaltung der Schiffahrt nöthige Wasser-Vorrath vorhanden ist. In dem Umstande, dass bei manchen, unter ungünstigen Lokal-Verhältnissen angelegten Kanälen es öfters an Wasser gebricht, wollen die Verehrer der Eisenbahnen einen Haupt-Vorzug dieser vor jenen erblicken. —

Nicht so wichtig, als Quantität und Natur der Kraft scheint uns beim Transporte der Gewinn an Zeit zu seyn, welcher durch Vergrösserung der Geschwindigkeit bei Eisenbahnen grössere Vortheile darbietet, als bei Strassen und Kanälen. Allerdings ist auf Strassen, wo viele Reisende hin und her reisen, der Zeit-Gewinn oft von unschäzbarem Werthe, da die Thätigkeit eines Menschen, welcher z. B. persönlich viele Geschäfte an, von einander entfernten Orten abzuthun hat, durch Abkürzung der aufs Reisen selbst zu verwendenden Zeit, sehr vervielfacht werden kann.

Digitized by Google

Wenn aber der Werth der zu verführenden Materialien oder Waaren, in Vergleich zu ihrem Gewichte, klein ist, und durch den Transport die Materialien erst einen grossen Preis erhalten, wie dis gewöhnlich bei Stein, Holz Kohlen u. s. w. für Gegenden, welche an diesen Gegenständen Mangel haben, der Fall ist, so verdient stets diejenige Art des Transportes den Vorzug, welche am wohlfeilsten ist.

Von dem Bau und den Unterhaltungskosten der Eisenbahnen und der Kanäle in England lässt sich durchaus nicht auf Deutschland schliessen. Eisen ist in diesem Lande bedeutend wohlfeiler als in Deutschland, dagegen sind die Taglöhnungen dort ungleich höher als hier. Die Hauptkosten bei Kanälen bestehen aber in Löhnungen gemeiner Arbeiter. Ausserdem sind die englischen Kanäle, (man vergleiche die Note 41) meistens schlecht erbaut, ihr Profil ist im Vergleich zu dem des Schiffes zu klein, also der Widerstand in denselben zu gross, so dass 600 Tonnen meistens als die grösste Fracht angesehen wird, welche ein Pferd zu fördern im Stande ist. —

Man macht den Kanälen auch noch zum Vorwurf, dass sie der Kultur nicht nur mehr Land entziehen als die Eisenbahnen und den Mühlen das zu ihrem Betriebe nöthige Wasser, sondern auch, dass sie eine Ursache zu Sümpfen und zur Verpestung der Luft werden.

Wenig Überlegung reicht hin, um das Ungegründete dieser und ähnlicher Behauptungen darzuthun; wir müssen uns begnügen hier nur einige Fingerzeige gegeben zu haben.

Ausführlicher über diesen Gegenstand handeln folgende Schriften:

Gerstner: Über die Vortheile einer Eisenbahn zwischen der Donau und Moldau. (Wien 1824, S. 39 u. f.) —

Karsten's *Archiv für Bergbau und Hüttenwesen.* (19ter Bd., 1tes Heft S. 245.

List's Mittheilungen aus Nordamerika. Erstes Heft nebst dem Nachtrag, (Hamburg 1829.)

Journal du Génie civil. (Tom. VI. pag. 120 u. f.)

Crelle's *Journal der Baukunst.* (Bd. II, Heft 4, S. 376)

v. Pechmann. *Beschreibung des Kanals zur Verbindung der Donau mit dem Main;* in welcher Schrift vorzüglich die Vorzüge, welche die Verfechter der Eisenbahnen diesen einräumen, ausführlich beleuchtet und gründlich widerlegt sind. —

Digitized by Google

XV. Vorlesung.

Erklärungen. — Ebbe und Fluth. — Wirkung der Wellen. — Bau-Werke aus denen ein Hafen besteht. —

Seehäfen.

Man bezeichnet in Frankreich unter dem Namen von Seebauten jene Bauten, welche die äussere Schiffahrt zum Gegenstande haben; sie theilen sich in zwei Klassen: die Häfen und die Rheden.

Unter dem Namen Hafen überhaupt, versteht man nicht allein den eigentlich sogenannten Hafen, sondern auch alle inneren Anstalten, welche auf die Bedürfnisse der Krieg- und Handelschiffahrt Bezug haben.

Der eigentliche Hafen ist ein, gewöhnlich im Innern des Geländes liegender Raum, welcher den Fahrzeugen gegen das aufgeregte Meer und gegen die Winde Schuz gewährt. [44])

Es giebt zwei Arten von Häfen; die beständig vollen, und die Ebbe- und Fluthhäfen, d. h. solche, welche den Einwirkungen jener täglichen Erscheinung unterworfen sind, die vorzüglich im Ocean bemerkbar ist, in dem mittländischen Meere aber nur eine schwache Wirkung äussert. Diese Betrachtung bringt nothwendiger Weise einen Unterschied in der Anlage der Bauwerke hervor, aus welchen ein Hafen besteht.

Das Anschwellen und das Zurücktreten des Meeres verursachen die Wirkung, die man im Allgemeinen unter dem Namen Ebbe und Fluth versteht.

---

[44]) Nach Cordier nennt man denjenigen Hafen einen guten, in welchen Schiffe mit jeder Ladung und zu jeder Stunde der Ebbe und Fluth einlaufen und in, mit süssem Wasser angefülltem Bassins bleiben können, und einen schlechten Hafen denjenigen, dessen Hafenstrasse keine Schleuse und der selbst keine Tiefe hat, in dem die Schiffe nur mit der Fluth einlaufen und in dem sie zweimal während des Tages trocken liegen. — Calais, Dünkirchen und Ostende etc. etc. gehören demnach zu dieser leztern Gattung von Häfen.

Digitized by Google

Die Dauer jeder Ebbe und Fluth zusammen ist 24 Stunden und 48 Minuten; d. h. während der Fluth, die etwas länger als 6 Stunden währt, gelangt das Meer zu seiner grössten Höhe, dann bleibt es einen Augenblick lang stille stehen, worauf die Ebbe beginnt; das Meer gelangt nur während 6 Stunden und einigen Minuten zu seinem tiefsten Punkte der Senkung, und fängt dann wieder zu steigen an.

In Folge dieser abwechselnden Bewegungen kehrt Ebbe und Fluth alle 14 Tage zu derselben Stunde wieder, mit dem Unterschiede, dass die des Vormittags jene des Abends wird.

Die grösste Intensität dieser Erscheinung, im höchsten wie im niedrigsten Stande, findet zur Zeit der lebendigen und todten Gewässer Statt. Ihr bemerkbarster Effekt ist gewöhnlich 2 Tage nach den Syzigien und den Quadraturen. Die Syzigien sind die Voll oder Neumonde; die Quadraturen sind die Viertel. [45])

Die grössten lebendigen Gewässer sind jene der Tag- und Nachtgleichen. Die grössten todten Gewässer sind die der Sonnenwenden.

Ebbe und Fluth sind mehr oder weniger dem Einflusse unterworfen, den ihr Zusammentreffen mit ihnen günstigen oder ungünstigen Winden bewirkt. —

Es kann hier der Zweck nicht seyn, die Ursachen der Ebbe und Fluth nachzuweisen und ihre Geseze zu erklären; man findet die Theorie dieser Erscheinungen in dem vortreflichen Werke des Herrn de la Place (Mécanique céleste); man musste sich darauf beschränken, sie nur in so ferne zu betrachten, als sie in Bezug auf die Anlage und Konstruktion der Seebauten von Wichtigkeit sind.

Man nennt Hafenzeit die Stunde, in welcher das Meer darin zur Zeit des Neu- und Vollmondes voll ist.

Die Theorie und die Wirkungen der fliessenden Gewässer, welche aus dieser abwechselnden Bewegung der Ebbe und Fluth entsehen, lassen sich durch die Beobachtung leicht in so weit erklären, als es nöthig ist, sie in Bezug auf die beste Anlage der Hafenbauten zu kennen.

---

[45]) Man vergleiche hiemit von Wiebeking's theor. prak. Wasserbaukunde I. B.. S. 105 u. f., wo derselbe Gegenstand ausführlicher behandelt ist; desgleichen Büsch's Uebersicht der Wasserbaukunde I. B., S. 292 u. f. —

Digitized by Google

Jeder Bucht gegenüber reisst sich vom Hauptstrome des Meeres ein Nebenstrom los, welcher von zwei Kräften getrieben, der Richtung der Diagonale des sie darstellenden Parallelogrammes folgt und trifft das Ufer jenseits der Bucht, die er anfüllen muss. Dieser Nebenstrom zersezt sich alsdann; ein Theil bildet einen Gegenstrom, welcher zurückkehrt, die Bucht zu füllen, der andere folgt der Richtung des Hauptstromes, bis eine neue anzufüllende Bucht einen neuen Gegenstrom verursacht.

Die Gegenströmungen nehmen verschiedene Namen an; im Kanale (la Manche) heissen sie Verhaules. Sie sind durch sichtbare Linien auf der Oberfläche des Meeres angezeigt, die man Feilen (limes) nennt. Die Seeleute benüzen verschiedene Leitstreifen der Strömungen, um die Farth der Schiffe zu beschleunigen.

In den mittelländischen Meeren finden diese, aus der Ebbe und Fluth hervorgenden Strömungen nicht Statt, oder sind nur wenig bemerklich; man kennt dort nur die, welche mit dem Namen Uferströmung bezeichnet werden.

Die vereinte Wirkung der Winde und der Strömungen durch Ebbe und Fluth bringt die Wogen hervor.

Die Beobachtung zeigt, dass sie nur eine oscillirende Bewegung haben; es ist nur der Scheitel dieser Wogen, welcher manchmal eine Bewegung des Fortrückens hat.

Die Wogen zerstören einen Theil der ihrem Stosse ausgsezten Küsten, und führen und sezen die Trümmer davon sowohl an den Ufern, als zugleich an den Stellen ab, die mit den Thälern korrespondiren, in welche sie von den herrschenden Winden getrieben und angehäuft werden,

Der Zug und die Menge der durch die Küstenabbrüche verursachten Anschwemmungen können genau genug durch Beobachtung bestimmt werden: diese Kenntniss ist unentbehrlich, um die Bau-Werke eines Hafens vortheilhaft zu legen und im Allgemeinen, um einen Entwurf eines Seebaues anzufertigen.

Beobachtungen und Berechnungen über den Gang der Anschwemmungen machten den Gegenstand der Untersuchungen des verstorbenen Generalinspektors Lambardie aus; er hat sie in einer vortrefflichen, zu Havre im Jahre 1789 gedrukten Abhandlung über die Küsten der Normandie niedergelegt, und in derselben alles gesammelt, was die Beobachtung der Erschei-

Digitized by Google

nungen von Ebbe und Fluth, der Winde und der Strömungen als Grundsäze aufstellen konnte, die auf Entwürfe und Konstruktion von Seebauten anwendbar sind.

Aus der Betrachtung dieser Erscheinungen von Ebbe und Fluth, von wechselweisen Strömungen, die daraus enspringen, von Anschwemmungen, welche einen dem Einflusse der Winde unterworfenen Gang haben, endlich aus der fast beständigen Unruhe des Meeres auf der Höhe, ist die Nothwendigkeit hervorgegangen, gewisse Schuzwerke zu erbauen, welche den Schiffen einen sicheren und bequemen Zufluchtsort gewähren und die zusammen das bilden, was man einen Hafen nennt.

Zuerst erfand man die Hafendämme, um den Schiffen die Mittel zu verschaffen, welche ihnen das Ein- und Auslaufen erleichtern, und um den beständigen Verlezen des Hafeneinganges durch die Anschwemmungen entgegen zu arbeiten.

An diese erstern äussern Werken hat man den Hafen angelegt; handelte es sich aber von einem Ebbe- und Fluthhafen, der bei niedriger See kein Wasser behält, und sollte dieser Hafen leichte Fahrzeuge aufnehmen, welche das Stranden nicht aushalten können, so wurde man dadurch auf die Erfindung der Bassins geführt, welche beständig voll Wasser bleiben. Um diese Bassins herum oder in ihrer Umgebung befinden sich die Magazine und die verschiedenen, auf die Schiffahrt sich beziehenden Anlagen.

Daher sind ein, durch zwei Hafendämme begränztes Fahrwasser, welches mit dem Meere in Verbindung steht, ein Strandhafen und manchmal dazu gehörige Bassins die vorzüglichsten Bauten, aus welchen im Wesentlichen am Ocean ein Hafen besteht.

Die übrigen Anlagen, die sein Ganzes bilden, sind die Vorhäfen, die Sammelbehälter, die Spülschleusen, die Materialfänge, die Rechen, endlich die Formen oder Bassins für die Ausbesserung der Schiffe.

Wir werden die Gestalt und die Anlage der vorzüglichsten so eben bezeichneten Werke, so wie diejenigen prüfen, die man als Nebenanlagen betrachten kann.

Digitized by Google

XVI. Vorlesung.

Hafendämme. — Vorhäfen. — Spülschleusen. — und Sammelbehälter. —

Von den Hafendämmen.

In den Häfen des Oceans bezeichnet man mit dem Namen Hafendämme, Arten Deiche, deren Richtung senkrecht oder wenig geneigt auf das Ufer ist, und die sich mehr oder weniger in das Meer erstrecken.

Diese Bau-Werke nehmen in den Häfen des mittelländischen Meeres bisweilen den Namen Molo's an, ihr Zweck ist aber in solchem Falle nicht der der Hafendämme.

Auserdem ist der eigentliche Molo ein, in das Meer sich erstreckendes, gewöhnlich isolirt stehendes Werk, welches bestimmt ist, den Eingang des Hafens zu decken, wie der Molo von Civita vecchia.

Die eigentlich so genannten Hafendämme schliessen den unter dem Namen Fahrwasser, Hafenstrasse, bezeichneten Raum ein; es ist dis die Kanal-Gattung, welche in den meisten Häfen des Oceans die Verbindung zwischen dem Meere und dem Hafen herstellt.

Die Anlage der Hafendämme muss den Betrachtungen entsprechen, welche man eben über den Gang der Anschwemmungen, über die Leichtigkeit des Auslaufens der Schiffe und über die dem Hafen zu verschaffende Ruhe aufgestellt hat.

Wenn die Hafenstrasse durch zwei Dämme eingeschlossen ist, so muss der, welcher unter dem Winde der Anschwemmungen liegt, offenbar der längste seyn; hiedurch werden die Anschwemmungen in ihrem, mit dem Ufer parallelen Zuge durch den Vorsprung dieses Dammes, welcher sich in das Meer erstreckt, aufgehalten; ihr Niederschlag, der in den Häfen des Kanals (la Manche) Schlick heisst, legt sich alsdann gegen die äussere

Digitized by Google

Fläche des Kopfes oder Hauptes dieses Dammes. In diesem Falle vertitt er die Wirkung einer Buhne; allein man muss eingestehen, das die Hafendämme nicht vollkommen diesen nüzlichen Zweck gegen die Anschwemmungen erfüllen, das Übermass, in welchem die Materialien anlangen, dehnt unter gewissen Umständen die Anschlickungen (Watten) aus, verlängert sie, und macht, dass sie das Haupt dieser Dämme öfters übersteigen; dann treten die Anschwemmungen in die Hafenstrasse ein, wo sie sich, an die innere Seite des Dammes sich anlegend, anhäufen; sie bilden daselbst in kurzem eine Bank, wodurch andere Hilfsbauten erfordert werden, um die Hafenstrasse von diesem Hindernisse zu befreien, dem die Häfen des Kanals besonders ausgesezt sind.

Die Umstände, welche das Anwachsen der Watten begünstigen, sind: wenn die Winde einige Zeit lang unter einem Winkel von 45° gegen das Ufer wehen. —

Die Erfahrung, in dieser Beziehung mit der Theorie im Einklange, sezt fest, dass alsdann die Anschwemmungen in desto grösserer Menge anlangen, als die Winde sich in längerer Zeit in dieser Richtung erhalten.

Man hat das Mittel, durch Hafendämme die Versandung aufzuhalten, öfters missbraucht; daher ihre übergrosse Verlängerung in einigen unserer Häfen.

Nach dem Missbrauche dieses Prinzips, welches den Hafendämmen nur ein sehr beschränktes Vermögen giebt, die Versandungen aufzuhalten, hat man Buhnen erbaut, deren Wurzel im Ufer unter dem Winde des Hafens liegt; diese Werke erstrecken sich in Form von Dämmen in das Meer, welche, mit dem Gestade verschiedene Winkel bildend, ihre Lage gewöhnlich einer blinden und wenig durchdachten Routine verdanken; allein diese Buhnen sind nur Nothbehelfe gegen die Versandungen, und da sie nur auf eine ungewisse Weise diesen Zweck erfüllen, so darf man sie nicht anwenden, wenn es sich blos davon handelt, sie dem Zuge der Versandungen entgegen zu sezen.

Die Nothwendigkeit der Unwirksamkeit der Dämme und Buhnen gegen die Versandungen abzuhelfen, hat die Erfindung der Spülschleusen veranlasst; dis ist das vortheilhafteste und wohlfeilste Mittel, sie in das hohe Meer zurück zu drängen und die Hafenstrasse davon zu befreien. Wir werden bald von diesen Mitteln sprechen.

Digitized by Google

In Beziehung auf die Leichtigkeit beim Auslaufen der Fahrzeuge muss derjenige der Dämme, welcher der erste unter dem herschenden Winde liegt, länger als der andere seyn. In der That muss ein Schiff, welches durch einen Gegenwind bugsirt, ausläuft, indem es zuerst unter Segel lavirt, vermeiden können, auf den entgegengesezten Damm zu stossen, gegen welchen der Windstoss es treibt, dieser Effect würde aber unfehlbar Statt haben, wenn dieser leztere Damm ebenso lange oder noch länger als der erstere wäre, auf welchem der Schiffzug Statt findet. Wenn örtliche Umstände sich dieser Anordnung entgegen stellen, so muss man dann durch schwimmende Körper, die im Freien vor Anker liegen, zu Hülfe kommen.

Die Hafendämme werden gewöhnlich nach einer, durch zwei krumme Linien gebildeten Ebene angelegt, deren Konvexität gegen die Seite gerichtet ist, von welcher die Versandungen herkommen; die Breite der Hafenstrasse, deren Grenzen sie bilden, muss immer so seyn, dass sie wenigstens drei Fahrzeugen unter Segel leicht den Durchgang gewährt, wobei man, wenn eine Spülschleuse daselbst besteht, eine solche Anordnung zu treffen hat, dass daraus, für die grösste Kraft der Spülungen ein Querschnitt der Strömung hervorgehe, der immer der Wirkung, die man auf die Anschwemmungen hervorbringen will, entspricht; eine Wirkung die offenbar von der, aus der Breite der Hafenstrasse hervorgehenden Wasserhöhe, verbunden mit der durch die Spülschleuse verschafften Abflussmenge, abhängt.

Das Haupt der Hafendämme muss auf einer halbkreisförmigen und hinlänglich geräumigen Ebene angelegt werden, so dass man auf derselben einen kleinen Pharus oder Leuchtthurm erbauen kann, welcher zur Nachtzeit den Schiffen das Fahrwasser des Einganges anzeigt. Man stellt auch daselbt einige Kanonen für die Signale auf.

Die Anlage der Hafendämme nach krummen Linien deckt offenbar das Innere des Hafens und schüzt ihn gegen die Winde der hohen See, deren Richtung dann, welche sie auch seyn mag, die Hafenstrasse nicht betsreicht. Diese Anordnung trägt ausserdem zur grösseren Wirkung der Spülungen bei; die Strömung wirft sich nach den Gesezen der kreisförmigen Bewegung, indem sie nach der Tangente zu entweichen sucht, beständig gegen die konkave Fläche des Hafendammes, gegen welche, wie man gesehen hat, die durch die Versandung gebildeten Niederlagen sich

Digitized by Google

anlegen, indem sie an dem Kopf des Hafendammes vorbeigehen; in Folge dieser Richtung der Strömung greift sie dieselben auf die zur Hervorbringung jener Wirkung geeignetste Weise an.

Die Stärke der Hafendämme richtet sich gewöhnlich nach der Breite, die man ihrer oberen Fläche zu geben genöthigt ist, damit man darauf die Steine für die Ankertaue sezen und mit Leichtigkeit die auf den Schiffzug und auf das Auslaufen der Fahrzeuge Bezug habenden Verrichtungen vornehmen könne. In dieser Hinsicht müssen die Hafendämme wenigstens 12 Fuss, ungefähr 4 Meter, Breite haben; die Erfahrung beweisst, dass diese Stärke hinreichend ist, dem Stosse der Wogen zu widerstehen.

Ihre Höhe wird durch diejenige bestimmt, bis zu welcher die höchsten Fluthen, von denen sie in keinem Falle überstiegen werden dürfen, sich erheben. Im Innern der Hafenstrasse begnügt man sich, ihre Oberfläche ungefähr 1,5 Meter (5 Fuss) über diese höchsten Gewässer zu legen. Die Sicherheit der Manoeuver aber, die man auf den Häuptern während den Stürmen auszuführen genöthigt ist, um den Schiffen, welche einen Zufluchtsort suchen, Hülfe zu leisten, erfordert, dass man die Oberfläche dieser Häupter noch mehr erhöhe; und um so viel als möglich einzelne Wellen, von welchen sie während den Stürmen überdeckt werden, entfernt zu halten, trägt man Sorge, nach oben zu die Böschung, welche man der vorderen Wand giebt, weg zu lassen und legt die drei oder vier lezten Schichten nach einer vertikalen Ebene an. Diese Ebene hat die Eigenschaft, den Theil der Wogen in das Meer zurück zu werfen, der, indem er an den Häuptern anprallt, sich manchmal zu einer sehr beträchtlichen Höhe erhebt.

Die Anlage der Hafendämme nach einer krummen Linie genügt indessen nicht immer, die Ruhe im Innern des Hafens herzu stellen; ungeachtet dieses Innere den Winden der hohen See nicht ausgesezt ist, dringen die Wogen, wenn das Meer sehr aufgeregt ist, in die Hafenstrasse ein, erhalten sich mittels der Hafendämme, die sie hindern sich auszubreiten, auf ihrer Höhe, und gelangen so in das Innere des Hafens, wo sie manchmal eine, für die darinn liegenden Fahrzeuge gefährliche Aufregung verursachen. Um dieser Wirkung auf eine nachdrückliche Weise zu begegnen, legt man Bau-Werke an, die Rechen genannt

Digitized by Google

werden, und die man seitwärts nach der Länge der Hafenstrasse und manchmal selbst in den Vorhäfen anbringt. [46])

Diese Rechen sind in die Masse der Hafendämme gegen den Punkt zu gemachten Einschnitte, wo diese lezteren sich mit den Ufermauern des Hafendammes verbinden; sie korrespondiren mit geneigten, sehr verlängerten Ebenen, welche hinter diesen Einschnitten angelegt sind, und um zwischen der obern Fläche der Hafendämme und den Ufermauern der Vorhäfen die Verbindung herzustellen, errichtet man auf diesen Einschnitten Brück-Belege von Holz, welche von Balken getragen werden.

Der Zweck der Anlage und der Gestalt dieser Rechen ist offenbar der, den Wogen, welche beim Eingange der Hafenstrasse zwischen den zwei vollen Häfendämmen zusammen gedrängt waren, das Vermögen zu verschaffen sich auszubreiten. Diese plözliche Ausdehnung, welche die Einschnitte in die Hafendämme den Wogen verschafft, muss ihre Höhe vermindern, und die hinter den Rechen angelegten geneigten Ebenen hindern die Wellen, indem sie dieselben brechen, in den Hafen einzudringen. Diese Werke sind von neuerer Erfindung und Bauart; sie sind wenig kostspielig und man muss sie, so viel als die Örtlichkeiten es erlauben, vervielfachen.

Von den Vorhäfen.

Der Vorhafen ist der Theil des trocken zu legenden Hafens, der unmittelbar hinter den Hafendämmen, gegen das Innere zu und vor den Bassins liegt.

Dieser Theil des Hafens ist gewöhnlich dazu bestimmt, jene Fahrzeuge aufzunehmen, die das Stranden aushalten können; er bietet den kleinen Fahrzeugen des Fischfanges und der Küstenfahrt einen Zufluchtsort dar, da sie, in Rücksicht ihrer geringen Fahrtiefe, nicht nöthig haben, die volle See zu erwarten, um in

---

[46]) v. Wiebeking übersezt claires-voies mit durchsichtige Holzbauwerke; man vergleiche dessen theor. prakt. Wasserbaukunde II. Bd. S. 121. — Dem Sinne nach sind claires-voies hier nichts anders als hölzerne Rechen, welche in dem Mauerwerke, wie es auch Sganzin zureichend erklärt, angebracht sind. —

Digitized by Google

den Hafen ein- oder aus demselben auszulaufen. Die Vorhäfen sind auch sehr nüzlich, um den Fahrzeugen, die von der hohen See kommen, die Mittel zu erleichtern, ihre Geschwindigkeit allmählich aufzuheben, was vor ihrem Einlaufen in die Bassins unerlässlich ist, da dis ohne grosse Nachtheile unter Segel nicht geschehen kann. Zu diesem Zweck ist es nöthig, dass die Form der Vorhäfen diesen Fahrzeugen gestatte, sich unter Segel zu schwenken und sich vor dem Winde umzuwenden, was wenigstens zwei Kabellängen [47]) zur Breite des Vorhafens erfordert. Wenn die Örtlichkeit einer ähnlichen Anordnung entgegen ist, so muss man diese Breite durch Ausdehnung des Vorhafens an einer seiner Seiten ergänzen, um dis Manœuver möglich zu machen. Der Theil des Entwurfs, den man zu Havre zur Verbesserung dieses Hafens ausführt, und der den Vorhafen betrifft, liefert ein Beispiel der Anordnung dieses Vorhafens. Einige von den Häfen des Kanals zeigen diese nüzliche Anordnung in ihrem Grundrisse, die jedoch mehr glücklichen Ortsverhältnissen, als einer vorher überdachten Absicht beigemessen werden muss. Dieppe und Fécamp haben diese kostbare Eigenschaft, den Fahrzeugen zu gestatten, ihren Lauf indem sie mit Segel manoeuvriren zu hemmen; die praktischen Seeleute erkennen schon seit lange die Vortheile einer solchen Anordnung.

In der Ausdehnung der Ufermauern des Vorhafens werden die Abladepläze, die Baupläze, die Roste zum Kalfatern der Fahrzeuge, die das Stranden aushalten, und ebenso die Formen oder Bassins zum Ausbessern oder Kalfatern der kleinen Schiffe angelegt.

Die Kay's, welche die Vorhäfen einfassen, müssen eben so breit, als die um die Häfen seyn. Diese Anordnung ist nicht nur bequem, sondern ist selbst für das Aus- und Einschiffen nothwendig. Die Breite dieser Kay's muss beständig zu der grösseren oder geringeren Lebhaftigkeit des Verkehrs, welcher in dem Hafen Statt findet, im Verhältnisse stehen. Man kann ohne Nachtheil ihnen nicht weniger als 60 Fuss Breite geben. Hohe Häuser müssen die Kay's begränzen, um einen Schuz gegen die Winde zu gewähren.

---

[47]) Eine Kabellänge misst 120 Klafter.

Digitized by Google

Auf gleiche Weise muss man, wie schon gesagt wurde, um die Vorhäfen, zur Ausbesserung der leichten Fahrzeuge; die das Stranden nicht aushalten können, Formen anlegen. Die Beweggründe dieser Anordnung entspringen: 1tens aus der Nothwendigkeit, diese Bauwerke, zum Besten der, aus der hohen See beschädigt ankommenden Fahrzeuge, so nahe als möglich an den Eingang des Hafens zu legen; 2tens aus dem Vortheile den sie gewähren, die Thore der Formen vom Drucke des Wassers während der Dauer der niederen See zu erleichtern; 3tens endlich werden durch diese Anordnung, bei niederem Wasserstande die Schleusen-Böden sichtbar, was bei den häufig Statt findenden Reparaturen sehr vortheilhaft ist.

Von den Spülschleusen.

Diese Bau-Werke sind bestimmt, die Versandungen gegen die hohe See zurückzutreiben. Man erreicht dis mit Hülfe einer, in einer Haltung aufbewahrten, beträchtlichen Masse Wassers welche man bei niederer See mit all der Heftigkeit ausströmen lässt, die der, von der Höhe des aufbehaltenen Wassers erhaltenen Geschwindigkeit der Strömung entspricht. Der Abfluss hat mittels einer oder mehrerer Schleusenöffnungen Statt, welche durch verschiedenartige Schüzen oder durch Drehthore geschlossen werden und die man durch verschiedene, mehr oder minder sinnreiche Mittel öffnet.

Die einfachste Art eine Spülschleuse zu schliessen, ist die mit vertikalen Schüzen, die zwischen zwei Wänden stehen und die man mittels Winden oder Schrauben hebt. Diese Art hat indessen ihr Missliches, was aus der beträchtlichen, zur Handhabung der Schüzen nöthigen Kraft hervorgeht, welche lezteren, um die erwartete Wirkung zu erlangen, viel Oberfläche und eine grosse Wasserlast über sich haben müssen. In diesem Falle muss man konplicirte Maschinen zu Hülfe nehmen, um mit wenig Mannschaf, die zum Heben der Schüzen erforderliche Kraft hervorzubringen, welche Schüzen sich dann äusserst langsam bewegen und die Wirkung der Schleuse, die im Verhältnisse zu der Menge des nach und nach ausfliessenden Wassers steht, ist beinahe Null. Die Schüze ist erst dann völlig geöffnet, wenn die obersten

Digitized by Google

Wasserschichten der Haltung, welche die grösste Wirkung hervorbringen, abgelaufen sind: der Zweck ist verfehlt, wenn man nicht zur Vermeidung der Nachtheile des Manoeuvers grosser Schüzen die Ausmündungen durch Vermehrung der Zahl der Schleusen vervieltältigt, was in Beziehung auf die Kosten wieder ein anderer Nachtheil ist.

Durch die Anbringung von Schüzen und selbst von gewöhnlichen Drehthoren, um die Spülschleusen zu schliessen, wird man gehindert, diese für den direkten Dienst der Schiffahrt zu benüzen. Die Fahrzeuge können wegen des, in der Mitte des Durchganges angebrachten Stüz-Ständers nicht einlaufen. Man hat diesem Nachtheile dadurch abzuhelfen gesucht, dass man ein System von Thoren annahm, wodurch die Schleusen sowohl zur Schiffahrt als zu den Spülungen gebraucht werden können. In Holland, wo das Fluthbassin gewöhnlich als Haltung dient, hat man vorzüglich verschiedene Systeme von Thoren versucht. Man hat in den Flügeln der grossen Stemmthore kleine Drehthore die sich öffnen und schliessen angebracht; unabhängig von diesen Thoren hat man, wie z. B. in Fliessingen, in der Dicke der Mauern der Schiffahrtschleusen Seitendurchlässe angelegt, durch die man die Spülungen bewirken kann; allein im Allgemeinen haben diese verschiedenen Mittel den bedeutenden Nachtheil, entweder die Bassins zu leeren, oder ihnen doch wenigstens eine gewisse Wassermenge zu entziehen, welche die vorher flott gewesenen Schiffe stranden macht; lässt man aber, um diesen unangenehmen Umstand zu vermeiden, nur eine kleine Wasserschichte ablaufen, so hebt man die Wirkung der Spülungen gröstentheils auf. In Frankreich, wo man gewöhnlich sehr kräftiger Spülungen bedarf, um die Versandungen in die hohe See zurückzutreiben, legt man von den Bassins unabhängige Haltungen an. In diesem Falle werden zum Schliessen der Schleusen Drehthore angewendet, die man gekuppelte Thore nennt. Obgleich diese Thore ziemlich gut den beabsichtigten Zweck erfüllen, so sind sie doch nicht gänzlich von Nachtheilen frei: seit ihrer Erfindung, die man dem verstorbenen Fortifications-Director Castin verdankt, hat man an diesem System einige Verbesserungen angebracht, allein es ist noch immer der Vervollkommnung fähig.

Das Spiel und das Manoeuver dieser gekuppelten Thore ist ungemein einfach. Jeder der beiden Flügel, aus denen ein Thor

Digitized by Google

besteht, hat einen Drehständer, auf dem er sich dreht; dieser Ständer, welcher nicht in der Mitte der Schleuse angebracht ist, theilt den Flügel in zwei ungleiche Theile. Aus dieser Anordnung geht hervor, dass der Druck des Wassers, welcher auf die grösste der beiden Flächen wirkt, das Thor nöthige, sich zu öffnen, wenn der Schlagständer, gegen welchen sich die zwei Flügel stüzen, in dem Sinne gedreht ist, der dem Thore auszuweichen erlaubt. Das Manoeuver aller Drehthore der Spülschleusen, sowohl einfacher als gekuppelter, ist auf diesen Grundsaz der Ungleichheit der Flächen, gegen welche der Wasserdruck wirkt, gebaut.

Die kleinen Drehthore, welche in die grossen Stemmthore eingerahmt sind, sind wenig solid: ihr Einpassen in die grossen Thore benachtheiligt den Verband der leztern. Dieser wichtige Umstand hat neue Untersuchungen veranlasst, um statt dieser Thore ein anderes System von Schleusen zu erfinden und an deren Stelle zu sezen. Man hat in Holland eine Schleusenart erfunden und angewendet, welche den Vortheil hat, gleichzeitig Spül- und Schiffahrtschleuse zu seyn. Sie besteht aus zwei einander entgegen stehenden Stemmthoren, die in ihrer Vereinigung und nach der Längenaxe der Schleuse spize, in ihrem Scheitel sich entgegengesezte und sich wechselseitig stüzende Winkel bilden. Es ist wesentlich zu bemerken, dass es für das Spiel dieses Systems unerlässlich sey, dass die gegen Berg stehenden Fluththore die gegen Thal stehenden Ebbethore ein wenig überdecken, damit die erstern, indem sie sich öffnen, nothwendiger Weise die Ebbethore mit sich fortreissen und sich mit ihnen in ihren Kammern anlegen.

Das Manoeuver dieser Thore hat bei niederer See Statt, indem man mittels Schüzen und Wasserleitungen das Wasser ablaufen lässt, welches in den dreieckigen Räumen zwischen den Ebbe- und Fluththoren eingeschlossen ist und das man mit jenem des Bassins in gleicher Höhe gehalten hat. In dem Maasse, als das Wasser in diesen Räumen sinkt, wird das Gleichgewicht des Druckes, welches das System nothwendiger Weise geschlossen hielt, aufgehoben, und die Fluththore, durch den Überschuss des Druckes, welcher auf ihre Fläche gegen das Bassin zu Statt hat, gezwungen, sich ganz zu öffen, gestatten die Spülung, die sich nach und nach und ohne Stössein der ganzen Breite der Schleuse herstellt.

Digitized by Google

Die Vortheile dieser Art Spülschleusen sind unläugbar und geben Veranlassung, sie unter gewissen Umständen anzuwenden.

Die Strömung der Spülschleusen, durch welche Mittel sie auch erlangt werden mag, darf den Vorhafen nur so wenig als möglich quer durchschneiden, wegen der Beschädigungen, welche hieraus für die darin strandenden Fahrzeuge hervorgehen könnten. Dieser Umstand muss bestimmen, die Spülschleusen so viel es die Örtlichkeit erlaubt, gegen das äussere Ende der Vorhäfen und zwar in den Theil zu legen, der an die Hafenstrasse grenzt.

Erfahrungen, welche über die Dauer des Abflusses und über die Wirkung der, durch einige Haltungen hervorgebrachten Spülungen gemacht worden sind, geben die Data an, um die Abmessungen jener zu bestimmen, die man anlegen will. Man hat beobachtet, dass 443000 Kubikmeter (ungefähr 17831000 C′): Wasser in zwei Stunden durch eine Abflussöffnung ablaufen, welche 12m (41′) breit ist, und eine anfängliche Höhe von 14 bis 16 Fuss hat; ferner, dass diese Strömung eine Hafenstrasse von 27m (92′) Breite auf einer hinreichenden Wasserhöhe erhält, um alle Versandungen mit sich fort zu führen; wenn man daher als Abmessung der Haltungen und des Schleusendurchganges Factoren annimt, welche diese Produkte geben, so wird man versichert seyn, ähnliche Effecte, oder solche, die der angeführten Erfahrung proportional sind, hervorzubringen.

Die vortheilhafteste Form der Haltungen in Bezug auf die grösste Leichtigkeit, mit welcher die verschiedenen Wasserfäden zu der Ausflussöffnung gelangen sollen, müsste ein Halbkreis seyn, in welchem die Schleuse, auf dem Durchmesser liegend, das Centrum einnehmen würde; allein die Örtlichkeit ist selten zu dieser Anlage geeignet; man begnügt sich, sich derselben so viel als möglich zu nähern. In jedem Falle muss man vermeiden, sie rechteckig zu machen. Man füllt sie gewöhnlich mit Meerwasser; jenes der Flüsse, Bäche soll nicht darin aufgenommen werden, wegen der Versandungen, die jene darin absezen und wegen der Velegenheit, welche diese Gewässer bei einer Schleusen-Ausbesserung verursachen. Ausserdem nöthigt die Leitung eines Flusses in eine Haltung, alle Tage die Schleusen zu öffnen, um ihn ablaufen zu lassen, wenn man nicht ein Abfallwehr, oder eine Ablassschleuse angelegt hat; allein, da zur Zeit der Hochgewässer die Spülschleusen beständig offen bleiben

Digitized by Google

müssen, so greift dieser forçirte Gebrauch die Schleusenböden an, und verursacht an ihnen in die Länge Beschädigungen. Nach diesen Bemerkungen ist es klar, dass die Flüsse weder in die Haltungen noch in die Fluthbassins aufgenommen werden dürfen, und dass es immer vortheilhaft ist, hiedurch einen abgesonderten und von den Bassins unabhängigen Kanal in das Meer zu leiten.

Die Wände der Haltungen haben Böschungen, die gewöhnlich mit Stein bekleidet werden.

Der Bau der Spülschleussen ist denselben Regeln des Steinschnittes und den nemlichen Vorsichtsmaassregeln bei der Gründung unterworfen, wie die Schiffahrtschleusen, und da die ersteren bestimmt sind, die Wirkung und den Stoss eines Wasser-Volumens auszuhalten, welches sich mit einer grossen Geschwindigkeit bewegt, so muss man darauf Acht haben, den Schleusenboden und den unteren Theil der Schleusenwände mit den ausgesuchtesten und härtesten Steinen aufzuführen, um die Wirkung der Abnüzung und den Verfall dieser Art Werke zu verhindern.

Es ist unerlässlich, in der Verlängerung des Schleusenbodens, sowohl gegen Berg, als gegen Thal, Vorböden anzulegen: jenseits derselben muss man noch, gegen Thal, falsche Schleusenboden herstellen, um die Unterspülungen, eine unvermeidliche Folge der Spülungen, von dem Fundamente der Schleusen entfernt zu halten.

Die Unterhaltung der Schleusen, der Vor- und der falschen Schleusenböden, welche jene erheischen, erfordert die strengste Aufsicht. Die Dauer dieser Anlagen hängt von der besonderen Sorgfalt ab, welche man auf die Beobachtung der Wirkung der Spülungen, die ausserdem mit Umsicht gebraucht und ermässigt werden müssen, verwenden muss.

Digitized by Google

XVII. Vorlesung.

Von den Bassins. — Ufermauern. Verpfählungen. — Von den Rheden. — Beschluss.

Von den Bassins.

Der Zweck dieser nüzlichen Anlagen ist, die Fahrzeuge welche das Stranden nicht aushalten können, beständig flott zu erhalten. Ihre Verbindung mit den Vorhäfen findet durch eine Schleuse mit Ebbethoren Statt, das heisst mit Thoren, an denen die Spize des Drempel-Winkels gegen das Innere gekehrt ist: manchmal fügt man noch, zu mehreren Zwecken Fluththore hinzu.

Die Anordnung der Schleusenthore gestattet der hohen See, frei in das Innere des Bassins einzutreten; jedesmal, wenn dessen Wasserspiegel höher ist, als jener der im Bassin zurück gehaltenen Gewässer, und wenn der Spiegel des fallenden Meeres sich unter den des Bassins senkt, schliessen sich die Thore von selbst, und lezteres bleibt voll.

Die Durchfahrt der grossen Handelschiffe und die der Fregatten erfordert 13 bis 14 Meter (45 bis 50 Fuss) Schleusenbreite. Für die Linienschiffe vom ersten Rang sind 17^{m} (60 Fuss) nothwendig.

Die Grundrisse und die Anordnung der Schleusen von Bassins mit Stemmthoren sind, in Bezug auf die Grundsäze nach welchen die Abmessungen und die Anordnung der verschiedenen Bestandtheile bestimmt werden, ganz dieselben, wie jene der Schiffahrtskanäle: sie unterscheiden sich nur durch die Breite der Durchfahrt, die jener der Schiffe, welche in die Bassins einlaufen, entsprechen muss, sowie durch die grosse Wasserhöhe, welche vor den Thoren steht.

Die von einer Quadratur bis zu einer Syzigie wachsenden Fluthen öffnen nothwendiger Weise jeden Tag die Thore des Bassins und stellen darin eine gewisse Wasserhöhe wieder her.

Digitized by Google

Während des Fallens der Fluthen bleiben hingegen die Thore geschlossen, und das Meer dringt nicht mehr in das Bassin. Wenn man in diesem Falle wegen der Schiffahrt genöthigt ist, die Schleusenthore zu öffnen, so muss man mittels der Schüzen, mit denen die Thore versehen sind, die Wasserhöhe im Bassin sich senken lassen, um sie mit den äusseren Gewässern auf einerlei Höhe zu bringen; das Bassin dient alsdann als Kammer, und durch diese sehr einfache Vorrichtung können die Schiffe zu allen, zwischen die todten und lebendigen Gewässer fallenden Epochen des hohen Meeres ein- und auslaufen.

In Beziehung auf die Sicherheit der Fahrzeuge ist es vortheilhaft, ein doppeltes System von Ebbethoren anzuwenden: durch diese Anordnung begegnet man leichter den Zufällen, welche manchmal das Manoeuver von dem einen der beiden Paar Thore verhindern können, und vermeidet dadurch zugleich grosse Nachtheile, welche daraus für die, in dem Bassin sich befindenden Schiffe entspringen würden.

Die Anlage von Fluththoren ist gleichfalls unter vielen Umständen, und vorzüglich bei Bassins-Ausbesserungen, nüzlich. Entweder schlecht verstandene Ökonomie, oder aus der Örtlichkeit entspringende Hindernisse sind die Ursachen, dass die meisten der Bassinschleusen unserer Häfen am Ocean diese doppelten Systeme von Thoren entbehren.

Rings um die Bassins herum werden, indem man den Kay's eine Breite von 20^{m} (68,5′) und mehr, wenn es möglich ist, lässt, Magazine, Werkstätten und die für den Handel nöthigen Gebäude aufgeführt; dis ist auch der Plan, welcher bei den zum Kriegs-Seedienste bestimmten Häfen zur Erbauung der Werkstätten, der Verwaltungsgebäude und endlich für alle Anlagen, aus denen ein Kriegs-Arsenal besteht, vorbehalten wird.

Die Konstruktion der Kaymauern und der Materialfänge bietet keine besondere Schwierigkeit dar. Gewöhnlich erbaut man sie aus Hausteinen. Man kann sich auch mit Vortheil und Ökonomie der Backsteine bedienen und die für ähnliche Werke angegebenen Konstruktionsarten sind auch auf sie anwendbar. Manchmal, wenn Hau- und Backsteine selten, Hölzer aber in Überfluss vorhanden sind, und man einen genaueren Verband erlangen will, konstruirt man die Ufermauern auch aus Zimmerwerk; dis ist dann eine Verpfählung, gegen welche sich die Erde stüzt. Ein solches Werk besteht aus Schwellen, die auf Pfählen liegen,

Digitized by Google

welche leztere in verschiedenen Höhen durch Bandbalken verbunden sind; die zwischen den Schwellen befindlichen Zwischenräume sind mit Bohlen oder Spunddielen bekleidet, welche die Erde halten, und wobei durch Strebeanker dem Erddrucke noch mehr Widerstand geleistet wird. Ein starker, mit der Füllerde des Kay's gleich hoch liegender Holm krönt das Werk. Diese Bekleidungen von Zimmerwerk betheert man sorgfältig, allein dessen ungeachtet sind diese Bauwerke von keiner langen Dauer und troz der scheinbaren Ökonomie, welche sie gewöhnlich darbiethen sind die Uferbekleidungen von Mauerwerk immer den Verpfählungen vorzuziehen.

Die Details über die Grundsäze, welche bei der Bildung von Entwürfen und bei dem Bau der Werke, aus denen die Seehäfen bestehen, als Richtschnur dienen müssen, beziehen sich besonders auf die Ebbe- und Fluthhäfen; sie sind im Allgemeinen auch auf die beständig vollen Häfen anwendbar, die von den ersteren nur durch die, bei der Ausführung in Anwendung kommenden Mittel verschieden sind.

Der niedere Stand des Meeres erleichtert in vieler Hinsicht die Ausführung bei den Ebbe- und Fluthhäfen. Die Gründung der Bauten im Meere geschieht gewöhnlich mittels kleiner Fangdämme, welche bei hoher See überschwemmt werden, deren innere Räume man aber während der niederen See ausschöpft; hiedurch ist man in den Stand gesezt, im Trocknen zu bauen, während im mittelländischen Meere die Gründung gewöhnlich mittels Steinwürfen in grossen Massen, ohne Ausschöpfen geschieht; manchmal findet sie mittels Beton Statt, welcher auf den Grund des Meeres, theils in Kästen, theils durch andere, der Natur der Bauten und den Ortsverhältnissen entsprechende Hülfsmittel, versenkt wird.

Die Grenzen dieses Werkes erlauben nicht, weiter in alle Einzelheiten der Konstruktion bei Seebauten einzugehen; ich musste diejenigen wählen, die mir die wichtigsten schienen. Ich hoffe, dass sie für den vorgesezten Zweck, hinreichend seyn werden. Ich bedaure um so weniger, dass ich genöthigt war, viele Details zu übergehen, als die in diesem Werke auseinander gesezten verschiedenen Konstruktionsarten sämmtlich auf die Ausführung der Seebauten anwendbar sind, wenn man sie den grossen Schwierigkeiten anpasst, von welchen gemeinlich diese Arten von Arbeiten begleitet werden.

Digitized by Google

Von den Rheden.

Die Rheden sind ein gewisser Raum des Meeres, welcher den von der See kommenden Schiffen, und denen, welche sich zu einer Expedition daselbst versammeln, das Mittel verschaffen, den günstigen Augenblick zum Einlaufen in den Hafen zu erwarten. Es giebt offene, und geschlossene Rheden.

Die Rheden von Brest und Toulon sind geschlossene; die meisten unserer Häfen sind offene Rheden.

In guten Rheden darf das Meer wenig aufgeregt seyn; sie müssen den Schiffen eine hinlängliche Wassertiefe, ein sicheres Vor anker liegen und ein leichtes Anlegen gewähren. Gegen den Feind müssen sie durch starke, auf den Ufern angelegte, oder auf Molo's in der hohen See, oder auf Steinwürfen erbaute Forts geschüzt werden.

Die Kunst kann eine offene Rhede verbessern. Das Projekt der Rhede von Cherburg liefert davon den Beweis.

Der gute Erfolg dieser Unternehmung ist nicht mehr problematisch: Die Beendigung dieses grossartigen Projektes, welches der Regierung die Vortheile einer guten Rhede im Kanale verschafft, entschädigt sie für die erforderlichen Unkosten.

Schluss.

Nach dieser ohne Zweifel zu kurzen Auseinandersezung der Grundsäze, die ich über die Kunst der Konstruktion, über die Bildung der Entwürfe, endlich über die besten, den verschiedesen Theilen zu gebenden Formen sammeln konnte, aus denen die vorzüglichsten öffentlichen Bauten, die den Gegenstand dieses Kursus ausmachen, gebildet sind, ist es leicht einzusehen, welch' unermessliches Feld dem Ingenieur geöffnet ist, der mit dem Entwurf und der Ausführung aller dieser verschiedenen Arten von Werken beauftragt wird.

Ende der Vorlesungen.

Digitized by Google

Anhang.

Im Texte des Werkes wurde oben angezeigt, dass am Schlusse desselben berechnete Tafeln folgen würden, welche die Dicken anzeigen, die den Widerlagern der Brücken gegeben werden, um jenen den nöthigen Widerstand gegen den Druck der Gewölbe zu verschaffen. Von diesen Tafeln macht man beim Strassen- und Brückenbau ziemlich allgemein Gebrauch.

Diese Tafeln wurden nach der Formel des Hrn. De la Hire berechnet, welche sich in den Druckschriften der Akademie der Wissenschaften, vom Jahre 1712, findet. Man sezt mit diesem Akademiker voraus, dass der Brechungspunkt für die halbkreisförmigen Gewölbe in der Mitte des halben Gewölbes, d. h. 45° über dem Anfänger liegt, und dass für die, um ein Drittheil gedrückten Bögen, welche aus drei Kreisstücken von 60° gebildet sind, der Brechungspunkt in der Vereinigung der Kreisstücke Statt habe, dis ist der nachtheiligste Fall.

Diese beiden Voraussezungen nähern sich sehr der Wahrheit, und die neuesten Beobachtungen über die Bewegungen, welche grosse Bögen während ihrer Ausführung gezeigt haben, beweisen, dass für diese zwei Arten von Gewölben die Brechungspunkte gut gewählt sind.

Ferner wurde vorausgesezt, das der obere Theil des, zwischen beiden Brechungsfugen enthaltenen Gewölbes wie ein Keil wirke, der vermöge der Schwere auf diesen Fugen abgleitet, und die untern Theile des Gewölbes, — die als nur einen Körper mit den Widerlagen ausmachend vorausgezt wurden — umzuwerfen strebt, indem er sie um ihre äussere Kante dreht. Man hat ausserdem die wirkenden und widerstehenden Massen als aus einem Stücke bestehend anzusehen: es wurde aber weder auf die Reibung, welche bei dieser Hypothese, zwischen den Brechungspunkten Statt findet, noch auf den Widerstand Rücksicht genommen, der von der Adhäsion des Mörtels herrührt.

Digitized by Google

Die diesen Tafeln zu Grunde gelegte Formel beruht auf dem Gleichgewichte, welches zwischen den wirkenden und widerstehenden Theilen des Gewölbes Statt findet. Äusserst einfache Betrachtungen über die Art, wie diese Massen wirken, führen, indem man auf die Richtungen, nach welchen sie sich gegenseitig im Gleichgewichte halten, und auf die Lage ihrer Schwerpunkte Rücksicht nimmt, auf eine Gleichung vom zweiten Grade, deren Auflösung leicht ist; sie bestimmt die den Widerlagen zu gebende Dicke, damit das System sich im Gleichgewichte befinde. [48])

---

[48]) Wenn G D E F Figur 35, Tafel VI die Hälfte eines Gewölbes darstellt, so fragt es sich, welche Breite das Widerlager C G A B haben muss, damit dasselbe nicht um seine Kante bei A gedreht und umgeworfen, oder auf seiner Grundfläche K B fortgeschoben werde; ferner wie dick der Schlussstein D E seyn müsse, um nicht zerdrückt zu werden.

Das Gewicht des Gewölbstückes G D E F sey = Q, und das Gewicht von dem Widerlager A B F G E sey = P, so kann man sich beide Gewichte in ihren Schwerpunkten H und J vereinigt denken, und es lässt sich Q mittels des Parallelogrammes der Kräfte in die Seitenkräfte S und R zerlegen, wovon die erste auf der Fuge D E und die andere auf der Fuge F G senkrecht ist.

Nennt man den Winkel, den die Brechungsfuge mit einer Vertikalen macht = α, also G D E = α so ist

$$S = Q \,.\, \text{Cotang } \alpha \text{ und}$$
$$R = Q \,.\, \text{Cosec } \alpha,$$

oder weil $\text{Cosec } \alpha = \frac{1}{\text{Sin } \alpha}$ ist,

$$R = \frac{Q}{\text{Sin } \alpha}.$$

Aus dem Drucke S gegen die Fuge des Schlusssteines lässt sich nun die Stärcke desselben berechnen, wenn seine rückwirkende Festigkeit bekannt ist.

Für den Fall des Gleichgewichtes muss das Moment der Kraft R, welche nach der Richtung von H K wirkt und das Widerlager um seine Kante bei A zu drehen sucht, dem Momente des Gewichtes vom Widerlager gleich seyn; fällt man daher A K senkrecht auf H K, so ist das Moment von R

$$= AK \,.\, R = AK \,.\, \frac{Q}{\text{Sin } \alpha}$$

und das Moment vom Gewichte des Widerlagers, das in J vertikal abwärts wirkt, = A L . P; man hat also:

$$AK \,.\, \frac{Q}{\text{Sin } \alpha} = AL \,.\, P.$$

Sind vier von den, in dieser Gleichung vorkommenden Grössen gegeben, so lässt sich die fünfte bekanntlich auch finden; man erhält z. B. das Gewicht

Digitized by Google

Man muss jedoch zugeben, dass unter den, die Auflösung bedingender Voraussezungen, jene über die Art, wie das Gewölbe umstürzt nicht mit dem übereinstimmt; was die Erfahrun-

---

des Widerlagers, aus welchem sich leicht seine Dicke, wenn Höhe und Breite desselben, wie dis gewöhnlich der Fall ist, bekannt sind, bestimmen lässt:

$$(I) \qquad P = \frac{AK \,.\, Q}{AL \,.\, \text{Sin}\ \alpha}$$

Hieraus folgt, dass je grösser der Winkel α oder je flacher, je gedrückter das Gewölbe ist, desto grösser ist auch der Druck auf die Widerlager und desto stärker müssen diese gemacht werden. —

Nimmt man an, dass das Widerlager nicht um seine Kante A gedreht oder umgeworfen, sondern über seine Grundfläche A B hinweggeschoben werde, so zerlege man die Kraft R in eine horizontale S′ und in eine Vertikale Q′, so ist, wie leicht zu zeigen,

$$S' = S = Q \,.\, \text{Cotang}\ \alpha \text{ und } Q' = Q.$$

Der vertikale Druck auf die Grundfläche des Widerlagers ist nun $= P + Q$ und die davon herrührende Reibung, wenn der Reibungs-Koefficient $= \mu$ gesezt wird,

$$= \mu\,(P + Q).$$

Für den Fall des Gleichgewichtes hat man:

$$S = \mu\,(P + Q),$$

oder Statt S seinen Werth substituirt:

$$Q \,.\, \text{Cotang}\ \alpha = \mu\,(P + Q) \text{ oder}$$

$$(II) \qquad P = \frac{Q \,.\, \text{Cotang}\ \alpha}{\mu} - Q;$$

woraus abermals folgt, dass der Druck gegen das Widerlager desto grösser ist und das Widerlager selbst also desto stärker werden muss, je kleiner der Winkel α, oder je gedrückter das Gewölbe ist. Gewöhnlich wird $\mu = \frac{1}{2}$ angenommen, wo alsdann μ der Reibungs-Koefficient für rauhe Steine auf Holz ist, wenn das Widerlager auf einem Roste ruht.

Es kömmt zwar in dem Ausdrucke (I) für P noch ein Theil der Breite, nemlich A C vor; wollte man aber die Breite auf beiden Seiten substituiren, was für jeden besondern Fall keine Schwierigkeiten hat, so erhält man wie wir gleich sehen werden eine quadratische Gleichung, die leicht aufgelöst werden kann.

Man gelangt übrigens am schnellsten zu einem Resultate, — da sich die Stärke der Widerlager doch nicht haarscharf bestimmen lässt und dis auch nicht nöthig ist, — wenn man nach der Formel (I) Proberechnungen anstellt.

Man nehme die Stärke des Widerlagers beliebig an, berechne sein Gewicht P und die Entfernungen A L und untersuche ob Gleichgewicht vorhanden sey oder nicht. Findet man P zu klein, so muss es noch vergrössert werden.

Durch 2 oder 3 solche Probe-Rechnungen wird dann P so genau als nöthig gefunden.

Digitized by Google

gen des Herrn Boistard, Oberingenieur des Brücken und Strassenbaues, in Bezug auf die unter diesen Umständen Statt findende Erscheinung angegeben.

Fände man, dass P nach der 2ten Formel grösser seyn müste, als nach der ersten, so ist es rathsam, nach jener die Dicke des Widerlagers zu bestimmen; übrigens ist es nicht nöthig, da beide Formeln P nur für den Fall des Gleichgewichtes gelten, der Sicherheit wegen, P noch zu vergrössern, da bei dieser Rechnung die Reibung in den Brechungsfugen und die Kohäsion des Mörtels unberücksichtigt geblieben ist. —

Um noch für einen besondern, häufig vorkommenden Fall die Breite des Widerlagers direkt zu bestimmen, sey das Gewölbe Fig. 36, Tab. VI. nach einem Halbkreis gewölbt und das Gewicht des Gewölbstückes zwischen den Brechungsfugen, die hier genau im 45ten Grade angenommen werden können, sey = Q, also ist das von seiner Hälfte, welches man sich im Schwerpunkte V und H vertikal abwärts wirkend angebracht denken kann, $\frac{Q}{2}$.

Das Gewicht des Widerlagers, dessen Querrschnitt als ein Rechteck vorausgesezt wird, sey P; man kann sich dasselbe gleichfalls in seinem Schwerpunkte F vereinigt vorstellen. Das in V wirkende Gewicht $\frac{Q}{2}$ lässt sich wieder in die zwei Seitenkräfte R und S zerlegen, und man hat

$$R = \frac{Q}{2 \text{ Sin } \alpha} \text{ und } S = \frac{Q. \text{ Cotang } \alpha}{2}.$$

Zieht man von J auf die Richtung der Kraft R die Senkrechte TO, so ist das Moment der Kraft R = JO. R und dieses muss den Momenten der beiden Kräfte P und $\frac{Q}{2}$ gleich seyn; man hat also:

$$JO . R = JE . P + JD . \frac{Q}{2}.$$

Sezt man nun JC = x und DC = g, so ist

$$JO . R = \frac{x . P}{2} + \frac{(x - g) Q}{2}.$$

Das Dreieck JON ist ähnlich dem Dreiecke AKL und es verhält sich: JO: JN = LK: LA oder wenn LK = KA = a und LA = r gesezt wird:

$$JO : JN = a : r,$$

$$\text{daher: } JO = \frac{a . JN}{r}.$$

Es ist aber JN = JM − MN,

JM = DC + AK = h + a und

MN = ML = x + c,

wenn die Höhe des Widerlagers oder DC = h und DG = c ist, also

$$JN = h + a - x - c.$$

Digitized by Google

In einer vorzüglichen, bei der Schule für Strassen- und Brückenbau niedergelegten und dem Drucke übergebenen Denkschrift beweisst dieser Ingenieur durch seine im Grossen gemachten Erfahrungen, deren Wirkungen mit Sorgfalt beobachtet worden sind, auf eine unleugbare Weise, dass der obere Theil des Gewölbes, statt in einem Stücke über die Brechungsfugen

---

Sezt man die Bekannte $h + a - c = f$ so ist:

$$JN = f - x \text{ und}$$

$$JO = \frac{a}{r}(f - x) \text{ und da}$$

$$R = \frac{Q \,.\, \text{Cosec } \alpha}{2} \text{ und}$$

$$\text{Cosec } \alpha = \frac{r}{a} \text{ ist, so hat man:}$$

$$JO.\, R = \frac{a}{r}(f - x)\ \frac{Q \,.\, r}{2\,a} = \frac{(f - x)\,Q}{2}.$$

Sezt man nun ferner die Stirnfläche des Gewölbes oder die Fläche $LB = LD = q$, die Länge des Gewölbes, welche der des Widerlagers als gleich vorausgesezt wird $= l$ und das Gewicht von einem Kubikfusse Mauerwerk $= \gamma$, so ist $\frac{Q}{2} = q \,.\, l \,.\, g$ und

$$P = x \,.\, l \,.\, h.\, \gamma \text{ also}$$

$$JO \,.\, R = (f - x)\, q l \gamma$$

$$(f - x)\, q \,.\, l\gamma = \frac{x \,.\, h \,.\, l\gamma x}{2} + (x - g)\, q l \gamma,$$

welches die Bedingungsgleichung für den Fall des Gleichgewichtes ist. Wird auf beiden Seiten reduzirt, so hat man:

$$(f - x)\, q = \frac{x^2 h}{2} + xq - q\,g \text{ oder}$$

$$x^2 + \frac{4q}{h} \,.\, x - \frac{2q}{h}\ (g + f) = 0$$

und hieraus:

$$x = -\ \frac{2q \mp \sqrt{4q^2 + 2qh\,(g + f)}}{h}.$$

Wodurch also die gesuchte Breite x des Widerlagers gefunden ist.

Da die Grösse unter dem Wurzelzeichen, nemlich $4q^2 + 2q\,h\,(g + f)$ grösser ist, als $2q$, so erhellt, dass der Werth von x possitiv ist, da hier blos das obere Zeichen gelten kann. —

Die vorlezte Gleichung vom 2ten Grade ist ohne allen Zweifel diejenige, welche Sganzin im Texte erwähnt. Die äusserst einfache Entwicklung dieser Gleichung wurde vorzüglich aus dem Grunde hier aufgenommen, weil nach derselben die beigefügten Tabellen über die Stärke der Widerlager und des Schlusssteines für steinerne Brücken von verschiedenen Weiten berechnet worden sind.

Digitized by Google

abzugleiten, sich in zwei Theile theile, die sich am Schlusssteine und an den Schenkeln trennen; die beiden andern Theile des Gewölbes werden, wie im ersten Falle, nach aussen zurückgedrängt und veranlasst, auf der äusseren Fuge ihrer inneren Gewölbfläche sich zu drehen. Es ist einleuchtend, dass bei dieser Erscheinung des Bruches die Fugen nicht übereinander abgleiten, weil jedes Gewölbstück über denjenigen Kanten der Gewölbsteine sich zu drehen sucht, welche sich durch diese Bewegung in der Brechungsfuge, die sich am Schlusse und an den Anfängern offenbart, an der äusseren Gewölbfläche und für die, in den Schenkeln des Gewölbes Statt findende sich an der inneren Gewölbfläche wieder schliessen.

Nach diesen Erfahrungen, welche Hr. Boistard an verschiedenen Arten von Gewölben wiederholt hat, und bei welchen die Brechungspunkte sich mit einer bemerkenswerthen Gleichförmigkeit für dieselben Gewölbe zeigten, hat dieser Ingenieur einen Versuch über die Theorie des Gleichgewichtes der Gewölbe aufgestellt, welche auf die von ihm beobachteten Erscheinungen des Bruches gegründet ist, machte aber von der Formel, auf die er geführt wurde, keine Anwendung.

In Gauthey's »Traité de la construction des ponts«, welches das Vollständigste und Befriedigendste enthält, was bis jezt über diesen Theil der Ingenieur-Wissenschaft erschienen ist, findet man eine Anzeige der Bemühungen jener Gelehrten und Ingenieure, welche bis auf Hrn. Boistard sich mit der Theorie des Gleichgewichtes der Gewölbe beschäftigt haben. Er zeigt, wie wenig genau die Betrachtungen sind, von welchen der grösste Theil jener bei den verschiedenen Auflössungen, die sie von diesem Probleme gaben, sich leiten liessen.*)

---

*) Seit dem Drucke der ersten Ausgabe dieses Kursus hat Hr. Navier, Ingenieur des Strassen- und Brückenbaues und Neffe des Hrn. Gauthey, im Jahre 1816 den dritten Theil der Werke seines Oheims, über die Schiffahrtkanäle öffentlich bekannt gemacht. Dieser lezte Band, so wie die zwei vorhergehenden über die Konstruktion der Brücken, ist mit Noten bereichert, die das grösste Interesse gewähren und in welchen dieser Ingenieur mit eben so viel Scharfsinn als Erfolg die gelehrteste Analyse auf die Lösung des grössten Theils der Aufgaben, welche dieses Werk enthält, angewendet hat; dasselbe ist daher durch diese Noten das vollständigste Werk, welches über die Kunst der Konstruktion vorhanden ist. — (Anmerk. des Verf.)

Digitized by Google

Herr Gauthey stellt, indem er die Erscheinungen des Bruches, die aus des Hrn. Boistard's Erfahrungen hervorgehen, annimmt, eine Theorie des Gleichgewichtes auf, die beinahe dieselbe ist, wie jene dieses Ingenieurs. Er sezt vorerst die Brechungspunkte der Lage nach als durch die Erfahrung gegeben voraus; allein indem er sie hierauf nach dem Umstande bestimmen will, dass das Moment der Kraft, welche die unteren Gewölbe etheile umzustürzen sucht, in Bezug auf das Moment des Widerstandes ein Maximum sey, sucht er den, diesem Maximum entsprechenden Werth des unteren Gewölb-Bogens, welcher aus der Gleichung für das Gleichgewicht hervorgeht.

Obwohl diese Gleichung sehr einfach ist, so bemerkt doch Hr. Gauthey, dass der Kalkul beinahe unausführbar werde, wegen der transcendenten Grössen, welche durch die Natur des Kreises in diesen Kalkul eingeführt werden; er substituirt eine indirecte Methode durch Proberechnungen, indem er die verschiedenen Hypothesen der, durch die Erfahrung angezeigten Lage des Brechungspuntes voraussezt, und empfiehlt, unter den Resultaten dasjenige vorzuziehen, welches die grösste Dicke giebt.

Hr. Gauthey giebt alsdann eine Tafel, welche die Resultate dieses Kalkuls enthält, indem er sie auf die gebräuchlichsten Gewölbe anwendet. Er sezt voraus, dass die Gewölbe 20 Meter (68,5′) Öffnung haben, dass ihre Dicke im Schlusse 1 Meter (3,42′) und dass der obere Theil des Gewölbes eben abgeglichen sey.

Bezeichnung der verschiedenen Gewölbarten.	Dicke der Widerlager.		Lage der Brechungs-Punkte.
	Meter.	Fuss.	
Halbkreis	0,46	1,54	30°
Korbbogen um 1/3 gerückt .	0,66	2,26	50°
Korbbogen um 1/4 gedrückt .	0,82	2,80	60°

Die Resultate der, durch diese erste Tafel gegebenen Dicken für die Widerlagern sind offenbar zu schwach und geringer als die Abmessungen, welche die Praxis angiebt; der Verfasser gesteht dis selbst zu und fügt bei, dass sie einen von den scheinbaren

Digitized by Google

Widersprüchen zwischen Theorie und Praxis darstellen, deren die Künste viele Beispiele aufweisen.

Um diese Resultate den Forderungen der Solidität entsprechend zu machen, sagt Hr. Gauthey, müsse man die gefundenen Dicken um eine gewisse Grösse vermehren; allein zu gleicher Zeit bemerkt er, dass es nicht leicht sey, den Werth dieser Vermehrung zu bestimmen, welcher von der Beschaffenheit der Materialien, von der Konstruktionsart, die man anwendet, und von dem mehr oder minder grossen Widerstande des Bodens abhängt, auf welchem man die Fundation herstellt.

In einer zweiten Hypothese sezt Hr. Gauthey voraus, dass die Widerlagen, statt sich um ihre äusere Kante zu drehen, indem sie der Wurkung der obern Theile des Gewölbes weichen, eine horizontale Ablösung oder Trennung erleiden, und dass die obere Masse über der unteren hingleite. Es ist einleuchtend, dass bei dieser Wirkung die Adhäsion des Mörtels und die Reibung den Widerstand vermehren und dass sie nothwendiger Weise in der Gleichung berücksichtigt werden müssen.

Indem er das Gleichgewicht der Gewölbe aus diesem neuen Gesichtspunkte betrachtet, findet der Verfasser neue, etwas stärkere Dicken, als die, welche die erste Hypothese gab; die Resultate des Kalkuls, sowohl für die Dicken, als für die Brechungspunkte, — die Abmessungen der Weite der Gewölbe und die übrigen Umstände wie im vorhergehenden Falle vorausgesezt, — sind in der nachstehenden Tafel angezeigt.

Hr. Gauthey bediente sich bei diesen Berechnungen der Erfahrungen des Hrn. Boistard über die Adhärenz des Mörtels und über die Art, die Wirkung der unter diesen Umständen Statt habenden Reibung auszumitteln.

Diese Erfahrungen sind in der angezeigten Abhandlung des Hrn. Boistard enthalten.

Bezeichnung der verschiedenen Gewölbarten.	Dicke der Widerlager.		Lage der Brechungs-Punkte.
	Meter.	Fuss.	
Halbkreis	1,32	4,51	15°
Korbbogen, um ⅓ gedrückt .	1,62	5,54	35°
Korbbogen, um ⅙ gedrückt .	2,24	7,66	45°

Digitized by Google

Hr. Gauthey bemerkt in Beziehung auf das Resultat der leztern Tafel. dass diese Abmessungen der Dicke noch weit unter denen sind, welche der Gebrauch gut geheissen zu haben scheint, und welche die Baumeister gewöhnlich anwenden.

Dis sind die Resultate der neuesten Untersuchungen über die Theorie des Gleichgewichtes der Gewölbe und über ihre Anwendung auf die Konstruktion der Brücken. In Beziehung auf Solidität gewähren sie wegen der geringen Dicke den Widerlagern keine genügende Sicherheit, welche Hypothese man auch über die Art des Umsturzes annehmen mag.

Bei den meisten von den Alten erbauten Brücken nimmt man wahr, dass die Dicke, welche sie den Widerlagern und Pfeilern gegeben haben, gewöhnlich die Hälfte oder der vierte Theil der Öffnung sey, diese Abmessungen sind offenbar zu stark. Die Neueren haben sie auf den fünften oder sechsten Theil zurück geführt, und bei den meisten Brücken mit Korbbögen, welche von den Ingenieuren des Brücken und Strassenbaues aufgeführt wurden, waren diese Abmessungen der Pfeilerdicken nach den Tafeln bestimmt worden, wonach dieselben, je nach der Höhe der Pfeiler und der Last, welche die Gewölbe auszuhalten hatten, von einander abwichen. Die Solidität und die Schönheit des Ganzen bei diesen lezteren Bauten sprechen zu Gunsten dieser Tafeln, und obgleich oben angeführt wurde, dass die ihnen zu Grunde liegende Formel nicht auf strengen Prinzipien beruhe, so trägt man doch kein Bedenken, sie mit dem Vertrauen zu empfehlen, welches sie zu verdienen scheinen., und welches der gute Erfolg an jenen Bauwerken, bei denen sie angewendet wurden, vollkommen rechtfertigt.

Die erste dieser beiden Tafeln begreift die halbkreisförmigen Gewölbe; die zweite bezieht sich auf die um ein Drittheil gedrückten und aus drei Bögen von 60° gebildeten Gewölbe.

Die erste Kolonne dieser Tafeln giebt den Durchmesser der Bögen an, die zweite zeigt die Höhe der Lager.

Unter der Höhe der Widerlager versteht man den Abstand vom untern Theile des Fundamentes bis zum Anfänger des Gewölbes.

Die dritte Kolonne enthält die Dicke der Gewölbe an ihrem Schlusse; sie wurde nach der, in diesem Werke oben angegebenen Formel bestimmt.

Die vierte Kolonne enthält die Dicke der Pfeiler und Widerlager für den Fall des Gleichgewichtes.

Digitized by Google

Man hat angenommen, dass die Gewölbschenkel bis zur Höhe der äusseren Stirnseite des Gewölbes mit Mauerwerk ausgefüllt seyen, und dass auf dem Gewölbe weder Erde noch ein Pflaster befindlich sey.

Auf die Vorsprünge, welche man gewöhnlich den Pfeilern und Widerlagern zu geben pflegt, wurde keine Rücksicht genommen, daher ist es nicht nöthig, die in den Tafeln gegebene Dicke noch um vieles zu vermehren, um über dem Gleichgewichte zu seyn. In der That, die Vorsprünge allein sind schon für kleine Gewölbebögen hinreichend, wenn man, wie es üblich ist, deren zwei, jeden zu zwei Zoll anlegt. In Bezug auf die Bögen von mittlerer Grösse, nemlich von 36 Fuss Öffnung, genügt es, der gefundenen Dicke noch 6 Zoll zuzusezen.

Was die grossen Bögen anbelangt, so darf die Vermehrung 12 bis 18 Zoll betragen.

Diese Grösen, den Vorsprüngen und den gefundenen Dicken hinzugesezt, erhöhen den Widerstand um mehr als das Gleichgewicht erfordert.

Die fünfte Kolonne zeigt die Dicke der Pfeiler und Widerlager, wenn man 15 Zoll Pflaster über den Schluss des Gewölbes und zugleich eine Querneigung dieses Pflasters von 18 Linien auf die Klafter voraussezt. Diese Kolonne wurde blos für Bögen von 2 bis 26 Klafter Durchmesser und von 4 zu 4 Klafter, was zureichend ist, berechnet, da man sehr leicht wird bestimmen können, wie viel den Dicken der ersten Kolonne zugesezt werden müsse, um jene für die Bögen, welche mit Pflaster belastet sind, zu haben, wenn man sie mit denen vergleicht, für welche die Berechnung gemacht worden ist.

Die zweite Tafel für die gedrückten Gewölbe ist völlig der für die halbkreisförmigen Gewölbe ähnlich, ausgenommen, dass sie zwei Kolonnen mehr enthält, die eine für den kleinen und die andere für den grossen Halbmesser.

Anmerkung. Man hat die alten Tafeln deshalb nicht in neues Maas umgewandelt, weil man, da die Abmessungen der Öffnungen in runden Zahlen angegeben sind, alle Berechnungen auf's neue hätte anstellen müssen, um den neuen Tafeln diese Eigenschaft zu geben.

Digitized by Google

I. Tafel;

für halbkreisförmige Bögen.

Durchmesser der Bögen.		Höhe der Widerlager.		Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15" Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter, belastet ist.		
Klftr.	Fss.	Fuss.	Zoll.	Fss.	Zoll	Lin.	Fuss.	Zoll.	Linien.	Fuss.	Zoll.	Linien.
0	3	3	0	1	1	3	1	5	5			
		4	6				1	7	6			
		6	»				1	8	9			
1	»	3	»	1	2	6	1	10	6			
		4	6				2	1	4			
		6	»				2	3	4			
1	3	3	»	1	3	9	2	1	2			
		6	»				2	7	»			
		9	»				2	11	2			
2	»	0	»	1	5	»	1	4	7			
		3	»				2	4	9	2	8	3
		6	»				2	11	9	3	4	8
		9	»				3	4	5	2	10	6
		12	»				3	7	8			
		15	»				3	10	1			
		18	»				3	11	11			
		21	»				4	1	4			
		24	»				4	2	7			
3	»	6	»	1	7	6	3	7	10			
		9	»				4	1	9			
		12	»				4	6	1			
4	»	6	»	1	10	»	4	3	1			
		9	»				4	9	5			
		12	»				5	3	3			
5	»	6	»	2	0	6	4	10	1½			
		9	»				5	5	7			
		12	»				5	11	9			
6	»	6	»	2	3	0	5	4	10	5	9	11
		9	»				6	1	»	6	6	9
		12	»				6	7	8	7	2	1
7	»	0	»	2	5	6	4	0	8			
		6	»				5	11	5			
		9	»				6	8	»			
		12	»				8	3	3			

Digitized by Google

Fortsezung der I. Tafel;

für halbkreisförmige Bögen.

Durchmesser der Bögen.	Höhe der Widerlager.	Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.	Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.	Dicke der Pfeiler u. Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15" Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter, belastet ist.
Klftr. Fss.	Fuss. Zoll.	Fss. Zoll. Lin.	Fuss. Zoll. Linien.	Fuss. Zoll. Linien.
8 "	6 " 9 " 12 " 15 "	2 8 0	6 6 " 7 2 10 7 10 7 8 5 2	
9 "	6 " 9 " 12 " 15 "	2 10 6	7 0 4 7 9 7 8 5 8 9 0 9	
10 "	6 " 9 " 12 " 15 "	3 1 "	7 6 8 8 4 3 9 0 7 9 8 1	7 11 4 8 9 3 9 6 1 10 1 11
11 "	6 " 9 " 12 " 15 " 18 "	3 3 6	8 1 0 8 10 10 9 7 6 10 3 2 10 10 2	
12 "	6 " 9 " 12 " 15 " 18 "	3 6 "	8 7 4 9 5 4 10 2 2 10 10 2 11 5 6	
13 "	6 " 9 " 12 " 15 " 18 "	3 8 6	9 1 10 9 11 9 10 9 0 11 5 3 12 0 10	
14 "	9 " 12 " 15 " 18 " 21 "	3 11 "	10 5 11 11 3 7 12 0 11 12 7 1 13 3 1	10 10 4 11 7 11 12 4 8 13 0 8 13 8 1
15 "	9 " 12 " 15 " 18 " 21 "	4 1 6	11 2 4 11 11 6 12 8 1 13 4 0 13 11 4	

Digitized by Google

Fortsezung der I. Tafel;

für halbkreisförmige Bögen.

Durchmesser der Bögen.		Höhe der Widerlager.		Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15″ Pflaster-Dicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter, belastet ist.		
Klftr.	Fss.	Fuss.	Zoll.	Fss.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Linien.	Fuss.	Zoll.	Linien.
		9	»				11	7	0			
		12	»				12	4	8			
16	»	15	»	4	4	0	13	1	7			
		18	»				13	9	9			
		21	»				14	5	4			
		9	»				12	1	5			
		12	»				12	11	2			
17	»	15	»	4	6	6	13	7	3			
		18	»				14	4	7			
		21	»				15	0	5			
		9	»				12	7	8	12	10	11
		12	»				13	5	8	13	9	»
18	»	15	»	4	9	0	14	2	10	14	6	4
		18	»				14	11	4	15	3	1
		21	»				15	7	5	15	11	3
		9	»				13	2	»			
		12	»				14	»	1			
19	»	15	»	4	11	6	14	9	5			
		18	»				15	6	2			
		21	»				16	2	3			
		9	»				13	8	4			
		12	»				14	6	5			
20	»	15	»	5	2	0	15	4	0			
		18	»				16	0	10			
		21	»				16	9	2			
		9	»				14	2	8			
		12	»				15	0	10			
21	»	15	»	5	4	6	15	10	6			
		18	»				16	7	5			
		21	»				17	3	11			
		9	»				14	8	11	14	11	2
		12	»				15	7	3	15	9	7
22	»	15	»	5	7	0	16	4	11	16	7	5
		18	»				17	2	1	17	4	8
		21	»				17	10	8	18	1	5

Digitized by Google

Fortsezung der I. Tafel;

für halbkreisförmige Bögen.

Durchmesser der Bögen.		Höhe der Widerlager.		Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äuseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15'' Pflaster-Dicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter, belastet ist.		
Klftr.	Fus.	Fuss.	Zoll.	Fus.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Linien.	Fuss.	Zoll.	Linien.
		9	"				15	3	2			
		12	"				16	1	7			
23	"	15	"	5	9	6	16	11	4			
		18	"				17	3	8			
		21	"				18	5	5			
		9	"				15	9	6			
		12	"				16	7	9			
24	"	15	"	6	0	"	17	5	6			
		18	"				18	2	11			
		21	"				18	11	8			
		9	"				16	3	8			
		12	"				17	2	3			
25	"	15	"	6	2	6	18	0	3			
		18	"				18	9	8			
		21	"				19	6	8			
		9	"				16	10	1	16	11	3
		12	"				17	8	8	17	10	0
26	"	15	"	6	5	"	18	6	9	18	8	2
		18	"				19	4	4	19	5	9
		21	"				20	1	5	20	2	11
		9	"				17	4	2			
		12	"				18	2	11			
27	"	15	"	6	7	6	19	1	1			
		18	"				19	10	8			
		21	"				20	7	11			
		0	"				14	10	7			
		3	"				15	11	2			
		6	"				16	11	2			
		9	"				17	10	5			
28	"	12	"	6	10	"	18	9	3			
		15	"				19	7	4			
		18	"				20	5	2			
		21	"				21	2	5			
		24	"				21	11	4			

Digitized by Google

II. Tafel;

für die um ein Drittheil gedrückten Bögen.

Durchmesser der Bögen.		Höhe der Widerlager.		Kleiner Halbmesser.			Grosser Halbmesser.			Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler und Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15″ Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter belastet ist.		
K.	F.	F.	Z.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	Fuss.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Lin.
0	3	3	0	0	9	$9\frac{2}{3}$	2	2	$2\frac{1}{3}$	1	1	9	1	6	6			
		4	6										1	8	4			
		6	„										1	9	5			
1	„	3	„	1	7	$7\frac{1}{3}$	4	4	$4\frac{2}{3}$	1	3	0	2	3	5			
		4	6										2	6	9			
		6	„										2	9	1			
1	3	3	„	2	4	11	6	7	1	1	5	6	2	8	2			
		6	„										3	3	4			
		9	„										3	7	3			
2	„	0	„	3	3	$2\frac{1}{2}$	8	8	$9\frac{1}{2}$	1	7	4	1	8	10			
		3	„										3	2	4	3	9	2
		6	„										3	11	3	4	8	8
		9	„										4	4	7	5	3	11
		12	„										4	8	1			
		15	„										4	10	9			
		18	„										5	0	7			
		21	„										5	2	1			
		24	„										5	3	3			
3	„	6	„	4	10	10	13	1	2	1	10	10	4	10	3			
		9	„										5	5	5			
		12	„										5	10	6			
3	3	6	„	5	8	7	15	3	4	2	0	8	5	5	4			
4	„	6	„	6	6	5	17	5	7	2	2	7	5	8	5			
		9	„										6	5	0			
		12	„										6	11	5			
5	„	6	„	8	2	$0\frac{1}{2}$	21	9	$11\frac{1}{2}$	2	6	0	6	5	9			
		9	„										7	3	7			
		12	„										7	11	2			
6	„	6	„	9	9	8	25	2	4	2	10	1	7	3	1	8	0	0
		9	„										8	2	0	9	0	3
		12	„										8	10	8	9	9	11
7	„	6	„	11	5	3	30	6	9	3	2	0	8	0	0			
		9	„										8	11	8			
		12	„										9	8	11			

Digitized by Google

Fortsezung der II. Tafel;

für die um ein Drittheil gedrückten Bögen.

Durchmesser der Bögen.	Höhe der Widerlager.	Kleiner Halbmesser.			Grosser Halbmesser			Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der Ausseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler und Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15″ Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter belastet ist.		
K. F.	F. Z.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	Fuss.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Lin.
8 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „	13	0	10	34	11	2	3	5	2	8 9 10 10	8 8 6 3	2 6 8 2			
9 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „	14	8	6	39	3	6	3	8	8	9 10 11 12	4 5 4 1	7 5 3 5			
10 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „	16	4	1	43	7	11	4	0	6	10 11 12 12	1 2 1 11	0 5 10 8	10 11 12 12	9 11 11 10	0 5 8 2
11 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „ 18 „	17	11	8¼	48	0	3¼	4	4	0	10 11 12 13 14	9 11 10 9 6	2 0 11 3 3			
12 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „ 18 „	19	7	3½	52	4	8½	4	7	6	11 12 13 14 15	5 7 8 6 4	7 10 2 11 5			
13 „	6 „ 9 „ 12 „ 15 „ 18 „	21	2	11	56	9	1	4	11	6	12 13 14 15 16	1 4 5 4 2	8 4 0 4 3			
14 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	22	10	6	61	1	6	5	3	0	14 15 16 17 17	1 2 1 0 9	0 3 10 3 7	14 15 16 17 18	9 10 11 9 7	1 10 0 11 9
15 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	24	6	1⅓	65	5	10⅔	5	6	9	14 15 16 17 18	9 11 10 9 7	4 8 9 8 4			

Digitized by Google

Fortsezung der II. Tafel;

für die um ein Drittheil gedrückten Bögen.

Durchmesser der Bögen.	Höhe der Widerlager.	Kleiner Halbmesser.			Grosser Halbmesser.			Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angetüllt.			Dicke der Pfeiler und Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15″ Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter belastet ist.		
K. F.	F. Z.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	Fuss.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Lin.
16 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	26	1	8½	69	10	3⅓	5	10	0	15	5	2			
											16	7	0			
											17	7	3			
											18	6	5			
											19	4	6			
17 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	27	9	4	74	2	8	6	1	10	16	1	8			
											17	3	8			
											18	4	5			
											19	3	10			
											20	2	4			
18 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	29	4	11¼	78	7	0¾	6	5	5	16	9	10	17	4	11
											18	0	2	18	7	8
											19	1	1	19	9	1
											20	0	11	20	9	4
											20	11	8	21	8	5
19 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	31	0	7	82	11	5	6	9	2	17	6	2			
											18	8	8			
											19	10	0			
											20	10	2			
											21	9	1			
20 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	32	8	2	87	3	10	7	0	6	18	2	2			
											19	4	11			
											20	6	4			
											21	6	9			
											22	6	1			
21 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	34	3	9⅓	91	8	2⅔	7	4	4	18	10	5			
											20	1	5			
											21	3	1			
											22	3	9			
											23	3	5			
22 »	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	35	11	4½	96	0	7½	7	8	0	19	6	7	20	0	0
											20	9	10	21	4	6
											21	11	8	22	6	9
											23	0	6	23	7	11
											24	0	5	23	8	2

Digitized by Google

Fortsezung der II. Tafel;

für die um ein Drittheil gedrückten Bögen.

Durchmesser der Bögen.	Höhe der Widerlager.	Kleiner Halbmesser.			Grosser Halbmesser.			Dicke der Gewölbe in ihrem Schlusse.			Dicke der Pfeiler u. Widerlager, die Gewölb-Schenkel bis zur Höhe der äusseren Bogenrundung des Schlusses angefüllt.			Dicke der Pfeiler und Widerlager, wenn das Gewölbe mit 15" Pflasterdicke, bei 18 Linien Neigung auf die Klafter belastet ist		
K. F.	F. Z.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	F.	Z.	L.	Fuss.	Zoll.	Lin.	Fuss.	Zoll.	Lin.
23 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	37	6	11½	100	5	0⅓	7	11	6	20	2	8			
											21	6	0			
											22	8	1			
											23	9	2			
											24	9	4			
24 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	39	2	7¼	104	9	4¾	8	3	4	20	10	11			
											22	2	4			
											23	4	9			
											24	6	0			
											25	6	4			
25 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	40	10	2⅓	109	1	9⅔	8	7	0	21	6	11			
											22	10	6			
											24	1	0			
											25	2	6			
											25	3	1			
26 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	42	5	9⅔	113	6	2⅓	8	10	6	22	3	0	22	8	7
											23	6	9	24	0	8
											24	9	5	25	5	7
											25	11	1	26	3	6
											26	11	1	27	6	6
27 „	9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „	44	1	5	117	10	7	9	2	4	22	11	3			
											24	3	1			
											25	5	11			
											26	7	10			
											27	8	9			
28 „	0 „ 3 „ 6 „ 9 „ 12 „ 15 „ 18 „ 21 „ 24 „	45	9	0¼	122	2	11¾	9	5	9	18	11	8			
											20	7	6			
											22	1	11			
											23	7	1			
											24	11	1			
											26	2	1			
											27	4	1			
											28	5	3			
											29	5	7			
29 „	12 „	47	4	8	126	7	4	9	9	0	25	6	10			
30 „	12 „	49	0	3	130	11	9	10	0	0	26	2	9			
35 „	12 „	57	2	4	152	9	8	11	6	0	29	7	3			
40 „	12 „	65	4	4	174	7	8	13	0	0	32	11	5			
45 „	12 „	73	6	5	196	5	7	14	0	0	35	11	4			
50 „	12 „	81	8	5	218	3	7	15	0	0	38	11	3			

Digitized by Google

Graphische Methode, um die Haupt-Aufgaben in Bezug auf Form und Abmessungen der Futtermauern ohne Rechnung zu lösen.

(Aus des Hrn. v. Prony Untersuchungen über den Druck der Erdarten etc., Paris, 1802).

Gebrauch dieser Methode.

XIII. Tafel. Man beschreibe ein rechtwinkliches Parallelogramm A B C D so, dass A D in 100 Theile getheilt sey; A B habe 55 dieser Theile und man mache A E = 30 und A F = 45 solcher Theile.

Man theile ferner die Linie A E, die ich die Linie der Mauerböschungen nenne, in 60 Theile; F B, die ich die Linie der spezifischen Schweren nenne, in 30 Theile und ziehe von jedem Theilungspunkte gerade Linien nach dem Punkte D.

Man numerire 1tens die Theilungen von A E von 1 bis 30, indem man zwei Theilungen für eine Nummer nimmt;*) 2tens die Theilungen von F B, indem man die Zahl 60 zu dem Punkte F und die Zahlen 61, 62 u. s. w. zu den folgenden Punkten bis zum Punkte B, der die Zahl 90 haben wird, sezt.

Die so hergestellte Figur dient nun, um die Profile der Mauern zu ziehen, wenn die Erdarten, welche die lezteren zu halten haben, entweder aufgequollen, oder ausserordentlich flüssig sind; und es ist bereits bemerkt worden, dass es gut sey, sich in den meisten Fällen der gewöhnlichen Praxis daran zu halten, um alles der Solidität zu opfern. Wenn man aber hinreichend versichert ist, dass keine Änderung des möglichen Zustandes der Erde ihre natürliche Boschung über eine gegebene Grenze hinaus verändern könne, so können auch die Dicken (der Mauern) nach einer Regel vermindert werden, welche sich durch nachstehende Zeichnung ausführen lässt.

---

*) Diese Eintheilungen beziehen sich auf eine Zeichnung im Grossen, die Hr. v. Prony stechen liess. In Fig. 3 der lezten Tafel, welche diesem Anhange beigefügt ist, sind die Eintheilungen von Nummer zu Nummer gemacht und von 5 zu 5 beziffert. (Anmerk. des Verfassers.)

Digitized by Google

Man mache F C = F B und trage auf F C die 30 Theile von F B über, beschreibe concentrische Kreise, die sich in den Linien D C und D A enden, deren gemeinsamer Mittelpunkt D sey und von denen die Enden der Radien in den Theilungspunkt F C fallen. Man theile C H in Grade (jeder Grad ist nach dem neuen metrischen System $\frac{1}{100}$ des Viertel-Kreises; ziehe im Winkel B D C durch die Theilungspunkte des Viertelkreises C H und durch den Mittelpunkt D gerade bis an die Linie C B verlängerten Linien. Man muss bemerken, dass alle Verlängerungen, die in das Viereck B H h N B fallen, nur zur Aufzeichnung dienen und daher blos mit Blei ausgezogen werden dürfen.

Man nummerire dann die Grade oder die hunderttheile des Viertelkreises auf dem inneren Bogen K T vom Punkte F ausgehend und schreibe an die Seite eines Grades die Zahl der hundert- und Tausend-Theile von D C, welche den Theil der Linie C B in sich begreifen, der zwischen dem Punkte C und der Verlängerung des Radius liegt, welcher durch den Theilungspunkt, auf dem dieser Grad bemerkt ist, geht.

Wenn man A D die Länge eines halben Meters giebt, was in Bezug auf Genauigkeit ein sehr gutes Verhältniss ist, so wird jedes Hunderttheil $2\frac{3}{4}$ Millimeter haben, und mit einem, durch Transversalen getheilten Maassstabe erhält man bequem Tausendtheile von C D. Auf diese Weise lassen sich die auf T K zu tragenden Zahlen sehr gut mit dem Zirkel bestimmen.*)

Endlich, um von dem Punkte N, dem äussersten der Linie D N, die mit D C einen halbrechten Winkel bildet, auszugehen, schreibe man auf die Eintheilungen von N C Zahlen, die dem Durchschnittspunkte dieser Linie und den Verlängerungen der Radien des Bogens C h entsprechen. Diese Zahlen sind diejenigen, welche an den Theilungen des Bogens C h immer je

---

*) Diese Bestimmung ist indess nur für Werkleute, die keine theoretische Kenntniss der Geometrie und des Kalkus haben; der Ingenieur sieht sogleich, dass die Zahlen, von denen es sich handelt, die Tangenten der auf dem Bogen T K bezeichneten Winkel sind. Die Logarithmen dieser Tangenten, für die neue Decimaleintheilung des Viertelkreises eingerichtet, findet man in den Tafeln von Callet und in jenen von Borda, und unmittelbar in natürlichen Zahlen in den zu Berlin von Hebert und Ideler herausgegebenen, vortreflichen Tafeln. (Anmerkung des Verfas.)

Digitized by Google

zwei zusammen genommen stehen d. h., wenn die lezteren (angenommen, dass K T in gleiche Theile getheilt sey) 0, 16, 31, 47, 63, 79, 95, 110, 126, 142, 158 u. s. w. sind, so werden die auf die Theilungen von N C, von N ausgehend, gesezten Zahlen 0, 31, 63, 95, 126, 158 u. s. w. seyn. Dis sind die Zahlen, die auf der grossen Zeichnung auf die Theilungen von N C gesezt sind; da aber auf der, diesem Anhange beigefügten Figur diese Theilungen nur von 5 zu 5 nummerirt und bezeichnet sind, so sind auch die ersten Ziffern von N abwärts 158, 325 u. s. w.

Da die ganze Aufzeichnung nur Verhältnisse angiebt, so ziehe man, um auf absolute Längen zu kommen, von jeder Seite der Figur sechs, mit A D parallele und gleiche Linien, so wird die eine dieser Linien ein Maasstab von 25 Meter, die fünf anderen werden Maasstäbe von 20, 15, 10, 5 und 2 Meter seyn. Man kann bei jedem Verfahren unter denjenigen Maasstäben, welche Meter genug enthalten, um die Höhe der Mauer darauf zu tragen, denjenigen nehmen, welchen man will, aber den einmal angenommenen muss man während der ganzen Aufzeichnung beibehalten.

Ich bemerke, dass die Theilungen der Linien F B und T C die Verhältnisse der spezifischen Schweren des Erdreichs zu dem Mauerwerk von $^{60}/_{100}$ oder $^{3}/_{5}$ bis $^{90}/_{100}$ oder $^{9}/_{10}$ enthalten; Fälle, in welchen man über diese Grenzen hinaus gehen muss, sind sehr selten. Indess, wenn diese Fälle wirklich einträfen, oder wenn man die Formel auf hypothetische Fälle anwenden wollte, wäre es genug, die Eintheilungen von F B, entweder in der Richtung F A oder über B hinaus in Bezug auf F zu verlängern und an die neuen Theilungen die Nummern zu sezen, die ihnen in Beziehung auf die zwischen F und B vorhandenen zu kämen. Man würde dann nach den Nummern, die kleiner als 60 oder grösser als 90 wären, gerade in derselben Weise verfahren, wie nach denen von 60 bis 90; und die von 40 oder 50 bis 120 oder 130 anwendbaren Resultate würden für die Ausübung alle erforderliche Genauigkeit haben.

Es ist rathsam, die Figur oder graphische Formel, die ich eben beschrieben habe, auf einer starken, glatten Pappe aufzutragen, um sie dauerhafter zu machen. Man bedient sich derselben statt der analystischen Formeln zur Bestimmung der Abmessungen der Futtermauern auf folgende Weise. — Gesezt man habe eine Mauer von 13 Meter Höhe aufzuführen, welche

Digitized by Google

blos auf einer Seite auf 1 Meter Höhe $^{5}/_{100}$ eines Meters Anlauf habe und die ein Erdreich halten soll, von welchem ein Kubikmeter $^{77}/_{100}$ eines Kubikmeters Mauerwerk wiegt, und welches frisch aufgeschüttet eine Böschung annimmt, deren Höhe $^{44}/_{100}$ der Grundlinie gleich ist.

Man nimmt nun auf einem Maasstabe von 15 Meter eine Länge D h, die 13 Meter vorstellt und zieht mit einem Bleistifte ganz leicht eine Linie h k parallel mit C D;*) der Theil e″ f′ zwischen der Linie D e, der der Böschung 8 auf der Theilung A E und zwischen D f, welche der Nummer 77 auf F B entspricht wird die Dicke der Mauer an der Krone seyn; zieht man sodann f′ G winkelrecht auf D C, so ist das Trapez D e″ f′ G das Querprofil der aufzuführenden Mauer.

Sollte die Mauer eine Böschung von achthunderttheilen an jeder Seite haben, so erhält man, wenn h k gezogen ist, zur Mauerdicke an der Krone die Linie e″ f′, von welcher der Punkt e″ sich auf der Linie D e′ befindet, die der Nummer 8 + ½ von 8, d. h. der Nummer 12 der Theilung der Linie A E entspricht. Durch diesen Punkt e‴ ziehe man e‴ d parallel mit der Linie e″ D, die sich in Nummer 8 der Theilung A E endigt; trägt man sodann h e″ von G nach d′, so ist das Trapez d e‴ f′ d′ der Querschnitt der aufzuführenden Mauer.

Im Allgemeinen wird das hintere Ende f′ der oberen Linie des Durchschnittes auf der Linie D f genommen, welche dem Verhältnisse der spezifischen Schweren entspricht; was das vordere Ende anbelangt, so wird dasselbe, wenn nur eine Böschung Statt hat, auf einer Linie D e genommen, welche der Seite dieser Böschung auf der Theilung A E entspricht; und sind zwei gleiche Böschungen vorhanden, so werden sie auf einer Linie D e′ genommen, welche ein und ein halbmal der Böschungszahl auf derselben Theilung von A E, in den Durchnitten dieser Linien mit der von h k entspricht.

Nehmen wir nun an, wan wolle einer Mauer zwei verschiedene Böschungen geben, die eine von zwölf Hunderttheilen aussen, die andere von sechs Hunderttheilen innen, so wird dann immer das hintere Ende der oberen Linie des Profils in f′ auf der Linie D f dem Verhältnisse von $^{77}/_{100}$ der spezifischen Schweren

*) Besser ist es, um die Figur nicht abzunüzen, die Linie auf einem, auf die Figur gelegten Pauspapier zu ziehen. (Anmerk. des Verf.)

Digitized by Google

entsprechen. Um sodann das vordere Ende der Linie zu finden, nehme man auf h k den Punkt e^{IV}, welcher der Zahl 12 + ½ von 6, d. h. der Zahl 15 der Theilung A E entspricht, so erhält man die Dick $e^{IV} f'$ auf der Krone; und mittels der gegebenen Böschungen, die man mit dem Zirkel von h bis zu den, diesen Böschungen entsprechenden Linien zwischen h und e^{IV} abnimmt, konstruirt man dann das Profil der Mauer. Das Einzige, was wohl zu merken ist, ist, dass das vordere Ende e^{IV} sich auf dem Durchschnitte der Linie h k mit jener der Böschungslinien befindet, deren Nummer gleich der Zahl der Hunderttheilen ist, welche die äussere Böschung ausdrückt, die Hälfte derjenigen noch hinzu gerechnet, welche die innere Böschung bezeichnet; der Punkt f' bestimmt sich auf die vorhergehende Weise.

Diese Konstruktionen sind, wie ich schon gesagt habe, auf mehrere Fälle der Praxis anwendbar, weil sie, die Mauer als nach allen Regeln der Kunst gegründet und aufgeführt vorausgesezt, Abmessungen geben, die mit Sicherheit angewendet werden können. Will man sodann die Reduktionen der Dicken kennen, welche aus den physischen Betrachtungen hervorgehen, von welchen ich im Vorhergehenden gesprochen habe, so halte man sich an nachfolgende Methode.

Durch diejenige der Theilungen von T C, welche dem Verhältnisse der spezifischen Gewichte entspricht, ziehe man eine parallele Linie mit C B, sodann eine andere durch D gehende und an die Theilung N C stossende Linie, auf welcher (N C) sich die Zahl der Tausendtheile der Basis der Böschung findet, welche ihre Höhe enthält; diese Zahl sey nun unmittelbar gegeben, oder aus dem Winkel abgeleitet, welcher durch die natürliche Böschung des Erdreichs mit dem Horizonte gebildet wird, (indem man den Werth dieses, in Graden gegebenen Winkels entweder auf dem Viertelkreise T K oder in der zweiten Tafel am Ende dieses Aufsazes sucht, wird man an der Seite dieses Werthes die Zahl finden, welche anzeigt, wie viele Tausendtheile der Basis die Höhe der Böschung enthält). Diese zwei Linien sind g Q und D X in dem so eben gegebenen Beispiele und treffen in Q zusammen; trägt man nun g Q von A nach q auf A B und zieht die Linie q D, so ist f'' ihr Durchschnitt mit h k, das hintere Ende der oberen Linie des Mauer-Profils; das vordere Ende dieser Linie bestimmt sich dann wie im Vorhergehenden.

Digitized by Google

Will man die gegebenen Dicken durch die Gleichung (21)*) und ihre Ableitungen erhalten, so ziehe man einen Halbmesser D R aus dem Mittelpunkte D auf den Theilungspunkt des Viertelkreises C H, welcher dem, durch die Böschungslinie und den Horizont gebildeten Winkel oder der Zahl entspricht, welche auf dem Viertelkreise T K anzeigt, wie viele Tausendtheile der Basis die Höhe der natürlichen Erdböschung enthält; von dem Durchschnitt x dieses Halbmessers mit jenem der concentrischen Kreise, welche auf T C bei der, das Verhältniss der spezifischen Gewichte vorstellenden Zahl trifft, fälle man eine Senkrechte x r auf D C; man trage die Entfernung von D bis zum Fusse dieser Senkrechten (das ist D r in obigem Beispiele) von A nach i auf A B; ziehe die Linie i D, so giebt ihr Durchschnitt f''' mit h k das hintere Ende der obersten Linie des Profils; das vordere Ende der Linie bestimmt sich immer wie im Vorhergehenden.

Ich habe dem Vorstehenden nur noch ein Wort darüber beizufügen, wie man diese graphische Formel auf den Fall anwendet, wenn die Oberfläche des Bodens ein, allenthalben gleichförmig auf derselben vertheiltes Gewicht zu tragen hat, wie dis bei Steinplatten, bei einem Fussweg, bei Pflaster u. s. w. der Fall seyn würde. Dieser Fall erschwert weder die vorhergegangenen Aufzeichnungen noch verändert er dieselben; es bedarf weiter nichts als der Aufmerksamkeit, dass man dem Verhältnisse von π zu Π jenes von $\pi + \frac{3\,G}{h}$ zu Π**) substituire. Um

*) Diese Gleichung, wie sie Hr. v. Prony in seinen Untersuchungen aufstellt, führt auf eine unvollständige und empirische Auflösung; indess lassen sich von dieser Formel doch nüzliche Anwendungen machen: sie führt, wenn es sich vom Drucke des Wassers oder von dem äusserst flüssiger Erden handelt, auf dieselben Resultate wie die obige Methode; aber in dem Masse, als die Böschungen der Erden mehr gegen den Horizont geneigt sind, giebt sie beträchtlichere Dicken; man findet, im Allgemeinen durch diese Gleichung oder durch die von ihr abgeleiteten mehr Dicke, als durch die Gleichungen, bei welchen man auf die Reibung, Kohäsion u. s. w. Bedacht nimmt, und eine geringere Dicke als durch diejenigen, wo diese Umstände unbeachtet bleiben, d. h. man findet mittlere Dicken, die man mit Sicherheit anwenden kann, wenn man ganz gewiss ist, dass in keinen Falle die natürliche Böschung, welche das Erdreich, wenn man es nicht unterstüzte, annehmen würde, diejenige welche man in den Kalkul aufgenommen hat, nicht übersteigen wird. (Anmerkung des Verfassers.)

**) π ist die spezifische Schwere des Erdreichs; Π jene des Mauerwerkes; G ist das Gewicht, welches die Einheit der Oberfläche trägt; h ist die Höhe der Mauer. (Anmerkung des Verfassers.)

Digitized by Google

dis durch ein Beispiel klar zu machen, welches denjenigen, die blos Praktiker sind, eine vollständige Erklärung ersezt, nehmen wir an, dass bei einer Mauer, deren Höhe 10 Mtr. betragen soll, der Kubikmeter Erde 1500 Kilogramm, das Mauerwerk 1875 Kilogr. wiege, und dass die Oberfläche des Erdreichs mit 312½ Kilogr. auf den Quadratmeter belastet sey; man würde nun, indem man auf obige Weise verfährt, die Zahl der in $^{1500}/_{1875}$ enthaltenen Hunderttheile, die 80 ist, gesucht, und die Theilung von Nummer 80 von F B oder G c angewendet haben; aber in dem Falle, in welchem jeder Quadratmeter Oberfläche des Erdreichs 312½ Kilogr. trägt, muss man das Dreifache dieses Gewichtes, oder 937,5 durch die Zahl 10, welche die Höhe der Mauer in Meter angiebt, theilen, den Quotienten 93,75 zu 1500 sezen und suchen, wie viele Hunderttheile in $^{159375}/_{1875}$ enthalten sind; man wird deren 85 finden und die Theilung 85 von F B oder T c anwenden, wie man im Vorhergehenden die Theilung 80 angewendet haben würde.

Ich sage nichts von dem Falle, wenn man eine Brustlehne auf der Mauer errichten wollte; das Beste, was man dann thun könnte, ist ohne Rücksicht auf die Brustlehne, nach den oben beschriebenen Verfahrungsweisen zu Werke zu gehen und sodann, um die für das Gewicht dieser Brustlehne nöthige Verminderung der Mauerstärke zu finden, die sehr einfache arithmetische Rechnung anzustellen, deren Formel im Artikel 32 der Untersuchungen angegeben ist. *)

*) Nachstehendes ist die Regel des Kalkuls, welcher man in diesem Falle folgen kann, um die Verminderung zu erhalten, die man der, durch die vorhergehende Methode gefundenen Dicke hinsichtlich der Brustlehne geben kann.

Man seze den ganzen Anlauf der äusseren, sichtbaren Mauerfläche zu der halben Dicke der Brustlehne, multiplizire die Summe mit dem Inhalt des Querschnittes dieser Brustlehne, theile dieses Produkt durch ein anderes, aus zwei Faktoren zusammengesezetes Produkt, von welchem der eine Faktor die Höhe der Mauer, der andere die Dicke der Mauer an ihrer Grundfläche, weniger der Hälfte des ganzen Anlaufs seiner inneren Mauerfläche ist; so ist dann der Quotient die gesuchte Verminderung der Dicke.

Hr. v. Prony versteht unter ganzem Anlauf einer vorderen Fläche der Mauer das Produkt der Höhe dieser Mauer von der Oberfläche des

Digitized by Google

Fundamentes bis zur Abgleichung über dem Mauerverband, in das Verhältniss zwischen der Grundlinie und der Höhe des Anlaufs, oder, was dasselbe ist, in die Grösse, welche den Anlauf für die Einheit der Höhe angiebt.

Beispiel dieser Rechnung.

Die Höhe der Mauer wird angenommen zu . . .	6,000	Meter
Anlauf der äusseren Mauerfläche	0,080	»
Innerer Anlauf gegen die Erde	0,065	»
Mauerdicke an der Basis	3,170	»
Höhe der Brustlehne	1,000	»
Dicke derselben	0,400	»

Aus diesen Daten ergiebt sich, dass der ganze Anlauf der inneren Mauerfläche 0,48 Meter ist; hiezu die halbe Dicke der Brustlehne addirt, giebt die Summe 0,60 Meter, welche, mit der Einheit des Querschnittes der Brustlehne oder mit 0,4 Meter multiplizirt, das Produkt 0,272 Meter giebt. Der Divisor dieses Produktes ist 17,85 Meter. Theilt man das erste Produkt durch dieses leztere, so erhält man als Quotient 0,0152 Meter, was, in Rücksicht auf die Brustlehne, anzeigt, dass man die durch die vorausgegangenen Regeln gefundene Stärke der Mauer sowohl der Basis als an der Krone um 15 Millimeter vermindern könne.

Hr v. Prony bemerkt mit Recht, dass eine so schwache Verminderung keine Beachtung verdiene, aber es ist gut, die Art ihrer Berechnung zu kennen; sie kann anders wo, unter gewissen Umständen beträchtlicher seyn. (Anmerk. des Verfassers.)

Digitized by Google

Tafel, welche den durch eine Böschungs-Linie mit dem Horizonte gebildeten Winkel angiebt, wenn man die Anzahl der Hunderttheile kennt, welche die Höhe der Böschung enthält, und wenn diese Höhe nicht das Doppelte der Basis übersteigt.

Anmerkung. Die Höhen der Böschungen sind die Zahlen, welche in der, mit Tangente bezeichneten Kolonne stehen. Die Grade sind Hunderttheile des Viertelkreises und die Minuten Hunderttheile eines Grades.

Tang.	Gr. M.	Tang.	Gr. M.	Tang.	Gr. M.	Tang.	Gr. M.	Tang.	Gr. M.
0	0.00	40	24.23	80	42.95	120	55.77	160	64.44
1	0.64	41	24.77	81	42.34	121	56.03	161	64.62
2	1.27	42	25.31	82	43.72	122	56.29	162	64.79
3	1.91	43	25.85	83	44.10	123	56.54	163	64.97
4	2.56	44	26.39	84	44.48	124	56.80	164	65.14
5	3.18	45	26.92	85	44.85	125	57.05	165	65.31
6	3.82	46	27.45	86	45.22	126	57.30	166	65.48
7	4.45	47	27.97	87	45.58	127	57.54	167	65.65
8	5.08	48	28.49	88	45.94	128	57.78	168	65.82
9	5.72	49	29.01	89	46.30	129	58.02	169	65.98
10	6.35	50	29.51	90	46.65	130	58.26	170	66.15
11	6.97	51	30.02	91	47.00	131	58.49	171	66,31
12	7.60	52	30.53	92	47.35	132	58.60	172	66.47
13	8.23	53	31.02	93	47.69	133	58.73	173	66,63
14	8.86	54	31.52	94	48.03	134	58.96	174	66.79
15	9.48	55	32.01	95	48.37	135	59 42	175	66.95
16	10.10	56	32.50	96	48.70	136	59.64	176	67.11
17	10.00	57	32.98	97	49.03	137	59.86	177	67.26
18	11.34	58	33.46	98	49.36	138	60.08	178	67.42
19	11.95	59	33.94	99	49.68	139	60.30	179	67.57
20	12.57	60	34.40	100	50.00	140	60.52	180	67.72
21	13.18	61	34.87	101	50.32	141	60.73	181	67.87
22	13.79	62	35.33	102	50.63	142	60.94	182	68 01
23	14.39	63	35.79	103	50.94	143	61.15	183	63.16
24	15.00	64	36.24	104	51.25	144	61.36	184	68.31
25	15.60	65	36.70	105	51.55	145	61.56	185	68.45
26	16.19	66	37.14	106	51.85	146	61.77	186	68.60
27	16.79	67	37.58	107	52.15	147	61.97	187	68.74
28	17.38	68	38.02	108	52.45	148	62.17	188	68.88
29	17.97	69	38.45	109	52.74	149	62.37	189	69.02
30	18.55	70	38.88	110	53.03	150	62.57	190	69.16
31	19.14	71	39.30	111	53.32	151	62.76	191	69.29
32	19.71	72	39.72	112	53.60	152	62.95	192	69.43
33	20.29	73	40.14	113	53.88	153	63.15	193	69.57
34	20.86	74	40.56	114	54.16	154	63.34	194	69.70
35	21.43	75	40.97	115	54.44	155	63.52	195	69.84
36	22.00	76	41.37	116	54.71	156	63.71	196	69.97
37	22.56	77	41.78	117	54.98	157	63.90	197	70.10
38	23.12	78	42.18	118	55.25	158	64.08	198	70.23
39	23.63	79	42.57	119	55.51	159	64.26	199	70.36
40	24.23	80	42.95	120	55.77	160	64.44	200	70.49

Digitized by Google

Tafel, welche die Zahl der Tausendtheile der Basis einer Böschung, welche die Höhe dieser Böschung enthält, für alle Winkel den diese mit dem Horizonte bilden kann, von Grad zu Grad, angiebt. [49])

Anmerkung. Die Grade sind die Hunderttheile des Viertelkreises und die Höhen der Böschungen stehen in der, Tangente benannten Kolonne; es sind die die Zahlen, welche an die Seite der entsprechenden Grade auf dem Bogen K T der graphischen Formel geschrieben werden müssen.

Gr.	Tang.	Gr.	Tang.	Gr.	Tang.	Gr.	Tang.	Gr.	Tang.
0	0	20	325	40	727	60	1376	80	3078
1	16	21	342	41	751	61	1423	81	3251
2	31	22	360	42	776	62	1471	82	3442
3	47	23	378	43	801	63	1522	83	3655
4	63	24	396	44	827	64	1576	84	3895
5	79	25	414	45	854	65	1632	85	4165
6	95	26	433	46	882	66	1691	86	4474
7	110	27	452	47	910	67	1753	87	4829
8	126	28	471	48	939	68	1819	88	5242
9	142	29	490	49	969	69	1889	89	5730
10	158	30	510	50	1000	70	1963	90	6314
11	175	31	529	51	1032	71	2041	91	7027
12	191	32	550	52	1065	72	2125	92	7916
13	207	33	570	53	1099	73	2215	93	9058
14	224	34	591	54	1134	74	2311	94	10579
15	240	35	613	55	1171	75	2414	95	12706
16	257	36	635	56	1209	76	2526	96	15895
17	274	37	657	57	1248	77	2646	97	21205
18	291	38	680	58	1289	78	2778	98	31821
19	308	39	703	59	1332	79	2921	99	63657
20	325	40	727	60	1376	80	3078	100	unendlich

49) Mit dieser Tafel schliesst der Verfasser sein Werk; die nun noch folgenden Tafeln wurden von den Herausgebern beigefügt.

Digitized by Google

I. Tafel

zur Bestimmung der wichtigsten, bei Strassen- und Brückenbau-Arbeiten gewöhnlich vorkommenden Preisen.

Als Maasseinheit wurde der bayerische Fuss zu Grunde gelegt; — für grössere Flächen- und Körper-Maasse die Quadratruthe zu 100 Quadratfuss und die Schachtruthe [1]) zu 100 Kubikfuss.

Die tägliche Dauer der Arbeit wird zu 10 Stunden und die Löhnungen der verschiedenen Arbeiter werden, als nach folgenden Verhältnisszahlen sich verhaltend, vorausgesezt:

Der Taglohn eines gemeinen Arbeiters oder Handlangers . . .	1,00
Der Taglohn eines geübten Erdarbeiters z. B. bei Planirungen u. s. w.	1,25
Der Taglohn eines Steinbrechers beim Brechen unzugerichteter Steine	1,50
Der Taglohn eines Steinbrechers für zugerichtete Mauersteine und für Quader	1,66
Der Taglohn eines Grundbau-Arbeiters auf Strassen . . .	1,66
Der Taglohn eines Mauerers, Pflasterers oder Zimmermannes . .	1,80
Der Taglohn eines Steinhauers	2,25
Der Taglohn eines Mauerer- oder Zimmer-Poliers	3,00
Der Taglohn eines Steinhauer-Poliers	4,00
Der Taglohn eines Schmiedes	3,00
Der Taglohn eines Anstreichers	3,00
Der Taglohn eines einspännigen Fuhrwerks nebst Führer [2]) . .	3,50

1) Die Schachtruthe ist ein Körper von ein Quadrat-Ruthe Grundfläche und ein Fuss Höhe. —

2) Der Preis des Taglohns für ein Pferd berechnet sich nach Navier auf folgende Weise:

Interessen des Ankaufpreises, Werthverminderung, möglichster Verlust, ein Viertel des ursprünglichen Werthes für 1 Jahr	250	Frcs.
Futter, Beschälg, Krankheiten, Geschirr	1000	„
Führer, auf 2 Pferde ein Mann gerechnet	450	„
	1700	„
Nuzen des Transport-Unternehmers	170	„
	1870	„

Diese Summe getheilt mit 312 Arbeits-Tagen gibt für einen Tag 6 Frcs. oder 2 fl. 48 kr.

Digitized by Google

Der Taglohn eines zweispännigen Fuhrwerkes nebst Führer:

a) wenn zu Hause gefüttert werden kann 7,00

b) wenn nicht zu Hause gefüttert werden kann . . . 9,00

Erd- und Grundbau-Arbeiten.

Die Schachtruthe Erde zu graben, zu laden oder einmal mit der Schaufel auf eine horizontale Entfernung von 10′ oder auf eine vertikale Höhe von 4′ zu werfen, erfordert:

1) für Gartenerde, geackerten Boden oder getrockneten Sand:
0,45 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters:

2) für dichten Lehm und festen Sand:
0,54 Tagschichten eines gem. Arbeiters;

3) für festen Lehm und Thon, wenn derselbe mit der Picke aufgehauen werden muss:
0,63 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

4) für, mit Wurzeln oder kleinen Steinen vermischte Erde:
0,72 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

5) für festen Kies oder Thonlage mit Kies oder Gestein gemengt, wenn diese noch mit der Hacke gefördert werden kann:
0,81 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

6) für Gestein, welches gesprengt oder gebrochen werden muss;
1,50 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

Das Ausheben dieser Erdarten in Wasser wird um die Hälfte höher bezahlt, wenn Wasserstiefel erforderlich sind, und um ½ höher, wenn diese wie im Sommer, entbehrt werden können. —

7) Die Schachtruthe Schlamm oder beweglichen Flussand mit Handbaggern auf eine mittlere Tiefe von 5′ auszubaggern, erfordert:
2,5 Tagschichten eines geübten Arbeiters;

8) die Schachtruthe Wasser bei einer Ausgusshöhe von 5′ mit Handeimern auszuschöpfen, erfordert:
0,05 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

9) Die Schachtruthe Wasser mit Schwungschäufeln auszuschöpfen erfordert:
0,01 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

10) die Schachtruthe Wasser mit einer, durch 7 Mann bewegten Archimedische Schnecke (Tonnenmühle) mit 2 Gängen auf eine Höhe von 10′,27 zu erheben, erfordert:
0,046 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

Digitized by Google

11) die Schachtruthe Wasser mit einem durch 8 Mann bewegten Schaufelwerk auf eine Höhe von 12′ zu erheben erfordert:
0,50 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters. [3])

12) die Schachtruthe Wasser mit einer durch 7 Mann bewegten Pumpe von 10″ Durchmesser 10′,75 hoch zu erheben erfordert:
0,72 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

13) Die Schachtruthe Erde jeder Art zweimal mit der Schaufel auf eine horizontale Weite von 10′ bis 20′ zu werfen erfordert:
0,3 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

14) die Schachtruthe Erde jeder Art auszugleichen und in 6″ bis 8″ hohen Schichten festzustampfen erfordert:
0,2 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

15) die Quadratruthe Erde jeder Art zu planiren erfordert:
0,21 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

16) die Schachtruthe Erde jeder Art ein- oder zweimal mit der Schaufel auf eine Höhe von 4′ bis 8′ zu werfen für jede Wurfhöhe erfordert:
0,41 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

17) die Quadratruthe Rasenbekleidung auf eine Dicke von 3″ bis 4″ zu stechen und als Deckrasen zu legen erfordert:
0,55 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters und
0,34 Tagschichten eines geübteren Erd-Arbeiters.
Auf eine Qurdratruthe Deckrasenbekleidung sind 66 Nadelpfähle erforderlich.
Für die Verwendung des Rasens als Kopfrasen wird der Ausaz von 0,34 verdoppelt.

18) die Quadratruthe 0′,75 oder 9″ hohes Grundpflaster (umgekehrtes Pflaster) zur Versteinung auf Strassen erfordert:
0,60 Tagschichten eines Grundbau-Arbeiters.

19) die Schachtruthe Steine auf die Grösse von 1½ bis 2″ klein zu schlagen erfordert:
a) für harte Steinarten als: Basalt, Granit, Sienit, u. s. w.
5,00 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;
b) für weiche Steinarten als: Kalk- und Sandstein u. s. w.
2,50 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

20) Die Schachtruthe Kies oder klein geschlagene Steine auf einer Strasse einzubetten erfordert:
0,37 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

---

3) Die Effekte der verschiedenen Wasserförderungs-Maschinen, für gleiche Höhen berechnet, sind in der Note 15, Seite 57 dieses Theiles angegeben.

Digitized by Google

21) die Quadratruthe einer Strasse abzuschlammen erfordert:
0,026 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

22) die Schachtruthe Kies erfordert zu fördern und durch Wurfgitter zu reinigen:
a) in Gruben
3,45 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;
b) auf Kiesbänken an Flüssen
2,32 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

23) die laufende Ruthe oder 10′ Rand- oder Leistensteine von 0,5′ Breite und 1,00′ erfordert, je nach der Härte der Steine:
a) zu richten:
0,38 bis 0,78 Tagschichten eines Mauerers;
b) zu versezen:
0,12 Tagschichten eines Grundbau-Arbeiters.

24) die Quadratruthe 0,75′ hohes Pflaster von nicht sehr harten Sand- oder Kalksteinen erfordert zu richten und zu versezen:
1,25 Tagschichten eines Pflasterers;
1,25 Tagschichten eines Handlangers.
Ebensoviel rechnet man, um altes Pflaster aufzubrechen und wieder neu zu sezen.
Werden die Pflastersteine sehr sorgfältig gerichtet oder sind sie sehr hart, so muss der Ansaz des Pflasterers um das Zwei- bis Dreifache erhöht werden.

25) Die Schachtruthe Faschinat erfordert:
12 Faschinen von 1′ Dicke und 15, Länge,
1,8 Schachtruthe Beschwerungs-Material,
24 Pfähle 3″ — 4″ dick und 4′ — 4½′ lang,
2 Wippen, ¾′ dick und 60′ lang,
1 Tagschichte eines gemeinen Arbeiters.
Das Hundert Faschinen erfordert zu hauen und zu binden:
3,75 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.
Eine Wippen-Faschine erfordert anzufertigen:
0,25 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.
Das Hundert Spickpfähle erfordert anzufertigen:
0,25 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.
Aus einer Klafter Holz können 1500 Stück Spickpfähle angefertigt werden.

26) die Schachtruthe Senkfaschinen erfordert:
⅞ Schachtruthen Bruchsteine,
8 Faschinen,
3½ Wippen,
1,50 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

Digitized by Google

Für Geschirr, Rüstung und Aufsicht wird bei den vorstehenden Preisen gewöhnlich $\frac{1}{20}$ des Gesammt-Preises gerechnet. [4])

Transport mit Schubkarren.

27) Die Schachtruthe Erde jeder Art auf 20′ bis 50′ mit Schubkarren von $1\frac{1}{5}$ C.′ Ladung zu verführen, erfordert:

0,345 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

Obgleich ein Arbeiter in einer Sekunde einen Weg von 2,75′ zurücklegt und zu einer Reise von 35′ hin und zurück . . . . 25,4 Sekunden braucht, für Zeit-Versäumniss beim Nehmen des beladenen Karrens, Abladen u. s. w. im Durchschnitt . . . . 117,0 „

zusammen also . . . . . 142,4 „

oder ungefähr $2\frac{2}{3}$ Minuten gerechnet werden, so darf man wegen der verschiedenen Hindernisse, statt 253 Karrengänge im Durchschnitt doch nur 240 Gänge oder 288 C.′ zur Stelle gefördertes Material annehmen.

28) Die Schachtruthe Erde jeder Art auf eine Weite von 50′ bis 100′ (auf welche ein Arbeiter 272 C.′ zur Stelle bringt) zu transportiren, erfordert:

0,366 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

29) Die Schachtruthe Erde jeder Art, auf die Entfernung von 100′ bis 300′, (auf welche ein Arbeiter 216 C.′ zur Stelle schafft) zu verführen, erfordert:

0,462 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

Bei Weiten von mehr als 200′ ist es vortheilhafter den Transport mit Pferdekarren geschehen zu lassen.

Transport mit einspännigen Pferdekarren.

30) Ein einspänniges Fuhrwerk ladet $12\frac{1}{2}$ C.′ Erde, Sand oder Bruchsteine, legt in 6 Minuten auf guten ebenen Wegen (voll hin und leer zurück) 1200′ zurück und braucht zum Auf- und Abladen 10 Minuten. Die Zeit der wirk-

4) Beispiel, wie vorstehende Preis-Ansätze in Geld angeschlagen werden:
Nach Nr. 2 erfordert die Schachtruthe dichten Lehms zu graben und zu laden:

0,54 Tagschichten eines gem. Arbeiters zu 30 kr.	16,20 kr
$\frac{1}{20}$ für Geschirr und Aufsicht	0,81 „
	17,01 „
$\frac{1}{10}$ Nuzen	1,70 „
Zusammen .	18,71 „

Das $\frac{1}{10}$ für Nuzen wird jedem Preise zugesezt, wenn die Arbeiten, wie hier angenommen worden, in Entreprise ausgeführt werden.

Digitized by Google

lichen Aktivität von 6 Uhr Abends wird, nach Abzug der Ruhezeit, zu 9 Stunden angenommen.

Hiernach ergiebt sich folgende Tafel:

Entfernung in Fussen.	Zeit-Bedarf zu einer Reise, Auf- und Abladen einbegriffen, in Minuten.	Anzahl der Reisen in einem Tage.	Menge der täglich geförderten Erde u. s. w. in Kubikfussen.	Die Schachtruthe erfordert in Tagschichten eines einspännigen Karrens.
200	12	45,00	562	0,175
300	13	41,53	519	0,190
400	14	38,57	482	0,205
500	15	36,00	450	0,220
600	16	33,75	422	0,235
700	17	31,76	396	0,250
800	18	30.00	375	0,265
900	19	28,42	355	0,280
1000	20	27,00	337	0,295
1100	21	25,71	321	0,310
1200	22	24,54	307	0,325
1300	23	23,47	293	0,340
1400	24	22,50	281	0,355
1500	25	21,60	270	0,370
1600	26	20.76	259	0,385
1700	27	20.00	250	0,400
1800	28	19,28	241	0,415
1900	29	18,62	233	0,430
2000	30	18,00	225	0,445
3000	40	13,50	169	0,600
4000	50	10,80	135	0,755
5000	60	9,00	112	0,910
6000	70	7,71	96	1,075
7000	80	6,75	84	1,230
8000	90	6,00	75	1,385
9000	100	5,40	67	1,540
10000	110	4,90	61	1,695
11000	120	4,50	56	1,850
12000	130	4,00	50	2,005

Für Geschirr, Rüstung und Nuzen werden diese Preis-Ansäze nicht besonders erhöht, da hierauf bei den ortsüblichen Preisen für Fuhrwerk schon Rücksicht genommen ist.

Transport mit zweispännigen Pferdekarren.

31) Das Ladungs-Vermögen eines zweispännigen Fuhrwerkes wird zu 25 C.' [5]) Erde oder Bruchsteine angenommen; in einer Zeitstunde legt derselbe 12703', oder eine bayerische Post- oder Strassenstunde zurück, und man

5) Bei gewöhnlichem Land- und Frohnfuhrwerk wird die Ladung eines zweispännigen Wagens statt zu 25 C' nur zu 18 C' gerechnet. —

Digitized by Google

braucht zum Auf- und Abladen desselben 20 Minuten. — Bei grösseren Entfernungen kömmt die Zeit für Auf- und Abladen weniger in Anschlag, oder man kann die wirkliche Aktivität zu 9 ⅓ bis 10 ⅓ Stunden täglich annehmen. Jedoch wird für Auf- und Abladen immer eine Vergütungvon $^{5}/_{100}$ des Taglohnes für ein zweispänniges Fuhrwerk in Ansaz gebracht.

Nach diesen Voraussezungen erfordert der Transport der Schachtruthe sammt Auf- und Abladen:

Entfernung	Tagsch. eines zweispänn. Fuhrw.	Entfernung.	Tagsch. eines zweispänn. Fuhrw.
Auf 1 Stunde	1,08	Auf 7 Stunden	5,58
„ 2 „	1,83	„ 8 „	6,38
„ 3 „	2,58	„ 9 „	7,08
„ 4 „	3,33	„ 10 „	7,83
„ 5 „	4,08	„ 11 „	7,58
„ 6 „	4,83	„ 12 „	9,33

32) Beim Transport von Hausteinen wird das Ladungs-Vermögen eines zweispännigen Fuhrwerkes zu 20 C.′, alles Übrige aber, mit Ausnahme des Auf- und Abladens, wie in Nro. 31 angenommen

Für Auf- und Abladen des Kubikfusses Haustein wird mit Einschluss von Geschirr und Rüstung gewöhnlich 0,008 der Tagschichte eines zweispännigen Fuhrwerkes gerechnet.

Hiernach erfordert der Kubikfuss Hausteine zu transportiren, mit Einschluss von Auf- und Abladen:

Entfernung.	Tagsch. eines zweispänn. Fuhrw.	Entfernung	Tagsch. eines zweispänn. Fuhrw.
Auf 1000 Fuss	0,009	Auf 1 Stunde	0,020
„ 2000 „	0,010	„ 2 „	0.030
„ 3000 „	0,011	„ 3 „	0,040
„ 4000 „	0,012	„ 4 „	0,051
„ 5000 „	0,013	„ 5 „	0,061
„ 6000 „	0,014	„ 6 „	0,072
„ 7000 „	0,015	„ 7 „	0,082
„ 8000 „	0,916	„ 8 „	0.093
„ 9000 „	0,017	„ 9 „	0,103
„ 10000 „	0,018	„ 10 „	0,114
„ 11000 „	0,019	„ 20 „	0,218
„ 12000 „	0,020	„ 30 „	0,322

Wenn die Fahrbahn ansteigt, so werden obige Preise noch erhöht:

für 2 Grad Steigung um $^{2}/_{5}$ ihres Werthes;
„ 3 „ „ „ „ $^{3}/_{5}$ „ „ „
„ 4 „ „ „ „ $^{4}/_{5}$ „ „ „
„ 5 „ „ „ „ $^{5}/_{5}$ „ „ „

Bei Transporten zu Wasser auf Kähnen von ungefähr 600 C.′ Ladung wird für Entfernungen von mehr als 2 Stunden auf Flüssen von 5′ bis 6′ Geschwindigkeit im Durchschnitt für die Bergfahrt ¼ und für die Thalfahrt ⅓

Digitized by Google

obiger Ansäze gerechnet. — Aus- und Einladen wird aber noch besonders und zwar wie in Nro. 31 vergütet. —

Ähnliche Transport-Tabellen lassen sich auch für andere Baumaterialien als Holz, Eisen u. s. w. aufstellen. Die Ansäze mindern oder mehren sich im Verhältnisse des absoluten Gewichtes dieser Materialien. —

Mauerer- und Steinhauer-Arbeiten.

33) Die Schachtruthe Trockenmauer von schichtenmässig zugerichteten und in Moos versezten Sandsteinen erfordert:

a) für Material:
1¼ Schachtruthen aufgesezte Bruchsteine sammt ⅕ Abfall,
2 Bund Moos; —

b) für Brechen:
2,15 Tagschichten eines Steinbrechers;

c) Zurichten und Verwenden:
3 Tagschichten eines Mauerers,
1,5 Tagschichten eines Handlangers.

34) Die Quadratruthe Stein-Bekleidung von schichtenmässig zugerichteten, in Moos versezten und im Mittel 1′ dicken Sandsteinen erfordert:

a) an Material:
1⅕ Schachtruthen aufgesezte Bruchsteine mit Einschluss von ⅕ Abfall;
2 Bund Moos;

b) für Brechen:
2,15 Tagschichten eines Steinbrechers;

c) für Zurichten und Verwenden:
2 Tagschichten eines Mauerers,
1 Tagschichten eines Handlangers. [6])

35) Die Schachtruthe gewöhnlicher Mörtel erfordert:

a) an Material:
42 C′ Kalkteich oder 3 Schäffel zu 8½ C′ gebrannten Kalkes in kleinen Stücken gemessen;

b) an Handarbeit:
für Wassertragen, Kalkablöschen und Mörtelmachen:
4 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

36) Die Schachtruthe Bruchstein aufzusezen erfordert:
0,4 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters.

---

6) Es darf kaum bemerkt werden, dass diese Angaben für die Mörtelbereitung nur als Durchschnitts-Zahlen gelten, und dass namentlich die Beischaffung des Wassers, welches hier als ganz in der Nähe sich befindend angenommen wurde, den Preis sehr alteriren kann.

Digitized by Google

37) Die Schachtruthe Bruchsteine zu Steinwürfen zu verwenden erfordert:

0,2 Tagschichten eines gemeinen Arbeiters;

38) die Schachtruthe Cementmörtel von Ziegelmehl erfordert:

a) an Material:

50 C′ Kalkteich,

75 C′ Ziegelmehl;

b) für Stampfen des Ziegelmehles und Anmachen:

33⅓ Tagsch. eines Handlangers. [1])

39) Die Schachtruthe schichtenmässiges Bruchstein-Mauerwerk zu Fundamenten, Wiederlagern u. s. w. mit gewöhnlichem Mörtel erfordert:

a) an Material:

1¼ Schachtruthen Bruchsteine,

¼ Schachtruthen gew. Mörtel;

b) für Brechen:

2,15 Steinbrecher;

c) für Zurichtung der Steine und Verwendung:

3 Maurer Tagsch.,

3 Handlanger Tagsch.

40) Die Schachtruthe schichtenmässiges Sandstein-Mauerwerk mit zugerichteten Stoss- und Lagerfugen und gespizten Häuptern erfordert:

a) an Material:

1¼ Schachtruthen aufgesezte Sandsteine,

¼ Schachtruthen gew. Mörtel,

1/30 Schachtruthen Cementmörtel zum Verstreichen der Fugen;

b) für Brechen:

3,0 Steinbrecher Tagsch.;

c) für Zurichten und Verwenden:

5 Steinhauer Tagsch.,

3 Maurer Tagsch.,

3 Handlanger Tagsch.

41) Die Schachtruthe altes Mauerwerk abzubrechen, erfordert:

1,25 Handlanger Tagsch. für Abbrechen und Reinigen der Steine von Kalk;

0,4 Handlanger Tagsch. für Aufsezen.

42) Die Schachtruthe schichtenmässiges Sandstein-Mauerwerk zu rein cylinderischen Gewölben erfordert:

a) an Material:

1¼ Schachtruthen aufgesezte Bruchsteine,

¼ Schachtruthen gew. Mörtel;

---

1) Nach Röder erfordert der Kubikfuss Ziegelmehl mit einem 6 bis 8 Pfund schweren Hammer zu zerstossen 2 Stund eines Handlangers, und mittels einer, durch ein Pferd nebst seinem Führer bewegten Maschine 0,60 Stund. (Man vgl. Röders Brückenbau, 2. Bd., S. 239).

Digitized by Google

b) für Brechen:
3,00 Steinbrecher Tagsch.;
c) für Zurichten und Verwenden:
3 Maurer Tagsch.,
3 Handlanger Tagsch.

43) Die Schachtruthe schichtenmässiges Sandstein-Mauerwerk mit gerichteten Stoss- und Lagerfugen und gespitzten Häuptern zu rein cylinderischen Gewölben erfordert:
a) Material und Brechen, wie in Nro. 40.;
b) für Zurichten und Verwenden:
7,5 Steinhauer Tagsch.,
3 Maurer Tagsch.,
3 Handlanger Tagsch.

44) die Schachtruthe Mauerwerk von Backsteinen mit gew. Mörtel erfordert:
a) an Material:
720 Backsteine [8])
¼ Schachtruthen gew. Mörtel;
b) Verwendung:
2 Maurer Tagsch.,
2 Handlanger Tagsch.

45) Die Schachtruthe Mauerwerk von Backsteinen in Speiss zu rein cylinderischen Gewölben erfordert:
a) Material: wie in No. 44;
b) Verwendung:
3 Maurer Tagsch.,
3 Handlanger Tagsch.

Steinhauer-Arbeiten.

Die Steinhauer-Arbeiten theilen sich ab, in Arbeiten von gewöhnlicher, von besonderer und von künstlicher Zurüstung.

Unter der ersten Benennung werden solche Arbeiten verstanden, die sich mit dem Richtscheid und dem Winkelmaasse zurüsten lassen und also blos rechtwinkliche Parallelepipeda sind.

Unter der zweiten Benennung werden alle jene Arbeiten verstanden, welche zu ihrer Zurüstung Lehren (Chablonen) erfordern, oder welche von ungewöhnlicher Grösse sind, oder welche einen ungewöhnlich starken Abfall geben.

8) die Backsteine sollen in Bayern vorschriftsmässig 14″ (1,166′) lang, 7″ (0,583′) breit und 2½″ (0,208′) dick seyn.

Digitized by Google

Unter der dritten Benennung versteht man alle jene Arbeiten, zu deren Formbestimmung Zeichnungen in natürlicher Grösse durchaus nothwendig sind.

Alle Haustein-Arbeiten werden gewöhnlich, mit Ausnahme der Bearbeitung ihrer sichtbar bleibenden Oberflächen, nach dem Kubikfusse, die mehr oder weniger sorgfältige Bearbeitung der sichtbaren Oberflächen aber nach dem Quadratfusse berechnet. Jedoch kann man bei kleinen Strassenbrücken und Durchlässen, wie die auf den Tafeln VII und VIII dargestellten sind, zur Vereinfachung der Rechnung den Preis für den Quadratfuss der zu bearbeitenden Oberfläche sogleich zu jenem für den Kubikfuss schlagen.

46) Der Kubikfuss Quader-Mauerwerk von weichem Sandstein und von gewöhnlicher Zurüstung erfordert:

a) für Brechen:
$\frac{1}{16}$ Steinbrecher Tagschichten;

b) für Rüstung der Lager- und Stossfugen:
$\frac{1}{20}$ Steinhauer Tagsch.;

c) für Verwendung:
$\frac{1}{30}$ Steinhauer Tagsch.,
$\frac{1}{10}$ Maurer Tagsch.,
$\frac{1}{30}$ Handlanger Tagsch.

47) Der Kubikfuss Quader-Mauerwerk von weichem Sandsteine und von besonderer Zurüstung erfordert:

a) für Brechen:
$\frac{1}{12}$ Tagschichten eines Steinbrechers;

b) für Rüstung der Lager und Stossfugen:
$\frac{1}{13}$ Tagsch. eines Steinhauers;

c) für Verwendung:
$\frac{1}{18}$ Tagsch. eines Steinhauers,
$\frac{1}{15}$ Maurer Tagsch., und
$\frac{1}{15}$ Handlanger Tagschichten.

48) Der Kubikfuss Quader-Mauerwerk von weichem Sandsteine und von künstlicher Zurüstung erfordert:

für Rüstung der Lager- und Stossfugen:
$\frac{1}{7}$ Tagschichten eines Steinhauers.

Brechen und Verwendung wird wie im vorigen Nro. gerechnet.

49) Der Quadratfuss Stirnfläche an weichen Sandsteinen rein zu bearbeiten erfordert:

a) wenn dieselbe fein gespizt oder gestockt wird:
$\frac{1}{20}$ Steinhauer Tagsch.;

b) wenn dieselbe gekröneelt wird:
$\frac{1}{15}$ Steinhauer Tagsch.;

c) wenn dieselbe glatt aufgeschlagen wird:
$\frac{1}{10}$ Steinhauer Tagsch.

Für harte Sandsteine werden die Ansäze für das Brechen der Steine

Digitized by Google

und für das Bearbeiten der Fugen und Stirnflächen verdoppelt; für harte Kalksteine, Marmor und für Granit aber werden diese Ansäze 3 bis 4mal so gross angenommen.

Der Abfall wird gerechnet beim Quader-Mauerwerk:

a) von gewöhnlicher Zurüstung zu . . . . $\frac{1}{8}$
b) von besonderer Zurüstung zu . . . . $\frac{1}{5}$
c) von künstlicher Zurüstung zu . . . . $\frac{1}{3}$.

Bei jeder dieser drei Gattungen von Mauerwerk rechnet man auf einen Kubikfuss $\frac{1}{8}$ Kubikfuss Mörtel zum Vermauern und $\frac{1}{40}$ Kubikfuss Cementmörtel zum Verstreichen der Fugen.

Für Geschirr, Rüstung und Aufsicht wird bei den Mauerer- und Steinhauer-Arbeiten gewöhnlich $\frac{1}{20}$ des Preises zugesezt.

Zimmermanns-Arbeiten.

50) Ein Kubikfuss Eichenholz zu Rostschwellen und Verschaalung erfordert:

a) zum Beschlagen:
$\frac{1}{40}$ Zimmermanns Tagsch.;
b) zum Zurüsten:
$\frac{1}{10}$ Zimmermanns Tagsch.;
c) zur Verwendung:
$\frac{1}{60}$ Zimmermanns-Tagsch.;
$\frac{1}{60}$ Handlanger Tagsch.

51) Der Kubikfuss Föhren- oder Fichtenholz zu Strassenträgern, verzahnten Balken u. s. w. erfordert:

a) zum Beschlagen:
$\frac{1}{50}$ Zimmermanns Tagsch.;
b) zum Zurüsten:
$\frac{1}{12}$ Zimmermanns Tagsch.;
c) zur Verwendung:
$\frac{1}{40}$ Zimmermanns Tagsch.,
$\frac{1}{40}$ Handlanger Tagsch.

Vorstehende Preis-Ansäze gelten auch für den laufenden Fuss Schwellen, wenn diese 1′ im □ stark sind; für etwas schwächere oder stärkere Hölzer mindert oder erhöhet man die Ansäze im Verhältnisse der Ab- oder Zunahme des Querschnittes.

52) Der Kubikfuss oder der laufende Fuss, im Querschnitt 1 □′ starker Rostpfähle erfordert:

Zu spizen und abzulängen:
$\frac{1}{15}$ Zimmermanns Tagsch.

53) Ein 10pfündiger Pfahlschuh erfordert einzulassen und anzunageln:
$\frac{1}{10}$ Zimmermanns Tagsch.

Digitized by Google

53) Der Kubikfuss oder der laufende Fuss Rostpfähle, deren Querschnitt 1 □′ oder deren Durchmesser 13½″ beträgt, mit der Zugramme einzurammen erfordert:

a) bei mittelmässig festem Boden:
- 1/30 Tagsch. eines Zimmermannes,
- 1/36 Tagsch. eines sog. Schwanzmeisters,
- 1/2 Tagsch. eines gem. Arbeiters;

b) bei sehr festem Boden:
- 1/27 Tagsch. eines Zimmermannes,
- 1/27 Tagsch. eines sog. Schwanzmeisters,
- 1/3 Tagsch. eines gem. Arbeiters.

Für den Gebrauch und die Unterhaltung der Ramm-Maschinen erhöht man vorstehende Ansätze gewöhnlich um 1/8. —

54) Der Quadratfuss 0,25′ oder 3″ starker Bohlen zu Rost-Belegen u. s. w. erfordert;

a) zu beschlagen:
- 1/200 Zimmermanns Tagsch.;

b) zu schneiden:
- 3/50 Zimmermanns Tagsch.;

c) zum Richten und Verwenden:
- 7/200 Zimmermanns Tagsch.

55*) 100 laufende Fuss Holz für einfache Brücken von 20′ bis 50′ Jochweite mit gehörig an beiden Enden verspannten Strassenträgern, zu beschlagen, abzubinden und aufzurichten, jedoch ohne Einrechnung der Joche und der Bedielung erfordert:
- 1 Tagsch. eines Vorarbeiters,
- 6 Tagsch. eines Zimmer-Gesellen und
- 4 Tagsch. eines Handlangers.

56*) 100 laufende Fuss für Brückenhäng- und Sprengwerke mit geradem Gebälke, ohne Einrechnung der Strassenträger, der Bedielung und der Joche, erfordert:
- 2 Tagsch. eines Vorarbeiters,
- 16 Tagsch. eines Zimmer-Gesellen und
- 4 Handlanger Tagsch.

57*) 100 laufende Fuss für Bogenhängwerke einfacher Art, die Verbindungs-Schwellen, die Strassenträger, die Bedielung und die Joche nicht mit eingerechnet, erfordert:
- 3 Tagschichten eines Vorarbeiters,
- 21 Tagsch. eines Zimmergesellen, und
- 6 Handlanger Tagsch.

58*) 100 laufende Fuss für Bogenhängwerke mit doppelten Balken und Bogenträgern, die gekuppelten Hölzer einfach gemessen, erfordert:

Digitized by Google

4 Tagsch. eines Vorarbeiters,
30 Tagsch. eines Zimmergesellen, und
12 Handlanger Tagsch.

59*) Das Biegen eines, schon nach einer Krümmung von 1′ Höhe gewachsenen, 50′ langen und auf 12″ ins Gevierte starken Balkens von Fichtenholz bis zu einer Höhe von 3′ erfordert:

¾ Tagsch. eines Vorarbeiters,
4¾ Tagsch. eines Zimmer-Gesellen.

60*) 100 Quadratfuss Bohlen oder Riegel zuzurichten, einzulegen und gehörig zu befestigen, erfordern:

¼ Tagsch. eines Vorarbeiters,
1¼ Tagsch. eines Zimmer-Gesellen und
1 Tagsch. eines Handlangers.

61*) 100 laufende Fuss Brücken-Geländer von bereits zugerichteten Hölzern abzubinden und aufzurichten, erfordern:

2 Tagsch. eines Vorarbeiters,
12 Tagsch. eines Zimmer-Gesellen und
1 Tagsch. eines Handlangers. [9])

Schmiede-Arbeiten.

Die Schmiede-Arbeiten lassen sich nach der grössern und geringern Sorgfalt, welche man auf ihre Verarbeitung verwendet, in 3 Klassen abtheilen.

1) Eisen-Arbeiten von starken Abmessungen, wie z. B. die Streben bei hölzernen Brücken, an denen die ganze Arbeit in einigen Zusammenschweissungen oder in dem Zurichten der Enden besteht;

2) Eisen-Arbeiten von beinahe derselben Art, jedoch von schwächeren Abmessungen; wie z. B. die Anker und Klammern beim Mauerwerke, wenn sie länger als 2′ sind; Stäbe und Stangen an Geländern; Pfahlschuhe und grobe Bolzen;

3) Kleinere Klammern und Bolzen, Bügel, Ringe, Bänder und andere Eisen-Arbeiten, welche auf einmal glühend gemacht werden und Löcher und Biegungen erhalten können.

62) Die Bearbeitung von einem Pfund Eisen erfordert;

a) von der 1ten Art	0,0055	Tagsch. eines Schmiedes mit seinem Gehülfen.
b) „ „ 2 „ „	0,0220	
c) „ „ 3 „ „	0,0385	

9) Die mit einem * bezeichneten Ansätze sind aus des Herrn Kreis-Baurathes C. v. Panzer: *Preis-Verzeichniss zur Herstellung verlässiger Kosten-Anschläge* (München, bei Jos. Lindauer) entlehnt. —

Digitized by Google

63) Der Abfall des Eisens kann gerechnet werden:

a) bei der 1ten Art zu	0,03	des anfänglichen Gewichtes.
b) „ „ 2 „ „ „	0,08	
c) „ „ 3 „ „ „	0,10	

64) Der Bedarf an Kohlen kann per Pfund Eisen gerechnet werden:

a) bei der 1ten Art zu	0,004	Kubikfuss.
b) „ „ 2 „ „ „	0,024	
c) „ „ 3 „ „ „	0,040.	

Das Schneiden der Schrauben und Muttern an Bolzen wird besonders gerechnet, und erfordert je nach ihrer Grösse, für Schraube und Mutter zusammen, 0,02 bis 0,05 Tagsch. eines Schmiedes.

65) Die Verwendung des Eisens mit Einschluss des Transportes bis zur Stelle, wo es angeschlagen wird, erfordert:

a) bei der 1ten Art	0,0022	Tagsch. eines Schmiedes mit seinen Gehülfen.
b) „ „ 2 „ „	0,011	
c) „ „ 3 „ „	0,022	

Eisen-Arbeiten, welche eine besondere Sorgfalt erfordern und wobei das Eisen eigenthümliche Formen erhält, indem es öfters geschmiedet und mit der Feile bearbeitet werden muss, wie z. B. Thürangeln, Charniere etc., erfordern per Pfund 0,055 bis 0,133 Tagsch. eines Schmiedes mit seinem Gehülfen. [10])

Anstreicher-Arbeiten.

Nur Holz- und Eisenwerk werden, um sie von den Einwirkungen der Atmosphäre mehr zu schützen, mit Oelfarbe und zwar ersteres gewöhnlich röthlich-braun und letzteres schwarz angestrichen, weil diese Farben am wohlfeilsten sind. Das Leinöl, welches man hiezu gebraucht, ist das wohlfeilste und zugleich das schicklichste Oel, weil es das fetteste ist. Die Beimischung von etwas Terpentinöl befördert das Trocknen der Farbe.

65) Ein Pfund Farbe mit Oel abzureiben erfordert:

a) für rothen (gebrannten) Ocker	0,47	Tagschichten eines Malerjungen.
b) für gelben (ungebrannten) Ocker	0,36	
c) für Kohlenschwärze	0,47	

---

10) Diese und die folgenden allgemeinen Angaben über Schmied- und Anstreicher-Arbeiten sind aus: Gauthey's *Traité de la construction des ponts*, (tom II, pag. 381) entnommen. — Für Arbeiten der ersten Art wird gewöhnlich 12 kr., für Arbeiten der zweiten Art 15 kr. und für Arbeiten der dritten Art 18 kr. per Pfund, mit Einschluss des Material-Werthes, der Bearbeitung und Verwendung bezahlt. —

Digitized by Google

66) Zum Abreiben erfordert ein Pfund Farbe an Oel:

a) für rothen Ocker	0,3	Pfund Oel.
b) für gelben Ocker	0,5	
c) für Kohlenschwärze	0,8	

67) Wenn die Farbe abgerieben wird, muss sie noch mit Oel verdünnt werden, hiezu ist erforderlich:

a) für rothen Ocker	0,62	Pfund Oel.
b) für gelben Ocker	0,73	
c) für Kohlenschwärze	1,17	

Wird Terpentinöl angewendet, so kann das zum Verdünnen nöthige Oel zur Hälfte aus diesem bestehen. Zur rothgelben Farbe nimmt man $^1/_3$ Roth und $^2/_3$ Gelb; und zur Olivenfarbe $^3/_4$ Kohlenschwarz und $^1/_4$ Gelb.

68) Zum Anstreichen einer Quadratruthe (100 □′) ist erforderlich:

a) mit rothem Ocker auf Holz . . .	1,87	Pfund verdünnter Farbe.
b) mit gelbem Ocker auf Holz . . .	1,87	
c) mit Kohlenschwarz auf Eisen . .	1,26	

Der Abfall an Material wird hiebei zu $^1/_{20}$ gerechnet.

69) Endlich ist zur Zubereitung und Verdünnung der Farbe und zum einmaligen Anstriche für eine Quadratruthe erforderlich:

a) ohne Gerüste	0,17	Anstreicher Tagsch. [11]
b) mit fliegenden Gerüsten	0,43	

70) Das Anstreichen neuer Hölzer mit Schiffstheer erfordert per Quadratruthe:

a) ohne Gerüst:
$^1/_{12}$ Anstreicher Tagsch.;

b) mit fliegenden Gerüsten:
$^5/_6$ Anstreicher Tagschichten.

Hierunter ist das Erwärmen des Theeres mit einbegriffen. Bei neuen Hölzern rechnet man auf die Quadratruthe Oberfläche 0.10 Kubikfuss Theer, und wenn die Hölzer schon betheert waren 0,066 C′. Im letztern Falle müssen die Hölzer abgekrazt werden, was $^1/_{12}$ Tagschichte eines Handlangers erfordert.

Bei den Schmiede- und Anstreicher-Arbeiten werden die Nebenkosten zu $^1/_7$ gerechnet.

---

11) In Regensburg kostet der Quadratfuss Holz mit perlgrauer Oelfarbe 2mal anzustreichen $1^1/_2$ kr. und dreimal anzustreichen 2 kr. Wird, wie bei Geländerstangen der zweite Anstrich, ehe er trocken ist, mit feinem Sande bestreut, so kostet der □′ $2^1/_2$ kr. —

Digitized by Google

Seiler-Arbeiten.

Die Preise starker, über ½″ dicker Seile werden gewöhnlich nach dem Gewichte und schwächere nach Klaftern zu 6′ bezahlt.

In Ermangelung von Angaben, welche den Material-Bedarf und die Zeit zur Anfertigung gesondert enthalten, geben wir folgende Preise für Seiler Arbeiten:

Der laufende Fuss gut gedrehtes Seil vom besten und schwersten Hanfe wiegt:

bei	¾″	Durchmesser	4½	Loth und kostet	4 kr.
„	1 ″	„	8	„ „ „	7 „
„	1¼″	„	12½	„ „ „	11 „
„	1½″	„	18	„ „ „	15¾ „
„	1¾″	„	24½	„ „ „	21½ „
„	2 ″	„	32	„ „ „	28 „

Ein Pfund starker Seile von gutem Hanf kostet . . . . 28 — 30 kr.

Digitized by Google

II. Tafel;

über das Tragvermögen eingerammter Pfähle.

(Nach Eytelwein.) *)

Last, welche der Pfahl tragen kann. (R — m	Gewicht des Rammklotzes (M)								
	6 Centner			8 Centner			10 Centner		
	Gewicht des Pfahls (m)			Gewicht des Pfahls (m)			Gewicht des Pfahls (m)		
	4 Centn.	8 Centn.	12 Centn.	4 Centn.	8 Centn.	12 Centn.	4 Centn.	8 Centn.	12 Centn.
Centner	Wie viel Zoll der Pfahl auf 20 Schläge eindringen muss, um die Last zu tragen. (20 e								
50	24,5	17,5	13,6	38,1	28,5	22,8	53,6	41,7	34,1
100	11,5	8,2	6,3	17,4	13,0	10,4	23,8	18,5	15,2
150	7,5	5,3	4,2	11,2	8,4	6,7	15,3	11,9	9,7
200	5,6	3,9	3,1	8,3	6,2	5,0	11,3	8,7	7,2
250	4,4	3,1	2,4	6,6	4,9	3,9	8,9	6,9	5,7
300	3,7	2,6	2,0	5,5	4,1	3,3	7,4	5,7	4,7
350	3,1	2,2	1,7	4,9	3,5	2,8	6,3	4,9	4,0
400	2,8	1,9	1,5	4,1	3,1	2,4	5,5	4,2	3,5
450	2,4	1,7	1,3	3,6	2,7	2,2	4,9	3,8	3,1
500	2,2	1,6	1,2	3,2	2,4	2,0	4,4	3,4	2,8

Last, welche der Pfahl tragen kann (R — m)	Gewicht des Rammklotzes (M)								
	12 Centner			15 Centner.			18 Centner		
	Gewicht des Pfahls (m)			Gewicht des Pfahls (m)			Gewicht des Pfahls (m)		
	6 Centn.	12 Centn.	18 Centn.	6 Centn.	12 Centn.	18 Centn.	6 Centn.	12 Centn.	18 Centn
Centner	Wie viel Zoll der Pfahl auf 20 Schläge eindringen muss, um die Last zu tragen (20 e								
100	27,2	20,4	16,3	37,8	29,4	24,1	49,4	39,5	32,9
150	17,4	13,0	10,4	23,8	18,5	15,1	30,7	24,6	20,4
200	12,8	9,6	7,6	17,4	13,5	11,1	22,2	17,9	14,8
250	10,1	7,5	6,1	13,7	10,6	8,7	17,4	13,9	11,6
300	8,3	6,3	5,0	11,3	8,7	7,2	14,4	11,5	9,6
350	7,1	5,3	4,2	9,6	7,4	6,1	12,2	9,7	8,1
400	6,2	4,7	3,7	8,3	6,5	5,3	10,6	8,5	7,1
450	5,5	4,1	3,3	7,4	5,9	4,7	9,3	7,5	6,2
500	4,9	3,7	2,9	6,6	5,1	4,2	8,4	6,7	5,6
550	4,4	3,3	2,7	6,0	4,6	3,8	7,6	6,1	5,1
600	4,1	3,1	2,4	5,5	4,2	3,5	6,9	5,6	4,6

*) Man vergl. die auf S. 37 befindliche theoretische Entwickelung, welche der Berechnung dieser Tafel zu Grunde liegt. —

Digitized by Google

III. Tafel;

zur Bestimmung der Profile bei Futtermauern, wenn die Hinterseite des Profils lothrecht steht.

(Nach Eytelwein.)

Höhe der Futter-Mauer.	Die Ausladung der Vorderböschung des Profils ist									
	senkrecht.	1/24 der Höhe		1/18 der Höhe		1/12 der Höhe		1/8 der Höhe	
	Ober- und Unterbreite	Ober-Breite	Unter-Breite	Ober-Breite	Unter-Breite	Ober-Breite	Unter-Breite	Ober-Breite	Unter-Breite
Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
wenn gegen die Futtermauer nichts, als die in gleicher Höhe mit derselben befindliche Füllerde drückt:									
6	1,77	1,52	1,77	1,44	1,78	1,29	1,79	1,07	1,82
8	2,36	2,03	2,36	1,93	2,37	1,72	2,39	1,43	2,43
10	2,95	2.54	2,95	2,42	2,96	2,15	2,98	1,78	3,03
12	3,53	3,05	3,55	2,89	3,56	2,58	3,58	2,14	3,64
15	4,42	3,81	4,43	3,61	4,45	3,23	4,48	2,68	4,55
20	5,89	5,08	5,91	4,82	5,93	4,30	5,97	3,37	6,07
25	7,36	6,35	7,39	6,02	7,41	5,38	7,46	4,46	7,58
30	8,34	7,62	8,87	7,23	8,89	6,46	8,95	5,35	9,10
40	11,75	10,16	11,82	9,64	11,86	8,61	11,94	7,14	12,14
50	14,73	12,17	14,78	12,04	14,82	10,76	14,92	8,92	15,17
60	17,67	15,24	17,74	14,45	17,78	12,91	17,91	10,70	18,20
wenn die Mauer den Erschütterungen von Wagen u. dgl. ausgesezt ist:									
6	2,16	1,92	2,17	1,84	2,17	1,68	2,18	1,46	2,21
8	2.89	2,56	2.89	2,45	2,90	2,24	2,91	1,94	2,94
10	3,60	3.20	3,61	3,06	3,62	2,81	3,64	2,43	3,68
15	5,41	4,80	5,42	5,60	5,43	4,21	5,46	3,64	5,52
20	7,22	6,40	7,23	6,13	7,24	5,61	7,28	4,86	7,36
25	9,02	8,00	9,04	7,66	9,05	7,01	9,10	6,08	9,20
30	10,82	9.60	10,84	9,20	10,86	8,42	10,92	7,29	11,04
40	14,43	12,80	14,46	12,26	14,48	11,22	14,55	9,72	14,72
50	18,04	15.99	18,07	15,33	18,10	14,03	18,19	12,14	18.39
60	25,65	19,19	21,69	18,40	21,73	16,84	21,85	14,57	22,07

Digitized by Google

IV. Tafel;

zur Bestimmung der Profile bei Futtermauern.

(Nach Eytelwein.)

Höhe der Futtermauer	Oberbreite der Futtermauer	Die Futtermauer ist versehen mit einer Fussbank. Unterbreite	Höhe der Fussbank	Breite der Fussbank	mit Strebepfeilern. Ober- und Unterbreite	Lichte Entfernung der Strebepfeiler	Länge	Dicke
Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss.	Fuss	Fuss
wenn nichts, als die in gleicher Höhe mit der Futtermauer befindliche Füllerde dagegen drückt:								
6	1,00	1,77	2,61	0,77	1,43	6	1,50	1,2
8	1,33	2,36	3,48	1,03	1,90	8	2,00	1,6
10	1,67	2,95	4,35	1,28	2,38	10	2,50	2,0
15	2,50	4,42	6,52	1,92	3,57	15	3,75	3,0
20	3,33	5,00	8,69	2,56	4,76	20	5,00	4,0
25	4,16	7,37	10,86	3,20	5,95	25	6,25	5,0
30	5,00	8,84	13,04	3,84	7,13	30	7,50	6,0
40	6,67	11,75	17,42	5,12	9,51	40	10,00	8,0
50	8,33	14,73	21,73	6,41	11,89	50	12,50	10,0
60	10,00	17,68	26,07	7,69	14,27	60	15,00	12,0
wenn die Mauer den Erschütterungen von Wagen u. dgl. ausgesezt ist:								
6	1,2	2,16	2,67	0,96	1,84	6	1,50	1,2
8	1,6	2,89	3,57	1,29	2,45	8	2,00	1,6
10	2,0	3,61	4,46	1,61	3,07	10	2,50	2,0
15	3,0	5,41	6,68	2,41	4,60	15	3,75	3,0
20	4,0	7,21	8,91	3,21	6,14	20	5,00	4,0
25	5,0	9,02	11,10	4,02	7,67	25	6,25	5,0
30	6,0	10,82	13,37	4,82	9,21	30	7,50	6,0
40	8,0	14,43	17,82	6,43	12,28	40	10,00	8,0
50	10,0	18,04	22,28	8,04	15,35	50	12,50	10,0
60	12,0	21,64	27,74	9,64	18,41	60	15,00	12,0

Digitized by Google

V. Tafel;

über die zu den Gefällen von 0,005′ bis 10,000′ gehörigen Geschwindigkeiten.

Gefälle (h)	Geschwindigkeit (C)	Gefälle (h)	Geschwindigkeit (C)	Gefälle (h)	Geschwindigkeit (C)	Gefälle (h)	Geschwindigkeit (C)
B. F.	B. F.	B. F	B. F.	B. F.	B. F.	B. F.	B. F.
0,005	0,579	0,400	5,182	0,800	7,329	1,200	8,976
0,010	0,819	0,410	5,247	0,810	7,375	1,210	9,013
0,020	1,158	0,420	5,310	0,820	7,420	1,220	9,051
0,030	1,419	0,430	5,373	0,830	7,465	1,230	9,088
0,040	1,638	0,440	5,435	0,840	7,510	1,240	9,125
0,050	1,832	0,450	5,497	0,850	7,555	1,250	9,161
0,060	2,007	0,460	5,557	0,860	7,599	1,260	9,198
0,070	2,168	0,470	5,617	0 870	7,643	1,270	9,234
0,080	2,317	0,480	5,677	0,880	7,687	1,280	9,271
0,090	2,458	0,490	5,736	0,890	7,730	1,290	9,307
0,100	2,591	0,500	5,794	0,900	7,774	1,300	9,343
0,110	2,717	0,510	5,852	0,910	7,817	1,310	9,379
0,120	2,838	0,520	5,922	0,920	7,859	1,320	9,414
0,130	2,954	0,530	5,965	0,930	7,902	1,330	9,450
0,140	3,066	0,540	6,021	0,940	7,944	1,340	9,485
0,150	3,177	0,550	6,071	0,950	7,987	1,350	9,521
0,160	3,277	0,560	6,132	0,960	8,028	1,360	9,556
0,170	3,378	0,570	6,186	0,970	8,070	1,370	9,591
0,180	3,476	0,580	6,240	0,980	8,112	1,380	9,626
0,190	3,571	0,590	6,294	0,990	8,153	1,390	9,661
0,200	3,664	0,600	6,347	1,000	8,194	1.400	9,695
0,210	3.753	0,610	6,400	1,010	8,235	1,410	9,730
0,220	3,843	0,620	6,452	1,020	8,276	1,420	9,764
0,230	3,929	0,630	6,504	1,030	8,316	1,430	9,799
0,240	4.014	0,640	6.554	1,040	8,356	1,440	9,833
0,250	4,097	0,650	6.606	1,050	8,396	1,450	9,867
0,260	4,178	0,660	6.657	1,060	8,436	1,460	9,901
0,270	4,258	0,670	6.707	1,070	8,476	1,470	9,935
0,280	4,336	0,680	6,757	1,080	8,516	1,480	9,969
0,290	4,412	0,690	6.806	1,090	8,555	1,490	10,003
0,300	4,448	0,700	6.855	1,100	8,594	1,500	10,036
0,310	4,562	0,710	6,904	1,110	8,633	2.000	11,586
0,320	4,635	0,720	6.953	1,120	8,672	3,000	14,192
0,330	4,707	0,730	7.001	1,130	8,710	4,000	16,388
0,340	4,778	0,740	7 049	1,140	8,749	5.000	18,321
0,350	4,847	0,750	7,096	1.150	8,787	6,000	20,070
0,360	4,916	0,760	7,127	1.160	8,825	7,000	21,679
0,370	4,984	0,770	7.190	1,170	8,863	8,000	23,176
0,380	5,051	0,780	7.237	1,180	8,901	9,000	24,582
0,390	5,117	0,790	7.283	1,190	8,939	10,000	25,911

*) Diese Tafel wurde nach der bekannten Formel $C = 2\sqrt{g\,h}$, in welcher g den beim freien Falle in einer Sekunde durchlaufenen Raum, h das Gefälle oder den Höhenunterschied und C die entsprechende Geschwindigkeit in einer Sekunde ausdrückt, berechnet; für bayer. Maass ist g = 16,80′. — Die Tafel dient vorzüglich, um die mit der verbesserten Pitot'schen Röhre oder mit dem Reichenbach'schen Strommesser gemessenen Geschwindigkeiten zu berechnen.

Digitized by Google

VI.

über einige der merkwürdigsten Brücken

Benennung und Ort der Brücken und Namen ihrer Erbauer.

I. Steinerne Brücken.

Brücke St. Angelo, von Messius Rusticus . . . . . .
Brücke Maligny, über den Serin, von Verbruge . . . . .
Brücke Vielle-Brioude, über den Allier, von Grenier und Estone. .
Marmor-Brücke, zu Florenz, von M. Angelo . . . . . .
Brücke über den Tafen, in England, von Edwards . . . . .
Fleischbrücke, zu Nürnberg, von Carle . . . . . .
Brücke von Pesmes, über den Ougnon, von Bertrand . . . .
Brücke St. Maixence, über den Oise, von Perronet . . . . .
Brücke Rosoy, über den Hyére, von demselben . . . . .
Brücke Brunoy, über den Hyére, von demselben . . . . .
Brücke von Nemours, über den Loing, von Boistard, nach Peronet .
Brücke von Jena, zu Paris, von Lamande . . . . . .
Brücke von Nogent, über die Seine, von Perronet . . . . .
Brücke von Neuilly, über die Seine, von demselben . . . .

II. Hölzerne Bogenbrücken von Wiebeking.

Brücke zu Öttringen . . . . . .
Brücke zu Freisingen, mit 3 Bogenrippen . . . . . .
Brücke zu Irsing, mit 3 Bogenrippen . . . . . .
Brücke zu Rott, mit 3 Bogenrippen . . . . . .
Brücke zu Altenmarkt, mit 4 Bogenrippen . . . . . .
Brücke zu Mühldorf, mit 3 Bogenrippen . . . . . .

III. Gusseiserne Brücken.

Brücke zu Coalbrookdale, v. I. Wilkinson u. A. Darnley, mit 5 Bogenrip.
Sunderland-Brücke, v. R. Burton, mit 6 Bogenrippen . . . .
Pont du Jardin des Plantes, zu Paris, von Lamandé, mit 7 Bogenrippen
Pont des Arts, zu Paris, von De-Cessart, mit 5 Bogenrippen .
Stains-Brücke, von Wilson, m. 6 Bogenrippen . . . . .

Digitized by Google

Tafel;

in Europa und über ihre Abmessungen.

Jahr der Vollendung der Brücke.	Anzahl der Bögen.	Weite der Bögen.	Pfeil oder Abstand des Bogens von seiner Sehne.	Der Pfeil verhält sich zu seiner Weite wie 1 zu	Breite der Widerlager.	Breite der Pfeiler.	Höhe der Bögen in ihrem Schlusse.	Breite des Brücken-Weges
		Fuss	Fuss.		Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
138	3	58,00	29,0	2,0	24,00	21,7	4,60	34,0
—	1	82,80	41,4	2,0	11,80	—	2,90	20,0
1454	1	172,68	65,0	2,6	44,5	—	4,10	15,0
—	1	134,50	29,0	4,6	10,3	—	5,20	34,0
1756	1	145,00	36,0	4,0	25,4	—	3,60	—
1599	1	94,00	12,4	7,6	41.0	—	3,89	50,0
1772	3	43,46	3,79	11,6	12,2	6,2	3,79	—
1784	3	74,52	6,20	12,0	18,6	9,3	4,65	39,0
1787	2	24,80	3,00	8,2	12,4	6,0	2.50	33,0
1789	3	18,61	2,00	9,3	10,3	3,6	2,00	28,5
1805	3	51,70	3,00	17,2	16,4	7,2	3,10	—
1813	5	89,60	10,60	8,4	31,0	9,6	4,80	43,0
1769	1	93,60	27,90	3,8	18,6	—	4,10	30,6
1774	5	124,20	31,00	4,0	34,4	15,5	5,18	45,0
1809	5	107	7,60	14,2	26,0	—	3,60	26,0
1808	2	159	12,00	13,2	22,0	—	3,80	26,0
1808	1	130	7,60	17,1	12,0	—	3,60	26.0
1809	1	200	18,18	11,0	16,6	—	3,6 — 4,8	26,0
1809	1	148	14,00	10,5	19,0	—	3,8 — 3,6	28,0
1813	3	125	12,00	10,4	14,0	—	3,60	28,0
1779	1	98	40,10	2,4	30,00	—	—	—
—	1	229	33,00	6,6	—	—	—	—
1806	5	103	10,30	10,0	—	9,5	—	38.4
1803	9	57	10,30	—	—	—	—	30,0
1802	1	174,7	15,54	11,0	27,0	—	—	—

Digitized by Google

VII. Tafel.

Übersicht der wesentlichen Theile mehrerer Kettenbrücken.

(Nach von Wiebeking's Arch. civ. Tom. VII. p. 166.)

Namen der Kettenbrücken.	Entfernung der Mitten der Pfeiler von einander (Pariser Fuss)	Der Pfeil der Traglette ist	Der Pfeil verhält sich zur Weite zwischen den 2 Pylonen wie 1 zu	Anzahl der Traglatten	Anzahl der einzelnen Ketten, welche eine Traglette bilden	Anzahl der Hängeschienen im Querschnitt der Brücke.	Entfernung der Hängeschienen von einander (Paris. F.	Z.)	Anz. der Traglatten übereinander	Der Traglatten mit Einschluss der Ringe: Länge (Pariser F.	Z.)	Höhe (Pariser Z.	L.)	Dicke (Pariser Z.	L.)	Breite der Ringe der Verbindungs-Glieder Z.	Der Spannketten: Dicke (Pariser Z.	L.)	Breite (Pariser Z.	L.)	Der Hängeeisen: Dicke (Pariser Z.	L.)	Breite (Pariser Z.	L.)	Breite des Brückenweges Meter	Anzahl der Hängeeisen	Eine Hängeschiene trägt Quadrat-Meter des Brückenbodens
Brücke von Panteleimon, zu St. Petersburg	125	13	9,61	10	2	5	4	11	—	4	6	1	11	1	—	2	2	—	2	—	1	—	1	—	11,80	135	3,170
Brücke über die Moika, zu St. Petersburg	108	6	18,00	4	2	2	5	10	—	5	9	1	3	1	3	3	1	6	1	6	1	6	—	7	3,20	36	3,210
Brücke über den Tweed, in England	410	24	17,11	12	6	2	4	7	3	13	10	1	10	1	10	11	1	10	1	10	11	—	1	2	6,50	146	4,900
Brücke auf der Insel Bourbon (von zwei Öffnungen)	123	6	20,50	6	2	3	4	6	2	7	—	1	3	—	—	2	1	3	1	3	1	6	1	6	6,00	75	2,880
Brücke bei Drybrugh (für Fussgänger)	260	1	12,39	4	2	2	8	9	—	9	—	1	3	—	—	9	1	—	1	—	—	6	—	6	3,00	40	1,500
Brücke über die Menenai-Meerenge	525	16	32,90	80	20	4	4	6	4	8	10	3	—	—	11	19	3	—	—	11	—	11	3	—	8,45	476	2,840
Hammersmith-Brücke, zu London (grosse Öffnung)	376	18	20,90	32	8	4	5	—	4	8	10	3	—	1	—	19	3	—	—	11	1	—	1	—	8,45	356	2,890
Brücke über die Lahn, bei Nassau	230,5	14,5	16,00	16	8	2	4	1	2	7	5	2	7	1	—	10	2	6	1	1	1	—	1	—	7,20	216	2,342

Digitized by Google