BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Chiolich-Löwensberg, Hermann von

Anleitung zum Wasserbau nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

Bd.: 2

Stuttgart 1865

4 A.hydr. 22 g-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10479868-2

# Anleitung

zum

# Wasserbau.

Nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

von


## Hermann von Chiolich-Löwensberg,

Hauptmann im k. k. Genie-Stabe, und Professor der Baukunst an der k. k. Genie-Akademie, Ritter des grossherzogl. Baden'schen Ordens vom Zähringer-Löwen.


---

**Zweite Abtheilung:**

Stau-Anlagen, Cisternen, Brunnen, artesische Brunnen, Wasserleitungen.

---


Stuttgart.

**Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.**

1865.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

# II. Abtheilung.

# Stau-Anlagen, Cisternen, Brunnen, artesische Brunnen, Wasserleitungen.

# I. Abschnitt.

# Stau-Anlagen.

---

### Allgemeines über Stauanlagen.

§. 1.

Dieselben kommen selten an grossen, dagegen sehr häufig an kleinen Strömen, Flüssen und Bächen vor, und bilden eine wichtige Klasse der Wasserbauwerke. — Sie dienen dazu, das Wasser auf eine gewisse Höhe aufzustauen, und dadurch den Wasserspiegel vor sich zu verschiedenen Zwecken zu erhöhen.

Durch diese Erhebung des Wasserspiegels vermindert sich das Gefälle weiter aufwärts, denn während dasselbe früher mehr oder weniger gleichmässig auf eine grössere Strecke des Flusses vertheilt war, concentrirt es sich bei Stauanlagen an derjenigen Stelle, wo diese Werke erbaut sind. Es bildet sich hier ein bedeutender Niveau-Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser, der zur *Anlage von industriellen Bauten*, als Mühlen und anderen Wasserwerken und Fabriken, Gelegenheit gibt, indem fast alle dergleichen Etablissements, wenn sie durch Wasserkraft ihre Bewegung erhalten, nur durch künstlich aufgestautes Wasser betrieben werden. Das gestaute Oberwasser kann auch über die niederen Ufer zur Seite geleitet, und zur *Bewässerung* derselben, also für die *Bodenkultur* benützt werden. Auch zur Schiffbarmachung eines Flusses sind die Stauanlagen insofern sehr wichtig, als sie vor sich eine grössere Wassertiefe erzeugen und die Geschwindigkeit vermindern.

Die Erhebung des Wasserspiegels, d. i. der Niveau-Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser ist dicht vor der Stauanlage am grössten, und diese nennt man die *Stauhöhe.* Weiter aufwärts nähert sich der gehobene Wasserspiegel immer mehr dem früheren, bis endlich beide zusammenfallen. Die horizontale Entfernung der Stauanlage von diesem Punkte nennt man die *Stauweite.* Unterhalb der Stauanlage veranlasst diese keine Veränderung des Wasserspiegels, da der Wasserstand immer derselbe bleibt; nur findet daselbst durch das mit grosser Geschwindigkeit herabstürzende Wasser, welches unten eines von einer viel geringeren Geschwindigkeit trifft, eine heftige innere Bewegung und Wirbelung statt, welche zu grossen Auskolkungen und Uferbrüchen Veranlassung gibt, und wenn nicht dagegen gehörig vorgebeugt wird, die Ursache der Zerstörung des Werkes sein kann.

Bei eintretendem Hochwasser steigt das Oberwasser viel weniger als das Unterwasser, und je grösser der Wasserstand wird, um so geringer ist der Niveau-Unterschied zwischen beiden, und wird bei einem gewissen hohen Wasserstande, welcher aber nie oder höchst selten nur unter ganz besonderen Verhältnissen eintreten kann, zuletzt ganz verschwinden, so dass man gar keine Unterbrechung der Wasserfläche bemerken wird. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass die Beschränkung des Profils durch die Stauanlage, relativ immer um so geringer wird, als das Wasser steigt, und die Wirkungen dieser Beschränkung sonach auch immer kleiner werden müssen. Die Stelle, wo das gestaute Hochwasser am höchsten steht, lässt sich immer leicht erkennen; sie ist der Anfang einer S-förmigen Krümmung, mit welcher es in das Unterwasser überströmt.

Stauanlagen, obwohl von der Nothwendigkeit sehr geboten, sind in hydrotechnischer Beziehung fast immer verwerfliche Anlagen, weil sie dem Abflusse der Hochwässer sehr hindernd entgegentreten, und in dieser Hinsicht für die oberhalb gelegenen

Ortschaften und Fluren durch Ueberschwemmungen und Ablagerungen von Sand, Kies und Schlamm verderblich werden können. Dazu kommt noch der Uebelstand, dass sie das Flussbett erhöhen; denn wenn das Bett keine geschlossenen Ufer hat, so ist die Wirkung der Stauung eine Verbreiterung des Wasserspiegels und eine Vergrösserung des Profils, folglich auch eine Verminderung der Geschwindigkeit, welche eine Ablagerung von Sand und Geschiebe vor der Stauanlage, und hiedurch eine weitere Beschränkung des Profils verursacht, die mit der Zeit zu noch grösseren Ueberschwemmungen Veranlassung geben können. Ist aber das Profil des Flusses in der Nähe der Stauanlage durch so hohe Ufer beschränkt, dass daselbst auch das Hochwasser nicht austreten kann, so entsteht hier eine sehr starke Strömung, wodurch die Ablagerung des Sandes, so wie auch die des feineren Geschiebes vermieden wird. Führt aber der Fluss gröberes Geschiebe mit sich, so bleibt dieses anfangs dennoch vor dem Werke liegen, weil es ungeachtet der grossen Geschwindigkeit nicht über dasselbe hinweggeführt werden kann, und bildet hier eine schiefe Ebene, welche bei Erreichung einer gewissen Grenze dennoch den Fortgang des Geschiebes gestattet.

Man begegnet der vorerwähnten nachtheiligen Erhöhung des Flussbettes, wenn bei eintretendem Hochwasser der Stau entweder gemässigt, oder wohl auch ganz aufgehoben wird, was dadurch geschieht, dass man in dem Werke Oeffnungen anbringt, die bis zur Sohle des Flussbettes herabreichen, und die so gross sind, dass sie entweder nur einen Theil oder auch die ganze Hochwassermenge durchlassen. Diese Oeffnungen müssen nach Willkür geöffnet und geschlossen werden können, damit zur Zeit des kleinen Wassers kein Abfluss durch dieselben stattfinde, weil sonst die Wirkung des Werkes aufgehoben werden würde. Solche Anlagen zum Ablassen des Hochwassers nennt man *Schleusen.*

*Die Stauanlagen werden* allgemein nach ihrer verschiedenen Höhe in *drei Klassen eingetheilt.*

*Zur ersten Klasse* zählt man jene, welche so hoch sind, dass ihre Krone über dem höchsten Wasserstande liegt und nie vom Wasser überströmt wird. Sie heissen *Staudämme.* Man schliesst durch sie den Eingang eines Thales, um das Wasser zur Speisung von Kanälen u. s. w. aufzustauen. Dieser Werke, deren Construction in der Regel nichts Eigenthümliches darbietet, und die gewöhnlich nur aus einfachen Erddämmen bestehen, welche gegen das Durchsickern des Wassers gesichert sind, wird bei Gelegenheit der Schifffahrts-Kanäle Erwähnung gethan werden. In fortificatorischer Beziehung kommen ähnliche Anlagen häufig vor, um einen bestimmten Wasserstand festzuhalten, oder um ein Wasserspiel zur Zerstörung eines versuchten feindlichen Grabenüberganges möglich zu machen, heissen dann Batardeaux (Bären) und bestehen aus Mauerwerk.

*Zur zweiten Klasse* der Stauanlagen gehören jene, welche eine Höhe haben, die zwischen dem höchsten Ober- und dem kleinsten Unterwasser liegt; bei kleinem Wasser tritt der Rücken derselben über den Wasserspiegel hervor, bei einem etwas höheren Wasserstande wird er hingegen überströmt. Diese nennt man *Wehre, Ueberfallswehre* auch *Schlachten* und sie werden, da sie die wichtigsten aller in die Kategorie der Stauanlagen gehörigen Werke sind, auch hier ausführlich besprochen werden.

*Zur dritten Klasse* endlich zählt man jene Werke, welche nur eine solch' geringe Höhe haben, dass sie fortwährend unter dem kleinsten Unterwasser liegen, also stets vom Wasser bedeckt bleiben. Man nennt sie *Grundwehre* oder auch *Stauschwellen.* Sie kommen selten vor, und dienen dazu, den Wasserstand über Untiefen zu heben, um dadurch der Schifffahrt eine Erleichterung zu verschaffen. Da aber ein Grundwehr meistens selbst eine Untiefe bildet, so werden in diesem Falle Schiffsdurchlässe nöthig, in welchen aber dann häufig eine Stromschnelle stattfindet. Werden sie zur Beförderung der Verlandung in alten Stromarmen ausgeführt, so sind sie nur tiefliegende Coupirungen. Sie werden gewöhnlich entweder aus Steinschüttungen oder aus Senkfaschinen, oder auch dadurch gebildet, dass man eine Pfahl- oder Spundwand errichtet, und diese durch eingeworfene Steine oder Senkfaschinen gegen Unterspülung sichert, wie solches die Fig. 130 a, b, c, und 131 b, Taf. I, zeigen.

Die hier zu besprechenden Wehre oder Ueberfallswehre lassen sich abtheilen:

1) In *feste Wehre,* d. h. solche, bei welchen der den Stau bewirkende Wehrkörper ununterbrochen von einem Ufer des Flusses bis an das andere reicht.

2) In *Freiarchen oder Schleusenwehre,* welche aus einer ununterbrochenen Reihe von Schleusen bestehen, so dass mit Ausnahme einzelner stehenbleibender Pfeiler oder Säulen, das ganze Durchflussprofil dem Hochwasser geöffnet werden kann.

3) In *Ueberfalls- und Schleusenwehre,* welche nichts anderes als eine Zusammensetzung der vorgenannten zwei Gattungen der Wehre sind.

4) Endlich in *bewegliche Wehre*, welche eine solche Einrichtung haben, dass sie zur Zeit der Hochwässer entweder um einen Theil oder um ihre ganze Höhe erniedert werden können.

§. 2.

Die *zweckmässige Höhe eines Wehrs* muss immer genau ermittelt werden; denn hat ein Wehr nicht die entsprechende Höhe, so kann bei einem gewissen kleinen Wasserstande der Stau nicht so hoch hervorgebracht werden, als es für den Zweck nothwendig wäre, und die Anlage würde alsdann nicht entsprechen. Hätte hingegen das Wehr eine zu grosse Höhe, so würde, ausserdem dass die Anlagekosten sich unnöthiger Weise vermehrten, ein zu hoher Stau erzeugt werden, welcher zu Ueberschwemmungen Veranlassung geben könnte.

Es ist demnach nothwendig zu wissen, wie gross die Stauhöhe bei einer gewissen Höhe des Wehrs, und umgekehrt, wie hoch ein Wehr sein muss, um eine gegebene Stauhöhe hervorzubringen; auch wie weit sich der Stau ausdehnt, d. i. welche Länge die Stauweite in einem gegebenen Falle beträgt.

Soll nun *die Stauhöhe eines Ueberfallwehres* (vollkommener Ueberfall) bei einem gewissen Wasserstande ermittelt werden, und es sei Taf. I, Fig. 131 a, CD = H die durch das Wehr erzeugte oder hervorzubringende Stauhöhe, ferner b die Länge des Wehrs in seiner Krone gemessen (bei hölzernen Wehren die Fachbaumlänge), dann AB = x, d. i. die Tiefe der Ueberfallsstelle B unter dem gestauten Oberwasserspiegel und endlich c die mittlere Geschwindigkeit im grössten Stauprofile vor dem Wehre, so erhält man zunächst nach Rühlmann die in einer Sekunde über das Wehr fliessende Wassermenge = q,

$$q = {}^2/_3\ m\,b\,\sqrt{2g}\left[\left(x + \frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right],$$

wobei m den Ausfluss-Coefficienten und g = 9.808 Meter, d. i. die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers bedeutet.

Um x aus obiger Formel zu finden, ist:

$$\left(x + \frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{3q}{2mb\sqrt{2g}} + \left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$x = \left[\frac{3q}{2mb\sqrt{2g}} + \left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^{\frac{2}{3}} - \frac{c^2}{2g}.$$

Daraus ergibt sich die Wehrhöhe, wenn t die Tiefe des ungestauten Flusses bedeutet, nach Figur 131 a,

$$h = H - x + t$$

$$h = t + H + \frac{c^2}{2g} - \left[\frac{3q}{2mb\sqrt{2g}} + \left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^{\frac{2}{3}}.$$

Kann man die Geschwindigkeit c des beim Wehr ankommenden Wassers vernachlässigen, so ist

$$h = t + H - \left(\frac{3q}{2mb\sqrt{2g}}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Darf man aber c nicht vernachlässigen, so kann es aus der Wassermenge M des Flusses ermittelt werden.

Ist nämlich die Flussbreite vor dem Wehr B, so ist

$$M = cB\,(t + H) \text{ also}$$

$$c = \frac{M}{B\,(t + H)}.$$

Die Bestimmung des Ausfluss-Coefficienten m wurde durch Versuche ermittelt, welche leider im Grossen noch nicht angestellt worden sind. Als Resultat dieser Versuche ergibt sich aber, dass der Coefficient nicht von der absoluten Breite der Oeffnung, sondern von dem Verhältniss derselben zur Breite des Oberwassers abhängig ist. Ist der Ausfluss frei ohne Flügelwände, so ist nach Hagen m = 0.64; Eytelwein nimmt für Ueberfälle mit Flügelwänden, wenn die mittlere Breite des Flusses der des Wehrs oder des Ueberfalls gleichkommt, m = 0.855 an. Bei Ueberfällen ohne Flügelwände räth derselbe Hydrauliker m = 0.632 zu setzen. Nach Weisbach's Versuchen soll sich für den ersten Fall m = 0.8 ergeben haben.

Sollte z. B. in einem Flusse, welcher 40 Meter mittlere Breite und 2 Meter mittlere Tiefe hat, und welcher in der Sekunde 210 Kubikmeter Wasser abführt, ein Ueberfallswehr von 45 Meter Kronenbreite gebaut und durch dasselbe eine Stauhöhe von 1.5 Meter erzielt werden; wird ferner angenommen, dass 50 Kubikmeter Wasser in der Sekunde zum Betriebe von Fabrikszwecken in einen Seitengraben abgeführt werden müssen, und man soll die Höhe der Wehrkrone über die Flusssohle berechnen, so wäre:

M = 210 Kubikmeter
t = 2 Meter
H = 1.5 Meter
B = 40 Meter

Sonach ist $c = \frac{210}{40\,(2 + 1.5)} = 1.5$ Meter,

daher wenn man Flügelwände voraussetzt und m = 0.855 nimmt, ferner beachtet, dass q = 210 — 50 = 160 ist, findet man:

$$h = 2 + 1.5 + \frac{(1.5)^2}{2 \times 9.808} - \left[\frac{3 \times 160}{2 \times 0.855 \times 45 \times \sqrt{2 \times 9.808}} + \left(\frac{(1.5)^2}{2 \times 9.808}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^{\frac{2}{3}}$$

und hieraus

$$h = 2.345 \text{ Meter.}$$

Ohne Rücksicht auf c würde man erhalten

$$h = 2 + 1.5 - \left(\frac{3 \times 160}{2 \times 0.855 \times 45 \times \sqrt{2 \times 9.808}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

und hieraus

$$h = 2.25 \text{ Meter.}$$

In diesem Falle ist daher die Wehrhöhe nur wenig kleiner als früher ohne Vernachlässigung der Geschwindigkeit c, welche in diesem Beispiele 1.5 Meter beträgt.

Wäre nun *die Stauhöhe für ein Grundwehr* zu berechnen, und bezeichnet Taf. I, Fig. 131 b, x die Tiefe der Wehrkrone B, unter dem ursprünglichen ungestauten Wasserspiegel, und H die Stauhöhe, so erhält man nach Rühlmann mit Vernachlässigung der Geschwindigkeit c des vor dem Wehre ankommenden Wassers, für die in einer Sekunde über das Wehr abfliessende Wassermenge = M

$$M = \tfrac{2}{3}\, m_1\, b\, H \sqrt{2gH} + m_2\, b\, x \sqrt{2gH},$$

weil sich der Abfluss des Wassers bei einem Grundwehre nach Dubuat's Versuchen so ansehen lässt, als wenn es von der Höhe A C wie im vorberechneten Falle strömte, und gleichzeitig durch eine unter Wasser gesetzte Mündung C B flösse, so dass das gesammte Wasserquantum M aus zwei Theilen bestehend angenommen werden kann.

Hiebei bezeichnen $m_1$ und $m_2$ Ausflusscoefficienten, welche nach Weisbach $m_1 = m_2 = 0.8$ und nach Redtenbacher $m_1 = 0.855$ und $m_2 = 0.62$ sind.

Aus obiger Gleichung ist:

$$x = \frac{M}{m_2\, b \sqrt{2gH}} - \tfrac{2}{3}\, \frac{m_1}{m_2}\, H.$$

Setzt man für $m_1$ und $m_2$ die Werthe nach Weisbach, so ist

$$\text{I.} \quad x = \frac{M}{0.8 \times b \sqrt{2gH}} - 0.66\, H.$$

Setzt man dagegen für diese Coefficienten die Werthe nach Redtenbacher in die Gleichung, so ist:

$$\text{II.} \quad x = \frac{M}{0.62 \times b \sqrt{2gH}} - 0.92\, H.$$

Die Höhe h der Wehrkrone über dem Flussbette berechnet sich sonach, wenn t wieder die natürliche Tiefe des ungestauten Flusses ist, und zwar:

$$h = t - x, \text{ d. i.}$$

$$h = t - \frac{M}{m_2\, b \sqrt{2gH}} + \tfrac{2}{3}\, \frac{m_1}{m_2}\, H.$$

Es sei z. B. die Höhe h eines Grundwehres über die Flusssohle unter der Voraussetzung zu berechnen, dass

t = 2.5 Meter (die natürliche Tiefe des ungestauten Flusses),

b = 20.0 Meter (die Länge des Wehrs),

H = 1.44 Meter (die Stauhöhe), und dass die in der Sekunde abfliessende Wassermenge M, 120 Kubikmeter beträgt.

Man findet aus I.:

$$x = \frac{120}{0.8 \times 20 \times \sqrt{2 \times 9.808 \times 1.44}} - 0.66 \times 1.44$$

dieses reducirt, ist

$$x = 0.478 \text{ Meter,}$$

folglich die Wehrhöhe

$$h = 2.5 - 0.478 = 2.022 \text{ Meter.}$$

Durch die Anwendung der Coefficienten von Redtenbacher aus der Gleichung II. findet man

$$x = \frac{120}{0.62 \times 20 \times \sqrt{2 \times 9.808 \times 1.44}} - 0.92 \times 1.44$$

dieses reducirt, ist

$$x = 0.494$$

und die Wehrhöhe

$$h = 2.5 - 0.494 = 2.016 \text{ Meter.}$$

Um die *Stauhöhe an Brückenpfeilern* zu berechnen, verfährt man auf folgende Weise: Wenn Taf. I., Fig. 131 c, x die mittlere Stauhöhe des Wassers vor den Pfeilern, und c die Geschwindigkeit des bei den Pfeilern ankommenden Wassers ist, so ist die Wassermenge M, die zwischen den Pfeilern durchfliesst, gleich der durch CD fliessenden Wassermasse, die einen vollkommenen Ueberfall von der Höhe x liefert, mehr der Wassermasse, welche durch A D frei abfliesst.

Die Wassermasse, die dem Ueberfall entspricht, ist bei dem Ausfluss-Coefficienten m:

$$= \tfrac{2}{3}\, m\, b \sqrt{2g} \left[\left(x + \frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right].$$

Die durch A D abfliessende Wassermenge hat eine hervorgebrachte Geschwindigkeit durch die Geschwindigkeitshöhe $\frac{c^2}{2g} + x$, daher ist die durch A D fliessende Wassermenge bei dem gleichen Ausfluss-Coefficienten m

$$= m\, b \sqrt{2g \left(x + \frac{c^2}{2g}\right)},$$

daher ist die Gesammtwassermasse

$$M=mb\sqrt{2g}\left[\frac{2}{3}\left(x+\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}-\frac{2}{3}\left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}+t\sqrt{x+\frac{c^2}{2g}}\right]$$

Nun ist:

$$\left(x+\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}-\left(\frac{c^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}=\left(x+\frac{c^2}{2g}\right)\sqrt{x+\frac{c^2}{2g}}-\frac{c^2}{2g}\sqrt{\frac{c^2}{2g}}$$

also annähernd gleich

$$= x\sqrt{x+\frac{c^2}{2g}}\text{, daher wird}$$

$$M = mb\sqrt{2g}\left(\frac{2x}{3}+t\right)\sqrt{x+\frac{c^2}{2g}}$$

Nennt man die Flussbreite B, so ist

$$M = cB(x+t)$$

daher

$$c = \frac{M}{B(x+t)}$$

Um nun das x berechnen zu können, genügt zuerst ein *annäherungsweise* bestimmtes $c = \frac{M}{Bt}$.

Und nun kann man aus der Formel

$$M = mb\sqrt{2g}\left(\frac{2x}{3}+t\right)\sqrt{x+\frac{c^2}{2g}}$$

welche aufgelöst auf eine Gleichung des dritten Grades führt, x am einfachsten durch Probiren bestimmen.

Für diesen Fall räth Navier, den Ausfluss-Coefficienten m, wenn sich die Pfeiler in Halbkreisen oder spitzen Winkeln endigen, mit $0.95$, oder wenn sie stumpfe Winkel zum Vorkopf haben, mit $0.90$ anzunehmen.

Die Geschwindigkeit, womit das Wasser aus den Pfeilern heraustritt, ist unter allen Umständen grösser, als die Eintrittsgeschwindigkeit, wodurch stromabwärts eine grössere Neigung des Wasserspiegels, so wie eine geringere Tiefe erzeugt wird. Diess erklärt, dass immer, wenn auch nur ein leichtes, aber doch ein Angreifen des Bettes und des Bauwerkes daselbst vor sich geht.

## §. 3.

Um die Stauweite oder die Entfernung vom Wehre zu bestimmen, bis auf welche sich der Wasserspiegel erhebt, und ein Rückstau sich ausdehnt, hat Dubuat eine Lösung versucht, welcher man gewöhnlich immer zu folgen pflegt, und obwohl in dieser Beziehung noch andere Lösungen bestehen, so soll doch nur die vorerwähnte hier mitgetheilt werden, weil sie die fast allein gebräuchliche ist.

Dubuat nimmt an, dass das Flussbett, in welchem der Stau erzeugt wird, ein gleichmässiges Gefälle und vertikale Seitenwände habe, so dass die Breite des Bettes selbst nach dem Staue unverändert dieselbe bleibe. Es muss demnach an jeder Stelle sich die Geschwindigkeit verkehrt zur Tiefe verhalten, und da die letztere stromabwärts zunimmt, so muss in entsprechender Weise das Gefälle geringer werden, oder das Längenprofil des Flusses muss eine Curve bilden, deren concave Seite nach oben gekehrt ist. Diese Krumme, welche unmöglich ein Kreis sein kann, ist nach Einigen eine Parabel, nach Andern eine Ellipse, nach Andern wieder eine andere Curve. Sie geht unstreitig im oberen Anfangspunkte des Staues in den unveränderten Wasserspiegel des Flusses über, so dass der letztere im Längenprofile mit der in diesem Punkte an die Curve gezogenen Tangente zusammenfällt. Eine zweite Tangente, und zwar an das untere Ende der Curve, stellt sich dar, wenn man an der Stelle, wo der Stau am grössten oder das Gefälle am kleinsten ist, also über oder unmittelbar vor dem Wehre das Gefälle sucht und in der Richtung desselben durch den Wasserspiegel eine gerade Linie zieht. Diese beiden Tangenten von ihrem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte gemessen, sind nicht gleich gross, wie es sein müsste, wenn die Curve ein Kreissegment wäre. Nach Angabe Dubuats verhält sich die obere Tangente zur unteren wie 9 : 10. Hierauf beruht demnach die Regel, dass man die Stauweite findet, wenn man im Punkte des höchsten Staues eine Tangente zum Wasserspiegel führt, dieselbe verlängert, bis sie den natürlichen Wasserspiegel des Flusses trifft, und die Länge derselben mit 1,9 multiplicirt. Es ist jedoch hier nöthig, das kleinste Gefälle, welches sich vor dem Wehre billdet, zu ermitteln, und eine unmittelbare Messung desselben kann nur vorgenommen werden, wenn der Stau bereits existirt. Gewöhnlich muss man aber die Wirkung des Wehres schon vor der Ausführung beurtheilen, und man muss demnach auf die bekannte Weise die Stauhöhe berechnen, und unter Zugrundelegung der Gesetze für die gleichförmige Bewegung des Wassers, aus dem bekannten Querschnitte vor dem Wehre und aus der gegebenen Wassermenge das Gefälle ableiten.

Ist $\beta$ das ursprüngliche Gefälle des Flusses, $\alpha$ dasjenige, welches dicht vor dem Wehre stattfindet, und x die Stauhöhe, so ergibt sich nach Dubuat die Stauweite

$$S = \frac{1.9\,x}{\beta-\alpha}.$$

Die Resultate dieser so berechneten Stauweite stimmen jedoch mit der Erfahrung wegen der Ein-

gangs erwähnten Annahme nicht immer überein, und man wird häufig finden, dass sich der Stau lange nicht so sehr aufwärts erstreckt, als man erwartete.

d'Aubuisson schlägt noch eine Vereinfachung der Formel vor, und sagt: Man kann $\alpha$ als sehr klein gegen $\beta$ ganz vernachlässigen, und um den hiedurch entstehenden Fehler zum Theil auszugleichen, soll man statt des Faktors 1.9 die volle Zahl 2. einführen. Man erhält alsdann:

$$S = \frac{2x}{\beta} \text{ und}$$

$\frac{x}{\beta}$ ist die sogenannte *hydrostatische Stauweite*, d. i. die Länge jener horizontalen Linie, welche durch die Stauhöhe vor dem Wehre so weit stromaufwärts gezogen wird, bis sie den ursprünglichen Wasserspiegel des Flusses trifft.

Insbesondere kommt der Rückstau in solchen Fällen in Betracht, wo es sich handelt, mehrere Wehre behufs der Schiffbarmachung eines Flusses zu errichten; denn hier muss die Entfernung dieser Wehre so bestimmt werden, dass überall eine gewisse Wassertiefe stattfindet.

### §. 4.

Bezüglich der *Richtung des Wehres* ist es, wenn man die Anlagskosten allein berücksichtigt, gewiss am zweckmässigsten, das Wehr in gerader Linie normal gegen die Richtung der Ufer zu legen, wobei auch keine den Ufern so gefährliche Strömung des überstürzenden Wassers, wie dies bei schief gestellten Wehren, die sich wie deklinante Buhnen an das Ufer anschliessen, der Fall ist, stattfinden kann, obwohl selbst bei normal gegen die Ufer gerichteten Wehren, bei nicht besonders versicherten Ufern, die Abbrüche derselben noch immer sehr bedeutend sind. Die Richtung des Wehrs muss so gewählt werden, dass ebenso wie bei Coupirungen, das überstürzende Wasser nicht die Ufer treffen kann. — Es ist daher auch am vortheilhaftesten, dem Wehre eine stromaufwärts gekehrte Form zu geben, wie solche Fig. 114 des ersten Theils für Coupirungen zeigt.

In Beziehung der Kosten wird es sogar angezeigt erscheinen, die engste Stelle des Flusses aufzusuchen; aber die Verengung eines an sich schon engen Profils, ist für die Abführung des Hochwassers immer sehr gefährlich, indem bei gleicher Höhe des Wehres, bei jeder Ueberströmung die abfliessende Wassermenge der Länge des Wehres proportional, und der Stau um so grösser sein wird, je kürzer das Wehr ist. Es muss demnach für Wehranlagen eine solche Stelle des Flusses gewählt werden, welche *die Normalbreite besitzt;* auch müssen die Ufer, wenn auch nicht ganz wasserfrei, doch eine entsprechende über das Wehr hinausragende Höhe haben, weil sonst das Wehr umströmt, und der Zweck desselben verfehlt werden würde.

Häufig wurden die Wehre, weil der Stau des Hochwassers um so geringer ist, je länger das Wehr, schräge gegen den Fluss erbaut; aber ausser den vergrösserten Anlagskosten entsteht bei solcher Anlage noch der Hauptnachtheil, dass das Ufer auf einer Seite stark angegriffen wird. Man findet manchmal noch aus früherer Zeit solche schräge Wehre, die aus ehemaligen Fischwehren entstanden, sich von beiden Ufern aus schwach convergirend nach abwärts ziehen, und bei welchen am unteren Ende eine schmale Oeffnung bleibt, worin die Fischnetze ausgespannt wurden. Diese sind aber für die Ufer und für die Schifffahrt von grossem Nachtheile und gewiss nicht nachahmungswürdig.

## Feste Wehre *).

Diese Gattung der Wehre kann man nach dem Material, aus welchem sie erbaut werden, und welches die Constructionsart, selbst die Dimensionen derselben bedingt, in *massive, halbmassive* und *hölzerne Wehre* eintheilen, welche hier besprochen werden sollen.

### Massive Wehre.

### §. 5.

Bei Anwendung des Massivbaues, welcher gegen die anderen Constructionsarten den Vorzug der Dauerhaftigkeit und Unveränderlichkeit besitzt, hat man sowohl bezüglich der Anordnung der Grundriss- als der Querprofil-Form freie Wahl. Das Wehr kann im Grundrisse eine flussaufwärts gerichtete Kreisform, und im Profile ebenfalls krumme Linien erhalten, was bei halbmassiven und hölzernen Wehren nicht stattfinden kann.

Die Profile dieser Wehre zerfallen in zwei Hauptklassen: entweder lässt man das Wasser *senkrecht herabstürzen,* oder man *führt es dem unbefestigten Strombette unterhalb des Wehrs sanft zu.*

Bei den ersteren Wehren *mit senkrechtem Abfalle* ist, wenn das Bett nicht aus Felsen besteht, eine besondere Sicherung der Sohle desselben unbedingt nothwendig; denn erst beim Aufstossen auf

*) Hagen's Wasserbau.

dieselbe zerstört sich die lebendige Kraft des herabstürzenden Wassers. Die Sohle muss daher vollkommen fest und wasserdicht construirt werden, damit sich nicht der Druck des Wassers durch einzelne Fugen auf den lockeren Untergrund fortpflanzen kann. Die Fig. 132, Taf. I zeigt, nach Hagen, ein solches auf Felsen gegründetes festes Wehr mit *senkrechtem Abfalle,* in welchem Falle man eine besondere Sicherung gegen die Wirkungen des Wassersturzes entbehren kann. Der Rücken des Wehrs im Querprofile ist nicht horizontal geführt, sondern stromabwärts etwas ansteigend, um den stromaufwärts gekehrten Rand des Wehrrückens, dem Stosse des darüber treibenden Eises oder anderer Körper zu entziehen und sicher zu stellen. Auch ist es vortheilhaft, die beiden Kanten des Rückens abzurunden, denn wenn besonders die obere spitz bearbeitet ist, kann sie leicht abgestossen und beschädigt werden. Jedenfalls ist es nothwendig, recht feste und grosse Steine zur Bedeckung der Krone zu wählen. Vor dem Wehre bemerkt man eine Kiesablagerung, die sich vor solchen senkrecht aufgeführten Wehren immer zeigt, und sehr steil ist, wenn das Flussprofil der nächst oberhalb gelegenen Strecke eingeschränkt ist; dagegen lagert sich diese Kiesmasse ganz flach an, oder bildet eine vollständige Ueberdeckung des Flussbettes, wenn das Flussprofil sich bei und vor dem Wehre erweitert. Hinter dem Wehre zeigt sich, selbst bei felsigem Boden wenn die Tiefe eine geringe ist, obgleich eine schwache aber doch immer eine Vertiefung der Sohle. Wenn jedoch ein senkrechtes Wehr nicht auf Felsen, also auf einem gewöhnlichen Boden erbaut werden soll, so muss dasselbe, so wie auch die Sohle, unterhalb des Wehrs in einer Strecke, auf welche sich auch die Wirkung des Uebersturzes ausdehnt (der Sturzboden), wohl und fest gesichert werden. Taf. I, Fig. 133 zeigt eine solche Sicherung durch eine Betonschichte, die durch Spundwände eingefasst ist, und darauf gesetztes Quadermauerwerk. Sollte der Sturzboden aus rohen Steinschüttungen bestehen, so muss er eine solche Dicke haben, dass der Weg, in welchem die Fortpflanzung des Druckes stattfinden könnte, so lang wird, dass eine nachtheilige Wirkung auf das Flussbett unter der Steinschüttung, nicht zu besorgen ist. Diese wird anfangs allerdings schnell versinken und der Vertiefung nicht Einhalt thun; aber wenn man immer neue Steine nachwirft, so nehmen die zerstörenden Wirkungen bald ab, und hören endlich ganz auf.

Bei der zweiten Art der Profile, bei welcher das Wasser, *ohne plötzlichen Sturz* möglichst regelmässig und sanft, in das unbefestigte natürliche Flussbett geleitet wird, muss, um jeden unmittelbaren Angriff gegen das Bauwerk selbst zu verhindern, das letztere in der Richtung des Flusses eine grössere Ausdehnung haben, und zwar entweder eine solche Ausdehnung, dass sich die Gewalt des herabstürzenden Wassers noch auf denselben bricht, oder es muss die Sohle hinter dem Werke noch so weit versichert werden, als sich die Wirkung des herabstürzenden Wassers ausdehnt. Es könnten sonst auch starke Beschädigungen eintreten, weil das Wasser, welches, wenn auch in einer regelmässigen Strömung über das Wehr geführt, dennoch eine der Fallhöhe nahe kommende Geschwindigkeit annimmt, das am Fusse des Wehrs bedeutend langsamer fliessende trifft und mit derselben Geschwindigkeit nicht weiter fliessen kann. In Folge dessen bilden sich mit der grössten Heftigkeit jene inneren Bewegungen und Wirbel, welche zu Uferbrüchen und Auskolkungen so grosse Veranlassung geben. Diese treten unmittelbar hinter dem Wehre ein, und, wenn es nicht besonders tief und fest fundirt ist, wird es hiedurch in Gefahr gesetzt.

Die gewöhnlich für solche Wehre gewählte Construction ist die aus Becker entnommene Taf. I, Fig. 134 a im Grundrisse, und in Fig. 134 b im Profil dargestellte.

Die *Verzeichnung der Curve,* welche das Profil des Wehrs begrenzt, geschieht in folgender Weise: Es sei Taf. I, Fig. 135 a b die Sohle des Flussbettes, welche Linie zugleich Tangente an die Curve sein muss, weil nur in diesem Falle jede plötzliche Unterbrechung in der Richtung des Wassers vermieden wird; c d sei die Höhe des Wehrs, welche man mit Rücksicht auf die Fluthverhältnisse und andere localen Umstände ermittelt. Jetzt muss man, um die geringsten Anlagekosten zu erstreben, denjenigen kleinsten Krümmungshalbmesser für den Wehrrücken bestimmen, wobei ein Abstossen oder Ausheben der einzelnen Steine nicht besorgt werden darf. Wäre d f dieser noch zulässige kleinste Halbmesser, so wird mit demselben der Bogen g d h beschrieben. Um nun den Krümmungshalbmesser für den Abschussboden zu bestimmen, trägt man von c gegen b die $2\frac{1}{2}$ bis 4fache Höhe c d des Wehrs nach i auf, und zieht die Linie i d. Der Punkt h, wo diese Linie den Bogen g d h schneidet, gehört beiden Bögen an, und ist der Berührungspunkt ihrer gemeinschaftlichen Tangente. Errichtet man in i die Senkrechte i k auf die Sohle, und verlängert man den Halbmesser f h, bis die Verlänge-

rung die Senkrechte in k schneidet, so ist k der Mittelpunkt, und ki der Halbmesser des gesuchten Bogens hi. Oder man findet viel sicherer die Punkte h und k, indem man den Winkel hid = $\alpha$ nach ndi aufträgt, und aus dem Punkte f die Parallele fk mit nd führt. Der Vorboden ge kann mit Rücksicht auf die Solidität des Mauerwerkes und der Lage des Punktes, entweder nach dem Kreisbogen ge oder durch eine Senkrechte go, oder nach der Richtung der Tangente gp, die eine entsprechende Höhe zur Anlage bekommt, abgegrenzt werden.

Gibt man der gemeinschaftlichen Tangente eine sehr starke Neigung, dass sie sich der senkrechten Richtung nähert, so erhält man ein, Taf. II, Fig. 136, nach Hagen dargestelltes Profil. Man erreicht hiedurch den Vortheil, dass der stärkste Sturz sich schon auf dem Wehre selbst bildet, sich zum Theile aufhebt, und daher für das unbefestigte Flussbett weniger zerstörend wirkt. Auch hat man hiebei häufig zugleich die eigenthümliche Anordnung, dass das Ende des Abschussbodens sich unter das natürliche Flussbett senkt und entweder selbst wieder steigt, oder in eine Steinschüttung ausgeht, die sich steigend bis in die Sohle des Flussbettes erhebt. Ist, wie hier angenommen, der Boden fest, so bedarf das Wehr keiner künstlichen Fundirung, es wird nur durch Spundwände eingeschlossen, welche bei ungünstigen Verhältnissen auch zur Einschliessung einer Betonschüttung dienen können.

Es ist gut, die Bekleidung aller dieser Wehre mit Quadern *gewölbartig* zu bilden. Diese Wölbsteine müssen, besonders wo sie am stärksten dem Stosse des Wassers ausgesetzt sind, recht hoch sein, damit sie nicht herausgerissen werden können. Zuweilen pflegt man durch eiserne Klammern oder schwalbenschwanzförmige Ineinandergreifungen, durch würfelartige Vorsprünge oder durch eiserne Diebel, Bolzen u. dergl., die gegenseitige Befestigung der Steine zu erzielen; jedenfalls ist es aber vortheilhafter, durch stärkere Dimensionen und sorgfältigere Arbeit eine solche künstliche Verbindung entbehrlich zu machen. Die Sicherheit eines jeden solchen Wehrs beruht auch auf einer guten und genauen Bearbeitung der Steine in dem Abfallboden, und in einer sorgfältigen Ausführung des ganzen Mauerwerkes. Trifft es sich, dass ein Stein von dem herabstürzenden Wasser herausgerissen wird, so kann man mit Sicherheit darauf zählen, dass das Wehr in kurzer Zeit bedeutenden Schaden leidet.

Taf. II, Fig. 137 zeigt das Wehr, welches Telford auf dem Weaver behufs Verbesserung der Schifffahrt erbaute. Es hat ein solches Profil, dass der Stoss des stärksten Wassers noch das Wehr selbst trifft. Die Anbringung der beiden Pfahlreihen am oberen und unteren Ende des Wehrs, welches im mittleren Theile auf keinem Pfahlroste ruht, kann wegen des ungleichmässigen Setzens nicht als zweckmässig angesehen werden. Der solide, aus Hausteinen bestehende Rücken, und die gewählte Anordnung der Steinschichten, so wie die des Fugenschnittes, verdienen Nachahmung. Dieses Wehr, welches bei 120 Fuss lang ist, und an der rechten Seite sich an eine Schleuse mit vier Oeffnungen anschliesst, wurde in einem stromaufwärts gekehrten Bogen hergestellt, und die Entfernung der beiden in der Figur angegebenen Pfahlreihen beträgt 22 Fuss.

Taf. II, Fig. 138 zeigt ein Wehr in der Tarn bei Villemur. Der ganze untere Theil dieses Massivbaues, welcher auf einem etwas tieferen, festen Untergrunde steht, besteht aus einer Betonmasse. Der Abschussboden dürfte hiebei deshalb so kurz hergestellt worden sein, weil einestheils die Wassertiefe unter dem Wehre ziemlich bedeutend ist, das Sturzwasser daher schon geschwächt die Sohle trifft, und anderntheils dieser tiefere Untergrund hinlänglich fest ist, um einer Auskolkung desselben und einem Verderben des Werkes vorzubeugen.

In Gebirgsgegenden, wo grobes Steinmaterial in der Nähe oder gar im Flussbette selbst vorkommt, findet man *Wehre aus rohen Steinschüttungen*, welche, da sie nicht dicht sind, viel Wasser durchlassen und zu bedeutenden häufig wiederkehrenden Beschädigungen Anlass geben, also keine Nachahmung verdienen. Die Sicherheit dieser Wehre beruht auf der Herstellung einer recht flachen Dossirung des Abschussbodens (der wenn möglich gepflastert werden soll), weil hiedurch aus dem Rücken des Wehres das Abrollen der Steine, welches, wegen der an dieser Stelle sich concentrirenden Strömung zu den stärksten Beschädigungen, sogar zum Durchbruche des Wehrs führen kann, am meisten verhindert wird. Eine vierfache Anlage dieser Fläche ist wohl die stärkste Neigung, die man wählen kann.

Jedes Wehr muss aber auch *Seiteneinfassungen* gegen die Ufer erhalten, damit diese bei der verstärkten Strömung nicht leiden und keine Seitenöffnungen entstehen, wodurch das Wehr umströmt werden könnte. Sie müssen jedenfalls die Uferhöhe, oder den Horizont des Thalgrundes, ohne ihn zu übersteigen, erreichen, denn nur in diesem Falle schützen sie die Ufer gehörig, und geben keine Veranlassung zur Bildung von Seitenströmungen. Die

Seiteneinfassungen bestehen bei massiven Wehren aus gewöhnlichen Futtermauern, die bis zur Uferhöhe ausgeführt sind. Entweder bekommen sie eine gleichmässige flache Neigung, oder sie stehen neben dem Wehrrücken vertikal, und sind stromauf- und abwärts immer stärker geneigt, damit sie am Ende des Vor- wie des Abschluss-Bodens so flach liegen, um in die Dossirung des unbefestigten Ufers übergehen zu können. Sind diese Seitenöffnungen aber vertikal, oder gleichmässig flach geböscht, so müssen sie an das unbefestigte Flussufer sicher anschliessen, und hiezu werden an ihrem oberen und unteren Ende Flügelmauern, die in die Ufer treten, angebracht, wie Taf. I, Fig. 134 a und Taf. IX, Fig. 162 a zeigen. Damit jedoch keine vorspringenden Ecken hiebei entstehen, welche das Profil des Flusses plötzlich verengen würden, so dürfen diese Seitenmauern sich nicht in gerader Linie neben dem Wehr hinziehen, sondern müssen von dem Wehrrücken angefangen, sowohl auf- als abwärts sanft in die Ufer zurücktreten, wodurch zwar die Stelle, wo der Wehrrücken liegt, nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der Breite am stärksten beschränkt wird, welcher Uebelstand jedoch, um regelmässige Ufer zu bilden, nicht zu umgehen ist.

Besteht das Wehr aus einer rohen Steinschüttung, so wird diese bis zu den Uferrändern heraufgeführt, und dadurch werden die Ufer gedeckt.

### Halbmassive Wehre.

### §. 6.

Diese sind aus rohen Steinschüttungen hergestellte Wehre, welche durch ein Balkengerippe in ihrer Lage festgehalten werden.

Die allereinfachste Art dieser Wehre ist, wenn ein in der Krone laufender horizontaler Balken, der Fachbaum genannt, durch eine vertikale Holzwand festgehalten wird, an welche sich zu beiden Seiten die Steinschüttungen lehnen. Bei Gebirgsströmen, wo oft Stein und Holz weniger Werth haben, wird diese Wand häufig durch durchlochte übereinander gelegte Baumstämme oder Balken, die mittelst hölzerner Bolzen verbunden werden, hergestellt. Durch die von beiden Seiten an die Wand gepackten Steine wird diese, obwohl ohne alle Verbindung mit dem Flussbette, immerhin einigermassen gehalten; aber jedenfalls verdient eine solidere Construction den Vorzug.

Besteht das Flussbett nicht aus Felsen, so kann man diese Balkenwand gegen eingerammte Pfähle lehnen, und dieselben mit einem Fachbaum, in der Höhe des Wehrrückens, versehen. Ist aber das Flussbett in eine *Felsbank* eingeschnitten, so ist es am angemessensten, eiserne starke Bolzen anzuwenden. Man bohrt zu diesem Zwecke in den Felsen 12 bis 18 Zoll tiefe Löcher, von einer Weite, die der Stärke der Bolzen entspricht. Das untere Ende jedes Bolzens wird durch einen Sägeschnitt gespalten, und ein eiserner Keil von erforderlicher Stärke und der Breite des Bolzens, wird mit der Schneide in den Spalt gesteckt, sodann der Bolzen mit dem gespaltenen Ende in das Bohrloch eingesetzt, und durch kräftige Hammerschläge herabgetrieben, wodurch, in Folge des tieferen Eindringens des Keiles in den Spalt, die beiden Seiten der Bolzen sich so an die Wände des Bohrloches klemmen, dass der Bolzen ganz fest darin steckt. Die an entsprechenden Stellen durchbohrten Balken werden auf die Bolzen aufgesetzt, und durch Schraubenmutter auf dem oberen Ende der letzteren, welche die Spindel bilden, wird der ganzen Verbindung die gewünschte Festigkeit gegeben.

In Flussbetten, die nicht felsigen Boden haben, wendet man nach der Grösse des Wehrs und der Stärke der Strömung verschiedene Constructionen an, wobei jedoch immer Rücksicht genommen werden muss, dass die kostbarsten Theile des Wehrs nicht so bald durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit leiden dürfen, sodann, dass dem Wehre sowohl im Grundrisse wie im Profile geradlinige Figuren gegeben werden, weil sich Krümmungen in Holz nicht leicht darstellen lassen.

Bei geringer Wehrhöhe von 3 Fuss oder nur wenig darüber, wählt man natürlich leichtere Constructionen. Auf Taf. II, Fig. 139 a und b ist die Construction eines senkrechten Wehrs für eine solche geringe Wehrhöhe ersichtlich. Es ist hier eine ordentliche Spundwand bis zur Höhe der Sohle des Bettes eingerammt, welche von da aus bis zum höchsten Punkte des Wehrs in eine Wand übergeht, die aus horizontal übereinander liegenden und gefalzten Balken gebildet ist, und durch in entsprechender Entfernung beiderseits vertikal eingerammte Pfähle festgehalten wird. In einer Entfernung von beiläufig 6 bis 10 Fuss, stromabwärts von dieser Wand, befindet sich eine zweite Spundwand. Die Sohle zwischen diesen beiden Spundwänden ist mit grossen Steinen gepflastert und mit einem Bohlenbelage überdeckt. Um der die Höhe des Wehres bildenden Wand eine grössere Festigkeit zu geben, sind an eigens hiezu eingerammten Pfählen zur Spreizung

schräge Zangenhölzer angebracht. Stromaufwärts dieser Wand ist bis zum höchsten Punkte des Wehrs eine solide Steinpackung mit einer sanften Böschung hergestellt, die den Wehrkörper dichter macht und den Uebergang der Geschiebe bei Hochwasser erleichtert.

Ist aber die Höhe bedeutender, so sind zwei, auch drei, zuweilen noch mehr Spundwände, manchmal sogar auch Pfahlwände nöthig, die alsdann mit einander verbunden werden, und zwischen welchen man gewöhnlich nur eine Steinschüttung, in sehr seltenen Fällen aber auch Beton oder sogar Mauerwerk bringt.

Fig. 140 a und b, Taf. II zeigen die Construction eines grösseren und stärkeren Wehres *mit geneigtem Abschussboden.* Es besteht aus einem von eingerammten Pfählen und Zangen gebildeten Gerippe, welches vollkommen mit Steinen ausgepackt, und an den Aussenflächen vollständig ausgepflastert ist.

Auf Taf. II, Fig. 141 a und b ist eine ähnliche Construction, und wie bei allen solchen Constructionen, die Tangente des Neigungswinkels, welchen der Abschussboden mit dem Horizonte bildet, gleich $^1/_4$ R.

Es gibt auch halbmassive Wehre, bei denen der Abschussboden ganz fehlt, und die ein ähnliches wie das auf Taf. I, Fig. 132 aus Hagen dargestellte Profil massiver Wehre haben, und damit das Wasser bei einem derlei Wehre nicht vertikal von der ganzen Höhe des Wehrs herabstürzt, welches den Ruin desselben zur Folge haben könnte, macht man *Wehre mit Abstufungen,* d. h. man vertheilt das Gefälle, indem man mehrere Stufen herstellt, über welche das Wasser nach und nach herabstürzt. Die Fig. 142, Taf. II zeigt ein solches *Pritschenwehr.* Dabei ist jedoch die Anordnung getroffen, dass das Wasser nicht unmittelbar auf die Steinpackung, sondern auf einen Bohlenboden falle, indem sonst die Steinpackung leicht in Unordnung kommen, und den Bau gefährden könnte. Auch darf dieser Bohlenbelag nicht horizontal sein, sondern muss etwas flussaufwärts steigen, damit die über das Wehr rollenden Geschiebe in ihrer Bewegung weniger gehemmt werden, und somit den Belag weniger angreifen.

Die Fig. 143 a und b, auf Taf. III zeigen (auch aus Becker) ein grossartiges, sehr festes, halbmassives Pritschenwehr.

Man stellt auch halbmassive Wehre aus ähnlichen in §. 35 des Strombaues beschriebenen Senkkasten her. Dergleichen Constructionen findet man häufig in Nordamerika. Die Fig. 144 a u. b, Taf. III zeigen den Durchschnitt und einen Theil der stromabwärts gekehrten Seite des Wehrs, wodurch der Schuylkill bei Fair-Mount zur Speisung der Wasserleitung von Philadelphia gestaut ist. Dasselbe ist 1169 Fuss lang; auf der stromaufwärts gekehrten Seite hat sich das Material des Flusses in kurzer Zeit so dicht abgelagert, dass das Wehr bald einen wasserdichten Damm bildete. Auch wurde der Croton, der die Wasserleitung von Newyork speist, mit einem solchen Wehre versehen, das denselben 38 Fuss hoch staut.

Die *Seiteneinfassungen der halbmassiven Wehre* werden, da die Erbauung derselben grosse Quantitäten und billiges Steinmaterial voraussetzt, fast immer aus massivem Mauerwerke hergestellt, wofür sodann alles Giltigkeit hat, was bei den massiven Wehren bezüglich der Seiteneinfassungen gesagt wurde. Sollten dieselben aber aus Holz, bohlwerkartig, was bei solchen Wehren wohl nicht sein sollte, gemacht werden, so hat hiefür wieder alles dasjenige Giltigkeit, was bei den hölzernen Wehren darüber gesagt werden wird.

### Hölzerne Wehre.

### §. 7.

Handelt es sich um die Ausführung eines *hölzernen Ueberfallwehres,* so richtet sich die Construction desselben nach der Wehrhöhe und nach der Höhe des überstürzenden Wassers.

Solche Wehre bestehen ganz aus Holz, und ihre Wasserdichtigkeit wird durch einen eingelegten Thondamm erzielt. Sie werden entweder bei Mangel oder bei grosser Kostbarkeit des Steinmaterials angewendet.

Auch bei diesen Wehren kann weder das Profil noch die Grundrissform aus krummen Linien bestehen, und man muss hiefür immer gebrochene Linien wählen.

Taf. III, Fig. 145 a und b zeigt das Profil und den Grundriss eines solchen Wehres. Auf dem Rücken desselben befindet sich jedesmal ein auf einer Spundwand ruhender Fachbaum, welcher die beiden geneigten Böden des Wehres trennt. Der eigentliche Körper des Wehrs besteht nur aus Erde, und damit diese bei einem Durchquellen nicht fortgespült werde, bildet ein möglichst compacter, durch Spundwände gesicherter Thondamm den wasserdichten Schluss. Dieser Thondamm wird entweder unter beiden, oder auch nur unter einem Boden allein angebracht.

Jedenfalls muss unter dem Rücken des Wehrs ein wasserdichter Schluss stattfinden und der Thondamm, wenn er nicht beiderseits hergestellt wird, ist besser unter dem Vorboden, d. i. in dem stromaufwärts gekehrten Theile des Wehrs angebracht. Er muss sich sowohl fest an die Spundwand unter dem Fachbaum, als auch an jene, welche die oberste, die äusserste Begrenzung des Wehres bildet, lehnen. Diese Spundwände und der Thondamm müssen ausserdem in die beiderseitigen Ufer reichen, um auch hier ein Durchdringen des Wassers zu verhindern, und sind auch nach Massgabe des beabsichtigten Staues und der Beschaffenheit des Bodens mehr oder weniger tief in das Flussbett eingeschnitten. Da durch die Spundwände allein die Fachbäume, zu welch' letzteren man, wenn auch uneigentlich, die auf der äussersten, oberen und unteren Einfassung des Wehrs aufgesetzten Balken rechnet, nicht sicher getragen werden können, so müssen diese durch daneben eingerammte Pfahlreihen in der Weise unterstützt werden, dass sie durch ihre Stellung eine Stütze für die Spundwand, welche den Seitendruck des Thondammes auszuhalten hat, bilden. Jedenfalls muss auch die äussere stromabwärts gekehrte Seite des Wehrs durch eine Spundwand gestützt werden, weil das durch den Uebersturz in eine heftige Bewegung versetzte Wasser trotz der Anbringung des Sturzbettes, welches auch aus Senkfaschinen und darüber aufgepackten grossen Steinen hergestellt werden kann, leicht Auskolkungen im Flussbett erzeugen, das Durchsickern begünstigen und das Wehr in Gefahr bringen wird. Der Vorboden wie der Abschussboden werden mit Bohlen belegt, welche, damit sie sich weder durchbiegen noch werfen können, auf keine bedeutende Länge frei liegen dürfen. Man legt sie demnach auf Grundbalken, welche auf 4 Fuss von Mitte zu Mitte, parallel mit den Fachbäumen, auf 5 bis 6 Fuss von einander entfernte, eingerammte Pfähle aufgesetzt werden. Diese Pfahlreihen und Grundbalken erstrecken sich gleichfalls, wie Taf. III, Fig. 145 a zeigt, einige Fuss weit über die Seitenwände des Wehres hinaus. Die Verbindung der nicht vollkommen in eine Linie einzurammenden Pfähle mit den Grundbalken, geschieht mittelst des Blattzapfens und mittelst eiserner Nägel oder Bolzen. Damit der Bohlenbelag den Hauptfachbaum, welcher genau die Höhe des Wehrs bezeichnen muss, durch seine Dicke nicht erhöhe, darf der Belag nicht auf den Fachbaum unmittelbar festgenagelt werden, sondern in eingeschnittenen Falzen, welche die Tiefe der Bohlendicke und eine solche Breite erhalten, dass die Bohlen ein gutes Auflager haben. Die Nebenfachbäume hingegen können unbedenklich durch den Bohlenboden überdeckt werden, indem diese Rücksicht, wie bei dem Hauptfachbaum, hier nicht am Platze ist, und die Construction hiedurch vereinfacht wird. Die Befestigung der Fachbäume auf die Spundpfähle erfolgt entweder in der Weise, dass man die ganze Spundwand mit einem durchgehenden Zapfen, und den Fachbaum mit einer entsprechenden Nuth versieht, den Zapfen mit in heissen Theer getauchter Leinwand umschlägt, sodann den darauf gesetzten Fachbaum mit Hülfe von Handrammen fest auftreibt und mit eisernen Klammern an die Spundwand befestigt. Oder man versieht einzelne Spundpfähle mit so langen Zapfen, dass sie durch die ganze Dicke des Fachbaumes durchgreifen, in welchem entsprechende Zapfenlöcher ausgearbeitet sein müssen, und treibt dann, nachdem der Fachbaum aufgebracht ist, die durchgreifenden Zapfen durch eingesetzte Keile auseinander.

*Wenn ein Wehr gebaut werden soll,* so muss entweder für eine die Zeit des Baues überdauernde Ableitung des Flusses gesorgt werden, oder wenn sich eine solche nicht herstellen lässt, kann der Bau nicht im Ganzen, sondern nur theilweise erfolgen. Es wird hiezu die Baustelle mit Fangdämmen eingeschlossen, die Sohle bis zur erforderlichen Tiefe ausgehoben, und gleichzeitig, sowohl für die Spundwände, als für die Grundpfähle mit den Rammarbeiten begonnen. Nach Beendigung derselben werden die Fachbäume aufgesetzt, die anderen Pfähle mit den Blattzapfen versehen, und zu gleicher Zeit wird der Thon sorgfältig in dünnen, höchstens 6 Zoll dicken Lagen aufgetragen und festgestampft. Ist man mit dem Thonboden bis zur unteren Fläche der Grundbalken gelangt, so werden diese versetzt, in gleicher Weise wie früher der Thonschlag bis zur unteren Fläche des Bohlenbodens fortgesetzt, und nach seiner sorgfältigen Ausgleichung, dass keine hohlen Räume bleiben und damit die Bohlen auf dem Thondamme aufliegen, der Bohlenbelag aufgebracht. Jedes Ende einer Bohle muss entweder einen Grundbalken oder einen Fachbaum treffen, und die Fugen derselben müssen (mit Ausnahme der in der Nähe der Seiteneinfassungen liegenden, wo dies wegen der schrägen Lage nicht möglich ist), parallel zur Achse des Stromes gerichtet sein.

Bei Flüssen, die wenig Wasser besitzen, und wo dieses grösstentheils für Anlagen von Wasserwerken zur Seite des Wehrs verbraucht wird, geschieht es zur Zeit der grössten Dürre häufig, dass sowohl der

Rücken als Abschussboden des Wehrs trocken liegen. Abgesehen davon, dass hiedurch der Bohlenboden durch die abwechselnde Einwirkung von Nässe und Trockenheit sehr leidet, schwinden bei anhaltender Dürre die Bohlen sehr, reissen und werfen sich, und das Wasser trifft weit geöffnete Fugen bei der folgenden Ueberströmung, welche, wenn man häufige Reparaturen scheut, das Wehr gefährden kann, weil das Wasser den Thondamm ausspült. Ein auf dem Thondamm zwischen den Grundbalken angebrachtes einfaches Pflaster, schützt nicht gegen diesen Uebelstand, und nur dann wird das Pflaster eine gehörige Haltbarkeit haben, wenn die Pflastersteine wieder auf andern Steinen ruhen, und die Steindecke überhaupt so stark und zugleich so dicht geschlossen ist, dass die Bewegung des Wassers sich nicht durch sie fortsetzen, und den Boden, der den Untergrund bildet, angreifen kann.

Das Wehr muss gehörig an die Ufer anschliessen, und ein starkes Durchsickern des Wassers durch die Ufer muss, wenn diese nicht, wie es nur in seltensten Fällen geschieht, durch eine massive Einfassungsmauer vor dem Wehre abgeschlossen sind, verhindert werden, um einer Auflockerung oder gar einem Durchbruche der Ufer vorzubeugen, wodurch der Fluss zur Seite des Wehres sich einen neuen Weg eröffnen könnte. Dieses zu verhindern, müssen die Spundwände und die Thondämme in das feste Ufer eingreifen, und zwar müssen die Spundwände nicht nur in gleicher Höhe, wie im Wehre, fortgesetzt werden, sondern die Hauptspundwand unter dem Fachbaum, muss um so viel höher gehalten werden, als das Hochwasser über den Fachbaum sich erhebt, weil sonst dem Durchsickern in dem Theile des Ufers, welcher höher als die Wehrkrone liegt, nicht vorgebeugt wäre. Man wählt hiezu die Taf. III, Fig. 146 ersichtliche Construction. Hiebei werden einige der nächsten Spundpfähle noch in derselben Höhe, wie die im Wehre, abgeschnitten, und der Fachbaum erstreckt sich über sie fort, während er zugleich den ersten höheren Spundpfahl in einem entsprechenden ausgearbeiteten Falz umfasst. Auf diesem Fachbaume wird in der Begrenzungslinie der Ufereinfassung ein passend langer Balken aufgezapft, und zwischen diesen und den ersten höheren Spundpfahl stellt man kurze gespundete Bohlenstücke, die eine Ergänzung der Spundwand bilden. Alsdann wird der obere Fachbaum aufgelegt und befestigt.

Ist die Wehrhöhe nur eine geringe, etwa 3 Fuss oder etwas darüber, der Fluss, in welchem das Wehr gebaut werden soll, sehr klein, und wird eine Wasserdichtigkeit des Wehrs nicht gefordert, so genügen einfachere und leichte Constructionen. Unter Umständen genügt eine solide Spundwand, welche sich durch Streben und anderweitige Stützen gegen eine künstlich befestigte Sohle stützt. Die Fig. 147 a u. b, Taf. III zeigen eine einfache Construction eines solchen 3 Fuss hohen Wehres. Es schliesst sich hiebei eine Spundwand an die beiden, hier massiv eingezeichneten Ufermauern an. Die Sicherung der Sohle wurde hier, damit das überstürzende Wasser dieselben nicht angreift, mit grossen Steinen gepflastert, welche sich gegen zwei auf Piloten ruhende Grundschwellen stützen. Auf Taf. IV, Fig. 148 a und b ist die Construction eines solchen Wehres von 4 Fuss oder etwas darüber dargestellt. Der Grundbau ist durch drei Spundwände gegen Filtration gesichert; eine befindet sich am stromaufwärts, die andere am stromabwärts gelegenen Ende des Wehrbodens, und die dritte steht direkt unter der Stauwand. Dieselbe besteht aus gefalzten, horizontal auf einander gelegten, und von Strecke zu Strecke durch beiderseits eingerammte Pfähle festgehaltenen Balken, auf welche der Fachbaum aufgelegt und durch festgeschraubte eiserne Bolzen niedergehalten ist. Die Fächer des hölzernen Wehrbodens zwischen den Grundschwellen sind auf eine entsprechende Tiefe mit grossen Steinen sorgfältig ausgepflastert, und es wäre hiebei gut, die Fugen mit hydraulischem Kalke auszugiessen. Auf die Grundschwellen wird sodann erst der Bodenbelag befestigt.

Zuweilen werden *die Seiteneinfassungen bei den hölzernen Wehren* massiv aufgeführt, meistens aber bestehen sie nur aus Holz, und sind nichts anderes als Bohlwerke. Bezüglich ihrer Grundrissform und ihrer Höhe gilt auch in diesem Falle dasselbe, was hierüber bei Gelegenheit der massiven Einfassungen gesagt wurde. Um diese hölzernen Seiteneinfassungen herzustellen, pflegt man bei dem Neubau eines Wehres besondere Bohlwerkspfähle zwischen den Grundbalken einzurammen, wie sie im Grundrisse, Taf. III, Fig. 145 a, zum Unterschiede von den Grundpfählen, vierkantig eingezeichnet sind. Der Bohlenbelag der beiden Böden des Wehrs wird bis an diese Pfähle geführt, und die Verkleidung der Wand schliesst sich an denselben an. Wie bei den Bohlwerken findet derselbe Nachtheil, dass die Seiteneinfassungen durch Abwechslung von Nässe und Trockenheit bald zu Grunde gehen, auch hier statt, und deshalb wendet man häufig aufgesetzte Wände an. Gewöhnlich legt man hiezu, Taf. IV, Fig. 149 a, die untere Schwelle der Wand über die etwas einzu-

schneidenden Grundbalken. Diese Befestigung ist jedoch nicht sicher, und man kann dann entweder die in Fig. 149 b dargestellte Anordnung wählen, wobei die Schwelle ganz fehlt, und die vertikalen Bohlwerksbalken mittelst Zapfen oder Versetzung unmittelbar in die Grundbalken reichen, und sich ausserdem gegen den Bohlenbelag lehnen, oder man legt eine horizontale Schwelle vor die Füsse der vertikalen Bohlwerksbalken Fig. 149 c, und bolzt sie an die Grundbalken an, welche Construction besondere Sicherheit und Festigkeit gewährt.

Bei allen diesen Anordnungen dürfen jedoch Erdanker nie fehlen, wogegen sie bei den gewöhnlichen nicht aufgesetzten Wänden, da diese meistens eine geringe Höhe haben, nicht angewendet zu werden brauchen, und dieses ist auch der einzige Vortheil, welchen solche Wände vor den Aufgesetzten haben.

§. 8.

Im allgemeinen ist die *Form und Construction der Wehre* von der Beschaffenheit der Flusssohle, von der Höhe des herabstürzenden Wassers und von dem zu Gebote stehenden Material abhängig. Ist der Boden unangreifbar, also fester Felsen, und sind die Steine nicht zu theuer, so sind die massiven senkrechten Wehre die vortheilhaftesten. Besteht aber die Sohle aus Kies, Sand oder Thon, so sind die Wehre mit einem gekrümmten oder geneigten Abfallboden deshalb vorzuziehen, weil sie mehr Stabilität haben, und Auskolkungen an dem Fusse derselben weniger gefährlich sind. Kann ein solches Wehr aus Stein erbaut werden, so dürfte dies immer am vortheilhaftesten sein; tritt aber Mangel an Quadern ein, so bleibt die Construction der halbmassiven Wehre immer sehr empfehlenswerth.

## Freiarchen oder Schleusen-Wehre.

§. 9.

Sie bestehen aus einer *ununterbrochenen Reihe von Schleusen*, und dienen dazu, dem Hochwasser das ganze Profil zu seinem Durchfluss zu eröffnen, damit in dem Flussbette nicht Ablagerungen entstehen, und allenfalls niederer als der höchste Stau gelegene Ufer überschwemmt werden. Zur Zeit des Nieder- oder Mittelwassers haben Freiarchen jedoch die Bestimmung, keinen Abfluss zu gestatten, weil sonst die Wirkung des Wehrs aufgehoben sein würde.

Ihre Construction stimmt mit jener der festen Wehre zum Theil überein, denn sie haben wie diese einen Abschussboden, der übrigens selbst bei massiv construirten Freiarchen nie gekrümmt sein darf, einen Vorboden, einen Rücken und die Seiteneinfassungen. Die Sicherung des Grundes unterhalb des Abschussbodens ist hier wegen der heftigen Strömung eben so nothwendig. Der Hauptunterschied beider Constructionen besteht darin, dass bei den Freiarchen die den Stau hervorbringenden Theile nicht fest sein dürfen, sondern es muss die Schleusenöffnung beliebig geöffnet und geschlossen werden können.

Bei kleineren Schleusen ist es ganz allgemein, dass der Schluss der Oeffnung durch Schützen hervorgebracht wird. Es sind dies hölzerne, in seltenen Fällen auch eiserne Tafeln, die sich seitwärts gegen vortretende Ränder der Wände, oder der Mittelpfeiler, oder der Mittelstiele lehnen, und auf dem Fachbaume oder auf dem Rücken der Freiarche stumpf aufstehen. Obgleich es gut wäre, dass sie unten nicht stumpf aufständen, sondern in einem Falze eine Stütze fänden, so muss man dennoch darauf verzichten, da ein Durchbiegen der Schütze durch den Druck des Wassers beim Herablassen ein Eingreifen in den Falz verhindern könnte. Sobald die Oeffnung frei werden soll, zieht man die Schütze mittelst verschiedenartigen Vorrichtungen herauf. Die Breite einer einzelnen Schütze beträgt in der Regel etwa 4 bis 6 Fuss, doch wenn in manchen Fällen, wie namentlich wenn es die Schifffahrt erfordert, die Anbringung von nahestehenden Pfeilern oder Säulen nicht zulässig ist, kommen auch Schützen in der grossen Breite von 20 Fuss und darüber vor.

Eine durch eine Freiarche abzuschliessende Oeffnung wird gewöhnlich in so kleine Abtheilungen eingetheilt, dass jede einzelne durch eine Schütze geschlossen werden kann. Diese Abtheilung geschieht entweder durch massive Pfeiler oder hölzerne Wände, und man nennt jenen Theil derselben, woran der vortretende Rand sich befindet, gegen welchen sich die Schützen lehnen, den *Griespfeiler* oder die *Griessäule*, mit welcher Benennung man auch den entsprechenden Theil an der Seitenwand der Freiarche belegt.

§. 10.

*Massive Freiarchen* müssen so starke Mittelpfeiler haben, dass diese dem Stosse des Eises und dem Drucke des Hochwassers hinreichenden Widerstand leisten. Dennoch dürfen sie aber nicht eine zu grosse Dicke haben, weil sie sonst das Durchflussprofil zu

sehr beschränken würden, oder man gezwungen wäre, eine Verbreiterung der ganzen Freiarche vorzunehmen. Gewöhnlich beträgt die Breite solcher Griespfeiler nicht mehr als 4, höchstens 4 ½ Fuss; um ihnen jedoch auch die erforderliche Stabilität zu geben, werden sie nach der Länge, in der Richtung des Flusses, mehr ausgedehnt und ganz aus Quadern erbaut. Sollten sie aus Bruchsteinen oder Ziegeln erbaut werden, so muss doch jedenfalls der Falz oder der vortretende Rand aus festen Werkstücken gebildet sein. Der Falz für eine Schütze ist gewöhnlich 3 bis 4 Zoll tief, oder der Pfeiler wird oberhalb dem Rücken der Freiarche plötzlich beiderseits um 3 bis 4 Zoll breiter. Eine solche Construction beengt aber um dieses Mass die Durchflussöffnung und der Pfeiler behält diese grössere Stärke von da bis zu seinem unteren Ende bei. Zuweilen wird zur Verminderung der Reibung der Falz mit schmiede- oder gusseisernen Schienen verkleidet, die durch Bolzen, deren Köpfe in die Schienen versenkt sind, gehalten werden. Es müssen jedoch die Pfeiler wenigstens eine zweite Reihe Falze oder Coulissen hinter der ersten erhalten, um bei Reparaturen an den Schützen das Wasser durch Balken absperren zu können, welche man in die zweite Falzreihe einlegt. Gewöhnlich erhalten massive Freiarchen eine grössere Entfernung der Pfeiler, zu deren Sperrung entweder starke, aus Balken construirte Schützen oder später erwähnte Einlagsbalken angewendet werden.

Taf. IV, Fig. 150 a, b und c stellt den Grundriss, das Profil und die Ansicht einer grösseren massiven Freiarche dar. Sämmtliche Pfeiler sollen, theils um ungleiche Setzungen zu vermeiden, theils um die Sohle zu sichern, auf einem gemeinschaftlichen 3 bis 4 Fuss dicken, von einem Ufer zum andern reichenden Unterbaue ruhen, welcher durch Spundwände gegen das Ober- und Unterwasser gesichert wird. Um die Schütze zu heben, oder die Einlagsbalken entfernen zu können, ist es nothwendig, dass von einem Pfeiler zum andern ein Steg oder eine leichte Brücke hergestellt wird, wozu bei geringer Pfeilerentfernung einige auf die Pfeiler aufgelegte dicke Pfosten dienen können. Soll jedoch die Freiarche die Stelle einer wirklichen Brücke vertreten, so müssen die Pfeiler, welche man ohne Vorkopf und Hintertheil, einer praktischen Regel zufolge, sonst nur so lang macht, als sie hoch sind, eine dieser doppelten Bestimmung angemessene Länge erhalten. Die Falze für die Schütze, oder die Coulissen für die Einlagbalken, müssen aber dann so weit rechts und links der Brückenbahn hinausgerückt werden, dass weder die Passage durch den Dienst an den Schützen oder Einlagsbalken, noch dieser durch jene beirrt werde.

## §. 11.

Bei *hölzernen Freiarchen* bestehen die Mittelwände und gewöhnlich auch die Seiteneinfassungen aus Holz. Diejenige Griessäule, welche in der Seitenwand sich befindet, ist ebenso, wie die freistehenden Griessäulen, nicht mit Bohlen überdeckt, sondern an beiden Seiten mit Falzen versehen, in welche die Verkleidung eingreift. Der Falz auf der stromaufwärts gekehrten Seite ist aber um 3 Zoll tiefer, Taf. V, Fig. 153 a *), damit über den aufgenagelten Bohlen noch ein 3 Zoll breiter Vorsprung sich bilde, gegen welchen die Schütze sich lehnen kann. Auf der stromaufwärts gekehrten Seite dagegen schliesst sich die innere Fläche der Griessäule an dieselbe Fläche des Bodenbelages an. Jede Griessäule erleidet vom Oberwasser einen starken Druck, weshalb sie, um die nöthige Standhaftigkeit zu erhalten, verstrebt werden muss; so zeigt die Fig. 153 b, Taf. V die Verstrebung einer mittleren in den gefaserten, und jene einer Seitengriessäule in den ungefasert angedeuteten Hölzern der nicht verkleideten Mittel- und Seitenwand. Die Streben lehnen sich entweder unmittelbar gegen die Griessäulen oder gegen daran gelegte Balken (Stiele). Taf. V, Fig. 153 c zeigt dasselbe Profil der schon verkleideten Wände.

Die hölzernen Seitenwände einer Freiarche können wie die eines Wehrs auf verschiedene Art construirt werden. Würden die Seitenwände jedoch von Steinen erbaut werden, so müsste die hölzerne Griessäule mit einem Theile ihrer Stärke in die Mauer eingelassen und mit Bolzen befestigt werden. Taf. V, Fig. 153 d zeigt die Ansicht einer hölzernen Freiarche.

Die Mittelwände sind wie die Seitenwände construirt; sie haben den Zweck, die davorstehende Griessäule zu unterstützen, und erstrecken sich daher so weit von dieser stromabwärts, als es die Verstrebung erfordert, welche die Griessäulen sichert und welche beiderseits mit Pfosten verkleidet wird. Auch dienen die Mittelwände als Unterlagen eines Stegs oder einer Brücke, welche zur Handhabung der Schütze nöthig ist; eine solche Brücke oder Steg gibt den Mittelwänden eine Längenverbindung, welche denselben gegen eine Bewegung nach der Seite hin eine Anlehnung gibt.

---

*) Hagen's Wasserbau.

Die Falze der Griessäulen der Mittelwände sind ganz ähnlich jenen der Seitenwände eingerichtet. In dem stromabwärts gerichteten Falze, welcher so tief als die Bohlenbekleidung stark ist, legt sich diese hinein. Um den Griessäulen ihre feste Stellung unverändert zu erhalten, stehen sie unten in einem Einschnitt auf einem starken, auf die Pfähle und der Spundwand aufgezapften und befestigten Schwelle auf, und auf ihrem oberen Ende werden sie mit einem Griesholm überlegt, in welchem sie sämmtlich mit doppeltem Zapfen und auch mit eisernen Bändern befestigt werden. Dieser Griesholm, welcher einem starken Seitendrucke ausgesetzt ist, wird, um diesem besser widerstehen zu können, flachkantig aufgelegt, zuweilen auch als gezahnter Balken construirt, oder aus zwei Stücken zusammengesetzt.

## §. 12.

Die Schützen bestehen bei nicht grossen Oeffnungen aus Bohlen, welche horizontal übereinander gefalzt, und durch senkrechte oder schiefe Leisten mit einander verbunden sind, wie solche auf Taf XI, die Fig. 170 a und b zeigen. Häufig jedoch, wenn die zu schliessende Oeffnung grösser ist, besteht die Schütze auch aus einer Balkenlage, welche durch schmiedeiserne Bolzen zusammengehalten ist, wie dergleichen die Fig. 150 c, Taf. IV darstellt.

Die *Vorrichtungen zum Oeffnen der Schützen* sind sehr verschiedenartig. Bei einer Breite der Schütze von 4, 5 auch 6 Fuss, lassen sich die Schützen noch durch ziemlich einfache Vorrichtungen heben und bequem einstellen; diese Vorrichtungen werden aber complicirt, und man muss über eine bedeutende Kraft disponiren können, wenn man viel weitere Oeffnungen mittelst Schützen schliessen und öffnen will.

Am einfachsten ist die Vorrichtung bei den kleinen Wässerungsschleusen, bei welchen die mittlere Leiste, welche die Schütze zusammenhält, nach oben verlängert ist und entweder unmittelbar mit der Hand oder mit einem Hebel in die Höhe gehoben werden kann, in welch letzterem Falle diese Leiste mit Sprossen versehen sein muss.

Eine viel bequemere Einrichtung, die selbst bei grösseren Schützen Anwendung finden kann, ist durch die Taf. V, Fig. 153 c dargestellt. Die Schütze hängt an zwei Ketten, und die Enden derselben sind an einer hölzernen Welle dicht unter dem Griesholm befestigt. Durch die Welle gehen zwei viereckige Löcher diametral, deren Richtungen sich unter einem rechten Winkel kreuzen. In diese Löcher werden passende Hebel hineingesteckt, und mittelst derselben wird die Welle stets um einen Quadranten gedreht und dadurch die Schütze gehoben. An einer Seite der Welle ist ein Sperrrad befestigt, in welches, um eine Rückbewegung zu verhindern, ein Sperrhaken einfällt.

Häufig wendet man die gezahnte Stange an, in welche ein Getriebe eingreift, Fig. 170, Taf. XI. Selten reicht jedoch ein Getriebe aus; es muss daher noch ein Vorleger eingesetzt werden, damit man an der Kurbel eine geringere Kraft auszuüben braucht, und dieselbe von einem, höchstens zwei Arbeitern bewegt werden kann. Die Fig. 151 a, b, Taf. IV, und Taf. X, Fig. 164 a und b zeigen diese Vorrichtung. Ueberschreitet die Breite der Schütze 4 ½ bis 5 ½ Fuss, so wendet man zwei Zugstangen an. Jede dieser kann entweder einzeln in ein Getriebe eingreifen, oder sie können beide zugleich durch einen gemeinschaftlichen Mechanismus gehoben werden.

Statt den hölzernen Wellen lassen sich die in Fig. 154 d, Taf. V angedeuteten eisernen Trommeln anwenden, in welche zum Drehen derselben Hebel gesteckt werden.

Taf. X, Fig. 167 a u. b zeigen eine sehr sichere Aufzugsvorrichtung. Statt der früher erwähnten gezahnten Stange ist hier eine Schraubenspindel, welche durch eine gezahnte bewegliche Mutter mit Leichtigkeit gehoben und gesenkt werden kann.

Jede Vorrichtung zum Heben einer Schütze muss immer für den grössten Wasserdruck und für eine gegebene Anzahl Arbeiter berechnet werden, und zugleich immer derart sein, dass sie unter allen Umständen genügt. Der Wasserdruck lässt sich leicht ermitteln, so bald die grösste Niveaudifferenz der beiden Wasserspiegel vor und hinten der Schütze bekannt ist. Nach dem Wasserdrucke bestimmt sich sodann die Reibung der Schütze in den Falzen, welche, wenn sich dieselbe gegen hölzerne Griessäulen lehnt, während der Bewegung ¼, und am Anfange der Bewegung etwa ½ ist.

In vielen Fällen sind die einfacheren Maschinen, welche man gewöhnlich wählen muss, bei der geringen Anzahl von disponiblen Arbeitern nicht genügend. Man pflegt alsdann *die Schütze der Höhe nach in zwei oder auch mehrere Theile zu zerlegen,* und jeden Theil durch entsprechende Vorrichtungen für sich zu heben. Soll das Wasser abgelassen werden, so hebt man zuerst die oberen Theile, und lässt das Wasser bis auf die Hälfte ablaufen, worauf das Heben des unteren Theiles nicht mehr Kraft als das des oberen erfordert. Eine solche Trennung der Schütze in ver-

schiedene übereinander gestellte Tafeln, ist jedenfalls eine zweckmässige Anordnung, nur müssen die Einrichtungen so getroffen werden, dass die Arbeiter unter allen Umständen die untere Schütze fassen und heben können, weil sonst die Freiarche ihrem Zwecke nicht entsprechen würde.

Die Fig. 169, Taf. XI zeigt, wenn auch eine primitive, doch eine solche häufig angewendete Anordnung. Durch Ketten, deren unterste Ringe immer in die Haken der Tafeln eingehängt werden müssen, wird eine Tafel nach der andern gehoben. Passender ist es jedoch, wenn die obere Schütze gleich durch Ketten mit der untern verbunden ist, wie Fig. 152 a u. b, auf Taf. IV zeigen. Sobald man die Ketten aufwindet, so hebt man zuerst die obere Schütze, entweder so hoch, dass sie ganz aus dem Wasser tritt, oder doch nur einen mässigen Druck erleidet, worauf sich die Verbindungsketten des nächst unterliegenden Schutztheils spannen, und dieselbe gleichfalls gehoben wird. Bei dieser Einrichtung muss entweder die Winde sehr hoch liegen, oder es muss die Vorrichtung getroffen werden, dass die obere Schütze von der unteren, sobald erstere aus dem Wasser gezogen, zu entfernen ist. Beim Herablassen hingegen muss man dafür sorgen, dass die Ketten nicht zwischen zwei Schützen liegen bleiben, sondern an der stromabwärts gekehrten Seite frei herabhängen.

Die Fig. 170 a und b, auf Taf. XI, zeigt eine solche getrennte Schütze, von welcher der obere Theil mittelst einer gezahnten Stange, und der untere Theil mittelst zweier Ketten und einer Welle hinaufgezogen wird. Würde man diese Schütze aus einer einzigen Tafel bestehen lassen, so würde zum Aufziehen derselben die vierfache Kraft erforderlich sein.

Zuweilen erhalten solche Schützen zu ihrem Aufziehen folgende empfehlenswerthe Einrichtung: der untere Theil hat, wie Fig. 150 a und c auf Taf. IV zeigt, zwei Zahnstangen und an seinem unteren Theile zwei hervorstehende eiserne Zapfen, welche mit den Verlängerungen der eisernen Bänder in Verbindung sind, die zur Befestigung der Zahnstangen dienen. Der obere Theil der Schütze läuft dagegen frei in den Falzen. Wird nun der untere Theil gehoben, so nimmt er, sobald er in gleiche Höhe mit dem oberen kommt, mittelst der besagten vorstehenden Zapfen denselben mit in die Höhe.

Ein Schleusenwehr, welches mehrere Oeffnungen hat, kann dadurch sehr in Gefahr kommen, dass zur Zeit des Eisganges grössere Stücke Eis gegen die Griessäulen stossen. Man hat hier zwei Mittel, dem Eise einen ungehinderten Durchgang zu verschaffen; das eine besteht darin, dass man, wenn das eisführende Hochwasser noch wenigstens um die grösste Dicke der Eisschollen höher ist, als die Schützen der Freiarche, den Griessäulen nur jene Höhe gibt, bis zu welcher die Schützen reichen, und statt der oberen Befestigung der Säulen durch die Griesholme, sie gegen anderwärtige an der Sohle festgemachte niedere Stützen oder Streben spreizt, wie es die Fig. 154 a, b und c, auf Taf. V zeigen. Oder man construirt die Griessäulen derart, dass sie sich nach Belieben herausheben lassen, wodurch sie in sogenannte Setzpfosten verwandelt werden, welche unten einen starken Zapfen erhalten, der in den Fachbaum eingreift, in welchem das Zapfenloch, das häufig durch eine entsprechende vertiefte gusseiserne Pfanne gebildet wird, eingetieft ist. Oben lehnen sich die Setzpfosten an den Griesholm an, mit dem sie verschraubt werden.

## §. 13.

Die Figuren 154 a, b, c und d, auf Taf. V zeigen den Grundriss und Querschnitt nebst einigen Details *der Freiarche im Oosbache zu Baden* *). Dieselbe ist der Art, dass bei Hochwasser die Stauung fast verschwindet, indem der feste Theil des Wehrkörpers nur etwas über einen Fuss Höhe beträgt. Der bewegliche Theil des Wehres besteht aus hölzernen Schützen, welche an Ketten hängen, die von eisernen Trommeln ausgehen. Für je eine Schütze sind zwei Trommeln angebracht, deren Umdrehung auf die schon erwähnte Art bewerkstelligt wird. Bei hohem Wasserstande schwimmen die Schützen frei an den Ketten hängend auf dem Wasser, oder können auch ganz abgenommen werden.

Taf. VI, Fig. 155 a, b, c, d und e zeigen eine eigenthümliche Constructionsart einer Freiarche, welche mit noch anderweitigen Vorrichtungen, die in der Figur nicht berücksichtigt wurden, bei dem *Wehr bei Hohensaathen an der Oder* **) Anwendung fand. Jeder der fünf Mittelpfeiler hat eine grösste Breite von 9 Fuss, jede der sechs Fluthöffnungen eine lichte Weite von 17 Fuss. Der Verschluss geschieht durch Setzpfosten (Schützbäume), welche zwischen den Pfeilern eingestellt werden, und durch Schützen, welche sich auf den Setzpfosten bewegen lassen. Ein ganz dichter Verschluss ist dadurch freilich nicht möglich, aber auch bei diesem angeführten Wehre nicht beabsichtigt. Die Setzpfosten, Fig. 155 d, sind in schrä-

---

*) Försters Bauzeitung.

**) Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen.

ger Richtung gegen einen Absatz der Sohle des Wehres eingestellt, ungefähr in der Mitte gegen in Mauerfalze eingelegte Balken verstrebt, Fig. 155 b, und an ihrem oberen Ende durch einen ähnlichen eingelegten Balken gestützt, an welchem sie auch durch eiserne Stifte in ihrer unverrückbaren Lage gehalten werden. Die Schützen bewegen sich zwischen Leisten, welche auf die Mitte der Setzpfosten genagelt sind, und können nun nach Bedürfniss gesenkt oder gehoben werden. Das Detail der Schütze zeigt die Fig. 155 e. Zum Einsetzen und Herausnehmen der Setzpfosten und der Schützen dient ein auf Eisenbahnschienen (die auf einer hiezu hergestellten Brücke ihr Auflager finden) beweglicher Krahn.

## §. 14.

Die vergleichsweise geringe Dauer des Holzes gegen Gusseisen bei Verwendung zu Constructionstheilen eines Wasserbauwerkes, welche abwechselnd nass und trocken werden, in Verbindung mit dem steigenden Preise starker Bauhölzer, war die Veranlassung, dass in der neueren Zeit bei einigen Wasserbauwerken statt Holz Gusseisen verwendet wurde.

Es sollen nun hier drei wirklich ausgeführte *Freiarchen mit Verwendung von Gusseisen* statt Holz kurz beschrieben werden.

Die auf Taf. VII in den Fig. 159 a, b und c sowohl im Grundrisse, Längen- als Querschnitt dargestellte Freiarche nebst Fahrbrücke befindet sich am Hüttelteiche zu Reilswerk in Oberschlesien *), und war eines der ersten derartigen Wasserbauwerke, welches ausgeführt wurde. Diese Freiarche ist 23 ½ Fuss im Lichten weit, und über dem Fachbaume 7 ½ Fuss hoch, im Vorboden 12 ½ Fuss, im Abschussboden 18 ½ Fuss lang. Die Ufereinfassungswände sind aus guten wasserfesten Ziegeln, das Grieswerk hingegen, der Griesholm und die Fahrbrücke von 10 ½ Fuss lichter Breite sind von Gusseisen. Fast sämmtliche Gussstücke, mit Ausnahme der Balken, auf welchen die Brückengeländer stehen, haben die einfache ⊤ Form. Die auf den hölzernen Fachbaum gelegte Platte, die Fachbaumplatte, ist mit Zapfenlöchern zur Aufnahme der Griessäulenzapfen versehen, die Streben stehen in gusseisernen Schuhen, welche auf Zangen, die in der Richtung des Abschussbodens auf Pfählen ruhen, aufgebolzt sind, während die vertikalen Brückenträger, deren jeder an seinem unteren Ende einen Sattel angegossen hat, mit diesem die Zange übergreifen und an ihr verbolzt sind. Die Schützenfalze sind hier durch Anschraubung von 3zölligen eichenen Bohlen auf die Mittel- und Endgriessäulen gebildet.

Ein zweites ähnliches Bauwerk ist die Freiarche oberhalb des Werkteiches zu Rybnikerhammer in Oberschlesien. Dieselbe ist auf Taf. VIII, in den Fig. 160 a, b und c dargestellt; sie ist zwischen den Endgriessäulen 20 Fuss breit, im Vorboden 6, im Abschussboden 12 Fuss lang und 7 Fuss hoch. Auch hier ist der Fachbaum aus Gusseisen hergestellt, an den Griessäulen sind Consolen angegossen, welche die Laufbrücke zum Ziehen der Schützen tragen, deren Bohlen durch Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen auf die Laschen der Consolen aufgeschraubt sind. Die mittlere der drei Griessäulen ist mit ⌋⌊ förmiger Strebe armirt, deren Fuss in einem eisernen Schuhe steht. Die Seitenmauern sind aus guten wasserfesten Ziegeln in Cement aufgeführt. — Dieses Bauwerk hat sich sehr gut bewährt.

Eine dritte derartige Freiarche ist die bei Rybnik, ebenfalls in Oberschlesien, sie ist 14 Fuss über dem Fachbaum hoch, 22 ¾ Fuss im Vorboden und 22 ¾ Fuss im Abschussboden lang. Die Fig. 161 a, b und c auf Taf. VIII stellen dieselbe dar. Die Einfassungsmauern sind so wie bei den vorbesprochenen hergestellt; das Grieswerk, der Holm, die Träger der Laufbrücke nebst ihren horizontalen Brückenbalken sind aus Gusseisen. Die Griessäulen zeigen hier die U Form, sind doppelt verstrebt, und mit 6 Zoll langen und 2 Zoll dicken Zapfen in den Fachbaum eingesetzt. Die ⊤ förmigen vertikalen Brückenträger sind zweitheilig, und dienen hier, ausser zum Tragen der Brückenbalken, noch dazu, die obere Strebe zu steifen und vor Durchbiegung zu sichern.

## §. 15.

Bei grösseren Oeffnungen wendet man nicht selten *statt der Schütze Balken* an, welche man einzeln ohne Falzung übereinander legt, so dass sie eine senkrechte Wand bilden, welche den Stau bewirkt. Man nennt sie *Einlagsbalken, Dammbalken* oder *Versatzbalken* *).

Selbst bei bedeutendem Wasserdrucke können Oeffnungen von 15 bis 20 Fuss Weite noch sicher mittelst Einlagsbalken geschlossen werden, ja es kommen Fälle vor, dass man Oeffnungen von

*) Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen.

*) Hagen, Wasserbau.

30 Fuss, sogar auch von 35 Fuss in gleicher Weise schliesst.

Besteht der Boden der Freiarche aus Holz, so muss der unterste Einlagbalken, ebenso wie früher die Schütze, auf den Fachbaum treffen, d. i. der Balken liegt stumpf auf dem Fachbaume auf, und seine obere Fläche ist mit den Bohlen des Vor- und Hinterbodens in gleicher Höhe. Hat aber die Freiarche einen massiven Boden, so pflegt eine Reihe von Quadern die Stelle des Fachbaumes zu vertreten, und gewöhnlich liegt der untere Einlagbalken wieder stumpf auf diese auf. — Manchmal macht man jedoch, durch die ganze Breite der Sohle, einen 4 Zoll tiefen Falz, in welchen der erste Balken hineingelegt wird, was jedoch keinen besonderen Vortheil bietet; im Gegentheile kann dieser Schluss, wenn Sand und Kies in dieser Nuth liegen bleiben, sehr leicht undicht werden. Die Köpfe der Einlagbalken müssen in den Pfeilern festgehalten werden, damit der Wasserdruck sie nicht herausstösst. Zu diesem Zwecke befinden sich in den Pfeilern vertiefte Rinnen oder Nuthen, welche auch Dammfalze oder Coulissen genannt werden.

Hat man hinlängliche Arbeitskräfte zur Verfügung, so wählt man zum Einlegen und Herausnehmen der Balken die einfachste Vorrichtung. Es werden nämlich die Balken, welche zu ihrer Handhabung an ihren Enden entweder feste Haken, Fig. 156 a u. b, Taf. VI, oder eiserne Bügel, Fig. 157 a und b, erhalten, wie Fig. 181, Taf. XV zeigt, einzeln eingelegt. Will man die Balken ausheben, so geschieht dies am leichtesten mittelst eines Hakens an einer Stange, der zugleich mit demjenigen Seile verbunden ist, woran der Zug ausgeübt wird. Da dieser Zug selten unmittelbar von einigen Arbeitern genügend ausgeübt werden kann, so wird mit dem Seile eine Erdwinde sehr zweckmässig in Verbindung gebracht. Beim Einlegen der Balken stellt sich gewöhnlich die Schwierigkeit dar, dass der Balken durch sein eigenes Gewicht nur so weit herabsinkt, als es sein specifisches Gewicht gestattet, und er bleibt schwimmend im Wasser. Um ihn vollends in die richtige Tiefe zu bringen, wird es nöthig, an beiden Enden Pfosten aufzusetzen und damit den Einlagbalken hinabzustossen. Dieses, so wie besonders das Ausheben der Balken, ist immer sehr schwierig und zeitraubend. Bei schnell eintretenden Hochwässern kann der Fall vorkommen, dass nicht alle Balken herausgebracht werden, was nachtheilige Geschiebablagerungen, ja selbst Ueberschwemmungen zur Folge hat.

Zur Abhilfe dieses Uebelstandes hat man Einrichtungen getroffen, womit *die ganze Balkenwand plötzlich entfernt* werden kann.

Die erste Art solcher Einrichtungen ist aus den Fig. 182 a und b, Taf. XV zu ersehen, und besteht darin, dass man die Dammbalken an der einen Seite nicht gegen den Vorsprung der Mauer, sondern gegen eine hölzerne Säule lehnt, die sich an ihrem unteren Ende um eine horizontale Achse drehen kann, und also umfällt, sobald man den Riegel, welcher sie an ihrem oberen Ende in ihrer vertikalen Lage festhält, zurückschiebt. Jeder solcher Damm- oder Einlagbalken ist an dem andern Ende mit einer Kette an der Mauer festgehalten, damit man ihn nach Ablauf des Hochwassers wieder herbeiziehen und einlegen kann. Bei diesem plötzlichen Oeffnen der Wand, welches mit grosser Heftigkeit erfolgt, treten häufig Beschädigungen ein, welche das Wiederaufstellen sehr erschweren. Es ist daher zu empfehlen, der Sicherheit wegen noch andere Falze vor dieser Vorrichtung in den Pfeilern anzubringen, um die etwa nothwendigen Reparaturen ohne Anstand vornehmen zu können.

Bei der zweiten Art dieser Einrichtungen lehnen sich die Einlagbalken gegen eine Wendesäule, welche sich um eine vertikale Achse drehen lässt. Diese Vorrichtungsarten verdienen jedenfalls den Vorzug vor den ersteren. Eine derselben ist auf Taf. XI, Fig. 171 a, b und c dargestellt. Am unteren Ende der Wendesäule erfolgt die Drehung um einen Zapfen, der in einer Pfanne steht, wie Fig. 171 c zeigt; am oberen Ende ist der Hals der Säule cylindrisch bearbeitet und wird von einem eisernen Halsbande umfasst, welches durch gehörig befestigte Anker mit der Mauer verbunden ist. Unter dem Halsbande hat die Wendesäule eine viel grössere Breite, so dass sie bei 6 Zoll über die Mauer vorspringt. Die Einlagbalken legen sich einerseits gegen diesen Vorsprung der Wendesäule, anderseits gegen einen in der Mauer angebrachten Falz. Die Wendesäule würde durch den Druck der Einlagbalken sogleich gedreht werden, wenn sie nicht durch eine besondere Vorrichtung gehalten wäre. Häufig geschieht dies durch einen horizontalen Hebel, welcher an ihrem Kopfe befestigt ist, und sich gegen einen beweglichen Haken oder Bolzen lehnt. Einfacher und eben so sicher ist die in der Figur angedeutete Vorrichtung mit einem kleinen Keile, der sich gegen ein Bohlenstück lehnt, das in das Mauerwerk eingelassen und mit Bolzen befestigt ist.

Will man die Balkenwand entfernen, so schlägt man nur den Keil los; so bald dies geschehen, dreht

sich die Wendesäule, und die Einlagbalken schwimmen mit dem Wasser fort; damit sie aber nicht verloren werden, pflegt man sie an den Enden, welche sich gegen den festen Mauerfalz lehnen, mit Ketten zu versehen, welche an die Mauer befestigt sind. Das Wiedereinstellen der Wand macht wenig Schwierigkeiten. Man zieht alle Balken durch die Schleuse in das Oberwasser, bringt die Wendesäule wieder in die ursprüngliche Stellung, befestigt sie durch den Keil, und lässt einen Balken nach dem andern einlegen, indem man das vordere Ende in den Mauerfalz schiebt, worauf er sich selbst vor die Oeffnung legt und sogleich herabgestossen wird.

Zuweilen erhält die Wendesäule auch eine andere Einrichtung, wodurch ein besserer Anschluss an das Mauerwerk möglich, und das Durchdringen des Wassers zwischen beiden vermindert werden kann. Fig. 183 a, b und c, Taf. XV stellen diese dar. Die ersteren zwei Figuren zeigen die Vorrichtung bei geschlossener Oeffnung. Die Wendesäule dreht sich in einer Nische, die in cylindrischer Form von nahezu 10 Zoll Halbmesser, möglichst sorgfältig in Werkstücken ausgearbeitet ist. Unten steht sie mit einer Pfanne auf einem aufwärts gerichteten Zapfen; oben dagegen wird ihr Hals, der mit einem Ringe aus Glockenmetall bekleidet ist, von einem eisernen Halsbande umfasst. Die Wendesäule, welche nur einen unbedeutend kleineren Halbmesser hat als die Nische, in welcher sie sich bewegt, hat der Länge nach einen Einschnitt, worin die Einlagbalken liegen, und die Ebene, wogegen sie sich lehnen, ist mit starkem Eisenblech verkleidet. Durch einen Zapfen in der oberen Fläche der Wendesäule, welcher behufs hinreichender Befestigung weit herabreicht, wird diese Säule, mittelst eines auf diesen Zapfen befestigten Hakens, der in eine in das Mauerwerk festgemachte und mit Blei vergossene Oese passt, in derjenigen Stellung festgehalten, welche nothwendig ist, um die Dammbalken zu unterstützen. An dem Haken selbst wird ein Vorhängschloss befestigt, damit nicht durch muthwilliges Auslösen desselben der Stau aufgehoben werden könne. Die Einlagbalken selbst werden auf die bekannte Weise versenkt. Will man den Stau aufheben, so wird nach Beseitigung des Vorhängschlosses der Haken aus der Oese geschlagen, worauf sich die Säule sogleich und so weit dreht, dass alle Balken gelöst und vom Wasser fortgeführt werden. Die Fig. 183 c zeigt die Stellung, welche die Wendesäule in diesem Falle annimmt.

## Schleusen- und Ueberfallswehre.

### §. 16.

Wird eine Freiarche mit einem festen Wehr verbunden, so entsteht ein *Schleusen- und Ueberfallswehr*. Ihr Zweck ist im kleineren Massstabe derselbe, wie jener der Freiarchen, nämlich, einen Theil des eintretenden Hochwassers abzulassen, damit ein geringerer Stau entstehe, und sonach Ueberschwemmungen vermieden werden.

Bei allen Wehranlagen in Flüssen und Bächen, welche zu verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Wassermengen führen, wo namentlich die Hochwassermenge beträchtlich grösser ist als die Niederwassermenge, sind Schleusenöffnungen zum Durchlassen des Hochwassers unentbehrlich.

Fig. 162 a, b u. c auf Taf. IX zeigen die Construction eines massiven, stromaufwärts gebogenen Schleusen- und Ueberfallwehres.

### §. 17.

Zuweilen wendet man bei dieser Gattung Wehre die sogenannten *Drehschützen* an, welche sich bei einem gewissen Stande des Hochwassers selbst öffnen. Sie sind gewöhnlich von Holz, können aber bei massiven Wehren auch mit Vortheil aus Eisen construirt werden. Sie werden gewöhnlich, um eine vertikale Achse sich drehend, hergestellt, obwohl sie auch, nach dem später zu beschreibenden Principe einer Art der beweglichen Wehre, um eine horizontale Achse sich drehend hergestellt werden können.

Die Fig. 163 a, b und c auf Taf. X zeigen den Grundriss, Quer- und Längenschnitt eines halbmassiven Wehres in Verbindung mit einer solchen hölzernen, aus einem Balkengerippe bestehenden und mit Bohlen verschalten Drehschütze. Dieselbe bewegt sich um eine eiserne vertikale Achse, die nicht ganz in der Mitte der Schütze angebracht ist. Der mit dem Wehre gleich hoch gehaltene Flügel ist breiter, als der höhere. Ist nun das Wasser nicht bedeutend höher als das Wehr, so ist der Druck auf den breiteren Flügel grösser, als der Druck auf den schmälern, und folglich bleibt die Schütze, welche links einen Anshlag hat, zu. Steigt aber das Wasser, so wird das Moment des Druckes auf den schmäleren Flügel grösser, als das Moment des Druckes auf den zwar etwas breiteren aber niederen Flügel, und die Schütze öffnet sich. Eine kleine Stossschwelle an der Bettung hindert dieselbe, sich weiter als bis zur Mitte zu öffnen. Die Schütze wird durch ein oben angebrachtes Sperrrad in der geöffneten Stellung festgehalten.

Um sich nun die Breite eines solchen Theiles zu bestimmen, sei, Fig. 176, Taf. XIII, a die Höhe des Wehrs, b ein Wasserstand, bei welchem sich die Schütze öffnen soll, c die Breite der Oeffnung und x die Breite des schmäleren Flügels. Im Stande des Gleichgewichtes müssen die Momente der Kräfte einander gleich sein, demnach

$$\frac{a}{2}(c - x)^2 (b - \frac{a}{2}) = \frac{x^2 b^2}{4}.$$

Setzt man $\frac{a}{2}(b - \frac{a}{2}) = m^2$, so ist

$$m^2 (c - x)^2 = \frac{x^2 b^2}{4}, \text{ und daher}$$

$$m (c - x) = \frac{x b}{2}, \text{ hieraus}$$

$$x = \frac{m c}{m + \frac{b}{2}}$$

Man kann nach dieser Gleichung das x construiren. Man ziehe nämlich in der bezeichneten Figur über $\overline{0.9} = b$ einen Halbkreis, mache $\overline{4.9} = \frac{a}{2}$, ziehe $\overline{3.4}$ senkrecht auf $\overline{0.9}$,

so ist $\overline{3.4} = \sqrt{(b - \frac{a}{2})\frac{a}{2}}$, folglich $= m$.

Macht man nun $\overline{5.10} = \frac{b}{2}$ und $\overline{5.6} = m$, zieht $\overline{6.9}$ und $\overline{5.7}$ parallel mit $\overline{6.9}$, so ist:

$$\overline{7.9} : \overline{6.5} = \overline{10.9} : \overline{10.6} \text{ oder}$$

$$\overline{7.9} : m = c : \frac{b}{2} + m, \text{ also}$$

$$\overline{7.9} = \frac{m c}{m + \frac{b}{2}} = x.$$

Der Nachtheil der Drehschützen besteht hauptsächlich darin, dass man die Schütze, wenn die Bettung versandet ist, nicht öffnen kann; diese Schütze ist deshalb jeden Tag, wenn auch nur kurze Zeit, zwar nicht ganz, doch etwas zu öffnen, damit das Wasser selbst allen Schlamm wegwasche, der sich allenfalls vor der Schütze abgelagert haben könnte. Drehschützen mit horizontaler Achse sind jedenfalls diesen vorzuziehen.

## §. 18.

Sollten andere Zwecke, z. B. der Betrieb der Flösserei, die Anlage von Schleusenöffnungen bedingen, so unterscheiden sich diese von den vorerwähnten gewöhnlich dadurch, dass der Fachbaum nicht in der Sohle des Wehres, sondern höher liegt.

Für die Durchfahrt der Schiffe hat man in früherer Zeit ähnliche verschliessbare Oeffnungen, sogenannte Durchlässe, in die festen Wehre gemacht. Dieselben sind aber als äusserst unbequem und gefährlich allwärts abgeschafft worden. Befinden sich jedoch zur Erlangung der Schiffbarmachung oder vielleicht auch aus anderen Ursachen feste Wehren in einem schiffbaren Flusse, so sind sie stets mit *Kammerschleusen* zu verbinden. Es sind dies für die durchfahrenden Schiffe hinlänglich grosse Räume, oder Kammern, die von zwei Seitenwänden, und an ihren vorderen und rückwärtigen Enden mit Thoren begrenzt sind. Soll ein Schiff aufsteigen, so öffnet man die Unterthore, führt das Schiff in die Kammer, schliesst die Unterthore, lässt das Oberwasser durch Ziehschützen der Oberthore, oder durch in den Mauern angebrachte Umläufe in die Kammer eintreten, bis die Wasserspiegel in gleichem Niveau stehen, öffnet die Oberthore und führt das Schiff hinaus in das Oberwasser. Für die Thalfahrt gilt das umgekehrte Verfahren.

Die Construction dieser Kammerschleusen in allen ihren Theilen wird im Detail bei dem Kanalbaue, wo sie eine Hauptrolle spielen, besprochen werden, weshalb man sie hier nicht näher behandelt.

Diese Kammerschleusen dürfen indess niemals von dem Wasser durchströmt werden, weil dies höchst nachtheilig für die Erhaltung des Mauerwerkes und der Thore wäre; man muss daher für den Durchgang des Hochwassers, wenn es nothwendig sein sollte, noch besondere Oeffnungen, d. h. Schleusen-Oeffnungen, mit dem festen Wehr in Verbindung bringen. Solche Schleusen-Oeffnungen müssen sich immer an ein Ufer, und zwar an dasjenige anschliessen, welches für die Bedienung derselben am zweckdienlichsten erscheint. Man könnte das Wehr auch in der Mitte durchbrechen, allein dieses würde für den Dienst eine Brücke bedingen und den Kostenaufwand vergrössern, obwohl die Anlage der Kammerschleuse in diesem Falle mit dem Thalwege, d. i. mit der grössten Tiefe des Flusses zusammenfiele. — Die Kammerschleuse muss so placirt werden, dass das Wehr an das Unterhaupt derselben sich anschliesst, weil alsdann das Fundament der Seitenmauer der Kammerschleuse weniger durch die vom Wehr herabstürzende Wassermasse gefährdet wird, eine Versandung am Unterhaupte mittelst der Schleuse selbst weggespült werden kann, und für die Einfahrt in das Oberhaupt immer die nöthige Fahrwassertiefe vorhanden sein wird. — Die Lage der Kammerschleuse ist jedenfalls von der Lage des Leinpfades

abhängig. Gewöhnlich liegt dieser auf der Seite des Flusses, wo die grösste Tiefe und das beste Fahrwasser ist. Jede andere Lage der Kammerschleuse wäre für die Bedienung derselben und für den Zug der Schiffe unbequem und der Schifffahrt hinderlich. Die allenfalls noch angebrachten Schleusenöffnungen schliessen meistens direkt an die Kammerschleuse an, was, wenn nicht locale Verhältnisse eine andere Disposition erfordern, stets das Beste ist. — Keinesfalls darf aber die Anlage einer Kammerschleuse das Durchflussprofil verengen; sie darf daher nicht in das Flussbett gestellt werden. Man pflegt sie gewöhnlich neben der Uferlinie zu placiren und hiezu, damit die Schiffe bequem ein- und ausfahren können, die nöthigen Ausgrabungen zu machen.

Bildet ein Fluss eine scharfe Krümmung, so geschieht es häufig, dass man die Kammerschleuse in einem eigenen Schifffahrtskanal anlegt, welcher die Krümmung abschneidet und oberhalb vom Wehre des Flusses einmündet. Man legt die Kammerschleuse, welche in diesem Falle im Trockenen erbaut werden kann, ungefähr 100 bis 200 Fuss vor der Ausmündung des Kanals an, weil sodann Verschlammungen der Ausmündung durch die Schleuse selbst weggespült werden können. Einer Verschlammung oder Versandung des oberen Kanaltheiles wird dadurch vorgebeugt, dass man an der Einmündung ein bei dem Kammerschleusenbau beschriebenes Schleusenhaupt mit einem Stemmthore oder mit Falzen für Einlagbalken erbaut, damit zur Zeit der Hochwässer eine förmliche Abschliessung des Kanals stattfinden kann.

§. 19.

Die lichte Weite der Oeffnung bei einem Schleusen- und Ueberfallswehr muss natürlicher Weise immer durch Berechnung ermittelt werden. Ist z. B. die grösste Wassermenge, welche der Fluss in einer Sekunde abführt = M Kub.-Meter, und gehen bei zulässiger, gegebener Stauhöhe nur M′ Kub.-Meter über das feste Wehr, so müssen M — M′ Kub.-Meter durch die Schleusenöffnung abfliessen. Die Masse des Wassers, welche durch die Schleusenöffnung abfliessen muss, ist demnach jedenfalls bestimmt. Ist nun Taf. XIII, Fig. 177 A B F G das Längenprofil des Wehrs durch die höchsten Punkte der Wehrkrone (durch den Fachbaum), H die Höhe des noch zulässigen gestauten höchsten Wassers über dem Fachbaum der Schleusenöffnung C E G A, h die Höhe dieses Wassers über den höchsten Punkten der Wehrkrone, und zugleich die Höhe vom Hochwasser bis zum oberen Rand der Oeffnung, b die Breite der Schleusenöffnung, und hat das an die Schleuse ankommende Wasser die Geschwindigkeit c, so ist die durch die Schleuse C E G A wie durch eine feste Wand abfliessende Wassermasse:

$$M - M' = \tfrac{2}{3}\, mb \sqrt{2g} \left[ \left( H + \frac{c^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( h + \frac{c^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

Aus dieser Gleichung ist bei bekannten H, h und M — M′ die Breite der Schleusenöffnung b leicht zu finden. g bedeutet wie früher die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers und ist = 9.808 Meter.

Bei dieser Ermittlung kann es sich bei besonders grossen Hochwässern zuweilen treffen, dass der feste Theil des Wehres ganz wegfällt, und die Stauanlage sich in ein Schleusenwehr mit mehreren Oeffnungen verwandelt.

## Bewegliche Wehre.

§. 20.

Zur Zeit der Hochwässer beschränken die Wehre das Flussprofil, und hemmen ihren Abfluss dergestalt, dass bei niederem Ufer nur zu häufig Ueberschwemmungen in den oberhalb gelegenen Gegenden die Folgen hievon sind. Feste Ueberfallswehre sind in hydrotechnischer Beziehung immer verwerfliche Anlagen. Man hat daher dem Wehre die Einrichtung gegeben, dass dasselbe zur Zeit der Hochwässer entweder um einen Theil seiner Höhe, oder um seine ganze Höhe erniedert werden kann. Im ersten Falle besteht das Wehr aus einem ziemlich tief liegenden festen Theile, und einem bis an die Wehrkrone reichenden beweglichen Aufsatze, welcher in die Höhe gestellt wird, wenn der Stau bei kleinem Wasser eintreten soll; im zweiten Falle ist nur die Wehrbettung von Stein, der ganze Wehrkörper aber ist entweder aus einzelnen Rippen oder Flügeln in der Art construirt, dass er in Falze an der Wehrbettung eingelegt werden kann, so bald die Hochwässer eintreten und eine Beschränkung des Flusses nicht mehr gestattet ist. Man nennt diese Wehranlagen: *bewegliche Wehren.* Für die Flussschifffahrt, so wie für die Erhaltung des regelmässigen Zustandes eines Flusses, in welchem mehrere Wehre liegen, ist die Erfindung der beweglichen Wehre eine der wichtigsten, die in der neueren Zeit in der Wasserbaukunst gemacht worden sind.

Man hat schon verschiedenartige Constructionen beweglicher Wehre ersonnen und hin und wieder ausgeführt.

Es wurde öfter vorgeschlagen, ein solches Wehr aus nebeneinander gestellten Kasten zusammenzusetzen, die so belastet sind, dass sie bei kleinem Unterwasser auf der Sohle des Flussbettes aufstehen, bei Anschwellungen aber selbst gehoben werden und fortschwimmen. Es ist klar, dass die Schwierigkeiten der Ausführung und namentlich der Aufstellung solcher Kasten bedeutend sind, und deshalb solche Wehre nie zur Ausführung kommen dürften.

Eine Reihe nebeneinander gelegter Freiarchen bildet eigentlich schon ein bewegliches Wehr. Das Oeffnen und Schliessen derselben ist jedoch so mühsam und zeitraubend, dass man nur dann davon Gebrauch machen kann, wenn bedeutende Menschenkräfte jederzeit disponibel sind, wie z. B. in Festungen zur Bildung der nothwendigen Inundationen. Nur dann, wenn der Druck des stehenden oder strömenden Wassers selbst die bewegende Kraft zur Beseitigung und zur Aufstellung der Stauvorrichtung ausübt, wäre die Lösung der Aufgabe von beweglichen Wehren eine vollständige. Da man jedoch die Vollkommenheit einer Sache nie, höchstens nur annähernd erreicht, so begnügt man sich auch hier nur damit, dass man diese Vorrichtungen unbeschadet ihrer erforderlichen Stabilität, mit einer möglichst geringen Kraft in kürzester Zeit handhaben könne.

## §. 21.

Bei der Schiffbarmachung des *Lehigh-Flusses in Pennsylvanien* *) erbaute Josiah White mehrere bewegliche Wehre, nach dem auf Taf. XV, Fig. 158 a, b und c dargestellten Principe. Zwischen zwei, die Stauvorrichtung einschliessenden Pfeilern ist das Flussbett mit einer gemauerten Sohle a versehen. Das bewegliche Wehr wird durch zwei hölzerne Thorflügel b, b gebildet, welche mit Charnieren an diese Sohle befestigt sind und sich in eine zu diesem Ende angebrachte Vertiefung c platt übereinander niederlegen. Der eine Pfeiler d enthält eine Kammer e, deren Sohle in einer Ebene, mit der für die Aufnahme der Thorflügel bestimmten Vertiefung c liegt. Diese Kammer hat drei Oeffnungen, den Zuleitungskanal f, den Ableitungskanal g und die Oeffnung h, welche die Verbindnng der Kammer mit dem Raume unterhalb der beiden Thorflügel b herstellt. Die beiden Kanäle f und g für die Zu- und Ableitung des Wassers sind mit Schützen versehen, welche mittelst einer in der Kammer des Pfeilers angebrachten einfachen Vorrichtung so in Verbindung gesetzt sind, dass wenn die eine niedergelassen, zugleich die andere aufgezogen wird. Um nun das Wehr aufzurichten, hat man nur die Schütze i zu öffnen, und somit die Schütze k zu schliessen. Da das Wasser oberhalb des Wehrs höher steht als unterhalb, so dringt es durch den Kanal f in die Kammer, und aus dieser durch die Oeffnung h unter die Flügel, welche es aufhebt, und da diese sich um eine horizontale Achse drehen, sie in die in der Fig. 158 a ersichtliche Lage bringt, indem ein weiteres Oeffnen der Thore durch in der Mauer angebrachte Falze und durch eine an der unteren Seite des grösseren Thores vorstehende Leiste verhindert wird. Die Thore dürfen sich nie so weit heben, dass sie senkrecht gegen einander stehen, weil sie in diesem Falle nicht geschlossen werden könnten. Um das Wehr nieder zu legen, wird die Schütze k geöffnet und somit i geschlossen; es hört hiedurch der Druck oberhalb des Wehres auf, die dasselbe stützende Wassermasse fliesst durch die Oeffnung h in die Kammer e, und von da durch den Kanal g ab, und die Thorflügel senken sich unter dem Drucke des überstürzenden Wassers. Der Stau, welcher durch diese beschriebenen, beweglichen Wehre hervorgebracht wird, beträgt in einem Falle sogar bei 29 Fuss. Auch ist ein Wehr dieser Art in *Württemberg, in der Enz bei Besigheim*, mit vollständigem Erfolge ausgeführt worden.

*) Hagen, Wasserbau.

## §. 22.

Andere Stauvorrichtungen legen sich von selbst nieder, sobald ein höherer Wasserstand eintritt. Hieher gehören vorzugsweise das Doppelthor mit horizontaler Achse. Stellt man eine vertikale Ebene, die um eine horizontale Achse beweglich ist, in ein fliessendes Wasser, so wird dieselbe streben, sich horizontal, entweder stromaufwärts oder stromabwärts, zu legen, je nach der höheren oder niedereren Lage der Achse. Für eine Lage der Achse wird ein Gleichgewicht der Ebene stattfinden, und zwar wenn die Achse durch den Mittelpunkt des Druckes geht. Dieser liegt bei einer rechteckigen Fläche, deren oberer Rand bis an das Niveau des Wassers reicht, in dem dritten Theile der Höhe. Ist nun die Achse so befestigt, dass für eine gegebene Wasserhöhe die vertikale Ebene im Gleichgewichte steht, so wird, wenn das Niveau des Wassers sich ändert, auch das Gleichgewicht verloren gehen, und die eingestellte Ebene sich umlegen. Die Construction des Wehrs *an der Brücke von Prad zu Riom* *), beruht auf diesem

*) Förster's Bauzeitung.

Principe. Es besteht, Taf. XIII, Fig. 178 a, b u. c, aus drei ganz ähnlichen Thoren, welche durch zwei Mittel und zwei Landpfeiler begrenzt sind. In diese sind die eisernen horizontalen Achsen, welche auch in ihrer Mitte eiserne Stützen haben, befestigt. Falze in den Pfeilern geben den Thoren in der niedergelegten Lage eine Stütze. Die Höhe dieser hölzernen Thore und die Lage der Achse ist für einen bestimmten Wasserstand ermittelt, und das Gleichgewicht wird, so bald das Wasser nur um einen Centimeter über die Thore steigt, schon gestört und legt sie um. Nach Abfluss des Hochwassers bietet die Schliessung des Wehres keine Schwierigkeiten. Es genügt, die Thore von den Pfeilern aus an ihrem oberen Rande mittelst Schiffhaken aufzuheben. Der Schluss des Thores mit der Sohle des Mauerwerks geschieht, wie Fig. 178 c zeigt, nach einer geneigten Ebene, um die Ablagerungen von Sand und Geschiebe, welche einen vollkommenen Schluss verhindern würden, zu vermeiden. Um einen solchen zu bewirken, ist es hinlänglich, dass man die Thore langsam schliesst, wodurch auf der schiefen Ebene ein heftiger Strom erzeugt wird, der alle Ablagerungen mit fortnimmt. Dergleichen Drehthore lassen sich auch durch angehängte Gewichte in der aufrechten Stellung erhalten, bei höheren Wasserständen geben die Gewichte aber nach, die Thore legen sich nieder und erheben sich wieder von selbst, sobald das Hochwasser verlaufen ist. Diese Einrichtung ist bei der Schiffbarmachung der Ouse oberhalb York in Ausführung gekommen, und hat günstige Resultate geliefert.

## §. 23.

Eine andere sinnreiche Anwendung solcher Thore hat der Ingenieur *Thenard am Isle Flusse* *) in Ausführung gebracht, welche nicht nur die Vortheile des vorbeschriebenen Systems, sondern noch den gewährt, dass selbst ein starker Eisgang darüber gehen kann, ohne Beschädigungen zu verursachen. Es waren in diesem Flusse neue gemauerte Wehre erbaut, welche den Wasserstand bei dem Hochwasser zu sehr erhöhten und Ueberschwemmungen verursachten. Thenard schlug daher vor, die Krone dieser Wehre zu erniedern, damit bei Hochwasser das Profil zum Abfluss desselben sich vergrössern; um aber bei einem niederen Wasserstande doch die nöthige Stauhöhe zu erreichen, schlug er ferner vor, den oberen abgetragenen Theil des Wehres als bewegliches Wehr zu construiren. Der bewegliche Theil dieses 150 Fuss langen Wehres besteht aus zwei Reihen beweglicher Thore oder Klappen (Fallthüren) von Eichenholz, Taf. XI, Fig. 172 a, b c und d, wovon jedes einzelne 2 Meter lang, 1 Meter hoch und durch zwei eiserne Charnierbänder mit einer auf dem Mauerwerk befestigten Langschwelle verbunden ist. Die stromaufwärts angebrachten Thore heissen Gegenthore; sie dienen nur dazu, die Möglichkeit darzubieten, die andern, das eigentliche Wehr bildenden Thore aufstellen zu können. Schwillt nun das Wasser an, und es sollen einige oder alle Fallthüren niedergelegt werden, so begibt sich der Schleusenwärter mit einer tragbaren Kurbel auf die Ufermauer, durch welche eine vertikale Welle herausreicht. Diese hat an ihrem im Niveau des massiven Wehrrückens gelegenen unteren Ende ein Getriebe, welches in das gezahnte Ende einer Stange a e, Fig. 172 e, eingreift, welche nach der ganzen Länge des Wehres auf dem Mauerwerk, und entlang der Füsse der in Fig. 172 b und c ersichtlichen eisernen Streben, auf welche sich die stromabwärts umliegenden Thore stützen, fortläuft. Diese eiserne Stange liegt in eisernen, in das Mauerwerk versetzten Ringen, und ist in ihrer Länge so oftmal um $0.03$ Meter verschiebbar, als es Fallthüren gibt, so dass auf diese Weise die Füsse aller Streben, von der entferntesten an, nach und nach von den an der eisernen Stange angebrachten Ansätzen e, e′, e″ Fig. 172 b ergriffen, ihrer Stütze beraubt werden und die Thore sich folglich niederlegen. Sind die Hochwasser abgelaufen und sollen die Thore aufgerichtet werden, so ist es vor allem nöthig, den Wasserabfluss zu verhindern, indem man so schnell als möglich die Gegenthore, welche sonst unter allen Umständen flussaufwärts umgelegt sind, aufstellt, worauf sie in dieser Lage, durch einen mit einer Feder versehenen Riegel l, der in einen Schliesshaken m eingreift, erhalten werden. — Um dieses Aufheben zu bewirken, begibt sich der Schleusenwärter mit seiner Kurbel auf die erwähnte Seitenmauer, wo sich auch noch eine andere vertikale Welle befindet, die ebenso wie die frühere, in das gezahnte Ende einer zweiten flachen, eisernen Stange a a eingreift, die nach der ganzen Länge des Wehres auf einem Holme ruht, und parallel mit dem Wehre, in einer Entfernung von $0.75$ Meter oberhalb den Thoren fortläuft. Durch das Drehen der Kurbel zieht der Wärter die eiserne Stange gegen sich, und lässt sie der Länge nach so oft $0.03$ Meter durchlaufen, als Gegenthore aufgehoben werden sollen. Diese Stange drückt mit ihren Ansätzen die Federn, welche die Riegel an ihrem Platze erhalten, zusammen, und hakt dadurch

*) Förster's Bauzeitung.

die letzteren los. Jedes ausgehakte Gegenthor wird sogleich vom Strome ergriffen und in die senkrechte Lage gestellt, in welcher es durch eine doppelte Kette erhalten wird. Auf diese Art wird der Wasserabfluss fast augenblicklich gehemmt, der Wärter steigt sodann auf das Mauerwerk des Wehres, wo er die Enden der an den Thoren (Fallthüren) befestigten Streben ergreift, die Thore eines nach dem anderen aufstellt und die Streben gegen ihre Stützplatten stellt. Sind die eigentlichen, d. h. die letzteren Thore aufgestellt, so wird sich bei dem fortwährend steigenden Oberwasser, der Raum zwischen diesen und den Gegenthoren, welche eine geringere Höhe haben als erstere, mit Wasser anfüllen, worauf letztere, vom Wärter mit einem Haken zurückgestossen, sich stromaufwärts umlegen und sich selbst wieder einhaken. Die Leichtigkeit, mit der die Fallthüren während eines Hochwassers von einem einzigen Arbeiter niedergelassen werden, und der Umstand, dass man von den Widerlagern aus jede beliebige Durchflussöffnung herstellen kann, bilden die Hauptvortheile dieses Systems. Die Kosten der Ausführung sind wohl nicht gross, doch dürften die der Reparaturen ziemlich bedeutend sein. Die stromaufwärts gerichteten Gegenthore sind jedoch dem Stosse des vom Wasser mitgeführten Gerölles und Kieses ausgesetzt; dies und das oft nöthige rasche Aufschnellen derselben, wodurch das ganze Wehr schädlichen Erschütterungen ausgesetzt ist, machen häufige Ausbesserungen nöthig, welche unter Wasser schwer auszuführen sind. Endlich ist hier noch der unbequemen Stellung des mit dem Aufrichten der Fallthüren betrauten Wächters zu erwähnen, der auf das Mauerwerk steigen muss, um von hier die eigentlichen Stauthore zu stellen.

Dieses so wie das zuvor beschriebene Wehr, lassen sich jedoch bei solchen Flüssen nicht anwenden, welche bei hohen Wasserständen viel und grössere Geschiebmassen mit sich führen.

## §. 24.

Bei niederem Wasserstande kann man den Stau auch durch Thore hervorbringen, *welche sich um eine vertikale Achse drehen.* Von den verschiedenen Nachtheilen, welche übrigens diese Construction hat, ist einer der grössten, dass die Thore, wenn sie geöffnet sind, mitten im Strome stehen bleiben und daher den Beschädigungen beim Eisgange sehr ausgesetzt sind. Ausserdem kann beim Zumachen des Thores nur derjenige Flügel, der sich stromaufwärts öffnet, gegen eine Schwelle oder einen Falz in dem Boden gelehnt werden, während der stromabwärts aufgehende keine solche Stütze haben kann, weshalb solche Thore eine sehr feste Verbindung haben müssen, was bei Thoren von grosser Breite nicht zu erzielen ist.

Ein nach solchem Principe ausgeführtes, bewegliches Wehr ist auf Taf. XVII in den Fig. 185 a, b u. c im Grundrisse, in der Ansicht und im Querprofile dargestellt. Jede der Oeffnungen ist etwas über 90 Fuss breit und wird durch zwei Drehthore geschlossen, deren Achsen sich genau in ihrer Mitte befinden, wodurch der Druck des Wassers gegen beide Flügel gleich ist. Das Oeffnen und Schliessen erfolgt durch ein Getriebe, das in einen gezahnten Quadranten an der Achse eingreift. Um dem Durchbiegen der sich stromabwärts öffnenden Flügel vorzubeugen, werden dieselben, so lange die Thore geschlossen bleiben, jeder durch drei eiserne Riegel in eine Nuthe der Mauer gepresst. Die Laufbrücke, welche zugleich die oberen Theile der Achsen der Thore hält, daher sehr fest und steif sein muss, besteht aus zwei neben einander gelegten Balken, die theils durch Andreas-Kreuze, theils durch eingelegte gusseiserne Rahmen fest mit einander verbunden sind, wie Fig. 185 d zeigt.

Eines solchen von *Prony vorgeschlagenen* Wehres soll hier erwähnt werden. Taf. XI, Fig. 173 zeigt den Grundriss hievon. Die Breite der Oeffnungen, welche ungleich sind, beträgt 28 und 38 Fuss. Die Pfeiler, welche die Achsen der Thore halten, schützen dieselben zugleich, wenn sie geöffnet sind, vor Beschädigungen anschwimmender Gegenstände, indem sie nichts anders sind, als gewöhnliche Eisbrecher. Jedes Thor besteht aus zwei mit einander verbundenen Flügeln. Der längere 24 Fuss lange Flügel ist stromaufwärts gekehrt, und dient zur Schliessung der einen Hälfte der anliegenden weiteren Oeffnung; der kürzere, 19 Fuss lange, stromabwärts gekehrte Flügel gehört dagegen zum Schlusse der schmalen Oeffnung. Diese Flügel können entweder ganz aus Holz oder mittelst Anwendung gusseiserner Rahmen erbaut werden, und reichen nicht bis zur massiven Sohle herab, sondern lassen zwischen sich und der Sohle einen Raum frei, der bei dem beabsichtigten Stau während des niederen Wasserstandes zur Abführung der ganzen Wassermasse hinreicht. Wird der Wasserstand grösser, so öffnet man einige Schützen, die in dem längeren Flügel angebracht sind, wodurch der Druck auf denselben geringer wird, als auf den kürzeren Flügel. Beide Thore werden sich sodann von selbst drehen und stehen, geöffnet und möglichst gesichert, ihrer ganzen Länge nach in der Mitte der

Eisbrecher. Sind die Thore geschlossen, so stemmen sie sich nicht nur mit den längeren Flügeln gegen einander, sondern es lehnt sich auch jedes Thor an drei Pfähle, wovon zwei zum Eisbrecher gehören, während der dritte, so tief abgeschnitten, dass nur die Rahmen der längeren Flügel dagegen sich lehnen können, jedesmal in der Mitte der grösseren Oeffnung steht. Auch statt der Schütze in dem grösseren Flügel sind kleine Drehthore von 1 Fuss 10 Zoll Breite anempfohlen, die wie die grossen Thore an einem Ende stromaufwärts und am anderen Ende stromabwärts zusammenstossen und von einer Laufbrücke bewegt werden können.

§. 25.

In neuerer Zeit fanden die sogenannten *Nadelwehre* öfters Anwendung.

Die einfachste und älteste Einrichtung dieser Art wäre folgende: Man legt auf die Sohle des Flussbettes oder auf eine Bettung desselben eine Schwelle, und über dem Wasser vertikal darüber horizontal einen Balken, der auch Griesholm genannt wird. Dieser muss so eingerichtet sein, dass er entweder von der Ufermauer aus, oder über einem Pfeiler um eine vertikale Achse gedreht, und an das Ufer oder auf einen Mittelpfeiler gezogen werden könne, damit der Durchgang der Schiffe ermöglicht werde. Gegen diese Schwelle und gegen diesen Balken lehnt man, um einen Stau hervorzubringen, schmale Latten oder sogenannte Nadeln, die entsprechend lang und dick sind, von recht gerade gewachsenem Holze, um sich möglichst scharf zu berühren. Diese Nadeln sind an ihrem oberen Ende cylindrisch abgerundet und haben an ihrem oberen Theile eine Oese, durch welche, wenn sie eingestellt sind, eine Leine durchgesteckt ist, deren beide Enden an den beweglichen Balken befestigt werden. Taf. XI, Fig. 174 a und b zeigt diese Einrichtung in der Ansicht und im Profil. Auf eine vollständige Wasserdichtigkeit ist indessen bei dieser Gattung der Wehre nicht zu rechnen. Soll die Stauvorrichtung entfernt werden, so löst man das bewegliche Ende des Balkens, die Stauvorrichtung drängt ihn stromabwärts und alle Nadeln, welche die Stauwand bildeten, werden frei und folgen dem Balken, an welchen sie mittelst der erwähnten Leine befestigt sind. Ein solches Wehr lässt sich fast augenblicklich entfernen.

Diese Wehre haben jedoch nach und nach eine wesentliche Verbesserung erhalten, welche sich zum Theil auf solidere Constructionen, zum Theil auf bequemere und mehr gesicherte Handhabung, hauptsächlich aber darauf beziehen, dass der Griesholm nicht mehr aus einem Stücke besteht, sondern aus kleinen Theilen, welche durch eine Reihe beweglicher Böcke, die bei Oeffnung des Wehres in eine entsprechende Vertiefung der Sohle umgelegt werden können, unterstützt werden. Es werden hiedurch Mittelpfeiler entbehrlich, und man kann ein solches Wehr über breite Flüsse und Ströme ohne Unterbrechung ausdehnen.

§. 26.

Ein solches sinnreiches *von Poirée**) *construirtes Wehr* zeigt auf Taf. XIII, Fig. 179 a im Grundrisse, Fig. 179 b ist ein Theil des Grundrisses im grösseren Massstabe, Fig. 179 c stellt das Profil des Wehres dar, Fig. 179 d, e und f sind einzelne Theile des Wehres, endlich Fig. 179 g ist eine Hebelbarre zum Umlegen der Wehrrippen. Von Meter zu Meter sind eiserne Rippen, deren Form aus Fig. 179 c zu ersehen ist, aufgestellt, welche sich um an der vertieften Sohle des Wehres angebrachte horizontale Achsen drehen lassen. Dieselbe Figur zeigt die Lager für die Drehzapfen. Auf diesen Rippen liegen Bohlen P und P′, welche sowohl als Arbeitsbrücke, als auch als Stützen für die hölzernen Nadeln dienen. Beide Bohlen haben an der Unterseite Leisten, damit sie, wenn sie sich gegen die Köpfe der Rippen stützen, nicht abgleiten. Die vorderen Bohlen P, deren Ecken abgerundet und mit Eisen beschlagen sind, lehnen sich gegen die stromaufwärts abgerundeten Zapfen C, C′ und C″, und diese Bohlen dienen zugleich als Verbindungsmittel für die Rippen, indem sie mit ovalen Löchern versehen sind, durch welche die cylindrischen Zapfen B″ gesteckt werden. Sämmtliche Nadeln eines jeden Faches, wie z. B. T, T′ und T″, sind an ihren Köpfen durch eine Leine zusammengefasst, welche z. B. bei dem Fache T, nachdem sie alle Nadeln gefasst, durch ein Loch in den Bohlen P und durch das Oehr eines Bolzens unter dem Bohlen P′ hindurchgeht, somit sämmtliche Holztheile des Faches zusammenhält. Diese Leine hängt mit einem Tau zusammen, das an eine der letzten Rippen des Wehrtheiles, der aufrecht stehen bleibt, oder an das Ufer befestigt ist. — An eigenen Ringen der Stemmzapfen c, c′ und c″ ist eine Kette befestigt, in der Zeichnung ist sie nicht angegeben, welche dazu dient, die Rippen zum Aufrichten in die Höhe zu ziehen. Ist das Wehr aufgestellt, so können diese Ketten entweder zwischen den Rippen, welche sie verbinden,

---

*) Förster's Bauzeitung.

herabhängen, oder sie werden vor die Nadeln geworfen.

Um die Art der Umlegung eines Faches, z. B. des Faches T, Fig. 179 b, einzusehen, muss man berücksichtigen, dass durch die Behandlung der vorhergehenden Fächer der in O befindliche Zapfen entfernt, und die Rippen durch eine Stange mit Backen provisorisch verbunden wurden. Zur Fortsetzung des Verfahrens ist der Wehrmeister mit einer Hebelbarre, Fig. 179 g, versehen, die aus einem knieförmig gestalteten Theile A, D, G und H besteht, der am Ende mit zwei Backen A, und bei D und H mit Hülsen versehen ist, in denen sich eine gerade Stange J K bewegt, welche der Hebel L M so weit vorwärts schieben kann, bis der Vorsprung K an die Hülse D stösst. Der Wehrmeister, welcher sich auf der Arbeitsbrücke des Faches T′ befindet, ergreift die Backenstange, Fig. 179 h, legt sie an die Köpfe der Rippen F′ und F″, fasst dann, während sein Gehülfe den Zapfen bei O′, der noch das Brett P festhielt, entfernt hat, mit den Backen der Hebelbarre durch die Löcher der Bohlen den Kopf der Rippe F″ und stösst die bewegliche Stange nach vorwärts, deren Ende nun auf den Kopf der Bohle P′ trifft. Vermöge der so hervorgebrachten Bewegung wirkt dieses Brett durch seine Leiste auf den Kopf der Rippe F und dreht diese um ihre untere Achse so, dass bald die Kante des Zapfens C der abgerundeten Ecke des Brettes P gegenüber zu liegen kommt; worauf der Druck der Nadeln diese Bohle zurückstösst und die Rippe F so weit zur Seite drückt, dass sie vollends auf die Wehrbettung herabfällt. Die Nadeln und Bohlen des Faches T, ihrer Stütze beraubt, werden von der Strömung mit fortgerissen und hängen sich mit ihrer Leine an das Haupttau. Legt sich die Rippe F nicht ganz in die vertiefte Bettung, so muss sie vollends hinabgestossen werden. Soll nun das Fach T′ niedergelegt werden, so bringt man die Backenstange und die Hebelbarre auf das Fach T″, macht den Zapfen B″ los und verfährt in gleicher Weise, wie bei dem Fache T. Zwei Menschen sind hiezu ausreichend und brauchen zur Oeffnung eines Durchlasses von 30 Meter Weite, d. i. zur Umlegung von 30 Fächern, nur 6 Minuten. Doch kann man sich bei dieser Schnelligkeit nicht überzeugen, ob die Rippen gehörig in der Bettung liegen. Um sich auch hievon gleichzeitig zu versichern, braucht man zur Oeffnung eines Durchlasses von 30 Meter 10 Minuten.

Um das Wehr aufzurichten, erhebt man die Rippen durch Anziehen mittelst der erwähnten Kette, verbindet sie durch die Backenstange, Fig. 179 h, mit der vorhergehenden schon aufgerichteten Rippe, und bringt die Bohlen der Arbeitsbrücke wie die Nadeln fachweise wieder an ihre Stellen. Zur Aufrichtung eines einzelnen Faches braucht man 3 Minuten Zeit. Zwei, höchstens drei Mann genügen für den Dienst des Wehres hinlänglich, und das Oeffnen des Wehres kann mit Leichtigkeit bei Tag und Nacht geschehen.

## §. 27.

*Chanoine vereinigte* mit grossem Vortheile *die Systeme von Thenard und Poirée* zu einem eigenen Wehrsysteme. Er suchte den erwähnten Uebelständen des Systems von Thenard dadurch zu begegnen, dass er, die Fallthür beibehaltend, deren Aufrichtung nicht wie Thenard vom Mauerwerk des Wehrs, sondern von einer Hülfsbrücke bewerkstelligt, welche von Wehrrippen gebildet wird, deren angelegte Nadeln zugleich den Dienst der weggelassenen Gegenthore des Thenard'schen Systems ersetzen, d. h. den Druck des anströmenden Wassers auf die aufzurichtenden Thore aufheben.

Auf Taf. XIV zeigen die Fig. 180 a, b, c, d u. e ein so gebildetes Wehr, nämlich das an der Marne bei Cumières. Die Sohle desselben hat einen Fall von $0.^{80}$ Meter. Ein 2 Meter breiter Pfeiler theilt das Flussprofil in zwei Oeffnungen, deren grössere, an das rechte Ufer sich lehnend, 38 Meter lang ist und durch ein Nadelwehr gesperrt wird, während die kleinere Oeffnung, an das linke Ufer anstossend, 12 Meter lang ist und einen für das Abführen des Hochwassers bestimmten Durchlass bildet, welcher nach diesem eben erwähnten Systeme dergestalt mit zehn beweglichen, $1.^{91}$ Meter hohen und $1.^{20}$ Meter breiten Thoren geschlossen ist, dass dieselben in dem Masse durch das steigende Oberwasser selbst umgelegt werden können, als es die Höhe des jeweiligen höheren Oberwassers bedingt. Um dieses so gebildete Wehr selbst beweglich zu machen, d. h. es durch das steigende Wasser selbst ohne Hülfe eines Wärters umlegen zu lassen, hat Chanoine, Fig. 180 c und d, in dem linken Widerlager ein aus Blech und Schmiedeisen gebautes Poncelet'sches Schaufelrad von $1.^{60}$ Meter Durchmesser und $0.^{50}$ Meter Breite angebracht, welches von dem in einem Kanale zugeführten Oberwasser in Bewegung gesetzt wird, so bald dieses bis auf eine gewisse Höhe gestiegen ist. Dieses Rad theilt seine Bewegung der am Fusse der Stützen der Wehre entlang gehenden Ausrückungsstange mittelst eines konischen Getriebes, eines grossen

und zweier kleiner Zahnräder mit. Sollen die auf der Sohle ruhenden Thüren aufgerichtet werden, so heben zuerst zwei Wärter die Rippen auf, legen darüber die Dienstbrücke und setzen die Nadeln ein, um den Druck des fliessenden Wassers aufzufangen, der sich dem Aufrichten der Fallthüren widersetzen würde. Ist dies geschehen, so erfasst der Wächter von der Brücke aus mittelst einer am Ende eines hölzernen Stabes befestigten Gabel eine Thüre und zieht sie gegen sich mit Hülfe einer tragbaren Winde, während sein Gefährte in einem kleinen Nachen flussabwärts ihm zu Hülfe kommt, um die Streben eines jeden sich in die Höhe richtenden Thores in die Stützplatten einzusetzen. So erhebt sich rasch ein Thor nach dem andern. Das durch die aufgerichteten Thore gestaute Oberwasser übt keinen Druck mehr auf die Nadeln aus, welche fortschwimmen, und von dem im Kahne befindlichen Wärter leicht gesammelt werden können. Will man sich weiter der Laufbrücke bedienen, so lässt man das Wehr, d. h. die Rippen, in erwähntem Zustande; im entgegengesetzten Falle legt man die Rippen um, die Thore allein bleiben stehen und verrichten den Dienst des Wehres. Ist kein Hochwasser zu befürchten, so schliesst der Wärter den Zuleitungskanal des Oberwassers zu dem erwähnten Rade, und das Wehr kann Monate lang stehen bleiben; wenn aber eine Ueberschwemmung zu befürchten ist, so öffnet man den Kanal, worauf das Wasser, so bald es sich über die Fläche des Oberwassers erhoben hat, in denselben dringt, auf das Rad wirkt, dasselbe in Bewegung setzt, wodurch, wie bei dem Thenard'schen Systeme, die Ausrückungsstange gegen das Wehr gezogen wird, und ihre Ansätze ein, zwei, drei oder nach Bedarf auch mehrere Thore umlegen. Das Eingreifen der Verzahnung ist derart eingerichtet, dass das Umlegen der Thore eingestellt wird, so bald das Wasser nicht mehr in den Kanal tritt, und dass das Spiel wieder beginnt, wenn das Wasser von Neuem Zutritt findet. Will der Wehrwächter das Umlegen der Thore bewirken, so trennt er mittelst eines Hebels zwei ineinander greifende Räder der Verzahnung, und wirkt mit demselben Hebel auf die Achse des Triebrades, welches in die gezahnte Ausrückungsstange eingreift, die wie früher durch ihre Ansätze die Thore umlegt. Will der Wärter endlich das Wehr wieder aufrichten, so schiebt er die Ausrückungsstange in ihre ursprüngliche Lage zurück, hebt die Wehrrippen auf, legt die Dienstbrücke darüber, setzt die Nadeln ein und richtet die Thüren auf. Fig. 180 b zeigt das Profil des Durchlasses und die Ansicht des linken Widerlagers. Fig. 180 c ist der Durchschnitt und Fig. 180 d der Grundriss des Widerlagers.

Bei diesem Wehre von *Cumières* zeigten sich jedoch folgende Uebelstände: erstens ist das Aufrichten der Thore zeitraubend und mühsam, da jedesmal das Nadelwehr und auf dessen Rippen eine Dienstbrücke hergestellt werden muss, um den Druck des Wassers auf die um ihre untere Kante beweglichen Thore aufzuheben und dadurch ihre Aufrichtung möglich zu machen; zweitens ist der an und für sich schon zusammengesetzte Mechanismus in dem Widerlager, welcher zum Umlegen der Thore dient, durch das häufige Ueberfluthen des Oberwassers einem leichten Versanden bei Hochwasser und Beschädigungen ausgesetzt, welches ein träges Umdrehen und oft ein gänzliches Stillstehen des Schaufelrades zur Folge hat.

## §. 28.

*Chanoine* versuchte bei Erbauung des Wehres bei *Dammery* diesen beiden wesentlichen Uebelständen abzuhelfen. Was den ersten derselben betrifft, die jedesmalige Errichtung des Nadelwehres, so wird offenbar derselbe so lange bestehen müssen, als das Aufrichten der Thüren im Wasser vor sich geht, weil das Wehr den Druck des Wassers aufzuheben hat. Um diesem zeitraubenden Umstande abzuhelfen, handelte es sich darum, das Aufstehen der Thore ausser Wasser, d. i. unabhängig von dessen Drucke, zu bewerkstelligen; eine Aufgabe, deren Lösung durch eine besondere Einrichtung erreicht worden ist, welche, um das Thor aufzustellen, dieses nicht um seine untere horizontale Kante sich drehen lässt, sondern gestattet, dass dasselbe in einer auf dem Bette eingenommenen parallelen Stellung der Oberfläche des Wassers genähert, über diese gehoben und dann erst aufgerichtet werde, wenn es sich ganz ausser Wasser befindet.

Hiezu ist das Thor, Fig. 184 a, b, c und d, Tafel XVI, in entsprechender Höhe um eine horizontale Achse beweglich, welche die obere Querstange eines schmiedeisernen Rahmens bildet, dessen untere mit der oberen parallele Stange sich in Lagern bewegen kann, welche an dem in der Sohle durch Keile festgehaltenen Längenbalken befestigt sind. Das aufgerichtete Thor, Fig. 184 a, stützt sich gegen den unteren Vorsprung des Längenbalkens und ebenso gegen die obere Querstange des nun senkrechten Rahmens, welcher in dieser Stellung durch eine Strebe erhalten wird. Der Kopf dieser Strebe ist um eine an der oberen Querstange des Rahmens befindliche Achse

beweglich, und ihr Fuss stemmt sich gegen einen Vorsprung der Stützplatte, welche in dem Mauerwerke der Sohle eingelassen ist. Das Aufheben der Thore geschieht von einem Nachen aus, welcher auf dem Oberwasser von einem quer über dem Durchlass gespannten Seile gehalten wird, längs dem er sich fortbewegen kann. Vom Kahne aus hängt der Schleusenwärter einen an einem entsprechend langen Stabe steckenden Doppelhaken in den Griff ein, welcher am näher gelegenen Ende des Thores angebracht ist. Ist der Doppelhaken eingehängt, welche Arbeit allerdings einiges Suchen erfordert, so wird das Thor mit Hülfe einer kleinen Winde gegen den Nachen gezogen. Diese Arbeit erfordert keine grosse Kraftanstrengung, da einerseits das Thor in seiner nahezu wagrechten Stellung beinahe keinen Widerstand dem entgegen strömenden Wasser bietet, und anderseits in Folge des Gewichtsverlustes des im Wasser eingetauchten Holzes mit einer sehr geringen Kraft gehoben werden kann. Das nun auf diese Weise auf die Oberfläche des Wassers gehobene Thor wird, so bald es seine höchste Stellung erreicht hat, d. h. wenn der eiserne Rahmen vertikal gestellt und dessen Strebe gegen den Vorsprung der Stützplatte, Fig. 184 d, gestemmt ist, durch einen leichten Druck auf den unteren Theil desselben eingestellt. Das strömende Wasser wird den durch den Druck etwas eingetauchten Thorflügel fassen und mit Gewalt, welche durch ein Entgegenhalten des oberen Thorflügels gemindert werden muss, an die Schwelle des Längenbalkens der Bettung schlagen. Das Verhältniss des oberen und unteren Theiles des Thores ist so zu ermitteln, dass bei Niederwasser der Druck auf letzteren grösser als auf den oberen Theil ist, dass aber für eine geringe Steigung des Wasserspiegels das Gegentheil stattfindet, das Thor sodann um seine Achse umkippt, eine schiefe Stellung annimmt, und dem Wasser unten eine Abflussöffnung darbietet, wodurch sich der Wasserspiegel senkt, der Druck auf den unteren Theil wieder grösser als auf den oberen wird, das Thor seine frühere Stellung einnimmt, um wieder als Wehr zu wirken.

Nach diesen Principien wurde der Durchlass des Wehres von Dammery, Fig. 184 e, construirt. Die Aufrichtung der beweglichen Thore daselbst geschieht aber von einer Hülfsbrücke aus, welche auf den Rippen eines Nadelwehres errichtet wird. Diese Brücke dient dazu, die Verbindung zwischen Widerlager und Pfeiler herzustellen, welche, wie wir später sehen werden, wegen des eigentlichen Wehres nothwendig ist, und das Nadelwehr dient nur als Fangdamm gegen das Oberwasser, welches mittelst einer getheerten über die Nadeln gespannten Leinwand vollkommen abgehalten werden kann, wenn der Durchlass wegen vorzunehmender Ausbesserung trocken gelegt werden soll. Zur Abhaltung des weniger tiefen Unterwassers genügt eine Bohlenwand, welche von Zangenhölzern gehalten wird, die, vom Widerlager zum Pfeiler reichend, in zwei in denselben eingeschnittenen Falzen befestigt sind. Da die zur Verbindung von Pfeiler und Widerlager nöthige Brücke so beschaffen sein musste, dass sie zugleich mit dem Wehre entfernt werden könnte, um den Durchlass der Schifffahrt zu öffnen, so wurde dieselbe auf die schon erwähnten umlegbaren Rippen errichtet, denen man noch Nadeln beifügte, um sie in vorkommenden Fällen zu erwähnten Zwecken zu benützen.

Die Brücke war also nicht unumgänglich nöthig zur Aufrichtung der Thore, da diese, wie wir gesehen, von einem Nachen aus bewerkstelligt werden kann, und nur leichter, bequemer und schneller von einer Brücke aus geschieht. Das Aufrichten der Thore erfordert jedenfalls Mühe und Zeit; das Umlegen derselben auf die Sohle des Durchlasses ist jedoch leichter und geschieht schneller. Man bedient sich zu diesem Zwecke, wie bei dem Wehre von Cumières, einer Ausrückungsstange, deren wagrechte Bewegung jedoch nicht durch das auf ein Schaufelrad wirkende Oberwasser, sondern durch eine vom Wärter in Bewegung gesetzte Drehvorrichtung, wie bei dem Wehre von Thenard am Isleflusse, erzielt wird, welche in einer in dem Widerlager ausgesparten Vertiefung sich befindet. Damit jedoch diese Ausrückungsstange, welche mit ihren Ansätzen die Streben der Thore nach einander umstosst, mit Sicherheit und so wenig Reibung als möglich, wagrecht fortbewegt werde, so gleitet sie, Fig. 184 a und d, zwischen zwei Rundstäben und auf Rollen fort.

Dieses eben beschriebene System von beweglichen Thoren von *Chanoine* ist allerdings eine wesentliche Verbesserung seines früheren Systems von Cumières, und hilft den erwähnten Uebelständen dieses letzteren vollkommen ab; denn zur Aufrichtung der letztbesprochenen Thore ist weder ein Wehr noch eine Brücke nöthig, und das Beschädigungen ausgesetzte Schaufelrad ist durch eine einfache Drehvorrichtung ersetzt. Diese Thore bieten auch einen viel dichteren Verschluss als ein Nadelwehr, werden auch in kürzerer Zeit und mit weniger Mühe aufgerichtet und umgelegt, als dieses, und endlich regulirt sich bei ihnen der Wasserstand von selbst, so dass Ueberschwemmungen nicht möglich werden.

Nachdem das System des Durchlasses besprochen wurde, soll nun des eigentlichen Wehres erwähnt werden. Es besteht, Taf. XVI, Fig. 184 e, f und g, aus einem festen und aus einem beweglichen Theile.

Der feste Theil ist ein Wehr, welches $0.89$ Meter über dem Niederwasser erhöht ist, $1.815$ Meter Breite hat und mit einem $4.50$ Meter breiten Abschussboden versehen ist. In dem von der Spundwand und der ersten Pfahlreihe, Fig. 184 g, gebildeten und mit Steinen ausgefüllten Raume ist eine viertelkreisförmige Vertiefung ausgespart, in welche Trommeln eingesetzt sind, die den beweglichen Theil des Wehres bilden. Unterhalb des Abschussbodens wird das Bett des Flusses durch eine 20 Meter breite Steinschüttung, welche durch eingerammte Pfähle gehalten wird, gegen die Angriffe des hier sehr heftig fliessenden Wassers gesichert. Die gepflasterten Böschungen des rechten und linken Ufers reichen bis auf eine Entfernung von 30 Meter Fluss auf- und abwärts.

Der bewegliche Theil des Wehres besteht aus fünfzig, $0.99$ Meter breiten Flügeln, Fig. 184 h und i, welche aus zwei um eine horizontale Achse beweglichen Theilen bestehen, dem oberen $0.85$ Meter hohen, und dem unteren gekrümmten. Die schmiedeiserne Achse ist in einer Trommel aus $0.07$ starkem Eisenblech derart befestigt, dass der gerade Theil des Flügels ausserhalb der Trommel sich bewegen und den Stau des Wassers erzeugen kann, Fig. 184 k u. l der gekrümmte jedoch ist in der Trommel eingeschlossen, deren Begrenzungslinie durch Verbindung der senkrechten Geraden mit einem Viertelkreise entstanden ist. Zwei auf die Achse senkrechte Wände schliessen rechts und links die 1 Meter lange Trommel ab, und sind durch zwei rechteckige Oeffnungen O und O′, die eine parallel und die andere senkrecht auf die Achse, durchbrochen. Die Ränder der Oeffnungen sind mit Rippen R versehen, welche zur Verbindung der neben einander gestellten Trommeln dienen, die auf diese Art, der ganzen Länge des Wehres nach, von zwei Kanälen mit rechteckigem Querschnitte durchzogen werden. Damit der Verschluss der mit einander zu verbindenden Trommeln ein möglichst wasserdichter werde, legt man dicke Lederstreifen zwischen die eben erwähnten Rippen R je zweier auf einander folgenden Trommeln, und zieht selbe mittelst durch die Löcher o gesteckten Schraubenbolzen auf das festeste zusammen.

Die Trommel selbst ist auf folgende Weise construirt: Zwei in der Richtung des Wehres laufende, flussauf- und abwärts gekehrte senkrechte Wände, Fig. 184 k und m, in Verbindung mit einer kreisförmig gebogenen Fläche, schliessen die Trommel nach unten ab, welche nach rechts und links von zwei mit bekannten Oeffnungen versehenen Seitenwänden begrenzt wird. Nach oben wird die Trommel durch drei Deckplatten, und zwar flussaufwärts durch eine längere P′, flussabwärts durch eine kürzere, etwas tiefer gelegene P″, beide aus Eisenblech und mit den übrigen Theilen der Trommel vernietet, in der Mitte aber durch eine Deckplatte aus Gusseisen P geschlossen. Die Enden der Platten P′ und P″ sind mit starken Schrauben an das Zangenholz der Spundwand und den Holm der Pfahlreihe befestigt. P wird von zwei mittelst eines kreisförmigen stärkeren Kernes K in Verbindung stehenden Platten gebildet, von denen jede mit den angrenzenden Deckplatten P′ und P″ in einer Ebene liegt. Der Kern der mittleren Deckplatte P ist von der Achse A des Flügels durchstossen, welche sich in demselben wie in einem Lager bewegen kann. Mittelst Schrauben S wird die Mittelplatte P an die entsprechenden Theile der Trommel befestigt, und hat auf der oberen Seite drei starke Ringe r, in welche Ketten eingehängt und mittelst welcher, nachdem die Schrauben S gelüftet worden sind, Platte und Flügel zugleich entfernt werden können, wenn wegen Ausbesserungen das Innere der Trommel besichtigt werden soll.

Der um die wagrechte Achse A bewegliche Flügel kann zwei wesentlich verschiedene Stellungen, eine vertikale und eine horizontale annehmen. In der vertikalen Stellung wirkt der Flügel als Wehr, indem durch den oberen geraden Theil des Flügels der Aufstau bewirkt wird. In der horizontalen Stellung ist die Wirkung des Flügels aufgehoben, und das feste Wehr mit geneigtem Abschussboden herrscht ungestört, gerade als ob kein bewegliches Wehr vorhanden wäre. Diese zwei Stellungen des Flügels werden durch den Druck des Oberwassers hervorgebracht, je nachdem dieses, durch die wagrechte Oeffnung O eintretend, auf die obere Seite des gekrümmten Theiles des Flügels drückt und diesen aufrichtet, oder durch die mit ihrer Längenrichtung vertikal gestellte Oeffnung O′ zugelassen, auf dessen untere Seite drückend, den Flügel horizontal stellt. In derselben Zeit, als das Oberwasser drückt, übt das Unterwasser auf der entgegengesetzten Seite auch einen Druck aus, welcher aber, vermöge des Höhenunterschiedes der beiden Wasserspiegel, geringer als ersterer, von demselben überwunden wird. In den beiden durch den gekrümmten Flügel getrennten Theilen T und T′ der Trommel herrscht das wechselseitige Spiel des Ober- und Unterwassers, und es ist

daher wesentlich, dass beide Theile so wasserdicht als möglich abgeschlossen seien. Zu diesem Zwecke, Fig. 184 h und n, wird auf einer Seite auf dem Rande der Blechplatte des Flügels ein vorspringender Lederstreifen angeschraubt, welcher sich genau an die Wände der Trommel anschliesst und während der Bewegung den wasserdichten Schluss bewirkt; auf der entgegengesetzten Seite der Blechplatte befindet sich ein Kautschukband, mit dessen hervorspringendem Rande a der Flügel in seiner vertikalen Stellung sich gegen die ihm als Stütze dienende Rippe der Oeffnung O′ drückt, und dadurch ebenfalls die Verbindung des Ober- und Unterwassers verhindert. Versuche, die über diesen wasserdichten Schluss der Theile der Trommel angestellt wurden, sind vollkommen gelungen.

Um das Ober- und Unterwasser mit den beiden durch den Flügel getrennten Theilen T und T′ der Trommel in Verbindung zu setzen, hat man Fig. 184 o in dem rechten Widerlager, wie auch in den Pfeilern, zwei Röhren R und R′ angebracht, welche sowohl mit der Kammer K als mit der K′ in Verbindung stehen, in deren erste das Oberwasser durch den Kanal C, und in deren zweite das Unterwasser durch den Kanal C′ Zutritt erhält. Ein System von Schützen S kann nach Belieben die Röhren R und R′ mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung setzen, oder sie absperren. Will man den Flügel aufstellen, d. i. ihn als Wehr wirken lassen, so hat man das Oberwasser in den Theil T und das Unterwasser in den Theil T′ der Trommel treten zu lassen. Hiezu hat man die Röhre R mit der Kammer K, und die Röhre R′ mit der Kammer K′ in Verbindung zu setzen. Man öffnet daher Sa, S′b und schliesst Sb und S′a; das eintretende Wasser wirkt auf den oberen Theil des Flügels, überwindet den schwächeren Druck auf den unteren Theil desselben und zwingt diesen, sich aufrecht zu stellen. Das Wehr ist sodann in Thätigkeit.

Will man das Wehr umlegen, so hat man das Oberwasser in den Theil T′ und das Unterwasser in den Theil T der Trommel eintreten zu lassen, zu welchem Zwecke man das umgekehrte Verfahren mit den Schützen einschlägt. Man öffnet Sb und S′a, und schliesst Sa und S′b. Das in dem Theile T der Trommel befindliche Oberwasser begibt sich durch die Röhre R in die Kammer K′ und fällt bis auf den untern Wasserspiegel, während das Oberwasser durch die Röhre R′ sich in den Theil T′ der Trommel begibt, auf den unteren Theil des Flügels drückt und ihn zwingt, sich wagrecht zu stellen. Das Wehr ist ausser Thätigkeit, nur das feste Wehr wirkt als solches.

An der äusseren Seite der Kanäle angebrachte Gitter verhindern das Eindringen schwimmender Körper in die Trommel.

Wie erwähnt, befindet sich die gleiche Anordnung von Kammern, Schützen und Röhren des Widerlagers auch im Pfeiler. Gewöhnlich bedient man sich nur eines dieser Systeme, und nur dann beider, wenn der Zufluss durch ein einzelnes solches System unzureichend ist, um das Wehr schneller aufzustellen, oder auch wenn die Trommeln von dem eingedrungenen Sande gereinigt werden sollen. Zu diesem Zwecke lässt man das Oberwasser durch die Trommeln schiessen, d. h. man lässt dasselbe durch das Widerlager in die beiden Theile der Trommel ein, und durch den Pfeiler austreten. Der aus dem Höhenunterschiede der beiden Wasserspiegel resultirende Druck treibt das Oberwasser rasch durch die Trommeln und nimmt den Sand mit. Man öffnet hiezu Sa und Sb, und schliesst S′a und S′b, macht jedoch gleichzeitig das Umgekehrte im Pfeiler.

Die Schützen, welche den Verschluss der Röhren bewerkstelligen, sind ganz ähnlich wie die Schieberventile der Wasserleitungsröhren construirt, welche später am geeigneten Orte besprochen werden.

Dieses Wehrsystem setzt nothwendiger Weise einen unteren festen Theil voraus, weil der aus dem Höhenunterschiede des Ober- und Unterwassers sich ergebende Druck auf den Flügel in der Trommel das Aufrechtstellen desselben, und daher einen Aufstau hervorbringt. Dieses System ist demnach eine Vereinigung eines festen und eines beweglichen Wehres, dessen Handhabung sehr einfach ist; ein Vortheil, welches demselben ein grosses Uebergewicht über das Nadelwehr einräumt, dessen Handhabung zugleich langwierig, schwierig und für den Wehrmeister zuweilen gefährlich ist.

## §. 29.

Unter den Systemen der beweglichen Wehre, die in der letzten Zeit ausgeführt wurden, ist zweifellos das in einem kleinen Arme der *Seine in Paris bei der Monnaie von Poirée* im Jahre 1853 erbaute eines der interessantesten. Die Fig. 175 a, b, c, d u. e, Taf. XII zeigen dasselbe.

Das ganze Wehr besteht aus vier Oeffnungen, wovon jede $8.75$ Meter zur lichten Breite hat, welche mittelst eigener Stauvorrichtungen (Wehre) aus Eisenblech geschlossen werden, die um eine in das Mauerwerk der Zwischenpfeiler versetzte Achse beweglich sind. Seitwärts befindet sich auch eine Kammerschleuse zum Durchschleusen der Schiffe. Das höchste umgestaute

Wasser reicht $4._{50}$ Meter, und das Mittelwasser 2 Meter über die Sohle der Schleuse.

Die Bettung (die Sohle) der Durchlässe liegt 1 Meter unter, und die Drehungsachse der Wehre $3._{10}$ Meter über dem niedersten Wasserstande. Die stromaufwärts gerichteten Flächen der eisenblechenen beweglichen Wehre, haben $3._{90}$ Meter Halbmesser, und in ihrer fortgesetzten Bewegung nach aufwärts hört die Bettung schon viel früher auf, das Wehr zu tangiren, als dasselbe seine höchste Stellung erreicht. Damit der Verschluss zwischen der Bettung und dem Wehre dennoch ein vollständiger sei, sind, wie die Fig. 175 b zeigt, auf der Bettung der Durchlässe zwei Schwellen angebracht, wovon eine fest, die andere beweglich und jede $0._{50}$ Meter hoch ist. Die feste Schwelle liegt auf der Bettung, die bewegliche verschliesst die sich zwischen dem beweglichen Wehre und der festen Schwelle ergebende Oeffnung. Diese bewegliche Schwelle, welche eigentlich ein kleines bewegliches Wehr darstellt, ist durch einen hölzernen Balken gebildet, der an seinen beiden Enden auf hölzernen Armen befestigt ist, welche um eiserne Achsen, die $0._{60}$ Meter über dem niedersten Wasserstande in den Pfeilern angebracht und drehbar sind. Die Beweglichkeit dieser Schwelle gestattet, auf leichte Art schwimmende Körper zu beseitigen, die sich etwa zwischen dieser und der unteren Wand des Wehres festgesetzt haben, indem man durch das Herablassen der Schwelle einen heftigen Strom auf der Sohle des Wehres erzeugt, der die abgelagerten Körper fortreisst. Erhebt man das Wehr über seinen höchsten Stand, so wird dieser Strom auf der Sohle noch verstärkt.

Das Staumittel, d. i. das Wehr selbst, ist aus zwei Wänden, Fig. 175 c, gebildet, die mit einander mittelst sieben gleichweit abstehender Rippen, die Scheidewände bilden, verbunden sind. Die untere, stromaufwärts gerichtete Wand dieses Wehres kann als Mantel eines Cylinders, durch die Bewegung um die Drehungsachse erzeugt, angenommen werden; ebenso auch die obere Wand mit verändertem Halbmesser jedoch so, dass der Längenschnitt ein Bogen ist, der $^1/_{10}$ seiner Spannung zur Pfeilhöhe hat, und jeder Querschnitt x y aber immer ein Kreissegment mit der Drehungsachse als Mittelpunkt bildet. An dem oberen und unteren Ende ist die rückwärtige Wand dieser Stauvorrichtung schief abgeschnitten, damit sie in gewissen Stellungen nicht aus dem Wasser hervorrage. In Folge dieser Erzeugungsart ist die vordere stromaufwärts gekehrte Wand cylindrisch geformt; sie wird durch die rückwärtige Wand unterstützt, welche nach der Erklärung eine doppelte Krümmung hat, und die Rippen zwischen beiden Wänden theilen den Apparat in eine Anzahl offener Kanäle, durch die auch das Wasser durchfliessen kann.

Die Dicke der Eisenbleche ist für die vordere cylindrische Wand $0._{007}$ Meter, für die rückwärtige mit doppelter Krümmung $0._{01}$ Meter, für die Rippen $0._{003}$ Meter. Die Rippen sind mit den Wänden durch Winkeleisen verbunden, und die Enden der Wände unter sich an ihrem Zusammenstoss auf $\top$ Eisen genietet und vereinigt, wie die Fig. 175 c und e zeigt. Alle Bleche und Fugenstreifen sind nach der Richtung des Apparates aus einem Stücke. Sechs Stangen aus Schmiedeisen von $0._{05}$ Meter Durchmesser halten an jeder Seite das Wehr und sind schwalbenschweifartig in einer starken eisernen Platte, Fig. 175 d, vereinigt, durch welche sie mit der in das Mauerwerk befestigten, $0._{18}$ Meter im Durchmesser haltenden Achse in Verbindung sind. Die Verbindung der Stangen mit dem Wehre ist charnierartig, Fig. 175 c und e, und zwar durch aufgenietete $\top$ Eisen, an der äusseren Seite durch entsprechend aufgebogene Bleche, an der inneren mittelst durchgesteckter Bolzen.

Soll kein Stau stattfinden, so liegt der Stauapparat mit seiner Mitte so ziemlich vertikal unter den Achsen in einem eigens hiezu hergestellten, etwas concaven Theile der Bettung. Die vorerwähnte bewegliche hölzerne Schwelle wird sodann ebenfalls auf die Sohle herabgelassen und das Wasser kann über und durch den Stauapparat frei fliessen. Soll jedoch ein Stau hervorgebracht werden, so wird der Apparat in eine ähnliche, wie in Fig. 175 b gezeichnete Stellung, oder wenn nothwendig, noch höher gehoben, die bewegliche hölzerne Schwelle wird aufgezogen und kommt auch in die, in derselben Figur ersichtliche Lage. Soll nun der Stauapparat, um in Thätigkeit zu gelangen, gehoben werden, so wird offenbar die hiezu nothwendige Kraft nicht für jede Stellung desselben ein und dieselbe sein; und zwar ist der Stauapparat ganz herabgelassen, so wird die nothwendige Kraft, um ihn zu heben, anfangs eine viel kleinere sein als später, wenn er sich mehr und mehr der höheren Lage nähert, wo dann immer eine grössere Kraftanstrengung erfordert wird. Es ist demnach der Stauapparat, um ihn in jeder Lage mit derselben Kraft bewegen zu können, mit Gegengewichten in Verbindung, die auf verschiedene Hebelarme wirken. Diese Gegengewichte bewegen sich in Brunnen, die im Innern der Pfeiler eingelassen sind.

Um die nothwendige Bewegung zu bewerkstelligen, dient folgender Mechanismus: Zwei Ketten,

welche das Wehr tragen, gehen unter dem cylindrischen vorderen Theile, an dessen unterem Rande sie befestigt sind, herum, und es ist jede über eine Rolle auf eine vertikale Trommel (von gleichem Durchmesser), welche zur Aufnahme der Ketten Einschnitte hat, geleitet. Auf dieser Trommel sitzt eine zweite jedoch mit stetig abnehmendem Durchmesser und ebenfalls mit eingeschnittenen Gängen; welche zur Aufnahme der Ketten des Gegengewichtes dient. Durch diese Einrichtung der Trommel kann das Gegengewicht mit verschiedenen Hebelarmen wirken, und der sich stets ändernden Last immer das nothwendige Gleichgewicht halten. Die Bewegung wird durch ein Getriebe mit doppelter Uebersetzung der Trommel gegeben. Die bewegliche Schwelle hat einen eigenen Mechanismus, welcher aus einer beweglichen Schraubenspindel mit fester Mutter besteht.

Jeder einzelne Stauapparat wiegt bei 7500 Kil., und wird durch zwei Gegengewichte im Gleichgewichte gehalten.

## §. 30.

Das für andere Zwecke gestaute Wasser eines Flusses kann auch zur Reinigung der Ableitungskanäle einer in unmittelbarer Nähe befindlichen Stadt benützt werden.

In einer böhmischen Festung benützte man den Umstand, dass der vorbeifliessende Strom anderer Zwecke wegen beinahe kostenlos gestaut werden kann, dazu, sämmtliche Ableitungskanäle durch Wasser ausspülen zu lassen. Taf. X, Fig. 166 a zeigt ungefähr die Anordnung der Hauptkanäle im kleinen Massstabe. a ist der Wassereinfluss, b der Auslass; beide müssen mit starken eisernen Gittern versehen werden, weil ohne diese Vorsicht die Sicherheit der Häuser gestört wäre. Nebstbei müssen die Kanäle sowohl bei a als bei b entweder durch eine Schütze oder durch Einlegpfosten, Fig. 166 b und c, abgesperrt werden, um den Wasserein- und Auslass daselbst reguliren zu können. Die Einlegpfosten werden mittelst des Haken, Fig. 166 e herausgehoben. Im Innern der Kanäle sind Thüren von Eichenholz angebracht.

Fig. 166 d zeigt die Stelle c von Fig. 166 a im grösseren Massstabe.

Soll z. B. der Kanal d ausgespült werden, so hemmt der Kanalräumer zuerst den Wasserstrom im Hauptkanale durch das Herablassen der Schütze a, und bringt die eichene Thüre, Fig. 166 d, 1, 2 in die Lage 1, 3. Oeffnet er nun wieder a, so strömt das Wasser von a nach d und spült allen Unrath weg. Ist der Kanal d ausgewaschen, so wird a gesperrt, die Thüre 1, 3 wieder in die Lage 1, 2 gebracht, eine andere Thüre und die Schütze a geöffnet, und hiedurch ein anderer Kanal ausgespült, denn jeder Querkanal hat seine eigene Thüre.

# II. Abschnitt.

## Cisternen.

### §. 31.

Das Regen- und Schneewasser ist von grosser Reinheit, und eignet sich vollkommen zu den gewöhnlichen wirthschaftlichen Zwecken, d. i. zur Bereitung von Speisen und Getränken und zum Waschen. In Gegenden, wo gar keine oder nur arme Quellen zu Gebote stehen, wo der Boden gar kein Wasser gibt, oder wo sumpfiger und vielleicht auch mit Seewasser durchzogener Grund gegrabene Brunnen mit unbrauchbarem Wasser speisen würde, ist man genöthigt, zu den erwähnten Bedürfnissen das Regenwasser aufzufangen, zu sammeln und aufzubewahren, und es haben in solchen Fällen die hiezu gebauten Anlagen grosse Wichtigkeit.

Dergleichen Anlagen nennt man *Cisternen,* welche nichts als überwölbte wasserdichte Reservoirs oder Bassins sind, die so tief im Boden liegen, dass weder Frost noch Wärme zu ihnen dringen kann. Sie müssen mit den nöthigen Vorrichtungen versehen sein, damit das Wasser zweckmässig hineingeleitet und davon zur Nutzung entnommen werden kann.

In vielen Fällen verdienen sie in ökonomischer Hinsicht den Vorzug vor allzu kostspieligen Wasserleitungen, und in Sanitätsrücksichten nicht selten den Vorzug vor manchen Brunnen; denn das Cisternenwasser ist gesünder, als jenes der meisten Brunnen in niederen, sumpfigen oder dem Meere naheliegenden Gegenden. In manchen Städten, als Venedig, Zara, sowie auf Bergschlössern, sind Cisternen das sicherste Hülfsmittel, die Bewohner mit einer, wenigstens der nothdürftigsten Menge trinkbaren Wassers, das ihnen, was besonders bei Festungen von Wichtigkeit ist, nie abgeschnitten werden kann, zu versorgen. Tiefe Brunnen sind zu kostspielig, und ihre nicht weniger kostspieligen Schöpfmaschinen sind vielen Zufällen unterworfen. Man denke sich die Verlegenheit einer Besatzung, einer mit Cernirung bedrohten oder belagerten Bergveste, wenn die Schöpfmaschine des ungeheuer tiefen Brunnens bricht, oder das vielleicht einzige Brunnenseil abreisst, wie es in Château de Joux in der Franche-Comté am 23. Februar 1814 geschehen ist.

Die *Speisung einer Cisterne* hängt von der Quantität des Niederschlages ab, und diese ist in den verschiedenen Jahreszeiten immer eine andere. Da der Verbrauch des aufgesammelten Wassers ziemlich gleichmässig erfolgt, so müssen die Cisternen, weil sie die Ungleichmässigkeit des Niederschlages ausgleichen sollen, den Bedarf für vier Monate fassen können, und es ergibt sich hieraus sowohl die nöthige Grösse derselben, als auch, bei bekannter Regenmenge §. 2 des Strombaues, die erforderliche Ausdehnung der Oberfläche, die zum Auffangen des Wassers vorbereitet sein muss. Dabei ist natürlich zu beobachten, dass die aufgefangene Wassermenge kleiner ausfällt als die Regenmenge, namentlich, wenn nicht nur Dachflächen, sondern auch gepflasterte Hofräume benützt werden, weil bei letzteren viel durch die Fugen versickert. Man kann als die gewinnbare Menge Wassers, wenn Dachflächen und gepflasterte Höfe das Wasser liefern, nur die Hälfte des jährlichen Niederschlages, sonst aber ein Drittel desselben annehmen, da, wenn der Regen den Erdboden trifft, circa ein Drittel in den Boden dringt und bei Dachflächen etwas weniger verloren geht; indessen kann dabei nur die horizontale Projektion als Auffangfläche angesehen werden. Man rechnet gewöhnlich für unsere Gegenden, dass 1 Fuss Wassermenge wirklich in die Cisterne gelangt, wenn Höfe und Dächer zur Ausammlung benutzt werden. Unter gewöhnlichen Verhältnissen rechnet man per Tag bei

Cisternenverbrauch (der jedoch ein beschränkter ist) ½ Kubikfuss für jeden Einwohner; in Festungen beschränkt man diesen Bedarf auf ein Minimum, und zwar ⅙ bis ⅕ Kubikfuss, für ein Pferd oder ein Stück Schlachtvieh rechnet man per Tag 1 Kubikfuss. Bei Wasserleitungen jedoch, durch welche das Wasser viel leichter und bequemer gewonnen werden kann, rechnet man mehr, wovon später auch die Rede sein wird. Hier beim Verbrauch von Cisternenwasser wird nur das geringst' nothwendige Quantum angenommen.

Die Gewölbe, welche die Decke einer Cisterne bilden, erhalten in der Regel nur kleine Spannweiten und zwar im Maximum 10 bis 12 Fuss, weil bei grösseren Spannweiten leicht Setzungen und Risse entstehen könnten, die der Wasserdichtigkeit nachtheilig wären. Soll eine Cisterne eine grössere Ausdehnung erhalten, so ist es besser, mehrere überwölbte Räume, die mit einander in Verbindung stehen, neben einander anzulegen, wobei die Zwischenmauern, oder statt ihrer Pfeiler, die gemeinschaftlichen Widerlager bilden, was sich bei Cisternen von einem grossen Inhalte auch immer als das Wohlfeilste herausstellt.

Für kleinere Cisternen wählt man gewöhnlich die cylindrische Form, und macht die Tiefe vom Anlaufe des sphärischen Gewölbes abwärts halb so gross, als ihr Durchmesser ist. Auf diese Art wird die vom Wasser benetzte Oberfläche der Cisterne ein Minimum, und folglich die Versickerung, sowie auch die Bauauslage eine möglichst geringe.

Die zweckmässigste Lage der Cisterne ist die Nordseite eines mit hohen Bäumen bepflanzten Bergabhanges, die Mitte eines schattigen Hofes, oder die Nordseite eines hohen Gebäudes; jedenfalls aber entfernt von Senkgruben und Kanälen. Im Innern eines Wohngebäudes sollen nur in seltensten Fällen Cisternen angebracht werden, und dann dürfen die Mauern der Cisterne in gar keiner Berührung mit den Mauern des Gebäudes stehen.

Die Figuren 186 a und b auf Taf. XVII stellen eine Cisterne einfachster Art von mittlerer Grösse nach Hagen's Beschreibung dar. A ist der Speisebrunnen, in welchem das Wasser sich sammelt; derselbe ist oben mit einem Gitter verschlossen, um das Hineinfallen grösserer Körper zu verhindern. Um den Sand und andere schwere Stoffe, welche das Wasser mit sich führt, aufzufangen, steht er nicht in der Ebene seines Bodens, sondern wenigstens 2 auch 4 Fuss darüber, mit der Cisterne in Verbindung, und lässt sonach das Wasser nur von seiner Oberfläche abfliessen. Damit er gereinigt werden kann, muss er wenigstens 3 Fuss weit sein. Bevor das Wasser in die Cisterne tritt, muss es jedenfalls noch durch ein zweites, enges Gitter oder Drahtnetz geleitet werden, damit auch kleine schwimmende Körper zurückbleiben. Das Saugrohr B, durch welches das Wasser aus der Cisterne gehoben wird, muss möglichst weit von der Einflussöffnung entfernt sein, damit die feinen erdigen, sich niederschlagenden Stoffe nicht leicht zu demselben gelangen. Um aber auch alles Wasser auspumpen zu können, gibt man der Sohle eine kleine Neigung und bringt längs der Stirnmauer einen kleinen Graben D an. Um von Zeit zu Zeit die Reinigung der Cisterne vornehmen zu können, wird noch eine 3 Fuss weite Einsteigeöffnung C angebracht, die am passendsten ihre Stellung neben dem Saugrohr der Pumpe hat. Diese Oeffnung ist mit einem Deckel geschlossen. Damit die Cisterne sich nicht bis zum Scheitel des Gewölbes anfülle, geht noch ein Ableitungsrohr E von der Cisterne nach einem tiefer gelegenen Orte der Umgebung.

Bezüglich der *Ausführung der Cisternen* ist zu erwähnen, dass wegen der Sicherung des Mauerwerks gegen das Durchdringen des Wassers, dasselbe aus recht hart gebrannten Ziegeln und mit gutem hydraulischen Mörtel hergestellt werden muss. Die Sohle wird, wenn der Baugrund fester Kies ist, nur mit drei bis sechs Schichten in hydraulischen Mörtel flach gelegter Ziegel, die einen Verband bilden müssen und deren Fugen vergossen werden, bedeckt. Wenn dagegen der Baugrund ein Setzen befürchten lässt, so muss der Boden der Cisterne eine grössere Stärke und zwar von 2 bis 3 Fuss erhalten, und mit den Mauern derselben in inniger Verbindung hergestellt werden. Hat sich nach Einwölbung der Cisterne das Mauerwerk vollständig gesetzt, und ist dieses ausgetrocknet, so wird die ganze innere Oberfläche, wie die Sohle der Cisterne und des Brunnens, ferner auch von aussen die flache Abdachung über dem Gewölbe mit einer Lage von sorgfältig zubereitetem und schnell bindendem hydraulischem Mörtel 1 bis 1½ Zoll dick überzogen. Nach Auskratzung und Reinigung der Fugen und Benetzung des Mauerwerkes wird der Mörtel in kleinen Massen aufgetragen und mit einer etwas convexen Kelle fest eingestrichen. Zur Ausfüllung der Unebenheiten und der Risse, die sich nach einigen Tagen zeigen, wird eine zweite, viel dünnere Lage desselben Mörtels aufgebracht und gerieben, bis sie erhärtet. Dieses Verfahren wird von Tag zu Tag mit immer dünneren Lagen und

immer flüssigerem Mörtel so lange wiederholt, bis sich keine Risse mehr zeigen, und die letzte Lage Mörtel wird endlich nur mit einem Pinsel aufgetragen. Das schnelle Austrocknen dieses Mörtel-Ueberzuges auf der äusseren Abdachung des Gewölbes muss durch Ueberdeckung von Stroh verhindert werden, und nach Austrocknen derselben wird diese Abdachung mit einer Lage Kies beschüttet, um das Ansammeln des Wassers daselbst zu vermeiden; erst dann wird die Erde aufgeworfen. Durch eine solche Verputzung mit hydraulischem Mörtel erhält die Cisterne eine so feste und wasserdichte Oberfläche, dass ein Durchsickern von der einen oder von der anderen Seite ganz unmöglich wird, und das Wasser demnach weder verschwinden, noch von zutretenden Quellen verunreinigt werden kann. Wenn jedoch der Boden sumpfig ist, so pflegt man in der Baugrube eine starke Thonschichte auszubreiten, welche die Cisterne trägt, und auch eine Thonwand um die Mauer zu führen.

Ist der vorbeschriebene Verputz oder Ueberzug statt aus hydraulischem, aus gewöhnlichem Mörtel hergestellt, so darf die Cisterne nicht früher benützt werden, als bis dieser Verputz sich mit Kohlensäure gesättigt hat; denn sonst löst sich der Kalk im Wasser der Cisterne auf, verdirbt dasselbe, indem es in Kalkwasser verwandelt wird, und die Mauern werden nach und nach undicht. Dies geschah bei einer Cisterne bei Beaumont an der Oise, welche zur Beseitigung dieses Uebelstandes entleert und ausgetrocknet werden musste, worauf mehrere Tage hindurch am Boden der Cisterne grosse Massen Holzkohlen verbrannt worden sind. Nach acht Tagen war schon der Kalk des Verputzes in kohlensauren Kalk verwandelt, doch setzte man das Kohlenbrennen noch mehrere Tage fort, worauf das wieder eingelassene Wasser sich vollkommen rein und gut erhielt.

Häufig ist es jedoch nothwendig, das Wasser, bevor es in die Cisterne dringt, von den mitgeführten Stoffen zu reinigen, d. h. es zu filtriren. Obwohl von den eigentlichen Filtrirapparaten erst später die Rede sein wird, so sollen hier doch einige der mit Cisternen in Verbindung gebrachten Wasser-Reinigungs-Vorrichtungen erwähnt werden.

Die einfachste dieser Art ist auf Taf. XVII, Fig. 187 angegeben. Das von den Dächern oder sonst gesammelte Regenwasser wird durch einen kleinen Kanal oder eine Röhre a, die es auf eine Steinplatte b ausfliessen lässt, in die möglichst lange und entsprechend 2 bis 6 Fuss breite Wasserkläre geleitet. In derselben befindet sich eine in der Figur angedeutete Sandschichte (die nach der Qualität des Wassers auch eine viel geringere Höhe haben kann), welche das Wasser, bevor es durch die Oeffnung c in die Cisterne läuft, durchdringen muss, wodurch es gereinigt wird. Damit sich die Oeffnung c nicht verstopfe, ist an der äusseren Seite etwas Schotter und gröberer Kies vorgelegt. Diese Wasserkläre erhält auch ein Einsteigloch i zur Reinigung, bei k ist das Einsteigloch für die Cisterne, p ist ein Abflusskanal, damit diese nicht überfüllt würde, f der nach der Mitte fallende gemauerte Boden, der hier auf einer 12 bis 18 Zoll dicken Lage h von Béton ruht, endlich g g die ringsum gegebene 2 Fuss dicke Thonwand, der Podelgrund. Die Erdbedeckung auf dem Gewölbe einer Cisterne muss wenigstens 3 Fuss betragen.

Von ganz besonderer Art sind die *Cisternen in Venedig* (dort Brunnen genannt), welche, mit Ausnahme von einigen aus der Brenta zugeführten und dem wenigen Wasser aus den artesischen Brunnen, den ganzen Wasserbedarf für diese grosse, ringsum von Lagunen umgebene Stadt liefern. Dieselben werden sowohl durch den auf die Dächer, als auch auf die Strassen niederfallenden Regen gespeist, und sind deshalb mit einer Vorrichtung zum Filtriren versehen, welch letzterer Umstand sie von den gewöhnlichen Cisternen unterscheidet.

Ihre Einrichtung ist aus der Fig. 188, Taf. XVII zu ersehen. Die Baugrube ist 10 bis 12 Fuss tief ausgehoben, in welcher Tiefe man die comprimirten Erdschichten dort vorfindet, welche nicht mehr wie die oberen so schlammig und mit Seewasser durchzogen sind. Die Länge und Breite der Baugrube ist auch sehr verschieden, je nachdem man grössere oder kleinere Wassermengen darin auffangen will. Der Grund wird mit einer 1 bis 1½ Fuss hohen Lage festen Thones sorgfältig ausgestampft, und darüber ein wasserdichter Boden von in Mörtel gelegten Ziegellagen hergestellt, der zugleich das Fundament der darauf zu stellenden Mauern, die entweder einen kreisförmigen oder quadratischen Raum einschliessen, bildet. Um die Wasserdichtigkeit dieser Mauern zu erlangen, wird an ihrer Aussenseite gleich bei der Ausführung eine Thonlage eingestampft. Diese Mauern erheben sich so weit, dass ihre Deckplatten einen Theil des Strassenpflasters bilden. Der jederzeit cylindrische innere Brunnenkessel ist von der vorerwähnten Sohle dieser Cisternen an etwa 2 Fuss hoch, aus roh bearbeiteten Bruchsteinen mit offenen Fugen erbaut, damit das Wasser ohne Schwierigkeit in denselben dringen kann, dann aber aus guten Ziegeln wasserdicht hergestellt,

und erhebt sich bis oder auch über die Höhe des Strassenpflasters. Im ersteren Falle trägt dieser Brunnenkessel gewöhnlich ein korinthisches Kapitäl aus Marmor. Der Raum zwischen dem Brunnenkessel und den Mauern der Cisterne wird mit reinem Flusssande bis beiläufig 5 Fuss unter dem Strassenpflaster nach und nach angefüllt, mit reinem Wasser begossen und gestampft, so dass kein merkliches Setzen mehr zu befürchten ist. Hierauf legt man als Sohle und Fundament eines kleinen Kanals möglichst nahe an die Umfangmauer der Cisterne eine Lage Steinplatten mit offenen Stossfugen. Auf diesen wird aus Ziegeln ein 2 Fuss breiter, 3 Fuss hoher, überwölbter Kanal ausgeführt, und es werden in demselben zwei oder vier Raumlöcher hergestellt, welche mit durchlöcherten Steinen im Niveau des Strassenpflasters bedeckt werden. Der übrig bleibende Raum wird dann, wie früher, mit reinem Sande ausgefüllt, und darauf das Pflaster gelegt.

Bei manchen Cisternen findet man statt dieses ringsum laufenden Kanals nur an den vier Ecken bis ungefähr in die halbe Tiefe der Cisterne herabreichende Brunnen, die oben mit einer durchlöcherten Platte bedeckt sind, und aus trockenem Mauerwerk bestehen, damit das sich hier sammelnde Wasser in den Sand sickern könne.

Das in die Cisterne fliessende Wasser sammelt sich zuerst in dem Kanale an, dringt von hier durch die Sohle langsam durch den Sand und sodann in den Brunnenkessel, welcher, so hoch als er offene Fugen hat, auch manchmal zur vollständigeren Reinigung des Wassers, mit Kohlen umschüttet wird. Der Sandkörper, welcher das Wasser in seinen Zwischenräumen zurückhält, bildet das eigentliche Reservoir für das Wasser, und scheidet selbst bei der grössten Dürre noch einiges Wasser aus, zuweilen jedoch nur in so geringem Masse, dass binnen kurzer Zeit der ganze, sich in 24 Stunden sammelnde Vorrath ausgeleert ist, und der Brunnen während der ganzen übrigen Zeit des Tages geschlossen bleiben muss. Dieser Sandkörper erhält das Wasser frisch, sichert es vor Bildung organischen Lebens, und da es nur kurze Zeit im Brunnenkessel bleibt, so kann der Zutritt der Luft es daselbst nicht verderben.

Venedig hat 2077 solche Cisternen, die nahezu 8,000,000 Kubikfuss Wasser fassen und durch den Regen jährlich in der Regel fünf Mal gefüllt werden. Diese einfache Vorrichtung solcher Cisternen-Anlagen dürfte auch bei uns in den Fällen, z. B. wo man zum Waschen, Bleichen, Färben sehr reines Wasser bedarf, anzuwenden sein.

Aus älterer Zeit hat man noch manche eigenthümliche, sogar grossartige Cisternen, wie die Figur 189 a, b und c eine solche, und zwar die vom Schlossberge zu *Gratz* zeigt. Es wurde hiezu in die oberste Kuppe des Felsens, aus dem der Schlossberg besteht, eine Art grossen Kessels ausgesprengt, der beiläufig 50 Fuss tief war und eben so viel im Durchmesser hatte. Aus dem gewonnenen Material wurde, wegen des klüftigen Felsens, in diesem Kessel eine 4 bis 6 Fuss dicke Mauer rings herum und auch auf der Sohle aufgeführt. Auf dieser gemauerten Sohle, welche den Unterbau der Cisterne bildet, wurde 3 Fuss von den eben besagten Einschliessungsmauern eine zweite, ebenfalls rings herum, von behauenen Quadern errichtet, der Zwischenraum zwischen beiden Mauern aber mit festgeschlagenem Letten ausgefüllt. Zugleich wurden auf der Sohle fünf grössere Brunnen b, von 11 Fuss 3 Zoll im Durchmesser, um einen kleineren mittleren Brunnen a, von 7 Fuss 5 Zoll im Durchmesser, alle mit Quadermauerwerk aufgeführt; die Steine wurden hiezu nur rauh behauen, und diese Brunnen wurden in verschiedener Höhe von 5 zu 5 Fuss durch Oeffnungen f unterbrochen, durch die ein Mensch kriechen konnte. Die fünf Brunnen b, welche die Cisternen bilden und 2000 Eimer fassen, wurden nur bis zur Höhe von 32 Fuss aufgeführt und mit einem Gewölbe versehen, während der mittlere Brunnen a in gleicher Weite bis zur Oberfläche des Erdreichs geführt, und dort mit einem steinernen Kranze umgeben wurde. Die durch die Kreissegmente gebildeten Dreiecke c bilden bei dieser Construction die Filtrirkessel. Sie sind in ihrem unteren Theile bis 16 Fuss von oben an mit Kieselsteinen gefüllt; auf dieser Füllung, nämlich in ihren oberen Theilen, sind sie brunnenartig ausgemauert, überwölbt, und am Schlusse ihres Gewölbes mit durchlöcherten Decksteinen versehen. Dahin gelangen alle Kanäle, die von der abschüssigen Oberfläche das Regenwasser in die Cisterne führen. Das Wasser gelangt durch diese kleinen Brunnen und durch die Schüttung mit Kieselsteinen, bis auf den Grund der Filtrirkessel, wo es geläutert ankommt, sich zu grossen Massen sammelt, und durch seinen eigenen Druck durch die Fugen der rauh behauenen Steine des Quadermauerwerkes der vorerwähnten fünf grossen Brunnen b in diese letzteren dringt, welche sowohl unter sich, als mit dem mittleren Brunnen a, aus welchem endlich das Wasser durch angebrachte Pumpen zu Tage gefördert wird, eine Verbindung haben. Der Raum oberhalb der fünf Cisternen-Brunnen bis an die Oberfläche wurde

mit grobkörnigem Kies angefüllt, mit Steinplatten überdeckt, und dient ebenfalls als Filtrirkessel des hier nur in geringem Masse sich durchziehenden Wassers. Auf der Oberfläche wurde ein Mauerkranz dergestalt aufgeführt, dass er die Cisterne vollkommen einschliesst. Durch vier Röhren wird das Regenwasser der Umgebung und der Dachrinnen innerhalb dieses Kranzes den Filtrirbrunnen c zugeführt; damit aber, wenn der Wasserandrang zu gross wird, der oben schwimmende Schmutz die Kranzmauer nicht übersteigen könne, ist ein Abflusskanal, dessen Mündung einige Zolle niederer als der obere Rand des Mauerkranzes liegt, angebracht. Ein anderer Kanal, der in den innen geplatteten Raum mündet, hat die Bestimmung, im Falle des Ueberfliessens der Cisterne den Ueberschuss des Wassers abzuleiten.

Eine bedeutende Cisternen-Anlage ist in *Livorno* ausgeführt worden. Das eigentliche Sammelbecken besteht aus einem mit Kreuzgewölben auf 20 Mittelpfeilern überspannten, 246 Fuss langen, 216 Fuss breiten und bis zum Gewölbschlusse 72 Fuss hohen Raume. Zwei zur Seite gelegene, aus acht, den vorigen gleichen Kreuzgewölben überdeckte Bassins dienen zur Klärung des Wassers, welches dann durch einen Filtrirapparat dem Hauptbecken, aus welchem die Vertheilung nach den Stadttheilen erfolgt, zugeführt wird. Zur Unterstützung des Daches sind oberhalb der vorerwähnten Gewölbe über die 42 Fuss von einander entfernten Pfeiler, dem Fall des Daches entsprechend, Bogen gespannt, welche horizontal liegende Balken (Dachwandriegel) tragen, auf welche Latten in einer, der italienischen Eindeckungsart mittelst Hohlziegeln entsprechenden Entfernung genagelt sind.

# III. Abschnitt.

# Brunnen.

## Brunnen mit weiten Kesseln.

§. 32.

Das Hervortreten der Quellen an die Erdoberfläche hängt von der relativen Höhenlage und von der Formation des Bodens ab. Aus dieser Ursache ist an vielen Stellen die Erdoberfläche wasserarm, obgleich grosse Wassermassen unterirdisch in den wasserleitenden Schichten sich bewegen. Um diese an einem beliebigen Punkte nutzbar zu machen und in einem zugänglichen Reservoir anzusammeln, dienen die Brunnen.

Ein Brunnen ist demnach ein tiefes, von Menschenhand gemachtes, mit Mauerwerk bekleidetes Loch, in welchem sich das Wasser sammelt.

Häufig ist es, und in sandigen Gegenden sogar gewöhnlich, dass die wasserhaltende Schichte durch keine undurchdringliche überdeckt ist, sondern sich bis zur Erdoberfläche fortsetzt. Ist diese nicht vollständig gesättigt, so dringt kein Wasser hervor, und man muss bis zu einer gewissen Tiefe herabgehen, bevor man das sogenannte Grundwasser erreicht. Es steht dies in der Regel nicht viel höher, als das Niveau der Flüsse und Seen in der nächsten Umgebung, wesshalb in den wasserhaltenden Schichten weniger ein Strömen, als nur eine Ansammlung von stehendem Wasser stattfindet. Daraus erklärt sich die Erscheinung des Anwachsens des Grundwassers beim Anschwellen der Ströme, was jedoch nicht gleichzeitig geschieht, sondern nach Massgabe der Entfernung von diesen, um einige Tage später. Bei einem minder durchdringlichen Boden und auf einem festen Untergrunde erreicht das Grundwasser häufig eine bedeutende Höhe im Vergleiche zum Niveau der daneben befindlichen Flüsse.

Im Sande bewegt sich das Wasser nur sehr langsam; manche Quellen verstärken sich daher erst geraume Zeit nach einem Regen, indem wegen des langen und beschränkten unterirdischen Laufes ihre Zuflüsse sie nicht früher erreichen. Dies zeigt sich auch an vielen Erscheinungen, welche man bei Brunnen im sandigen Boden wahrnimmt, indem z. B. bei neu angelegten Brunnen erst nach Monaten und selbst nach Jahren der Sand in ihren Umgebungen rein ausgewaschen wird, worauf sie erst brauchbares Wasser geben. Die meisten Quellen, welche unsere Brunnen speisen, werden in Sand- oder Kiesboden gefunden, und selbst diejenigen, welche aus festem Gesteine kommen, treten gewöhnlich in Sand- oder Kiesschichten aus. Bei einer Brunnenanlage kommt es nur darauf an, die Oeffnung von der Erdoberfläche bis zur wasserhaltenden Schicht herzustellen, und die Seitenwände gegen das Einstürzen zu sichern. Das erste geschieht gewöhnlich durch einfaches Aufgraben, das letztere durch Errichtung einer zweckmässigen Verspreizung, oder eines cylindrischen Mauerwerks von Bruchsteinen oder Ziegeln.

Um zu erfahren, wo die wasserhaltenden Schichten in der geringsten Tiefe vorkommen, und wo sonach mit den geringsten Kosten die Brunnen ausgeführt werden können, sind Regeln aufgestellt, welche sich, ausser einer gewiss sehr zweckmässigen Untersuchung der geognostischen Verhältnisse des Bodens, besonders auf die Ermittlung der Feuchtigkeit beziehen. Zu diesem letzteren Zwecke kann theils die unmittelbare Prüfung des Grundes, theils die Beobachtung der Vegetation dienen, und zwar, zeigt das Vorkommen von Binsen und andern Sumpfpflanzen oft sehr richtig die Stelle, wo die wasserhaltende Schicht am nächsten der Oberfläche ist.

Im aufgeschwemmten Boden werden meist nur

horizontale Schichten vorkommen; die Stelle, wo man den Brunnen anlegt, wird also ziemlich überall auf dieselben Verhältnisse treffen, und man wird den Brunnen auf dem für häusliche Zwecke entsprechendsten Platze anlegen können.

Um den Wasserreichthum eines Brunnens wenigstens annähernd zu messen, lässt man den Brunnen während 24 Stunden unberührt stehen, schöpft ihn dann vollständig aus und beobachtet die Zeit, in welcher das Wasser bis zur früheren Höhe wieder steigt.

Die einfachsten Brunnen-Anlagen sind in der Regel diejenigen, wodurch Quellen, die von selbst hervorbrechen, eingefasst werden. Die wasserleitende Sand- oder Kiesschicht bildet in diesem Falle schon die Oberfläche und die Ausfluss-Oeffnung, und ein tiefes Ausgraben ist daher überflüssig. Nur so weit muss man herabgehen und den Grund ausheben, dass das Wasser sich hinreichend tief ansammelt, um es bequem ausschöpfen zu können. Die Umschliessung zur Seite braucht auch nicht viel tiefer herabzureichen, sie muss sich jedoch über die Oberfläche der Erde erheben. Auch darf ein Seitenabfluss nicht fehlen, damit das Erdreich nicht zu sehr erweicht wird. Die Fig. 190, Taf. XVIII zeigt nach Becker eine solche *Quellenfassung*. Sollte im Laufe der Zeit die Ueberzeugung gewonnen werden, dass die Quelle nicht genug Wasser liefert und dass Wasseradern nebenbei fliessen, so kann man diese in das Bassin führen, indem man von ihm aus bis zu den Adern einen Graben anlegt, der eine gehörige Tiefe und gegen den Brunnen ein Gefälle hat, zu dem Wasserablauf jedoch senkrecht gerichtet ist. Die Sohle dieses Grabens füllt man mit Geschieben zwei oder drei Fuss hoch und schüttet darüber die Erde an. Ist dieser eine Graben nicht hinreichend, und glaubt man auf der entgegengesetzten Seite noch andere Wasseradern abschneiden zu können, so legt man dort einen eben solchen Graben an, der auch diese Wasseradern dem Brunnen zuführt. Geht von einer solchen Quellenfassung eine Röhrenleitung aus, so muss einer Verunreinigung mit grösserer Vorsicht vorgebeugt werden; gewöhnlich überwölbt man dann die gefasste Quelle und gibt dem Brunnen einen grösseren Querschnitt, damit ein bedeutenderer Wasservorrath sich ansammeln kann. Das Gewölbe hat ferner den Zweck, das Einfrieren zu verhindern, weshalb man eine starke Erdanschüttung darüber anbringt. Zuweilen werden auch Vorrichtungen zum Filtriren und Klären des Wassers damit in Verbindung gebracht.

Die sicherste Jahreszeit, Quellen aufzusuchen und Brunnen zu graben, sind die Monate August, September und Oktober; denn findet man um diese Jahreszeit Wasser, so kann man sicher schliessen, dass auch zu jeder anderen welches vorhanden sein wird.

Ist der Ort bestimmt, wo man einen *Brunnen graben* will, so wird daselbst, Fig. 191 a und b, Tafel XVIII, ein Brunnenkranz auf die Erde gelegt, dessen Weite von dem Durchmesser des Brunnens und seinem Mauerwerke abhängt. Ersterer ist gewöhnlich 3 bis 4 Fuss, letzteres 1½ Fuss dick; es beträgt also die äussere Kranzlichte 6 oder 7 Fuss. Der Kranz wird aus 6zölligem Holze verfertigt und an seinen Enden überplattet. Das Ausgraben der Erde unterhalb des ersten Kranzes a wird nun nach seiner äusseren Weite auf 3 Fuss Tiefe bewerkstelligt, in dieser Tiefe ein zweiter, dem ersten ganz gleicher Kranz jedoch ohne Vorköpfe horizontal zusammengestellt, und zwischen beiden Kränzen und den Erdwänden werden 4 Fuss lange Brettstücke vertikal eingeschoben. Zwischen diesen Brettstücken und dem unteren Kranze werden dann noch Keile eingetrieben, welche den Raum für die folgende untere Brettausfütterung aussparen, und die, wenn der dritte Brunnenkranz genau wie der zweite gelegt worden ist, beim Einschieben der Bretterausfütterung, entfernt werden. Die Kränze unter sich werden durch zwei oder vier vertikale, an der inneren Seite der Kränze angenagelte, dünne Latten befestigt, und der unvermeidliche Raum zwischen den Futterbrettern und den Erdwänden wird mit Erde sorgfältig ausgefüllt, eine Vorsicht, die besonders im sandigen Boden, wo die Kränze kaum 2 Fuss von einander entfernt gelegt werden dürfen, beobachtet werden muss. In dieser Weise gräbt man so lange, bis man auf Wasser stösst und merkt, sobald dies der Fall ist, sorgfältig die Tiefe an. Ist der Zufluss nicht allzu beträchtlich, dass durch schnelles Ausschöpfen das zufliessende Wasser beseitigt werden kann, so kann man die Grabung, wie beschrieben, fortsetzen und zwar so lange, bis mit Grund vermuthet werden kann, dass der Brunnen, selbst in der trockensten Jahreszeit, wenigstens 3 Fuss tiefes Wasser halten werde. Man legt sodann, als Fundament des herzustellenden Brunnenmauerwerks (Brunnenkessels), einen eichenen, aus sechs Stück zusammengesetzten, zuweilen unten in eine Schärfe übergehenden Brunnenkranz K, Figur 191 c, horizontal auf die Sohle des Brunnens, und stellt das cylindrische Mauerwerk entweder mittelst gewöhnlicher, oder mittelst in besonderer Form

gestrichener Ziegel, oder mittelst an der inneren Fläche behauener Bruchsteine, sorgfältig her. Die Verbölzungen werden, so weit das Mauerwerk fertig ist, herausgenommen, der leere Raum hinter der runden Mauer und den Futterbrettern wird mit Erde festgestossen und diese Arbeit bis zu Tage fortgesetzt. Meist werden die Futterbretter mit verschüttet, weil es sehr schwierig ist, sie herauszuziehen.

Ist jedoch der Zufluss des Wassers beträchtlich, dass es durch Ausschöpfen nicht beseitigt werden kann, dann bleibt nichts anders übrig, als von der Stelle an, wo man auf Wasser gestossen ist, die weitere Vertiefung der Brunnen nach Art der Senkbrunnen herzustellen.

Werden die Brunnen nur mit Holz ausgefüttert, was wegen der geringen Dauer nicht zu empfehlen ist, so bleibt die Grabung dieselbe, nur müssen die Kränze verhältnissmässig kleiner hergestellt werden.

Stosst man bei der Brunnengrabung auf Felsen, so muss er gesprengt und abgeräumt werden, findet man aber, dass es eine jener Gesteinsarten ist, die das Wasser bis zu ausserordentlicher Tiefe herabsinken lassen, so muss man sogleich das Unternehmen aufgeben.

Bei einem Boden, der in geringer Tiefe vom Wasser durchzogen ist, wird die Ausführung tiefer Brunnen in der beschriebenen Weise unmöglich, weil man wegen des starken Wasserzudranges selbst mit Hülfe kräftiger Schöpfmaschinen das Wasser nicht zu bemeistern im Stande ist, auch die Seitenwände einstürzen und die gemachte Vertiefung ausfüllen. Das sicherste Mittel, um hier zu einem Ziele zu gelangen, besteht darin, dass man den Brunnenkessel durch allmählige Versenkung in die nöthige Tiefe bringt. So hergestellte Brunnen nennt man *Senkbrunnen*. Man gräbt bis zum Horizontalwasser, legt dann einen gut construirten hölzernen Brunnenkranz, Fig. 192 a, der aus doppelten übereinander gelegten Bohlenstücken besteht, und sowohl im Durchmesser mit jenem des äusseren Brunnenkranzes, als in seiner Breite mit der Dicke des Brunnenmauerwerks übereinstimmen muss, und führt auf demselben den gemauerten Brunnenkessel bis zu einer solchen Höhe auf, dass derselbe hinreichend schwer ist, um ein Einsinken zu bewirken. Die Vertiefung und Untergrabung des Brunnenkranzes, damit derselbe sich senken kann, geschieht im leichten Sandboden mittelst des Sackbohrers, im Gerölle mittelst Handbagger oder eiserner Bohrapparate. Das zudringende Wasser lockert auch etwas den Grund auf, und wenn der Brunnenkranz unter sich sein Auflager verliert, so fängt der ganze Brunnenkessel an, sich langsam zu senken, und man kann durch wiederholtes Aufmauern desselben ihn bis zur grossen Tiefe herabführen. Die Fig. 192 b zeigt und erklärt das Verfahren und die Zusammenstellung der Apparate, deren man sich bei Ausführung der Senkbrunnen bedient. Auf dem Brunnenkessel muss eine Rüstung angebracht werden, damit die Arbeiter den Bohrer gehörig einstellen und drehen können. Die Fig. 168, Taf. X zeigt den Sackbohrer im grösseren Massstabe. Der Bügel dieses Bohrers hat eine Schneide, um desto leichter durch- oder einzudringen. Um denselben, wenn der Sack gefüllt ist, leicht herausheben zu können, dient eine um eine feste Rolle geführte Leine, die um einen drehbaren Wirbel am Bügel des Bohrers befestigt ist, damit sie sich beim Umdrehen nicht verfängt. Der Sack kann 1 Kubikfuss fassen, kommt aber meist nur halb gefüllt oben an.

Eine grosse Aufmerksamkeit ist jedoch nothwendig, um ein möglichst vertikales Versenken des Brunnenmauerwerks zu bewirken; es muss deshalb die Versenkung gleichmässig, mit Vorsicht bewerkstelligt werden, und es ist nöthig, sich durch häufiges Ablothen von der senkrechten Stellung des Mauerwerks zu überzeugen. Sobald man merkt, dass diese nicht mehr stattfindet, so darf man den Bohrer auch nicht mehr in die Mitte des Brunnens stellen, sondern näher an diejenige Seite, wo die Senkung am wenigsten erfolgt ist, um sobald als möglich den Brunnenkessel wieder in die vertikale Lage zu bringen; denn sobald derselbe eine schiefe Richtung annimmt, ist die weitere Versenkung zuweilen sehr schwierig, ja manchmal unmöglich.

Sehr zweckmässig dürfte es sein, den unteren Theil des Brunnenkessels auf 6 bis 8 Fuss Höhe, durch drei Brunnenkränze und senkrechte eiserne Bolzen, wie dies, nach Becker, die Fig. 193 a, b u. c, Taf. XVIII angeben, möglichst unveränderlich zu machen, so dass er als ein Ganzes betrachtet werden kann. Es wird alsdann, nach Fig. 193 d und e, eine breitere Grube ausgehoben, die Sohle derselben genau horizontal geebnet, und auf dieser geebneten Sohle mit Belassung von etwas Zwischenraum gegen die Erdwände ein Kranz b aus Ziegeln oder Bruchsteinen sorgfältig und genau kreisrund hergestellt, und mit einem hölzernen, aus Brettern gemachten Kreis, der zugleich als Lehre dient, überdeckt. Hierauf wird die Ausgrabung, so weit als möglich, mit vertikalen Wänden fortgesetzt, der erste Kranz e mit sechs vertikalen Bolzen auf die Sohle gelegt, auf ihm das Kesselmauerwerk begonnen und so weit auf-

geführt, als es der Abstand des zweiten Kranzes von dem ersten gestattet; sodann nach genauer Ausgleichung des Mauerwerks der zweite Kranz aufgelegt, und mittelst der durch ihn gehenden sechs Bolzen durch Schrauben fest an das auf den Kranz c aufgeführte Mauerwerk gepresst. Auf den zweiten Kranz wird nun, wie früher, gemauert, und dann der dritte Kranz aufgelegt, der wieder mit dem zweiten mittelst sechs Bolzen verbunden wird. Hat man so dieses Brunnenfundament hergestellt, so begibt sich ein Arbeiter in das Innere des Brunnenkessels, und bewerkstelligt durch allmähliges Ausgraben die Versenkung desselben, während oben zwei Arbeiter das in der Tiefe ausgehobene Material durch einen Haspel mit Eimern herauf befördern, und ein Maurer in der vorerwähnten Grube a das sinkende Mauerwerk fortwährend nachmauert. Zweckmässig dürfte es immer sein, den untersten Brunnenkranz mit einer eisernen Platte mit scharfem Rande zu versehen.

Die Fig. 193 f, Taf. XVIII zeigt einen solchen in fortgesetzter Arbeit befindlichen Senkbrunnen.

Vortheilhaft ist es, bei Mauerung dieser Brunnenkessel hydraulischen Mörtel zu verwenden, weil sonst die Erhärtung nicht so bald erfolgt und das Mauerwerk während des Versenkens brechen könnte. Trifft es sich aber, dass der Brunnenkessel bricht und theilweise einstürzt, so muss der ganze Bau nicht nur auf's Neue angefangen werden, sondern es ist auch alles Material, welches bereits unter das Grundwasser gesunken ist, verloren, und es muss sogar eine andere Baustelle gewählt werden, weil die erste wegen des darin steckenden Mauerwerks und Materials zu sehr verunreinigt ist.

Der Vortheil der Senkbrunnen besteht darin, dass man weit unter das Grundwasser herabgehen kann, ohne ein Ausschöpfen vornehmen zu dürfen. Auch wenn kein Wasser vorhanden ist, und besonders im Sandboden, kann diese sichere Art der Ausführung von Brunnen um so mehr empfohlen werden, weil sie auch billiger als die gewöhnliche Methode ist.

Nach Vollendung des Brunnenkessels wird die Pumpe und das Brunnenrohr eingesetzt, wie aus der ebenfalls aus Becker entnommenen Zeichnung, Figur 194, Taf. XVIII ersichtlich ist. Die Befestigung des Pumpenrohres geschieht gewöhnlich durch Balken, welche in verschiedener Höhe in die Brunnenmauer eingelegt werden, und welche zu je zwei neben einander das Rohr umschliessen, oder wenn man sie nur einzeln einlegt, mittelst Halseisen das Rohr an sich befestigen.

Nicht nur Brunnen von gewöhnlicher Weite, sondern auch Brunnen von 6, 9 auch mehr Fuss innerem Durchmesser, lassen sich nach dieser Methode als Senkbrunnen herstellen.

Der grösste derartige Brunnenkessel, welcher versenkt worden ist, ist der Eingangsthurm zum Themsetunnel in London, und zwar von 50 englischen Fussen lichter Weite und 61 Fuss Tiefe. Auf einem unten befindlichen eisernen Ringe, der aus einem 3 Fuss hohen Cylinder bestand, und unten mit einer 10 Zoll breiten Rippe versehen war, lag der hölzerne Brunnenkranz, der 3 Fuss breit, 1 Fuss stark von eichenen Balken, und durch 24, 1½ Zoll starke, eiserne Schraubenbolzen nach oben mit dem Mauerwerk verbunden war, welche in einer Höhe von 40 Fuss durch einen auf das Mauerwerk gelegten Ring gezogen wurden. Die Mauer erhielt 3 Fuss Dicke und wurde mit dem besten Roman-Cement aus Ziegeln hergestellt. Das Verfahren beim Versenken wich insoferne von dem gewöhnlichen eben beschriebenen ab, dass man nicht nur den Sand und Kies, sondern zugleich auch das Wasser aushob, also den ganzen Kessel immer leer erhielt, was zwar zur Erleichterung des Aushebens des Kieses diente, aber auch sicher die einzige Ursache der vielfachen Einstürzungen der Wände und anderer Unfälle war, die gewiss vermieden worden wären, wenn man das Wasser nicht ausgepumpt, sondern mit entsprechenden Baggermaschinen unter demselben den Grund gelöst und gehoben hätte.

Gut gebaute Brunnen dauern Jahrhunderte. Bei Aix in der Provence sieht man Brunnen, welche von den Römern erbaut wurden und sich noch jetzt in vollkommen gutem Zustande befinden. Die Brunnen sollen beständig offen sein; je mehr sie benützt werden, desto besser wird das Wasser, weil das Ausschöpfen die Stelle des Fliessens vertritt. Schliesst man sie kuppelförmig mit einer Vorthür ab, so müssen sie oberhalb eine Oeffnung haben, damit die unreinen Dünste ungehindert abziehen können. Wenigstens einmal im Jahre müssen Brunnen gereinigt werden, denn vernachlässigt man dieses, so erhält das Wasser einen unangenehmen Geschmack und ist oft sogar ungesund.

Hat man Brunnen im Felsboden auszuführen, so kann man diese Arbeit in jeder Jahreszeit vornehmen, in lockeren Boden kann man damit nur in den Monaten April bis Oktober vorgehen; im Winter würde man sich vielen Uebelständen aussetzen, welche durch das Nachgeben und Einstürzen des Bodens entstehen könnten. Auch kann man im Winter auf betrügerische Wasser stossen, welche nur in diesen Monaten fliessen, und bei eintretender trockener Zeit verschwinden.

# IV. Abschnitt.

## Artesische Brunnen.

### Von den artesischen Brunnen im Allgemeinen.

§. 33.

Mag es auch wahr sein, dass auf unserem Contingent die ersten erbohrten artesischen Brunnen in der Grafschaft Artois im nordwestlichen Frankreich, woher man ihren Namen »puits artesiens« ableitet, angelegt wurden, so ist doch gewiss, dass den alten Aegyptern das Verfahren, solche Brunnen zu erbohren, schon bekannt war, dass die Oasen von Theben und Garbe einer grossen Zahl erbohrter Quellen ihre Fruchtbarkeit verdanken, so wie dass von den Missionären Dufresse, Bischof von Tabraica und dem Abbé Imbert berichtet wird, dass in China bei Kaiting, in der Provinz Ou-tong-Kiao, seit undenklichen Zeiten tausende solcher Brunnen sich finden. Die gebohrten Brunnen in Aegypten sollen eine Tiefe von 300 bis 500 Ellen haben; noch tiefer sollen die in China sein, bis zu 1500 und 3000 Fuss.

Man hat im siebzehnten und im vorigen Jahrhundert, doch nur in ziemlich vereinzelten Fällen, in Italien, Frankreich, England und Deutschland den Bohrer zur Auffindung von süssem Wasser, häufiger aber von Soolen angewendet; in letzterer Zeit jedoch, als im Jahre 1818 die Gesellschaft zur Beförderung der Nationalindustrie zu Paris, einen Preis auf die beste Anweisung zur Aufbohrung fliessender Quellen setzte, und der beim Bergbau in Arras angestellte Ingenieur Garnier die beste Anleitung hiezu gegeben hatte, haben sich die artesischen Brunnen allgemein verbreitet.

Bei der grossen Tiefe, bis zu welcher diese Brunnen herabgeführt werden müssen, sind natürlicher Weise die gewöhnlichen Methoden des Brunnenbaues nicht mehr anwendbar. Um die Kosten zu vermindern, wird die Weite des Brunnens auf wenige Zolle reducirt; ferner muss, da in diesem Falle nicht gegraben werden kann, gebohrt werden, und zur Verhütung des Einstürzens der Wände, ersetzt eine engere Röhre die Stelle des weiteren Brunnenkessels.

Da solche gebohrte tiefe Brunnen nicht nur den Zweck haben, Wasser zu geben, sondern auch zu verschlucken, so nennt man im Allgemeinen jeden engen tiefgebohrten Brunnen, der entweder Wasser gibt, oder solches verschluckt, einen *artesischen Brunnen.*

Die physikalischen Bedingungen*) zur Aufschliessung artesischer Brunnen sind dieselben, wie für alle aufsteigenden Quellen, d. h. sie sind zurückführend auf das Princip der communicirenden Röhren. Nur wo ununterbrochener Zusammenhang unterirdischer Wasseransammlungen mit höher gelegenen Anfüllungen durch Spalten und Klüfte vorhanden ist, wird das erbohrte Wasser in dem Bohrloch steigen, und zwar um so höher, je höher der Spiegel des Wassers in den Zuflusskanälen steht. Daher gibt es Bohrlöcher, in welchen das Wasser nur bis zu einer gewissen Höhe steigt, von welcher aus es durch Pumpwerke vollends zu Tage gefördert werden muss, andere, die sich bis zum Rande füllen, oder aus welchen Wasser noch über die Mündung hervorquillt.

Die Frage nach der Wahrscheinlichkeit, ob an einer gegebenen Stelle eine Springquelle durch Bohrung gewonnen werden könne, hängt zwar zunächst ab vom Wasserreichthum der Gesteinsbildungen der Umgebung überhaupt, dann kommt aber die weitere Bedingung hinzu, dass zerklüftetes, also wasserdurchlassendes Gestein mit dichteren Schichten, die das Durchsickern nach unten sowohl, als das Ausfliessen des angesammelten Wassers nach oben verhindern,

*) Bolley.

abwechselt. Es bindet sich die Möglichkeit der Auffindung keineswegs, wie man früher geglaubt hatte, an eine bestimmte geologische Formation, vielmehr sind es die angedeuteten Lagerungsverhältnisse, auf welche sich die Hoffnungen des Suchenden stützen müssen. Die Zerklüftung des Gesteins, eine für die Infiltration nothwendige Bedingung, der Wechsel geschlossenen, dichteren Gesteins mit lockeren, möglichst horizontalen Lagerungen, so wie grosse Ausdehnung der Schichten, damit das unterirdisch angesammelte Wasser sich über ein grösseres Gebiet ausbreiten könne, sind Verhältnisse, die in verschiedenen geologischen Formationen vorkommen können, obschon richtig ist, dass man das Zusammentreffen aller dieser Voraussetzungen bei einigen Formationen leichter findet, als bei andern. Arago gibt eine Zusammenstellung der hinsichtlich der artesischen Brunnen die Physik berührenden Thatsachen, wobei er die geologischen Formationen für die Entscheidung der Frage, wo der eigentliche Sitz des Wassers sei, welches Springquellen liefern kann, in drei Gruppen eintheilt:

1) Das Ur- und Uebergangsgebirge ist charakterisirt durch zwar viele, aber regellose, meist enge, nicht im Zusammenhang stehende Spalten und durch den Mangel an Schichtung. Es zeigen sich in diesen Bildungen daher viele, aber kleinere Quellen.

2) Die sekundären Gebilde, von der untersten Schichte der Trias bis zur Kreide mit eingeschlossen, stellen in der Regel grössere Becken mit aufgebogenen Rändern und, wenigstens in einzelnen ihrer Glieder, horizontale Schichten von ungleicher Dichtigkeit dar.

3) Aehnliches findet statt in der Tertiär-Formation, nur mit dem Unterschiede, dass die Verbreitung der hieher gehörigen Schichten geringer ist.

Nach diesen Betrachtungen vereinigen sich in den secundären Gesteinsmassen am vollkommensten die Bedingungen zum Ansammeln grösserer Wassermassen. Nach Forschungen von Vielen entstammt die Mehrzahl der artesischen Quellen den Bildungen, die sich unter der Kreidenformation, und zwar noch unter dem Thon (Wälderthon), auf welchem die Kreide liegt, finden, auf der Grenze also zwischen der Kreide und Oolithgruppe. Die Quellen im Departement des Pas de Calais, dem alten Artois, ein Brunnen zu Elboeuf an der Seine, ein solcher zu Southampton, einige in der Nähe von Paris entspringen sämmtlich diesen Schichten. Ein artesischer Brunnen zu Dresden kommt aus den Schichten unter dem sogenannten Plänerkalk, einem zur Kreide gezählten, mergelartigen Kalkstein. Aber ohne Ausnahme ist diese Regel keineswegs; die artesischen Brunnen in der Nähe von London entspringen aus neueren, unmittelbar unter dem Londonthon liegenden Bildungen. Bruckmann erbohrte mehrere artesische Brunnen bei Heilbronn am Neckar, im Keuper, also in einer der tiefsten Schichten der secundären Periode. Es wird sogar berichtet, dass in Aberdeen in Schottland eine Springquelle in Granit gebohrt wurde. Wenn man diesen letzten Fund nach Arago als einen glücklichen Zufall anzusehen hat, so scheint doch aus allem bis jetzt Bekannten hervorzugehen, dass keine Partie in der ganzen Reihenfolge der geschichteten Gesteine von vornherein ohne Chance für das Auffinden von Springquellen ist.

## §. 34.

Die *Ergiebigkeit eines artesischen Brunnens* hängt nicht nur von der relativen Höhe der Stelle ab, wo er angelegt werden soll, sondern ebenso auch von der Formation des Bodens. Die Höhe, zu welcher das Wasser der artesischen Brunnen steigt, ist sehr verschieden; sie hängt theils von dem Niveau des Speisebrunnens, theils von der Beschaffenheit der sonstigen Ausflüsse ab. In manchen Fällen steigt das Wasser 20, 30, ja in sehr seltenen Fällen auch 70 Fuss hoch, in anderen gelangt es, wie schon erwähnt, nicht bis an die Oberfläche des Bodens. Im Allgemeinen sind Brunnen, welche in der Sekunde $^1/_4$ Kubikfuss liefern, schon ziemlich selten, doch kommen auch Beispiele vor, dass sie bis 1 Kubikfuss in der Sekunde liefern. Der erst kürzlich nach sechsjährigen Anstrengungen von dem deutschen Bohringenieur Kind glücklich vollendete artesische Brunnen zu Passy liefert in 24 Stunden 20000 Kubikmet. Wasser. Er besitzt $586._5$ Meter Tiefe und das Wasser steigt mit 28 Grad C. Wärme auf. In 3500 M. Entfernung davon befindet sich der schon länger vollendete artesische Brunnen von Grenelle, welcher früher 900 Kubikmeter Wasser in 24 Stunden lieferte, dessen Ergiebigkeit aber seit Eröffnung des erwähnten Passyer Brunnens auf 460 Kubikmeter gesunken ist. Auch der Brunnen zu Passy gab den ersten Tag 25000 Kubikmeter, und seine Ergiebigkeit hat sich bis auf 20000 Kubikmeter vermindert. Man sucht die Verminderung in einer eingetretenen Versetzung des Greneller Bohrloches mit Sand, und in der geringen Höhe des Austrittspunktes bei dem Passyer Bohrloche. Beide Bohrlöcher reichen bis in die 50 Meter mächtige Grünsandschicht, welche zwischen der Kreide und dem Jurakalk des Pariser

Beckens liegt und zur einen Hälfte aus Thon, zur andern aus Sand besteht. Von letzterem wiegt ein Kubikmeter nass 1600, trocken 2500 Kilogramme, enthält also 333 Liter Wasser, und da die Ausbreitung 80000 Quadrat-Kilometer beträgt, so ist keine Gefahr für ein Versiegen dieser beiden artesischen Brunnen vorhanden.

Es gibt aber doch hie und da Bodengattungen, welche den artesischen Brunnen nicht so gut entsprechen, wie die eben beschriebenen. So z. B. wurden in Venedig 17 artesische Brunnen gebohrt, von denen seit dem Monate Oktober 1852 neun zu strömen aufgehört haben. Die übrigen acht waren der Gegenstand von fünf Messungen, die in verschiedenen Zeiträumen vorgenommen wurden, und in dem Erträgniss eine fortschreitende Abnahme nachgewiesen haben. Jetzt liefern die acht artesischen Brunnen von Venedig nicht mehr als 488 Liter pro Minute, oder 700 Kubikmeter in 24 Stunden.

Nach der im September 1856 vorgenommenen Messung, welche die letzte war, betrug die Wassermenge von:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| St. Paolo . . . . . | 76 | Liter | pro | Minute |
| St. Leonardo . . . . . | 67 | „ | „ | „ |
| St. Geremia . . . . . | 67 | „ | „ | „ |
| St. Francesco della Vigna | 47 | „ | „ | „ |
| Ghetto nuovo . . . . | 68 | „ | „ | „ |
| St. Giacomo dell' orio . | 82 | „ | „ | „ |
| St. Maria Formosa . . | 23 | „ | „ | „ |
| St. Giacomo in Giudecca | 58 | „ | „ | „ |
| Summa . | 488 | „ | „ | „ |

Als das Wasser vom Brunnen St. Paolo zu fliessen begann, gab dieser 247, und ebenso der Brunnen St. Leonardo 220 Liter Wasser pro Minute.

Da man von der Lage der Wasseradern im Erdboden nie eine bestimmte Kenntniss hat, so ist das Ausführen der artesischen Brunnen immer ein zweifelhaftes Unternehmen, und man muss sich so einrichten, dass die Arbeit nöthigenfalls weiter ausgedehnt werden kann, als es die geognostischen Voruntersuchungen vermuthen lassen.

Nach den gemachten Erfahrungen ist es im Allgemeinen wahrscheinlicher, bei grösserer Tiefe grössere und reichhaltige Quellen zu finden, als bei geringerer. Aus diesem Grunde wird häufig der Wasserzufluss, den man zuerst antrifft, nicht zur Speisung des Brunnens benützt, und man treibt das Bohrloch tiefer, um zu versuchen, ob nicht weiterhin ein besserer Quell gefunden wird. So kommen Beispiele vor, dass durch dasselbe Bohrloch fünf Adern aufgeschlossen wurden, welche verschiedenes Wasser auf verschiedene Höhe steigen liessen. Hiebei kann es indessen nicht fehlen, dass man mitunter auch auf Schichten trifft, in welchen ein ungehinderter Abfluss stattfindet, oder welche nicht vollständig mit Wasser angefüllt sind. In diesem Falle kann kein Wasser in das Bohrloch treten, sondern wird das zufällig im Bohrloche befindliche Wasser sogar herabfliessen und verschwinden. Bricht man die Arbeit an einer solchen Stelle ab, so hat man einen Brunnen hergestellt, der im direkten Gegensatze zu dem sonstigen Zwecke der Brunnen nicht Wasser gibt, sondern Wasser verschluckt, und man nennt ihn einen *absorbirenden Brunnen*, wie deren in neuerer Zeit an vielen Orten mit grossem Vortheile zur Ausführung gebracht wurden.

Hagen beschreibt einige interessante Brunnenanlagen dieser Art, die hier folgen sollen.

Zu St. Denis hatte man einen artesischen Brunnen angelegt, dessen Wasser nicht den gewünschten Grad von Reinheit besass, und welches überdiess in solcher Menge hervorbrach, dass namentlich im Winter die Passage auf den Strassen beschwerlich und bei eintretendem Froste sogar gefährlich wurde. Die städtische Behörde wollte schon den Brunnen schliessen lassen, als im Jahre 1828 der Ingenieur Mulot sich erbot, alle Uebelstände zu beseitigen, ohne dass der Brunnen eingehen dürfte. Der Zufall begünstigte das Unternehmen, und es glückte, eine Brunnenanlage herzustellen, die zu den interessantesten gehört, welche überhaupt vorgekommen sind. Mulot benutzte zuerst eine absorbirende Schichte (deren Tiefe nicht angegeben ist), um das überflüssige Wasser fortzuschaffen. Die Bohrung wurde alsdann weiter fortgesetzt, und in der Tiefe von 55 Meter fand er dieselbe reiche Wasserader, welche schon früher benützt worden war. Er ging aber noch weiter und schloss 65 Meter tief einen Quell von grosser Reinheit auf, jedoch nicht stark genug, um den ersten ganz entbehrlich zu machen. Nun wurde folgende Anordnung getroffen: eine Röhre von 3 Zoll Weite führte den letzten Quell herauf und lieferte das Wasser zum Trinken und Kochen. Diese Röhre steckt in einer andern, die 4 Zoll weiter ist, und das minder reine Wasser in ein Becken führt, welches zugleich den ersten Quell aufnimmt, insoferne er nicht benutzt wird. Das erwähnte Becken giesst endlich das überflüssige Wasser in ein darunter befindliches Reservoir, und dieses wird durch eine 11 Zoll weite Röhre, welche zugleich die beiden andern einschliesst, in die absorbirende Schicht gegossen. So steigt das Wasser an derselben Stelle aus verschiedenen Tiefen

herauf, und wird wieder in den Boden zurückgeleitet.

Wenige Jahre später versuchte man, auf dieselbe Art auch unreines Wasser abzuleiten. Der Abgang und das Spülicht einer Stärkefabrik zu Villetaneuse, einem Flecken in der Nähe von St. Denis, verunreinigte die Brunnen in der Nachbarschaft und nicht minder den Bach Enghien, worüber weit und breit Klagen erhoben wurden. Der Versuch, dasselbe durch Senkgruben fortzuschaffen, missglückte, indem diese Gruben nichts verschluckten, sondern Wasser gaben, und so wurde beschlossen, dasselbe durch Bohrlöcher in einen unterirdischen Strom zu versenken. Mulot übernahm wieder die Ausführung, und es gelang in der Tiefe von 64 Meter den gewünschten Abfluss zu eröffnen. Während des Winters von 1832 und 1833 verschluckte der Brunnen täglich 80000 Litres, ohne dass von den nächsten Nachbarn, noch sonst irgendwo eine Beschwerde erhoben wurde.

Nachdem dieser günstige Erfolg bekannt geworden war, wurde bald bei einer anderen Anlage gleichfalls in der Nähe von Paris dasselbe versucht. Da unter Umständen, welche viel bedenklicher erschienen, das Unternehmen vollkommen gelang, so nahm das Vertrauen zu solchen Anlagen schnell zu, und im Jahre 1834 liess der Magistrat von Paris drei absorbirende Brunnen an den drei Thoren du Combat, de Saint-Mandé und de la Cunette ausführen. Der erste, der hauptsächlich einen sumpfigen Distrikt, dem die natürliche Entwässerung fehlte, trocken legen sollte, war in demselben Jahr durch Mulot auf 81 ¼ Meter herabgetrieben und im folgenden Winter, in welchem man Versuche über seine Capacität anstellte, sah man die überraschenden Resultate, dass er in einer Stunde 50, 70 und zuletzt sogar 100 Kubikmeter verschluckte. Die Weite der Röhre war nach der Tiefe verschieden, sie betrug 0.13 Meter.

Auf solche Art haben die artesischen Brunnen in der letzten Zeit eine neue Anwendung gefunden, welche ihrer sonstigen Benützungsart gerade entgegengesetzt, aber keineswegs minder wichtig ist.

† Der Nutzen der artesischen Brunnen, welche reichlich reines Wasser liefern, ist oft von so grosser Bedeutung, dass davon allein die Industrie, Bodenkultur und vielleicht die Bewohnbarkeit einer Gegend abhängt. Wenn die Quantität des Wassers, welches sie liefern, und die Höhe, zu welcher dieses steigt, auch keineswegs den Wünschen immer entspricht, so kann dennoch die Reinheit und Frische des Wassers schon die Anlagekosten reichlich entschädigen, und namentlich pflegt dies der Fall zu sein, wenn sie aus Kalklagen entspringen. Man hat auch schon versucht, die gewöhnlichen Brunnen, deren Wasser minder rein ist, durch artesische zu ersetzen. Wo letztere überfliessen und einen weiten Brunnenkessel füllen, in welchen man eine Pumpe stellt, ist eine Anordnung dieser Art ganz passend; wenn aber der Wasserstand im Bohrloche bedeutend unter der Oberfläche des Bodens bleibt, und man die Saugröhre der Pumpe unmittelbar in das enge Bohrloch stellen muss, dann ist die Ergiebigkeit sehr beschränkt, und es lassen sich durch einen solchen Brunnen nicht jene Wassermassen beischaffen, welche ganze Strassen bevölkerter Städte, oder auch nur einzelne grössere Etablissements erfordern. Es ist ein Beispiel von John Seaward angeführt, dass ein solcher Brunnen durch Senkung des Brunnenkessels bis unter den Wasserstand im Bohrloche die Wassermenge um das zehnfache vermehrte.

Die Versuche, durch artesische Brunnen dem Wassermangel in Kanälen und Hafenbassins abzuhelfen, haben überall unzulängliche Resultate gegeben. Dagegen benützte man mit mehr Erfolg das Wasser dieser Brunnen zur Bewegung von Wasserrädern; man darf sich jedoch nicht zu viel von einer solchen Wasserkraft versprechen. Wichtiger scheint der Nutzen zu sein, den man an manchen Orten von der Temperatur des artesischen Brunnenwassers gezogen hat. Im südlichen Deutschland lässt man es mehrfach im Winter über die Mühlenräder fliessen, um die Bildung von Eis zu verhindern, und in einer Papiermühle zu Heilbronn leitet man es in Röhren durch die Räume der Fabrik, und erhält dadurch auch bei starkem Froste die Temperatur auf + 6 Grade R.

Von besonderer Wichtigkeit sind endlich die artesischen Brunnen für die Salinen geworden, indem es durch Anwendung derselben häufig geglückt ist, eine viel reichhaltigere Soole zu gewinnen. In solchen Fällen kommt dabei manchmal ein starkes Ausströmen eines aus Kohlenwasserstoff bestehenden Gases vor, welches man zuweilen besonders ableitet und zur Feuerung benützt.

Ein artesischer Brunnen, der eine grosse Menge springenden Wassers von guter Quantität gibt, ist alles, was man nur von Quellen wünschen kann, und hat in solchen Fällen einen unschätzbaren Werth. Dagegen bestehen die Schattenseiten dieser Brunnenbohrungen in Folgendem:

1) glücken sie nicht immer;
2) sind sie zu kostspielig, denn wenige Kommu-

nen oder Private können 40000 bis 80000 Gulden an einen solchen Brunnen wagen, und

3) selbst annähernd kann man nicht bestimmen, wie tief man bohren muss, um sprudelndes Wasser zu erhalten, und folglich kann man eben so wenig vorherbestimmen, wie hoch sich die Kosten eines solchen Brunnens belaufen können.

§. 35.

Bei der Anlage artesischer Brunnen bestehen die verschiedenen Arbeiten im Allgemeinen hauptsächlich in Folgendem:

a. In der Ausführung des Bohrloches, das ist, in dem eigentlichen Bohren.

b. In der Einfassung der Seitenwände des Bohrloches, das ist, in dem Einsetzen der Futterröhren, um das Bohrloch vor dem Verschütten zu sichern.

c. Im Einbringen der Steigeröhre, durch welche der aufgeschlossene Quell ohne Verlust und ohne Verunreinigung durch fremdes Wasser bis zur Erdoberfläche steigen kann.

Weder den Bohrer noch die übrigen Apparate kann man in grosser Tiefe unmittelbar führen und ihnen die gehörige Richtung und Haltung geben; dieses geschieht nur durch Vermittlung eines Seiles oder einer Stange von ausreichender Länge. Das Bohrloch muss immer vertikal gehalten werden und einen bestimmten regelmässigen Querschnitt erhalten, weil sonst der Bohrer nicht gehörig wirken kann, und dadurch die Arbeit erschwert, ja oft die Fortsetzung unmöglich wird.

Die zwei wesentlich von einander verschiedenen Bohrmethoden sind: wenn die Verlängerung des Bohrers durch eiserne Stangen bewirkt wird, *das Bohren mit festem Gestänge,* und wenn die Verlängerung des Bohrers durch ein Seil gebildet wird, *die Bohrung mit dem Seile oder das Seilbohren.* Jede dieser Haupt-Bohrmethoden wird nach verschiedener Weise ausgeführt, und es sind auch seit den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage verschiedene Apparate zu Bohrungen artesischer Brunnen in Anwendung gebracht worden; jedoch hat man solche erst in letzterer Zeit und namentlich in Frankreich zu bedeutender Vollkommenheit und in eigentliche Systeme gebracht. Obwohl man von diesen nur die hauptsächlichsten hier einer näheren Betrachtung unterzieht, so sollen sie doch alle wenigstens dem Namen nach kennen gelernt werden.

1) Das *artesische, englische und deutsche System,* nämlich das Bohren mit festem Gestänge, wobei der Bohrer mit einem festen, aus eisernen Stangen bestehenden Gestänge bewegt wird.

2) Das *chinesische System oder das* sogenannte *Seilbohren,* mit Anwendung eines schweren, durch Hülfe eines Seiles in Bewegung gesetzten und durch Stoss wirkenden Bohrers.

3) Das *preussische System,* welches die Anwendung von steifen Stangen mit hölzernen, eisenbeschlagenen Stangen verbindet. Man lässt das Gestänge aus zwei Theilen bestehen, so dass hiedurch die aus dem Bohrer und 6 bis 8 unteren Bohrstangen bestehende Triebkraft von dem übrigen Theil des Gestänges, das so leicht als möglich und oft aus Holz gemacht wird, getrennt ist, damit nur ein Theil des Gestänges beim Stosse wirke.

4) Das *französische System der Gesellschaft Fremonville,* bestehend in der Anwendung des chinesischen Bohrers, der am Ende einer Sicherheitsröhre angebracht ist, welche mit dem Bohrinstrumente herunter sinkt.

5) Das *System mit hohlem Gestänge,* das sich nach Art der gewöhnlichen Schraubenstangen theilweise ablöst, und bei welchem der Stoss durch ein Seil bewirkt wird. Dieses System unterscheidet sich von dem vorigen wesentlich dadurch, dass die eiserne Säule oder Röhre nichts anders ist, als eine Reihe von Stangen, welche dem Seile zur Führung dienen (während bei dem ersten die Säule in dem Bohrloche bleibt), um das Nachstürzen der Felstrümmer zu verhüten.

6) Das *System von Fauvelle,* bei welchem, wie im vorigen Falle, im Punkte 5, hohle Stangen zur Führung des arbeitenden Instruments und hiezu noch die Druckpumpe angewendet werden, um die Felstrümmer zu Tage zu schaffen.

Bevor zur Beschreibung der Ausführung der artesischen Brunnen nach verschiedenen Bohrsystemen geschritten wird, sollen die zum Bohren nothwendigen Instrumente kennen gelernt werden.

### Das Gestänge.

§. 36.

Dasselbe bildet die Verlängerung des Stieles der Bohrer und der sonstigen Instrumente zum Aufräumen und Vertiefen der Bohrlöcher. Es besteht aus Stangen von geschmiedetem Eisen, die an ihren Enden mit Vorrichtungen versehen sind, wodurch sie möglichst leicht und fest verbunden werden können. Diese einzelnen Theile oder Glieder müssen nicht nur die nöthige Stärke und Festigkeit haben, um nicht

unter der eigenen Last zu zerreissen, sondern sie müssen auch der Drehung und dem verstärkten Zuge widerstehen, wenn sich der Bohrer klemmen sollte.

*Die Stärke der Glieder* hängt offenbar von der ganzen Länge, zum Theil auch von der Weite des Bohrloches und auch von manchen Eigenthümlichkeiten des Bodens, die einen grösseren oder geringeren Widerstand bedingen, ab. Der geringste Querschnitt eines Gestänges, welches dauernd benützt werden soll, beträgt bei Tiefen von beiläufig 300 Fuss 1 Quadratzoll, für grössere Tiefen bis etwa 500 Fuss gibt man 1 ¼ Zoll der Seite des Quadrats und bei Tiefen bis gegen 1000 Fuss 1 ½ Zoll. In Frankreich hat man gewöhnlich sechserlei Gestänge für die verschiedenen Bohrtiefen, die schwächsten haben einen Querschnitt von 0.028 Meter im Quadrat, und genügen bis 60 Meter Tiefe. Von hier an steigen die Dimensionen wie folgt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.031 | Meter | für | 100 | Meter | Tiefe |
| 0.033 | „ | „ | 150 | „ | „ |
| 0.037 | „ | „ | 200 | „ | „ |
| 0.042 | „ | „ | 250 | „ | „ |
| 0.045 | „ | „ | 300 | „ | „ |

Beim Bohrapparate, der im Schlachthause von Grenelle zu Paris angewandt wurde, war der Querschnitt des Gestänges beinahe 4 Quadratzoll. Bei diesem Brunnen gelangte man in einer Tiefe von 1737 ½ Fuss auf eine reiche Wasserader.

Die Erfahrung lehrt, dass bei grösserer Tiefe die unteren Glieder der Gefahr des Drehens und Biegens am meisten ausgesetzt sind, und daher pflegt man, wenn man nicht einen gleichen Querschnitt dem Gestänge geben will, die unteren Glieder zu verstärken. Bei dem in Artern bis auf 1000 Fuss herabgeführten Bohrloch hatte der grösste Theil des Gestänges den Querschnitt von 1 Quadratzoll, und nur die unteren Stangen hatten 1 ¼ zur Seite des Quadrates ihres Querschnittes; es wurde jedoch das Gestänge hier besonders stark angegriffen.

Die *Länge der einzelnen Glieder* ist nicht immer gleich gross, sie wächst mit der Tiefe des Bohrloches und mit der Stärke des Gestänges. Ein grosser Uebelstand bei dergleichen Bohrungen ist der Zeitverlust, den jedesmal das Herausnehmen und Herablassen des Bohrers verursacht, und derselbe wird um so grösser, je grösser die Anzahl der Glieder des Gestänges, und je kürzer die Glieder selbst sind. Das Anfertigen grosser Glieder ist aber immer etwas schwieriger, und man hat dabei die Unbequemlichkeit, dass beim Bohren das oberste Glied weit über dem Boden vorsteht. Bei Anwendung entsprechend kürzerer Glieder braucht man dieselben nicht einzeln zu lösen, sondern mit Rücksicht auf die Höhe der Rüstungen, wogegen sie gestellt werden, können zwei oder drei mit einander verbunden bleiben, wodurch die Arbeit um Vieles erleichtert wird. Die Länge der einzelnen Glieder beträgt daher in gewöhnlichen Fällen 12 bis 15 Fuss, obwohl auch Fälle vorkommen, wo man sie nur 8 Fuss und anderseits auch 30 bis 36 Fuss lang macht. Diese Länge hatten die Glieder bei der schon erwähnten Bohrung im Schlachthause von Grenelle zu Paris.

Die *Verbindung der einzelnen Glieder* muss neben einem möglichst einfachen und wenig zeitraubenden Verfahren beim Auseinandernehmen und Zusammensetzen des Gestänges noch die Eigenschaften besitzen, welche nicht nur einer zufälligen Trennung hinlänglich vorbeugen, sondern auch die Verbindung so innig herstellen, dass die Glieder nicht schlottern. Auch muss eine Drehung des Gestänges wenigstens nach einer Richtung vorgenommen werden können, obwohl es sehr vortheilhaft ist, wenn eine solche auch rückwärts geschehen kann, indem bei solcher Eigenschaft des Gestänges ein festgeklemmter Bohrer sich am leichtesten wieder lösen lässt. Die Fig. 195 a und b, auf Taf. XIX zeigen die Verbindung solcher Verlängerungsstücke eines Gestänges. In Fig. 195 a bilden die männlichen und weiblichen Verbindungsglieder ein Prisma mit ebenen Flächen, sind mit Löchern versehen, in welche von der einen Seite der Bolzenkopf, und von der anderen das mit einer Schraube ausgeschnittene Ende dieser Bolzen eingelassen ist, welches Ende in eine Mutter eingreift, die in den rückwärtigen Lappen des Gestänges eingeschnitten ist. Die Bolzen müssen in entgegengesetzter Richtung eingreifen. Die Fig. 195 b zeigt eine Verbindung durch aneinander gepasste Flächen und Bolzen, die wie bei der früher beschriebenen Verbindungsart eingelassen werden. Die Fig. 205 a und b zeigt die einfachste Verbindung der Glieder mit einer Schraube; jedes Glied erhält an einem Ende eine Schraubenspindel und am andern eine Schraubenmutter, welch' letztere, damit sie keine schwache Stelle des Gestänges bilde, in einer angebrachten Verstärkung oder in einem Bundringe eingeschnitten sein muss. Sowohl der Durchmesser, d. i. die Stärke und Höhe des Schraubengewindes, als auch die Gesammthöhe aller Schraubengewinde zusammen, muss mit der Stärke der Stange in einem gewissen Verhältnisse stehen, und bei den angegebenen Stärken

der verschiedenen Gestänge können diese Verhältnisse aus folgender Tabelle entnommen werden.

| Bei einer Stärke der Stange, im Quadrate, zur Seite von | Stärke des Schraubengewindes und sein Durchmesser. | Höhe des Schraubengewindes | Gesammthöhe der Schraubengewinde |
|---|---|---|---|
| Meter | Meter | Meter | Meter |
| 0.028 | 0.029 | 0.004 | 0.055 |
| 0.031 | 0.036 | 0.004 | 0.066 |
| 0.033 | 0.040 | 0.005 | 0.085 |
| 0.037 | 0.048 | 0.005 | 0.085 |
| 0.042 | 0.049 | 0.005 | 0.085 |
| 0.045 | 0.056 | 0.006 | 0.086 |

Wie fest und einfach auch immer diese Verbindung ist, so tritt dabei der Uebelstand ein, dass man den Bohrer nicht zurückdrehen darf, weil sich sonst die einzelnen Glieder des Gestänges von einander lösen. Man hat zwar manche Vorrichtungen zur Verhütung des Auflösens beim Zurückziehen vorgeschlagen und zum Theil auch wirklich ausgeführt; es wird aber dabei das scharfe Anziehen der Schraube beeinträchtigt, wodurch die Festigkeit und Steifigkeit des Gestänges leiden. Da die verschiedenen Werkzeuge so construirt werden können, dass sie beim Bohren mit Schraubenverbindung des Gestänges (womit man nur nach einer Richtung drehen kann) sich verwenden lassen, so haben die besten Brunnenmeister die mit Gabelungen verbundenen Gestänge ganz verworfen und nur jene mit Schraubenverbindungen in Gebrauch genommen, obwohl die gabelartig verbundenen bei Ausbesserung gewisser Unfälle, bei Vergrösserung des Bohrloches in gewissen Gebirgsarten ganz unbeschadet die Bewegung nach einer und der andern Richtung gestatten.

Eine gleichmässige Bearbeitung aller Theile ist jedenfalls sehr nothwendig, damit die einzelnen Glieder nicht ihrer Reihenfolge nach ausgesucht werden dürfen, sondern alle zusammenpassen. Auch muss jeder Bohrer und jedes sonstige Werkzeug, welches an das Gestänge befestigt wird, an seinem Kopfe in derselben Art geformt sein, wie jedes obere Ende eines Gliedes vom Gestänge, damit es an das untere Ende jedes einzelnen Gliedes angesetzt werden könne.

Zum *Heben des Gestänges* bedient man sich besonderer *Kopfstücke*, Fig. 196 a, b und c, Taf. XIX, in welche jedes obere Ende eines Gliedes passt. Dieselben sind oben mit einem Wirbel versehen, weil ein langes und schweres Gestänge, das unter seiner Last sich biegen würde, auch während des Bohrens im Hebzeuge hängen muss. Ein solches Kopfstück findet besonders beim Gebrauche von Steinbohrern Anwendung, die nicht gedreht, sondern aufgestossen werden; denn Bohrer, in Verbindung mit einem steifen Gestänge, werden, in was immer für einer Tiefe, je nach den zu durchfahrenden Gebirgsarten entweder durch *Drehung* oder durch *Stoss* in Bewegung gesetzt; ersteres bei Erdschichten, letzteres bei Felsen. Wird das Gestänge gedreht, so wird die Drehung nicht am Kopfe desselben, sondern an dem zunächst darunter befindlichen Gliede vorgenommen. Besonders bequem für diesen Zweck ist der *Doppelhaken*, Fig. 196 d; er besteht in seinem untern Theile aus zwei Armen, die so weit von einander entfernt sind, dass wohl der mittlere Theil eines Gliedes, aber nicht die zur Verbindung nothwendige Verstärkung oder die Bundringe, dazwischen Raum finden. Während des Bohrens werden die beiden Arme an ihren Enden noch mit Bolzen verbunden, um nicht auseinander gedrängt zu werden. Der Doppelhaken muss auch mit einem Wirbel versehen und so geformt sein, dass er den Kopf jedes Gliedes in der Mitte fasst, und kein Klemmen oder Biegen des Hakens erfolgt.

Die in Fig. 197 und in Fig. 198 a und b auf Taf. XIX dargestellten Haken sind besonders zum Herausnehmen und Herablassen des Gestänges sehr brauchbar, weil sie nicht nur den Kopf des Gliedes fassen, sondern jede Stelle des Gestänges sicher halten. Man muss jedoch bei ihrem Gebrauche jede Erschütterung des Gestänges vermeiden, weil sonst die Stange an der Stelle, wo sie gefasst ist, verbogen werden könnte.

Zum *Drehen des Gestänges* bedient man sich der *Bohrschlüssel*, und zwar gewöhnlich des sogenannten *doppelarmigen Hebels*, Fig. 199, Taf. XIX. Er besteht aus einem mit Eisen beschlagenen Schafte, der an der Seite, dem Querschnitt der Bohrstangen gemäss, einen Einschnitt hat. Es sind zwei Bolzen durch ihn gesteckt, von denen der bei AB mit dem Ueberwurf C ein Charnier bildet, in dem andern PD ist aber in der Nähe seines Endes P bei X ein Loch gebohrt, durch das ein Stift gesteckt wird, um den Ueberwurf geschlossen zu halten. Die durch den Einschnitt gezogene Bohrstange bringt man mit dem Hebel dadurch in Verbindung, dass man die spitz zulaufende Druckschraube des Ueberwurfs in sie eingreifen lässt. Um den Hebel heben oder senken zu können, braucht man die Schraube nur wieder frei zu machen, und wenn er an der gewünschten Stelle ist, wieder anzuziehen.

Auch der *Drehhebel* (Bohrschlüssel), Fig. 200, Taf. XIX, wird noch zuweilen benützt. Das Gestänge geht durch die Oeffnung V, in welcher es durch einen aus Ulmenholz verfertigten Keil S festgehalten wird. Durch die Stösse des Bohrapparates bei hartem Gestein wird der Keil leicht gelockert, man ist demnach genöthigt, häufig den Bohrschlüssel an den gehörigen Platz zu bringen, und will man ihn entfernen, so muss zuerst der Keil durch starke Schläge herausgebracht werden, was den Nachtheil hat, dass das Gestänge stark zittert, wodurch der im Löffel enthaltene Bohrschlamm zum Theil zurückfällt.

Die Fig. 201, Taf. XIX zeigt einen *einarmigen*, und die Fig. 202 einen *zweiarmigen eisernen Drehhebel*, welche zu leichteren Bohrungen verwendbar sind.

Bei sehr grosser Tiefe des Bohrloches erfordert die zu hebende Masse des eben beschriebenen Gestänges nicht nur einen übermässigen Kraftaufwand, sondern es treten auch, durch die Erschütterungen der hiedurch sehr heftigen Stösse, vielfache Beschädigungen des Gestänges ein, und die Bohrer werden in Folge dieser Wirkung viel leichter abgenützt, als wenn ein leichteres Gestänge herabfällt. Man versuchte diesen Uebelständen auf mehrfache Weise abzuhelfen, und man hat z. B. das Gestänge aus zwei Theilen gebildet und diese an einem gewissen Theil der Länge mit Hülfe eines Wechselstückes Fig. 203 a, b dergestalt zusammengesetzt, dass beim Herausziehen der untere kürzere Theil sicher mitgehoben wird, und bei einem Stosse der obere längere Theil keine Wirkung auf den unteren hat. Solche Wechselstücke pflegt man 100 Fuss über dem Bohrer anzubringen. Auch hat man hölzerne Stangen oder Latten statt eiserner Glieder schon zur Anwendung gebracht, die zwar bedeutend wohlfeiler im Gebrauche, aber viel weniger sicher sind. Man muss denselben einen so grossen Querschnitt geben, dass sie an sich beinahe so schwer als die eisernen Stangen bleiben; beim Eintauchen ins Wasser verlieren sie aber den grössten Theil ihres Gewichtes. Diese Stangen, Fig. 204 a und b, Taf. XIX, werden durch Verbindungsstücke mit gewöhnlichen Schrauben zusammengesetzt. Das Stangenschloss ABCD hat einen cylinderförmigen Theil BC, der mit einer Zunge CD endigt, welche in die eingeschnittene Stange eingelassen ist; ein blechenes Futter f, f, f, f umschliesst das Ganze und ist um den Vorsprung des cylinderischen Theiles gebogen; durchgehende Bolzen und zwei Reife h, h geben der Verbindung eine grössere Festigkeit und verhindern die Abnützung des Holzes. Diese Stangen haben eine Länge von beiläufig 7 Meter und sind bei festen und gleichartigen Gebilden anwendbar, zu deren Durchbrechung ein fortwährendes Schlagen nothwendig ist. Auch wendet man hölzerne Stangen von 0.07 Meter Stärke an, die gewaltsam in ein blechenes Futter gezwängt werden, das sich mit den eisernen Verbindungsstücken vereinigt; dadurch vermeidet man zum Theil die Uebelstände der vorbeschriebenen hölzernen Stangen und behält so ziemlich ihre Vortheile bei.

Ein drittes Mittel, diesen erwähnten Uebelständen der steifen eisernen Gestänge abzuhelfen, ist die Anwendung von Röhren aus gewalztem Eisen, indem man dabei nicht nur eine Verminderung des Gewichtes erreicht, sondern ausserdem noch die Vortheile des eisernen Gestänges beibehält. Diese Röhren, Fig. 205 a und b, Taf. XIX, werden durch Verbindungsstücke mit Schrauben znsammengestossen, die denen gewöhnlicher Stangen ähnlich, und an den hohlen Stangen mit cylindrischen Theilen befestigt sind, in die aber die Röhren tief genug eindringen, um dort zwei starke vernietete Splinte aufzunehmen, die das Ganze verbinden. Die Röhren selbst sind zusammengeschweisst, damit das Eindringen des Wassers beseitigt wird. Dieses ist jedoch schwer zu vermeiden, indem der Druck, dem sie ausgesetzt sind, sehr gross ist, denn sie müssen bei einer Tiefe von 300 Fuss beinahe 9 Atmosphären, und bei einer Tiefe von 2200 Fuss, in welcher Tiefe man bei dem Bohrbrunnen zu Neusalzwerk bei Rehme Hohlgestänge anwendete, bei 70 Atmosphären Druck widerstehen. Die Stösse und die Drehung veranlassen Sprünge nach der Längenrichtung der Zusammenschweissung; selbst wenn diese Verbindung fortwährend undurchdringlich wäre, und wenn die Röhrenenden durch geschlossene Ringbänder mit Schrauben verbunden wären, würde das Wasser dennoch durch die kleinen Zwischenräume zwischen den Ringbändern und den Röhren eindringen, denn die Stösse werden beständig auf diese Verbindung nachtheilig wirken, und ausserdem ist die Zusammenschweissung des Eisens oft unvollkommen.

### Artesische Brunnenbohrer und Fanginstrumente.

Die Construction und Form der Bohrer ist nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchem sie benutzt werden sollen, wesentlich verschieden und erleidet auch mancherlei Veränderungen, wodurch man sie in einer oder der anderen Beziehung brauchbarer zu machen sucht. Der Kopf eines jeden Bohrers muss so geformt sein, wie der obere Theil eines jeden Glie-

des des Gestänges, mit welchem er verbunden wird. Die Dimensionen der Bohrer richten sich nach der beabsichtigten Weite des Bohrloches.

Hier sollen nur die Hauptformen für die verschiedenen Bodengattungen bezeichnet werden.

a) Bohrer, die durch den Stoss wirken.

§. 37.

Hieher gehören die verschiedenen Meissel-, Kron- und Sternbohrer, welche feste Felsarten durchzubohren bestimmt sind; die ersteren wendet man auch zum Bohren der Thon-, Mergel-, groben Sand- oder thonigen Sandlagen an. Sind die Bohrungen von grossem Durchmesser, so muss man für jedes Bohrloch wenigstens zwei oder drei Meisselbohrer haben; aus diesem Grunde werden auch diese Instrumente mit eingelegten Blättern aus gegossenem Stahl verfertigt, wodurch man in den Stand gesetzt ist, für verschiedene Kaliber, statt anderer Bohrwerkzeuge, nur andere Blätter einzusetzen.

Fig. 206 a und b, Taf. XIX zeigt den *einfachsten Meisselbohrer.*

Fig. 207 ist ein *doppelter oder gekreuzter Meisselbohrer* mit zwei Schneiden, die senkrecht gegen einander gerichtet sind.

Fig. 208 ein Meisselbohrer, dem vorigen ähnlich, nur *cylindrisch* statt prismatisch.

Fig. 209 ein *Kronenbohrer,* der nicht bloss durch den Stoss, sondern auch durch das Drehen wirken kann.

Fig. 210, Taf. XIX ein *Sternkron- oder Pyramidenbohrer.*

Fig. 211 a und b zeigt Ansicht und Profil eines einfachen Meisselbohrers, mit Hinzufügung des *vorragenden Meissels a,* der eine Fortsetzung der Hauptschneide bildet.

Fig. 212 ist ein *gespaltener Meisselbohrer;* der untere Theil seines Ausschnittes, wie die beiden vorspringenden Theile haben eine gestählte Schneide. Bei festem Gestein ist es sehr vortheilhaft, wenn man ihn mit dem Bohrer Fig. 211 a und b abwechselnd arbeiten lässt. Der letztere lässt einen Kranz stehen, den der gespaltene Meisselbohrer sogleich wegnimmt, dagegen bleibt bei diesem ein Zapfen stehen, den der andere augenblicklich zermalmt.

Fig. 213 a und b, Taf. XIX ist ein *einfacher Meisselbohrer mit Flügeln.* Der gewöhnliche Steinbohrer lässt im Bohrloche manchmal Unebenheiten zurück, welche wegzuräumen jener die Bestimmung hat.

Fig. 214 a und b ist der *doppelte Meisselbohrer mit Flügeln;* er dient zu demselben Zwecke, wie der einfache Meisselbohrer mit Flügeln.

Fig. 215 a und b zeigen einen *Meisselbohrer mit eingelegten Blättern;* seine Kanten sind gebrochen, um jedes Verfangen in die Gesteinstrümmer zu vermeiden. Er ist dergestalt ausgehöhlt, dass er das breite Blatt X von gewöhnlichem oder gegossenem Stahle aufnehmen kann. Durch eingelassene Schrauben wird das Blatt am Bohrer befestigt.

Fig. 216 a und b, Tafel XIX ist ein gewöhnlicher Meisselbohrer, welcher einen *eingelegten* und mit Bolzen befestigten *Meissel A* hat. Man wendet solchen bei Abteufungen von grossem Durchmesser und bei Gebirgsarten an, bei welchen ein langer vorspringender Meissel gute Wirkung erzeugt.

Fig. 217 a und b, Taf. XIX ist ein *Meisselbohrer mit Flügeln und Führung.* Es ist davon gesprochen worden, dass man Vortheile dabei habe, wenn man sich abwechselnd eines gespaltenen und eines Meisselbohrers mit vorspringendem Meissel bedient; ist aber das Gestein von sehr grosser und anhaltender Festigkeit, und ist der Durchmesser des Bohrloches gross, so ist es vortheilhaft, zwei Meisselbohrer von verschiedenem Kaliber anzuwenden, mit einem anfänglich zu bohren und mit dem andern das Bohrloch zu erweitern. Durch einen solchen entsprechend construirten Meisselbohrer mit Führung lassen sich diese beiden Zwecke vereinigen. Bei diesem in der Figur dargestellten Meisselbohrer sind nun zwei Bohrer von verschiedenen Dimensionen vereint. Der untere Bohrer B ist der kleinere; er ist durch ein Verbindungsstück C an den mit Flügeln A versehenen grösseren Bohrer befestigt, dessen Zweck ist, hier nur die Unebenheiten zu beseitigen, welche ein gewöhnlicher Meisselbohrer von gleichem Durchmesser gelassen.

Fig. 218, Taf. XIX zeigt einen *Meisselbohrer mit cylindrischer Führung.* Stosst man bei regelmässigen Steinschichten auf eine Absonderung oder auf eine Spaltenwand, welche den Meisselbohrer von der vertikalen Richtung abzubringen strebt, so umgibt man, wenn der Bohrer Fig. 217 nicht genügt, mit einer 3 Meter langen Röhre von starkem Blech das Gestänge A C des Meisselbohres, und befestigt dasselbe durch verkröpfte Eisen und Verbolzungen, wie es aus der Figur zu ersehen ist. Anstatt einer Röhre, wie sie hier angegeben wurde, und wie sie für manche Fälle ausreichend sein kann, gibt es andere Fälle, wo sie zur grösseren Festigkeit mit zwei konischen Ringen befestigt werden muss.

Die massiven doppelten Meissel- und Kronbohrer werden nur in Ausnahmsfällen angewendet, um einen

eingesprengten Stein oder harte Niere zu zermalmen. Diese so schwierig zu erzeugenden Instrumente kosten viel mehr, als sie leisten, und deren Bruch im Bohrloche ist viel schwerer zu repariren, als der eines jeden andern Werkzeuges, bei welchem für die Fanginstrumente mehr Platz zum Fassen übrig bleibt.

### b) Bohrer, welche durch Druck und Drehung wirken.

§. 38.

Die *Löffel- und Erdbohrer* sind zu Bohrungen der milderen Gebirgsarten, wie gewisse mergelhaltigen Kreiden, Thon u. s. w., bei geringer Tiefe bestimmt. Ihre Anwendung ist ökonomischer, als die der Meissel-, Kronen- und Sternkronenbohrer; bei bedeutenderen Tiefen sind jedoch die letzteren vorzuziehen. Die Erdbohrer sind zum Ausräumen des Bohrloches und manchmal zum Fangen kleinerer gebrochener Instrumententheile gut zu gebrauchen. Bei kleinerem Durchmesser genügen sie meistens ohne Zuhilfenahme anderer Instrumente in geringerer Tiefe, d. i. 60 bis 100 Fuss zur Untersuchung des Bodens. Mit einem Erdbohrer eröffnet man jede Bohrung bei beweglichen Gebirgsarten. Die Form dieses Instruments wechselt nach der Beschaffenheit der Bodengattungen, für welche sie gebraucht werden.

Fig. 219 a und b, Taf. XIX zeigt einen *gewöhnlichen Erd- oder Schaufelbohrer* mit wenig geöffnetem cylindrischen Löffel, in dem der Boden durch eine Fläche (Talon) a, a theilweise geschlossen ist. Er dient zur Aufnahme der gewöhnlichen Erdarten an der Oberfläche des Bodens, als thonartiger Sand u. s. w., oder zum Aufholen der Gesteinstrümmer aus einem Bohrloche von grossem Durchmesser.

Fig. 220, Taf. XIX ist ein *Schaufelbohrer* mit weniger gekrümmtem, nach oben besser eingreifendem und geschlossenem Löffel, zum Durchbrechen sehr weicher Kreiden, gewisser Mergel, thonhaltiger Sande, für eine Tiefe von 60 bis 100 Fuss.

Fig. 221, Taf. XIX ist ein *geschlossener Erdbohrer*, bestehend aus einem gewöhnlichen Erdbohrer, ringsum durch einen Mantel von geschmiedetem Eisen geschlossen, der an dem Bohrer durch zwei Bolzennägel Y, Y befestigt ist. Dieses Instrument dient zum Aufholen zerfliessender Materialien, die durch eine theilweise untere Schliessung X vor dem Herabfallen geschützt werden.

Fig. 222, Taf. XIX. Ein *offener Erdbohrer* ohne unteren Verschluss, lang und nach oben im Durchmesser abnehmend; er ist ganz besonders für Thonschichten und alle milderen Gebirgsarten, welche wie der Thon sich an ihn anschliessen und anhängend bleiben.

Fig. 223, Taf. XIX. *Gewundener Erdbohrer* von kleinerem Durchmesser, versehen mit einem Talon und einer amerikanischen Zunge, zum Durchbohren weicher Thonarten.

Fig. 224, Taf. XIX. *Beinahe gänzlich geschlossner Schaufelbohrer* mit stark geneigtem Löffel, breitem Talon und einer Oeffnung von beiläufig 3 Linien zwischen diesem und dem Löffel, kurz, mit gerader oder schneckenförmiger Zunge, kleinem Durchmesser im Vergleiche zur Säule, in welcher er arbeitet und in welche er hinuntergelassen wird, um Kiesel und Sand von der Bohrsohle wegzuräumen und zu Tage zu fördern.

Fig. 225, Taf. XIX ist eine *amerikanische Zunge*, Hardizunge genannt, von starkem Eisen mit schneckenförmigen Schneiden, lang gestreckt, gestählt und scharf schneidend; man gebraucht sie in dichten Thonschichten abwechselnd mit dem Schaufelbohrer von gleichem Durchmesser.

Fig. 226, Taf. XIX zeigt eine 6 bis 10 Fuss *lange amerikanische Zunge* mit lang gestreckten schneckenförmigen Windungen, zum Aufholen gewisser Mergel oder fliessender Thonarten. Sie ist bei Geschieben und bei einem Schraubengestänge besonders mit Vorsicht zu gebrauchen, weil ihr Zurückziehen wegen der gewundenen Schneiden sehr schwierig ist, wenn sie sich gefangen hat.

Fig. 227, Taf. XIX. Eine *Zunge mit vielen Schneckenwindungen*, geeignet für magere Gebilde, wie trockener Sand oder sandiger Mergel.

Die in den Fig. 225, 226 und 227 beschriebenen Instrumente nennt man im Allgemeinen *amerikanische* oder *Schlangenzungen*. Beim Durchbohren gewisser Gebirgsarten geben diese Zungen fast dieselben Resultate, wie die Erdbohrer; die einen verwendet man bei compacten Thonlagern, die andern bei wenig Widerstand leistenden Gebilden. Auch dienen sie öfters zum Nachbohren des Bohrloches, wie auch zum Aufholen der Trümmer. Sie sind von geschmiedetem Eisen und ihrer ganzen Höhe nach gestählt.

Fig. 228, Taf. XIX ist ein *Krätzer*. Er dient zum Aufholen von Geschieben oder gebrochenen Bohrertheilen. Dieses Instrument muss sehr stark gemacht werden, und seine Festigkeit beruht hauptsächlich in der Stärke der Windungen seines Anfanges an der Stange. Wie stark auch das Eisen sein mag, so muss man den Krätzer doch behutsam drehen, weil seine Spitzen oft brechen, oder sich durch ein Ein-

bohren auf einen keilförmigen Gegenstand über den Durchmesser des Bohrloches ausdehnen. Bei manchen fetten Sandarten, welche sich zwischen seinen Umgängen erhalten, ersetzt dieses Instrument den Schaufelbohrer.

Bei einem sehr zähen Thonboden pflegt man das Bohrloch nicht gleich in der vollen Weite zu eröffnen, sondern vielmehr ein engeres Loch vorzubohren und dieses später zu erweitern.

Zum *Vorbohren* dient der Bohrer Fig. 229 a u. b, Taf. XIX. Der zur Erweiterung dienende Bohrer muss unten in eine Spitze auslaufen, damit er sich immer in die Achse des engeren Bohrloches einstellt. Figur 230 a und b, Taf. XX zeigt einen solchen.

Fig. 231, Taf. XX zeigt einen auch zur *Erweiterung eines Bohrloches* dienenden Bohrer, bei welchem man die Löffelform verlassen und ihm die in der Figur ersichtliche Form gegeben hat.

Die Erdbohrer und Schlangenzungen sind in manchen Fällen als Bohrer ganz genügend, jedoch in anderen Fällen, z. B. in milden Gebilden, von grosser Mächtigkeit, in die aber hin und wieder harte Platten oder Nieren eingesprengt sind, sind sie ungenügend, um ein Bohrloch ordentlich auszuarbeiten. Selbst die Meisselbohrer lassen in solchem Falle die härteren Theile zur Seite liegen, oder greifen sie nur schwach an, so dass sich im Bohrloche Unregelmässigkeiten bilden. Um in solchen Fällen eine regelmässige Abbohrung zu erzielen, ist es nothwendig, diese vorspringenden Theile anzugreifen und zu entfernen, welches mit eigenen Bohrern geschieht, die mitunter, um schneller zum Ziele zu gelangen, eine grosse Länge haben.

Fig. 232 a, b, c, Taf. XX zeigt zu solchem Zwecke einen *vierschenkeligen Bohrer,* der manchmal 18 bis 20 Fuss Länge hat. Eine Stange geht durch zwei gusseiserne Scheiben D, D; auf der oberen sitzt sie mit einem Ansatze B auf, während sie mit der zweiten durch eine Schraubenmutter verbunden ist. Diese Scheiben fassen vier je an einer Kante gestählte Stangen zwischen sich, die bis auf die andere Seite durchgreifen und dort mit Schraubenmuttern E und e versehen sind. Zwei an ihren Enden eingeschnittene Platten H, H nehmen die Stangen y, y, y, y auf und widersetzen sich der Biegsamkeit derselben; diese Platten werden oben und unten durch Splinte f, f festgehalten. Dieser Bohrer hat den Vortheil, ohne viele Veränderungen bei verschiedenem Durchmesser gebraucht werden zu können. Um ihn zu vergrössern, ist es hinreichend, die Platte H H grösser zu machen, die Stangen y etwas zu krümmen, und die Schraubenmuttern auf der als Achse dienenden Stange etwas näher zu stellen. Dieses Werkzeug macht in wenig hartem Gestein eine sehr gute Wirkung, in festerem Gestein jedoch hat es zu wenig Steifigkeit. Das Bohrloch wird mit diesem Bohrer, der einem langen Getriebe gleicht, vollkommen cylindrisch ausgearbeitet, und er bringt beim Heraufziehen eine grosse Menge Trümmer mit sich.

Fig. 233 a und b, Taf. XX zeigt den *Trepanir-Nachbohrer* mit sechs Schneiden, von Mulot angewendet. Die Stange A des Instruments endigt in einem breiten Theile, einem Ansatze B, an welchen der Schaft des Meisselbohrers E, welcher in der Figur im Profil ersichtlich ist, verschraubt wird. Die Blätter der Schneiden sind in dem Ansatze B, in dem Cylinder C und in dem Zwischenstück S mit Schwalbenschwänzen eingelassen.

Bei Ausführung von Bohrlöchern in einem festen Lehm- oder Thonboden wird es häufig nöthig, den Bohrer in der Tiefe des Bohrloches um etwas zu verbreitern. Bei Anwendung der Futterröhre richtet sich der Durchmesser des Bohrers nach dem inneren Durchmesser der Futterröhre, aber bei einem sehr zähen Thonboden kann man eine lange Futterröhre nicht herabbringen, wenn das Bohrloch nicht ungefähr eben so weit ist, wie der äussere Durchmesser derselben. Der Bohrer muss sich also auf Dimensionen zurückbringen lassen, die geringer sind als die, welche er dem Bohrloche gibt. Unter solchen Verhältnissen wendet man die sogenannte *Krebsscheere* an; dieselbe besteht Fig. 234, Taf. XX aus zwei etwas gekrümmten scharfkantigen Armen, welche durch Stahlfedern auseinander gedrückt werden und an dem untern Ende des Gestänges mit einem gemeinschaftlichen Drehbolzen befestigt sind.

Endlich sind noch die Instrumente Fig. 235 und 266, letztere auf Taf. XXII zu erwähnen, welche den Zweck haben, *kleinere Erweiterungen im harten Boden* unter der Futterröhre hervorzubringen, damit dieselbe leichter eindringe.

### c) Instrumente zum Reinigen und Ausräumen des Bohrloches.

### §. 39.

Um die von Steinbohrern zermalmten Trümmer, sowie diejenigen, welche sich von den Wänden abgelöst haben, aus dem Bohrloche herauszuziehen und um endlich den leicht beweglichen Sand auszuschöpfen, wendet man Röhren an, die mit Ventilen versehen sind. Diese Röhren nennt man Bohrlöffel; sie sind mit Klappen oder mit Kugelventilen versehen.

Die ersteren arbeiten in den Trümmern von innig verbundenen Gebilden und im Schlammboden, die zweiten aber besonders im Sande. Bei einem zusammenhängenden Gestein ist der Bohrlöffel kurz, weil die Quantität des erzeugten Bohrmehls jedesmal geringe ist, und durch das Anschlagen des Gestänges an die Bohrlochwände keine Trümmer hinunterfallen. In Schichten dagegen, bei welchen in grosser Tiefe jeder Gang des Bohrers 1½ bis 3 Fuss weiter vorrückt, oder bei Felsarten von grosser Härte, die mit stehenden Gebirgsarten bedeckt sind, muss das Instrument eine Länge von 12 bis 15 Fuss, und manchmal noch mehr haben.

Fig. 242, Taf. XXI ist ein *kurzer Bohrlöffel* für geringe Tiefen und für stehende Gebilde. Die Stange A ist durch eine Gabel in einem Rohre eingefügt, deren Schenkel bei B und D einen Absatz haben, um das Blech des genannten Rohres sich daran anschliessen zu lassen. Die Gabelschenkel reichen bis CC hinunter und sind breit genug für zwei oder drei Reihen Nieten oder Schrauben. Der Löffel ist dem eines offenen Schaufelbohrers ähnlich und endigt mit einem Ringband, durch welches er sich mit dem Rohre verbindet. An den durch das gedachte Ringband im Innern gebildeten Kranz legt sich ein Ventil von geschmiedetem Eisen, das mit einem der Arme i j vermittelst eines Charniers befestigt ist, während der andere Arm in dem Rohre in die Höhe geht.

Fig. 243, Taf. XXI ist ein *Schlammlöffel von grosser Länge*, welcher durch Abschrauben seines Löffels, nämlich des untern Theiles, entleert wird. Das Rohr hat ein mit einem Gewinde eingeschnittenes Ringband, in welchem der Löffel eingezapft ist, der einen Ring A hat, auf welchem das um eine Charniere *bewegliche Ventil* c h schlägt; der eine Arm des Charniers legt sich an den Löffel, der andere an das Ventil. Uebersteigt die Länge dieses Löffels 18 Fuss, so thut man wohl, ihn aus zwei Stücken, die zusammengeschraubt werden, anzufertigen, damit man sie einzeln reinigen kann.

Fig. 245, Taf. XXI. Bei mageren Gebilden, welche Fragmente von Steinen enthalten, oder bei kieselhaltigem Kreideboden, ereignet es sich oft, dass man, wenn die Klappen sich nicht schliessen, einen unnützen Zug macht, und das Bohrmehl oder der Bohrschlamm aus dem Rohre verschwunden ist, wenn der letztere zu Tage gebracht wird. Um *sicher zu sein, dass die Klappen schliessen*, wählt man die in der Figur 245 dargestellte Vorrichtung. Eine Stange AD ist mit dem runden Kopf der Röhre bei C verschraubt und wird unten von dem Querriegel B getragen; lässt man das Instrument hinab, so ist die Schraube am oberen Theile des Spielraumes, sobald es sich aber gefüllt hat, braucht man nur die Schraube zu drehen, um die Klappen f f zu schliessen, welche auf zwei Platten oder zwei vorspringenden Dübeln h, h aufliegen.

Die Fig. 246 zeigt eine ähnliche Vorrichtung.

Fig. 244, Taf. XXI. *Löffel mit Kugelventil* zur Ausförderung des Sandes. Die Röhre hat in ihrem untern Theile ein von ihrer Grundfläche ausgehendes, kegelförmig gestaltetes Ringband a b c d; auf den Kreis c d fällt eine Kugel j, welche bei kleineren Dimensionen voll ist, bei grösseren jedoch entweder voll oder von Holz gemacht wird; sie wird durch einen Querriegel g gehalten, der in einer solchen Höhe darüber liegt, dass die Kugel sich zwar etwas heben, aber nicht weiter ausweichen kann, und bei einer Rückbewegung des Instruments immer in den Kreis c d zurückfallen muss. An dem unteren Theile des Ringbandes legt sich eine kurze Zunge oder ein Bohrlöffel an, der dem vorigen ähnlich ist. Um das Rohr mit Sand zu füllen, überhaupt günstige Resultate zu erlangen, muss man dem Gestänge eine Pumpenstangen-Bewegung mittheilen, anstatt dasselbe zu drehen, wie es bei dem vorhergehenden der Fall ist. Hiezu hebt man das Gestänge wenige Zolle, während es gleichzeitig im Heben langsam, im Niederlassen aber möglichst schnell gedreht wird.

Es gibt flüssige Sandarten, welche sich durch den Löffel mit Kugelventil, der an ein Seil befestigt ist, *der sogenannten Pumpe*, Fig. 247, sehr gut ausfördern lassen, und es ist in solchen Fällen ökonomisch, das Gestänge ganz bei Seite zu thun. Die Basis des Rohres wird durch den Löffel mit Kugelventil und dem Seile bewegt; manchmal bringt man daselbst auch ein kurzes Blatt eines Meisselbohrers an, um das Instrument zum Aufholen magerer und kiesiger Trümmer zu verwenden.

Der *Löffel mit Kugelventil* hat die Sandkelle Fig. 248 ersetzt, deren Leistung für gar nichts zu rechnen war, und deren gewundener Haken oft im Bohrloche stecken blieb.

Fig. 249, Taf. XXI zeigt *die Wassersonde*, welche dazu dient, um eine Quantität Wasser aus der Sohle des Bohrloches zu chemischen Untersuchungen oder sonstigen Zwecken zu Tage zu fördern, ohne dass es sich mit einem andern benachbarten Wasser vermische oder sonst verunreinige. Sie besteht aus einem Rohr mit bogenförmigem Kopfe, durch welchen eine mit einem Schraubengewinde eingeschnittene Stange C geht, welche vier Kegelventile b, d, b′, d′ trägt, die dazu bestimmt sind, die an den Ringbän-

dern g, y', y'', y''' angebrachten Oeffnungen zu schliessen oder zu öffnen. Der unterste Schluss der Röhre bildet einen Winkel, damit sie sich nicht drehe, wenn man die Schraube bewegt. Hat man das Instrument bis zur Sohle hinabgelassen, und steht die Schraube auf der Höhe ihres Spielraumes, wodurch der Raum zwischen g und y'' abgeschlossen ist, so schraubt man die Stange nieder; das Wasser steigt sodann von y''' nach g und wird durch das Schliessen der Oeffnungen f f in diesem Raume gehalten. Die Wassersonde soll mit der grössten Sorgfalt angefertigt sein und die Kegelventile müssen mit Schmirgel abgeschliffen werden.

### d) Neuere Bohrapparate.

### §. 40.

Die Arbeit des Ausziehens und Einlassens von Bohrmeissel und Löffel muss natürlicherweise bei dem Tieferwerden des Bohrloches äusserst zeitraubend werden. Wesentlich vereinfacht wird dieselbe durch *Vereinigung von Löffel- uud Bohrmeissel*, d. h. Anbringen des Löffels zwischen dem Bohrmeissel und dem Gestänge. Fig. 236, Taf. XX versinnlicht diese Einrichtung, wie sie von Laue zuerst angegeben und benützt wurde. Bei Anwendung der vorbeschriebenen Bohr-Instrumente zeigen sich grosse Uebelstände, indem das mit zunehmender Tiefe immer lästiger werdende Gewicht des Gestänges und dessen hiedurch ebenfalls wachsende Zerbrechlichkeit, durch Reibung an den Wänden, Lösen der Schrauben, durch fortgesetzte Erschütterungen etc., den Fortgang der Arbeit sehr hemmen. Das Gestänge hat, wie schon erwähnt, in dieser Anordnung der Theile des Apparates eine Nebenfunktion, die ihm eigentlich nicht zukommt, nämlich, nebst dem Bohrmeissel stossend auf den Boden des Bohrlochs zu wirken. Dieser wird es enthoben durch einige von dem deutschen Ingenieur Kindt ausgegangene Modificationen des Bohrapparates. Derselbe setzt nämlich zwischen den untersten Theil des Gestänges und den Bohrmeissel ein (mit der schon beschriebenen Fig. 203 ähnliches) Zwischenglied ein, welches dazu bestimmt ist, beim Aufwärtsgehen den Meissel mitzunehmen, ihn aber loszulassen, entweder sobald er auf den Bohrgrund aufstösst, oder schon früher, sobald die Abwärtsbewegung beginnt. Um das erstere zu bewirken, dient ein einfacher Apparat, die sogenannte *Rutschscheere*, für den andern Fall aber schon ein complicirterer, *der Freifallbohrer*.

Die *Rutschscheere* ist Fig. 237 a und b, Taf. XX dargestellt; sie besteht aus zwei Coulissen oder geschlitzten Schienen, die wie die Glieder einer Kette in einander geschoben sind und in einander senkrecht gleiten. Fig. 237 a stellt die Lage des untern Gliedes im oberen dar, wenn der Bohrer eben auf dem Bohrgrunde angelangt ist. Fig. 237 b dagegen stellt das Gestänge im Aufwärtsgehen und die Ansicht des um 90° gedrehten Apparates dar.

Der *Freifallbohrer* ist geeignet zur Ausführung von Bohrlöchern von 1 Meter Weite, also eigentlich zum Schachtbohren, wie eben jetzt Kindt ein solches in Passy in Arbeit hatte. Fig. 238 a und b, Taf. XX stellt den sinnreichen Mechanismus des Freifallbohrers dar, die beiden Ansichten zeigen denselben von zwei Seiten um 90 Grade auseinander liegend. f ist das Gestänge, das durch i und e hindurchgeht, von welchen e eine Guttapercha- und i eine Blechscheibe ist; an diesen hängt I, durch zwei Schrauben befestigt. Zwei Schienen F, die bei g g, l und G durch Bolzen in paralleler Lage zu einander gehalten werden, dienen als Leitung für zwei verschiedene Apparate. Oben für die Gabel I, die mittelst der Bolzen i an die Scheibe e befestigt ist, mit dieser sich heben und senken kann und unten einen plattgedrückten ringförmigen Körper K trägt. Die Stange f geht lose durch die Scheiben e, i und gleitet zwischen den Armen der Gabel I und den Schienen F, die das Ganze umschliessen, auf und ab beim Nieder- und Aufwärtsgehen. h, h sind die zwischen den Schienen F befestigten Arme einer Art Zange; sie drehen sich um l, l. Geht das ganze Gestänge niederwärts, so übt das im Bohrloche befindliche Wasser einen Widerstand auf die Scheiben i und e aus, und diese gleiten an der Stange f etwas aufwärts bis zum Bolzen r; der Ring K drückt auf die auswärts gebogenen Enden der Zangenarme bei Q, rückt diese oben zusammen, so dass sie unten sich öffnen müssen. Dadurch wird o der Knopf einer geschlitzten Stange L frei, so dass diese zwischen den Schienen F niedergleitet, bis der obere Theil des Schlitzes auf G aufsitzt. An diese flache und geschlitzte Schiene ist der Bohrer angehängt. Ist dieser auf dem Bohrgrund angelangt, so folgt bald gleitend der übrige Theil des Apparates F nach, der Knopf o wird wieder von der Zange h, zwischen deren Backen er sich einschieben kann, gefasst, gehoben, und das Spiel der Bewegung des Auslösungsapparates beginnt beim Niedergehen auf's Neue. Der Bohrklotz H ist ein schwerer, oft bis 1800 Kilogr. wiegender länglicher Körper, an seiner unteren Seite mit zwei Reihen unsymmetrisch vertheilter Zähne besetzt. Die Breite desselben beträgt nahezu ein Meter, und fest verbunden mit dem Bügel M, woran er sitzt, ist in einiger Entfernung über ihm

ein Querstück P, an seinen beiden Enden mit Zähnen besetzt, angebracht, welches in rechtem Winkel gegen den Bohrklotz sitzend, dazu bestimmt ist, Steintheile, die an den Wänden noch hervorragen, hinwegzuschlagen. Das von Kindt angewandte Gestänge besteht aus cylindrischen Tannenstämmen, an welchen oben und unten eine eiserne gabelförmige Hülse mit eisernen, fest angetriebenen Ringen befestigt ist; die nach oben gekehrten Hülsen tragen einen Kopf mit Schraubenspindel, die nach unten gekehrten einen solchen mit Schraubenmuttern. Je zwei über einander zu stehen kommende Stangen werden durch diese Schraubenmuttern und Spindeln an einander befestigt.

### e) Fang-Instrumente.

§. 41.

Der Bruch der Instrumente und der Gestänge, durch welche die ersteren in Bewegung gesetzt werden, ferner der Bruch an Maschinentheilen, welcher von zu grosser Anstrengung herrührt, die diese zu erleiden haben, sind die gefährlichen Klippen des Bohrmeisters. Er darf nichts verabsäumen, sie zu vermeiden. Zuerst muss er alle Instrumente untersuchen; er muss alle Stangen ihrer ganzen Länge nach prüfen, ehe er sie zum ersten Male in das Bohrloch hinablässt. Was nur irgend den Anschein hat, zu brechen, muss durch neue Bestandtheile ersetzt werden. Die Schrauben und Verbindungen der Löffel mit Ventilen sind oft abgenutzt, oder das Blech an ihren Röhren hat sich verdünnt und abgeschuppt, wenn diese Instrumente lange Zeit im Gebrauche waren, ohne reparirt worden zu sein. Der Bohrmeister darf die volle Unbrauchbarkeit eines Instruments nicht erst abwarten, um es repariren zu lassen oder durch ein neues zu ersetzen, er muss im Gegentheil die nothwendigen Massregeln sogleich ergreifen, sobald er nur den geringsten Zweifel in dessen Festigkeit setzt.

Die Vernachlässigung dieser Massregeln hat immer Brüche der Gestänge oder der Bohrer selbst zur Folge. In diesen Fällen, oder wenn aus Unvorsichtigkeit Theile des Apparates in das Bohrloch fallen, muss man natürlicher Weise diese Gegenstände zuerst entfernen, bevor man die Arbeit fortsetzen kann. Hiezu dienen die *Fang-Instrumente.* Der Gebrauch derselben besteht in einem sehr unsicheren und oft lange Zeit hindurch fortgesetzten Probiren, bevor es gelingt, den gesuchten Gegenstand sicher zu fassen und heraufzuziehen, und nicht selten muss man sich begnügen, ihn so weit seitwärts zu drängen, nöthigenfalls ihn auch noch zu zerschlagen oder zusammenzudrücken, damit er die Fortsetzung der Arbeit nicht weiter verhindere. Die Tiefe, in welcher der obere Theil des zu entfernenden Körpers steckt, muss bis auf wenige Zolle genau ermittelt werden, und wenn man durch scharfe Visitir-Eisen oder schmale, an das Gestänge befestigte Meissel untersucht hat, ob neben dem fraglichen Körper Raum genug für ein Fang-Instrument vorhanden ist, um denselben zu fassen, dann erst kann dieses letztere angewendet werden. Ist hiezu kein Raum vorhanden, so muss erst an der betreffenden Stelle die Erweiterung des Bohrloches bewirkt werden. Bei einem Stangenbruche erfolgt auch meistens eine Verbiegung der Stange; das abgebrochene Ende drängt sich stark seitwärts und wird oft so fest in dieser Stellung gehalten, dass die wirksamsten Fang-Instrumente es nicht fassen können.

Fig. 250 a u. b der *spiralförmig gewundene Haken* ist von anerkanntem Nutzen, um einen Theil des Gestänges zu fassen, von welchem selbst der Bundring abgebrochen ist. Man lässt den Haken so weit herab, dass er einige Zolle unter dem oberen Ende der Stange sich befindet, dreht ihn alsdann vor, worauf die Stange in den Haken dringt, bis sie zuletzt bei der stets abnehmenden Weite der Oeffnung fest eingeklemmt ist, sich in die Kante des Hakens so einschneidet, dass sie fest gehalten wird und der Haken das ganze Gestänge zu heben im Stande ist. Der Haken ist aus Stahl geschmiedet, mässig gehärtet, und der Querschnitt seines Armes ist nicht quadratisch, sondern es tritt vielmehr an der innern Fläche seine obere Kante merklich vor.

Der bereits beschriebene *Krämer*, Fig. 228, Tafel XIX, leistet in solchen Fällen eben so gute Dienste, und fasst das Gestänge meistens leichter als der spiralförmige Haken, während letzterer es aber viel sicherer hält.

Fig. 251, Taf. XXI zeigt den Durchschnitt eines Instrumentes, welches ähnlich einer Schraubenkluppe, ein Schraubengewinde am Kopfe der auszuhebenden Stange einschneiden soll; es leistet zuweilen gute Dienste. Um das obere Ende der Stange sicher zu fassen, erhält die untere Glocke eine Weite, die dem ganzen Querschnitte des Bohrloches nahe gleichkommt.

Fig. 252, Taf. XXI zeigt einen Apparat, der sich zum Fassen des Gestänges als sehr brauchbar und sicher bewährt. In der hohlen Büchse, die den Kopf der Stange fassen muss, befindet sich ein kurzer Arm, welcher um eine horizontale Achse sich auf und ab bewegt, jedoch verhindert wird, eine horizontale oder

gar eine abwärts geneigte Stellung einzunehmen. Dieser Arm besteht aus gehärtetem Stahle und ist vorn mit scharfen Kanten und scharfen Kerben versehen. Tritt nun der Kopf der Stange in die Röhre hinein, so legt sich der Arm um, durch das Hinaufziehen des Instruments greift er mit der untern scharfen Kante in die Stange ein und klemmt sich so fest gegen dieselbe, dass sie nicht mehr herabfallen kann. Die Wirksamkeit dieses Instruments hängt ganz von der genauen und guten Anfertigung desselben ab, indem kein Theil nachgeben darf und der Arm in gehöriger Entfernung von der gegenüber liegenden Wand abstehen muss.

Fig. 253, Taf. XXI ist ein Fang-Instrument, das mit dem eben beschriebenen übereinstimmt. Hier sind zwei gezahnte, excentrische, stählerne Rädchen angebracht, welche die Stelle der vorbeschriebenen Arme versehen. Diese Rädchen sind nicht allein durch Bolzen in der Achse befestigt, sondern lehnen sich nach unten gegen zwei eiserne Keile, welche theils eine solide Verbindung der Platten bilden, theils auch das obere Ende des abgebrochenen Gestänges sicher fassen.

Fig. 254, Taf. XXI zeigt ein anderes Fang-Instrument, welches besonders zum Aufholen von Steinen und Geschieben verwendbar ist.

Zuweilen kommt es vor, dass eine Futterröhre herausgenommen werden soll; hiezu dient das Instrument Fig. 255, Taf. XXI. Es hat zwei starke, um eine feste horizontale Achse bewegliche Arme, die sich beim Heraufziehen öffnen, unter die Futterröhre greifen und diese mit in die Höhe schieben.

Ist eine Futterröhre im Bohrloche abzuschneiden, so bedient man sich des Instrumentes Fig. 256. Hier sind wieder zwei um vertikale Achsen bewegliche, starke, stählerne, vorn scharfe Arme, welche sich bei der Drehung nach einer und derselben Richtung horizontal umlegen, während sie bei der Drehung nach entgegengesetzter Richtung heraustreten, und da sie sich wegen der vorstehenden Zapfen nicht umlegen können, mit ihren stählernen Spitzen die Röhre durchschneiden.

Sind kleinere Theile, etwa kurze Bolzen, Schraubenmuttern u. dergl., herabgefallen, so gelingt es in der Regel, sie mit dem Erdbohrer herauszuschaffen.

Erwähnt muss noch werden, dass, wenn herabgestürzte Theile des Gestänges, oder Stücke von eisernen Futterröhren, oder sonstige Apparate sich im Bohrloche so fest geklemmt haben, dass alle erwähnten Fang-Instrumente sie weder fassen noch heben können, dann noch das Mittel bleibt, durch passend geformte grosse Feilen, die am besten eine birnförmige Gestalt bekommen und am Gestänge befestigt werden, den eingeklemmten Gegenstand zu zerfeilen und dadurch dessen Entfernung zu ermöglichen.

### Die Futterröhren.

§. 42.

Bodenarten, welche nicht so viel Zusammenhang haben, dass die Wände des Bohrloches sich von selbst halten würden, wie Sand, Kies, steiniger Grund, so wie auch Felsboden, der aus einem leicht abzubröckelnden Gestein besteht, stürzen sehr bald nach, verschütten das Bohrloch, und man muss dieses durch Einfassung der Wände zu verhindern suchen, welche Einfassung durch *Futterröhren* geschieht.

Eine Futterröhre kann selten, und zwar nur im festen Felsen oder zähen Lehmboden entbehrt werden. Die Futterröhre kann nicht erst eingesetzt werden, wenn das Bohrloch fertig ist, sondern sie muss in demselben Masse, wie die Tiefe des Bohrloches zunimmt, nach kurzen Zwischenräumen immer weiter nachgetrieben werden; sie muss daher die Einrichtung haben, dass sie nach Belieben verlängert werden kann. Das Herabtreiben geschieht entweder mittelst einer Ramme, oder durch todten Druck und Drehung. In beiden Fällen wird die Röhre stark angegriffen, und muss demnach in allen Theilen hinreichende Festigkeit haben.

Bei dem Herabtreiben der Futterröhre nimmt der Widerstand, den dieselbe durch die Reibung an den Wänden erfährt, mit der Tiefe zu, und endlich wird ein Moment eintreten, wo die Röhre entweder gar nicht, oder doch nur mit Gefahr für dieselbe weiter getrieben werden kann. Wenn unter diesen Umständen die Einfassung des Bohrloches auch auf grössere Tiefe noch nothwendig ist, so muss man eine Futterröhre, die gleich anfangs die ganze Länge der ersten, aber einen kleineren Durchmesser hat, in die erstere hineinstellen und eintreiben. In dem Theile, wo sie von der ersten umgeben wird, erleidet diese keine merkliche Reibung und lässt sich daher unter gleichen Verhältnissen fast doppelt so tief als die erste herabtreiben. So kann manchmal eine dritte und vierte Röhre noch nothwendig werden. Man muss demnach gleich anfangs, besonders in zweifelhaften Fällen, passende, und zwar lieber etwas grössere als kleinere Dimensionen für die erste Futterröhre wählen, um später in keine Verlegenheit zu gerathen. Es gibt Fälle, wo man fünf Futterröhren anzubringen gezwungen war.

Die Futterröhren können aus Holz, Gusseisen, oder aus gewalztem Eisenblech angefertigt werden.

Bei geringer Tiefe verwendet man zuweilen ausgebohrte hölzerne Röhren zur Einfassung des Bohrloches. Bei grosser Wandstärke, deren sie bedürfen, fehlt es ihnen zwar keineswegs an Festigkeit, jedoch muss bei ihrer Verwendung einerseits das Bohrloch bedeutend erweitert werden, und anderseits ist das Einschieben einer zweiten ähnlichen Röhre in die erste nicht leicht möglich. Auch ist ihre Verbindung unsicher. Mit Vortheil kann man sie bei Beginn einer Bohrarbeit, als erste und äusserste Futterröhre anwenden und später, bei weiterer Vertiefung des Bohrloches, eiserne Röhren in sie einsetzen. Man kann hiebei der hölzernen ersten Röhre wegen ihrer grossen Steifigkeit eine sichere und genaue Aufstellung geben, was beim Beginne der Arbeit von grosser Wichtigkeit ist.

Fig. 257 a und b, Taf. XXI zeigt den Durchschnitt einer hölzernen Futterröhre; sie ist Fig. b unten mit einem eisernen Schuh versehen, der nach aussen vortritt und der mittelst vier Federn, die in die Röhre eingelassen sind, an sie befestigt wird. An der inneren Seite ist an den Schuh eine kurze Röhre von Eisenblech angenietet, welche dieselbe Weite wie die hölzerne Futterröhre hat und zur Schonung der letzteren dient, indem der Bohrer, der im unteren Theile spielt, hier die Röhre leicht verletzen würde. Fig. 257 a zeigt die Verbindung zweier Röhrenstücke, wovon jedes mit einem fest aufgetriebenen Ringe, welcher vor der äusseren Röhrenfläche nirgends vorstehen darf, versehen ist, damit die Verbindung unter den Schlägen des Hojers sich nicht spalte oder gelockert werde. Zuweilen stellt man die Verbindung hölzerner Röhren in der Weise her, dass man die Enden der Röhren stumpf auf einander stellt, und sie durch eine in das Fleisch beider Röhren eingeschobene, 9 bis 12 Zoll lange, von starkem Eisenblech angefertigte Röhre, mit einander verbindet. Diese dringt zur Hälfte in die untere, zur Hälfte in die obere hölzerne Futterröhre ein und kann durch Nägel mit versenkten Köpfen noch fester mit letzteren verbunden werden.

Die Wandstärke, die man den hölzernen Futterröhren gibt, beträgt im Allgemeinen die Hälfte ihrer lichten Weite. Sie bestehen gewöhnlich aus Fichtenholz, doch gewähren die harten Holzarten eine grössere Sicherheit. Manchmal, um eine genauere Arbeit zu haben, bohrt man sie nicht aus, sondern der Stamm wird seiner Länge nach durchschnitten und in jeder Hälfte eine Rinne, vom Querschnitte des halben Kreises ausgehobelt, worauf beide Stücke durch Zugbänder verbunden werden.

Zum Eintreiben dieser Röhren bedient man sich gewöhnlicher Rammen, doch muss man, um Beschädigungen durch unmittelbares Aufschlagen des Rammklotzes zu begegnen, sich eines Aufsetzers bedienen, der mit einem Zapfen in die Röhre greift und dessen Kopf mit einem starken eisernen Ring vor dem Aufspalten gesichert ist.

Dienen hölzerne Röhren zugleich auch als Steigröhren, was gewöhnlich geschieht, so müssen ihre Stösse wasserdicht gemacht werden. Auch wendet man zur Einfassung von nicht tiefen Bohrlöchern hölzerne Kasten an. In Fig. 258 a, b u. c, Taf. XXI ist ein solcher dargestellt. Die Wände derselben haben eine Stärke von 2 bis 3 Zoll und sind durch eingelassene eiserne Ringe verbunden. Dieselben können aber ihrer geringen Festigkeit wegen nur bei leichtem aufgeschwemmten Boden Anwendung finden.

*Gusseiserne Futterröhren* werden häufig zugleich als Steigröhren für das Quellwasser verwendet. Ihre regelmässige und unveränderliche Form, ihre Steifigkeit, ihr grosses Gewicht bei sehr geringer Wandstärke, ferner dass sie in gleichartigem Boden leicht rutschen und einen mässigen Schlag mit der Ramme sicher ertragen, sind sehr empfehlenswerthe Eigenschaften, jedoch sind sie spröde, was zuweilen Ursache war, dass schon lange begonnene Bohrungen eingestellt werden mussten. Man gibt ihnen 8 bis 9 Fuss Länge, und bei einem Durchmesser von 6 bis 7 Zoll nur eine Wandstärke von 6 Linien. Die Vereinigung zweier Röhrenstücke geschieht entweder mit einem schmiedeisernen Ringe, der an der Aussenfläche bündig ist und die Berührung der Röhrenenden hindert, wie Fig. 259, Taf. XXI zeigt. Der ganze Röhrensatz behält hiedurch sowohl in- als auswendig gleichen Durchmesser. Diesen Vortheil gibt man zuweilen auf, um die hiedurch nothwendige Schwächung der Röhren in ihren Stössen zu vermeiden, und versieht in diesem Falle jedes einzelne Stück mit einem erweiterten Halse, in welchen das untere Ende der folgenden Röhre hineinpasst, wie dies auch bei eisernen Wasserleitungsröhren gewöhnlich geschieht. Der äussere Durchmesser dieser Verbindungstheile wird aber hiedurch vergrössert. Durch Einstopfen von Werg und durch Ausgiessen der Fugen mit Blei kann man, wenn die Röhre zugleich als Steigröhre benützt wird, einen wasserdichten Schluss hervorbringen.

Das Eintreiben der gusseisernen Röhren geschieht entweder, natürlich mit Hilfe eines Aufsetzers, unter

der gewöhnlichen Ramme, oder man stellt auch, wie Fig. 260, Taf. XXI zeigt, einen leichten Rammapparat auf die Röhre selbst auf. Der hölzerne Aufsetzer trägt in diesem Falle in seiner Achse eine eiserne Stange, die als Laufer zur Führung des Hojers dient.

Die Futterröhren aus *gewalztem Eisenblech* werden in schwierigen Fällen beinahe ausschliesslich angewendet. In Bezug auf die Steifigkeit stehen sie den gusseisernen und selbst den hölzernen ausgebohrten Röhren nach, dagegen sind sie nicht so spröde wie die ersteren und haben vor beiden auch den Vorzug, dass die einzelnen Röhrenstücke, die einer viel geringeren Wandstärke bedürfen, viel sicherer mit einander verbunden sind. Da sie sich unter dem Rammklotze leicht biegen und Falten machen, so wendet man bei ihnen die Ramme nur sehr schwach oder auch gar nicht an, um so mehr, da sie wegen ihrer glatten Oberfläche einer geringeren Kraft zum Herabgleiten bedürfen. Sie werden, sobald sie mit Hilfe der Ramme nicht mehr leicht eindringen, durch in Fig. 261 ersichtliche eiserne oder hölzerne Hebel, die an ihr oberes Ende angeschraubt werden, gedreht, um hiedurch und allenfalls auch mit einer auf ihrem oberen Theile aufgebrachten todten Last ihr weiteres Eindringen zu befördern. Bei ihrer geringen Wandstärke ist die gehörige Erweiterung des Bohrloches leicht möglich, und die Anzahl der ineinander geschobenen Röhrenfahrten kann aus derselben Ursache leicht vergrössert werden. Dergleichen Röhren von 8 Zoll Durchmesser sind so ziemlich schon die engsten und erhalten eine Blechstärke von 1 ¼ bis 1 ½ Linien; Röhren von 13 bis 14 Zoll Durchmesser erhalten eine Blechstärke von 2 ½ Linien. Die Länge der einzelnen Röhrenstücke richtet sich nach der Breite der Bleche und beträgt oft nur 4 Fuss. Ihre Verbindung erfolgt mittelst 8 bis 12 Zoll hoher, von aussen aufgeschobener Ringe, welche bei der Erzeugung an dem einen Ende eines jeden Röhrenstückes so angenietet werden, dass sie mit ihrer halben Höhe vorstehen, in welche dann die folgenden Röhrenstücke mit ihrem andern Ende eingeschoben und durch in beiden Röhren-Endtheilen vorbereitete korrespondirende Löcher mit glühenden Nieten vernietet werden.

Eine andere Verbindungsart beruht darauf, dass man die Verbindungsringe anlöthet, was besonders in Bezug auf die Wasserdichtigkeit von grossem Nutzen ist. Die Verbindungsringe vergrössern den äusseren Durchmesser der Futterröhre, was das leichte Eindringen hindert; macht man aber die Verbindungsringe so gross, dass sie sich unmittelbar berühren, oder eine vollständige äussere Röhre bilden, so verschwindet nicht nur der erwähnte Nachtheil, sondern die Röhre wird bei gleicher Wandstärke auch fester, oder man kann, um die nöthige Stärke hervorzubringen, auch schwächere Bleche verwenden. Die Kosten solcher doppelten zusammengelötheten Röhren stellen sich freilich höher, als jene für einfache. Zu einem Röhrensatze werden in diesem Falle innere und äussere Röhren von gleicher Länge angefertigt, von denen die letzteren über die ersteren geschoben und so gestellt werden, dass jede innere Röhre mit der halben Länge vor der äusseren vorsteht. Zwischen beiden Röhren muss ein Spielraum von beiläufig einer Linie bleiben, in welchen das Loth, gewöhnlich Zinn, eingegossen wird, nachdem die Röhren durch ein Kohlenfeuer von einem aus zwei Hälften bestehenden Kohlenkorb für die Löthung hinreichend erwärmt worden sind. Damit das Loth durch die Stossfugen nicht durchrinne und das Rohr verenge, wird, nachdem man einen Kolben in dem Rohre vorgesteckt, die Röhre an der Stelle ihrer Stossfuge mit Lehm ausgestopft, welcher dann gleichzeitig mit der Herausnahme des Kolbens wieder entfernt wird; falls aber dennoch das Loth durchgedrungen ist, so kann man mit dem Werkzeuge Fig. 231, Taf. XX dasselbe ausschneiden oder ausbohren, oder mit einer entsprechenden Feile abfeilen.

Sollte eine Röhre aus gewalztem Eisenblech Biegungen oder Falten erhalten, so werden diese auch mit einem ähnlichen Werkzeuge ausgeglichen. Dasselbe hat jedoch keine Schneiden, sondern ist, wie ein Polirstahl, mit einem glatten Rücken versehen, und man gibt demselben manchmal statt zwei, auch vier Arme.

Dienen Futterröhren aus Eisenblech zugleich als Steigröhren für das Quellwasser, so pflegt man sie in diesem Fall zu verzinnen, weil sie sonst vom Wasser leicht angegriffen werden. Werden mehrere Röhren ineinander geschoben, so schneidet man jedesmal die engere etwas über dem untern Ende der folgenden Röhre in der Tiefe ab, wozu das Instrument Fig. 256, Taf. XXI dient, es werden sich demnach, mit Ausnahme der kurzen, sich übergreifenden Stellen in verschiedenen Tiefen nur einfache Röhren befinden.

## Ausführung artesischer Brunnen.

### Bohrung mit festem Gestänge.

### §. 43.

Ist an der Stelle, an welcher der artesische Brunnen gegraben werden soll, die oberste Schichte

nicht gerade Felsen, so pflegt man die Bohrarbeit nicht unmittelbar von der Oberfläche der Erde, sondern erst in einer Tiefe von 10 bis 30 Fuss, zuweilen auch erst von 100 Fuss und auch von noch grösserer Tiefe an zu beginnen. Bis zu dieser Tiefe wird bei grossen Bohrungen ein in seinem oberen Theile weiterer, in seinem unteren Theile aber engerer Schacht abgeteuft, von dessen Sohle aus erst die eigentliche Bohrung beginnt. Dieses Abteufen von Schachten hat mehrere wesentliche Vortheile: vor allem vermindert man die Bohrung um die Tiefe des Schachtes. Wenn man auch anfänglich leichter bohrt, als man einen eben so tiefen Schacht abteuft, so ist dieses vergleichsweise bei grösserer Tiefe nicht der Fall, und man muss dieser Abteufung nicht die Bohrung der ersten gleichen Anzahl Fusse, die der Tiefe des Schachtes entspricht, entgegenhalten, sondern sie der letzten gleichen Anzahl in der grössten Tiefe des Bohrloches entgegenstellen, wo die Mühen unvergleichbar grösser sind und die Ausführung viel kostbarer ist. Bei solchen Schachten kann man auch sehr sicher die Rahmen oder Lehren befestigen, zwischen welchen die Futterröhren genau vertikal herabgetrieben werden können, indem man, wenn sie eine schräge Richtung annehmen wollten, durch eingetriebene Keile sehr wirksam nachzuhelfen vermag, welche, da die Rüstung und die Lehre nicht ausweichen kann, sehr sicher wirken. Endlich wird durch einen solchen Schacht auch die Arbeit in soferne sehr erleichtert, dass das Gestänge in recht lange Theile zerlegt werden kann, oder nur wenige Verbindungen zwischen den einzelnen Gliedern gelöst zu werden brauchen, denn ohne Schacht müsste man ein sehr hohes Bohrgerüst aufstellen. Jedenfalls hängt auch die Tiefe des Schachtes, den man vor Beginn der eigentlichen Bohrung abzuteufen beabsichtigt, von dem Stande des Grundwassers und von dem Erscheinen der ersten Quellen ab, denn es muss offenbar das Bohren beginnen, sobald sich Wasser zeigt. Ist vorauszusehen, dass die Arbeit durch eine Reihe von Jahren fortgesetzt werden muss, so muss natürlicher Weise die Einfassung solcher Schachte dauerhafter sein, als wenn das Gegentheil der Fall wäre, und es wird alsdann der obere weitere Theil, der eine Baugrube bildet, wie Fig. 241, Taf. XX zeigt, ausgemauert, und der untere engere Theil, worin die Lehren zur Führung der Futterröhren befestigt werden, wo aber nicht gearbeitet wird, entweder mit einer Spundwand, oder durch eine ordentliche Schachtzimmerung, wie wir solche bei der Brunnengrabung kennen gelernt haben, eingeschlossen. Bei kleineren Bohrarbeiten, deren Beendigung höchstens in einem Jahre zu erwarten steht, genügt die Herstellung einer Baugrube, wie solche die Fig. 240, Taf. XX zeigt, die man jedoch eben so gut mit vertikalen Wänden herstellen kann.

Nach solcher Vorbereitung wird mit der Bohrarbeit sogleich begonnen. Bei festem Boden setzt man die Futterröhre erst dann ein, nachdem man mehrere Fuss tief gebohrt hat; bei leichtem Sande dagegen würde das Bohrloch, so lange es nicht in den Wänden gesichert ist, nicht offen zu erhalten sein, und man muss daher früher die Futterröhre einsetzen, als die Bohrung begonnen wird. Dagegen ist es bei einem thonigen oder festeren Boden von grosser Wichtigkeit, das Bohrloch recht weit zu halten und sich häufig der Krebsscheere und anderer Erweiterungs-Instrumente vor dem jedesmaligen Herabtreiben der Futterröhre zu bedienen. Zur Einstellung der Futterröhre, von deren vertikalen Richtung der weitere Fortgang der ganzen Arbeit wesentlich abhängt, darf man keine Mühe scheuen, um hiebei die möglichste Genauigkeit zu erreichen; man muss sie, an zwei oder mehreren, je nach der Steifigkeit der Röhren, 10 bis 12 Fuss von einander entfernten Lehren, die, wie erwähnt, im Schachte anzubringen sind und einen Spielraum für die Keile haben müssen, genau vertikal einstellen, erst sodann das genau lothrecht gestellte Schlagwerk wirken lassen, und durch fortgesetzte Prüfung mittelst Anhalten des Lothes, durch Lüften und Antreiben der eingesetzten Keile die richtige Stellung beizubehalten trachten. Sobald die Röhre 10 Fuss tief in den Boden eingedrungen ist, so ist diese übergrosse Aufmerksamkeit nicht mehr nothwendig, indem die bereits erlangte Tiefe zum Theil schon zur weiteren Führung der Röhre dient.

Röhren von gewalztem Eisenblech, die durch Schrauben und todten Druck einzudrehen sind, werden, weil es zu schwierig sein würde, sie beim Beginn der Arbeit in lothrechtem Stand zu erhalten, nicht sogleich verwendet; man rammt zuerst auf 20 bis 30 Fuss Tiefe hölzerne Futterröhren oder Kasten ein, deren lichte Weite den äusseren Durchmesser der Röhre etwas übertrifft, und erst, nachdem die Bohrung darin ausgeführt ist, stellt man die eisernen Röhren ein, welche dann durch die hölzernen in der vertikalen Stellung sicher gehalten werden.

Das Bohrgerüste oder die Rüstung für die eigentliche Bohrarbeit wird nach der verschiedenen Beschaffenheit des Bodens, der zu durchfahren ist, construirt. Im aufgeschwemmten Boden oder in sehr weichem Gesteine muss das Gestänge, während es im Hebezeuge hängt, gedreht werden, und wenn zum Her-

abtreiben der Futterröhre die Ramme nöthig ist, hat man die Einrichtung so zu treffen, dass der Rammklotz in der Richtung des Gestänges spielen und nach Belieben leicht entfernt werden kann. Bei hartem Boden, welcher durch fortgesetztes Aufstossen der Bohrer durchfahren werden muss, ist die erforderliche Anordnung in dem eben besagten Sinne zu treffen, denn das Gestänge hat gewöhnlich ein so grosses Gewicht, dass es nicht von einigen Arbeitern gehoben werden kann. Dabei muss aber auch darauf Rücksicht genommen werden, dass das Gestänge nicht zu stark aufstösst, indem sowohl dieses als der Bohrer Schaden leiden würde. Oft muss die Einrichtung des Bohrgerüstes so getroffen werden, dass man, den angetroffenen Boden-Gattungen entsprechend, sowohl durch Drehung als durch Stoss wirken kann.

Von der muthmasslichen Tiefe des Bohrloches und von der wahrscheinlichen Dauer der Arbeit hängt es ab, ob man durch leichtere und wohlfeilere Bohrgerüste manche Unbequemlichkeiten erleiden, oder zur möglichsten Erleichterung und Sicherung der Arbeit grössere Einrichtungskosten nicht scheuen darf.

Für eine kleine Bohrarbeit würde ein Apparat genügen, wie Fig. 239, Taf. XX zeigt. Das Tau, welches über die Rolle des dreibeinigen Bockes nach dem Bohrgestänge führt, geht gewöhnlich von einer Winde oder einer hölzernen Welle aus.

Fig. 262 a u. b, Taf. XXI zeigen ein schon etwas grösseres Bohrgerüst. Hier hängt das Gestänge während der Arbeit an dem Ende eines Hebels a; das Herausnehmen des Gestänges geschieht mit Hilfe eines Taues, das über die oben punktirt angedeutete Rolle nach einer Winde führt.

Bei diesen beiden Vorrichtungen fehlt die Ramme, denn es ist vorausgesetzt, dass die Futterröhre mit der Handramme eingetrieben wird. Soll eine förmliche Zugramme angebracht werden, so hat das ganze Gerüst mehr den Charakter eines Rammgerüstes. An demselben Taue, woran das Gestänge hängt, kann auch die Ramme angehängt werden, wenn ersteres herausgezogen ist. Nach vollendeter Rammarbeit wird jedesmal der Rammklotz bei Seite gestellt, und die eigentliche Rammvorrichtung mit den Läufern sucht man an das Bohrgerüste in der Art zu befestigen, dass es die Bohrarbeit nicht hindert.

Hagen gibt die Beschreibung zweier Bohrgerüste, die in den Fig. 240 und Fig. 241, Taf. XX dargestellt sind, von denen das erstere für Bohrlöcher bis zu einigen hundert Fuss Tiefe in weicherem Boden, das letztere dagegen für Bohrlöcher bis zu tausend Fuss in festem Boden dient.

Das Bohrgerüst Fig. 240 ist einer gewöhnlichen Ramme ziemlich ähnlich; der mittlere Baum, der die Rolle des Hebzeugs trägt, kann nicht als Laufer dienen, weil hiedurch das Gestänge so nahe an denselben käme, dass es nicht mehr mit Bequemlichkeit gedreht und auch nicht gehörig gehandhabt werden könnte. Um die Zusammenstellung deutlich zu zeigen, ist in der Figur die vordere Strebe weggelassen. Ein gewöhnlicher viereckiger Rahmen trägt das Bohrgerüst; auf der vorderen Schwelle, welche über der Baugrube liegt und durch zwei Stützen unterstützt wird, steht in der Mitte der vorerwähnte Baum. Dieser wird durch Streben gehalten. Der Krahnkopf auf dem Baume bedingt die Stellung des Gerüstes, denn das Tau, welches von der vorderen Rolle herabreicht, muss in die Achse des Bohrloches treffen. Dasselbe geht rückwärts über eine zweite Rolle und ist um eine horizontale Welle eines Haspels geschlungen und befestigt. Das ganze Bohrgerüste muss gehörig unterstützt und entweder durch Belastung an der rückwärtigen Seite, oder durch Kopftaue gehalten werden, um nicht durch ein schweres Gestänge oder durch einen vermehrten Zug an demselben umgeworfen zu werden. Mit diesem Hebzeuge wird das Gestänge beim Zusammensetzen und Auseinandernehmen gehoben und gesenkt; daran hängt aber auch der Bohrer, so oft er gebraucht wird. Die Vorrichtung zum Rammen ist in zwei verschiedenen Stellungen gezeichnet. In den ausgezogenen Linien zeigt sie sich während ihres Gebrauches, in den punktirten während sie zurückgeschlagen ist und das Hebezeug für das Gestänge benutzt wird. Um den erwähnten Baum greifen möglichst anschliessend die beiden starken Arme einer Zange DE, welche, damit sie sich frei drehen und die beiden angedeuteten Stellungen annehmen kann, durch einen Bolzen befestigt wird. An ihrem äusseren Ende ist die Zange mit einem Bügel versehen, woran der Haken des oben erwähnten Taues sie fasst und sie horizontal hält, wenn der Rammklotz spielen soll. Durch das Hebezeug kann sie aber gehoben und zurückgeschlagen werden, bis ein eiserner Haken H sie fasst und die weitere Unterstützung durch das Hebezeug entbehrlich wird. Auf dieser Zange liegt die Rammscheibe F, die so angebracht sein muss, dass die Richtung des Rammtaues mit der Achse des Bohrloches zusammenfällt. Zwischen den beiden Laufern G, welche auf dem festen Rahmen des Schachtes stehen, lauft der Rammklotz und umfasst sie mit seinen Armen.

Wenn voraussichtlich die Bohrung jahrelang fortgesetzt werden soll, so thut man wohl, über das ganze

Bohrgerüst ein Dach zu machen und es förmlich in ein Gebäude einzuschliessen, wodurch man nicht nur Unterbrechungen wegen ungünstiger Witterung vermeidet, sondern auch die ziemlich kostbaren Apparate vor Beschädigung und Entwendung sicherstellt. Die schon erwähnte Fig. 241, Taf. XX gibt den Durchschnitt eines solchen Bohrgebäudes, von welchem aus im festen Gesteine, also durch den Stoss gebohrt werden soll. Der Hebel JK dreht sich um die Achse L und dient zum Heben des Gestänges; am Ende des längeren Armes dieses Hebels sind mehrere Zugleinen angebracht, an welchen die Arbeiter herabziehen und dadurch das Gestänge heben, worauf letzteres von selbst niederfällt und der Bohrer auf der Sohle des Bohrloches aufstösst. Die Wirkung des Bohrers wird aber dadurch vergrössert und die ganze Arbeit erleichtert, wenn der Bohrer, nachdem er den Stoss ausgeübt hat, sogleich zurückspringt, was man erreicht, wenn man den Hebel, an welchem der Bohrer hängt, an seinem vorderen Ende mit einem elastischen Prellbalken MN verbindet. Das Gestänge muss so aufgehängt werden, dass im Zustande des Gleichgewichtes der Bohrer kaum den Boden berührt, wozu die in der Figur dargestellte Befestigungsart mit einer Kette dient. Um noch kleinere Verschiebungen, als die Länge der Kettenglieder beträgt, vornehmen zu können, ist der Haken, an welchem die Kette hängt, durch ein Schraubengewinde verschiebbar construirt. An dem Hebelarme O hat ein Arbeiter nach jedem Stosse eine Drehung des Gestänges zu vollführen, damit das Bohrloch vollständig ausgerundet wird. Soll das Gestänge gehoben werden, so fasst man es mit dem Haken P, der an einem starken Taue befestigt ist, welches um die Welle eines Laufrades geht. Das letztere ist mit einer Bremsvorrichtung, die jedoch in der Figur nicht sichtbar ist, und welche beim Herablassen des Gestänges in Thätigkeit tritt, versehen. Hat man einige Zeit hindurch im Steine gebohrt, so muss der Bohrschlamm, durch die schon beschriebenen Löffel mit dem Ventil ausgeschöpft werden, die man, um Zeit zu ersparen, an einem eigenen Seil, das durch eine leichte Winde R herabgelassen wird, befestigt.

Um das Gestänge bei grossen Bohrungen zum Stosse zu heben, so wie auch um es ganz herauszuheben oder in das Bohrloch hinabzulassen, wendete man auch schon die Dampfmaschine an. Die Uebertragung der Bewegung auf den Bohrer ist sehr einfach und erfordert höchstens drei bis vier Arbeiter.

Besondere Aufmerksamkeit ist auf die gute Erhaltung der Futterröhre zu verwenden, denn es ist eine sehr kostspielige und zeitraubende Unterbrechung der Arbeit, wenn die Futterröhre herausgezogen und durch eine neue ersetzt werden muss. Daher ist beim Herabtreiben der Futterröhre grosse Vorsicht anzuwenden, und man darf nicht durch heftiges Rammen gewaltsam die Widerstände beseitigen. Durch Erweiterung des Bohrloches, so wie durch Heben und Drehen der Röhre und Ausübung eines todten Druckes auf dieselbe, gelingt es oft auf eine minder gewagte Art zum Ziele zu gelangen.

Es wird versichert, dass es trockene, quarzige Sandarten gibt, welche man mit keinem Bohrer, sei er von welcher Form er wolle, sei es ein Kugelventil und mit Schmirgel polirt, oder ein ebenes, oder ein linsenförmiges und mit einem starken Gewichte beschwert, ausfördern kann. Mit allen diesen Instrumenten dringt man in diese Sandarten nur um äusserst wenige Zolle ein, und das Instrument befördert selbst das nicht weiter, was es aufgenommen hat. Man räth daher, in solchen Fällen statt der Ventilbohrer anderer einfacher Bohrer sich zu bedienen, jedoch vorher immer einige Brocken Lehm, der sich mit dem Sande vermengt, in das Bohrloch zu werfen, durch welches Mittel man, je nach der Tiefe des Bohrloches, im Stande sein wird, in denselben Sandarten täglich mehrere Meter tief einzudringen.

Um den grössten Theil der Gebilde mit Kraft zu durchbrechen, ist der Stoss das wirksamste, man könnte sagen, das einzige Mittel. Der Bohrer läuft dabei häufig Gefahr zu brechen. Ausserdem, um durch den Stoss zu wirken, erleidet der um 2½ bis 4 Zoll gehobene und seinem Falle überlassene Bohrer zwischen jedem Stoss eine zitternde Bewegung, die ihn mit Gewalt gegen die Bohrwände wirft, was bei langen Bohrungen die Zerstörung der Futterröhre daselbst herbeiführt, wenn man die Röhre immer bis auf die Sohle des Bohrloches herabtreibt.

Bei allen Bohrarbeiten ist es nöthig, die jedesmalige Tiefe genau zu kennen; man thut wohl, bei der Zusammenstellung des Gestänges ein sorgfältiges Journal über alle mit einander verbundenen Glieder führen zu lassen, dieselben, wenn sie nicht genau von gleicher Länge sind, immer einzeln zu bezeichnen, damit man immer auf einen Zoll genau die Tiefe des Bohrloches kennt und immer weiss, wie weit die Futterröhre zurückgeblieben ist. Diese Einsicht ist besonders bei einem Stangenbruche, oder wenn vielleicht ein Theil des Gestänges herabstürzt,

wichtig, weil man sodann gleich weiss, bis zu welcher Tiefe das Fang-Instrument herabgelassen werden muss. Ebenso kann man bei genauer örtlicher Kenntniss der Schadhaftigkeit der Futterröhre, durch vorsichtigere Vorbeiführung des Bohrers an dieser Stelle, die Röhre oft noch einige Zeit erhalten.

Im festen Gesteine, welches sich nicht abbröckelt, wird die Futterröhre gewöhnlich nicht angewendet, auch ist in diesem Falle ihre Anwendung besonders schwierig, weil man fortwährend den Erweiterungsbohrer gebrauchen müsste. Lässt man die Futterröhre weg, so hat man aber andere Uebelstände zu überwinden, denn das Gestänge ist nie so steif, dass es sich nicht biegen sollte und bald hier, bald dort an die Wände des Bohrloches stiesse; hiedurch findet nicht nur ein starker Angriff auf das Gestänge statt, sondern es wird auch viel Steinmaterial von den Wänden des Bohrloches abgestossen, das mit der Tiefe immer zunimmt, wesshalb das Bohrloch häufiger gereinigt werden muss, was die Arbeit sehr aufhält. In dieser Beziehung erreicht man schon einen grossen Vortheil, wenn man, nachdem 100 bis 200 Fuss die Bohrarbeit fortgesetzt ist, bis auf diese Tiefe einen Röhrenstrang herablässt und sodann ohne Futterröhre mit einem Bohrer, welcher der lichten Weite der Röhre entspricht, die Arbeit fortsetzt.

Folgt die Röhre nicht unmittelbar dem Bohrloche, so ist es leicht möglich, dass wenn der Bohrer ungleich feste Massen trifft, das Bohrloch eine schräge Richtung annimmt, was man im Anfange gar nicht bemerkt, wodurch aber das Fassen herabgefallener Instrumente sehr erschwert wird.

Ist es geglückt, einen mit Wasser angefüllten Hohlraum anzubohren, so geschieht es nicht selten, dass das Wasser mit ungeheurer Gewalt und Geschwindigkeit bis über die Mündung des Bohrloches steigt, so dass die Arbeiter kaum Zeit haben, sich zu entfernen. Häufig bleibt aber das Wasser, wie schon erwähnt, tiefer als die Mündung des Bohrloches stehen und muss mittelst Pumpen herausgefördert werden.

Zur Vollendung eines artesischen Brunnens gehört noch *das Einsetzen der Steigröhre,* das ist, derjenigen Röhre, durch welche der aufgeschlossene Quell zur Erdoberfläche heraufsteigt. Obwohl diese Röhren, wenn sie eingebracht sind, keinen gewaltsamen Beschädigungen wie die Futterröhren ausgesetzt sind, so muss man doch bei der Wahl des Materials vorsichtig sein, denn sie dürfen einerseits vom Wasser nicht angegriffen werden, und müssen anderseits auch wasserdicht sein.

Die Anwendung von schmiedeisernen Röhren ist sehr bedenklich, indem solche vom Roste leicht durchgefressen werden. Degousée führt an, dass solche Röhren nach vier bis fünf Jahren an einzelnen Stellen vom Roste zerfressen waren und das Wasser entweichen liessen. Eine Verzinnung auf der inneren Seite kann diesem Uebelstande kaum begegnen, da neben den Nieten und in den Stössen immer unbedeckte Stellen bleiben; namentlich wenn dieselbe Röhre schon beim Bohren als Futterröhre gedient hat, ist es gewiss, dass dadurch ein grosser Theil des Zinnüberzuges abgekratzt ward.

Weit dauerhafter sind die gusseisernen Steigröhren; dieselben werden an den Enden genau abgedreht und so in einander gepasst, dass die äusseren Flächen bündig werden; zur Befestigung dienen einige Bolzen mit eingelassenen Köpfen und Muttern.

In schwefelhaltigem Wasser sind besonders Zinkröhren zu empfehlen.

Sehr dauerhaft, aber kostspielig, sind in jedem Falle die Kupferröhren, die man innen verzinnt und an den vertikalen Fugen zusammenlöthet. Die Vereinigung der einzelnen Röhrenstücke geschieht mittelst überschobener Ringe und Schraubenbolzen, wobei der Raum zwischen den Ringen und der Röhre ebenfalls mit Zinn ausgegossen wird. Die Stärke der Röhren beträgt 2 bis 3 Linien.

Wendet man hölzerne Steigröhren an, so müssen sie aus festem Holze bestehen, das den Geschmack des Wassers nicht verdirbt. Gewöhnlich wählt man Kiefern- oder Erlenholz, und die Röhren, die etwa 8 Fuss lang sind, erhalten einen äusseren Durchmesser von 7 bis 8 Zoll und einen inneren von 3 Zoll. Die Zusammensetzung der Stücke geschieht in der Weise, wie es die Fig. 263 a und b, Taf. XXI zeigt.

Beim Einbringen der Steigröhren muss man mit grosser Vorsicht zu Werke gehen, um jeder Beschädigung derselben vorzubeugen, wodurch ihr Zweck leiden würde. Zeigt sich daher irgendwo ein Widerstand, der nicht durch vermehrten Druck oder sanftes Drehen verschwindet, so muss die Röhre herausgenommen und das Bohrloch ausgeräumt werden. Sollten einzelne Theile der Steigröhre sich lösen und in das Bohrloch herabstürzen, so hebt man sie mittelst eines eigenen Fang-Instrumentes, welches in eine Spitze endet, von der nach oben schräg gerich-

tet drei Federn ausgehen, heraus. Diese Federn, welche eine etwas grössere Fläche als den inneren Querschnitt der Röhre umspannen und sich beim Einbringen des Instruments zusammendrücken, treffen von unten die Röhrenwand und heben die Röhre.

Wenn die Steigröhre eingebracht ist, so kann man, wenn es möglich ist, die Futterröhre ganz oder auch nur zum Theil entfernen. Das letztere gelingt jedoch nur selten. Der Raum zwischen dem Steigrohr und den Bohrlochwänden, oder zwischen ersterem und der Futterröhre, wird dann mit hydraulischem Mörtel ausgefüllt.

### Ausführung der artesischen Brunnen nach der chinesischen Methode oder das sogenannte Seilbohren.

§. 44.

Das Bohren mit dem Seile oder das Bohren nach der chinesischen Methode wird selten angewendet, ist nur für Felsboden geeignet und auch hier zeigt es sich minder wirksam, als die Methode mit festem Gestänge.

Die *Vortheile* jener Art bestehen in dem leichteren Herausnehmen und Einbringen des Bohrers, und in der grösseren Wohlfeilheit des Apparates, welcher letztere Umstand diese Methode allerdings bei kleineren Bohrarbeiten in Felsen empfiehlt. Ihre *Nachtheile* sind: die Unsicherheit der Wirkung des Bohrers und die leichte Abnützung des Seiles, das sich an den Wänden des Bohrloches stark schleift; die Schwierigkeit, ein gebrochenes oder zufällig in das Bohrloch gefallenes Instrument herauszubringen, ferner ist auch die Elasticität des Seiles hinderlich, indem sie bei zunehmender Tiefe einen grösseren Hub des Bohrers bedingt und gleichzeitig Ursache ist, dass man die Tiefe des Bohrloches nie genau kennt. Bei Artern versuchte man, während die Arbeit im guten Betriebe war, die Wirksamkeit dieser Methode, deren Erfolg aber so ungenügend war, dass man sogleich zur Bohrung mit festem Gestänge wieder überging. Stösst das Bohrinstrument auf Felstrümmer, die z. B. in Mergel eingesprengt sind, so findet es auf der einen Seite keine Schwierigkeit, auf der anderen aber einen bedeutenden Widerstand, welcher anfangs eine unbedeutende, mit der Zeit aber eine bedeutende Abweichung von der beabsichtigten vertikalen Richtung verursacht. Ferner halten die vom oberen Theile des Bohrlochcs hinunter gefallenen Steintrümmer oft das Instrument in der Tiefe so fest, dass durch die Gewalt, die man zum Herausziehen anwenden muss, das Seil reisst und man dann nicht mehr im Stande ist, den Bohrer heraus zu bekommen; ein Unfall, bei dem man fast immer gezwungen ist, seine *Zuflucht* zum festen Gestänge zu nehmen.

Die beim Seilbohren verwendeten Bohrer sind jene, welche schon als durch den Stoss wirkend beschrieben wurden. Sie werden nicht unmittelbar an das Seil befestigt, weil sie sonst gar zu unregelmässig aufstossen würden, sondern an eine mehrere Fuss lange Stange, welche oben und unten mit Leitscheiben versehen ist, befestigt. Diese Leitscheiben, deren Zweck ist, den Bohrer in der Richtung des Bohrloches zu führen, haben nahezu die ganze Weite des Bohrloches und sind stark durchbrochen, damit sie bei der Bewegung im Wasser nicht zu grossen Widerstand ausüben.

Soll das Bohrloch zum Einsetzen einer Futterröhre unten erweitert werden, so befestigt man eine Anzahl Meissel so seitwärts seiner Achse an einen kurzen eisernen Block, dass wenn der Block frei schwebt, dieser nicht vertikal hängt, sondern durch das Gewicht der Meissel sich nach einer Richtung neigt, wodurch es bei der Leichtigkeit der Bewegung des Apparates durch blosses Stossen möglich ist, das Bohrloch um beinahe 2 Zoll zu erweitern.

Zur Entfernung des Bohrschlammes und Ausräumung des Bohrloches dient auch hier der Löffel mit dem Ventile oder mit der Kugel.

Zum Fassen und Herausnehmen herabgefallener Gegenstände, kann man sich der beschriebenen Fang-Instrumente, die eine Drehung bedingen, nicht bedienen. Hier hat man besonders jene mit Scheeren und Zangen versucht, die durch besondere Zugleinen geöffnet werden können. Um ein abgerissenes Seil zu Tage zu fördern, bedient man sich des *Fangkorbes,* Fig. 264, Taf. XXI. Er besteht aus vier Stahlfedern, die durch einen darüber gleitenden Ring zusammengedrückt werden, der, um sich regelmässig zu bewegen, mit einem zweiten Ringe, welcher die Achse des Kolbens umschliesst, verbunden ist. Man schiebt beim Gebrauche des Instruments die Ringe so weit zurück, dass die Federn geöffnet sind, wie es die Figur zeigt; lässt man es dann auf den Boden herabfallen, so sinkt der Ring tiefer herab, und schliesst dadurch die Federn.

Um das Schleifen des Seiles gegen die rauhen Felswände zu verhindern, versieht man es in Abständen von 10 Fuss mit Kugeln, die einen kleineren

Durchmesser haben als das Bohrloch. Diese hindern aber in hohem Grade die Bewegung, und entkräften beim Herabfallen den Stoss des Bohrers, und dies besonders, wenn das Bohrloch mit Wasser gefüllt ist.

Die Fig. 265 a und b, Taf. XXII, stellt eine einfache Vorrichtung für das Seilbohren vor. Das Seil a, welches den im Bohrloche befindlichen Bohrer trägt, ist über die starke breite Rolle b geführt, und sodann um die Welle des Spielrades c geschlungen, womit der Bohrer aufgewunden wird. Zum Herablassen des Bohrers dient ein Bremsapparat de, der aus einem Hebel besteht, welcher von unten gegen das Spielrad drückt. Soll der Bohrer in Wirksamkeit gesetzt, d. i. abwechselnd gehoben und gesenkt werden, so wird in die mit passend ausgeschnittenen Löchern versehene Rolle b, die eben zu diesem Zwecke eine grosse Breite hat, ein Hebel fg, der mit einem elastischen Prellbalken ih durch eine Leine in Verbindung gesetzt werden kann, eingesteckt, und dieser sodann herabgedrückt; dann schnellt er, indem das Uebergewicht auf der anderen Seite der Rolle sich befindet, von selbst wieder zurück, wodurch der Bohrer herabfällt und aufstösst.

Gewöhnlich gebraucht man zum Seilbohren Hanfseile; im Jahre 1834 hat man bei Ehrenbreitstein mit einem Eisenbandseile, und im Jahre 1843 bei Chemnitz in Ungarn, und bei Trafaiach in Steiermark mit runden Eisendrahtseilen Bohrversuche gemacht. Die Hanfseile zeigen sich, da sie sich stark dehnen, am wenigsten geeignet, so dass man oft schon bei geringer Tiefe und einem nicht unbedeutenden Hube nicht wahrnehmen konnte, ob der Bohrer wirklich gehoben wurde. Bei allen diesen Seilen aber gelingt das gleichmässige Drehen des Bohrers durchaus nicht, während diess doch eine Nothwendigkeit des Bohrers ist; man muss sich hiebei mit der Selbstdrehung des Seiles begnügen. Jedes Seil ohne Ausnahme dreht sich, wenn eine Last daran gehängt wird, bis zu einem gewissen, dieser Last entsprechenden Grade auf, und so bald die Last von ihm genommen wird, wieder zu. Man verband demnach ein Drahtseil mit einem Wirbel, wodurch, wenn der Bohrer gehoben und somit das Seil belastet wurde, dasselbe, den Bohrer mitnehmend, sich aufdrehte, während, so bald der Bohrer gefallen war, es sich vermöge des Wirbels wieder zudrehte. Durch eine solche bewerkstelligte Drehung des Bohrers wurde jedenfalls diese Bohrmethode verbessert. Allein diese Selbstdrehung der Seile ist sicherlich eine unregelmässige, die Bohrlöcher werden hiedurch oft eckig und, die vertikale Richtung des Bohrloches geht verloren.

Dem Direktor des Bohrvereins zu Bayruth, George Kolb, ist es, wie die Berg- und Hüttenmänische-Zeitung vom Jahre 1861 sagt, gelungen, die Methode des Seilbohrens durch eine sinnreiche Vorrichtung wesentlich verbessert zu haben. Die Selbstdrehung des Seiles benützend, hat er einen höchst einfachen Apparat construirt (dessen nähere Beschreibung jedoch noch nicht angegeben ist), durch welchen er diese Drehung vollkommen reguliren kann. Das Umsetzen des Bohrers soll dadurch so regelmässig geschehen, wie man es nur wünschen kann. Den Grad der Drehung regulirt Kolb mit seinem Apparate so genau, dass er jede beliebige Anzahl Schläge während einer Umdrehung machen lässt. Bei der Ausführung eines Bohrloches, bei welchen Kolb bei 1600 Fuss erreichen wollte, war eine Dampfmaschine aufgestellt, welche die beiden Seilaufwicklungs-Apparate, und zwar für das Bohrseil und Löffelseil, bewegte. Das Bohrseil war ein rundes Drahtseil von einem Zoll Durchmesser. Ausser dieser Maschine war ein besonderer Dampfcylinder über dem Bohrloche speciell zum Bohren aufgestellt. Mit Hilfe dieser Maschinen wurden bis zur Vollendung des Bohrloches im Durchschnitt trotz bedeutender Aufenthalte, welche eine fehlerhafte Construction des Dampfcylinders mit sich brachte, beinahe 10 Fuss in 24 Stunden gebohrt. Auch wurde nicht nur im Anfange viel und, wie es bei Gestängebohrungen im auffallenden Masse stattfindet, mit zunehmender Tiefe immer weniger, sondern erst gegen den Schluss des Bohrloches nach verschiedenen kleinen Verbesserungen ein Bohreffekt von mehr als 13 Fuss in 24 Stunden erreicht. Der Bohrer arbeitete bei einer Hubhöhe von einem Fuss mit einer Geschwindigkeit von 60 bis 72 Schlägen in der Minute, und es wurde in jeder Stunde effektiver Bohrzeit ein Fuss abgeteuft, woraus erhellt, dass, wenn Kolb die vielen kleinen, durch fehlerhafte Constructionen des Dampfcylinders verursachten Aufenthalte beseitigt haben wird, ein noch bedeutenderer Bohreffekt erwartet werden kann.

### Das Bohrsystem von Fauvelle.

§. 45.

Wenn man mittelst eines hohlen Bohrers in ein Bohrloch, nach Verhältniss, als man dasselbe niedertreibt, Wasser einströmen lässt, so nimmt das Wasser beim Wiederaufsteigen allen Bohrschlamm mit

sich hinauf; diess ist das Problem, das sich Fauvelle stellte und welches er so glücklich gelöst hat, dass es jetzt als neues Bohrsystem besteht. Sein Apparat besteht aus einem hohlen Bohrer, dessen Gestänge aus aneinander geschraubten Röhren gebildet ist; der untere Theil desselben ist mit dem Bohrer versehen, welcher der in Angriff zu nehmenden Gebirgsart entsprechend construirt sein muss. Der Durchmesser des Bohrers ist grösser als der Durchmesser der Röhren, um rings um die letztere einen kreisförmigen Raum zu gewinnen, in welchem das Wasser und der Bohrschlamm zur Erdoberfläche steigen können. Der oberste Theil des Bohrers steht in Verbindung mit einer Druckpumpe durch gegliederte Röhren, welche der niederfallenden Bewegung des Bohrers auf einige Meter Tiefe folgen. Der Bohrer wird durch eine mit einem Drehhebel hervorgebrachte drehende Bewegung, oder durch Stoss bewegt. Das Bohren wird damit begonnen, dass man die Pumpe in Bewegung setzt; man führt durch das Innere des Gestänges bis zur Sohle des Bohrloches eine Wassersäule ein, welche beim Aufsteigen in den kreisförmigen Raum zwischen der Bohrröhre und den Wänden des Bohrloches die aufsteigende Strömung bewirkt, und welche den Bohrschlamm mit sich führen soll. Man behandelt dann den Bohrer wie einen gewöhnlichen Bohrapparat und nach Massgabe, als das Instrument Stücke von dem Gebilde ablöst, werden dieselben von der Strömung nach oben mitgenommen. Es geht aus diesem Gange hervor, dass, da die abgelösten Trümmer fortwährend von dem Wasser hinweggeschafft werden, das Heraufziehen des Bohrers zur Räumung desselben nicht nothwendig ist, wodurch eine grosse Zeitersparniss gewonnen wird. Ein weiterer Vortheil ist aber auch noch der, dass das eigentliche Bohrwerkzeug von dem Gesteine niemals verschüttet und gehemmt werden kann, und dass dasselbe stets ohne Behinderung auf das zu durchfahrende Terrain wirkt, was die Schwierigkeit des Bohrens bedeutend, nach einigen Angaben um mehr als $^9/_{10}$, vermindert. Wenn man hinzufügt, dass durch die Erfahrung bewiesen ist, dass bei solcher Arbeit bei weitem weniger Nachstürzungen stattfinden, als bei gewöhnlicher; dass man in einer grösseren Tiefe beinahe mit derselben Leichtigkeit arbeitet, als bei einer geringeren; ferner wenn man noch erwägt, dass ein hohles Bohrgestänge mehr Torsionswiderstand hat, als ein massiver Bohrer bei gleichem Volumen, so wird man einen richtigen Begriff von den hauptsächlichsten Vortheilen dieses Systems erhalten.

Eine in Perpignan auf dem Dominikanerplatz von Fauvelle selbst ausgeführte Bohrung war nach 14 Arbeitstagen auf 170 Meter gebracht worden, was bei einer stattgehabten Arbeitszeit von 10 Stunden täglich, für jede Arbeitsstunde durchschnittlich mehr als einen Meter gibt. Eine daselbst vorgenommene zweite Bohrung bei derselben Tiefe, jedoch mit gewöhnlichem festen Gestänge, dauerte 11 Monate.

Bei dem so eben beschriebenen Systeme findet das Einströmen des Wassers durch das Innere des Bohrers statt. Die Erfahrung aber hat gelehrt, dass wenn es sich darum handelt, Kiesel und Steine von einem gewissen Gewicht heraufzufördern, es besser sei, das Wasser durch den kreisförmigen Zwischenraum zwischen der Röhre und den Wänden des Bohrloches hinunter fallen und durch den Bohrer aufsteigen zu lassen. Fauvelle brachte auf diese Art Kiesel von 6 Centimeter Länge und 3 Centimeter Stärke zu Tage. Die Idee, das Wasser durch das Innere der Röhre aufsteigen zu lassen, gibt ein Mittel an, in gewissen Formationen unter einer springenden Wassermasse zu bohren, ohne der Pumpe zu bedürfen. Hiezu würde genügen, die Oeffnung des Bohrloches hermetisch und fest zu verschliessen jedoch so, dass das Spiel des Bohrers frei vor sich gehen kann und das springende Wasser stets gezwungen wäre, den Grund der Röhre zu suchen, um dort durch den Bohrer den Ausweg nach der Oberfläche der Erde zu finden.

Obgleich das erwähnte in Perpignan gewonnene Resultat sehr merkwürdig ist, so kann man doch versichert sein, dass das beschriebene System, trotz der bedeutenden Vortheile, zwar vortrefflich ist für die Gegend, wo es angewendet wurde, niemals aber eine so allgemeine Anwendung finden kann, wie die Systeme mit festem Gestänge, weil es in manchen Formationen, z. B. wenn die Bohrung durch eine absorbirende Schichte geht, ganz unzulässig ist.

Der Gebrauch der Druckpumpe bei Bohrungen, um das Niederbringen der Steigeröhren bei mächtigen Sandschichten zu erleichtern, war schon seit dem Jahre 1832 in Anwendung gebracht worden, aber als allgemeines Mittel beim Abbohren wurde sie erst von Fauvelle eingeführt.

Für manche Sandarten, die durchgebohrt werden sollen, ist die Wirkung der Pumpe unfehlbar. Das in das Bohrloch ganz nahe bei den Sandlagern niedergelassene Rohr derselben, ist mit einer Lanze armirt. Eine gewöhnliche Feuerspritze ist in diesem Falle die einfachste Maschine, die man verwenden

kann; ihre Hanfschläuche werden in das Bohrloch hinabgelassen. Ist kein Wasserbehälter in der Nähe, so muss man sich einen Vorrath von Wasser in Tonnen bereit halten, um das Reservoir der Pumpe damit anzufüllen. Sobald das Rohr hinabgelassen ist, wird mit dem Pumpen begonnen und dabei Sorge getragen, dass das Rohr sich fortwährend hebe und niederlasse, um sein Steckenbleiben im Sande zu verhüten; das mit Gewalt durch die Pumpe gestossene Wasser wird den Sand fortspülen. Auf diese Art kann man eine Wasserader gänzlich vom Sande, der sie verstopft, befreien, und noch 24 bis 30 Fuss darunter eindringen, wenn seine Masse fortdauert.

## V. Abschnitt.

# Wasserleitungen.

### Wasserleitungen im Allgemeinen.

§. 46.

Nur diejenigen Wasserleitungen, deren Zweck es ist, grössere Orte mit reinem Wasser zu versorgen, sollen hier besprochen werden. Die Alten, welche sehr mangelhafte Kenntnisse von den Gesetzen der Hydraulik gehabt zu haben scheinen, indem sie nicht einmal die Heberwirkung gekannt, hatten mit einer grossen Verwegenheit Riesenwerke zu ihren Wasserleitungen gebaut.

Es gränzt an Uebertreibung, was die Geschichte uns von den Wasserleitungen der Alten, namentlich von jenen der Römer, erzählt. Eine Fülle von Wasser hatten sie sich zum öffentlichen Gebrauche in Bäder, Häuser und Gärten zugeleitet. Die Mittel hiezu waren die grossartigsten Bauten, die aus weit fortgeführten, mitunter mehrere Etagen hohen Aquaducten, in durchgrabenen Bergen, in ausgefüllten Thälern bestanden. Sie sind so bewunderungswürdig, dass wenn sich nicht bis auf unsere Zeiten noch Ueberreste davon erhalten hätten, die Tradition über dieselben märchenhaft erscheinen würde. Frontinus wirft die Frage auf: Ob man es wohl wagen könne, die ägyptischen Pyramiden oder die so hoch gepriesenen Gebäude der Griechen mit ihnen zu vergleichen?

Alle diese Anlagen führten das Wasser nicht in Röhren, sondern in Gerinnen (Kanälen), die ein stätiges Gefälle in der Richtung des fliessenden Wassers erhalten mussten. Ihre Ausdehnung betrug häufig mehrere Meilen; sie gewannen besonders dann an Wichtigkeit und gaben zur Herstellung grosser Mauermassen Veranlassung, wenn tiefe Thäler überschritten werden mussten. Man führte alsdann Bogenstellungen quer durch das Thal, die oft mehrfach über einander standen und den Unterbau für das Gerinne bildeten. Dergleichen Bauwerke nennt man gemeinhin Aquaducte. Durch Anwendung von Röhren hätten solche massive Unterbaue entbehrt werden können; denn der starke Druck, der durch die Senkung der Röhrenleitung bis zur Sohle des Thales entsteht, treibt das Wasser in dem aufsteigenden Theile der Röhre beinahe bis zu derselben Höhe wieder hinauf.

Etwa dreihundert Jahre vor Christi Geburt legte Appius Claudius die erste Wasserleitung an, und als Nerva seine Regierung antrat, wurden, wie Frontinus, der im Jahre 98 zum Aufseher der Wasserleitungen in Rom ernannt wurde, angibt, durch neun neue Leitungen schon über 27 Millionen Kubikfuss Wasser nach Rom geführt, die in 1300 fliessenden Brunnen ausströmten. Um sich einen Begriff von der Pracht und Grossartigkeit dieser Bauwerke zu machen, braucht man nur daran zu denken, dass die Gesammtlänge dieser Aquaducte mehr als 54 deutsche Meilen betrug, wovon drei Viertheile dieser Länge unterirdische, gewölbte Kanäle waren, während von den auf der Oberfläche der Erde geführten Leitungen $4\frac{3}{4}$ deutsche Meilen über Arcaden liefen, die sich bis zu einer Höhe von 100 Fuss erhoben. Die Anzahl dieser Leitungen vermehrte sich aber noch, da namentlich die Einrichtung neuer Bäder, das Bedürfniss mehr und mehr steigerte. So mögen später bis 50 Millionen Kubikfuss Wasser täglich nach Rom geführt worden sein, was bei der Anzahl der Einwohner von etwa einer Million, eine so reiche Versorgung mit Wasser ergab, wie sie in neuerer Zeit nie vorgekommen ist. Von diesen Anlagen sind einige noch in Wirksamkeit erhalten, und man schätzt das Wasserquantum, welches die drei Leitungen aqua Felice, aqua Virginia und aqua Paolo gegenwärtig

noch nach Rom führen, auf mehr als 5 Millionen Kubikfuss.

Nicht nur in Rom, sondern auch in allen Ländern, die der römischen Herrschaft unterworfen waren, finden sich noch Ueberreste von solchen Werken. Als besonders hervorragendes Beispiel eines antiken Aquaductes wird der von Spoleto, bei 30 Meilen nördlich von Rom, erwähnt. Theodorich, König der Ost-Gothen, erbaute denselben um das Jahr 490. Er übertrifft an Höhe und Kühnheit alle älteren derartigen Bauten. Zehn gothische Bögen von 68 Fuss Spannung, die durch sehr hohe Pfeiler von 21 Fuss Dicke und 15 Fuss Breite getragen werden, bilden den Unterbau der darüber befindlichen 30 kleineren Bögen, auf denen erst der Kanal fliesst; die Höhe desselben über dem Wasserspiegel der Moragia ist über 400 Fuss. Noch in den letzten Jahrhunderten entstanden namentlich in Frankreich mehrere solche Bauwerke; so im Jahre 1558 der Aquaduct bei Arles über den Crau; im Jahre 1624 wurde neben den Ruinen des alten Aquaducts von Arcueil in der Nähe von Paris unter Maria von Medicis ein neuer gebaut. Im 17. Jahrhunderte baute man neben Versailles die Aquaducte von Marly und Buc, und Pitot führte den Aquaduct bei Montpellier aus.

In hydrotechnischer Beziehung haben diese älteren Wasserleitungen wenig Bemerkenswerthes, sie unterscheiden sich nur dadurch von den heutigen Wasserleitungen, dass das Wasser in einem offenen Kanale fliesst. Aus dieser Ursache konnten solche Wasserleitungen nur im südlichen warmen Klima, wo kein Gefrieren zu befürchten ist, Anwendung finden.

Durch Aquaducte erhalten derzeit nur noch wenige Städte des europäischen Kontinents, Grossbritanniens und Nordamerika's ihr Wasser. Marseille wird mit Wasser aus der Durance durch einen im Jahre 1838 angelegten, 96000 Meter langen Aquaduct mit Wasser versehen. New-Yorks Aquaduct, 40 ½ englische Meilen lang, führt seit 1842 der Stadt das Wasser des Bretonflusses zu, und noch einige seltene Beispiele solch' grösserer Wasserleitungen sind das einzig nennenswerthe in dieser Beziehung.

Die Wasserleitung in Genua, delle Arcate, zeigt eine ganz eigenthümliche Anlage; sie bildet eine Zusammensetzung von einer Leitung in offenen Kanälen und einer Röhrenleitung. Auf dem Hügel Molassana, unfern des Geivato-Flusses, wird das Quellwasser in einem Reservoir gesammelt, welches eine gusseiserne Röhrenleitung von 1 Fuss Durchmesser speist, die theils auf dem natürlichen Abhange ruht, theils auf einer bei 430 Fuss langen Untermauerung mit neun Bogenöffnungen bis zum alten Aquaduct herabgeführt ist. Der Aquaduct ist beinahe auf 350 Fuss Länge mit acht Bögenöffnungen horizontal und bei 60 Fuss über dem Wasserspiegel, den er überschreitet, geführt worden. Auf denselben Aquaduct steigt alsdann die Röhrenleitung in einer Länge von 300 Fuss über sechs Bögen, gewinnt das gegenüberliegende hohe Ufer, del Pino genannt, wo sie in ein Reservoir mündet und weiterhin durch eine offene Leitung ergänzt wird. Der unterste oder mittlere Theil des Röhrenstranges liegt 158 Fuss unter dem Reservoir, das die Röhre speist, und 134 Fuss unter demjenigen, in welches sie ausmündet; das ganze Gefälle beträgt 24 Fuss, während die Länge der Röhrenleitung bei 2080 Fuss misst. Die eben beschriebene Einrichtung wurde dieser Wasserleitung zu Ende des vorigen Jahrhunderts gegeben, während seit 1293 ein Aquaduct nach dem älteren Princip an derselben Stelle noch besteht.

Interessant ist die Röhrenleitung, welche das Wasser nach Konstantinopel führt. Auf eine ganz eigenthümliche Weise hat man hier die Leitung abwechselnd unterbrochen und das Wasser mit der Luft in Berührung gebracht. Um indessen dabei den Vortheil der Druckhöhe nicht zu verlieren, war es nöthig, die offenen Bassins in der angemessenen Höhe anzulegen. Dieselben wurden aus dieser Ursache auf hohe gemauerte Thürme, die 600 Fuss von einander entfernt sind, und je mehr sie sich dem Ende der Leitung nahen, desto niederer werden, gestellt. An der einen Seite dieser Thürme steigt das Wasser in Bleiröhren auf dieselbe, ergiesst sich am Scheitel dieser in das Bassin, und fällt auf der andern wieder in solchen Röhren nach der Röhrenleitung der Thalsohle, welche Leitung aus gebranntem Thon besteht, zurück. Auf dem höheren Terrain geht die Leitung nicht in Röhren, sondern in offenen Gerinnen. Der Zweck dieser Anordnung scheint einestheils der zu sein, dass man bei vorkommender Beschädigung die schadhafte Stelle leichter erkennt, theils aber vertreten die Bassins auf den Thürmen die Stelle von Luftspunden oder Luftröhren, die sich jedoch weit einfacher und weniger kostspielig hätten einrichten lassen.

Offene Wasserleitungen, die durch Bäche gespeist werden, wurden auch in späterer Zeit und in vielen Ländern hergestellt. So z. B. wurden im Jahre 1606 und 1607 die in der Nähe von London befindlichen Flüsschen Chadwell und Amwell nach London geleitet, um deren Wasser daselbst zu vertheilen. Die

aufgefangenen Quellen sind in gerader Linie nur 20 englische Meilen von London entfernt; man musste aber einen Speisekanal bis zu dem Reservoir im New-River-Head im Kirchspiel Clerkenwill führen, der eine Länge von 38¾ englischen Meilen bekam. Die Breite dieses Kanals ist durchschnittlich bei 18 Fuss, die Tiefe 5 Fuss. Das Gefälle beträgt auf 21000 Fuss einen Fuss. Später genügten diese beiden genannten Flüsschen nicht mehr für die immer grösser werdende Ausdehnung Londons, und man nahm noch mehr Wasser aus dem Leaflusse, der unmittelbar neben dem Kanale oder dem New-River strömte, wodurch aber die Schiffbarkeit des letzteren Flusses litt. Grosse Mühe kostet es, das Wasser in dem New-River rein zu erhalten und das Waschen, das Baden und das Hineinwerfen nachtheiliger Körper zu verhindern. Um schwimmende Körper aufzufangen, sind stellenweise Drahtnetze durchgezogen, die aber jedesmal in einer Erweiterung des Bettes liegen, damit hier die Geschwindigkeit sich mässige, die Körper um so sicherer aufgefangen werden und sich an diesen Stellen der im Wasser schwebende Schlamm niederschlagen könne, der sodann vierteljährlich weggeräumt wird.

Solch' offene, im natürlichen Boden eingeschnittene Speisegräben sind an sich so einfach, dass ihre Anlage keiner näheren Beschreibung bedarf. Wie hiebei die Ausführung der Erdarbeiten anzuordnen und welche Vorsichtsmassregeln man zu beobachten hat, um ein Durchsickern des Wassers durch den Boden und die Seitendämme möglichst zu vermeiden, wird bei Gelegenheit der Schifffahrts-Kanäle, die unter denselben Vorsichtsmassregeln hergestellt werden müssen, erwähnt werden.

Wasserleitungen, die mittelst Pumpwerken aus Strömen gespeist werden, kommen heut zu Tage am häufigsten vor. Anlagen dieser Art sind am wenigsten von den Localverhältnissen abhängig, lassen sich überall ausführen, gestatten auch jede beliebige Ausdehnung, indem die zu vertheilende Wassermenge jederzeit im Strome disponibel ist, und es kommt nur darauf an, die Schöpfmaschine der nothwendigen Wassermenge entsprechend zu construiren. Die Kostbarkeit der Maschinen, sowohl in der ersten Anlage als in der Erhaltung, setzt dieser Art Wasserleitungen oft unübersteigliche Hindernisse entgegen, welche durch die Besorgniss, dass bei jedesmaliger Beschädigung der Maschine die Wasserleitung unterbrochen werden muss, noch mehr Halt gewinnen. Bei guten Maschinen muss jedoch diese Besorgniss, wie die Erfahrung zeigt, ganz verschwinden; denn wir sehen dermalen schon in den meisten Ländern Wasserleitungen auf diese Art gespeist. In London z. B. wurden im Jahre 1724 die Chelsea Water-Works unterhalb London eingerichtet, die durch Dampfmaschinen gespeist werden, und in diesem Jahrhundert entstanden die meisten Leitungen, die alle ihr Wasser aus der Themse schöpfen müssen, als: West-Middlesex-Water-Works, Grand Junction Water-Works, Southwark Water-Works, die Lambeth und South London Water-Works. Nur die bereits erwähnte New-River-Leitung führt Quellwasser mit natürlichem Gefälle nach London, und selbst bei dieser Leitung sind gleichzeitig Dampfmaschinen in Bereitschaft, die theils zur Füllung des Bassins benützt werden, so oft der New-River bei anhaltendem Froste seine Zuflüsse verliert, oder eine Sperrung zur Trockenlegung desselben wegen vorzunehmender Reparaturen oder Reinigungen nothwendig ist, theils um auch die höher gelegenen Theile der Stadt mit Wasser versorgen zu können.

Auch viele andere Städte Grossbritanniens werden ausschliesslich durch Wasserhebungsmaschinen versorgt.

Vielfach ist auch in Nord-Amerika diese Art von Wasserleitungen in Anwendung. Besonders interessant ist daselbst die Wasserleitung von Philadelphia. Etwa 1½ englische Meilen oberhalb der Stadt bei Fairmount liegen am Shuylkill die Wasserwerke. Unter einem Winkel von 45 Graden ist ein halbmassives Wehr, §. 2, Fig. 144 a und b, Taf. III, von 1169 Fuss Länge und 24 Fuss Höhe zur Aufstauung des Wassers durch den Fluss geführt. Der dadurch erzeugte Stau beträgt 12 Fuss und die Stauweite erstreckt sich 6 englische Meilen aufwärts. Auf der linken Seite des Wehres befinden sich acht Wasserräder, wovon ein jedes ein Pumpwerk treibt. Die Steigröhren sind 1½ Fuss weit und heben das Wasser 92 englische Fuss hoch in Reservoirs. Im Mittel liefert jede Pumpe täglich 530,000 Gallons oder 76,341 Kubikfuss Wasser. In ähnlicher Weise wird Richmond in Virginien mit Wasser versehen. Pittsburg am Ohio hat eine Wasserleitung, welche durch eine Dampfmaschine von 84 Pferdekraft gespeist wird, welche täglich 1,500,000 Gallonen oder 215,320 Kubikfuss Wasser 116 Fuss hoch schöpft. In Cincinnati am Ohio schöpft eine Dampfmaschine täglich 1,730,000 Gallonen oder 249,466 Kubikfuss 160 Fuss hoch.

In Frankreich sind derartige Wasserleitungen auch ziemlich häufig.

Die Wasserversorgung von Paris wird jetzt vorzüglich auf folgende Weise bewirkt:

Durch das Wasser des Ourcq-Kanales, der täglich 110,000 Kubikmeter liefert.

Durch den Aquaduct von Arcueil mit ungefähr 1600 Kubikmetern.

Durch den Aquaduct von Belleville und von Près-Saint-Gervais mit nur 500 Kubikmeter.

Durch den artesischen Brunnen von Passy mit 20,000 Kubikmeter.

Durch den auch schon erwähnten artesischen Brunnen von Grenelle früher mit 900, jetzt aber nur mit 460 Kubikmeter.

Endlich durch das mittelst der Dampfmaschinen von Chaillot, und der von Gross-Caillou gehobene und vertheilte Seinewasser, durch welche zusammen täglich 20,000 Kubikmeter geliefert werden.

Der Ourcq-Kanal, der ursprünglich nur vom gleichnamigen Flusse gespeist wurde, hat nach und nach der Schifffahrt wegen mehrere Bäche aufgenommen. Die Construction des Aquaducts von Arcueil, welcher Paris die Quellen von Rungis zuführt, scheint aus dem vierten Jahrhunderte zu stammen. Im neunten Jahrhunderte wurde er durch die Normannen zerstört und unter der Regentschaft Maria's von Medicis 1615 wieder hergestellt. Obgleich sein Wasser reiner und heller als das des Ourcq-Kanales ist, so entspricht es doch den Anforderungen eines guten Wassers nur wenig. Das beste Wasser erhält Paris aus den Bohrbrunnen von Grenelle und aus jenem von Passy.

Besonders wichtig sind die neuen Cornwalliser Dampfmaschinen Chaillot und Gross-Caillou, welche am rechten und linken Seineufer kurz vor deren Austritt aus Paris, das Wasser heben und grosse Theile der Stadt damit versorgen. Die erste hebt das Wasser 117 Fuss hoch in die ausgedehnten Reservoirs hinter den elyseischen Feldern neben dem Thore Barrière des réservoirs. Die Maschine Gross-Caillou am linken Seineufer ist viel unbedeutender, und giesst das gehobene Wasser in ein kleines Bassin aus, welches etwa 100 Fuss über dem Spiegel der Seine in einem Thurme auf dem Maschinengebäude selbst angebracht ist.

Die in jüngster Zeit zu Toulouse ausgeführte Wasserleitung entnimmt das Wasser aus der Garonne. Das Pumpwerk wird durch Wasserräder bewegt und hebt täglich 200 Wasserzolle oder 121434 Kubikfuss Wasser 20 Meter hoch. Diese Wasserleitung hat einen natürlichen Filter, von dem später die Rede sein wird.

Auch in Deutschland wurde in jüngster Zeit den Einrichtungen von Wasserleitungen grosse Aufmerksamkeit geschenkt. In Wien, Berlin, Hamburg, Magdeburg, Stuttgart, Rastatt und noch an anderen Orten existiren dergleichen, welche ihr Wasser aus den näher oder entfernter an ihnen vorbeilaufenden Flüssen schöpfen.

Die preussische Hauptstadt war bis in die allerjüngste Zeit sehr schlecht mit Wasser versorgt, ein Mangel, an welchem viele und reiche Städte Deutschlands noch zur Stunde leiden. Die schnelle und grosse Zunahme der Bevölkerung Berlins machte die Anlage von Wasserwerken zur grössten Nothwendigkeit. Nachdem sich die Kommune durchaus nicht herbeilassen wollte, die Mittel zur Realisirung dieses doch allgemein längst gehegten Wunsches selbst zu bieten, so musste hiezu, sowohl an Geld als an Männern von Fach, englische Hilfe angesprochen werden.

Die Berliner Wasserwerke liefern filtrirtes Spreewasser, das jenseits des Oberbaums, also vor Eintritt des Flusses in die Stadt aus demselben gehoben wird, und daher weit frischer und reiner ist, als der Fluss liefern könnte, wenn er schon eine Strecke durch die Stadt geflossen ist. Die Hauptanlage, das Wasserwerk selbst, befindet sich dicht vor dem stralauer Thor an der Chaussée und nimmt einen sehr bedeutenden Flächenraum ein. Die Ausführung der Bauten war hier um so schwieriger, als dieser Terraintheil häufigen Ueberschwemmungen unterliegt, und es mussten daher erst förmliche Wasserbauten ausgeführt werden. Das Etablissement ist nur durch die stralauer Chaussée und einen schmalen Ufergrund von der Spree getrennt, die hier in grosser Breite mit frischem klaren Wasser von Treptow und Stralau herfliesst. Durch einen Tunnel, dessen grosse vergitterte Oeffnung unter dem kleinsten Wasser sich befindet und in welchem eine Schleuse angebracht ist, strömt das Wasser der Spree in das Maschinenhaus, oder vielmehr in ein unter demselben befindliches, zur Aufnahme dieses Wassers bestimmtes gemauertes Bassin. Aus diesem durch fortwährenden Zufluss gefüllten Bassin wird das Wasser in seinem ursprünglichen, ungereinigten Zustande durch grosse Dampfpumpen gehoben und in eine andere hergestellte Leitung getrieben, die von dem Maschinenhause auf der rechten Seite des Bassins bis zum Ende des Etablissements führt, wo sich erhöht über den anderen Anlagen das Hauptreservoir für das unfiltrirte Wasser befindet. Dieses Reservoir ist im Inneren fest mit Cement ausgemauert. Der horizontale Boden ist durch einen Schlangenzug so eingerichtet, dass das Wasser nach der linken Ecke zu

abfliessen kann, wo ein Ausfluss ist, durch den das überflüssige Wasser mittelst eines links des Etablissements zum Spreeufer laufenden Kanals, wieder in den Fluss zurückgeführt werden soll. Durch diese Einrichtung lässt sich das Bassin leicht wasserleer machen und reinigen. Zunächst zwischen dem Hauptreservoir und den Gebäuden liegen vier kleinere Filtrirbassins, die durch Seitengänge sowohl mit der Hauptleitung, als auch auf der andern Seite mit einer andern Leitung in Verbindung stehen, welche das filtrirte Wasser weiter führt. Von der Sohle dieser vier Filtrirbassins fliesst das gereinigte Wasser in das zwischen ihnen und dem Maschinenhause liegende grosse, zur Aufnahme des gereinigten Wassers bestimmte Hauptbassin, das in derselben Weise construirt ist, wie das für das unreine Wasser bestimmte Hauptreservoir. Da das Wasser in diesem Reinwasserbassin während der heissen Sommermonate der letzten Jahre entschieden an Qualität verloren hatte, und anderseits die anfangs beabsichtigte Eindeckung des Bassins mit Glas und Eisen zu kostspielig geworden wäre, so hat man sich in neuester Zeit entschlossen, ein überwölbtes Reinwasserbassin herzustellen, welches auch bereits seit Kurzem im Betrieb sich befindet. Die Gewölbe desselben sind aus Hohlziegeln hergestellt und mit Erde überdeckt. Aus dem Haupt-Reinwasserbassin fliesst das Wasser in die unter der linken Seite des Maschinenhauses befindlichen Bassins, aus denen es durch Dampfpumpen in die Höhe gehoben und mit Gewalt in das zur linken Seite sich abzweigende Hauptrohr gepresst wird. Das Maschinenhaus enthält vier Stockwerke, die äussere Architektur verbindet Zweckmässigkeit mit geschmackvollem Aussehen. Im Unterbau liegen die Bassins für das Spreewasser und für das filtrirte Wasser; im Erdgeschosse stehen die acht riesigen Pumpen und Windkessel, die das Wasser heben und entweder durch eine Leitung rechts nach dem Hauptreservoir, oder das filtrirte Wasser durch das Hauptrohr zur Stadt treiben; im Geschosse darüber stehen die kolossalen drei Dampfmaschinen, welche die Pumpwerke in Bewegung setzen. Das Maschinenhaus ist gross und geräumig genug, dass man rechts und links noch Reserve-Maschinen anbringen kann. Das Maschinenwerk ist grösstentheils in den Werkstätten von Borsig, das Röhrenwerk in denen von Egels gefertigt worden. An das Maschinenhaus stösst nach der Strasse hin ein grösseres Gebäude, dessen weitgespanntes Dach durch ein prächtig construirtes Gitterwerk getragen wird. Dieses Gebäude zerfällt der Länge nach in zwei Abtheilungen; nach der Chaussée hin befindet sich darin das Kohlenlager, nach dem Maschinenhause zu der Kessel und der Heitzraum. Zwölf riesige Dampfkessel liegen hier; sie stossen an die Verbindungswand, durch welche die Gänge gehen, welche den concentrirten Dampf in die Maschinen des Maschinenhauses führen und diese in Thätigkeit setzen. Rechts und links ist noch Platz für je vier solcher Kessel. Die vorhandenen sollen eine Wirkung von etwa 2000 Pferdekraft erzielen. Von dem Maschinenhause geht das Hauptrohr der Leitung ab, das sich dann alsbald in zwei Hauptleitungen theilt, von denen die eine bis zum Dönhofsplatz geht und die Stadttheile am linken Spreeufer mit Wasser versieht, während die zweite bis zum Alexanderplatz geht und das rechte Spreeufer speist. Von den beiden genannten Endpunkten aus theilen sich diese beiden Hauptstränge in verschiedene Röhren, während auf ihrem Wege dahin nach rechts und links noch eine Menge Seitenröhren sich abzweigen. Das Wasser wird von dem Maschinenhause so stark in die Hauptröhre gepresst, dass es alle Röhren und Seitenverzweigungen, die sich bis in die obersten Stockwerke erheben, fortwährend füllt. Um eine Explosion bei geringerem Abfluss durch die fortwährende Thätigkeit der Maschine zu verhüten, ist über der gewöhnlichen Höhe der gefüllten Röhren, d. i. auf dem Windmühlenberg, ein Abfluss angelegt, der das überflüssige Wasser daselbst in ein kolossales, mehrere 100,000 Fuss haltendes Bassin sammelt, aus welchem dasselbe wieder in das Röhrensystem geleitet werden kann, um im Falle des Aufhörens der Thätigkeit der Dampfmaschinen, durch seinen eigenen Druck die Stadt mit Wasser speisen zu können. — Welche Kosten diese Anlage erfordert hat, wird man bemessen können, wenn man bedenkt, dass allein die Herstellung jedes Filtrirbassins 150,000 Thaler verlangt haben soll.

Nach dieser Aufzählung einiger älteren und neueren Wasserleitungen können wir zu den verschiedenen Speisungsarten der Leitungen übergehen.

## §. 47.

In kleinen Gebirgsstädten sind solche Wasserleitungen gewöhnlich sehr einfach angeordnet, indem der Quell, durch den sie gespeist werden, schon klares und reines Wasser enthält und man ihn nur in einer entsprechenden Höhe oberhalb der Stadt aufzufangen braucht, um hinlängliches Gefälle für den Röhrenstrang zu erhalten. Derselbe lässt sich in diesem Falle gewöhnlich in einer ununterbrochenen Neigung nach dem höchsten Punkt der Stadt leiten,

und hier kann sich ein Theil oder die ganze Menge des Wassers durch einen fliessenden oder durch einen Springbrunnen in ein Bassin ausgiessen, das sodann wieder weiter geleitet, entweder durch fliessende Brunnen oder sonst wie, den tiefer gelegenen Theil der Stadt speist.

Ist man aber genöthigt, die Quellen in weiter Entfernung zu suchen, so werden die Schwierigkeiten grösser, besonders wenn die Quellen nur wenig höher liegen, als das Niveau der Stadt, oder gar von diesem durch tiefe Terrain-Einschnitte getrennt werden. Hier muss das Wasser noch künstlich auf eine Höhe gehoben werden, welche der Summe aller Widerstände entspricht, die sich in der ganzen Leitung vorfinden; denn wollte man das Wasser nur so hoch heben, als der höchste Punkt der Stadt liegt, so würde sich das Wasser wegen der vielen Widerstände in der Leitung selbst nicht auf die Höhe stellen, auf welche es gehoben worden wäre. Nicht immer wird es aber zweckmässig sein, das Wasser erst auf eine den Widerständen entsprechende Höhe zu heben, sondern man wird es oft vorziehen, ihm durch ein Druckwerk die nöthige Kraft zu geben, um zu allen gewünschten Ausmündungspunkten zu gelangen.

Auch kann es geschehen, dass alle Quellen und Bäche ringsumher die ganze Wassermenge, die man braucht, nicht enthalten, und es bleibt dann nur der Ausweg, das Wasser aus einem Strome, der in der Nähe liegt, künstlich zu heben, und wenn dasselbe, was gewöhnlich der Fall ist, nicht den nöthigen Grad von Reinheit besitzen sollte, es zu filtriren, ehe man es durch die Leitungen nach der Stadt verbreitet.

Diese letzte Methode hat man, wie wir gesehen, in neuerer Zeit vielfach mit vielem Erfolg in Anwendung gebracht, indem sie nicht nur mit Sicherheit die nöthige Wassermenge liefert, sondern unter gewöhnlichen Verhältnissen auch minder kostbar ist, als wenn man die Bäche und Quellen aus weiter Entfernung herleiten würde.

Die am meisten angewendete Einrichtung bei den Wasserwerken letzterwähnter Methode besteht darin, das Wasser aus Flüssen mittelst Saug- und Hubpumpen zu heben, die durch Dampfmaschinen in Betrieb gesetzt werden, und deren Druckwerk das Wasser in mehr oder weniger hoch liegende Reservoirs treibt, die von den Maschinen oft weit entfernt sind. Man darf sich nicht wundern, wenn solche Einrichtungen von den Gemeindebehörden nicht als die besten angesehen werden, da sie nur die hohen Anlage- und Betriebskosten, sowie den bedeutenden Brennmaterial-Aufwand der Dampfmaschinen, die sie zu wenig kennen, berücksichtigen, während sie meilenlangen Röhrensträngen oder Grabenzügen, als ihnen bekannten Dingen, den Vorzug geben, aber nicht bedenken, dass deren Anlage, die Bodenentschädigungen, die Beaufsichtigung und die Erhaltung in vielen Fällen mehr kosten, als die Maschinen.

Seltener benützt man das natürliche oder ein allenfalls leicht zu erlangendes verstärktes Gefälle zur Bewegung von Wasserrädern, welche Pumpen in Betrieb setzen, die das Wasser aus dem Wasserkasten des Werkes selbst, entweder in Behälter oder selbst in Vertheilungsröhren treiben. Hiezu muss man aber eine hinreichende und hinlänglich regelmässige Wasserkraft haben, damit nicht Betriebsunterbrechungen vorkommen.

Es gibt noch andere Mittel zur Wasserversorgung, die aber nur in beschränktem Massstabe angewendet werden; dahin gehören die Windmühlen, welche jedoch immer nur geringe Wassermengen heben können und ausserdem sehr unregelmässig wirken, so dass sie die täglichen Bedürfnisse nicht decken können. Pferdegöpel werden hin und wieder nur in einzelnen Fabriken zur Wasserversorgung angewendet.

### Messen der Wassermenge.

§. 48.

Sollen Wasserleitungen durch Quellen gespeist werden, so muss man die Ergiebigkeit dieser genau kennen, um zu beurtheilen, ob sie dem Bedarfe entsprechen. Die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches lässt sich wohl annähernd aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des Terrains, welches die Zuflüsse liefert, und aus der Grösse des atmosphärischen Niederschlages beurtheilen. Wenn man auch keine grosse Genauigkeit im Resultate zu erreichen im Stande ist, so sichert eine solche Berechnung doch vor groben Täuschungen, denen man sich durch eine einmalige directe Messung leicht aussetzen kann. Sicher ist es, in verschiedenen Jahreszeiten die Messung in der Art zu wiederholen, wie wir die Messung der Wassermengen in Flüssen kennen gelernt haben, nämlich indem man den Inhalt des Querprofils mit der mittleren Geschwindigkeit in der Sekunde multiplicirt. Es tritt jedoch hiebei der Uebelstand ein, dass die geringe Wassertiefe häufig die Geschwindigkeitsmessungen nicht genau anstellen lässt, und es zeigen sich auch grosse Abweichungen zwischen den Geschwindigkeiten an den verschiedenen Stellen desselben Querprofils, und zwar weit grössere, als dies bei den Flüssen der Fall ist.

Weit sicherer gelangt man zu einem brauchbaren Resultate, wenn man entweder den Quell in ein Reservoir von bekanntem Inhalte hineinleitet, und die Zeit beobachtet, während welcher die Füllung geschieht, oder wenn man einen Ueberfall construirt und die Wassermenge nach der bekannten Formel berechnet. Die Vorbereitungen zu einer solchen Messung sind nicht schwierig, nur darf man, um ein sicheres Resultat zu erhalten, dabei nicht ausser Acht lassen, dass die Messung während des Beharrungszustandes erfolge, damit die aufgefangene Wassermasse wirklich diejenige sei, welche der Bach in derselben Zeit regelmässig abführt; ferner darf man den hiezu erzeugten künstlichen Stau nicht zu hoch treiben, denn in diesem Falle dringt ein Theil des Wassers sowohl zur Seite, als unten in den Boden und durch diesen in das Unterwasser, wodurch das beobachtete Resultat durch den Verlust des überfliessenden Wassers zu klein ausfällt.

Man wird zur Messung eine Stelle wählen, wo die Ufer geschlossen sind und das Gefälle recht stark ist. Hier fängt man den Quell in einer Rinne auf und gräbt neben demselben ein wasserdichtes Gefäss in das Bett ein. Sobald die Strömung in der Rinne im Beharrungszustande ist, so öffnet man eine Klappe am Boden oder zur Seite der Rinne, und lässt ihren ganzen Inhalt nach dem Gefässe strömen, während man nach einer Sekundenuhr die Zeit der Füllung desselben beobachtet.

Um bei einem construirten Ueberfall die Wassermenge, die per Sekunde über denselben fliesst, zu berechnen, dient die Formel:

$$M = {}^2/_3 \, m \, b \sqrt{2g} \left[ \left( x + \frac{c^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{c^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right], \text{ wobei}$$

M die gesuchte Wassermenge,

x die Tiefe der höchsten Stelle des Ueberfalls oder Wehrs unter dem gestauten Oberwasser bedeudet und leicht gemessen werden kann, ferner

c die mittlere Geschwindigkeit im grössten Stauprofile vor dem Wehre,

g = 9.808 Meter, d. i. die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers,

b die Länge des Ueberfalls in seiner Krone gemessen, und

m der Ausfluss-Coëfficient ist, welcher in diesem Falle mit 0.64 angenommen werden kann.

Häufig, besonders in Frankreich, drückt man bei Röhrenleitungen die Wassermengen in sogenannten Wasserzollen aus. Unter Wasserzoll versteht man die Einheit einer Wassermenge, d. i. einen Strahl, der durch eine kreisrunde Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser, in einer dünnen und vertikalen Wand, unter möglichst kleinem Drucke (1 Linie) abfliesst, d. h. die Druckhöhe ist so weit ermässigt, dass nur eben noch der obere Rand der Oeffnung vom Strahle berührt wird.

Der Apparat, womit man solche Messungen ausführt, ist auf Taf. XXII, Fig. 267 a und b im Profil und in der Ansicht dargestellt. Die Zuleitungsröhre A, deren Ergiebigkeit man messen und in andere Röhren nach verschiedenen Verhältnissen vertheilen will, ergiesst sich in die Abtheilung B, und aus dieser fliesst das Wasser durch Oeffnungen C, die am unteren Theile der Zwischenwand angebracht sind, in die Abtheilung D, wo es zur Ruhe kommen muss, wesshalb hier auch noch einige Querwände eingesetzt sind. In der Wand, welche die beiden letzten Abtheilungen von einander trennt, befinden sich nun die kreisrunden Oeffnungen E von 1 Zoll Durchmesser, welche zur Messung dienen. Das durchfliessende Wasser sammelt sich in der Abtheilung F, von wo es weiter geleitet wird. Die Mittelpunkte aller Oeffnungen müssen genau gleich hoch liegen, und die Oeffnungen selbst werden in Messing oder Kupferbleche genau ausgebohrt, und sind etwa 3 Zoll von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Die Messung geschieht nun so, dass man die sämmtlichen Zollöffnungen zuerst mit Korken verschliesst, und sobald die Abtheilung D bis an dieselben gefüllt ist, die Korke so lange nach und nach herausnimmt, bis der Wasserspiegel in der genannten Abtheilung unverändert eine Linie über dem oberen Rande der Oeffnungen stehen bleibt. Eine Vermehrung oder Verminderung des Zuflusses lässt sich hiedurch leicht beurtheilen.

Sollen mehrere Leitungen durch das zufliessende Wasser gespeist werden, so muss die ganze Wasser-Quantität nach gewissen bestimmten Verhältnissen diesen Leitungen zugeführt werden. Es wird zu diesem Behufe vor der Abtheilung F noch eine vorgelegt, deren Zwischenwand auch eine Reihe von Zolllöffnungen enthält und durch Scheidewände senkrecht auf die Länge der Abtheilung in dem Verhältnisse abgetheilt ist, dass jedes dadurch entstandene Fach einer Speiseröhre entspricht und so viele Zollöffnungen enthält, als Wasserzolle der betreffenden Röhre zugeführt werden sollen. Diese Reservoirs bestehen aus Holz, im Innern sind sie aber mit Bleiplatten ausgeschlagen, mit Ausnahme der Theile, worin die Zollöffnungen ausgeschnitten sind, welche, wie schon erwähnt, in Kupferplatten ausgebohrt sind.

Diese Art der Messung lässt sich auch zur Beurtheilung der Reichhaltigkeit eines Baches anwenden,

wenn man denselben durch ein eingegrabenes Brett sperrt, worin die Metallplatte mit den zölligen Oeffnungen eingesetzt ist. Diese Oeffnungen müssen alle in einer Horizontalen und in so grosser Anzahl vorhanden sein, dass alles ankommende Wasser mit der erwähnten möglichst kleinsten Druckhöhe abfliessen kann.

Beträgt die Druckhöhe eine Pariser Linie oder $0.003$ Meter, und ist der hiezu entsprechende Contractions-Coëfficient $m = 0.65$; h die Druckhöhe = 7 Par. Linien; D wäre der Durchmesser der Oeffnung = 1 Par. Zoll und g die Beschleunigung eines freifallenden Körpers, so ergibt sich für die Wassermenge M die Formel:

$$M = \frac{1}{4} m \pi D^2 \sqrt{2gh} \left(1 - \frac{1}{128} \cdot \frac{D^2}{h^2} - \frac{1}{3277} \cdot \frac{D^4}{h^4} \cdots\right)$$

wornach ein Wasserzoll im Par. Masse in 24 Stunden $19.1953$ Kubik-Meter oder $620.9$ rheinländ. Kubikfuss, oder 607 Wiener Kubikfuss liefert.

### Ansammlung des Wassers.

§. 49.

Wird zur Speisung einer Wasserleitung das Wasser aus einem Bache oder Flusse geschöpft, so muss mau hiezu eine Stelle des Flusses wählen, wo das Wasser möglichst rein ist.

Da sich aber am Boden die meisten erdigen Theile befinden, so ist es in allen Fällen gerathener, nur an solchen Stellen zu schöpfen, wo eine grössere Wassertiefe vorhanden ist, und hiemit begründet sich schon der Erfahrungssatz, dass man damit nicht zu nahe an ein Ufer gehen soll, weil daselbst eine Verunreinigung von Staub, Blättern u. s. w. am meisten zu besorgen ist. Eben so suche man auch jene Stellen, wo keine besonders starke Strömung stattfindet, weil Sandkörnchen und Schlammtheile in starkströmendem Wasser schweben, die sich alsdann in der Röhre niederschlagen.

Wird ein Damm oder Wehr durch das Bett geführt, so vermeidet man am einfachsten die erwähnten Uebelstände, indem das Wasser dadurch gestaut und die nöthige Höhe des Wasserstandes gewonnen werden kann, um in geeigneter Entfernung vom Grunde schöpfen zu können; auch erhält man in diesem Falle eine grössere Druckhöhe für die Leitung. Zu gross darf jedoch der Stau nicht hervorgebracht werden, denn der Quell folgt immer demjenigen Ausgange, der ihm die mindesten Widerstände darbietet, und wo er das stärkste relative Gefälle findet. Hemmt man ihm durch einen grossen Stau diesen Ausgang, so werden die andern Nebenausgänge des Quells um so wirksamer, und man behält um so weniger Wasser, je höher man dasselbe staut.

Um Quellen oder Bäche zur Speisung einer hölzernen Röhrenleitung aufzufangen, zeigt die Fig. 268 a und b, Taf. XXII, die *einfachste* Vorrichtung. Die Grundrinne K bildet den Anfang der Röhrenleitung, sie liegt im Erddamme, der den Stau bewirkt, muss sorgfältig in einen Lehmschlag eingebettet werden, damit das Wasser nicht zwischen ihr und der Erde einen Abfluss finde. An ihrem vorderen Ende, womit sie in das Speisebassin reicht, ist sie mit einem hölzernen Pflocke geschlossen, der bei der Reinigung der Grundrinne herausgeschlagen wird. Nicht weit von diesem Ende der Rinne steht der Rinnstock L, der auf der dem Quell zugekehrten Seite offen, und durch eingesetzte Brettstückchen, die vom Wasser angedrückt werden, geschlossen wird. Je mehr man solche Brettchen einsetzt, um so höher staut man das Wasser, und kann dadurch je nach Reichhaltigkeit des Quells die Druckhöhe der Leitung etwas vergrössern. Der Zufluss darf nur immer in der Oberfläche geschehen und ein daselbst im Rinnstocke angebrachtes Gitter schützt gegen Eindringen von Laub und andern schwimmenden Körpern.

Bei Anwendung gusseiserner Röhren umgibt man die im Wasser liegende aufwärts gerichtete Mündung mit einer kugelförmigen oder ellipsoidischen Blechhaube, die mit feinen Löchern versehen ist, um gleichfalls das Eintreten von schwimmenden Körpern, namentlich von Thieren, zu verhindern.

Unterirdische Quellen können auch aufgefangen und zur Speisung von Leitungen benützt werden, wie dieses bei der Wasserleitung von Frankfurt a. M. geschah. Auf einer Seite der Stadt ist das Terrain erhöht und in einer wechselnden Tiefe zwischen 10 und 30 Fuss befindet sich daselbst eine Lettenlage, über welche stets gutes Wasser abläuft. An einer Stelle, wo es auch möglich war, den Lauf des Wassers durch seinen eigenen Druck in die Stadt zu veranlassen, wurde dasselbe gesammelt und in eine Röhrenleitung geleitet. Zu diesem Zwecke hat man in einer Höhe von etwa 120 Fuss über der Stadt zwei gemauerte Galerien, eine von 1800 Fuss, die andere von 2400 F. Länge, in einer auf die unterirdische Strömung des Wassers senkrechten Richtung so angelegt, dass deren Sohlen auf die Lettenlage zu liegen kamen, und die gegen die Stadt gekehrte Einfassungsmauer in diese Lettenlage versenkt und wasserdicht ausgeführt ward, während die andere Mauer trocken mit offenen Fugen hergestellt wurde. In diesen Galerien wurden einige

erweiterte und vertiefte Stellen angelegt, welche die Form der Brunnen und den Zweck haben, dem zufliessenden Wasser daselbst Gelegenheit zu verschaffen, beigemengte Bestandtheile abzusetzen, damit es dem Anfange der Leitung klar zufliesse.

Wird das Speisewasser für eine Leitung aus einem Strome geschöpft, so ist die Speiseröhre zugleich Saugröhre für die Wasserhebungs-Maschine. Eine künstliche Aufstauung kommt in diesem Falle nicht vor und man muss die Röhre so tief legen, dass sie selbst bei dem niedersten Wasserstande noch in Wirksamkeit bleibt. Auf einem hölzernen Gerüste oder einem entsprechend massiven Unterbau wird in diesem Falle die gusseiserne Röhre gewöhnlich in der Höhe des kleinsten Wassers, wodurch ihre Anlage und Erhaltung sehr erleichtert wird, geleitet, während ihre Mündung abwärts gerichtet ist und unter das kleinste Wasser reicht. In der Art wird die Maschine Gros-Caillou in Paris gespeist. Bei dieser hohen Lage der Röhre ist sie aber gegen Beschädigungen, namentlich durch darüber fahrende Schiffe, nicht geschützt, und die Reinigung derselben ist sehr erschwert, weil ihre Mündung nicht zugänglich ist. Aus diesem Grunde hat man in England folgende in Fig. 269, Taf. XXII ersichtliche Einrichtung, die man Delphin nennt, getroffen. Die Mündung der Speiseröhre ist nach oben gekehrt und liegt 8 bis 10 Zoll unter dem kleinsten Wasserstande; die Röhre senkt sich aber mit einem geringen Gefälle bis zu dem Brunnen, woraus die Maschine das Wasser schöpft. Anf solche Art liegt die Röhre so tief, dass sie vor Beschädigungen gesichert ist, und, wenn man ihre Mündung schliesst, im Innern trocken gelegt werden kann. Um die aufwärts gerichtete Röhre vor möglichen Beschädigungen zu sichern, ist sie mit einem kleinen massiven Gebäudchen umgeben, das mit einer Reihe fensterähnlicher Oeffnungen versehen ist, die mit feinen Drahtnetzen, durch welche der Zufluss erfolgt, von innen geschlossen sind. Bei Hochwasser wird das ganze Gebäude überströmt, bei niederem Wasser kann mau hinzufahren, die Netze reinigen und auch hineinlangen.

Um die Mündung einer Röhrenleitung zu öffnen oder zu schliessen, dienen Kegel- oder Klappenventile, die sich mittelst einer einfachen Vorrichtung von oben aus bewegen lassen.

Bei der Speisung der Pariser Wasserleitung aus dem Ourcq-Kanal, benützte man hiezu kupferne Röhren, die unten das Kegelventil bildeten. Die Fig. 270 a und b, Taf. XXII zeigen diese Vorrichtung. Daselbst schöpfen sieben gekrümmte gusseiserne Röhren von 10 Zoll Durchmesser mit konischen Mündungen das Wasser in der Tiefe von 5 Fuss unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel des Bassins la Villette. Senkrecht über ihnen schweben eben so viele Röhren aus Kupferblech, jede etwas über 6 Fuss Länge, die man an eisernen Hebeln heben und senken kann. Damit diese Röhren aber immer in der Achse der Einflussmündung bleiben, so sind die Ketten, an welchen sie hängen, um eiserne Bögen am vorderen Ende der Hebel geschlungen. Jede solche Röhre ist durch drei eiserne Ringe im Innern verstärkt und hat unten einen starken messingenen Ring, der genau an die aufwärts gerichtete Mündung des Schöpfrohres sich anschliesst.

## §. 50.

Bei der Auffangung des Wassers für Röhrenleitungen darf jedoch nicht immer die ganze Wassermenge des Baches oder Quells weggeschöpft werden, indem häufig noch ein Theil des disponiblen Wassers zu anderen Zwecken, z. B. zum Betriebe von Mühlen u. dergl., in denselben zurückbleiben muss, und es tritt dann die Nothwendigkeit einer Einrichtung zur geregelten Vertheilung der Wassermenge ein. Das gewöhnlichste Mittel, dessen man sich zu bedienen pflegt, besteht darin, dass man den Speisekanal mit einer Schütze oder einem Ventile versieht, mittelst welcher ein Aufseher bei den verschiedenen Wasserständen den Zufluss nach Vorschrift regulirt. Dieses Mittel hat den Nachtheil, dass die verschiedenen Wasserberechtigten von der Aufmerksamkeit und Laune des Aufsehers abhängig sind. Zur Beseitigung dieses Nachtheiles hat man die Einrichtung getroffen, dass die Bewegung jener Schützen und Klappen durch die veränderte Strömung oder durch die Veränderung des Wasserspiegels in dem Gerinne, woraus man das Wasser schöpft, selbst bewirkt wird.

Einige solcher einfachen Vorrichtungen, die Hagen beschreibt, sollen hier erwähnt werden.

Fig. 277, Taf. XXIII zeigt jene an der Wasserleitung, welche Greenock am Clyde bei Glasgow mit Wasser versieht. A ist das Niveau im Bassin, B dasselbe im Mühlgraben. Beide sind mit einander durch einen gewölbten Kanal verbunden, an dessen oberer Mündung sich eine Schütze befindet, welche durch einen Hebel DE gestellt wird, der seine Bewegung durch einen Schwimmer FG im Mühlgraben erhält. Sobald sich nun das Wasser im Mühlgraben senkt und mit ihm der erwähnte Schwimmer, so öffnet sich die Schütze C und es tritt wieder Wasser ein. Ist in dem Kanal der Abfluss geringer, so erhebt sich

sein Wasserspiegel und der Schwimmer, wodurch der weitere Zufluss in denselben abgesperrt wird. Der Schwimmer FG ist bei 19 Fuss lang; der Hebel DE misst im kürzern Arme auf der Seite des Schwimmers bei 9 Fuss und im längeren Arme bei 18 Fuss. Es trifft sich zuweilen, dass das Oberwasser im Kanal durch fremdes, von den Seiten zuströmendes Wasser stark gehoben wird, und da der Hebel sich nur so lange heben kann, bis die Schütze ganz geschlossen ist, so ist, damit für die Einrichtung keine Gefahr entsteht, die Achse des Schwimmers nicht unmittelbar an diesem Hebel, sondern an einen solchen zweiten befestigt, der durch ein Gewicht H in einer bestimmten Stellung gegen den ersten erhalten wird. Sobald der erwähnte Fall eintritt, hebt sich der zweite Hebel mit dem angehängten Gewichte, die Achse gleitet an demselben fort und erlaubt dadurch dem Schwimmer, noch höher zu steigen.

Fig. 271, Taf. XXII zeigt eine andere Einrichtung zu demselben Zwecke, die aber den Vorzug hat, dass sie auch noch angewendet werden kann, wenn die Niveau-Differenz zwischen dem Bassin a und dem Kanale b sehr bedeutend ist, und ein solcher Hebel wegen einer allzu grossen Länge nicht angewendet werden könnte. Aus dem Speisebassin leitet eine enge Röhre cd, die fortwährend geöffnet bleibt, einen feinen Wasserstrahl nach dem Cylinder e, und dieser entleert sich durch eine Röhre bei f in den Kanal. Hier befindet sich der kleine Schwimmer g, der an seiner Achse ein Ventil trägt, womit er die untere Mündung der erwähnten Röhre von unten verschliesst, sobald er bis zu einer gewissen Höhe steigt. Bei einem niederen Wasserstande im Kanale ist in Folge dessen der Cylinder e leer und bei einem höheren füllt er sich. Die Ausflussmündung aus dem Bassin nach dem Mühlgraben wird durch eine Klappe i geschlossen, welche sich um eine horizontale Achse dreht und so eingerichtet ist, dass sie bei allen Wasserständen im Bassin geschlossen bleibt und nur durch den Zug an der Kette k geöffnet wird. Diese Kette führt über eine Scheibe und trägt ein Gewicht h, das im Cylinder e hängt. Das Gewicht übt aber nur dann einen Zug auf die Klappe aus, wenn es frei herabhängt, also wenn der Cylinder E nicht gefüllt ist, was dann stattfindet, wenn das Wasser im Kanale niederer steht.

Für den Fall, dass aus einem Mühlgraben, sobald derselbe mehr Wasser führt, als zum Betriebe der Mühlen erforderlich ist, der Ueberschuss nach dem Speisebassin geleitet werden soll, ist die Vorrichtung Fig. 272, Taf. XXII angewendet worden. a ist der Mühlgraben; die Klappe bd, welche um die horizontale Achse bei b sich dreht, schliesst den Abfluss des Speisebassins; ein gusseiserner Hebel ist an der Klappe befestiget und vermöge des Gegengewichtes e hält er sie gegen den Wasserdruck geschlossen. Steigt das Wasser im Mühlgraben, so fliesst es durch die Rinne bc nach dem Eimer f. Wie derselbe sich füllt, so wirkt er mit dem Gewichte e entgegen und hebt letzteres zugleich mit der Klappe auf, so dass der Ausfluss erfolgt; sobald aber der Wasserstand bei a sich senkt, so dass der Zufluss in den Eimer f aufhört, so entleert sich dieser durch eine kleine Oeffnung im Boden, und das Gewicht e schliesst wieder die Klappe. Bei einem solchen ausgeführten Apparate ist die Klappe bd 4 Fuss lang und 2½ Fuss hoch, der Hebel hat eine Länge von 5 Fuss; das Gewicht besteht aus einem eisernen, mit Steinen gefüllten Cylinder von ½ Fuss Durchmesser und 1½ Fuss Höhe und wiegt mit der Füllung bei 280 Pfund. Der kupferne Eimer ist 18 Zoll hoch und eben so weit.

Die Wassermasse bei höheren Anschwellungen kann man über einen Ueberfall von gewisser Höhe nicht ableiten; denn ein solcher senkt nie den Wasserspiegel bis zur Höhe seines Rückens, sondern dasselbe steht vor ihm um so höher, je stärker der Zufluss ist. Will man also einen constanten Wasserspiegel erhalten, so bleibt nichts anderes übrig, als in der vorbesprochenen Weise Oeffnungen zu bilden, die einem höheren Wasserdrucke ausgesetzt sind.

Der in Fig. 273, Taf. XXII dargestellte Apparat dient zu demselben Zwecke, als der vorbeschriebene. Der Abfluss aus dem Mühlgraben a ist durch die Klappe bc geschlossen, die sich um die horizontale Achse b dreht. Der Wasserdruck allein würde diese Klappe sogleich öffnen, wenn nicht das Gewicht d sie mittelst einer Kette zurückhielte. Letzteres hängt in einem gusseisernen Cylinder, der im Mühlgraben steht und in der Höhe desjenigen Wasserstandes, wobei der Abfluss eröffnet werden soll, ringsum mit Löchern versehen ist. Steigt das Wasser bis hieher, so füllt es den Cylinder, wodurch das Gewicht d nicht mehr im Stande ist, die Klappe geschlossen zu erhalten, und der Abfluss findet statt. Senkt sich dagegen der Wasserspiegel im Mühlgraben, so dass die Löcher kein Wasser mehr dem Cylinder zuführen, so entleert sich der letztere durch die enge Röhre ef, worauf das Gewicht d die Klappe wieder schliesst. Der gusseiserne Cylinder eines solchen ausgeführten Apparates ist bei 5¾ Fuss hoch und bei 2 Zoll weit; das Gewicht d gleichfalls cylindrisch, hat nur einen um

einen Zoll geringeren Durchmesser, als der Cylinder, und gleiche Höhe wie dieser; es wiegt bei 500 Pfund. Die Klappe ist 4 Fuss breit und 4 Fuss hoch.

Auch durch heberartige Ablässe, Fig. 278 a u. b, Taf. XXIII, hat man die Erhebung des Wasserstandes über eine gewisse Höhe verhindert. Die in der Mauer hergestellten Heber haben bei einer Anlage am Canal du Midi einen oblongen Querschnitt und sind bei 2½ Fuss breit und 1¼ Fuss hoch; ihre oberen Mündungen liegen 2 Fuss über der Canalsohle, wodurch das Eintreten schwimmender Körper verhindert wird. Die Bodenfläche des Hebers erhebt sich bis zur Höhe desjenigen Wasserstandes, den man im Canale zu erhalten wünscht, und in dieser Höhe liegt das enge Luftrohr CD. Bis zu dem Wasserstande, in welchem das Luftrohr sich befindet, ist jedes Ueberlaufen verhindert, sobald aber das Wasser im Canal noch mehr wächst, so fliesst durch die Oeffnung wie über ein Wehr etwas Wasser über; steigt es aber noch mehr, so dass es die höchste Stelle der Decke des Hebers erreicht, so beginnt die eigentliche Wirkung, da die ganze Niveau-Differenz zur Druckhöhe wird. Dieser Erfolg würde aber nicht früher aufhören, bis der Kanal ganz entleert wäre, und nur das Vorhandensein des erwähnten Luftrohres unterbricht die Wirkung des Hebers, sobald der gewöhnliche Wasserstand hergestellt ist.

# VI. Abschnitt.

## Reinigen, besonders Filtriren des Wassers.

§. 51.

Die Reinigung des Wassers hat zum Zwecke, dasselbe von solchen Beimengungen zu befreien, welche es zum Gebrauche als Trink- oder Nutzwasser ungeeignet machen. Gutes Trinkwasser ist jenes klare Wasser, das Luft, Kohlensäure und gewisse Erdarten, namentlich kleine Mengen Kalk und Talkerde, welche Bestandtheile ihm seinen Geschmack geben, aufgelöst enthält. Dem destillirten Wasser fehlen alle diese Stoffe; es hat daher keinen Geschmack. Regenwasser enthält zwar Luft, aber weder Kohlensäure noch erdige Bestandtheile, daher sein fader Geschmack. Im Flusswasser befinden sich Luft und erdige Bestandtheile, aber keine Kohlensäure, wesshalb es weich schmeckt. Das Quell- und Brunnenwasser enthält jedoch immer jene Stoffe und ist daher zum Trinken am geeignetsten. Ausser den nothwendigen Substanzen finden sich jedoch noch andere Beimengungen im Wasser, welche es ungeniessbar machen und deren Entfernung die Filtrir-Apparate bezwecken.

Die gewöhnlichen mechanischen Beimengungen sind: feine Sandtheile, in Verwesung begriffene vegetabilische Körper, kohlensaure Kalkerde, Eisen- und Mangan-Oxyd. Solche Beimengungen werden beim Durchdringen des Wassers durch ein passendes Filtrum zurückgehalten. Chemische Beimischungen kommen sehr mannigfach und in verschiedener Zusammensetzung vor. Die auf den Geschmack des Wassers am meisten influirenden sind: Chlormagnesium, schwefelsaures Natron, die aus Thier- und Pflanzenstoffen ausgelaugten Säuren, stinkende Ausflüsse faulender Körper u. dergl.

Die Grundursache der Verderbniss des Wassers in der Nähe grosser Städte ist nach Chevreul in den vielen thierischen und vegetabilischen Abfällen zu suchen, welche auf den Erdboden geworfen, oder in denselben vergraben werden, oder als Flüssigkeit in die Erde sickern, namentlich wenn in dem Wasser schwefelsaure Salze vorhanden sind, da diese durch die Berührung mit den faulenden organischen Stoffen zu Schwefelmetallen reducirt werden, und somit zur Bildung von Schwefelwasserstoffgas Veranlassung geben. Dieser Art von Verderbniss ist das im Becken von Paris vorkommende Wasser wegen seines Gypsgehaltes besonders ausgesetzt.

Unreines Wasser überhaupt kann auf mehrere Arten gereiniget werden. Die Mittel hiezu hängen von der Natur der Bestandtheile und von der Art ab, wie sie im Wasser vorkommen, ob schwebend in feiner Vertheilung, oder aufgelöst, sowie auch von dem Zwecke, zu welchem man die Reinigung des Wassers vornimmt. Es können hiezu folgende Methoden zur Anwendung kommen: *Chemische Ausscheidungsmittel*, *Sedimentirung (Abklärung durch Ruhe)*, *die Filtration* und *die Destillation.*

*Die Mittel, welche chemisch wirken,* sind auf eine sehr geringe Zahl beschränkt. Handelt es sich um die Entfernung von Trübungen, wie sie im Flusswasser zur Regenzeit, oder in stagnirenden Wassern vorkommen, im letzteren Fall also um die Befreiung von organischen Substanzen, so lässt sich, in soferne das Wasser nicht zum Trinken gebraucht werden soll, durch Zusatz von etwas Alaun Nutzen ziehen. Es soll diese Methode im nördlichen China und in Indien in Anwendung sein. ¼ bis ½ Gran Alaun soll für den Litre Wasser hinreichen. Die suspendirten, niederzuschlagenden Stoffe vereinigen sich zu Flocken und scheiden sich fadenartig vereinigt ab. Dieses Verfahren ist wenig in Aufnahme gekommen. Selbst Wasser, das Spuren von Schwefelwasserstoff zeigt, kann gereinigt werden, wenn man dem Alaun nur etwas

Eisenvitriol beimengt. Clark's Verfahren, um hartes Wasser für verschiedene Zwecke, jedoch nur zu Nutzwasser, weich zu machen und gleichzeitig einen Theil der aufgelösten organischen Bestandtheile zu entfernen, besteht in dem Hinzufügen von Kalkwasser, oder einer dünnen Kalkmilch zu dem harten Wasser, das man umrührt und sodann absitzen lässt. Die Kalkmilch entzieht dem Wasser jene Kohlensäure, welche der im Wasser enthaltene (unlösliche) einfach kohlensaure Kalk in Lösung erhalten hat, und bildet mit ihr ebenfalls einfach kohlensauren Kalk. Da nun sonst keine Kohlensäure frei vorhanden ist, so muss sich sämmtlicher kohlensaure Kalk zu Boden schlagen. Dieses wäre für manche Etablissements z. B. für grössere Waschanstalten sehr wichtig. Einige Versuche im Kleinen würden in einem solchen Falle hinreichen, um die Menge von Aetzkalk kennen zu lernen, die zur Fällung des gelösten kohlensauren Kalkes nöthig ist. Die Probe, ob überschüssiger Kalk zugesetzt worden, besteht in dem Zuguss eines Tropfens Silberlösung, welche in einem solchen Falle bräunlich gefällt wird. Der Rath eines Chemikers und die auf vorgängige Analyse von einem solchen Fachmann gegebene Vorschrift über die nöthige Kalkmenge wird hier das Zweckmässigste sein.

*Das Mittel der Abklärung durch blosse Ruhe (Sedimentirung)* ist das erste und älteste, was man gebrauchte. Dasselbe hat bei Anwendung im Grossen bedeutende Schwierigkeiten, indem zu lange Zeit oft mehrere Tage erforderlich sind, bis das Wasser aus einem stark strömenden Strom die nöthige Klarheit annimmt. Auch müssen wenigstens drei grosse Reservoirs hiezu angelegt werden, wovon jedes den Bedarf für einen Tag fasst, wozu aber häufig der erforderliche Raum mangelt, abgesehen von den grossen Kosten, welche die Reservoirs sowohl in der Anlage als durch die häufigen Reinigungen verursachen. Der Hauptübelstand dabei ist aber der, dass solche Wasserbehälter, wenn sie eine grosse Ausdehnung erhalten, nicht leicht den Sonnenstrahlen und dem Staube durch eine Bedachung entzogen werden können. Im Winter tritt wieder der Uebelstand ein, dass das Wasser bis zum Gefrieren erkaltet. Bei Anlage derselben, bietet das Wasser grosse Oberflächen dar, die besonders nachtheilig für dessen Beschaffenheit angesehen werden müssen, indem das Wasser sich darin im Sommer erwärmt und einen unangenehmen faulen Geschmack annimmt. Endlich muss man auch die häufig vorkommende Reinigung berücksichtigen; denn das Bassin würde nicht nur immer flacher werden, sondern sich auch bald als ganz unwirksam erweisen, wenn hohe Schlammschichten darin angesammelt würden. Man darf sich demnach von der Klärung des Wassers durch blosse Ruhe nicht zu viel versprechen und sie nur dann in Anwendung bringen, wenn die Reservoirs klein sind und mit einer Bedachung versehen werden können.

Ungleich häufiger, beinahe immer, greift man bei Reinigung des Wassers zur *Filtration*. Sie ist vorzugsweise geeignet, mechanisch im Wasser vertheilte Substanzen zu entfernen, obwohl durch gewisse filtrirende Medien auch wirklich aufgelöste Bestandtheile abgeschieden werden können.

Unter *Filter* versteht man eine Einrichtung, wobei das unreine Wasser durch poröse Körper geleitet, wohl auch durchgepresst wird, um die verunreinigenden Stoffe zurückzulassen und als geklärtes Wasser daraus hervorzugehen.

Bei der Wahl der filtrirenden Substanz wirkt bestimmend zunächst die Rücksicht auf die Erreichung vollkommener Klarheit, dann aber auf die Schnelligkeit, mit der die Flüssigkeit durchgelassen wird, und endlich auf die Nothwendigkeit des häufigeren oder selteneren Reinigens der Filter und auf deren Dauerhaftigkeit. Dass auch die Kosten berücksichtigt werden müssen, bedarf keiner Erwähnung.

Man bedient sich zu künstlichen Filtern poröser Körper, wie Sand, Kies, Muscheln, Bimsstein, Schwämme, rohe Baumwolle, Flanell, Filz, Seide, Papiermacherzeug, Kohle. Die gewöhnlichste Zusammenstellung ist Sand, Kies und Kohle, wobei man in Betreff der Reihenfolge nach dem Prinzipe verfahren muss, das Wasser zunächst durch das gröbere Material passiren zu lassen. Da sich die Zwischenräume der feineren Schichten zuerst versetzen und so allmählig das fernere Durchdringen des Wassers verhindern werden, das Filter mit der Zeit also unwirksam machen und zum Ersatz der unten liegenden Sandschicht alle darüber liegenden Schichten des Filters aufgegraben werden müssen, so ist es zweckmässiger, den feinen Sand oben, darunter gröberen Kies und weiter unten kleine Steine aufzubringen, wobei aber die Zufuhr des Wassers derart gerichtet sein muss, dass die gröberen Schichten zuerst und der Sand zuletzt durchpassirt werden, daher in diesem Falle die Wasserbewegung eine von unten nach aufwärts gerichtete sein muss.

Ueberhaupt verdient die Wahrnehmung des Unwirksamwerdens der filtrirenden Substanzen die sorgfältigste Beobachtung. Als desinficirendes Mittel hat nur die Thierkohle eine ausgesprochene kräftige Wirkung, aber auch diese verliert sie bald, und es kann

ein Punkt der Sättigung mit gasförmigen und fetten, häufig übelriechenden organischen Materien eintreten, nach dessen Erreichung man nicht ohne Schaden fortfahren darf, zu filtriren. Alle andern filtrirenden Substanzen wirken jedenfalls theilweise, so auch die Flächenanziehung und die Herstellung sehr enger Wege, durch welche das Wasser die aufgeschwemmten mineralischen und unorganischen Bestandtheile nicht mitnehmen kann. An allen bemerkt man ein Unwirksamwerden nicht allein durch Verstopfung der Kanäle, sondern auch in dem gelieferten schlechten Wasser, was seine Ursache in der Ueberhüllung der Oberfläche der filtrirenden festen Substanz findet. Das Wasser kann sogar, namentlich wenn inzwischen die Temperatur höher geworden ist, von diesen Substanzen, die an der Kohle oder dem sonstigen Filtrirmaterial haften, etwas aufnehmen und schlechter werden, als vor der Filtration. Es ist desswegen rathsam, das Reinigen der Filter und nöthigenfalls das Erneuern der Filtrirstoffe, welches von Zeit zu Zeit geschehen muss, beim Eintreten der warmen Jahreszeit öfter vorzunehmen.

Es ist eine leichtere Aufgabe, trübes Wasser durch Filtration zu klären, wenn die Trübung von aufgeschwemmten mineralischen Theilchen, Schlamm, herrührt; man wird ihrer in der Regel Meister werden durch Verengung und Verlängerung der Kanäle, durch welche das Wasser zu ziehen hat. Die schwierigere Aufgabe aber ist, Wasser von organischen, in Zersetzung begriffenen, trübes Ansehen, schlechten Geschmack und Geruch bedingenden Substanzen zu befreien, und gewiss drängt sich die zweite Forderung eben so häufig dem Techniker auf, als die erste; oft fallen sogar beide zusammen. Es mag eine passende Einleitung der Beschreibung der Filtrir-Apparate sein, das Wesentlichste aus den Erfahrungen Arthur Hassal's über die Leistungen der zu Gebot stehenden filtrirenden Materialien hinsichtlich der Abscheidbarkeit organischer Substanzen und Fäulnissprodukte nach P. Bolley's Technologie hier folgen zu lassen.

Eine Reihe von Versuchen wurde mit grünlichem Sumpfwasser vorgenommen. Weder die Missfarbe, noch, wie das Mikroskop auswies, die unzähligen Infusorien wurden dem Wasser mittelst Filtrirens durch Fliesspapier, Sand, Wolle oder Filtrirsteine genommen. Beim Filtriren durch Pflanzenkohle verlor das Wasser zwar seinen grünlichen Schimmer, blieb aber etwas getrübt, und die kleineren der darin vorkommenden Thierchen fanden sich ebenfalls im Filtrat. Durch Filter, welche mit Thierkohle gefüllt waren, geleitet, wurde das Wasser ganz klar, und Infusorien konnten darin nicht mehr entdeckt werden. Filtriren durch Lehmschichten benahm dem Wasser weder Farbe, noch entzog es ihm die reiche, ihm eigenthümliche Thierwelt; durch abwechselnde Schichten feineren und gröberen Thons filtrirt, zeigte es sich fast farblos und frei von mikroskopischen thierischen Individuen, wie das durch Thierkohle filtrirte Wasser. Diese Resultate stimmen mit dem überein, was in der chemischen Industrie schon lange in Anwendung ist. Die Thierkohle und der Thon sind als die besten Filtrationsmittel anerkannt. Beide besitzen die Eigenschaft, die zersetzten organischen Theile, sobald sie einen gewissen Grad der Zersetzung erreicht haben, aus dem Wasser abzusondern, indem sie die Gase verschlucken, auf die im Wasser zersetzten organischen Theile einwirken, die darin umherschwimmenden fremden, das Wasser trübenden Theile absondern und dem verdorbenen Wasser den üblen Geruch benehmen. Eine andere Versuchsreihe wurde mit fauligem, übelriechendem Wasser vorgenommen. Pflanzenkohle benahm ihm den Geruch vollständig, die Trübung jedoch nicht sehr; Thierkohle dagegen beides. Lehm entliess das Wasser mit schwacher Trübung, aber entschiedenem Schwefelwasserstoffgehalt. Thonschichten, gröberes Material mit feinerem wechselnd, machte das Wasser ganz klar, aber Schwefelwasserstoff war ihm deutlich beigemischt geblieben.

Es ist nachgewiesen, dass aufgelöste organische und salzartige Substanzen häufig mittelst Filtration durch Holz- oder Thierkohle zurückgehalten werden. Das Nämliche ist, obschon in verändertem Masse, bei andern filtrirenden Substanzen der Fall; es scheint aber diese Thatsache unter dem Gesichtspunkte der Zweckmässigkeit für die Reinigung von Trinkwasser im Grossen bis jetzt noch nicht grosse Beachtung auf sich gezogen zu haben.

Fein gepulverte Substanzen filtriren zwar langsamer, als grobkörnige; dagegen sind erstere aber auch im Stande, sehr feine Schmutztheile vollständiger aus der Flüssigkeit abzusondern. Man muss demnach die Dichtigkeit der filtrirenden Schichten nach der Beschaffenheit der zu reinigenden Flüssigkeit und nach dem erforderlichen Grade der Reinigung derselben bemessen. Alle im Wasser zersetzten organischen Theile daraus zu scheiden, vermag jedoch die Kohle selbst dann nicht, wenn man sie im Uebermasse anwenden würde.

§. 52.

Die gewöhnlichen *Brunnen sind gewissermassen natürliche Filter.* Die filtrirenden Medien sind hier durch das natürliche Erdreich gebildet, die demnach bei jedem Brunnen andere sind. Das Regenwasser, wodurch sie gespeiset werden, gelangt tropfenweise durch die in der Regel kapillären Spalten des Erdreichs in dieselben. Es ist selten, dass bei diesem langen und schwierigen Laufe die Wasserfäden keine löslichen Stoffe antreffen, welche sie in kleinerer oder grösserer Menge aufnehmen, und man hat somit kein eigentliches Regenwasser mehr, welches man aus dem Brunnen schöpft, es ist wohl in der Regel hell und klar, aber enthält beinahe immer aufgelöste Stoffe, deren chemische Natur mit der geologischen Beschaffenheit des Bodens wechselt. Dasselbe gilt auch von dem Quellwasser. Dieses ist nichts anderes als Regenwasser, welches, nachdem es eine kleinere oder grössere Strecke der Erdrinde durchlaufen, durch den Druck ununterbrochen und von hochgelegenen Orten kommender Wasserfäden wieder zur Erdoberfläche zurückgeführt wird. Natur und Verhältniss der fremdartigen Stoffe, mit denen das Quellwasser imprägnirt ist, hängen ebenfalls von der Länge des Weges, welchen es im Innern der Erde durchläuft, und von der Art der Schichten ab, die es passirt. Trifft das Wasser auf seinem Wege gewisse Mineralien von bestimmter Beschaffenheit in grosser Menge, so tritt dasselbe dann als sogenannte *Mineralquellen* zu Tage, deren Bezeichnung nach dem Charakter der gelösten Stoffe variirt.

So geschieht es auch, dass die Wasserfäden, bevor sie in den Brunnenkessel, welchen sie speisen, gelangen, auf ihrem Wege lösliche Stoffe finden, welche das Wasser für die Zwecke der menschlichen Bedürfnisse unbrauchbar machen. In einem solchen Falle muss das Wasser gereinigt werden, wenn man auf einen solchen Brunnen allein angewiesen sein sollte. Die jeweiligen Lokalverhältnisse bestimmen die hiezu nothwendige Anlage. So z. B. zeigte das Wasser im *Brunnen im Hofe des Reformatenforts zu Posen* eine weisslich getrübte Farbe, war aber sonst ohne Geruch und ohne Beigeschmack. Um es als trinkbares Wasser wieder brauchbar zu machen, wurde neben dem Brunnen ein Filtrirschacht und ein Schöpfbrunnen, Taf. XXII Fig. 274 a und b, angelegt. Die Filtrirmasse bestand aus abwechselnden Schichten von Sand und Kohle, je zu 1½ Fuss Stärke, von denen die unterste (eine Sandschicht) auf einem durchlöcherten 3 Zoll starken Pfostenboden ruhte; dieser Pfostenboden war mit einer Filzplatte belegt, welche, um dem Durchtreiben des Sandes und Verstopfen des Filzes zu begegnen, noch zwischen zwei durchlöcherten, ¼ Zoll starken gusseisernen Platten eingeschlossen war. In der Höhe des niedersten, mittleren und höchsten Wasserstandes befinden sich in der Mauerung zwischen Brunnenkessel und Filtrirschacht 1 Quadratfuss grosse vergitterte Oeffnungen, welche auf der Seite des Brunnenkessels, mit Ausnahme der obersten Oeffnung, die durch ein Gitter allein verschlossen ist, mittelst Klappen geöffnet und geschlossen werden können, um bei dem jeweiligen Wasserstande in einer möglichst grossen Höhe das Wasser in oder auf die Filtrirmasse zu leiten. Die Filtration erfolgt abwärts und das durch die Filtrirschichten durchgetriebene Wasser tritt unten nochmals durch ein Gitterwerk in den Schöpfbrunnen ein. In dem Brunnenkessel standen zwei Pumpenröhren, welche man beibehielt, um den Quellenzug, welcher nicht sehr ergiebig war, lebendig zu erhalten und ein Verschlammen, wodurch der Wasserspiegel sich noch unter + 38 Fuss a. M. sinken und das Filtrum ausser Thätigkeit bringen konnte, zu verhindern. Die Filtrirmasse musste von Zeit zu Zeit gereiniget, wohl auch erneuert werden.

Fig. 275, Taf. XXII zeigt das *Filtrum im Brunnen in der Citadelle zu Spandau.* Um den modrigen Geruch und Geschmack des Wassers zu beseitigen, brachte man daselbst ein Filtrum im Brunnen an, welches aus einem auf den Brunnenkranz gelegten Drahtsiebe, darüber eine Schicht Kies, dann Sand und oben Kohle besteht. Die Filtration wirkt also hier von unten nach oben. Das Wasser hat nach dieser Anordnung reinen Geschmack erhalten.

Sind die Filtrirapparate im Kleinen ausgeführt, dann sind sie mit den schon erwähnten filtrirenden Stoffen gefüllt und auch manchmal ziemlich künstlich eingerichtet; die grossen Filtrirapparate dagegen, die mit grossen Wasserleitungen in Verbindung stehen, sind weit einfacher angeordnet, und bestehen entweder nur aus unterirdischen Gallerien, oder bilden grosse wasserdichte Bassins, in welchen eine Kies- oder Sandschüttung ruht, durch welche das Wasser dringen muss. Ein grosser Uebelstand bei diesen Bassins ist der, dass die erdigen Stoffe, welche das Wasser enthält, nach und nach die Zwischenräume zwischen den Sandkörnchen anfüllen und dadurch dem Filter die Eigenschaft entziehen, das Wasser durchzulassen. Auf solche Art werden die Filtrirapparate immer unwirksamer, wenn sie nicht von Zeit zu Zeit gereiniget werden. Da dieses Reinigen mit grossen Kosten verknüpft ist, so hat man versucht, durch

Hervorbringung einer Strömung entgegengesetzter Richtung durch den Filtrirapparat, denselben mittelst des durchdringenden Wassers selbst zu reinigen, und so die sich selbst reinigenden Filter konstruirt.

Es sollen nun hier einige kleinere und grössere Filtrirapparate, welche theils für einzelne Haushaltungen und kleinere Etablissements bestimmt, theils solche, welche auf den Bedarf der ganzen Bevölkerung eines Ortes oder von grösseren technischen Etablissements berechnet sind, beschrieben werden.

### a. Künstliche Filter.

§. 53.

*Der einfachste Filtrirapparat* wäre durch Fig. 279, Taf. XXIII dargestellt. Es sind zwei Bottiche, oder im Nothfalle zwei Fässer oder sonstige Gefässe, von denen das engere so in das weitere gestellt ist, dass zwischen beiden noch ein hinreichender Zwischenraum rings herum bleibt. Das engere Gefäss ist unten nahe an seinem Boden ringsum durchbohrt, damit das eingegossene Wasser in das weitere Gefäss ausfliessen könne. Die Schichten a bestehen aus feinem, jene c aus grobem Sande und jene d aus Schotter; b ist eine Schichte erbsengross zerschlagener Kohle mit Sand gemengt. An dem äusseren Getässe befindet sich hart über der Schotterschichte eine hölzerne Pipe h zum Ausflusse des gereinigten Wassers; im inneren Gefässe eine Abzugsröhre, welche durch die Wand des äusseren Gefässes reicht. Das zu reinigende Wasser wird in das innere Gefäss gegossen, sickert durch die Filtrirschichten abwärts, wird sodann durch die im Zwischenraume beider Gefässe befindlichen Schichten nach aufwärts getrieben, und durch die Pipe h abgelassen. Diese Einrichtung gibt auch ein bequemes Mittel zur Reinigung der Filtrirschichten an die Hand. Giesst man Wasser in's äussere Gefäss, so muss dasselbe die Schichten gerade in entgegengesetzter Richtung durchströmen, es drängt den in den Filtrirschichten abgelagerten Schlamm vor sich her, der dann aus dem inneren Gefässe nach Oeffnung des erwähnten Abzugsrohres wegfliesst. Dieses Auswaschen muss so lange fortgesetzt werden, bis klares Wasser durch das Rohr zum Vorschein kömmt, und muss jedesmal vorgenommen werden, wenn die Leistungsfähigkeit des Apparates schwächer wird, was ungefähr alle 8 Tage, bei sehr schlammigem Wasser aber noch öfter der Fall ist. Hat der mittlere lichte Durchmesser des äusseren Bottiches 4 Fuss, jener des inneren 1½ Fuss und die Höhe aller Filtrirschichten 1½ Fuss, so liefert ein solcher Apparat per Stunde bei 200 Maas (1 Maas = $0.^{0448}$ Wiener Kubikfuss) gereinigtes Wasser.

*Bei der französischen Armee in Algier* sind Filterflaschen im Gebrauche. Sie bestehen aus einem cylindrischen Gefässe, das aus porösem Sandstein angefertigt worden ist, und oben einen Hals von Zinkblech angekittet hat. Das Gefäss wird leer in das trübe Wasser gestellt, und wenn es sich durch das Eindringen desselben durch die Gefässwände mit filtrirtem Wasser gefüllt hat, was in einer halben bis einer Stunde erfolgt, wieder herausgenommen. Da wegen der Porosität des Materials die äussere Oberfläche immer nass erhalten und in Folge der Verdunstung des Wassers abgekühlt wird, so bietet diese Flasche noch ausserdem stets kühles erfrischendes Wasser und kann daher auch zur Abkühlung eines matten, sonst aber reinen Wassers benützt werden.

#### Parrots Filtrirapparat.

Fig. 276, Taf. XXII stellt denselben dar. Das Wasser wird in demselben von unten nach oben und von oben nach unten filtrirt. ABCD ist ein hölzernes oder metallenes Reservoir mit einem zweiten Boden cd, der durchlöchert ist und nicht weit entfernt von dem unteren Boden liegt; auf diesem zweiten Boden steht eine vertikale Scheidewand, welche durch die Achse des Reservoirs geht. Ein halbkreisförmiger durchlöcherter Boden steht in a und ein ganz ähnlicher in b. Diese horizontalen Böden ruhen auf Knaggen an den Wänden des Fachs, so dass sie schnell entfernt werden können. Der Raum G ist mit grobem Sande, der Raum J mit Sand von mittlerer Feinheit, der Raum H mit ganz feinem Sande gefüllt. Man giesst das unreine Wasser in die Kammer E, das durch seinen Druck die Kammern G, J durchdringt und bis in den Raum F steigt, wo es durch einen Hahnen bei f abgelassen werden kann.

#### Prechtl's Filtrirapparat.

Der Apparat Fig. 280, Taf. XXIII besteht aus einem konischen Gefässe von Holz oder Zink mit zwei durchlöcherten Böden oder Sieben, zwischen welchen die filtrirende Substanz liegt; darüber ist ein dritter Boden mit einer Oeffnung, in der die Röhre db, welche die durchlöcherten Böden durchstösst und welche vollkommen rein gehalten werden muss, herabgeht. Diese Röhre setzt den oberen Theil des Apparates, der ungedeckt ist, in Verbindung mit dem unteren Raume a. Vom Fache hh geht eine kleine Röhre l aufwärts, welche den Ausgang der Luft

gestattet. Die filtrirenden Substanzen bestehen auf dem Boden des Apparates aus Kieseln, in der Mitte aus Kies und oben aus feinem Sande, der mit grob gepulvertem Beinschwarz vermischt oder mit einer Lage dieser Substanz bedeckt werden kann. Das Wasser, das man filtriren will, giesst man oben ein, worauf es durch die Röhre b d läuft und das untere Fach a ausfüllt. Das Wasser steigt zufolge der Wirkung des Drucks durch das Sieb, durch die filtrirenden Stoffe und gelangt in den Raum h h, woraus sich die Luft durch die kleine Röhre l in dem Masse, als die Flüssigkeit steigt, entfernt, und kann mittelst des Hahnens i abgelassen werden. Der Hahn m dient zum Entleeren des Apparates.

### Fonville's Filtrirapparate.

Fonville hat sich mit dem glücklichsten Erfolge den Konstruktionen von Filtern hingegeben. Ein sehr wirksames Filter von ihm, welches längere Zeit im *Hôtel-Dieu in Paris* aufgestellt war, und dessen Leistung auf einen grossen hydrostatischen Druck basirt ist, wird durch Fig. 281, Taf. XXIII versinnlicht. Das Wasser wird aus Vorrathsbehältern, nachdem es sich gehörig abgesetzt hat, in den Speisebehälter A, der über 40 Fuss über dem Filter angebracht ist, geleitet. Mit diesem bedeutenden Drucke kommt das Wasser durch das Rohr C herab zwischen die beiden Filter B und B. Diese sind zwei in starke Reifen gebundene Bottiche, von denen jeder durch vier durchbrochene Zwischenböden in fünf Fächer abgetheilt ist. Die beiden Fächer b, b und d, d sind mit filtrirenden Substanzen angefüllt, und zwar zu unterst mit kleinem Kies, dann folgt grober Sand, dann feiner Sand, hierauf wieder grober Sand und endlich derselbe Kies wie unten. Jedes dieser mit filtrirenden Substanzen angefüllten Fächer ist 1 Fuss hoch. Die übrigen drei Fächer a, a, c, c und e, e jedes Bottichs sind leer. Um den Apparat in Gang zu setzen, öffnet man nur die Hähne i, i und o, o, durch welche das Wasser in die leeren Abtheilungen e, e und a, a mit grosser Gewalt eintritt, um die beiden filtrirenden Fächer d, d und b, b zu durchdringen, worauf es sich in den Fächern c, c sammelt und durch die Hähne n, n, welche, während der Apparat in Wirksamkeit gesetzt wird, offen gehalten werden müssen, für den Gebrauch abfliesst. Jeden Abend muss das Filter ausgewaschen werden, indem man mittelst derselben Wassersäule das Wasser in umgekehrter Richtung durch den Apparat treibt. Zu diesem Ende lässt man, nachdem die Hähne n, n gesperrt sind, das Wasser durch die Hähne v, v in die beiden mittleren Fächer c, c einströmen, welches dann, die Filtrirfächer b, b und d, d passirend, aus den oberen Fächern e, e durch die Hähne m, m und aus den unteren Fächern a, a durch die Hähne q, q wieder ausfliesst. Bei dieser Reinigung gab der Apparat in Zwischenräumen von einigen Sekunden anfangs eine gelbliche Brühe und bald klares krystallhelles Wasser. Der Druck in diesem Filter entspricht 1 ¼ Atmosphäre. Bei diesem Drucke werden die Unreinigkeiten weiter in's Innere geschoben und mithin verstopft sich das Filter nicht so früh, als wenn dieselben sich allein auf der Oberfläche ansammeln würden. Ungeachtet jedes dieser Filter B nicht ganz 4 Quadratfuss Grundfläche hatte, lieferte der Apparat, wenn er frisch gereinigt war, bis zu 6 Kubikfuss geklärtes Wasser in der Minute. Diese Leistung fällt jedoch von da an bis unter 3 Kubikfuss, ist aber dann immer noch 17mal grösser, als bei dem einfachen zuerst beschriebenen Filter. Dass mit diesem Filtrum auch eine Schichte Kohle verbunden werden könne, ist einleuchtend. Ein derartiges Filter eignet sich jedoch nur an solchen Orten zur Aufstellung, wo grosse Wassermengen benöthigt werden und wo man immer oder doch längere Zeit auf filtrirtes Wasser angewiesen ist. Dessen zweckmässige Herstellung erfordert eine grössere Genauigkeit und Solidität der Arbeit, sie kann daher keineswegs gewöhnlichen Zimmerleuten überlassen werden, sondern man muss dazu einen besser unterrichteten Mechaniker beiziehen. Insbesondere müssen die oberen und unteren Böden gut befestigt werden, damit sie dem verstärkten Drucke Widerstand zu leisten vermögen.

Fonville hat jetzt etwas weniger schwerfällige Filter konstruirt, über welche die günstigsten officiellen Berichte von Experten technischer und gelehrter Gesellschaften vorliegen. Für technische Etablissements, die grössere Quantitäten klaren Wassers brauchen: Papierfabriken, Brauereien, Branntweinbrennereien, Zeugdruckereien, Leim- und Zuckersiedereien und andere chemische Gewerbe, möchten diese Filter vor allen andern die meisten Vortheile vereinen. Fonville gibt dem Apparat den Namen *filtre plongeur*, weil die filtrirenden Substanzen im Wasser wirklich eingetaucht sind. Fig. 282, Taf. XXIII stellt dasselbe dar. A und C sind zwei auf dem Gerüste B so aufgestellte Holzbehälter, dass der Boden von A einen halben Meter über dem von C sich befindet. Der Behälter A ist 1 bis $1._{25}$ Meter hoch, $0._{6}$ Meter breit und $0._{8}$ Meter lang. Der Behälter C hat einen halben Meter Höhe und Länge und $0._{3}$ Meter Breite. G ist eine kupferne Röhre mit einem Hahnen H, von 5 Centimeter Weite, wodurch die beiden Behälter

mit einander verbunden sind, indem die Röhre in zwei Löcher, die 15 Centimeter über dem Boden jedes der Gefässe in den Wandungen angebracht sind, eingreift. D ist das erste oder Vorfilter (degroissiseur) mit galvanisirtem, d. i. verzinktem Eisenblech, 53 Centimeter lang, von 20 Centimeter Durchmesser und cylindrischer Gestalt. Nächst dem an das Rohr G angeschraubten Halse liegt eine durchlöcherte Platte von gleichem Durchmesser wie der Hals. Vor dem Anschrauben des Cylinders an G wird dieser über der dem Halse zugewendeten durchlöcherten Platte zuerst mit etwas grobem Kiessand, darauf mit 1 Kilogramm wohlgewaschener Flockwolle bester Sorte bis zu einer Höhe von 18 oder 20 Centimeter, und der noch übrige Raum mit einem Gemenge aus Kies und Kohle gefüllt, die beide durch ein Sieb mit Maschen von der Grösse einer halben Linse geschlagen werden. Nach der Füllung wird der Deckel E aufgesetzt und über diesen und den hintern Theil des Cylinders eine Binsenkappe F geschoben. Diejenigen Theile des Cylinders und des Deckels, über welche die Binsenkappe geht, sind durchlöchert. Die Löcher sind 3 Millimeter weit und 16 Millimeter von einander entfernt. Das zweiter cylindrische Filter J (finisseur) ist 30 Centimeter lang und 20 Centimeter weit; darin befindet sich der engere Cylinder O, der einerseits mit der Röhre G verschraubt, anderseits an seinem rückwärtigen Ende mit dem Deckel des äusseren Cylinders J zusammengelöthet ist. Die beiden Cylinder O und J sind auf ihrer ganzen Oberfläche mit Löchern von 3 Millimetern Weite versehen, die am Cylinder O etwas näher aneinander liegen, als am Cylinder J. Der Zwischenraum zwischen O und J wird mit Wolle von möglichst guter Beschaffenheit ausgefüllt. Der Vorgang bei der Filtration erklärt sich von selbst, das Wasser dringt durch F und E in den Cylinder D, durch dessen filtrirende Substanzen nach GHO, tritt durch J nach C aus und wird durch L abgelassen. Die Reinigung des Behälters A geschieht durch Oeffnen des Spundes M, die Reinigung der beiden Filtrircylinder durch Abschrauben, Auseinandernehmen, Sortiren der gleichartigen Materien und Waschung derselben. Die Wolle erleidet keinen Abgang; das wenige, was an Kohle verloren geht, wird durch neue ersetzt. Um nicht lange unterbrechen zu müssen, hat man von D und von J ein zweites Exemplar vorräthig und gefüllt. Die Filter sollen sich bei nicht sehr verunreinigtem Wasser bis zu zwei Monaten ohne Reinigung gut halten, in der Regel soll aber alle 10 Tage die Leerung und Auswaschung vorgenommen werden. Bei der vorhandenen Druckhöhe der Wassersäule von $1.5$ Meter liefert der Apparat 8 Liter Wasser in der Minute, welche Menge aber beim Schwanken der Druckhöhe durch Fallen des Niveaus in A bis auf $7.5$ Liter sinken kann, so dass unter gewöhnlichen Umständen in der Stunde 450 Liter gut geklärtes Wasser geliefert würden. Ein Wasser, das in den Behälter A geschüttet wurde, nachdem es mit 20 bis 30 Liter Erde und Unrath aus den Strassengossen versetzt war, lieferte ein völlig klares, geruch- und geschmackloses Filtrat, in welchem durch die Loupe keine Spur von Unreinigkeit zu entdecken war. In den *Waschanstalten zu Marseille*, welche die Durance mit ihrem häufig sehr trüben Wasser versieht, werden seit längerer Zeit täglich 40 Kubikmeter Wasser durch einen solchen Apparat gereinigt.

Die Fig. 283, Taf. XXIII zeigt Vertikaldurchschnitt des Filters von Fonville, welches *in Paris zur Reinigung des Seinewassers* benützt wird. Eine grosse Druckhöhe ist auch bei diesem Filter nothwendig und ein Haupterforderniss. ABCD ist eine mit eisernen Reifen umgebene Kufe von Holz, in drei gleiche Fächer RST getheilt, welche die filtrirenden Massen enthalten und von den Platten a, b, c, d, e, f getragen und komprimirt werden. Man kann je nach Bedarf eine, auch zwei oder mehrere solche Kufen neben einander stehend annehmen. EF ist die vertikale Röhre, welche dem Filter das Wasser von oben nach unten, aus dem über der Kufe liegenden Reservoir zuführt; GH ist eine andere Röhre, welche das filtrirte Wasser in eine gusseiserne, horizontal in dem Boden liegende Leitungsröhre bringt. In diese beiden Röhren sind acht Hähne eingefügt, die mit den Zahlen von 1 bis 8 bezeichnet sind. Auf dem Boden der Kufe M liegt die erste durchlöcherte Platte f, die in ihrem Umfange eine Rinne hat, welche mit einem Hanftau ausgefüllt ist, um das Durchdringen des Wassers zu verhüten; auf dieser Platte ruht eine Lage vegetabilischer Kohle T von 10 Centimeter Dicke; nun folgt die durchlöcherte Platte e und der zweite blinde Boden d, der mit grobem Flusssande S bedeckt ist; dann kommt die Compressionsplatte c und der blinde Boden b, und über diesen die gut ausgewaschenen Schwämme R, welche von der Platte a bedeckt sind. Der Deckel N schliesst die Kufe. Soll der Apparat arbeiten, so schliesst man alle Hähne, mit Ausnahme jener von 4 und 7, und öffnet den Hahn, der mit der grossen Röhre communicirt, welche das aus dem oberen Reservoir kommende trübe Wasser verschliesst. Das Wasser durchdringt die Schwämme R, treibt die eingeschlossene Luft aus und fliesst durch den Hahn 7 ab; alsdann schliesst man nur den Hahn

7 und öffnet den Hahn 5, worauf das Wasser alle filtrirenden Massen durchdringt und durch den Hahn 5 abfliesst. Will man die Strömung zur Reinigung des Apparates in entgegengesetzter Richtung von unten nach oben hervorbringen, so öffnet man nur die Hähne 1 und 8. Das Reinigen dieses Apparats nimmt 15 bis 20 Minuten in Anspruch; die Erneuerung der erschöpften Kohle, welche wöchentlich einmal stattfinden muss, erfordert eine Stunde Zeit; die übrigen Substanzen werden zwei oder drei Mal im Jahre von Grund aus ausgewaschen.

### Filter zur Reinigung des Themsewassers von Maurras in London.

Die Fig. 284 a, Taf. XXIII stellt den Durchschnitt und Fig. 284 b die Ansicht desselben dar. Durch die Röhre A gelangt das schmutzige Wasser in den Apparat, durch die Röhre C fliesst es filtrirt ab. Die Pfeile deuten die Richtung des Wasserstromes an; derselbe theilt sich in zwei einzelne Stränge, von denen der eine durch die Filtrirlagen D mit grobem Sande und E mit feinem Sande, der andere durch die Lagen F mit grobem Sande und G mit feinem Sande geht. In der mittleren Kammer $B_3$ treffen beide Ströme zusammen und fliessen dann durch den Hahn $H_3$ in die Röhre C filtrirt ab. $B_1$ $B_2$ $B_3$ sind Wasserkammern, welche durch die Hähne $H_1$ bis $H_{10}$ mit den Röhren A und C kommuniziren. Mit Hilfe dieser Hähne lässt sich die Richtung des Wasserstromes nach Willkür ändern und hiedurch der Apparat reinigen. Der filtrirende Sand wird von den Behältern R, R gehalten, welche geschlossen sind und deren obere und untere Flächen kleine Löcher haben; im Innern sind sie fest mit Sand ausgefüllt, dessen Körner grösser sind, als die Durchmesser der eben erwähnten Löcher, und halten mithin den feinen Sand in den Behältern E und F fest beisammen. Das Aeussere des Gehäuses besteht aus Eisen; xxxx Fig. b sind Thürchen zur Einführung des Sandes. Der in Fig. 284 dargestellte Apparat hat 5 Fuss 6 Zoll Höhe, und eine Filtrationsfläche von 60 Quadratfuss, die bei einem Wasserdruck von 12 Fuss 6 Zoll Höhe 150,000 Gallonen Wasser in 24 Stunden zu filtriren im Stande ist. Die Filtrationskosten für die Dauer von 12 Stunden täglich werden auf 2600 Pfd. St. und für 24 Stunden auf 4000 Pfd. St. im Jahr geschätzt; beträgt nun die Lieferung jährlich 11,000,000 Gallonen, so lassen sich die Filtrationskosten im ersten Falle auf 1 Pfennig für 5500 Gallonen, im zweiten Fall auf 1 Pfennig für 3600 Gallonen schätzen.

### Industrieller Filter von Tard.

Der Erfinder hat ihn so genannt, weil er sich nicht blos zum Filtriren des Wassers, sondern zur Läuterung aller Arten von Flüssigkeiten eignet. Fig. 285, Taf. XXIII zeigt den Vertikaldurchschnitt eines Filters mit einer Druckpumpe, wie ihn Tard konstruirte. Derselbe besteht aus einem Cylinder A von dünnem Kupfer, auf einem Sockel von demselben Metalle stehend; in diesem ist ein zweiter Cylinder von bedeutend kleinerem Durchmesser, der an seiner unteren Fläche abwärts mit einer Röhre a und daselbst seitwärts mit einer zweiten c verbunden ist. Die letztere biegt sich nach aufwärts und mündet in einen festen Boden, welcher den zuerst erwähnten Cylinder nach unten vollkommen abschliesst. b ist ein Saug- und d ein Druckventil, Der untere Hahn dient dazu, der gesperrten Luft einen Ausweg zu verschaffen. Das Saugventil b lässt die Flüssigkeit, welche durch die knieförmig gebogene Röhre a aus dem Reservoir kommt, in dem Augenblick einströmen, wenn sich das Ventil durch den bei dem Hub des Pumpenkolbens B gebildeten leeren Raum öffnet. Das zweite Ventil d öffnet sich und lässt die Flüssigkeit in den Cylinder A strömen, wenn der Kolben niedergeht. Der Pumpenkörper ist ebenfalls von Kupfer und liegt konzentrisch im Innern des Cylinders A. Er endigt mit einem Schraubengang, der eine starke ebenfalls kupferne Schraubenmutter aufnimmt, welche auf ein vierarmiges Kreuz drückt, an das ein Ring angegossen ist, um die letzte Platte des Filters zu halten. In einiger Entfernung über dem Boden des Pumpenkörpers liegt die erste Platte e, welche im Innern des Cylinders von Tragleisten gehalten wird, die in passender Höhe angebracht sind. Diese Platte ist durchlöchert, gewöhnlich von Holz, oder auch von Kupfer oder galvanisirtem Eisen, wenn man andere Flüssigkeiten als Wasser filtriren will. Auf dieser ersten Platte liegt eine Scheibe f, welche Tard den Vorarbeiter nennt; er besteht in der Regel aus zerschnittenem Hanfe und groben Sägespänen und ist auf die später anzugebende Weise zubereitet. Auf diese erste Scheibe kommt eine ebenso dicke und ebenso zusammengesetzte zweite $f_1$, welche Tard von der ersten durch eine durchlöcherte Platte $e_1$ trennt. Ueber dieser liegt eine dritte Scheibe $f_2$, die aus Papiermacherzeug und zerstossener vegetabilischer Kohle bereitet ist; sie liegt ebenfalls zwischen zwei durchlöcherten Scheiben $e_2$ und $e_3$. Auf die oberste dieser Platten oder Scheiben drückt ein vierarmiges Kreuz mit der Schraube D. So muss die durch die

knieförmige Röhre a zugeleitete Flüssigkeit durch die Thätigkeit der Pumpe, von dem unteren Theil des Cylinders aus, allmälig die vier durchlöcherten Platten und die drei Lagen von Filtrationssubstanzen durchdringen, um endlich oben durch einen Hahn i abzufliessen.

Durch eine unbedeutende Aenderung in der Konstruktion könnte man zur Reinigung dieses Apparates die heftige Wirkung zweier entgegensetzten Wasserströme anwenden, wodurch dieser Filter wesentlich verbessert würde, indem sonst die Reinigung doch zu langwierig ist und drei bis vier Stunden in Anspruch nimmt.

Der Vorarbeiter wird zubereitet, indem man den Hanf auf ungefähr 8 Centimeter Länge zerschneidet, und ihn in Wasser, das mehrere Male erneuert wird, mehrere Tage erweichen lässt. Hat er seinen ursprünglichen Geruch und die Farbe verloren, so lässt er sich verwenden, d. h. er wird, sorgsam und fest zusammengedrückt, in den Apparat gelegt. Die Operation der Reinigung des Hanfes lässt sich durch Anwendung von Chlorkalk oder Schwefelsäure beschleunigen. Das Papiermacherzeug oder der Papierteig ist derjenige, welcher noch nicht zur Fabrikation gedient hat; man findet ihn in allen Papierfabriken, oder bereitet ihn selbst dadurch, dass man die Lumpen zu Zeug werden lässt, indem man sie eine Zeitlang einem leicht mit Chlor versetzten Wasser aussetzt. Dieser Teig wird alsdann in Wasser gelegt, und wenn er sich so zertheilt hat, dass er sich nicht mehr greifen lässt, so lässt man ihn in einem Sieb abtropfen, um ihn mit vegetabilischen Kohlen zu vermischen, die vorher kleinkörnig (linsengross) zerstossen werden. Der feine Kohlenstaub wird zuvor durch ein Sieb entfernt, und es wird $^1/_3$ Teig auf $^2/_3$ Kohle genommen. Scheint die Flüssigkeit nicht hinlänglich klar, so fügt man ein wenig Teig zu, um die Dichtigkeit der Mischung zu vermehren. Diese Menge lässt sich nicht genau angeben; Erfahrung und Nachdenken werden sie hinlänglich bezeichnen.

### Fontaine filtrante in Paris.

Durch Einfachheit und grosse Verbreitung zeichnet sich die *in Paris gebräuchliche Fontaine filtrante* aus. Sie besteht, Taf. XXIV Fig. 286, entweder aus einem Kasten von dichten Steinplatten, mit Brunnenmacherkitt zusammengefügt, oder aus einem Gefässe von gebranntem Thon. Dies ist oben offen, mit einem Deckel verschliessbar und ungefähr im unteren Drittheil seiner Höhe durch eine wasserdicht eingelassene Platte d in zwei ungleiche Theile getheilt, von welchen jeder mit einem Hahnen versehen ist. Die Platte d wird von einem porösen, in der Nähe von Paris vorkommenden Stein, grès filtrant, gebildet, der aus groben, durch ein kalkiges Bindemittel vereinigten Quarzkörnern besteht. Im oberen grossen Raume, der in der Figur die aus dichtem Stein gehauene Filtrirtonne vorstellt, welche nach unten verjüngt ist, indem die Wände a c b sich gegen die poröse Bodenplatte hin zusammenziehen, befindet sich das trübe unfiltrirte Wasser; der Hahn unmittelbar über der filtrirenden Steinplatte d dient zum Ablassen des noch unfiltrirten Wassers beim Reinigen des Apparates. e ist der Hahn zum Ablassen des filtrirten Wassers.

Viele Aehnlichkeit mit diesem Filter hat dasjenige von Forster in Liverpool, in welchem das Filtrirmaterial ebenfalls Sandstein, die Filtration aber eine aufwärts steigende ist.

### Einfachster gemauerter Filtrirapparat.

Die Fig. 287 a und b, Taf. XXIV stellt eine solche *einfache Wasserkläre* dar. Hier läuft das Wasser durch einen Steinhaufen a in das kellerartige Häuschen b, durchrieselt eine möglichst reine Quarzsandlage c, lässt in derselben die mitgeführten unreinen Bestandtheile zurück und kommt durch die Oeffnungen o, o in den Raum d, von wo aus das gereinigte Wasser entweder in einem entsprechend gemauerten Kanale, oder in einer Röhrenleitung e seinem Bestimmungsorte zugeleitet werden kann.

### Filtrirapparat zu Udine.

Dieser schon längere Zeit bestehende Apparat ist nicht zur Selbstreinigung eingerichtet. Vom Kanal della Roja, der sein Wasser, welches oft sehr trübe ist, vom Wildbache Torre erhält, werden die Brunnen der Stadt Udine gespeist. — Von dem Kanal della Roja geht ein kleiner Seitenkanal aus, der in den Filtrirapparat mündet, welcher durch ein Eisengitter durchschnitten wird, um Holz und andere schwimmende Gegenstände zurückzuhalten. Der Filtrirapparat, Taf. XXIV, Fig. 288 a und b, besteht aus 2 Theilen. Im ersteren Theile lässt das Wasser die gröberen Unreinigkeiten fallen, indem man es zur Ruhe bringt, in dem zweiten Theile passirt es mehrere Sandmassen, um in diesen die noch übrigen leichteren und flüssigeren Unreinigkeiten zurückzulassen. Das Wasser wird nämlich genöthigt, von der Einmündungsöffnung b abwärts zu gehen und sich durch die Oeffnung c zum Theil wieder zu erheben, von wo es dann durch die folgenden Oeffnungen d, e und f, die drei Zellen g, h, i passirt; endlich muss

es sich wieder bis zur Oeffnung k erheben, um in den zweiten Theil des Apparates zu kommen.

Der erste Eingang des Wassers und sein Eintreten in die Zelle g hat den Zweck, das Wellenbilden des Wassers zu verhindern. Die Leitung des Wassers durch den mehrfach geschlängelten Weg dient dazu, die Bewegung desselben längere Zeit zu hemmen, um es in ruhigen Zustand zu bringen; damit es aber Zeit habe, die Unreinigkeiten möglichst abzusetzen, wurde die mittlere Zelle h von doppelter Breite angelegt. Nachdem nun das Wasser den ersten Theil des Apparates verlassen, tritt es durch die oben am Wasserspiegel befindliche Oeffnung k in den zweiten Theil des Filters ein und gelangt zuerst in die Zelle l, wo es sich durch die Oeffnungen bei q in die anstossende Zelle m wieder erhebt nnd diesen Weg durch die folgenden Zellen n und o fortsetzt, bis es in die letzte p gelangt, an deren Boden die Einmündung der Röhrenleitung sich befindet. Zum Durchgang aus einer Zelle in die andere dienen die vielen, abwechselnd einmal oben, einmal unten angebrachten, sehr schmalen Oeffnungen q. In der ersten Zelle l wird der Sand mit einer Böschung von 45 $^0$ aufgeschüttet, um dem Wasser eine grössere Oberfläche zur Ablagerung darzubieten. In der zweiten, dritten und vierten Zelle befindet sich eine bedeutend grössere Masse Sand. Die letzte Zelle p bleibt vom Sande frei, um das gereinigte Wasser aufzunehmen. Da das Wasser manchmal auch fettige Theile aufgelöst enthält, welche sich durch diese mechanische Reinigung nicht entfernen lassen, sondern eine chemische erfordern, welche darin besteht, dass man es durch Kohle passiren lässt, welche diese Theile absorbirt, so wird in der Zelle n obenauf eine Schicht Kohle gelegt. Dieselbe muss in der Schichte n liegen, weil hier das mechanisch schon gereinigte Wasser abwärts zieht, die fettigen Theile besser zurückbleiben und die Erneuerung der Kohlenschichte hier erleichtert wird. Der Sand ist mehrere Jahre brauchbar. Der ganze Filter ist durch die Mauer in zwei Theile getheilt, damit bei vorkommenden Reparaturen, Reinigung, Wechslung des Sandes u. s. w. nicht Störungen in der Röhrenleitung eintreten.

### Filtrirapparat zu Cherbourg.

Cherbourg erhält sein Wasser von der Divette, welches jedoch, bevor es in die Stadt geleitet, durch einen eigens konstruirten Filtrirapparat gereinigt wird. Taf. XXIV, Fig. 289 a zeigt den Grundriss in verschiedener Höhe geschnitten, und Fig. 289 b den Qureschnitt durch die Mitte des Gebäudes. AB ist der Zuleitungskanal; er führt das zu reinigende Wasser nach dem Filter C, und wenn es diesen Raum passirt hat, so verbreitet es sich in die beiden Bassins D und E. Letztere stehen durch die überwölbte Oeffnung F unter dem Zuleitungskanal mit einander in Verbindung und speisen die Röhrenleitung G. Das Filter C befindet sich in einem ausgemauerten Bassin. Auf sieben Unterlagen, welche der Länge nach den Filter durchstreichen, liegen die Roststäbe, welche den groben Kies tragen, auf welchem sich feinerer Kies und darauf Sand befindet. Mit dem hohlen Raume unter dem Filter communicirt eine gusseiserne Röhre J, die am Boden des Zuleitungskanals dicht vor dessen Ausmündung abgeht; ferner communiciren auch zwei kurze Röhren H, H unter den Roststäben der Sohle des Filters mit den Bassins D und E, endlich auch zwei kurze Röhren K, K unmittelbar neben dem Zuleitungskanale im Niveau der oberen Fläche der obersten Sandschichte des Filters mit denselben Bassins. Die Röhre L bildet den Anfang der Röhrenleitung G. Es kann nun das Wasser nach Belieben von oben nach unten, oder von unten nach oben filtrirt werden. Soll die Filtrirung von unten nach oben stattfinden, so wird die Schütze B an der Ausmündung des Zuleitungskanales geschlossen und die Röhren J werden geöffnet, wodurch das trübe Wasser unter den Rost tritt. Da in diesem Falle die Röhren H, H ebenfalls geschlossen werden müssen, so muss das Wasser, weil es keinen andern Ausweg hat, die Kies- und Sandschichten von unten nach oben durchdringen, fliesst sodann durch die Röhren K, K nach den beiden Reservoirs D und E, oder unmittelbar durch die Röhre L nach der Leitung ab. Im entgegengesetzten Falle, wenn von oben nach unten filtrirt werden soll, werden die Röhre J, die Röhren K, K und die Röhre L geschlossen, hingegen die Schütze B geöffnet. Sobald das Wasser, welches durch den Speisekanal nun oben in den Filter hineingeleitet wird, die Schichten durchdrungen hat und unter dem Roste anlangt, fliesst es durch die Oeffnungen H, H in die Reservoirs D und E und aus diesen gelangt das Wasser durch die beiden Röhrenmündungen M, M nach der Leitung G. Durch die beiden Röhren M, M kann man auch die Reservoirs entleeren, falls sie bei der Umkehrung der Strömung mit trübem Wasser gefüllt sein, oder das Filter ausser Thätigkeit gesetzt werden sollte.

### Filter von Chelsea zu London *).

Eine Dampfmaschine hebt das Themsewasser in zwei grosse gemauerte Bassins, wovon jedes über 50000

*) Hagens Wasserbau.

Quadratfuss Flächeninhalt hat. In diesen kommt das Wasser zur Ruhe, die gröbsten Unreinigkeiten fallen zu Boden und dasselbe fliesst von hier durch in der Nähe der Oberfläche angebrachte Kanäle nach den Filtern. Die Niederschläge füllen mit der Zeit die Bassins so stark an, dass eine Reinigung öfter nöthig wird. Für diesen Fall wird immer ein Bassin ausser Thätigkeit gebracht. Zum Filtriren sind zwei grosse Bassins hergerichtet, von denen das grössere 346 und das kleinere 237 Fuss lang ist; beide haben die Breite von 177 Fuss. Ihr Boden besteht aus einem 18 Zoll hohen Lehmschlage; die Seitenmauern sind bei 12 Fuss hoch und durch Strebepfeiler unterstützt, an die sich eine Umwallung lehnt. Längs des Bodens der Filter sind im längeren 9, im kürzeren Filter 11 Reihen von Röhren parallel neben einander gemauert, wie es die Fig. 290 a, Taf. XXIV zeigt. Sie haben ungefähr 2 Fuss im lichten Durchmesser und wurden von eigens geformten Ziegeln und mit theils verstrichenen theils offenen Fugen ausgeführt, so dass das Wasser leicht eintreten kann. Eine Lage von kleinen Steinen oder grobem Kiese, Fig. 290 b, umhüllt und überdeckt sie; darauf liegt eine hohe Schichte Muschelschalen, auf diesen 1 Fuss hoch grober Sand und endlich 2 Fuss hoch feiner Sand. Alle diese Schichten sind wellenförmig aufgeführt, so dass sich zwischen den Kanälen vertiefte Furchen bilden, welche dazu dienen, das Wasser zu verhindern, an einzelnen Punkten mit grösserer Strömung in die Filterschichten einzudringen, wodurch die Oberfläche angegriffen werden würde. Das trübe Wasser wird in acht Röhren herbeigeleitet und ruhig in das Filter eingelassen; es durchdringt die Schichten, gelangt in die Röhren, die sich am Ende des Filters in einem Kanale vereinigen, der in das Reservoir für das gereinigte Wasser mündet, von wo es in die Röhrenleitung gelangt.

### Filter der Grand-Junction-Gesellschaft bei London.

Dieses Filter ist ähnlich dem von Chelsea.

Das Themsewasser wird 8 Meter hoch über sein Niveau durch Maschinen in die Filter von Kew gehoben. Die Filterbassins, von denen die Fig. 165, Taf. X einen Durchschnitt zeigt, haben einen sehr grossen Flächenraum, und es kann ein jedes derselben als ein Hafen der Schifffahrtskanäle betrachtet werden. Die Entfernung von den Filtern zu den Reservoirs beträgt 7 Kilometer. Die Filter bestehen aus einer $0.90$ Meter dicken Schichte feinen Meersandes B, einer $0.15$ Meter dicken Schicht C mit gröberem Sande, einer $0.15$ Meter starken Schicht feinen Kieses D, einer $0.15$ Meter starken Schicht groben Kieses E, einem $0.36$ Meter starken Drain F aus starken einzeln stehenden und mit Schieferplatten bedeckten Ziegeln, einer $0.24$ Meter starken Schicht Beton G, einer $0.30$ Meter starken Schicht gestampften Thons H über dem natürlichen Boden, einer Schichte Ziegel J in Cementmörtel, einer gusseisernen Röhre K zum Entweichen der Luft und aus dem Damme L. Die Drains liegen in Abständen von 9 Meter von Achse zu Achse aus einander, und der Raum zwischen denselben ist mit trockenen Steinen ausgefüllt, deren Dicke der Höhe der Drains gleich ist. Ein Sammelkanal in Form eines gemauerten Aquaducts, nimmt alles filtrirte Wasser auf, das ihm von den Drains zugeführt wird, um es zu den Hebemaschinen zu leiten. Der Niederschlag beim Filtriren bleibt an der Oberfläche und dringt kaum $0.02$ Meter tief in den Sand. Die verunreinigten Theile werden mittelst hölzerner Schlammkrücken entfernt, was eine unaufhörliche Arbeit gibt. Per Kubikmeter filtrirten Wassers berechnet man die Kosten für die Unterhaltung des Filters im Durchschnitte mit $0.0027$ Fr. Die Ergiebigkeit des Filters beträgt im Durchschnitte per Quadratmeter Filterfläche 3 Kubikmeter in 24 Stunden.

### Filter der Sauthwark-Company.

Zu diesem Filter wird das Wasser ebenfalls aus der Themse geschöpft. Es bestehen daselbst Ruhebassins und eigentliche Filter. Das Wasser hält sich einige Zeit in den Ruhebassins auf, bevor es in das Filterbassin eintritt. Die Fig. 292 a, Taf. XXV zeigt einen Schnitt durch die Reservoirs; ihre ganze Oberfläche beträgt 3400 Quadratmeter, ihre Tiefe $3.96$ Meter. Die Sohle der Bassins A, A hat eine doppelte Neigung gegen einen in der Mitte liegenden Kanal b, b von halbkreisförmigem Querschnitte, welcher mit Ziegeln in Cement ausgemauert ist, einen Durchmesser von 2 Meter hat, und der Länge nach geht. Bei der Reinigung des Reservoirs wird der Niederschlag in den Kanal gekehrt und aus diesem durch einen künstlichen Wasserstrom entfernt. Die eigentlichen Filter haben dieselbe Einrichtung, wie die vorbeschriebenen von Chelsea. Es sind ebenfalls zwei; das eine hat eine Oberfläche von 2900 und das andere von 7840 Quadratmetern. Die filtrirte Wassermenge, unter einem Drucke von $1.2$ bis $1.3$ Meter, beträgt 30000 bis 35000 Kubikmeter in 24 Stunden oder 4 Kubikmeter per Quadratmeter und per Tag. Fig. 272 b zeigt die Zusammensetzung des Filters im

grössern Massstabe. Das Wasser der Ruhereservoirs A A fliesst durch einen Kanal von seiner Oberfläche auf jene des Filters e und gelangt, nachdem es dieses durchdrungen, durch die Drainröhren in einen Brunnenschacht D, von wo es mit der Pumpe gehoben wird.

### Filter von Paisley von Ingenieur Thom.

Auch hier setzt das Wasser in zwei grossen Reservoirs, bevor es in das Filter gelangt, seine gröberen Stoffe ab.

In diesem Filter wird die Klärung des Wassers mittelst freiwilligen Durchganges desselben durch Sandlagen bewirkt. Ein solches Filter hat eine Oberfläche von 660 Quadratmeter, wird in drei für sich bestehende Abtheilungen getheilt, und ist $2.4$ Meter tief in der Erde gelegen. Auf dem Boden befindet sich eine $0.3$ Meter dicke Lettenschichte, worauf ein in Cement versetztes Pflaster ruht; ringsum befinden sich Verkleidungsmauern. Auf dem erwähnten Pflaster steht eine gestellte Ziegelschichte, deren einzelne Reihen 6 Millimeter von einander entfernt, und mit flachen Ziegeln überdeckt sind, welche letztere eine sehr grosse Zahl feiner Löcher von $2\frac{1}{2}$ Millimeter im Durchmesser haben. Auf dieses siebartige Unterlager kommen sechs Lagen Kies, jede von 25 Millimeter Dicke und an Feinheit nach oben zunehmend; auf diese oberste Lage Kies kommt eine $0.45$ Meter hohe Lage feiner Sand, und endlich hierauf eine Lage von 15 Centimeter Dicke aus einer Mischung von 1 Theil animalischer Kohle und 9 Theilen feinen Sandes. Die Fig. 293 a, b und c, Taf. XXV zeigen den Grundriss und zwei Schnitte eines solchen Filters. A A ist ein steinerner Kanal, welcher das Wasser in das Filter führt; B B sind vertikale eiserne Röhren mit zwei Ausgussöffnungen, die eine auf der Oberfläche des Filters, die andere unter den filtrirenden Schichten. Jede dieser Oeffnungen ist mit einem Hahn versehen. C, C, C sind Oeffnungen für das abfliessende filtrirte Wasser, mit Schützen versehen. D, D sind Kanäle, welche das filtrirte Wasser in das grosse Reservoir E führen, und F, F Oeffnungen für das Abfliessen des Wassers während der Reinigung. Man bewirkt diese, wenn man die Mündungen der Röhren B, B, welche auf die Oberfläche des Filters führen, schliesst und dagegen diejenigen öffnet, welche das Wasser unter die filtrirenden Schichten gelangen lässt. Die Schützen der Oeffnungen C, C werden geschlossen, und die der Oeffnungen F, F geöffnet. Das Wasser arbeitet nun umgekehrt von unten nach oben, und alles, was trübe ist, fliesst durch die Oeffnungen F, F ab. G, G sind Kanäle, durch welche die unreine Flüssigkeit abfliesst.

Ausser diesem Reinigungsmittel, welches jeden Monat einmal angewendet wird, nimmt man von Zeit zu Zeit die oberste Sandlage auf einen Centimeter Dicke weg, und nur zweimal im Jahr wird das Filter neu mit Sand gefüllt, was etwa 180 Kubikmeter erfordert. Die filtrirte Wassermenge in 24 Stunden ist im Mittel 3019 Kubikmeter d. i. $4.500$ Liter per Quadratmeter in 24 Stunden.

### Filter von Brunnquell mit vertikalen Schichten.

Dieser in Fig. 294 a und b, Taf. XXV dargestellte Filter wurde für technische Zwecke ausgeführt. Fig. 294 a zeigt den Längendurchschnitt nach X Y und Fig. 294 b den Grundriss desselben. A B C D ist ein im Erdboden ausgegrabenes Bassin, dessen geböschte Seitenwände mit Rasen bekleidet sind. Von dem ausgehobenen Erdreich ist zum Schutz gegen Hochwasser rings herum ein Damm ausgeführt. Durch die Böschung der Wände des Bassins, die übrigens auch mit Mauern verkleidet sein können, verkleinert sich natürlich der Querschnitt des Bassins nach unten wesentlich, und somit, wenn das Niveau des Bassins mit dem des Flusses fällt, auch die wirkende Filterfläche, die sich umgekehrt mit dem Steigen des Niveau's im starken Verhältnisse vergrössert. Da nun im Allgemeinen die Trübung des Flusswassers immer mit einem erheblichen Steigen zusammenhängt, so erhöht sich auch bei sehr trübem Wasser der Wasserstand, und mithin die Wirksamkeit des Filters, um so mehr als die höheren Filterschichten nur bei ausnahmsweisem Hochwasser in Thätigkeit treten, mithin viel reiner bleiben. Umgekehrt ist bei sehr niederem Wasserstande die Verkleinerung der Filterfläche unbedenklich, indem dann das Wasser an und für sich reiner ist. E F G ist eine in der Mitte gebrochene doppelte, durchlöcherte, vertikale Bretterwand, zwischen deren inneren Flächen sich Kies befindet, der mittelst eines ganz groben Durchwurfes von den gröbsten Stücken befreit ist. H J K L ist ein von vier doppelten Bretterwänden, die ebenfalls über und über durchlöchert sind, gebildeter Rahmen, in dem sich bedeutend feinerer Kies oder grober Sand befindet. Letzterer muss nicht nur mittelst eines Durchwurfes von gröberen Stücken, sondern auch durch ein ziemlich feines Sieb oder durch Auswaschen von den staubförmigen Theilen befreit sein. Für die meisten Fälle wird es am geeignetsten

sein, wenn der Kies in der ersten Schicht E F G die Grösse einer grossen Erbse, in der zweiten Schicht H J K L die eines grossen Hirsekornes hat. Selbstverständlich kann man auch Kohle u. dgl. für sich, oder gleichzeitig mit Kies anwenden. In der Abtheilung H J K L muss man zur Verhütung des Verstopfens der Löcher, oder des Auswaschens des feinen Kieses oder des Sandes, zwischen letzteren und den Bretterwänden eine beiläufig ¼ Fuss starke Schicht groben Kies anbringen. Dies erzielt man leicht durch Dazwischenstellen beweglicher Brettstücke im angegebenen Abstande, die dann, nach geschehener Füllung mit grobem und feinem Sande, wieder herausgenommen werden.

Das Wasser tritt durch die Rinne a zunächst in einen hölzernen Kasten oder Brunnen O, wo es schon die gröbsten Unreinigkeiten zurücklässt. M ist der Saugkopf der Pumpe, der sich 1 bis 2 Fuss über dem Boden des Bassins befindet. Bei C ist eine Schleuse, welche bei Hochwasser so weit geschlossen wird, dass das Wasser nicht über die Filtrirwände steigen kann. — Die Abtheilung I, Fig. 294 b macht man ganz klein, da der Zufluss des Wassers dahin ganz unbehindert stattfindet; dagegen muss man die Abtheilung II möglichst gross anlegen, damit sich hier während der Pausen des Schöpfens ein entsprechender Vorrath von schon ziemlich reinem Wasser ansammle, für den Fall, als mit der Zeit die erste Filterwand nicht ganz so viel Wasser durchlässt, als die Pumpe bei sehr starkem Gange hebt. Die Abtheilung III, welche als Behälter für das gereinigte Wasser dient, muss einen gepflasterten Boden haben, um eine Trübung zu verhindern und mit einem leichten Dache versehen werden. Der möglichsten Kostenersparniss wegen ist es wünschenswerth, dass diese letzte Abtheilung möglichst klein sei, ohne der Wirkung Abbruch zu thun. Bei der hier angegebenen Einrichtung hat bei mittlerem Wasserstande diese letzte Abtheilung etwas über 330 Quadratfuss wirkende Filteroberfläche. Da das Wasser schon gereinigt an dieselbe ankommt, so hat man eine Verstopfung der vier Wände selbst nach Jahren nicht zu befürchten. In beiden Filterwänden sind noch hölzerne Kanäle x x ziemlich an der Sohle des Bassins angebracht, welche gewöhnlich geschlossen sind und nur in Ausnahmsfällen z. B. bei Feuersgefahr, beim Reinigen des Filters u. dgl. einen ganz ungehinderten Zufluss des Wassers nach dem Saugkopfe ermöglichen.

Ein solches Filter von der Grösse, wie es die Figur zeigt, genügt zu einem täglichen Verbrauche von 12000 Kubikfuss Wasser und verursacht verhältnissmässig nur unbedeutende Kosten. Während der vier Jahre des Bestandes wurde nur zweimal der Schlamm aus den Wasserabtheilungen entfernt, die Kieswände blieben aber unberührt stehen. Der Kasten oder Brunnen O erfordert eine öftere Reinigung, die jedoch in wenigen Stunden vollführt ist.

Bei einem solchen Filter können die Filterschichten nicht in Unordnung kommen und keine Gassen bilden, und bei grösserer Trübung des Wassers wird die Leistungsfähigkeit des Filters durchaus nicht vermindert.

### Filtrations-Verfahren der Türken.

Die Türken filtriren das Wasser folgendermassen: Nahe bei einander werden zwei Gruben von 5 bis 10 Fuss Tiefe angelegt, deren Scheidewand von festem Thon oder einer andern undurchdringlichen Erdart sein muss, welche durch ihren Grund mit einander in Verbindung stehen. Beide Gruben werden nun mit Kies und Sand ausgefüllt. Die Mündung der Grube, in welche das Filtrirwasser zuerst kommt, muss etwas höher sein, als die der andern Grube, und diese letztere wird auch nicht ganz mit Sand angefüllt, damit das filtrirte Wasser sich oben ansammeln kann. Dasselbe wird auch in ein besonderes Gefäss geleitet. Je tiefer der obere leere Raum in der zweiten Grube ist, desto schneller filtrirt sich das Wasser; je mehr diese aber mit Sand angefüllt ist, desto langsamer und reiner filtrirt es sich auch. Im Kleinen lässt sich dieses Verfahren mit zwei Fässern ausführen, wo man dann das Wasser durch eine mit grobem Sande gefüllte oder unten mit einem Schwamm versehene Röhre leitet.

## b. Natürliche Filter.

### §. 54.

Die natürlichen Filter bestehen aus durchdringlichen Galerien, welche in der Alluvion des Flusses liegen, dessen Wasser man benützen und klären will. Diese Galerien, welche man so weit verlängert, bis sie die nöthige Wassermenge liefern, stehen in Verbindung mit dem Brunnenschacht, aus welchem die Pumpen das Wasser in die Höhe heben. Die Theorie dieser Filter ist sehr einfach und ihr Erfolg sicher, so bald die Anschwemmungen nicht schlammig sind, und das Wasser in dem Flusse eine Geschwindigkeit hat, die gross genug ist, den Schlamm mit fortzu-

nehmen. Die Länge dieser Galerien lässt sich nicht bestimmen; sie hängt von der Natur der Alluvion ab.

Der einzige Vorwurf, den man unter gewöhnlichen Umständen diesen Filtern machen kann, ist der, dass sie nicht ganz von unterirdischer Vegetation frei bleiben; die sich davon auflösenden Theilchen werden oft bis zur Brunnenstube geführt, wo man feine Metallsiebe anbringen muss, um sie zurück zu halten.

### Filter der Wasserleitung zu Toulouse*).

Die Fig. 291 a und b, Taf. XXIV, zeigen denselben im Grundrisse und im Querschnitte. Dicht oberhalb des Pumpwerkes befindet sich am linken Ufer der Garonne, neben der Strasse Dillon, eine ausgedehnte Kiesbank, welche zur Herstellung der natürlichen Filter benützt ist. An der Stelle, wo das Filter I später angelegt wurde, hatte man versuchsweise eine Grube ausgehoben und die Wassermenge gemessen, welche dieselbe lieferte; man erwartete darnach, dass ein offenes Filter von 105 Fuss Länge 73 Fuss Breite, und das bis 3¼ Fuss unter den niedersten Wasserstand der Garonne herabreichte, die verlangten 200 Wasserzolle geben würde. Obgleich die Schlussfolge nicht ganz sicher war, so kam doch der Vorschlag zur Ausführung, und es wurde mit der Herstellung des Filters I der Anfang gemacht. Eine gusseiserne Röhrenleitung führte das angesammelte Wasser vom Punkte A über B und D nach dem Pumpwerk C. Als man zu pumpen anfing, zeigte es sich, dass das Resultat wirklich sehr bedeutend unter dem erwarteten blieb, man hatte durchschnittlich kaum 60 Wasserzolle, aber das Wasser war rein und schön, selbst wenn die Garonne trübe war. Um die Zuflüsse zu vermehren, gab man darauf dem Filter eine Ausdehnung von 344 Fuss und schloss es zugleich mit Deichen ein, um das höchste Wasser davon abzuhalten.

Die Zunahme der Wassermenge entsprach jedoch keineswegs dieser Verlängerung und betrug kaum 30 Wasserzolle, weil dieser neue Boden nicht mehr so wasserreich war, als vor der Anlage des Filters, welchen das Wasser schon ringsum ausgesogen hatte. Bald zeigte sich auch der weitere Uebelstand, dass in dem offenen Bassin ein starker Pflanzenwuchs entstand und im Sommer sich Frösche und andere Thiere in grosser Zahl einfanden, die dem Wasser einen unangenehmen Beigeschmack gaben. Eine Aenderung der ganzen Einrichtung war dringend nöthig, das Filter musste geschlossen werden.

Auf d'Aubuisson's Rath wurde dasselbe so gut wie möglich gereinigt, und am Boden ein überwölbter Gang aus Ziegeln jedoch mit offenen Fugen ausgeführt, worin das Wasser sich sammeln konnte. Zur Seite desselben und darüber brachte man eine Schüttung von grossen Steinen an, die beinahe die ganze Höhe der Ausgrabung füllte; alsdann folgte eine Schichte kleinerer Steine, dann Kies und zuletzt Sand. So war die ursprüngliche Oberfläche wieder hergestellt, konnte als Viehweide benutzt werden, und die Beaufsichtigung, welche früher nothwendig gewesen war, wurde dadurch entbehrlich. Bei A führte eine Treppe herab, um den Zustand und die Wirksamkeit des Filters zu beobachten. Die Resultate dieser Aenderung waren höchst befriedigend, das Wasser war klar und immer frisch.

Um die mehr als 100 noch fehlenden Wasserzolle zu erhalten, wurde ein zweiter Filter, jedoch nicht in der bereits erprobten Weise, angelegt, sondern es wurden statt der Galerie in einer Länge von 240 Fuss eine Reihe von 11 Brunnen versenkt, welche durch gusseiserne Röhren mit einander vereinigt und oben mit solchen Platten bedeckt wurden, worauf eine Kiesanschüttung kam. Während das Filter I 150 Fuss vom Strome entfernt angelegt wurde, legte man das Filter II nur 30 Fuss vom Flusse. Das Resultat dieser Einrichtung war kein günstiges; man gewann nur etwa 60 Wasserzolle, das Wasser hatte, weil die Brunnen zum Theil in einen schlammigen Boden versenkt waren, einen modrigen Geschmack und zeigte immer die Temperatur des Flusses.

Die Anlage eines dritten Filters war demnach nicht zu umgehen. Das Filter III erhielt 660 Fuss Länge und war 80 bis 130 Fuss vom Strome entfernt. Die Fig. 291 b zeigt den Querschnitt desselben. Die gedeckte Galerie hat 4 Fuss 9 Zoll Höhe und 1 Fuss 11 Zoll Weite; die Seitenmauern bestehen aus Ziegeln, die ohne Mörtel über einander gelegt sind, und Steinplatten bedecken die Galerien von oben. Der Raum zur Seite ist mit kleineren Steinen ausgefüllt, darüber ist 2 Fuss hoch grober Kies geschüttet und das Ganze bis zur ursprünglichen Höhe mit Sand bedeckt. Dieses Filter III lieferte allein 160 Wasserzolle und bewährte sich im Ganzen sehr gut. Das Wasser desselben kann bei B mit dem des ersten vereinigt werden, es kann aber auch bei K vorbei und besonders zum Pumpwerk gelangen. Später machte man noch die vortheilhafte Abänderung, dass man unter der letzten Zuleitung in

*) Hagen, Wasserbau.

einem überwölbten Kanale das Wasser des zweiten Filters von D nach L in das Unterwasser des Betriebgrabens führte. Hiedurch wird es möglich, die Filter I und II trocken zu legen.

Das Wasser, sagt d'Aubuisson, ist, so lange die Garonne in ihrem Bette bleibt, gut und klar, sobald sie aber bei Hochwässern über die Ufer tritt und das Terrain bedeckt, unter welchen sich die hergestellten Galerien befinden, so dringt das Wasser von oben in dieselben ein und trübt sich.

### Filter zu Nottingham in England.

Dieses Filter hat folgende Construction: An dem Ufer des Trentflusses, etwa 1600 Meter von der Stadt entfernt, ist ein Reservoir im Sande ausgehoben und mit Trockenmauern verkleidet. Die Entfernung der nächsten Mauer vom Flusse beträgt etwa 45 Meter. Das Wasser durchsickert die Sandschichte und gelangt rein in das Reservoir, das nicht überwölbt ist, im Sommer eine reiche Vegetation entwickelt und einer öfteren Reinigung bedarf. — Ausser diesem Reservoir hat man noch eine kreisförmig gewölbte Galerie aus Ziegeln ausgeführt, welche in das Reservoir einmündet. Dieselbe hat einen Durchmesser von $1.2$ Meter.

### Filter von Perth.

In dem Bette des Tay oberhalb der Stadt Perth befindet sich eine Insel von etwa 151 Meter Länge und 80 Meter Breite. Auf dieser Insel hat man eine 90 Meter lange Galerie ausgeführt mit einer Breite von $1.25$ Meter und einer Höhe von $2.7$ Meter. Das Gewölbe ist $1.5$ Meter hoch mit Erde bedeckt. Die Sohle der Galerie liegt $3.5$ Meter unter dem Niveau des Mittelwassers. Die oberen Theile dieser Galerie sind im hydraulischen Mörtel gemauert, der untere Theil dagegen besteht aus Trockenmauer. Die von der Galerie durchschnittenen Erdlagen bestehen aus Kies mit Sand und aus Sand mit Wacken. Die in 24 Stunden gelieferte Wassermenge steigt bis auf 2700 Kubikmeter, oder 15 Kubikmeter per Quadratmeter. Die Qualität des filtrirten Wassers bleibt bei jedem Wasserstande gleich.

### Filter in Lyon.

Die Fig. 295 a und b, Taf. XXV stellen denselben dar. Die Galerie ist von Beton mit Cement von Souilly; die Sohle besteht aus Kies und Sand und liegt 3 Meter unter dem kleinsten Wasser der Rhone. Die Länge der Galerie ist 150 Meter und jeder Meter kostete 1200 Fr. Dieses Filter liefert per Quadratmeter 300 Kubikmeter in 24 Stunden.

§. 55.

Nachstehende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der *Leistung mehrerer Filtrir-Apparate.*

| Bezeichnung der Filter. | Oberfläche der Filter. | Wasserschicht auf dem Filter Meter. | Filtrirte Wassermenge in 24 Stunden | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ganze Menge Cub.-Meter | per □ Meter Cub.-Meter |
| Chelsea . . . | 8040 | $1.25$ | 44000 | $5.4$ |
| Grand-Junction | 600 | $1-1.25$ | 18000 | 3 |
| Southwark . . | 10800 | $1.5$ | 3150 | 4 |
| Lambeth . . . | 2880 | $2.5$ | 22500 | 8 |
| Paisley . . . | 660 | $0.1-0.2$ | 7000 | 10 |
| Marseille . . . | 8800 | $0.4$ | 114000 | 13 |

Aus diesen Daten kann man aber kein allgemeines Gesetz ableiten, weil die Beschaffenheit des angewendeten Filtrirsandes verschieden ist, und das Wasser an den Filtern mit ungleicher Reinheit ankommt.

*Um die Filter zu reinigen*, genügt es, von Zeit zu Zeit eine Schichte Sand von $1/2$ bis $3/4$ höchstens einen Zoll Dicke wegzunehmen. Die Erfahrung lehrt, dass nach Durchgang einer grösseren Menge trüben Wassers durch eine Sandschichte, die Schlammtheile höchstens 1 Zoll tief eindringen, und dass man in einer Tiefe von 6 Zoll nicht die geringste Verunreinigung mehr zu entdecken im Stande ist.

Am Schlusse dieses Abschnitts bleibt uns noch einiges über die *Natur*, die *Wahl und die Zubereitung der* hauptsächlichsten *Filtrationssubstanzen* zu erwähnen übrig.

*Schwämme.* Man muss gesunde Schwämme von feinem regelmässigen und engen Korn auswählen, die man so lange wäscht, bis sie von den erdigen und thierischen Stoffen befreit sind, und das letzte Wasser klar abläuft. Alsdann werden die Schwämme in einer Leinwand, deren Enden man nach entgegengesetzter Richtung dreht, stark zusammengepresst, um alles Wasser zu entfernen, worauf sie verwendbar sind.

*Sand.* Am gewöhnlichsten nimmt man kieselartigen Sand, der keine kalkigen Bestandtheile enthält, deren Vorhandensein sich durch ein leichtes Aufbrausen erkennen lässt, wenn man ein säurehaltiges Wasser über den Sand giesst. Um den Sand

von entsprechend grossem und gleichförmigem Korn zu erhalten, lässt man ihn durch eiserne oder messingene Siebe durchlaufen. Sodann wäscht man ihn so lange, bis das Wasser ganz klar abläuft und lässt ihn gut trocknen, bevor man ihn verwendet, obwohl Einige denselben auch im feuchten Zustande gebrauchen.

*Schafwolle.* Diese muss vollkommen ausgefettet, mit Schwefel gebleicht und sodann mehrmal ausgewaschen werden, indem sonst das Wasser einen unangenehmen Fettgeschmack annimmt.

*Sandstein.* Man nimmt weissen Sandstein, dessen Bruch sehr schwachkörnig ist. Er ist bald hart und fest, bald so zerreiblich, dass er unter den Fingern zerbröckelt. Der beste ist der Filtrirstein der Mineralogen, den man hauptsächlich in Frankreich, Böhmen, längs den Küsten von Mexiko, auf den canarischen Inseln, in Spanien u. s. w. findet. Man zerstösst ihn in Mörsern und lässt ihn durch ein feinmaschiges Sieb laufen, um ein feines und regelmässiges Korn zu erhalten, wäscht ihn aus und lässt ihn trocknen.

Die *Kohle* muss gut ausgeglüht sein und grob gepulvert werden.

# VII. Abschnitt.

# Röhrenleitungen.

## Allgemeines über Röhrenleitungen.

§. 56.

An die Stelle der im Alterthume gebräuchlichen gemauerten Canäle sind die Röhrenleitungen getreten, welche dem Zwecke, das angesammelte und gereinigte Wasser seinem Bestimmungsorte zuzuführen, weit besser entsprechen. Die Röhren werden je nach Zweck, örtlichen Verhältnissen, oder andern Umständen, aus Holz, Thon, Stein, Cement, Gusseisen, Blei gebildet; in neuester Zeit hat man auch Versuche gemacht, sie aus Glas und aus Guttapercha herzustellen.

Die *Anforderungen an eine gute Röhrenleitung*, lassen sich in folgende wesentliche Punkte zusammenfassen:

*a.* Dichter Verschluss. Dieser ist einerseits von der Wasserdichtigkeit des Materials, anderseits aber von der Vollkommenheit der Verbindung der Anstossfugen bedingt.

*b.* Dauerhaftigkeit. Es ist in dieser Beziehung eine ganze Reihe von Umständen in Betracht zu ziehen, wobei erstens das Verhalten des Röhrenmaterials gegen die Bodenfeuchtigkeit, das Zerfallen thönerner, das Faulen hölzerner, das Rosten eiserner Röhren, nicht die unwichtigsten sind. Aber auch Gefahren von mechanischen Ursachen unterliegen die Leitungen. Dieselben müssen daher zweitens genug Widerstandsfähigkeit gegen äusseren Druck besitzen. — Beim Durchführen von Röhrenleitungen unter Strassen muss die Rücksicht auf die Festigkeit für die Wahl des Materials vorwiegend sein. Drittens fällt in Betrachtung die Fähigkeit, starken hydrostatischen Druck bei grossen Gefällen auszuhalten, und viertens endlich Ausdauer für den Fall des Gefrierens, womit die doppelte Gefahr verbunden ist, dass bei ganz wasserdichtem Material die ganze Röhre aus einander gesprengt, oder bei etwas poröseren Substanzen: Holz, Thon u. s. w. durch die Ausdehnung der aufgesogenen Wassertheilchen bei ihrem Erstarren kleinere Stellen bersten und abblättern können.

*c.* Man muss an Wasserleitungsröhren die Forderung stellen, dass sie sich möglichst indifferent gegen das Wasser verhalten. In dieser Hinsicht ist man in Gefahr zweier Uebel. Viele Wässer bilden sehr leicht Niederschläge in den Röhren, und zwar so, dass nicht jedes Material sich auf gleiche Weise gegen ein bestimmtes Wasser verhält, indem sich z. B. thönerne Leitungsröhren ganz gut halten, wo eiserne sich unbrauchbar zeigen. Die Niederschläge sind entweder erdiger Natur, es ist eine Art Kalksinter, der sich an die Röhrenwände anlegt und die Kaliber der Röhren nicht selten so sehr verengt, dass diese beseitigt werden müssen, oder es sind Vegetabilien, die sich absetzen und die doppelte Unannehmlichkeit mit sich führen, dass der Durchmesser der Röhren sich verringert, und das Wasser in Folge aufgenommener Pflanzentheile, einen üblen Geschmack annimmt und sich beim Stehenlassen nicht gut hält. Aber nicht nur Niederschläge bilden viele Wasser, je nach den verschiedenen Substanzen, woraus die Röhrenleitungen hergestellt sind, sondern die Röhren leiden auch Gefahr der Corrosion durch das Wasser. Wichtiger aber, als die Zerstörung der Röhren selbst, ist die schlimmere Rückwirkung einer solchen Action auf die Beschaffenheit des Wassers, z. B. bei Bleiröhren.

Ferner sei erwähnt, dass ein allzu langsames Rinnen des Wassers, so wie eine unvollkommene Füllung der Röhren, zur Bildung von Incrustationen viel beitragen kann, letzterer Umstand desswegen,

weil dadurch dem Wasser zu viel Anlass zum Verdunsten von Kohlensäure gegeben und die Fällung des kohlensauren Kalkes ermöglicht ist; dass ferner häufig auch nur wenige mechanische Unreinigkeiten, Sand u. s. w., die sich in Senkungen der Leitung absetzen, der Kern für Anlegung chemischer Ausscheidungen werden.

*Eine Leitung, welche abwechselnd steigt und fällt,* zeigt die Uebelstände, dass wenn das Wasser sich in der Richtung des Pfeiles, Fig. 296, Taf. XXV bewegt, nach und nach die Luft, welche die Leitung mit einschöpft und die Gase, welche durch das Wasser selbst entstehen, sich an den höchsten Stellen der Leitung A, hingegen Sand und andere Stoffe, welche es mit sich führt, an den tiefsten Stellen derselben in B absetzen, so nach und nach den Querschnitt der Röhre anfüllen, ohne dass die bei A eingeschlossene Luft sich entfernen kann und die Ergiebigkeit der Leitung im Ganzen beeinträchtigen. Bei eintretender Wärme dehnt sich die eingeschlossene Luft aus, wodurch sich die Erscheinung erklärt, dass manche Röhrenleitungen unerachtet einer gleichen Höhe des Wassers im Speisebassin, bei kalter Witterung mehr Wasser geben, als bei warmer. Selbst bei geringer Neigung einer Röhre und auch wenn diese fast horizontal ist, entsteht entweder eine ähnliche nachtheilige Ansammlung der Luft, oder ein Haften der Luftbläschen an der oberen Wand der Röhre, wodurch ähnliche Verengungen verursacht werden. Man hat demnach dafür zu sorgen, dass nach hergestellter Leitung sowohl die Luft an einzelnen höchsten Stellen entweichen, als auch dafür, dass die an den tiefsten Stellen niedergeschlagenen erdigen Stoffe von Zeit zu Zeit entfernt werden können.

Zu ersterem Zwecke dienen die sogenannten *Luftröhren* oder die *Luftspunde.* Luftröhren, eine sehr primitive Anordnung, sind nichts anders, als an den Scheitelpunkten der Leitung eingesetzte vertikale Röhren, die natürlicher Weise, damit kein Wasser aus denselben ausfliessen könne, eine Höhe haben müssen, die über das Niveau des Speisebassins reichen muss. Wegen zu grosser Höhe sind sie oft gar nicht anzuwenden, auch sind sie zufälligen und muthwilligen Beschädigungen zu sehr ausgesetzt, so dass sich ihre Anordnung durchaus nicht empfehlen lässt. Bei Beschreibung der aus verschiedenem Material verfertigten Röhrenstränge werden die Vorrichtungen (Luftspunde), welche ihre Stelle vertreten, erwähnt werden.

Zu dem zweiten Zwecke, d. i. um die niedergeschlagenen erdigen Stoffe an den tiefsten Stellen der Leitung von Zeit zu Zeit entfernen zu können, dienten bei den älteren Leitungen die sogenannten *Wechselhäuschen* oder *Schlammkästen.* Es sind dies wasserdichte Kasten an den niedersten Punkten in der Röhrenleitung, in welchen, weil das Profil durch sie erweitert wird, eine geringere Geschwindigkeit, als in den Röhren stattfindet, wobei das Wasser seine erdigen Bestandtheile zum Theil zurücklässt. Diese Schlammkasten müssen sodann von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Dieselben dürfen jedoch nie einem starken Wasserdrucke ausgesetzt sein, weil sie sonst nicht leicht wasserdicht geschlossen werden können. Bei neueren Wasserleitungen wendet man statt ihrer, natürlich auch an den niedersten Punkten, eigene Ausgussröhren an, die mit einem Hahn geschlossen und geöffnet werden können. Sobald der Hahn geöffnet wird, bildet sich sogleich in den nächsten Theilen der Röhren eine starke Strömung, wodurch der Niederschlag, der gerade hier, d. i. an der tiefsten Stelle, sich vorzugsweise absetzte, in Bewegung geräth und weggeschwemmt wird.

*Bezüglich des Längenprofils einer Leitung* ist stets darauf zu achten, dass dieselbe in keinem Punkte die horizontale Linie erreiche, die durch den Wasserspiegel des Speisebassins geht, und dass die Ausmündung jedenfalls niederer liege, als diese Horizontale, indem sonst wegen Mangels an Gefälle oder an Wasserdruck kein Ausfluss erfolgen kann. Es müssen sonach bei längeren Leitungen, die abwechselnd steigen und fallen, die auf einander folgenden höchsten Punkte unter derjenigen geneigten Linie bleiben, welche das nöthige Gefälle bezeichnet. Zu starke Senkungen zwischen je zwei Scheitelpunkten werden aber auch nicht zweckmässig sein, indem durch den Wasserdruck, wie er sich hier äussert, ein starkes Durchsickern der Fugen einzutreten pflegt, und namentlich hölzerne und aus gebranntem Thon erzeugte Röhren an den Verbindungsstellen leicht leiden. — Als Regel gilt: ein Röhrenstrang soll möglichst gleichförmig mit dem Gefälle, welches der beabsichtigten Geschwindigkeit entspricht, verlegt werden, nur sanfte Biegungen erhalten und immer unter der Frostlinie liegen.

### Hölzerne Leitungsröhren.

§. 57.

Das Material besteht der Regel nach aus den jüngeren Stämmen der Fichte, der Föhre, der Rothtanne und der Lärche. Das Holz von dichtem Ge-

füge und im Spätherbst gefällt, verdient vor allem andern den Vorzug, weil es mehr Dauerhaftigkeit und Festigkeit besitzt, um dem Wasserdrucke zu widerstehen. Die Röhre darf dem Wasser auch keinen Beigeschmack geben, was bei Eichenholz besonders der Fall ist. Man lässt dem Stamme die Rinde, bohrt ihn gewöhnlich von der Hand aus und legt die Röhren vor dem Gebrauche in stehendes Wasser ein, indem man sie durch Belastung völlig untersenkt. Die Stämme, welche nicht immer in dem Verhältniss, wie man sie braucht, gefällt und gebohrt werden können, sind durch das Eintauchen in Wasser vor dem Springen geschützt, und verlieren ihre unangenehme Eigenschaft, dem Wasser den Terpentingeschmack mitzutheilen. Es wird versichert, eine sehr verdünnte Kalkmilch anstatt gewöhnlichen Wassers ertheile dem Holze, das man, ganz eingetaucht, monatelang darin liegen lässt, sehr grosse Dauerhaftigkeit.

Die Haltbarkeit der in die Erde gelegten Röhren hängt wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens ab; im festen fetten Boden halten sie länger, als im lockeren. Ueberhaupt ist die *Dauer der hölzernen Röhren* nicht so gross, wie man schon aus dem Umstande, dass sie immer in der Nässe bleiben, schliessen kann. Namentlich leiden sie sehr durch den Schwamm und werden ausserdem durch das stark strömende Wasser im Innern angegriffen. Im Mittel dürfte ihre Dauer auf 10 bis 12 Jahre angenommen werden, obwohl hölzerne Röhren, welche früher das Wasser des New-River in London vertheilten, 20 Jahre dauerten. Sie bestanden aus Ulmenholz, waren aber so schadhaft geworden, dass man den Wasserverlust, den sie verursachten, im Durchschnitt auf 25 Procent veranschlagte. Ehe aber die Verwesung des Holzes bis zum Unbrauchbarwerden fortgeschritten, treten oft kleine Beschädigungen ein, die mühsam aufgesucht werden müssen.

*Hölzerne Leitungen von Soolen*, wie sie in Salinen häufig in Gebrauch sind, sollen oft eine Dauer von 30 bis 40 Jahren haben, was um so beachtenswerther ist, da manche der nachfolgend zu betrachtenden Materialien sich zu dieser Verwendung gar nicht eignen. Ein Uebelstand (vielleicht aber die längere Dauer der Röhren bedingend) ist der, dass sich allmählig eine Kruste von Gyps an den Innenwänden anlegt, die stellenweise die Röhren nahezu verstopft. Ist dieses eingetreten, so soll die Soole einige Wochen lang nicht durchgeleitet werden, sondern statt ihr während dieser Zeit süsses Wasser, um den Gyps zn lösen. Holzröhren bairischer Salinen, die innerhalb 5 bis 6 Jahren von Gyps ziemlich inkrustirt sind, bedürfen eines sechs- bis siebenwöchentlichen Durchleitens von süssem Wasser, um die Gypskruste hinwegzunehmen.

Damit zum Theil die Kosten der Anlage einer Leitung sowie auch ihre schwachen und undichten Stellen vermindert werden, darf die *Länge der einzelnen Röhrenstücke* nicht zu kurz sein, weil man sonst zu viele Verbindungsstellen erhalten würde. Die Länge der einzelnen Röhrenstücke beträgt in der Regel 12 bis 18 Fuss. Ueber 20 Fuss lang darf man sie nie machen, weil dann das Bohren zu schwierig wird. *Die Wandstärke* hängt von der Festigkeit des Holzes von der lichten Weite des Bohrloches und von dem Wasserdrucke ab. Keineswegs darf man aber diese Stärke auf die kleinsten Dimensionen beschränken, weil das Holz während des Gebrauches der Röhre leidet, indem es mit der Zeit vom Wasser angegriffen und verzehrt wird. Man macht die Wandstärke dem Durchmesser des Bohrloches gleich; dieser ergibt sich, wie man sehen wird, aus der nöthigen Wassermenge und dem vorhandenen Gefälle. Hienach beurtheilt man, wie stark die Stämme sein müssen, welche verwendet werden können. Sind die Röhren aber einem grossen Wasserdrucke ausgesetzt, so muss man der Wand eine noch grössere Stärke geben, als erwähnt wurde. Gerstner gibt an, dass bei den Wasserleitungen in Prag sich die Weite der Röhren in sechs Jahren um 3 bis 4 Zoll vergrössert, und die Wandstärke sich dadurch so sehr vermindert hat, dass die Röhren nach der erwähnten Zeit, namentlich an jenen Stellen, wo sie einem Drucke von 80 Fuss ausgesetzt waren, erneuert werden mussten. Bei einem solchen und auch geringeren Wasserdrucke ist das Durchdringen des Wassers durch die Röhrenwand bedeutend, wesshalb es räthlich ist, die hölzernen Röhren in ein Thonbett zu verlegen, welches das anfängliche Durchdringen des Wassers zwar nicht verhindert, aber durch die Thonumhüllung dem durchgedrungenen Wasser ein Hinderniss bietet und ausserhalb der Röhre einen Gegendruck bildet.

Am häufigsten wendet man zur *Zusammensetzung hölzerner Röhren* die auf Taf. XXV, Fig. 297 a und b in der Seitenansicht und im Durchschnitte dargestellte Verbindungsart an. Die Höhe der konischen Zuschärfung ist 1 ½ bis 2mal so gross, als der äussere Durchmesser der Röhre. Um das Aufspalten der Röhre zu verhindern, wird ein eiserner Ring, der ⅓ bis ½ Zoll stark sein muss, angetrieben und zur Dichtung der Fugen entweder ein Oelkitt verwendet, der jedoch meist nicht auf dem nassen Holze haftet, oder

was besser ist, dieser Zapfen mit getheerter Leinwand umwunden.

Eine andere Verbindungsart ist in Fig. 298, Tafel XXV dargestellt. Die Röhren sind stumpf abgeschnitten; jede erhält an einem Ende einen Zapfen und an dem andern ein Zapfenloch. Der Zapfen wird kleiner, als das Zapfenloch weit ist, zugeschnitten und mit getheerter Leinwand umwickelt, sodann treibt man ihn an, und wenn auch das Wasser durchsickert, so bildet sich durch die Ausdehnung des Holzes doch bald ein dichter Schluss. Die Länge des Zapfens ist 4 bis 6 Zoll, und die Röhre, worin das Zapfenloch sich befindet, wird durch einen eisernen Ring gegen das Aufspalten gesichert.

Die sicherste und beste Verbindungsart hölzerner Röhren besteht darin, dass man sie an beiden Enden stumpf abschneidet und je zwei derselben durch eine eiserne Büchse Fig. 299 a und b, Taf. XXVI verbindet. Damit die Büchse nicht in eine Röhre allein eindringe, ist in der Mitte derselben ein vorstehender Rand; sie soll 3, auch 4 Zoll tief in jedes Röhrenstück eingreifen und einen solchen Durchmesser haben, dass sie in die Mitte der Röhrenwand trifft. Ihre Stärke beträgt neben dem vorstehenden Rande ungefähr ½ Zoll. Diese zwar kostspielige Verbindungsart empfiehlt sich durch ihre Dauer und Solidität.

*Um Abzweigungen herzustellen,* wendet man die in Fig. 300, Taf. XXVI dargestellte Verbindung an, gleichviel, ob dieselben unter einem rechten oder unter einem spitzen Winkel abgehen. Auch kann man Abzweigungen durch Anwendung der vorerwähnten eisernen Büchsen bewirken, wenn sie an einer Seite etwas verlängert werden. Am sichersten werden jedoch Biegungen und Abzweigungen hergestellt, wenn man gusseiserne Verbindungsstücke anwendet. Die Befestigung derselben an die hölzernen Röhren geschieht, indem sie in letztere hineingeschoben werden, und der Zwischenraum durch in Theer getränkte Holzkeile gedichtet wird. Damit sich hiebei die Röhre nicht spalte, muss sie ebenso, als wenn eine hölzerne Röhre hineingeschoben würde, von einem eisernen Ringe umgeben sein. Mittelst solcher gusseisernen Verbindungsstücke kann man auch hölzerne und gusseiserne Röhren mit einander verbinden.

*Das Verlegen der Röhren* muss immer in einer solchen Tiefe geschehen, dass der Frost und die Hitze nicht mehr nachtheilig auf das Wasser einwirken können. Im Allgemeinen wählt man in unseren Ländern hiezu eine Tiefe von 3 bis 4 Fuss. In Paris legt man die Röhren mindestens 1 Meter tief, in England wählt man ungefähr dieselbe Tiefe, im nördlichen Deutschland versenkt man sie bis auf 5 Fuss. In Berlin waren die Röhren ursprünglich 3 Fuss tief verlegt, und mussten, da das Wasser während eines strengen Winters in ihnen gefroren, tiefer verlegt werden. Röhren, welche die Soole führen, liegen oft ganz unbedeckt auf dem Boden; hier verhindert der starke Salzgehalt das Einfrieren derselben. Eine weitere Rücksicht, die man beim Legen der Röhren zu nehmen hat, bezieht sich auf die Tragfähigkeit des Bodens; denn besonders in Städten können die Röhrenstränge, wenn sie nicht sehr tief verlegt werden, durch die Erschütterungen der darüber fahrenden Fuhrwerke leiden und undicht werden. Endlich muss man noch darauf sehen, dass die Röhre nicht mit animalischen oder vegetabilischen Stoffen in Berührung kommt, weil solche vorzugsweise die Bildung des Schwammes verursachen. Sand, Lehm oder Thon eignen sich am besten zur Bedeckung der Röhren. Hölzerne Röhren werden ohne besondere Untermaurung in die Erde verlegt. Man hebt in der Richtung des Röhrenstranges einen entsprechend engen Graben in der Tiefe aus, dass seine Soole zugleich das Bett für diesen bildet, verlegt sodann die Röhren und füllt den Graben wieder aus.

Wichtig ist es, jede einzelne Röhrenstrecke, bevor sie wieder mit Erde verschüttet wird, in Hinsicht ihrer *Wasserdichtigkeit zu prüfen.* Hiezu wird in die äussere Oeffnung der zuletzt verlegten Röhre ein hölzerner Pflock eingetrieben und der Zufluss des Quells oder Bassins nach der Leitung eröffnet; findet kein Ausspritzen oder Hervorquellen des Wassers an den Verbindungsstellen oder durch die Röhrenwände statt, so kann dieser sodann als wasserdicht angesehene Theil des Röhrenstranges verschüttet werden.

Auch dürfen in hölzernen Leitungen die *Luftspunde* keineswegs fehlen; durch sie findet man schadhafte Stellen, und sie dienen auch zur Reinigung der Röhren. Sie sind ganz primitiv und einfach; man bohrt beiläufig alle 100 Fuss die Röhren an, schlägt diese Löcher durch hölzerne Pfropfen zu und bezeichnet die Stellen, wo sie sich befinden, an der Erdoberfläche. Bei Anfüllung der Röhrenleitung sind alle diese Löcher geöffnet; sobald aber das Wasser, nachdem es den ganzen Querschnitt der Röhre gefüllt, aus den Bohrlöchern herausfliesst, so werden in demselben Masse nach und nach die Pflöcke eingetrieben. Zeigt sich später eine merkliche Abnahme der zugeführten Wassermenge, so gräbt man die Stellen, wo sich die Spunde befinden, auf, und schlägt diese heraus, wo man sodann durch die grössere oder mindere Stärke des Hervorquillens des Wassers erkennt, in

welcher Strecke der Schaden zu suchen ist, welcher Theil der Leitung sodann ganz aufgegraben und der entdeckte Leck durch Eintreiben von Hanf oder Werg verstopft werden muss.

Ist jedoch die Röhre verstopft, was häufig durch eingenistetes Wurzelwerk geschieht, so ist zur Reinigung der Röhre die Anbringung von rechteckigen, bei 3 Fuss langen Schlitzen, Fig. 301 a und b, Taf. XXVI, welche durch keilförmig zugeschnittene Klötze Figur 301 c geschlossen werden, besser. Durch diese Schlitze lassen sich lange flexible Stangen, aus zähen Ruthen von Haselnuss, Eschen oder andern Holzarten, oder auch aus Draht, nach der einen wie auch nach der andern Seite einschieben, und die Röhre hiedurch reinigen.

Statt der Luftspunde kann man auch vertikale Luftröhren, welche bis über das Niveau des Speisebassins hinaufreichen, mit der in Fig. 300, Taf. XXVI bezeichneten Verbindungsart anbringen.

Es ist noch einer in Frankreich patentirten, ganz neuen Herstellungsart von Holzröhren zu erwähnen, deren Güteerprobung freilich noch nicht lange genug an den Prüfstein der Erfahrung gehalten ist. Die Firma Trottier Schweppe et Comp. in Angers hat mechanische Bohrungen eingerichtet, und zwar wird mit vertikal stehenden Bohrern von ringförmiger Schneide, die sich um ihre Achse drehen, und über welchen der Holzstamm ebenfalls vertikal steht, um durch seine eigene Last sich an der eindringenden Säge herabzubewegen, ein massiver Kern ausgeschnitten, der dann wieder für eine Röhre von engerem Kaliber gebraucht wird. Mag hiemit eine vortheilhaftere Benutzung des Holzes erreicht werden, und die Maschinenarbeit jedenfalls Vorzüge vor dem Handbohrer gewähren, so ist es doch der zweite Theil des Patentes, der unsere Aufmerksamkeit noch mehr in Anspruch nimmt. Die Röhren werden in hohe, mit heissem Steinkohlentheer gefüllte Kessel gestellt, so dass nur ein kleines Stück oben aus der Flüssigkeit herausragt, und einige Stunden lang darin erhalten, bis Feuchtigkeit und Luft entwichen sind; dies wird einige Male wiederholt, und endlich werden sie bei noch klebrigem Zustande des Steinkohlentheers in Sand gerollt, wodurch sie sowohl an Festigkeit als gutem Ansehen gewinnen. Die hölzernen Röhren sind die wohlfeilsten in ihrer ersten Anlage, werden aber wegen der vielfachen misslichen Reparaturen so vertheuert, dass sie mehr und mehr einem anderen Material Platz machen müssen. Vielleicht ist das Verfahren von Trottier Schweppe im Stande, ihren gesunkenen Credit wieder zu beleben.

### Thönerne Leitungsröhren.

§. 58.

Die Fabrikation der thönernen Röhren hat einen mächtigen Aufschwung durch deren so häufig gewordenen Gebrauch zur Drainage erfahren. Dort ist aber auf Kosten der sorgfältigen Arbeit die möglichst wohlfeile Erzeugung das Hauptaugenmerk, während die Fabrikation der eigentlichen Wasserleitungsröhren kein Mittel versäumen darf, ein möglichst vollkommenes Produkt zu erhalten. Ein erstes Erforderniss derselben ist die Dichtigkeit, mit welcher unter Voraussetzung ganz gleichartiger Verarbeitung der Masse, Festigkeit gegen Stoss u. s. w. Hand in Hand geht. Die Befreiung des Thons von allen gröberen und wenig bindenden Theilen, vollständige Mischung fetten Thons mit magerem Thon und Sand in erfahrungsmässig erprobtem Verhältnisse, ferner Verarbeitung bei möglichst geringem Wasserzusatz, Austreiben der Luftblasen durch Schlagen, sowie Formen mittelst starker Pressen und nicht durch Handarbeit, endlich sehr langsames, aber gehöriges Trocknen vor dem Brennen, um im Brande das Bersten zu vermeiden, sind die Grundbedingungen, von welchen die Erzeugung recht fester Röhren abhängen. Die Einzelnheiten der Arbeit gehören in die Lehre von den Thonwaaren und es muss hier darauf verwiesen werden. Jedenfalls müssen die Röhren, wenn es nur möglich, aus einem Stück gemacht werden, da Ansätze jeder Art durch Anmodeln mittelst feuchten Thons hergestellt, immer Anlass zu Brüchen geben. Glasirte Röhren geben weniger Anlass zum Entstehen von Pflanzen oder erdigen Ablagerungen, als unglasirte, innen rauh bleibende. Die ersteren würden sich vorzugsweise durch ihre Wohlfeilheit, Dauerhaftigkeit und dadurch, dass sie dem Wasser keinen Beigeschmack geben, sehr empfehlen, wenn nicht ihre Zerbrechlichkeit, zum Theil auch ihre geringe Stärke, die bedeutenden Schwierigkeiten beim Verlegen und die zu geringe Nachgiebigkeit bei Temperatur-Veränderungen, ihre Anwendung wesentlich beschränkte. Dennoch findet man sie bei kleineren Leitungen oft angewendet.

*Die Verbindung der einzelnen Thonröhren* geschieht entweder in der Weise, dass jede Röhre an einem Ende einen weiten Hals erhält, in welchen das Ende der folgenden Röhre eingreift, Taf. XXVI, Fig. 302 a, b, oder durch eigens erzeugte thönerne kurze Röhrenstücke, deren innerer Durchmesser etwas grösser als der äussere der Röhre ist, sogenannte Ringe oder

Muffe, Fig. 302 c, welche die Fugen der stumpf an einander gestossenen Röhren übergreifen und wie auch bei der ersteren Verbindungsart durch eigene Kitte gedichtet werden. Es gibt verschiedene Arten solcher Dichtungsmittel, als: Baumwollwatte oder Filz mit heissem Unschlitt getränkt, Harzkitte, Oelkitte; jedoch hat die Verkittung mit hydraulischem Kalk fast alle anderen Verkittungsarten verdrängt. Dieser wird in den erweiterten Hals oder in die Muffe gestrichen, und gewöhnlich auch davon über die ganze Fuge äusserlich eine Wulst angelegt. Die Wohlfeilheit, die kurze Erhärtungsdauer, die sichere Dichtung sind die entschiedenen Vortheile dieser Dichtungsmethode. Bei Anwendung der Kitte darf man nicht übersehen, dass gewöhnlich etwas von der Masse derselben in die Röhre eindringt; es ist daher vor der Verkittung ein Wischer hinter die Kittstelle einzuschieben, durch dessen Ausziehung der immer anhängende Kitt entfernt wird.

Ueber die *Dauer der Thonröhren* kann man nur Gutes berichten. Es sind solche noch aus den Römerzeiten ganz wohlerhalten gefunden worden. Versuche haben bewiesen, dass sorgfältig gearbeitete Thonröhren einen selbst bedeutenden Wasserdruck auszuhalten im Stande sind. Die einzelnen Röhrenstücke können nur 3 bis 4 Fuss lang gemacht werden, sind aber, da sie sich vor dem Brennen und Trocknen leicht etwas biegen lassen, bequem in Krümmungen herzustellen. Im Falle eines Bruches in der Nähe des erweiterten Halses muss bei dieser Verbindungsart die ganze Röhre ersetzt werden, und abgefallene cylindrische Röhrenstücke beim Bedarf kürzerer Röhren können nicht verwendet werden. Diese beiden Uebelstände fallen bei der zweiten Verbindungsart durch Muffe, wo jedes beliebige Röhrenstück in die Leitung eingefügt werden kann, weg. Unter den Verbindungsstellen sollen Steinlager, wenigstens eine festgestampfte Kiesausfüllung, die das Sinken der Röhren hindert (im lockeren Erdreich längs der ganzen Leitung) angebracht werden.

Um thönerne Röhren einem grossen Wasserdruck widerstandsfähig zu machen und sie gegen Zerbrechen durch einen Druck von aussen zu sichern, pflegt man sie zuweilen förmlich einzumauern, so dass sie wirklich nur die innere Wand der nun gemauerten Röhrenleitung bilden. Es vermehren sich aber dadurch so sehr die Kosten, dass der Vorzug der Wohlfeilheit im Vergleiche zu eisernen Röhren ganz wegfällt. Diese gemauerte Umschliessung bildet jedoch hiebei den Haupttheil der Leitung, so dass man die gebrannte Röhre ganz entleeren und nur kleine Canäle herstellen könnte. Fleuret hat solche Canäle von Steinen allein mittelst eines schnell erhärtenden Mörtels gebaut. Er bediente sich dabei eines hölzernen Cylinders, dessen Durchmesser der beabsichtigten Röhrenweite entsprach; derselbe wurde von dem mit kleinen Steinen gemengten Mörtel umgeben, und dann soweit vorgezogen, dass er noch zum Theil in dem bereits fertigen Theile der Röhre stecken blieb, wodurch sich die Fortsetzung an diesen immer genau anschloss. Die Fig. 303, Taf. XXVI stellt den Querschnitt einer solchen Röhre dar.

*Porcellan-* oder *Steingutröhren* wendet man auch statt der thönernen an. Diese bewähren sich in soferne sehr gut, als sie fest sind und einen bedeutenden Wasserdruck aushalten, oder im Verhältniss einer geringeren Wandstärke bedürfen. Man gibt ihnen gewöhnlich zur Wanddicke den vierten Theil der lichten Weite. Beim Verlegen muss man sehr vorsichtig sein, und ihnen wo möglich ein gemauertes Fundament geben. Die Verbindung der einzelnen Röhrenstücke geschieht in derselben Weise, wie bei den thönernen. Ihre Anwendung ist aber nie allgemein geworden, und wahrscheinlich wird der vergleichsweise höhere Preis noch lange ein Grund gegen ihren allgemeinen Gebrauch bleiben.

### Leitungsröhren aus Stein.

§. 59.

Ein hervorragendes Beispiel von steinernen Röhren findet sich in Dresden. Man hatte zur Zeit, als sich das Bedürfniss einer neuen städtischen Wasserleitung einstellte, erkannt, dass eine kleinere mit Steinröhren versehene Strecke 23 Jahre, und eine andere 10 Jahre lang keine Reparaturen nöthig machte. Auf solche Gründe hin wurde eine steinerne Leitung beschlossen. Dieselbe wurde in den Jahren 1841 und 1842 gelegt, beträgt fast 111000 Fuss Länge und liefert täglich bei 400000 Kubikfuss Wasser. Die Gesteinsart ist der Sandstein vom Königsstein bei Dresden.

Es können Röhren erzeugt werden von 3 bis 11 Fuss Länge, jedoch ist es vortheilhaft, die Röhren mit kleinerem Durchmesser in Stein auszuführen, weil diese von mehr als 8 Zoll innerem Durchmesser, wenigstens eben so theuer zu stehen kommen, als gusseiserne Röhren.

Da sich die erwähnten älteren Wasserleitungen zu Dresden zwar nicht rinnend, aber etwas schwitzend zeigten, trachtete man, die Porosität des Sandsteins durch Anstrich mit Oelkalkkitt zu vermindern. Der Ingenieur Blochmann, welcher die Bohrung und das

Legen der Röhren übernommen, hat auch mit dünner Cementbrühe durch starken Druck von der Innenseite die Röhren zu imprägniren gesucht, und sie darüber ebenfalls mit Oelkalkkitt angestrichen, so dass sie vollkommen wasserdicht wurden. Ueberhaupt lässt sich Sandstein auch durch Kochen in Steinkohlentheer sehr leicht dicht machen. Wenn nicht vielleicht allzu langes Andauern des Theergeruches und Mittheilung eines Beigeschmacks an das Wasser sich als Hinderniss dieses Dichtungsmittels ergeben, so wird es sich gewiss auch im vorliegenden Falle bewähren. Es ist zu empfehlen, jede Röhre, ehe sie gelegt wird, zu prüfen, ob sie wenigstens den 1½- bis 2fachen inneren Druck, dem sie in der Leitung selbst unterworfen sein wird, aushält. Bei innerem Durchmesser bis zu 3 Zoll fand man 2 Zoll Wandstärke, bei 6 Zoll Durchmesser 3 bis 4 Zoll Wandstärke hinreichend. Die Proben erwiesen jedoch, dass sich die Röhren nicht gleich verhalten, weil das Gefüge der einzelnen Masse, wenn auch aus gleichem Steinbruch, doch nie ganz gleich ist.

Manchmal legt man sie auf gemauerte Fundamente, die nach der Form der Röhre abgeglichen sind; gewöhnlich aber liegen sie nur auf Unterlagen, die sich bei den Zusammenstossungs-Fugen befinden. Die Stossfugen sind gewöhnlich 2 bis 3 Zoll tiefe Erweiterungen an einem Ende der cylindrischen Bohrung und ein eben so langer vorspringender, kreisrunder Zapfen am anderen Ende der Röhre, während der äussere Querschnitt der Röhre selbst ein Quadrat ist. Die Dichtung der Fuge geschieht mit gewöhnlichem Leinölkitt oder auch mit andern Kitten, welche wegen der rauhen und festen Oberfläche des Materials sehr gut haften.

Hagen empfiehlt nicht die steinernen Röhren zu Wasserleitungen, weil ihre Zerbrechlichkeit, ihre nicht vollständige Wasserdichtigkeit und ihre Beeinträchtigung durch den Pflanzenwuchs ihnen zum Vorwurf gereichen, und führt auch die verunglückte Anlage solcher Leitungen in Manchester und die der Grand-Junction-Wasserleitung in London als warnendes Beispiel dafür an.

Die Steinbohrmaschinen zur Erzeugung solcher Röhren haben verschiedene Einrichtung. Es hat sich Champonois in neuester Zeit eine solche patentiren lassen, bei welcher der Bohrer vertikal und fest mit der Scheide nach oben gewendet steht, während der Stein, der in einen Rahmen gespannt, sich darüber befindet, sich dreht und vermöge seines eigenen Gewichtes zugleich die Bewegung abwärts macht.

## Cementröhren.

§. 60.

Die Industrie der Herstellung von Cementröhren ist noch zu neu, um ein sicheres Urtheil über deren Werth begründen zu können. Man hat einzelne Leitungen aus diesem Material in der Schweiz seit mehr als 10 Jahren beobachtet, und sie bis jetzt unschadhaft gefunden.

Der officielle Bericht der internationalen Jury über die Weltausstellung von 1855 spricht sich über die Cementröhren sehr vortheilhaft aus; es seien über 200.000 Meter solcher Röhren in Valence, Grenoble, Romans, Chambery, Annecy, Philippeville und Setif mit vollständig gutem Erfolge angewendet worden. Es sollen sich keine kalkartigen Niederschläge aus dem Wasser darin bilden.

Nach Untersuchungen von Vendre sollen 48 Monate alte Cementröhren den Druck einer Wassersäule von 266 Meter Höhe ausgehalten haben. Das Herstellen der Röhren für den Handel geschieht häufig durch Guss in Formen, worin das Erstarren der breiartigen Masse sehr bald erfolgt. Eine deutliche Vorstellung von dem Verfahren, das natürlicher Weise vielen Modifikationen unterliegen kann, gibt die Beschreibung eines bairischen, auf den Namen Karlinger ausgestellten Patents.

Fig. 304 a, Taf. XXVI zeigt einen senkrechten Durchschnitt des Apparats. aa ist eine cylindrische Blechhülse von der Dicke der Röhre, die hergestellt werden soll; sie ist mit Griffen b b versehen und steht auf einem Holze c, dessen Boden eben ist, dessen obere Seite aber in der Mitte eine fast halbkugelige Form hat, in welche eine cylindrische Vertiefung eingebohrt ist, worein der Holzstab d gerade passt, der die Dicke des Röhrendurchmessers hat. Die Blechhülse a ist mit feuchter Leinwand F umwickelt, und über diese Umwicklung legt sich eine weitere Hülse g, in die das Holz c unten eingeschoben ist, an. Diese Hülse besteht aus zwei kanalartigen Hälften, welche mit einigen Schnüren umwickelt werden. In den Zwischenraum zwischen d und a giesst man den Brei aus gleichen Theilen Cement und Sand mit der geeignet gefundenen Wassermenge, schüttelt den Apparat ein wenig, dass sich der Brei überall anlege, und dreht den Stab d einige Male um seine Achse. Der Theil h, welcher die Stelle einer Schablone versieht, dient dazu, das obere Ende der Röhre zu formen, indem man ihn über den Stab schiebt und auf den Cementbrei dreht, bis sich ein halbkugeliger Vorsprung

gebildet hat. Die Vertiefung am unteren und der Vorsprung am oberen Ende der Röhren werden eine Anstössfuge zweier neben einander liegenden Röhren hervorbringen, wie eine solche in Fig. 304 b, Taf. XXVI zu ersehen ist. Die Masse in der Hülse a erstarrt bald so sehr, dass letztere mittelst der Henkel b ausgezogen werden kann, um zu weiteren Formen zu dienen. Die Leinwand F und die äussere Hülse g geben dem erstarrenden Teige Halt genug. Leider konnte Bolley, woraus diese Notizen geschöpft sind, nichts über die Grösse des Durchmessers und die hiezu nothwendige Wandstärke angeben.

Man hat auch begonnen, Cementröhren, ähnlich den Thonröhren zu pressen. Dem Uebelstande zu schnellen Erhärtens begegnet man dadurch, dass man kurze Zeit offen gestandenes Cementpulver, das langsamer bei der Anmachung mit Wasser erhärtet, dazu verwendet.

Bei der Leichtigkeit, mit welcher das Formen geschieht, und bei der Schnelligkeit des Erstarrens des Cementbreies, kann das Verfahren der Gebrüder Born in Erfurt als ein durchaus rationelles angesehen werden. Nach diesem wird nur der Cement an Ort und Stelle geführt, da sich der Transport der fertigen Röhren, die ohnedies dabei nur leiden, wegen des geringeren Gewichtes, das der Cement hat, weil Wasser und Sand beim Formen hinzugekommen sind, ziemlich hoch stellt. Das Herstellen der Röhren wird dann in dem für die Leitung ausgehobenen Graben selbst bewirkt. Das Verfahren ist folgendes: In diesem Graben werden in Entfernung von 6 Fuss von einander zwei Brettchen aufgestellt, die in der Mitte ein Loch haben, das so weit ist, als der innere Durchmesser der zu erzeugenden Röhre. Durch diese beiden Löcher wird der Dorn, ein etwa 8 Fuss langer cylindrischer Holzstab, gesteckt und nivellirt. Die Brettchen sind viereckig und so breit, dass ihre vertikalen Seiten zur Anlegung zweier 6 Fuss langen Bretter dienen, deren Entfernung von einander der Dicke der Cementröhre entsprechen soll. Man füllt zwischen diesen beiden Längenleisten den angemachten Cement, sorgt, dass die Stelle unter dem Dorn gut ausgefüllt werde, und trägt so viel auf, dass der Dorn einige Zoll tief eingebettet liegt. Den Dorn selbst dreht man einige Male um. In wenig Minuten ist die Masse erstarrt, der Dorn kann ohne Nachtheil ausgezogen werden, worauf man die Seitenleisten und die Stirnbrettchen beseitigt. Von den letzteren wird für die Herstellung eines zweiten Röhrenstückes nur noch eines gebraucht, indem die Oeffnung des fertigen Röhrenstückes auf der einen Seite als Lager für den Dorn dient und die Arbeit hiebei ist ganz dieselbe, wie für das erste Röhrenstück. Mit Ausschluss der zur Aushebung des Grabens erforderlichen Arbeit sollen ein Arbeiter und ein Gehülfe in 2½ Tagen 130 Röhren zu legen im Stande sein.

Gasparin gibt folgende Methode zur Herstellung solcher Gussröhren an: Man nimmt einen beiläufig 3 bis 4 Klafter langen Schlauch von Guttapercha, welcher zum äusseren Durchmesser den inneren der Gussröhre hat; füllt diesen Schlauch mittelst einer Pumpe mit Wasser stark an und umhüllt denselben in entsprechender Dicke mit Cement. Hierauf lässt man, bevor der Cement vollends erstarrt ist, Wasser aus dem Schlauch, zieht ihn (jedoch nur so weit, dass noch ein Theil des Schlauches in der fertigen Röhre bleibt) vorwärts, pumpt den Schlauch wieder mit Wasser voll und verfährt mit der Herstellung der Gussmasse wie früher.

### Guttapercha-Röhren.

§. 61.

Diese Röhren dienen wohl vorzugsweise nur in technischen Etablissements zur Leitung von Flüssigkeiten. In Brauereien, chemischen Fabriken u. s. w. sieht man sie nicht selten in sehr zweckmässiger Anwendung, und in letzteren namentlich sind sie wegen der Indifferenz des Materials gegen Säuren sehr schätzenswerth. Sie haben für Wasserleitungen den grossen Vorzug gegen jene aus anderem Material, dass sie sich beliebig biegen lassen. Ihre Brauchbarkeit wird aber beeinträchtigt durch die Gefahr, von Thieren angefressen zu werden.

Die Stärke der Guttapercha-Röhren ist grösser, als man erwarten sollte. In Birmingham hat man Röhren von ¾ Zoll Durchmesser und ⅙ Zoll Wandstärke, während eines ganzen Monats dem Drucke einer Wassersäule von 200 Fuss Höhe ausgesetzt, ohne dass sie im mindesten litten. Die gleichen Röhren unterwarf man dann dem Drucke einer Pumpe, der auf den Quadratzoll 337 Pfund englisch betrug; dieselben dehnten sich ein wenig aus, aber ohne zu bersten, und zogen sich nach Aufhören des Druckes wieder zusammen.

### Gläserne Röhren.

§. 62.

Man hat gläserne Röhren in Böhmen angewendet. Sie sind ganz cylindrisch ohne irgend eine Erweiterung. Aeusserlich überzieht man sie mit Asphalt,

und ihre Verbindung geschieht durch einen Metall-Muff, der über die stumpf anstossenden Röhren geschoben ist. Das Metall ist eine Legirung von Blei und Zinn, das vermöge seiner Weichheit an den Asphaltüberzug dicht angelegt werden kann. Von andern ausgedehnteren Versuchen mit solchen Leitungen in Europa ist nichts bekannt; dagegen sollen in Nordamerika überall, wo es sich um Röhren von geringem, d. i. von beiläufig einen Zoll haltendem Durchmesser handelt, gläserne Röhren häufig angewendet sein.

### Bleiröhren.

§. 63.

Bleiröhren werden in der Regel nur von kleinerem Durchmesser zu Vertheilungen, welche an die Hauptleitung seitwärts angesetzt werden, gebraucht. Ihr zwar etwas hoher Preis ist gegenüber den Vortheilen, welche sie bieten, leicht zu übersehen. Diese sind: dass sie einen starken Wasserdruck aushalten können, sowohl an sich sehr wasserdicht sind, als auch in den Stössen, wo sie zusammengelöthet werden. Man kann sie sehr leicht biegen und die Leitung bequem in Krümmungen oder um Ecken führen; endlich kommt es bei ihnen auch wenig auf eine gesicherte Lage an, indem Stösse und Erschütterungen ihnen nicht schaden, und sie leiden auch nicht, wenn sie auf einem nachgiebigen Boden liegen.

Die Bleiröhren werden durch Ziehen erzeugt, ähnlich wie der Draht gezogen wird, mit dem Unterschiede jedoch, dass ein eiserner Dorn, dem inneren Durchmesser entsprechend, in das Blei eingesetzt werden muss; oder in neuerer Zeit viel häufiger durch Pressen mittelst eines Apparates, der in seiner Wirkungsweise Aehnlichkeit mit der Thonröhrenpresse hat, indem die Bleimasse, in einen Presscylinder gefüllt, und durch eine enge Oeffnung mittelst des Presskolbens, an dem der Dorn angesetzt ist, herausgedrückt wird, womit das Rohr fertig hergestellt ist. Auf diese Weise können Röhren von sehr grosser Länge in einem Stücke hervorgebracht werden.

Man liefert auch Bleiröhren mit Zinnüberzug, und zwar sowohl durch Ziehen, als durch Pressen; derselbe soll jedoch nicht im Stande sein, die Corrosion des Bleies lange aufzuhalten.

In der chemischen Technik ist vielleicht keine Frage so voll von Widersprüchen, als die des Verhaltens des Blei's gegen Wasser. Dass das Trinken bleihaltigen Wassers auch bei äusserst geringem Bleigehalt die schädlichsten Folgen nach sich zieht, ist eine unbestrittene Thatsache. Unter welchen Umständen aber das Wasser metallische Bestandtheile aus bleiernen Leitungen aufnimmt, ist mit wünschenswerther Sicherheit noch nicht ermittelt. Einerseits ist bekannt, dass alle die kleineren Vertheilungsröhren der grossen städtischen Wasserleitungen, da, wo es üblich ist, das Wasser in die Wohnungen zu führen, aus Blei bestehen und nirgends an den vielen Orten: London, Manchester, Genua, Rom, Lüttich, Boston, Paris, New-York u. s. w. konnte man, was doch der Fall sein müsste, Nachtheile von dieser Einrichtung entdecken. Andererseits sind Beispiele nicht gerade selten, dass man schädliche Folgen durch Trinkwasser eintreten sah, welches Blei aus Leitungen aufgenommen hatte. Zu Claremont z. B., dem Landsitze in England, auf welchem die Familie des exilirten Königs Louis Philipp lebte, waren Erkrankungsfälle vorgekommen, die anfangs den Verdacht absichtlicher Vergiftung erregten, sich aber bald, als durch den Genuss von in Bleiröhren geleitetem Trinkwasser entstanden, herausstellten.

Es ist festgestellt, dass das Wasser unter gewissen Verhältnissen Blei aufnimmt und giftig wird.

In dieser Hinsicht sind folgende praktische Regeln sehr beachtungswerth:

1. Ohne vorhergegangene chemische Untersuchung des Wassers soll man für Waserleitungen auf grössere Strecken keine Bleiröhren anwenden.

2. Je reiner das Wasser ist, d. h. je weniger dasselbe salzige Bestandtheile enthält, desto grösser ist die Gefahr, dass es Blei auflöst.

3. Ein Wasser, welches blankes Blei matt macht, nachdem es einige Stunden über demselben gestanden, kann nicht wohl in Bleiröhren geleitet werden, wenigstens nicht ohne die Vorsichtsmassregeln, die später angegeben werden.

4. Gleiches gilt von einem Wasser, welches weniger als $^5/_{1000}$ an aufgelösten Salzen enthält.

5. Sind die aufgelösten Salze aber nicht kohlensaure oder schwefelsaure, so ist das angeführte Verhältniss nicht genügend, um die Corrosion des Bleies zu verhüten.

6. Ein Verhältniss von $^4/_{1000}$ an salzigen Bestandtheilen ist ungenügend, wenn die Salze salzsaure sind.

7. Wenn man sich von einem Wasser versichert hat, dass es das Blei der Leitungsröhren angreift, so kann man die nachtheiligen Folgen, welche daraus entstehen würden, vereiteln, wenn man die Röhren mit Wasser füllt, worin phosphorsaures Natron in dem Verhältniss von 1 : 25000 aufgelöst ist, und dasselbe mehrere Wochen darin stehen lässt. Sind in einem

Wasser mehr als $^{8}/_{1000}$ Theile Salze enthalten, und sind diese vorzüglich kohlensaure und schwefelsaure Salze, so können Bleiröhren ohne Nachtheil angewendet werden.

Die Wandstärke der Bleiröhren beträgt nach Génieys bei einer lichten Weite

von 1 Zoll 2 ½ Linien,
„ 2 „ 3 ¼ „
„ 3 „ 4 „
„ 4 „ 4 ½ „
„ 6 „ 5 ⅔ „

Hagen gibt an: Jardine in Edinburg beobachtete, dass eine Bleiröhre von 1 ½ Zoll Weite und ⅕ Zoll Wandstärke noch einem Wasserdrucke von 1000 Fuss widerstand, dass sie aber aufriss, sobald der Druck auf 1200 Fuss stieg. Eine andere Röhre von derselben Wandstärke, die jedoch 2 Zoll weit war, hielt noch einen Druck von 860 Fuss mit Sicherheit aus, und riss bei einem Drucke von 1000 Fuss. Hieraus ergibt sich, dass die obigen Wandstärken für alle in der Praxis vorkommenden Fälle ausreichen.

In der letzten (1862) Londoner Industrie-Ausstellung hat Lepan aus Lille zinnerne Röhren mit Durchmessern von 5 Millimetern bis 10 Centimetern ausgestellt. Zinnröhren sind den Bleiröhren entschieden vorzuziehen und haben gegen die verzinnten Bleiröhren den Vorzug, dass sie nicht, wie diese, durch die Abnützung der inneren Zinnschicht mit der Zeit gefährlich werden können. Die frühere Herstellungsweise solcher Röhren war kostspielig und nicht so vollkommen, wie die von Lepan, welcher die hiemit verbundenen Schwierigkeiten beseitigt hat und jetzt Röhren mit denselben Durchmessern, wie bei denen von Blei, um einen verhältnissmässig geringen Preis anzufertigen im Stande ist.

### Eiserne Leitungsröhren.

§. 64.

Fast ausschliesslich sind bei Wasserleitungen in der neuesten Zeit *gusseiserne Röhren* in Anwendung, obwohl man auch in letzterer Zeit *Röhren von Eisenblech* hiezu verwendete.

Unbestritten steht fest, dass für grössere Durchmesser die gusseisernen Röhren die einzigen sind, welche entsprechen, da die Röhren aus allen andern Materialien zur Erreichung der nöthigen Festigkeit in einer viel zu grossen Wandstärke hergestellt werden müssten. Die Anfertigung gusseiserner Wasserleitungsröhren von verschiedenen Dimensionen geschieht jetzt mit ausserordentlicher Vollkommenheit. Sie besitzen grosse Festigkeit und Wasserdichtigkeit, und dauern sehr lange. In England gibt es Röhren, durch die 100 Jahre das Wasser geleitet wurde, ohne dass eine Abnützung daran zu bemerken war, und in Frankfurt hat man beim Aufbrechen einer über 200 Jahre gelegenen gusseisernen Wasserleitung die Hälfte der Röhren noch brauchbar gefunden. Bei einem Wasserdrucke von 100 Fuss bedürfen dieselben auch nur diejenige Wandstärke, die eben zur Herstellung eines gleichförmigen Gusses nothwendig ist, und selbst für grösseren Druck und grossen Durchmesser brauchen sie auch nur eine verhältnissmässig geringe Wandstärke. Das merkwürdigste Beispiel hievon sind die 16000 Meter betragenden Wasserleitungsröhren der Stadt Madrid, die aus Mischungen von Gusseisen hergestellt sind, 1 Meter im Durchmesser und nur eine Wandstärke von $0.014$ bis $0.016$ Meter haben. Ferner haben gusseiserne Wasserleitungsröhren den Vortheil seltener Anstossfugen, da man die einzelnen Röhren bis zu durchschnittlich 12 Fuss Länge erzeugt, und in der Auswahl der Arten der Verbindungen und der Mittel zur soliden Dichtung der Fugen weniger beschränkt ist, als bei Röhren aus anderem Material. Es lassen sich auch leicht Zweigröhren, Schlammröhren und Luftspunde solid anbringen. Wegen der nur geringen nothwendigen Wandstärke sind sie so wenig kostspielig, dass mit Rücksicht auf die Erhaltung in den meisten Fällen ihre Anlage wohlfeiler ist, als die aller andern Leitungen.

Die grosse Wärmeleitungsfähigkeit des Gusseisens ist eine missliche Seite dieser Röhren, sie wird aber einigermassen aufgewogen durch das wohl gerechtfertigte Vertrauen auf ihre Dauerhaftigkeit, das erlaubt, sie tiefer zu legen, ohne eine grössere dadurch veranlasste Kostenvermehrung befürchten zu lassen, da das Wiederaufbrechen des Bodens wegen Reparaturen seltener vorkömmt. Aber ein anderer Uebelstand, der glücklicher Weise nur an wenigen Orten auftrat, und mit besonderen Eigenschaften des Wassers zusammen zu hängen scheint, ist der, dass in diesen Röhren sich zuweilen Concretionen anlegen, die den doppelten Nachtheil bringen, dass sie die Oeffnung verengern, und da sie vieles Eisen enthalten, die Röhrenwände angreifen. Ein Fall dieser Art, welcher grosses Aufsehen machte, ist jener von Grenoble. Eine im Jahr 1826 daselbst angelegte 3200 Meter lange Wasserleitung lieferte der Stadt in jeder Minute 1431 Liter Wasser; im Jahre 1833 nahm man, da allgemein über Abnahme des Wassers der Brunnen geklagt wurde, eine Messung vor und fand, dass nur 680 Liter durch die Leitung zugelassen

wurden. Die Untersuchung ergab, dass sich gelbgrünliche Knollen in den Röhren abgesetzt hatten, die zum Theil zolldick waren und aus Eisenoxydul, Eisenoxyd, Kohlensäure, Wasser und Kieselerde bestanden. Man fand in dem Wasser nichts, das diese auffallende Erscheinung erklärte, dagegen überzeugte sich Berthier, dass man auf grauem Gusseisen durch Zusatz einer kleinen Spur von Kochsalz und kohlensaurem Natron zum Wasser leicht solche Knollen hervorbringen könne, auf weissem Gusseisen jedoch schwerer. Vielleicht ist es die Eigenschaft des Eisens, der dieses Uebel zugeschrieben werden muss. Eigenthümlich ist es jedenfalls, dass auch an anderen Orten, an welchen man nichts Auffallendes in den Bestandtheilen des Wassers bemerkt hat, die gleichen Erfahrungen gemacht wurden, während gerade die grössten Wasserleitungen, wie die in London, Paris und an sehr vielen anderen Orten, die auch aus Gusseisenröhren bestehen, nichts Aehnliches bemerken liessen. In Dresden und Prag, von wo ähnliche Berichte wie über den Fall von Grenoble vorliegen, hat man nach Entfernung der ½ Zoll hohen warzenförmigen Ockerabsätze, die sich gebildet hatten, die Röhren an den betreffenden Stellen auf eine Linie tief zerfressen gefunden.

Als Mittel gegen diesen Einfluss des Wassers auf die Röhrenwände haben in Grenoble, Vicat und Gueymard einen Ueberzug von nicht zu magerem hydraulischen Kalk angewendet, der vollkommen entsprochen haben soll. Es wurde in das vorher sorgfältig gereinigte Rohr ein Pfropf von Kalkteig ungefähr so lang, als die Röhre weit ist, eingeschoben, sodann mit einer Art Kanonenwischer durch denselben gestossen und mehrere Mal die ganze Röhrenlänge durchgefahren. Nach dem Trocknen in 3 bis 4 Tagen wurde, was lose geblieben, durch einen ähnlichen Wischer entfernt. In England sollen die Eisenröhren innen und aussen, nachdem man sie erwärmt hat, mit Kalkmilch angestrichen werden. Man bringt zuweilen einen Steinkohlentheeranstrich auf den gusseisernen Röhren an, ähnlich wie es bei Gasleitungen geschieht, oder legt sie, auf 150° C. zuvor erhitzt, in Steinkohlentheer behufs des inneren sowohl als des äusseren Schutzes.

Seit einiger Zeit werden an mehren Orten *emaillirte gusseiserne Röhren* verfertigt und auch zu Wasserleitungen verwendet. Ohne Zweifel wäre die Vereinigung einer glasartigen, glatten, gegen das Wasser indifferenten Masse mit der festen eisernen Wand dasjenige, was der Mehrzahl der Forderungen an gute Wasserleitungen entspricht; allein man bemerkt nicht selten, dass der Schmelz zu spröde ist und springt, und der hohe Preis solcher Röhren wird ihnen noch lange den Weg zu allgemeinerer Verwendung versperren.

*Die Röhren können* je nach der Grösse und Wichtigkeit der Leitungen *in verschiedener Weise verlegt werden.* Am einfachsten ist es, die Röhren unmittelbar in den Erdboden zu verlegen, wozu man einen 3 bis 4 Fuss tiefen Graben aushebt. Hat die Strasse, wo die Röhren verlegt werden sollen, ein geringes Steigen oder Fallen, so muss man dies bei dem Nivellement der Leitung so weit als möglich auszugleichen suchen. Der Einschnitt oder der Graben muss auch eine hinreichende Breite haben, damit die Arbeiter bis auf die Sohle hinabkommen können, und ist die Röhre etwas stark, so ist diese Breite für die Verbindung der einzelnen Röhrenstücke nicht ausreichend und man muss sie dann an diesen Verbindungsstellen durch nischenförmige Einschnitte erweitern. Nach Verbindung der einzelnen Röhrenstücke wird die lagenweise aufgeschüttete Erde fest gestampft, ehe das Pflaster hergestellt wird. Es ist jedoch hiebei nothwendig, die Röhren an jenen Stellen, wo sie den Stössen darüber gehender schwerer Fuhrwerke ausgesetzt sind, durch kleine gemauerte Kanäle besonders zu schützen. Bei grösseren Leitungen geschieht es gewöhnlich, dass man die Röhren in eigens hiezu erbauten unterirdischen Gallerien theils auf hölzernen, theils auf steinernen Unterlagen, die etwa 4 Fuss im Mittel von einander entfernt sind, legt, oder auch durch eigene gusseiserne Träger tragen lässt. Eine solche Verlegung, welche für die Hauptleitungsröhren grosser Städte angewendet wird, gestattet, die Röhren von allen Seiten zu untersuchen, und wo es nöthig ist, die Fugen zu dichten und sonstige Reparaturen vorzunehmen.

## §. 65.

*Die Verbindungen der Röhren* sind sehr verschiedenartig und es sind viele Anordnungen hiezu vorgeschlagen worden, wovon jedoch nur jene, die sich durch die Erfahrung bewährt haben, und die der möglichsten Oekonomie entsprechen, hier beschrieben werden sollen.

*Bügelverbindung.* Diese Verbindung, welche früher sehr gebräuchlich war, wird jetzt fast nie mehr angewendet. Die Enden der Röhren hatten, Taf. XXVI, Fig. 305 a und b, einen vorstehenden Rand A, worin sich nach Massgabe der Weite der Röhre 4 bis 8 oder auch noch mehr Löcher befanden, durch die man eben so viele Schraubenbolzen einzog. Um aber

einen recht wasserdichten Schluss zu bewirken, hat man zuweilen diesen Rand nicht durch eine Ebene, sondern durch eine flach-konische Fläche begränzt. Zwischen diesen Rändern wurden Scheiben von getheertem Tuche oder Leder, oder besser eine bleierne Scheibe eingelegt, welche gehörig zugerichtet und an beiden Seiten mit Kitt oder Mennig bestrichen wurde. Es wurde hiedurch in Folge Anziehens der Muttern ein sehr dichter Schluss bewirkt, ohne dass die äusseren Ränder mit einander in unmittelbare Berührung gekommen sind. So fest die auf diese Art hergestellte Verbindung auch immer sein mag, so ist sie doch für einen längeren Röhrenstrang nicht zu empfehlen, weil derselbe viel zu steif ist, und durch diese Verbindung der Ausdehnung und der Zusammenziehung des Metalls keine Rechnung getragen wurde.

Legt man zwischen zwei Röhren Scheiben von ungleicher Dicke ein, so ist man bei dieser Verbindungsart im Stande, geringe Abweichungen von der geraden Richtung zu bilden.

Um bei ausschliesslicher Anwendung dieser Verbindungsmethode den Nachtheil der Ausdehnung zu vermeiden, bringt man in gewissen Entfernungen der Leitungen sogenannte Compensationsstücke an, die später beschrieben werden, bei denen sich der übrige Theil der Leitung je nach der Temperatur vorschiebt oder zurückzieht; doch ist dieses Mittel ungenügend und man hat desshalb die

*Muffenverbindung*, welche die gebräuchlichste von allen Verbindungsarten ist, angenommen. Jede Röhre erhält an einer Seite einen weiten Hals, in welchen das Ende der folgenden Röhre eingreift, wie es die Figur 306 a und b, Taf. XXVI zeigt. Auf solche Art greifen die Röhren 4 bis 6 Zoll in einander, und der freie Zwischenraum, dessen Weite beiläufig der Wandstärke der Röhre gleich ist, wird zur halben Länge mit getheertem aufgelockertem Tauwerk ausgefüllt und möglichst fest eingestampft, und sodann der noch übrig bleibende Theil dieses Zwischenraumes mit Blei ausgegossen, nachdem man die Mündung der Fuge mit Lehm verschmiert hat. Nach Erkaltung des Bleies schlägt man mit einem passenden Eisen in den Bleiring eine Furche, um den letzteren sowohl an die innere als an die äussere Röhrenwand anzutreiben und ihm dadurch die nöthige Wasserdichtigkeit zu geben. Dieser Schluss gewährt den Vortheil, dass der Röhrenstrang etwas Biegsamkeit behält und sich bei Temperaturveränderungen auch ein wenig ausdehnen und zusammenziehen kann. — Zuweilen hat die eine Röhre einen Ansatz bei b, die andere hingegen eine Rinne bei d, damit sowohl das eingestampfte Tauwerk wie auch der Bleiring einen besseren Halt erlangen.

Statt des geschmolzenen und eingetriebenen Bleies, das man zur festen Verbindung der in einander geschobenen Röhren verwendet, hat man sich in England kleinerer hölzerner Keile bedient, welche so eingetrieben wurden, dass der ringförmige leere Raum zwischen den Enden beider Röhren ganz damit ausgefüllt wurde. Diese Keile haben eine Dauer von 40 bis 50 Jahren gezeigt, und werden bei einem Wasserdrucke von 600 Fuss noch nicht herausgesprengt.

Bei der Muffenverbindung tritt der Uebelstand ein, dass eine einzelne schadhaft gewordene Röhre nicht herausgenommen und ausgewechselt werden kann, ausser wenn man jede Röhre nicht bis an das Ende, sondern nur bis zur Mitte des erweiterten Halses hinein reichen lässt, weil man sodann jede Röhre so weit nach einer Seite verschieben kann, dass sie auf der andern frei wird. Dieses Mittel ist jedoch nicht gebräuchlich, sondern man legt in Abständen von 100 bis 300 Fuss Röhren ohne die halsartige Erweiterung stumpf an einander, über welche ein gusseiserner, gewöhnlich glatter Muff, dessen Länge der doppelten Länge des gewöhnlichen erweiterten Halses und dessen Durchmesser dem des Halses gleich ist, so geschoben wird, dass die Stossfuge dieser beiden Röhren in der Mitte dieses Muffes zu liegen kommt, worauf man an beiden Seiten des Muffes dieselbe Richtung wie bei den andern Stössen bewerkstelligt. Wird es nöthig, eine Röhre auszuwechseln, so muss man bis zur nächsten Stelle, wo ein solcher Muff sich befindet, die Röhren aufnehmen; doch zieht man es in den meisten Fällen vor, die schadhafte Röhre zu zerschlagen, und dafür eine andere ohne erweiterten Hals einzusetzen, und diese mittels eines solchen Muffes mit der nächsten zu verbinden. Die Fig. 310 a und b, Taf. XXVI zeigt im Längen- und Querschnitt die Anwendung eines solchen, jedoch nicht, wie früher erwähnt, glatten, sondern mit Ringen versehenen Muffs. Hätte man zwei Röhren T und T mit den Enden zu verbinden, woran sich Randverstärkungen b befinden, so schiebt man, bevor eine der Röhren gelegt wird, den Muff M darüber. Die besagten Randverstärkungen sind jedoch nicht unumgänglich nothwendig, um eine gute Verbindung herzustellen. Auf dieselbe Weise kann man zwei in passender Länge abgeschnittene Röhren mit einander verbinden. Man bedient sich auch der Muffen mit Ringen, wenn die Röhren in geringen Ausdehnungen geborsten oder zerbrochen sind, und die Reparatur geht dann ohne Wegnahme von Röhren vor sich.

In Fig. 307 a und b, Taf. XXVI sieht man eine Verbindung, bei welcher es sehr leicht ist, ein beschädigtes Rohr herauszunehmen, ohne, wie früher, ein grösseres Stück der Leitung dadurch berühren zu müssen. Wie aus der Figur ersichtlich, haben die Enden T und T′ vorspringende Ränder, welche aussen konisch geformt sind und innen eine ebene ringförmige Fläche bilden. Zwischen diesen beiden Rändern wird eine Bleischeibe a gelegt und die Ränder selbst werden durch einen zweitheiligen Muff M, dessen Innenfläche auf die äussere Form der Röhrenränder passt, überdeckt; man setzt die beiden Theile des Muffes zusammen und verbindet sie mittelst Schraubenbolzen c fest mit einander. Nach Massgabe, als sich die beiden Theile des Muffes nähern, treten auch die beiden Ränder näher zusammen und pressen die Scheibe a, welche die Dichtigkeit der Fuge bildet.

Eine andere, der vorbeschriebenen sich nähernde Verbindung ist in Fig. 308 a und b, Taf. XXVI dargestellt. Die beiden Ränder b und b′ der Röhren T und T′ haben jede an ihrer Peripherie eine kleine Rinne; in eine derselben legt man einen bleiernen Ring und schiebt dann das untere Rohr dagegen. Dann presst man den Ring mittelst eines Muffes M, der aus zwei mit einander durch Bolzen e verbundenen Stücken besteht, an die Ränder der Röhren. Man sieht, dass die beiden Hälften oder Schalen des Muffes innerhalb in der Mitte eine Aushöhlung für die Aufnahme des Ringes haben, und dass diese Höhlung mit einer kleinen Verstärkung versehen ist, so dass der Ring durch das Anziehen des Muffs doppelt zusammengepresst wird, und dass ein Theil des Metalles in den Raum eindringen muss, der sich zu diesem Zwecke zwischen beiden Röhren befindet und frei gelassen wird. Diese Anwendung gewährt eine grosse Sicherheit und gestattet die Zusammenziehungs- und Ausdehnungsbewegungen der Röhren; das Verlegen der Röhren erfordert aber eine grosse Genauigkeit.

In Fig. 309 a und b, Taf. XXVI ist ein sehr einfaches Verbindungssystem von Delperdange dargestellt. Die Röhrenenden T und T′ haben einen angegossenen halbrunden Wulst von beiläufig einem Centimeter im Durchmesser. Die Achsen der Röhren liegen in einer geraden Linie, ohne dass eine Berührung zwischen den Verbindungsflächen stattfindet, so dass durch den zwischen den Wulsten gelassenen freien Raum die Verbindung elastischer wird und den Wirkungen der Ausdehnung, oder der durch den Druck der Erde veranlassten Bewegung nachgegeben werden kann. Ein Streifen von vulkanisirtem Kautschuk a von 3—4 Centimetern Breite liegt gleichmässig vertheilt über den Wulsten, deren Form er in Folge des von dem Ringe C auf ihn ausgeübten Druckes annimmt. Dieser Ring ist von Schmiedeisen und hat eine geringere Breite als der Kautschukstreifen, den er umschliesst; er hat innerhalb an seinen Rändern zwei Rippen, welche es den Röhren gestatten, sich nach allen Richtungen zu bewegen, dabei aber einen sehr dichten Verschluss herstellen und dessen Verschiebung verhindern. Das Anziehen geschieht mittelst des Schraubenbolzens e, der durch die beiden Lappen c geht. Eine kleine Blechplatte bei p ist unter die Lappen c zwischen dem eisernen und Kautschukring gelegt, um zu verhindern, dass sich der Kautschuk in Folge des Anziehens in Falten lege und zwischen die Lappen des eisernen Ringes einklemme. Wenn die Röhren einen grossen Durchmesser haben, so wird der Lappenring durch Rippen an seiner äusseren Fläche verstärkt. Er muss stets galvanisirt sein, ebenso die kleine Blechplatte, damit sie vor Oxydation geschützt werden. Sollten Flüssigkeiten durch die Röhren geleitet werden, welche den vulkanisirten Kautschuk angreifen, so umhüllt man die Wülste der Röhren mit einer dünnen Bleiplatte, und erst auf diese wird dann der Kautschukring gelegt.

Durch die Einfachheit der zu dieser Verbindung nothwendigen Röhrenform wird das Formen und der Transport der Röhren wesentlich erleichtert. Nach einem in Belgien gemachten officiellen Versuche haben die Fugen dieser Verbindung einem Druck von vier Atmosphären vollkommenen Widerstand geleistet, und es zeigte sich auch, dass eine mit diesen Verbindungen ausgeführte Wasserleitung trotz ihrer Biegsamkeit eine Sicherheit besitzt, wie man sie von keiner andern Verbindungsmethode zu erwarten hat. Ausserdem gewährt dieses System eine Kostenersparung gegen andere Verbindungen, und zwar, wie der Erfinder angibt, 10 Procent an Gusseisen, da hier der Muff oder Hals wegbleibt, und noch 50 Procent bei dem Legen und Verbinden der Röhren.

Es fehlt aber auch diesem wie allen andern neuen vorgeschlagenen Systemen die Sanction eines langen Gebrauches, um sie vollkommen bewährt zu finden.

Der Hüttenmeister Petit ist der Erfinder eines *elastischen Verbindungssystems*, das in Fig. 311 a, b und c, Taf. XXVI dargestellt ist. Bei diesem System werden die Röhren in einander geschoben, und eine vulkanisirte Kautschukscheibe a wird zwischen die Röhrenenden gelegt; diese sind ausserdem mit ange-

gossenen doppelten Lappen o und o versehen, die einander diametral gegenüber liegen. Will man die Röhren verbinden, so legt man die Kautschukscheibe auf den Absatz der Röhre T, dann schiebt man die Schnauze der Röhre T′ an, indem man sie in die Fig. 311 b dargestellte Lage bringt, und verbindet die beiden oberen Lappen o und o′ mit einer eisernen Klaue p und den Dornen c und c′; sodann senkt man das Rohr T′, welches einen Hebel bildet. Die Kautschukscheibe wird dadurch natürlich zusammengedrückt und die Einfügung geschieht von selbst. Um die Verbindung zu vervollständigen, braucht man nur die zweite Klaue p′ mittelst der konischen Stifte anzulegen, welche denen der oberen Lappen ähnlich sind. Bei dieser Manipulation ist gar kein Kraftaufwand erforderlich; die Röhre, welche selbst den Hebel bildet, reicht bei ihrem Gewichte hin, um den nothwendigen Druck auszuüben. Damit die Verbindung ihre ganze Elasticität behalte, sind die Röhren so gelegt, dass sie in ihrer Länge gar keinen Berührungspunkt haben, ausser durch Vermittlung des Kautschuks. Die Stifte haben nämlich einen geringeren Durchmesser als die Löcher der Lappen und der Riegel, und lassen daher der Elasticität der Verbindung den ganzen nöthigen Spielraum. Bei der Ausdehnung der Röhren können ihre Enden in einander treten und dann in ihre frühere Stellung zurückkommen; ferner können sie bei Bodensenkungen ganz bedeutende Kurven bilden und Erschütterungen, durch darüber fahrende Wägen veranlasst, unterhalten nur die Elasticität der Verbindung. Auch lässt dieses System das Auswechseln einer Röhre an irgend einer Stelle der Leitung sehr leicht zu, und die geringe Länge der Muffe an den Enden der Röhren gewährt überdies eine bedeutende Gewichtsersparung im Vergleich gegen die zwei erstbeschriebenen älteren Systeme.

Die Fig. 312 a und b, Taf. XXVI zeigen eine von Doré angegebene *Verbindung mit sphärischen Muffen.* Die männliche Röhre endet mit einer sphärischen Verstärkung AB Fig. b von einem etwas grösseren Durchmesser der Röhre; die Mutterröhre besteht aus einer ersten sphärischen Zone CD mit einem etwas kleineren Durchmesser als der der männlichen Röhre ist; sie wird auf einer Seite C von der cylindrischen Fläche der Röhre und auf der andern D von einem rechtwinkligen Absatz DE nach einem grösseren Kreise gebildet; eine sphärische Zone EF von grösserem Durchmesser als die erste beginnt bei diesem Absatze und endigt mit der Röhre. Wenn die Verbindung bewerkstelligt ist, so sind die sphärischen Zonen EF, womit die weibliche Röhre abschliesst, und die, welche das männliche Ende bildet, concentrisch, und zwischen diesen beiden Zonen wird der bleierne Ring eingelassen, der die eigentliche Fuge bildet. Das männliche Ende wird in die innere Zone der weiblichen Röhre gesteckt, und in Folge der sehr kleinen Differenz der beiden Durchmesser legt sich die erste Sphäre gegen die zweite nach einem Kreise, wo sich die beiden Flächen beinahe tangiren; eine Anordnung, welche eine so hermetische Verbindung zur Folge hat, dass das geschmolzene Blei durch sie nicht eindringen kann.

Die Anwendung des getheerten Strickes wird demnach überflüssig, da derselbe keinen andern Zweck hat, als das Blei zu verhindern, dass es beim Eingiessen in die Röhre fliesse. Der Bleiring hat eine sehr vortheilhafte Form zur Widerstandleistung gegen den inneren Druck des Wassers, welcher dahin strebt, ihn aus der Fuge, die er einnimmt, herauszudrängen, welches Verschieben des Ringes nicht anders bewirkt werden kann, als dass das Metall im ganzen Umfange der Verbindung gewissermassen gestreckt wird.

Diese Verbindung mit sphärischen Muffen bildet ein vollkommenes Knie, wodurch beim Verlegen der Röhren möglich gemacht wird, grössere Abweichungen von der geraden Linie zu bilden; auch ist die Biegsamkeit der Röhren nach dem Verlegen grösser, und billiger herzustellen, als jene mit geraden Muffen. In Paris wurden in neuester Zeit solche Röhren verlegt.

Das in Fig. 313, Taf. XXVI dargestellte Verbindungssystem der Röhren A und A′ besteht darin, zwischen den angegossenen Bügeln B und B′ einen Ring a von weicherem Metall, z. B. Kupfer, durch Schraubenbolzen b so zusammen zu drücken, dass dieser genau die Form der konischen oder ringförmigen Falze cc annimmt und in diese, welche in den Bügeln B und B′ zu solchem Zwecke hergestellt wurden, vollkommen eindringt.

Anstatt eines einzulegenden Reifes kann man auch Fig. 314, Tafel XXVI einen Bügel B mit einem ringförmigen Ansatz a versehen, der sich in einen correspondirenden Falz c des andern Bügels B′ legt.

Die in Fig. 316 a, b und c, Taf. XXVII verdeutlichte *Verbindung durch eingeschobene Zwischenstücke,* die ganz die Stelle von Muffen vertreten und beliebige Abweichungen von der geraden Linie zulassen, muss als ganz zweckmässig angesehen werden.

Um ein *Röhrenende zu schliessen,* und seiner Zeit allenfalls die Leitung verlängern zu können, dient die in Fig. 317, Taf. XXVII bezeichnete Vorrichtung.

*Abzweigungen* lassen sich *bei gusseisernen Röhren* unter jedem beliebigen Winkel und sehr sicher anbringen. Die Hauptabzweigungen werden gewöhnlich mittelst eigener Röhrenstücke bewirkt, die eine schon aus dem Gusse hervorgegangene Ansatzröhre haben, wie Fig. 318, Taf. XXVII eine solche zeigt. Legt man die Hauptleitung, so ist es zweckmässig, eine dieser Röhren bei Strassen oder überhaupt an Stellen einzuschieben, welche früher oder später nothwendig eine Abzapfung erhalten müssen; man schliesst dann die Ansatzröhre provisorisch durch eine volle Platte. Für kleinere Abzweigungen werden Vorsichtsmassregeln dieser Art nicht getroffen; man bohrt einfach eine Oeffnung vom erforderlichen Durchmesser und bringt daran eine kleinere Ansatzröhre so an, wie es die Fig. 315 a und b, Taf. XXVI zeigt. Am Ende der Bleiröhre wird ein breiter Rand angelöthet, oder man bedient sich solcher eigens erzeugten Röhren, versieht dieses erweiterte Ende unten mit einem getheerten Lederringe und legt dasselbe mit dem Lederringe um die Seitenöffnung der gusseisernen Röhre. Alsdann wird die Hälfte einer ringförmigen Zwinge E aus Schmiedeisen mit der darin angebrachten Oeffnung auf die Bleiröhre gezogen, und sobald man die Schrauben e, welche sie mit der unteren Hälfte dieser Zwinge verbinden, anzieht, presst sich jener Bleirand, genau anschliessend, an den äusseren Umfang der gusseisernen Röhre.

Dieses Mittel wird häufig zur Abzweigung von Privatleitungen angewendet, wenn man sich nicht der mit Schraubengewinden versehenen Ansätze bedient; doch ist die damit verbundene Arbeit zu kostspielig, wenn es sich um Leitungen von grossem Durchmesser handelt, weil die Zwingen zu grosse Dimensionen haben müssen. Man kann auch eine andere Methode anwenden, welche darin besteht, dass man das Eisen anbohrt, die Mündung mit Schraubengewinden versieht und ein broncenes Röhrenende aufschraubt, das auf der einen Seite einen Schraubengang hat, während das andere Ende entweder mit einem konischen Theile oder mit einem Kranze endigt, an den man die Abzapfung anschraubt. Ein ähnliches Verfahren wurde bei der Wasserleitung zu Magdeburg, ohne irgend eine Absperrung der Leitung, durchgängig und mit Erfolg angewendet. Da man aber nicht immer die nöthigen Werkzeuge zur Ausführung dieser Methode zur Verfügung hat und auch die Röhre an diesen Stellen eine gewisse Stärke benöthigt, so ist diese Methode nicht immer anzuwenden; daher stellt man im Voraus, wie aus der Fig. 306 a und b, Taf. XXVI zu ersehen ist, einen verstärkten Theil F her, in welchem sich ein Loch mit Schraubengewinden befindet, das provisorisch mit einem Stöpsel f von Metall geschlossen ist. Handelt es sich nun um eine Abzapfung, so braucht man nur den Stöpsel abzuschrauben und ihn durch einen Hahn mit gleichem Gewinde zu ersetzen.

Soll an das Ende einer gusseisernen Röhre in ihrer Verlängerung eine bleierne angesetzt werden, so geschieht dies nach der in Fig. 319, Taf. XXVII dargestellten Weise. Man erweitert die Bleiröhre an einem Ende, so dass sie eine Art von Rand erhält, und zieht einen starken eisernen Ring von Schmiedeeisen darüber, der gegen den Rand der gusseisernen Röhre mit Schraubenbolzen befestigt wird.

Röhrenstücke, welche eine Krümmung bilden sollen, werden hiezu besonders gegossen, und wenn man diesen eine mässige Länge gibt, so kann man daraus jede beliebige Biegung zusammensetzen. Je grösser der Krümmungshalbmesser, desto geringer ist der Einfluss der Krümmung auf die Bewegung des Wassers. Alles, was von den geraden Röhren gesagt wurde, gilt auch von den gekrümmten, die unter sich und mit den geraden Röhren entweder durch Bügel, durch Muffe oder sonst wie die geraden Röhren verbunden werden.

## §. 66.

*Um das Wasser* nach Belieben *absperren zu können, dienen Hähne und Schieberventile.* Bei Röhren von kleinerem Durchmesser wendet man die Hähne an, bei jenen von grösserem Durchmesser die Schieberventile. Bei manchen Wasserleitungen wendet man die Hähne nur bei Röhren an, die weniger als 4½ Zoll im Durchmesser haben; hingegen bei anderen Leitungen findet man sie, wenn auch selten, noch bei Röhren von 6 Zoll Durchmesser. Bei weiteren Röhren sind die Hähne nicht mehr anzuwenden, sondern Schieberventile.

*Die Hähne* haben verschiedene Formen, je nach ihrer Bestimmung und dem Durchmesser der Röhren, zu denen sie gehören. Die gewöhnlichste Form ist die auf Taf. XXVII, in Fig. 320 a und b im Durchschnitt und in der Seitenansicht dargestellte. Hiezu ist an die Röhre ein Kegel, den die Röhre senkrecht auf seine Achse durchstösst, angegossen, und in diesem Kegel befindet sich der Hahn. Dieser ist bei grösserem Durchmesser der Röhre gewöhnlich aus Gusseisen und mit einer cylindrischen Oeffnung versehen, welche der Weite der Röhre gleichkommt, so dass gar keine Verengung des Querschnittes erfolgt, sobald der Hahn ganz geöffnet ist. Es muss sich der mittlere Durchmesser des Hahnes zur lichten

Weite der Röhre mindestens wie 5 : 3 verhalten, weil sonst ein sicherer Schluss nicht mehr erfolgen kann. Fig. 120 c zeigt die Einrichtung eines Hahnes bei einer Abzweigung, um sowohl die eine als auch die andere Leitung nach Belieben öffnen und schliessen zu können.

Die Figuren 321 a, b und c auf Taf. XXVII, zeigen den Durchschnitt, Grundriss und die Ansicht eines *Sperr- und Ablasshahns.*

Da die Hähne in den Boden versenkt sind, so bewegt man dieselben durch ein *Mundloch.* Hiezu stellt man zuerst Fig. 322 um den Hahn eine kleine Kammer von Ziegeln her, die in ihrem oberen Theile mit einem durchbohrten Brettstücke bedeckt wird. Auf diesem steht korrespondirend mit der Durchbohrung das Wirbelmundloch, das aus einem Rohre aus Eichen- oder Ulmenholz von 7 Zoll äusserem und 3 Zoll innerem Durchmesser besteht, welches oben mit einem schmiedeisernen Ringe beschlagen ist. Die Mündung des Rohres wird mit einem gusseisernen Stöpsel geschlossen, der in eine Büchse von gleichem Metalle passt, die in die obere Oeffnung gelegt und mittelst einer kleinen Kette festgehalten wird, damit sie nicht weggenommen werden kann. Das Mundloch erhält natürlich eine solche Länge, dass die obere Kante desselben mit dem Strassenpflaster bündig ist; soll nun der Hahn bewegt werden, so hebt man den Stöpsel aus und führt einen Schlüssel, welcher die hinreichende Länge hat, zum Hahne.

Wenn eine Concession ertheilt und die abzugebende Wassermenge gemessen werden soll, so bringt man an der Abzweigung ausser den vorstehenden Hähnen einen sogenannten *Aich- oder Visirhahn* an, wovon man mehrere Systeme kennt. Der in Paris gebräuchliche und auf Taf. XXVII in den Fig. 323 a, b, c, d und e dargestellte Aich- oder Visirhahn ist nichts anders, als ein gewöhnlicher Hahn, dessen Wirbel mit einem kleinen Loche versehen ist, dem man durch Versuche denjenigen Durchmesser gibt, welcher der in 24 Stunden abzugebenden Wasserquantität entspricht. Vor dem Wirbel ist ein kleiner Rost, der das Verstopfen der Aichöffnung verhindert. Dieser Hahn wird zwischen zwei Sperrhähnen angebracht, welche es gestatten, den Wirbel herauszuziehen und den Rost oder Filter zu reinigen. Eine eiserne Platte, welche mittelst eines Charniers an dem oberen Theil dieser Hähne befestigt und mit drei Löchern durchbrochen ist, welche mit den Vierecken der Hahnwirbel korrespondiren, erhält sie offen, und sie selbst wird durch ein Vorhängschloss gehalten, dessen Schlüssel in den Händen der Verwaltung bleibt.

Bei weiteren Röhren werden, wie schon erwähnt, nicht mehr Hähne, sondern *Schiebeventile* angewendet, weil die Reibung der ersteren zu bedeutend wäre. Fig. 324 a, b und c, Taf. XXVII zeigen in der Seitenansicht im Längen- und Querschnitte ein Schiebeventil. Die Bewegung erfolgt durch eine Schraube, deren Kopf durch eine Stopfbüchse geht, die neben sich kein Wasser durchfliessen lässt. Die Schraube fasst nicht unmittelbar den umgebogenen Rand des Schiebers, sondern eine in denselben lose eingesetzte Mutter, wodurch diese etwas Spielraum erhält und weniger leicht ein Klemmen eintritt, wenn auch die Stopfbüchse scharf angezogen ist.

Auf Taf. XXVII zeigen die Fig. 325 a, b und c eine genaue Darstellung der Schiebeventile, wie man sie für den Dienst der Wasserleitungen zu Paris ausführt. Das Ventil wird hier ebenfalls durch eine Schraube gehoben und gesenkt. Der ganze Mechanismus ist hier, ähnlich wie bei dem eben beschriebenen Schiebeventile, in einem gusseisernen Gehäuse enthalten, das aus vier Theilen besteht, welche durch Bolzen mit einander verbunden sind und Bleistreifen zusammenpressen, die mit Mennig angestrichen sind. An dem Schieber, welcher eine geringe Neigung hat, damit er beim Verschlusse einen Keil bildet, ist ein ganz rein abgedrehter, kreisrunder Vorsprung angebracht, welcher mit einem ähnlichen Vorsprunge der inneren Wand korrespondirt. Um die Berührung dieser Vorsprünge zu sichern, setzt man kupferne Kränze an, welche abgedreht sind und in einander passen, damit die Berührung vollständig werde. Diese Verbindung erheischt viel Sorgfalt und folglich viel Arbeit; damit dies aber leichter geschehe, theilte man das Gehäuse, welches den Schieber enthält, wie schon erwähnt, in vier gleiche Theile. Die kupferne Schraubenmutter wird an dem Schieber angebracht, und hat, damit sie sich bei der Umdrehungsbewegung der Schraube nicht auch drehe, Lappen, welche längs zwei vorspringenden Rändern des Gehäuses auf und ab gehen. Die kupferne Schraube, welche nur eine Umdrehungsbewegung hat, befindet sich am oberen Theile in einer Stopfbüchse.

Die Kosten dieser Apparate sind sehr bedeutend und werden noch dadurch erhöht, dass man die Apparate nothwendiger Weise in eine Art von Röhrkasten stellen muss.

Mag die Construction der Hähne oder jene der Schiebeventile gewählt werden, so ist unter allen Umständen darauf zu sehen, dass durch dieselben

der Abschluss der Röhren nicht plötzlich durch einen Ruck erfolgt, wodurch Stösse in der Leitung entstehen, sondern allmälig, damit die Bewegung des Wassers nicht plötzlich unterbrochen werde. Das sicherste Mittel, um solche Stösse zu vermeiden, ist die Vorsicht, dass man die Hähne oder ähnliche Vorrichtungen nur langsam schliesst. Bei den Schiebeventilen verhindert schon die Anwendung der Schraube eine zu schnelle Bewegung, daher dieselben auch in dieser Beziehung empfehlenswerth sind.

§. 67.

Auch in gusseisernen Wasserleitungen dürfen *Luftspunde* nicht fehlen. Diese befinden sich hier in grösseren Abständen als bei den hölzernen Röhren. Erlaubt es die Localität, so kann eine dünne Bleiröhre, die bis über das Niveau des Speisebassins heraufreicht, als Luftrohr dienen. Am häufigsten wird eine kurze, aufwärts gerichtete Zweigröhre von Gusseisen angebracht, deren oberes Ende durch einen Hahn geschlossen ist, welcher beim Anfüllen der Röhre und zuweilen auch während des Betriebes zu öffnen ist, damit die Luft entweichen kann, sogleich aber geschlossen wird, sobald das Wasser ausströmt.

Manchmal hat man Ventile, die mit Schwimmern verbunden und so eingerichtet sind, dass sie sich nach Bedürfniss selbst öffnen und schliessen können. Man nennt dieselben auch Windstöcke oder Windröhren. Die Fig. 326 a und b, auf Taf. XXVIII zeigen einen solchen Windstock in der Seitenansicht und im Querprofile. Derselbe ist hier geöffnet dargestellt. In einer messingenen Büchse befindet sich das eigentliche Ventil, dessen Achse theils durch die Oeffnung im Boden dieser Büchse, theils unter dem Schwimmer durch einen Ring gehalten wird, welcher durch drei Arme sich mittelst Schrauben so stellen lässt, dass das Ventil genau die Oeffnung schliesst. Wenn in der vertikalen Ansatzröhre sich Luft angesammelt hat, so fällt der Schwimmer auf den erwähnten Ring herab, wodurch das Ventil sich öffnet und die Luft freien Ausgang findet. Sobald aber das Wasser nach Entweichung der Luft in die Ansatzröhre steigt, so hebt es den Schwimmer und mit ihm das Ventil, welches dadurch geschlossen wird.

In Fig. 327 a und b, Taf. XXVIII ist ein solcher Windstock dargestellt, wie er bei den Wasserleitungen von Paris gebräuchlich ist. Er besteht aus einem kupfernen Gefässe, das mit der Wasserleitungsröhre durch einen vertikalen Cylinder, welcher mit einem Ansatzrohr an dieselbe verbolzt ist, in Verbindung steht. In diesem Gefässe befindet sich ein Querträger mit einer Oeffnung, worin sich eine vertikale Stange frei bewegt, welche die Achse einer hohlen messingenen Kugel bildet, die als Schwimmer dient. Die Achse endigt oben mit einem abgestutzten Kegel, der für eine Oeffnung von derselben Form, die in dem horizontalen Boden des cylindrischen Gefässes oder dem Gehäuse des Windsoctkes angebracht ist, als Obdurator dient, wenn der Schwimmer durch das Wasser getragen wird, mit welchem das Gefäss gefüllt ist. Wenn die Luft aus der Röhrenleitung in das Gehäuse des Windstockes gedrungen ist und darin so viel Dichtigkeit erlangt hat, dass das Niveau des Wassers angemessen niedergedrückt wird, so senkt sich, wie früher der Schwimmer und mit ihm der Obdurator, so dass die Oeffnung des Windstockes frei wird, durch welche die in ihm enthaltene Luft allmälig abzieht; sodann schliesst das eindringende Wasser wieder denselben. Die Wirkung der comprimirten Luft auf den unteren Theil des Obdurators widersetzt sich bei allen diesen Vorrichtungen der vorbesprochenen Bewegung desselben, doch ist sie zu gering, um dem durch das Sinken des Wasserspiegels entstehenden Effekte hinderlich zu sein.

An Stellen, wo man ein starkes Absetzen von Schlamm oder Sand besorgt, also an den tiefsten Stellen der Leitungen, bringt man in den unteren Flächen der Röhren *Ausgussröhren* an, nämlich kurze aber recht weite Abzweigungen, die wieder mit Hähnen geschlossen sind. Durch diese werden die Niederschläge sicher und leicht entfernt. Es versteht sich von selbst, dass dem aus der Leitung herausstürzenden Wasser ein Abfluss verschafft werden muss.

Zuweilen ist es nöthig, das Zurückfliessen des Wassers durch besondere Vorrichtungen zu verhindern; dieses kann z. B. eintreten, wenn man abwechselnd aus demselben Reservoir, oder durch dieselbe Maschine zwei Leitungen speisen wollte, von denen eine höher liegt als die andere, und jene daher sich in diese entleeren würde. Man bringt alsdann das auf Taf. XXVIII, Fig. 328 a und b in der Seitenansicht und im Durchschnitte dargestellte Ventil an, dessen Einrichtung aus den Figuren verständlich ist.

§. 68.

Bei den gewöhnlichen Arten der Verbindung bilden die gusseisernen Röhren einen festen Strang, der eine Verlängerung oder Verkürzung nicht gestattet. Gewöhnlich sind noch die Enden solcher Leitungen

eingemauert, wodurch bei starken *Temperaturveränderungen* entweder die Röhren in den Befestigungspunkten lose oder wenigstens undicht werden, oder gar zerreissen. Die Ausdehnung und die Zusammenziehung des Eisens, respective des Röhrenstranges, durch Wärme und Kälte ist die Ursache hievon. Nach gemachten Beobachtungen dehnt sich das Gusseisen vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers um $0.00111$ seiner Länge aus, dagegen hat Girard die Ausdehnung durch Beobachtung der Compensationsstücke in den Wasserleitungen zu Paris um den neunten Theil geringer gefunden. Hienach würde eine Temperaturerhöhung um 16 Grade Réaumur, die man im Wasser des Ourcq-Canals bei Paris wirklich beobachtet hat, den Röhrenstrang beinahe um den sechstausendsten Theil seiner Länge, d. i. bei einer Länge des Röhrenstranges von einer Viertelmeile, ungefähr um einen Fuss ausdehnen. Um der Leitung hiezu Gelegenheit zu geben und Brüche der Röhren, oder das Undichtwerden der Verbindungen zu vermeiden, hat man im Röhrenstrange eigene *Compensationsstücke* angebracht, welche ein Verlängern oder ein Verkürzen der Leitung gestatten.

Fig. 329, Taf. XXVIII zeigt den Längenschnitt einer solchen Verbindung. Es ist A eine metallene Röhre mit einer Erweiterung bei B, worin eine Scheibe von Kautschuk sich befindet, die sich gegen einen Vorsprung legt. Ein trichterförmiger Deckel b, der mittelst Bolzen und Schrauben angedrückt wird, hält die Scheibe a und presst sie nach Bedürfniss. Steckt man in die Verlängerung B ein Metallrohr C, so geht dasselbe durch die Kautschukscheibe a, welche bei ihrer Elasticität jedes Entweichen von Wasser verhindert, der Röhre C aber doch eine hin und her gehende Bewegung gestattet und zwar mit einem Spielraume, der sich nach der inneren Weite der Ausbauchung B und des Trichters des Verbindungsstückes b richtet. Hierin besteht die bewegliche Verbindung. Die Elasticität der Scheibe a gibt ausserdem der Röhre C auch die Möglichkeit zu oscilliren, d. h. zwei gleiche Kegel zu beschreiben, die dem Scheitel entgegengesetzt sind, der sich in der Achse der Röhre im Mittelpunkte der Scheibe a befindet. Diese Verbindung wird auch während schwingender Bewegungen stets dicht bleiben.

Fig. 330 a und b, Taf. XXVIII zeigt in der Seitenansicht und im Durchschnitte die bei der Wasserleitung zu Paris und in England auch vielfach angewendeten Compensationen, welche in Entfernungen von 100 Meter von einander angebracht sind. Es kann hier die Röhre A sich in die Röhre B weiter hinein oder aus derselben herausschieben, und damit sie in jeder Stellung gehörig geschlossen sei, bewegt sich erstere in einer Stopfbüchse. Die Röhre A ist deshalb an ihrem Ende an der äusseren Fläche abgedreht und polirt, und wird von einem ringförmigen Polster fest umschlossen. Dieser liegt aber im Halse der Röhre B und lehnt sich gegen den Ring C. Sobald der Polster nicht mehr schliesst, und das Wasser aus demselben zu entweichen anfängt, kann man mittelst der sechs oder acht Schraubenbolzen, welche durch den vorstehenden Rand der Röhre B und den Ring C gezogen sind, den Polster schärfer anpressen. Diese Vorrichtung ist jedoch nur da anwendbar, wo die Röhre zugänglich ist, also wo sie frei in einer Galerie liegt, was aber selten der Fall ist. Man hat auch mehrfach versucht, elastische Kitte anzuwenden, um jeden nachtheiligen Einfluss der Temperaturveränderungen zu vermeiden.

## §. 69.

Es ereignet sich zuweilen, dass man Leitungsröhren von einem Ufer eines Flusses nach dem andern hinüber führen muss. Bei kleinen und seichten Flussbetten, oder wenn massive Brücken vorhanden sind, zeigen sich hiebei keine grossen Schwierigkeiten, aber sehr bedeutend werden diese in anderen Fällen. Man hat in England zu diesem Zwecke *flexible Röhrenstränge* angewendet, die durch Charniere in ihren einzelnen Theilen mit einander verbunden sind, und daher, ohne dass man das Flussbett trocken zu legen braucht, in dasselbe versenkt werden können. Einen Versuch dieser Art, der bei den Wasserleitungen zu Glasgow gemacht wurde, beschreibt Hagen. Die Speisequellen befinden sich dort am linken Ufer des Clyde, während der grösste Theil der Stadt am rechten Ufer liegt. Der biegsame Röhrenstrang, welcher durch die Fig. 331 a, b, c, d u. e, auf Taf. XXVIII dargestellt ist, wurde quer durch den Clyde gelegt. Die Röhren waren theils auf gewöhnliche Art mit einander verbunden, theils durch Charniere, welche der zum Aufstellen der gewöhnlichen Messinstrumente üblichen Nuss ähnlich sind und durch Kugelsegmente gebildet wurden, die sich ineinander bewegen können. Die Röhren selbst sind, wie aus der Figur zu ersehen ist, durch hölzerne Rahmen unterstützt. Derjenige Durchmesser der Kugel, um welchen die Drehung erfolgt, ist zugleich die Achse des Charniers, das beide zunächst liegende hölzerne Rahmen mit einander verbindet. Um zufälligen Beschädigungen vorzubeugen, war jedes mit wasserdichter Leinwand lose umwunden, und der

ganze Strang wurde noch dadurch gesichert, dass man ihn in eine quer durch den Fluss ausgebaggerte Rinne versenkte und den Raum darüber mit Kies beschüttete. — Auch an anderen Orten hat man ähnliche Leitungen angebracht; so liess die Middlesex-Wasserleitungs-Gesellschaft oberhalb London eine 3 Fuss weite Röhrenleitung durch die Themse legen. Sie bestand aus 68 einzelnen Röhren von 9 Fuss Länge, die sämmtlich durch Kugelflächen mit einander verbunden waren. Es ist interessant, dass der Ingenieur, nachdem die Leitung gelegt war, dieselbe durchkroch, woraus zu ersehen war, dass ungeachtet des Wasserdruckes ein guter Schluss der Fugen stattfand.

# VIII. Abschnitt.

## Fabrikation und Untersuchung gusseiserner Wasserleitungsröhren.

### §. 70.

Es werden in neuerer Zeit gusseiserne Wasserleitungsröhren von grossen Dimensionen mit einer ausserordentlichen Vervollkommnung im Gusse angefertigt.

Die *Wasserleitungsröhren* werden auf dreierlei Weise *gegossen: horizontal*, in *schiefer Stellung*, oder *vertikal.*

Zahlreiche Versuche haben bewiesen, dass das vertikal gegossene Eisen mehr Cohäsion hat, als das horizontal gegossene, und es wurden daher von Ingenieuren schon seit langer Zeit vertikal gegossene Röhren verlangt. Beim horizontalen Giessen verschiebt das flüssige Material den Formkern, hebt ihn, und die Röhre hat deshalb oberhalb weniger Stärke als unten; ausserdem erheben sich immer die Luftblasen und die Schlacken bei dem Gusse bis zum oberen Theile, die hier Risse und Blasen verursachen, welche die Röhre schwächen. Der horizontale Guss ist deshalb für Wasserleitungsröhren im Allgemeinen ganz aufgegeben worden; kommen aber dennoch solche gegossene Röhren vor, so soll man sie nur für fallende Röhrenstränge anwenden, die keinem so starken inneren Drucke ausgesetzt sind.

Die *gewöhnlich und schon lange gebräuchliche Methode des vertikalen Gusses* der Wasserleitungsröhren ist, wenn auch mit einigen theils mehr, theils minder wesentlichen Aenderungen, folgende: Man nimmt starke cylindrische Formkasten von etwa 3 Fuss Länge, deren innerer Durchmesser beträchtlich grösser ist, als der äussere der Röhren sein soll; der unterste, oder der unterste und oberste Theil dieser Formkasten muss aber jedesmal sowohl in der Höhe als Form dem erweiterten Ende der Röhre, das entweder muffenartig oder anders konstruirt ist, entsprechen. Die Formkasten lassen sich der Länge nach in zwei Hälften zerlegen, die beim Gebrauche fest zusammengekeilt werden. Unten und oben haben sie vorstehende Ränder, womit sie auf einander gestellt und befestigt werden können. Den untersten dieser Formkasten, welcher das erweiterte Ende der Röhre enthält, stellt man auf eine feste Unterlage so auf, dass durch einen Krahn genau in seine Achse ein polirter metallener Kern, welcher dem äusseren Durchmesser der Röhre entspricht, so herabgelassen werden kann, dass er in eine passende Vertiefung der festen Unterlage aufsteht. Da der Formkasten einen grösseren Durchmesser als der Kern haben muss, so bleibt zwischen beiden ein freier Raum, den man, nachdem der Kern oben befestigt ist, mit feuchtem Formsande nach und nach anfüllt und fest ausstampft. Hierauf wird der Kern vorsichtig mittelst des Krahnes herausgezogen und der Formkasten in die Trockenstube gebracht. Dieses geschieht auch mit allen übrigen Formkasten. Es muss sodann der Gusskern gebildet werden, wozu der Former eine eiserne Stange von entsprechender Grösse nimmt, ein Strohseil darum windet und sie sodann in eine fast eben so lange, von innen polirte Röhre steckt, welche dieselbe Weite hat, die man der Röhre geben will. Eine eigene Mischung von Lehm, Sand und Haaren wird in diese Röhre nach und nach eingebracht und dabei immer recht fest gestossen, damit sie sich mit dem Strohseile gut verbindet. Der so gebildete Kern wird mit Vorsicht herausgezogen und in die Trockenstube gebracht. Um nun den Guss auszuführen, wird in einer der Länge der Röhren entsprechend tiefen Grube im Gusshause der unterste Theil dieser nun zum Gusse vorbereiteten Formkasten, genau vertikal aufgestellt, darüber ein zweiter genau concentrisch mit ihm, und beide werden mittelst Bolzen verbunden. So stellt man den dritten, oder wenn die Länge der Röhre

mehrere Formkasten bedingen sollte, auch die folgenden darüber. Alsdann setzt man sehr vorsichtig den Gusskern ein, dessen eiserne Stange, welche seine Achse bildet, schon unten eine passende Oeffnung findet, oben leicht concentrisch gerichtet und befestigt werden kann, wodurch auch seine Stellung gesichert ist. Ueber den Gusskern schlägt man Lehm und bildet die Eingussöffnung. Bei engeren und kleineren Röhren trägt man das geschmolzene Eisen in Löffeln zu, bei grösseren lässt man es aus dem Ofen unmittelbar einfliessen. Nach Erkalten des Gusses hebt man die Formkasten aus der Grube, löst sie von einander und nimmt sie, indem man jeden in seine beiden Hälften zerlegt, vollends ab, reisst die eiserne Stange des Gusskernes heraus und reinigt die Röhre von aussen und innen. Zuweilen pflegt man zur Sicherung der Gleichheit der beabsichtigten Wandstärke den Kern mit den Formkasten durch entsprechende Eisenstangen zu verbinden. Diese Stangen werden beim Giessen vom glühenden Eisen umhüllt und verbinden sich meist gut mit demselben; ihre vortretenden Enden werden sowohl von innen wie von aussen abgestemmt, und sie gewähren in mehrfacher Beziehung eine Erleichterung der Fabrikation. Manchmal jedoch, theils wegen der verschiedenen Masse, theils, wenn die Stange keine reine Oberfläche hat, sind diese eingelegten Eisenstangen Veranlassung, dass an ihnen bei der Probe, oder bei sonstigem anhaltenden stärkeren Drucke Wasser durchdringt oder durchschwitzt.

Die Kunst der Anfertigung und des Legens der Röhren hat so viele Vervollkommnungen erfahren, dass Beschädigungen derselben immer seltener werden. Nach Erhebungen im Betriebe der Pariser Wasserleitungen hat es sich ergeben, dass bei dem grossartigen Röhrennetze, woraus dasselbe besteht, pro Kilometer und Jahr eine Reparatur vorkömmt; doch unterbrechen die meisten derselben den Dienst nicht. Oft genügt es, das Blei der Fugen wieder anzutreiben, um eine Dichtung derselben zu bewerkstelligen. Der Boden in Paris ist in dieser Beziehung aber ein sehr schlechter, indem beinahe alle Wasserleitungsröhren auf Anschüttungen liegen, die sich leicht senken, und demnach zum Entstehen von Brüchen und anderen Beschädigungen Veranlassung geben, welche auf gewachsenem Boden niemals vorkommen. Bei den angeführten Erhebungen hat es sich gezeigt, dass gewisse Leitungen die unter gehörigen Verhältnissen angelegt wurden, drei Jahre hindurch keine Reparaturen erforderten. Nun ist aber der Boden von Paris nicht allein schlecht, sondern wird auch noch fortwährend durch das Legen neuer Abzweigungen, den Bau neuer Abzugskanäle, die Herstellung und Reparaturen der Gasröhren, die Verbesserung der Strassengefälle u.s.w. fortwährend aufgewühlt, und endlich wird er durch den Verkehr von vielen und schweren Fuhrwerken auf dem oft holperigen Pflaster erschüttert; man sollte daher wohl meinen, dass die Anzahl der in Paris vorkommenden, schon sehr beschränkten Röhren-Reparaturen an anderen Orten wohl eine noch geringere sein müsse. Zur Instandhaltung einer Wasserleitung ist es nöthig, eine reichliche Anzahl von Reserveröhren in Bereitschaft zu haben. Die Erhaltung einer Wasserleitung ist daher um so leichter, als ihre Röhren eine beschränkte Anzahl von Durchmessern haben. Ausserdem ist noch zu bemerken, dass die mit der Lieferung der zur Herstellung oder Instandhaltung erforderlichen Röhren betrauten Giesser, wenn sie nicht verpflichtet sind, eine grosse Anzahl von Modellen zu verfertigen, das Gusseisen viel billiger liefern, als wenn Durchmesser von vielen Dimensionen vorkommen. Die Durchmesser der Pariser Wasserleitungsröhren nehmen von Zoll zu Zoll zu oder ab.

Dupuit räth, bei Wasserleitungsröhren folgende Abstufungen anzuwenden:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $0.06$ | Meter Durchmesser . . . | 88 | Wassermenge, |
| $0.08$ | „ „ . . . | 187 | „ |
| $0.10$ | „ „ . . . | 316 | „ |
| $0.12$ | „ „ . . . | 499 | „ |
| $0.16$ | „ „ . . . | 1024 | „ |
| $0.20$ | „ „ . . . | 1789 | „ |
| $0.25$ | „ „ . . . | 3120 | „ |
| $0.30$ | „ „ . . . | 4950 | „ |
| $0.35$ | „ „ . . . | 6750 | „ |
| $0.40$ | „ „ . . . | 10100 | „ |

Jedem Durchmesser ist die Grösse der Wassermenge beigesetzt, welche durch Zahlen ausgedrückt ist, die $\sqrt{D^5}$ (siehe §. 72) proportional sind und von neuem die Geschwindigkeit ihres Zunehmens und den Vortheil nachweisen, welcher mit einer geringen Vergrösserung des Durchmessers verbunden ist; mit einem Drittel mehr verdoppelt sich die Masse.

## §. 71.

Die *Prüfung der Wasserleitungsröhren* sowohl aus Gusseisen als aus andern Materialien, namentlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen den Wasserdruck bei starken Gefällen, geschieht gewöhnlich durch Füllen mit Wasser und Anwendung eines Compressions-Apparates. Diese Prüfung der Röhren ist ganz besonders wichtig, und nie soll man dieselben auf's Geradewohl nur hinlegen. Die hydraulische Presse bedarf hier

keiner Beschreibung, und es soll vorzugsweise des Apparates erwähnt werden, welcher die Röhren eingespannt erhält. Die Fig. 334 a u. b, Taf. XXIX zeigen denselben im Grundrisse und in der Seitenansicht. Auf einem hölzernen Rahmen ist auf einem Ende desselben eine starke gusseiserne Platte senkrecht aufgestellt und mit Schraubenbolzen befestigt; durch sie geht das Rohr der hydraulischen Presse. Zwei eiserne Zugstangen greifen gleichfalls durch diese Platte und werden durch breitere Köpfe daran gehalten. Eine zweite eben solche gusseiserne Platte, die sich verschieben lässt, steht auf dem andern Ende des Rahmen und wird nur durch die beiden erwähnten Zugstangen gehalten. Hinter dieser zweiten Platte befindet sich ein gusseiserner Riegel, durch welchen die beiden Zugstangen greifen, den sie mittelst Schraubenbolzen halten. In der Mitte dieses Riegels bewegt sich noch eine starke Schraube, welche, indem sie angezogen wird, die zweite Platte gegen die erste presst. Die zu prüfende Röhre wird auf passende Unterlager so gelegt, dass die Achse der Röhre parallel und in die Mitte mit den Zugstangen so zu liegen kommt, dass die mittlere rückwärtige Schraube und das Rohr der hydraulischen Presse gleichfalls in die Achse des zu probirenden Rohres treffen. Die Schraubenmuttern der Zugstangen werden nun so weit gedreht, dass der Riegel in die Nähe vom Ende der Röhre zu stehen kommt; alsdann legt man starke Leder- oder Filzringe, oder vulcanisirte Kautschukplatten an beide Enden der Röhren, schiebt die Platten an und zieht die mittlere Schraube fest an, worauf die Röhre sicher geschlossen ist. Um die Röhre mit Wasser zu füllen, dienen in der rückwärtigen Platte befindliche Oeffnungen, die mit Schrauben und vorgelegten Lederringen fest geschlossen werden können. Man öffnet zwei derselben, die möglichst nahe am oberen Rande der Röhre liegen, und stellt in eine Oeffnung einen gekrümmten Trichter, durch welchen man das Wasser eingiesst, während man die zweite geöffnet lässt, damit die Luft aus der Röhre entweichen kann. Gut ist es, damit die Füllung vollständiger geschehe, wenn gleich ursprünglich der Rahmen nicht vollkommen horizontal, sondern etwas geneigt hergestellt wird. An einer vertikalen Abzweigung der Röhre der hydraulischen Presse befindet sich ein Sicherheitsventil von einem bestimmten Querschnitte, z. B. von ½ Quadratzoll, welche eine Schale trägt, auf die man nach Belieben Gewichte auflegen kann. Nun beschwert man die Schale so, dass auf den Quadratzoll derjenige Druck ausgeübt werde, für welchen man die Röhre probiren will. Ist alles so vorbereitet, so setzt man die hydraulische Presse in Bewegung, und pumpt so lange, bis das Sicherheitsventil wiederholt aufspringt, und lässt sie sodann zwei bis drei Minuten so gefüllt und gedrückt. Wird die Röhre durch diesen Druck nicht beschädigt und bemerkt man nirgends ein Durchspritzen oder Durchschwitzen des Wassers, so ist sie in dieser Beziehung tadelfrei.

Angezeigt ist es, zum Probiren der Röhren eine recht trockene Witterung zu wählen, damit auch das geringste Durchschwitzen gleich sichtbar werde. Auch ist es gut, wenn man die Röhren, während sie dem stärksten Drucke ausgesetzt sind, durch kräftige Schläge mit einem Hammer erschüttert.

Thonröhren, die Feuchtigkeit angesogen haben, zeigen sich bei der Probe weit schwächer, als die im trockenen Zustande geprüften; daher ist es wichtig, sie vor dem Prüfen eine Zeit lang in laues Wasser einzulegen.

Es ist klar, dass Wasserleitungsröhren bei der Probe einem grösseren Drucke unterzogen werden, als sie wirklich auszuhalten haben, und zwar einem mindest zwei bis dreimal so grossen Drucke. D'Aubuisson gab bei der Wasserleitung zu Toulouse den Rath, Röhren, welche daselbst nur den Druck einer Wassersäule von 10 Meter Höhe auszuhalten hatten, der Probe eines Druckes einer Wassersäule von 100 Meter Höhe zu unterziehen. Dasselbe empfiehlt Génieys. Die Röhren der Wasserleitung, welche Jardine in Edinburg legen liess und die dem Drucke einer Wassersäule von 300 Fuss Höhe ausgesetzt sind, wurden der Probe einer von 800 Fuss Höhe unterworfen.

Was die *Uebernahme der Röhren* betrifft, so ist es immer besser, die Röhren erst an Ort und Stelle, wo sie verlegt werden sollen, von den Lieferanten zu übernehmen, als auf der Gusshütte, und auch die Proben erst auf der Baustelle vorzunehmen, weil dadurch auch Beschädigungen, die durch den Transport eintreten können, nicht unbemerkt bleiben. In diesem Sinne wären demnach auch die Lieferungs-Contracte abzuschliessen. Bei der Uebernahme müssen die Röhren genau besichtigt und alle jene zurückgestossen werden, welche

1) Gallen oder Blasen zeigen, die man durch das leichte Schlagen mit einem Hammer erkennt; Röhren, welche Risse und überhaupt einen unreinen Guss zeigen;

2) jene, welche eine sehr ungleiche Wandstärke zu erkennen geben. Es ist sehr schwer, Röhren zu giessen, bei welchen die Wandstärke sowohl am einen, wie am andern Ende vollkommen gleich ist. Beträgt der Unterschied in der Dicke des Eisens nicht mehr, als eine Linie, so kann man die Röhren noch immer als gut gegossen ansehen;

3) jene Röhren, welche nicht einen vollkommen kreisförmigen Querschnitt besitzen, und

4) alle jene Röhren, welche die Probe nicht bestehen; hieher gehören nicht nur diejenigen, welche zerspringen, sondern auch solche, welche Wasser durch Ausschwitzen oder sonst entweichen lassen.

## Von der Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

### §. 72.

Der Theorie nach sollte die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus der Röhre fliesst, der Druckhöhe H entsprechen und $= \sqrt{2gH}$ sein, wobei g die Sekunden-Beschleunigung eines freifallenden Körpers $= 9.808$ Meter ist. Allein die Erfahrung zeigt, dass die wirkliche Geschwindigkeit diesen Werth niemals erreicht; auch nimmt das Wasser in einer geneigten Röhre, obschon es darin, theoretisch genommen, eine gleichförmig beschleunigte Bewegung haben sollte, eine gleichförmige Bewegung an, sobald es einmal eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat.

Wie in offenen Gerinnen, wird auch in einer Röhrenleitung der Bewegung des Wassers ein gewisser Widerstand entgegengesetzt, in Folge dessen die Ausflussgeschwindigkeit vermindert, und nach erreichter bestimmter Geschwindigkeit jede weitere Beschleunigung der Bewegung aufgehoben wird. Es wird also ein Theil der vorhandenen Druckhöhe, durch diesen Widerstand, welchen man den *Röhrenwiderstand* nennt, absorbirt.

Ist nun v die wirkliche Austrittsgeschwindigkeit, also $\frac{v^2}{2g}$ die ihr entsprechende Druckhöhe, so muss diese kleiner sein, als H, und zwar um die Höhe einer Wassersäule, deren Gewicht im Stande ist, den Röhrenwiderstand zu überwinden. Bezeichnet z diese Höhe, welche *Widerstandshöhe* genannt wird, so hat man

$$z = H - \frac{v^2}{2g} \text{ und daraus}$$

$$H = z + \frac{v^2}{2g}.$$

Der Röhrenwiderstand, welcher hauptsächlich von der Reibung des Wassers an den Röhrenwänden herrührt und desswegen auch *Reibungswiderstand* genannt werden kann, ist der Erfahrung zufolge ganz unabhängig vom Drucke, jedoch dem benetzten Umfange und der Länge der Röhre direct, dem Querschnitte hingegen indirect proportional. Dieser Widerstand wächst ferner mit dem Quadrate und mit einer andern Potenz der Geschwindigkeit des Wassers.

*Eitelwein* und *Prony* nehmen an, dass die durch den Reibungswiderstand absorbirte Druckhöhe, wie die einfache Geschwindigkeit, und wie das Quadrat derselben wachse. Bezeichnet nun D den lichten Durchmesser, U den benetzten Umfang, A den Querschnitt, L die Länge der Röhre und v die Geschwindigkeit des Wassers in derselben, so hat man für die Widerstandshöhe z bei Röhren von *beliebiger Querschnittsform*

$$z = \frac{UL}{A}(\alpha v + \beta v^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

wo $\alpha$ und $\beta$ Erfahrungs-Coëfficienten sind.

Bei cylindrischen Röhren, die voll fliessen, ist $U = \pi D$, $A = \frac{1}{4} \pi D^2$ und somit

$$z = \frac{4L}{D}(\alpha v + \beta v^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II)$$

Setzt man nun statt z seinen vorbestimmten Werth in die Formel (II), so erhält man

$$H = \frac{v^2}{2g} + \frac{4L}{D}(\alpha v + \beta v^2) \quad . \quad . \quad (III)$$

daraus folgt

$$v^2 (8g\beta L + D) + 8g\alpha L v = 2gDH,$$

dividirt man diese Gleichung durch $8g\beta$, so erhält man:

$$v^2 \left(L + \frac{D}{8g\beta}\right) + \frac{8g\alpha L}{8g\beta} v = \frac{2gDH}{8g\beta}$$

Wenn man nun nach d'Aubuisson's Angabe statt $\alpha$ und $\beta$ die durch Versuche ermittelten Werthe dieser Erfahrungs-Coëfficienten setzt, und zwar für $\alpha = 0.0000188$, für $\beta = 0.000343$ und statt $g = 9.808$ Meter, so erhält man

$$v^2 (L + 37.2\, D) + 0.0056\, gLv = 74.4\, gDH,$$

woraus

$$v = -\frac{0.0028\, gL}{L + 37.2 D} + \sqrt{\left(\frac{0.0028\, gL}{L + 37.2 D}\right)^2 + \frac{74.4\, gDH}{L + 37.2 D}} \quad (IV)$$

Kann $37.2\, D$ gegen L vernachlässigt werden, so erhält man einfacher

$$v = -0.028\, g + \sqrt{(0.028\, g)^2 + \frac{74.4\, gDH}{L}} \quad . \quad . \quad (V)$$

Ist die Geschwindigkeit v grösser als $\frac{2}{3}$ Meter, so kann in der Gleichung (I) das Glied mit der ersten Potenz von v vernachlässigt werden. Dann nimmt man zur Ausgleichung nach d'Aubuisson $\beta = 0.000359$ an, wornach sich ergibt:

$$v^2 \left(L + \frac{D}{8g\beta}\right) = \frac{2gDH}{8g\beta}$$

oder wegen $8g\beta = 0.028148$, $\frac{1}{8g\beta} = 35.5$ und $\frac{2}{8g\beta} = 71$,

$$v^2 (L + 35.5\, D) = 71 g D H$$

und daraus

$$v = 8.426 \sqrt{\frac{g D H}{L + 35.5\, D}} \quad . \quad . \quad . \quad (VI)$$

Im Falle $35.5\, D$ gegen L ausser Acht gelassen werden kann, ist einfacher:

$$v = 8.426 \sqrt{\frac{g D H}{L}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (VII)$$

Bezeichnet M die in jeder Sekunde durch die Röhrenleitung fliessende Wassermenge, so hat man:

$$M = \tfrac{1}{4} \pi D^2 v = 0.7854\, D^2 v \quad . \quad . \quad (VIII)$$

Mittelst der vorstehenden Gleichungen können folgende Hauptaufgaben gelöst werden:

1) Es ist die Länge L und der lichte Durchmesser D einer Röhrenleitung, so wie auch das per Sekunde erforderliche Wasserquantum gegeben und man sucht die entsprechende Druckhöhe H.

Hier handelt es sich zuerst darum, die Geschwindigkeit v zu bestimmen. Dazu hat man aus Gleichung (VIII) $v = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{M}{D^2} = 1.2732 \frac{M}{D^2}$, welcher Werth in die Gleichung (III) zu setzen ist.

2) Es ist die Länge und der lichte Durchmesser einer Röhrenleitung, so wie die Druckhöhe oder das Gefälle gegeben und die Wassermenge zu bestimmen. Hier ist zuvörderst mittelst einer der aufgestellten Formeln v, die Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre, zu berechnen und dieser Werth sodann in die Gleichung (VIII) zu setzen, durch welche man die zu suchende Wassermenge ermittelt.

3) Es ist die Wassermenge, die Druckhöhe und die Länge der Röhrenleitung gegeben; man soll den lichten Durchmesser der letzteren finden.

Hiezu bestimme man sich zuerst aus Gleichung (VIII), $v = 1.2732 \frac{M}{D^2}$, setze diesen Werth in die Gleichung (III) und bestimme daraus D.

Ist v grösser als $\frac{2}{3}$ Meter und $35.5\, D$ klein genug, um gegen L vernachlässigt werden zu können, so hat man, indem der Werth für v aus der Gleichung (VII) in jene (VIII) substituirt wird:

$$D = 0.297 \sqrt[5]{\frac{L M^2}{H}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (IX)$$

Diese Formel zur Bestimmung des Durchmessers einer Röhrenleitung ist fast dieselbe, als jene von Dupuit, welche Rühlmann empfiehlt und für das Metermass lautet: $D = 0.3018 \sqrt[5]{\frac{L}{H} M^2}$; auf das Wienermass reducirt lautet dieselbe $D = 0.2397 \sqrt[5]{\frac{L}{H} M^2}$.

Die Verluste an Druckhöhe wegen Krümmungen und Kniestücken der Röhren sind unerheblich, sobald, was natürlicher Weise immer sein muss, die entsprechenden Anprallungswinkel möglichst klein sind.

d'Aubuisson gab solchen Röhren, die natürlicher Weise aus mehreren kleinen, etwa 1 Meter langen Röhrenstücken zusammengesetzt sind, einen Krümmungshalbmesser von etwa 3.6 Meter. Bei zweckmässig und vortheilhaft angelegten Leitungen kann man auch ganz von den Geschwindigkeitsverlusten, welche durch Krümmungen entstehen, absehen, wenn man, wie d'Aubuisson bei Berechnung der Röhrendurchmesser, die fortzuführende Wassermenge um die Hälfte vergrössert einführt. Hagen bemerkt, dass die theoretische Bestimmung des Einflusses der Krümmungen, so wie die Anwendung, welche man davon machen kann, sehr unsicher sei, und sagt: da aber wahrscheinlich das Wasser beim Durchgange durch weite Röhren eine starke innere Bewegung annimmt, so sollte man kaum glauben, dass der Einfluss von mässigen und sanften Krümmungen überhaupt noch merklich wäre. Eine bleierne Röhre von $\frac{1}{3}$ Zoll Weite und 8 Fuss Länge gab genau gleiche Resultate, wenn ich ihr eine kreisförmige Wendung gab, oder wenn ich sie in gerader Linie auszog.

Wenn eine Röhrenleitung nicht überall gleich weit ist, sondern Querschnittsveränderungen plötzlich vorkommen, so entsteht auch ein Widerstand oder Verlust an Gefällshöhe.

Tritt eine Verengung plötzlich ein, so ist der Verlust an Druckhöhe nach Weissbach auszudrücken:

$$z = \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 \frac{v^2}{2g}.$$

In dieser Formel bedeutet $\alpha$ den Contractionscoefficienten, den man nach Weissbach $= 0.596$ setzen kann, wodurch $\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 = 0.48$, mithin

$$z' = 0.48 \frac{v^2}{2g} \text{ wird.}$$

Bei einer plötzlich eintretenden Erweiterung kann man hingegen nach Weissbach den Gefällverlust durch die Formel

$$z' = \left(\frac{A}{A'} - 1\right)^2 \frac{v^2}{2g} = \left(1 - \frac{A'}{A}\right) \frac{v'^2}{2g}$$

berechnen, in welcher

A den Querschnitt
v die Geschwindigkeit } in der weiteren Röhre,
A′ den Querschnitt
v′ die Geschwindigkeit } in der engeren Röhre bedeutet.

Ueberhaupt muss man Verengungen möglichst zu vermeiden suchen; man darf aber nicht annehmen,

dass sie, wenn sie nur mässig sind, eine starke Verminderung der Wassermenge bedingen, denn zur Erzeugung der hier nöthigen Geschwindigkeit wird zwar ein gewisser Theil der Druckhöhe consumirt, aber eben diese grössere Geschwindigkeit liefert auch wieder die lebendige Kraft zur Ueberwindung der Widerstände im folgenden Theile der Röhrenleitung. Hagen fand, dass die Wassermenge, sobald er die Einmündung der Röhre um die Hälfte ihres Querschnittes verengte, unverändert blieb; brachte er aber eine gleiche Verengung an der Ausmündung der Röhre an, so gab sich eine starke Abnahme der Wassermenge zu erkennen, indem die zur Erzeugung der grösseren Geschwindigkeit erforderliche lebendige Kraft in diesem Falle vollständiger Verlust war.

Die zwischen der Druckhöhe H und der Geschwindigkeit v, mit welcher das Wasser in der Röhre fliesst, bestehende Beziehung unterliegt einer Modifikation, wenn der Austritt des Wassers durch eine Verengung der Röhre stattfindet.

Es werden für diesen Fall die früheren Bezeichnungen beibehalten, und noch gesetzt:

O = der Grösse der Oeffnung, durch die das Wasser austritt.

n = dem sogenannten Ausfluss-Coefficienten, dessen Werth hauptsächlich von der Art abhängt, in der das Wasser von der Röhre in die Ausflussöffnung gelangt.

u = der Geschwindigkeit des Wassers in der Ausflussöffnung.

Wird der Einfluss von Richtungs- und Querschnittsänderungen vernachlässigt, so bestehen die durch die Erfahrung bewährten Formeln:

$$H = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2 + z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (IX)$$

$$u = v\,\frac{A}{n\,O} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (X)$$

Ist H gegeben, so erhält man u, wenn man aus der Gleichung (IX) den Werth von v bestimmt, und diesen in die Gleichung (X) einsetzt.

In obigen Formeln ist nun für n zu setzen:

Wenn der Austritt des Wassers durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand geschieht, $0.6$; beim Austritt durch eine cylindrische Röhre, die den 2- bis 3fachen Durchmesser als Länge hat, $0.8$; für konische Röhren, die sich nach aussen verengen, $0.9$ bis $0.94$. Den grössten Werth erhält man im letzteren Falle für n, wenn der Winkel der Kegelmantellinie mit der Achse $6\frac{1}{2}$ bis 7 Grade beträgt. Geschieht der Uebergang aus der Hauptröhre in das Ausflussstück durch eine sanfte Biegung, so kann man ohne merklichen Fehler n = 1 setzen.

### Höhe springender Strahlen.

§. 73.

Ist die Richtung der Austrittsgeschwindigkeit eines Wasserstrahles vertikal aufwärts, so steigt derselbe empor. Die Höhe, die er erreicht, wird seine *Steighöhe* genannt.

Sieht man von Luftwiderstand und von der Wirkung rückfallender Wassertheilchen ab, so ist die Steighöhe

$$h = \frac{u^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (XI)$$

Diese letztere Höhe wird die u entsprechende *Geschwindigkeitshöhe* genannt. Die wirkliche Steighöhe ist der erwähnten Widerstände wegen kleiner, als die Geschwindigkeitshöhe.

Der Werth dieser Widerstände ist von der Austrittsgeschwindigkeit, dann von der Grösse und Form des Ausflussstückes abhängig.

Ueber die Beziehungen dieser massgebenden Faktoren zur Steighöhe gibt die Theorie kein für die Praxis verwendbares Resultat. Man ist daher auf die Ergebnisse angestellter Experimente verwiesen.

Die älteren Versuche über springende Wasserstrahlen von Mariotte, Bossut und Baumgarten, so wie die darauf gegründeten Formeln werden hier übergangen, da das aus den Versuchen Brauchbare ohnehin in den folgenden Angaben mit berücksichtigt wurde, die erwähnten Formeln aber, wegen Vernachlässigung wichtiger massgebender Grössen, werthlos sind. Erst Weisbach ist durch zahlreiche und verschiedenartige eigene Experimente, und mit Berücksichtigung der erwähnten älteren Versuche, zu allgemeineren und für die Praxis sehr werthvollen Resultaten gelangt, die in der Hauptsache im Folgenden enthalten sind:

Das Verhältniss der Steighöhe s zu der Geschwindigkeitshöhe h, oder der Werth $\frac{s}{h}$ nimmt ab, wenn die Geschwindigkeitshöhe wächst, nimmt dagegen zu mit der Vergrösserung des Querschnittes des austretenden Strahles, und ist überdies von der Form der Austrittsröhre abhängig.

Kreisförmige Mündungen geben unter sonst gleichen Verhältnissen die grössten Steighöhen.

Für Geschwindigkeitshöhen von $0.2$ Meter bis 2 Meter kann man sagen

$$s = h.$$

Für grössere Geschwindigkeitshöhen bis zu 24 Meter lässt sich das Verhältniss von s zu h ausdrücken durch die Gleichung

$$\frac{s}{h} = \frac{1}{p + qh + rh^2} \quad \ldots \quad \text{(XII)}$$

worin p, q, r Erfahrungscoefficienten sind, die für jede Mündung besonders bestimmt werden müssen.

Für Druckhöhen von $1^m$ bis $23^m$ hat Weissbach gefunden: Für Kreismündungen in dünner Wand:

1) von $1^{cm}$ Durchmesser

$p = 1;$
$q = 0.011583;$
$r = 0.0005819.$

2) von $1.41^{cm}$ Durchmesser

$p = 1;$
$q = 0.0077819;$
$r = 0.00060378.$

Für ein konisches Wandstück von $15^{cm}$ Länge, $1^{cm}$ Weite an der Ausmündung und $3^{cm}$ Weite an der gut abgerundeten Einmündung

$p = 1.0453;$
$q = 0.0003731;$
$r = 0.00085903.$

Wurde dasselbe Mundstück so verkürzt, dass es an der Ausmündung $1.41^{cm}$ Weite hatte, so war

$p = 1.0216;$
$q = 0.0023931;$
$r = 0.00032678.$

Cylindrische Ansatzröhren geben bedeutend grössere Coefficientenwerthe, sind daher zu vermeiden, wenn grosse Steighöhen erzielt werden sollen.

Um für einen gegebenen Fall die Steighöhe zu berechnen, geht man wie folgt vor:

Wenn man in der Gleichung (II), wie es in der Praxis immer geschehen kann, $\alpha = 0$ setzt, so folgt:

$z = \frac{4L}{D}\beta v^2$, sodann folgt aus der Gleichung (IX)

$$\frac{v^2}{2g} = H \frac{1}{\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2 + \beta \frac{8\,g\,L}{D}}$$

daher mit Berücksichtigung von (X)

$$\frac{u^2}{2g} = H \frac{\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2}{\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2 + \beta \frac{8\,g\,L}{D}}$$

mithin aus (XI) die Geschwindigkeitshöhe

$$h = H \frac{\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2}{\left(\frac{A}{n\,O}\right)^2 + \beta \frac{8\,g\,L}{D}}$$

Ist d der Durchmesser der Ausflussöffnung, so ist, da $A = \frac{\pi}{4}D^2$, $O = \frac{\pi}{4}d^2$ ist,

$$\frac{A}{O} = \left(\frac{D}{d}\right)^2, \text{ daher noch}$$

$$h = H \frac{\frac{1}{n^2}\left(\frac{D}{d}\right)^4}{\frac{1}{n^2}\left(\frac{D}{d}\right)^4 + 8\beta g \frac{L}{D}} \quad \ldots \quad \text{(XIII)}$$

Dieser Werth, in die Gleichung (XII) eingesetzt, gibt bei gegebenen Daten die gesuchte Steighöhe.

Ein Beispiel wird das Gesagte erläutern:

Die Speisung eines Springbrunnens geschieht durch eine Röhre von 200 Meter Länge und $0.06$ Meter innerem Durchmesser. Der Austritt des Wassers findet durch ein konisches Mundstück statt, welches $0.01$ Meter Weite hat.

Es ist die Steighöhe des Strahles anzugeben, wenn die Druckhöhe 22 Meter beträgt, und von den Röhrenwiderständen nur der Reibungswiderstand zu berücksichtigen ist.

Hier ist

$H = 22;$
$D = 0.06;$
$d = 0.01;$
$L = 200.$

Nimmt man $n = 1$, $\beta = 0.00036$, so gibt die Formel (XIII):

$$h = 22 \frac{\left(\frac{0.06}{0.01}\right)^4}{\left(\frac{0.06}{0.01}\right)^4 + 8 \times 9.808 \times 0.00036 \frac{200}{0.6}}$$

dies reducirt

$h = 20.56$ Meter.

Nimmt man nun nach Weissbach in Gleichung (XII)

$p = 1.0216;$
$q = 0.002393;$
$r = 0.00032678.$

so gibt diese Gleichung

$$s = \frac{20.56}{1.0216 + 0.002393 \times 20.56 + 0.00032678 \times (20.56)^2}$$

reducirt

$s = 17.9$

als gesuchte Steighöhe.

## Bestimmung der Wandstärke der Röhren.

§. 74.

Um die Wandstärke einer Röhre zu bestimmen, dienen folgende aus Redtenbacher's »Resultate für den Maschinenbau« entnommene Formeln für die ver-

schiedenen Röhrenarten, wobei u die Wandstärke, d den innern Durchmesser der Röhre und n die in Atmosphären ausgedrückte Spannung bedeutet, welcher die Röhren mit Sicherheit zu widerstehen im Stande sein sollen:

| | | |
|---|---|---|
| Eisenblech | $u = 0.00086\ nd + 0.30$ | Centimeter. |
| Gusseisen | $u = 0.00238\ nd + 0.85$ | |
| Kupfer | $u = 0.00148\ nd + 0.40$ | |
| Blei | $u = 0.02420\ nd + 0.50$ | |
| Zink | $u = 0.01250\ nd + 0.40$ | |
| Holz | $u = 0.03230\ nd + 2.70$ | |
| Natürliche Steine | $u = 0.03690\ nd + 3.00$ | |
| Künstliche Steine | $u = 0.05380\ nd + 4.00$ | |

oder auf das Wiener Mass reducirt:

| | | |
|---|---|---|
| Eisenblech | $u = 0.00086\ nd + 0.114$ | Wiener Zolle. |
| Gusseisen | $u = 0.00238\ nd + 0.323$ | |
| Kupfer | $u = 0.00148\ nd + 0.152$ | |
| Blei | $u = 0.02420\ nd + 0.19$ | |
| Zink | $u = 0.01250\ nd + 0.152$ | |
| Holz | $u = 0.03230\ nd + 0.126$ | |
| Natürliche Steine | $u = 0.03690\ nd + 1.14$ | |
| Künstliche Steine | $u = 0.05380\ nd + 1.52$ | |

Nach Dupuit berechnet man zur Zeit die Wandstärke = e der pariser gusseisernen Wasserleitungsröhren nach der Formel:

$$e = 0.008 + 0.00016\ DH$$

wo D und H (in Metern) den inneren Durchmesser der Leitung und Druckhöhe bezeichnen.

Im Falle der plötzlichen Absperrung des Wassers (wo der Eintritt von Stössen zu fürchten ist) räth Dupuit, die Berechnung nach folgender Formel vorzunehmen:

1) $e = 0.008 + 0.00016\ DH + 0.0128\ D$ (Meter).

Eine andere Formel, jedoch von denselben Principien ausgehend, entwickelt Wiebe, nämlich:

2) $$e = \frac{D}{2}\left(-1 + 0.41\sqrt{[5.50 + \sqrt{(v^2 + 0.17)}]}\right) + 0.87 \text{ Centimeter},$$

wobei jedoch v in Metern und D in Centimetern zu substituiren ist.

Für den Fall, dass D = 0.16 Meter; H = 40 Meter d. i. 4 Atmosphären und v = 1 Meter ist, liefert die Formel:

1) die Wanddicke e = 0.011072 Met. = 11.072 Millim.

2) „ „ e = 1.283 Centim. = 12.83 Millim.

Bei Röhren aus Eisenblech kann das Blech wohl nicht dünner als 0.3 Centimeter genommen werden. Bei Gusseisen darf die Wandstärke nicht unter 0.5 Centimeter genommen werden, weil sonst die Ungleichheiten in der Wanddicke, die nie ganz vermieden werden können, einen zu merklichen nachtheiligen Einfluss ausüben könnten. Auch muss man sich darauf gefasst machen, dass der Guss da und dort porös ausfallen könnte, ein Fehler, gegen welchen man sich nur durch eine hinreichende Wanddicke schützen kann. Für Röhren aus Holz, aus Stein, so wie auch für Röhren aus künstlichen Steinen, sind die hier durch die Formeln bestimmten Wandstärken offenbar zu gering, und man muss sich dieselben in der Weise ermitteln, wie es vorher bei der Beschreibung der hölzernen und steinernen Röhren angegeben wurde.

Es verdient hier noch die Zusammenstellung der Erfahrungen von Guettier hinsichtlich der Verhältnisse von Wandstärke, innerem Durchmesser und Schwere der gusseisernen Röhren einen Platz; diese Angaben verdienen um so mehr Beachtung, als die eingehaltenen Verhältnisse in Marseille, wo man 20 Millionen Pfund Gusseisenröhren legte, sich ganz gut bewährt haben. Diese Röhren sollen sämmtlich einen Druck von 15 Atmosphären auszuhalten im Stande sein.

| Innerer Durchmesser der Röhren. | Länge der Röhren. | Wandstärke der Röhren. | Muffen-Verbindung der Röhren. | | | | | Bügel-Verbindung der Röhren. | | | | Normal-Gewicht. | Höchstes Gewicht. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Durchmesser des eingeschobenen Endes. | Innerer Durchmesser der Muffe. | Länge der Muffe. | Wandstärke der Muffe. | Spielraum zwischen der Muffe und dem eingeschobenen Röhrenende. | Durchmesser des angegossenen Randes. | Stärke des Randes. | Viereckseiten der Bolzenöffnungen. | Zahl der Oeffnungen. | | |
| Millimeter. | Meter. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | | Kilogr. | Kilogr. |
| 40 | 1.334 | 9.0 | 69.0 | 72.0 | 75 | 11 | 3.0 | 166 | 12 | 15 | 4 | 15.5 | 17 |
| 50 | 1.880 | 9.0 | 81.0 | 84.0 | 85 | 12 | 3.0 | 182 | 13 | 18 | 4 | 26.0 | 28 |
| 60 | 1.880 | 9.0 | 93.0 | 96.0 | 90 | 12 | 3.0 | 200 | 14 | 20 | 4 | 31.0 | 33 |
| 80 | 2.400 | 9.5 | 114.0 | 108.0 | 100 | 13 | 4.0 | 220 | 15 | 20 | 5 | 48.0 | 50 |
| 100 | 2.600 | 10.0 | 135.2 | 139.2 | 110 | 14 | 4.0 | 245 | 17 | 21 | 6 | 70.0 | 73 |
| 120 | 2.600 | 10.5 | 156.0 | 160.0 | 110 | 14 | 4.0 | 272 | 17 | 22 | 6 | 84.0 | 88 |
| 150 | 2.620 | 11.0 | 186.8 | 190.8 | 115 | 14 | 4.0 | 310 | 18 | 24 | 8 | 112.0 | 118 |
| 200 | 2.620 | 12.0 | 242.0 | 246.0 | 120 | 17 | 4.0 | 368 | 18 | 24 | 8 | 165.0 | 172 |
| 250 | 2.628 | 13.0 | 269.0 | 300.0 | 120 | 20 | 4.0 | 422 | 18 | 24 | 8 | 212.0 | 221 |
| 300 | 2.628 | 14.0 | 348.0 | 352.0 | 130 | 20 | 4.0 | 473 | 19 | 24 | 8 | 270.0 | 282 |
| 350 | 2.628 | 15.0 | 400.0 | 405.0 | 130 | 21 | 4.5 | 522 | 20 | 24 | 8 | 328.0 | 340 |
| 400 | 2.628 | 16.0 | 447.0 | 451.5 | 130 | 21 | 4.5 | 576 | 21 | 25 | 9 | 380.0 | 395 |
| 500 | 2.628 | 17.0 | 551.0 | 556.0 | 130 | 21 | 5.5 | 678 | 24 | 25 | 9 | 520.0 | 538 |
| 600 | 2.628 | 18.0 | 657.0 | 664.0 | 150 | 25 | 7.0 | 700 | 26 | 25 | 11 | 695.0 | 720 |

### Von dem Wasserbedarfe.

§. 75.

Bei jeder Anlage einer Wasserleitung ist es vor allem nothwendig, zu wissen, welche Wassermenge in einer gewissen Zeit durch die Wasserleitung geliefert werden muss. Dieser Menge entsprechend, wird sodann nach der vorbesprochenen Weise der Durchmesser der Röhren, so wie auch ihre Wandstärke ermittelt, wobei man aber sehr wohl thut, wenn man den Durchmesser der Röhre etwas grösser (einige verlangen sogar die Vergrösserung des Durchmessers um die Hälfte) annimmt, als er sich nach der Rechnung ergibt, indem man sich dadurch theils die Möglichkeit sichert, bei steigendem Bedürfnisse der Leitung eine grössere Ausdehnung zu geben, theils den Nachtheilen zufälliger Verengungen der Röhre vorsichtlich begegnet.

Der allernothwendigste Wasserbedarf wurde schon bei den Cisternen angegeben; bei Wasserleitungen jedoch nimmt man wegen der Leichtigkeit der Zuleitung ein grösseres Quantum als Wasserbedarf an. Das allernächste Bedürfniss des Wassers ist jene Quantität, welche zum Trinken und zur Zubereitung von Speisen gebraucht wird. Nach diesem ist noch eine gewisse Quantität zur Reinigung der Wäsche, der Wohnungen u. s. w. nothwendig, und bei grösseren Leitungen pflegt man noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass Springbrunnen auf öffentlichen Plätzen gespeist, Strassen abgespült, erforderlichen Falls auch Feuerspritzen versorgt werden können.

Folgende nicht unwichtige auf genaue Ermittlung gestützte Angaben über den Wasserverbrauch in grösseren Städten *) sollen hier eine passende Stelle finden.

Auf den Kopf rechnet man täglich im grossen Durchschnitt für Getränk und Zubereitung der Speisen 2 Liter, und zu anderen Zwecken als Waschen, Reinigung der Wohnungen u. s. w. 18 Liter, also in Summa 20 Liter; oder $^1/_{50}$ Kubikmeter, also beinahe $^3/_5$ Pariser Kubikfuss (1 Par. Kubikfuss = 34.2772 Liter) oder 14 $^1/_2$ Wiener Mass täglich oder $^1/_{1000}$ Wasserzoll. Durch Zusammenwohnen wird aber dieser Verbrauch erheblich eingeschränkt, und eine aus fünf Gliedern bestehende Familie kann bei einiger Oekonomie mit 40 Litern Wasser täglich auskommen. Werden aber auch zugleich die vorerwähnten öffentlichen Zwecke berücksichtigt, so muss man auf jeden Einwohner mindestens 2 Kubikfuss täglich rechnen.

In *Paris* findet folgender Verbrauch statt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| eine Person consumirt täglich | . | 20 | Liter | Wasser |
| ein Pferd | „ | „ | . | 75 | „ | „ |
| ein zweirädriger Wagen zum Reinigen, | „ | . | 40 | „ | „ |

*) Nouvelles Annales de la Construction.

ein vierrädriger Wagen „ . 75 Liter Wasser
zum Reinigen,
eine Pferdekraft von Hochdruckmaschinen stündlich . . . 200 „ „
eine Pferdekraft von Mitteldruckmaschinen stündlich . . . 400 „ „
eine Pferdekraft von Niederdruckmaschinen stündlich . . . 800 „ „
ein Quadratmeter Garten jährlich 500 „ „
ein Bad consumirt täglich . . 300 „ „
ein Gassenspülhahn „ 5000—6000 „ „
ein Liter fertiges Bier . . . . 4 „ „
ein Quadratmeter Strassenbespritzung täglich 1 Liter Wasser.

Das Trink- und das zum Kochen nöthige Wasser muss natürlich möglichst rein und frisch sein, alles zu anderen Zwecken benöthigte Wasser könnte etwas weniger rein verwendet werden.

Mit Benützung dieser Angaben, welche den Verhältnissen anzupassen sind, kann der Wasserbedarf einer Stadt oder eines Etablissements leicht ermittelt werden.

Die folgenden Resultate sind in einem Berichte über die Wasserversorgung Londons enthalten, in welchem die für diese Stadt erforderliche Wassermenge in nachstehender Weise angegeben wird.

| | | |
|---|---|---|
| 1) Für den häuslichen Gebrauch, 75 Gallons oder 34 Liter per Tag und per Haus, folglich für 288,000 Häuser . . . . . | 98,064,000 | Liter |
| 2) für Bäder . . . . . | 4,540,000 | „ |
| 3) für Reinigung der Höfe, Trottoirs, Strassen und Strassenbewässerung . . . . . | 45,400,000 | „ |
| 4) Brauereien und andere Anstalten mit grossem Wasserbedarf | 18,160,000 | „ |
| 5) Feuerbrünste und unvorhergesehene Fälle . . . . . | 15,436,000 | „ |
| Summa per Tag | 181,600,000 | Liter |

Da die für diese Angelegenheit niedergesetzte Commission annahm, dass in den 288,000 Häusern Londons 2 Millionen Menschen leben, so entfallen per Kopf $90.8$ Liter.

Die Zahl von 150 Litern scheint diejenige zu sein, welche die englischen Ingenieure als Grundsatz bei ihren Berechnungen jetzt annehmen.

Der Bedarf an Wasser ist selbstverständlich sehr verschieden, und regelt sich nach klimatischen Verhältnissen und dem grösseren oder geringeren Vorrathe an Wasser, wie nachstehende Zusammenstellung des Wasserverbrauches in mehreren grösseren Städten:

| | | |
|---|---|---|
| Paris . . . . . (die Einrichtungen in Paris gestatten jedoch eine Wasserabgabe, welche auch die doppelte Höhe von der bezeichneten erreichen kann) | 60 | Liter täglich |
| Metz . . . . . | 20— 25 | „ „ |
| St. Etienne . . . . . | 20— 25 | „ „ |
| Angoulême . . . . . | 35— 40 | „ „ |
| Hâvre . . . . . | 40— 45 | „ „ |
| Clermont . . . . . | 50— 55 | „ „ |
| Montpellier . . . . . | 50— 60 | „ „ |
| Toulouse . . . . . | 62— 78 | „ „ |
| Grenoble . . . . . | 60— 65 | „ „ |
| Narbonne . . . . . | 62— 78 | „ „ |
| Dyon . . . . . | 198—678 | „ „ |
| Besançon . . . . . | 246 | „ „ |
| Marseille . . . . . | 470 | „ „ |
| Bordeaux . . . . . | 170 | „ „ |
| Altona . . . . . | 25 | „ „ |
| Cette . . . . . | 106 | „ „ |
| Lyon . . . . . | 85 | „ „ |
| Nantes . . . . . | 60 | „ „ |
| London . . . . . | 112 | „ „ |
| Glasgow . . . . . | 150 | „ „ |
| Genua . . . . . | 120 | „ „ |
| Edinburgh . . . . . | 50 | „ „ |
| Manchester . . . . . | 84 | „ „ |
| Philadelphia . . . . . | 70 | „ „ |
| New-York . . . . . | 568 | „ „ |
| Brüssel . . . . . | 80 | „ „ |
| München . . . . . | 80 | „ „ |
| Rio Janeiro . . . . . | 9 | „ „ |
| Constantinopel . . . . | 20 | „ „ |
| Rom alter Theil . . . | 1084 | „ „ |
| Rom neuer Theil . . . | 1105 | „ „ |
| Hamburg . . . . . | 125 | „ „ |

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, wie verschieden die Wasserquantitäten in den Städten sind. Zur Befriedigung der dringendsten Bedürfnisse genügt allerdings eine sehr geringe Wassermenge; so z. B. wird auf Seeschiffen bei längeren Reisen kaum $^1/_{12}$ Kubikfuss auf den Mann gerechnet, und es würde für viele Orte ein grosser Gewinn sein, wenn auch nur kleine Quantitäten trinkbaren Wassers zugeführt werden möchten. Sobald aber durch solche Anlagen das reine Wasser wohlfeiler wird, so steigert sich der Verbrauch desselben in solchem Grade, dass vielleicht die Wasserquantitäten vieler von den vorstehenden schon jetzt sehr reichlich versehener Städte noch nicht die äusserste Grenze bezeichnen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Bevölkerungen in den Städten zunehmen, muss die Behörden darauf aufmerksam machen, dass sie sich bei der Anlage von Wasserleitungen vor künftigem Mangel schützen. Die Stadt Glasgow liefert in dieser Beziehung ein merkwürdiges Beispiel. Die Zunahme ihrer Bevölkerung fand von 1780 bis 1855, also in 75 Jahren, in folgender Weise statt.

| | | |
|---|---|---|
| 1780 . . . | 58,026 | Seelen |
| 1801 . . . | 77,385 | „ |
| 1811 . . . | 100,749 | „ |
| 1821 . . . | 147,048 | „ |
| 1831 . . . | 202,426 | „ |
| 1841 . . . | 255,650 | „ |
| 1855 . . . | 396,926 | „ |

Mit dieser Zunahme der Seelenzahl musste natürlich auch das Wasserbedürfniss sich steigern, das übrigens in Glasgow nicht unbedeutend ist. Die Stadt besitzt zwei Zuflüsse, welche ihr per Kopf eine Wassermenge von 150 Liter sichern, und dennoch reicht diese nicht aus, weil dort der Gebrauch des Wassers ein ausserordentlicher ist. In wohlhabenden Häusern findet man in jedem Stocke ein Water-Closet, ein warmes Bad und ein shower-bath, eine Art von kaltem Regenbad.

Der Ingenieur Darcy, der Baumeister der Wasserleitung zu Dijon, hat es versucht, eine Formel zur Ermittlung der für eine Bevölkerung erforderlichen Wassermenge aufzustellen, die aber rein theoretisch ist, und sich besonders auf die Städte dritten Ranges, welche doch die zahlreichsten sind, nicht anwenden lässt, weil man zu übermässigen Wasserquantitäten gelangt, indem diese Städte im Vergleiche mit grossen, im Verhältniss zu ihrer geringen Zahl Einwohner einen grossen Raum einnehmen.

### Bemerkungen für Wasserleitungen grösserer Städte.

§. 76.

Das für eine Stadt nothwendige Wasserquantum kann, wie schon erwähnt, entweder durch Abfangung von Quellen mit Benützung ihrer natürlichen Höhenanlage, oder aus tiefer liegenden Bach- oder Strombetten mittelst Pumpen gehoben werden. In jedem Falle muss das Wasser die nöthige Druckhöhe haben, um nach den höchsten Punkten der Stadt, die man versorgen will, zu gelangen. Soll eine Quelle zu einer Wasserleitung benutzt werden, so ist dabei zu unterscheiden, ob sie in einem Thale hervorquillt, also in Folge hydrostatischen Druckes eines höher liegenden unterirdischen Reservoirs hervorsprudelt, oder ob sie am Abhange einer Höhe als Abfluss der Ansammlung auf einer das Wasser nicht durchlassenden geneigten Schicht zu Tage tritt.

Im ersten Falle wird zur Fassung der Quelle um dieselbe eine Grube bis zum festen Grunde ausgehoben, die Wände werden sorgfältig mit Mauerwerk bekleidet, so dass die Quelle in der Mitte vom Boden aus aufsteigt, und die Einfassung ausfüllt, wo sie dann durch seitwärts angebrachte Röhren nach ihrem Bestimmungsorte fortgeleitet wird. Ueber dieser Fassung wird die Brunnenstube aus massiven Wänden aufgemauert und mit einem 1½ bis 2 Fuss dicken Gewölbe überspannt, damit die Einwirkung des Temperaturwechsels unschädlich gemacht werde, und das Ganze womöglich mit Erde überschüttet, das Mauerwerk mit hydraulischem Mörtel ausgeführt und verputzt, um jedes Eindringen von Tagewasser abzuhalten. Die Grösse der Brunnenstube wird nach dem nöthigen Arbeitsraum bemessen, um Reparaturen darin vornehmen zu können. Da die Reichhaltigkeit der Quellen nach Massgabe des atmosphärischen Niederschlages wechselt, so muss für einen möglichen Ueberfluss des Wassers in entsprechender Höhe ein Abflusskanal hergestellt werden. Der Eingang zur Brunnenstube wird durch eine eiserne Thüre geschlossen und, wo es durchzuführen ist, gegen Norden gelegt, um die Einwirkung der Sonnenhitze von der Brunnenstube abzuhalten.

Tritt die Quelle an einem Abhange zu Tage, so wird die Fassung unterhalb der Quelle angelegt, so dass diese von oben einfliesst, ohne durch die Ansammlung von Wasser in ihrem Laufe zurückgestaut zu werden, indem sie sich sonst andere Wege suchen und entweder ganz verschwinden oder doch an Ergiebigkeit abnehmen könnte. Um eine grössere Menge Wasser anzusammeln, werden bei einer solchen geneigten wasserleitenden Schichte, ähnlich wie bei dem Auffangen unterirdischer Quellen, gemauerte Galerien rechtwinklig auf die Richtung des Wasserlaufes mit ihrer Sohle in die undurchdringliche Schicht (Letten oder Thon) versenkt, angelegt, das dem Zuflusse zugewendete Widerlager wird mit offenen Fugen oder mit Einflussöffnungen, das gegenüberliegende aber mit hydraulischem Mörtel ausgeführt, um so das Wasser abzufangen und den an passenden Stellen angebrachten Erweiterungen, den Brunnenstuben, zuzuführen, von wo aus die Röhrenleitungen abgehen, und in welchen auch das Wasser seine mitgeführten Stoffe ablagern kann.

Wird aber das Wasser aus einem Flusse oder

Strome gewonnen, so kann es entweder in angelegte hoch gelegene Reservoirs hineingepumpt werden, von wo aus es mit der nun gewonnenen nöthigen Druckhöhe in die Röhrenleitung fliesst, oder es kann mittelst Pumpen gehoben werden und, ohne in solche Reservoirs zu gelangen, direkt von der erlangten Höhe in die Leitung strömen, oder endlich kann das Wasser durch Saug- und Druckpumpen aus dem Flusse gehoben und gleich in die Leitungsröhren hineingepresst werden.

§. 77.

Sehr vortheilhaft ist es, dass Wasserleitungen *Reservoirs* haben und bei den meisten findet man sie auch; denn die Konsumtion des Wassers ist veränderlich, während die Versorgung constant ist. So wird das von natürlichen Quellen herbeigeführte, oder durch hydraulische Maschinen gehobene Wasser binnen 24 Stunden regelmässig geliefert, während die Konsumtion gewöhnlich in 12 Stunden vor sich geht und selbst in dieser Zeit nicht regelmässig ist, so dass man selbst bei Benützung von Dampfmaschinen gezwungen ist, Reservoirs anzulegen, um nicht das Wasser zu verlieren, welches in gewissen Momenten die Bedürfnisse der Konsumtion übersteigt. Da man überdiess, bei dem Vorhandensein eines Reservoirs, Reparaturen an der Speisungsmaschine, ohne den Dienst zu unterbrechen, vornehmen kann, so sind solche Wasserbehälter trotz der hohen Kosten, die sie verursachen, beinahe unerlässlich. Zuweilen haben Reservoirs auch den Zweck, öffentliche Plätze zu verzieren, und sind in diesem Falle häufig mit Springbrunnen in Verbindung. Der körperliche Inhalt dieser Reservoirs kann durch Berechnung gefunden werden; im Interesse der Wasservertheilung sollte er nie gross genug sein; denn je grösser er ist, um so mehr gewinnt man Zeit, eine Unterbrechung des Betriebes wieder in Ordnung zu bringen. Der Rauminhalt dieser Reservoirs hängt demnach von den örtlichen Verhältnissen, unter denen man das Werk anlegt, und von den Zufällen ab, denen die Wasservertheilung ausgesetzt ist.

Man kann zwei Arten von Reservoirs unterscheiden: solche, deren Wasserspiegel unter dem Niveau des Terrains und solche, deren Spiegel über demselben liegt.

Die erste Art ist unstreitig ökonomischer, denn man braucht nur den Boden und die Wände mit hydraulischem Mauerwerke zu verkleiden, um die Vegetation zu verhindern und die Reinigung zu erleichtern. Bei dieser Verkleidung mit Mauerwerk hat man den Boden und die Umfassung zu unterscheiden; die des Bodens braucht im Allgemeinen nur eine sehr geringe Stärke zu haben. Nachdem der Boden geebnet worden, kann man ihn, wenn er sehr durchdringlich ist, mit einer geschlagenen Thonschicht und Kies bedecken und darüber eine Betonschicht von $0._{15}$ bis $0._{20}$ Meter legen, deren Oberfläche geglättet wird. Da es immer sehr leicht ist, den Boden zu besichtigen, so können die Beschädigungen, welche an diesem Theile des Baues vorkommen sollten, für dessen Festigkeit keine grossen Folgen haben. Was die Einfassung des Reservoirs betrifft, so kann man sich, wenn grosse Terrainflächen zu Gebote stehen, mit Böschungen begnügen, die mit einer ähnlichen Schichte wie der Boden oder mit einem gemauerten Steinpflaster versehen sind. Wenn es aber an Raum fehlt, so kann man senkrechte oder etwas geböschte Mauern anlegen, denen man eine solche Stärke gibt, dass sie den Druck des Wassers aushalten können, also etwa drei bis vier Zehntel ihrer Höhe. Nachdem sich das Mauerwerk, das eben so wie jenes der Cisternen mit hydraulischem Mörtel hergestellt wird, gesetzt hat, werden diese Wände wie die Sohle in der Weise mit hydraulischem Mörtel verputzt, wie es schon bei dem Baue der Cisternen besprochen wurde.

Es dürfte unnütz sein, über die im gewachsenen Boden angelegten Reservoirs noch weitere Bemerkungen zu machen; wir können wohl zu jenen Reservoirs übergehen, deren Wasserspiegel über dem natürlichen Boden liegt. Uebersteigt hiebei ihre Höhe nicht 4 bis 5 Meter, so bestehen sie wie die vorigen aus einem Boden und aus einer Umfassung von Mauerwerk, die aber eine viel grössere Widerstandsfähigkeit besitzen müssen. Wenn man die Sohle eines früher besprochenen Reservoirs 4 bis 5 Meter tief unter dem natürlichen Boden anlegt, so hat der neue Boden in der Regel nur einen Druck zu erleiden, welcher dem gleich ist, den er früher zu ertragen hatte, ist aber nebenbei gewöhnlich dichter und fester, als der Boden an der Oberfläche. Hiebei kommt man daher selten in den Fall, besondere Vorsichtsmassregeln anwenden zu müssen. Liegt aber die Sohle des Reservoirs im Niveau des Bodens, so ist die Herstellung eines solchen Beckens eine ganz andere, und man darf umsomehr eine Durchsickerung des Wassers befürchten, als die von atmosphärischen Einflüssen oder durch andere Umstände angegriffene Oberfläche des Bodens im Allgemeinen keine grosse Widerstandsfähigkeit besitzt. Die Verhältnisse sind also bei weitem ungünstiger, als bei den früheren Reservoirs, und es ist hier alle Aufmerksamkeit zu ver-

wenden. Ist das Erdreich fest, so braucht man nur die Stärke der Betonschicht zu vergrössern, indem man sie je nach der Wasserhöhe auf $0.30$, $0.40$, oder $0.50$ Meter festsetzt. Ist das Terrain locker, oder ist es vielleicht gar umgegraben worden, so wird man manchmal gezwungen sein, die Sohle der Reservoirs sogar auf Pfeiler zu setzen, welche bis zum festen Grunde hinabreichen und die man durch Gewölbe über dem als Lehrbogen geformten natürlichen Erdreiche miteinander verbindet. Diese bereits mit Erfolg angewendete Konstruktion vermeidet nicht nur das Reissen und Setzen der Sohle (was sich leicht wieder herstellen lässt), sondern bezweckt auch die Verhütung der Folgen, welche dadurch für die Umfangsmauern entstehen könnten. Eine unter der Sohle stattfindende und den Unterboden erweichende Wasserfluth könnte allerdings eine Bewegung, ein Schiefstehen oder eine Trennung hervorbringen, indem an verschiedenen Stellen der Fundamente dieser Mauern Pressungen entstehen würden. Die Reparatur solcher Beschädigungen, die bei gewöhnlichen Mauern beinahe ohne Folgen wären, würde bei den Mauern der Reservoirs sehr kostspielig und sehr schwierig sein, und es könnte selbst ein Neubau nöthig werden, wenn sie aus ihrer senkrechten Stellung gewichen wären; indem sich das Wasser durch das Mauerwerk Bahn bricht, wird die dadurch entstehende Strömung diese Beschädigungen ohne Unterlass vergrössern. Es darf daher nichts vernachlässigt werden, um den Umfassungsmauern der Wasserbehälter alle mögliche Festigkeit zu geben; die durchschnittliche Stärke muss mit Berücksichtigung der Beschaffenheit der zu verwendenden Materialien und mit Rücksicht auf das auszuführende Profil ungefähr halb so gross sein, als die Wasserhöhe im Reservoir.

Die Umfangsmauern verursachen, wie man sieht, die grössten Kosten bei der Anlage der Reservoirs, und es ist demnach von Wichtigkeit, so weit es das betreffende Terrain gestattet, solche Formen dafür zu wählen, die bei geringstem Umfange den grössten Flächeninhalt darbieten. Es wäre demnach die Kreisform die zweckmässigste von allen; allein bei Herstellung des Mauerwerks dieser Form ist die Bearbeitung des Materials sehr kostspielig. Im Allgemeinen hat man bei der Wahl der Grundrissform darauf zu sehen, dass viele Ecken so wie auch zu längliche Formen vermieden werden; die Grundform des Reservoirs soll sich so viel wie möglich dem Quadrate nähern. Theilt man jedoch das Reservoir in zwei Theile, was bei grossen Behältern eine Nothwendigkeit ist, so muss, wenn man das Minimum der Kosten erreichen will, die auf die Scheidewand senkrechte Dimension grösser sein, als die andere, und im Verhältnisse von $3:2$.

Da es nothwendig ist, dass die Resersoirs öfter gereinigt werden, so entsteht dadurch das Bedürfniss, sie in zwei Theile zu theilen, so dass die Speisung der Röhren aus jedem derselben stattfinden kann. Man erreicht diesen Zweck durch eine Scheidemauer, von derselben Stärke als die Umfassungsmauer, indem sie denselben Druck wie diese zu erleiden hat, wenn die eine Abtheilung leer ist.

Jede Abtheilung des Reservoirs muss wenigstens mit drei Oeffnungen versehen sein; die *Ablassöffnung* dient zum Ablaufen des schmutzigen Wassers nach aussen und, wenn es nothwendig ist, zum schnellen Entleeren des Reservoirs. Eine Röhre führt durch diese Oeffnung das schmutzige Wasser einem Loche oder einem Strassenkanale zu; sie muss, um eine vollkommene Entleerung zu ermöglichen, sich am tiefsten Punkte der Sohle des Reservoirs befinden und ist mit einem Ventile versehen, dessen Einrichtung in der Fig. 335 a und b, Taf. XXIX dargestellt ist. Der Durchmesser des Ablassventiles und der ihm korrespondirenden Röhre muss nach der Zeit bestimmt werden, in der man das Reservoir leeren will. Die beiden sich berührenden Abtheilungen können mittels einer Gabelspaltung dasselbe Ablassrohr erhalten. Um das Ausfliessen des Wassers noch mehr zu erleichtern, versieht man auch den Boden der Länge nach mit einem vertieften Kanale (Rinne), der sich in der Längenachse des Bassins hinzieht; ausserdem kann man auch den Boden von beiden Seiten aus gegen diesen Kanal fallend herstellen. Das *Zuleitungsrohr* mündet gewöhnlich an den Boden des Reservoirs; denn es ist dies das Mittel, seine ganze Höhe zu benützen, um es schnell anzufüllen und wenn die Zuflussleitung gleichzeitig eine Vertheilungsleitung ist, so ist diese Anordnung unumgänglich erforderlich, um das Wasser zu benützen, das in dem unteren Theile des Reservoirs enthalten ist; gleichzeitig ist sie das wirksamste Mittel, um zu verhindern, dass sich Luft in der Leitung ansammle. Wird aber das Wasser durch eine Maschine geliefert und soll diese beständig in Thätigkeit sein, so kann die Zuflussleitung über dem Reservoir münden und man schliesst sie dann durch ein gewöhnliches Schiebeventil. Es ist dann eine Abflussleitung vorhanden, welche mit dem Boden des Reservoirs korrespondirt und mit einem Ventil geschlossen wird. Die dritte nothwendige *Oeffnung* ist die *für das Ueberwasser;* denn wenn das Reservoir von einer Maschine oder von einer Leitung gespeiset

wird, die in einem höher gelegenen Reservoir beginnt, so könnte es sich ereignen, dass das Wasser die Krönung des Reservoirs überstiege und Beschädigungen veranlasste, welchem Uebelstande man durch ein senkrechtes Rohr vorbeugt, das bis zu dem Niveau reicht, welches nicht überstiegen werden soll. Es erhält seinen Platz in der Mitte der Scheidemauer des Reservoirs und kann für beide Abtheilungen desselben bestimmt sein; seine obere Oeffnung braucht nicht geschlossen zu werden. Ein Reservoir kann mehrere Zufluss- und mehrere Abflussleitungen haben und man kann die Abflussöffnungen vermehren, wenn der Flächeninhalt des Reservoirbodens bedeutend ist; kurz man kann eine Menge von Anordnungen treffen, je nachdem es die Bedürfnisse und Verhältnisse erheischen. Hier wurde nur von den wesentlichsten gesprochen.

Fig. 336 a, b, c, d, e, f und g, Taf. XXX stellen die Details der verschiedenen Einrichtungen des Reservoirs Vaugirard*) dar, welche sich mit geringen Modificationen bei allen Reservoirs der Pariser Wasserleitungen wiederholen.

Solche Wasserbehälter können, besonders wenn sie kleiner sind, auch von Gusseisen oder Blech konstruirt werden. Das erste Metall hat den Vortheil einer leichten Konstruktion und schmiegt sich in alle Formen. Die grosse Anzahl von Fugen aber, die mit diesem Konstruktionssystem verbunden sind, würde besonders bei grossen Räumen ohne Zweifel Veranlassung zu Wasserflüchten geben, deren Reparatur häufige Unterbrechungen im Dienste nach sich ziehen würde. Nicht dasselbe ist der Fall bei Anwendung von Blech, aber es ist hier die Gefahr der Oxydation in Anschlag zu bringen. Solche Reservoirs gewähren keineswegs dieselben Bürgschaften für die Dauer, als die aus Mauerwerk hergestellten, und sicher ist es, dass sie, wenn die Unterhaltung etwas vernachlässiget wird, nur zu bald untauglich sein würden. Ein 400 Kubikmeter haltender Wasserbehälter ist in dem Etablissement von Chaillot hergestellt. Der Boden ruht auf einer von parallelen Mauern getragenen Decke; die Mauern sind $0.70$ Meter stark und stehen in Zwischenräumen von $2.10$ Meter. Der Durchmesser dieses Reservoirs beträgt 11 Meter, dessen Höhe 4 Meter. Das Blech des Bodens und das des inneren Theiles hat eine Stärke von $0.003$ Meter, während die Blechstärke des oberen Theiles nur $0.002$ Meter beträgt. Das Totalgewicht dieses Behälters stellt sich auf 8310 Kilogr.

Die Fig. 339 a, b und c, Taf. XXXI, zeigen den Grundriss und die Profile der Umwallung des Hochreservoirs der Wasserleitung zu Magdeburg*). Dasselbe wurde durch eine Erdumwallung gebildet und liegt auf einem 133 Fuss hohen Punkte $^2/_3$ Meilen von der Stadt Magdeburg entfernt. Die Umwallung erhebt sich 17 Fuss 3 Zoll über die Sohle des Reservoirs, hat eine Kronenbreite von 9 Fuss, auf der inneren Seite eine $2\,^1/_2$ und auf der äusseren Seite eine $1\,^1/_2$ füssige Böschung erhalten. Ganz gefüllt fasst dieses Hochreservoir 366552 Kubikfuss Wasser, was der ganzen Leistung einer der beiden Maschinen während 24 Stunden und 10 Minuten gleichkommt. Um das Hochreservoir wasserdicht zu machen, sind die Sohle wie auch die inneren Böschungen der Wände mit einem 12 Zoll starken Thonschlage bekleidet, auf welchem ein Steinpflaster von zweien auf die flache Seite in Cement gelegten Lagen ausgeführt ist. Die Krone der Umwallung ist mit Feldsteinen, die bei den Erdarbeiten gewonnen wurden, gepflastert. In einer der Stadt zugekehrten Ecke des Reservoirs, Fig. 339 a und c, ist ein Schacht von 10 Fuss im Gevierte, 9 Fuss 8 Zoll hoch angelegt, in welchen die Röhre einmündet, durch welche das Reservoir gefüllt wird und sich auch wieder entleeren kann. Der Schacht ist mit Mauerwerk in Cement umgeben, das in einen 1 Fuss starken Thonschlag eingehüllt ist. In der andern Ecke des Reservoirs befindet sich ein zweiter Schacht, der ebenfalls zur Entleerung bestimmt ist und zwar, wenn dasselbe gereinigt werden soll; er ist nach Fig. 339 a und b 9 Fuss im Gevierte und ganz so wie der erstere konstruirt. Auf den Ableitungskanal, der von diesem Schachte ausgeht, tieft sich von der Krone der Umwallung aus ein dritter Schacht ab, der 6 Fuss im Gevierte weit und wie die früheren konstruirt ist. In diesem Schachte ist ein Verschlusshahn angebracht, welcher den nach aussen führenden Theil des Ableitungskanals absperrt. Dieser Verschlusshahn befindet sich in einer 18 Zoll weiten, in dem nach aussen führenden Theil des Abflusskanals festgemauerten Röhre, auf welcher hinter dem Verschlusshahn noch das Ueberlaufrohr steht. Dies ist ein vertikales Rohr von 18 Zoll Durchmesser, ist oben offen und schneidet mit dem höchsten zulässigen Wasserspiegel im Reservoir ab. Indem nun das Wasser ungehindert in den Schacht unter die Krone der Umwallung treten kann, wird es denselben bis zur Höhe füllen, in welcher es im Reservoir steht; wenn es hier wie dort die Normalhöhe von 12 Fuss erreicht hat, so fällt es in das Ueberlaufsrohr und

*) Försters Bauzeitung.

*) Zeitschrift für Bauwesen.

wird durch den nach aussen führenden Theil des Abflusskanales abgeleitet.

Die Reservoirs müssen immer auf einer solchen Höhe angelegt werden, von welcher sie alle Ausläufe der Stadt beherrschen; vortheilhaft ist es, sie an jenem Ende der Leitung anzulegen, welches sich in entgegengesetzter Richtung der Schöpfmaschine befindet, weil dann irgend eine Beschädigung der Wasserleitung den Betrieb nur zwischen den beiden nächsten Sperrhähnen unterbrechen würde, indem sich die Speisung von beiden Seiten bewerkstelligen lässt. Indessen gibt es viele Verhältnisse, welche die Wahl einer andern Stelle wünschenswerth machen, und zwar gehören dahin in erster Reihe die Kosten solcher Reservoirs, welche, weil die Höhe derselben eine bestimmte ist, offenbar nach dem Niveau des Terrains sehr verschieden ausfallen müssen. Auch kann man statt eines Reservoirs deren mehrere anlegen und bei der Anlage eines Wasservertheilungssystems muss man darauf Rücksicht nehmen, dass bei eintretender Nothwendigkeit noch neue Reservoirs angelegt werden können.

§. 78.

Bei Herstellung einer Wasserleitung muss man zunächst auf einem genauen Situationsplane von dem ganzen mit Wasser zu versorgenden Distrikte die sämmtlichen beabsichtigten Brunnen und sonstigen Ausflüsse eintragen, und nach bewirkter Reduktion auf einem gemeinschaftlichen Horizont die Höhe bezeichnen, in welcher jeder Ausfluss erfolgen soll. Wenn eine Tabelle noch die Wassermenge aller Brunnen und Ausflüsse nachweiset, so hat man alle Data, um die passenden Gruppirungen zu machen und das Projekt in den Hauptpunkten festzustellen. Besonders wichtig ist dabei eine zweckmässige Vertheilung der grösseren Leitungen. Man muss gewisse Vertheilungspunkte aufsuchen, von denen aus man die Umgebungen bequem speisen kann, und diese Punkte müssen entweder von der Hauptleitung oder von den Zweigröhren der ersten Ordnung berührt werden. Die Anordnung wird aber so getroffen, dass alle Leitungen, welche Theilungspunkte speisen, möglichst gerade geführt werden und leicht zugänglich sind, auch, so viel es geschehen kann, ein gleichmässiges Gefälle erhalten. Die einzelnen Theile der Zwischenleitung können zwar innerhalb gewisser Grenzen fallen und steigen, doch dürfen sie sich nie über das Niveau des nächstvorhergehenden Theilungspunktes erheben, und diese Punkte selbst müssen so viel wie möglich eine ihrer Entfernung entsprechende Abstufung in der Höhe zeigen. Es ist weniger vortheilhaft, die Theilung der Wassermenge durch unmittelbare Spaltung des Röhrenstranges zu bewirken, als aus offenen Bassins oder Brunnen die Zweigröhren ausgehen zu lassen; man erreicht hiebei den Vortheil, dass solche Brunnen als Schlammkasten dienen, und als Luftventile wirken, auch wird der nachtheilige Einfluss der veränderten Richtung durch sie umgangen. Ferner geben sie Gelegenheit zu einer genauen Controle über die Ergiebigkeit aller Hauptleitungen; denn sobald eine derselben sich verstopft hat, oder leck geworden ist, wird sich die an dem Wasserstande der beiden nächsten offenen Brunnen sogleich zu erkennen geben. Man muss trachten, in allen Röhrensträngen ein möglichst gleichförmiges Gefälle zu erhalten, weil man sonst in jenen Strecken, wo das Gefälle ein geringeres ist, gezwungen wird, weitere Röhren zu benützen, was die Kosten vermehrt.

Diese an den Vertheilungspunkten befindlichen Brunnen oder Bassins sind entweder geräumige Reservoirs, welche grosse Wassermengen fassen (Chateau d'eau auch Brunnenstube genannt), oder, was gewöhnlicher ist, nur gusseiserne Cylinder von 2 bis 3 Fuss Durchmesser, aus denen die Zweigröhren abgehen. Beide werden über dem Niveau der Strassen, also entweder auf Unterbauen oder in kleinen Häuschen angelegt. Einzelne kleine Ableitungen kann man, wo es nöthig ist, auch durch die Hauptröhren unmittelbar speisen, um nicht von dem nächsten Vertheilungspunkte aus eine besondere Leitung dahin führen zu müssen; im allgemeinen aber ist es vortheilhaft, wenn von einem Vertheilungspunkte bis zum nächsten keine Verminderung der Wassermenge eintritt und daher der Röhrenstrang seinen Durchmesser unverändert beibehält.

Das Röhrensystem, durch welches das Wasser nach den Gebrauchsorten geleitet wird, lässt sich in verschiedener Weise darstellen. Man kann es entweder lediglich als den Weg betrachten, auf welchem das Wasser nach den Verbrauchsorten geleitet wird, und in diesem Falle ist es das natürlichste, von einem Hauptröhrenstrange Nebenstränge abzuzweigen und diese sich nach den äussersten Ausströmsöffnungen hin verästeln zu lassen, ohne diese Endpunkte unter sich wieder in Verbindung zu setzen; oder man betrachtet das Röhrensystem als einen unterirdischen Wasserbehälter, welchen man an beliebigen Stellen anzapft, in welchem Falle für das entnommene Wasser rasch und vollständig Ersatz geschafft wird. Hiezu muss man die einzelnen Röhrenstränge an ihren äussersten Enden und auch wohl noch sonst in Verbindung setzen.

Das erstere, das Verästelungssystem, ist ohne Zweifel mit geringeren Kosten auszuführen und geeigneter den sich in den Röhren ablagernden Schmutz zu entfernen, indem man denselben bis an die äussersten Punkte der Verästelung treibt und hier mittels eigens dazu angelegten Oeffnungen abfliessen lässt. Die Nachtheile des Verästelungssystems bestehen darin, dass unter Umständen den Wasserconsumenten, welche am Ende der Verästelung liegen, der Empfang des Wassers sehr geschmälert oder zeitweise ganz entzogen werden kann, sobald nämlich die näher an der Hauptleitung an demselben Aste liegenden Consumenten das Wasser zum grossen Theile oder ganz abzapfen. Bei dem zweiten, dem Cirkulationssysteme, ist dieser Nachtheil jedenfalls geringer, weil das Wasser nach dem Punkte der Entnahme zwei Wege hat, auf denen es zufliessen kann. Ein fernerer Nachtheil des ersten Systems ist der, dass sämmtlichen Abnehmern an demselben Strange das Wasser entzogen wird, sobald aus irgend einem Grunde der Strang nahe am Hauptrohr eine Unterbrechung erleidet, was bei dem Cirkulationssystem nicht der Fall ist, weil das Wasser von entgegengesetzten Seiten bis zum Punkte der Unterbrechung vordringen kann. Bei eintretender Feuersgefahr ist dieser letzte Punkt von der grössten Bedeutung, indem durch eine Unterbrechung des Nebenstranges ganze Strassen, ja ganze Stadtviertel trocken gelegt werden können. Will man den vorerwähnten Vortheil, welche das Verästelungssystem darbietet, d. i. die Spülung der Stränge, auch für das Cirkulationssystem gewinnen, so bedarf es nur einer Anzahl von Verschlusshähnen, welche verhindern, dass während der Ausspülung das Wasser von einem Aste in den andern übergehe.

## §. 79.

An höchst gelegenen Punkten der Röhrenleitungen bringt man häufig die sogenannten *Wasserstöcke*, Fig. 332 a b und c Taf. XXVIII, an, die bei Füllung der Röhren theils die Stelle von Luftspunden versehen, theils zum Anschrauben von Schläuchen bei Feuersgefahr, beim Spülen oder Bespritzen der Strassenrinnen dienen. Sie bestehen aus einem Gehäuse von Gusseisen, welches auf einer mit einer Scheibe versehenen rechtwinklig an der Röhre angebrachten Abzweigung festgeschraubt wird und in welchem sich ein Ventilsitz befindet. Auf diesen Sitz wird das unten mit einer Lederscheibe versehene eiserne Ventil mittels einer Schraubenspindel fest aufgedrückt, wodurch der Verschluss hergestellt wird. Wird die Schraube gelöst, so hebt sich das Ventil durch den Wasserdruck, der unten entsteht, von selbst. Sollte dieser Wasserdruck nicht hinreichend sein, so kann das Ventil mit der Schraube verbunden werden, so dass es durch diese selbst gehoben wird. Eine aus drei radialen Rippen bestehende metallene Führung bewirkt, dass beim Hinunterschrauben das Ventil wieder richtig auf den Sitz hinabgedrückt wird. Die Ausströmungsöffnung liegt zur Seite des Ventils und besteht in einer festen Standröhre. Um die Gefahr des Einfrierens zu beseitigen, werden diese nach gemachtem Gebrauch in Winterszeiten mittels einer kleinen auf die Schlauchschraube passenden Handpumpe entleert.

Eine andere Art von Wasserstöcken zeigen die Fig. 340 a, b und c, Taf. XXXI. Die Leitungen c haben am Ende verschlossene Ansatzröhren d, die mit Hähnen e und mit Oeffnungen bei f, auf welche eine abgebogene Steigröhre eingeschraubt werden kann, versehen sind. Die Mündung dieses Steigrohres hat zwei mit Hähnen verschliessbare und mit Schraubengewinden versehene Ausläufe h, Fig. 340 b (ist im doppelten Massstabe gezeichnet), um daran zwei Schläuche, in welchen das Wasser entweder unmittelbar bis zur Brandstelle oder in eine Spritze geleitet werden kann, zu befestigen. Der in Fig. 340 c dargestellte Schlüssel dient zum Oeffnen und Schliessen des Hahnes e.

Natürlicher Weise wird über diesen Wasserstöcken das Strassenpflaster unterbrochen und die Oeffnung mit einem Decksteine, einer gusseisernen Platte, oder auch mit einem Rahmen von Holz, welche Vorrichtungen sich alle leicht öffnen lassen müssen, geschlossen.

Die Fig. 341 a und b, Taf. XXXI, zeigen eine Anordnung zur Vertheilung des Wassers aus einer grösseren Hauptleitung in mehrere Seitenleitungen mit kleineren Röhren-Dimensionen. Die Hähne c dienen dazu, den Wasserzufluss für jede der Seitenleitungen nach Erforderniss zu reguliren. Durch die kleineren Hähne d kann die sich in den Röhren allenfalls sammelnde Luft ausgelassen werden. Selbst die letzten Zweigröhren müssen eine solche Weite behalten, dass sie bei einem entstehenden Brande den Wasserbedarf zur Versorgung mehrerer Spritzen mit Sicherheit liefern. In dem ersten Theile der Leitung, durch welchen die ganze Wassermenge geführt wird, pflegt man doppelte Röhren zu legen, um bei einer zufälligen Beschädigung nicht die ganze Anlage ausser Thätigkeit setzen zu müssen.

## §. 80.

Der wichtigste Zweck der Wasserleitungen ist die Speisung der *öffentlichen Brunnen*. Ist genügend

Wasser vorhanden, so werden diese ohne Unterbrechung fliessend eingerichtet; ist aber der Zufluss des Wassers geringer, so müssen sie mit einer derartigen Vorrichtung versehen sein, dass sie die jeweilige Entnahme des Wassers zulassen, dabei aber das zwecklose Abfliessen desselben verhindern.

Ein solcher öffentlicher Brunnen, wie dergleichen mehrere in Magdeburg*) bestehen (dort Kunstpfähle genannt), und die sich gut bewähren, soll hier beschrieben werden. Es wird Fig. 337 a, b u. c, Taf. XXIX, auf dem oben mit einer Scheibe versehenen Standrohre ein gusseiserner Aufsatz angeschraubt, welcher den Sitz für das Verschlussventil und die Ausgangsstülle enthält. Das Ventil besteht aus einem kurzen, unten halbkugelförmigen hohlen Cylinder, welcher in seinem halbkugelförmigen Theile Einströmungs-Oeffnungen für das Wasser, in dem oberen geraden Boden die sphärisch ausgedrehte Ausströmungs-Oeffnung enthält. In die Höhlung des Cylinders wird eine Gummi-Kugel gelegt, welche durch den Wasserdruck in die Ausströmungs-Oeffnung gepresst wird und dadurch diese verschliesst. Soll das Ventil geöffnet werden, so wird vermittelst einer vertikal nach unten beweglichen Stange, welche mit einer einfachen Hebelvorrichtung in Verbindung steht, die Gummi-Kugel aus der Verschluss-Oeffnung gedrückt, wodurch letztere geöffnet wird und dem Wasser den Austritt erlaubt. Diese Oeffnung schliesst sich selbstthätig, sobald man den Hebel wieder loslässt. Um das Ventil und die in der Steigröhre ruhende Wassersäule vor dem Einfrieren zu schützen, hat dieses Standrohr einen cylindrisch von Gusseisen angefertigten Mantel. In diesem Mantel befinden sich die nothwendigen Oeffnungen, durch welche das Ausflussrohr, sowie der Hebelarm durchreicht, und oben ist der Mantel mit einem leicht zu öffnenden Verschlussdeckel versehen, damit man zu dem Mechanismus gelangen kann. Unter dem Ausflussrohr ist auch eine Oeffnung im Mantel, durch welche die Schlauchschraube zugängig wird, und diese Oeffnung erhält ihrerseits, damit der Zweck des Mantels nicht verloren geht, wieder einen Verschlussdeckel. Soll nun dieser nicht unförmlich gross und weit vorstehend ausfallen, so muss das Wasser verhindert werden, in den Ansatz für die Schlauchschraube einzutreten, was ganz einfach durch einen verlederten Kolben erreicht wird, der sich beim Abschrauben der über der Schlauchschraube befindlichen Schlusskapsel mit herauszieht. Da bei dieser Vorrichtung eine häufige Unterbrechung in der Bewegung des Wassers vorkommen muss, durch welche nachtheilige Rückstösse zu befürchten sind, so ist mit jedem derlei Brunnen eine kleine, beiläufig einen Fuss im Durchmesser haltende Luftkugel, die vor dem Brunnen auf einer kurzen vertikalen Abzweigung angeschraubt ist, in Verbindung gebracht, welche die Stösse auffangen und für die Röhrenleitung unschädlich machen soll.

Manchmal stellt man diese fliessenden Brunnen als Springbrunnen her, die zur Zierde öffentlicher Plätze dienen; sie sind wegen der grossen Druckhöhe, deren sie bedürfen, wegen der Bassins und ihrer Architektur, weil sie gewöhnlich sehr reich ausgeführt werden, sehr kostbar. Die Fig. 342 a, b und c, Tafel XXII stellen die Skizze eines Springbrunnen am Place de la Concorde zu Paris dar. Die Röhre, welche das Speisewasser zuführt, theilt sich gewöhnlich bei Springbrunnen in mehrere Aeste, die in verschiedener Höhe und in verschienen Richtungen das Wasser austreten lassen. Dasselbe sammelt sich sodann in einem grossen Bassin, welches durch ein bis zum constanten Wasserspiegel reichendes, gewöhnlich aufrecht stehendes Rohr wieder abgeleitet wird. Am grossartigsten wird eine solche Anlage, wenn die ganze Wassermenge, welche zur Speisung eines Stadttheiles bestimmt ist, an einem erhöhten Platze durch einen Springbrunnen ausgegossen wird, und von dem Bassin aus, welches das Wasser sammelt, gleich die anderen Röhren gespeiset werden, die nach den verschiedenen Strassen eines Stadttheiles fliessen.

Die öffentlichen Brunnen haben häufig den besondern Zweck, die Strassen, namentlich die Rinnen, zu spülen. Die Fig. 338 a, b, c und d, Taf. XXIX zeigen die zu diesem Zwecke in Paris in Gebrauch befindlichen Brunnen. Man lässt sie dort zweimal des Tages, jedesmal eine Stunde lang, fliessen, während sie auf Märkten und in den Verkaufshallen fortwährend in Wirksamkeit bleiben. Es sind dies kleine Kastenbrunnen, die an den Häusern oder Mauern, welche die öffentliche Strasse begrenzen, und zwar auf den höchsten Punkten derselben gesetzt sind. Das Wasser fliesst sodann in den belebteren Strassen unter eigenen Trottoirplatten, die häufig aus Gusseisen bestehen, nach den neben denselben laufenden Rinnen, und es hat ein solcher Brunnen zwei Ausgüsse, um die nach beiden Seiten fallenden Rinnen auszuspülen, oder es ist in anderer Weise dafür gesorgt, dass das Wasser sich nach beiden Richtungen ziemlich gleichmässig vertheile.

Diese Strassenbrunnen bieten in ihrer Construction jene Einfachheit dar, wie sie einem Gegen-

*) Zeitschrift für Bauwesen.

stande von so häufiger Anordnung entspricht, der dabei doch jeden Augenblick vermöge seiner Lage Beschädigungen ausgesetzt ist. Sie sind aus Gusseisen. Jeder Brunnenkasten besteht aus einem Stücke von $0.012$ Meter Wandstärke, hat im Grundriss eine Länge von $0.30$ Meter und eine Breite von $0.14$ Meter; die Höhe desselben beträgt mit Einschluss der cylindrischen Krönung $0.50$ Meter. Der Sockel, welcher um $0.1$ Meter vorspringt, ist $0.44$ Meter hoch und endigt ringsum mit einem $0.055$ vorspringenden Rande, der an der vorderen und an den Nebenseiten nach aussen, bei der rückwärtigen Wand aber nach innen vortritt und $0.02$ Meter stark ist. Der Brunnenkasten ist sowohl an seiner vorderen wie an seinen Nebenseiten mit Löchern versehen, die verstärkte Ränder haben. Die vordere Oeffnung, welche $0.08$ Meter im Durchmesser hält und im Centrum des den Brunnen krönenden Cylinders sich befindet, dient zur Aufnahme des Ausflussrohres, das $0.34$ Meter über dem Trottoir angebracht ist, um noch ein Gefäss zum Auffangen des Wassers unterstellen zu können. Die Zuleitungsröhre geht durch eine Oeffnung, die den Ortsverhältnissen entsprechend in einer der beiden Seiten des Kastens angebracht ist, in den Brunnen. An dem oberen Theile des Brunnenkastens befindet sich eine Oeffnung von $0.235$ Meter Breite und der ganzen Tiefe zwischen der vorderen und rückwärtigen Brunnenwand; diese dient zur Handhabung des Brunnenhahnes, wird durch eine aus Eisenblech verfertigte Thüre geschlossen, die sich um zwei Charniere bewegt und mit einem Schlosse versehen ist, damit Niemand ausser den Angestellten zum Innern des Kastens gelangen kann. Der Boden des Brunnens besteht aus einer gusseisernen Platte von $0.02$ Meter Stärke, welche sieben Löcher hat, die mit denen des vorspringenden Randes des Brunnenschachtes korrespondiren. Diese Grundplatte ist rechtwinklig und hat bei einer Breite von $0.02$ Meter eine Länge von $0.42$ Meter. Das Wasser stürzt aus dem Ausflussrohre durch einen Rost, dessen Stäbe, um das Spritzen zu vermeiden, oben zugeschärft sind, und fliesst in einer gusseisernen Rinne, wie erwähnt, unter dem Trottoir den Rinnen zu, die es ausspülen soll.

In unbedeutenderen Strassen fliesst das Wasser nicht unten, sondern auf dem Trottoir in einer Vertiefung desselben den Rinnen zu.

Dergleichen fliessende Brunnen erleichtern wesentlich die Reinigung der Strassen und vermindern den Staub. Durch eigene Abzugskanäle muss selbstverständlich das unreine Wasser, nachdem es die Rinnen ausgespült, abgeleitet werden.

## §. 81.

Soll *Wasser zur Versorgung von Wohnungen* in Häuser geleitet werden, so geschieht dieses fast immer mittelst bleierner, sehr selten jedoch mittelst gusseiserner Röhren. Die ersten haben den Vorzug, dass sie sich leicht biegen und sich mit wenig Mühe überall anbringen lassen; selbst eine Senkung von Balkenlagen oder von Wänden, in denen sie angebracht sind, ist ihnen nicht schädlich. Man versenkt die Bleiröhren in die Wände und Fussböden. Um sie möglichst dem Froste zu entziehen, werden sie mehr an die inneren, als an die äusseren Wände der Umfangsmauern verlegt, und werden an den am meisten der Kälte ausgesetzten Stellen mit Moos und andern schlechten Wärmeleitern umgeben. Bei solchen in die Häuser und in die Wohnungen geleiteten Röhren ist jeder Leck besonders nachtheilig, indem dadurch die Wände feucht, und Malereien und Tapeten verdorben werden. Man muss demnach mit Leichtigkeit überall zu ihnen gelangen können, und sie von Zeit zu Zeit untersuchen. Fig. 343, Taf. XXXII zeigt, wie die Ableitung des Wassers aus den allgemeinen Leitungen in die Häuser bewirkt wird, welche Vorrichtung man auch in den Fig. 344 a und b, Taf. XXXII sieht, sowie auch aus letzteren zu entnehmen ist, nach welchem Prinzipe im Allgemeinen bei der Fortsetzung der Leitung in einzelne Häuser die Anordnungen zu treffen sind, wenn an mehreren zugleich in verschiedenen Höhen liegenden Punkten Wasser zum Ausflusse gebracht werden soll. Vor allem hat jede Abzweigung zu einem Hause einen nur dem betreffenden Aufseher zugängigen Hahn f, durch welchen das Mass des zuzuleitenden Wassers regulirt werden kann. Soll nun die für das Gebäude benöthigte Wassermenge an mehreren Punkten des Hauses zum Ausflusse gebracht werden, so wird die Stellung des Hahnes so vorgenommen, dass das Wasser am höchsten Punkte, wenn sonst alle Ausläufe geschlossen sind, abfliessen kann.

Ist das Wasser in einem Hause an mehreren vertikal übereinander liegenden Punkten zum Abflusse zu bringen, so wird gewöhnlich nur eine Röhre bis zum höchsten Punkte geführt, und diese erhält bei den tiefer liegenden Auslaufspunkten mit Hähnen versehene Abzapfungen. Liegen jedoch die Ausläufe in verschiedenen Höhen und nicht vertikal übereinander, so wird für jeden Auslauf eine eigene Röhre angelegt. In diesem Falle lässt man die in das Haus geführte Abzweigung, in welcher sich, Fig. 344 a und b, bei g ein für den Hauseigenthümer zugängiger Hahn

befindet, in ein an beiden Enden verschlossenes, ein Kästchen bildendes Röhrenstück h mit etwas grösserem Durchmesser ausmünden, und leitet aus letzterem durch abgesonderte Röhrengänge i, die abermals mit Hähnen k zum Reguliren des Wassers versehen sind, das Wasser an die bestimmten Orte.

Da, wo in den Gebäuden bei der im Winter eintretenden, zeitweise heftigen Kälte das Einfrieren des Wassers in den einzelnen Leitungen trotz der früher erwähnten Vorsicht befürchtet wird, ist an einem Orte, auf den die Kälte nicht einwirken kann, eine Vorrichtung angebracht, wodurch das Wasser auszulasen ist. Es ist hiezu gewöhnlich die Leitungsröhre, besonders da, wo die Steigröhre noch eine ziemliche Strecke durch die der Kälte zugängige Stelle fortgeht, etwas nach aufwärts gebogen, und in diesem gebogenen Theile ist bei l ein Hahn angebracht, der den Zufluss von der allgemeinen Leitung her abstellt. Bei m ist eine Pipe, durch deren Umdrehung das Wasser, welches sich oben in der Röhrenleitung des Hauses, und höher als jene, dem Einfrieren ausgesetzt befindet, ausfliessen kann. Befindet sich diese Vorrichtung im Keller, so kann das erwähnte ausfliessende Wasser zwar nicht abgeleitet werden, allein, da dessen Quantität immer nur sehr unbedeutend, nämlich dem Rauminhalte der entleerten Röhre gleich ist, reicht ein kleines mit Schotter oder Erde ausgefülltes Kanälchen hin, dieses Wasser einzusaugen.

Die Vorrichtungen der Ausläufe in den verschiedenen Stockwerken der Häuser sind in den Fig. 344 a und b skizzirt, und Fig. 344 c zeigt sie in einem grösseren Massstabe. Die von dem Wasservertheilungskästchen herkommende vertikale Steigröhre reicht bei n in ein an einer Wand befestigtes Reservoir A. Es wird durch den Ausfluss des Wassers aus dieser Steigröhre das Reservoir A angefüllt. Um einer Ueberfüllung vorzubeugen, wird in der Höhe, in welcher der Wasserspiegel im Reservoir erhalten werden soll, ein Ueberfallrohr angebracht, durch welches das überflüssige Wasser in das Becken B geleitet wird und von da unbeschadet weiter abfliesst. Am Boden des Reservoirs A ist ebenfalls ein Auslauf p, an dem ein Rohr, das durch den Hahn q geöffnet und geschlossen werden kann, angebracht ist, um das im Reservoir gesammelte Wasser ganz zur Verwendung bringen zu können. Da jedoch in der Regel das Wasser im Reservoir längere Zeit stehen bleibt, und oft daran gelegen ist, frisches Wasser zu erhalten, so wird man an das Steigrohr, über dem Becken B, einen mit einem Hahne verschliessbaren Auslauf anbringen, durch dessen Oeffnung frisches Wasser ausfliesst. Auch kann man den Zufluss von der Steigröhre in das Bassin durch einen eigenen Hahnen ganz absperren.

Um auch in den Privatwohnungen die durch plötzliche Absperrung des Wassers hervorgerufenen Rückstösse zu vermeiden, kann man sowohl den Absperrhähnen dieser Leitungen, wie auch den Auslasshähnen eine Einrichtung geben, welche das plötzliche Abschliessen unmöglich macht. Hähne dieser Einrichtung werden gemeinhin Niederdruckhähne genannt. Bei denselben ist, wie Fig. 345 a und b, Taf. XXXII zeigen, die Verlängerung des Rohres rechtwinklig nach oben gebogen, wodurch ein wagrechter Ventilsitz gebildet wird. Auf diesen Sitz wird mittelst einer Schraube eine Gummischeibe gepresst und dadurch ein wasserdichter Verschluss hergestellt. Dieser Gummischeibe ist entweder in einer muschelförmigen Erhöhung über dem Rohre des Hahnes ein Spielraum gegeben, in welchem sie sich sphärisch ausdehnen kann, wodurch zwischen derselben und dem Ventilsitz eine Oeffnung entsteht, durch welche das Wasser ausfliesst, oder man lässt das Wasser unter dem Ventilsitz einströmen und über denselben abfliessen.

## §. 82.

Noch sind die Vorrichtungen zu erwähnen, mittelst welcher man die consumirte *Wasser-Quantität* einer Haushaltung *controliren* kann. Die sichersten Einrichtungen zu diesem Zwecke dürften jene sein, welche einen aliquoten, z. B. den tausendsten Theil in einem besonderen Gefässe auffangen und durch Nachmessung dieser letzteren Wassermenge den in der Zwischenzeit stattgehabten Verbrauch bestimmen lassen. Sobald nämlich der Hahn des Zuleitungsrohres geöffnet wird, fliesst das Wasser in ein kreisrundes Gefäss, das am Umfange zehn gleiche Oeffnungen hat; neun derselben giessen das Wasser auf den Boden des Kastens aus, der zehnte Strahl fällt aber in ein zweites Gefäss, das wieder zehn gleiche Strahlen gibt; neun von diesen werden zu der ersten Quantität geleitet, und einer, d. i. der zehnte Strahl, wird aufs Neue in ein drittes Gefäss mit zehn Oeffnungen geführt, wovon wieder neun, wie früher, der ersten Quantität zufliessen und der zehnte Strahl, d. i. der tausendste Theil der ganzen Wassermenge, in einem prismatischen Gefässe gesammelt wird. In dem letzteren schwimmt eine Kugel, woran eine Schnur befestigt wird, die über eine Rolle gezogen ist und an der andern Seite ein Gegengewicht befestigt hat. Sobald in dem Gefässe das Wasser steigt, dreht sich

die Achse der Rolle und bewegt dabei einen Zeiger, der den stattgehabten Zufluss bezeichnet.

In Toulouse wird das Wasserquantum, welches die Abnehmer verlangen, diesem von der Wasserleitung aus in einem ununterbrochenen feinen Strahle zugeführt.

Von den vielen Wassermessern nach neueren Konstruktionen scheint der Siemen'sche das meiste Vertrauen zu haben, weil er verhältnissmässig am einfachsten ist und bis auf sehr wenige Procente bei den verschiedensten Druckhöhen richtig messen soll. Die Skizze Fig. 333, Taf. XXVIII, den Vertikaldurchschnitt darstellend, lässt das Wesentlichste des Siemens'schen Wassermessers leicht erkennen. Den Hauptheil bildet das Hohlgefäss c f g k x, welches um eine Vertikalachse g i drehbar gemacht ist, unten bei u in einem Spundzapfen lauft und bei h durch eine Stopfbüchse geht. Ausserdem ist das Gefäss mit krummen Ausflussröhren e versehen, deren Anzahl nach der Grösse des Apparates von drei bis acht variiren kann. Ferner sind ausserhalb am Mantel des Hauptgefässes f vier dünne ebene Flügel k angebracht, welche die Stelle von Regulatoren vertreten. Die nach oben entsprechend fortgesetzte Welle des Reactionswasserrades e bringt mit Hilfe einer endlosen Schraube i Räder l m n in Bewegung, die durch weitere Uebersetzungen die Umdrehungen der Zählscheibe eines Zählapparates veranlassen. Der Raum i h l ist dabei vom Wasser ganz abgesperrt und mit Oel angefüllt, um das Wasser vom Zählapparate abzuhalten und einen möglichst leichten Gang der betreffenden Mechanismen zu veranlassen. Das zu messende Wasser tritt durch die Röhre a in den unbeweglichen Raum b, der sich in eine Vertikalröhre c nach unten hin fortsetzt und am äussersten Ende in eine Stopfbüchse hinein reicht, um zu vermeiden, dass nicht gemessenes Wasser durch die Maschine fliesse. Das durch die Oeffnungen e der krummen Arme ausströmende Wasser veranlasst durch Reactionswirkung die Umdrehung des ganzen Radkörpers, mit ihm die der stehenden Welle g, u. s. w. Die Zahl der Umdrehungen des Rades ist dabei allein abhängig von der in bestimmter Zeit durchgeflossenen Wassermenge, vorausgesetzt, dass während der Zeit des Messens die Druckhöhe constant bleibe und die sonstigen Constructionsverhältnisse richtig gewählt seien. Die Flügel k veranlassen, dass die Peripheriegeschwindigkeit des Rades e niemals grösser wird, als die relative Geschwindigkeit des aus demselben strömenden Wassers.

Zur Zeit liefern Siemens ihre Wassermesser in vierzehn verschiedenen Grössen. Die kleinste Sorte, von $^3/_8$ englischen Zollen Durchmesser der Zuflussröhre, lässt pro Stunde 150 Gallons (à 277,274 Kubikzoll englisch) durchfliessen, wenn die Druckhöhe 50 Fuss beträgt, dagegen 250 Gallons pro Stunde bei 150 Fuss Druckhöhe. Die grösste Sorte, welche Wasserzufuhrröhren von 12 Zoll voraussetzt, lässt von 90,000 bis 154,000 Gallons durch, wenn die Druckhöhen beziehungsweise 50 und 150 Fuss betragen.

## §. 83.

Einen wichtigen und wohl den schwierigsten Theil des Wasserleitungswesens bilden die Einrichtungen der Wasservertheilung in grossen Städten. Wenn z. B. in London nicht blos ungefähr 300,000 Häuser durch die Wasserlieferungsanstalten ihr Wasser zugeführt erhalten, sondern in den meisten dieser Häuser noch jedes Stockwerk sein Reservoir hat, so muss wohl ein hoher Grad der Vollkommenheit der Leitungen vorausgesetzt werden, um das ganze Geäder der Wasservertheilung in regelmässiger Funktion zu erhalten. Fast in allen Städten, wo sich solche Einrichtungen finden, sind die Hauptröhren aus Gusseisen und die Zweigröhren aus Blei. Die Reservoir in den Häusern sind ebenfalls meist aus Blei. Es ist begreiflicher Weise für die Frage der Reaction des Wassers auf die Substanz der Röhren und Reservoirs von grösstem Einfluss, die Dauer des Aufenthaltes des Wassers in diesen Räumen. Neben dieser Rücksicht besteht eine noch wichtigere, nämlich die auf das Unbrauchbarwerden und Verschwenden grösserer Wassermassen, je nach dem Systeme der Vertheilung. Nach diesen beiden Momenten sollte sich die Wahl des Mechanismus richten, der die Zufuhr aus den Hauptreservoirs bis zu den Consumenten zu besorgen hat, wenn es irgend mit den lokalen und ökonomischen Bedingungen der Anstalt zu vereinigen ist.

An vielen Orten hat man die sogenannte *unterbrochene Lieferungsweise*, das heisst: es wird den Abnehmern drei-, vier- oder fünfmal die Woche, oder auch täglich eine vertragsmässige Menge Wassers geliefert. Nur während der wenigen Stunden der Ablieferungszeit sind die Pumpwerke der Anstalt in Thätigkeit, und die in den Behältern befindlichen Wasserreste, die nach gemachten Ueberschlägen überall mehr als die Hälfte des gelieferten Wassers betragen, werden kurz vor dem Eintritte der Lieferungszeit abgezapft, also nutzlos verschwendet, oder, was noch schlimmer ist, in nachlässig geführten Haushaltungen bleiben sie fortwährend in den Reservoirs, und das neu hinzukommende Wasser füllt diese wieder, so

dass ein unaufhörlicher Anlass zur Verunreinigung des hinzugekommenen Wassers gegeben ist. Dass bei Feuersbrünsten die Wasserlieferungsanstalten grosser Städte die Verpflichtung haben, rasch Wasser zum Behufe des Löschens zu liefern, ist naheliegend; es muss aber bei dem intermittirenden Systeme natürlicher Weise eine gewisse Zeit verlaufen, bis die Nachricht der Anstalt gebracht und die Pumpwerke in Thätigkeit versetzt sind. Alles dies redet einer besseren Vertheilungsart, dem *constanten Systeme*, das an vielen Orten zur vollsten Zufriedenheit eingeführt ist, das Wort.

Das Wesentlichste dieser Einrichtung ist, dass man das Princip des communicirenden Rohres in Anwendung bringt, indem man den grossen Reinwasserbehälter, d. i. das schon erwähnte Reservoir, so hoch anlegt, dass das Wasser durch seinen eigenen Druck nicht blos nach allen Theilen der Stadt, sondern auch über die Dächer gehoben wird. Dass eine solche Einrichtung auf hügeligem Boden am leichtesten auszuführen sei, versteht sich wohl von selbst. Der Röhrenapparat ist bei diesem Systeme immer gefüllt, aber hinter einem zufällig längere Zeit geschlossenen Hahnen befindet sich doch kein oder nur sehr wenig stockendes Wasser, da durch Oeffnen entfernter Hähne immer Bewegung hervorgerufen wird. Es ist die Gesundheit der Bewohner und bei Feuersgefahr die Sicherheit des Eigenthums derselben in hohem Masse an der Einführung konstanter Wasserzufuhr betheiligt, und in letzterer Hinsicht ist noch eines bei Anlage städtischer Wasserleitungen nicht zu übersehenden Umstandes zu gedenken. Bei dem intermittirenden Systeme, wobei die Wasserleitungsröhren zeitweise leer sind, trifft es sich nicht selten, dass die Nähe von Gasleitungen, die bekanntlich nie als absolut dicht betrachtet werden können und den Boden um sich mit Gas anfüllen, Veranlassung zum Eindringen in den Wasserleitungsapparat gibt. Dies hat sich in London auf sehr unerfreuliche Weise gezeigt; die Gascompagnien haben oft sehr grosse Mühe anwenden müssen, um den daher rührenden Klagen zu begegnen. Eines der besten Mittel gegen dieses Uebel sind sogenannte Luftständer, nämlich vertikale Röhren, an passenden Stellen auf die Wasserleitung gesetzt, die oben mit einem nach innen sich öffnenden Ventile versehen sind, durch welches Luft eindringt, sobald das Wasser abläuft.

## §. 84.

Zum Schlusse des Kapitels über die Wasserleitungen sollen hier noch einige Worte über das *Trinkwasser*, so wie über die Wichtigkeit der darin enthaltenen Bestandtheile erwähnt werden.

Von einem guten, zum Trinken geeigneten Wasser verlangt man *), dass es frisch, klar, geruchlos und von nur sehr schwachem Geschmacke sei, namentlich dass letzterer nicht unangenehm, fade, salzig oder süsslich sei; dass es genug Luft und nicht zu viele Stoffe gelöst enthalte, die Seife löse, ohne zu viel Gerinnsel abzuscheiden, und zum Kochen der Gemüse sich tauglich zeige.

Mittelst der *chemischen Analyse* ermittelt man den Grad der Reinheit des Wassers. Ihr Zweck ist, die Quantität der festen, körperlichen oder gasartigen Substanzen zu bestimmen, welche im Wasser enthalten sind. Die gewöhnlichen Abhandlungen über Chemie geben die Methoden an, welche man bei der Analyse des Wassers zu befolgen hat, um seine Elemente bis zum zehntausendsten Theil eines Grammes und darüber kennen zu lernen. In der neuesten Zeit kann man durch die Erfindung der Spektralanalyse die Genauigkeit bis zu den unglaublichsten Grenzen steigern. Es ist nicht übertrieben, wenn man behauptet, dass man hoffen kann, mit Hilfe des Spectrums einen einzigen Tropfen so zu untersuchen, dass sich alle Substanzen, die sich in irgend einem Wasser befinden, bestimmen lassen.

Hinsichtlich der gasförmigen Bestandtheile ist man allgemein der Ansicht, dass ein gewisser Gehalt von atmosphärischer Luft, von der nur der Sauerstoff als wirksam betrachtet werden kann, in einem guten Wasser nicht fehlen dürfe. Der gänzlichen Abwesenheit oder der kleineren Menge des Sauerstoffs im Schneewasser hat man sogar einige in Alpenthälern, die nur solches Wasser enthalten, herrschende Krankheiten zugeschrieben.

Auch einem Gehalte von freier Kohlensäure ist man geneigt, Wohlgeschmack und Verdauung fördernde Wirkungen zuzuerkennen. Durchgeht man eine grössere Anzahl von Analysen gewöhnlicher Quell- oder Flusswasser, so überzeugt man sich, dass eigentlich freie Kohlensäure sehr selten vorkommt, sondern dass diejenige Menge des Gases, die als freie Kohlensäure aufgeführt ist, gewöhnlich nur hinreicht, um mit der kohlensauren Kalk- und Bittererde doppelt kohlensaure, d. h. lösliche Salze zu erzeugen. Wenn nun ein gewisser Gehalt von diesen Körpern, wie man sogleich sehen wird, von Einigen als schädlich betrachtet wird, so ergibt sich, dass der Schluss auf Vorzüglichkeit des Wassers aus dem Datum einer

*) Bolley's Technologie.

etwas reichlicheren Kohlensäuregehalt nachweisenden Analyse sehr vorsichtig aufzunehmen ist. Es kommt noch dazu, dass Wasser, welches geringe Mengen von wirklich freier Kohlensäure enthalten, nicht selten daneben organische Bestandtheile führen, aus welchen durch Zersetzung erstere wahrscheinlich hervorgegangen ist, dass also die Kohlensäure in einzelnen Fällen unzertrennlich von unwillkommenen Beimischungen des Wassers ist. Wenn dagegen ein Wasser doppelt kohlensaures Natron oder Kali enthält, Bestandtheile, die zwar in Wassern, die zu den gewöhnlichen Trinkwassern gerechnet werden, selten sind, so darf schon aus dem Grunde, weil daneben an und für sich lösliche Kalk- und Bittersalze nicht denkbar sind, und weil den doppelt kohlensauren Alkalien, nach allgemeinem Urtheil der Sachkundigen, eine die Verdauung fördernde Wirkung zugeschrieben werden muss, die unter solchen Umständen vorkommende freie Kohlensäure als zweifellos vortheilhaft angesehen werden.

Ueber beigemengte organische Bestandtheile darf man unbedingt sagen, dass ein Wasser um so weniger schädlich sein werde, je weniger organische Materie darin gelöst ist, und wäre für diese Annahme auch kein weiterer Bestimmungsgrund, als die Erwägung der Leichtigkeit, mit welcher Wasser, die solche Stoffe enthalten, faulig werden.

Feste Bestandtheile kommen oft in Wassern, die nicht zu den Mineralwassern gezählt werden können, in solcher Menge vor, dass sie sich durch den Geschmack und ihren Einffuss auf die Verdauung kennbar machen. Man darf als die Grenze, bis zu welcher die Summe ihrer Bestandtheile ohne wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften eines guten Wassers steigen darf, ½ Tausendstel vom Gewichte des Wasters, also ½ Gramm im Liter Wasser ansehen. Sehr viele Wasser enthalten viel weniger. Im Ganzen neigt sich die Meinung der Schriftsteller dahin, dass ein Trinkwasser um so gesundheitszuträglicher sei, je weniger Salze und Erden es enthält. In England besonders ist diese Meinung tief in die gebildeten Volksklassen gedrungen, und bei neuen Anlagen von Wasserversorgungsanstalten für grosse Städte tritt sie immer in den Vordergrund. Sehr scrupulös wird an sie in China geglaubt, wo es eine ganz gewöhnliche Sache sein soll, dass Chinesen von Rang destillirtes Wasser trinken.

Die Kalksalze, welche zuweilen bis zu $^1/_{1000}$ vom Gewichte der Flüssigkeit im Brunnenwasser auftreten, haben wohl nicht alle die gleiche Rolle, so wenig unter dem Gesichtspunkte der Zuträglichkeit, als unter dem der technischen Verwendung. Sie ertheilen sämmtlich dem Wasser die Eigenschaft der Härte; anders jedoch verhalten sich der schwefelsaure und salpetersaure Kalk und das Chlorcalcium, als der doppelt kohlensaure Kalk. In dem Verdauungsprocess kann ein nicht zu grosser Gehalt an kohlensaurem Kalk, ähnlich wie kohlensaure Alkalien, auf die Säuren im Magen sättigend, also günstig wirken, die andern Kalksalze nicht. Man hält Wasser, die über $^1/_{1000}$ Kalksalze enthalten, für ungeniessbar.

Ueber die Magnesiasalze ist unbedingt zu sagen, dass sie, in nur einigermassen starker Portion im Wasser vorkommend, dessen Genuss bedenklich machen. Es wird bekanntlich der Grund des Auftretens von Kröpfen und Cretinismus in einigen Gegenden den Eigenschaften des Trinkwassers zugeschrieben. Unter den Naturforschern, welche dieser nicht unwahrscheinlichen Meinung huldigen, sind solche, die in dem Gypsgehalte und in den Magnesiasalzen des Trinkwassers die Wurzel des Uebels suchen. Grange, ein französischer Naturforscher, hat, gestützt auf seine chemischen Untersuchungen im Thal der Isère und auf geologische Beobachtungen, die Ansicht ausgesprochen, dass magnesiahaltiges Gebirge und die daraus entspringenden magnesiahaltigen Trinkwasser die Hauptträger der erwähnten Uebel seien. Es ist aber gegen diese Ansicht der ungestraft fortgesetzte Genuss von Magnesiasalzen in Trinkwassern, Mineralwassern, Wein u. s. w. anzuführen, der sie mehr als zweifelhaft macht. Chatin sagt, dass die vorerwähnten Plagen des Menschen sich vorzugsweise da zeigen, wo es im Wasser an Luft und Jod mangele. Jedenfalls dürfte der Gehalt an Jod, schon seiner Natur nach in enger Beziehung zum Drüsensystem stehend, nicht ohne Einfluss auf das Vorkommen des Cretinismus sein.

Schwefelsaure Salze können einem Wasser darum eine sehr unangenehme Eigenschaft ertheilen, weil sie, mit organischen Substanzen zusammenkommend, reducirt werden, und zur Bildung von Schwefelwasserstoff Anlass geben können.

Salpetersaure Salze, vielleicht in der agronomischen Rolle, welche Quell- oder Bachwasser häufig zu übernehmen haben, von vortheilhafter Wirksamkeit, sind schwerlich als heilsame Bestandtheile anzusehen, wenn es sich um eine Verwendung des Wassers zum Trinkgebrauche handelt. Der salpetersaure Kalk steht nebenbei ganz auf derselben Linie, wie der schwefelsaure Kalk.

Unter den Chlorüren sind die Alkalien, in der Menge, wie sie sich gewöhnlich im Trinkwasser fin-

den, wohl die, welchen die wenigst nachtheiligen Einflüsse zukommen, während die des Calcium und Magnesium ähnliche Bedenken wie die übrigen löslichen Kalk- und Magnesiasalze erregen müssen.

Die *hydrotimetrische Methode* gibt ein schnelles Mittel, sich unmittelbar, jedoch nur von dem summarisch relativ grösseren oder kleineren Gehalte an festen Stoffen, welche im Wasser aufgelöst sind, zu überzeugen, um hieraus gewissermassen auf die Eigenschaften des Wassers schliessen zu können. Man nimmt nämlich einen Tropfen davon, thut ihn in ein Uhrglas oder auf eine reine Glastafel und lässt ihn bei der Flamme einer Wachskerze oder einer Weingeistlampe langsam verdampfen. Alles, was reines Wasser ist, löst sich als Dampf auf, der Rückschlag setzt sich am Glase an und zeigt die salinischen Substanzen in Gestalt von Krystallen, die suspendirten Stoffe als Staub. Bei laufenden Gewässern ist der Staub vorherrschend, bei Quell- oder Brunnenwasser aber sind es die Krystalle, welche festsitzen, während sich der Staub leicht entfernt, in den meisten Fällen, wenn man nur darüber bläst. Regenwasser lässt nur wenig Staub nach, denn es ist beinahe eben so rein, als destillirtes Wasser. Das in freier Luft aufgefangene Wasser kann das destillirte Wasser in den meisten Fällen ersetzen.

Destillirtes Wasser hat gar keinen Rückstand. Wenn das Wasser nach der Abdampfung wenig Krystalle absetzt und die Seife gehörig auflöst, wovon man sich sofort überzeugen kann, so hat man allen Grund, anzunehmen, dass es zu jedem Gebrauche geeignet sei.

Das wahre Kriterium, der oberste und unfehlbarste Richter, um sich von der Trinkbarkeit des Wassers zu überzeugen, ist aber die *Erfahrung,* die *Beobachtung*, welche die guten und schlechten Wirkungen des Wassergenusses nachweist. Man mag ein Wasser analysiren, es mit Seife probiren, dennoch kann man erst dann apodiktisch behaupten, dass ein Wasser für die Gesundheit des Menschen nicht nachtheilig sei, wenn man sich durch eine Untersuchung überzeugt hat, dass die Personen, welche davon trinken, keine nachtheiligen Folgen empfinden, und ihre Constitution und Gesundheit keine unangenehmen Veränderungen erlitten haben.

# Inhalts-Verzeichniss

der

# II. Abtheilung des Wasserbaues.

## Stau-Anlagen, Cisternen, Brunnen, artesische Brunnen, Wasserleitungen.

Mit 139 Seiten „Text“ und XXXII Tafeln „Zeichnungen“.

---

## I. Abschnitt.

## Stau-Anlagen.

**Seite 5 bis 36.**


**Allgemeines über Stau-Anlagen,** Seite 5–10. — Zweck und Anwendung derselben, für industrielle Anlagen, Be-
§. 1. wässerung und Bodenkultur; — Begriffe von Ober- und Unterwasser, Stauhöhe und Stauweite; — Wirkungen der Stauanlagen stromabwärts; — Erscheinungen bei Hochwasser S. 5; — Nachtheile von Stauanlagen und theilweise Hebung derselben durch Schleusen-Anlagen; — Verschiedene Klassen von Stauanlagen: 1) Staudämme (Batardeaux oder Bären in der Fortification), 2) Wehre oder Ueberfallswehre auch Schachte, 3) Grundwehre auch Stauschwellen genannt; — Eintheilung der Wehre: 1) feste Wehre, 2) Freiarchen oder Schleusenwehre,
§. 2. 3) Ueberfalls- und Schleusenwehre, 4) bewegliche Wehre S. 6. — Ermittlung der Höhe eines Wehrs, der Stauhöhe (Beziehungen zwischen Stauhöhe, Höhe des Wehrs und Stauweite); — Gleichungen und Werthe für die Stauhöhe eines Ueberfallwehres nebst einem Beispiele, S. 7; — Gleichungen und Werthe zur Bestimmung der
§. 3. Stauhöhe für ein Grundwehr und an Brückenpfeilern S. 8; — Bestimmung der Stauweite (des Rückstaues) nach Dubuat und d'Aubuisson S. 9; — Begriff und Werth der sogenannten hydrostatischen Stauweite; — Einfluss
§. 4. des Rückstaues auf Schiffbarmachung der Flüsse; — Richtung des Wehres, schräge oder senkrechte, auf- oder abwärts gekehrte, Uebereinstimmung mit der Anlage der Buhnen und Coupirungen, Auswahl der passenden Stelle des Flusses zu einem Wehre S. 10.

**Feste Wehre,** Seite 10–17. — Eintheilung derselben: in massive, halbmassive und hölzerne S. 10.

**Massive Wehre,** S. 10–13. — Vorzug derselben vor andern; — Eintheilung ihrem Profil nach: mit senkrechtem,
§. 5. plötzlichem Abfalle oder Sturz und ohne plötzlichen Sturz; — Construction der Wehre mit senkrechtem Sturz, namentlich Schutz der Sohle vor und hinter dem Wehr; — Construction eines massiven Wehrs ohne plötzlichen Sturz S. 11; — Bekleidung der Oberfläche des Wehrs mit Quadern; — Verfahren in Gebirgsgegenden, wo grobes Steinmaterial vorkommt; — Construction der Seiteneinfassungen S. 12 u. 13.

**Beispiele von massiven Wehren:**

*Construction eines auf Felsen gegründeten festen Wehrs mit senkrechtem Abfalle nach Hagen* S. 11.
*Dessgleichen eines massiven Wehrs ohne plötzlichen Sturz nach Becker* S. 11.
*Wehr in dem Weawer von Telford zur Verbesserung der Schiffe* S. 12.
*Wehr in der Tarn bei Villemur* S. 12.

**Halbmassive Wehre,** Seite 13 u. 14. — Construction und Bau derselben im Allgemeinen und in verschiedenen
§. 6. Baugründen und Bodenbildungen S. 13; — Unterschiede der Constructionen bei grosser oder geringer Wehrhöhe, Wehre mit Abstufungen (Pritschenwehre), Schutz der Seiteneinfassungen S. 13 u. 14.

**Beispiele von halbmassiven Wehren:**

*Construction eines senkrechten Wehrs mit geringer Wehrhöhe* S. 13.
*Construction eines grösseren und stärkeren Wehrs mit geneigtem Abschussboden* S. 14.

*Construction eines solchen Wehrs mit einem Abschussboden bis 1/4 R.* S. 14.
*Construction von Pritschenwehren* S. 14.
**Hölzerne Wehre,** S. 14–17. — Allgemeine Beschaffenheit derselben, Abweichung ihrer Formen von denen der mas-
§. 7. siven in Folge des Baumaterials S. 14.
**Construction und Bau eines hölzernen Wehrs,** S. 15; — Verfahren bei der Einleitung des Baues, Sorgfalt für die Verbindung des Wehrs mit den Ufern, Eingreifen der Spundwände und Thondämme in das feste Ufer S. 15 u. 16.
**Einfachere Constructionen von hölzernen Wehren bei geringer** (3′) **Wehrhöhe** S. 16.
Construction und Befestigung massiver Seiteneinfassungen S. 16 u. 17.
§. 8. Anwendung der verschiedenen Constructionen von Wehren je nach der Beschaffenheit der Flusssohle, der Wasser- und Stauhöhe und dem verfügbaren Material S. 17.
**Freiarchen oder Schleusenwehre,** Seite 17–23. — Begriff und Zweck derselben, Uebereinstimmung ihrer Construction
§. 9. mit jener der festen Wehre und Abweichung davon S. 17; — Schluss der kleineren Schleusen durch Schützen, allgemeine Eigenschaften der letzteren und Anwendung derselben auf eine Freiarche, Begriff von Griespfeiler und Griessäule S. 17.
**Massive Freiarchen,** S. 17 u. 18. — Allgemeine Eigenschaften massiver Freiarchen und Anforderungen an deren
§. 10. Construction, namentlich der Griespfeiler und Schützen S. 18; — Construction einer grösseren massiven Freiarche S. 18.
**Hölzerne Freiarchen,** S. 18–22. — Construction hölzerner Schleusenwehre, namentlich der Griessäulen, der Seiten-
§. 11. wände, der Mittelwände, des Griesholms S. 18 u. 19; — Construction der Schützen, namentlich der Vorrich-
§. 12. tungen zum Oeffnen derselben, verschiedenartige Einrichtungen der letzteren S. 19 u. 20.
**Beispiele von Freiarchen:**
§. 13. *Die Freiarche im Oosbach zu Baden* S. 20.
*Das Wehr bei Hohensauther an der Oder* S. 20 u. 21.
§. 14. *Freiarchen mit Verwendung von Gusseisen statt Holz:* die Freiarche nebst Fahrbrücke am Huttelteiche zu Reilswerk in Oberschlesien, — die Freiarche des Werkteiches zu Rybnikerhammer in Oberschlesien, — die Freiarche bei Rybnik in Oberschlesien S. 21.
§. 15. Anwendung von Balken (Einlag-, Damm- oder Versatzbalken) statt der Schützen, verschiedene Einrichtungen dieser Art und deren Handhabung S. 22.
**Schleusen- und Ueberfallswehre,** Seite 23–25. — Begriff und Zweck derselben S. 23; — Anwendung von Dreh-
§. 16. schützen bei solchen Wehren, Construction einer solchen hölzernen in Verbindung mit einem halbmassiven
§. 17. Wehr und hiezu gehörige Berechnungen der Breite der Schützenflügel, Nachtheile der Drehschützen S. 23 u. 24.
§. 18. Anwendung von Kammerschleusen, ihr Zweck, allgemeine Bedingungen ihrer Anlage und allgemeine Vorschriften für den Bau (das Nähere hierüber später beim Canalbau) S. 24 u. 25.
§. 19. Berechnung der lichten Weite der Oeffnung bei einem Schleusen- und Ueberfallswehr S. 25.
**Bewegliche Wehre,** Seite 25–36. — Zweck der beweglichen Wehre und allgemeine Anforderungen an deren Construc-
§. 20. tion, Wichtigkeit der Erfindung und Verbesserung der beweglichen Wehre für die Flussschifffahrt S. 25.
**Verschiedene Constructionen beweglicher Wehre:**
*System von Josiah Wite* zur Schiffbarmachung des *Lehigh-Flusses in Pennsylvanien* und Anwendung desselben in
§. 21. der Enz bei Besigheim, Königreich Württemberg S. 26.
*System der Doppelthore mit horizontaler Achse* angewendet an dem Wehr an der Brücke von Prad zu Riom, und
§. 22. der Schiffbarmachung der Ouse oberhalb York S. 26 u. 27.
§. 23. *System der Klappenthore* (Fallthüren) *des Ingenieur Thenard am Isleflusse* S. 27 u. 28.
§. 24. *Drehthore um eine vertikale Achse* S. 28 u. 29.
§. 25. *Nadelwehre*, allgemeine Eigenschaften derselben und Verbesserung der einfachen Constructionen derselben, nament-
§. 26. lich durch *Poirée* nebst einem Beispiel S. 29 u. 30.
*System von Chanoine*, Vereinigung der Vortheile der Systeme von Thenard und Poirée, Anwendung dieses neuen
§. 27. Systems beweglicher Thore auf ein Wehr an der Marne bei Cumières S. 30 u. 31; — Verbesserungen der wesent-
§. 28. lichsten Uebelstände dieses Systems bei Erbauung des Wehrs bei Dammery S. 31, 32, 33 u. 34.
*System der beweglichen Wehre von Eisenblech*, angewendet von Poirée in einem kleinen Arme der Seine in Paris
§. 29. bei der Monnaie, Beschreibung und Construction dieses Wehrs S. 35 u. 36.
§. 30. Verwendung des in der Nähe einer Stadt gestauten Wassers eines Flusses zur Reinigung der Ableitungs-Canäle S. 36.

# II. Abschnitt.

## Cisternen.

**Seite 37 — 41.**

**Allgemeines über Cisternen,** Seite 37–38. — Begriff und Zweck derselben, ihre Vorzüge vor anderen Wasserleitungen S. 37; Berechnung der Speisung einer Cisterne, Verhältniss zwischen Ansammlung und Grösse der wasserzuführenden Flächen mit Rücksicht auf den jährlichen Niederschlag S. 37; — ermässigter Bedarf an Wasser für Menschen und Vieh bei Cisternen-Verbrauch S. 38.

**Anlage und Ausführung der Cisternen,** Seite 38–41. — Spannweite des Deckengewölbes einer Cisterne und Ver-
§. 31. fahren bei grösseren Deckräumen; — gewöhnliche Form der kleineren Cisternen und zweckmässigste Lage derselben S. 38; — hartgebrannte Ziegel und hydraulischer Mörtel sind das passendste Material in Verbindung mit pünktlicher Ausführung: zunächst der Sohle und des Baugrundes, dann der Wandungen und eines sorgfältigen, gründlichen Verputzes der Fugen und der ganzen Fläche u. s. w. S. 38 u. 39.

**Beispiele von Cisternen-Anlagen:**

*Construction einer Cisterne einfachster Art von mittlerer Grösse* Seite 38.

*Construction einer Cisterne in Verbindung mit einer einfachen Reinigungs-Vorrichtung* S. 39.

*Construction der Cisternen in Venedig mit Reinigungs-Vorrichtungen* S. 39 u. 40.

*Construction älterer Cisternen, theilweise von grossen Dimensionen,* wie auf dem Schlossberge zu Gratz, in Livorno S. 40 u. 41.

---

# III. Abschnitt.

## Brunnen.

**Seite 42 — 45.**

**Allgemeines über Brunnen-Anlagen,** Seite 42–43. — Zweck und Begriff der Brunnen; Vorkommen derselben, deren Eigenschaften im Bereich von Flüssen und Seen, in andern Formationen wie im Sand- oder Kiesboden, aufgeschwemmten Boden überhaupt, S. 42 u. 43; — Forschungen und Wahrnehmungen zur Ermittlung der geringsten Tiefe der wasserhaltenden Schichten S. 42; — annäherndes Messen des Wasserreichthums eines Brunnens S. 43.

**Anlage und Construction der Brunnen,** Seite 43–45. — Die Quellenfassung ist die einfachste Brunnenanlage, Ver-
§. 32. fahren hiebei S. 43; — Jahreszeit, geeignet zum Aufsuchen von Quellen und Graben von Brunnen S. 43; — Verfahren beim Brunnengraben: 1) durch vollständige Ausschalung des Brunnens und allmäliger Aufmauerung von der Sohle aus S. 43 u. 44; 2) durch allmäliges Versenken des Brunnenkessels oder sogenannte Senkbrunnen S. 44 u. 45.

**Beispiele von Brunnen-Anlagen:**

*Einfache Quellenfassung* S. 43.

*Graben und einfache Ausmauerung eines Brunnens von der Sohle an* S. 43.

*Ausführung eines Senkbrunnens* S. 44 u. 45.

*Allgemeines Verfahren bei Ausführung des Themse-Tunnels* S. 45.

*Aeltere Brunnen-Anlagen als ein Beweis ihrer Dauerhaftigkeit* S. 45.

---

# IV. Abschnitt.

## Artesische Brunnen.

**Seite 46 — 70.**

**Allgemeines über artesische Brunnen,** Seite 46–50. — Historisches, Vorkommen derselben in allen Erdtheilen
§. 33. S. 46; — Begriff und Zweck artesischer Brunnen S. 46; — Physikalische und geognostische Bedingungen zur
§. 34. Aufschliessung artesischer Brunnen S. 46 u. 47; — Grösse der Ergiebigkeit eines artesischen Brunnens und Bedingungen hiezu; Beispiele: der Brunnen zu Passy, die artesischen Brunnen in Venedig S. 47 u. 48; — Er-

fahrungen über die Tiefe der artesischen Brunnen, eigenthümliche Erscheinungen hiebei, die absorbirenden Brunnen mit einigen Beispielen zu und bei St. Denis S. 48 u. 49; — Nutzen und allgemeine Verwendung der artesischen Brunnen: für industrielle Zwecke, Bodenkultur, Salinen S. 49; — Mängel der artesischen Brunnen, namentlich ihre Ausführung betreffend S. 49 u. 50.

**Anlage der artesischen Brunnen im Allgemeinen,** die drei hauptsächlichsten Arbeiten, welche dabei vor-
§. 35. kommen: Bohren, Einsetzen der Futterröhren, Einbringen der Steigeröhre S. 50; — Bohrmethoden: Bohren mit festem Gestänge (artes.-, auch engl. oder deutsch genannt), Seilbohren (chinesisches System), Bohren mit hölzernen eisenbeschlagenen Stangen (preuss. System), französ. System (Verbindung des chines. Bohrers mit dem Ende einer Sicherheitsröhre), System mit hohlem Gestänge (Seilbohren in hohlen Stangen), System von Fauvelle (mit Anwendung einer Druckpumpe) S. 50.

**Instrumente zum Bohren artesischer Brunnen,** Seite 50.

**Das Gestänge,** Seite 50–53. — Bestandtheile und allgemeine Eigenschaften desselben S. 50; Stärke der Glieder je
§. 36. nach der verschiedenen Tiefe der Bohrung S. 51; — Länge der Glieder S. 51; — Verbindung der einzelnen Glieder, allgemeine Forderungen an eine derartige Verbindung, und verschiedene Systeme von Gestänge-Verlängerungen und Verbindungen S. 51 u. 52; — Einrichtungen zum Heben des Gestänges nebst Beispielen S. 52; — Instrumente zum Drehen des Gestänges S. 52 u. 53; — Mittel und Einrichtungen der Steifigkeit der eisernen Gestänge abzuhelfen, und bei grosser Tiefe den übermässigen Kraftaufwand und die erschütternden Stösse zu mässigen S. 53.

**Brunnenbohrer und Fanginstrumente,** Seite 53–60.

*Bohrer, welche durch den Stoss wirken*, S. 54, als: Meissel-, Kron- und Sternbohrer mit verschiedenartigen Con-
§. 37. structionen.

*Bohrer, welche durch Druck und Drehung wirken*, S. 55 u. 56, als: Erd- oder Schaufelbohrer, auch Löffelbohrer
§. 38. genannt, Zungen-, Krätzer-, Trepanirbohrer u. s. w., mit verschiedenen Beispielen und Constructionen.

*Instrumente zum Reinigen und Ausräumen des Bohrlochs*, S. 57, als: Bohrlöffel einfacher Construction, mit Klap-
§. 39. pen und Kugelventilen, die Wassersonde, mit verschiedenen Beispielen.

*Neuere Bohrapparate,* S. 58; — Vereinigung der Bohr- und Reinigungs-Instrumente, von Löffel- und Bohrmeissel;
§. 40. hieher gehören namentlich die Rutschscheere und der Freifallbohrer nebst Construction derselben S. 58.

*Fang-Instrumente*, Seite 59 u. 60; — Vorkehrungen und vorsichtige Sorgfalt während der Arbeit, um derartige
§. 41. Instrumente entbehren zu können; deren allgemeiner Zweck und Gebrauch S. 59; — Beschreibung verschiedener Fanginstrumente: der spiralförmig gewundene Haken, der Krätzer, eine Art Schraubenklappe und andere S. 59 u. 60.

*Futterröhren*, Seite 60–62. — Zweck und Anwendung derselben S. 60; — Beschaffenheit derselben: aus Holz,
§. 42. Gusseisen oder gewalztem Eisenblech S. 61; — Beschaffenheit und Anwendung hölzerner Futterröhren S. 61; — desgleichen von gusseisernen Futterröhren und solchen aus gewalztem Eisenblech S. 61 u. 62.

**Ausführung artesischer Brunnen,** Seite 62–70.

**Bohrung mit festem Gestänge,** Seite 62–67. — Beginn der Arbeit, Abteufen eines Schachtes, Form und Anlage
§. 43. desselben, seine Vorzüge S. 63; — Beginn der Bohrarbeit, Moment des Einsetzens der Futterröhre je nach der Bodenbeschaffenheit und sorgfältige Einstellung derselben S 63; — Verfahren bei Anwendung von Röhren aus gewalztem Eisenblech am Anfang der Bohrung S. 63; — Construction des Bohrgerüstes oder der Rüstung S. 63 u. 64; — Beispiele von Bohrgerüsten leichterer und schwererer, einfacherer und zusammengesetzterer Construction, in Verbindung mit dem Verfahren des Bohrens und dazu gehöriger Arbeiten S. 64 u. 65; — Genaue Beobachtung des Fortschreitens der Arbeit, namentlich der Tiefe S. 65 u. 66; — Arbeiten in festem Gestein ohne oder mit nur theilweiser Anwendung einer Futterröhre S. 66; — Wichtigkeit der senkrechten Richtung der Bohrung und Nachtheile des Gegentheils S. 66; — Erscheinungen beim endlichen Anbohren eines mit Wasser angefüllten Hohlraums S. 66; — Einsetzen der Steigröhre und Beschaffenheit derselben: von Schmiedeisen, Gusseisen, Zink, Holz S. 66; — Herausnehmen der Futterröhre nach Einbringen der Steigröhre Seite 67.

**Das Seilbohren** (Chinesische Methode), Seite 67–68. — Vorzüge und Nachtheile dieses Systems, Bedingungen für
§. 44. seine Anwendbarkeit S. 67; — Instrumente, welche bei dieser Methode zur Anwendung kommen, theils zum Bohren, zum Herausschaffen des Schlammes und zur Ausräumung des Bohrlochs, zum Fangen und Fassen hinuntergefallener Gegenstände, gegen das Schleifen des Seiles S. 67; — Beschaffenheit der Seile, hanfene, Eisenband- und runde Eisendraht-Seile nebst Beispielen ihrer Anwendung S. 68; — Nachtheile der Selbstdrehung der Seile, Mittel gegen dasselbe, namentlich durch das verbesserte System von Georg Kolb, Direktor des Bohrvereins zu Bayreuth S. 68.

**Bohrsystem von Fauvelle,** S. 68–70. — Das System gründet sich vorzugsweise auf die Erscheinung des Bohrens
§. 45. mit einem hohlen Bohrer unter Anwendung von Wasser, welches beim Wiederaufsteigen allen Bohrschlamm mit heraufnimmt S. 68; — Beschreibung des Systems und verschiedene Anwendungen desselben und Erscheinungen hiebei S. 69; — Anwendung der Druckpumpe bei Bohrungen S. 69 u. 70.

# V. Abschnitt.

## Wasserleitungen.

Seite 71 — 81.

**Allgemeines über Wasserleitungen,** namentlich historisches Seite 71–76. — Die Wasserleitungen (Aquäducte) der
§. 46. Alten, von Rom S. 71, Spoleto S. 72; — Neuere Aquäducte in Frankreich, England, Nordamerika S. 72; — Verbindung von Aquäducten mit Röhrenleitungen: die Wasserleitung »delle Arcate« in Genua, die Röhrenleitung nach Constantinopel S. 72; — offene Wasserleitungen, welche durch Bäche gespeist werden, wie die Leitung der Flüsschen Chadwell und Amwell nach London S. 72 u. 73; — Wasserleitungen, welche mittelst Pumpwerken aus Strömen gespeist werden, sind vorzugsweise heut zu Tage im Gebrauch, Vor- und Nachtheile derselben S. 73; — Beispiele von solchen Wasserleitungen in England, Nordamerika, Frankreich namentlich Paris, dann Deutschland, Preussen namentlich Berlin, nebst näherer Beschreibung der Berliner Wasserwerke
§. 47. S. 73–75; — Anordnungen in kleineren Gebirgsstädten zur Herleitung des Wassers, Erleichterung der Arbeit und Anlage S. 76; — Anwendung von Wasserkräften statt der gewöhnlich angewendeten Dampfmaschinen zum Heben und Treiben des Wassers, Anwendung von Windmühlen und Pferdegöpeln S. 76.

**Messen der Wassermenge,** Seite 76–78. — Annähernde Schätzung der Ergiebigkeit einer Quelle S. 76; — Wirkliche
§. 48. Messung der Wassermenge einer Quelle S. 77; — Begriff des Wasserzolls und Messen desselben durch einen besondern Apparat S. 77; — Werthausdruck für die Wassermenge S. 78.

**Ansammlung des Wassers,** Seite 78 – 81. — Auswahl des passenden Ortes bei Speisung von Wasserleitungen aus
§. 49. Bächen oder Flüssen, Vortheile eines Wehrs für einen solchen Fall S. 78; — ein Beispiel der Speisung einer hölzernen Röhrenleitung aus einer Quelle oder einem Bache, Vorkehrungen bei Anwendung gusseiserner Röhren S. 78; — Auffangen unterirdischer Quellen nebst einem Beispiel einer Wasserleitung von Frankfurt a. M. S. 78; — Schöpfung des Wassers aus einem Strome, die Speiseröhre ist zugleich Saugröhre für die Wasserhebungs-Maschine; Beispiel hiefür die Maschine Gross-Caillou in Paris S. 79; — englische Einrichtung der Speiseröhre (Delphin) S. 79; — Oeffnen oder Schliessen der Mündung einer Röhrenleitung durch Kegel- oder
§. 50. Klappenventile, hiezu ein Beispiel der Pariser Wasserleitung aus dem Ourcq-Canal S. 79; — Regulirung und Vertheilung der im Strome vorhandenen und veränderlichen Wassermenge durch Schützen oder Ventile am Speisecanal S. 79; — verschiedene diesem Zwecke entsprechende Einrichtungen nebst Beispielen S. 80 u. 81.

# VI. Abschnitt.

## Reinigen, besonders Filtriren des Wassers.

Seite 82 — 97.

**Allgemeines über Reinigung des Wassers,** Seite 82–86. — Bestandtheile des guten Trinkwassers, des destillir-
§. 51. ten, des Regen-, des Quell- und Brunnenwassers S. 82; — gewöhnliche mechanische Beimengungen und chemische Beimischungen des Wassers und Grundursachen der Verderbniss desselben S. 82; — verschiedene Methoden der Reinigung des Wassers: chemische Ausscheidung, Sedimentirung, Filtration und Destillation S. 82; — chemisch wirkende Mittel der Reinigung des Wassers S. 82 u. 83; — Resultate der Abklärung des Wassers (Sedimentirung) durch blosse Ruhe S. 83; — Begriff und allgemeine Wirkung der Filter; filtrirende Körper S. 83 u. 84; — weitere Versuche über die Wirkungen filtrirender Körper S. 84.

**Die gewöhnlichen Brunnen als natürliche Filter,** Seite 85; — Ursache der Vermengung fremdartiger Stoffe
§. 52. mit dem Quell- und Brunnenwasser, Entfernung derselben, verschiedene Einrichtungen der Filtration hiebei nebst Beispielen: der Brunnen im Hofe des Reformatenforts in Posen; das Filtrum im Brunnen in der Citadelle zu Spandau; allmälige Unwirksamkeit solcher Filter S. 85 u. 86.

**Künstliche Filter,** S. 86–94, mit einer Menge von Apparaten.

***Einfachster Filtrirapparat*** aus zwei in einander gestellten Bottichen S. 86; die Filtrirflasche des französ. Soldaten
§. 53. in Algier.

***Parrot's Filtrirapparat*** mit Filtration von unten nach oben S. 86.

***Prechtl's Filtrirapparat*** S. 86.

***Fonville's Filtrirapparate*** S. 87–89; eine Filtrireinrichtung desselben in den Waschanstalten zu Marseille, desgleichen ein Filter Fonville's zur Reinigung des Seinewassers in Paris S. 88.

***Filter von Maurras in London*** zur Reinigung des Themsewassers S. 89.

***Industrieller Filter von Tard*** zur Läuterung aller Arten von Flüssigkeiten S. 89 u. 90.

*Fontaine filtrante in Paris*, sehr einfach und verbreitet S. 90.
*Einfachster gemauerter Filtrirapparat* S. 90.
*Filtrirapparat zu Udine* S. 90 u. 91.
*Filtrirapparat zu Cherbourg* S. 91.
*Filter von Chelsea zu London* S. 91 u. 92.
*Filter der Grand-Junction-Gesellschaft bei London* S. 92.
*Filter der Sauthwark-Company* S. 92.
*Filter von Paisley von Ingenieur Thom* S. 93.
*Filter von Brunnquell mit vertikalen Schichten* S. 93 u. 94.
*Filtrationsverfahren der Türken* S. 94.

**Natürliche Filter,** Seite 94–96; Anwendung derselben im Allgemeinen, Vor- und Nachtheile S. 94 u. 95.
§. 54. *Filter der Wasserleitung zu Toulouse* S. 95 u. 96.
*Filter zu Nottingham in England* S. 96.
*Filter von Perth und in Lyon* S. 96.
§. 55. Zusammenstellung der Leistung mehrerer Filtrirapparate, Allgemeines über Reinigen der Filter und Specielles über Natur, Wahl, Zubereitung der hauptsächlichsten Filtrationssubstanzen als: Schwämme, Sand, Schafwolle, Sandstein, Kohle S. 96 u. 97.

# VII. Abschnitt.

## Röhrenleitungen.

**Seite 98 – 116.**

**Allgemeines über Röhrenleitungen,** Seite 98 u. 99. — Zweckmässigkeit derselben vor den im Alterthume gebräuch-
§. 56. lichen gemauerten Canälen S. 98; — geeignetes Röhrenmaterial S. 98; — Anforderungen an eine gute Röhrenleitung; dichter Verschluss, Dauerhaftigkeit, Indifferenz gegen das Wasser S. 98; — über das Gefälle in Röhrenleitungen S. 98 u. 99; — Uebelstände einer auf- und absteigenden Leitung S. 99; — Zweck der Luftröhren oder Luftspunde, Zweck der Wechselhäuschen oder Schlammkästen S. 99; — über das Längenprofil von Röhrenleitungen S. 99.

**Hölzerne Leitungsröhren,** Seite 99–102. — Geeignete Holzarten hiezu, Eigenschaften derselben und Anforderungen
§. 57. an sie S. 99 u. 100; — Dauer der hölzernen Röhren, ihr Verhalten bei Soolenleitungen S. 100; Länge, Weite, Wandstärke derselben S. 100; — Zusammensetzung hölzerner Röhren, verschiedene Verbindungsarten S. 100 u. 101; — Herstellen von Abzweigungen S. 101; — Verlegen der Röhren, Prüfung der Wasserdichtigkeit derselben S. 101; — Luftspunde, Reinigungsschlitze, vertikale Luftröhren S. 101 u. 102; — Verbesserung der hölzernen Röhren in Bezug auf Dauer und Wasserdichtigkeit durch ein neues, in Frankreich patentirtes Verfahren der Firma Trottier, Schweppe et Comp. in Angers S. 102.

**Thönerne Leitungsröhren,** Seite 102 u. 103. — Eigenschaften und Erfordernisse thönerner Röhren, Allgemeines über
§. 58. deren Fabrikation S. 102; — Verbindung solcher Röhren, zweierlei Anordnungen hiebei S. 102 u. 103; — Dauer der Thonröhren, Vermehrung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen den Wasserdruck und den Druck von aussen S. 102 u. 103; — Porcellan- oder Steingutröhren S. 103.

**Leitungsröhren aus Stein,** Seite 103 u. 104. — Anwendung derselben bei einer Wasserleitung in Dresden, S. 103; —
§. 59. Länge und Weite solcher Röhren S. 103; — Verbesserung der Wasserdichtigkeit des Steins durch Anstrich mit Oelkalkkitt, durch Imprägnation der Innenseite mit Cementbrühe, durch Kochen in Steinkohlentheer S. 103 u. 104; — Prüfung solcher Röhren, deren Wandstärke S. 104; — Legen und Verbinden derselben S. 104; — Nachtheile steinerner Röhren, Allgemeines über Steinbohrmaschinen S. 104.

**Cementröhren,** Seite 104 – 105. — Verhalten der erst in neuerer Zeit zur Anwendung gekommenen Cementröhren in
§. 60. einzelnen Fällen: in der Schweiz und namentlich in Frankreich S. 104; — Verfahren bei der Herstellung, Beschreibung des patentirten Apparats von Karlinger S. 104 u. 105; — Pressen von Cementröhren ähnlich den Thonröhren S. 105; — Verfahren der Gebrüder Born in Erfurt und Methode Gasparins zur Herstellung von Cementguss-Röhren S. 105.

**Guttapercha-Röhren,** Seite 105. — Anwendung derselben, ihre besonderen Vorzüge vor den meisten andern Röhren
§. 61. und ihre Nachtheile; — Stärke und Durchmesser solcher Röhren.

**Gläserne Röhren,** Seite 105 u. 106. — Anwendung derselben in Böhmen, ihre Beschaffenheit und Verbindung durch
§. 62. einen Metallmuff; — Anwendung derselben in Nordamerika.

**Bleiröhren,** Seite 106 u. 107. — Anwendung und grosse Vortheile derselben für gewisse Zwecke; — Fabrikation durch
§. 63. Ziehen oder Pressen, Bleiröhren mit Zinnüberzug S. 106; — Verhalten des Blei's gegen Wasser, Erfahrungen und praktische Regeln hierüber S. 106; — Wandstärke und Weite solcher Röhren, S. 107; — Zinnröhren, neue Herstellungsart derselben nach Lepan S. 107.

**Eiserne Leitungsröhren,** Seite 107–116. — Allgemeine Anwendung derselben in neuester Zeit, Eigenschaften, Vorzüge
§. 64. und Nachtheile derselben, in letzterer Beziehung namentlich deren Verengerung durch Absätze und Incrustationen S. 107; — Mittel gegen die Verengerungen der Röhren durch Anwendung von Ueberzügen an ihren inneren, auch äusseren Wandungen S. 108; — Verlegen der Röhren S. 108.

**Verbindungen eiserner Röhren,** Seite 108–111.

§. 65. *Die Bügelverbindung*, früher sehr gebräuchlich S. 108 u. 109.

*Die Muffenverbindung*, die jetzt gebräuchlichste S. 109–111; Beschreibung derselben, und Verbesserungen namentlich, um schadhaft gewordene Röhren leichter auswechseln zu können; — verschiedene Constructionen von Muffenverbindungen S. 109 u. 110.

*Elastisches Verbindungssystem des Hüttenmeisters Petit* S. 110 u. 111.

*Verbindung mit sphärischen Muffen* von Doré S. 111.

*Verbindung durch eingeschobene Zwischenstücke* S. 111.

**Abzweigungen,** Seite 112. — Verschiedene Arten von Abzweigungen nebst Beschreibung derselben, Ansetzen einer bleiernen Röhre an eine gusseiserne, Röhrenstücke mit Krümmungen.

**Absperren des Wassers in Leitungen** durch Hähne und Schiebeventile S. 112–114. — Allgemeines über deren
§. 66. Anwendung S. 112; — die Hähne, verschiedene Constructionen derselben: einfache Hähne, Sperr- und Ablass-Hähne, Stich- oder Visirhähne S. 112 u. 113; — Construction der Schiebeventile S. 113; — Vorsicht beim Gebrauch der Hähne oder Schiebeventile S. 113 u. 114.

**Luftspunde,** Seite 114. — Verschiedene Einrichtungen: Luftröhren (von Blei) oder sogenannte Windstöcke; Construc-
§. 67. tionen der letzteren, namentlich des bei den Wasserleitungen in Paris gebräuchlichen S. 114; — Ausgussröhren zum Absetzen von Schlamm oder Sand; — Vorrichtungen, das Zurückfliessen von Wasser in Leitungen zu verhindern S. 114.

**Einfluss der Temperatur auf die eisernen Wasserleitungen,** Seite 115 u. 116. — Erfahrungen hierüber
§. 68. und Abhilfe: die sogenannten Compensationen, verschiedene Constructionen und Anwendungen derselben S. 115;
§. 69. — Einrichtungen (flexible Röhrenstränge) bei Leitungsröhren von einem Ufer eines Flusses nach dem andern, und Beispiele hierüber S. 115 u. 116.

---

# VIII. Abschnitt.

## Erzeugung gusseiserner Röhren, Bewegung des Wassers in denselben u. s. w.

**Seite 117 – 139.**

**Giessen und Prüfen gusseiserner Wasserleitungsröhren,** Seite 117–120. — Verschiedene Methoden des Gies-
§. 70. sens: horizontal, in schiefer Stellung, vertikal S. 117; — Vorzüge des vertikalen Gusses vor dem horizontalen, Verfahren und Einrichtungen beim vertikalen (jetzt hauptsächlich gebräuchlichen) Giessen S. 117 u. 118; — Vorzüge solcher Röhren in Bezug auf Dauer, und Erfahrungen hierüber, namentlich in Frankreich und Paris S. 118; — Verhältniss zwischen Durchmesser und Wassermenge solcher Röhren verschiedener Grösse nach
§. 71. Dupuit S. 118; — Prüfung der Wasserleitungsröhren mittelst des Compressions-Apparates, Beschreibung und Anwendung des Apparates nebst Erfahrungsregeln für diese Manipulation S. 119; — Verhalten von Thonröhren bei Anwendung des Compressions-Apparates S. 119; — Regeln für die Praxis mit Bezug auf Widerstandsfähigkeit der Röhren gegen den Wasserdruck nach d'Aubuisson und Génieys, und praktische Vorschriften für die Uebernahme solcher Röhren S. 119 u. 120.

**Von der Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen,** Seite 120 – 122. — Grundsätze der Theorie über die
§. 72. Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus Röhren S. 120; — Abweichungen der Praxis hievon, der Röhren- oder Reibungswiderstand S. 120; — Werthausdrücke und Gleichungen hiefür, zunächst Beziehungen zwischen Druckhöhe und Reibungswiderstand, und allgemeine Werthbestimmung der Widerstandshöhe S. 120; — Bestimmung der Widerstandshöhe für Röhren beliebiger Querschnittsform und unter Anwendung von Erfahrungs-Coefficienten nach Eitelwein und Prony S. 120; Anwendung dieser allgemeinen Formel auf cylindrische Röhren S. 120; Einsetzen der für die Erfahrungs-Coefficienten ermittelten Werthe in die Gleichungen nach d'Aubuisson und Vereinfachung dieser Gleichungen für die Praxis S. 120; — Lösung praktischer Aufgaben mittelst dieser Gleichungen S. 121; — Einfluss von Krümmungen der Röhren auf die Druckhöhe S. 121; — veränderte Druckhöhe bei Röhrenleitungen mit Querschnitts-Veränderungen, Bestimmung des Verlustes an Druckhöhe nach Weissbach S. 121; — Werthe und Gleichungen für den Fall, dass der Austritt des Wassers durch eine Verengung der Röhre stattfinde, und Bestimmung des Ausfluss-Coefficienten für verschiedene Fälle und Constructionsformen S. 122.

**Höhe springender Strahlen,** Seite 122 – 123. — Bestimmung der Steighöhe, und ihr allgemeines Verhältniss zur Ge-
§. 73. schwindigkeitshöhe S. 122; — Erfahrungen über springende Strahlen und Aufstellung wichtiger praktischer Regeln, Fundamentalsätze und Gleichungen hierüber nach Weissbach S. 122 u. 123.

**Bestimmung der Wandstärke der Röhren,** Seite 123–125. — Beziehungen zwischen Wandstärke, innerem Durch-
§. 74. messer und der in Atmosphären ausgedrückten Spannung, Formeln hierüber nach Redtenbacher für Röhren aus verschiedenem Material S. 124; — Bestimmung der Wandstärken nach Dupuit und Wiebe S. 124; — Praktische Regeln für die Anwendung solcher Formeln S. 124; — tabellarische Zusammenstellung der Erfahrungen hierüber von Guettier S. 125.

**Von dem Wasserbedarfe,** Seite 125—127. — Allgemeines über den Wasserbedarf S. 125; — Erfahrungen hierüber,
§. 75. namentlich in grösseren Städten S. 125; — nähere Nachweisungen des Wasserbedarfs in Paris und in London S. 125 u. 126; — Zusammenstellung des Wasserbedarfs pro Kopf und Tag in mehr als 30 Städten S. 126; — mindester Bedarf an Trinkwasser auf der See bei Schiffsverpflegung S. 126; — Rücksichten bei Ermittlung der Wassermenge auf die rasche Zunahme der Bevölkerungen der Städte und ihrer Bedürfnisse S. 127; — Werth der Formel Darcy's zur Ermittlung der für eine Bevölkerung erforderlichen Wassermenge S. 127.

**Bemerkungen für Wasserleitungen grösserer Städte,** Seite 127—139. — Fassung von Quellen und Anlage von
§. 76. Brunnenstuben S. 127; — Heben des Wassers aus Strömen durch Saug- und Druckpumpen S. 127 u. 128.

**Anlage von Reservoirs und Bau derselben,** Bau im gewachsenen Boden und Bau über demselben S. 128; —
§. 77. Details und Einrichtungen solcher Reservoirs S. 128, 129 u. 130; Beispiele und Anwendungen:

***Das Reservoir Vaugirard*** als Muster für alle Reservoirs der Pariser Wasserleitungen S. 130.

***Das Hochreservoir der Wasserleitung zu Magdeburg*** S. 130.

Reservoirs von Metall, ihre Eigenschaften gegenüber den gemauerten S. 130; — Auswahl des passenden Ortes der Anlage für Reservoirs S. 131.

**Entwurf eines Wasserleitungsplanes,** namentlich Rücksichten auf eine zweckmässige Vertheilung der grösseren
§. 78. Leitungen, dann ihrer Verbindungen mit den Zweigröhren, Anlage von Brunnenstuben oder Bassins oder nur gusseiserner Cylinder an den Vertheilungspunkten S. 131; — verschiedene Arten von Röhrensystemen: das Verästelungssystem und das Circulationssystem, Vergleichung und allgemeine Einrichtung beider S. 131 u. 132.

§. 79. Zweck und Einrichtung der sogenannten Wasserstöcke, verschiedene Constructionen derselben S. 132.

**Speisung der öffentlichen Brunnen** als wichtigster Zweck der Wasserleitungen S. 132—139. — Immerwährend
§. 80. fliessende Brunnen oder mit Vorrichtungen zu beliebiger Entnahme und Ersparniss des Wassers versehen, S. 132; — Einrichtungen der letzteren in Magdeburg, sogenannte Kunstpfähle S. 133; — Brunnen in Form von Springbrunnen mit einem Beispiel des Springbrunnens am Place de la Concorde zu Paris S. 133; — Brunnen mit Einrichtungen zum Spülen der Strassen und Rinnen, mit einem Beispiel solcher Brunnen in Paris, S. 133 u. 134.

§. 81. Leitung von Wasser zur Versorgung von Wohnungen, Anwendung vorzugsweise von bleiernen Röhren hiebei, Details der technischen Einrichtungen zu derartigen Leitungen in die verschiedenen Stockwerke der Gebäude S. 134 u. 135.

§. 82. Controle des consumirten Wasserquantums von Haushaltungen, Einrichtung von Wassermessern und einige Constructionen derselben, namentlich der Siemen'schen S. 135 u. 136.

§. 83. Einrichtungen der Wasservertheilung in grossen Städten: die unterbrochene Lieferungsweise und das constante System, Werth beider und weitere Details hierüber S. 136 u. 137.

§. 84. Das Trinkwasser, Beschaffenheit desselben im Allgemeinen, dessen Untersuchung, Beimengungen und Beimischungen und sein Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerungen von Städten und Gemeinden S. 137—139.

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

Im gleichen Verlage sind ferner erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Die

einfach- und direktwirkenden

# Woolf'schen Wasserhaltungsmaschinen

der

## Grube Altenberg bei Aachen.

Beschreibung, Berechnung und Resultate derselben,

mit

Notizen über verwandte Maschinensysteme und einer Abhandlung über die Anwendung der Expansion bei Maschinen ohne continuirlich drehende Bewegung.

Von

**Carl Kley,**

Civilingenieur in Bonn, Consulent der Gesellschaft „Vieille Montagne", früher Assistent des Herrn Prof. Redtenbacher am grossherz. badischen Polytechnikum zu Karlsruhe.

---

Mit 9 in den Text gedruckten Holzschnitten und 3 Texttafeln,

**nebst einem Atlas von 12 grossen Tafeln.**

Preis 5 thlr. = 8 fl. 45 kr.

---

# Anleitung

zum

# Wasserbau.

Nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen

bearbeitet

von

**Hermann von Chiolich-Löwensberg,**

Hauptmann im k. k. Genie-Stabe, und Professor der Baukunst an der k. k. Genie-Akademie, Ritter des grossherzogl. Baden'schen Ordens vom Zähringer-Löwen.

**Erste Abtheilung:**

## Der Strombau.

Preis 2 thlr. = 3 fl. 36 kr.

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.