Die Hydraulik und die hydraulischen Motoren

Meissner, Georg

Jena, 1878-1880

[§ 196-§ 205.]

$$u = \sqrt[3]{\frac{75\,\mathrm{Nu}\left(\frac{\mathrm{Nr}}{\mathrm{Nu}}\right)}{k\,Q\left(\frac{v}{u}\right)}} = \sqrt[3]{\frac{75 \times 150\left(\frac{2}{3}\right)}{3{,}862 \times 8 \times 4\left(\frac{8}{4}\right)}} = 3{,}10 \text{ Meter}$$

per Secunde.

§ 196.
Nominal- und Realeffect eines Motors.

Das Verhältniß zwischen dem sogenannten Nominaleffect (nominellen Pferdestärke) und dem Realeffect (wirkliche Pferdestärke) ist nicht zu verwechseln mit dem in § 175 behandelten absoluten Effect und dem Nutzeffect. Die Bezeichnung „Nominaleffect" kommt ausschließlich bei den Dampfmaschinen vor und ist nur in England, in Deutschland und Frankreich dagegen meist nicht üblich und rührt davon her, daß man die wirkliche Leistung der Dampfmaschinen in frühern Zeiten, wo man noch keine verläßlichen Kraftmesser zur Verfügung hatte, meist zu gering anschlug, indem man ihnen der Größe entsprechend eine Anzahl nomineller Pferde zuschrieb, während sich dann später der wirkliche Effect oder die thatsächliche Kraftleistung als bedeutend größer herausgestellt hat.

Diese letztere wirkliche Leistung einer Dampfmaschine nennt man nun den Realeffect, zum Unterschiede von dem (nur nach der Schätzung beurtheilten) Nominaleffect.

Unsinniger Weise haben aber die Engländer ihre Methode der Kraftbezeichnung einer Dampfmaschine durch Angabe des früher üblich gewesenen Nominaleffectes (nach der Schätzung beurtheilten Effectes) beibehalten, ohne daß dabei ein constantes Verhältniß des Nominal- und Realeffectes zu Grunde gelegt und angegeben wird. Im Allgemeinen ist aber eine nominelle Pferdekraft ungefähr = $^3/_2$ wirkliche Pferdestärken.

Die Ursache, warum die sonst so practischen Engländer bei dieser Bezeichnungsweise stehn geblieben sind, ist aber darin zu suchen, daß eine Dampfmaschine von bestimmter Größe einen sehr verschiedenen Realeffect entwickelt, je nachdem man dieselbe bei gleichem Dampfdrucke langsamer oder schneller arbeiten läßt. Arbeitet sie doppelt so schnell, so leistet sie auch nahe doppelt so viel und umgekehrt. Man muß daher, wenn man den Realeffect einer Maschine angiebt, auch immer beifügen, bei welcher Kolbengeschwindigkeit dieser Realeffect erzielt wird, um ein Urtheil über die Größe und den eigentlichen commerciellen Werth derselben zu haben. Rationell ist indessen einzig die Angabe des Realeffectes und es ist sehr fatal, daß die Engländer diese sinnverwirrende Bezeichnung gegenüber dem Auslande hartnäckig beibehalten haben.

Wird bei der Angabe des Realeffectes die zu Grunde liegende Anzahl Umdrehungen nicht angegeben, so ist dieselbe allerdings auch nicht rationell und man thut daher beim Ankauf von Maschinen gut, gar nicht nach der Pferdestärke, sondern nach Cylinderdurchmesser und Hublänge der betreffenden Maschine zu fragen.

§ 197.

Aufgaben über die Schraube als Treibapparat.

1. Welche Betriebskraft (Realeffect) erfordert ein Schiff von 45 Meter Länge, 10 Meter Breite und 6 Meter Tauchung, wenn es durch eine Schraube betrieben werden soll, deren Projection auf die Querebene = 3,8 Quadratmeter und deren Winkel $a = 45^0$ beträgt?

Es ist zunächst

$$k = 0{,}309\left\{\frac{2}{3}\,\frac{L}{T} + 2\,\frac{L}{B}\right\} = 0{,}309\left\{\frac{2}{3}\,\frac{45}{6} + 2\,\frac{45}{10}\right\} = 4{,}326.$$

und $z = 0{,}307$; $A = B\,T = 60$, und es wird sodann die erforderliche Betriebskraft nach § 39, wenn das Schiff 6,8 Meter per Secunde Fahrgeschwindigkeit haben muß:

$$Nr = \frac{k\,Q}{75}\,u^3\left\{1 + \sqrt{\frac{k\,Q}{k_1\,Q_1}\,\frac{1}{z}}\right\} =$$

$$\frac{4{,}326 \times 60}{75} \times 6{,}8^3\left\{1 + \sqrt{\frac{4{,}326 \times 60}{102 - 3{,}8} \times \frac{1}{0{,}307}}\right\} = 2700 \text{ Pferde.}$$

Dagegen würde diese Kraft bei 3 Meter Fahrgeschwindigkeit nur $Nr = 233$ Pferdestärken.

2. Welche Anzahl Umdrehungen muß die obige Schraube machen, wenn der Winkel a derselben wie gewöhnlich 30^0 beträgt?

Es ist

$$n = 145\,\frac{u}{B} = 145\,\frac{6{,}8}{10} = 98{,}6 \text{ per Minute.}$$

3. Welches ist die erforderliche Betriebskraft des Schiffes, wenn der Winkel $a = 30^0$ und die Fahrgeschwindigkeit 4 Meter per Secunde beträgt?

Es ist:

$$Nr = 0{,}043\, B^2 u^3 = 0{,}043 \times 10^2 \times 4^3 = 275 \text{ Pferde}$$

und es macht die Schraube

$$n = 145 \frac{u}{B} = 145 \frac{4}{10} = 58 \text{ Umdrehungen per Minute.}$$

§ 198.

Aufgaben über die Turbine als Treibapparat.

1. Das obige Schiff soll durch eine Turbine in Betrieb gesetzt werden mit einer Geschwindigkeit von 6,8 Meter per Secunde. Der Winkel y, § 40, ist 40°; $R = 2{,}5$ Meter, $R_2 = 2{,}25$ Meter und $R_1 = 2{,}75$ Meter.

Wie groß wird die Betriebskraft, die Anzahl Umdrehungen der Turbine und der Winkel β?

Es ist zunächst wie in 1. des vorigen Paragraphen

$$K = 0{,}309 \left\{\frac{2}{3}\frac{45}{6} + 2\frac{45}{10}\right\} = 4{,}326, \text{ Ferner } 0 = 0{,}0945\, B^2 = 9{,}45$$

$$\sin\beta = \frac{\sin y}{1 + \frac{K\,O}{k\,o}} = \frac{\sin 40^0}{1 + \frac{4{,}326 \times 60}{102 \times 9{,}45}} = 0{,}504; \text{ also } \beta = 30^0. \text{ —}$$

$$n = \frac{30}{\pi}\frac{U}{R \operatorname{tang}\beta} = \frac{30}{3{,}1416}\frac{6{,}8}{2{,}5 \times \operatorname{tang} 30^0} = \frac{30}{3{,}1416}\frac{6{,}8}{2{,}5 \times 0{,}577} =$$

45 Umdrehungen per Minute,

ferner

$$N = \frac{K\,O\,U^3}{75}\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}(\beta + y)}{\operatorname{tang}\beta} = \frac{4{,}326 \times 60 \times 6{,}8^3}{75}\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}(30^0 + 40^0)}{\operatorname{tang} 30^0}$$

$$= \frac{4{,}326 \times 60 \times 6{,}8^3}{75}\frac{0{,}70}{0{,}57} = 1335 \text{ Pferde.}$$

2. Es sei im obigen Falle der Winkel $y = 30^0$. Welches werden die Werthe der Größen β, n und N?

Es wird:

$$\beta = 25^0\, 24'; \; n = 134 \frac{U}{B} = 134 \frac{6{,}8}{10} = 91 \text{ per Minute;}$$

ferner:

$$N = 0{,}059\, Q\, U^3 = 0{,}059 \times 10 \times 6 \times 6{,}8^3 = 1130 \text{ Pferdekräfte. —}$$

§ 199.

Das Schöpfrad.

1. Ein Schöpfrad nach Fig. 69, Tafel 5 (§ 42), hat die nachfolgenden Dimensionen und es ist die durch dasselbe gehobene Wassermenge Q und die Nutzleistung L zu bestimmen, welche zum Heben dieses Wasserquantums erforderlich ist.

Das Rad hat einen äußern Durchmesser von 10 Meter; hat 30 Eimer, deren jeder bei einer Breite von 2 Meter $^1/_4$ Cubikmeter Wasser faßt und dabei bis zu $^1/_4$ angefüllt wird. Das Rad macht 6 Umdrehungen per Minute und es befinden sich die Canäle, in welche das Wasser sich ergießt, in einer Höhe von 7 Meter über dem Unterwasserspiegel. Das Wasser wird indessen zur vollständigen Entleerung noch um 1 Meter über den Wasserspiegel der oberen Canäle emporgehoben.

Es ergiebt sich nun die per Secunde emporgehobene Wassermenge zu:

$$Q = \frac{n}{60} V u = \frac{n u V}{60} = \frac{6 \times 30 \times 0{,}25}{60} = 0{,}75 \text{ Cubikmeter per Sec.}$$

Der zum Betrieb des Rades erforderliche Nutzeffect wird:

$$L = \left(h + h_1 + \frac{V^2}{2 g}\right) \frac{n u}{60} V y \times 1{,}25 =$$

$$\left(7 + 1 + \frac{3{,}1^2}{2 \times 9{,}808}\right) \frac{30 \times 6}{60} 0{,}25 \times 1000 \times 1{,}25 = 843 \text{ Kilgmeter.}$$

$$= 11{,}2 \text{ Pferde.}$$

Die in diesem Beispiele gewählte Umfangsgeschwindigkeit ist eine außerordentlich große und soll dieselbe in der Praxis nicht über 1 Meter per Secunde betragen.

2. Wären bei dem obigen Rade aus einer zu hebenden Wassermenge von 0,8 Cubikmeter per Secunde die erforderlichen Dimensionen zu bestimmen, so hat man zu erwägen, daß der Durchmesser durch die gegebene Förderhöhe von 7 Meter bestimmt wird und ungefähr 10 Meter zu betragen hat. Aus der obigen Formel ergiebt sich dann:

$$n u V = 60 Q; \; V = \frac{60 Q}{n u}; \; n = \frac{60 Q}{u V}; \; u = \frac{60 Q}{n V}.$$

Nimmt man nun z. B. das Rad 2 Meter breit an, so wird das Volum eines Eimers bei einer Anzahl von 30 Eimern circa 1 Cubikmeter, wenn man das Rad 0,5 Meter tief macht. Rechnet man nun

$^1/_4$ Füllung, so ist $V = 0{,}25$ und $n = 30$ und es wird nun die erforderliche Anzahl Umdrehungen:

$$u = \frac{60\,Q}{n\,V} = \frac{60 \times 0{,}8}{30 \times 0{,}25} = 6{,}4 \text{ per Minute.}$$

3. Wäre dagegen die Anzahl Umdrehungen durch locale Verhältnisse zu 2 per Minute bestimmt, so würde bei 30 Eimern das erforderliche Volum

$$V = \frac{60\,Q}{n\,u} = \frac{60 \times 0{,}8}{30 \times 2} = 0{,}8 \text{ Cubikmeter,}$$

d. h. es müßte das ganze Volumen eines Eimers bei $^1/_4$ Füllung $= 4 \times 0{,}8 = 3{,}2$ Cubikmeter betragen.

Da nun die Umfangstheilung des Rades circa 1 Meter beträgt, so müßte das Product von Umfangstheilung, Breite und Tiefe $= 3{,}2$ Cubikmeter sein.

Bei einer Tiefe von 1 Meter würde daher das Rad 3,2 Meter Breite erhalten müssen.

4. Wenn schließlich der leichtern Ausführung halber ein geringeres Volumen V von 0,12 Meter und eine Anzahl Umdrehungen von 3 per Minute gewählt werden soll, so ergiebt sich die erforderliche Anzahl Eimer zu

$$n = \frac{60\,Q}{u\,V} = \frac{60 \times 0{,}8}{3 \times 0{,}12} = 133;$$

was auf practische Schwierigkeiten stößt.

Bei einer Füllung von $^1/_3$ würde der Inhalt eines Eimers $= 3 \times 0{,}12 = 0{,}36$ Cubikmeter und bei einer Breite von 1 Meter und einer Tiefe von 0,36 Meter würde das Rad $= \frac{0{,}36}{1 \times 0{,}36} = 1$ Meter Theilung; also 133 Meter Umfang oder 42 Meter Diam. erhalten, was nicht ausführbar wäre. Man hätte somit eine größere Breite und Tiefe des Rades zu wählen.

§ 200.

Das Spiralrad.

1. Ein Spiralrad nach Fig. 70 und 71, § 42, hat 6 Abtheilungen oder Spiralen und es ist die von jeder Abtheilung derselben aufgefaßte Wassermenge ein Segmentkörper von 3 Meter Länge, 2 Meter Breite und 0,85 Meter Tiefe und es macht das Rad 8 Umdrehungen in einer

Minute. Welches ist die per Secunde gehobene Wassermenge und welche Kraft erfordert es zum Betriebe, wenn die Förderhöhe 4 Meter beträgt?

Es ist zunächst der Inhalt eines Segmentes oder Wasserkörpers

$$V = \frac{2}{3} a . b . l = \frac{2}{3} \times 0{,}85 \times 2 \times 3 = 3{,}4 \text{ Cubikmeter}$$

und die per Secunde gehobene Wassermenge:

$$Q = \frac{n}{60} u \frac{2}{3} a . b . l = \frac{n u}{90} a . b . l = \frac{6 \times 8}{90} 0{,}85 \times 2 \times 3 =$$

$$2{,}72 \text{ Cubikmeter per Secunde.}$$

Bei der Bestimmung der zum Heben erforderlichen Kraft ist zu berücksichtigen, daß dieselbe wegen der Reibungswiderstände auch hier um $^1/_4$ größer ausfällt, als die Formel § 42 dieselbe angiebt. Diese Kraft wird somit:

$$1{,}25 \frac{1}{6{,}75} n u a . b . l . h = 1{,}25 \frac{1}{6{,}75} 6 \times 8 \times 0{,}85 \times 2 \times 3 \times 4 =$$

$$181 \text{ Pferde.}$$

2. Hat man umgekehrt aus der per Secunde zu hebenden Wassermenge von z. B. 0,5 Cubikmeter und der Förderhöhe $h = 2{,}4$ Meter die Dimensionen eines solchen Spiralrades zu bestimmen, so hat man zu erwägen, daß eine oder mehrere der gesuchten Dimensionen nach dem Gefühle, oder probirweise oder aber nach localen Verhältnissen passend angenommen werden müssen, wonach die übrigen sich dann ergeben.

Es ist z. B. nach der obigen Formel:

$$\frac{2}{3} a . b . l = \frac{60\, Q}{n u}.$$

Nimmt man daher für das Rad 5 Abtheilungen an und will man dem Rade 4 Umdrehungen per Minute geben, so müßte eine Spirale leicht den Wasserkörper:

$$\frac{2}{3} a b l = \frac{60 \times 0{,}5}{5 \times 4} = 1{,}5 \text{ Cubikmeter}$$

auffassen können.

Nach der Aufzeichnung würde sich dann Länge und Tiefe dieses Wasserkörpers ergeben, woraus dann leicht die erforderliche Radbreite gefunden werden kann.

Bei manchen Annahmen wird es sich treffen, daß die zuletzt bestimmte Dimension nicht in einem passenden Verhältnisse mit den übrigen Dimensionen steht und dann sieht man sogleich, welche Aenderung in den gemachten Annahmen vorzunehmen ist, um bei einer Wiederholung der Rechnung ans gewünschte Ziel zu kommen.

§ 201.

Das Wurfrad.

Gehobene Wassermenge per Secunde und dazu erforderlicher Kraftbedarf ist bei einem Wurfrade, Fig. 72, § 42, von nachfolgenden Dimensionen zu bestimmen:

Das Rad hat 5,5 Meter Diam.; 18 Schaufeln von 1,2 Meter Tiefe und 1,5 Meter Breite; es macht 3 Rev.

Das per Schaufelraum aufgefaßte Wasservolum ist bei $^1/_3$ Füllung 0,6 Cubikmeter.

Die Wassermenge per Secunde, die gehoben wird, ist:

$$Q = \frac{n}{60} V u = \frac{n u V}{60} = \frac{18 \times 3 \times 0{,}6}{60} = 0{,}54 \text{ Cubikmeter.}$$

Die Förderhöhe ist 2,2 Meter und $h_1 = 0{,}60$ Meter; daher die zum Heben erforderliche Kraft bei $^1/_4$ Zuschlag für Nebenhindernisse:

$$L = 1{,}25 \left(h + h_1 + \frac{v^2}{2g}\right) \frac{n u}{60} V y =$$

$$1{,}25 \left(2{,}2 + 0{,}60 + \frac{0{,}86^2}{2 \times 9{,}808}\right) \frac{18 \times 3}{60} \times 0{,}6 \times 1000 =$$

1920 Kilgmeter. oder 25,6 Pferde.

§ 202.

Archimedische Spirale.

1. Die Länge des wasserhaltenden Bogens einer Wasserschnecke nach Fig. 75 beträgt 0,95 Meter und der Durchmesser der Röhren ist 0,22 Meter und bilden dieselben 3 Windungen oder Spiralen, welche 25 Umdrehungen in einer Minute machen.

Welches ist die per Secunde gehobene Wassermenge und welche Kraft erfordert dieselbe zum Betriebe, wenn man für die Nebenhindernisse (Reibungswiderstände) $^1/_3$ der erforderlichen Kraft zuschlägt?

Es ist nach § 42:

$$Q = \frac{n u}{60} V = \frac{n u}{60} F \,.\, l = \frac{3 \times 25}{60} \times 0{,}7854 \times 0{,}22^2 \times 0{,}95 =$$

0,412 Cubikmeter,

und die zur Umdrehung erforderliche Arbeit bei einer Förderhöhe von 4,2 Meter:

$$L = \frac{n u}{60} V h y = \frac{n u}{60} F l h y = \frac{3 \times 25}{60} \times 0{,}038 \times 0{,}95 \times 4{,}2 \times 1000$$

$$= 1730 \text{ Kilgmeter}$$

und bei $1/_3$ Zuschlag für die Nebenhindernisse $= 1{,}33 \times \frac{1730}{75} =$

30,6 Pferdekräfte.

§ 203.

Holländische Wasserschraube.

1. Der äußere Durchmesser $2r$ einer solchen Schraube ist 0,85 Meter; der parallel der Achse gemessene Abstand der Schraubengewinde $= h_1 = 0{,}49$ Meter; der Neigungswinkel der Schraubenfläche $a = 15^0$. Wieviel Schraubengewinde n_1 muß diese Schraube haben und welche Wassermenge fördert sie bei 33 Umdrehungen u per Minute, wenn die gefaßte Wassermenge eines Gewindes 0,010 Cubikmeter beträgt?

Es wird:

$$n_1 = \frac{2 \pi r \operatorname{tang} a}{h_1} = \frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}425 \operatorname{tang} 15^0}{0{,}49} = 1{,}47 \text{ oder } = 2.$$

Die per Secunde geförderte Wassermenge Q wird:

$$Q = \frac{n_1 u}{60} V = \frac{2 \times 33}{60} \times 0{,}010 = 0{,}011 \text{ Cubikmeter per Secunde}$$

und die erforderliche Betriebskraft L für eine Förderhöhe von 3 Meter bei $1/_4$ Zuschlag für die Nebenhindernisse:

$$L = \frac{n u}{60} V h y \times 1{,}25 = \frac{2 \times 33}{60} \times 0{,}010 \times 3 \times 1000 \times 1{,}25 =$$

41,3 Kilgmeter. per Secunde.

2. Fig. 4 auf Tafel 26 zeigt die constructive Anordnung einer hölzernen holländischen Wasserschraube, wie sie zum Entleeren der Baugruben mit großem Vortheil verwendet wird, sobald die Förderhöhe des Wassers nicht mehr als 8 bis 10′ oder 3 Meter beträgt. Dieselbe erhält im Durchmesser 40 bis 60 Centimeter; eine Länge von circa 6 Meter; ein 3faches Gewinde mit einer Steigung gleich dem Durchmesser der Schnecke. Ja der Schraubengang ist aus 20 bis 25 Stücken auf eine Windung zusammengesetzt. Die einzelnen Brettchen der Gänge greifen mit Zapfen in die in die Welle c eingeschnittene Nuthe ein und

sind außerdem unter sich durch hölzerne Nägel verbunden. Um den ebenfalls hölzernen äußern Mantel sind in je 1 Meter Entfernung eiserne Zugbänder oder Reifen angebracht, um demselben dichten Verschluß durch Anziehn der Bänder ertheilen zu können. In der Regel läßt man die einzelnen Brettchen der Schraubengänge ebenfalls in eine Nuthe des äußern Mantels eingreifen, was einerseits die Festigkeit erhöht, anderseits eine leichtere Abdichtung der Gänge von einander gestattet.

Hinsichtlich der Aufstellung ist die Lage der Schnecke in einem Winkel von 30° die vortheilhafteste und hat sich bei den Versuchen von D'Aubuisson und Hachette in Frankreich herausgestellt, daß man mittelst einer solchen Schnecke von 6 Meter Länge, mit 3fachem Gewinde von 50 Centimeter Durchmesser bei 35 Umdrehungen in einer Minute ein Wasserquantum von 45 Cubikmeter per Stunde auf $3^1/_2$ Meter Höhe heben konnte, wobei 9 Arbeiter zum Betriebe erforderlich waren. Gewöhnlich rechnet man durch einen Mann während 6 Arbeitsstunden 16 Cubikmeter Wasser per Stunde auf einen Meter Höhe zu fördern. —

Gewöhnlich werden 3 Schraubengewinde auf der Spindel angebracht. Der innere Durchmesser des Cylinders beträgt das 3fache desjenigen des Kernes und wechselt von 300 bis 700 Millimeter.

Die Länge ist 12- bis 18mal größer als der Durchmesser des Cylinders.

Auf dem Kerne aufgerissen beträgt der Winkel, welchen die Schiefe der Gänge mit der Achse des Kernes bildet, gewöhnlich 60°. Die alten Römer nahmen in der Regel 45°; Eytelwein nahm bei seinen Versuchen 78°; bei Versuchen in Toulouse hatte man eine Schiefe von 45°.

Die Neigung der Schraubenachse gegen den Horizont kann von 30° bis 45° betragen, und die Wirkung wird am besten, wenn der Unterwasserspiegel etwas über die Mitte der unteren Oeffnung reicht. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit eines Arbeiters an einer gut construirten holländischen Schraube kann man annehmen, daß dieselbe stündlich 15 Cubikmeter auf 1 Meter Höhe beträgt, wobei der Arbeiter 6 bis 8 Stunden zu arbeiten vermag. Die holländische Schraube ergiebt eine weit bessere Leistung, wenn der Cylinder sich sammt dem Gewinde dreht, und also letzteres dicht mit dem Cylinder vereinigt ist, als wenn, wie oft der Fall, der Kasten feststeht und die Spirale in demselben sich mit dem nöthigen Spielraum dreht, durch welch letztern ein wesentlicher Verlust stattfindet. —

§ 204 a.

Wasserversorgung.

1. **Wasserbedarf für verschiedene Zwecke.** Zur Bestimmung des Wasserbedarfs bei der Anlage eines Pumpwerkes kann man sich der nachstehenden mittlern Werthe bedienen:

Es ist der tägliche Verbrauch an Wasser

für eine Person durchschnittlich	20	Liter (Kilogramm),
„ ein Pferd oder eine Kuh	75	„
„ einen Wagen zur Reinigung . . .	40—75	„
„ ein Bad	300	„
„ einen Quadratmeter Garten	1,4	„
„ „ „ Straßenbesprengung	1	„
„ „ Gossenspülhahn	5000	„

Durchschnittlich gerechnet kann man die für die verschiedenartigsten Zwecke verbrauchte Wassermenge in Städten zu 30 bis 40 Liter für jeden Einwohner rechnen.

Dieß gilt indessen nur für ganz große Städte.

In Paris wird ferner verbraucht:

Per 1 Quadratmeter Garten oder Allee	3	Liter	täglich,	
Für jede Werkstätte (boutique) .	100	„	„	
Per Pferdekraft Dampfmaschine Hochdruck	3500	„	„	(in 10 Stunden),
Per Pferdekraft Dampfmaschine mit Expansion und Condensation	6000	„	„	„ „ „
Per Pferdekraft Niederdruck-Dampfmaschine	10000	„	„	„ „ „
Per Hectoliter Biererzeugung . .	200	„	„	
Per Bad	300	„	„	
Spülung der Pissoirs ꝛc. per 1 Hahn	5000	„	„	

Paris verbraucht ferner 13500000 Liter täglich für öffentliche Brunnen.

Im Ganzen verbraucht Paris täglich 180 bis 200 Liter Wasser für jeden Einwohner.

Für kleinere Städte und Ortschaften ist Folgendes zu bemerken: eine sehr reinliche Arbeiterfamilie, bestehend aus Vater Mutter und 3 Kindern, consumirt 40 Liter Wasser täglich.

Im Mittel darf angenommen werden, daß jeder Mensch täglich 2 Liter Wasser für seine innern und 18 Liter für seine äußern Bedürfnisse, im Ganzen somit 20 Liter bedarf.

Auf einem Schiffe (wo sehr sparsam mit Wasser umgegangen wird) beträgt der tägliche Wasserverbrauch 3 Liter per Mann und es kann somit der minimale Wasserverbrauch auf dem Lande nicht unter 5 Liter per Person angenommen werden.

Allgemein wird verbraucht:

30 Liter täglich von besser situirten Personen,
10 " " " Schülern, Studenten und Militärs,
5 " " " Arbeitern.

In neuerer Zeit, wo die Wassermotoren für Kleinindustrie große Verbreitung erlangt haben, muß der Wasserverbrauch für industrielle Zwecke ganz besonders berücksichtigt werden.

Ein einpferdiger Wassermotor consumirt circa 70 bis 80 Cubikmeter Wasser täglich bei der gewöhnlich vorhandenen Druckhöhe von 60—70 Meter.

2. Wasserverbrauch verschiedener Städte.

	Einwohner:	Liter täglich per Person:
Rom in der Gegenwart	175000	944
New-York	450000	410
Besançon	43500	246
Dijon	29800	240
Marseille	215200	186
Richemonde	20000	180
Bordeaux	140000	170
Genua	140000	120
Glasgow	330000	100
London	2500000	95
Paris	1729000	90
Manchester	360000	84
Brüssel	264000	80
Genf	40000	74
Philadelphia	250000	70
Edinburg	195000	55
Havre	65000	45
Metz	60000	25

In dem täglichen Wasserverbrauche von 90 Liter für Paris sind 55 Liter für öffentliche Zwecke inbegriffen, so daß auf jede Person täglich nur noch 35 Liter entfallen.

In London dagegen entfallen 80 Liter auf jede Person, nach Abzug von 15 Liter für öffentliche Zwecke.

3. **Preis des Wassers.** In Paris bezahlt man:

Täglicher Wasserverbrauch:	Preis per Jahres-Abonnement:
250 Liter	60 Frcs. für Quellwasser,
500 „	100 „ „ „
1000 „	60 „ „ gewöhnliches Flußwasser, 120 „ „ Quellwasser.

Dieser Preis bleibt derselbe pro Cubikmeter bis zu einem täglichen Wasserverbrauche von 5000 Litern; von 5000—10000 Litern täglichem Consum beträgt der Preis nur noch 50 bis 100 Frcs. (letzteres für Quellwasser) und bei einem täglichen Consum von 10—20000 Litern vermindert der Preis sich auf 40 bis 80 Frcs.

Bei über 20 Cubikmeter täglichem Consum sinkt der Preis niemals unter 25 Frcs. pro Jahr per 1 Cubikmeter (täglich) für Flußwasser und 55 Frcs. pro Jahr per Cubikmeter täglich für Quellwasser.

Einzelne Wassermengen außer dem regelmäßigen Abonnement werden abgegeben zu:

150 Liter und weniger	0,10 Frcs.,
150—200 „	0,15 „
200—250 „	0,20 „
250—300 „	0,25 „

In Zürich, wo die städtische Wasserversorgung das Wasser zum Selbstkostenpreise hergiebt, kostet der Cubikmeter Wasser:

a) für den Hausgebrauch in kleinern Quantitäten . . 0,15 Frcs.,
b) „ außergewöhnlichen Privatgebrauch in größern Mengen 0,10 „
c) „ industrielle Gewerbe „ „ „ 0,75 „
d) zu öffentlichen Zwecken . . . . 0,50 „
e) Zum Betriebe von Motoren für die Kleinindustrie wird bei der Bestimmung des Preises die Druckhöhe mit in Berücksichtigung gezogen und zwar in der Weise, daß 270 Meter-Tonnen brutto (eine Pferdekraft per Stunde) auf 0,50 Frcs. zu stehen kommt.

Der letztere Preis, bei welchem eine effective Pferdekraft täglich (in 10 Stunden) 8 bis 10 Frcs. kostet, ist schon so bedeutend, daß diese Betriebsweise nur für kleine mit Unterbrechungen arbeitende Maschinen vortheilhaft sein kann, als Ersetzung des Handbetriebes. Nichtsdestoweniger sind allein in der Stadt Zürich und Umgebung über 60 solcher

Motoren im Betriebe und nimmt deren Anzahl rasch zu. (Siehe auch § 190 a.) —

Der 2. Band dieses Werkes bringt genaue Constructions-Zeichnungen der bewährtesten Systeme solcher Wasser-Motoren, welche bei besonders guter Instandhaltung (bei Versuchen z. B.) bis gegen 80 % und bei gewöhnlichem Betriebe circa 70 % Nutzleistung gewähren. Siehe hierüber auch § 46 und die Figuren Tafel 10 und 11. —

§ 204 b.

Pumpen.

1. **Kolbengeschwindigkeit.** Diese soll bei gut ausgeführten Pumpen nicht über 0,25 bis 0,30 Meter per Secunde und bei weniger sorgfältig ausgeführten Pumpen nicht über 0,3 bis 0,35 Meter per Secunde betragen, so daß große doppelt wirkende Pumpen von über 30 Centimeter Kolbendurchmesser und 50 bis 60 Centimeter Hub nicht über 10 bis 15 Umdrehungen oder Doppelhube; kleinere Pumpen aber nicht über 20 bis 30 Umdrehungen oder Doppelhube per Minute machen sollen.

2. **Die Geschwindigkeit des Wassers in den Saug- und Steigröhren** soll nicht über 1 bis 1,2 Meter in einer Secunde betragen.

Bezeichnet v_2 die Geschwindigkeit des Wassers in diesen Röhren per Secunde und Q die per Secunde zu fördernde Wassermenge, so wird der Durchmesser d_2 der Saug- und Steigröhren:

$d_2 = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\,v_2}}$ und daher bei 1 Meter Geschwindigkeit: $d_2 = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi}}$.

3. **Der Querschnitt der Ventile** soll gleich sein dem Querschnitt der Saug- und Druckröhren. Der Hub der Ventile muß immer in der Weise gewählt werden, daß der Querschnitt für den Durchfluß des Wassers nirgends kleiner ist als der Querschnitt des Ventils.

Beispiele: a) Eine einfachwirkende Pumpe soll per Secunde eine Wassermenge von 0,020 Cubikmeter oder 20 Liter fördern. Welche Dimensionen erhält sie?

Es wird nach § 43 der Querschnitt F des Pumpenkolbens:

$$F = \frac{2\,Q}{u\,.\,v} = 2{,}353\,\frac{Q}{v}.$$

Nimmt man nun eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von $v = 0{,}30$ Meter an, so wird:

$$F = 2{,}353\,\frac{0{,}020}{0{,}30} = 0{,}156 \text{ Quadratmeter}$$

und daher der Kolbendurchmesser:

$$d = \sqrt{\frac{4\,F}{\pi}} = 1{,}1284\,\sqrt{F} = 1{,}1284\,\sqrt{0{,}156} = 0{,}45 \text{ Meter.}$$

Soll nun die Geschwindigkeit des Wassers in den Saug- und Druckröhren 1,2 Meter betragen, so wird der Durchmesser derselben, sowie derjenige der Ventile

$$d_2 = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\,v_2}} = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}020}{3{,}14 \times 1{,}2}} = 0{,}14 \text{ Meter.}$$

Giebt man dieser Pumpe, wie es für diese Größe passend ist, einen Hub gleich dem doppelten Kolbendurchmesser $= 2 \times 0{,}45 = 0{,}9$ Meter, so beträgt der Kolbenweg eines doppelten Hubes (bei einer Umdrehung) 1,8 Meter und er braucht $\frac{1{,}8}{0{,}30} = 6$ Secunden zu einem solchen Doppelhube und somit hat diese Pumpe $= \frac{60}{6} = 10$ Doppelhube oder Umdrehungen in einer Minute zu machen.

b) Welches Wasserquantum vermag eine doppelt wirkende Pumpe von 0,30 Meter Kolbendurchmesser und 0,60 Meter Hub in einer Secunde zu fördern?

Es wird bei einer Kolbengeschwindigkeit von 0,28 Meter per Secunde das in derselben Zeit gelieferte Wasserquantum

$$Q = \frac{0{,}85\,F\,v}{0} = 0{,}85 \times 0{,}7854 \times 0{,}30^2 \times 0{,}28 = 0{,}0166 \text{ Cubikmeter.}$$

c) Welches sind die Dimensionen einer doppeltwirkenden Pumpe, welche per Minute 3 Cubikmeter Wasser fördern soll?

Die per Secunde zu liefernde Wassermenge ist $\frac{3}{60} = 0{,}05$ Cubikmeter und es wird bei einer Kolbengeschwindigkeit von 0,25 Meter per Secunde:

$$F = 1{,}1765\,\frac{Q}{v} = 1{,}1765\,\frac{0{,}05}{0{,}25} = 0{,}235 \text{ Quadratmeter.}$$

und

$$d = 1{,}1284\sqrt{F} = 1{,}1284\,\sqrt{0{,}235} = 0{,}54 \text{ Meter.}$$

Statt dessen würde man in Wirklichkeit passender eine 2cylindrige Pumpe von je 39 Centimeter Kolbendurchmesser wählen.

Darf das Wasser in den Saug- und Steigröhren nur 0,8 Meter Geschwindigkeit per Secunde erhalten, so wird der Durchmesser derselben

$$d_2 = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\,.\,v_2}} = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}05}{\pi \times 0{,}8}} = 0{,}28 \text{ Meter.}$$

§ 205 a.

4. Betriebskraft der Pumpen. Nennt man h die Förderhöhe und Q die in einer Secunde zu liefernde Wassermenge, so ist die erforderliche effective Betriebskraft in Pferden:

a) für sehr vollkommene Pumpwerke:

$$N = \frac{\left(1 + \frac{1}{10}\right) 1000\, Q\, (h + z)}{75},$$

b) für gut gearbeitete gewöhnliche Pumpen:

$$N = \frac{\left(1 + \frac{2}{10}\right) 1000\, Q\, (h + z)}{75},$$

c) für weniger sorgfältig ausgeführte Pumpen:

$$N = \frac{\left(1 + \frac{2{,}5}{10}\right) 1000\, Q\, (h + z)}{75},$$

wobei z die Widerstandshöhe oder die Höhe der Wassersäule bezeichnet, welche zur Ueberwindung der Reibung des Wassers in den Rohrleitungen erforderlich ist.

Der Werth von z muß nach den Regeln der §§ 166 und 167 berechnet werden.

Beispiel. Welche Kraft in Pferdestärken ist zum Betrieb einer Pumpe erforderlich, welche per Secunde 0,080 Cubikmeter Wasser auf 15 Meter Höhe fördern soll, wenn die Widerstandshöhe $z = 2$ Meter beträgt? Die Pumpe ist vorzüglich gearbeitet.

Es ist

$$N = \frac{\left(1 + \frac{1}{10}\right) 1000\, Q\, (h + z)}{75} = \frac{\left(1 + \frac{1}{10}\right) 1000 \times 0{,}08 \times (15 + 2)}{75}$$

$$= 20 \text{ Pferde.}$$

Diese Pumpe würde eine Kolbengeschwindigkeit von 0,27 Meter per Secunde erhalten und es würden die Dimensionen derselben, wenn man sie doppeltwirkend macht:

$$F = 1{,}1765 \frac{Q}{v} = 1{,}1765\, \frac{0{,}080}{0{,}27} = 0{,}341 \text{ Quadratmeter}$$

$$d = 1{,}1284 \sqrt{F} = 1{,}1284 \sqrt{0{,}341} = 0{,}65 \text{ Meter},$$

an dessen Stelle man passender zwei Cylinder wählen würde, welche zusammen denselben Querschnitt und daher einen Durchmesser von

47 Centimeter erhalten, und d_2 für 1 Meter Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}080}{3{,}14}} = 0{,}316 \text{ Meter.}$$

§ 205 b.

Pumpen für Wasserversorgungen.

Zur Förderung des Wassers auf große Höhen von 40 bis 120 Meter bei städtischen Wasserversorgungen haben in neuester Zeit die Girard'schen zweicylindrigen Pumpen mit einem gemeinschaftlichen Kolben eine große Verbreitung erlangt und leisten dieselben allenthalben so gute Resultate, daß sie bei neuen Anlagen dieser Art ganz vorzugsweise berücksichtigt werden.

Die Figuren 248 bis 250 auf Tafel 34 stellen in $1/20$ der wirklichen Größe die Girardpumpe dar, deren mehrere am Wasserwerke der Stadt Zürich im Betriebe sind und sich in derselben Anordnung auch bei den Wasserversorgungen in Genf, Freiburg, Florenz und andern mehr in Anwendung befinden.

Die beiden Cylinder a und b, die Gradführung f und das Kurbellager g sind auf einer gemeinschaftlichen starken Fundamentrahme a festgeschraubt und es bilden die beiden Cylinder mit ihrem gemeinschaftlichen Plungerkolben c zusammen eine doppeltwirkende Pumpe.

Fig. 250 ist der verticale Querschnitt durch die beiden Cylinder-Enden mit dem Saug- und Druckventil.

o ist das Saugventil, p das Druckventil.

Das Saugrohr verzweigt sich nach seinem Austritte aus dem Saugwindkessel in zwei Leitungen, von welchen je eine zu dem Saugventilkasten k am Ende eines jeden Cylinders führt.

Die aus den beiden Druckventilkasten i ausgehenden Druckrohre vereinigen sich in das gemeinschaftliche Druckrohr, das in den Druckwindkessel einmündet.

Je größer die Förderhöhe des Wassers ist, um so größer soll das Volumen des Windkessels sein.

Die Ventile haben die Form einer nach abwärts gekehrten Schale und werden durch eine regulirbare Spiralfeder abwärts gedrückt, so daß sie beim Wechsel des Hubes sofort schließen, bevor ein Wasserstoß auf dieselben stattfindet. Die Ventile arbeiten daher sehr ruhig.

Dieselben sind mit Sohlleder gefüttert, das sich (entgegen dem Kautschuk) vorzüglich bewährt und nur eine alljährliche Auswechslung erheischt. Die Stopfbüchsen des Plungerkolbens dagegen sind mit Hanf und Talg abgedichtet.

Die Pumpen haben 290 Millimeter Kolbendurchmesser bei 600 Millimeter Hub und machen 18 bis 20 Doppelhube per Minute.

Die Lieferung an Wasser beträgt bei 120 Meter Förderhöhe 80 bis 85 Procente des theoretischen (vom Kolben durchlaufenen) Volumens. Die Anordnung der Federn (Fig. 249) an den Ventilen hat sich nicht bewährt, wohl aber diejenige mit Spiralfeder nach Fig 250.

Diese Pumpen nach Girard's System sind übrigens nicht nur für eigentliche Wasserversorgungen allen andern Constructionen vorzuziehn, sondern es haben dieselben auch für den gewöhnlichen Gebrauch in industriellen Geschäften allgemeinen Anklang gefunden.

Für Förderhöhen bis zu 10 à 15 Metern darf eine Pumpe wie die vorliegende 26 bis 32 Doppelhübe (Umdrehungen) in einer Minute machen.

§ 206.

Schützen-Oeffnungen.

Beispiel 1. Welche Wassermenge fließt bei vollständiger Contraction durch eine Oeffnung von 2,5 Meter Breite, 0,30 Meter Höhe aus, wenn die Druckhöhe über dem obern Rande der Oeffnung 0,60 Meter beträgt?

Nach der Tabelle ist der Coefficient für diesen Fall = 0,602 und es ist daher

$$Q = 0{,}602\,L\,E\sqrt{2\,g\,H} = 0{,}602 \times 2{,}5 \times 0{,}30 \times \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}75}$$
$$= 1{,}710 \text{ Cubikmeter per Secunde.}$$

Beispiel 2. Zur Vereinfachung der Bestimmung der Wassermenge, welche bei vollständiger Contraction durch eine verticale Oeffnung in dünner Wand bei verschiedenen Oeffnungs- und Druckhöhen ausfließt, ist die nachfolgende Tabelle bestimmt (§ 209).

Beispiel 3. Welche Wassermenge fließt durch eine verticale Oeffnung von 1,50 Meter Breite und 0,25 Meter Höhe aus, wenn die Druckhöhe 2,20 Meter beträgt und die Contraction vollständig ist?

Die Tabelle ergiebt die per 1 Meter Breite durchfließende Wassermenge in einer Secunde zu 987 Liter an und es ist daher

$$Q = 1{,}5 \times 987 = 1480{,}5 \text{ Liter per Secunde.}$$

Beispiel 4. Aus der gegebenen Wassermenge, Druckhöhe und Oeffnungshöhe läßt sich mit Hülfe der Tabelle leicht die erforderliche Breite der Ausflußöffnung bestimmen. Soll z. B. eine Wassermenge