

Sonderabdruck

aus der

**Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,**

Jahrgang 1901, Seite 1.

---

# Neuere Pumpmaschinen,

gebaut von der

Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vormals Georg Egestorff,

Hannover - Linden.

Von

G. ter Meer.

---

Berlin 1908.

ISBN 978-3-662-23245-3 ISBN 978-3-662-25267-3 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-25267-3

## Neuere Pumpmaschinen,

gebaut von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg Egestorff, Hannover = Linden.

Von G. ter Meer.

(hierzu Tafel 1)

Das Bestreben, möglichst wirtschaftlich zu arbeiten, mit möglichst geringen Anlage- und Betriebskosten ein Werk zu betreiben und den in Aussicht genommenen Zweck zu erreichen, hat besonders in den letzten Jahrzehnten des zur

Elektrotechniker entsprechend für schnellen Gang entworfen und ausgeführt wurden. Sehr rasch folgten ihnen die übrigen Betriebsdampfmaschinen, die Pump- und Gebläsemaschinen nach. Auf dem Gebiete des Pumpmaschinenbaues hat sich insbesondere Prof. Riedler mit seinen gesteuerten Ventilen und seinen zahlreichen Ausführungen vorzüglich arbeitender raschlaufender Pumpen große Verdienste erworben.

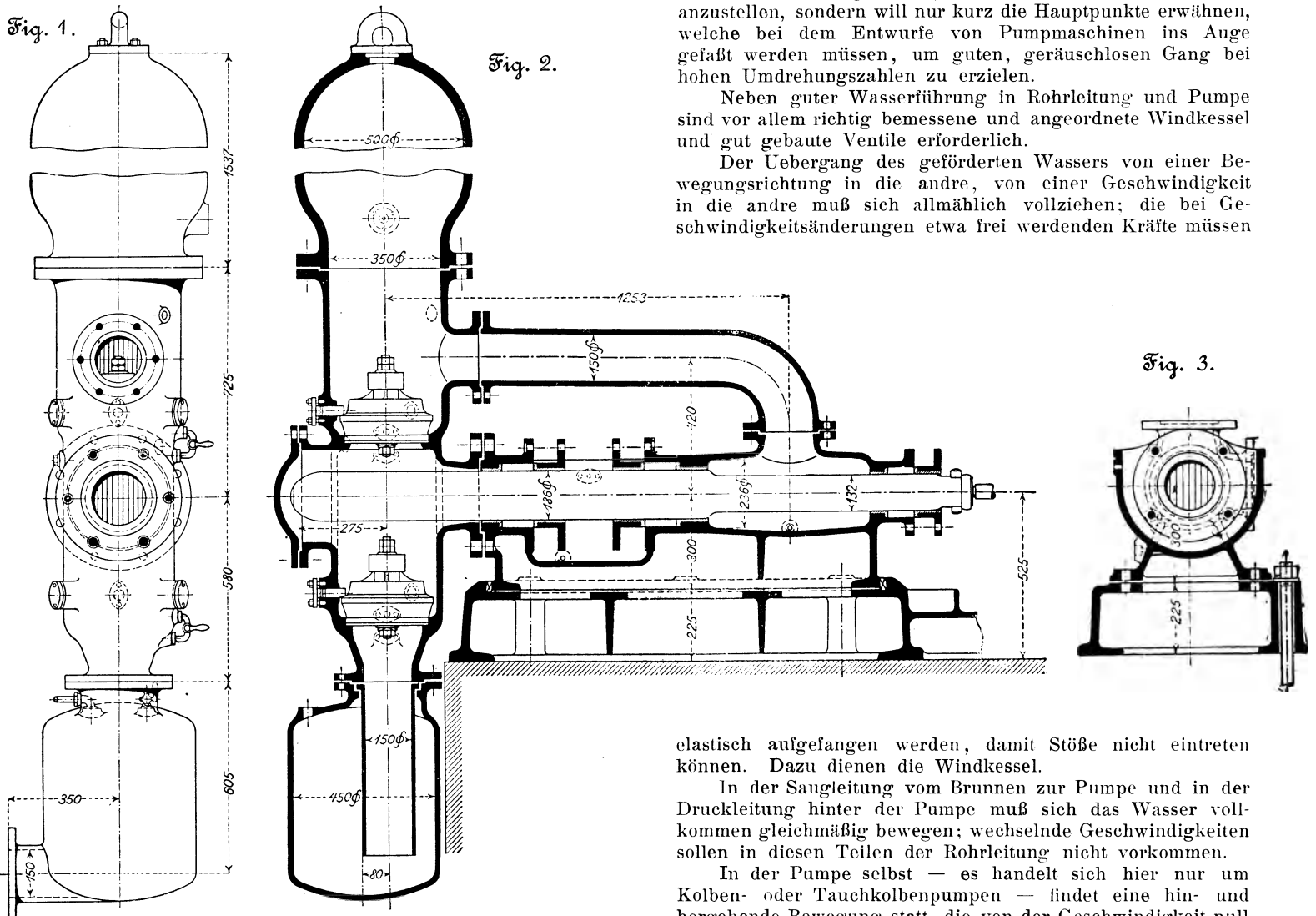
Ich beabsichtige nicht, hier theoretische Berechnungen anzustellen, sondern will nur kurz die Hauptpunkte erwähnen, welche bei dem Entwürfe von Pumpmaschinen ins Auge gefaßt werden müssen, um guten, geräuschlosen Gang bei hohen Umdrehungszahlen zu erzielen.

Neben guter Wasserführung in Rohrleitung und Pumpe sind vor allem richtig bemessene und angeordnete Windkessel und gut gebaute Ventile erforderlich.

Der Uebergang des geförderten Wassers von einer Bewegungsrichtung in die andre, von einer Geschwindigkeit in die andre muß sich allmählich vollziehen; die bei Geschwindigkeitsänderungen etwa frei werdenden Kräfte müssen

Fig. 1 bis 3.

Pumpe des Wasserwerkes der Stadt Lobberich. (S. 5)



Neige gehenden Jahrhunderts zu einer steten Erhöhung des Dampfdruckes und der Umdrehungszahlen, also auch der Kolbengeschwindigkeiten der Betriebsmaschinen geführt.

In erster Linie waren es die Dampfmaschinen zur Erzeugung elektrischer Energie, welche den Forderungen der

elastisch aufgefangen werden, damit Stöße nicht eintreten können. Dazu dienen die Windkessel.

In der Saugleitung vom Brunnen zur Pumpe und in der Druckleitung hinter der Pumpe muß sich das Wasser vollkommen gleichmäßig bewegen; wechselnde Geschwindigkeiten sollen in diesen Teilen der Rohrleitung nicht vorkommen.

In der Pumpe selbst — es handelt sich hier nur um Kolben- oder Tauchkolbenpumpen — findet eine hin- und hergehende Bewegung statt, die von der Geschwindigkeit null bis zu einem größten Werte ansteigt, um dann wieder auf null zu sinken. Die Art dieser Bewegung wird bekanntlich durch die Sinuskurve zur Anschauung gebracht. Die im Pumpenraum und unmittelbar unter dem Saugventil befindliche Wassermenge muß an dieser Bewegung während der Saugperiode teilnehmen, ebenso während der Druckperiode

das im Pumpenraum und unmittelbar über dem Druckventil befindliche Wasser.

Für die Arbeit, die während der Saugperiode geleistet werden muß, also für das Heben des Wassers vom Saugwasserspiegel bis Unterkante Druckventil, für die zur Erreichung der Geschwindigkeit in der Saugleitung erforderliche Beschleunigung, für die Ueberwindung der Reibungswiderstände und für das Öffnen des Saugwiderstandes, steht nun eine ganz bestimmte Kraft zur Verfügung: der Ueberdruck der äußeren Luft gegenüber der im Pumpenraume herrschenden Luftverdünnung. Diese Kraft kann theoretisch nur den größten Wert von  $1 \text{ kg/qcm}$  erreichen.

Ein Teil der aufzuwendenden Arbeit, nämlich die, welche für die Beschleunigung der Wassersäule notwendig ist, wird während der zweiten Hälfte der Saugperiode, während deren die Kolbengeschwindigkeit und mit ihr die Wassergeschwindigkeit von ihrem höchsten Werte auf null zurückgeht, wiedergewonnen. Bei 60, 80 und mehr Uml./min, welche Zahlen bei neueren Pumpmaschinen zu den gebräuchlichen gehören, müssen diese Arbeiten, besonders diejenige, welche zur zeitweiligen Beschleunigung der Wassermenge aufzuwenden ist, in ganz kurzen Zeitabschnitten, in Bruchteilen von Sekunden geleistet werden. Es tritt also mit zwingender Notwendigkeit die Forderung auf, die zu beschleunigenden Wassermassen möglichst klein zu machen, damit die zur Verfügung stehende Kraft, der Luftüberdruck, imstande ist, ihnen in der gegebenen kurzen Zeit die erforderliche Geschwindigkeit zu verleihen.

Jene Teile der Pumpen, in denen, der Kolbenbewegung entsprechend, wechselnde Wassergeschwindigkeiten herrschen, müssen demnach möglichst gedrungen gebaut werden; die Saugwindkessel, welche zwischen der gleichförmigen Bewegung in den Leitungen und den wechselnden Bewegungsgrößen in den Pumpen als Vermittler dienen, müssen so nahe wie nur möglich an den Pumpenraum herangelegt werden. Bei Außerachtlassung dieser Forderung kann die Beschleunigung nicht in der zur Verfügung stehenden kurzen Zeit erfolgen, der Kolben reißt von der Wassersäule ab, und letztere erreicht ihn erst wieder in der zweiten Hälfte der Saugperiode, wo sich die Kolbengeschwindigkeit vermindert. Die unausbleibliche Folge davon ist ein Stoß, der sehr hart und scharf ausfallen muß, weil sich zwischen den aufeinander prallenden Massen ein Raum mit sehr hoher Luftverdünnung befindet.

Man wird selbstverständlich auch danach streben, die Pumpe so nahe wie möglich an dem Saugwasserspiegel aufzustellen, damit die zu überwindende Saughöhe gering wird und ein möglichst großer Teil des Luftüberdruckes für die Beschleunigungsarbeit zur Verfügung bleibt.

Während der Druckperiode liegen die Verhältnisse günstiger. Hier hat man es in der Hand, die Kräfte, welche zur Ueberwindung der Bewegungswiderstände erforderlich werden, genügend groß zu machen. Es muß jedoch auch bei Konstruktion des Druckraumes der Pumpe darauf Bedacht genommen werden, daß die Wasserwege zwischen Kolben und Druckwindkessel so kurz wie möglich gehalten

werden, da auch während der zweiten Hälfte der Druckperiode, wo sich die Kolbengeschwindigkeit vermindert, die Druckwassersäule abreißen und infolge davon ein Stoß eintreten kann.

Die Saug- und Druckventile der Pumpen müssen bei geringem Hube große Durchgangsöffnungen aufweisen und das Wasser beim Durchströmen möglichst wenig von seiner Bewegungsrichtung ablenken. Diesen Bedingungen genügen bei größeren Wassermengen nur die Ringventile. Die weit-aus größte Zahl der in neuerer Zeit zur Ausführung gelangten Pumpen ist deshalb mit solchen Ventilen, ein- oder mehrsitzigen, in den verschiedensten Ausführungsformen aus-

Fig. 4.

Fig. 4 bis 7. Pumpwerk der Stadt Lobberich. (S. 6)

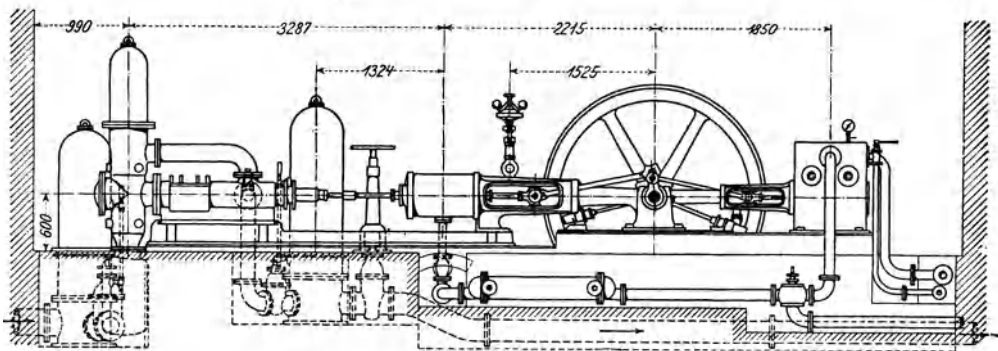
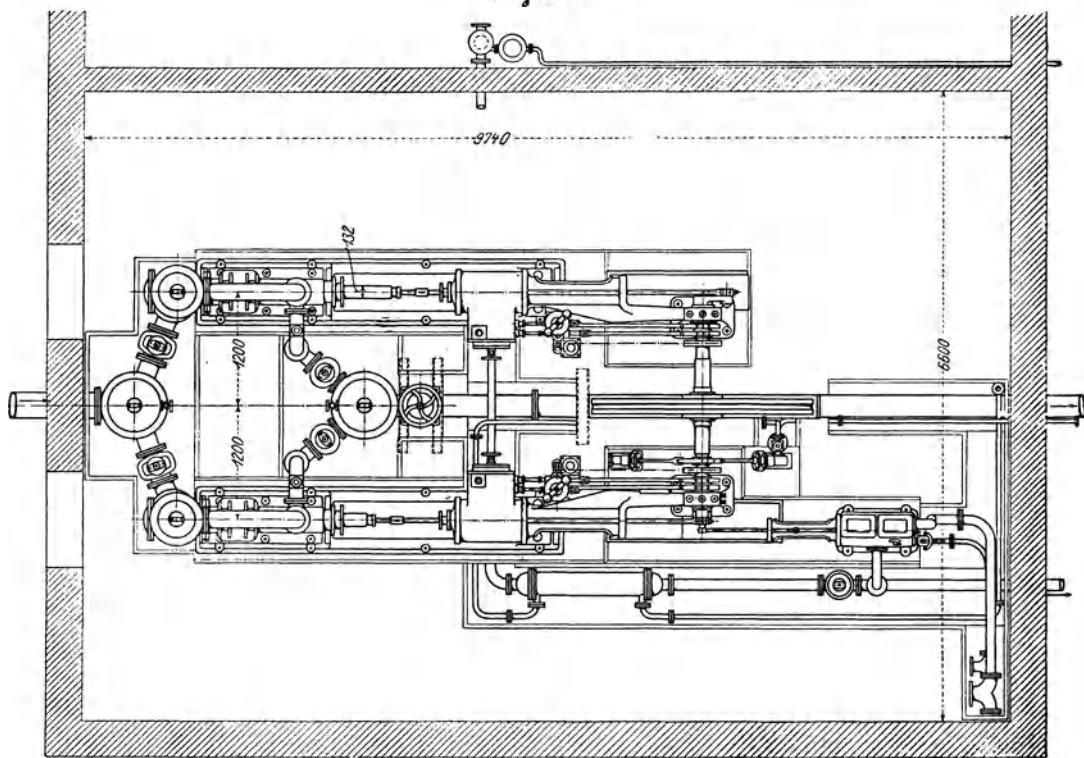


Fig. 5.

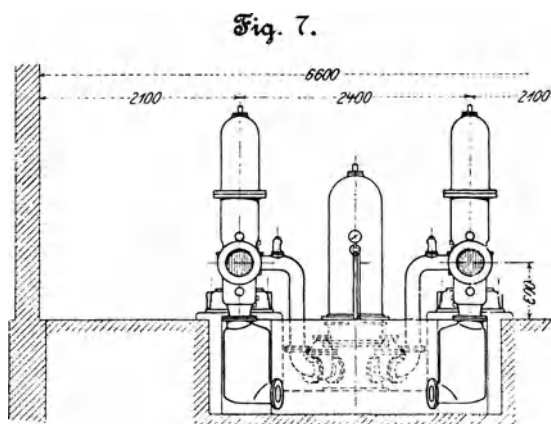
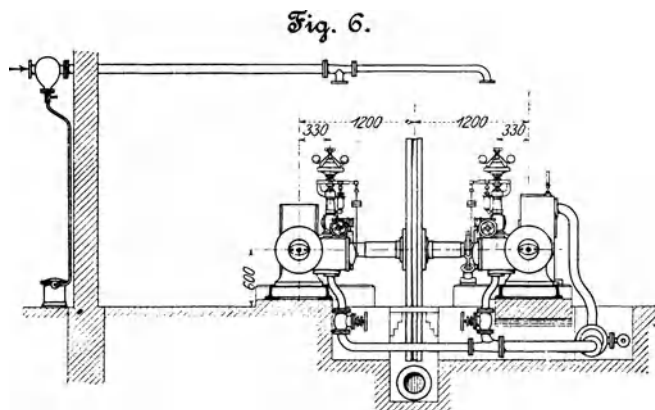


gerüstet. Der Durchgangsquerschnitt für das Wasser im Ventilsitz ist hier als schmaler Spalt ausgebildet. Die Dichtungsflächen von Ventil und Sitz sind ebenfalls schmal gehalten, so daß das Wasser bei gehobenem Ventil mit geringer Ablenkung rechts und links am Ventilteller vorbeiströmen kann.

Bei der Bewegungsumkehr des Pumpenkolbens, also beim Uebergange von der Saug- zur Druckperiode und umgekehrt, müssen die Ventile genau in der Todlage des Kolbens öffnen und schließen. Das Öffnen erfolgt bei freigängigen Ventilen infolge des Ueberdruckes, welcher durch die Kolbenbewegung unter ihnen hervorgerufen wird. Aus den schon besprochenen Gründen wäre es besonders für das Saugventil wünschenswert, wenn der Druckunterschied, der das Ventil zu heben und seine Massen zu beschleunigen hat, so klein

wie möglich gehalten werden könnte, wenn das Ventil also leicht wäre. Um einen guten Schluß zu erzielen, empfiehlt es sich dagegen, das Ventil möglichst schwer zu machen, damit es sich schon während des letzten Teiles des Kolbenweges bei der dann geringer werdenden Durchgangsgeschwindigkeit des Wassers dem Sitze nähert, um bei der Bewegungsumkehr sanft zu schließen. Diese beiden Bedingungen stehen im Widerspruch miteinander, und schon daraus geht hervor, daß man mit bloßen Gewichtventilen raschlaufende Pumpen nicht oder nur bei ganz besonders günstigen Saugverhältnissen wird bauen können.

Um den genannten Forderungen gerecht zu werden,



sind die verschiedenartigsten Konstruktionen ersonnen worden. Heute kann man der Hauptsache nach zwei Gruppen von Ventilen unterscheiden, welche die Bedingungen erfüllen und deshalb meist zur Anwendung kommen. Es sind dies einerseits die gesteuerten Ventile, bei welchen Öffnen und Schließen (oder auch nur das Schließen allein) von der Maschine zwangsläufig bewirkt wird. Die Konstruktion dieser Ventile rührt von Prof. Riedler her, der damit bekanntlich große Erfolge erzielt hat. Am häufigsten kommt als gesteuertes Pumpenventil ein leichtes Ringventil zur Ausführung, das sich selbständig öffnet und zwangsläufig geschlossen wird. Die zweite Gruppe umfaßt die federbelasteten Ventile, vollständig freigängige Ventile, die durch eine Feder auf den Sitz gedrückt werden. Das Ventilgewicht ist möglichst niedrig gehalten und die Feder so gewählt, daß die zum Öffnen des Ventiles erforderliche Kraft nur gering ist. Das gehobene Ventil preßt je nach der Geschwindigkeit und dem Drucke des durchströmenden Wassers die Feder mehr und mehr zusammen, und die dadurch in der Feder angesammelte Energie veranlaßt dann, daß sich das Ventil schon bei geringer werdender Wassergeschwindigkeit dem Sitze wieder nähert und bei Hubwechsel sanft schließt.

Pumpen, welche unter Berücksichtigung der besprochenen Punkte gebaut sind und deren Antriebsdampfmaschinen eine Steuerung aufweisen, welche den gegenüber einer normalen Betriebsmaschine viel größeren hin- und hergehenden Massen Rechnung trägt, werden, einerlei, ob sie für große oder kleine Wassermengen, für große oder geringe Druckhöhen bestimmt sind, hohe Umdrehungszahlen machen können, ohne daß Erschütterungen eintreten.

Fig. 8 und 9. Flußwasserwerk der Stadt Hannover. (S. 6)

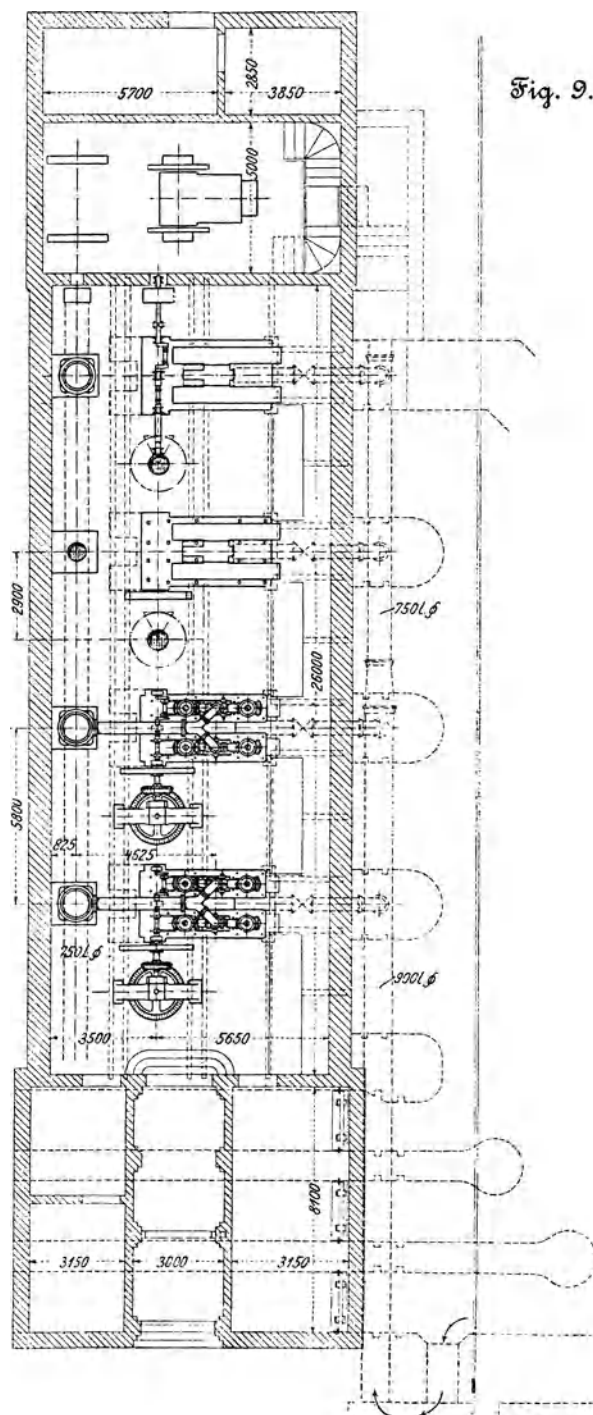
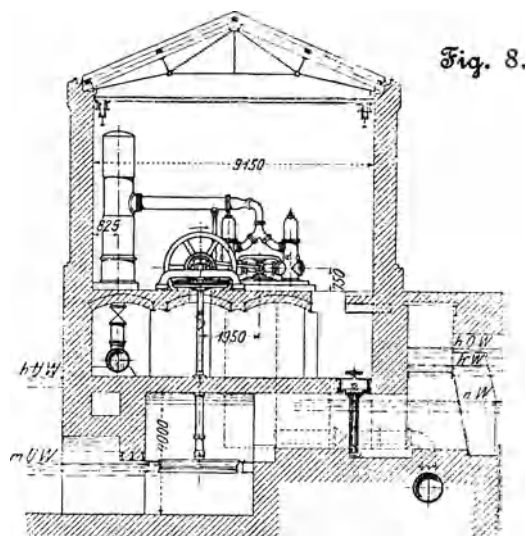


Fig. 10.

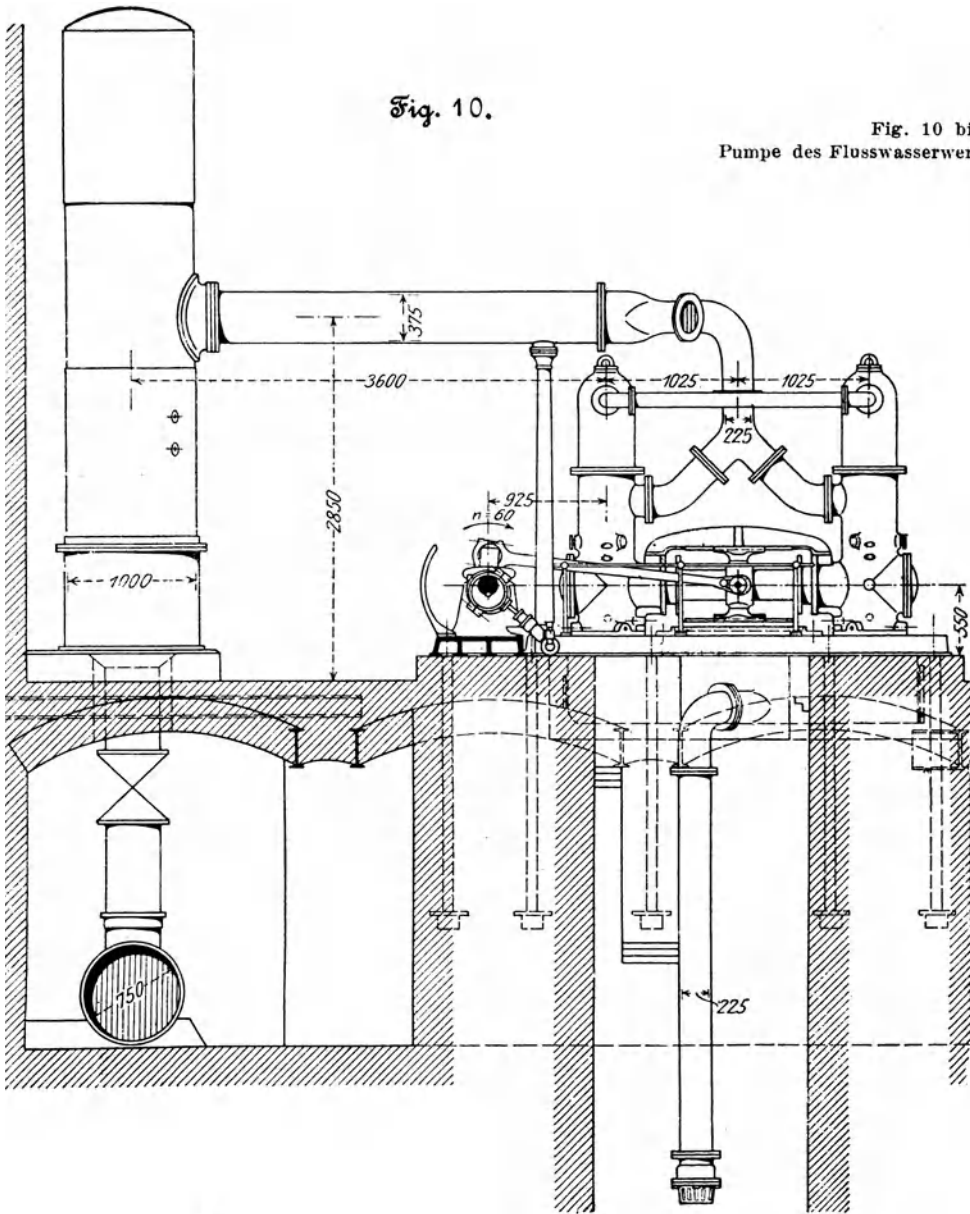


Fig. 10 bis 13.  
Pumpe des Flusswasserwerkes Hannover. (S. 6)

Fig. 11.

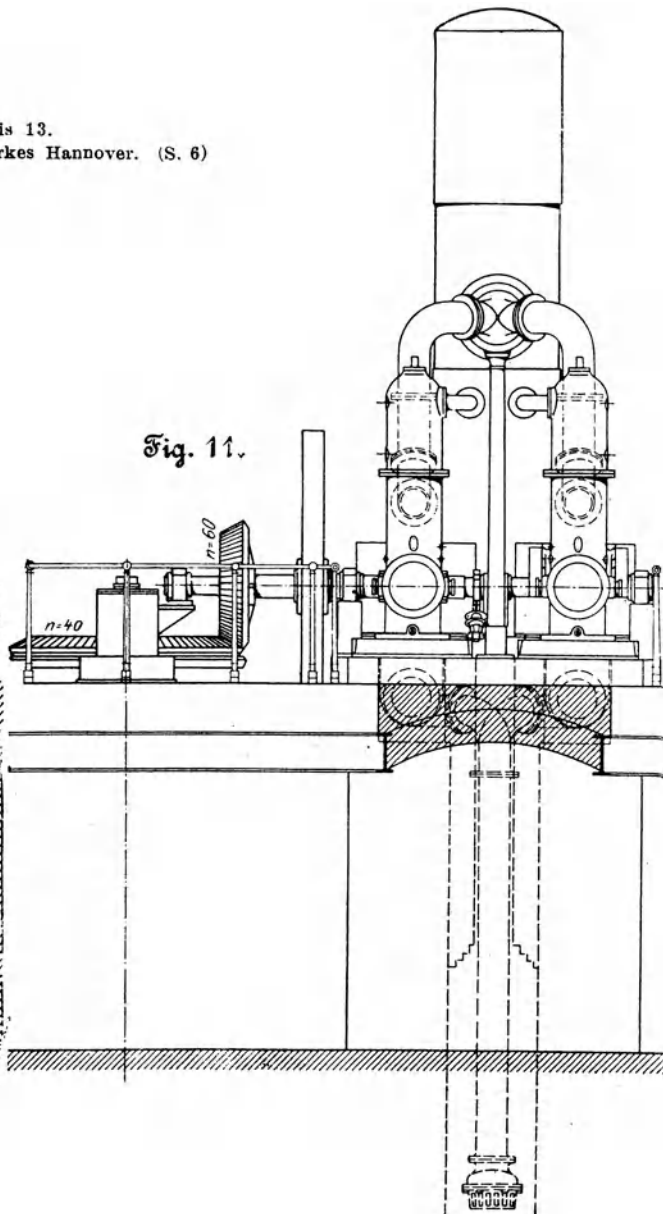


Fig. 12.

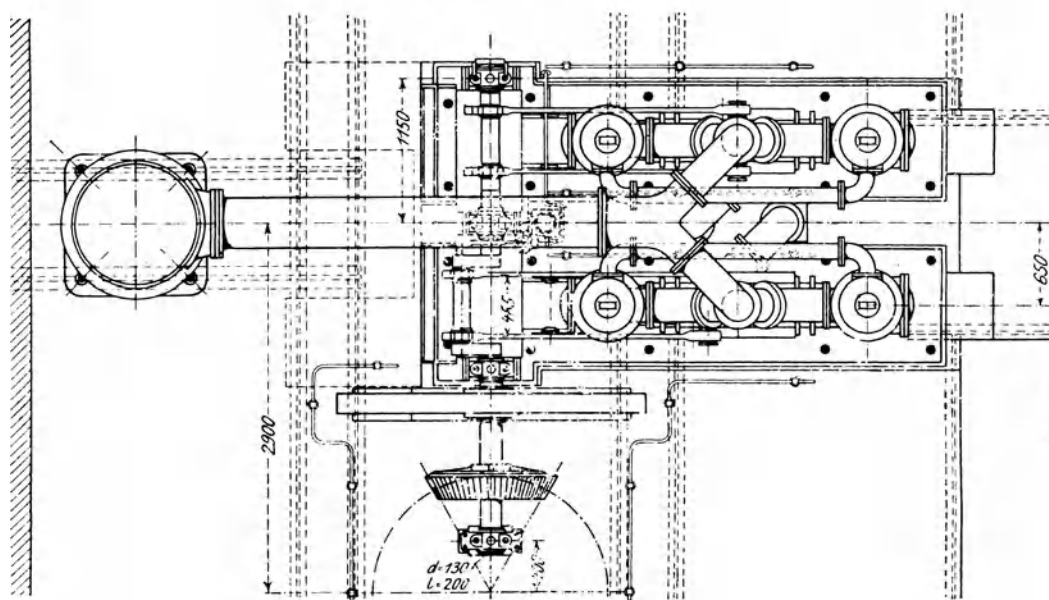
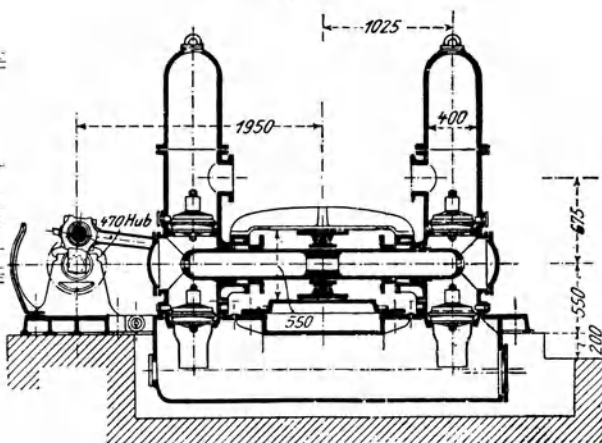


Fig. 13.



Um ein Bild davon zu geben, welche riesigen Umwälzungen auf dem Gebiete des Pumpenmaschinenbaues durch die Erkenntnis und die Anwendung der in kurzen Worten

angeführten Konstruktionsgrundsätze in verhältnismäßig kurzer Zeit hervorgerufen worden sind, möchte ich 2 Wasserwerke miteinander vergleichen, die von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. ausgeführt worden sind. Das eine ist das im Jahr 1885 für die Stadt Berlin gebaute Wasserwerk Charlottenburg, das andre das im Jahr 1898 ebenfalls für Berlin errichtete Wasserwerk Lichtenberg. Diese beiden Wasserwerke eignen sich insofern sehr gut zu einem Vergleich, als sie nicht sehr verschiedene Hubhöhen haben.

Die Pumpe des Charlottenburger Wasserwerkes fördert 13 200 ltr/min Wasser auf etwa 32 m Gesamtförderhöhe, während die Lichtenberger Pumpen 25 000 ltr/min Wasser auf 24 1/2 m fördern. Die Charlottenburger Maschinen sind stehende Balanziermaschinen Woolfscher Bauart mit stehenden Pumpen. Die beiden nebeneinander stehenden

Dampfzylinder von 456 bzw. 790 mm l. W. und 1749 bzw. 2300 mm Hub treiben den Balanzier mit Hilfe des Watt'schen Parallelogrammes an; auf der andern Seite des Balanziers sind Kurbel und Schwungrad angeordnet. Zwischen Dampfzylindern und Kurbelwelle stehen die beiden doppelwirkenden Kolbenpumpen von je 415 mm l. W. und 1200 mm Hub, tief in den Fundamenten gelagert. Die Ventile sind schon als Ringventile ausgeführt. Die Pumpen machen 21,5 Uml./min.

Die Lichtenberger Pumpmaschinen, die ich später noch eingehender besprechen werde, sind liegende Verbundmaschinen mit Bajonettrahmen und doppelwirkenden Tauchkolbenpumpen, die von den Kolben-

stangen der Dampfzylinder angetrieben werden. Bei 430 bzw. 694 mm Zyl.-Dmr., 425 mm Tauchkolben-Dmr. und 900 mm Hub machen sie normal 50 Uml./min. Die Umdrehungszahl und damit die Leistung der Pumpe läßt jedoch noch eine erhebliche Steigerung zu.

Das Gesamtgewicht einer Charlottenburger Maschine, umfassend die Dampfmaschinen mit Kondensation und Schwungrad und die Pumpe, jedoch ohne Rohrleitung und Hauptwindkessel, beläuft sich auf rd. 115 000 kg; das Gesamtgewicht einer Lichtenberger Maschine beträgt dagegen nur etwa 66 200 kg. Bei annähernd doppelter Leistung hat also die Lichtenberger Maschine nur das halbe Gewicht: sie stellt sich somit unter der Voraussetzung gleicher Einheitspreise, auf gleiche Leistung bezogen, annähernd um das Vierfache billiger als die 14 Jahre vorher gebaute Maschine. Da beide Maschinen für ungefähr gleichen Dampfdruck als Verbundmaschinen mit Kondensation gebaut sind, arbeiten sie in bezug auf den Kohlenverbrauch annähernd gleich wirtschaftlich.

An Hand von Zeichnungen werde ich im folgenden eine Uebersicht über verschiedene Pumpwerke geben, die von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. während der letzten Jahre ausgeführt worden sind. Das Wasserwerk der Stadt Lobberich stellt eine Ausführungsform dar, wie sie für kleinere Fördermengen häufig zur Anwendung kommt. Die Pumpen sind als Differential-Tauchkolbenpumpen gebaut, weil diese bei gedrängter Anordnung und guten Wasserwegen nur 2 Ventile nötig haben, also

einfach sind.

Die Differential-Tauchkolbenpumpe, Fig. 1 bis 3. ist in bezug auf die Saugperiode eine einfach wirkende Pumpe,

Fig. 14. Flußwasserwerk Hannover.

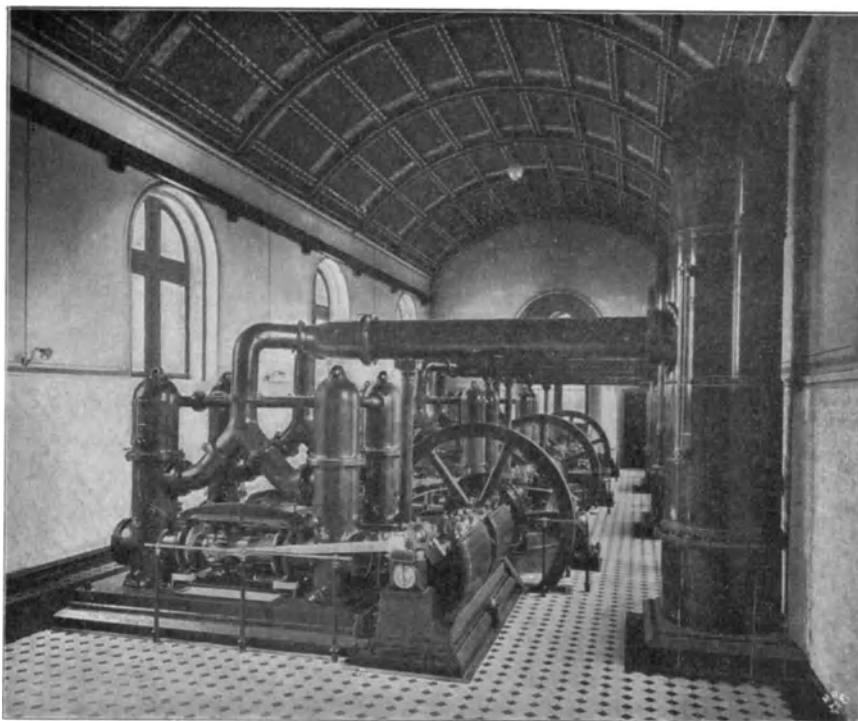
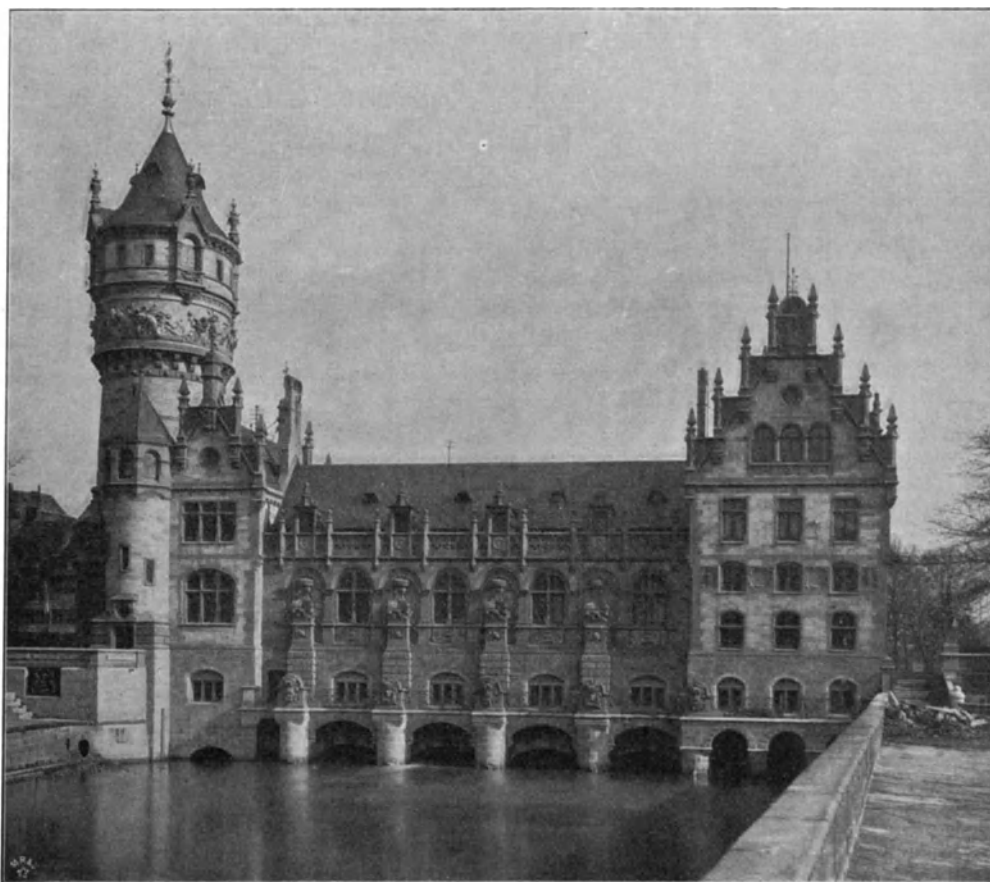


Fig. 15. Flußwasserwerk Hannover.



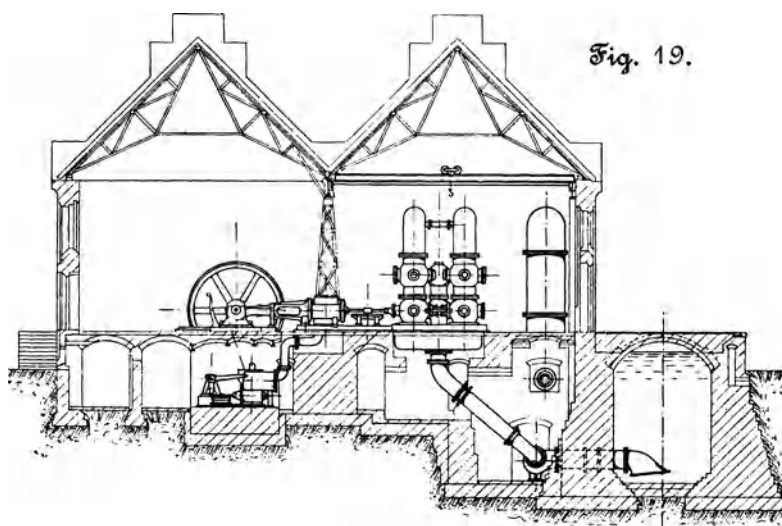
indem sie während der halben Umdrehung die Wassermenge, die dem Hubvolumen entspricht, ansaugt. In bezug auf die Druckperiode ist sie doppelwirkend, denn sie befördert sowohl beim Hin- als auch beim Rückgange des Tauchkolbens je die Hälfte des Hubvolumens in das Druckrohr. Beim Rückgange des Kolbens wird zwar die gesamte Wassermenge durch das Druckventil gepreßt, nur die Hälfte davon strömt jedoch in das Druckrohr, während die andre Hälfte den durch Rückgang des Differentialkolbens frei werdenden Raum ausfüllt und erst bei der nun folgenden Saugperiode in das Druckrohr gelangt.

Gegenüber einer einfach wirkenden Tauchkolbenpumpe hat eine derartige Pumpe den Vorzug, daß bei ihr die Arbeitsleistung beim Hin- und Hergange des Kolbens gleich groß gehalten werden kann, und daß dadurch eine gleichförmige Belastung der Antriebmaschine, also auch bei geringen Schwungmassen ein gleichförmiger Gang derselben erzielt wird. Die Dampfmaschine, Fig. 4 bis 7, ist eine Zwillingmaschine mit Rundschiebersteuerung und Kondensation. Der Kondensator liegt über Flur und wird von der Kurbel der rechten Maschinenseite aus angetrieben. Jede Seite der Maschine läßt sich, nachdem entsprechend angeordnete Ventile geschlossen sind und die eine Pleuelstange abgekuppelt ist, für sich allein betreiben. Ein zwischen Zylinder und Kondensator eingeschalteter Röhrenvorwärmer nutzt den Abdampf zur Erwärmung des Speisewassers aus. Eine Speise- und eine Luftkompressionspumpe werden durch ein gemeinsames Exzenter von der Schwungradwelle aus angetrieben.

Die Differential-Tauchkolbenpumpen liegen unmittelbar hinter den Dampfzylindern, von deren verlängerten Kolbenstangen sie angetrieben werden. Ein starker gußeiserner Fundamentrahmen verbindet die Pumpen mit der Geradföhrung. Auf das Auffangen des Oeles und des Tropfwassers ist besonderer Wert gelegt: überall, wo dies erforderlich ist, sind gußeiserne Oelfangschalen angeordnet. Die Maschine hat bei 230 mm Dampfzylinder-Dmr. und 186 bzw. 132 mm Pumpenkolben-Dmr. 500 mm Hub, macht normal 60 Uml./min. und fördert dabei 1500 ltr/min Wasser auf rd. 52 m Höhe.

Das bei Ricklingen in den Jahren 1876 bis 1878 erbaute Wasserwerk der Stadt Hannover genügt infolge des raschen Wachstumes sowohl der Einwohnerzahl wie der Industrie den Anforderungen nicht mehr. Da die Brunnen auf größere Leistungsfähigkeit nicht gebracht werden können, ist der Bau einer neuen Wasserversorgungsanlage im Leinetal bei Grasdorf, etwa 7 km von Hannover entfernt, ins Auge gefaßt und schon in Angriff genommen worden. Diese Anlage wird der Stadt im ausgebauten Zustande täglich etwa 24 000 cbm Trinkwasser zuführen. Vorläufig ist an der genannten Stelle eine Aushilfsanlage aufgestellt, die täglich etwa 6000 cbm liefert.

Neben diesem Neubau zur Vergrößerung der Leistungsfähigkeit wurde gleichzeitig eine Entlastung der bestehenden Wasserwerke geplant und zu diesem Zweck in den Jahren 1896 bis 1898 ein Flußwasserwerk gebaut. Das Werk fördert Leinewasser in ungereinigtem Zustande, von dem es ausgebaut 21 000 cbm täglich liefern soll. Diese Wassermen-



gen finden zur Spülung der Kanäle, Sprengung der Straßen, Bewässerung der öffentlichen Anlagen, für gewerblichen und technischen Bedarf, kurzum für alle jene Zwecke Verwendung, welche Anspruch auf ein hygienisch einwandfreies Wasser nicht machen.

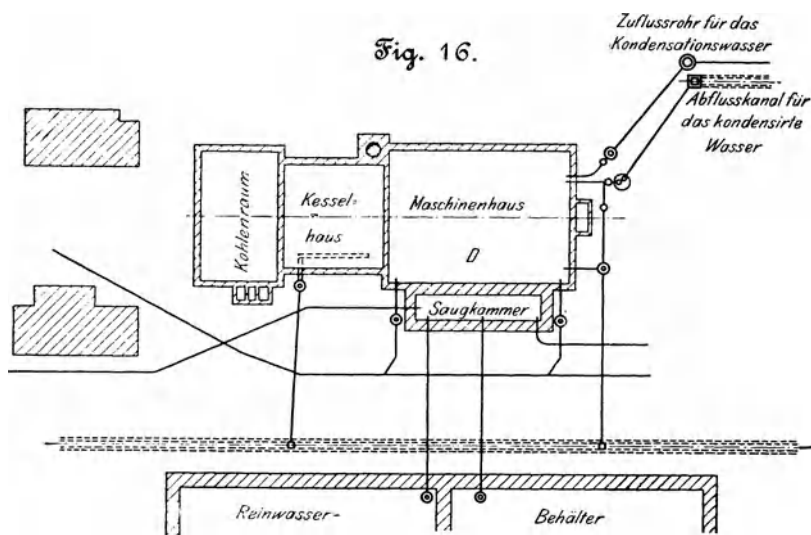
Das Flußwasserwerk kam neben der sogen. Klickmühle zur Aufstellung, wo schon seit dem Jahre 1535 ein Hebewerk zur Versorgung der Straßen Hannovers mit Nutzwasser in Tätigkeit war. Der Entwurf der Anlage stammt vom Stadtbaumeister Bock, während das Gebäude nach den Plänen des Professors Stier errichtet ist.

Die Betriebskraft für das Flußwasserwerk wird der Leine selbst entnommen, die an jener Stelle je nach den Umständen 1 bis 2,02 m Gefälle hat. Für die angebaute Pumpenanlage, Fig. 8 und 9, sind 4 doppelwirkende Pumpen vorgesehen, von denen vorerst 3 aufgestellt und in Betrieb genommen sind. Jede Pumpe wird von einer liegenden Doppelkranz-Turbine mit stehender Welle, gebaut von H. Queva & Co. in Erfurt, getrieben. Die Pumpen, Fig. 10 bis 14, sind liegende doppelwirkende Tauchkolbenpumpen, deren gekrüpfte Wellen durch Kegelradübersetzung angetrieben werden.

Das reich ausgebildete Pumpengebäude, Fig. 15, ist in dem Flußlauf der Leine eingebaut und deshalb möglichst schmal gehalten. Der für die Unterbringung der Pumpen zur Verfügung stehende Raum war dadurch aufs äußerste beschränkt und nötigte die ausführende Fabrik zu einer sehr gedrängten eigenartigen Pumpenbauart. Die Pleuelstangen greifen zwischen den beiden Pumpenstopfbüchsen unmittelbar am Tauchkolben an. Es ist zu diesem Zweck auf Kolbenmitte ein Stahlgußquerhaupt aufgekeilt, das auch die beiden gußeisernen Gleitschuhe trägt. Unmittelbar hinter dem Pumpenkörper liegt die doppelt gekrüpfte Kurbelwelle. Die beiden Pleuelstangen gehen rechts und links am Pumpenkörper vorbei.

Die Pumpen haben 240 mm Dmr., 470 mm Hub und fördern bei 60 Uml./min je 4800 ltr auf 32 m Höhe.

Fig. 16.



Die Umdrehungszahl läßt sich auf 80 bis 90 i. d. Min. steigern.

Das angesaugte Wasser tritt durch eine 250 mm weite Leitung zunächst in einen großen stehenden Saugwindkessel und von dort durch die kleineren, unmittelbar unter den Saugventilen liegenden Windkessel in die Pumpen. Auch in der Druckleitung ist außer den Windhauben, die über jedem Ventil sitzen, ein gemeinsamer stehender Windkessel angeordnet, an den sich das Druckrohr von 200 mm l. W anschließt.

Bei der Anlage des Maschinenhauses war zu berücksichtigen, daß das Grundwasser unmittelbar unter Maschinenhausflur steht; der geringeren Baukosten wegen mußten deshalb die Fundamente ganz flach gehalten werden; sie sind in der Tat nicht viel stärker als 1 m.



Das Flußwasser fließt vom Oberwasser durch eine in das Gebäudefundament eingebaute Leitung von 900 mm Dmr. den in den Pumpenfundamenten angeordneten Saugschächten zu, in welche die Saugrohre eingehängt sind. Jede Pumpenseite hat ihr besonderes Saugrohr. Der große, unter den beiden Pumpenkörpern liegende Saugwindkessel ist als

Wasserbehälter von 250 cm Nutzhalt dem Stadtröhrenetze zu.

Die Kosten der Anlage einschließlich des Stadtröhrenetzes stellen sich auf rd. 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Mill. *M.*

Die Wasserversorgung der Stadt Berlin<sup>1)</sup> gehört unstreitig zu dem Großartigsten, was auf diesem Gebiete geleistet worden ist.

Ursprünglich wurde Berlin von Tegel aus mit Wasser versorgt. Die dortigen Werke förderten das Wasser nach Charlottenburg, von wo aus es durch weitere Pumpwerke in das Stadtröhrenetz gedrückt wurde. Ende der 80er Jahre wurde eine Vergrößerung der bestehenden Werke notwendig, die nach dem Entwurfe und Vorschlage des damaligen Direktors Gill genehmigt und ausgeführt wurde. Als Quelle für die neue Wasserversorgungsanlage wurde der von einem Spreearme durchflossene Müggelsee gewählt, der in der

Fig. 17.

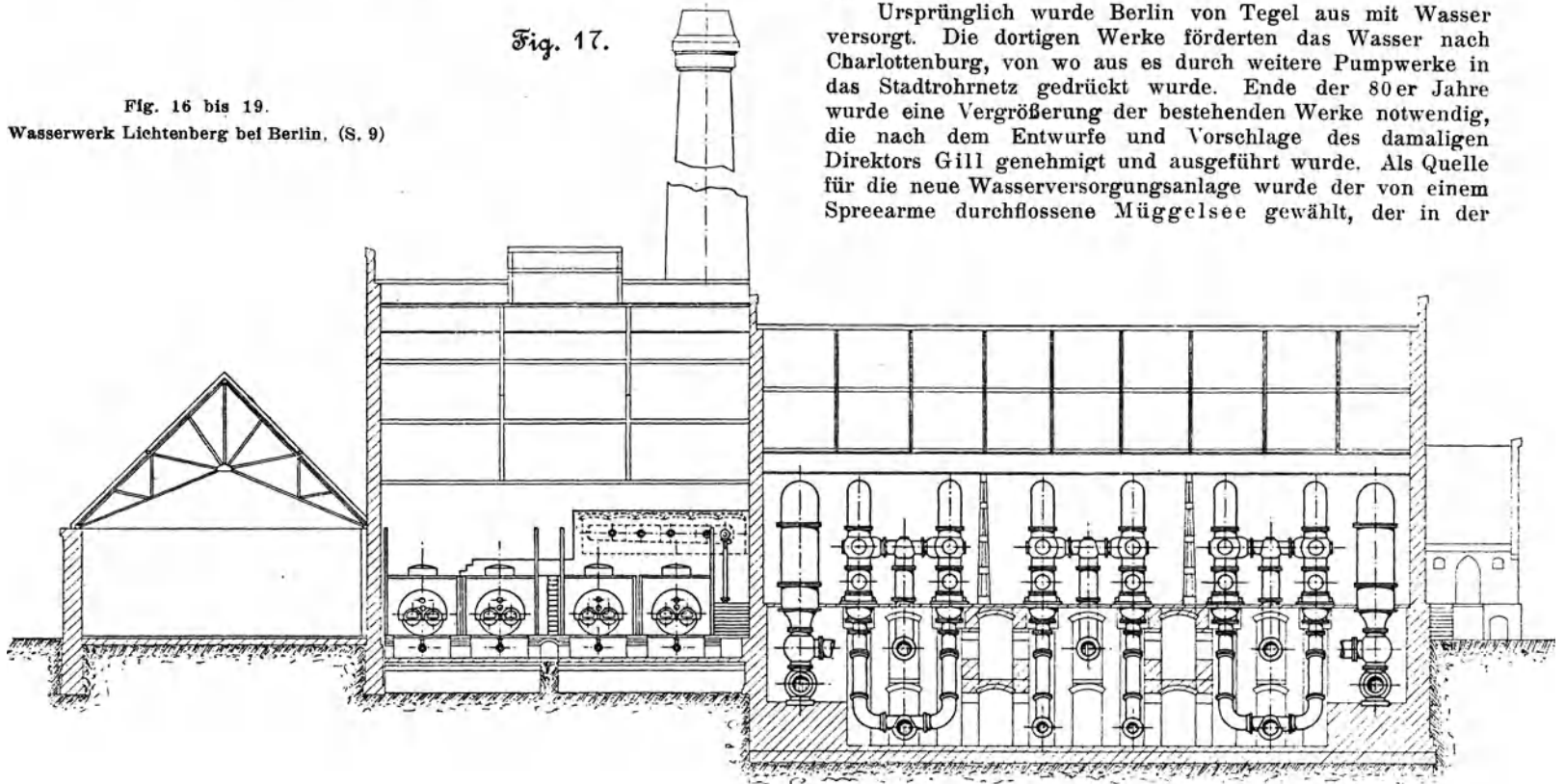
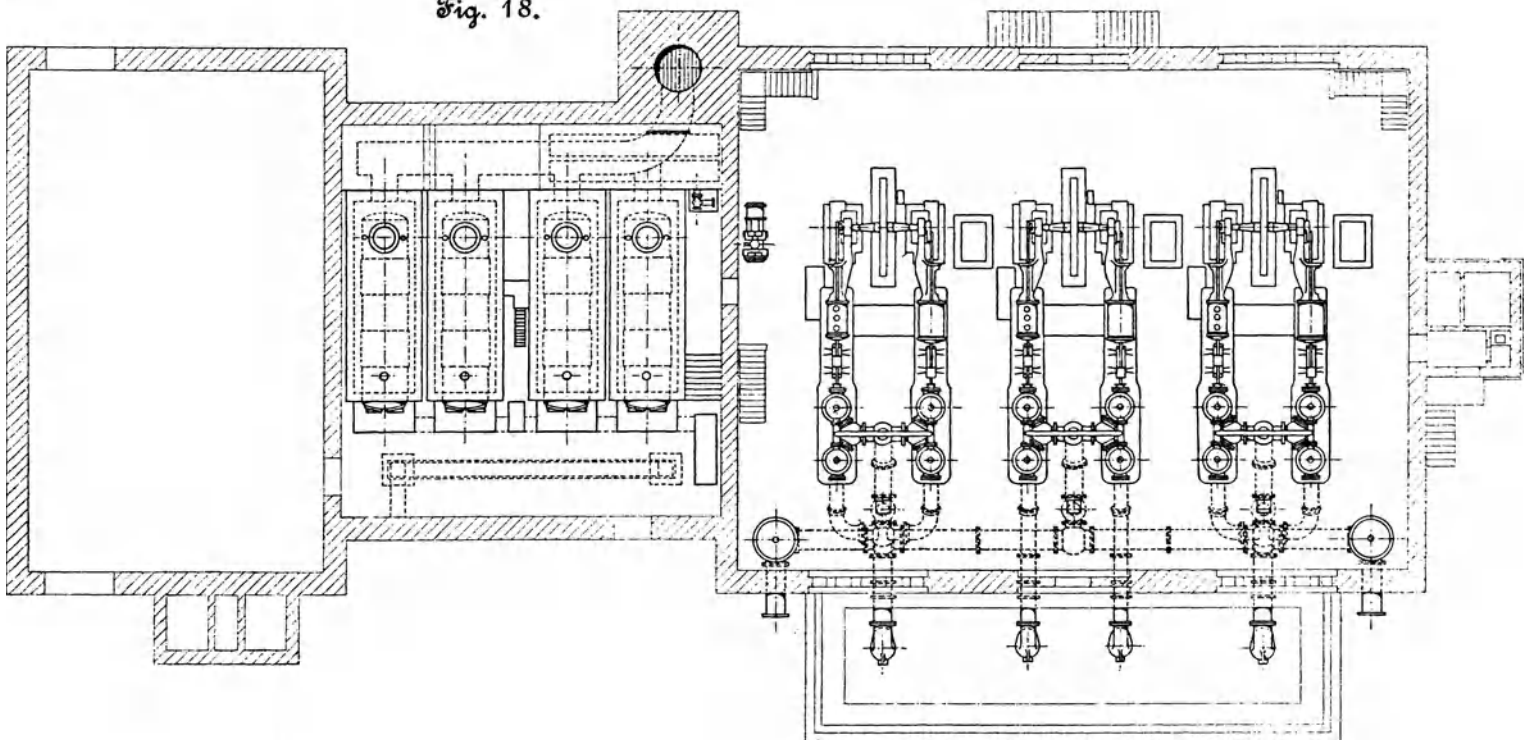


Fig. 16 bis 19.

Wasserwerk Lichtenberg bei Berlin. (S. 9)

Fig. 18.



Rahmen ausgebildet, auf welchem die gesamte Pumpe ruht. Die Saugventile sind in den Saugwindkessel eingebaut. Jede Pumpe hat ferner einen stehenden Hauptdruckwindkessel.

Die gemeinschaftliche Druckleitung hat 750 mm Dmr. und führt das Wasser durch einen in den Turm eingebauten

Luftlinie 19 km von Berlin entfernt ist. Das diesem See entnommene Wasser wird von Filterpumpen auf Sandfilter ge-

<sup>1)</sup> Vergl. hierzu Festschrift zur 35. Hauptversammlung des Ver. deutsch. Ing., Berlin 1894.

fördert, gereinigt und von Druckpumpen nach dem Zwischenwerke Lichtenberg gedrückt, von wo es durch eine zweite Reihe von Druckpumpen den verschiedenen Stadtrohrnetzen zugeführt wird.

Um eine ununterbrochene Wasserversorgung Berlins zu sichern, sind die neuen Anlagen beider Werke in 4 voneinander unabhängige Abteilungen zerlegt, die sowohl als Ganzes zusammenarbeiten, wie auch jede für sich mit eigener Reserve unabhängig voneinander oder in beliebigem Zusammenhange betrieben werden können. Nur bei der Leitung, die beide

Fig. 20 bis 23. Pumpmaschinen des Wasserwerkes Lichtenberg.

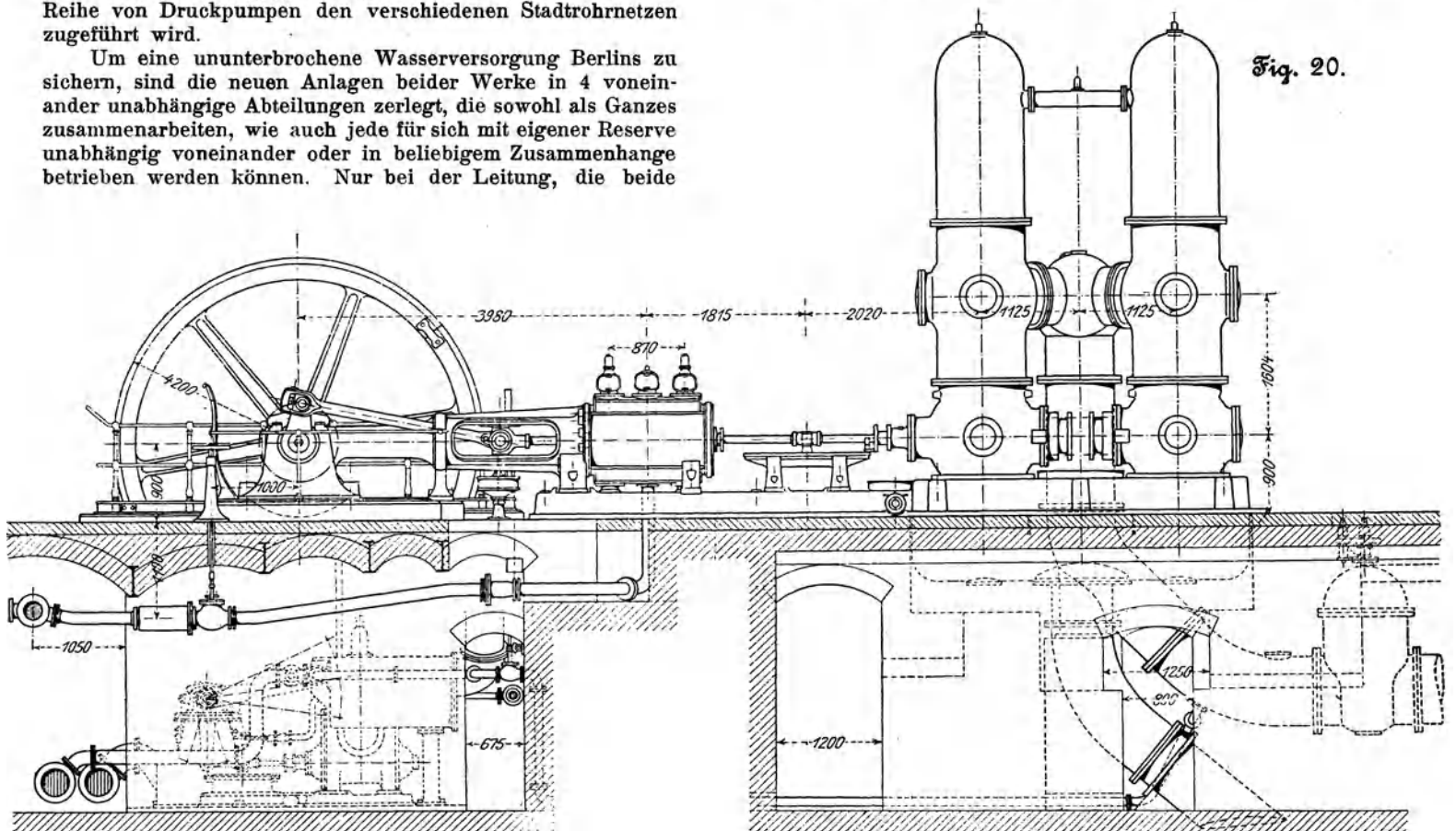


Fig. 20.

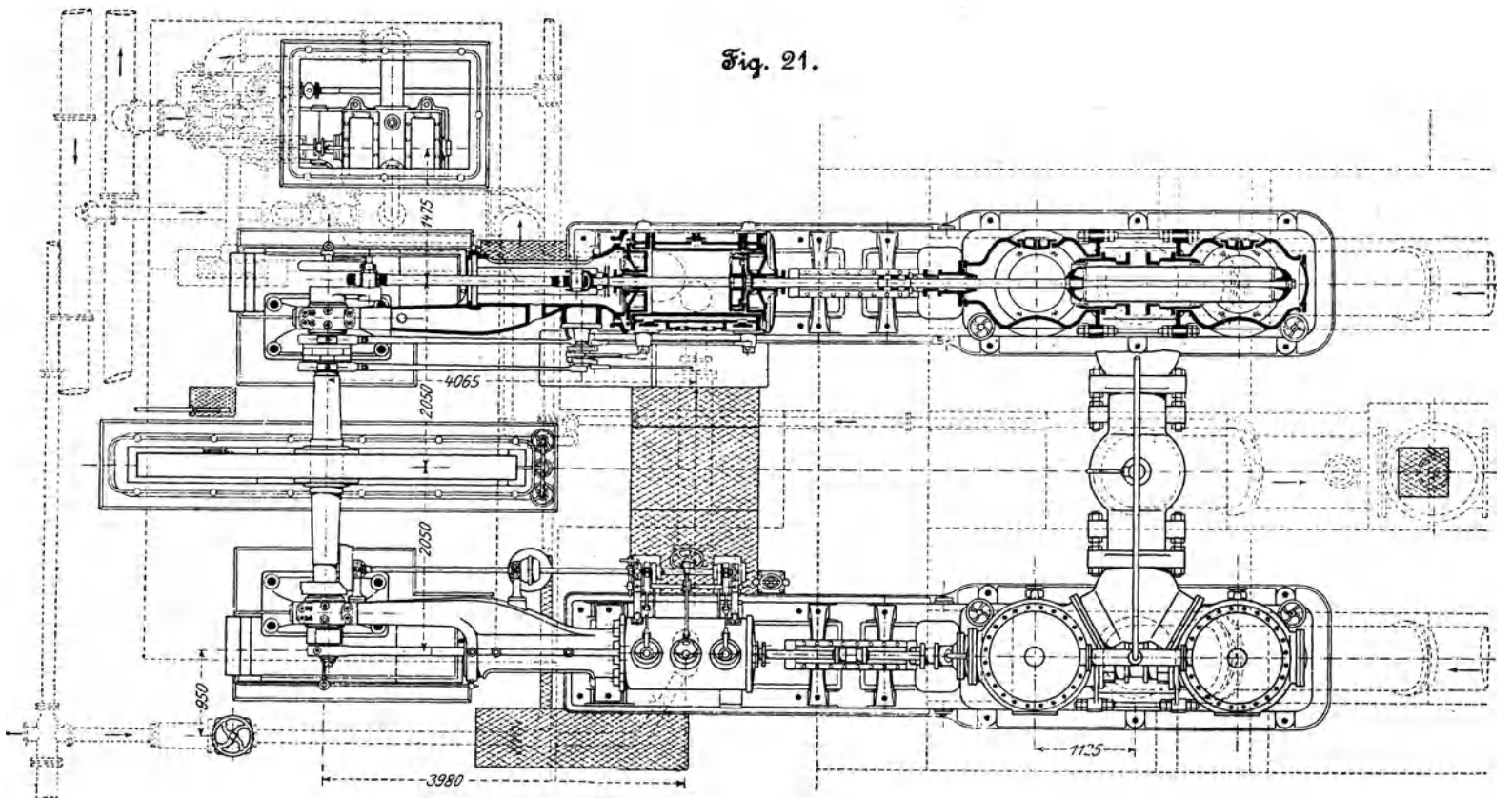


Fig. 21.

Werke miteinander verbindet, ist man der Kosten wegen von dem Grundsatz der Vierteilung abgewichen und hat nur 2 Rohrstränge verlegt.

Das Rohwasser wird dem Müggelsee in etwa 120 m Entfernung vom Ufer entnommen.

Die 4 Maschinenhäuser der Filteranlagen, deren jedes mit besonderem Zuführkanal versehen ist, enthalten je 3 stehende Verbundmaschinen mit Tauchkolbenpumpen von 800 mm Hub. Von diesen drei Maschinen steht stets eine in Reserve. Jede der beiden andern Maschinen hebt stünd-

Fig. 22.

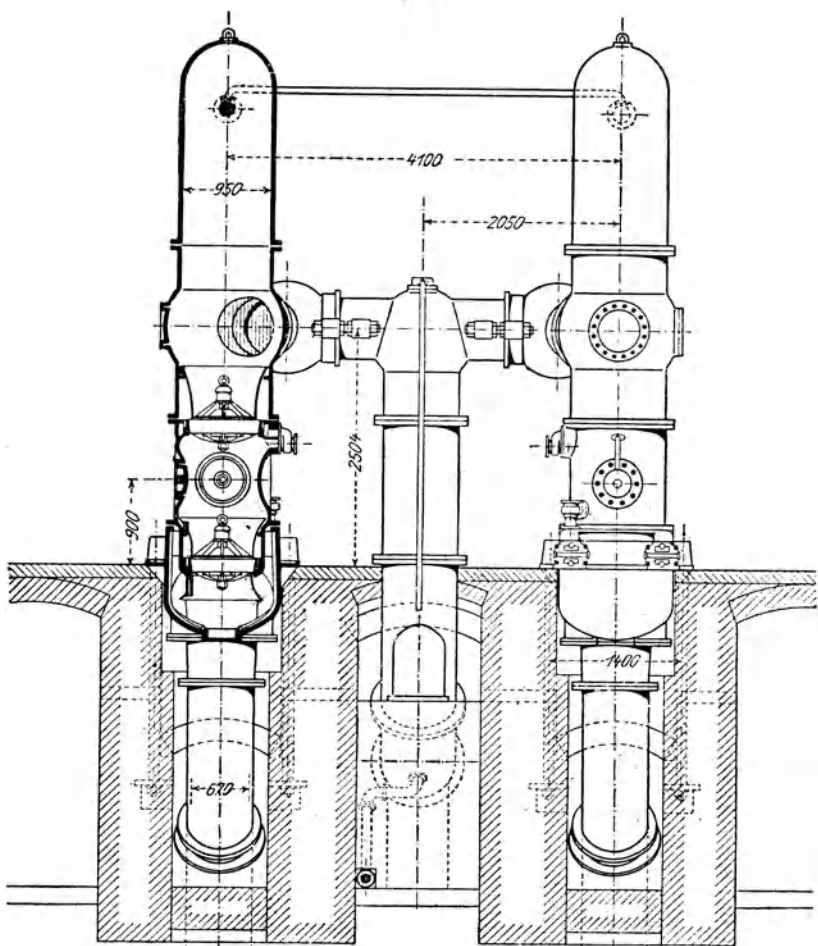
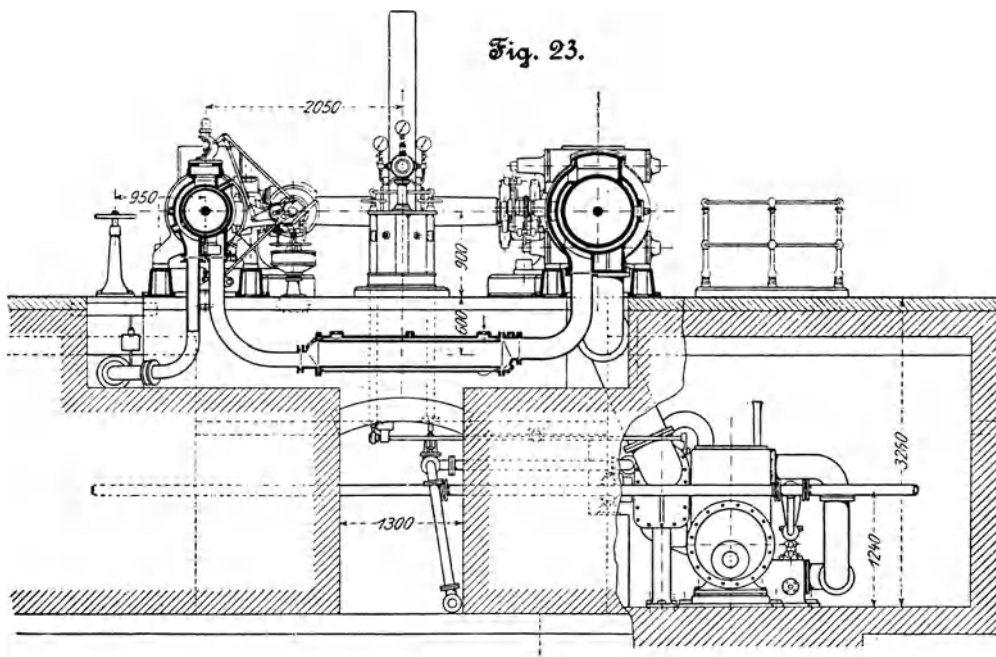


Fig. 23.



lich 1134 cbm Wasser 8 m hoch. Die beiden Leitungsstränge, welche das Wasser für je zwei Maschinenhäuser zusammen auf die Filter bringen, haben 1200 mm Dmr. Die Sandfilter des Müggelsee-Werkes haben einschließlich des Betriebswassers für das Lichtenberger Werk in je 24 Stunden 179 000 cbm Wasser zu liefern. Es sind 4 voneinander unabhängige Filter vorhanden, und zwar erfordert jede Abteilung eine Sandfläche von 18 648 qm, die in 8 Becken von je 2331 qm zerlegt ist. Da bei der Beschaffenheit des Spreewassers für jede Abteilung 3 Reservebecken unentbehrlich

sind, um nach Bedürfnis die Filter ohne Störung des gleichmäßigen Ganges der Filtrierung entleeren, reinigen, wieder auffüllen und in Betrieb setzen zu können, so enthält jede der 4 Abteilungen 11 Filterbecken mit einer Gesamtsandfläche von 25 641 qm. Außerdem gehört zu jeder Abteilung ein Reinwasserbehälter von 2500 cbm Inhalt als Vermittler zwischen Filter- und Fördermaschinen.

Die vier Maschinenhäuser für die Förderpumpen enthalten je 3 liegende Verbundmaschinen mit doppeltwirkenden Tauchkolbenpumpen von 1100 mm Hub. Auch hier steht die dritte Maschine in Reserve.

Jedes der vier Kesselhäuser umschließt 9 Wellrohrkessel von 54 qm Heizfläche für 6 at Ueberdruck.

Das Zwischenwerk Lichtenberg liegt von den Werken am Müggelsee 16,2 km entfernt, und der Druckunterschied zwischen beiden Werken beträgt ungefähr 40 m. Es enthält ebenfalls 4 voneinander völlig getrennte Maschinenhäuser. Entsprechend den Höhenlagen der Straßen ist das Rohrnetz zur Verteilung des Wassers in Berlin in eine untere und eine obere Zone zerlegt. Die in Lichtenberg aufgestellten Förderpumpen sind dem verschiedenen Bedarfe dieser Zonen entsprechend in ihrer Ausführung etwas voneinander verschieden. Die für die obere Zone bestimmte Anlage A zur Speisung des Werkes in der Belforter Straße umfaßt 3 liegende Zweizylindermaschinen mit liegenden, doppeltwirkenden Kolbenpumpen von 700 mm Hub. Die Anlagen B, C und D zur Speisung des Rohrsystems der unteren Stadt enthalten je 3 liegende Zweizylindermaschinen mit doppeltwirkenden Tauchkolbenpumpen von 900 mm Hub.

Zusammen mit den Tegel-Charlottenburger Werken werden die Müggelsee-Lichtenberger Werke nach ihrer Vollendung in 24 Stunden 259 200 cbm Wasser nach Berlin liefern können, ausreichend für 2½ Millionen Einwohner bei einem täglichen Verbrauche von 103 ltr für den Kopf der Bevölkerung.

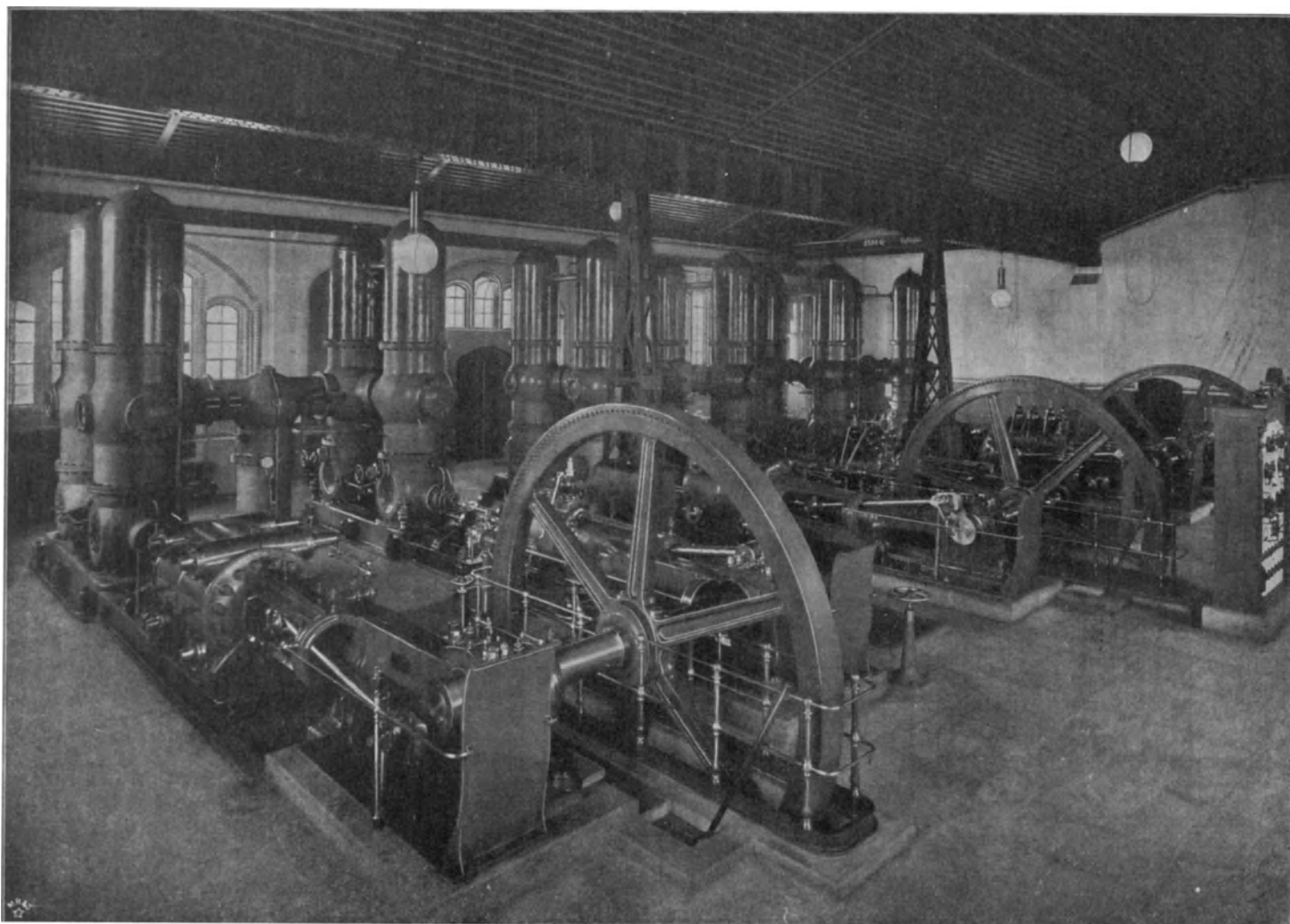
Das Werk D der Anlage Lichtenberg, Fig. 16 bis 19, wurde, ebenso wie die Werke B und C der Müggelsee-Anlage, von der Hannoverischen Maschinenbau-A.-G. gebaut und im Frühjahr 1899 fertiggestellt, während die Müggelsee-Anlagen schon im Jahr 1894 errichtet worden sind.

Das von den Müggelsee-Werken kommende Wasser wird in Lichtenberg von 4 voneinander unabhängigen Behältern mit je rd. 15 000 cbm Nutzinhalt aufgenommen, von wo aus es den Saugkammern zufließt, welche vor jedem Maschinenhaus gelagert sind. Jede der 3 Pumpmaschinen ist durch besondere Saugrohrleitungen mit dieser Kammer verbunden. Ein Druckstrang von 800 mm l. W., der senkrecht zur Längsachse der Pumpen durch das Maschinenhaus läuft, vereinigt die 3 einzelnen Druckstränge und führt das Druckwasser zwei

Hauptwindkesseln zu; von hier wird es nach den beiden Hauptdruckleitungen von je 1200 mm l. W. geleitet.

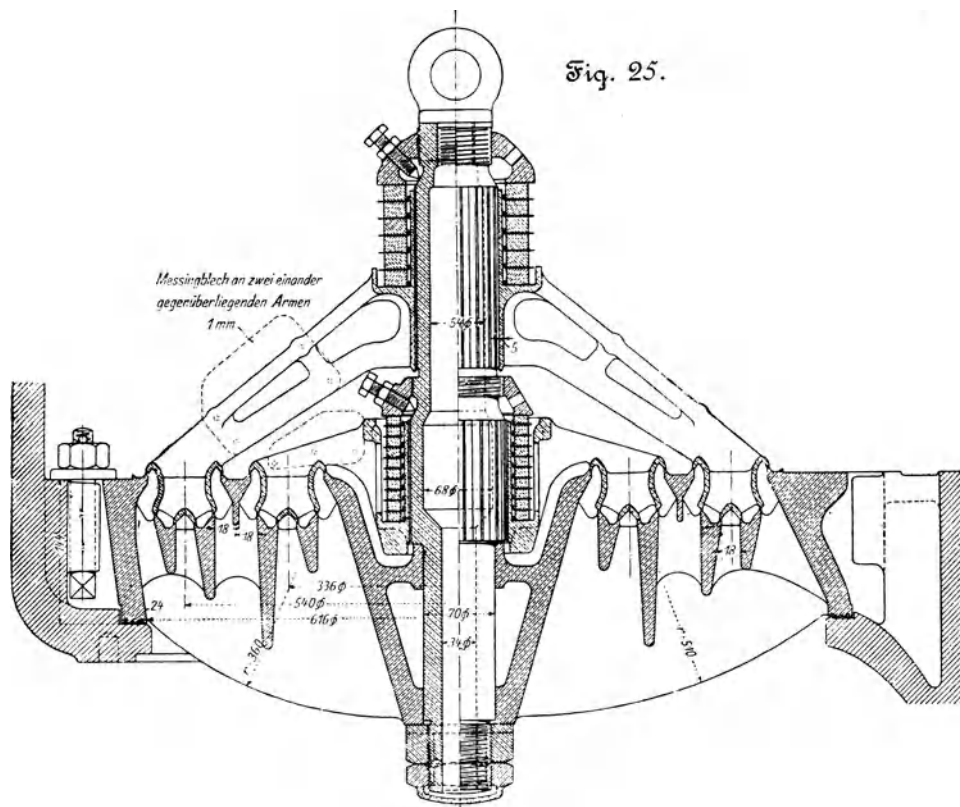
Die Hochdruckzylinder der liegenden Verbundpumpmaschinen, Fig. 20 bis 24, sind mit zwangsläufiger Ventilsteuerung von Radovanovic, die Niederdruckzylinder mit Rundschiebersteuerung versehen. Die Maschinen haben 430 mm Hochdruck-, 694 mm Niederdruckzyl.-Dmr. und treiben mit den verlängerten Kolbenstangen die doppeltwirkenden Pumpen von je 425 mm Kolbendurchmesser unmittelbar an. Der gemeinsame Hub beträgt 900 mm, die Umdrehungszahl

Fig. 24. Wasserwerk Lichtenberg.



schwankt zwischen den Grenzen 65 und 15 i. d. Min. Bei 50 Uml./min fördert jede Maschine 25000 ltr Wasser auf etwa  $24\frac{1}{2}$  m Höhe. Die Umdrehungszahl wird durch Einstellen der Hochdrucksteuerung von Hand auf verschiedene Füllungen verändert. Ein einfacher Schwungkugelregulator, der von der Steuerwelle der Hochdruckseite aus angetrieben wird und auf eine Drosselklappe in der Dampfzuleitung wirkt, dient nur dazu, diese Klappe bei Ueberschreitung einer bestimmten Umdrehungszahl zu schließen und die Maschine auf die geringste Umlaufzahl festzulegen. Die Einrichtung kommt nur im Fall eines Rohrbruches in Tätigkeit, um zu verhüten, daß die Maschine bei der dann eintretenden plötzlichen Entlastung durchgeht.

Die Rundschieber der Niederdruckseite werden von zwei Exzentrern aus gesteuert. Der Antrieb der Einlaß- und Auslaßschieber ist voneinander unabhängig gehalten, um auch auf der Niederdruckseite jeden beliebigen Expansionsgrad und, was von besonderer Wichtigkeit ist, jeden beliebigen Kompressionsgrad leicht einstellen zu können.



Der Kondensator ist unter Flur angeordnet und wird zugleich mit einer Kesselspeisepumpe und einer Luftkompressionspumpe von der Kurbel der Niederdruckseite aus angetrieben.

Die doppelwirkenden Tauchkolbenpumpen sind durch einen schweren gußeisernen Rahmen mit den Geradführungen der Dampfmaschinen verbunden. Der hintere, unter den Pumpen liegende Teil dieses Rahmens ist zu einem großen Saugwindkessel ausgebildet.

so klein gewählt, wie es die Ausführung nur zuließ. Sie betragen meist nur 5 mm und steigen nur an einzelnen Rippen bis 10 mm an. Die Sitzflächen sind nur 2 mm breit. Die Ventilteller sind in 2 voneinander unabhängige Teile mit besondern mittleren Führungen und besondern Federbelastungen zerlegt. Die Belastung ist durch Ringe von reinem Paragummi mit zwischengelegten Metallscheiben hergestellt; ihre Größe läßt sich durch Stellringe regeln. Damit sich die Ventilteller bei jedem Niedergang etwas drehen und

Fig. 26. Dampfmaschine.

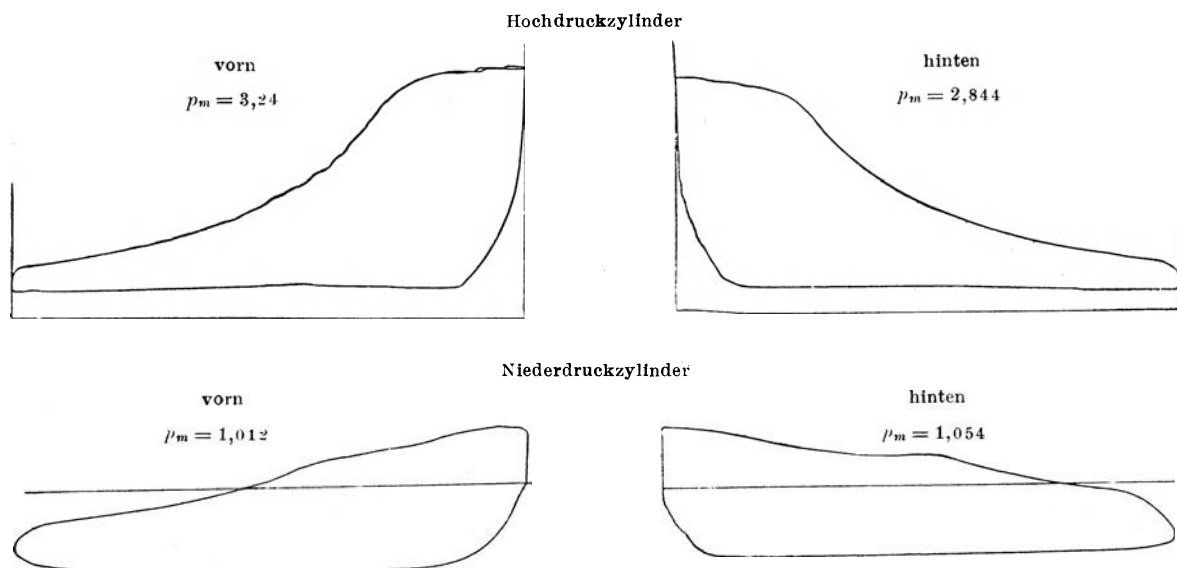
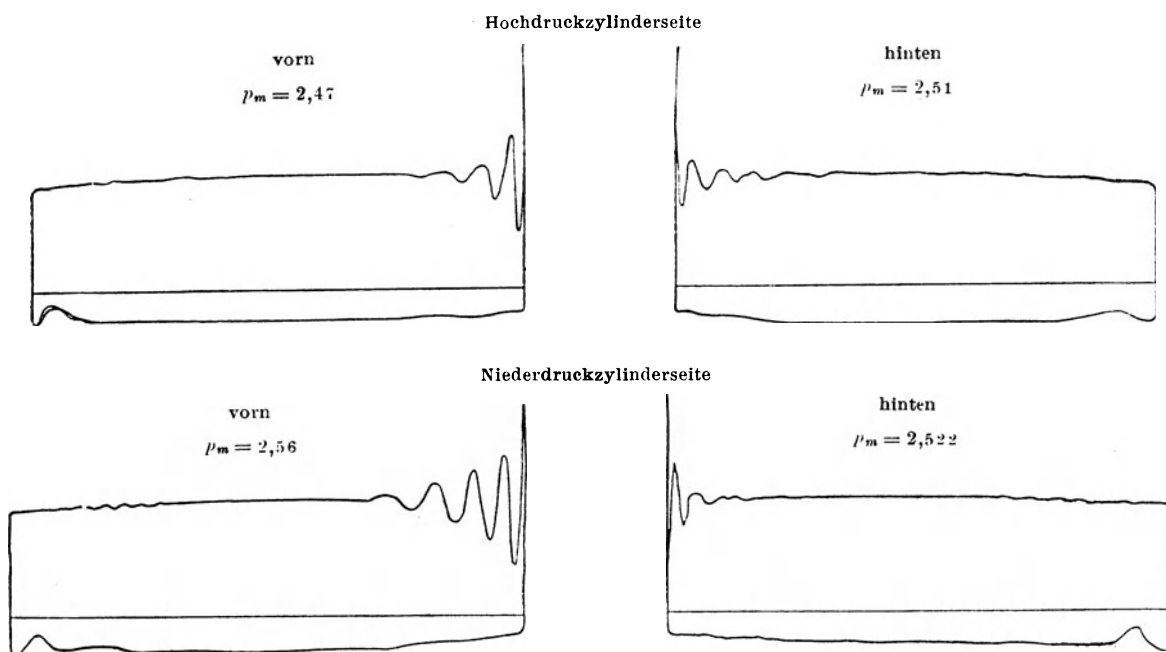


Fig. 27. Pumpe.



Um bei den sehr großen Abmessungen der Pumpen möglichst gute Materialverteilung zu erzielen, sind überall zylindrische und kugelige Grundformen für die Hohlkörper gewählt.

Dem Ventil ist eine ganz besondere Sorgfalt zugewendet worden. Es ist als federbelastetes Ringventil mit Sitzflächen in verschiedenen Ebenen ausgebildet, s. Fig. 25. Ventil sowohl wie Ventilsitz sind aus Metall. In seiner Form weicht das Ventil von den bisher üblichen Konstruktionen ab. Damit das durchtretende Wasser möglichst wenig von seiner Richtung abgedrängt wird, ist der Oberteil nach Art der Doppelsitzventile geformt. Auf Leichtigkeit dieses Teiles ist größtes Gewicht gelegt; es sind deshalb die Wandstärken

dadurch eine gewissermaßen einschleifende Wirkung erzeugt wird, sind sie an 2 Armen mit Messingblechen versehen, die unter  $30^\circ$  zur Bewegungsrichtung geneigt sind.

Die Herstellung der Ventile in dieser Ausführung verursachte außerordentlich große Mühe und kam sehr teuer. Dafür haben die Ventile anderseits den Erfolg, daß die Pumpen sehr weich gehen und die Umdrehungszahl über die vorgeschriebene Zahl von 65 auf 80 Uml./min und höher anstandslos gesteigert werden konnte.

Die Konstruktionszeichnung der Ventile wurde der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. seitens der Direktion der Berliner Wasserwerke zugestellt.

Bei der Inbetriebsetzung der Pumpen arbeiteten die Ventile nicht befriedigend, sie setzten zu hart auf. Die Ursache wurde nach langer Untersuchung darin gefunden, daß der Gummi der federnden Ringe nicht elastisch genug war. Der Gummilieferant, welchem »bester« Paragummi vorgeschrieben worden war, hatte eine in Gummifachkreisen unter diesem Namen gebräuchliche Mischung von Paragummi mit anderm minderwertigem Material geliefert. Nachdem alle Ringe durch solche aus »reinem« Paragummi ersetzt waren, liefen die Pumpen völlig einwandfrei.

Das Saugventil ist ganz in den Saugwindkessel eingebaut. Zur Erzielung einer guten Wasserführung sind über den Saug- und den Druckventilen noch besondere Führungsbüchsen angeordnet, welche sanft von einem Querschnitt in den andern überleiten.

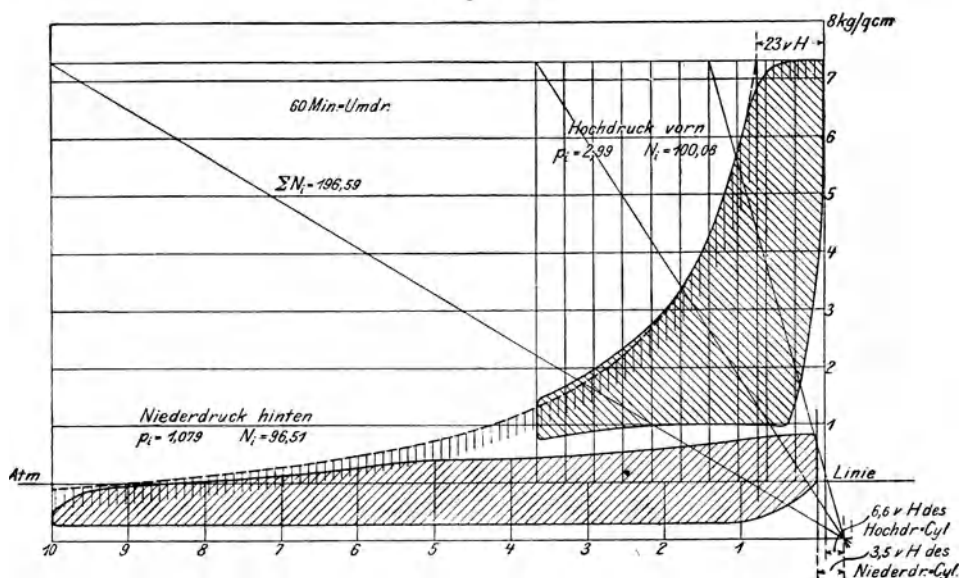
Die über den Druckventilen angeordneten sehr groß bemessenen Windhauben werden durch die Luftpressionspumpe ständig mit Luft versorgt. Einem Uebermaß an Luft wird durch eine eigenartige Vorrichtung vorgebeugt. In dem kugelförmigen Verbindungsrohre zwischen den beiden Pumpenseiten ist nämlich ein Schwimmerventil eingebaut. Eine

Heizfläche für 8 at Ueberdruck. Für 2 Pumpmaschinen, die sich ständig im Betrieb befinden, genügen 2 Dampfkessel, so daß also auch hier stets eine ausreichende Betriebsreserve vorhanden ist.

Die Dampfkessel sind mit Oberzug ausgestattet. Oberhalb des gemeinsamen Fuchses der vier Kessel sind ein Dampftrockner und ein Speisewasservorwärmer eingemauert, die von den abziehenden Gasen vor deren Eintritt in den Schornstein nochmals umspült werden. Zum Speisen der Kessel sind neben den schon erwähnten Maschinenspeisepumpen noch eine besondere schwingradlose Zwillingsspumpe und ein Injektor vorhanden. Ein Speisewassermesser dient zur dauernden Ueberwachung des Betriebszustandes von Maschinen und Kesseln.

Die Kessel sind mit Planrosten und mit Kowitzkescher Rauchverzehrung<sup>1)</sup> mit mechanisch verstellbaren Luftklappen ausgerüstet. Die Feuerung hat sich gut bewährt, wobei allerdings hervorgehoben werden muß, daß die vorliegenden Verhältnisse äußerst günstig waren, da die Beanspruchung der Kessel bei der unveränderlichen Belastung der Maschinen stets die gleiche blieb.

Fig. 28.



aus Pappelholz bestehende, mit Gummi überzogene Kugel, welche durch einen Bleikern die nötige Schwimmtiefe erhält, sitzt in einem Gehäuse unter einer Metallplatte, die in der Mitte mit einer Oeffnung von 6 mm Dmr. versehen ist. Bei geringem Luftinhalt der Windhauben, also hohem Wasserstande, schließt die Kugel die Oeffnung dicht ab. Steigt der Windinhalt der Hauben bis zum Wasserabflußrohr, so sinkt auch der Wasserspiegel im Verbindungsrohre, die Ausgangsoeffnung wird frei, und die überschüssige Luft entweicht. Das Geräusch, mit welchem sie dies tut, benachrichtigt den Maschinisten, daß er für einige Zeit die Luftkompressionspumpe abstellen kann.

Für die beiden Hauptdruckwindkessel ist eine andre Art der Luftversorgung vorgesehen, eine Luftschleuse. Neben jedem derselben ist ein kleinerer gußeiserner Behälter angeordnet, der durch 2 verschließbare Leitungen mit dem Wasser- und dem Luftraum des Kessels in Verbindung steht. Außerdem sind ein Abflaßhahn und ein Lufthahn angeordnet. Soll die Vorrichtung in Tätigkeit treten, so wird der Behälter durch Öffnen der beiden letztgenannten Hähne voll Luft von atmosphärischer Spannung gesaugt. Schließt man die beiden Hähne und öffnet die nach dem Windkessel führenden, so tritt Wasser aus dem Windkessel in den Behälter, preßt die dort befindliche Luft auf den Windkessel druck zusammen und veranlaßt sie, durch das obere Rohr in den Windkessel überzusteigen.

Neben dem Maschinenhause liegt das Kesselhaus mit 4 Zweiflammrohrkesseln von je 1,65 qm Rostfläche und 65 qm

Im Juni 1899 fanden die Abnahmeversuche statt. Der Vertrag bestimmte darüber folgendes:

»Die Abnahme der Maschinenanlage ist davon abhängig, daß die Maschinen während dreier aufeinander folgender Tage die angegebene Arbeit mit dem vom Lieferanten verbürgten Kohlenverbrauch und bei normalem Gegendrucke leisten. An jedem der drei Tage sollen 2 Wasserhebemaschinen mindestens 12 Stunden hintereinander im Betriebe sein, und zwar

am ersten Tage mit 30 Umdrehungen,  
 » zweiten » » 50 »  
 » dritten » » 60 » i. d. Min.,

soweit es mit Rücksicht auf den Betrieb vereinbar ist.«

Es war zugesagt, daß die Anlage bei 60 Uml./min nicht mehr als 1,3 kg Kohle für 1 PS-st, gemessen in gehobenem Wasser, verbrauchen solle. Bei 30 Uml./min sollte der Verbrauch auf 1,55 kg steigen dürfen.

Die Versuche fanden unter Leitung des Ingenieurs Kellner der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. und des Betriebsingenieurs Stulik der Berliner Wasserwerke statt. Aus Betriebsrücksichten wurde die Versuchsdauer auf 10 st pro Tag bemessen. Das Speisewasser wurde den Kesseln mittels der Maschinenpumpen zugeführt. Als Feuerungsmaterial gelangte westfälische Nußkohle der Zeche Wolfsbank zur Verwendung, deren Heizwert nachträglich zu 7696 WE bestimmt worden ist.

<sup>1)</sup> s. Z. 1895 S. 188.

Zahlentafel 1.

Versuch	1	2	3
Datum . . . . .	20. 6. 99	21. 6. 99	23. 6. 99
Dauer . . . . . st	10	10	10
Zahl der Kessel in Betrieb . . . . .	2	2	2
» » Maschinen in Betrieb . . . . .	II u. III	II u. III	I u. III
mittlere Kesselspannung . . . . . at	8	8	7,9
» Temperatur der Luft im Kesselhause . . . . . °C	30	32	28
mittlere Temperatur der Rauchgase im letzten Zuge »	298	280	223,5
mittlere Temperatur der Rauchgase am Vorwärmer . . . . . »	191	173,5	131
mittlere Zugstärke an den Kesseln mm » am Fuchs . . . . . »	7,8 23	5,0 23	3,6 21
mittlerer Kohlen säuregehalt der Rauchgase . . . . . vH	13,97	14,43	14,80
mittlerer Sauerstoffgehalt der Rauchgase . . . . . »	5,88	5,17	5,00
mittlerer Gehalt an Stickstoff usw. »	80,15	80,40	80,20
Art der verbrannten Kohle: allgemeine Zusammensetzung <sup>1)</sup> :	Wolfsbank Nuß II		
hygroskopisches Wasser . . . . . vH	1,41		
Asche . . . . . »	7,38		
verbrennbare Substanz . . . . . »	91,21		
Heizwert von 1 kg Rohkohle . . . WE	7696		
gesamter Kohlenverbrauch . . . . . kg	3296	2880	1760
davon Asche und Schlacke . . . . . »	238	260	214
desgl. . . . . vH	7,3	9,0	12,9
Kohle verbrannt in 1 st auf 1 qm Rostfläche . . . . . kg	99,90	87,27	53,30
Förderhöhen:			
Druckhöhe am Manometer . . . . . m	19,37	20,05	19,685
Manometer über Flur . . . . . »	1,55	1,55	1,55
Saugspiegel unter Flur . . . . . »	2,58	2,03	1,58
gesamte manometrische Förderhöhe »	23,50	23,63	22,82
erste Maschine	II	II	I
gesamte Umdrehungszahl . . . . .	34030	30221	16730
mittlere » in 1 min . . . . .	56,72	50,37	27,88
Zahl der berechneten Diagramme . . . . .	21	21	21
mittlere Spannung im Hochdruckzylinder . . . . . kg	2,939	2,80	2,888
mittlere Spannung im Niederdruckzylinder . . . . . »	1,046	1,108	0,933
mittlere indizierte Leistung der Maschine . . . . . PS <sub>i</sub>	181,27	161,76	83,65
mittlere Fördermenge in 1 min bei $\eta = 100$ vH . . . . . ltr	28360	25185	13940
mittlere Leistung in Wasser-Pferdestärken . . . . . PS <sub>w</sub>	148,12	132,25	70,70
mechanischer Nutzeffekt $100 \frac{PS_w}{PS_i}$ vH	81,6	82	84,5
zweite Maschine	III	III	III
gesamte Umdrehungszahl . . . . .	34038	30192	16636
mittlere » in 1 min . . . . .	56,72	50,32	27,73
Zahl der berechneten Diagramme . . . . .	21	21	21
mittlere Spannung im Hochdruckzylinder . . . . . kg	3,027	3,057	3,119
mittlere Spannung im Niederdruckzylinder . . . . . »	1,023	0,993	0,962
mittlere indizierte Leistung der Maschine . . . . . PS <sub>i</sub>	182,11	160,35	88,03
mittlere Fördermenge in 1 min bei $\eta = 100$ vH . . . . . ltr	28360	25160	13865
mittlere Leistung in Wasser-Pferdestärken . . . . . PS <sub>w</sub>	148,12	132,12	70,31
mechanischer Nutzeffekt $100 \frac{PS_w}{PS_i}$ vH	81,5	82,5	80,0
Gesamtleistung beider Maschinen { PS <sub>i</sub>	363,38	322,11	171,68
» { PS <sub>w</sub>	296,24	264,37	141,01
Kohlenverbrauch in 1 PS <sub>i</sub> -st . . . . . kg	0,842	0,813	0,90
» » 1 PS <sub>w</sub> -st . . . . . »	1,032	0,99	1,091
Leistung auf 1 kg verbrannte Kohle mkg	261357	295228	245890
Gesamtnutzleistung der Anlage . . . . . vH	8,0	9,1	7,5

1) nach Untersuchung durch Dr. H. Langbein, Leipzig.

Die Maschinen sowohl als wie die Pumpen wurden halbstündlich indiziert; Fig. 26 und 27 geben eine Auswahl von Diagrammen wieder, die an Maschine II bei 60 Uml./min entnommen sind.

Ein Diagramm der Maschine II ist in Fig. 28 rankiniert und läßt den guten Verlauf der Schaulinien in bezug auf die Mariottesche Kurve erkennen.

Die Rauchanalysen an den Kesseln wurden viertelstündlich entnommen.

Störungen kamen bei den Versuchen nicht vor.

Ein Dampfverbrauchsversuch wurde, nachdem man sich von der Dichtheit aller in Frage kommenden Organe überzeugt hatte, nicht angestellt.

Die Ergebnisse der Abnahmeversuche sind in Zahlentafel 1 niedergelegt.

Nach Beendigung der Abnahmeversuche wurde noch ein besonderer Verdampfungsversuch mit einem Kessel allein vorgenommen, dessen Ergebnisse in der Zahlentafel 2 wiedergegeben sind.

Zahlentafel 2.

Versuch	4
Datum . . . . .	24. 6. 99
Dauer . . . . . st	5
mittlere Dampfspannung . . . . . at	7,9
» Temperatur des Speisewassers . . . . . °C	18,5
Zahl der Kessel in Betrieb . . . . .	1
» » Maschinen in Betrieb mit 60 Uml. min . . . . .	1
Zugstärke am Kessel . . . . . mm	7,7
Kohlen säuregehalt der Rauchgase . . . . . vH	14,4
gesamter Kohlenverbrauch . . . . . kg	820,5
davon Asche und Schlacke . . . . . »	72
desgl. . . . . vH	8,8
gesamter Wasserverbrauch . . . . . kg	685,5
Kohle verbrannt in 1 st auf 1 qm Rostfläche . . . . . »	99,9
Wasser verdampft in 1 st auf 1 qm Heizfläche . . . . . »	21,02
» » » 1 st mit 1 kg Kohle . . . . . »	8,35
Nutzleistung der Kesselanlage . . . . . vH	71

Da dieser Versuch unter den gleichen Betriebsverhältnissen wie die früheren vorgenommen wurde, so gibt er einen annähernden Ueberblick über den Dampfverbrauch der Maschinen.

Bei den Versuchen 1 und 2 war ein Kohlenverbrauch von 0,842 und 0,813 kg auf 1 PS<sub>i</sub>-st festgestellt worden. Bei einer 8,35fachen Verdampfung aus 1 kg Kohle berechnet sich der Brutto-Dampfverbrauch für 1 PS<sub>i</sub>-st demnach auf 7,02 und 6,79 kg. In diesen Zahlen liegen auch die Verluste an Dampf, welche durch Kondensation usw. in den Leitungen nach den Maschinen entstehen und unter den vorliegenden Verhältnissen etwa 3 bis 5 vH des Gesamtverbrauches betragen dürften.

Bei den bisher beschriebenen Wasserwerken herrschten insofern günstige Verhältnisse vor, als sich der Saugwasserspiegel nur wenige Meter unter Erdoberfläche befand. Man war deshalb imstande, den Maschinenhausflur auf Geländehöhe anzuordnen und liegende Pumpmaschinen anzuwenden.

Anders lagen die Umstände bei dem neuen Wasserwerke der Stadt Erfurt. Diese Stadt war bereits in Besitz einer Wasserleitung, die ihr täglich je nach der Jahreszeit 4500 bis 7000 cbm Wasser durch natürliches Gefälle zuführte. Bei der wachsenden Einwohnerzahl genügte diese Wassermenge nicht mehr, und es mußte, da das Quellgebiet, welches die Wasserleitung speiste, vollständig ausgenutzt war, nach weiteren Entnahmestellen Umschau gehalten werden. Solche zeigten sich in der Nähe von Möbisburg im Geratale, etwa 8 km von Erfurt entfernt. An dieser Stelle wurde auf + 219,4 NN eine 19,6 m tiefe wasserführende Schicht groben Kiesgerölles von ausreichender Ergiebigkeit gefunden, die unten durch eine Sohle von Kalkfels begrenzt wird. Der Grundwasserspiegel liegt rd. 1,4 m unter Gelände, und zwar im Mittel auf + 216,64 NN, während der Flußwasserspiegel im gleichen Talquerschnitte bei Niedrigwasser auf + 217,33 liegt.

Fig. 29.

Fig. 29 bis 32. Wasserwerk der Stadt Erfurt.

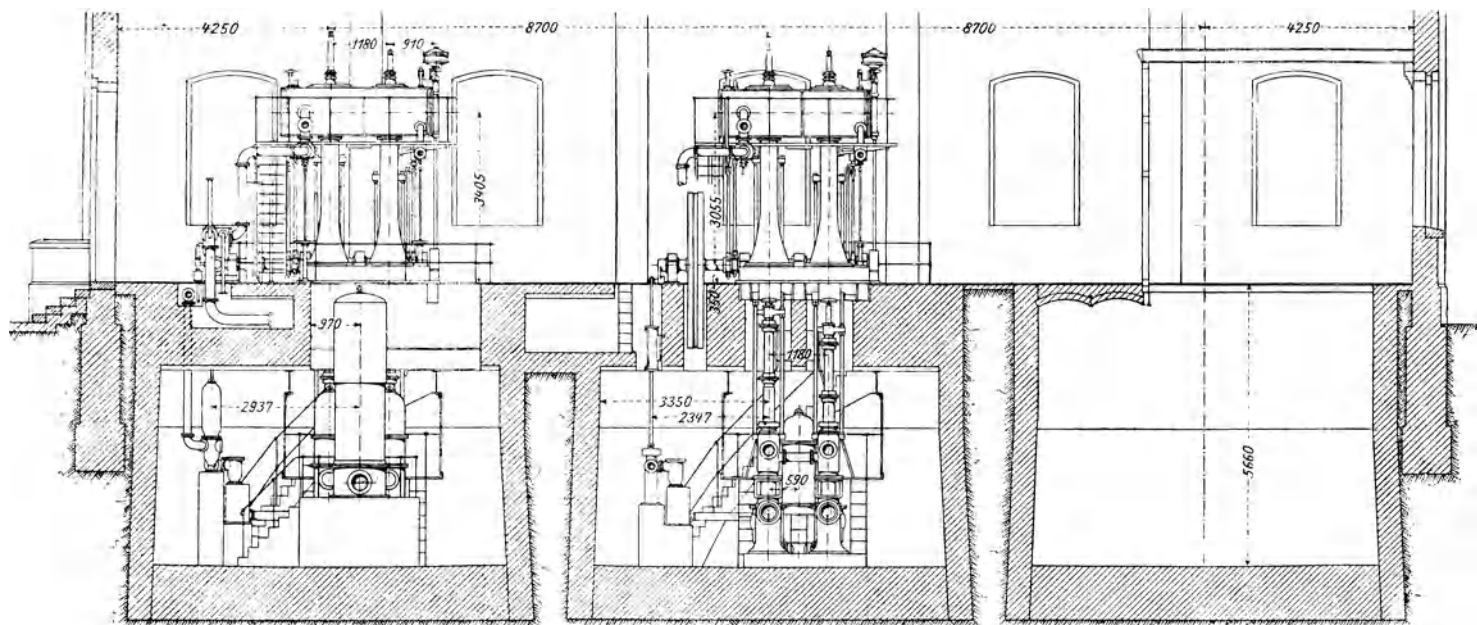
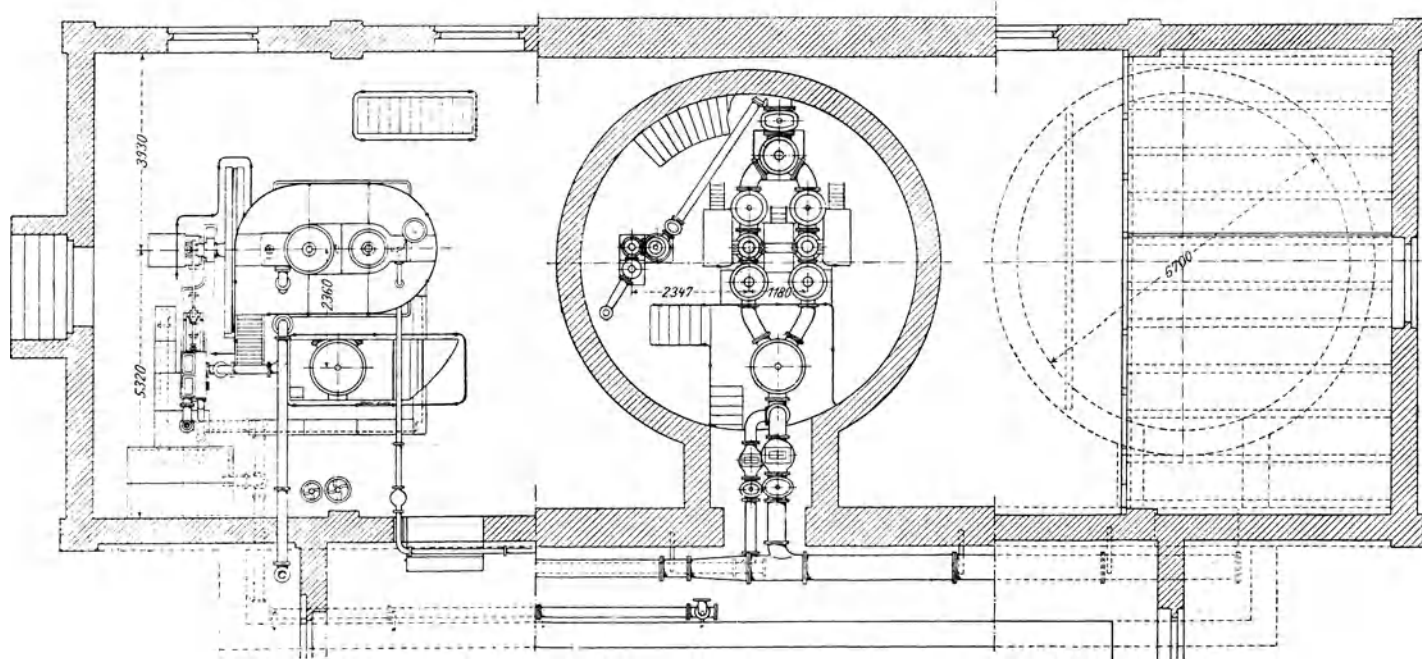


Fig. 30.



Ein Versuchbrunnen, der bis 9,3 m unter Erdoberfläche getrieben wurde, lieferte bei monatelangem Betriebe täglich etwa 5000 cbm Wasser, ohne daß eine größere Absenkung des Saugwasserspiegels als um etwa 3,5 m festgestellt werden konnte. Dieses Ergebnis des Pumpversuches läßt erwarten, daß dem Gelände oberhalb Möbisburg mindestens 10000 cbm Wasser täglich entnommen werden können.

Die Wassergewinnung erfolgt durch Senkbrunnen mit durchlässigen Mänteln. Die ausgebaute Anlage wird 3 Brunnen erhalten, für deren jeden eine besondere Pumpmaschine zur Aufstellung kommen wird. Zunächst sind 2 Brunnen abgesenkt und im Maschinenhause 2 Maschinen mit Zubehör aufgestellt worden. Das Fundament für die dritte Maschine ist gleich mit den beiden ersten erbaut worden. Jede Pumpmaschine leistet 65 ltr/sk, liefert also im Dauerbetriebe von 23 Arbeitstunden rd. 5400 cbm Wasser.

Da sich Versuche, wie tief sich der Wasserspiegel bei dauernder Entnahme von rd. 10000 cbm täglich einstellen würde, nicht anstellen ließen, so empfahl es sich, die Pumpen so tief wie möglich anzuordnen, um auch bei unerwartet

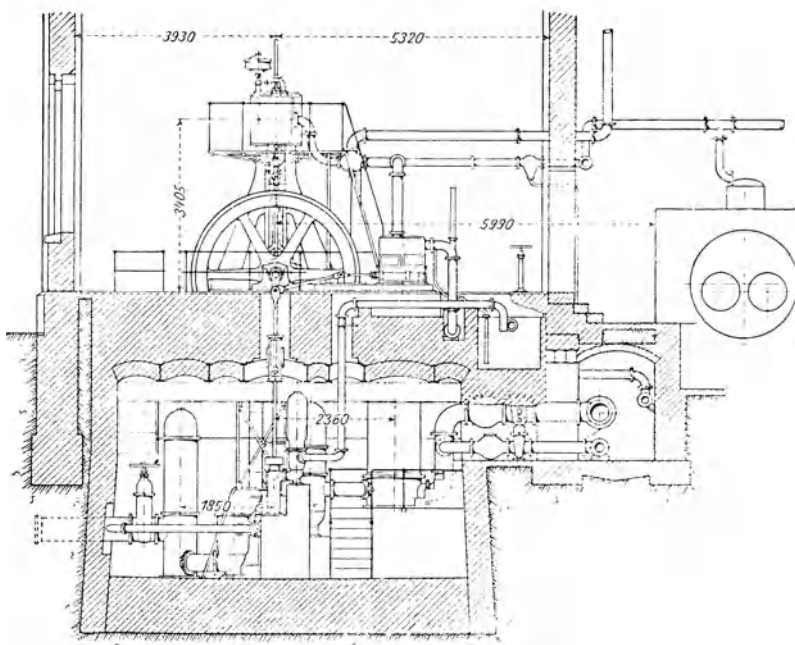
tiefem Wasserstande noch volle Betriebsicherheit zu haben. Man entschied sich deshalb für Aufstellung stehender Pumpen, bei denen dies angesichts der schwierigen Grundwasserhältnisse mit den geringsten Gründungskosten erreicht werden konnte.

Fig. 29 bis 32 stellen die Anlage dar. Der Maschinenhausflur ist hochwasserfrei auf +220,00 N. N. gelegt und für jede Pumpe ein gesonderter Schacht von 6700 mm Dmr., dessen Sohle auf +214,34 liegt, in wasserdichtem Mauerwerk hergestellt. Die Pumpen, Fig. 33 bis 35, sind als Zwilling-Differential-Tauchkolbenpumpen von 305 und 224 mm Dmr. bei 700 mm Hub ausgeführt; sie fördern bei 43 Uml./min 65 ltr/sk auf etwa 79 m Höhe. Zum Betriebe der Pumpen dienen stehende Verbundmaschinen von 460 und 730 mm Zyl.-Dmr., die unmittelbar über den Schächten stehen. Sie arbeiten mit Kondensatoren, denen das Einspritzwasser durch besondere Kaltwasserpumpen zugeführt wird.

Die Ventile der Hauptpumpen sind federbelastete Ringventile; jeder Ring ist für sich beweglich in den gemeinsamen Oberteil eingesetzt; s. Fig. 36.



Fig. 31.



Die Umdrehungszahl der Maschinen muß sich innerhalb weiter Grenzen einstellen lassen, da sich die Leistung der neuen Anlage nach der Ergiebigkeit der alten Anlage richtet. Es geschieht dies mit Hilfe des bekannten Weiß'schen Leistungsreglers<sup>1)</sup>.

Das neue Pumpwerk wurde im Laufe des Jahres 1898 dem Betrieb übergeben. Die Abnahmeversuche wurden im Mai 1899 von Ingenieur Kellner der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. im Beisein des Direktors Cario vom Magdeburger Dampfkessel-Ueberwachungsverein vorgenommen; über ihre Ergebnisse berichtet Zahlentafel 3.

Aehnliche Verhältnisse wie in Erfurt lagen bei dem Bau des Wasserwerkes von Beuel bei Bonn vor. Der Wasserstand des Rheines beeinflusst dort den Grundwasserstand, welcher denn auch innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. Es kamen deshalb auch hier stehende Pumpen zur Anwendung, die in einem Schachte so tief aufgestellt wurden, Fig. 37 und 38, daß bei niedrigstem Grundwasserstande die gesamten Saugwiderstände den Betrag von etwa 6 bis 7 m nicht überschreiten und die Betriebssicherheit auf alle Fälle gewahrt bleibt.

Die stehenden Pumpen, Fig. 39 und 40, werden durch die verlängerten Kolbenstangen von Wanddampfmaschinen angetrieben. Die Kurbeln der Verbundmaschinen sind um 180° gegeneinander versetzt. Eine möglichst gleichförmige Arbeitsverteilung für Auf- und Niedergang wird durch Gewichtsausgleich mittels der massiv gehaltenen Verbindungsstangen zwischen Dampf- und Pumpenkolben erzielt.

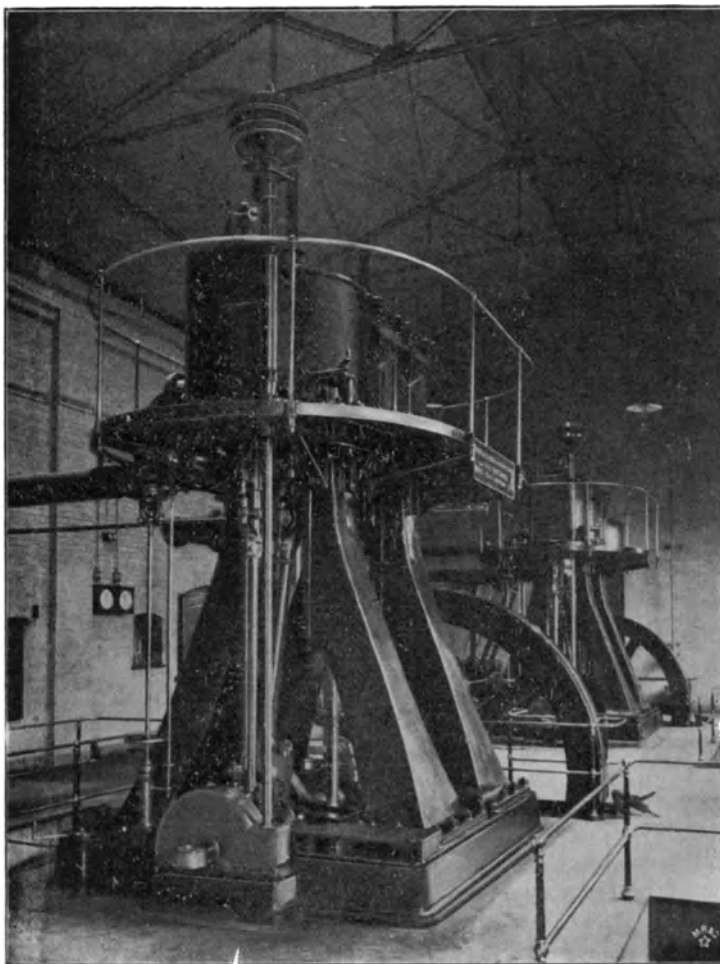
Die Kondensatoren stehen

<sup>1)</sup> Z. 1891 S. 1065 u. f.

Zahlentafel 3.

Versuch . . . . .	1		2	
	19. 5. 1899		20. 5. 1899	
Versuchsdauer . . . . .	8		6	
Maschinen in Betrieb . . . . .	I	II	I	II
gesamte Umdrehungszahl . . . . .	21 421	21 566	16 161	16 137
mittlere Umdrehungszahl . . Uml./min	44,63	44,93	44,95	44,83
Zahl der berechneten Diagramme .	16	16	12	12
mittlere Dampfspannung vor der Maschine . . . . . at	7,65	7,63	7,7	7,7
mittlere Dampfspannung im Hochdruckzylinder . . . . . »	2,000	1,840	1,930	1,850
mittlere Dampfspannung im Niederdruckzylinder . . . . . »	0,875	0,844	0,877	0,845
mittlere indizierte Leistung . . . . PS <sub>i</sub>	95,7	91,05	95,0	91,4
Förderhöhen:				
Druckhöhe am Manometer . . . . m	67,030	68,000	66,500	67,110
Saughöhe am Vakuummeter . . . . »	3,112	3,506	3,280	3,580
Abstand der Wasserspiegel in den Windkesseln . . . . . »	1,250	1,250	1,250	1,250
gesamte manometrische Förderhöhe »	71,392	71,756	71,030	71,940
Fördermenge in 1 min bei $\eta = 100$ vH ltr	4565	4595	4598	4586
Leistung in Wasser-Pferdestärken . PS <sub>w</sub>	72,5	74,5	72,6	73,4
mechanische Nutzleistung 100 PS <sub>w</sub> vH	75,6	82,0	76,5	80,4
Gesamtleistung beider Maschinen . PS <sub>i</sub>	186,75		186,4	
» » » PS <sub>w</sub>	147,00		146,0	
gesamter Speisewasserverbrauch . kg	12 185		9 265	
Niederschlagwasser aus den Zylindermänteln . . . . . »	902		695	
desgl. . . . . vH	7,4		7,5	
Niederschlagwasser aus den Rohrleitungen . . . . . kg	618		505	
desgl. . . . . vH	5,10		5,45	
Speisewasser abzüglich Niederschlagwasser . . . . . kg	11 567		8 760	
Speisewasser in 1 st . . . . . »	1 446		1 460	
» für 1 PS <sub>i</sub> -st . . . . . »	7,74		7,82	
» für 1 PS <sub>w</sub> -st . . . . . »	9,83		9,98	
Leistung aus 1 kg Dampf . . . . mkg	27 350		27 000	

Fig. 32.



neben den Druckpumpen im Schachte; das Kondensat wird durch die Luftpumpen bis über Flur gehoben.

Als Ventile sind federbelastete Einzel-Ringventile angeordnet.

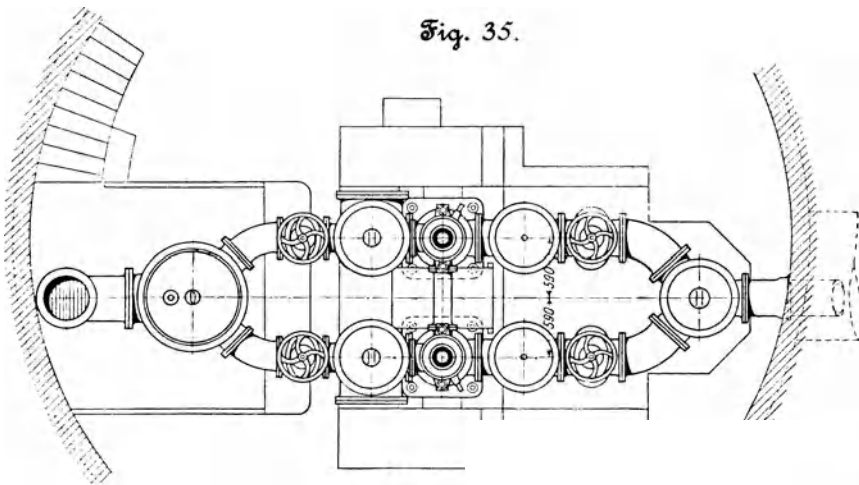
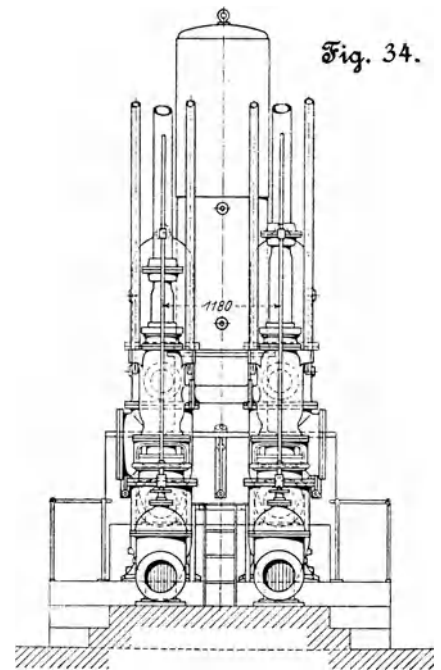
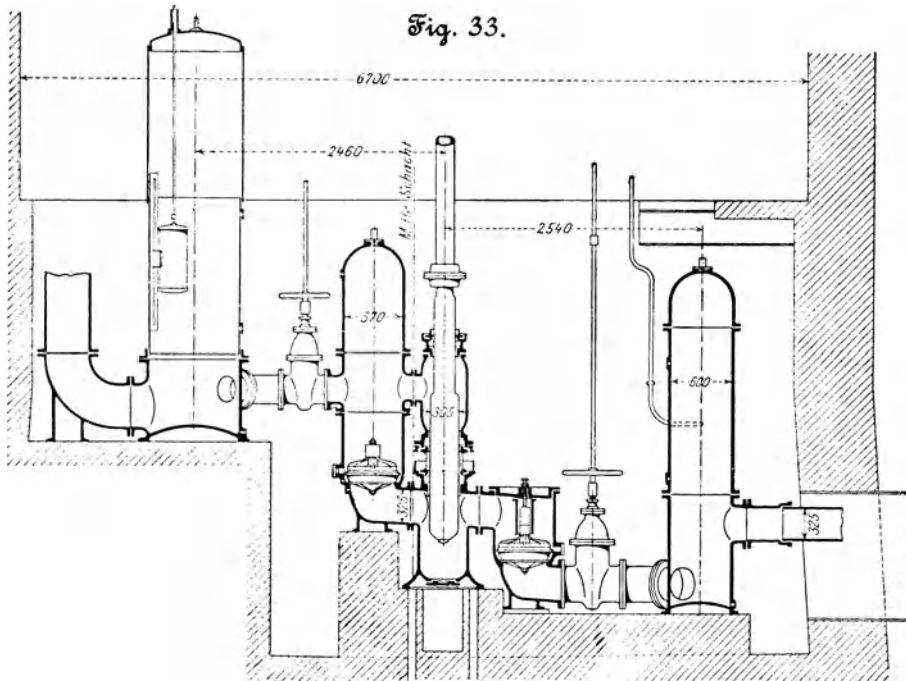
Jede Maschine hebt bei 280 mm Hochdruck-, 445 mm Niederdruck-, 210 mm Tauchkolbendurchmesser, 550 mm gemeinsamem Hub und 60 Uml./min in 1 min 1980 ltr Wasser auf eine Höhe von 70 m.

Zum Betrieb jeder Maschine dient ein Wellrohrkessel von 36 qm Heizfläche und 8 at Ueberdruck. Zur Aufstellung gelangten zunächst 2 Maschinen und 2 Kessel; für die spätere Erweiterung ist die Aufstellung eines dritten Satzes vorgesehen.

Die Anlage ist am 9. Mai 1900 in Betrieb gesetzt worden.

Die nunmehr zu erörternden Maschinen dienen einem andern Zweck als die bisher besprochenen und weichen deshalb in ihrer Bauart vollständig von jenen ab. Es sind zweistehende Drillings-Akkumulatorpumpen, Fig. 41 bis 44, die augenblicklich auf dem Neubau der Rheinischen Stahlwerke zu Meiderich bei Ruhrort in

Fig 33 bis 36. Pumpmaschinen des Wasserwerkes Erfurt.



Um die an sich schon sehr große Höhe der Maschinen — vom Maschinenhausflur bis oberkante Dampfzylinder rd. 5 m — nach Möglichkeit zu beschränken, ist bei der Pumpe eine Konstruktionseinheit zur Ausführung gelangt, die man sonst ängstlich zu vermeiden strebt; um den Tauchkolben ist nämlich ein Luftsack gelegt. Wollte man diesen dadurch vermeiden, daß man den Kolben bis unten dicht in einer Büchse laufen ließe, so müßte man erheblich an Höhe zugeben. Der Fehler, der damit in die Maschine gekommen ist, wird durch Anordnung von besonderen kleinen Ven-

Aufstellung begriffen sind. Sie haben 570 mm Zyl.-Dmr., 185 mm Tauchkolben-Dmr., 600 mm gemeinsamen Hub und fördern bei 80 Uml./min je 3700 ltr/min Wasser gegen einen Akkumulatordruck von 30 at.

In seiner höchsten Stellung schließt der Akkumulator mittels Wasserdruckes ein Absperrventil und setzt dadurch die Maschine still; bei steigendem Wasserbedarf, also sinkendem Akkumulator, läuft sie selbsttätig wieder an. Die Bauart der Pumpen als Dreizylinder-Auspuffmaschinen mit unter  $120^\circ$  versetzten Kurbeln begünstigt dieses selbsttätige Anlaufen bei jeder beliebigen Kurbelstellung.

Die Tauchkolben sind unmittelbar mit den Kolbenstangen gekuppelt und die Kupplungen zu Kreuzköpfen ausgebildet. Zwei Pleuelstangen, welche seitlich an den Pumpenzylindern vorbei gehen, stellen die Verbindung mit der untenliegenden gekröpften Kurbelwelle her.

Der hintere Teil des Maschinenrahmens dient als Saugwindkessel.

Auch hier sind wieder federbelastete Ringventile angewendet.

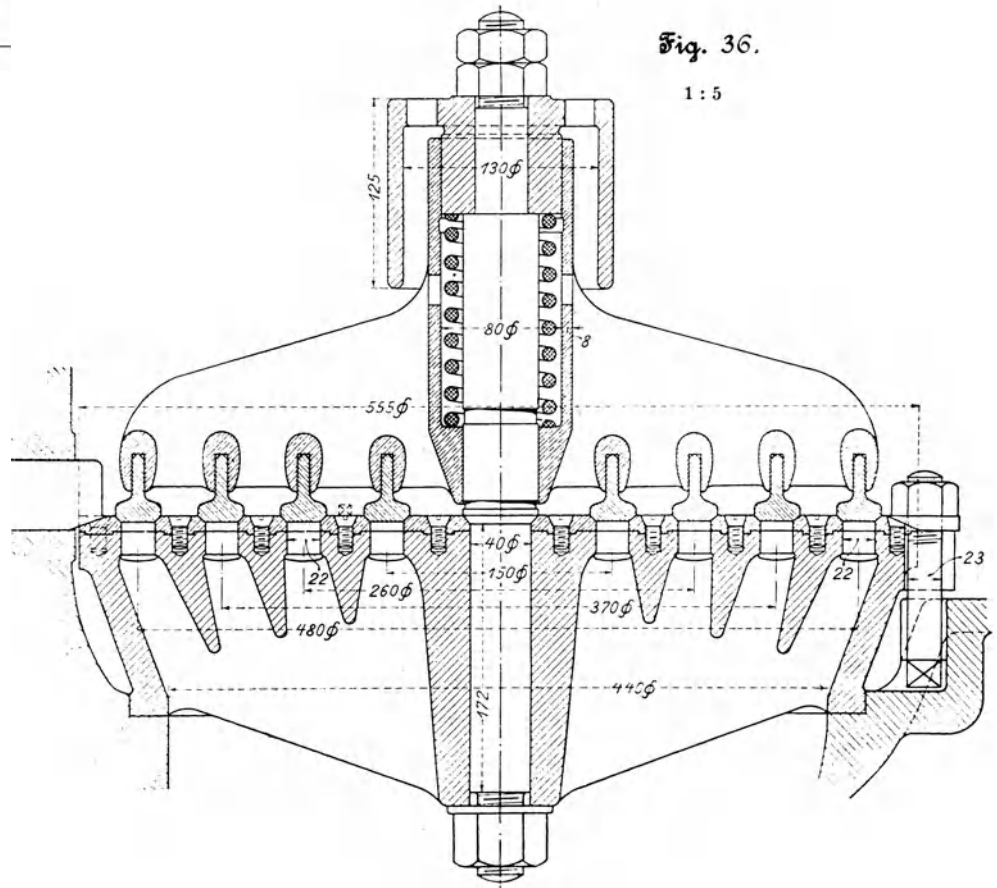


Fig. 36.

1:5

tilen, deren Belastung etwas geringer als jene der Hauptventile gewählt ist, beseitigt. Die in den Pumpenzylindern etwa enthaltene Luft wird dadurch unmittelbar nach dem Druckraume geführt. Diese Konstruktion hat sich bei einer gleichartigen Pumpe, welche auf einem andern westfälischen Stahlwerke tadellos läuft, vorzüglich bewährt. Sie läßt sich bei

derartigen Pumpen um so leichter anwenden, als diese stets mit derselben Wassermenge arbeiten, die ihnen nach der Verwendung in den Arbeitzylindern stets wieder — teilweise unter Druck — zufließt und daher bald luftarm wird und beim Saugen keine bedeutenden Luftmengen mehr absondert.

Fig. 37 bis 40. Wasserwerk der Stadt Beuel bei Bonn.

Fig. 37.

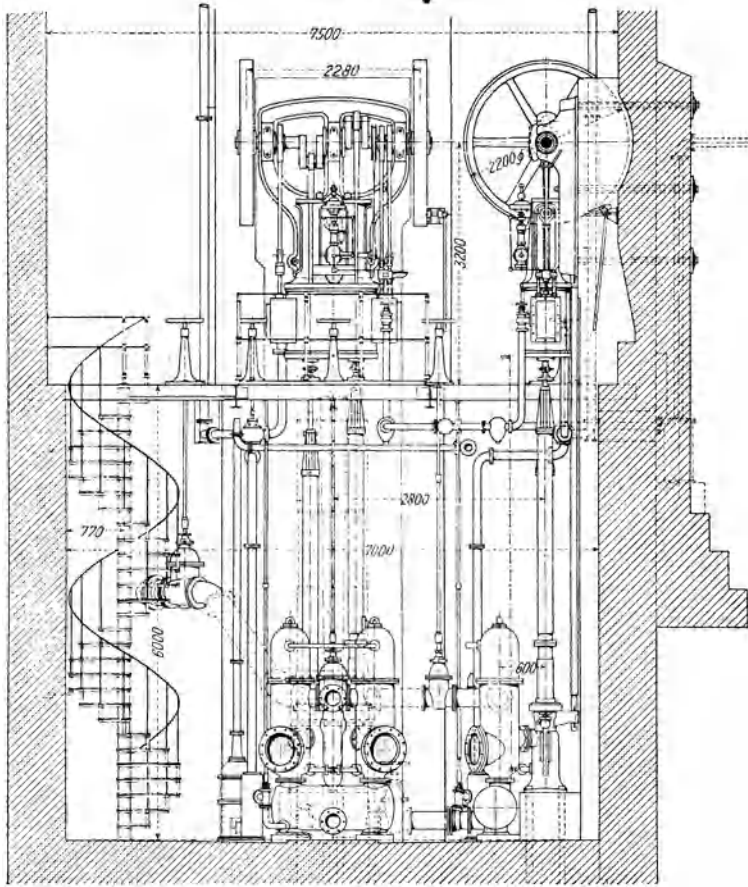


Fig. 38.

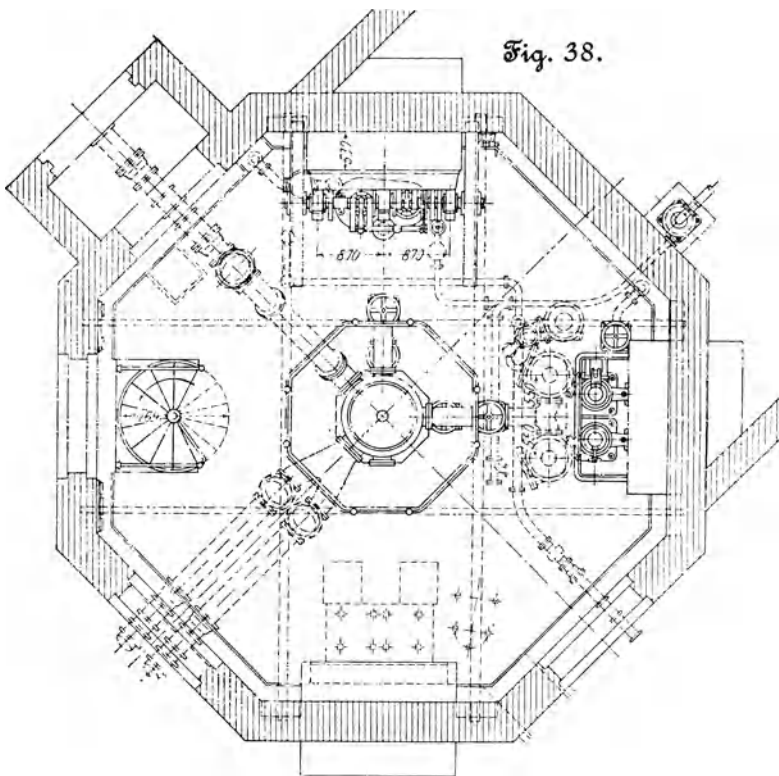


Fig. 39.

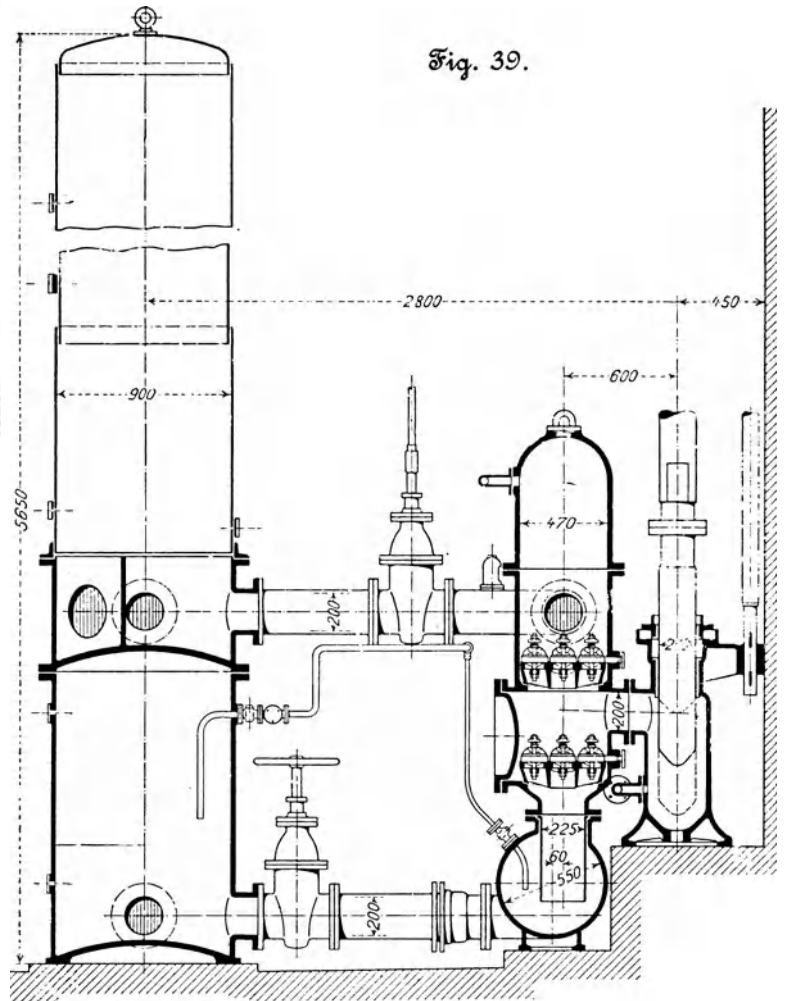
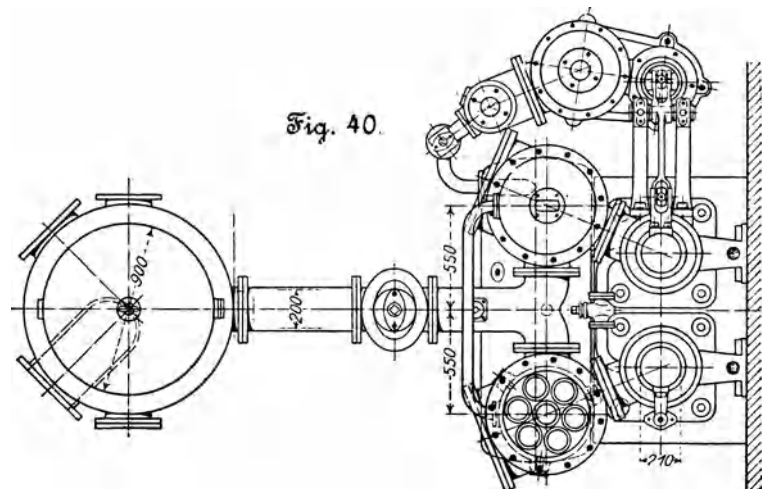


Fig. 40.



Wie bereits bemerkt, sind in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiete des Pumpmaschinenbaues ganz bedeutende Fortschritte gemacht, die es ermöglicht haben, verhältnismäßig raschlaufende Maschinen mit vollster Betriebsicherheit zur Ausführung zu bringen. Immerhin blieben indes die Pumpmaschinen in den Umdrehungszahlen hinter den Betriebsdampfmaschinen, besonders jenen für Erzeugung elektrischer Energie, zurück, so daß die für den Antrieb von Pumpen verwendeten Dampfmaschinen wegen ihrer geringeren Kolbengeschwindigkeit die rascher laufenden Betriebsdampfmaschinen

wirtschaftlich noch nicht ganz erreicht; man konnte ihnen nicht jene Kolbengeschwindigkeit erteilen, die ihrer vorteilhaftesten Leistung entsprochen hätte.

Das schon vorhandene Bedürfnis nach rascher laufenden

Pumpen wurde mit der Entwicklung der Elektrotechnik noch stärker fühlbar. Der elektrische Antrieb eroberte sich von Tag zu Tage neue Gebiete, und auch der Pumpenbau blieb davon nicht unberührt. Es war jedoch ein sehr ungleiches

Fig. 41 bis 44. Akkumulatorpumpe für die Rheinischen Stahlwerke zu Meiderich.

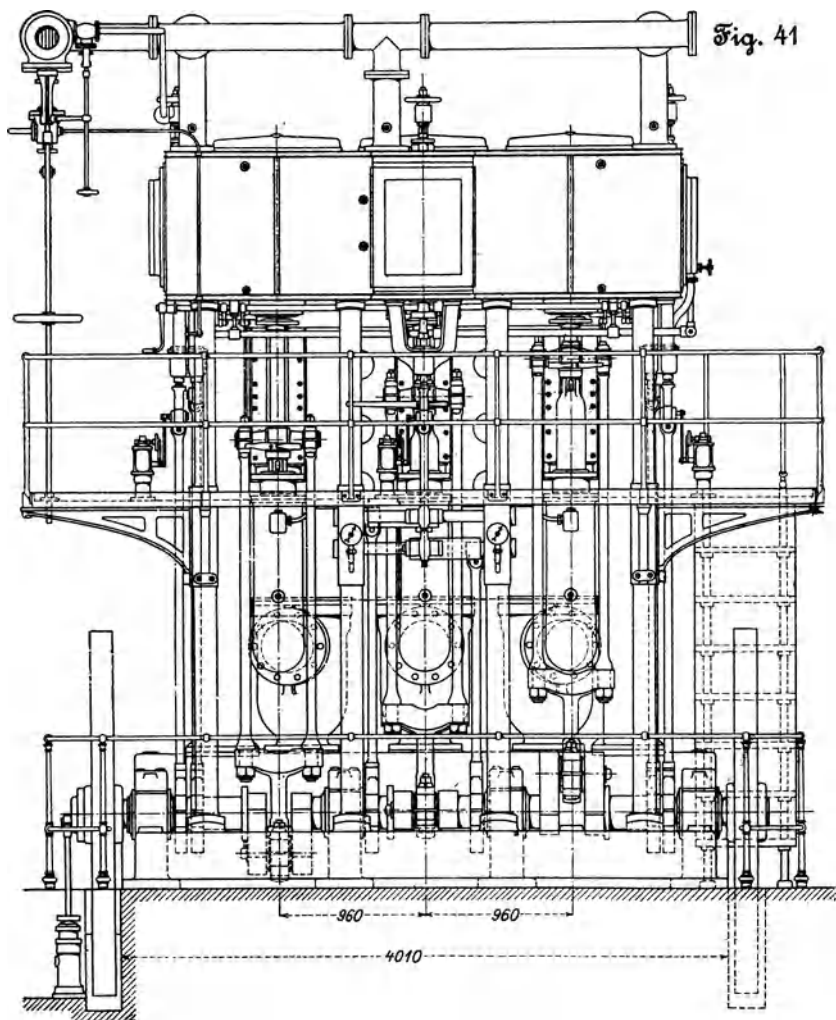


Fig. 41

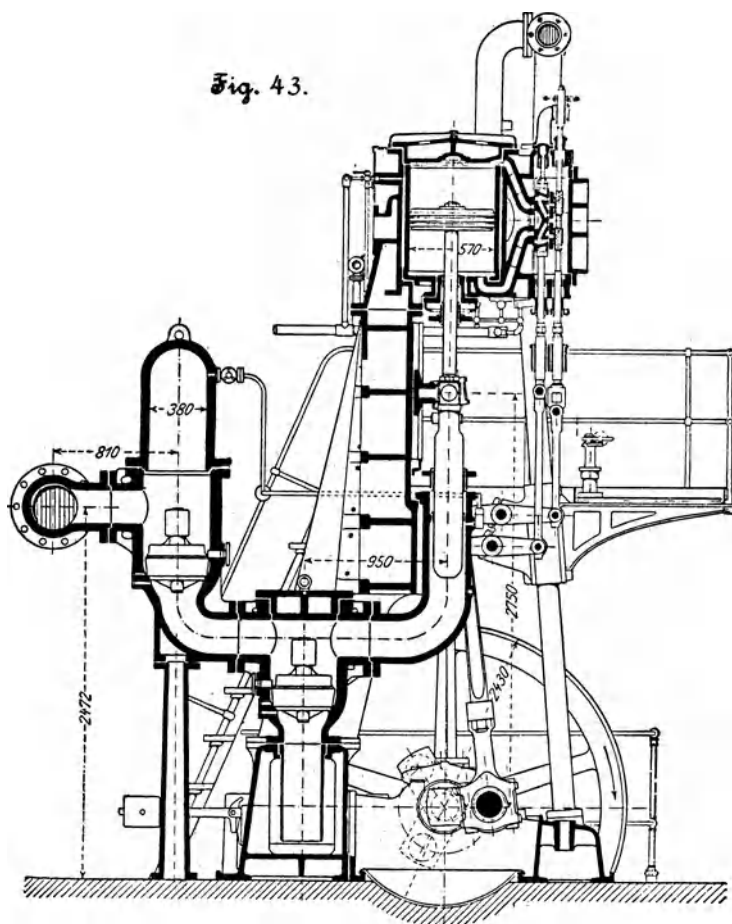
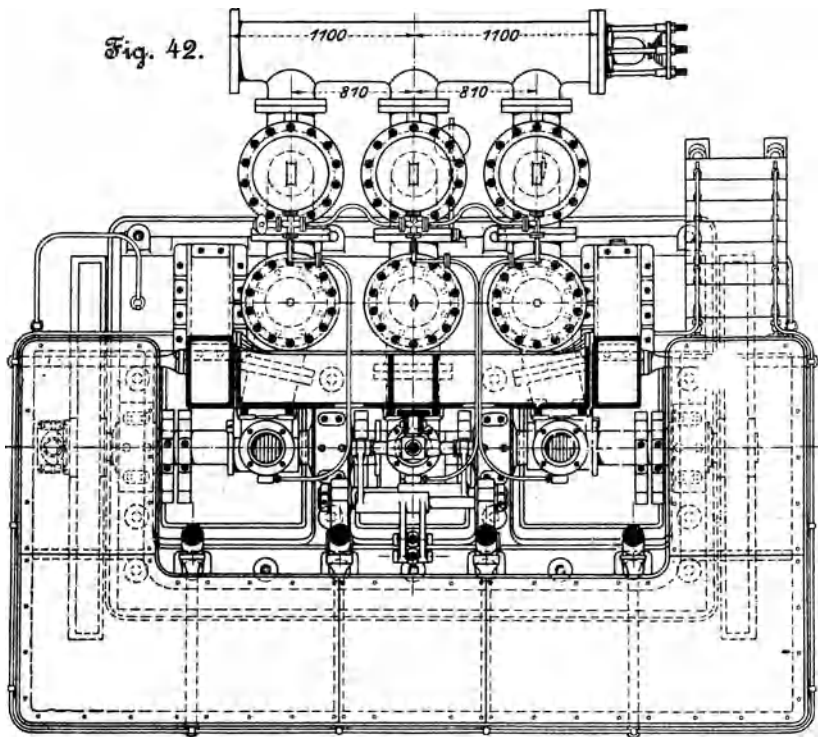


Fig. 43.

Fig. 42.



Gespann: die verhältnismäßig langsam laufende Pumpe mit ihren großen hin- und hergehenden Massen und der raschlaufende Elektromotor. Man konnte beide zu einigermaßen befriedigendem gemeinsamem Wirken nur mit Hülfe von großen Uebersetzungen vereinigen, was stets mit wirtschaftlichen Opfern verknüpft war. Das Ziel blieb daher stets, eine Pumpe zu bauen, die ohne kraftverzehrende Zwischenmittel unmittelbar vom Elektromotor betrieben werden konnte. Die dadurch bedingte Umlaufzahl bewegt sich etwa innerhalb der Grenzen von 150 bis zu 300 i. d. Min.

Durch die Konstruktion der sogenannten Exprespumpe seitens der Professoren Riedler und Stumpf darf man die sehr schwierige Aufgabe wohl als gelöst betrachten. Die Entwicklung der Pumpe und ihre Ausführungen für die verschiedenen Zwecke sind in Riedlers Buch »Schnellbetrieb«<sup>1)</sup> ausführlich dargestellt.

Nach den früheren Erörterungen sind die wesentlichen Erfordernisse für eine Pumpe, die mit hohen Umdrehungszahlen laufen soll, die folgenden:

- gute Wasserführung;
- richtig bemessene und angeordnete Windkessel;
- gedrängte Bauart, so daß die Wasserwege und die zur Erzielung von Bewegung und Beschleunigung des Wassers aufzuwendenden Kräfte möglichst klein werden;
- zweckentsprechend gebaute Ventile, die bei der Bewegungsumkehr des Kolbens sicher öffnen und schließen; insbesondere möglichst leichte, unbelastete Saugventile.

Die Exprespumpe berücksichtigt alle diese Grundregeln in weitem Maße und dürfte in der gedrängten und dabei sehr

<sup>1)</sup> s. Z. 1899 S. 1301; vergl. auch Z. 1900 S. 28.

übersichtlichen Anordnung, der Einfachheit und leichten Zugänglichkeit aller Teile wohl kaum zu übertreffen sein.

Die Pumpe wird der Hauptsache nach gekennzeichnet durch die Anordnung des Saugwindkessels und durch die Konstruktion, die Lage sowie den Zwangschluß des Saugventiles.

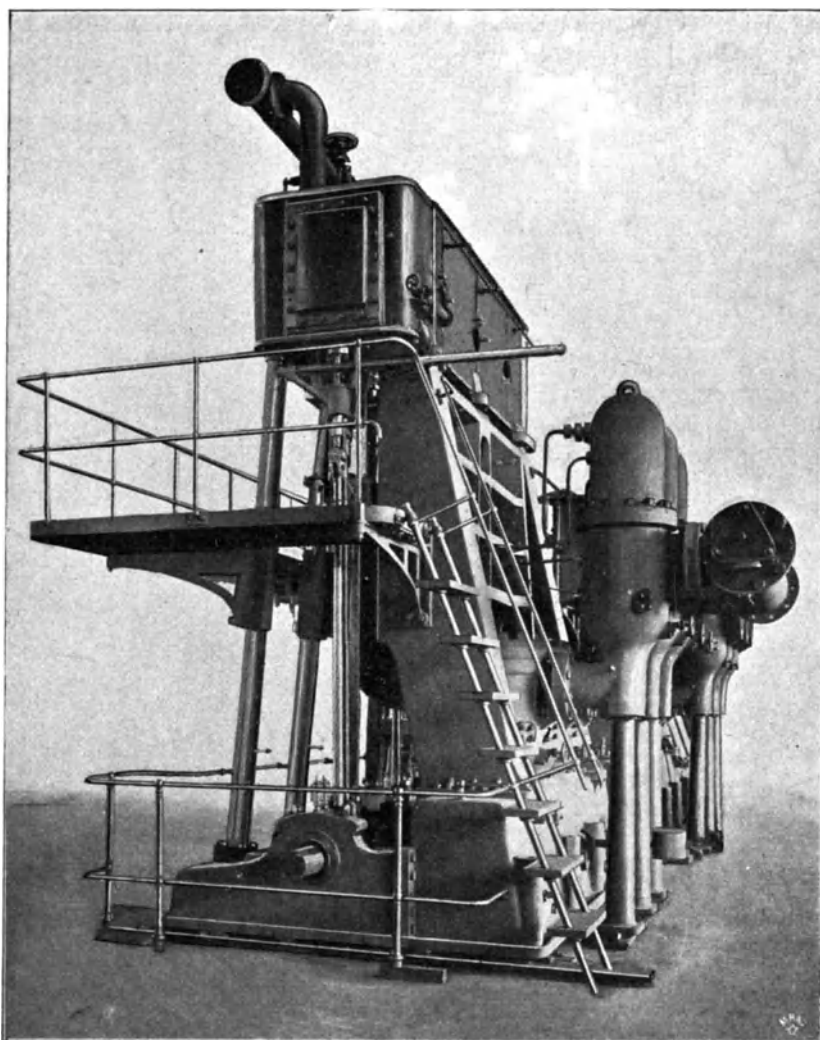
Der Saugwindkessel ist so dicht neben der Pumpe angeordnet, daß das Wasser nur durch den niedrig gehaltenen Sitz des Saugventiles zu treten braucht, um in den Pumpenkörper zu gelangen. Außerdem ist der Windkessel so gebaut, daß der Saugwasserspiegel in etwa derselben Höhe liegt wie das Druckventil.

Das Saugventil ist ringförmig und mit seinem ebenfalls ringförmigen Sitz um den Tauchkolben herum gelagert. Es ist so leicht wie möglich gehalten und öffnet sich vollständig

zu werden, die sich der Bewegung des Ventiles entgegenstellen, und die bei der Leichtigkeit des Ventiles — unter Berücksichtigung des Auftriebes — nur ganz klein sind. Bei den geringen zu beschleunigenden Massen ist die zur Verfügung stehende Kraft: der Ueberdruck der äußeren Luft gegenüber der im Pumpenraume herrschenden Luftverdünnung, imstande, den Massen in kürzester Zeit eine große Geschwindigkeit zu verleihen. Die Wassermassen werden demgemäß dem zurückweichenden Kolben sofort folgen und ohne abzureißen den Pumpenraum in der Saugperiode völlig ausfüllen. Der Umstand, daß im Saugwindkessel der Wasserspiegel hoch steht und das Wasser durch sein Gewicht diesen Vorgang noch unterstützt, ist dabei von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Das Druckventil ist als völlig freigängiges Ringventil

Fig. 44.



frei ohne Behinderung durch Federbelastungen. Der Schluß hingegen wird vom Kolben aus bewirkt, und zwar durch einen nachgiebigen Anschlag, der erst gegen das Ende der Saugperiode auf das Ventil trifft, so daß es ohne Anwendung irgend welcher besondern Steuermechanismen lediglich durch den Kolben selbst gesteuert wird.

Die Arbeit, die während der Saugperiode neben Ueberwindung des reinen hydrostatischen Druckes der Saugwassersäule zu leisten ist, gestaltet sich bei der Pumpe dank der beschriebenen Konstruktion so klein wie möglich. Bei dem kurzen Wasserwege zwischen Saugwindkessel und Pumpenraum sind nur geringere Wassermassen periodisch zu beschleunigen. Das Saugventil hat ebenfalls nur geringe Massen. Um es zu heben, brauchen neben der Beschleunigungsarbeit nur noch die Reibungswiderstände überwunden

gebaut und wird durch Gummifedern geführt, die zugleich die Schlußkraft auf das Ventil übertragen. Jeder einzelne Ring ist für sich, unabhängig von den andern, beweglich. Ueber dem Druckventil ist ein Druckwindkessel vorgesehen.

Die Tauchkolben, welche je nach den Verhältnissen als einfache oder Differentialkolben ausgebildet sind, werden zumeist durch eine gekröpfte Kurbelwelle angetrieben, können aber auch in der bekannten Weise unmittelbar durch die verlängerten Kolbenstangen einer Dampfmaschine betätigt werden.

Die gekröpfte Pumpenwelle ist gekuppelt mit derjenigen der Antriebsdampfmaschine oder des Antriebmotors.

Trotzdem erst einige Monate vergangen sind, seit die technische Welt mit der hier kurz skizzierten Pumpenkonstruktion bekannt wurde, sind bisher schon etwa 35 Pumpen

ausgeführt oder in Ausführung begriffen, darunter mehrere Pumpmaschinen größter Art.

Ueber die außerordentlich günstigen Betriebserfahrungen, die man mit den drei zuerst in Betrieb genommenen Pumpen auf Schacht III der Herzoglichen Salzwerkdirektion Leopoldshall bei Staßfurt gemacht hat, gibt das schon erwähnte Riedlersche Werk »Schnellbetrieb« ausführliche Auskunft.

Die Hannoversche Maschinenbau-A.-G., welche das Ausführungsrecht für die Pumpen erworben hat, baut gegenwärtig 2 Anlagen mit Riedler-Exprespumpen.

Die erste Anlage ist für die Grubenverwaltung der Ilseder Hütte in Gr. Ilsede bei Peine bestimmt. Es ist eine unterirdische Wasserhaltungsmaschine mit elektrischem Antrieb, Tafel I (bei Nr. 1 d. Z.).

Die Pumpe ist als Zwilling-Tauchkolbenpumpe gebaut und mit der Welle des Elektromotors gekuppelt. Die Kolben haben 375 mm Dmr. und 250 mm Hub. Bei 195 Uml./min

fördert die Pumpe in 1 min 10000 ltr Wasser auf eine Gesamtwiderstandshöhe von 70 m. Der Antriebmotor von Siemens & Halske A.-G. in Charlottenburg, Modell D. R. 97/30, entwickelt rd. 200 PS.

Die zweite Anlage ist für das Stahlwerk des Bochumer Vereines für Bergbau und Gußstahlfabrikation in Bochum bestimmt. Die Pumpe dient als Akkumulatorpumpe und muß als solche selbsttätig anlaufen und außer Betrieb gehen. Sie wird von den verlängerten Kolbenstangen einer liegenden Zwillingsdampfmaschine angetrieben; ihre Umdrehungszahl ist, der Eigenart des Betriebes entsprechend, auf 100 Uml./min festgelegt worden. Die Dampfmaschine erhält 475 mm Zyl.-Dmr. bei 610 mm Hub. Die Pumpen sind als Differential-Tauchkolbenpumpen mit 182 und 130 mm Kolben-Dmr. geplant und sollen eine Wassermenge von 3000 ltr/min gegen einen Akkumulatordruck von 18 at liefern.

Ueber die Betriebsergebnisse dieser Pumpen hoffe ich später weitere Mitteilungen machen zu können.

Additional information of this book

(*Neuere Pumpmaschinen*; 978-3-662-23245-3) is provided:



<http://Extras.Springer.com>