

## Kanalisations-Pumpmaschinen.

Auf die Ausbildung der Kanalisationsmaschinen haben zahlreiche Vorbilder älterer Anlagen grossen Stils in ungünstigem Sinne eingewirkt, insbesondere:

die stehend gebauten englischen Kanalisations-Pumpwerke, schwerfällige kostspielige Maschinen nach dem Vorbilde der alten englischen Wasserwerksmaschinen und Cornwaller Wasserhaltungen, und die liegend gebauten Pumpmaschinen der Berliner Kanalisationswerke, die bei den verschiedenen Radialsystemen nach einheitlichem Typus in grosser Zahl ausgeführt und oft nachgeahmt wurden.

Diese Maschinen haben viele Mängel in den Einzelheiten der Pumpen, insbesondere Klappenventile solcher Anordnung, dass keine nennenswerthe Steigerung der Betriebsgeschwindigkeit erreichbar ist. Ausserdem sind bei den Berliner Anlagen die neueren maschinentechnischen Fortschritte nicht ausreichend benutzt; sie arbeiten mit niedriger Dampfspannung, 6—8 Atm., mit gewöhnlichen Verbundmaschinen und mit kleinen Maschinen-Einheiten, geringer Betriebsgeschwindigkeit, 20—25 Umdrehungen minutlich, und können über diese Höchstgeschwindigkeit im Dauerbetriebe überhaupt nicht gesteigert werden. Unzureichende Dampfökonomie und Leistungsfähigkeit, sowie geringe Anpassungsfähigkeit an die veränderlichen Betriebsverhältnisse sind die Folgen dieser Mängel.

Früher wurde dem wechselnden Wasserzuffusse dadurch Rechnung getragen, dass die Anlagen mit Einzylinder-Pumpmaschinen und zweizylindrigen Verbundmaschinen von doppelter Leistung ausgestattet wurden. Bei geringem Zuffluss sind die einfachen, bei grösserem die Doppelmaschinen in Betrieb. Die Einzylinder-Maschinen arbeiten aber mit viel grösserem Dampfverbrauch als die Verbundmaschinen. Steigt der Zuffluss rasch, dann müssen neue Pumpmaschinen in Gang gesetzt oder weitere Kessel angeheizt werden. Hierzu waren früher Röhrenkessel vorhanden, die sich rasch anheizen lassen, aber durch das Anheizen und Wiederkaltstellen immer undicht werden. Auch ist es nicht möglich, im Sommer, wenn Gewitter drohen oder sich entladen, Kessel und Pumpen rechtzeitig in Betrieb zu setzen, und die Nothauslässe werden schon in Anspruch genommen, bevor die Maschinenkraft der Pumpstation voll ausgenutzt werden kann.

Aus diesen Gründen sind die meisten dieser, dem veränderlichen Zuffluss anzupassenden Hilfsmittel wieder aufgegeben. In neueren Anlagen wird die Heizfläche der Kessel nur zur Hälfte der Höchstleistung in Anspruch genommen und die Heizung und Verdampfung auf das zulässige Höchstmass gesteigert, wenn durch raschen Wasserzuffluss die Pumpstation auf ihre Höchstleistung gebracht werden muss. Dies ist aber nur die Hälfte der nothwendigen Einrichtung. Es gehören dazu auch Pumpmaschinen, welche über ihre normale Leistung hinaus, ebenso wie die Kessel, etwa auf das Doppelte gesteigert werden können. Diese naheliegenden Grundsätze sind bisher nur in sehr beschränktem Masse durchgeführt, weil es eben bequemer und vor allem viel billiger ist, die Nothauslässe reichlich zu benutzen und der Drucksteigerung im Druckrohr bei erhöhtem Betriebe aus dem Wege zu gehen, zu gunsten einer Betriebsersparniss und zu ungunsten des gesundheitlichen Zweckes der Kanalisation. Mit den Mehrkosten des grösseren Rohrleitungswiderstandes und der vergrösserten Maschinenleistung und mit der Nichtbenutzung der Nothauslässe muss aber die thatsächliche Reinhaltung der Flussläufe bezahlt werden, wenn der sanitäre Zweck vollständig erreicht werden soll.

Bei richtigem Vorgang kann aber sowohl eine Kessel- wie eine Pumpmaschinen-Anlage geschaffen werden, welche auf das Doppelte der Normalleistung steigerbar ist, und wobei die Anlagekosten kaum um ein Viertel grösser werden als bei den gegenwärtig üblichen, wenig oder garnicht steigerungsfähigen Maschinen; die Betriebskosten könnten bei grösseren Maschinen-Einheiten und bei Ausnutzung der Fortschritte des modernen Dampfmaschinenbaues auf weniger als  $\frac{2}{3}$  der gegenwärtigen Kosten herabgebracht werden.

Erst in der neuesten Zeit haben raschlaufende Kanalisations-Pumpmaschinen Anwendung gefunden; sie werden aber nicht im eben erwähnten Sinne verwandt, sondern nur zu gunsten des geringeren Dampfverbrauchs bis an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht, und im Bedarfsfalle werden nach wie vor weitere Pumpen in Gang gesetzt.

Anlass zur Beschaffung von raschlaufenden Pumpmaschinen war in mehreren neueren Werken der Vortheil, durch den raschen Gang die ersten Anlagekosten

zu vermindern. Wird mit der Betriebsgeschwindigkeit zugleich die Maschineneinheit vergrössert, so lassen sich auch auf diesem Wege allein (bei richtiger Durchbildung) an den Gesamtkosten, Fundamente, Gebäude und Rohrleitungen mit eingerechnet, etwa 40% der Anlagekosten und etwa 30% der Betriebskosten ersparen,

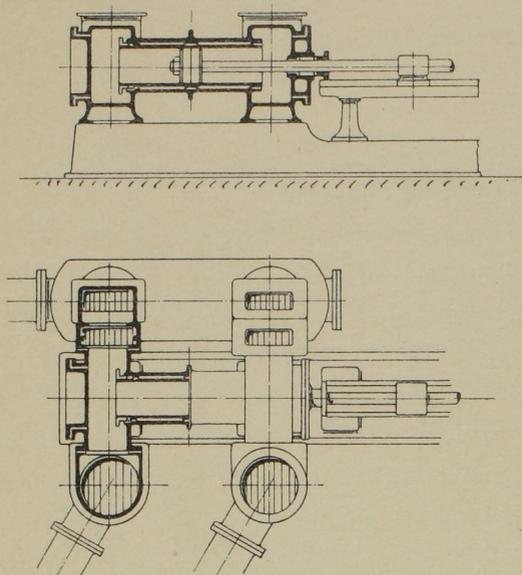


Abb. 1. Kanalisations-Pumpen von Berlin.

maschinen kann gegenüber den älteren Berliner Pumpen auf etwa das Dreifache, 60—80 Umdrehungen minutlich, bei besonderer Pumpenanordnung, von der später noch die Rede sein soll, bis zu 200 Umdrehungen gesteigert werden. Dies ermöglicht bei raschem Gang der Maschinen im normalen Betriebe eine Dampfersparniss infolge der erhöhten Kolbengeschwindigkeit und der geringen Wärmeverluste oder, wenn die Maschine durchschnittlich mit mässiger Geschwindigkeit betrieben wird, eine Steigerungsfähigkeit auf das Dreifache der normalen Leistung, ohne dass neue Maschinen in Gang gesetzt zu werden brauchen.

Die Betriebsführung ist dann gegenüber wechselnden Zuflüssen in weiten Grenzen vervollkommnet und der hygienische Zweck der Anlage vollständig erfüllt, während die bisherigen Anlagen sich viel zu wenig an die wechselnden Betriebsforderungen anpassen können und das grosse Loch im ganzen kostspieligen System: der Nothauslass, die gesundheitliche Aufgabe der Anlage zu einem grossen Theile aufhebt.

Die Konstruktion raschlaufender Pumpen, durch welche diese Vortheile verwirklicht werden, ist in

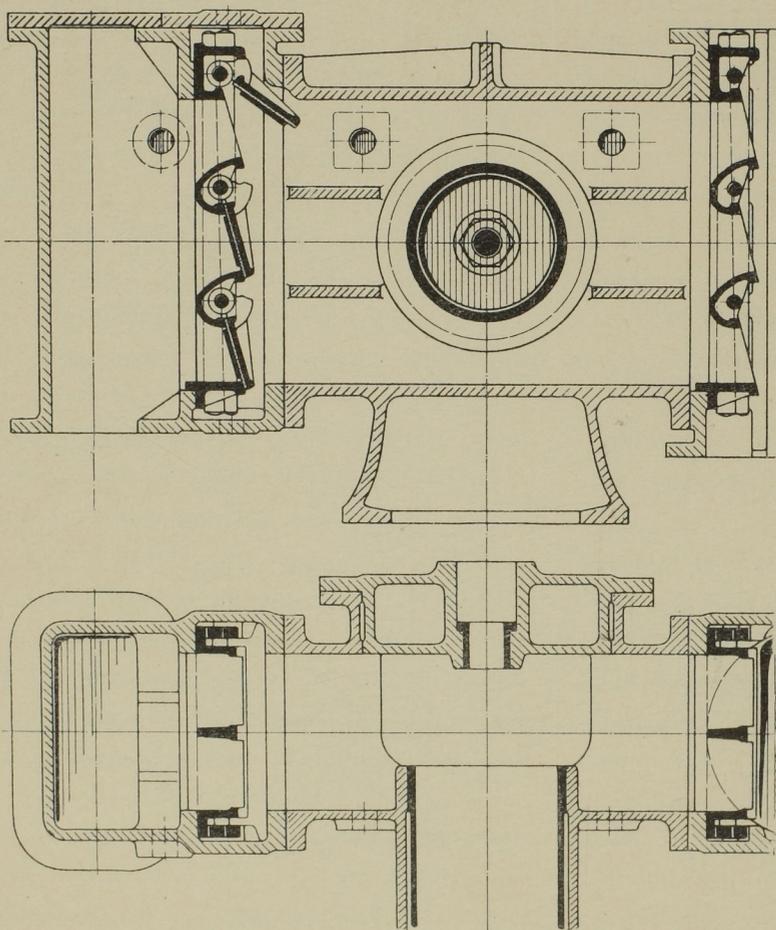


Abb. 2. Klappenanordnung von Kanalisations-Pumpen in Berlin.

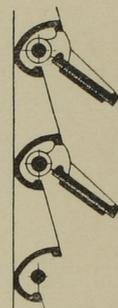


Abb. 3.

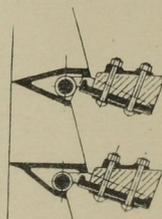


Abb. 4.

was für Grosstädte sowohl wie für kleine Anlagen und beschränkte Verhältnisse von Werth ist.

Der Bau von raschlaufenden Pumpen ist daher von grosser Bedeutung. Ihre Vortheile können schon im Zusammenhang mit normallaufenden Dampfmaschinen und der daraus folgenden Betriebsersparniss ausgenutzt werden. Die Betriebsgeschwindigkeit der Pump-

erster Linie abhängig von richtiger Beherrschung der Bewegung der Wassermassen und von einer Ventilkonstruktion, die der Eigenart der Schmutzwasserpumpen entspricht und zugleich die Bedingungen des raschen und sicheren Schlusses erfüllt.

Das Schmutzwasser erfordert grossen Ventilhub, freien Durchgangsquerschnitt, damit grobe Verunreini-

gungen, selbst Holz, Hadern u. s. w., die das Schmutzwasser trotz der Abweiser in die Pumpen bringt, unbehindert durch die Ventile hindurchgelangen können.

Der rasche Gang wäre mit selbstthätigen Ventilen oder Klappen nur möglich bei grossen Ventilbelastungen und kleinem Ventilhub. Die üblichen Ventile für raschlaufende Pumpen besitzen statt grosser Durchgangsöffnungen nur viele enge Spalten; sie sind daher für Schmutzwasserbetrieb un verwendbar. Vielgliedrige Ventile mit Rippen in den Sitzen u. s. w. versagen bei Schmutzwasser.

Brauchbare Ventilformen sind nur die Klappe und die offenen einfachen Ringventile ohne Spalten und Rippen im Sitz. Solche Klappen sind bei fast allen Schmutzwasserpumpen in Verwendung, aber in ihrer gewöhnlichen Ausführung selbstthätig schliessend und, mit den gewöhnlichen Belastungsgewichten oder Federn versehen, können sie für rascheren Gang nicht verwendet werden. Wegen des nothwendigen grossen Klappenhubes und der grossen Durchflussöffnungen wird daher der Zwangschluss der Klappe unerlässlich.

Der Zwangschluss ermöglicht richtigere Wasserführung als bei den alten Klappenkonstruktionen und grosse freie Durchflussöffnungen, durch welche Fremdkörper selbst von grossen Abmessungen frei hindurch können; er gestattet auch, alle anderen Bedingungen einer richtigen Pumpenkonstruktion vollständig zu erfüllen, während die üblichen alten Klappen dies sehr erschweren. Diese Einzelheiten sind zunächst durch konstruktive Beispiele näher zu erläutern.

Abbildung 1 zeigt die alte Konstruktion der Berliner Schmutzwasserpumpen. Der Pumpenkörper besteht aus dem Mittelcylinder mit eingesetztem ausgebohrten Pumpencylinder aus Rothguss, in dem der volle Scheibenkolben mit Stulpdichtung sich bewegt. An jedem Ende des Pumpencylinders ist ein Doppel-Ventilkasten (Abb. 2) angebracht, ein grosses Gussstück, welches auf der einen Seite (links) die Saugklappen, auf der zweiten die Druckklappen trägt; die einzelnen Klappen (Abb. 3) aus Leder mit Eisenarmirung sind in Stufen über einander angebracht. Aus solcher Anordnung, die in zahlreichen Fällen selbst für Wasserwerkspumpen nachgeahmt wurde, erwachsen grosse Nachteile:

Die Anordnung der in Stufen über einander hängenden Klappen schafft über den Saugventilen einen Luftsack (Abbildung 5), der die richtige Saugwirkung stört. Um die Pumpen überhaupt betriebsfähig zu machen, muss die Luft aus dem Sack künstlich abgesaugt oder besondere Hilfswindkessel angebracht werden.

Der selbstthätige Schluss der Klappen durch ihr Gewicht ist ein mangelhafter; selbst wenn grosse Belastungsgewichte aufgepackt werden (Abb. 4), wirkt die Schlusskraft nur an einem sehr kleinen Hebelarme.

Die grosse Belastungsmasse ist ausserdem ein Bewegungshinderniss bei der selbstthätigen Eröffnung der Klappe. Richtiger wäre es, die schweren Belastungen der Klappen durch Federn zu ersetzen, aber solche widerstehen in der Regel nicht den chemischen Wirkungen des Schmutzwassers, verengen auch den Klappenquerschnitt, geben Anlass zu Verstopfungen und widersprechen daher Forderungen, die an Schmutzwasserpumpen zu stellen sind. Die Versuche, durch federbelastete Klappen raschlaufende Pumpen zu erzielen, sind wiederholt gänzlich misslungen. Grosse Ventilbelastung ist an sich schon ein Hinderniss, weil mit dieser Belastung die Pumpenwiderstände wachsen und der Belastung des Saugventils entsprechend die Saughöhe vermindert werden muss, während die örtlichen Verhältnisse bei fast allen Anlagen zur Betriebsführung mit grosser Saughöhe zwingen, wenn nicht die Bau- und Fundirungskosten hohe werden sollen.

Ein weiterer Nachtheil der stufenweise über einander angebrachten Klappen ist der, dass sowohl im Ventilkasten vor den Klappen wie im Klappensitz eine Reihe von Rippen und Bewegungshindernissen unvermeidlich werden, an welchen Verunreinigungen, insbesondere Lappen oder Holz, sich ablagern und den Pumpengang stören können. Ausserdem ist die Wasserströmung infolge der vielen Ablenkungen eine ungünstige, sodass wegen dieser Ursache und wegen der vielen Rippen u. s. w. die Gefahr von Verstopfungen vorhanden ist. Abb. 5 zeigt die Wasserströmung und die Möglichkeit von Ablagerungen anschaulich.

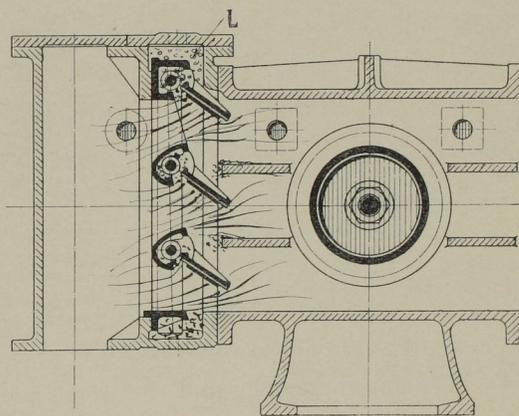


Abb. 5. Klappenanordnung.

Im Vergleich hierzu zeigt die Liegnitzer Pumpe (Abb. 9 u. 10) [vergl. S. 15] die ungestörte einfache Wasserbewegung und solche Konstruktion des Ventilkastens und der Ventilsitze, dass überhaupt keine Rippen, keine Vorsprünge und Bewegungshindernisse die Ablagerung von Fremdkörpern veranlassen können. Alle, selbst grobe Verunreinigungen, Holzstücke und Hadern können glatt durch die weitgeöffneten Klappen hindurchgehen.

Selbst dann, wenn keine grossen Ventile verwendet werden, sondern zu gunsten geringeren Hubes und

leichter Auswechselbarkeit der einzelnen kleinen Klappen die Konstruktion mit Klappengruppen ausgeführt wird, ist die Wasserführung ähnlich der Liegnitzer Pumpe eine günstigere und die Gelegenheit zu störenden Ablagerungen eine viel geringere als bei den zahlreichen alten Berliner Pumpen.

Zunächst wird man die gesteuerten Klappen nicht über einander legen, sondern in Gruppen nebeneinander, derart, dass die Wasserbewegung nicht rechtwinklig abgelenkt wird, sondern in der Richtung der Achse des Ventilkastens verbleibt.

Auch wenn die Klappen in mehr senkrechter Lage angebracht werden, ist eine Wasserführung ohne wesentliche Ablenkung und eine solche Bauart möglich, dass vorspringende Rippen u. s. w. und die Klappen selbst Ablagerungen und Verstopfungen durch Sinkstoffe nicht zulassen.

Die Vortheile, welche gesteuerte Ventile für die Pumpenkonstruktion ergeben, erhellen aus den späteren Beispielen einiger Ausführungen:

Liegnitz (Abb. 7 bis 15).

Berlin (Abb. 20 und 21).

Braunschweig (Abb. 22 bis 24).

Rixdorf (Abb. 25 bis 28).

Steglitz (Abb. 29).

Charlottenburg (Abb. 30 bis 35).

Brandenburg a. H. (Abb. 36 und 37).

Magdeburg (Abb. 38 bis 43).

Kopenhagen (Abb. 44 bis 54).

Mülhausen i. E. (Abb. 55 bis 66).

Ein weiteres Element des guten Betriebes von Schmutzwasserpumpen ist der Pumpenkolben. Ursprünglich war die Anschauung massgebend, Pumpen ohne Kolben seien die einzig richtigen Abwasserpumpen. Da sie anfänglich mit geringen Druckhöhen und mässigen Saughöhen anzulegen waren, glaubte man in den Schleuderpumpen das richtige Mittel gefunden zu haben, und wurden zahlreiche Anlagen in England und bei uns mit Schleuderpumpen ausgeführt. Jetzt ist dieses Bestreben als gänzlich aufgegeben zu betrachten, und mit Recht: Schleuderpumpen sind ebenso wie alle Pumpen mit rotirendem Kolben von besseren Kanalisationswerken ausgeschlossen, weil sie im Dauerbetriebe stark schmutzhaltiges Wasser nicht vertragen und ihr Wirkungsgrad ein schlechter, ihr Kraftverbrauch daher ein hoher ist, insbesondere deshalb, weil die Betriebsgeschwindigkeit von der bei Kanalisationswerken stets veränderlichen Druckhöhe abhängig ist. Die Reparaturbedürftigkeit gerade dieser Pumpen ohne Kolben ist eine so grosse, dass gegenwärtig nur noch Kolbenpumpen ausgeführt werden, auch wenn die Widerstandshöhe nur einige Meter beträgt und selbst bei kleinen Anlagen, wo Kolbenpumpen wesentlich theurer sind als Schleuderpumpen.

Bei den Kolbenpumpen bleibt die Wahl zwischen Scheibenkolben mit innerer Dichtung im ausgebohrten Pumpencylinder und Tauchkolben mit Stopfbüchsen-Dichtung.

Die Scheibenkolben mit Lederstulp-Dichtung im ausgebohrten Bronzencylinder sind eine für Schmutzwasserpumpen wohl geeignete Konstruktion, unter der Voraussetzung, dass der Kolben in seiner Stange genau geführt und so unterstützt und dimensionirt ist, dass die Durchbiegungen durch das Gewicht und durch die Abnutzung ein Minimum, etwa  $\frac{1}{4}$  mm, nicht überschreiten können, und unter der weiteren Voraussetzung, dass der Betriebsdruck der Pumpe etwa 2 Atm. nicht überschreitet. Für solche geringe Widerstandshöhen sind lederstulpedichtete Kolben auch bei schlechter Wasserbeschaffenheit entsprechend. In keinem Falle darf aber der Kolben selbst den ausgebohrten Cylinder berühren.

Bei grösserem Betriebsdruck ist der Stulpverschleiss ein grosser, ebenso die Abnutzung des Pumpencylinders. Dieser muss nach 1—2 jährigem Betriebe ausgewechselt und nachgebohrt werden, was eine schwere, lang andauernde und mit den eigenen Hilfsmitteln der Betriebe gar nicht ausführbare Reparatur bedeutet, welche die Pumpmaschine lange Zeit stillsetzt.

Ein Vortheil der Scheibenkolben ist der, dass sich solche Pumpen kürzer und billiger bauen lassen, und deshalb werden sie häufig ausgeführt.

Für Betriebsdrucke über 2 Atm. ist der Tauchkolben mit Stopfbüchsendichtung die richtige Konstruktion. Liegt die Stopfbüchsendichtung aussen, sichtbar und zugänglich, dann ist die Instandhaltung solcher Pumpenkolben und ihrer Dichtung die einfachste. Jede Undichtigkeit wird sofort bemerkt und kann sofort behoben werden. Der jeweilige Betriebszustand kann von den Aufsichtsführenden sofort erkannt werden. Hier können die Erfahrungen mit anderen Pumpen, insbesondere im Bergbau-Betrieb, zum Vergleich herangezogen werden. Wasserhaltungspumpen haben häufig sehr verunreinigtes Wasser zu heben, welches insbesondere durch die Gesteinsarbeiten scharfe Bestandtheile in die Pumpen bringt, die schlimmer wirken als die Verunreinigungen der städtischen Abwässer. Im Bergbau sind die Pumpen mit Scheibenkolben verschwunden und nur Plungerkolben mit äusserer Dichtung brauchbar, weil nur diese richtig in stand gehalten werden können.

Bei der Kanalisationspumpe Liegnitz wurden Tauchkolben ausgeführt (Abb. 15), deren Dichtung durch Stopfbüchse aussen frei zugänglich ist. Nachtheilig ist bei solchen aussenliegenden Stopfbüchsen, dass die aus der Packung heraustretenden Plunger nicht ganz wasserfrei zu halten sind; dies würde starkes Anziehen der Packung erfordern. Es ist daher durchschnittlich nicht zu vermeiden, dass Schmutzwasser auf dem Kolben verbleibt und abtropft. Zwar kann solches

Tropfwasser unschädlich abgefangen werden, aber eine Belästigung erwächst daraus doch. In vielen Kanalisations-Pumpwerken herrscht mit Recht, gerade weil Schmutzwasser gepumpt wird, eine peinliche Sauberkeit, ohne welche solche Maschinen in kurzer Zeit unfehlbar vernachlässigt werden würden. Diese Sauberkeit wird durch die Plunger, die aus den äusseren Stopfbüchsen heraustreten, etwas gefährdet. Daraus darf aber keine Prinzipienfrage gegen Tauchkolben gemacht werden; sondern wenn die grösste Reinlichkeit unerlässlich ist, sollte jeder Plunger mit einer Aussenkammer versehen, in diese frisches Wasser geleitet und das Schmutzwasser abgeleitet werden, oder es ist die Stopfbüchsendichtung nach innen zu legen.

Die Annahme, dass die Plungerflächen durch das städtische Abwasser angegriffen werden, ist nicht stichhaltig. Diese Annahme entstand aus der Verallgemeinerung übler Erfahrungen mit Kolbenstangen aus Schweiss- oder Flusseisen.

In Liegnitz sind die Plunger seit 5 Jahren in Verwendung und noch nicht ausgewechselt worden; in Charlottenburg sind die Tauchkolben mit innerer Dichtung nach 3jährigem Betriebe in tadellosem Zustande.

Will man die Vortheile der Tauchkolben anstelle der Scheibenkolben ausnutzen und die erwähnten Nachteile der äusseren Tropfwässer vermeiden, dann kann die Stopfbüchsendichtung der Tauchkolben wie erwähnt nach innen gelegt werden (vergl. Kanalisations-Pumpen

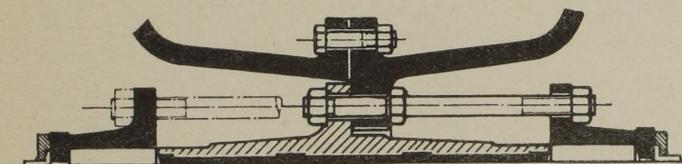


Abb. 6. Massst. 1:10.

#### Innere Stopfbüchse (Charlottenburg).

der Städte Charlottenburg, Abb. 6, und Brandenburg a. Havel, Abb. 36). Solche innere Stopfbüchsendichtung ist an sich besser und dauerhafter als Lederstulpdichtung und für hohen Betriebsdruck geeignet. Auch kann die Konstruktion ohne Schwierigkeit so ausgeführt werden, dass die Dichtung von aussen während des Ganges der Maschine nachgezogen werden kann. Nur kann der Zustand der Dichtung — ebenso wie beim Scheibenkolben — von aussen nicht gesehen werden, dafür gelangt aber auch das Tropfwasser nicht aus der Pumpe heraus.

Solche Pumpen mit innen liegenden Stopfbüchsen bauen sich gleichfalls sehr kurz und billiger als solche mit aussen liegenden Stopfbüchsen.

Bei kleinen Pumpen ist auch der Tauchkolben mit innen liegender Stulpdichtung ähnlich wie beim Scheibenkolben ausführbar; die eigentliche Stopfbüchse

kann hierdurch bei kleinen Ausführungen vereinfacht werden.

Beispiel hierzu: Kanalisations-Pumpe im Königl. Neuen Palais bei Potsdam (Abb. 19), mit einer äusseren und einer inneren Stopfbüchsen- und Lederstulp-Dichtung für eine einfach saugende und doppelt drückende Differenzial-Pumpe.

Die sonstigen Einzelheiten der Pumpwerke für Stadtentwässerungen können am besten bei den folgenden Beispielen von neueren Ausführungen besprochen werden. —

In ausgiebiger Weise auf die Konstruktion der Kanalisations-Pumpen einzuwirken, hatte ich zuerst Gelegenheit beim Entwurf der Kanalisations-Anlage für die Stadt Liegnitz im Jahre 1893.

Der Erbauer dieses Werkes, Herr Stadtbaurath Becker, hat mich für den maschinentechnischen Theil der Anlage zugezogen. Vom Magistrat der Stadt wurde mir der Entwurf, die Ausschreibung und die Begutachtung der eingelaufenen Angebote übertragen, und es wurden in allen Einzelheiten meine Vorschläge angenommen.

Das Wesentliche der Anlage und der Pumpmaschinen ist im Folgenden angegeben.

#### Kanalisations-Anlage in Liegnitz.

Die Anlage wurde 1894 mit zwei Maschinen ausgeführt. Eine Pumpmaschine sollte im Dauerbetriebe normal 85, maximal 106 Sekundenliter an Gebrauchs- und Regenwasser heben. Hierbei wurde für den Kopf der damaligen Einwohnerzahl (49 000) angenommen: 57 secl Gebrauchswasser, 29 secl Regenwasser und 20 secl vermehrter Zufluss bei höchstem Tagesverbrauch. Für die angenommene Höchstleistung wurde die damals für Kanalisationspumpen sehr hohe Betriebsgeschwindigkeit von minutlich 65 Umdrehungen der Ausführung zu grunde gelegt, womit ein wesentlicher Fortschritt und für die Liegnitzer Anlage eine grosse Ersparniss in Anschaffungs- und Betriebskosten erzielt wurde.

Der durchschnittliche Tageszufluss an Verbrauchswasser sollte durch eine Pumpmaschine mit minutlich 34 Umdrehungen, der durchschnittliche Tageszufluss, einschliesslich des normalen Regenwassers, durch eine Pumpmaschine bei etwa 52 Umdrehungen minutlich gefördert werden. Für die Zeit des schwächsten Zuflusses wurden minutlich 20 Umdrehungen angenommen. Bei dieser beliebigen Regulirbarkeit der Maschinen innerhalb 20—56 Umdrehungen minutlich konnte der Vortheil ihrer Steigerungsfähigkeit, ebenso wie der Vortheil der besseren Dampfökonomie der mit günstiger Kolbengeschwindigkeit laufenden Dampfmaschinen ausgenutzt werden.

Mit Rücksicht auf die zu erwartende Zunahme der Einwohnerzahl wurden veranschlagt: 69 secl Gebrauchswasser, 35 l Regenwasser und 24,5 l vermehrter Zufluss

während der grössten Tagesleistung, zusammen 128 secl Höchstzufluss, welcher durch zwei gleichzeitig betriebene Maschinen gefördert werden soll, während die dritte Maschine als Reserve dient. Für die künftigen Betriebsverhältnisse würde daher eine Pumpmaschine den durchschnittlichen Wasserzufluss einschliesslich der normalen Regenmenge zu heben haben bei einer Betriebsgeschwindigkeit von minutlich 65 Umdrehungen.

Der Zufluss des Schmutzwassers erfolgt durch die Hauptkanäle an beiden Seiten eines gemeinsamen gemauerten Sandfanges, an den einerseits ein Zuflusskanal zum Pumpwerk, andererseits der Nothauslass anschliesst, der in Thätigkeit treten soll, wenn der Zufluss 200 secl übersteigt. Aus dem Saugkanal saugen die Pumpmaschinen und drücken das

Schmutzwasser durch einen 5 km langen Rohrstrang von 600 mm Lichtweite nach den Rieselfeldern. Der zu überwindende Höhenunterschied, einschliesslich einer 4 m hohen Wassersäule im Standrohr

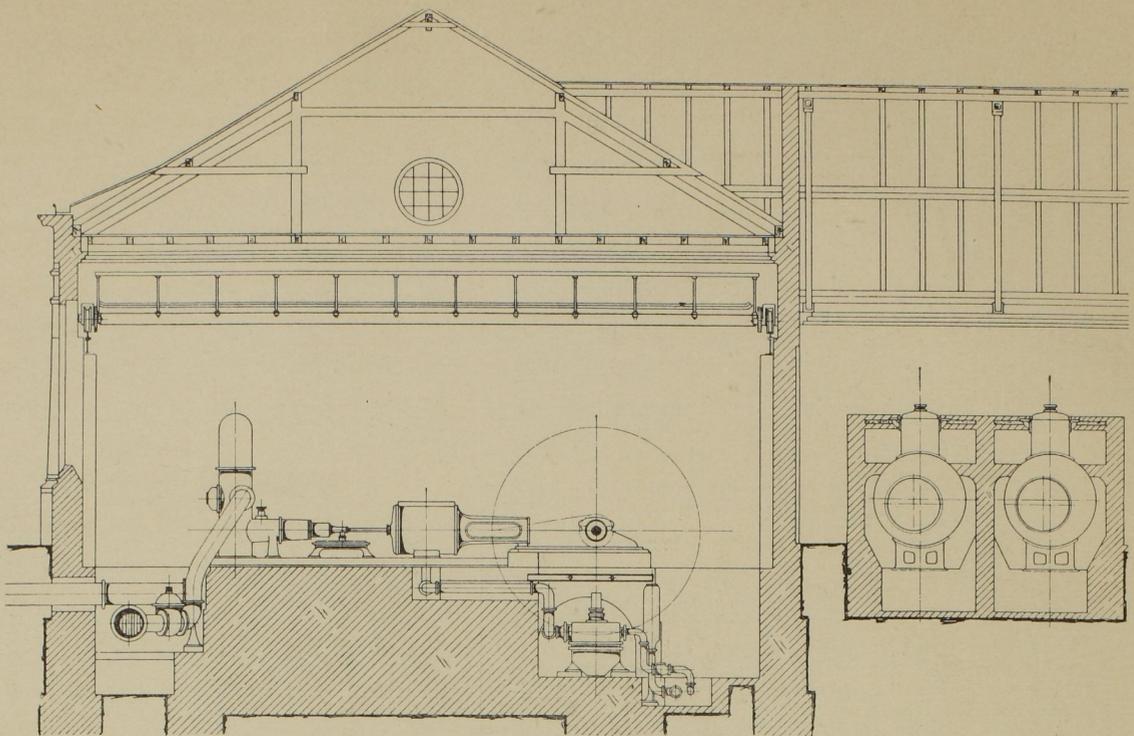


Abb. 7. Querschnitt durch Maschinen- und Kesselhaus.

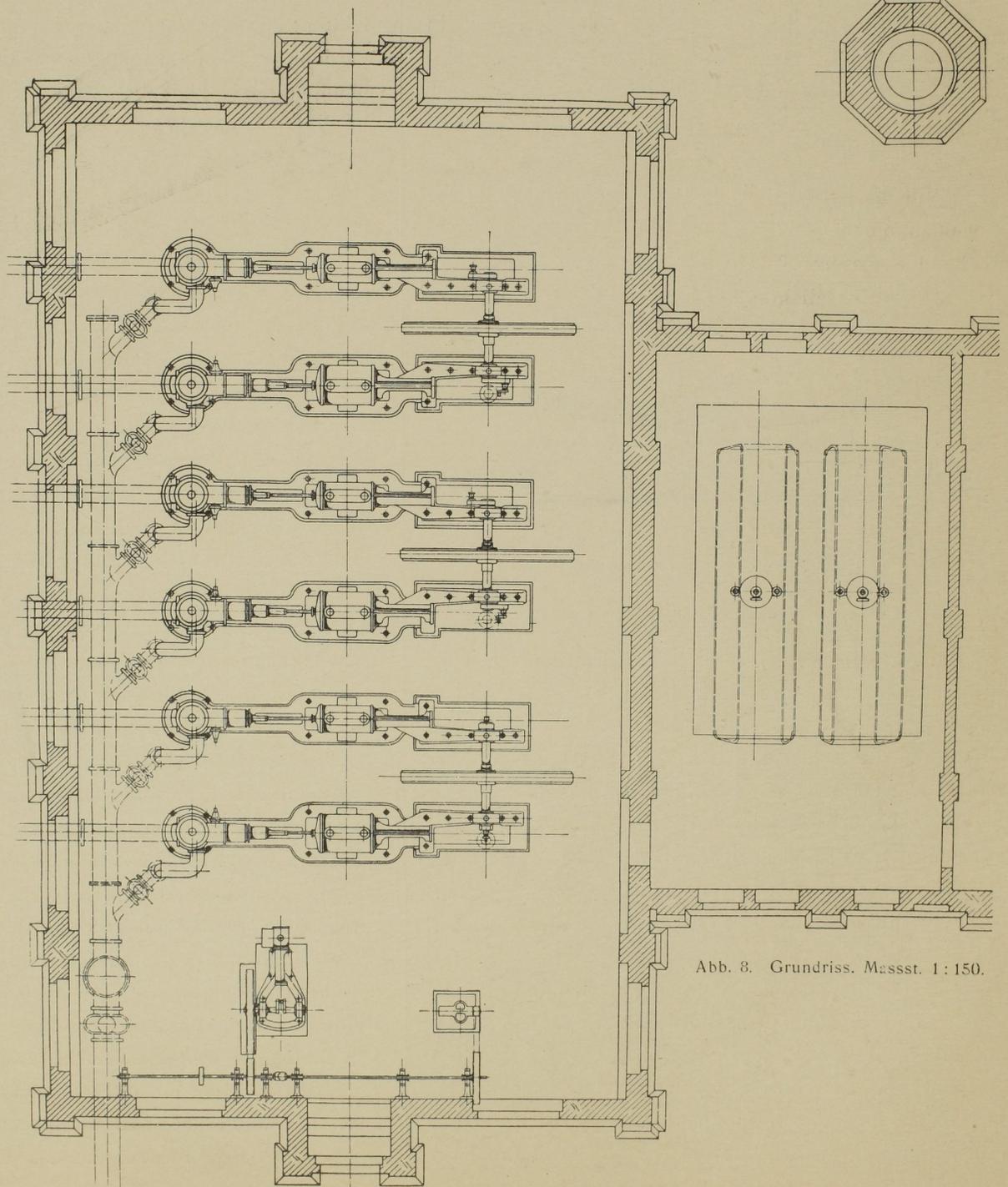


Abb. 8. Grundriss. Massst. 1:150.

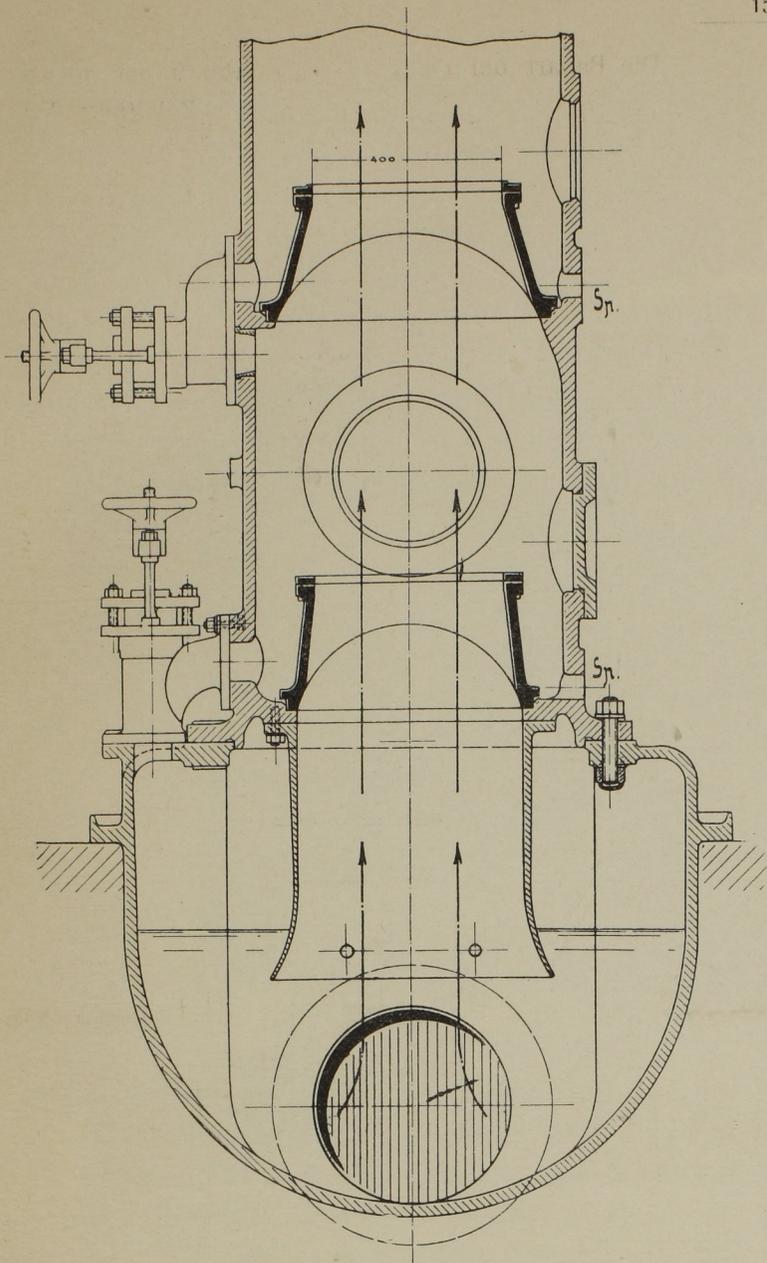


Abb. 9. Querschnitt der Druckpumpe. Massst. 1:15.

auf den Rieselfeldern, beträgt 38 m, die gesamte Förderhöhe rund 48 m.

Die Maschinenanlage ist in Abb. 7 und 8 dargestellt. (Minutl. Leistung 6,4 cbm auf 48 m bei 75 Umdrehungen, 2 einfach wirkende Pumpen von 290 mm Plungerdurchmesser, 700 mm Hub.)

Ursprünglich waren Schutzvorrichtungen gegen grobe Verunreinigungen vorgesehen: im Sandfang ein quer eingesetztes Gitter, ausserdem bewegliche Schleusen, so gebaut, dass sie nicht als Ueberfallschleusen wirken, sondern unter dem Wasserspiegel den Durchfluss nach den Pumpen gestatten, sodass die Schleusen je nach ihrer Höhenlage ebensowohl das Durchfliessen schwerer Verunreinigungen im unteren Theil, als auch das Ueberströmen von schwimmenden Körpern verhüten. Dann hinter dieser Schleuse 2 Reinigungssiebe, in entsprechenden Rahmen geführt und durch eine Windevorrichtung aushebbar. Eines der beiden Siebe sollte jeweilig herausgezogen und das zweite in Betrieb sein. Die Klappenkonstruktion der Pumpen hat aber diese weitgehende Schutzvorrichtung entbehrlich gemacht; die Klappen haben sich gegenüber Verunreinigungen als unempfindlich erwiesen. Die Druckpumpen saugen deshalb auch unmittelbar aus dem Zuflusskanal durch offene Saugröhren ohne Fussventil und ohne Verschluss. Die Entlüftung der offenen Saugleitung vor dem Anlassen erfolgt durch einen Dampfjektor, durch den die Luft sowohl aus dem Saugrohr wie aus dem Pumpenraum vor der Ingangsetzung herausgesaugt wird; hierdurch wird die Wasserfüllung sowohl des Saugrohrs und der Saugwindkessel, wie auch des Pumpenraums bewirkt.

Zur Reinigung der Pumpen wurde eine Verbindung mit der städtischen Wasserleitung vorgesehen, wodurch es möglich ist, alle Pumpen und Rohrleitungen, ohne sie öffnen zu müssen, ebenso die Zuflusskanäle, die Schützen u. s. w., sowie die Reinigungssiebe durch Reinwasser nach Bedarf zu spülen. Auch der Hauptwindkessel wurde mit Spülvorrichtung versehen.

Die Dampfkessel wurden für 8 Atm. Betriebsdruck angelegt. Die Heizfläche wurde so gewählt, dass für den Betrieb einer Pumpmaschine nur ein Dampfkessel im Betriebe steht, wobei im normalen Betrieb (65 secl) die Heizfläche mit nur 12 kg Verdampfung auf Quadratmeter und Stunde beansprucht ist. Im Bedarfsfall wird die Heizung gesteigert und die Heizfläche mit über 20 kg Verdampfung beansprucht, sodass durch diese Betriebssteigerung allein für die zweite Pumpmaschine der Betriebsdampf viel rascher und zugleich ökonomischer beschafft werden kann als durch Anheizen eines zweiten Kessels.

Die Dampfmaschinen sind liegende Verbundmaschinen; jeder Cylinder treibt eine einfachwirkende Druckpumpe durch die Dampfkolbenstange unmittelbar an, während der Kondensator unterhalb des Kurbellagers im Fundament aufgestellt ist. In solcher

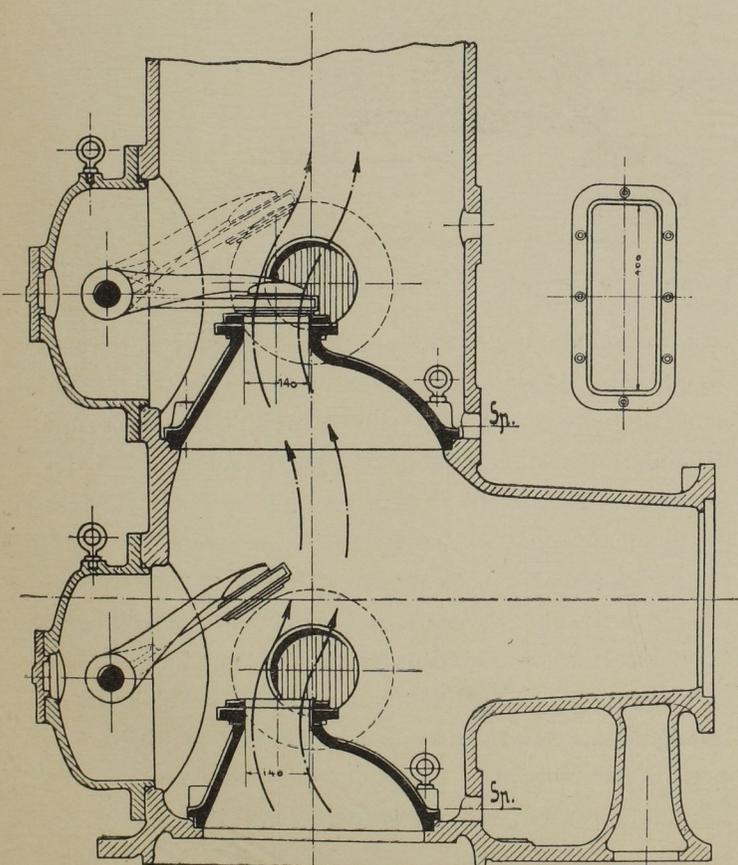


Abb. 10. Längsschnitt der Druckpumpe. Massst. 1:15.

Kanalisations-Pumpe Liegnitz.

Anordnung ergab sich auch die einfachste Rohrleitung (Abb. 11). Die Saugleitung jeder einzelnen einfachwirkenden Pumpe wurde unmittelbar zum Saugkanal geleitet. Die Druckleitung jeder einzelnen Pumpe wird durch ein seitwärts abgebogenes Rohr in das gemeinsame Druckrohr unter Maschinenflur geleitet, während die Dampfleitungen, Kalt- und Warmwasserleitungen und Verbindungen zum Kesselhaus auf der Schwungradseite der Maschine sich in der einfachsten Weise ergeben. Für die Dampfkondensation wird das Wasser aus einem auf dem Grundstücke angelegten Tiefbrunnen beschafft; das Warmwasser der Luftpumpe muss wegen der Hoch-

Die Bauart der Pumpe ist aus Abb. 9 und 10 ersichtlich. Durch sie wurde bezweckt: Zuleitung des Schmutzwassers auf dem kürzesten Wege ohne erhebliche Strömungshindernisse oder Ablenkung des Wasserstromes aus der normalen Richtung, Verwendung der erreichbar geringsten Anzahl einfacher Klappen ohne Rippen und Vorsprünge, Anordnung der Saug- und Druckwindkessel in unmittelbarer Nähe der Klappen, kurz: einfache, kurze Durchströmung des Schmutzwassers durch die Pumpen, Beschränkung der Gelegenheit zu Schmutzablagerungen an Vorsprüngen, Rippen u. s. w. Hierdurch ist die Bauart der Saugleitung, der

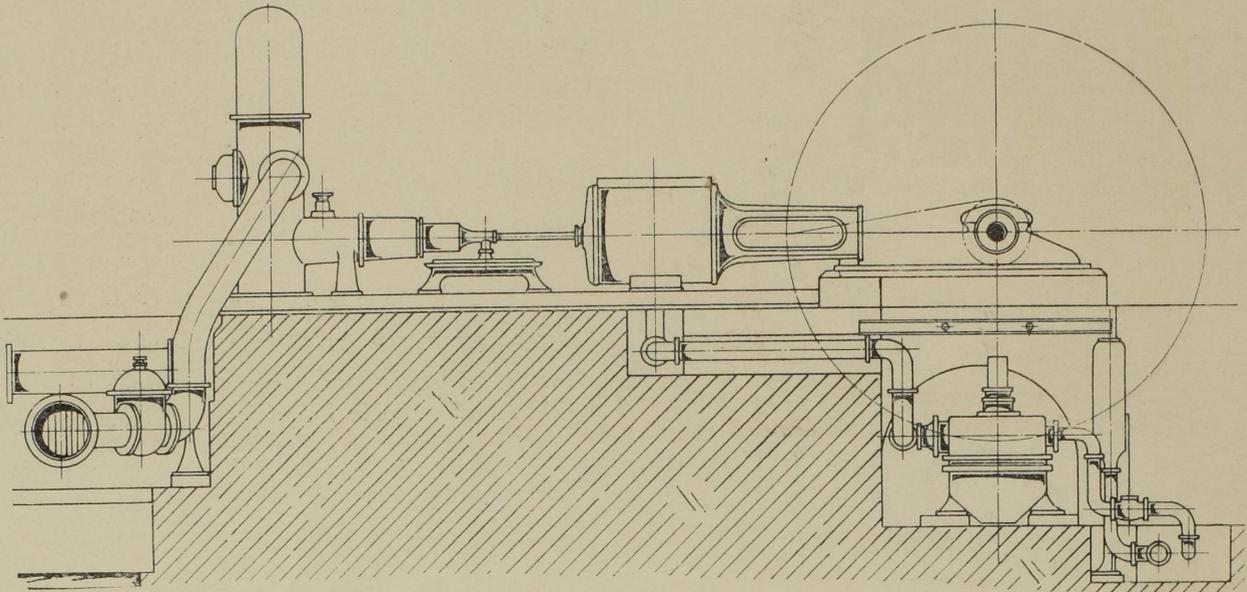


Abb. 11. Anordnung der Druckpumpen. Masst. 1:75.

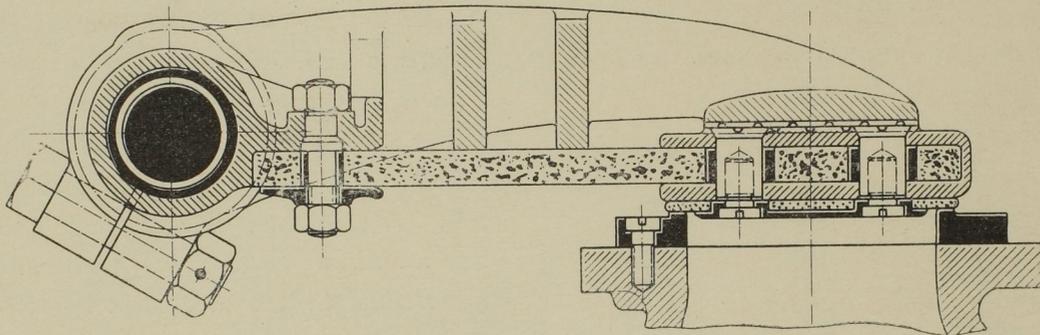


Abb. 12. Pumpenklappe. **Kanalisations-Pumpe in Liegnitz.** Masst. 1:5.

wasserverhältnisse in den Flusslauf des Schwarzwassers gedrückt werden.

Der Regulator besorgt die vorher angegebene Regulierungsveränderung innerhalb 20 und 65 Umdrehungen minutlich und wirkt zugleich als Sicherheitsregulator gegen Ueberschreitung der Höchstumdrehungszahl.

Das gemeinsame Druckrohr, absperrbar gegen das Druckrohr jeder einzelnen Pumpe, mündet in den gemeinsamen Windkessel im Maschinenraum. Ueber dem Druckventil jeder Pumpe ist ausserdem ein besonderer Windkessel angebracht. Zur Bedienung aller Windkessel wurde ein dreipferdiger Luftkompressor im Maschinenraum aufgestellt, der mittelst Riemenübersetzung von derselben Dampfmaschine angetrieben wird, die für die elektrische Beleuchtung im Maschinenraum aufgestellt ist.

Saugwindkessel und die Pumpenanordnung ohne weiteres begründet. Sie weicht erheblich von den bisher üblichen Konstruktionen mit ihren Bewegungshindernissen und Richtungsänderungen ab. Vergl. Druckpumpen der Berliner Werke, Abb. 5.

Die Klappen wurden in der einfachsten Form, als rechteckige und dabei schmale Platten, ausgeführt, so dass das Schmutzwasser durch eine einzige Oeffnung ohne Vorsprünge und Rippen unmittelbar durchströmt und die Gelegenheit zur Ablagerung von Verunreinigungen in der Pumpe soweit als möglich vermindert wird. Wo dies der Natur der Sache nach nicht ausreichend durchzuführen ist, wie neben den Ventilsitzen, sind die Spülröhren angesetzt.

Die Sitzöffnung ist ein breites Rechteck, durch eine

verhältnissmässig schmale Ventilplatte überdeckt, sodass die sonst bei Klappen so ungünstigen dreieckigen Seitenquerschnitte möglichst gross werden. Der Klappensitz ist schräg gestellt, sodass der Wasserstrom bei geöffneter Klappe möglichst wenig abgelenkt wird und zum Druckventil aufwärts gerichtet ist.

Die Klappen (Abb. 12) bestehen aus entsprechend

Weise, um ein Herausklappen zu verhüten, Federn angebracht, die zu vielen Anständen und zu Verschleiss Anlass geben. Bei der Liegnitzer Ausführung sind alle solche umständliche Zuthaten entbehrlich.)

Die Zwangsschlusssteuerung greift bei der Liegnitzer Pumpe mittelst eines Hebels am Rücken der Ventilklappe an (Abb. 12) und drückt die Klappe gegen

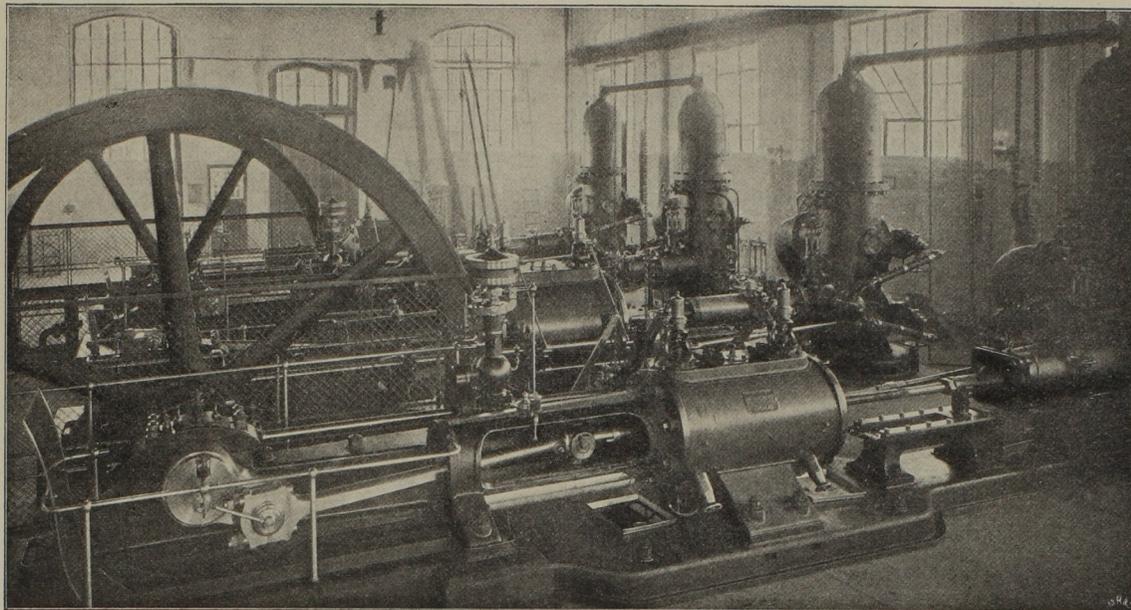


Abb. 13. Maschinenanlage der städtischen Kanalisation in Liegnitz.

widerstandsfähigen Platten mit Lederdichtung. Die Auswechslung des Leders ist nach Lösung der Befestigungsschrauben jederzeit möglich; Vernietungen sind vermieden. Eine eigentliche Ventilführung ist nicht vorhanden. Eine solche würde ebenso wie kurze Drehgelenke Gelegenheit zu Verstopfungen bieten. Die Führung der Ventilplatte erfolgt vielmehr durch die Befestigung an einem elastischen Bande, das aus Gummi mit mehrfachen Einlagen von Segelleinen hergestellt ist. Bei geöffneter Klappe ist die Gummipatte spannungsfrei, um das Flattern der Klappen zu verhüten. Die Spannung in der Aufhängungsplatte tritt beim Schluss des Ventils während des Zwangsschlusses auf. In ähnlicher Weise sind Klappen bisher nicht ausgeführt worden; deshalb hat diese Konstruktion insbesondere bei so grossen Abmessungen viel Bedenken erregt. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass das Schmutzwasser den Gummi gar nicht angreift. Es sind nach fünfjährigem Betriebe noch die ursprünglichen Gummipatten unverehrt in Verwendung, sie haben die Führung und Befestigung der Klappen anstandslos besorgt, und es ist nie eine Störung vorgekommen. (Bei einer anderen gleichzeitigen Ausführung wurde dieselbe Konstruktion an einer nach dem alten Berliner Muster schon im Bau befindlichen Pumpe des Berliner Radialsystems IX, siehe Seite 20, nachträglich angebracht. Hierbei musste das Gummiband als Verbindung zwischen Klappenplatte und Nabe am Drehgelenk sehr kurz ausgeführt werden. Dies hat sich nicht bewährt. Ausserdem sind überflüssiger

Ende des Hubes gegen den Sitz. Der Drehpunkt des Steuerhebels ist so gewählt, dass während der Schlussbewegung kein Gleiten auf dem Rücken der Klappe

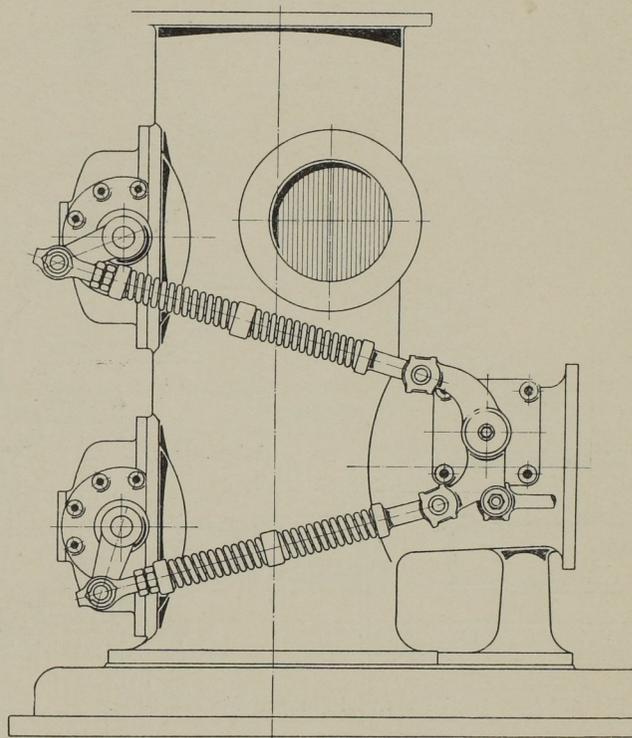


Abb. 14. Druckpumpen-Steuerung. Massst. 1:25.

#### Kanalisationwerk Liegnitz.

eintritt. Solches Gleiten würde bei sandhaltigem Schmutzwasser eine erhebliche Abnutzung bewirken.

Die vorzügliche Zugänglichkeit der Klappen zeigen die Abb. 9 und 10. Es sind auch Schaulöcher senkrecht zu den Klappen angebracht.

Die Aussensteuerung zeigt die Abb. 14. Die Spiralfedern gestatten, dass harte Körper bis zu einer unzusammendrückbaren Stärke von 150 mm keine Störung hervorrufen können.

Die Druckpumpen sind mit einfachwirkenden Tauchkolben versehen und die Kurbeln der Maschinenhälften unter  $180^\circ$  gestellt, um möglichst gleichmässige Wasserlieferung zu erhalten. Die Verwendung von Tauchkolben war hier durch die schlechte Beschaffenheit des Schmutzwassers und durch den hohen Betriebsdruck gerechtfertigt. Gegen ihre Verwendung wurden vielfach die früher erwähnten Bedenken geltend gemacht, weil die meisten Vorbilder mit Scheibenkolben und Lederdichtung ausgeführt sind, die sich aber für höheren Betriebsdruck bei Schmutzwasser nicht eignen. Solche Reparaturen, wie sie Scheibenkolben unter höherem Druck verursachen, insbesondere Ausbohren der Cylinder ausserhalb der eigenen Betriebsstellen, müssen bei einem geordneten städtischen Betriebe ausgeschlossen werden.

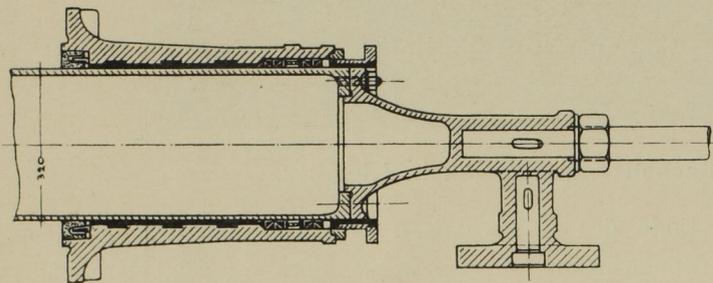


Abb. 15. Kolbendichtung. Massst. 1:15.

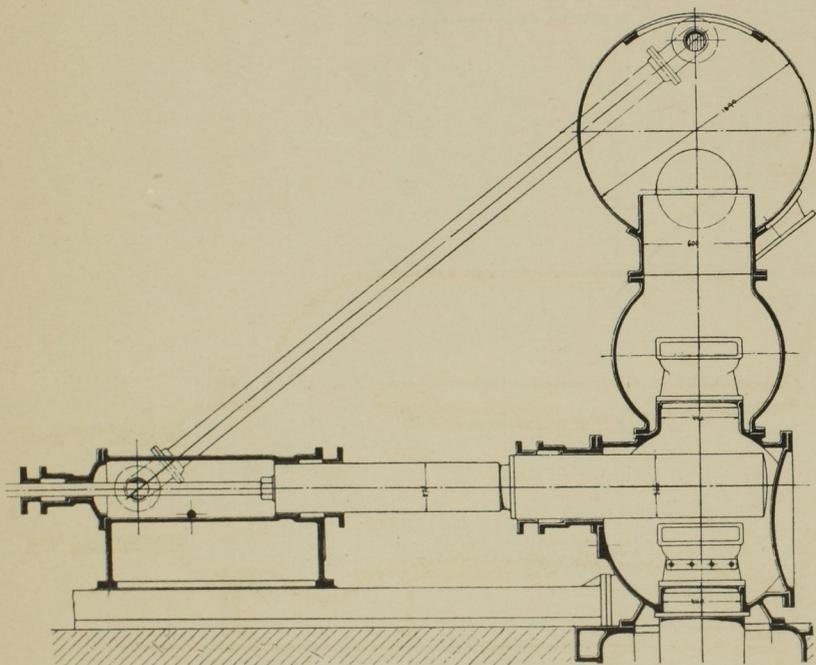


Abb. 16. Differenzial-Pumpe. Massst. 1:15.

#### Kanalisations-Pumpe Liegnitz.

Bei der ausgeführten Konstruktion ist jede Undichtigkeit aussen sichtbar und von aussen ohne Betriebsstörung und rechtzeitig zu beheben. Die Betriebsleitung kann sich auch jederzeit vom Betriebszustande durch einen Blick überzeugen, während sie bei den innen liegenden Lederdichtungen von Scheibenkolben vom Maschinisten

abhängig ist, und erfahrungsgemäss trotz aller Aufsicht Reparaturen oft weiter hinausgeschoben werden, als im Interesse einer guten Instandhaltung erwünscht ist. Das Oeffnen der Deckel und das Neulidern ist eben bei Scheibenkolben zu umständlich, als dass es häufig gemacht werden könnte; bei Tauchkolben hingegen ist die Instandhaltung eine einfache Sache. Die Erfahrung hat dies bestätigt. Die Tauchkolben sind nach 5 jährigem Betriebe trotz der grossen der Schmutzwassereinwirkung ausgesetzten Fläche in gutem Zustande.

Anfänglich wurde gegen meine Absicht von der Maschinenfabrik eine Metalldichtung ausgeführt (Abb. 15); solche ist zwecklos und kann sich nicht bewähren, da Schmutzwasser und Metalldichtung sich nicht vertragen. Solche Metalldichtungen haben sich selbst bei Reinwasserpumpen nicht bewährt. Die Metallringe wurden durch gewöhnliche Packung ersetzt, und seither hat die Dichtung keine Schwierigkeiten ergeben.

Die Stopfbüchsen der Tauchkolben sind so gebaut, dass im vorderen Hubwechsel der Kolben samt Stopfbüchse nach Lösung der Anschlussschrauben und der Gestängekuppelung herausgehoben werden kann, ohne dass irgend ein anderer Pumpentheil auseinandergenommen zu werden braucht. Ausserdem ist ein Kolben samt Stopfbüchse als Reserve vorhanden und wird, betriebsfertig gepackt, als Ersatzstück vorrätzig gehalten.

Bei einfachwirkenden Pumpen hinter den doppeltwirkenden Dampfzylindern muss die Betriebskraft jedes halben Maschinenhubes durch das Maschintriebwerk auf die zweite Pumpenseite übertragen werden. Daraus erwächst kein Nachtheil; im Gegenteil, es sind die bewegten Massen des Pumpentriebwerks kleiner und die Konstruktion sowie der Betrieb viel einfacher wie bei doppeltwirkenden Pumpen.

Um die Vortheile der einfachwirkenden Pumpen mit nur 2 Ventilen beizubehalten und zugleich die Druckvertheilung der doppeltwirkenden Pumpen auszunutzen, könnten die Druckpumpen als Differenzialpumpe ausgeführt werden (Abb. 16). Um jedoch dem Differenzialkolben nicht Schmutzwasser zuführen zu müssen, könnte er statt mit dem Wasserraum der Druckpumpe mit deren Luftraum, dem Windkessel, verbunden und der Cylinderraum des Differenzialkolbens nach Bedarf mit Reinwasser gefüllt werden, um die Stopfbüchsendichtung des Gegenkolbens zu erleichtern. Auf solche Weise könnte die Druckvertheilung symmetrisch erfolgen und doch die Vortheile der einfachwirkenden Pumpen beibehalten werden.

Ein Beispiel einer kleinen Ausführung ist die Pumpmaschine für die Kanalisation des Königlichen Neuen Palais bei Potsdam. Abb. 17 zeigt die Anordnung der ganzen Maschine, Abb. 18 und 19 die der Druckpumpe, die als einfachsaugende und doppelt drückende Differenzialpumpe ausgebildet ist.

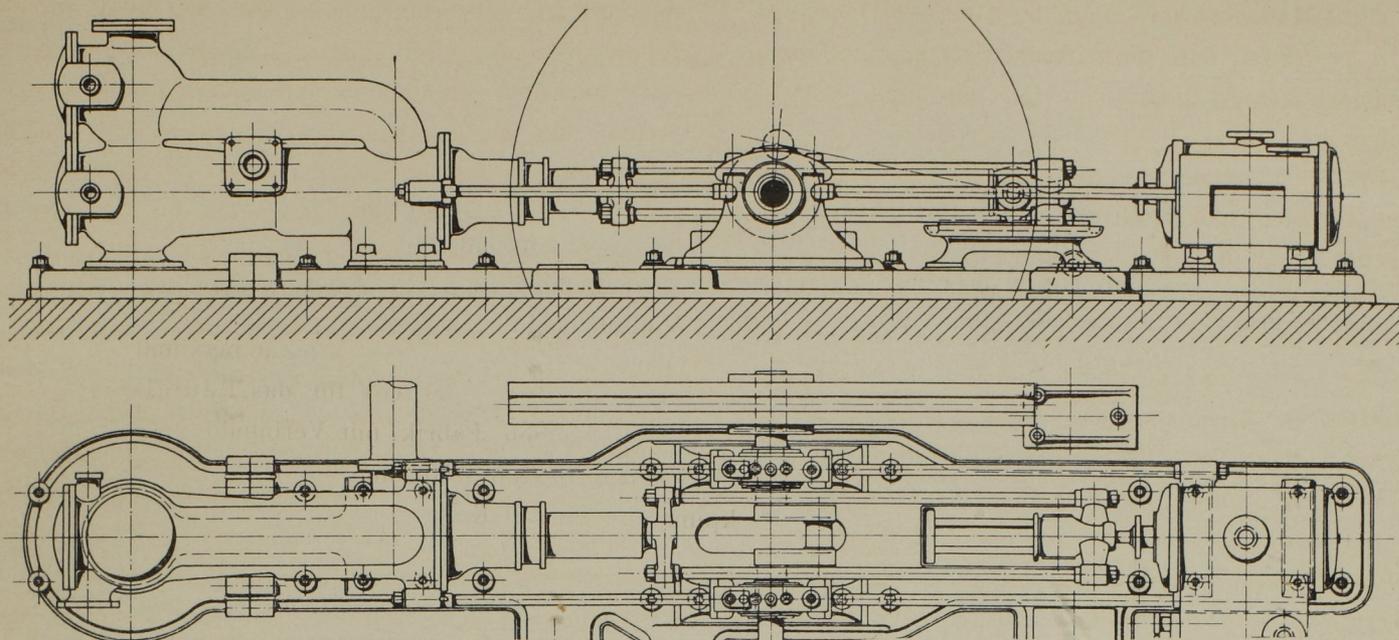


Abb. 17. Anordnung der Pumpmaschine. Masst. 1:30.

Der Raum war ausserordentlich beschränkt und das Maschinenhaus durch eine vorhandene Anlage stark in Anspruch genommen. Dampfzylinder und Pumpe mussten zu beiden Enden der Maschine, das Triebwerk in der Mitte mit Querhäupten und Umführungsstangen angeordnet werden.

Die Druckpumpe ist mit einfachsaugendem und doppeldrückendem Differenzial-Kolben versehen. Saug- und Druckklappen sind ähnlich wie in Liegnitz ausgeführt, aber wegen der Wasserablenkung nach der Kolbenseite und nach dem tiefliegenden Druckrohr hin schräg gelegt. Durch das tiefliegende Druckrohr im vorderen Pumpenkörper wird die Verstopfung der Pumpentheile durch Verunreinigungen wirksam verhütet

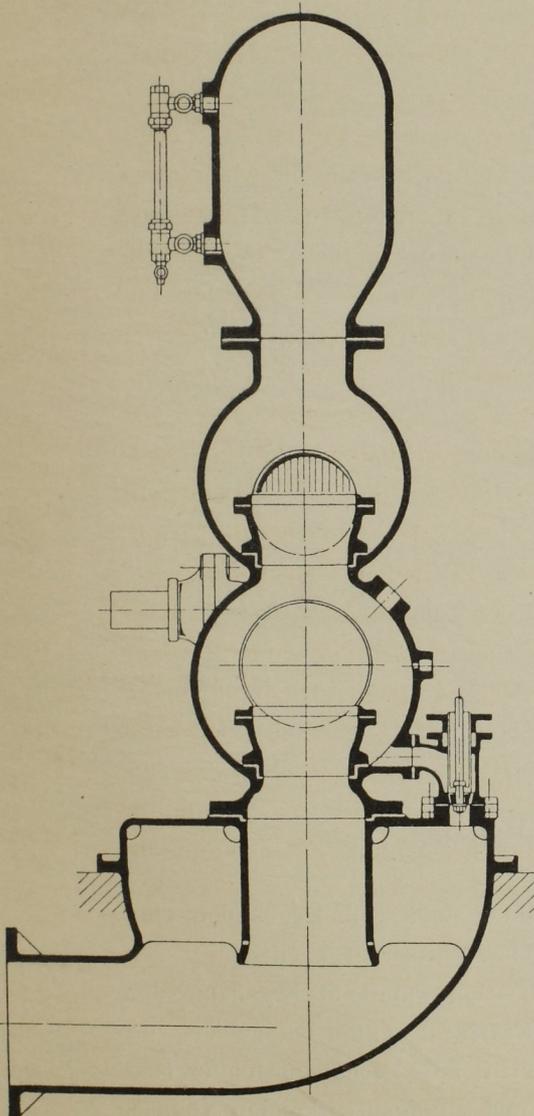


Abb. 18. Querschnitt der Pumpe. Masst. 1:15.

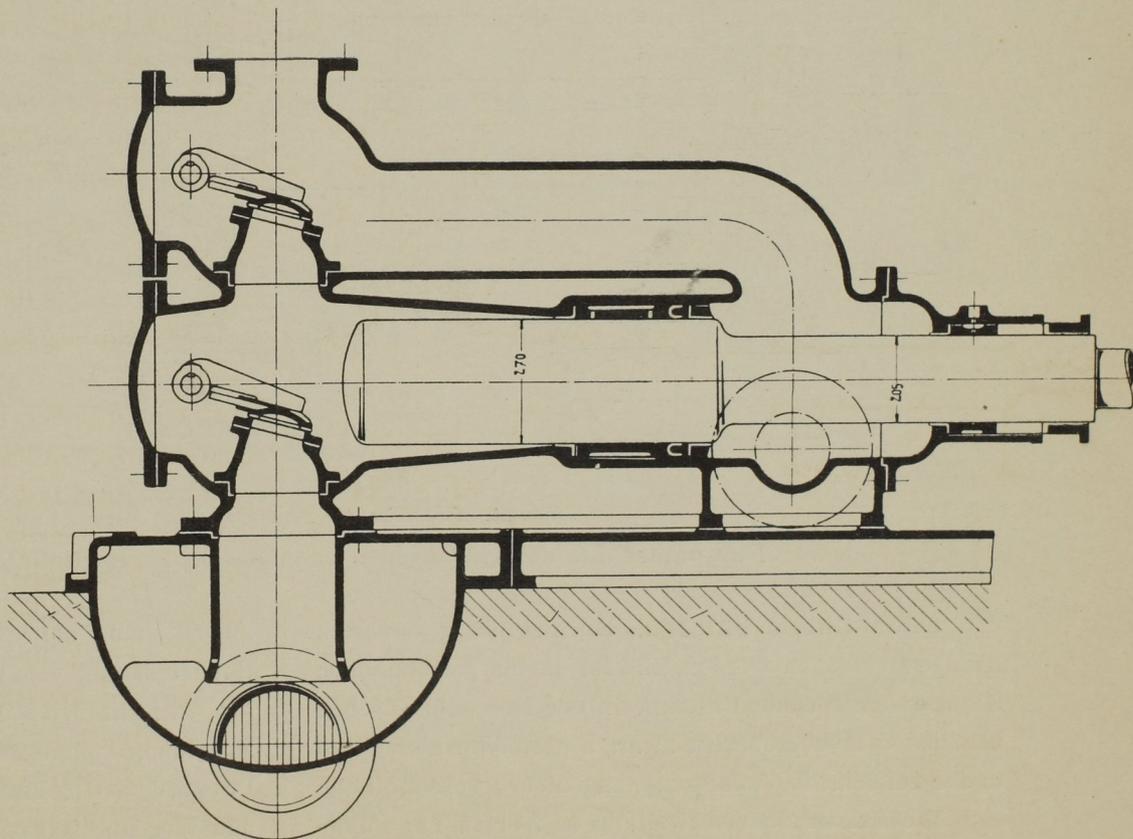


Abb. 19. Längsschnitt der Differenzial-Pumpe. Masst. 1:15.

Kanalisations-Pumpe im Königl. Neuen Palais zu Potsdam.

Bald nach Fertigstellung der Liegnitzer Pumpmaschinen, zum Theil noch während ihres Baues, haben sich die gesteuerten Klappen wegen ihrer eben erwähnten Vortheile in grösserem Massstabe Bahn gebrochen und wurden in den letzten 10 Jahren bei zahlreichen Anlagen ausgeführt.

So sind im Berliner Kanalisations - Pumpwerk für das Radialsystem IX (Seestrasse) zwei Pumpen

fabrik „Cyclop“ in Berlin mit liegender Verbunddampfmaschine (450 und 720, Hub 900) und doppelwirkenden Kolbenpumpen von 290 Dcm., welche minutlich mit 60 Umdrehungen bei 5 m Saug- und 40 m Druckhöhe maximal 14 cbm Wasser fördern; ein zweites für das Radialsystem IV von derselben Fabrik mit Verbunddampfmaschine (645 und 1020, Hub 1050) und 2 doppelwirkenden Druckpumpen von 340 Kolbendcm., die minutlich

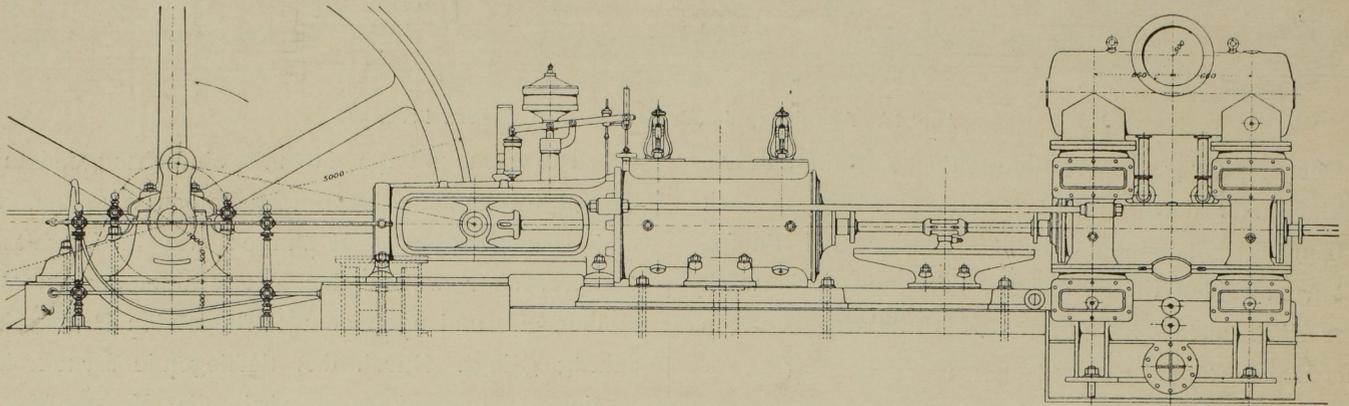


Abb. 20. Seitenansicht der Pumpmaschine. Massst. 1 : 60.

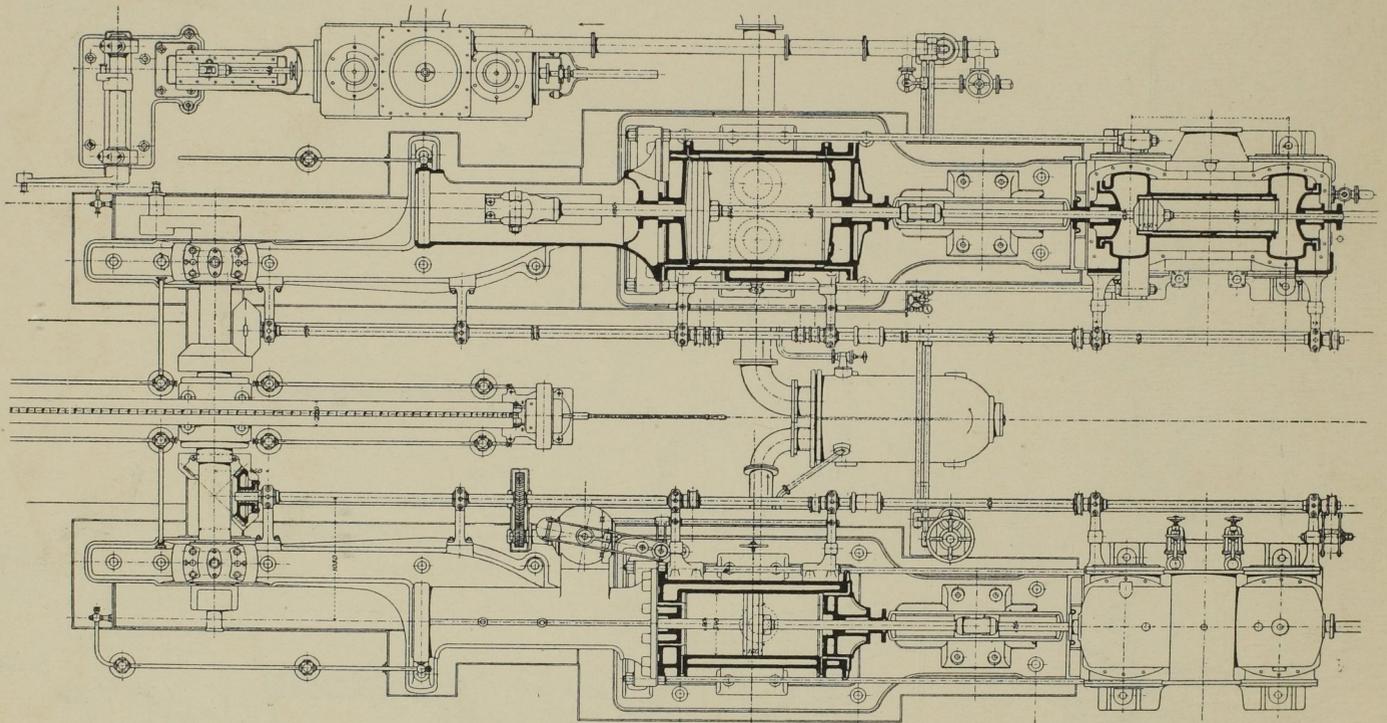


Abb. 21. Grundriss der Pumpmaschine. Massst. 1 : 60.

#### Pumpmaschine der städtischen Kanalisation zu Berlin. Radialsystem IX.

von der Wilhelmshütte in Eulau mit gesteuerten Klappen versehen worden, obwohl die mit gewöhnlichen Klappen entworfene Maschine in der Herstellung schon ziemlich weit vorgeschritten war. Einzelheiten hierzu sind in der Zeitschr. d. V. deutscher Ingenieure veröffentlicht.

Die Kanalisationsverwaltung in Berlin hat Pumpwerke mit gesteuerten Klappen ausführen lassen:

eines für das Radialsystem X von der Maschinen-

mit 50 Umdr. bei 5 m Saug- und 45 m Druckhöhe eine Höchstleistung von 19 cbm Wasser ergeben;

eine dritte Kanalisations-Pumpe als Ergänzung der Maschinen-Anlage des Radialsystems III, gebaut von Petzold & Co. in Berlin, mit Verbundmaschine (450 und 720, Hub 900 mm) und 2 doppelwirkenden Kolbenpumpen von 300 mm Durchmesser, welche minutlich mit 60 Umdr. 13,2 cbm auf 29 m Höhe heben.

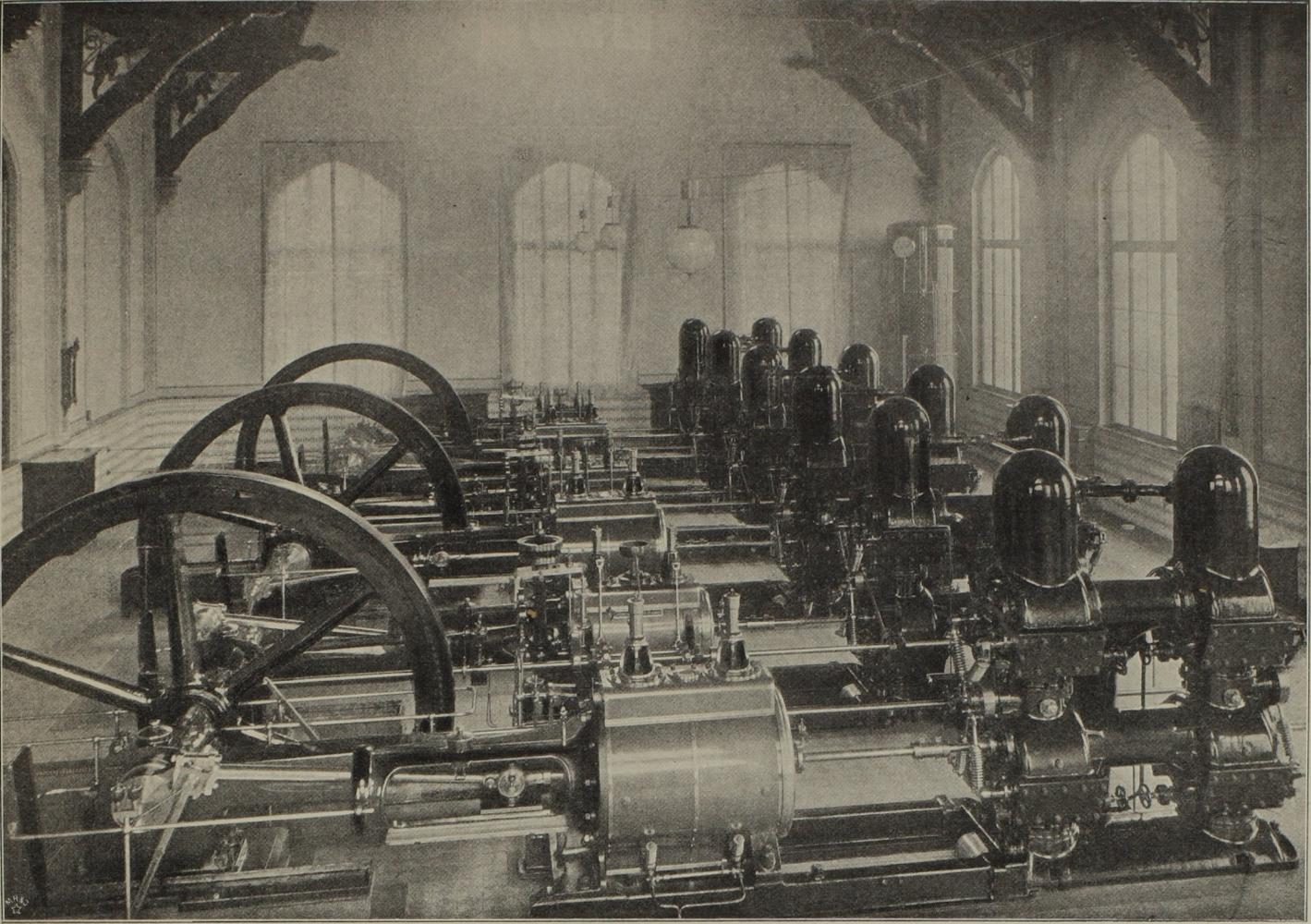


Abb. 22. Gesamtbild des Maschinenhauses.

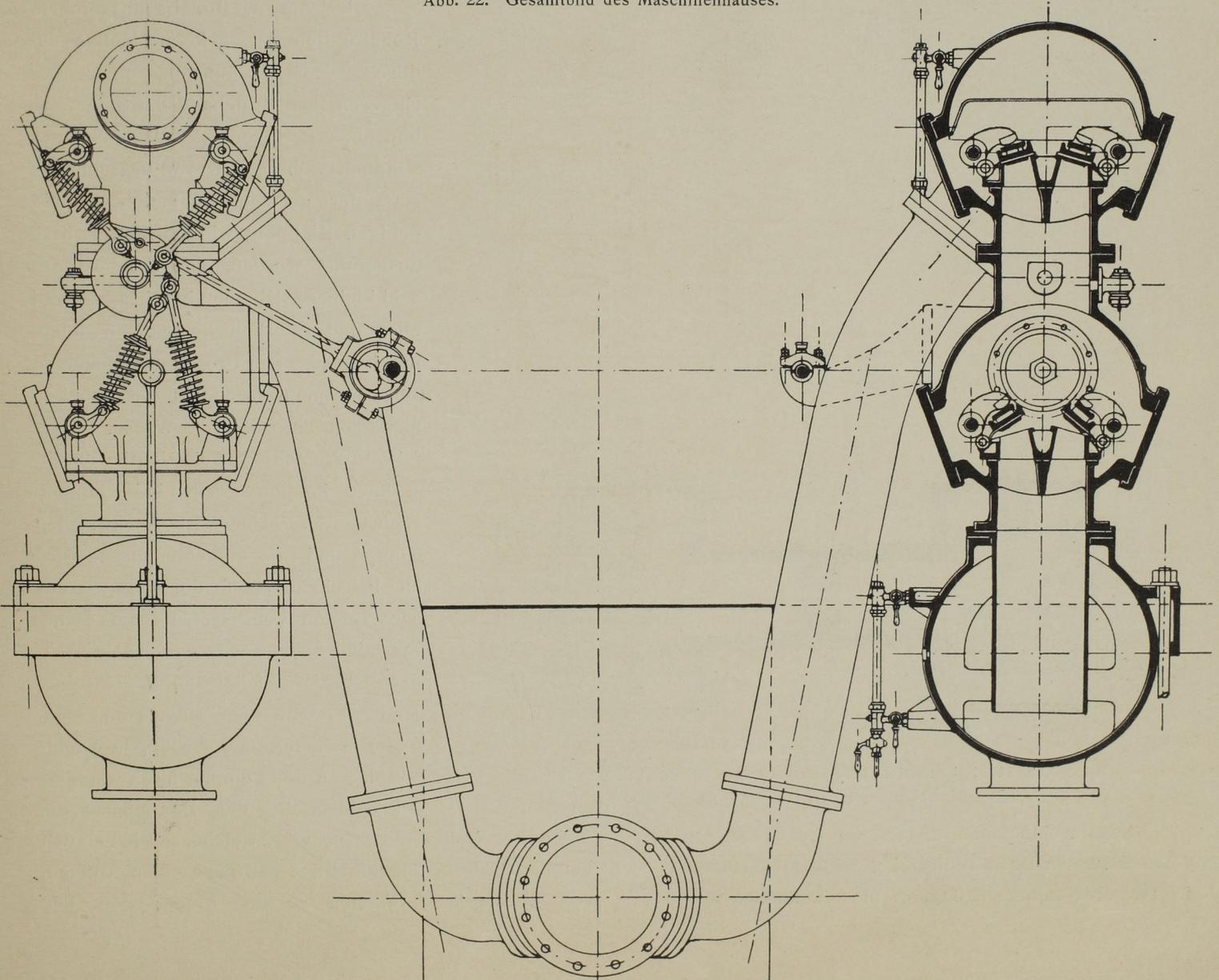


Abb. 23. Seitenansicht und Querschnitt der Druckpumpen. Massst. 1:20.  
Pumpenanlage der städtischen Kanalisation in Braunschweig.