

PRESS-PUMPMASCHINEN

ZUR

ERZEUGUNG VON KRAFTWASSER FÜR HYDRAULISCHE

KRAFTÜBERTRAGUNG

Press-Pumpmaschinen für hydraulische Kraftübertragungs-Anlagen.

Gegenüber der grossen Vollkommenheit, mit welcher gegenwärtig hydraulische Kraftanlagen, insbesondere für Hafeneinrichtungen und Fabriksbetriebe ausgeführt werden, mag daran erinnert werden, dass es erst ein Jahrhundert her ist, seit Bramah die für die hydraulische Kraftübertragung massgebende Grundlage, die einfache hydraulische Presse, praktisch durchführte. Mehr als ein halbes Jahrhundert ist dann verstrichen, bis Armstrong in Newcastle das hydraulische Prinzip in grösserem Massstabe auf die eigentliche Kraftübertragung anwandte, ohne zunächst mit seinen neuen Konstruktionen auf weiteren Gebieten durchdringen zu können. Gegenüber der hydraulischen Kraftübertragung blieb die unmittelbare Dampfarbeit immer Siegerin.

Erst das Aufkommen des Bessemer-Prozesses hat die hydraulischen Hebevorrichtungen in nahezu alle Stahlhütten eingeführt. Gleichzeitig entwickelten sich die hydraulisch betriebenen Hebevorrichtungen in Fabriken, Speichern, Bahnhofs- und Hafenanlagen, auf Schiffen, im Geschützwesen, und seit zwei Jahrzehnten sind auf diesen und vielen anderen Gebieten hydraulische Kraftanlagen im grössten Massstabe zur Verwendung gelangt, in neuerer Zeit allerdings im Wettbewerbe mit der elektrischen Betriebskraft.

Die Eigenschaften des Kraftwassers, seine Unzusammendrückbarkeit, der hohe Wirkungsgrad, die Sicherheit und Bequemlichkeit des Betriebes sind Vorzüge, welche dieser Betriebsart immer ihr Feld sichern werden. Ausserdem ist es möglich, wenn auch bisher noch nicht gewürdigt oder durch bekannte mangelhafte Einrichtungen verdunkelt, dass sich hydraulische Motoren ganz so wie Dampfmaschinen mit beliebiger Regulirung zwischen Vollfüllung und Leergang bauen lassen, und dass sie auch so gebaut und betrieben werden können, dass der Wirkungsgrad bei wechselnder Belastung ein fast gleichbleibend günstiger ist, im Gegensatz zu anderen Motoren, deren Wirkungsgrad mit schwacher Belastung stark abnimmt. Auf dieser Grundlage wird sich die Verwendung von Kraftwasser zum Betriebe von Wassermotoren noch weite Gebiete

erobern können, insbesondere da, wo die elektrische Betriebskraft infolge ihrer Eigenthümlichkeiten nicht alle Anforderungen erfüllt. Ein solches Gebiet bilden insbesondere die grossen Bergwerks- und Hüttenmaschinen mit ihrer stark veränderlichen und oft plötzlich wechselnden Krafterleistung.

Der Kraftübertragung durch Presswasser steht daher trotz der vielfachen Fehler, die seither im Bau von hydraulischen Anlagen begangen wurden und diese in Misskredit brachten, in der Zukunft ein weites Verwendungsfeld offen, und es wird am Platze sein, hier über einige Fortschritte auf dem Gebiete der Presswasserpumpen zu berichten.

Presspumpen-Anlage am Freihafen zu Triest.

Die Anlage ist zunächst mit drei Presspumpmaschinen von je 175 Pferdekraften Durchschnittsleistung ausgeführt. Die Aufstellung einer vierten Pumpe ist vorgesehen. Grosse Raumbeschränkung und die Unsicherheit des Fundaments zwangen zur stehenden Bauart. Die Fundierungsschwierigkeiten waren ungewöhnlich gross, da der Bau auf einer Anschüttung liegt, welche genügende Sicherung durch Pfähle nicht erreichen liess.

In Abb. 1—3 ist das Maschinengebäude im Grundriss, Längsschnitt und Querschnitt dargestellt.

Abb. 4 giebt die Seitenansicht der Pumpmaschinen-Anlage.

Die Antriebsmaschinen sind zweistufig expandirende Dampfmaschinen mit Oberflächenkondensation, mit Hochdruckcylinder von 450 mm und zwei Niederdruckcylindern von je 600 Durchmesser. Die Dampfzylinder treiben bei Kurbelversetzung unter 120° und 600 mm gemeinschaftlichem Hub die Presspumpen an. Diese sind einfachwirkend, haben 145 Kolbendurchmesser und werden unmittelbar von der Dampfkolbenstange angetrieben. Von jedem Kreuzkopf führen zwei Zugstangen zur Kurbel. Die Pumpenventile sind Doppelsitzventile mit Metaldichtung, am

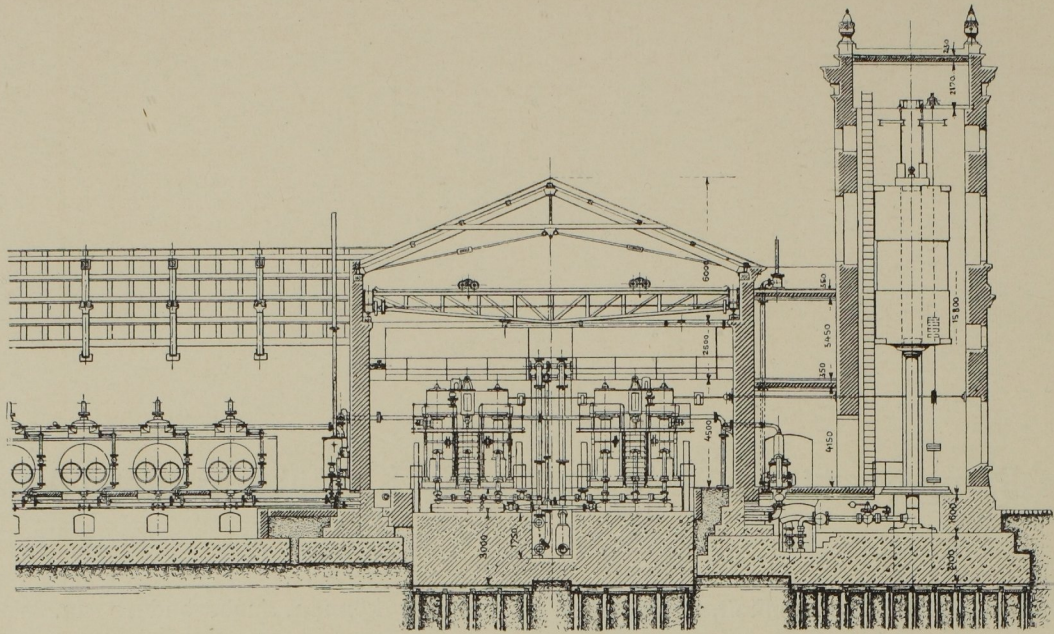


Abb. 1. Längsschnitt durch das Maschinengebäude. Massst. 1 : 300.

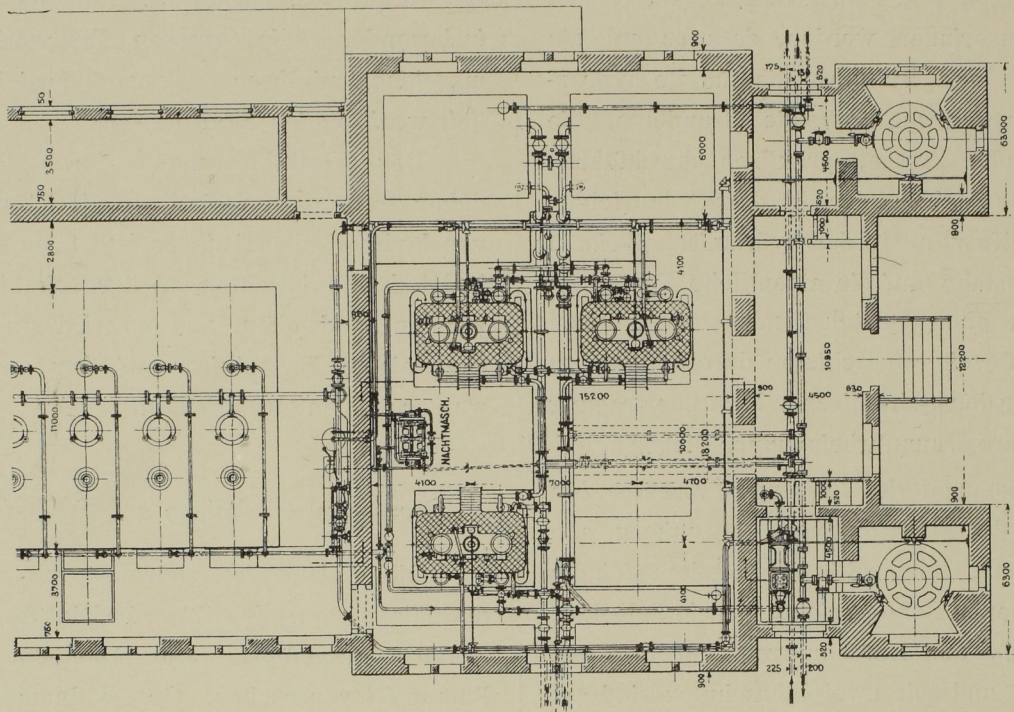


Abb. 2. Grundriss des Maschinengebäudes. Massst. 1 : 300.

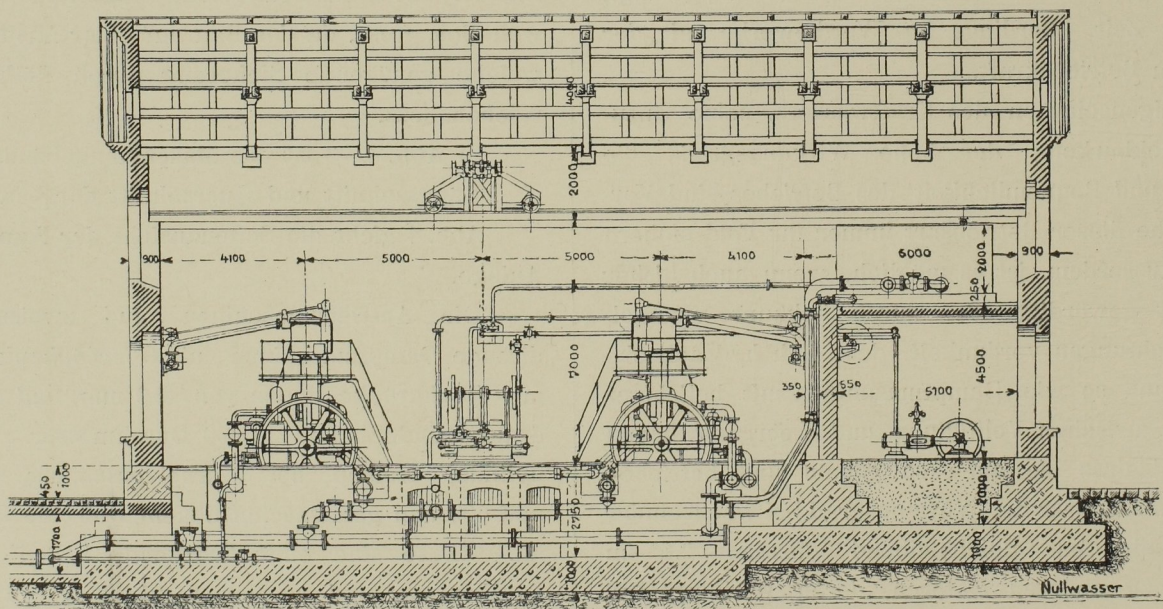


Abb. 3. Querschnitt durch das Maschinengebäude. Massst. 1 : 300.

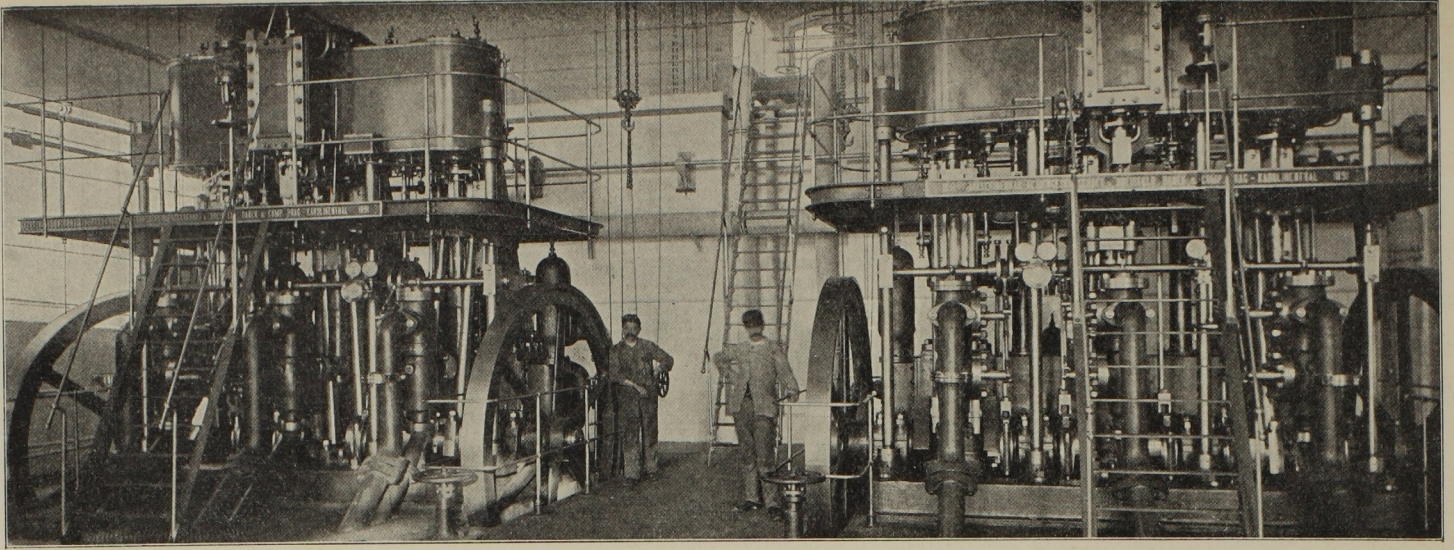


Abb. 5. Gesamtbild der Pumpmaschinen.

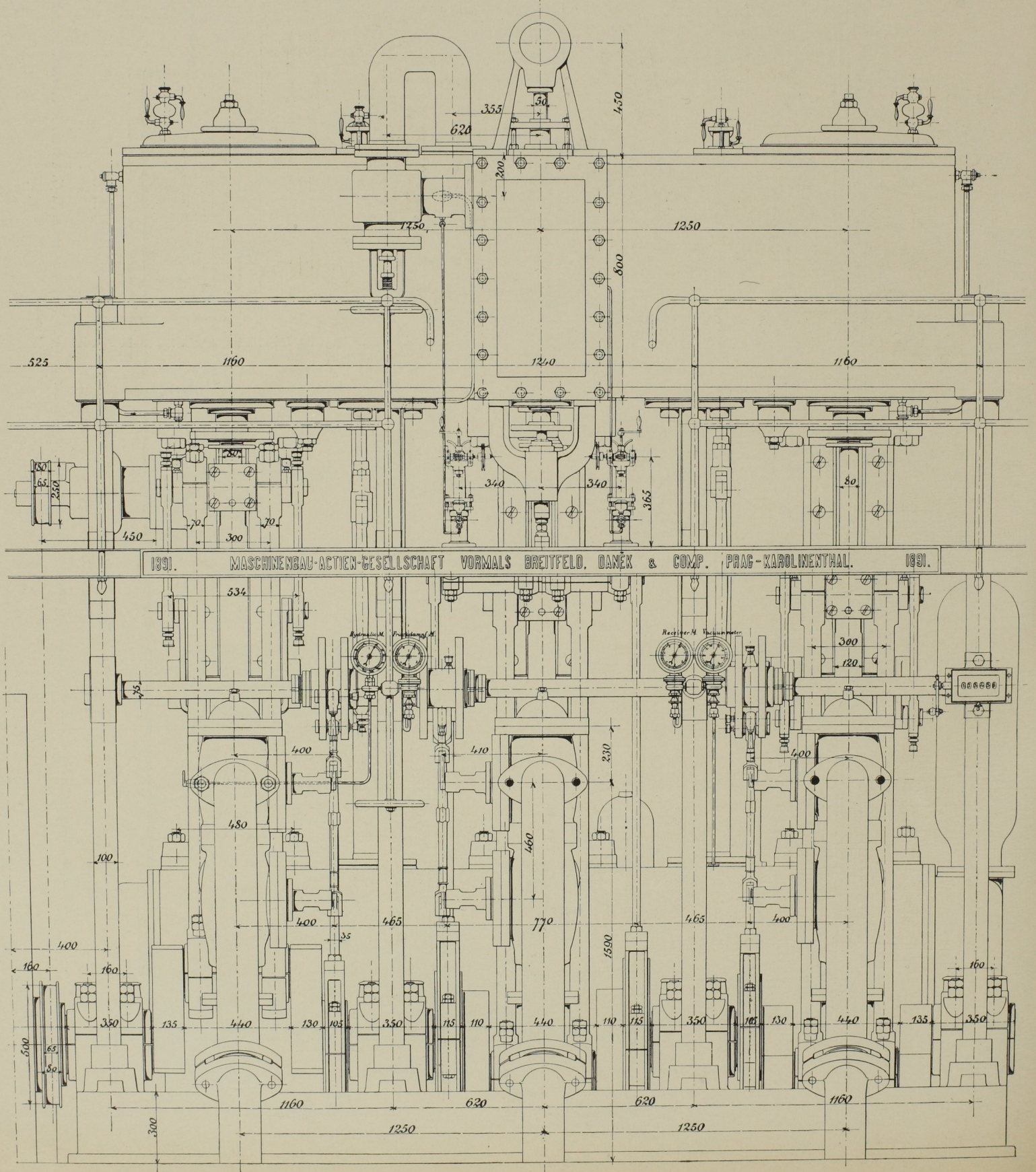


Abb. 6. Vorderansicht der Pumpmaschinen. Massst. 1:20.

Presspumpen-Anlage im Freihafengebiet zu Triest, gebaut von Breitfeld, Danek & Co. in Prag.

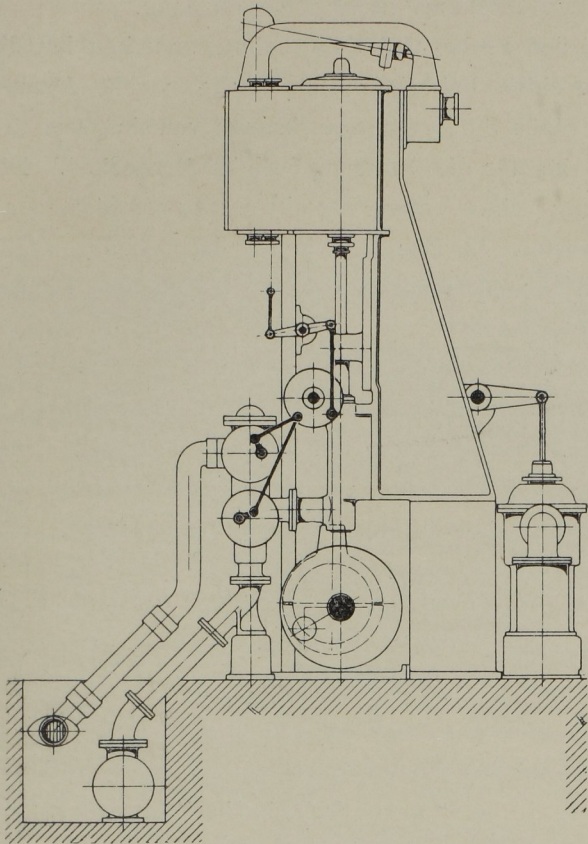


Abb. 7. Ansicht der Pummaschine. Massst. 1:50.

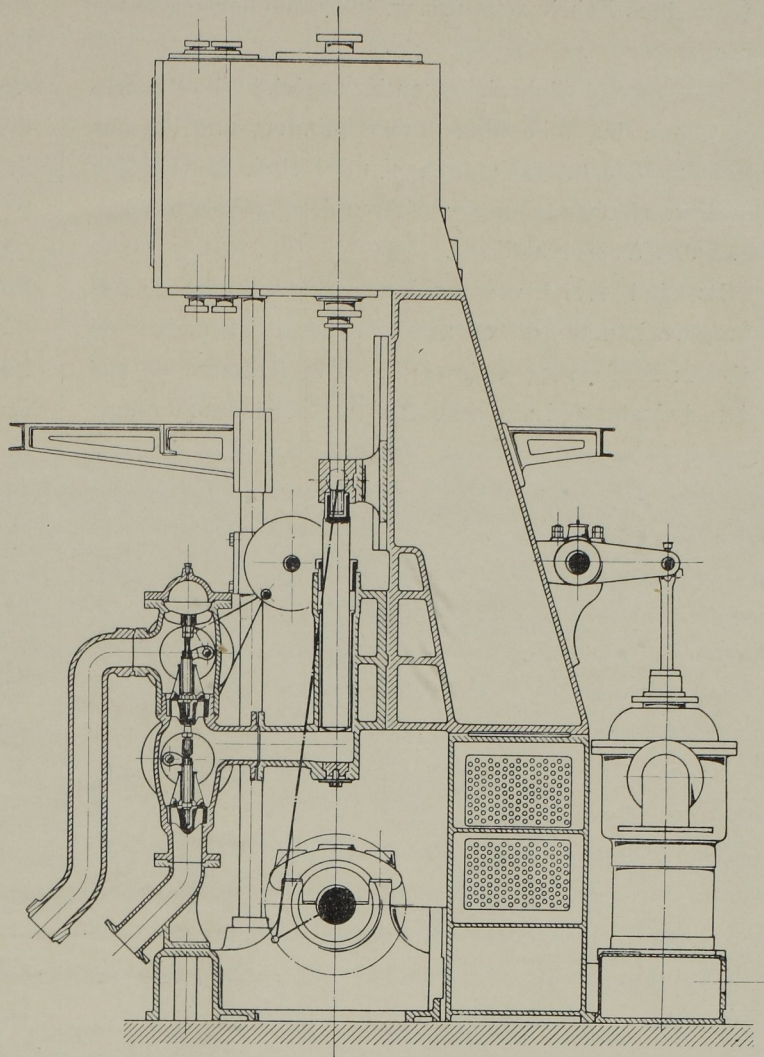


Abb. 8. Schnitt durch die Pummaschine. Massst. 1:30.

Presspumpen-Anlage im Freihafengebiete zu Triest, ausgeführt von Breitfeld, Danek & Co. in Prag.

Sitz durch Lederstulp gedichtet. Die Uebertragung der Schlussbewegung erfolgt von den Grundexzentern der Buchdruck- und Niederdrucksteuerung durch Vermittlung von Schwingscheiben; durch Ausnutzung der Schränkungswinkel der Uebertragungsstangen werden die günstigsten Ventilerhebungen und Schlussgeschwindigkeiten erreicht. Die Ventile schliessen sich bei der Strecklage der Steuerstange, bei welcher dann die Steuerung auf 1 mm freien, ungesteuerten Spielraum eingestellt wird.

Die normale Umlaufzahl ist 60 minutlich, die minutliche Leistung 1,1 cbm Druckwasser von 54 Atm. Pressung, die Höchstgeschwindigkeit 90 Umdrehungen minutlich.

Abb. 5 und 6 zeigen die Antriebsmaschinen, Abb. 8 die Presspumpen.

Der Oberflächenkondensator wird dazu benutzt, bei kalter Jahreszeit das Pumpenwasser vorzuwärmen; das Wasser geht dann aus der Rückleitung zunächst durch den Kondensator und dann erst in den Saugwindkessel. Den Druckpumpen fliesst das Wasser aus zwei hochliegenden Behältern zu; die Zuleitungsröhren münden in einen unterhalb der Pumpen liegenden gemeinsamen Saugwindkessel, in welchen die

drei Pumpensaugröhren eintauchen. Die Druckleitungen der Pumpen sind in zwei Rohrsträngen von 150 und 200 mm Lichtweite vereinigt, und an das weitere Rohr ist der Akkumulator angeschlossen. Das Gebrauchswasser wird von den hydraulischen Hebevorrichtungen durch eine Rückleitung von 300 mm Lichtweite wieder den Pumpen zugeführt und der Ueberschuss in den Hochbehälter gedrückt.

Die Druckwassersammler haben je 1 cbm Inhalt bei 6 m Hub und 460 mm Kolbendurchmesser. Zur möglichsten Raum- und Kostenbeschränkung und auch um die Fundirung zu erleichtern, steht der Kolben fest und der belastete Cylinder ist beweglich.

In der Rohrleitung zum Kraftsammler sind zwei Sicherheitsventile angebracht. Das eine ist ein Kugel-Pendelventil, welches die Rohrleitung im Fall eines Rohrbruchs oder übermässig grosser Wassergeschwindigkeiten in der Druckleitung selbstthätig absperrt. In sehr richtiger Weise ist zur zeitweiligen Erprobung der guten Funktion dieses Ventils ein 40 mm weites Erprobungsventil angebracht, durch welches die Verbindung zwischen Kraft- und Rückleitung hergestellt werden kann. Durch rasches Oeffnen dieses Ventils können die Wir-

kungen eines Rohrbruchs u. s. w. künstlich herbeigeführt werden.

Das zweite Sicherheitsventil, zugleich Stossventil, dient gegen das Zuhochheben des Cylinders und besteht aus einem belasteten Ventilkegel mit Hebel, der bei der zulässigen Höchststellung des Sammlers gehoben wird, sodass das Wasser abfließt.

Es sind drei Kraftsammler von verschiedener Belastung vorhanden, davon zwei im Kraftwerk und einer in 1240 m Entfernung aufgestellt. Der letztere ist auf 50 Atm. belastet und steigt bei 52 Atm. Betriebsspannung; er stösst in seiner höchsten Stellung an zwei Zusatzgewichte, zu deren Hebung weitere 5 Atm. Drucksteigerung nothwendig werden. In der Kraftstation ist ein Sammler auf die ruhende Belastung von 52 Atm. eingestellt, er steigt bei 54 Atm. Druck und wird vor Hubende am weiteren Steigen ebenfalls durch Zusatzgewichte gehindert. Der zweite Sammler im Kraftwerk ist auf 54 Atm. belastet und steigt bei 56 Atm.; er ist der eigentliche regulirende Sammler, der auf die Pumpmaschinen einwirkt.

Die Pumpen haben daher mit Betriebsdruck von 55 Atm. zu arbeiten und müssen unter diesem jederzeit nach Stillsetzen wieder selbstthätig anspringen. Die Wiedereingangssetzung der Pumpmaschinen erfolgt nicht sofort beim Sinken des Sammlers aus seiner höchsten Lage, sondern erst, wenn er sich seiner untersten Stellung nähert. Dies gestattet, die Pumpmaschinen längere Zeit im Beharrungszustand zu erhalten. Die Ausgleichung und Kraftaufspeicherung ist dabei eine für alle Betriebsverhältnisse ausreichende, weil die anderen Sammler sich alle in der höchsten Stellung befinden, wenn der regulirende Sammler in seiner tiefsten ankommt und auf die Pumpen einzuwirken beginnt. Bei dieser Stellung des Sammlers hat sich die Steuerung der Dampfmaschinen auf Vollfüllung eingestellt, sodass sie im Falle eines Stillstandes auch bei den ungünstigsten Kurbelstellungen wieder anspringen. Das Wiederanlassen wird erleichtert durch ein Frischventil, welches Kesselampf in den Niederdruckcylinder einströmen lässt. Nach etwa 100 mm Aufwärtsgang des Sammlers wird das Frischventil geschlossen und die Dampfmaschinensteuerung wieder auf die normale Füllung eingestellt. Während des folgenden Sammlerhubs läuft die Pumpmaschine normal mit günstigster Dampfvertheilung, und erst in den letzten 100 mm Weg des Sammlers wirkt dieser wieder auf die Steuerung und auf das Frischventil ein. Nur bei solchem Vorgang wird es erreicht, dass die Verbundmaschine wirklich während des grössten Theils ihrer Arbeit mit Expansion und vortheilhaftem Dampfverbrauch betrieben wird. Bei den meisten solcher Presspumpen-Anlagen sind die Expansionsvorrichtungen fast zwecklos, weil die Einwirkung des Sammlers auf die Expansion und auf die

Hilfsvorrichtungen, die den normalen Gang der Maschine beeinflussen, schon eintritt, wenn er nur etwas zu sinken beginnt, sodass die Presspumpe immer zwischen den ungünstigsten Betriebsverhältnissen schwankt und in einen Beharrungszustand und zu normaler Dampfvertheilung überhaupt nicht gelangen kann.

Bei den Probe- und Uebernahmeversuchen hat die Pumpmaschine bei einer Leistung von 178 Dampfpferden einen Speisewasserverbrauch von durchschnittlich 8,5 kg für die Stundenpferdekraft ergeben. Die Erzeugung eines cbm Druckwasser erforderte an Kohlenkosten 12 Pfg. Im Monatsdurchschnitt ergab sich ein Dampfverbrauch von 11,5 kg auf die Dampfstundenpferdekraft.

Die Druckleitungen sind als ein System von Ringleitungen ausgebildet, sodass jede Betriebsstelle von mindestens zwei Seiten Druckwasser erhalten kann. Als Sicherheitsvorrichtungen sind in jeder Rohrstrecke auf 80 Atm. belastete Sicherheitsventile eingesetzt.

Der Undichtheitsverlust betrug bei der Erprobung durchschnittlich 5 % einschliesslich der Wasserverluste in der Rückleitung und der Verluste durch Anschliessen und Abkuppeln der Hebevorrichtungen.

Die ganze Anlage ist von Herrn Schönbach, Direktor der Maschinenbau-Act.-Ges. vorm. Breiffeld, Danek & Co. in Prag, in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Jahrgang 1893, veröffentlicht. Ueber die Wirkung der Druckausgleichung und über die Stosswirkungen wird hierbei berichtet:

„Die Rohrquerschnitte sind so reichlich gewählt, dass auch bei Ausschaltung eines oder zweier Rohrstränge der übrigbleibende Theil das gesamte von zwei Pumpmaschinen gelieferte Wasserquantum noch mit zulässiger Geschwindigkeit zu fördern vermag. Dies beweist auch das Verhalten des Hilfsakkumulators, welcher in einer Entfernung von ca. 1300 m von der Centrale liegt, zu dessen Hebung jedoch in der Centrale nur ein Ueberdruck von kaum 2 Atm. erforderlich ist. Der Hilfsakkumulator ist genau gleicher Konstruktion und Grösse wie die zwei Akkumulatoren in der Centrale.“

„Interessant waren einige Beobachtungen über die Stosswirkungen der in den Rohrleitungen bewegten Wassermassen, wenn selbe plötzlich in ihrer Bewegung gehemmt werden. Dieser Fall tritt ein, wenn beim Anlassen der Maschinen der Hilfsakkumulator steigt. Dabei ist die ganze Wassermenge in den Rohrleitungen gegen den Hilfsakkumulator in Bewegung. Betrachten wir nun einen einzigen Rohrstrang von 150 mm l. W., so besitzt derselbe einen Inhalt von ca. 22 600 l, und nehmen wir nun eine ganz mässige Geschwindigkeit von 1 m per Sekunde an, so beträgt die diesem Wasserquantum innewohnende lebendige Kraft (Reibungen ungerechnet) $\frac{M v^2}{2}$ immerhin 1130 m/kg. Sobald der Hilfsakkumulator

motoren: Partialturbinen, die durch besondere Konstruktion hohen Wirkungsgrad und vollkommene Regulirbarkeit ergeben sollen. Thatsächlich konnte mit solchen Motoren aber nur bei voller Belastung ein Wirkungsgrad von über 85 % erreicht werden. Die Verwendung raschlaufender Turbinen war bei Benutzung eines Betriebsdrucks von 50 Atm. immerhin zweckmässig, da hohe Umlaufgeschwindigkeiten mit dem beabsichtigten Hauptzweck: unmittelbarem Antrieb von Lichtdynamomaschinen, übereinstimmten.

Der Mangel der Gesamtanlage lag in der doppelten Energieumsetzung und in der Umständlichkeit der Wasserdruckleitung zu den einzelnen Kraftstationen in der Stadt. Diese waren zahlreich vorgesehen, in kleinen Kiosken untergebracht und sollten ohne Aufsicht selbstthätig arbeiten.

Die Erfahrung hat, wie naheliegend, gegen dieses System entschieden. Die Verluste und die Umständlichkeit der doppelten Kraftübertragung waren zu gross, die Kraftleitungen zu umständlich; die Turbinen konnten bei sehr starkem und rasch sich änderndem Widerstande nicht selbstthätig betrieben werden, sie erforderten Wartung und viele Reparaturen und arbeiteten mit häufigen Störungen, sodass die Anlage im Hauptpunkte, der elektrischen Beleuchtung, den Wettbewerb mit der unmittelbaren Lichtstromerzeugung nicht bestehen konnte. Den Kraftzwecken hat die Anlage allerdings entsprochen, sie waren aber, nachdem die Kraftlieferung für die Hafenausrüstung abgetrennt worden und nur der Stadtbedarf allein übrig geblieben war, zu geringfügig, und die Anlage ist deshalb später für elektrischen Betrieb umgebaut worden.

Die Presspumpen, Abb. 9—12, waren in vorzüglicher Bauart von der Maschinenfabrik Carels Frères in Gent ausgeführt. Es waren drei Verbundmaschinen mit sechs Differenzialpumpen geplant, zwei davon wurden ausgeführt. Jede Maschine hatte mit jedem Hub 62 Liter Wasser anzusaugen und auf 53 Atm. zu pressen. Die normale Betriebsgeschwindigkeit betrug 60 Umdrehungen, die Höchstgeschwindigkeit 75 Umdrehungen minutlich. Die Dampfmaschinen sind mit Sulzer-Steuerung versehen. Die Presspumpen werden durch die verlängerten Kolbenstangen unmittelbar angetrieben, saugen aus einem Längskanal im Maschinenhaus und drücken in den Kraftsammler im Nachbarraum. Die Steuerung der Pumpenventile erfolgt von der verlängerten Steuerwelle der Dampfmaschine durch Vermittelung einer unrunder Scheibe (Abb. 12).

Presspumpen-Anlage am Hauptbahnhof in Frankfurt a. M.

In Abb. 13—16 ist die eine der grossen Presspumpen dargestellt, welche am Hauptbahnhof in Frank-

furt a. M. für die hydraulische Kraftanlage ausgeführt wurden. Diese Anlage als Ganzes und in den Einzelheiten ist das Muster einer missglückten Presswasser-Anlage, die in Unkenntniss oder Missachtung längst bekannter Erfahrungen nach doktrinären Grundsätzen einseitig geplant wurde und im praktischen Betriebe misslingen musste. Es wurden dabei Fehler gemacht, für welche Lehrgeld längst schon bezahlt war, und wohlbegründete Erfahrungen ausser acht gelassen.

Die ursprüngliche Absicht war, von der hydraulischen Kraftstation aus alle Maschinenbetriebe des Hauptbahnhofs einschliesslich der elektrischen Beleuchtung mit Energie zu versorgen und auch Betriebskraft nach auswärts abzugeben. In dem Umwege der doppelten Energieumsetzung liegt, wie bei der Antwerpener Anlage, der grundsätzliche Fehler. Die Vortheile, welche der primär erzeugte elektrische Strom für Lichtanlagen gegenüber der zweimaligen Umformung bei hydraulischem Antrieb der Lichtmaschinen und die Vertheilung elektrischen Stromes an die einzelnen Betriebe gegenüber der immer schwerfälligen Wasserdruckvertheilung bietet, machen solchen Betrieb von vornherein aussichtslos. Er musste aber auch scheitern an den in Frankfurt angewendeten konstruktiven Mitteln.

Wie bei vielen solcher öffentlicher Bauten war für die mitarbeitende Maschinentchnik alles vorgeschrieben, die Anordnung unabänderlich gegeben und kein nennenswerther Spielraum in der maschinentechnischen Durchführung übrig gelassen.

Die zwei grossen Press-Pumpmaschinen Abb. 13 und 14 waren in einem Wasserthurme auf viel zu beschränkter Grundfläche und überhaupt in ungenügendem Raume unterzubringen. Stehende Aufstellung war naturgemäss gegeben, mit obenliegenden Dampfzylindern und untenliegenden Pumpen. Die Kurbelwelle wurde zwischen Pumpe und Dampfzylinder gelegt und die Verbindung zwischen Kreuzkopf und Pumpenkolben durch zwei Umführungsstangen hergestellt. Solche Anordnung ist an sich zweckmässig, aber die Lagerung der Kurbelwelle in hohen Lagerständern, insbesondere aber die Ausführung sehr kleiner Schwungräder waren Fehler, welche zur Unzugänglichkeit dieser Theile einerseits und zu hinkendem Gang der Maschinen andererseits führen mussten. Letzterer Fehler wurde dadurch verstärkt, dass die Dampfmaschine nach den Regeln des Schiffsmaschinenbaus für sehr grosse Füllung im Niederdruckzylinder gebaut und die Dampfvertheilung dem besonderen Zweck nicht angepasst wurde. Die Folge der grossen Niederdruckfüllung war sehr grosser Spannungsabfall hinter dem Hochdruckzylinder und eine Hochdruckarbeit, die mehr als doppelt so gross war als die Niederdruckarbeit bei gleichem Widerstande der drei Pumpen.

Deshalb arbeitete die Maschine ausserordentlich

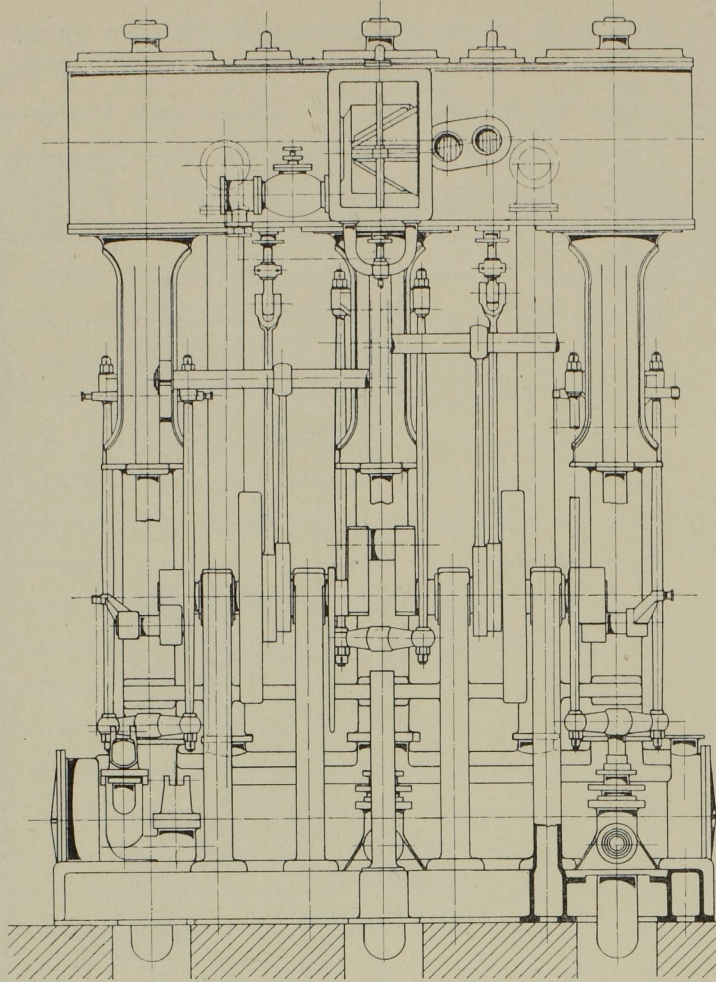


Abb. 13. Vorderansicht der Pumpmaschine. Masst. 1:60.

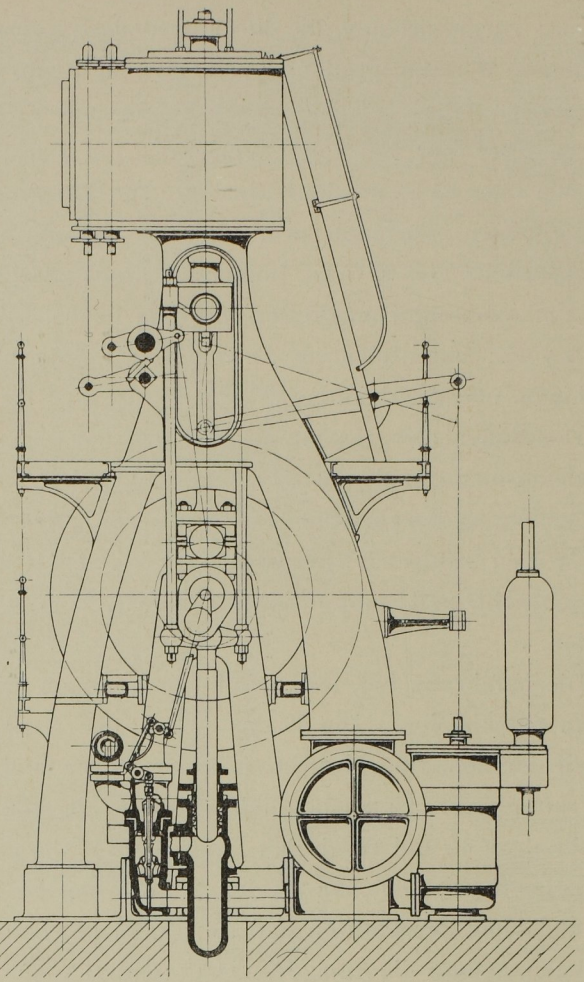


Abb. 14. Seitenansicht der Pumpmaschine. Masst. 1:60.

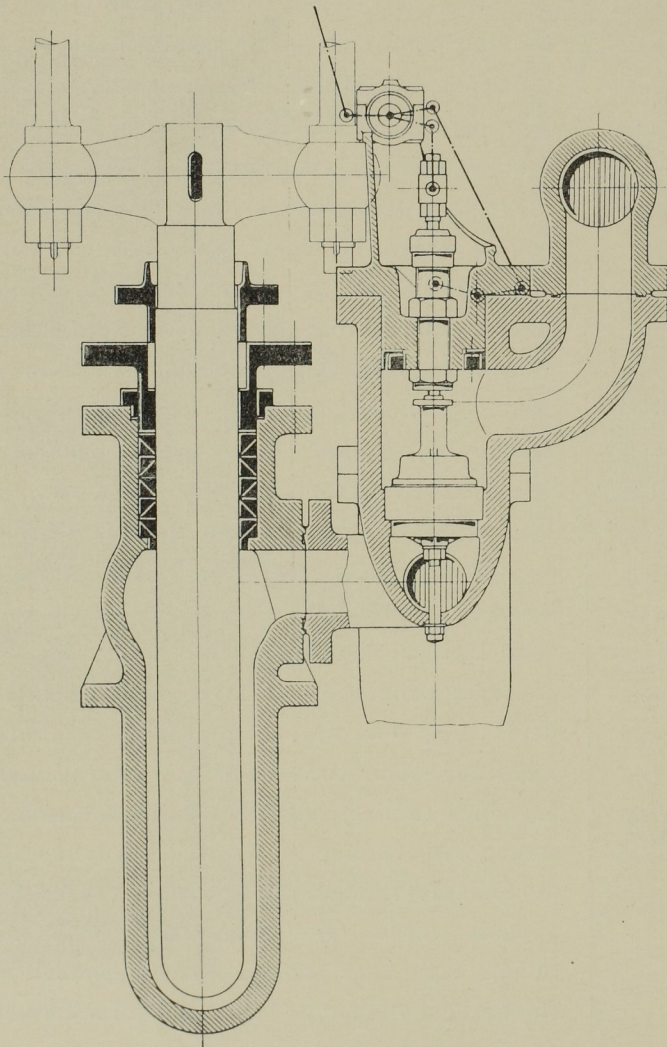


Abb. 15. Schnitt durch die Presspumpe. Masst. 1:15.

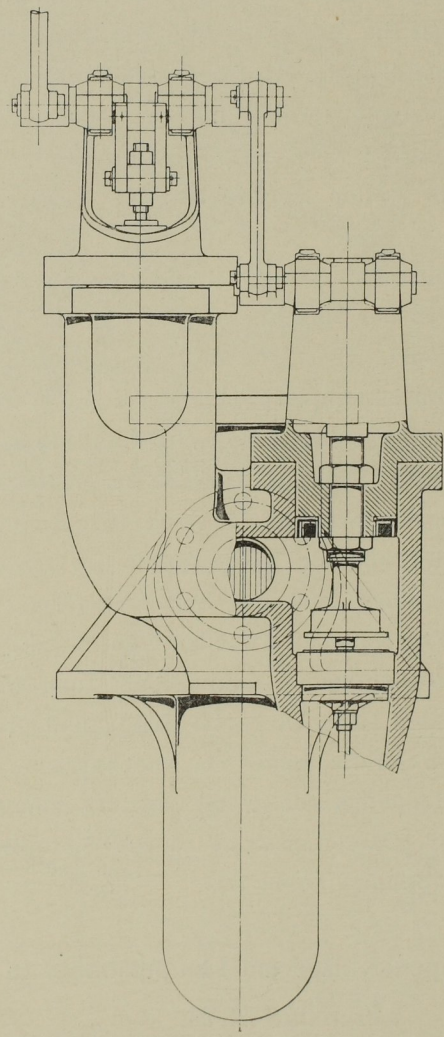


Abb. 16. Schnitt durch die Presspumpe. Masst. 1:15.

Presspumpen-Anlage am Hauptbahnhof in Frankfurt a. M., ausgeführt von der Gutehoffnungshütte in Sterkrade.

ungleichmässig und wegen der grossen Geschwindigkeitsänderungen mit Stosswirkung. Dazu kamen Fehler in den Pumpen: zu geringe Wandstärke, weil die Anlage für 50 Atm. Betriebsdruck schon in Ausführung war und der Betriebsdruck während der Ausführung ohne Veränderung der Konstruktion auf 75 Atm. erhöht wurde. Für diesen erhöhten Druck sind die Pumpen- und Ventilkasten zu schwach. Die Einzelkonstruktion ist schon für 50 Atm. keine glückliche, da alle Durchdringungsstellen der Gussstücke schwache Stellen aufweisen. Es sind daher bei 75 Atm. Betriebsdruck Pumpenbrüche eingetreten. Unbequem ist auch das Zusammenkuppeln der Hubpumpen mit den Druckpumpen zu einem gemeinsamen Maschinenbetrieb. Die Hubpumpe läuft mit der Hauptmaschine und hebt das Betriebswasser in den Hochbehälter. Die Hubpumpen liegen zu hoch, arbeiten daher mit grosser Saughöhe und beeinträchtigen dadurch den Gang der Hauptmaschine. Es wäre richtiger gewesen, die Zubringepumpe ganz abzutrennen oder sie wenigstens so tief zu stellen, dass die Schwierigkeiten der Saugwirkung ganz beseitigt wurden. Ausserdem sind bei dieser Maschinenanlage Pumpmaschinen und Kraftsammler mit einer solchen Menge von Sicherheitsvorrichtungen versehen worden, dass ein gewöhnlicher Maschinist sich nicht damit zurecht finden kann.

Immerhin hat diese Presspumpe trotz der erwähnten schweren Gebrechen ihren Dienst gethan, aber zu vielerlei Störungen Anlass gegeben, die bei richtiger Bauart hätten vermieden werden können.

Der grösste Missgriff waren jedoch die für den Betrieb der Lichtdynamos und Kraftzwecke verwendeten Wassermotoren.

Es waren anscheinend Rathgeber thätig, welche die Bauleitung veranlassten, ganz absonderliche Konstruktionen auszuführen. Es wurden Wassermotoren aufgestellt, welche mit 160 Umdrehungen minutlich die Lichtdynamomaschinen bei unmittelbarer Kupplung der Wellen antreiben sollten. Solche Betriebsgeschwindigkeit war jedoch bei der gewählten Bauart dieser Motoren im Dauerbetriebe unzulässig.

Das Ergebniss war schon in der ersten Betriebszeit die Nothwendigkeit, die Umlaufszahl auf die Hälfte herabzusetzen und dann bei halber Kraft zwei Dynamomaschinen hintereinander zu schalten; aber auch bei 80 Umdrehungen minutlich war der Betrieb kein störungsfreier.

Die Mängel der Anlage beruhen hauptsächlich in: Störungen in der ersten Kraftumwandlung infolge mangelhafter Presspumpen, vor allem aber Störungen in der zweiten Umsetzung wegen Wahl eines unbrauchbaren Wassermotors und starren Festhaltens an Betriebsgeschwindigkeiten und Einzelheiten, die für solche Maschinen unzuweckmässig waren. Dazu kommt der grund-

sätzliche Fehler der zweimaligen Energieumsetzung für den Lichtbetrieb.

Unbegreiflich ist es, dass, nachdem diese schlechten Erfahrungen schon vorlagen, den grossen Presspumpen noch neue raschlaufende Pumpen hinzugefügt wurden, obwohl erstere der schlechteste Theil der Anlage nicht waren. Diese neuen raschlaufenden Presspumpen wurden nach demselben Prinzip wie die Wassermotoren, mit Kolbensteuerung, gebaut. Selbstverständlich haben auch diese Pumpen den Anforderungen, die an Presspumpen zu stellen sind, nicht entsprochen.

So wurde durch das Festhalten an nicht erprobten Konstruktionen und durch die Missachtung der zahlreichen Erfahrungen, die seit Armstrong's Zeiten, also seit den 40er Jahren vorlagen, die hydraulische Kraftübertragung auf Jahrzehnte hinaus unverdient in Misskredit gebracht und ist die Frankfurter Anlage selbst in sehr übeln Ruf gekommen. Viele derjenigen, die auf grund der bei dieser Anlage gemachten schlechten Erfahrungen über den Kraftwasserbetrieb überhaupt den Stab brechen, übersehen dabei, dass es sich um Fehler handelt, die nur in Frankfurt begangen wurden, anderwärts dagegen nicht. Schliesslich nahm die Sache den Verlauf, den sie nehmen musste: es wurde der grundsätzliche Fehler beseitigt, das elektrische Licht direkt aus Dampfkraft hergestellt und unter dem Titel einer Reserveanlage eine neue Lichtanlage mit Dampftrieb geschaffen. Damit war der Hauptabnehmer von Kraft befriedigt, die übrigbleibenden mit Kraft zu versorgenden Betriebe waren so unbedeutend, dass auch die vorhandenen mangelhaften Einrichtungen mit einigen Verbesserungen genügten, nachdem die Wassermotoren beseitigt waren. Der riesige Apparat von stehenden und liegenden Presspumpen und die grosse Vertheilungsanlage dient wesentlich nur zum Betriebe der hydraulischen Hebevorrichtungen und entspricht diesem beschränkten Zwecke mit übergrossen Mitteln.

Es ist zweckmässig, hervorzuheben, wie durch einen solchen missglückten Bau eine Sache geschädigt wird, und wie wenig die staatlichen Leiter eines solchen Baues, die unerschöpflich in Vorschriften sind, die Verantwortung für ihre Anordnungen zu tragen haben. Welche Verantwortung wird hingegen dem leitenden Ingenieur jederzeit in Privatunternehmungen aufgebürdet! Gegenüber diesem Missverhältniss zwischen technischem Erfolge und persönlicher Verantwortung muss insbesondere getadelt werden, dass die staatlichen Leiter solcher Bauten gewöhnlich Submissionen einleiten und wo es ihnen passt, freihändige Vergebung eintreten lassen, wodurch die Mitwirkung erfahrener Fabriken zum Theil ausgeschlossen wird.

Ich hatte bei der Frankfurter Anlage nur in untergeordneter Weise und mit gebundener Marschroute an Einzelheiten der Druckpumpen mitzuarbeiten; an allem

Uebrigen war ich unbetheiligt. Diese Druckpumpen haben zwar verhältnissmässig noch am besten von der ganzen Anlage entsprochen, aber gegenüber dem Misserfolg der Gesamtanlage musste ich freudig die Gelegenheit begrüssen, an anderer Stelle nachzuweisen, dass die in Frankfurt gemachten Fehler nur Einzelheiten betreffen, nicht aber im System des Presswasserbetriebes begründet sind, dass vielmehr dieser Betrieb seine grossen, unübertroffenen Vorzüge besitzt, die bisher und namentlich neuestens gegenüber der elektrischen Kraftübertragung viel zu wenig gewürdigt und ausgenutzt werden; Vorzüge, welche dem Presswasserbetriebe nicht nur für die einfachen Aufgaben der Hebevorrichtungen und Hafenausrüstungen, sondern auch für umfassende Aufgaben der Kraftübertragung eine grosse Zukunft versprechen.

Diese Gelegenheit bot sich, nachdem die Frankfurter Anlage bei uns die Ausführung ähnlicher Anlagen für absehbare Zeit unmöglich gemacht hatte, in Amerika: bei den Stahlwerken in Bethlehem, Pa., und bei den grossen Anlagen der Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn.

Presspumpen im Stahlwerk zu Bethlehem, Pa. (Nordamerika).

Diese Presspumpen, wohl die grössten bestehenden, dienen zum Betriebe von Schmiedepressen.

Die Schmiedepressen haben auf allen grossen Hüttenwerken im Laufe der letzten 10 Jahre als Ersatz für Dampfhämmer Eingang gefunden, und im Zusammenhang damit hat der Bau von grossen Presspumpen hervorragende Wichtigkeit erlangt. Beim Betriebe von Schmiedepressen werden die Vorzüge des Kraftmittels, seine Unzusammendrückbarkeit, seine bequeme Handlichkeit bei hohem Druck, die geringen Abmessungen der Presscylinder und ihrer Steuerung, die Sicherheit der Handhabung u. s. w. vortheilhaft ausgenutzt.

Bisher wurden die Schmiedepressen in der Regel durch sehr unvollkommene Dampfpumpen betrieben.

Die alten Schmiedepressen arbeiteten überhaupt nicht mit eigentlichen Pumpen, sondern mit hydraulischer Uebersetzung: der Dampfdruck wurde von einem grossen Dampfkolben auf einen kleinen Pumpenkolben unmittelbar übertragen und der so erzeugte hohe Druck auf den Presskolben fortgepflanzt, ähnlich wie grosse Scheeren und andere Werkzeuge mit hydraulischer Zwischenübersetzung statt unmittelbarem Dampftrieb arbeiten.

In gleicher Weise arbeiten die Schmiedepressen, die durch Dampfpumpen ohne Schwungrad und ohne Kurbeltrieb betrieben werden. Auch bei diesen ist die

Pumpe nur das Mittel zur Uebersetzung des Dampfdruckes auf den höheren Wasserdruck. Die Arbeitsleistung ist beschränkt, weil eine Aufspeicherung der Kraft nicht stattfindet, sondern nur die jeweilig durch den Dampfdruck aufgewendete Kraft übersetzt auf den Presskolben übertragen wird.

Für die Aufgaben, welche durch grosse Schmiedepressen, die schon bis 12 000 t Höchstdruck gebaut werden, gelöst werden müssen, reicht solche Betriebskraft und ihre Uebersetzung nicht aus; es muss zur Erzielung der grossen Endarbeit die Kraftaufspeicherung zuhulfe genommen werden.

Hierzu dienen gewöhnlich Gewichtsakkumulatoren, oft von sehr grossen Abmessungen. Die Presspumpe schafft das Druckwasser und füllt den Kraftsammler, im wesentlichen unabhängig vom Betriebe der Schmiedepresse, die nur aus dem Kraftsammler gespeist wird. Bei genügendem Inhalt des Kraftsammlers und hohem Betriebsdruck lässt sich dann jede Pressung erzeugen, und nur die gewünschte Raschheit des Betriebes bedingt die Grösse der Pumpe und den Inhalt des Sammlers.

Bei solcher Aufspeicherung der Betriebskraft in grossen Sammlern erhält die Presspumpe die geringsten Abmessungen, ihr Betrieb wird am einfachsten. Schliesslich sind auch ganz riesige Kraftsammler von mehreren Kubikmeter Wasservorrath, bis etwa 10 m Hub und für sehr hohe Pressungen ausführbar. Es lag deshalb bisher keine Veranlassung vor, von diesem Arbeitsvorgang abzugehen. Die Beseitigung des Kraftsammlers würde ohnedies für grosse Schmiedepressen auf sehr grosse Abmessungen der Pumpe führen, in dem Masse, als anstelle der aufgespeicherten Kraft die Pumpenkraft die Höchstleistung leisten muss.

Die Nachtheile des Betriebes mit Kraftsammlern liegen aber im Spannungs- und Arbeitsverlust. Messungen ergaben, dass im Presscylinder der Schmiedepresse nur ein geringer Theil, meist weniger als die Hälfte der ursprünglichen Spannung des Presswassers ausgenutzt wird. Das Uebrige geht auf dem Wege vom Sammler bis zum Presskolben verloren; wesentlich deshalb, weil zu gunsten grösserer Einfachheit die Leitungen zwischen Sammler und Presse mit geringem Querschnitt und für hohe Durchgangsgeschwindigkeiten ausgeführt werden, sodass ein grosser Theil des Drucks zur Ueberwindung der Widerstände verbraucht wird. Ausserdem kann bei raschem Hubwechsel und bei nur theilweiser Oeffnung der Steuerung nur mit stark gedrosseltem Druck im Presscylinder gearbeitet werden. Ausserdem erwächst aus dem Betriebe mit Kraftsammlern der Nachtheil, dass die Presse auch bei geringer Arbeitsleistung hoch gespanntes Presswasser verschwendet; den Betrieb der

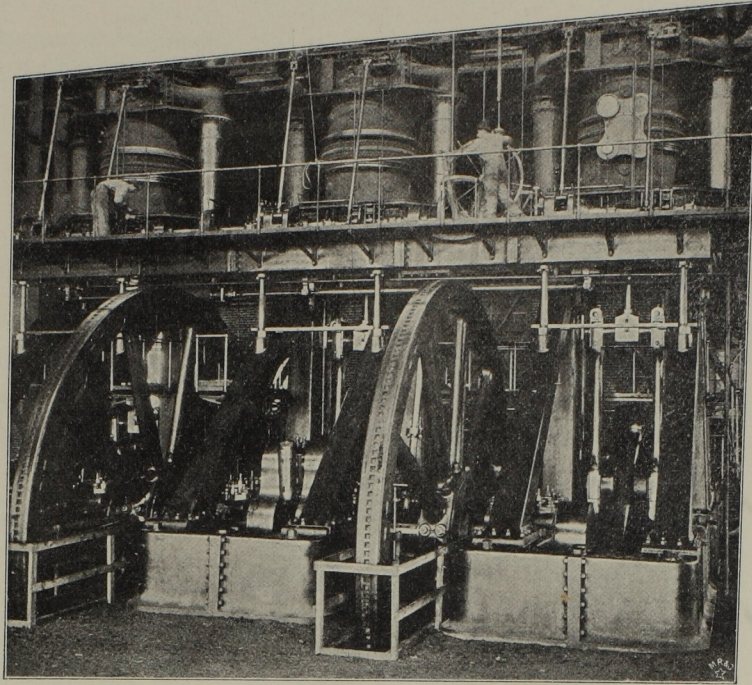


Abb. 17. Gesamtbild der Pumpmaschine. Maschinenseite.

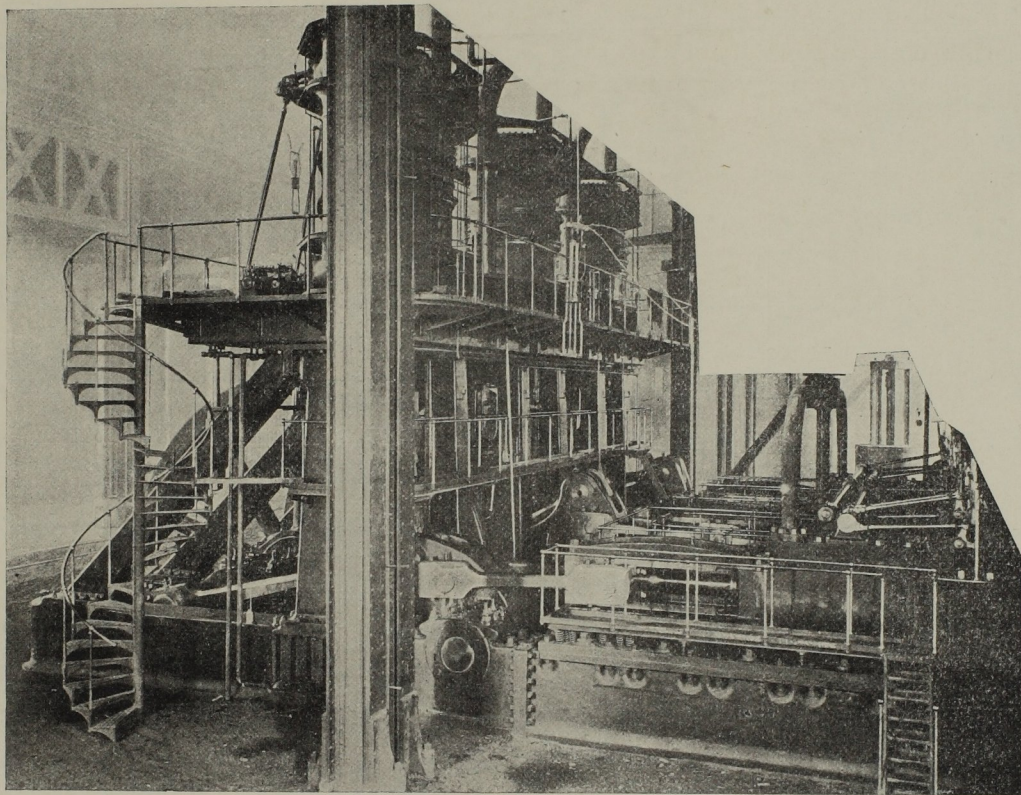


Abb. 18. Gesamtbild der Pumpmaschine. Pumpenseite.

Presspumpen-Anlage der Bethlehem Iron Works in Bethlehem, Pa. (Nord=Amerika).

Presse aber mit verschieden gespanntem Wasser durchzuführen, ist für die praktische Handhabung viel zu umständlich.

Die Scheu vor den grossen ohne Kraftsammler betriebenen Pumpen ist trotz der erwähnten Nachteile jedoch so gross, dass man bis jetzt im allgemeinen

beim Betriebe mit Kraftaufspeicherung verblieben ist und lieber grosse Sammler als grosse Pumpen ausführt. Die blosse Beseitigung der Sammler, ohne die erforderliche Höchstleistung in die Pumpen zu legen, würde selbstverständlich nur eine Verminderung der Arbeitsfähigkeit bedeuten.

Der Betrieb der grossen Schmiedepressen in den Bethlehem Iron Works in Bethlehem, Pa., wird im wesentlichen ohne Kraftsammler durchgeführt, um den vollen Betriebsdruck und die Höchstleistung der Presse voll ausnutzen zu können. Thatsächlich sind dort Leistungen erzielt worden, die mit anderen Schmiedepressen nicht möglich sind.

Die Betriebspumpe ist nicht als Hubmaschine ohne Kurbeltrieb und Schwungrad ausgeführt; eine solche würde zu riesige Abmessungen erfordern, um die verlangte Höchstleistung der Presse zu erzielen.

Durch die Bauart der Presspumpe wurde beabsichtigt, den grossen Kraftsammler und seine Nachteile zu beseitigen und beim vollen Betriebe der Pumpe in ihr selbst Energie aufzuspeichern, dies jedoch nur

dürfte wohl überhaupt die grösste Pumpmaschine der Welt sein.

Die Anlage ist in den Abb. 17—20 dargestellt.

Die Dampfmaschine ist eine Drillingsmaschine ohne vertheilte Expansion; jeder Cylinder erhält frische Dampffüllung. Die Cylinder haben 1270 mm Durchmesser, 1526 mm Hub; die indizierte Höchstleistung beträgt bei minutlich 60 Umdrehungen 12 000 Pferdekr. Die Dampfmaschine ist nach der Leavitt'schen Bauart ausgeführt: mit oberstehenden Dampfeylindern, Gitterschiebersteuerung, untenliegender Schwinge, von welcher seitlich die Schubstange zum Kurbeltrieb abgeleitet wird. Auf der dreifach gekröpften Welle sitzen die beiden grossen Schwungräder, und von einem Hebelarm der Schwinge werden nach rück-

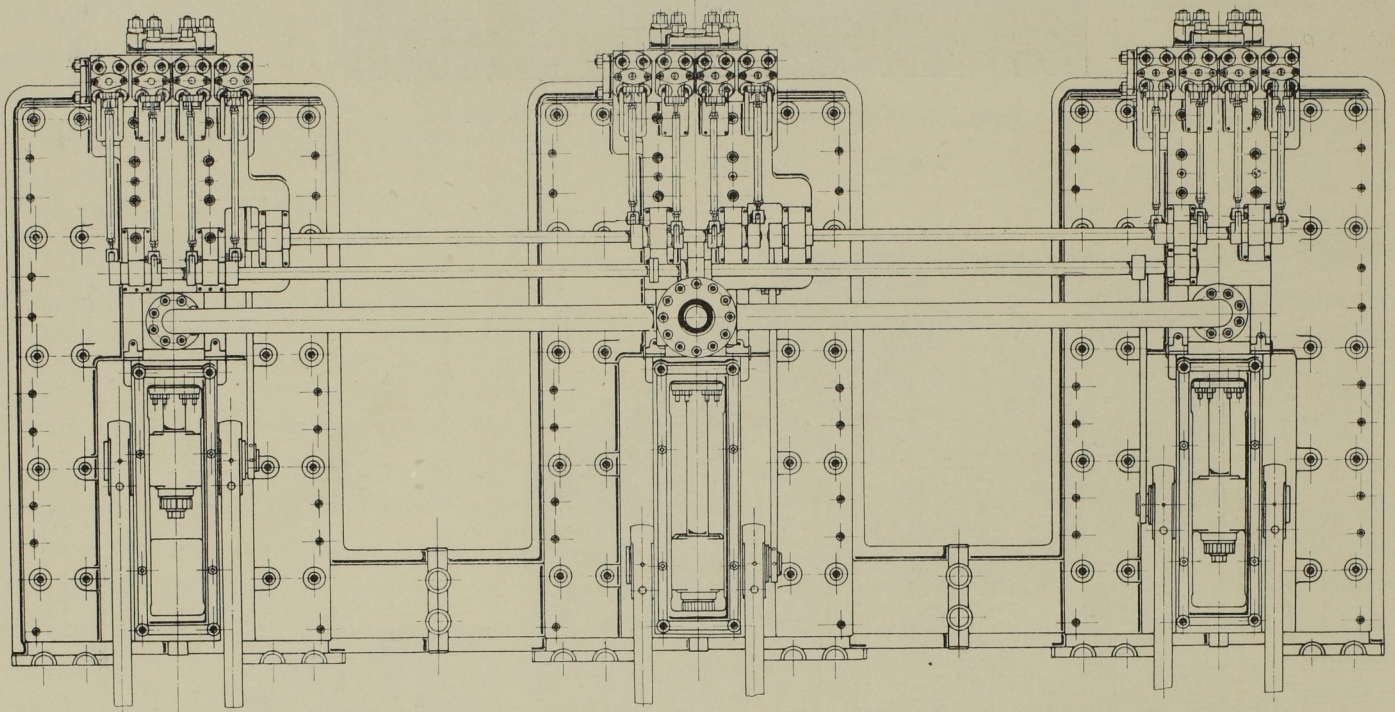


Abb. 19. Grundriss der Presspumpen. Massst. 1:64.

Presspumpen-Anlage der Bethlehem Iron Works in Bethlehem, Pa. (Nord-Amerika).

für die kurze Zeit, in welcher das höchste Mass an Arbeit erforderlich ist. Das einfache Mittel hierzu sind grosse Schwungräder. Die Dreicylinder-Pumpmaschine ist daher mit zwei mächtigen Schwungrädern versehen. Durch ein besonderes Umlaufventil wird es ermöglicht, die Pumpen ununterbrochen entlastet laufen zu lassen zu der Zeit, wo die Pressen kein Druckwasser benöthigen. Wird gepresst, dann steigt selbstthätig die Betriebsspannung, und schliesslich wird die Höchstleistung durch gleichzeitige Wirkung der Dampfkraft und der Schwungmassen erreicht. Besondere Vorkehrungen sichern gegen die Ueberlastung der Betriebstheile der Pumpen, Rohrleitungen und der Presse.

Trotzdem hier neben der Presspumpe die Schwungräder zur Energieaufspeicherung herangezogen werden, erhält die Pumpe doch riesige Abmessungen und

wärts die Presspumpen mit vermindertem Hub angetrieben.

Die Presspumpen sind für 400 Atm. Betriebsdruck gebaut. Jede Pumpe hat einen innenliegenden Differenzialkolben, der in einem ausgebohrten Hartmetallcylinder läuft. Der Pumpenkörper ist aus geschmiedetem Stahl, da bei so hohem Betriebsdruck jedes andere Metall undicht ist, gegossenes Metall ausserdem zu grosse Wandstärken erhalten würde. Die Saugleitung jeder Pumpe mündet in einen gemeinsamen Saugwindkessel neben dem Maschinenbette.

Die Druckröhren der drei Pumpen sind in Stahl ausgeführt und münden in einen kleinen Kraftsammler, der aber mehr den Zweck eines grossen Sicherheitsventils erfüllt. In Abb. 18 ist die Vereinigung der drei

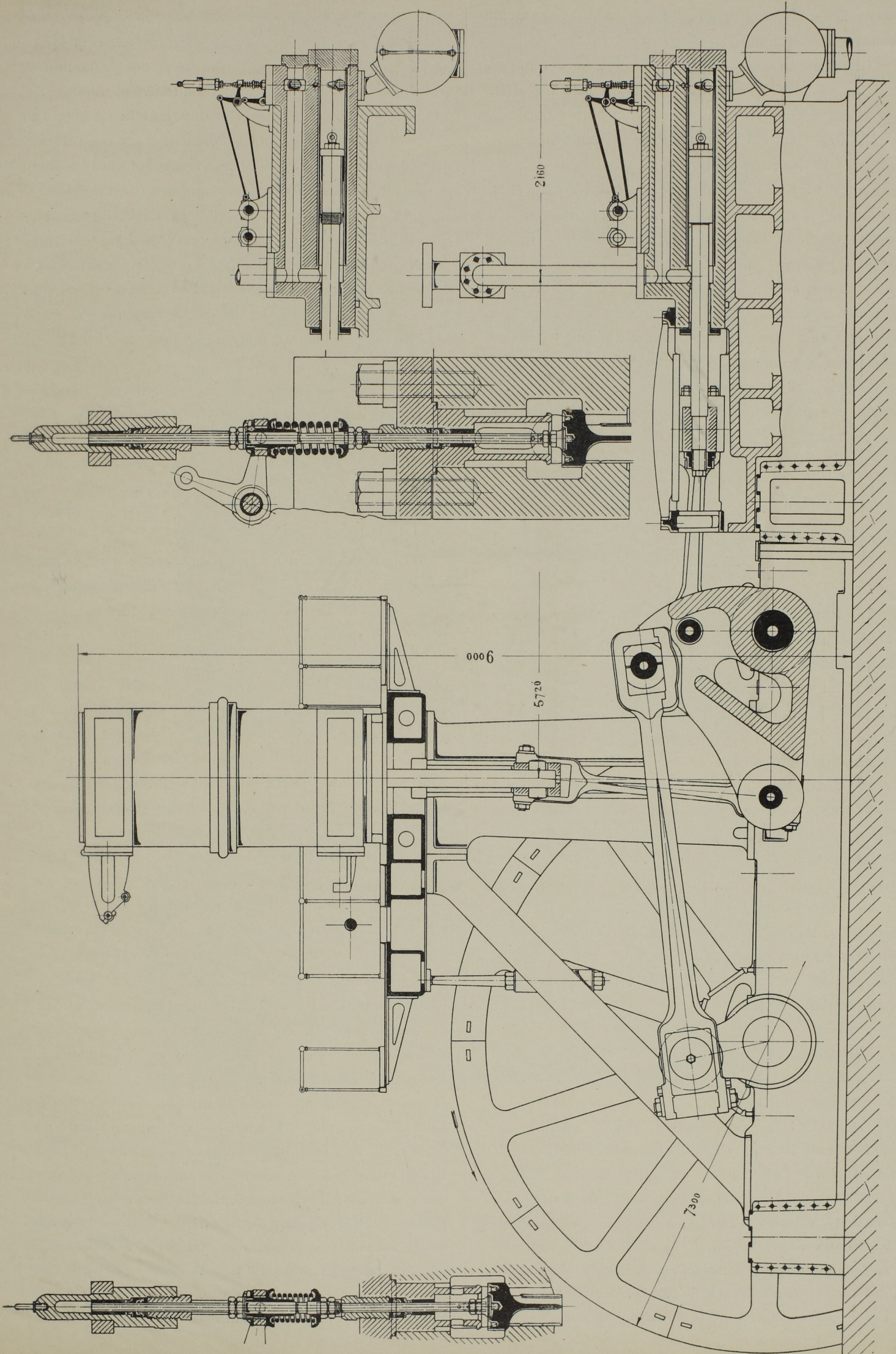


Abb. 20. Seitenansicht der Maschine und Pumpenschnitte. Masst. 1 : 48.
Presspumpen-Anlage der Bethlehem Iron Works in Bethlehem, Pa. (Nord-Amerika).

Druckröhren und hinter den Pumpen auch der kleine Kraftsammler ersichtlich.

Die Ventilkasten sind in das geschmiedete Pumpenstück eingebohrt. Die Ventile sind gewöhnliche Plattenventile mit Rippenführung. Da die Maschine zeitweilig bis zu 100 Umdrehungen minutlich macht, sind die Ventile mit Zwangschluss versehen. Die Schlussbewegung wird durch Spindeln auf das Ventil übertragen. Die Spindeln sind wegen des hohen Wasserdrucks, der auf ihren Querschnitt einseitig wirken würde, durchbohrt und am äussersten Ende mit einem Entlastungscylinder versehen. Die Schlussbewegung wird vom Kreuzkopf der drei Pumpen abgeleitet, da die Entfernung bis zur Kurbelwelle zu gross und die Uebertragung vermittelt Drehbewegung von einer Welle aus zu umständlich ist. Es steuert mithin immer der Kreuzkopf einer Pumpe die Nachbarpumpe, wie aus dem Grundriss der Pumpen (Abb. 19) ersichtlich ist. Die Einzelheiten der Pumpen und Ventile zeigt Abb. 20.

Presspumpen-Anlage der Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn.

Die Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn., beschloss im Jahre 1894 die Anlage einer neuen grossen Röhrenzieherei zur Herstellung von Röhren vorzugsweise für den Bau von Fahrrädern. Zum Betriebe einer grossen Zahl von hydraulischen Ziehbänken und Pressen entschloss sich die Gesellschaft, eine mit den modernsten Einrichtungen ausgerüstete hydraulische Centralstation anzulegen. Der Bau dieser Centralstation sowie der Röhrenzieherei wurde der Oberleitung des Herrn E. D. Leavitt in Boston unterstellt.

Die hydraulischen Presspumpen, die von der Firma Fraser & Chalmers in Chicago ausgeführt wurden, sind in Abb. 21—27 dargestellt. Es wurden zwei Pumpmaschinen aufgestellt, von denen jede einzelne bei mässigen Anforderungen imstande ist, den ganzen Betrieb aufrecht zu erhalten. Erst bei aussergewöhnlichen Beanspruchungen muss die zweite Maschine herangezogen werden.

Die Maschinen sind als stehende Dreifach-Expansionsmaschinen mit Corlisssteuerung (Hochdruckcylinder 19", Mitteldruckcylinder 32" und Niederdruckcylinder 49" Dchm., 30" gemeinsamer Hub) gebaut und arbeiten mit 10 Atm. Anfangs-Dampfspannung. Jeder Dampfkolben treibt einen einfachwirkenden Pumpenplunger von 5³/₄" Durchmesser an, der direkt mit dem Kreuzkopf verbunden ist. Von jedem Kreuzkopf führen zwei Schubstangen nach der gekröpften Kurbelwelle. Die Pumpencylinder sind zwischen je zwei Schubstangen angeordnet. Auf ihre gute und sichere Aufstellung wurde grosse Sorgfalt verwendet. Sie sind einer-

seits an die Ventilkasten, andererseits durch eine Hängesäule an das obere Traggussstück angeschlossen, welches zwischen die Cylinder und die Säulenunterstützung eingelegt ist. Die Ventilkasten bilden zugleich eine Unterstützung für die Dampfzylinder. Die Dampfzylinder ruhen also einerseits auf dem Hauptmaschinenständer, an den die Kreuzkopfführung angeschlossen ist, und andererseits auf den Ventilkasten.

In der Plattform sind runde Oeffnungen angebracht, sodass die Pumpenventile nach Wegnahme der hier angebrachten Deckel ohne weiteres mit dem Krahn herausgezogen werden können. Die Pumpenventile sind mit Stulpdichtung und mit Steuerung für Zwangschluss versehen. Das Pumpenventil ist in Abb. 28 dargestellt.

Die Pumpen wurden für einen mittleren Betriebsdruck von 57 Atm. und für einen maximalen Betriebsdruck von 82 Atm. gebaut. Von vornherein jedoch wurde die Anlage sofort mit 82 Atm. Druck betrieben, und dieser wurde sehr bald auf 100 Atm. erhöht. Mit diesem Druck ist die Anlage seit Sommer 1896 in anstandslosem Betriebe.

Die Ventilkasten und Pumpencylinder wurden nach Vorschrift des Herrn E. D. Leavitt aus Kanoneneisen angefertigt, einem Eisen, welches sich für die Beanspruchung, die ein Pumpenkasten auszuhalten hat, seiner Zähigkeit wegen ganz vorzüglich eignet. Das Eisen nimmt durch wiederholtes Verschmelzen vermittelt Holzkohle immer mehr und mehr die Eigenschaften von gewöhnlichem Schmiedeeisen an, sodass rothwarme Stäbe um bedeutende Winkel ohne Bruch tordirt werden können. Vermöge seiner Zähigkeit ist das Material also für den Pumpenbetrieb ganz besonders geeignet.

Obwohl schon die Anordnung der Kurbel unter 120° eine sehr günstige Wasserlieferung bewirkt und es thatsächlich möglich ist, die Anlage ohne irgendwelche Luft in den Windkesseln zu betreiben, wurde doch die Anordnung von Windkesseln vorgesehen.

Ausgebohrte Windcylinder, in denen sich ein Kolben mit selbstthätiger Dichtung bewegt, wurden in den oberen Theil der Ventilkasten eingehängt. Diese Luftbehälter werden von einer Westinghouse-Luftpumpe selbstthätig mit Luft versorgt, und zwar geschieht dies immer in den Zeitpunkten, wo durch den hoch aufgepumpten Akkumulator die Umlaufventile geöffnet sind und somit die Maschine ohne Belastung läuft. In den Pumpen einschliesslich des Druckraumes herrscht dann die normale Saugspannung. Der Windcylinder-Kolben geht infolgedessen herunter und setzt sich auf einen am unteren Ende des Cylinders angebrachten Sitz auf, die Spannung in den Windräumen geht entsprechend zurück, und in diesem Moment pumpt die Westinghouse-Pumpe selbstthätig die Luft auf ca. 9 Atm.

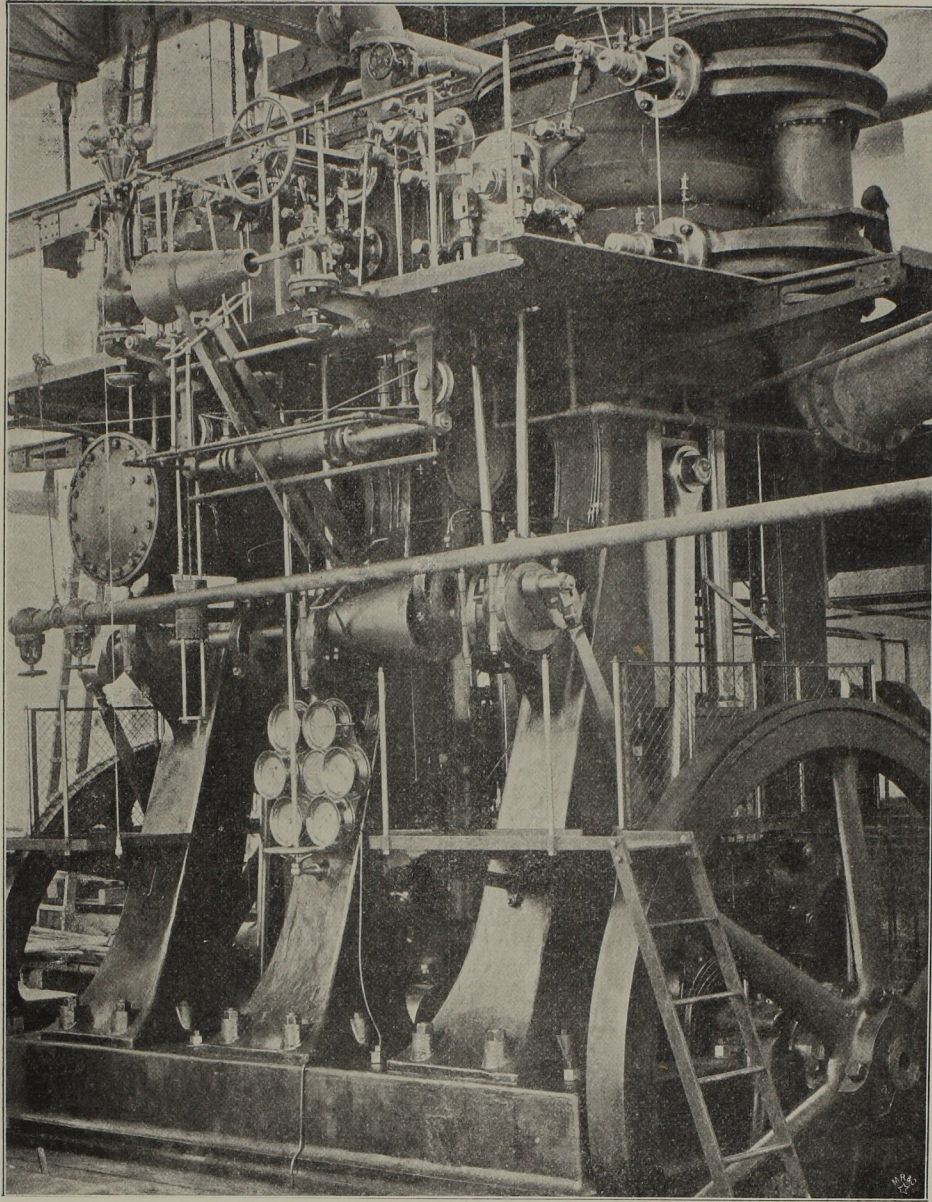


Abb. 21. Gesamtbild der Pumpmaschine.

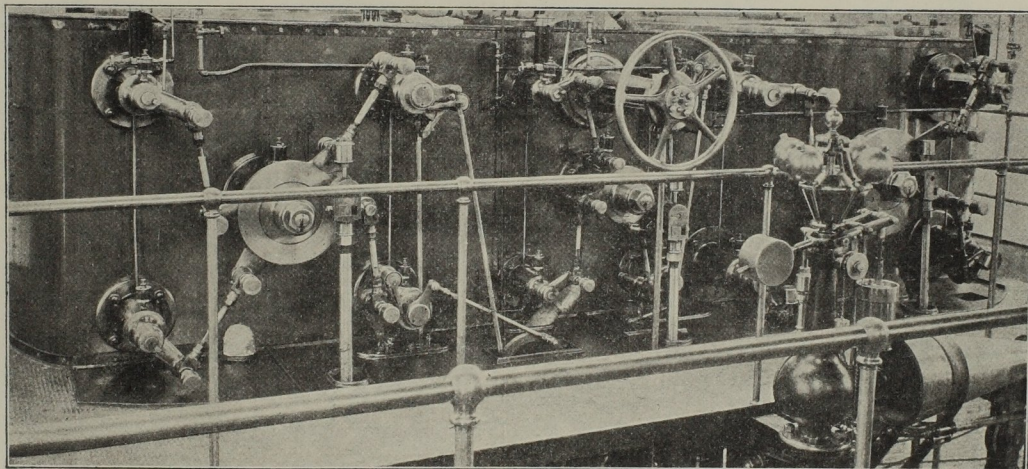


Abb. 22. Dampfmaschinen-Steuerung.

Presspumpen der Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn., ausgeführt von Fraser & Chalmers in Chicago.

Druck auf, falls bei der Bewegung des Windkolbens der Druck unter dieses Mass herabgegangen ist.

Sobald die Maschine wieder gegen Druck arbeitet, tritt die umgekehrte Bewegung des Windkolbens ein, und in den Windräumen wird eine dem Betriebsdruck entsprechende Spannung hergestellt.

Besondere Schwierigkeiten veranlasste die Regulierung. Es wurde verlangt, dass die Maschine sich zwischen 20 und 70 Umdrehungen dem wechselnden Kraftbedarf der Röhrenzieherei selbstthätig anpasse. Ferner wurde verlangt, dass, wenn der Bedarf so gering ist, dass er noch weniger als 20 Umdrehungen in der

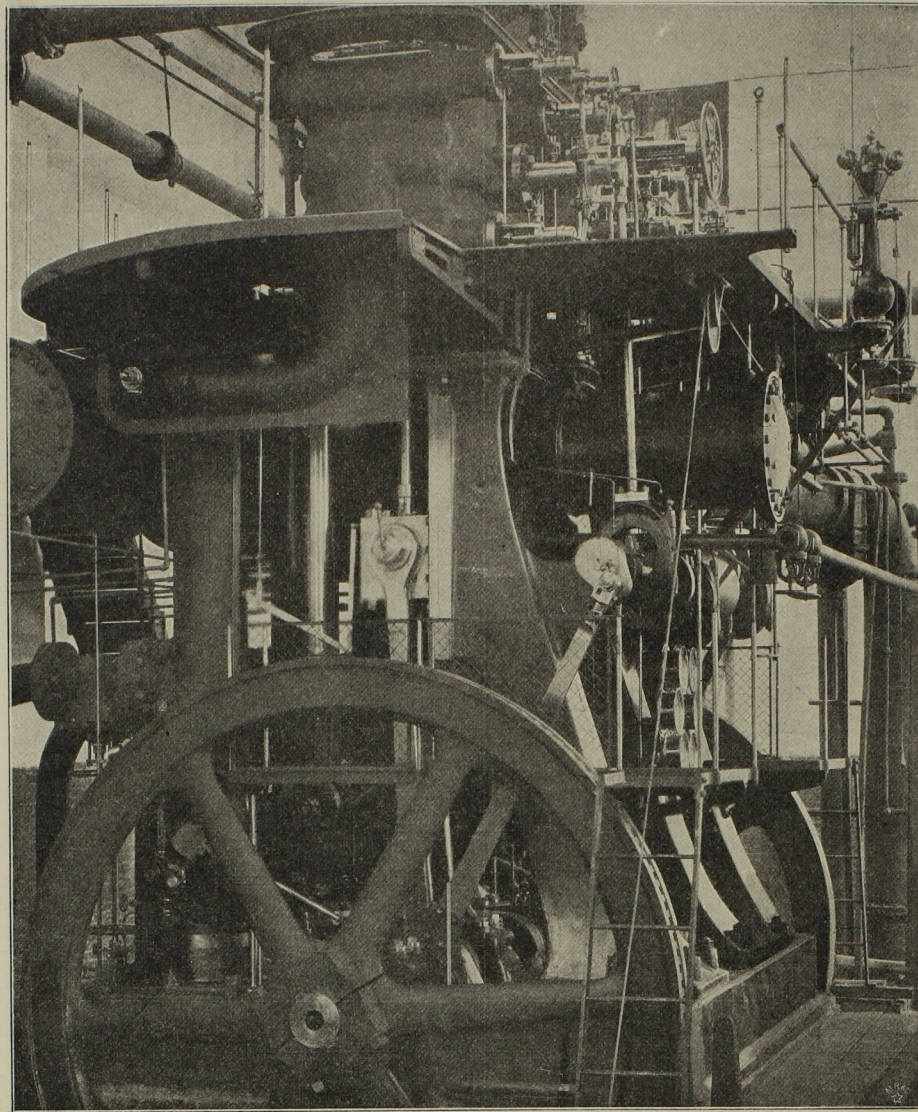


Abb. 23. Gesamtbild der Pummaschine.

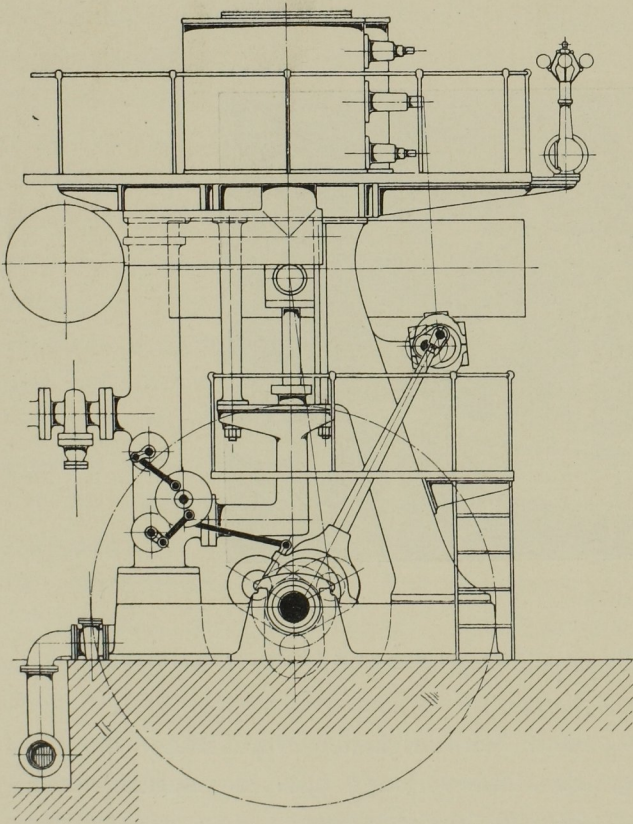


Abb. 24. Seitenansicht. Massst. 1:64.

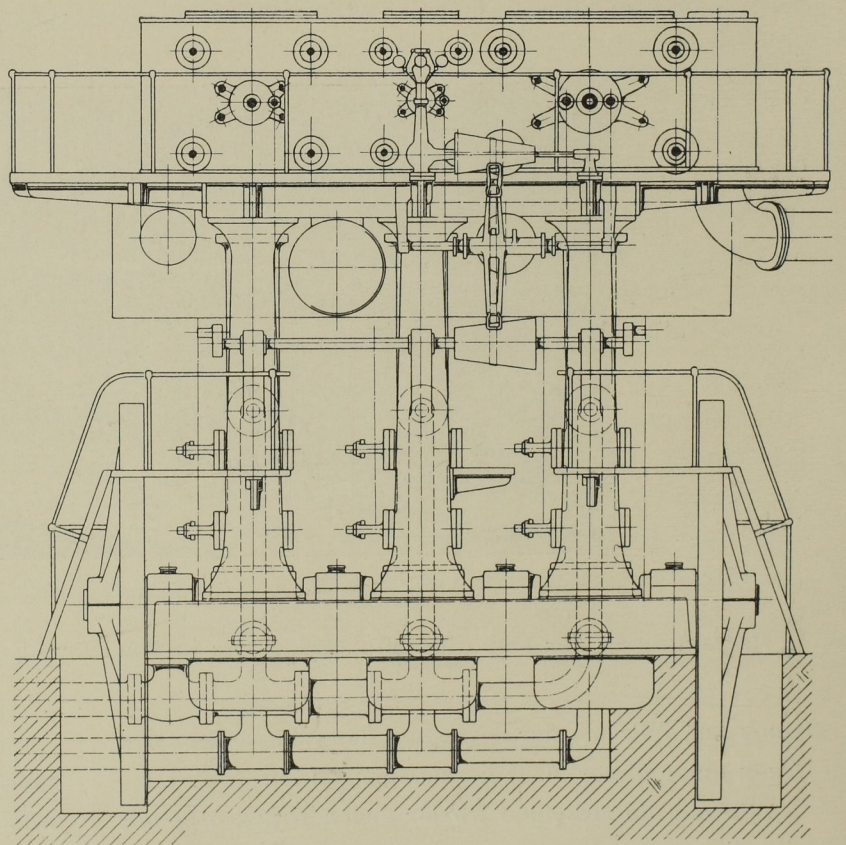


Abb. 25. Vorderansicht der Pummaschine. Massst. 1:64.

Presspumpen der Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn., ausgeführt von Fraser & Chalmers in Chicago.

Minute erfordern würde, der Akkumulator ein Umlaufventil öffnet, die Pumpenlieferung infolgedessen aufhört und die Maschine ohne Widerstand arbeitet. Der Grundgedanke war demnach, die Maschinen beständig arbeiten zu lassen.

Der Antrieb des Regulators wurde vermitteltst konischer Riemenscheiben eingerichtet und eine Verbindung nach dem Akkumulator hin in der Weise geschaffen, dass der Riemen auf diesen konischen Scheiben der Akkumulatorstellung entsprechend selbstthätig verschoben und die Umdrehungszahl dem Bedarf nach eingestellt wurde. In Verbindung mit dem Riemenverschieber wurde ein Oelkatarakt ausgeführt, zu dem Zwecke, die Geschwindigkeit der Riemenverschiebung nach Belieben zu regulieren. Damit die Wirkung des Akkumulators mit dieser Einrichtung nicht in Wider-

Regulator in der Weise ein, dass er ihn hochhebt, damit die Füllung des Hochdruckcylinders reduziert und unter Umständen vollständig auf Null einstellt. Mit dieser Einrichtung werden die Maschinen z. Z. fortlaufend betrieben.

Die Regulierung der Dampfmaschine war sehr erschwert durch eine Vorschrift der Ausschreibungs-Bedingungen, die für jeden Aufnehmer ein Volumen gleich dem fünffachen des vorhergehenden Cylinders verlangte. Hierdurch wurden bedeutende Dampfmenngen der Einwirkung des Regulators entzogen. Indem der Regulator auf die Hochdrucksteuerung einwirkte, kamen diese Dampfmenngen vollständig auf dem Mittel- und Niederdruckkolben zur Geltung, wenn das Umlaufventil durch den Akkumulator geöffnet wurde. Um diesem Uebelstande abzuhelpfen, wurde die Mitteldruck-Steuerung

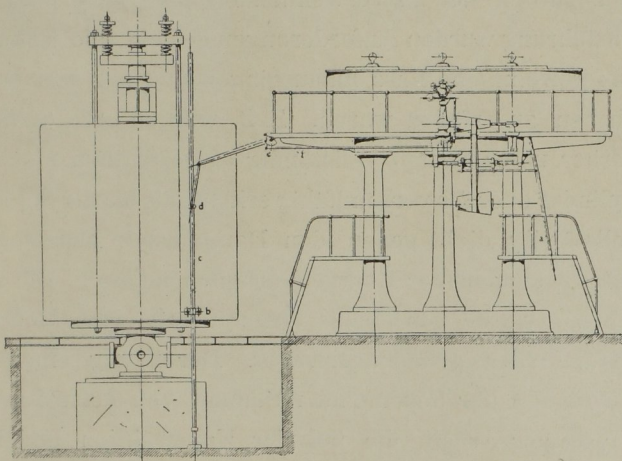


Abb. 26. Ansicht der Pumpmaschine und des Kraftsammlers.
Massst. 1 : 144.

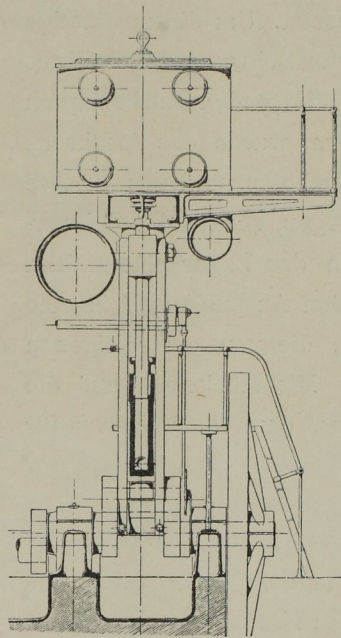


Abb. 27. Triebwerk und Pumpenschnitt.
Massst. 1 : 75.

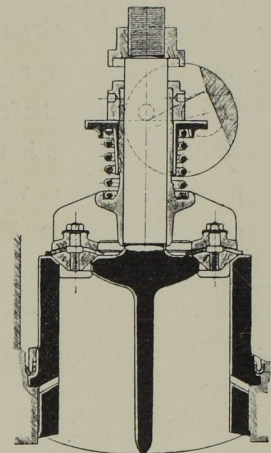


Abb. 28. Pumpenventil.

Presspumpen der Pope Manufacturing Co. in Hartford, Conn., ausgeführt von Fraser & Chalmers in Chicago.

spruch kam, wurde seine Einwirkung auf die Riemenverschiebung indirekt durch Einschaltung einer Gewichtswirkung ausgeführt. Die Einrichtung arbeitete vollständig zufriedenstellend bis auf den Riemen selbst, dessen häufiges Hin- und Herschieben doch bedenklich schien und der auch ausserordentlichem Verschleiss unterworfen war. Es wurde daher, in der Einsicht, dass man so grosse Maschinen nicht von einem derart der Abnutzung unterworfenen Riemen abhängig machen dürfe, die Abänderung getroffen, dass dem Maschinisten die Verschiebung des [Riemens durch einen Handhebel übertragen und die Einstellung der Geschwindigkeit von Hand aus, der Bewegung des Akkumulators entsprechend, vorgenommen wird. Wenn nun trotzdem der Akkumulator zu hoch steigen sollte, so wirkt letzterer durch eine Stangenverbindung auf den

vom Umlaufventil derart abhängig gemacht, dass bei vollständig geöffnetem Umlaufventil die Steuerung des Mitteldruckcylinders auf Null eingestellt wird. Hierdurch wird der Dampf im ersten Aufnehmer festgehalten und kommt so auf dem Mitteldruckkolben vollständig zur Geltung, wenn das Umlaufventil geschlossen und die Maschine wieder belastet ist.

Alle drei Cylinder wurden mit Corliss-Steuerung ausgerüstet. Der Hoch- und Mitteldruck-Cylinder haben einfache, je mit einem einzelnen Exzenter angetriebene Ausklink-Steuerung, während die zwangläufige Steuerung des Niederdruckcylinders durch zwei Exzenter betätigt wird. Der Antrieb geschieht bei sämtlichen Corliss-scheiben vermitteltst Kugelexzenter und Kugelzapfen von einer gemeinsamen Vorgelegewelle aus, die ihrerseits von der Hauptmaschinenwelle durch zwei um

90° versetzte Exzenter angetrieben wird. Die Corliss-Steuerung wurde auf diese Weise recht übersichtlich und gedrängt angeordnet. Die Corlisschieber können nach der hinteren Seite der Cylinder herausgezogen werden, ohne dass die äussere Steuerung demontirt zu werden braucht. Der Regulator ist ausserhalb des Geländers, aber bequem zugänglich angeordnet. Die Regulirbewegung wird nach der Hochdruck-Ausklinksteuerung vermittelt einer kleinen Vorgelegewelle übertragen, die ihrerseits in Kugellagern gelagert ist. Die Plattform ist gemeinsam für beide Maschinen eingerichtet und ermöglicht bequeme Zugänglichkeit aller Theile der Steuerung. Unter der Corliss-Steuerung sind Oeltropf-Schalen eingegossen, in denen sich das Tropföl von allen Steuerungstheilen sammelt.

Die Schwunräder sind in einem Stück mit getheilter Nabe gegossen. Auf jedes Kopfende der Welle ist ein Schwungrad fliegend aufgesetzt. Um die ungünstige Einwirkung des frei aufgehängten Schwunradgewichtes auf das Lager und den nächstliegenden Kurbelzapfen nach Möglichkeit zu vermindern, wurde das Armkreuz mit der Nabe nach aussen ausgebogen und das äussere Lager entsprechend herausgezogen, sodass der Schwerpunkt des Radkranzes noch in das Lager hinein fällt.

Beide Maschinen liefern den Auspuffdampf in eine gemeinsame Kondensation ab, die von einer eigenen Maschine angetrieben wird. Mit Rücksicht auf die tiefe Lage eines nahen Flusses, dem das Wasser für die Einspritzkondensation entnommen wird, musste der Kondensator in einen kreisförmigen Brunnen von einigen Meter Tiefe eingesetzt und in sehr gedrängter Konstruktion ausgeführt werden. Zu dem Zwecke wurde die Antriebsmaschine auf den oberen Druckwindkessel einer liegenden Kondensationspumpe aufgebaut. Die Bewegung wird nach dem Luftpumpenkolben hin durch eine zweite Schubstange mit Schwinge übertragen und dadurch eine sehr günstige Kraftausgleichung zwischen Dampfmaschine und Luftpumpe erzielt. Der Dampf für die Antriebsmaschine wird den Mänteln der Hauptmaschine entnommen. Er puffte zuerst in den ersten Receiver der Hauptmaschine aus, mit Rücksicht auf das häufige Leerlaufsarbeiten der Hauptmaschinen wurde jedoch die Einrichtung bald so getroffen, dass die kleine Maschine direkt in den Kondensator auspufft. Das mit diesem Kondensator erzielte Vakuum war ein ungewöhnlich gutes.

Die Heizung der Cylinder und Aufnehmer wurde in

besonders sorgfältiger Weise durchgeführt. Sämtliche Cylinder, Cylinderdeckel und Aufnehmer werden in ausgiebigster Weise mit Dampf von Kesselspannung geheizt. In die Aufnehmer ist ein grosses Röhrensystem von dünnwandigen $\frac{3}{4}$ zölligen Messingröhren eingesetzt, welches unter Kesselspannung steht. Die Heizung der Aufnehmer ist infolgedessen so vollkommen und ausgiebig, dass der Dampf mit beträchtlicher Ueberhitzung in den Mittel- und namentlich den Niederdruckcylinder überströmt. Hierdurch wird eine ungewöhnlich hohe Dampfausnutzung erzielt. Der Heizdampf passirt nacheinander den Mantel des Hochdruckcylinders, das Heizsystem des ersten Aufnehmers, den Mantel des Mitteldruckcylinders, das Heizsystem des zweiten Aufnehmers, den Mantel des Niederdruckcylinders und geht von hier aus zur Antriebsmaschine der Kondensation. Auf diese Weise wird ein sehr lebhafter Umlauf in allen Heizräumen erzielt und die Bildung von Luftsäcken verhindert.

Die Konstruktion der Maschinenanlage wurde in allen Einzelheiten mit peinlichster Sorgfalt durchgeführt. Hinsichtlich der zu verwendenden Materialien und der Ausführung wurden Anforderungen gestellt, die weit über das gewöhnliche Mass hinausgingen und nur von ersten Firmen zu erfüllen waren. Z. B. wurden alle Schieber vorher unter Dampf vollständig eingeschliffen und kein Cylinder eher für versandfähig erklärt, als bis die Schieber vollständig dicht gegen den Dampfdruck abschlossen, unter welchem der Cylinder arbeiten musste. Die Ausführung wurde von einem eigenen Aufsichtsbeamten in allen Theilen genau überwacht. Der Erfolg entsprach aber auch der bedeutenden Summe von geistiger und physischer Arbeit, die bei der Konstruktion und Herstellung dieser Maschinen aufgewandt wurde.

Die Maschinen arbeiten z. Z. tadellos mit etwa 80 Umdrehungen in der Minute und einem hydraulischen Druck von 100 Atm., wobei zu berücksichtigen ist, dass sowohl die Betriebsgeschwindigkeit als der Druck bei weitem das übersteigt, was der Konstruktion zu grunde gelegt wurde. Insbesondere haben die Pumpenventile mit Steuerung allen Anforderungen entsprochen.

Hinsichtlich der Konstruktion der Pumpen, Rohrleitungen, Ventile und Dichtungen wäre noch zu erwähnen, dass alles so eingerichtet wurde, dass auch mit Mineralöl anstatt mit Wasser gearbeitet werden kann. Hierdurch waren alle Gummidichtungen ausgeschlossen.

(Ueber die in neuester Zeit ausgeführte Konstruktion raschlaufender Presspumpen ist im Abschnitt „Express-Pumpen mit Dampftrieb“ berichtet.)