

Biblioteka Główna I OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100160932

1852

1852

P 152
25

DIE NEUEN
WASSERHALTUNGSMASCHINEN

AUF DEN

DECHENSCHÄCHTEN BEI SAARBRÜCKEN, DER TIEFBAUANLAGE
ZU RÜDERSDORF

UND DER

FERDINANDSGRUBE BEI KATTOWITZ

VON



HÖRMANN,

PROFESSOR UND LEHRER DER MASCHINENKUNDE AN DER KÖNIGLICHEN BERGACADEMIE
ZU BERLIN.

HIERZU EIN ATLAS MIT 29 TAFELN IN DOPPELFOLIO.

1912. 1500.



BERLIN.

VERLAG VON ERNST & KORN.
GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.

1874.



100274 N/A

Smw. 23917.

V o r w o r t.

Bei den bedeutenden Fortschritten, die in den letzten Decennien in der Construction und dem Bau der Wasserhaltungsmaschinen gemacht sind, wurde, um die hauptsächlichsten Verbesserungen zur allgemeinen Kenntniss zu bringen, von der Bergwerksverwaltung beschlossen, ausführliche Beschreibungen einzelner auf den fiscalischen Werken in Thätigkeit befindlichen Maschinen zu veröffentlichen in ähnlicher Weise, wie eine solche bereits früher durch Herrn Civilingenieur Kley in Betreff der einfachwirkenden Woolf'schen Maschine zu Grube Altenberg bei Aachen gegeben ist. Die Bearbeitung der Publication wurde dem Unterzeichneten übertragen. Es wurden zunächst die beiden Balancier-Maschinen des Dechenschachtes No. 3 der Grube Heinitz bei Saarbrücken aus-
ersehen, die sich bereits in jeder Beziehung gut bewährt hatten. Das Material für die Bearbeitung, sowie die Zeichnungen dieser Maschinen sind von Herrn Maschinenmeister Pinno geliefert worden. Inzwischen war die doppelt- und directwirkende Woolf'sche Maschine auf den fiscalischen Steinbrüchen in Rüdersdorf in Betrieb gesetzt worden und arbeitete so vollkommen, dass es erwünscht erschien, auch diese Maschine mit einzureihen. Endlich wurde in Folge der günstigen Urtheile über die in Oberschlesien auf mehreren Gruben in Betrieb gekommenen rotirenden Wasserhaltungsmaschinen von Hoppe in Berlin, und bei dem grossen Interesse, welches die rotirenden Maschinen überhaupt in Anspruch nehmen, auch die Aufnahme einer solchen und zwar der auf Grube Ferdinand bei Kattowitz aufgestellten beschlossen. Von Herrn Hoppe sowohl, als von der Grubenverwaltung ist die Veröffentlichung der zu diesem Zwecke zur Verfügung gestellten Materialien bereitwilligst genehmigt und unterstützt worden.

Durch dieses allmälige Anwachsen des Stoffes, sowie durch verschiedene Schwierigkeiten in der Zusammenstellung des Materials ist nun zwar eine unerwünschte Verzögerung in der Herausgabe der vorliegenden Publication veranlasst worden. Andererseits ist jedoch der Inhalt der Arbeit

in so erheblichem Maasse bereichert, dass darin eine gewisse Entschädigung für die Verzögerung gefunden werden möchte.

Durch die ungleichzeitige Ausführung der die verschiedenen Maschinen darstellenden Tafeln ist es auch, wie noch erwähnt werden möge, veranlasst worden, dass die Dimensionen in den Zeichnungen der Maschinen des Dechenschachtes nach Rheinischem, in den folgenden, später zusammengestellten, nach Meter-Maass und zwar in Millimetern eingetragen worden sind.

Schliesslich erfülle ich noch eine angenehme Pflicht, indem ich allen den Herren, die mich in zuvorkommender Weise durch die verschiedensten Mittheilungen bei der vorliegenden Arbeit unterstützten, meinen besten Dank ausspreche.

Berlin, im Juni 1874.

A. Hörmann.

I n h a l t.

	Seite
Einleitung	1
Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage auf dem Dechenschacht No. 3 der Königlichen Steinkohlengrube Heinitz bei Saarbrücken.	12
Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für beide Maschinen.	13
Die doppeltwirkende Ehrhardt'sche Balancier-Wasserhaltungsmaschine von 150 Pferdekraft	14
Effectberechnung der Maschine	14
Berechnung des nothwendigen Gestängegewichtes	15
Beschreibung der Ehrhardt'schen Maschine	15
Anordnung der Maschine	17
Ventile und Ventilkasten	18
Dampfcylinder und Steuerung	18
Condensator	21
Luftpumpe und Kesselspeisepumpen	22
Katarakte und Regulirungspumpen	22
Zusammenstellung der Hauptdimensionen	23
Die einfachwirkende Woolf'sche Balancier-Wasserhaltungsmaschine von 150 Pferdekraft	23
Effectberechnung	23
Berechnung des nothwendigen Gestängegewichtes	24
Beschreibung der einfachwirkenden Woolf'schen Maschine	24
Anordnung der Maschine	26
Ventile und Ventilkasten	27
Dampfcylinder und Steuerung	28
Katarakte	31
Condensator mit Luftpumpe	31
Zusammenstellung der Hauptdimensionen	31
Wasserhaltungsschacht mit der 28zölligen Druckpumpe der Ehrhardt'schen Wasserhaltungsmaschine.	32
Details der Pumpenlager	33
Der 28zöllige Drucksatz der Woolf'schen Wasserhaltungsmaschine	34
Die Schachtgestänge der beiden Drucksätze	34
Zusammenstellung der Gewichte der einzelnen Maschinenteile	35
Zusammenstellung der Kosten	46
Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbau der fiscalischen Steinbrüche bei Rüdersdorf	49
Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage	50
Berechnung einer der 88pferdigen Wasserhaltungsmaschinen nebst Pumpen und Gestänge	51

	Seite
Beschreibung der Maschine	53
Anordnung der Maschine	54
Ventile und Ventilkasten	56
Dampfzylinder und Steuerung	57
Die Katarakte	60
Condensator und Luftpumpe	60
Zusammenstellung der Hauptdimensionen	61
Die Pumpen	61
Die Grubenpumpe (78 ^{cm} Drucksatz)	61
Die Stollpumpe (26 ^{cm} Drucksatz)	62
Das Gestänge	63
Zusammenstellung der Gewichte und Preise	64
Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbauschacht der Steinkohlengrube Ferdinand bei Kottowitz	69
Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbauschacht	69
Berechnung der 700pferdigen Wasserhaltungsmaschine nebst Pumpen und Gestänge	70
Beschreibung der Maschine	73
Anordnung der Maschine	74
Dampfzylinder und Steuerung	76
Condensator und Luftpumpe	78
Regulirung der Maschine	79
Zusammenstellung der Hauptdimensionen	80
Die Pumpen und Gestänge	80
Die Saugsätze	80
Die Saugsatzgestänge	81
Die Drucksätze	82
Die Drucksatzgestänge	82
Zusammenstellung der ungefähren Gewichte	83

Die Aufgaben, denen die Wasserhaltung auf Bergwerken zu genügen hat, sind in der neueren Zeit dadurch sehr erhöht worden, dass mit der zunehmenden räumlichen Ausdehnung der Grubenbaue und dem Vordringen derselben in die Tiefe grössere Wassermengen dem Betriebe zusetzten und aus bedeutenderen Teufen als früher gehoben werden mussten. Man bedurfte zu dieser Mehrleistung stärkerer Wasserhebungsmaschinen, als sie bis dahin in Gebrauch standen. Bei der Construction derselben musste auf die erhebliche Vertheuerung aller Bau- und Betriebsmaterialien, sowie auf die Steigerung der Arbeitslöhne Rücksicht genommen werden und waren deshalb theils die alten Constructions-Systeme, als den Bedingungen, welche durch die veränderten Betriebsverhältnisse geschaffen waren, nicht oder nur unvollkommen entsprechend, abzuändern, theils neue Systeme zur Anwendung zu bringen.

Bei der Verbesserung und Vervollkommnung der älteren Systeme ging man vornemlich von zwei Gesichtspunkten aus. Man suchte eine stärkere Ausnutzung der Dampfkraft durch Erhöhung des Expansionsgrades des Dampfes zu erzielen, wobei man Einrichtungen traf, um die mit geringerer Expansion verbundene Sicherheit des Betriebes auch der veränderten Construction zu erhalten. Andererseits machte man die Maschine doppelwirkend, um unter Beibehaltung der bisher gebräuchlichen Cylinder-Dimensionen grössere Wirkungen zu erreichen. Bei einigen Systemen fügte man zum Zweck der Erhöhung der Leistung, beziehentlich der Verringerung der Cylinder-Dimensionen für bestimmte Leistungen, ein Schwungrad hinzu, da dies einen rascheren Gang der Maschine zu erzeugen gestattet.

Von grosser Bedeutung ist ferner ein vorzugsweise von England ausgegangenes neues Constructions-System der Wasserhaltungsmaschinen, welches darauf gerichtet ist, das gesammte Pumpengestänge mit allen Uebelständen, welche ihm anhaften, zu beseitigen. Dabei wird die Maschine unterirdisch aufgestellt und erhält den Dampf durch Rohrleitungen von über Tage aufgestellten Dampfkesseln. Sie ist so construirt, dass sie eine grosse Anzahl von Hüben machen kann und hebt bei verhältnissmässig geringer Grösse bedeutende Wassermengen zu Tage. Um die bei dieser Disposition durch Abkühlung in den langen Dampfleitungen entstehenden Dampfverluste zu vermeiden, ist man auch wohl dazu übergegangen, die Dampfkessel unterirdisch aufzustellen. Die Verbrennungsgase lässt man dabei meist nach dem Wetterschachte abziehen, hat sich jedoch auch bei einigen Anlagen mit Versuchen beschäftigt, die Verbrennungsgase zu condensiren, beziehungsweise mit dem Grubenwasser durch die Steigrohre zu entfernen. Versuche, das Pumpengestänge bei der Aufstellung der Maschine über Tage durch Drahtseile zu ersetzen, haben wegen häufiger Seilbrüche keine günstigen Resultate ergeben.

Die zur Zeit für die Wasserhaltung gebräuchlichen Dampfmaschinen lassen sich in zwei Hauptgruppen bringen. Je nachdem nämlich Dampfmaschine und Pumpe durch ein Gestänge oder ohne ein solches, d. i. direct mit einander verbunden sind, ergeben sich characteristische Verschiedenheiten der Maschinen, in Folge deren man: A. Maschinen ohne Gestänge und B. Maschinen mit Gestänge unterscheiden kann.

A. Maschinen ohne Gestänge.

Die erste Gruppe umfasst die Maschinen, welche in der Grube aufgestellt werden und unmittelbar ohne Zwischengestänge mit der Pumpe verbunden sind. Der Dampf wird meist von oben her durch eine gut umhüllte Rohrleitung zugeführt und nur in den Fällen, wo den Verbrennungsgasen durch einen eigenen Wetterschacht der Ausgang verschafft werden kann, stellt man wohl die Kessel direct unten in der Grube auf. Sie werden schon jetzt ihrer Billigkeit und leichten Behandlung wegen vielfach angewendet und es ist mit ziemlicher Sicherheit eine noch allgemeinere Verbreitung derselben vorauszusehen.

Es befinden sich verschiedene Systeme in Thätigkeit, welche im Wesentlichen dieselben sind, die auch bei den bekannten Dampfpumpen für die verschiedensten Zwecke über Tage Anwendung finden.

B. Maschinen mit Gestänge.

Die Maschinen mit Gestänge sind diejenigen, welche man gewöhnlich unter der Bezeichnung Wasserhaltungsmaschinen versteht. Sie sind mit seltenen Ausnahmen über Tage aufgestellt und setzen durch das Gestänge die Pumpen in Bewegung. Die Maschinen dieses Systems lassen sich in zwei Haupt-Abtheilungen bringen, nämlich:

I. Nichtrotirende Maschinen ohne Schwungrad.

II. Rotirende Maschinen mit Schwungrad.

I. Nicht rotirende Maschinen.

Die nicht rotirenden Maschinen werden gewöhnlich mit aufrechtstehenden Dampfeylindern construiert. Liegende Cylinder kommen wegen der einsaitigen Abnutzung, die bei Maschinen von so bedeutenden Dimensionen verhältnissmässig sehr stark ausfällt, nur in seltenen Ausnahmefällen vor. Für tonnlägige Schächte erhält der Cylinder meist die Richtung des Schachtes.

Man hat wiederum zwei Hauptgruppen zu scheiden:

1. Balanciermaschinen und

2. directwirkende Maschinen.

Die ersteren wurden früher ausschliesslich angewendet. Sie sind im Allgemeinen erheblich theurer als die letzteren und finden vorherrschend in den Fällen Anwendung, in welchen der Raum über dem Schachte für Förderung, Fahrung oder sonstige Betriebszwecke freigehalten werden muss.

Ausserdem erlaubt der Balancier, wenn er ungleicharmig gemacht wird, die Hubhöhe des Dampfkolbens grösser zu nehmen als die der Pumpenkolben, was in manchen Fällen sehr wünschenswerth ist. Dagegen erfordert die Balanciermaschine meist eine sehr starke Fundirung und lässt bei der colossalen Kraft, welche in dem sehr gewichtigen Balancier zu übertragen ist und leicht das Warmwerden der stark beanspruchten Balancierzapfen bewirkt, eine verhältnissmässig nur geringe Zahl von Hübem zu, so dass die Construction der direct wirkenden Maschinen als ein bedeutender Fortschritt zu bezeichnen ist.

Zur Dampfvertheilung dienen bei derartigen grossen Maschinen, sowohl bei direct wirkenden als Balanciermaschinen mit seltenen Ausnahmen Ventile.

Die für dieselben ganz characteristische Steuerung ist die sogenannte Kataraktsteuerung, deren wesentliche Eigenthümlichkeit darin besteht, dass am Schlusse jedes Kolben-Aufganges und -Niederganges eine Pause entsteht, deren Länge durch den betreffenden Katarakt regulirt wird und beliebig verlängert oder verkürzt werden kann, so dass sich die Anzahl der Hübe für die verschiedensten Wassermengen nach Bedarf abändern lässt, ohne dass die Kolbengeschwindigkeit beim Auf- und Niedergange vermindert zu werden braucht.

Nach der Wirkung des Dampfes im Cylinder lassen sich bei den nicht rotirenden Maschinen folgende in Anwendung stehende Systeme unterscheiden.

1. Einfachwirkende Maschinen ohne Condensation.

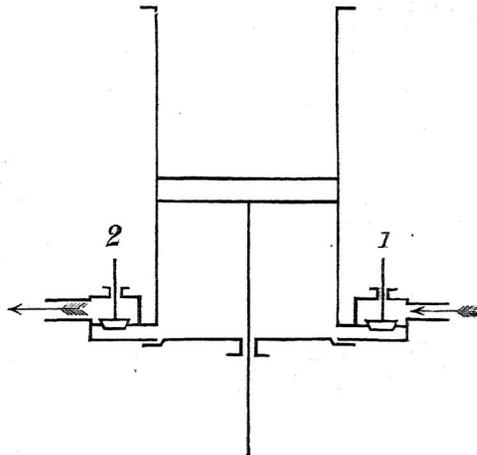
Der Dampf strömt durch das Einlassventil 1 unter den Kolben und treibt ihn empor; das Auslassventil ist unterdessen geschlossen. Beim Niedergange entweicht der Dampf durch das geöffnete Auslassventil in die freie Luft, während das Einlassventil geschlossen ist.

Expansion wird bei diesen Maschinen im Allgemeinen nicht angewandt, einestheils und hauptsächlich deshalb, weil bei einem nur einigermaßen hohen Expansionsgrade die Uebelstände, die mit Einführung der Expansion überhaupt verknüpft sind, hier in noch höherem Grade sich geltend machen, als bei den unten folgenden Condensationsmaschinen, während die bedeutenden Mehrkosten der Expansionsanlage bei diesen Maschinen durch die Dampfersparniss gewöhnlich nicht aufgewogen wird.

Diese Maschinen sind die einfachsten und bei weitem die billigsten und zugleich wegen ihrer Einfachheit den wenigsten Betriebsstörungen unterworfen. In Betreff des Dampfverbrauches sind sie dagegen die unvollkommensten, da wegen der fehlenden Expansion und für die Ueberwindung des Luftdruckes auf den Kolben eine Menge mechanischer Arbeit verloren geht. Nur bei hohen Dampfspannungen arbeiten sie einigermaßen öconomisch.

Trotz des sehr grossen Dampfverbrauches sind die einfachwirkenden Maschinen ohne Condensation bisher noch sehr viel in Anwendung. Vor etwa zehn Jahren arbeitete mehr als $\frac{1}{3}$ aller einfach wirkenden Maschinen des Continentes ohne Condensation und mag diese etwas auffallende Erscheinung zum Theil ihren Grund darin haben, dass die Condensation entweder aus Mangel an Raum zur Aufstellung der Condensationsapparate oder bei sauren Grubenwassern aus Mangel an geeignetem Condensationswasser überhaupt nicht gut anzuwenden war, hauptsächlich aber wohl darin, dass der Bergmann Betriebsstörungen der Wasserhaltungsmaschine, welche leicht mit den grössten Belästigungen und Gefahren für den Grubenbetrieb verbunden sind, ängstlich zu vermeiden trachtet und sich deshalb im Allgemeinen gern für die einfachsten Maschinen, die solche Störungen weniger befürchten lassen, entscheidet. In manchen Fällen wird auch der geringe Preis die Veranlassung zur Anschaffung einer solchen Maschine gewesen sein.

Fig. 1.

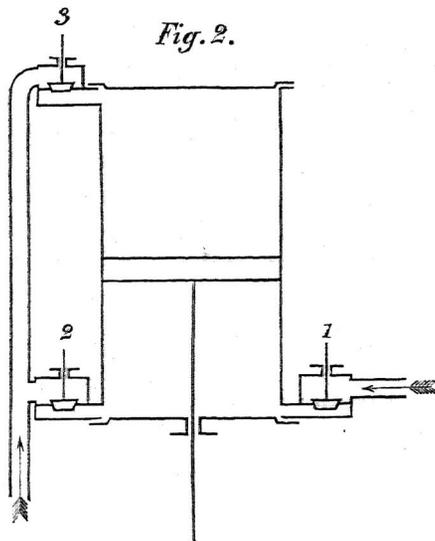


2. Einfachwirkende Maschinen mit Condensation.

Diese Maschinen sind bis jetzt für die Wasserhaltung die gebräuchlichsten. Der Dampf tritt bei ihnen zunächst durch das Einlassventil 1 unter den Kolben und hebt denselben.

Um den Dampf zu condensiren, führte man denselben früher direct beim Niedergange des Kolbens aus dem untern Cylinderraum in den Condensator. Es musste solchenfalls nach vollendetem Hube der Ueberschuss des Luftdruckes über den Condensatordruck den Kolben abwärts treiben, so dass die Maschine in gewissem Sinne doppelwirkend arbeitete. Jetzt ist diese Art der Condensationseinrichtung nicht mehr gebräuchlich, einestheils wegen der bedeutenden Abkühlung des Cylinders durch die ein- und austretende Luft, anderentheils weil die Cylinderdimensionen, wenn man nicht einen Contrebalancier mit Gegengewicht anwenden will, grösser als zweckmässig ausfallen würden.

Gegenwärtig richtet man die Condensation in der Weise ein, dass die Luftleere über dem Kolben entsteht und somit der volle Dampfdruck zur Wirkung kommt. Es wird deshalb nöthig, beim Niedergange den Dampf unter dem Kolben weg über denselben treten zu lassen, wozu ein Communicationsrohr zur Verbindung des oberen und unteren Cylinderraumes nebst einem Communicationsventil, dem sogenannten Gleichgewichtsventil, erforderlich wird. Ist dieses Ventil 2 (Fig. 2) geöffnet, so wird der Dampfdruck auf beiden Seiten des Kolbens gleich und das niedersinkende Gestänge hebt das Wasser durch sein eigenes Gewicht allein. Bei dem darauf folgenden Kolbenhube geht der Dampf aus dem oberen Cylinderraum durch das Auslassventil 3 in den Condensator. Beim Aufgange ist also das Einlassventil und das Auslassventil geöffnet, beim Niedergange dagegen das Gleichgewichtsventil.



Am Ende des Aufganges tritt gewöhnlich eine kurze Pause ein, damit die Pumpenventile Zeit haben sich zu schliessen. Die Hauptpause findet am Ende des Niederganges statt.

Die Condensationsmaschinen arbeiten entweder

- a. ohne Expansion oder
- b. mit Expansion.

Die Maschinen ohne Expansion haben einen bedeutenden Kohlenverbrauch, wenn auch nicht einen so grossen als die Maschinen ohne Condensation. Sie besitzen dagegen den Vorzug, dass sie leicht zu behandeln sind und dass man die Geschwindigkeit des Gestänges vollständig in der Gewalt hat. Der Dampfdruck wirkt fast während des ganzen Kolbenweges nahezu constant auf den Kolben und ist mit den Widerständen im Gleichgewicht. Um die Geschwindigkeit des Kolbens beim Hube zu verringern, braucht man nur das Einlassventil etwas mehr zu schliessen; es gelangt dann in gleicher Zeit weniger Dampf in die Maschine und der Kolben hebt sich langsamer. Umgekehrt hat man zur Vergrösserung der Geschwindigkeit das Einlassventil etwas mehr zu öffnen.

Bei den Maschinen mit Expansion, den eigentlichen Cornwall-Maschinen, ist dagegen die Wirkung eine wesentlich andere, mit erheblichen practischen Schwierigkeiten verbundene. Die Einrichtung ist hier so zu treffen, dass die Grösse des mittleren Dampfdruckes unter dem Kolben dem wirksamen Gestängegewicht gleich ist.

Bei starker Expansion ist dann der Dampfdruck am Anfange viel grösser und am Ende des Hubes viel kleiner als das Gestängegewicht, während in einer ganz bestimmten Stellung beide gleich sind. Bis zu dieser Position hin werden die Massen (Gestänge, Balancier, Gegengewichte etc.) beschleunigt. Bei weiterem Aufsteigen überwiegt der Widerstand immer mehr den Dampfdruck und die Bewegung wird verzögert.

Zu Anfang der Bewegung wird das Gestänge gleichsam empor gerissen oder geschleudert und dieses muss so ausgeführt werden, dass der Kolben bis an den oberen Cylinderdeckel emporsteigt, jedoch ohne denselben zu berühren. Damit nun also der Kolben den Hub vollenden kann, müssen die Massen in der genannten Position eine ganz bestimmte Geschwindigkeit, beziehentlich lebendige Kraft, besitzen, die gemeinschaftlich mit dem noch wirksamen, nach ganz bestimmtem Gesetz abnehmenden Dampfdruck den Kolben in die höchste Stellung bringt.

Die bewegten Massen müssen also zu Anfang bis zu der bezeichneten Kolbenstellung eine ganz bestimmte lebendige Kraft aufnehmen, die sie nachher wieder abgeben. Damit aber dieses bei einem bestimmten Dampfdruck und Expansionsgrade ermöglicht werde, ist es wiederum nothwendig, dass der betreffende Weg auch in einer ganz bestimmten Zeit zurückgelegt werde. Sobald die Stellung des Dampfeinlassventils oder der Dampfdruck nur im geringsten geändert wird, muss der Kolben entweder oben anschlagen oder er wird nicht bis zur richtigen Höhe aufsteigen. Es folgt daraus, dass bei einem bestimmten Expansionsgrade die Zeit des Hubes eine ganz bestimmte sein muss, dass also der Maschinenwärter die Kolbengeschwindigkeit der Maschine durchaus nicht mehr in der Gewalt hat.

Ferner ist zu bemerken, dass der Dampfdruck zu Anfang ganz erheblich grösser ist als der mittlere Druck; das Gestänge wird deshalb sogleich durch eine grosse Kraft sehr rasch in Bewegung gesetzt, »gerissen«, wodurch das Gestänge selbst sehr stark beansprucht wird.

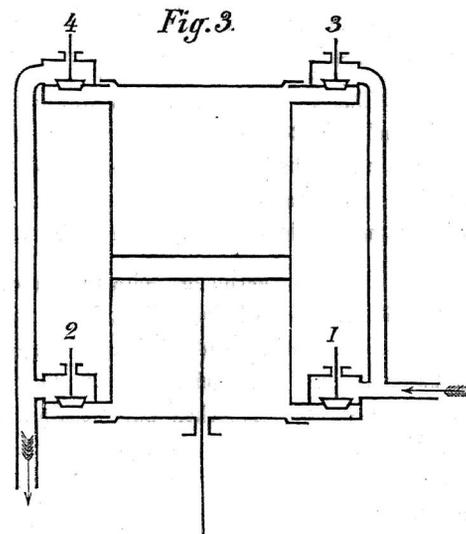
Eine andere nachtheilige Folge dieses Emporreissens ist die, dass es bei leichten Gestängen und geringen Schwungmassen leicht vorkommen kann, dass bei etwas langem Saugrohr das angesogene Wasser dem rasch fortgerissenen Pumpenkolben nicht folgen kann. Zwischen beiden entsteht dann ein luftleerer Raum, welcher zu Stössen Veranlassung giebt, die zuweilen eine solche Stärke erlangen, dass Pumpenrohre und Ventile zertrümmert werden. Es verlangt deshalb ein hoher Expansionsgrad stets sehr bedeutende Schwungmassen, die vermöge ihrer Trägheit sich erst allmählig in Bewegung setzen, so dass das Wasser sicher nachdringen kann, und die, einmal in Bewegung gesetzt, die Maschine auch sicher auf den höchsten Stand treiben, selbst für den Fall, dass die Reibungswiderstände etwas veränderlich sein sollten.

Je höher der Expansionsgrad, desto grösser müssen die Schwungmassen sein. Die Maschinen dieses Systems waren deshalb für die tiefen Gruben Cornwalls mit ihren mächtigen Gestängen für hohe Expansion gerade sehr geeignet. In Deutschland finden die Maschinen mit starken Expansionsgraden dagegen nur wenig Anwendung. Bei einer grossen Zahl von Maschinen, die für Expansion berechnet und construirt wurden, ist sogar wegen der starken Stösse, öfteren Gestängebrüchen und sonstigen Schwierigkeiten die Expansion beseitigt und gehen dieselben ohne Expansion nur mit Condensation, so dass gegenwärtig wohl die grösste Zahl der Wasserhaltungsmaschinen trotz des grossen Kohlenverbrauchs ohne Expansion arbeitet.

3. Doppeltwirkende, eincylindrige Maschinen mit Condensation.

Der frische Dampf tritt wie bei einer gewöhnlichen doppeltwirkenden Dampfmaschine durch die beiden Einlassventile 1 und 3 abwechselnd unter und über den Kolben und geht dann durch die Auslassventile 2 und 4 nach dem Condensator.

Das Princip der Kataraktsteuerung ist hier auf die doppeltwirkende Maschine angewandt und gewährt dieselben Vortheile, wie bei der einfach wirkenden. Diese Maschinen, hauptsächlich von dem Ingenieur Ehrhardt in Mülheim a. d. Ruhr construirt und eingeführt, documentiren



einen bedeutenden Fortschritt im Bau der Wasserhaltungsmaschinen. Es ist durch ihre Constructionsweise ermöglicht, Maschinen von so grossen Leistungen aufzustellen, wie sie durch einfach wirkende Maschinen nicht zu erreichen sind. Die Wirkung einer doppeltwirkenden Maschine von beispielsweise 2,62 Meter (= 100 Zoll) Cylinderdurchmesser würde sich durch eine einfach wirkende Maschine nur bei einem Cylinderdurchmesser von 3,69 Meter (= 141 Zoll) erzielen lassen, einer Dimension, die bis jetzt noch von keiner Fabrik hat ausgeführt werden können.

Die doppeltwirkende Maschine lässt sich in zweierlei Weise zum Betriebe der Pumpen benutzen:

1) Mit einem nur auf Zug beanspruchten schweren Gestänge. Das Gestänge ist wie früher ausgeführt und wird am Balancier oder Contrebalancier durch ein Gegengewicht so weit abbalancirt, dass die Kraft der Maschine beim Auf- und Niedergange gleich wird. Beim Niedergange drückt dann das Gestängegewicht das Wasser in das Druckrohr, während zugleich durch den Dampfdruck das Gegengewicht gehoben wird; beim Aufgange dagegen wird durch den Dampfdruck in Gemeinschaft mit dem Gegengewicht das Gestänge gehoben und von den Druckpumpen Wasser angesogen.

Durch diese Anordnung wird indessen wenig oder nichts gegen früher gewonnen, denn wenn auch der Cylinderquerschnitt auf die Hälfte verringert wird, so wird dagegen die Steuerung, welche nun vier Ventile, also eins mehr erfordert, complicirter. Ebenso wird durch das starke Gegengewicht nebst Contrebalancier, die hier erforderlich sind, die Maschine wieder sehr vertheuert. Gleichfalls wird eine stärkere Fundirung des Cylinders nothwendig, da beim Niedergange des Kolbens der Dampfdruck unter dem Cylinderdeckel wirkt und den ganzen Cylinder zu heben sucht.

Dagegen bietet die Anordnung allerdings den Vortheil, dass man für gleiche Sicherheit des Betriebes den Expansionsgrad etwas weiter treiben kann, als bei den einfach wirkenden Maschinen, denn es ist für einen gleich hohen Expansionsgrad die Differenz der zu Anfang und am Ende des Hubes auf das Gestänge wirkenden Kräfte bei der constanten Wirkung des Gegengewichtes hier geringer als dort. Der erzielte Gewinn ist indess so gering, dass dieses Arrangement nur sehr beschränkte Anwendung findet.

Dieselbe Möglichkeit, die einfach wirkenden Pumpen durch eine doppeltwirkende Maschine obiger Art zu betreiben, lässt sich noch einfacher erreichen

2) mit steifem Gestänge, welches abwechselnd auf Zug und Druck beansprucht wird. Die Construction und die Einführung solcher Gestänge ist dem Ingenieur Ehrhardt zu danken. Sie können nur aus Schmiedeeisen genügend leicht und fest hergestellt werden und ein derartiges Maschinensystem ist demnach erst möglich geworden, seitdem man überhaupt schmiedeeiserne Gestänge anzuwenden in der Lage ist.

Das Gestänge erhält ein Gewicht, welches ungefähr gleich der Hälfte des Gewichtes der Wassersäule und der Reibungswiderstände ist, wird dadurch halb so schwer, als das frühere, also sehr leicht und billig, und deshalb auch die wegen der doppelten Wirkung verhältnissmässig kleine Maschine weniger kostbar, so dass der Preis der ganzen Anlage sich beinahe halb so theuer stellt, als der einer einfach wirkenden Maschine von gleicher Leistung.

Bei den geringen Schwungmassen lässt sich eine starke Expansion hier nicht anwenden. Die Ehrhardt'schen ein cylindrigen Maschinen arbeiten sämmtlich ohne Expansion oder wenigstens mit nur äusserst geringem Expansionsgrade. Der Kohlenverbrauch ist aus diesem Grunde ein grosser und dies ist der Hauptnachtheil der Maschinen. Die Befürchtung, dass die Gestänge den abwechselnden Zug- und Druckkräften nicht mit Sicherheit auf die Dauer widerstehen würden, hat sich nur zum Theil bewahrheitet. Man hat vielfältig die Erfahrung gemacht, dass, wenn die Stossverbindungen nur mit der nöthigen Sorgfalt ausgeführt und die Führungen in nicht zu grosse Entfernung von einander gelegt werden, die Gestänge recht gut halten.

Als ein wesentlicher Vorzug dieser letzten Anordnung ist noch folgender Umstand anzusehen. Bei allen den Maschinen, bei welchen das Wasser durch das Gestängegewicht gehoben wird, wo also dieses

schwerer sein muss als die zu hebende Wassersäule, wird, wenn ein Bruch in der Nähe des Dampfeylinders unterhalb des Contrebalanciers eintritt, das Gestänge mit sehr beschleunigter Bewegung in den Schacht zurückfallen, und zwar im Allgemeinen am raschesten bei Expansionsmaschinen, wo das Uebergewicht meistens sehr bedeutend ist. Hierdurch entstehen leicht Unfälle. Das Zurückfallen in den Schacht kann *nie eintreten, wenn das Gestänge, wie bei den Ehrhardt'schen Maschinen, leichter ist als die zu hebende Wassersäule.*

Die Regulirung der Maschinen ist, zumal bei fehlender Expansion, leicht und sicher.

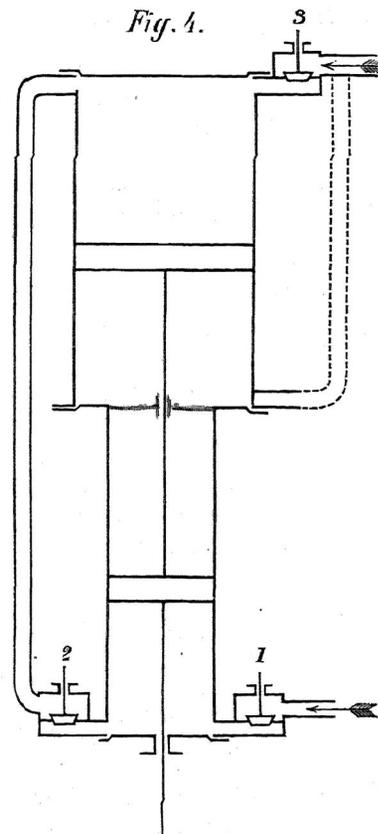
Die ein cylindrigen Maschinen sind überhaupt, mögen sie nun einfach- oder doppeltwirkend sein, wenn sie mit hoher Expansion arbeiten sollen, dadurch unvollkommen, dass, wie bereits oben näher ausgeführt worden, der Druck am Anfange des Hubes sehr bedeutend und am Ende sehr gering ist, das Gestänge also sehr unregelmässig bewegt wird und sehr grosse Schwungmassen erforderlich sind. Um eine grössere Gleichförmigkeit im Gange zu erzielen, wurden schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts Maschinen mit zwei Cylindern von verschiedener Grösse construiert: einem kleineren, in welchen der frische Kesseldampf eintritt, und einem grösseren, in dem darauf der Dampf expandirt.

Die Hauptsysteme der zur Wasserhaltung angewandten zweicylindrigen Expansionsmaschinen sind folgende:

4. Maschine von Sims mit zwei übereinanderliegenden Cylindern.

Der Gang und die Wirkung des Dampfes sind hier folgende. Beim Aufgange tritt der Dampf durch das Einlassventil 1 unter den kleinen Kolben, beim Niedergange geht er durch das Communicationsventil 2 über den grossen Kolben und expandirt in dem Raume des grossen Cylinders; beim darauf folgenden Aufgange geht derselbe Dampf durch das Auslassventil 3 in den Condensator, während zugleich frischer Dampf unter dem kleinen Kolben wirkt. Der Raum zwischen beiden Kolben steht am zweckmässigsten fortwährend mit dem Condensator in Verbindung, communicirt indessen zuweilen auch mit der frischen Luft, was aber wegen der Abkühlung der inneren Cylinderwände nicht zweckmässig ist.

Da durch den Dampfdruck die Maschine nach beiden Richtungen bewegt wird, so arbeitet sie wie eine doppeltwirkende, dabei ist jeder Cylinder einfach wirkend, und zwar wirkt beim Aufgange der frische Dampf mit vollem Druck im kleinen Cylinder, während der Dampf beim Niedergange nur durch Expansion wirkt. Da hierbei der Dampfdruck von Anfang an abnimmt, so ist der Anfangsdruck sehr gross, der Enddruck sehr klein, also die Wirkung ungleichförmig. Diese Ungleichförmigkeit lässt sich erheblich vermindern, wenn man den Dampf schon in dem kleinen Cylinder etwas expandiren lässt, so dass der Anfangsdruck im grossen Cylinder geringer ausfällt. Wird ausserdem ein schweres Gestänge angewendet und dieses zum Theil abbalancirt, so kann die Ungleichförmigkeit des Ganges zum grössten Theil ausgeglichen werden.

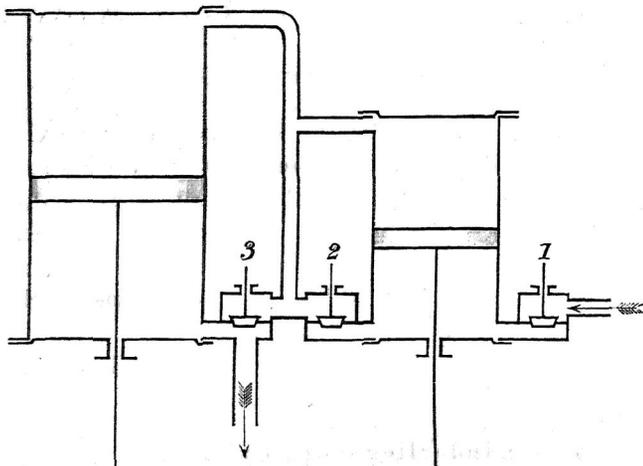


5. Maschine von Kley mit zwei nebeneinanderstehenden Cylindern.

Diese Maschine hat in ihrer Wirkung viel Aehnlichkeit mit der vorigen und noch mehr mit den zuerst von Sims construirten Maschinen, bei denen zwei Cylinder concentrisch in einander gestellt waren.

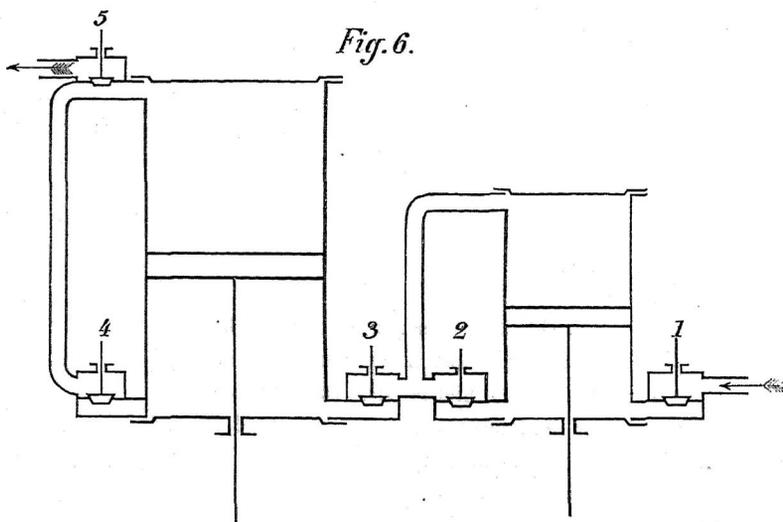
Der Dampf tritt hier beim Aufgange zuerst durch das Einlassventil 1 unter den kleinen Kolben; beim Niedergange expandirt er durch das Communicationsventil 2 über beide Kolben und beim folgenden Aufgange tritt er durch das Auslassventil 3 in den Condensator. Der Raum unter dem grossen Kolben steht fortwährend mit dem Condensator in Verbindung. Also auch hier wirkt der frische Dampf beim Aufgange und expandirt beim Niedergange. Während er aber beim vorigen System Sims nur in den oberen Raum des grossen Cylinders eintritt, expandirt er hier in die oberen Räume sowohl des grossen als auch des kleinen Cylinders, so dass für dieses System kleinere Cylinderdimensionen für gleiche Expansionsgrade genügen. Auch bekommt die Maschine hier nicht eine so unbequeme Höhe, so dass sie der vorigen wohl im Allgemeinen vorzuziehen sein wird.

Fig. 5.



6. Maschine nach Hornblower's System mit zwei nebeneinanderstehenden Cylindern.

Diese Maschinen, zuerst von Hornblower am Ende vorigen Jahrhunderts für Niederdruck in Cornwall angewendet, wurden bald durch die eincylindrigen verdrängt und geriethen vollkommen in Vergessenheit.



Durch Ingenieur Kley in Bonn wurden sie für Hochdruck eingerichtet und in den letzten Jahren unter der Bezeichnung Woolf'sche einfach wirkende Maschinen ausgeführt.

Die Wirkung ist folgende:

Der Dampf tritt zuerst durch das Einlassventil 1 beim Aufgange unter den kleinen Kolben und beim ersten Niedergange durch das Gleichgewichtsventil 2 über denselben. Beim folgenden Aufgange expandirt durch das Communicationsventil 3 der Dampf in dem grossen Cylinder unter den Kolben und beim Niedergange tritt er ohne weitere Expansion durch das Gleichgewichtsventil 4 über denselben, um endlich beim dritten Hube durch das Auslassventil 5 in den Condensator zu entweichen. Beim Aufgange

wirkt also im kleinen Cylinder frischer Dampf, während zugleich im grossen Cylinder Expansion stattfindet, beim Niedergange ist der Druck über und unter beiden Kolben gleich, so dass nur das Gestängegewicht den Kolben niederzieht.

In ihrer Wirkung haben demnach diese Maschinen viel Aehnlichkeit mit den Cornwaller Maschinen, vor denen sie aber den Vorzug besitzen, dass sie für gleiche Sicherheit des Betriebes einen weit höheren Expansionsgrad zulassen; denn, da der Dampfdruck gegen die beiden Kolben zusammengenommen am Ende des Hubes immer noch sehr gross ausfällt, weil der Dampf im kleinen Cylinder auf dem ganzen Kolbenwege oder wenigstens auf dem grössten Theile desselben mit voller Pressung wirkt, so muss die anfängliche Kraft der Maschine, die bei der eincylindrigen Maschine ein so starkes Reissen am Gestänge bewirkt, hier viel geringer ausfallen und der Gang sanfter werden. Man kann also die Expansion viel weiter treiben und wird demnach weniger Kohlen bedürfen.

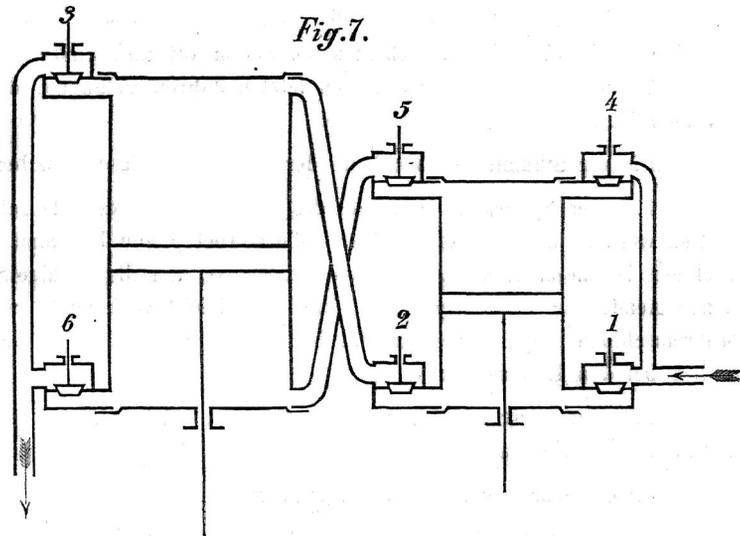
Sie sind dagegen mit ihren fünf Ventilen ziemlich complicirt und theurer als die der vorigen Systeme. Sie werden deshalb von den Kley'schen Maschinen des Systems 5 wohl überfügelt werden, die nicht viel theurer als eincylindrige Maschinen sind und dabei weit öconomischer und sicherer arbeiten.

7. Doppeltwirkende Woolf'sche Maschine.

Die Maschinen dieses Systems sind die complicirtesten, aber in ihrer Wirkung die vollkommensten. Sie sind überhaupt erst seit einigen Jahren auf dem Continent ausgeführt, zuerst von Kley, dann ebenfalls von Ehrhardt, der sie mit dem auf Zug und Druck beanspruchten steifen Gestänge verbindet.

Die Wirkungsweise ist folgende:

Beim Aufgange tritt frischer Dampf durch das Einlassventil 1 unter den kleinen Kolben und wirkt aufwärts, beim Niedergange geht derselbe Dampf unter dem kleinen Kolben weg, tritt durch das Communicationsventil 2 über den grossen und expandirt in den oberen Raum des grossen Cylinders. Währenddem kommt frischer Dampf durch das obere Einlassventil 4 über den kleinen Kolben. Beim folgenden Aufgange expandirt der Dampf aus dem oberen Raume des kleinen Cylinders durch das Communicationsventil 5 in den unteren Raum des grossen Cylinders, während der Dampf über dem grossen Kolben durch das Auslassventil 3 in den Condensator entweicht. Der bei diesem Aufgange unter den grossen Kolben getretene Dampf geht beim folgenden Niedergange durch das Auslassventil 6 gleichfalls zum Condensator.



Der bei diesem Aufgange unter den grossen Kolben getretene Dampf geht beim folgenden Niedergange durch das Auslassventil 6 gleichfalls zum Condensator.

Beim Aufgange also wirkt der volle Dampfdruck unter dem kleinen Kolben, der des expandirenden Dampfes über demselben und unter dem grossen Kolben und der Condensatordruck über dem grossen Kolben. Beim Niedergange tritt umgekehrt frischer Dampf oben in den kleinen Cylinder, der expandirende Dampf wirkt unter dem kleinen und über dem grossen Kolben, während der Dampf aus dem unteren Raume des grossen Cylinders in den Condensator geführt wird.

Es kann diese Maschine, ebenso wie die doppeltwirkende eincylindrige, entweder mit schwerem Gestänge, in welchem nur Zug wirkt, und entsprechendem Gegengewicht, oder aber mit steifem Gestänge,

welches auf Zug und Druck beansprucht wird, arbeiten. Im ersten Falle wird die Maschine theurer, dafür lässt sich aber die Expansion höher treiben. Die Woolfschen Maschinen mit Ehrhardt'schem Gestänge lassen bei der so sehr gleichförmigen Dampfwirkung übrigens auch einen ziemlich bedeutenden Expansionsgrad zu, so dass eine bedeutende Kohlenersparniss gegen die eincylindrigen Maschinen damit erzielt wird.

Die hier erforderlichen sechs Ventile machen allerdings eine Menge Steuerungstheile nothwendig und erfordern einen sorgsamem und geschickten Wärter, indessen haben sich die Befürchtungen, dass diese Complication der Steuerung viele Betriebsstörungen zur Folge haben würde, als im Wesentlichen unbegründet herausgestellt. Auch der Preis ist durchaus nicht so hoch, als man auf den ersten Blick erwarten sollte, denn bei der doppelten Wirkung und der Möglichkeit, die Hubzahl in Folge der gleichförmigen Wirkung des Zweicylindersystems erheblich zu vergrössern, werden die Dimensionen und das Gewicht der Maschine sammt Gestänge und Pumpen bedeutend geringer, sowie auch die Fundamente kleiner ausfallen. Nach den günstigen Erfahrungen, die man mit diesen Maschinen gemacht hat, ist die Construction derselben als ein erheblicher Fortschritt für die Wasserhaltung zu betrachten.

II. Rotirende Maschinen.

Während die rotirenden Maschinen für anderweitige Zwecke, wie Fabrikbetriebe und dergleichen bekanntlich allgemein und fast ausschliesslich benutzt werden, gehört die Anwendung grosser rotirender Maschinen zur Wasserhaltung zu den Seltenheiten. Beim Abteufen der Schächte allerdings werden die Maschinen, welche später für die Förderung dienen sollen, gewöhnlich früher aufgestellt und zur Wasserhaltung benutzt, auch wohl später dafür beibehalten. Auch finden sich auf kleineren Gruben mit geringeren Wasserzuffüssen mehrfach rotirende Maschinen speciell dafür aufgestellt. Die für die Wasserhaltung eigens gebauten grösseren Maschinen sind indessen meist solche mit Katarakt.

Obgleich von den verschiedensten Seiten oft und eindringlich Propaganda für das Rotationsprincip gemacht ist, so ist es doch erst in den letzten Jahren gelungen, derartigen Maschinen etwas mehr Eingang zu verschaffen.

Die eigenthümlichen Vortheile der rotirenden Maschinen bestehen hauptsächlich in Folgendem.

1. Der Spielraum am Ende des Kolbenweges, der als schädlicher Raum wirkt, kann sehr gering gehalten werden, da die Hubhöhe durch die Kurbel genau bestimmt und begrenzt wird. Bei nicht rotirenden Maschinen ist dieser Raum gewöhnlich sehr gross, um die nöthige Sicherheit gegen Stösse zu haben. Eine geringe Aenderung im Dampfdruck, die sehr leicht vorkommt, wenn von den Kesseln zugleich auch die Fördermaschinen gespeist werden, hat bedeutende Schwankungen der Hubhöhe zur Folge und zwar hauptsächlich bei den Expansionsmaschinen.

2. Der Gang ist sehr regelmässig selbst bei stark variirender Dampfspannung, da das Schwungrad die Unregelmässigkeiten ziemlich ausgleicht. Aus demselben Grunde lässt sich

3. ein sehr hoher Expansionsgrad erzielen.

4. Es lässt sich eine grössere Hubzahl im Vergleich mit derjenigen der nicht rotirenden Maschinen erreichen. da bei der Kurbelbewegung das Gestänge allmählig in Bewegung kommt und das Wasser also Zeit hat, dem Pumpenkolben zu folgen, ein luftleerer Raum also nicht so leicht unter dem Kolben entstehen kann. Ebenso wird bei dem langsamen Hubwechsel das Schlagen der Ventile sehr vermindert, selbst bei sehr raschem Gange. Es lassen sich deshalb auch hier noch bedeutend grössere Wassermengen heben, als mit den nicht rotirenden Maschinen von gleichen Cylinderdimensionen.

5. Die Steuerung ist einfach, da sie direct von der Schwungradwelle aus geschieht.

6. Bei Gestängebrüchen entstehen nicht so leicht Beschädigungen der Maschine, da das Schwungrad das Emporschleudern des Kolbens nicht zulässt, welches bei den durch solche Brüche völlig entlasteten Kolben der direct wirkenden Maschinen alsbald eintreten muss.

Als Nachteile sind dagegen folgende zu bezeichnen.

1. Der hohe Preis der Anlage. Nicht allein die Maschine mit dem schweren Schwungrade, sondern auch das ganze Fundament wird schwerer und theurer.

2. Die grosse Zahl von sehr stark belasteten Zapfen: am Schwungrad, an der Pleuelstange, den Geradföhrungen etc.

3. Dass die Anzahl der Hube unter ein gewisses Maass nicht herabgezogen werden kann. Während die Kataraktmaschine sich mit Leichtigkeit und Sicherheit durch Veränderung der Pausen für jede auch noch so geringe Wassermenge accommodiren lässt, ist hier selbst bei Anwendung sehr schwerer Schwungräder die Anzahl von drei Huben pro Minute wohl als die niedrigste Grenze anzusehen. Bei geringeren Wassermengen wird es also nöthig, periodisch zu arbeiten und das macht wieder sehr grosse Stümpfe erforderlich.

Die rotirenden Maschinen werden deshalb überhaupt da zu wählen sein, wo sie ihre guten Eigenschaften recht glänzend entfalten können und die Uebelstände nicht so sehr ins Gewicht fallen.

Abgesehen von den kleineren Maschinen, die zum Schachtabteufen von grösstem Werthe sind, werden rotirende Maschinen also hauptsächlich da zu empfehlen sein: 1) wo der hohe Preis wegen der zu lösenden Aufgabe weniger ins Gewicht fällt; 2) wo die zu wältigende Wassermenge schon bekannt ist, also z. B. bei der Aufstellung einer neuen Wasserhaltungsmaschine neben einer schon vorhandenen Cornwallier Maschine; 3) wo sehr grosse Wassermengen zu heben sind, und 4) wenn es auf die äusserste Kohlenersparniss ankommt. Aus dem letzteren Grunde treibt man auch die Expansion so weit als irgend möglich und wählt deshalb zweckmässig Woolf'sche Maschinen.

Bei den grossen Dimensionen der Cylinder stellt man diese aufrecht und legt gewöhnlich den colossalen Balancier unter den Cylinder.

Das Gestänge bringt man entweder 1) auf die Seite des Balanciers, auf der die Cylinder stehen und verbindet es mit der Kolbenstange des grossen Cylinders, gerade wie bei den direct wirkenden Maschinen ohne Rotation, während am anderen Balancierende die Pleuelstange für das Schwungrad und etwaige Gegengewichte angreifen. Der grosse Cylinder steht dann über dem Schacht. So ist unter andern die neue Maschine auf dem Bleiberge bei Aachen eingerichtet. Oder man hängt 2) das Gestänge an das andere Ende des Balanciers, ähnlich wie bei den Cornischen Balanciermaschinen. Die Pleuelstange kann man dann auf die Seite des Gestänges, besser aber auf die Cylinderseite legen, weil sich dann das Schwungrad besser lagern lässt. Diese letztere Anordnung findet sich bei den vom Maschinenfabrikanten Hoppe in Berlin gebauten Maschinen, die sich hauptsächlich in Oberschlesien Ruf erworben haben.

In Folgendem werden vier Maschinen, welche nach den neueren, vorstehend besprochenen Systemen ausgeführt sind, beschrieben werden. Es sind dies:

1. Die doppeltwirkende Ehrhardt'sche Balanciermaschine auf dem Dechenschacht No. 3 der Königlichen Steinkohlengrube Heinitz bei Saarbrücken.

2. Die einfach wirkende Woolf'sche Wasserhaltungsmaschine von Kley für dieselbe Grube.

3. Die doppelt und direct wirkende Woolf'sche Maschine von Kley für den Tiefbau der fiscalischen Steinbrüche zu Rüdersdorf.

4. Die Woolf'sche rotirende Maschine von Hoppe für die Ferdinandsgrube bei Kattowitz.

Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage auf dem Dechenschacht No. 3 der Königlichen Steinkohlengrube Heinitz bei Saarbrücken*).

Hierzu Taf. I—XVIII.

Die Abtheilung Dechen der Königl. Steinkohlengrube Heinitz bei Saarbrücken besitzt gegenwärtig vier Schächte, von denen zwei lediglich als Förderschächte benutzt werden. Der dritte mit No. 3 bezeichnete bildet den eigentlichen Wasserhaltungsschacht und der vierte dient nur als Wetterschacht.

Der hier allein in Frage kommende Wasserhaltungsschacht ist kreisrund und hat die in Fig. 3 auf Taf. I dargestellte Eintheilung. Die beiden seitlichen Segmente *a* und *b* enthalten die Pumpensätze. Der mittlere Raum ist in drei Abtheilungen eingetheilt, von denen die grössere *cc* als Förderschacht, die mittlere *d* als Fahrtschacht und die kleinere *e* als Hängeschacht dient. Der mit Fahrten versehene Fahrtschacht gestattet den Zutritt zu allen übrigen Schachtabtheilungen, der Hängeschacht dient zum Einhängen von Pumpentheilen, Betriebsmaterialien etc. und der Förderschacht, in zwei Abtheilungen für je einen Wagen ausgeführt, ist bestimmt, beim Abteufen zur Bergförderung, später aber zum Ein- und Ausfordern der Belegschaft benutzt zu werden, nöthigenfalls indess auch als Reserve für die Kohlenförderung zu dienen.

Die beiden Pumpensätze und die zugehörigen Maschinen sind so berechnet, dass für die Wasserhaltung eine Abtheilung vollkommen ausreicht, die andere also dann als Reserve dient. Bei aussergewöhnlichen Wasserzuffüssen können jedoch beide Pumpensätze betrieben werden; auch ist projectirt, die Wasserhaltung der anderen Gruben damit zu unterstützen.

Der Schacht selbst hat einen lichten Durchmesser von 18 Fuss (= 5,65 m) und ist von der Hängebank ab auf 45 Fuss 10 Zoll (= 14,39 m) Tiefe in Mauerung gesetzt. Der übrige Theil ist betonirt. Zu diesem Zwecke ist mit Hilfe von T-Eisen-Ringen das Innere mit zweizölligen Bohlen ausgekleidet und der Zwischenraum zwischen diesen und der Gesteinswand mit Beton, einer Mischung bestehend aus 1 Th. Portlandcement, 1 Th. Trass und 2 Th. Steinbrocken, ausgegossen.

Der zu erwartende Wasserzuffuss der Abtheilung Dechen wurde nach den dortigen Erfahrungen zu 200 Cubikfuss (= 6,183 Cubikmeter) pro Minute angenommen und die Stärke der Maschinen so gewählt, dass jede derselben die genannte Wassermenge zu wältigen im Stande ist. Schlimmsten Falles können auch beide Maschinen zugleich arbeiten und würden dann im Stande sein, 400 Cubikfuss (= 12,366 Cubikmeter) pro Minute zu heben.

Die zwei Wasserhaltungsmaschinen sind den Schachtsegmenten, die für die Wasserhaltung bestimmt sind, entsprechend auf beiden Seiten des Schachtes einander gegenüber aufgestellt. Jede Maschine hat deshalb ihr eigenes Maschinengebäude, beide haben aber ein gemeinschaftliches Kesselhaus, so dass die Kessel nach Belieben für die eine oder die andere Maschine benutzt oder in Reserve gehalten werden können.

Da der Schacht für Förderung, Einhängen etc. in der Mitte frei zu halten war, wurden beide Maschinen als Balanciermaschinen construirt. Was die Wahl des Systems anbetrifft, so wurden für die eine dasjenige des Civilingenieurs Ehrhardt in Mülheim a. d. Ruhr (vgl. S. 5 No. 3) gewählt, während die andere als einfachwirkende Woolfsche Maschine (vgl. S. 8 No. 6) nach dem System des Civilingenieurs Kley in Bonn gebaut wurde.

Wegen der verschiedenen Grösse der beiden Maschinen erhielten auch die Gebäude derselben verschiedene Dimensionen und die Balancier- und Gestängemittel sind um $1\frac{1}{2}$ Fuss (= 0,47 m) gegeneinander

*) Bei dem die Maschinenanlage des Dechenschachtes No. 3 behandelnden Theil des Werkes haben der Bearbeitung amtliche Materialien zu Grunde gelegen.

verschoben. Die Hängebank liegt mit dem Flur des Maschinengebäudes in einer Höhe. Der obere Abhub geschieht auf einer daranstossenden Laufbühne, unter welcher die Waggon direct verladen werden.

Die Pumpensätze wurden so construirt, dass jeder derselben bei einem Hube von

$$h = 10 \text{ Fuss } (= 3,139 \text{ m})$$

und etwa

$$n = 6 \text{ Hüben pro Minute}$$

die erwartete Wassermenge von

$$Q = 200 \text{ Cubikfuss } (= 6,183 \text{ Cubikmeter})$$

zu heben im Stande ist. Es wurde hierfür ein Plungerdurchmesser

$$d = 28 \text{ Zoll } (= 732,3 \text{ mm})$$

gewählt. Ohne Verluste durch Undichtigkeiten und dergleichen würde die mit der Pumpe pro Minute gelieferte Wassermenge

$$Q_1 = n \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h = 6 \cdot \frac{(28)^2}{12} \cdot 3,1416 \cdot 10 = 256,56 \text{ Cubikfuss } (= 7,932 \text{ Cubikmeter})$$

betragen, so dass also selbst bei schlechter Wartung der Pumpen die verlangten 200 Cubikfuss immer noch sicher gehoben werden.

Sollten noch grössere Wasserzuffüsse eintreten, so müsste man beide Pumpen zusammen gehen lassen und könnten damit nöthigenfalls 400 Cubikfuss (= 12,366 Cubikmeter) pro Minute gewältigt werden.

Die erforderliche Nutzleistung einer Maschine herechnet sich dann für eine Druckhöhe von

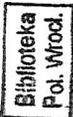
$$H = 224 \text{ Fuss } (= 70,302 \text{ m})$$

nach der Formel

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75} \text{ Pferdekraft,}$$

wo γ das Gewicht von 1 Cubikmeter Wasser, Q die Wassermenge in Cubikmeter pro Minute und H die ganze Hubhöhe in Meter bedeutet, also

$$N = \frac{1000 \cdot 6,183 \cdot 70,302}{60 \cdot 75} = 96,46 \text{ Pferdekraft.}$$



Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für beide Maschinen.

Hierzu Taf. I.

Fig. 1. Ansicht der Maschinengebäude und des Kesselhauses.

Fig. 2. Längenschnitt durch die Maschinengebäude und den Schacht.

Fig. 3. Grundriss der Maschinengebäude des Schachtes, des Condensationswasserbassins, des Kesselhauses und des Kamines.

Fig. 4 und 5. Querschnitte durch die beiden Maschinengebäude und das Kesselhaus.

Der Schacht S (Fig. 3) ist, wie schon oben erklärt, in mehrere Abtheilungen getheilt. a und b sind die beiden Pumpentrumme, cc die Fördertrumme, d der Fahrshacht und e der Hängeschacht.

Zu beiden Seiten des Schachtes liegen die Maschinengebäude für die Wasserhaltungsmaschinen, und zwar südlich das Gebäude A für die Ehrhardt'sche, nördlich das Gebäude B für die Woolf'sche Maschine.

Beide Drucksätze münden durch die Verbindungsrohre ff in die gemeinschaftliche Rohrleitung h , welche letztere wieder in den Kasten i ausgiesst, aus dem das Schachtwasser theils durch das Rohr k in

das Condensationswasserbassin *C*, theils durch das Abfallrohr *g* in den Canal *F* abfließt. Letzterer führt das Wasser bis an das Ende der Halde, von wo es in das Thal abfällt. Zwischen den Rohren *f f* und der Ausgussrohrleitung *h* befinden sich zwei Ventile *g g*, durch welche die Pumpe, die gerade nicht im Betriebe ist, von der Leitung abgeschlossen werden kann. Dadurch wird zugleich verhindert, dass das Wasser aus der einen Pumpe in die andere fließt. Beide Ventile sind nur dann zugleich geöffnet, wenn beide Pumpen arbeiten.

Das Condensationswasserbassin *C* besteht aus zwei Abtheilungen. Beide communiciren mit einander durch zwei Rohre *l l*, die beide mit Verschlussklappen versehen sind, so dass jede Abtheilung allein benutzt werden kann. Die Rohre *m m* sind zur Reinigung des Bassins bestimmt. Zur Abführung des Wassers nach den Condensatorcisternen *G* und *H* der Maschinen dient die Rohrleitung *n n* mit den Absperrventilen *o o*. Vor dem Cisternenkasten *G* der Woolf'schen Maschine befindet sich noch ein Absperrventil *p* und hinter demselben das Abflussrohr *r*. Ebenso ist an dem Cisternenkasten *H* der Ehrhardt'schen Maschine ein Abflussrohr *s* für das überflüssige Wasser und ein Ausgussrohr *x* an der Luftpumpe derselben Maschine angebracht.

Das ganz aus Holz gebaute Kesselhaus *D* überdeckt hier nur den Stand der Heizer und die Vordertheile der Kessel, während die hinteren Enden derselben frei liegen und nur durch einfache Ueberdeckung gegen Abkühlung geschützt sind.

Jeder der vier Kessel ist 25 Fuss (= 7,85^m) lang, hat 7 Fuss (= 2,20^m) Durchmesser und zwei Feuerröhren von 2½ Fuss (= 0,785^m) Weite. Die Heizfläche für jeden Kessel beträgt etwa 700 □Fuss (= 69 □^m). Die Dampfspeisepumpen sind in dem kleinen Anbau *E* aufgestellt.

Die Kesselwasser vom Abblasen und dergleichen fließen durch den Canal *L* in den Hauptcanal *F* ab. Ueber dem Kessel liegt ein Sammelrohr *v*, aus dem der Dampf durch die Leitung *t* nach der Ehrhardt'schen, durch *w* dagegen nach der Woolf'schen Maschine geführt wird.

In den Dachräumen der beiden Maschinengebäude sind Kabel aufgestellt und zwar über der Ehrhardt'schen Maschine ein Handkabel zum Heben schwerer Maschinentheile beim Montiren, bei Reparaturen etc. für beide Maschinen, dagegen über der Woolf'schen Maschine ein Dampfkabel, dessen Seil über Führungsrollen nach dem Schachte führt und zum Einhängen von Pumpentheilen und Betriebsmaterialien dient.

Das Fundament für beide Maschinen besteht aus 2 Fuss dicken Quadersteinen.

Die doppelwirkende Ehrhardt'sche Balancier-Wasserhaltungsmaschine von 150 Pferdekraft.

Hierzu Taf. II—VII.

Die Maschine ist in der Maschinenfabrik der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Mülheim a. d. Ruhr nach den Angaben des Herrn Ehrhardt ausgeführt.

Effectberechnung der Maschine.

Es wird von der Maschine verlangt, dass sie bei einer Dampfspannung von 3½ Atmosphären Ueberdruck und bei 5 Hübem pro Minute einen Effect von 150 Pferdekraft entwickelt.

Die effective Leistung lässt sich annähernd durch die Formel

$$N = \alpha \cdot \frac{F \cdot (s-p) \cdot v}{75}$$

berechnen, in welcher bedeutet:

N_n die Nutzleistung der Maschine in Pferdestärken.

F die Kolbenfläche.

Bei dem Kolbendurchmesser von 45 Zoll ($= 1,177^m$) wird

$$F = \frac{d^2\pi}{4} = 1,088 \square^m.$$

s die mittlere auf den Kolben wirkende Dampfspannung in Kilogramm pro \square^{cm} ; bei halber Cylinderfüllung und bei einer Kesselspannung von $3\frac{1}{2}$ Atm. Ueberdruck oder $S = 46500$ Kil. pro \square^m ist $s = 0,85 \cdot 46500 = 39525$ Kil. pro \square^m .

p den schädlichen Gegendruck vom Condensator $= 3000$ Kil. pro \square^m .

$s-p$ den mittleren Ueberdruck $= 36525$ Kil. pro \square^m .

v die Kolbengeschwindigkeit in Meter pro 1 Secunde. Sie ist bei $3,1385^m$ Hub und fünf Doppelhüben pro Minute $= \frac{2 \cdot 5 \cdot 3,1385}{60} = 0,5231^m$ pro 1 Secunde.

α den Wirkungsgrad der Maschine $= 0,55$ angenommen.

Es wird dann

$$N_n = 0,55 \cdot \frac{1,088 \cdot 36525 \cdot 0,5231}{75} = 152,4 \text{ oder rund } = 150 \text{ Pferdekraft.}$$

Berechnung des nothwendigen Gestängegewichtes.

Beim Aufgange des Gestänges hat die Maschine nur dieses zu heben und die Reibung zu überwinden, beim Niedergange dagegen hebt der Dampfdruck in Gemeinschaft mit dem Gestängegewicht die Wassersäule und überwindet die Reibung.

Der Druck W der Wassersäule berechnet sich bei einem Plungerdurchmesser von 28 Zoll ($= 0,7323^m$) und einer Druckhöhe von 224 Fuss ($= 70,302^m$) zu

$$W = 59137 \text{ Pfund.}$$

Ist D der Dampfdruck gegen den Kolben, G das Gestängegewicht und R der Reibungswiderstand, so ist beim Aufgange des Gestänges

$$D = G + R,$$

beim Niedergange

$$D + G = W + R.$$

Aus beiden Gleichungen folgt

$$G = \frac{W}{2} = \frac{59137}{2} = 29569 \text{ Pfund.}$$

Man hat nun aber dem Gestänge noch ein kleines Uebergewicht zu geben, um einestheils die Reibungswiderstände des Wassers in den Röhren und Ventilen zu überwinden, anderntheils aber und hauptsächlich für das Oeffnen der Druckventile.

Im vorliegenden Falle hat das Gestänge einschliesslich des Plungers, zweier Fangkrumse etc. anstatt des vorher berechneten Gewichtes von 29569 Pfund ein Totalgewicht von

$$G = 32000 \text{ Pfund } (= 16000 \text{ Kil.}) \text{ erhalten.}$$

Beschreibung der Ehrhardt'schen Maschine.

In den Figuren auf Taf. II—VII sind gleiche Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Die Bedeutung derselben ist folgende:

A der Dampfzylinder.

A_1 der Dampfkolben.

A_2 die Kolbenstange.

$A_3 + A_4$ Drosselklappen für die Dampfeinströmung über und unter den Kolben.

- B* unterer } Ventilkasten.
*B*₁ oberer }
*B*₂ und *B*₃ Dampfsäulen für den Dampfein- und -austritt.
*B*₄ gemeinschaftliches, nach dem Condensator führendes Dampfabzugsrohr.
C *C*₁ *C*₂ *C*₃ *C*₄ *C*₅ *C*₆ *C*₇ *C*₈ Steuerungsständer, Träger und Verbindungsbalken für die Lagerung und Befestigung der Steuerung und der Ventilkasten.
*D*₁ *D*₂ die beiden Katarakte.
D (auf Taf. VI) Kataraktgefäß.
*E*₁ *E*₂ *E*₃ *E*₄ Wasserpumpen zum Reguliren des Niedersinkens der Ventilgewichte.
F schmiedeeisernes Fanghorn.
*G*₁ *G*₂ *G*₃ *G*₄ die vier Dampfventile.
K *K*₁ Dampfeintritts- und -austrittscanal.
M Abflussrohr des von der Luftpumpe gelieferten Wassers.
*M*₁ *M*₂ Steuerungsstangen.
N Abflussrohr vom Condensator nach der Luftpumpe.
O Balancier.
*P*₁ *P*₂ *P*₃ *P*₄ Parallelogrammstangen.
*Q*₀ Stellrad mit Stange zum Dampfsperrventil.
R *R*₁ Lagerstühle } zum Balancier.
*R*₂ *R*₃ Lager }
S Condensatorcisternen.
*S*₁ *S*₂ Zu- und Abflussöffnung an der Condensatorcisterne.
T Kaltwasserventil.
U Condensator.
*V*₀ Dampfabsperrentil (Regulirventil).
V die Luftpumpe.
*V*₁ *V*₂ *V*₃ *V*₄ Saug- und Druckventile am Condensator.
W *W*₁ *W*₂ *W*₃ *W*₄ *W*₅ Träger und Querträger für die Geradföhrung des Gestänges.
a Plungerrohr des Kataraktes.
*a*₁ *a*₂ *a*₃ *a*₄ die vier Steuerwellen.
b Plunger des Kataraktes.
*b*₁ *b*₃ *b*₆ *b*₁₀ Hebel zur Bewegung der Ventilaxen.
*b*₂ *b*₄ *b*₅ *b*₇ *b*₈ *b*₉ Hebel und Winkelhebel für die Ventilgewichte und Regulirungspumpen.
d Schraube zur Hubbegrenzung des Kataraktsaugventils.
*d*₁ *d*₂ *d*₃ *d*₄ Fallgewichte zum Heben der Ventile.
*e*₀ *e* Kataraktgabelstangen.
*e*₁ *e*₂ *e*₃ *e*₄ Sperrklinken für die Quadranten der Steuerwellen.
f Druckventil am Katarakt zum Reguliren der Pausen.
g } (auf Taf. VI) Verbindungsrohr zwischen dem Kataraktgefäß und Kataraktplungerrohr.
h }
h *h*₁ *h*₂ *h*₃ Hebel und Stangen für die beiden Drosselklappen *A*₃ und *A*₄.
i *i*₁ Schraubenmuttern } zum Verstellen des Regulirventils am Katarakt.
k Stange }
*l*₁ *l*₂ *l*₃ *l*₄ Führungslager der beiden Steuerstangen.
n Balancieraxe.
*n*₁ *n*₂ Axen für die Parallelogramme.
*n*₃ Axe der Pleuelstange.
*o*₁ *o*₂ *o*₃ *o*₄ Führungsschienen.
*p*_a Druckgewicht am Katarakt.

$p_1 p_2$ die beiden Speisepumpen.

q und q_1 (auf Taf. III) das vom Maschinenwärter zu regulirende Einspritzventil und Einspritzrohr am Condensator.

$q_1 q_2 q_3$ (auf Taf. VI) Einspritzventil, Regulirungsstange und Einspritzrohr am Condensator.

$r_1 r_2 r_3 r_4$ Frictionsrollen auf den Kataraktstangen zum Auslösen der Sperrklinken.

$s_1 s_2 s_3 s_4$ Stangen zur Bewegung der Ventilaxen.

$t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_8$ Stangen für die Fallgewichte und Regulirungspumpen.

t_9 Stange für das Kaltwasserventil am Condensator.

$u_1 u_2 u_4 u_5$ Knaggen (Frösche) zur Bewegung der Steuerhebel.

$u_3 u_6$ Knaggen zur Bewegung der Katarakthebel.

$v_1 v_2 v_3 v_4$ Steuerhebel auf den Steuerwellen $a_1 a_2 a_3 a_4$.

$v_5 v_6$ Hebel zur Bewegung der beiden Katarakte.

$x_1 x_2$ Schrauben zum Verstellen der Knaggen.

$y_1 y_2$ zwei Quadranten zum Steuern des Kaltwasserventils.

$z_1 z_2 z_3 z_4$ Quadranten zum Festhalten der Steuerwellen.

Anordnung der Maschine.

Taf. II. u. III.

Taf. II zeigt die Hauptansicht, Taf. III die Vorderansicht und den Grundriss der Maschine.

Auf der einen Seite des gleicharmigen Balanciers ist das Gestänge angehängt, auf der anderen steht der Dampfzylinder. Die Gradführung der Kolbenstange A geschieht durch ein Watt'sches Parallelogramm. An dem Parallelogramm hängen ausserdem die beiden Steuerstangen M_1 und M_2 , welche durch die Führungslager $l_1 l_2 l_3 l_4$ in ihrer richtigen Lage erhalten werden. Die beiden Steuerstangen sind unten durch eine Traverse verbunden, an welcher in der Mitte die Kolbenstange für die Condensatorluftpumpe V und zu beiden Seiten die Plunger für die zwei Speisepumpen p_1 und p_2 befestigt sind. Der Condensator U und die Luftpumpe V sind nach Watt'schem System nebeneinander gestellt.

Da die Maschine doppeltwirkend ist, so sind vier Ventile für die Dampfvertheilung erforderlich. Das Einlassventil G_1 und Auslassventil G_2 für den Dampf über dem Kolben sitzen in dem oberen Ventilkasten B_1 , während die beiden Ventile G_3 u. G_4 in dem unteren Ventilkasten B den Dampf unter dem Kolben zu- und abführen.

Für die Dampfzuführung zu den Ventilen dient die hohle Säule B_2 , für die Fortleitung die Säule B_3 . In der ersteren befinden sich zwei Drosselklappen zur Regulirung des Dampfzutrittes über und unter den Kolben. Jedes der vier Ventile hat seine eigene Steuerwelle, wodurch es möglich wird, sowohl für den Aufgang als auch für den Niedergang Expansion anwenden zu können. Der ganze Steuerungsapparat ist an den beiden Ständern C u. C_1 angebracht und gelagert.

Der frische Dampf tritt durch das Dampfabsperrentil (Regulirventil) V_0 , welches durch das Stellrad Q_0 geöffnet und geschlossen werden kann, durch die Dampfsäule B_2 abwechselnd durch die Einlassventile G_1 und G_3 über und unter den Kolben und, nachdem er gewirkt hat, durch die Auslassventile G_2 und G_4 , sowie die Säule B_3 und das Verbindungsrohr B_4 nach dem Condensator.

Der gleicharmige Balancier hat eine Länge von 32 Fuss ($= 10,043^m$) von Mitte zu Mitte der Endzapfen gerechnet, bei einer Breite von 20 Zoll ($= 0,523^m$) und einer Höhe in der Mitte von 5 Fuss ($= 1,569^m$). Die Mittelaxe des Balanciers hat $8\frac{1}{2}$ Zoll ($= 222^{mm}$) starke Zapfen. Er ist aus Eisenblech von $\frac{3}{8}$ Zoll ($= 9,8^{mm}$) Stärke zusammengenietet und besteht aus zwei Längswänden, die untereinander durch acht Querwände aus doppelt T-Eisen von $\frac{5}{8}$ Zoll ($= 16,3^{mm}$) Stärke verbunden sind. Die Längswände sind durch aufgenietete Diagonalstreifen von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke und 6 Zoll ($= 130,8^{mm}$) Breite versteift. Die Kopf- und Bodenbleche haben eine Stärke von $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13,1^{mm}$). Auf denselben liegen in der Mitte des Balanciers zur Verstärkung noch je zwei Platten von gleicher Dicke. Ebenso ist das Ende des Balanciers

auf der Schachtseite noch durch ein $\frac{5}{8}$ Zoll ($= 16,3 \text{ mm}$) dickes Blech verstärkt. In der Mitte und an den Enden sind seitwärts an dem Balancier zur Aufnahme der Zapfen gusseiserne Hülsen aufgenietet.

Auf der Schachtseite ist an dem $5\frac{1}{2}$ Zoll ($= 143,8 \text{ mm}$) starken Zapfen des Balanciers die Lenkstange Q für das Schachtgestänge angehängt. Ihre Geradföhrung geschieht durch die Führungsschienen $o_1 o_2 o_3 o_4$, die an den Querträgern $W_2 W_3 W_4 W_5$ befestigt sind. Die letzteren liegen mit dem einen Ende in der Schachtmauer, mit dem anderen auf einem der beiden Längsträger $W W_1$, welche mit beiden Enden eingemauert sind.

Eine sehr solide Lagerung erfordern die Balancierdrehzapfen, da bei der doppelten Wirkung der Maschine beim Aufgange des Kolbens der Balancier trotz seines grossen eigenen Gewichtes (ca. 280 Ctr.) mit grosser Kraft emporgehoben wird. Die Lager müssen deshalb sehr stark verankert sein. Die Lagerböcke $R R_1$ sind mit je vier $1\frac{3}{8}$ Zoll ($= 37 \text{ mm}$) starken Schraubenbolzen befestigt. Darauf stehen die Zapfenlager $R_2 R_3$, deren sehr kräftige Deckel einmal durch vier gewöhnliche Deckelschrauben von 1 Zoll ($= 26,2 \text{ mm}$) Stärke auf dem Lageruntertheil befestigt, dann aber noch durch zwei extra starke 3 Zoll ($= 78,5 \text{ mm}$) dicke und 28 Fuss ($= 8,788 \text{ m}$) lange Schraubenbolzen verankert sind, so dass der kolossale Druck unter dem Lagerdeckel, der im ungünstigsten Falle ca. 1500 Ctr. betragen kann, durch das schwere, anhängende Gewicht des Mauerkörpers im Gleichgewicht gehalten wird.

Ein schmiedeeisernes Fanghorn F am Ende des Balanciers verhindert bei einem etwaigen Gestängebruch das Aufschlagen des Dampfkolbens auf den unteren Cylinderboden, indem es sich auf den Balken F_0 aufsetzt.

Ventile und Ventilkasten.

Taf. IV.

Fig. 1. Durchschnitt des oberen Ventilkastens.

Fig. 2. Grundriss desgl.

Fig. 3. Seitenansicht desgl.

Fig. 4. Durchschnitt des unteren Ventilkastens.

Fig. 5. Grundriss desgl.

Die beiden, durch die Canäle k und k_1 mit dem Dampfzylinder verbundenen Ventilkasten stehen miteinander durch die zwei hohen Säulen B_2 und B_3 , von denen die erste zur Dampfzuföhrung, die andere zur Fortföhrung dient, in Verbindung. An dem unteren Ventilkasten ist das Rohr B_4 , welches den Dampf schliesslich nach dem Condensator leitet, angesetzt. Beide Ventilkasten sowie die Verbindungsrohre sind mit Blechmänteln umgeben und der Zwischenraum zum Schutz gegen Abkühlung mit Kuhhaaren ausgefüllt.

Die Ventile bestehen aus Rothguss und haben die bekannte Form der Glockenventile. Die beiden Auslassventile G_2 und G_4 sind etwas grösser als die Eintrittsventile G_1 und G_3 , um dem abziehenden Dampfe möglichst geringen Widerstand entgegenzusetzen. Die zweiarmigen Ventilhebel für die oberen Ventile sind mit ihren Axen auf dem oberen Ventilkasten verlagert, für die unteren dagegen auf einem, die beiden Dampfsäulen B_2 und B_3 verbindenden Querträger C_8 (S. Taf. III und V).

Der Kesseldampf tritt durch das Regulirventil V_0 in die Dampfsäule B_2 und durch diese sowohl nach dem oberen, wie nach dem unteren Einlassventile. Beim Niedergange des Kolbens sind das obere Einlass- und das untere Auslassventil geöffnet, so dass frischer Dampf oben eintreten und der verbrauchte unten nach dem Condensator entweichen kann. Beim Aufgange des Kolbens sind dagegen das untere Einlass- und das obere Auslassventil geöffnet, so dass der frische Dampf unter dem Kolben wirkt, der verbrauchte dagegen über demselben fort durch die Rohre B_3 und B_4 nach dem Condensator geht.

Dampfzylinder und Steuerung.

Taf. V.

Fig. 1. Durchschnitt durch den Cylinder und Seitenansicht der Steuerung.

Fig. 2. Vorderansicht der Ventilkasten mit der Steuerung.

Fig. 4. Seitenansicht der Steuerwellen mit ihren Quadranten und mit den Sperrklinken für die beiden oberen Ventile.

Fig. 5. Seitenansicht der Steuerung für das Einspritzventil des Condensators.

Der Dampfeylinder.

Er hat bei 45 Zoll (1177^{mm}) Durchmesser eine Länge von 11 Fuss 3 Zoll (3,531^m) vom unteren bis zum oberen Deckel gemessen, so dass bei der Dicke des Kolbens von 8 Zoll und der Hubhöhe von 10 Fuss an jedem Ende ein Spielraum von 3¹/₂ Zoll (91,5^{mm}) übrig bleibt. Von den Dampfcanälen ist der obere am Cylinder, der untere am Deckel angegossen. Die beiden Deckel haben eine dem Dampfkolben sich möglichst anschliessende Form, um die schädlichen Räume auf ein Minimum zu verringern.

Zur Verhütung der Abkühlung ist auch hier der Cylinder von einem Blechmantel und einer Füllung von Kuhhaaren umgeben.

Die Steuerung.

Sie hat in ihrem ganzen Arrangement manche Aehnlichkeit mit denen der älteren doppelwirkenden Cornischen Wasserhebungsmaschinen; sie ist im Wesentlichen folgende. Jedes der vier Ventile hat zu seiner Bewegung eine Steuerwelle, durch deren Drehung nach der einen Richtung das Ventil geöffnet, nach der anderen hingegen geschlossen wird. Die eine Drehung und damit das Oeffnen der Ventile geschieht durch Gewichte, das Schliessen oder die Drehung der Wellen nach der anderen Richtung dagegen vermittelt der auf den Steuerstangen sitzenden Knaggen, welche gegen die auf den Steuerwellen sitzenden Steuerhebel stossen. Die Drehung der Steuerwellen durch die Gewichte resp. das Oeffnen der Ventile wird durch Sperrklinken so lange gehindert, bis dieselben ausgelöst sind. Das Auslösen sämtlicher Sperrklinken nun geschieht durch die Katarakte. Ist der Kolben am Ende angekommen und sind die Ventile alle geschlossen, so ruht die Maschine so lange, bis der entsprechende Katarakt die Sperrklinken für die zu öffnenden Ventile ausgelöst hat. Die Ruhepause wird um so länger, je langsamer der Katarakt niedersinkt, also je später er auslöst. Der eine der beiden Katarakte löst die Sperrklinken für die Ventile aus, die beim Aufgange geöffnet sind, regulirt also die Pause am Ende des Niederganges, der andere dagegen bestimmt die Pause am Ende des Aufganges und bewirkt die Oeffnung der Ventile für den Niedergang. Die Katarakte sind bekanntlich im Wesentlichen kleine Druckpumpen, deren Kolben Wasser (resp. Oel) ansaugen, wenn sie durch die Steuerstangen gehoben werden, dagegen durch ein Druckventil fortdrücken, wenn sie frei niedersinken können. Die Druckventilöffnung lässt sich enger oder weiter stellen und damit die Zeit für das Niedersinken reguliren. Eine mit dem Kataraktkolben verbundene Stange löst, wenn derselbe fast niedergesunken ist, mittelst aufgesetzter Knaggen die Sperrklinken der Ventile aus, so dass nun die Oeffnung derselben erfolgt. Je langsamer also der Kataraktkolben niedersinkt, desto später werden die Ventile geöffnet, um so länger wird also die Pause.

Auf Taf. V Fig. 1 ist die Steuerung in dem Momente dargestellt, in welchem alle Ventile geschlossen sind und der eine Katarakt so weit niedergesunken ist, dass er grade im Begriff steht, die Sperrklinken der beiden Ventile auszulösen, welche beim Niedergange des Kolbens geöffnet sein müssen.

Der Kolben ist dagegen in Fig. 1 in der Position gezeichnet, die er einnimmt, wenn der Balancier genau horizontal steht, um zu zeigen, dass er dann etwas und zwar ¹/₂ Zoll (= 13^{mm}) über der Cylindermitte sich befindet, damit bei der späteren Abnutzung der Balancierzapfen, die eine Senkung des Kolbens zur Folge hat, derselbe nicht zu sehr aus seiner richtigen Lage kommt. Die Stellung des Kolbens und die der Steuerung harmoniren also nicht, man hat sich vielmehr, da der Niedergang eben beginnen soll, den Kolben in seiner höchsten Position zu denken.

Spiel der Steuerung.

Es sind die vier Gewichte d_1 d_2 d_3 d_4 , welche die Steueraxe zu drehen und damit die Ventile zu öffnen haben, sämtlich gehoben und können durch Auslösen der entsprechenden Sperrklinken beliebig in Thätigkeit gesetzt werden. Der Kolben des Kataraktes D_1 ist so weit niedergesunken, dass die auf

der Kataraktstange e_0 befestigten Knaggen r_1 und r_2 unmittelbar über den Sperrklinken e_1 und e_2 sich befinden. (In Fig. 2 sind sie in etwas höherer Stellung gezeichnet.) Sinkt die Kataraktstange also nur noch ein wenig tiefer, so werden die Haken der Sperrklinken gehoben und die auf die Steuerwellen a_2 und a_3 aufgesetzten Quadranten z_1 und z_2 werden frei, so dass deren Drehung erfolgen kann. Die Steuerwelle a_2 gehört zum unteren Auslassventil G_4 , a_3 dagegen zum oberen Einlassventil G_1 .

Das Auslassventil öffnet sich ein wenig früher als das Einlassventil, damit der Gegendampf schon condensirt ist, wenn der frische Dampf eintritt und den Kolben in Bewegung setzt.

Zuerst wird also die Sperrklinke e_1 ausgelöst und der Quadrant z_1 frei. Mit der zugehörigen Steuerwelle a_2 ist nun einerseits durch den Hebel b_4 und die Zugstange t_3 das Fallgewicht d_2 verbunden, andererseits durch den Hebel b_3 , die beiden Zugstangen s_2 und den auf dem Träger C_5 gelagerten Ventilhebel mit dem unteren Auslassventil G_4 , so dass also durch das Fallgewicht das Ventil gehoben wird. Der unter dem Kolben befindliche Dampf strömt dann in den Condensator. Damit aber letzterer in Thätigkeit kommt, muss ihm kaltes Wasser zugeführt werden, es wird deshalb zugleich mit dem Dampfauslassventil das Kaltwasserventil T (s. Taf. II) zwischen dem Condensator und der Kaltwassercisterne geöffnet. Dieses geschieht dadurch, dass ein auf derselben Steuerwelle a_2 festsitzender Daumen y_1 (s. Fig. 5) bei der Drehung gegen das eine Ende eines Winkelhebels drückt, dessen anderes Ende durch eine Zugstange t_9 mit dem Kaltwasserventil T verbunden ist.

Unterdessen ist nun auch die Sperrklinke e_2 ausgelöst und der Quadrant z_2 frei geworden; das durch den Hebel b_7 und die Zugstange t_5 mit der Steuerwelle a_3 verbundene Fallgewicht d_3 dreht dieselbe und damit wird das obere Einlassventil G_1 mittelst des Hebels b_6 und der Zugstange s_3 geöffnet, der frische Dampf tritt über den Kolben und der Niedergang beginnt.

Während des Niederganges müssen nun beide Ventile geschlossen werden, und zwar das Auslassventil ganz am Schluss, das Einlassventil dagegen, wenn die Maschine mit Expansion arbeiten soll, schon früher. Das Schliessen der Ventile überhaupt geschieht durch die an den Balancier angehängten Steuerstangen M_1 und M_2 , indem die auf denselben befestigten Knaggen mittelst der Steuerhebel die Steuerwellen drehen. Beim Niedergange nun wirken die auf der Stange M_2 sitzenden Knaggen u_4 und u_5 . Zuerst stösst der lange Knaggen u_4 gegen den Steuerhebel v_3 auf der Welle a_3 , drückt ihn nieder, dreht damit die Welle und schliesst also das damit verbundene obere Einlassventil. Von diesem Augenblick an expandirt der Dampf. Um den Expansionsgrad zu verändern, braucht man nur mit Hilfe der Schraube x_2 den Knaggen u_4 auf der Steuerstange höher oder tiefer zu stellen. Ist der Kolben nahezu unten angekommen, so muss auch das Auslassventil geschlossen werden; es drückt zu dem Zwecke der Knaggen u_5 den Hebel v_2 nieder und dreht damit die Steuerwelle a_2 des Auslassventiles, so dass es geschlossen wird. Mit ihm schliesst sich zugleich das Kaltwasserventil am Condensator, indem der Daumen y_1 (s. Fig. 5) mit der Welle a_2 zurückgedreht ist und nun gestattet, dass die Ventilstange t_9 niedersinkt.

Durch die Drehung der beiden Steuerwellen werden zugleich auch die damit verbundenen Fallgewichte wieder gehoben, und diese suchen wieder die Steuerwellen so zu drehen, dass die Ventile geöffnet werden. Diese müssen deshalb, damit sich die Ventile nicht zur Unzeit öffnen, festgehalten werden, was hier durch die beiden Sperrklinken e_1 und e_2 geschieht, die mit ihren Haken hinter die Quadranten eingefallen sind.

Am Ende des Niederganges wird nun auch der Katarakt D_1 wieder aufgezo gen, indem der Knaggen u_3 auf der Steuerstange M_1 den Katarakthebel v_5 niederdrückt und mittelst eines zweiarmigen Hebels den Kataraktkolben nebst der Kataraktstange e_0 hebt. Er kann sich erst dann in Bewegung setzen, wenn der Aufgang der Maschine beginnt.

Der andere Katarakt D_2 , welcher am Ende des Kolbenhubes aufgezo gen ist, setzt sich beim Anfange des Niederganges der Maschine sofort mit in Bewegung, da der Knaggen u_6 unter dem Katarakthebel v_6 fortgeht und damit diesen, sowie die Kataraktstange e_1 und den Kataraktkolben frei heruntersinken lässt. Der Kataraktkolben und der Dampf kolben setzen sich also zugleich in Bewegung; der letztere kommt aber früher unten an, und da die Ventile für den Aufgang erst dann geöffnet werden, wenn der Katarakt-

kolben unten ankommt, so tritt jetzt eine Pause ein, die um so länger wird, je langsamer der Kataraktkolben niedersinkt.

Die Pause wird beendet, sobald die Knaggen r_3 und r_4 auf der Kataraktstange (s. Fig. 4) die Sperrklinken e_3 und e_4 ansösen. Auch hier wird wieder das Auslassventil zuerst geöffnet. Der Knaggen r_3 trifft die Sperrklinke e_3 , drückt sie nieder und macht so die Welle a_4 frei; das mit ihr durch den Hebel b_9 und die Zugstange t_7 verbundene Fallgewicht d_4 veranlasst sofort ihre Drehung und öffnet so mittelst des Hebels b_{10} und der Zugstange s_4 das obere Auslassventil G_2 . Gleichzeitig wird wieder das Kaltwasserventil T geöffnet, indem der auf derselben Steuerwelle a_4 sitzende Daumen y_{2*} (s. Fig. 5) wie vorhin mittelst eines Winkelhebels die Ventilstange t_9 hebt. Unmittelbar darauf wird das untere Einlassventil G_3 geöffnet, indem der Knaggen r_4 die Sperrklinke e_4 auslöst und nun das Fallgewicht d_1 durch die Zugstange t_1 und den Hebel b_2 die Axe a_1 dreht, an welcher mittelst des Hebels b_1 , der Zugstangen s_1 s_1 und eines auf dem Querbalken C_8 gelagerten Doppelhebels das Ventil hängt. Der Dampf strömt nun unter den Kolben und der Aufgang beginnt.

Die mit dem Dampfkolben zugleich emporsteigende Steuerstange lässt zuerst den Katarakthebel v_5 los und der Katarakt D_1 beginnt niedersinken. Bei weiterem Hube wird zuerst das untere Einlassventil G_3 geschlossen, indem der lange Knaggen u_1 die Welle a_1 mittelst des Hebels v_1 dreht, und von dem Moment an expandirt der Dampf. Am Ende des Hubes wird durch den Knaggen u_2 , der den Hebel v_4 und damit die Welle a_4 dreht, das obere Auslassventil G_2 geschlossen und die Maschine kommt in Ruhe. Durch die Drehung der beiden Wellen werden auch die Fallgewichte d_1 und d_4 wieder gehoben und zugleich fallen die Sperrklinken e_3 und e_4 wieder hinter die Quadranten z_3 und z_4 ein und halten so die Wellen fest. Ausserdem schliesst sich am Ende des Hubes noch das Kaltwasserventil T , indem der mit der Welle a_4 zurückgedrehte Daumen y_2 das Niedersinken der Ventilstange t_9 gestattet, und endlich wird noch durch den Knaggen u_6 der Katarakthebel v_6 gehoben, also der Katarakt D_2 aufgezogen. Damit sind sämtliche Theile wieder in der ursprünglichen auf Taf. V dargestellten Lage.

Es tritt nun die Pause am Ende des Aufganges ein und die ganze Maschine ist in Ruhe bis auf den Katarakt D_1 , der langsam niedersinkt und schliesslich die Ventile für den Kolbenaufgang öffnet.

Um das zu rasche Heben der Dampfventile durch die Fallgewichte zu verhindern und damit schädliche Stösse zu vermeiden, wird mit jeder Steueraxe eine Regulierungspumpe (Wasserbremse) verbunden. Diese vier Pumpen E_1 E_2 E_3 E_4 hängen mit den Zugstangen t_3 t_6 t_2 t_4 an den Hebeln b_9 b_3 b_2 b_5 der Steuerwellen a_4 a_3 a_1 a_2 .

Wenn die Maschine angelassen werden soll, so wärmt man zuerst den Cylinder durch Einlassen von etwas Dampf vor, dann öffnet man das Einspritzventil q des Condensators und steuert die Maschine mit der Hand so lange, bis das Dampfregulierungsventil V_0 die beiden Drosselklappen A_3 und A_4 sowie das Einspritzventil regulirt und die Knaggen der Steuerstangen richtig gestellt sind. Sobald dann die Sperrklinken von selbst in die Quadranten einfallen, fixirt man die kleinen Knaggen auf den Kataraktstangen und setzt schliesslich die Katarakte selbst in Gang.

C o n d e n s a t o r .

Taf. VI. Fig. 1—5.

- Fig. 1. Durchschnitt durch Condensator und Cisterne.
- Fig. 2. Seitenansicht der Condensatorcisterne.
- Fig. 3. Grundriss des Condensators und der Luftpumpe.
- Fig. 4. Grundriss des Cisternenbodens.
- Fig. 5. Das Kaltwasserventil.

Der Condensator U steht in der Condensatorcisterne S , die das kalte Wasser aus dem Bassin durch die Oeffnung S_1 erhält. Der von der Maschine kommende Dampf tritt durch das Rohr B_4 oben in den Condensator ein. Das kalte Wasser geht durch die Rohrleitung q_3 , in der sich das Kaltwasserventil T

(s. Fig. 2 und 3) befindet, mitten in den Condensator und strömt dort aus dem Einspritzventil q_1 in feinen Strahlen aus. Vermittelst Handrad und Zugstange q_2 lässt sich das Ventil beliebig verstellen und der Wasserzuffluss reguliren.

Eine Oeffnung S_2 am oberen Rande der Cisterne dient zum Abführen des überflüssigen Wassers. Die Condensationsproducte verlassen durch das Rohr N den Condensator und werden durch die Luftpumpe V weggeschafft. Mit der letzteren sind noch zwei Kesselspeispumpen p_1 und p_2 verbunden.

Die Luftpumpe und Kesselspeispumpen.

Taf. VII.

- Fig. 1. Saugrohr der Luftpumpe.
- Fig. 2. Durchschnitt durch die Luftpumpe und das Saugrohr.
- Fig. 3. Ansicht der Luftpumpe und Durchschnitt durch das Steigrohr.
- Fig. 4. Steigrohr.
- Fig. 5 und 6. Grundriss von Luftpumpendeckel und Luftpumpe.
- Fig. 7. Horizontalschnitt durch die Luftpumpe und den Kolben.
- Fig. 8. Grundriss des Luftpumpenbodens.
- Fig. 9. Aufsatzrohr.
- Fig. 10. Durchschnitt durch die Luftpumpe und die Kesselspeispumpen.
- Fig. 11. Durchschnitt der einen Kesselspeispumpe.
- Fig. 12. Grundriss der Luftpumpe und der beiden Kesselspeispumpen.

Die Luftpumpe ist doppelwirkend, der doppelwirkenden Dampfmaschine entsprechend. Sie hat deshalb auch zwei Saugventile V_1 und V_2 und zwei Druckventile V_3 und V_4 , alle mit Gummiklappen. Die Liderung des Kolbens wird durch Rothgussringe gebildet.

Katarakte und Regulirungspumpen.

Taf. VI. Fig. 6—13.

- Fig. 6—9. Verticalschnitt, Grundriss, Seitenansicht und Horizontalschnitt eines der Katarakte.
- Fig. 10—13. Verticalschnitt, Grundriss, Seitenansicht und Horizontalschnitt einer der Regulirungspumpen.

Beim Katarakt ist der Pumpencylinder a gleich in den Wasserkasten D eingegossen. Beide communiciren mit einander durch das Saugventil c und das Rohr $g h$, in welchem das Druckventil f sich befindet. Durch das Saugventil ist ein ovales Loch quer durchgebohrt, in das eine Schraube d eingreift, um den Hub desselben zu begrenzen.

Wird der Plungerkolben b gehoben, so wird aus dem Kasten D Wasser in den Cylinder a angesogen, wird er dagegen nachher durch das Gewicht p_a niedergezogen, so wird das Wasser durch das Verbindungsrohr $g h$ und das darin befindliche Ventil f wieder in den Kasten D zurückgedrückt. Je enger das Druckventil gestellt wird, um so langsamer wird das Wasser durchgehen und der Plunger niedersinken; um so grösser wird also die vom Katarakt bewirkte Pause. Die genaue Einstellung des Ventils geschieht mit der Stange k und den beiden Schraubenmuttern i und i_1 .

Die Regulirungspumpen, welche das zu starke Zurückschlagen der Ventilgewichte zu verhindern haben, sind genau so wie die Katarakte construirt; nur sind hier, da es bei ihnen nicht auf eine vollkommen genaue Einstellung ankommt, die Druckventile durch Hähne f (s. Fig. 13) ersetzt.

Zusammenstellung der Hauptdimensionen der Ehrhardt'schen
Wasserhaltungsmaschine.

Durchmesser des Dampfeylinders	= 45 Zoll = 1177 ^{mm}
Grösster Kolbenhub	= 10 Fuss = 3,138 ^m
Lichter Durchmesser der Dampfeinlassventile	= 8 Zoll = 209,2 ^{mm}
Lichter Durchmesser der Dampfauslassventile	= 9 Zoll = 235,4 ^{mm}
Durchmesser der Luftpumpe	= 22 Zoll = 575,5 ^{mm}
Hub derselben	= 5 Fuss = 1,569 ^m
Durchmesser des Condensators	= 33 Zoll = 863,1 ^{mm}
Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden muss	= 224 Fuss = 70,302 ^m
Durchmesser des Plungers der Schachtpumpe	= 28 Zoll = 732,3 ^{mm}
Grösster Hub der Pumpe	= 10 Fuss = 3,138 ^m

Die einfachwirkende Woolf'sche Balancier-Wasserhaltungsmaschine
von 150 Pferdekraft.

Hierzu Taf. VIII—XIV.

Die Maschine ist von der Maschinenfabrik von F. Wöhlert in Berlin nach den Angaben des Civilingenieurs C. Kley in Bonn ausgeführt.

E f f e c t b e r e c h n u n g .

Die Maschine ist so berechnet, dass sie bei einer Dampfspannung von etwa drei Atmosphären Ueberdruck, einem Expansionsgrade von $\frac{1}{4}$ und einer mittleren Kolbengeschwindigkeit von $2\frac{2}{3}$ Fuss eine Nutzleistung von etwa 150 Pferdekraft entwickelt. Die Berechnung der Leistung kann, da dieselbe bei einer Woolf'schen Maschine übereinstimmt mit derjenigen einer eincylindrigen von gleichem Expansionsgrade und den Dimensionen des grossen Cylinders, annähernd nach folgender Formel geschehen:

$$N_n = \alpha \cdot \frac{F \cdot (s-p) \cdot v}{75 \cdot 2.}$$

Es bedeutet hierin:

N_n die Nutzleistung in Pferdekraften.

α den Wirkungsgrad, zu 0,55 angenommen.

F die Kolbenfläche des grossen Kolbens. Bei dem Durchmesser von 65 Zoll (= 1700^{mm}) wird dieselbe

$$F = \frac{D^2 \pi}{4} = 3318,3 \text{ □ Zoll} (= 2,2698 \text{ □ m}).$$

s die mittlere auf die Kolben wirkende Dampfspannung in Kil. pro □^m. Die Spannung des Kesseldampfes ist angenommen zu $S = 8000$ Pfund pro □ Fuss (= 40608 Kil. pro □^m), die Dampfspannung am Ende des Kolbenhubes ist dann annähernd $S_1 = \frac{1}{4} \cdot S = 2000$ Pfund pro □ Fuss (= 10152 Kil. pro □^m). Dann ist die mittlere Dampfspannung ungefähr:

$$s = S_1 \left(1 + \log. \text{ nat. } \frac{S}{S_1} \right) = 4772,6 \text{ Pfund pro □ Fuss} (= 24225,7 \text{ Kil. pro □ m}).$$

p den schädlichen Gegendruck vom Condensator = 400 Pfund pro □ Fuss (= 2030,4 Kil. pro □^m).

$(s-p)$ den mittleren Ueberdruck = 22195,3 Kil. pro □^m.

v die mittlere Kolbengeschwindigkeit = $2\frac{2}{3}$ Fuss (= 0,84^m).

Es wird dann:

$$N_n = 0,55 \cdot \frac{2,2698 \cdot 22195,3 \cdot 0,84}{75 \cdot 2} = 155,17$$

oder rund

$$N_n = 150 \text{ Pferdekraft.}$$

Unter Annahme gleicher Dampfspannung, Kolbengeschwindigkeit und gleichen Expansionsgrades wie bei der Ehrhardt'schen Maschine (vgl. S. 15) würden sich hier etwa 159 Pferdekräfte ergeben, so dass diese Maschine wohl als die stärkere zu bezeichnen ist.

Berechnung des nothwendigen Gestängegewichtes.

Bei der einfachen Wirkung der Maschine hat hier das Gestänge den ganzen Druck der Wassersäule zu überwinden. Dieser ist nach der Berechnung auf Seite 15:

$$W = 59137 \text{ Pfund.}$$

Das Gestänge hat ausserdem die ganze Reibung in den Führungen und Stopfbüchsen, sowie die Reibungswiderstände des Wassers zu überwinden, das Gewicht der Dampfkolben, des Parallelogramms etc. abzubalanciren und muss endlich noch ein gewisses Uebergewicht für das Oeffnen des Druckventils erhalten.

Für alle diese Widerstände etc. sind etwa 16863 Pfund gerechnet, so dass die ganze an dem Balancier hängende Gestängelast

$$G = 76000 \text{ Pfund (= 38000 Kil.)}$$

beträgt: Das schmiedeeiserne Gestänge nebst Plunger wiegt aber für sich allein nur 38230 Pfund, es sind deshalb die noch fehlenden 37770 Pfund als Belastungsgewicht unten am Gestänge, um das Stauchen desselben zu vermeiden, befestigt.

Beschreibung der einfachwirkenden Woolf'schen Maschine.

In den Figuren auf Taf. VIII—XIV sind gleiche Theile mit gleichen Buchstaben versehen, deren Bedeutung folgende ist:

A der grosse Dampfeylinder.

A_1 der kleine Dampfeylinder.

B der Balancier.

B_1 der kleine Balancier zur Bewegung der Steuerstangen.

D das Dampfrohr.

$D D_1 D_2$ Dampfleitungsrohre zwischen den Ventilkasten und Dampfeylindern.

E der Ventilkasten für den kleinen Cylinder.

E_1 und E_2 der obere und untere Ventilkasten für den grossen Cylinder.

F das Fanghorn am Balancier.

G das Dampfzugsrohr vom grossen Cylinder nach dem Condensator.

H die Condensatorcisterne.

I Kesselspeisepumpe.

K der Condensator.

$K_1 K_2$ die beiden Katarakte.

K_0 und K (auf Taf XII) Kataraktkasten und Kataraktpumpe.

L die Lenkstange zwischen Balancier und Schachtgestänge.

M die Kolbenstange für den grossen Dampfeylinder.

- M_1 die Kolbenstange für den kleinen Dampfzylinder.
 M_2 desgleichen für die Luftpumpe.
 $N_1 N_2$ Lagerböcke für die Balancierlager.
 $O_1 O_2 O_3 O_4$ Gleitschienen für die Geradföhrung der Lenkstange.
 $P_0 P_1 P_2$ Parallelogrammstangen.
 P die Luftpumpe.
 $P P_1$ die Kataraktgewichte.
 Q_0 das Querhaupt für die Kolbenstange des kleinen Cylinders.
 Q das Querhaupt für die Luftpumpenstange.
 $Q_1 Q_2 Q_3 Q_4$ Querträger für die Geradföhrung des Gestänges.
 $R_0 R$ Säulen zur Verbindung der Querträger $Q_1—Q_4$.
 $R_1 R_2$ Längsträger zur Unterstützung der Querträger $Q_1—Q_4$.
 $S_0 S$ Verbindungsstange und Traverse für die Steuerstangen.
 $S_1 S_2$ die beiden Steuerstangen.
 S_0 (auf Taf. XII) Kataraktkolben.
 $T_1 T_2 T_3$ Gestell für die Lagerung der drei Steuerwellen.
 V_0 das Regulirventil (Dampfabsperrentil).
 V das Handventil zum Vorwärmen des grossen Dampfzylinders und zum Anlassen der Maschine.
 $V_1 V_2 V_3 V_4 V_5$ die Steuerungsventile der beiden Dampfzylinder.
 $X X_1 X_2 X_3$ Zu- und Abflussrohre für den Condensator.
 $Y Y_1$ Fangbalken zum Auffangen des Fanghornes.
 $a_1 a_2 a_3$ die drei Steuerwellen.
 b die Balancieraxe.
 $b_1 b_2 b_3$ Axen für das Parallelogramm.
 $c_1 c_2 c_3$ die Quadranten auf den Steuerwellen.
 $d_1 d_2 d_3$ die Knaggen auf den Kataraktstangen zum Auslösen der Sperrklinken.
 $d d_3$ (auf Taf. XIV) Kaltwassereinspritzrohr und Brause im Condensator.
 $e_1 e_2 e_3 e_4 e_5 e_6$ Axen am Parallelogramm.
 $e_1 e_2 e_3$ (auf Taf. XII) die Sperrklinken für die Quadranten der Steuerwellen.
 f_0 Stange mit Handrad für das Kaltwasserventil g_3 .
 $f f_1$ Stangen für das Ventil.
 f_3 das Kaltwasserventil am Condensator, welches durch die Maschine geöffnet und geschlossen wird.
 g_1 Stange für das Ventil g_3 .
 g_3 das Kaltwasserventil am Condensator, welches vom Maschinenwärter regulirt wird.
 h_0 Hülse mit zwei Hebeln für die Bewegung der Ventilaxe l_2 oben am grossen Cylinder.
 h Oeffnung am Condensator für das Einspritzrohr.
 $h_1 h_2$ die Kataraktsteuerhebel.
 $i_1 i_2 i_3$ Hebel auf den Steuerwellen für die Fallgewichte $m_1—m_3$.
 i_3 (auf Taf. IX) die Kolbenstange der Kesselspeisepumpe.
 k Dampfkanal zwischen V_0 und V_1 .
 l Dampfkanal zwischen V_1 und V_2 .
 $l_1 l_2 l_3$ Axen für die Ventilhebel.
 m oberer Verbindungskanal zwischen dem Ventilkasten und dem kleinen Cylinder.
 $m_1 m_2 m_3$ die Fallgewichte zur Drehung der Steuerwellen.
 n Dampfkanal zwischen V_2 und V_3 .
 o (auf Taf. XI) Dampfkanal zwischen V_3 und dem Dampfleitungsrohr.
 o (auf Taf. XII) Hebel für die Stange f zum Bewegen des Kaltwasserventiles f_3 .
 $o_1 o_2 o_3 o_4 o_5$ Hebel auf den Steuerwellen zum Bewegen der Ventilzugstangen.

- p_0 p Stangen am Parallelogramm.
 p_1 p_1 die festen Zapfen für die Gegenlenker des Parallelogramms.
 q_1 q_2 q_3 q_4 die Knaggen auf den Steuerstangen S_1 S_2 zur Bewegung der Steuerhebel.
 r (auf Taf. XII) Handrad zum Reguliren des Kataraktventiles s .
 r_1 r_2 die Knaggen zum Aufziehen der Katarakte.
 s Regulirventil am Katarakt.
 s_1 s_2 die Kataraktstangen.
 t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 Zugstangen zum Bewegen der Ventile.
 u (auf Taf. XI) Verbindungschanal zwischen dem grossen Cylinder und oberen Ventilkasten.
 u u (auf Taf. XII) zwei Steuerhebel auf der Steuerwelle a_1 .
 v v_1 Saugventile der Katarakte.
 w Verbindungschanal zwischen dem grossen Cylinder und unteren Ventilkasten.
 x der Steuerhebel auf der Steuerwelle a_3 .
 y y Rohr zur Verbindung der Dampfmäntel der Cylinder mit der Dampfleitung D .
 z der Steuerhebel auf der Steuerwelle a_2 .

Anordnung der Maschine.

Taf. VIII—X.

Taf. VIII. Hauptansicht.

Taf. IX. Seitenansicht.

Taf. X. Grundriss.

Der im Verhältniss von 10 : 11 getheilte Balancier trägt an dem kürzeren Arme das Gestänge, an dem anderen die beiden Dampfkolben. Die Geradföhrung der beiden Kolbenstangen geschieht in bekannter Weise durch ein Watt'sches Parallelogramm, welches aus den drei Hängeschiennen P_0 P_1 P_2 und den Parallelstangen p p_0 besteht. An den Zapfen e_6 greifen die Gegenlenker an.

Die Kolbenstange M des grossen Cylinders hängt am äussersten Ende des Parallelogramms an der Axe e_1 , die Kolbenstange M_1 des kleinen Cylinders an der Axe e_2 . Ausserdem hängt an dem Parallelogramm an der Axe e_4 vermittelst eines Querhauptes Q noch die Stange M_2 zum Betriebe der Luftpumpe. Für die Steuerung ist durch ein Querhaupt Q_0 mit der Kolbenstange des kleinen Cylinders ein eigener kleiner Balancier B_1 verbunden, der mit dem anderen Ende in der Mauer gelagert ist.

Nahezu in der Mitte desselben ist eine Stange S angehängt, die mittelst der Traverse S_0 die beiden Steuerstangen S_1 und S_2 in Bewegung setzt. An der Traverse ist zugleich die Kolbenstange i_3 für die Speisepumpe I angeschlossen. Der Condensator K und die Luftpumpe P sind beide nebeneinander in die Condensatorcisterne H gestellt.

Die Maschine hat ausser dem Regulirventil V_0 zur Dampfvertheilung fünf Ventile erhalten und zwar ein Einlassventil V_1 und ein Gleichgewichtsventil V_2 für den kleinen Cylinder, ebenso ein Einlass- und ein Gleichgewichtsventil V_3 und V_4 für den grossen Cylinder und ein Auslass- oder Condensationsventil V_5 für denselben. Die von den Kesseln kommende Dampfleitung D_0 (s. Taf. XII Fig. 3) mündet oben in das Gehäuse des Regulirventiles V_0 ; von da ab tritt der Dampf direct in den am oberen Ende des kleinen Cylinders angesetzten Ventilkasten, geht beim Niedergange der Maschine durch das Einlassventil V_1 über den kleinen Kolben und darauf beim Aufgange durch das Gleichgewichtsventil und das absteigende Dampfrohr D_1 unter den Kolben. Beim folgenden Niedergange geht der Dampf wieder zurück in den Ventilkasten und expandirt durch das Ventil V_3 , welches als Einlassventil des grossen Cylinders zugleich die Rolle des Auslassventiles für den kleinen Cylinder spielt, durch das aufsteigende Rohr D_2 und den oberen Ventilkasten über den grossen Kolben. Beim folgenden Aufgange treibt dann der Kolben den Dampf durch das Gleichgewichtsventil V_4 und das absteigende Rohr D in den unteren Cylinderraum, aus dem er beim nächsten Niedergange durch das Condensationsventil V_5 und das Abzugsrohr G in den Condensator entweicht. Beim Niedergange tritt also frischer Dampf über den kleinen Kolben, der Dampf unter demselben

expandirt über den grossen, und der unter diesem vorhandene Dampf geht in den Condensator; beim Aufgange dagegen, während das Gestänge niedersinkt, tritt der Dampf, über beiden Kolben weg, unter dieselben; es findet also Gleichgewicht auf beiden Seiten derselben statt. Die beiden Gleichgewichtsventile V_2 und V_4 müssen zu gleicher Zeit geöffnet und geschlossen werden und haben deshalb eine gemeinschaftliche Steuerwelle a_2 . Ebenso werden Einlass- und Auslassventil V_3 und V_5 am grossen Cylinder durch eine gemeinschaftliche Welle a_3 gesteuert, da das eine sich schliesst, wenn das andere sich öffnet, und umgekehrt. Das Einlassventil V_1 bekommt dagegen, da es sich zur Erzielung einer gewissen Expansion im kleinen Cylinder früher als die anderen Ventile schliessen muss, seine eigene Steuerwelle a_1 , so dass also in Summa drei Steuerwellen nöthig sind. Der ganze Steuerungsapparat wird von dem Gestell $T_1 T_2 T_3$ getragen.

Der ungleicharmige Balancier hat eine Gesamtlänge von Mitte zu Mitte der Endaxen gerechnet von 32 Fuss $5\frac{1}{2}$ Zoll ($= 10,187^m$). Die Drehaxe theilt ihn in zwei Theile im Verhältniss von 10 : 11 und zwar mit dem kürzeren Arme auf der Schachtseite, so dass bei dem zu 10 Fuss angenommenen Pumpenhub die Hubhöhe für den grossen Dampfzylinder 11 Fuss ($= 3,452^m$) wird. Der Arm auf der Maschinenseite ist ferner so getheilt, dass die Hubhöhe für den kleinen Cylinder ziemlich genau $\frac{2}{3}$ und die der Luftpumpe $\frac{2}{5}$ von der des grossen Cylinders beträgt. Der Balancier ist $24\frac{1}{8}$ Zoll ($= 631^{mm}$) breit und in der Mitte 81 Zoll ($= 2092^{mm}$) hoch. Die beiden Seitenwände sind aus $\frac{9}{16}$ Zoll ($= 14,7^{mm}$) starken Blechplatten mit $\frac{1}{2}$ Zoll starken und 12 Zoll breiten Laschen zusammen genietet. Kopf- und Bodenplatten sind doppelt aus $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13^{mm}$) starkem Bleche, und in der Mitte des Balanciers ist noch eine eben so dicke Blechplatte zur Verstärkung oben und unten aufgelegt. Ausserdem sind zur Versteifung vier Querwände eingesetzt. Sämmtliche Axen des Balanciers stecken in gusseisernen Hülsen, die mit ihren Flanschen an die Blechwände angenietet sind.

Auf der Schachtseite hängt an dem Balancier mittelst der Lenkstange L das Gestänge. Zur Geradföhrung desselben dienen die Gleitschienen $O_1—O_4$, welche an den auf die Längsträger $R_1 R_2$ aufgelegten Querträgern $Q_1—Q_4$ befestigt sind. Um bei etwaigen Gestängebrüchen, oder bei unvorsichtigem Dampfzulassen das Aufschlagen der Dampfkolben gegen die Cylinderböden zu verhindern, ist am Balancier das Fanghorn F befestigt, welches sich dann auf die Fangbalken Y aufsetzt. Ebenso ist das schwere Gestänge gegen das Hinabfallen in den Schacht durch Fangböcke geschützt, die an das Gestänge angeschlossen und deren hier zwei vorhanden sind.

Die Fundirung ist für die Dampfzylinder hauptsächlich sehr stark zu machen, da der Dampfdruck unter den beiden Deckeln die Cylinder mit grosser Gewalt emporzuheben trachtet. Dem muss durch das daran hängende Fundamentgewicht vorgebeugt werden. Das Fundament selbst besteht aus grossen Sandsteinquadern und ist auf eine Tiefe von $17\frac{1}{4}$ Fuss ($= 5\frac{1}{2}^m$) durch kräftige Ankerschrauben mit dem Cylinderboden verbunden. Die Drehaxe des Balanciers erfährt, bei der einfachen Wirkung der Maschine nur einen Druck nach unten, weshalb die Befestigung der Lager auf den Lagerböden und Fundamenten verhältnissmässig leicht ist.

Ventile und Ventilkasten.

Taf. XI.

- Fig. 1. Grundriss des Ventilkastens für den kleinen Cylinder.
- Fig. 2. Verticalschnitt durch denselben.
- Fig. 3. Horizontalquerschnitt durch die Mitte desselben.
- Fig. 5. Querschnitt durch den Ventilkasten und das Verbindungsrohr desselben mit dem unteren Theile des kleinen Cylinders.
- Fig. 6. Verticalschnitt durch die beiden Ventilkasten des grossen Cylinders sowie des Dampfrohres zwischen beiden.
- Fig. 7. Grundriss der beiden Ventilkasten.

Auf die Ventilkasten für beide Cylinder sind Säulen zur Lagerung der Axen für die Ventilhebel

aufgesetzt. Diese Säulen sind ausserdem noch durch gusseiserne Rahmenstücke verbunden, die zur Führung der Ventilstangen benutzt werden.

Die Ventile bestehen aus Rothguss und sind Glockenventile mit Ausnahme des Regulirventiles V_0 , welches als Tellerventil construirt ist. Sie sitzen lose auf den Stangen und werden durch diese nur gehoben, können durch dieselben aber nicht niedergedrückt werden.

Der frische Kesseldampf geht vom Regulirventil V_0 durch den Zwischenkanal k über das Einlassventil V_1 und wenn dieses geöffnet ist, durch den Canal l und das Ansatzrohr m über den kleinen Kolben. Nachdem V_1 geschlossen und das Gleichgewichtsventil V_2 geöffnet ist, führt das Rohr D den Dampf unter den Kolben. Darauf schliesst sich V_2 und der Dampf geht durch das Rohr zurück und durch den Canal n nach dem geöffneten Einlassventil V_3 , passirt dasselbe und steigt durch die Oeffnung σ in dem Rohre, welches den Ventilkasten E des kleinen Cylinders mit dem oberen E_1 des grossen verbindet, empor, geht über dem Ventile V_4 weg durch den Canal u über den grossen Kolben und expandirt. Das Gleichgewichtsventil V_4 wird darauf geöffnet, so dass der Dampf beim folgenden Kolbenaufgange durch das Rohr D und den Canal w in den unteren Cylinderraum gelangen kann, aus dem er endlich, sobald das Auslassventil V_5 in dem unteren Ventilkasten E_2 geöffnet ist, nach dem Condensator entweicht.

Dampfeylinder und Steuerung.

Taf. XII und XIII.

Taf. XII.

Fig. 1. Verticalschnitt durch den grossen Dampfeylinder und dessen Ventilkasten, sowie Seitenansicht der Steuerung.

Fig. 2. Seitenansicht der Steuerung von der anderen Seite gesehen.

Fig. 3. Vordere Ansicht beider Cylinder und der Steuerung.

Taf. XIII.

Fig. 1. Verticalschnitt durch beide Cylinder und Kolben.

Fig. 2. Grundriss der beiden Cylinderuntersätze.

Fig. 3 und 4. Vorderansicht des grossen und kleinen Cylinderuntersatzes.

Fig. 5. Grundriss der beiden Cylinderdeckel.

Fig. 6 und 7. Grundriss des grossen und kleinen Dampfeylinders.

Die Dampfeylinder.

Der grosse Cylinder hat 65 Zoll (= 1700^{mm}) Durchmesser und 11 Fuss (= 3,425^m) Hubhöhe, der kleine Cylinder dagegen 40¹/₂ Zoll (= 1059,3^{mm}) Durchmesser und 7 Fuss 2¹/₂ Zoll (= 2,2624^m) Hubhöhe, so dass sich die von den beiden Kolben beschriebenen Volumina zu einander nahezu wie 1 : 4 (genauer wie 1 : 3,931) verhalten.

Jeder Cylinder ist mit einem gusseisernen Dampfmantel umgeben, dessen Zwischenraum durch ein 2 Zoll (= 52,3^{mm}) weites Kupferrohr yy mit der Dampfleitung von den Kesseln her in steter Verbindung steht. Der Dampfmantel soll nicht allein die Cylinderwand vor Abkühlung schützen, sondern ihr auch die durch die Condensation im Innern entzogene Wärme ersetzen. Die beiden Cylinder sind nebst ihren Mänteln mit Flanschen auf dem aus zwei Theilen zusammengesetzten kräftigen Untersatz befestigt, der seinerseits wieder durch zwölf starke Schrauben mit dem schweren Fundament verbunden ist. Damit bei der ungleichen Erwärmung Cylinder und Cylindermantel sich frei und unabhängig von einander ausdehnen können, sind beide an ihrem oberen Ende durch eine Art Stopfbüchse gegeneinander abgedichtet. Die Dichtung wird durch Hanfliederung hergestellt, die durch einen grossen gusseisernen Ring mittelst Schrauben in den Zwischenraum gepresst wird. Für den kleinen Cylinder sind acht, für den grossen dreizehn solcher Stellschrauben vorhanden, welche durch die Cylinderdeckel gehen und von oben zugänglich sind. In ähnlicher Weise wird die freie Ausdehnung der Dampfrohre D und D_2 an den Dampfeylindern durch Stopf-

büchsen ermöglicht. Bei beiden Cylindern ist der obere Dampfcanal am Dampfmantel, der untere dagegen am Cylinderboden angegossen.

Die Kolbenliderung ist bei beiden Kolben etwas verschieden. Bei dem grossen Kolben besteht sie in einem breiten gusseisernen Ringe, der aufgeschnitten und mit einer hintergelegten Hanfpackung gedichtet und angedrückt wird. Ein Deckelring wird durch achtzehn Schrauben auf die Packung gepresst. Bei dem kleinen Kolben besteht sie aus zwei übereinander liegenden Gusseisenringen, die durch Federn und Keile angedrückt werden.

Die Steuerung.

Sie geschieht hier in gleicher Weise wie bei den einfachwirkenden Cornwaller Maschinen mit Hilfe von drei Steuerwellen, durch deren Drehung die Bewegung der Ventile erfolgt. Das Oeffnen der Ventile resp. die Drehung der Steuerwellen nach der einen Richtung wird durch Fallgewichte bewirkt, die entgegengesetzte Drehung oder das Schliessen der Ventile dagegen mittelst der auf den Wellen sitzenden Steuerhebel, welche durch die auf den Steuerstangen befestigten Knaggen bewegt werden. Die Drehung der Steuerwellen durch die Fallgewichte zur Unzeit wird durch Sperrklinken gehindert und erfolgt erst dann, wenn diese durch die Katarakte aufgelöst sind. Auch hier sind zwei Katarakte, der eine für den Aufgang, der andere für den Niedergang, aufgestellt und je nachdem man dieselben rascher oder langsamer sinken lässt, werden die Ventile früher oder später geöffnet und dadurch die Hubpausen kürzer oder länger bemessen. Beide Katarakte sind etwas verschieden von einander angeordnet, indem der eine, nämlich der für die Gleichgewichtsventile, beim Aufsteigen der Kataraktstange die Sperrklinke hebt, während der andere, für Einlass- und Auslassventile, beim Niedersinken der Stange die zugehörigen Sperrklinken auslöst.

Auf Taf. XII Fig. 1—3 ist die Steuerung in der Position dargestellt, dass sämtliche Ventile geschlossen und die Fallgewichte m_1 m_2 m_3 gehoben sind, der Aufgang des Kolbens und damit der Niedergang des Gestänges beginnen soll, also der Moment, in dem die beiden Gleichgewichtsventile zu öffnen sind.

Spiel der Steuerung.

Wir nehmen, abweichend von der auf Taf. XII gegebenen Stellung, an, der Kolben sowie die Steuerstangen S_1 und S_2 befänden sich in ihrer höchsten Position und alle Ventile seien geschlossen. Die ganze Maschine ist dann in Ruhe, nur der Katarakt K_1 bewegt sich so, dass die Kataraktstange s_1 niedersinkt. Die darauf festsitzenden Knaggen d_1 und d_2 stossen dann schliesslich auf die Sperrklinken e_1 und e_2 und lösen sie aus, die Quadranten c_1 und c_3 der Steuerwellen a_1 und a_3 werden frei, die Fallgewichte m_1 und m_3 drehen mittelst der Hebel i_1 und i_3 die Steuerwellen und öffnen die damit verbundenen Ventile V_1 V_3 V_5 . Das Einlassventil V_1 wird durch die Zugstange t_1 und den Hebel o_1 von der Welle a_1 bewegt, das Einlassventil V_3 dagegen für den grossen Cylinder durch die Zugstange t_3 und den Hebel o_3 von der Welle a_3 . Mit derselben Axe a_3 steht durch die Hebel o_3 und t_3 und die Axe b_3 das Auslassventil V_5 in Verbindung, sowie auch durch den Hebel o und die Zugstangen f f das Kaltwasserventil am Condensator. Die Ventile werden rasch nacheinander in einer solchen Reihenfolge gehoben, dass zuerst das Auslassventil nebst dem Kaltwasserventil, um das Vacuum zu erzeugen, darauf das Einlassventil des grossen Cylinders, durch das der Dampf aus dem kleinen in den grossen Cylinder tritt, und dann das Einlassventil des kleinen Cylinders geöffnet wird. Damit tritt frischer Dampf unter den kleinen Kolben und der Niedergang beginnt.

Mit dem Kolben zugleich bewegen sich auch die Steuerstangen S_1 und S_2 abwärts. Sobald sie sich in Bewegung setzen, verlässt zuerst der Knaggen r_2 den Katarakthebel h_2 , das Gewicht P_1 fängt an niederzusinken und bewegt den Katarakt K_2 . Beim weiteren Niedergange treffen zuerst die langen Knaggen q_1 q_2 auf der Stange S_2 die Steuerhebel u u , drehen damit die Steuerwelle a_1 und schliessen so das Eintrittsventil am kleinen Cylinder, worauf Expansion in dem letzteren eintritt. Am Schluss des Niederganges wird durch den Knaggen q_3 auf der Stange S_1 der Steuerhebel x niedergedrückt, dadurch die Axe a_3 gedreht und so das Einlass- und Auslassventil V_3 und V_5 des grossen Cylinders, sowie auch das Kaltwasserventil am Condensator geschlossen. Durch die Drehung der Steuerwellen sind nun

auch die Fallgewichte m_1 und m_3 wieder gehoben und zur Arretirung derselben die Sperrklinken e_1 und e_2 in die Quadranten c_1 und c_3 wieder eingefallen. Endlich wird noch am Ende des Niederganges durch den Knaggen r_1 der Katarakthebel h_1 niedergedrückt und damit das Gewicht P gehoben oder der Katarakt K_1 aufgezogen. Die sämtlichen Theile sind nun in der in Fig. 1—3 dargestellten Lage angekommen, alle Ventile sind geschlossen und die ganze Maschine ist in Ruhe bis auf den Katarakt K_2 , der sich langsam bewegt und die Dauer der eingetretenen Pause bestimmt.

Sobald die Kataraktstange s_2 durch das Gewicht P_1 so weit gehoben ist, dass der kleine Knaggen d_3 gegen die Sperrklinke e_3 trifft und diese lüftet, wird der Quadrant c_2 frei, die Steuerwelle a_2 wird durch das Gewicht m_2 gedreht und damit die beiden Gleichgewichtsventile V_2 und V_4 geöffnet. Das Ventil des kleinen Cylinders V_2 wird durch den Hebel o_2 , die Zugstange t_2 und einen auf der Axe e_1 sitzenden Hebel bewegt, während die Hebung des Gleichgewichtsventiles V_4 für den grossen Cylinder mittelst der lose auf der Axe l_3 steckenden, mit zwei Hebeln versehenen Hülse h_0 geschieht, die einerseits durch die Zugstange t_4 und den Hebel o_4 mit der Steuerwelle a_2 , andererseits durch die Zugstange t_6 und den auf der Axe l_2 sitzenden Hebel mit dem Ventile in Verbindung steht.

Sobald durch die Ventile der Dampfdruck unter und über den Kolben ins Gleichgewicht gesetzt ist, kann das Gestängegewicht die Widerstände überwinden und der Aufgang der Maschine beginnt.

Sobald die Steuerstangen emporsteigen, verlässt zuerst der Knaggen r_1 den Katarakthebel h_1 und der Katarakt sinkt langsam nieder. Die Bewegung der Maschine geht nun ruhig fort fast bis zum Ende des Aufganges, wo die Gleichgewichtsventile wieder zu schliessen sind. Es trifft dann der Knaggen q_4 den Steuerhebel z und dreht durch denselben die Steuerwelle a_2 , mit welcher beide Ventile in Verbindung stehen. Zugleich ist auch das Gewicht m_2 wieder gehoben, sowie die Sperrklinke e_3 in den Quadranten c_2 eingefallen, wodurch das Zurücksinken des Gewichtes gehindert wird. Endlich ist noch am Schluss des Hubes durch den Knaggen r_2 der Katarakthebel h_2 mit dem Gewicht P_1 gehoben und der Katarakt K_2 aufgezogen. Der vorhin über den beiden Kolben vorhandene Dampf ist nun unter dieselben getreten, der nach Schluss der Ventile über den Kolben noch zurückgebliebene Dampf wird comprimirt, hält sehr rasch die Bewegung des Gestänges auf und die Maschine kommt damit in Ruhe. Es tritt nun die Pause ein, die erst dann beendet wird, wenn der Katarakt K_1 wieder die Sperrklinken für die Einlassventile und das Auslassventil auslöst, worauf sich das Spiel in der beschriebenen Weise wiederholt.

Für das Anlassen der Maschine ist es nöthig, frischen Dampf über den grossen Kolben zu lassen, da der Druck auf den kleinen Kolben allein nicht genügt, das Gestänge zu heben. Es ist deshalb von der Dampfleitung D_0 noch vor dem Regulirventil V_0 ein kleines Rohr abgezweigt, welches in das Verbindungsrohr D_2 zwischen dem grossen und kleinen Cylinder mündet und durch das Handventil V davon abgeschlossen werden kann. Von dieser Zweigleitung ab wird auch den Dampfmänteln durch die kleinen Rohre y Dampf zugeführt.

Soll nun die Maschine in Betrieb gesetzt werden, so lässt man zuerst Dampf in die Cylindermäntel einströmen und wärmt die Maschine an. Zugleich werden sämtliche fünf Dampfventile geöffnet und durch das Handventil etwas Dampf eingelassen, der sich durch beide Cylinder verbreitet. Ist Alles gehörig vorgewärmt, so werden die Ventile wieder geschlossen bis auf die beiden Dampf-einlassventile und nun wird durch das Ventil V_0 etwas Dampf über den kleinen Kolben und durch das Ventil V über den grossen Kolben gelassen. Gleichzeitig öffnet man das Condensationsventil V_5 und das Einspritzventil g_3 , so dass die Maschine sich abwärts bewegt. Man steuert so lange mit der Hand, bis die Dampf- und Kaltwasser-einströmung regulirt ist. Wenn nun die Sperrklinken einfallen, so werden die Knaggen auf den Kataraktstangen, die früher absichtlich ausser Thätigkeit gesetzt sind, richtig eingestellt, worauf sich die Maschine selbst steuert. Das kleine Handventil V wird nur bei den ersten zwei oder drei Hüten benutzt, so lange noch Luft im Condensator ist und die Maschine noch nicht ihre volle Wirkung entfaltet.

K a t a r a k t e.

Taf. XII. Fig. 4—11.

Fig. 4—7. Querschnitte und Grundrisse des Kataraktes für die Einlassventile und das Auslassventil.

Fig. 8—11. Querschnitte und Grundrisse des Kataraktes für die Gleichgewichtsventile.

Der Katarakt K_1 hat die in Fig. 4—7 dargestellte Einrichtung. Wird der Katarakthebel h_1 niedergedrückt, so hebt sich die Steuerstange s_1 mit dem in dem Pumpencylinder K gehenden Kolben und saugt aus dem Kasten K_0 durch das Ventil v Wasser an. Wird er dagegen losgelassen, so drückt das Gewicht P den Kolben nieder und damit das angesogene Wasser durch das Ventil s , welches durch das Handrad r nebst Schraube sich beliebig verstellen lässt, wieder in den Kasten K_0 zurück.

Der Katarakt K_2 (s. Fig. 8—11) unterscheidet sich von dem vorigen dadurch, dass hier nicht beim Aufgange, sondern beim Niedergange des Kataraktkolbens Wasser in den oberen Raum des Pumpencylinders K durch das Ventil v_1 aus dem Kasten K_0 angesogen wird. Sobald das Gewicht P_1 die Kataraktstange s_2 und den daran befestigten Kolben S_0 hebt, wird das angesogene Wasser durch das Druckventil s_1 wieder in den Kasten K_0 zurück gedrückt. Der Pumpencylinder, der bei dem Vorigen oben offen war, ist deshalb hier mit einem Deckel versehen, durch den, mittelst Stopfbüchse abgedichtet, die Kolbenstange hindurchgeht. Beide Kataraktkolben haben Lederstulpliderung.

Condensator mit Luftpumpe.

Taf. XIV.

Fig. 1. Durchschnitt durch den Luftpumpencylinder, den Condensator und die Cisterne.

Fig. 2. Durchschnitt durch die Luftpumpe und Cisterne.

Fig. 3. Durchschnitt durch den Condensator und die Einspritzventile.

Die kastenförmige Condensatorcisterne H hat einen gusseisernen Boden und Eisenblechwände. Der Zufluss des frischen Wassers erfolgt durch das Rohr X_1 . Auf einem hohlen Untersatz A , der auf dem Boden befestigt ist, sind der Condensator und die Luftpumpe aufgeschraubt und stehen durch dessen Höhlung mit einander in Verbindung. In den Condensator mündet ganz oben das Dampfzugsrohr von der Maschine, das kalte Wasser dagegen geht aus der Cisterne zuerst durch das Ventil g_3 , welches mit der Hand regulirt wird, dann durch das von der Maschine bewegte Ventil f_3 und schliesslich durch die Oeffnung h , das Rohr d und die Brause d_3 in den Condensator, dem Dampfe entgegen.

Die Luftpumpe dient zur Fortschaffung der Condensationsproducte. Sowohl das Saugventil als das Druckventil und das Ventil des Kolbens, sind alle Gummiklappenventile, deren Klappen in zwei Etagen auf Gittern aufliegen. Der Kolben ist mit Hanfliderung versehen.

Die Ausgussöffnung der Luftpumpe befindet sich unmittelbar über dem Druckventil. Ein hier angeschlossener Krümmer X_3 leitet das condensirte Wasser in einen durch eine Blechwand in der einen Ecke der Cisterne abgeschlossenen Raum, aus dem es durch das Rohr $X X_2$ abfließt.

Zusammenstellung der Hauptdimensionen der Woolf'schen Wasserhaltungsmaschine.

Durchmesser des grossen Dampfeylinders	65 Zoll = 1700 ^{mm}
Grösster Kolbenhub desselben	11 Fuss = 3,452 ^m
Durchmesser des kleinen Dampfeylinders	40 ¹ / ₂ Zoll = 1059,3 ^{mm}
Grösster Kolbenhub desselben	7 Fuss 2 ¹ / ₂ Zoll = 2,262 ^m
Durchmesser des Regulirventiles	7 Zoll = 183,1 ^{mm}
Durchmesser des Einlassventiles am kleinen Cylinder . . .	7 Zoll = 183,1 ^{mm}

Durchmesser des Gleichgewichtsventiles am kleinen Cylinder	8 $\frac{1}{2}$ Zoll	= 222,3 ^{mm}
Durchmesser des Einlassventiles für den grossen Cylinder	11 Zoll	= 287,7 ^{mm}
Durchmesser des Gleichgewichtsventiles am grossen Cylinder	13 $\frac{1}{2}$ Zoll	= 353,1 ^{mm}
Durchmesser des Condensationsventiles	15 $\frac{5}{8}$ Zoll	= 408,7 ^{mm}
Durchmesser der Luftpumpe	34 Zoll	= 889,3 ^{mm}
Grösster Hub derselben	4 Fuss 4 Zoll	= 1,360 ^m
Durchmesser des Condensators	30 Zoll	= 784,6 ^{mm}
Höhe, auf die das Wasser gehoben werden muss	224 Fuss	= 70,302 ^m
Plungerdurchmesser der Schachtpumpe	28 Zoll	= 732,3 ^{mm}
Grösster Hub der Pumpe	10 Fuss	= 3,139 ^m

Wasserhaltungsschacht mit der 28zölligen Druckpumpe der Ehrhardt'schen Wasserhaltungsmaschine.

Taf. XV.

Fig. 1 und 2. Verticalschnitt durch den Schacht senkrecht auf die Balancieraxe mit der Hauptansicht der Druckpumpe und Seitenansicht des Gestänges mit seinen Führungen.

Fig. 3 und 4. Verticalschnitt durch den Schacht parallel mit der Balancieraxe und Hauptansicht des Gestänges mit seinen Führungen.

Fig. 5. Horizontalschnitt nach der Linie *AB*.

Fig. 6. Horizontalschnitt nach der Linie *CD*.

Das kastenförmige, aus gewalztem \square -Eisen und Flacheisen zusammengenietete Gestänge ist oben an der Lenkstange des Balanciers mit einem Charnier angeschlossen und bewegt sich hier in einer Geradföhrung. Das Gestänge wird auf seiner ganzen Länge von etwa 190 Fuss (= 59,63^m) ausserdem noch durch sechs Lager geführt, von denen zwei sehr kräftig als Fanglager construirt sind und zum Auffangen des Gestänges im Falle eines Bruchs dienen, sowie auch um das Anschlagen der Dampfkolben unter die Cylinderdeckel zu verhindern. An dem Gestänge sind über den Fanglagern kräftige Fangkrumse angesetzt. Die beiden Fanglager, sowie die vier Leerlager, aus gutem Eichenholz, sind mit dem einen Ende 6 Fuss (= 1,88^m) in den Schachtstoss eingelassen und mit Cement ausgegossen. Das Gestänge ist in allen Lagern mit Streichlatten umkleidet, die mit geringem Spielraum von den Lagern umschlossen werden, um bei dem starken Druck, der in dem Gestänge beim Niedergange wirkt, die Durchbiegung möglichst zu verringern.

Ueber dem Plunger ist am Gestänge eine Scheere mit zwei Uebergabelungsstangen angebracht, die zum Gestängeanschluss für den noch tiefer einzubauenden Satz dienen soll.

Die Druckpumpen sind auf starke, aus Eisenblech und Winkeleisen zusammengenietete Pumpenlager gestellt, die in neuer eigenthümlicher Weise einseitig in dem Schachtstoss befestigt sind. Das Lager für den vorliegenden Drucksatz ist etwas schief gelegt, weil die Steigröhren mit ihren Flanschen sonst nicht an der Schachtmauerung vorbei gegangen wären. Alle über diesem Lager vorhandenen Fang- und Führungslager sind dagegen nicht schief gerichtet.

Details der Pumpenlager.

Taf. XVI.

Fig. 1—3. Ansicht, Querschnitt und Grundriss des Pumpenlagers für den Drucksatz der Ehrhardt'schen Maschine.

Fig. 4—6. Ansicht, Querschnitt und Grundriss des Pumpenlagers für den Drucksatz der Woolf'schen Maschine.

Die Lager bestehen aus kastenförmigen Blechträgern, die mit dem einen Ende in ein kleines Ort eingesetzt sind und mit dem anderen in den Schacht hineinragenden Ende den Drucksatz tragen. Jedes Lager hat zwei solcher Träger von verschiedener Grösse und Stärke, von denen der schwächere den Druckcylinder trägt, während auf dem stärkeren das Steigrohr steht.

Das Lager der Ehrhardt'schen Maschine (Fig. 1—3) hat Träger von 12 Fuss 1 Zoll ($= 3,792^m$) Länge und 54 Zoll ($= 1412^{mm}$) Höhe. Der Träger für den Druckcylinder hat doppelte Kopf- und Fussplatten von $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13^{mm}$) Dicke und 18 Zoll ($= 471^{mm}$) Breite und Seitenwände von gleichfalls $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke. Derjenige für das Steigrohr hat Kopf- und Fussplatten von gleicher Stärke, aber von 24 Zoll ($= 628^{mm}$) Breite und Seitenwände von $\frac{5}{8}$ Zoll ($= 16,3^{mm}$) Stärke. Beide Träger sind unter sich an den Enden durch $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13^{mm}$) starke Platten verbunden und die Seitenwände durch aufgenietete Winkeleisen versteift. Das Lager liegt in 7 Fuss Länge auf, ragt also mit etwa 5 Fuss in den Schacht hinein. Es liegt vorne auf einer gusseisernen Platte, im übrigen auf dem festen Gestein und wird am Ende durch vier Paar Stahlkeile und durch zwei kräftige Gussplatten, zwischen denen dieselben in gehobelten Nuthen gehen, niedergedrückt und befestigt. Die eine der beiden Platten legt sich auf die Lager, die andere unter die Firste des Ortes und ist dort mit Cement hintergossen.

Das Lager für den Drucksatz der Woolf'schen Maschine (Fig. 4—6) ist dem vorigen ganz ähnlich construiert. Die Träger sind 12 Fuss ($= 3,786^m$) lang und 54 Zoll ($= 1412^{mm}$) hoch. Die doppelten Kopf- und Fussplatten haben $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13^{mm}$) Stärke und je 20 Zoll ($= 523^{mm}$) und 24 Zoll ($= 628^{mm}$) Breite. Die Seitenplatten sind alle $\frac{1}{2}$ Zoll ($= 13^{mm}$) dick, durch Winkeleisen verstärkt und in der Mitte durch eine ebenso starke Blechplatte verbunden. Das ganze Lager liegt in einer Länge von 7 Fuss ($= 2,197^m$) auf zwei gehobelten Gusseisenplatten. Beide sind mit Cement untergossen und eben so der Zwischenraum zwischen beiden unter dem Lager. Die Befestigung des Lagers ist hier so geschehen, dass zwischen zwei starken Gusseisenplatten, von denen die eine quer über beide Träger, die andere unter der Firste des Ortes liegt, starke Holzklötze eingetrieben sind.

Auf das freie Ende eines jeden Lagers ist quer über beide Träger eine Sohlplatte gelegt, auf die der Pumpensatz zu stehen kommt.

Um die Lager vor dem Angreifen durch die sauren Grubenwasser zu schützen, ist das zu denselben verwendete Eisenblech vor dem Vernieten mit Säure gebeizt und dann mit warmem Oele bestrichen, das Ganze aber nach Fertigstellung mit einem dauerhaften Mennigeanstrich versehen.

Hätte man die Lagerung der Pumpen in gewöhnlicher Weise vornehmen wollen, so hätten die Träger, die dann mit beiden Enden in die Schachtstösse gelagert wären, eine weit grössere Länge: 18 bis 22 Fuss ($= 5,65—6,90^m$) erhalten müssen. Es wären hierdurch nicht allein die Träger weit schwerer und theurer geworden und schwieriger zu handhaben, sondern sie hätten auch bei der segmentförmigen Gestalt der Pumpentrumme diese vollständig versperrt. Nur durch Anwendung solcher einseitig tragenden Lager war es möglich, die Pumpentrumme einigermaassen frei zu halten.

Der 28zöllige Drucksatz der Woolf'schen Wasserhaltungsmaschine.

Taf. XVII.

- Fig. 1. Verticalschnitt durch Plunger, Ventile und Fussstück.
- Fig. 2. Horizontalschnitt durch das Fussstück.
- Fig. 3. Vorderansicht von Plungerrohr und Ventilkasten.
- Fig. 4. Horizontalschnitt durch den Kasten des Saugventiles.

Der 28 Zoll (= 732,3 mm) dicke Plunger geht in einem aus drei Theilen zusammengesetzten Plungerrohr. Das Obertheil desselben trägt die Stopfbüchse, an das Mittelstück ist der Druckventilkasten und an das Untertheil der Saugventilkasten angegossen. Das Untertheil ist auf ein doppeltes Fussstück aufgeschraubt, dessen eine Abtheilung mit einem Holzblock zum etwaigen Auffangen des Plungers ausgefüllt ist, während die andere Abtheilung unter dem Saugventil an das Saugrohr sich anschliesst.

Die Ventile sind einfache Klappventile und lassen sich beide nur durch die Ventilthüren herausnehmen oder nachsehen.

Auf dem Druckventilkasten ist ein schwach conisches Rohr zur Verbindung mit den Steigröhren aufgesetzt. Die Saugröhren haben 27 Zoll (= 706 mm), die Druckröhren 22 Zoll (= 575 mm) Durchmesser.

Zur Abführung der oben in dem Plungerrohre sich etwa ansammelnden Luft ist dort ein kleines Entlüftungsventil angebracht, von dem die Luft nach dem Steigrohre abgeleitet wird. Zwischen den beiden Ventilkasten ist eine Rohrverbindung mit zwei Hähnen eingeschaltet, die den doppelten Zweck hat, die Ventilkasten sowohl füllen als ablassen zu können. In diese Leitung sind endlich noch zwei Sicherheitsventile zum Schutze für die Ventilkasten eingeschaltet.

Der Pumpensatz ist von der Gutehoffnungshütte in Sterkrade bei Oberhausen geliefert.

Die Schachtgestänge der beiden Drucksätze.

Taf. XVIII.

Fig. 1—3. Seitenansicht, Querschnitt und Vorderansicht des Anschlussstückes an die Lenkstange der Ehrhardt'schen Maschine.

Fig. 4 und 5. Ansichten eines Gestängetheiles derselben Maschine.

Fig. 6—9. Seitenansicht, Vorderansicht und zwei Querschnitte des Anschlussstückes an die Lenkstange der Woolf'schen Maschine.

Fig. 10. Vorderansicht des Gestänges derselben Maschine.

Fig. 11 und 12. Vorderansicht und Querschnitt eines Gestängetheiles von demselben Gestänge.

Das Gestänge der Ehrhardt'schen Maschine hat, um es möglichst steif zu machen, einen kastenförmigen Querschnitt (s. Fig. 2). Es ist aus zwei \square -Eisen von $6\frac{3}{4}$ Zoll (= 176,5 mm) Breite und zwei Flacheisen von 9 Zoll (= 235,4 mm) Breite, alle von $\frac{1}{2}$ Zoll (= 13 mm) Dicke, zusammengenietet. Die einzelnen Gestängetheile haben eine Länge von 31 Fuss 7 Zoll (= 9,912 m). Die Stossfugen aller vier Theile sind um je 18 Zoll (= 471 mm) gegeneinander versetzt und auf jede Fuge ist eine Lasche von 18 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll (= 13 mm) Dicke gelegt. Die Verbindung an den Stößen ist durch conisch abgedrehte Stahlschrauben bewirkt und ausserdem gehen durch die Laschen Stahlkeile, welche einen dichten Zusammenschluss der gegeneinander stossenden Gestängetheile bewirken.

Das Gestänge der Woolf'schen Maschine, welches nur auf Zug beansprucht wird, ist aus vier Winkeleisen so zusammengenietet, dass ein kreuzförmiger Querschnitt entsteht. An den Stossverbindungen sind vier Winkeleisen aufgelegt, die mit dem einen Gestängetheil vernietet, mit dem anderen daranstossenden verschraubt sind. Die einzelnen Gestängetheile haben 28 Fuss (= 8,788 m) Länge.

Zusammenstellung der Gewichte

der einzelnen Maschinentheile der Wasserhaltungsanlage der Königlichen
Steinkohlengrube Dechen bei Saarbrücken.

1. Doppeltwirkende Balancier-Wasserhaltungsmaschine von 150 Pferdekraft, 45'' Cylinderdurchmesser, 10' Hub, complet mit Condensation, Luft- und Speisepumpe.

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing-
		Eisen.	Eisen.	Messing.
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
I. Maschine.				
4	Bassinrohre, 10'' lichter Durchmesser, 1 Deckel	1597	—	—
2	Ventilkasten mit Ventilen und Beschlag zu dieser Rohrleitung . .	1181	60	86
16	Schrauben dazu	—	20	—
116	Schrauben zu den Bassinrohren	—	148	—
1	Schmiedeeiserner Balancier mit gusseisernen Nüssen	5382	17238	—
1	Balancier-Mittel-Nocken	—	2039	—
2	Balancier-Lager mit Messingschaalen und 8 Schrauben	3521	352	177
2	Balancier-Lagerstühle	5918	—	—
10	Stahlkeile zum Balancier-Nocken	—	48	—
1	Dampfeylinder	9645	—	—
1	Cylinderboden	3359	—	—
1	Cylinderdeckel und 4 Schrauben	2062	20	22
2	Griffe und 1 schmiedeeiserner Deckel	—	35	—
2	Steuerungsbalken mit 32 Schrauben	1964	40	—
2	Desgleichen	1000	—	—
2	Scheeren mit Messing und gusseiserne Stützen	460	812	152
2	Seitenstücke und 1 Fanghorn	—	743	—
2	Scheeren mit Messing und gusseiserne Stützen	114	300	47
24	Schmiedetheile zur Steuerung	—	470	—
2	Gusseiserne Kugeln	16	—	—
4	Steuerungsaxen mit Hebeln	—	640	—
14	Schmiedetheile zu den Kataraktumpfen	—	153	—
2	Messingene Büchsen	—	—	2
7	Schmiedeeiserne Theile zum Ober- und Unterdampfkasten, 2 mes- singene Büchsen	—	226	6
1	Schraube mit Hebel zum Stellventil	—	40	—
32	Schrauben zum Cylinderboden und Deckel	—	140	—
Transport		36219	23524	492

Stück.	Theile.	Guss- Schmiede-		Messing.
		Eisen.		
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	36219	23524	492
6	Gewichte mit Stellschrauben und 4 Keile zur Kataraktpumpe . . .	254	6	—
4	Gusseiserne und 2 messingene Plunger zu den Kataraktumpfen . . .	46	—	20
2	Nocken zum Parallelogramm	—	181	—
2	Gusseiserne Bügel zum Dampfventilkasten	37	—	—
2	Gusseiserne Verbindungsbüchsen mit Keilen zur Lenkstange . . .	90	14	—
6	Frösche mit Holz und Leder	—	125	—
4	Leitstangen mit 8 Paar messingenen Lagern	—	566	35
1	Gusseiserner gedrehter Ring unter dem Cylinder	271	—	—
2	Oberpumpenstangen	—	244	—
2	Anwägeböcke mit Unterlagplatte und Finger	823	72	—
16	Schrauben daran	—	34	—
24	Dergleichen zu den Anwägeböcken	—	121	—
4	Winkelplatten zu denselben	156	—	—
2	Führungsböcke mit Winkelplatten zum Pumpengestänge	130	—	—
2	Paar messingene Lager mit 8 Schrauben	—	9	11
2	Balancier-Nocken	—	407	—
2	Steuerungsbalken mit 6 Paar messingenen Lagern und 28 Schrauben	465	18	17
1	Verbindungsbalken mit 4 Schrauben	196	6	—
1	Kreuzkopf	—	391	—
2	Schmiedeeiserne Stangen zum Fanghorn	—	88	—
4	Schrauben	—	70	—
20	Fundamentschrauben	—	1254	—
8	Halbe desgleichen	—	3060	—
1	Dampfzylinderkolbenstange mit Keil	—	1300	—
2	Gusseiserne Leisten zum Dampfventilkasten	72	—	—
24	Ankerplatten	726	—	—
4	Wasserpumpen mit Messing und Beschlag	276	24	48
1	Säule zum Absperrventil mit messingener Büchse	75	—	5
12	Keile und 1 Schild von Zink (Zink 4 1/2 Pfund)	—	22	—
4	Fundamentschrauben	—	358	—
2	Kataraktumpfen mit Messing und Beschlag	136	28	32
2	Steuerungsböcke mit 4 Paar messingenen Lagern und }	2322	18	38
16	Schrauben			
1	Balancier-Nocken	—	193	—
1	Unterdampfventilkasten mit Ventilen, Ventilstangen und Brücke	1982	22	107
30	Schrauben dazu	—	48	—
1	Oberdampfventilkasten mit Ventilen, Ventilstangen und Brücke . .	2298	22	107
44	Schrauben dazu	—	62	—
1	Dampfzylinderkolben mit Muttern und 10 Schrauben	2071	23	15
4	Griffe und 1 schmiedeeisernes Band	—	30	—
2	Dampfsäulen mit Mantel und 25 Pfund Kuhhaaren	2427	296	—
2	Klappen, 2 messingene Brillen, 3 Nocken und 32 Schrauben	—	69	10
1	Absperrventil mit messingendem Ventil und Beschlag	418	46	48
5	Blechplatten zum Mantel des Dampfkastens	—	182	—
6	Ringe, 8 Streben, 8 Platten, 1 Packet Holzschrauben zum Cylinder-	—	1200	—
	mantel			
	Holzringe 89 Pfund, 4 schmiedeeiserne Theile zur Steuerung	—	37	—
3	Keile zur Kolbenstange, 2 Stück zur Pumpenstange	—	29	—
8	Schmiertrichter zu den Leitstangen, 1 Stück zum Cylinder; 6 Pack	—	—	9
	Kuhhaare und Filz = 177 Pfund			
	Transport	51490	34099	997

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.	Eisen.	
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	51490	34099	997
	100 Ellen Leinewand, 2 Manometer 16 Pfund			
2	Pumpenstangen	—	930	—
5	Schraubenschlüssel	—	38	—
	II. Condensation.			
4	Krümmen 3 1/2" Durchmesser	190	—	—
2	Röhren 3 1/2"	71	—	—
1	Krahnenventil mit Messing und Beschlag 3 1/2"	67	6 1/2	3 1/2
2	Krümmen 8 1/2" Durchmesser	382	—	—
1	Desgleichen 10"	285	—	—
1	Rohr von 10"	317	—	—
1	Einspritzventil mit messingener Büchse und Ventilbügel	55	7 1/2	14
123	Schrauben zu den Condensationsröhren	—	100	—
1	Stellrad zur Ventilstange, 2 Säulchen mit messingenen Muttern	14	41	2 1/4
1	Mantel zum Condensator	1979	—	—
1	Condensator mit Deckel und 2 Schrauben	1477	1	1 1/2
1	Condensatorboden	1588	—	—
2	Pumpenstiefel mit 28 Schrauben und 4 messingenen Büchsen	586	32	10
1	Saug- und 1 Steigrohr zur Luftpumpe	1634	—	—
1	Luftpumpe mit 33 Schrauben	2369	30	—
1	Luftpumpendeckel mit Messingbüchse und 3 Schrauben	314	6	—
1	Luftpumpenboden mit 29 Schrauben	943	26	—
4	Klappenkasten mit 48 Schrauben und 4 Gummiklappen (26 1/2 Pfd.)	1586	48	—
32	Schrauben	—	27	—
4	Ventilkästchen mit 16 Schrauben	283	14	29
1	Luftpumpenkolben mit Messing-Ring und 2 Keile	285	5 1/2	28 1/2
6	Schrauben mit messingenen Muttern	—	6	3
2	Griffe, 1 Schlüssel und 1 schmiedeeisernes Band	—	12	—
1	Luftpumpenkolbenstange mit Keil	—	182	—
1	Reserve desgleichen ohne Keil	—	170	—
2	Plunger mit Stangen und Keilen	202	21	—
1	Kreuzkopf	—	95	—
	Summa	66117	35997 1/4	1088 3/4

Totalgewicht der Maschine 103203 1/4 Pfund.

III. Ein completer 28zölliger Drucksatz.					
2	Pumpenröhren von 22" Durchmesser und	3/4" Wandstärke	4768	—	—
1	-	7/8"	2797	—	—
3	-	1"	8790	—	—
1	-	1 1/2"	4112	—	—
1	-	3/4"	2457	—	—
1	-	7/8"	2616	—	—
1	-	1 1/8"	3245	—	—
2	-	1 1/4"	7304	—	—
1	-	1 3/8"	3902	—	—
1	-	1 1/4"	3557	—	—
	Transport		43567	—	—

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.		
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	43567	—	—
2	Pumpenröhren von 22" Durchmesser und $1\frac{3}{8}$ " Wandstärke	7593	—	—
2	— — — — — $1\frac{1}{8}$ " —	6523	—	—
1	— — — — — $\frac{7}{8}$ " —	2618	—	—
1	Doppelter Ventilkasten mit 4 Schrauben	6679	2	—
1	Plunger mit 2 Schrauben und 1 Brücke	7254	45	—
1	Konisches Aufsatzrohr	2782	—	—
1	Plungerrohr mit Stopfbüchse, 8 Schrauben und 8 messingenen Muttern	5611	344	74
1	Ventilkasten mit 4 Schrauben	6607	2	—
2	Ventilkastenthüren	2348	—	—
1	Unterstück	6392	—	—
1	Kolbenrohr (ausgebohrt) mit 4 Schrauben	4736	2	—
2	Halbe messingene Ringe	—	—	47
2	Griffe zum Plungerrohr	—	15	—
3	Ventile, 2 Beschläge, 2 Lederdeckel (26 Pfund)	2755	1016	—
1	Lederklappe mit Beschlag (Leder 13 Pfund)	—	277	—
492	Schrauben	—	1847	—
1	Schmiedeeisernes Luftröhr	—	36	—
1	Luftventil mit Messing und Beschlag	50	3	2
1	Saugrohr $23\frac{3}{4}$ " Durchmesser, 8' 6" lang	1904	—	—
1	— — — — — 7' 6" —	1859	—	—
1	— — — — — 5' —	1253	—	—
1	Saugkrümmer $23\frac{3}{4}$ " Durchmesser.	1149	—	—
1	Saugkorb	525	—	—
1	Dreiflanschenrohr, Steigrohr, $23\frac{3}{4}$ " Durchmesser	• 2158	—	—
1	Röhr von $23\frac{3}{4}$ " Durchmesser mit 1 Flansche	1100	—	—
1	Steigrohr	1528	—	—
2	Messingene Luftkrahne mit 4 Schrauben	—	1	55
	Summa	116972	3590	178

Totalgewicht des Drucksatzes

120740 Pfund.

IV. Rohrleitung von den Pumpen nach dem Bassin
und den Cisternen.

2	Bassinrohre von 12" Durchmesser mit 4 Klappen, 12 Bolzen und 4 Lederklappen (Leder 3 Pfund)	1391	24	—
1	Dreiflanschenrohr dazu von 12" Durchmesser	842	—	—
2	Bassinrohre von 12" Durchmesser und 1 Deckel	1706	—	—
4	Desgleichen von 5" Durchmesser, 4 Klappen, 8 Bolzen (4 Lederklappen 1 Pfund)	1182	8	—
2	Desgleichen von 5" Durchmesser, 9' lang, mit 2 Deckeln	637	—	—
12	Schmiedeeiserne Stangen zu den Bassinrohren	—	314	—
2	Lagerplatten	745	—	—
2	Ausgussventilkasten mit gusseisernen Ventilen zur Schachtpumpe	3464	—	—
2	Beschläge mit messingenen Büchsen und 1 Pfund Gummi	154	—	12
4	Ausgusskrümmer $21\frac{1}{2}$ " Durchmesser	3893	—	—
1	Dreiflanschenrohr (Ausguss) $21\frac{1}{2}$ " Durchmesser	2768	—	—
2	Ausgussröhren von $21\frac{1}{2}$ " Durchmesser	4733	—	—
1	Desgleichen im Wasserkasten von $21\frac{1}{2}$ " Durchmesser	1064	—	—
	Transport	22579	346	12

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.		
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	22579	346	12
1	Ausgussrohr mit 2 Flanschen 21½" Durchmesser, 2' lang . . .	554	—	—
1	Schmiedeeiserner Wasserkasten	—	1244	—
1	Krümmen, 1 Dreiflanschenrohr von 2" Durchmesser mit 12 Schrauben	146	7	—
4	Ausflussröhren von 21½" Durchmesser, ¾" dick	9006	—	—
1	Desgleichen — 7/8" dick	2287	—	—
40	Schrauben dazu von 1⅛" Durchmesser	—	138	—
6	Rohre à 9' lang von 7" Durchm. vom Bassin nach den Cisternenkasten	1632	—	—
1	Desgleichen 4' 8" lang, 7" Durchmesser	220	—	—
1	— 9' — 10" —	1110	—	—
1	Krümmen von 10" Durchmesser	212	—	—
2	Ausgussröhren von 8" Durchmesser, 8' 2½" lang	920	—	—
1	Desgleichen Krümmen	150	—	—
3	Röhren von 5" Durchmesser, 8' 10½" lang	945	—	—
1	Krümmen —	56	—	—
110	Schrauben und 18 Scheiben	—	104	—
	Summa	39817	1839	12
	Totalgewicht der Rohrleitung	41668 Pfund.		
	V. Ein schmiedeeisernes Gestänge mit Geradföhrung.			
2	Paar messingene Lager zu den Zugstangen am Schachtgestänge . . .	—	—	98
2	Schmiertrichter dazu	—	—	3½
1	Zugstange mit Keil	—	5134	—
3	Theile zum Schachtgestänge	—	6733	—
3	Desgleichen	—	7017	—
4	Krumplattcn und 24 Schrauben	1898	271	—
40	Nocken und 40 Keile	—	215	—
114	Schrauben	—	81	—
20	Verbindungsschienen	—	335	—
1	Krumse	—	934	—
4	Verbindungsplatten zum Schlitten	2081	—	—
2	Balken	5219	—	—
4	Gehobelte Schlittenbahnen	2993	—	—
2	Schleifer, gehobelt und gebohrt	227	—	—
1	Schmiedeeiserner Nocken, gedreht	—	195	—
4	Gusseiserne Verbindungsböckchen	36	—	—
36	Schrauben	—	134	—
	Summa	12454	21049	101½
	Totalgewicht des Gestanges und der Geradföhrung	33604½ Pfund.		
	VI. Ein completcs Pumpenlager.			
1	Lagerplatte gehobelt	2169	—	—
3	Desgleichen	4978	—	—
8	Keile	—	766	—
2	Schmiedeeiserne Pumpenträger	—	12441	—
	Gusseiserne Verbindung dazu	1770	—	—
6	Fundamentschrauben	—	219	—
2	Kreuzköpfe	—	375	—
	Summa	8917	13801	—
	Totalgewicht des Pumpenlagers	22718 Pfund.		

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.	Eisen.	
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
VII. Reservetheile für die Maschine.				
2	Reservekapselventile	—	—	109
4	Federkolbenringe	380	—	—
1	Luftpumpenkolben	285	11½	31½
	Summa	665	11½	140½
Totalgewicht der Reservetheile		817 Pfund.		
VII. Ein completes Handkabel.				
1	Welle mit Trommel, 2 Prellscheiben und 2 Kammrädern	3262	521	—
12	Schrauben und 1 schmiedeeiserner Nocken	—	56	—
1	Welle mit Keilen	—	120	—
2	Ritzel	65	—	—
1	Welle mit Keilen, 2 Kammrädern und 2 Ritzel	730	235	—
2	Lagerplatten	674	—	—
6	Lagerböcke mit 12 Schrauben und 6 Messinglagern	508	32	27
1	Schnepper mit Bolzen und Scheere	—	28	—
2	Windearme	—	51	—
12	Keile	—	19	—
20	Schrauben	—	144	—
	Summa	5239	1206	27
Totalgewicht des Handkabels		6472 Pfund.		
VIII. Zwei complete Dampfpumpen von 8" Cylinderdiameter und 12" Hub.				
1	Dampfkasten mit messingenen Büchsen und 20 Schrauben	1280	25	4½
2	Schwunräder mit 2 Fingern	857	7	—
2	Gusseiserne Ständer mit 12 Schrauben zum Cylinder	290	20	—
1	Cylinder mit Schwungradböcken, 30 Schrauben, 2 messingenen Lagern und 2 Büchsen	448	22	7½
1	Plunger mit Stange	55	8	—
1	Kurbelwelle	—	30	—
1	Kreuzkopf	—	33	—
1	Kolben mit Messingringen und Kolbenstange	26	13½	3½
2	Zugstangen mit Messinglager und Schmiertrichter	—	40	6
2	Schmiedeeiserne Theile zur Steuerung	—	18	—
2	Paar Messinglager	—	—	2½
4	Schlittenbahnen	45	—	—
1	Krahnenventil von 1¾" Durchmesser	16	½	1½
5	Stopfen	34	—	—
2	Messingene Büchsen und Ventile im Dampfkasten	—	—	17
	Summa	3051	217	42½
Totalgewicht der Dampfpumpe		3310½ Pfund.		
Ebenso die zweite Dampfpumpe		3310½ Pfund.		

2. Einfachwirkende 150 pferdige Woolf'sche Balancier-Wasserhaltungsmaschine.

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.	Eisen.	
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
36	Schmiedeeiserne Anker mit Muttern	—	3259	—
33	Gusseiserne Ankerplatten	3130	—	—
1	Kiste enthaltend 36 Splinte	—	155	—
1	Gusseiserne Grundplatte	2195	—	—
2	- Lager	6689	—	—
1	Platte zur Cisterne	3220	—	—
7	Schmiedeeiserne Platten	—	4040	—
6	Eckeisen	—	262	—
3	Verbindungsstangen	—	51	—
10	Haken	—	92	—
1	Balancierzapfen	—	1975	—
1	Dampfkolben	3120	—	—
2	Verpackungsringe	430	—	—
1	Grosser Dampfcylinder	10300	—	—
1	Schmiedeeiserner Hilfs-Balancier	—	1233	—
2	Balancierlager mit Metall	1718	—	—
1	Condensator	2450	—	—
1	Schmiedeeiserner Balancier	—	25250	—
2	Grosse Cylindermantel	15900	—	—
2	Kleine desgleichen	6590	—	—
1	Kleiner Dampfcylinder	5640	—	—
1	Kiste enthaltend : 3 Steuerungshebel, 8 Contregewichte, 6 Zapfen, 3 Rollen, 3 Ventilköpfe, 1 Absperrventil, 2 Drehzapfen, 2 Ventil- stangen, 3 Zugstangen, 5 Ventilstangen, 46 Stück 1 zöllige Schrauben, 1 Lager, 2 Hebel, 1 Welle mit Hebel, 4 Oesen; 1 Kreuz, 2 Führungen, 2 Wellen, 21 Stück Schrauben .	—	1870	—
1	Kiste enthaltend : 2 Kataraktzüge, 1 Führungsbalken, 12 Stück 5/4 zöllige Schrauben, 1 Kamaschenpresse, 1 Satz Schlüssel, 33 Stück 9/8 zöllige Schrauben und 4 Stifte, 2 Führungen, 8 Stück 9/8 zöllige Schrauben, 1 Bügel, 2 Gegenlenker, 1 Gabelwelle, 2 Ventilwellen, 2 Stellräder, 1 Contregewicht, 1 Führungs- rahmen	—	2300	—
1	Kiste enthaltend : 2 Kreuzköpfe, 10 Gehänge, 5 Stifte, 8 Stück 1 zöllige Schrauben, 3 Aufsteckschlüssel, 1 Kupferrohr, 6 Stück Holzkloben, 3 Bundschrauben, 6 Unterlegescheiben, 240 Stück diverse Schrauben, 10 Stifte, 1 Schlüssel	—	1540	—
1	Kiste enthaltend : 3 Zugstangen, 1 Spindel zum Absperrventil, 2 Katarakt- kolbenstangen, 2 Zugstangen zum Hilfsbalancier, 2 Wellen, 1 Bügel, 4 Gelenke, 2 Gabeln, 27 Metallmutter, 14 Stück Kopfschrauben und 2 Zugstangen zur Speisepumpe	—	725	—
1	Kiste enthaltend : 4 Glockenventile, 2 Stutzen mit Hähnen, 1 Metallkegel, 3 Stück 3/4 zöllige Metallhähne, 1 Stück 5/4 zölliger Metall- hahn, 3 Handgriffe, 1 Spanneisen, 1 Kolbenschlüssel, 3 Schmiergefässe	—	770	—
	Transport	61382	43522	—

Stück.	Theile.	Guss- Eisen.		Messing.
		Pfund.	Pfund.	
	Transport	61382	43522	—
1	Kiste enthaltend:			
	1 Glockenventil, 2 Einspritzventile, 1 Metallkegel, 1 Welle,			
	2 Schmiergefässe, 1 Scheibe, 1 Zugstange, 12 Stück			
	7/8 zöllige Schrauben mit Muttern und 3 Stück Aufsteck-			
	schlüssel	—	573	—
1	Dampfkolben zum kleinen Cylinder mit 2 Kolbenösen	1575	—	—
	12 Stück Gummischeiben 323 Pfund			
2	Untersätze zu den Cylindern	9166	—	—
1	Cylinderdeckel zum grossen Cylinder	4190	—	—
1	Oberventil zur Luftpumpe	742	—	—
1	Unterventil desgleichen	372	—	—
1	12zölliges Abflussknie	274	—	—
1	Knierohr mit Brause	165	—	—
1	Rohr mit Ventilrohr	152	—	—
1	Speisepumpe mit Ventil	510	—	—
1	Verbindungsknierohr zum Cylinder	655	—	—
1	Verbindungsknierohr mit Stopfbüchse	630	—	—
1	Verbindungskreuz	162	—	—
1	Oberventilkasten zum kleinen Cylinder	1825	—	—
1	Desgleichen zum grossen Cylinder	1365	—	—
1	Unterventilkasten zum grossen Cylinder	750	—	—
1	Platte mit 2 Böcken	369	—	—
2	Böcke mit Zapfen zu den Gegenlenkern	337	—	—
1	Gusseiserner Kittboden	200	—	—
1	Untersatz zur Luftpumpe	2570	—	—
2	Dampfrohre zum grossen und kleinen Cylinder	2705	—	—
2	Schmiedeeiserne Brillen zu dem Fanghorn	—	224	—
8	Kisten mit verschiedenen Maschinentheilen	—	7702	—
2	Ständer mit Lagern	1314	—	—
1	Grundplatte dazu	515	—	—
2	Schmiedeeiserne Brillen	—	713	—
1	Schmiedeeisernes Fanghorn	—	645	—
1	Luftpumpenkolbenstange	—	490	—
1	Cylinderdeckel	1740	—	—
1	Luftpumpe	4495	—	—
1	Absperrventil, 50 Stück Nieten, 12 Schrauben, 2 Keile, Gussbohr-			
	spähne	—	540	—
1	Gusseiserne Lagerplatte	212	—	—
1	Schmiedeeiserne Lenkstange	—	5000	—
2	Kolbenstangen	—	3040	—
2	Pumpenstangen	—	676	—
2	Schmiedeeiserne Gabelschlüssel	—	178	—
1	Kiste enthaltend: 9 Stifte mit Muttern, 5 Scheiben, 9 Bleche	—	147	—
1	Stopfbüchsenrohr mit 6 Schrauben	1150	—	—
1	Knierohr mit 12 Schrauben	1322	16	—
	Summa	110844	63466	—

Totalgewicht der Maschine 174310 Pfund.

Stück.	Theile.	Guss- Eisen.		Messing.
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
II. Ein completer 28zölliger Drucksatz.				
1	Fussstück mit Holzklotz	6665	50	—
1	Doppelter Saugventilkasten mit Thüre	8404	—	—
1	— Druckventilkasten mit Thüre	9129	—	—
2	Schmiedeeiserne Brücken in beiden Ventilkasten Thüerschrauben	—	360 450	— —
3	Beschlagene Ventile (58 Pfund Leder)	2259	1296	54
1	Konisches Aufsatzrohr	3495	—	—
1	Plungerrohr	3670	—	—
1	Plunger dazu	9570	—	—
1	Stopfbüchse	1050	3	246
1	Verbindungsröhrchen mit Schrauben	231	18	—
2	Absperrkrahne	86	10	40
1	Messing-Liderring in 2 Theilen	—	—	140
	Aufziehschrauben	—	5	—
1	Lufthahn	—	—	4
4	Liderschrauben mit messingenen Muttern	—	117	40
1	Saugkrümmer	1300	—	—
1	Saugkorb	769	—	—
3	Rohre zum Saugwerke	5000	—	—
1	Desgleichen	2530	—	—
23	Steigrohre	67758	—	—
1	Dreifanschenstück	2675	—	—
	Satzschrauben	—	1540	—
Summa		124591	3849	524
Totalgewicht des Drucksatzes		128964 Pfund.		
III. Schmiedeeisernes Gestänge mit Geradföhrung und den Belastungsscheiben.				
3	Schachtgestänge	—	10050	—
2	Desgleichen	—	7500	—
1	Zapfen mit Keil	—	214	—
1	Schachtgestänge	—	5026	—
8	Keile	—	106	—
1	Gusseiserner Krums	2540	—	—
	Diverse Schrauben	—	316	—
1	Gestängeanpassstück	—	2800	—
	Schrauben dazu	—	112	—
4	Säulen zur Geradföhrung	2100	—	—
4	□ - Träger mit Schrauben	2400	100	—
12	Ankerschrauben	—	975	—
4	Ankerplatten	297	—	—
8	Desgleichen	1387	—	—
2	Tragbalken	6900	—	—
2	Gusseiserne Leitungen	4064	—	—
	Schrauben dazu	—	36	—
Transport		19688	27235	—

Stück.	Theile.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.	Eisen.	
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	19688	27235	—
2	Gleitstücke mit Schrauben	197	34	—
	Messingene Backen	—	—	85
	Belastungsscheiben	38500	—	—
	Summa	58385	27269	85
Totalgewicht des Gestänges, der Geradföhrung und Belastungsscheiben		85739 Pfund.		
IV. Schmiedeeisernes Pumpenlager.				
2	Blechträger mit 2 losen Platten und 2 Winkeleisen	—	13605	—
4	Gehobelte Unterlagsplatten	4450	—	—
	Schrauben dazu	—	220	—
	Summa	4450	13825	—
Totalgewicht des Pumpenlagers		18275 Pfund.		
V. Ein Dampfkabel mit Seilrollen.				
1	Trommel von 30" Durchmesser	5100	—	—
2	Bremsscheiben mit Bänder	1205	43	—
4	Kammräder mit Bänder	3680	48	—
1	Trommelachse, in der Mitte 5" Durchm., an den Enden 6" Durchm., 10' 2 ¹ / ₄ " lang	—	872	—
2	Lager zur Trommelachse	562	30	—
2	Desgleichen zur Mittelachse	380	28	—
2	Desgleichen zur Kurbelachse	260	15	12
6	Bremsbandstücke	—	340	—
4	Klepper	—	140	—
2	Arme zur Bremswinde	—	35	—
2	Desgleichen zur Kurbelachse	—	92	—
1	Steuerungshebel	—	33	—
2	Contregewichte	120	—	—
4	Ritzel	340	—	—
2	Schmiedeeiserne Stücke zur Bremse	—	70	—
2	Zughebel	—	50	—
2	Lager zur Bremswelle	96	—	—
1	Schmiedeeiserne Kurbelwelle	—	390	—
1	Mittelwelle	—	362	—
1	Bremswelle	—	155	—
2	Zugstangen zur Bremse	—	150	—
2	Sohlplatten mit Zapfen	1230	23	—
2	Cylinder mit Deckel und Schieberkasten	1430	—	9
1	Umsteuerungsschieberkasten mit Deckel	243	—	—
1	Schieber mit Stange	12	9	—
1	Hebelwerk, Schrauben, Lager, Stopfbüchse und Liderung dazu	8	33	6
4	Krümmmer mit kupfernen Scheiben und Schrauben	64	18	2
	Stopfbüchsen und Liderringe	—	—	10
	Liderschrauben	—	16	—
	Transport	14730	2952	39

Stück.	T h e i l e.	Guss-	Schmiede-	Messing.
		Eisen.	Eisen.	
		Pfund.	Pfund.	Pfund.
	Transport	14730	2952	39
2	Schieberstangen mit Messing-Führung	—	46	28
2	Schieber	26	—	—
4	Gusseiserne Leitungsböcke	140	26	—
	Schrauben zum Cylinder	—	106	—
4	Leitungen	—	56	—
	Schrauben zu den Leitungsböcken	—	19	—
4	Schmierhähne	—	—	5
4	Ablasshähne mit Hebel	—	20	14
	Messingringe zu den Schieberkasten	—	—	26
2	Pressdeckel zu den Schieberkasten	50	8	1
2	Schmiedeeiserne Kolben mit Deckel und Stangen	—	124	—
2	Federringe	20	—	—
2	Pressringe	—	9	—
2	Zugstangen mit Lager	—	102	26
2	Kreuzköpfe	96	6	—
1	Cylinderbalken	1024	6	9
2	Excentricstangen	30	48	36
	Ablassehebelwerk und Hähne	—	14	14
	Schraubenschlüssel	—	17	—
	Stellringe	—	39	—
	Kolben-Zugband	—	6	—
2	Keile	—	60	—
	Diverse Schrauben	—	420	—
2	Schmiedeeiserne Achsen von 9" Durchmesser, die Zapfen an beiden Enden 5 ³ / ₄ " Durchm., ganze Länge 8' 3 ¹ / ₄ " mit Stellringen	—	3700	—
2	Gusseiserne Seilrollen, 36" Durchmesser mit Bänder	2130	60	—
4	Böcke mit Schrauben und Lager dazu	1333	119	150
16	Befestigungsschrauben und 8 Lappen	—	228	—
	Summa	19579	8191	348

Totalgewicht des Dampfkabels mit Seilrollen

28118 Pfund.

Zusammenstellung der Kosten

der Wasserhaltungs-Anlage der Königlichen Steinkohlengrube Dechen
bei Saarbrücken.

1. Abteufen und Ausmauern resp. Betoniren des Schachtes.

	Thlr.	Sgr.	Pf.
Abteufen des Schachtes auf 40 Lachter incl. Einbauen des Schachtholzes	8494	19	—
Mauerung von der Hängebank bis zur Flottwellsohle = 8 Lachter . .	3088	4	7
Anfertigen und Einbauen von schmiedeeisernen Ringen incl. Material .	5466	13	—
Betoniren von 32 Lachter incl. Material	6869	5	8
Summa Abteufen und Betoniren von 40 Lachter	23918	12	3

2. Baukosten.

		Gebäude zur Ehrhardt- schen Maschine.			Gebäude zur Woolf'schen Maschine.			Gebäude zusammen.		
		Thlr.	Sgr.	Pf.	Thlr.	Sgr.	Pf.	Thlr.	Sgr.	Pf.
1.	Erdarbeiten	227	6	—	209	—	—	436	6	—
2.	Maurer-Arbeitslohn mit Rüstung . .	2216	20	—	2923	15	11	5140	6	5
3.	Maurer-Material	2092	18	8	2759	27	—	4852	15	8
4.	Steinhauer-Arbeitslohn	292	10	1	396	17	6	688	27	7
5.	Steinhauer-Material	437	24	5	554	27	8	992	22	1
6.	Zimmermanns-Arbeitslohn	252	3	10	301	1	5	553	5	3
7.	Zimmermanns-Material	817	16	7	976	15	8	1794	2	3
8.	Dachdecker-Arbeitslohn	9	9	—	12	25	3	22	4	3
9.	Dachdecker-Material	68	20	8	90	4	10	158	25	6
10.	Klempner-Arbeiten mit Material . .	51	10	—	53	15	4	104	25	4
11.	Tischler-Arbeiten mit Material . .	35	—	—	35	—	—	70	—	—
12.	Schlosser-Arbeiten mit Material . .	401	—	—	409	11	3	810	11	3
13.	Glaser-Arbeiten mit Material . . .	84	25	6	76	8	8	161	4	2
14.	Anstreicher-Arbeiten	33	17	11	39	17	4	73	5	3
15.	Bauführung	173	—	—	217	—	—	390	—	—
16.	Insgemein	127	10	9	159	6	6	286	17	3
	Summa	7320	13	11	9214	14	4	16534	28	3

Mithin kostet das Gebäude der Ehrhardt'schen Maschine 1894 Thlr. 5 Pf. weniger als das der Woolf'schen Maschine.

3. Gemeinschaftliche Baukosten der Wasserhaltungsanlage.

		Thlr.	Sgr.	Pf.
1.	Das Kesselhaus	3883	28	8
2.	Das Pumpenhäuschen dazu	142	8	10
3.	Das Condensationswasserbassin mit Canälen	3192	20	6
4.	Der Abflusscanal der Grubenwasser	673	15	—
5.	Canal von dem Condensationswasserbassin nach beiden Cisternen	620	12	6
6.	Zugangscanal zu den Ankern der Ehrhardt'schen Maschine	87	—	—
7.	Ausgraben der Fundamente und Einmauern der Geradföhrungen	717	20	—
8.	Eine Böhne zum Abladen der Kohlen vor dem Kesselhause	165	14	8
9.	Futtermauer an der östlichen Seite der Wasserhaltungsanlage	1188	1	3
10.	Zuföhrweg mit Rinnenanlage	307	2	4
	Summa	10978	3	9
	Hierzu die Kosten beider Maschinenhäuser	16534	28	3
	Summa aller Baukosten	27513	2	—

4. Kosten der Maschinenanlage.

		Ehrhardt'sche			Woolf'sche			Gesamtkosten.		
		Thlr.	Sgr.	Pf.	Thlr.	Sgr.	Pf.	Thlr.	Sgr.	Pf.
1.	2 Wasserhaltungsmaschinen	13250	—	—	20000	—	—	33250	—	—
2.	Reservetheile	580	—	—	171	20	—	751	20	—
3.	Schmiedeeisernes Gestänge mit Geradföhrung	2828	12	8	4300	—	—	7128	12	8
4.	2Szölliger Drucksatz von 224' Höhe	6200	—	—	5951	6	—	12151	6	—
5.	2 Pumpenlager	1480	—	—	1450	—	—	2930	—	—
6.	Montiren der Maschinen	766	20	2	935	29	10	1702	20	—
7.	Dichtungs-, Liderungs- und Schmiermaterialien dazu	55	12	6	78	28	4	134	10	10
8.	Einbauen der Pumpenlager	356	23	6	282	23	7	639	17	1
9.	Einbauen der 28" Drucksätze	620	—	—	625	—	—	1245	—	—
10.	Dichtungs- und Liderungs-Materialien dazu	166	3	2	140	8	6	306	11	8
11.	Einbauen der Pumpengestänge, Lehr- und Fanglager incl. Anfertigen der letzteren	360	3	6	313	—	4	673	3	10
12.	Materialien dazu	335	12	6	239	7	6	574	20	—
13.	2 Hubzähler	17	7	6	17	7	6	34	15	—
14.	Eiserne Geländer um die Balanciers der Maschinen	82	9	4	86	5	4	168	14	8
	Summa	27098	14	10	34591	16	11	61690	1	9

Mithin kostet die Ehrhardt'sche Maschinenanlage 7493 Thlr. 2 Sgr. 1 Pf. weniger als die Woolf'sche Maschinenanlage.

5. Gemeinschaftliche Kosten der Maschinenanlage.

	Thlr.	Sgr.	Pf.
1. Rohre zur Verbindung der beiden Pumpen mit dem Condensationswasserbassin resp. dieses Bassins mit den Cisternen	2773	—	3
2. Legen dieser Anschlüsse	265	16	4
3. Materialien dazu	15	22	9
4. Abladen der sämtlichen Maschinentheile und Transport zur Montirungsstelle	427	23	9
5. Vier Stück Dampfkessel mit Garnitur	7352	—	—
6. Zwei Dampfpumpen	1000	—	—
7. Anschluss der Dampfleitung an die Maschinen	280	28	5
8. Anschaffen der dazu nöthigen Rohre, Krümmer, Umwickeln der Rohre, sowie alle Materialien dazu	1064	3	6
9. Anschluss der Speisewasserleitung von dem Speisewasserbassin an die Dampfpumpen und von diesen an die Speiseleitung der Kessel	355	25	8
10. Rohre und Liderungsmaterialien dazu	571	25	11
11. Eisernes Geländer zur Ueberbrückung zwischen den beiden Maschinengebäuden	186	16	11
12. Anstrich der Maschinen	76	—	—
13. Hülfeleisten beim Ingangsetzen der Maschinen, Pressen der Dampfkessel, Gebühren für amtliche Pressung der Pumpentheile, Löhne der Garantie-Maschinenwärter	1092	—	—
14. Reinigen und Räumen des Schachtes, der Maschinengebäude nach der Montirung und alle nicht vorherzusehenden Ausgaben	583	22	5
Summa	15945	20	3

6. Hilfsmaschinen.

1. Dampfkabel nebst Seilrollen, Lagern und Achsen	3000	—	—
2. Kabelleil von 21''' Durchmesser	374	—	—
3. Montiren des Dampfkabels	259	2	—
4. Liderungsmaterialien dazu	7	11	10
5. Handkabel von 200 Centner Tragfähigkeit mit Kabelleil von 15''' Durchm.	685	16	8
Summa Hilfsmaschinen	4326	—	6
Hierzu: Kosten für Maschinen und Pumpen	61690	1	9
Gemeinschaftliche Kosten	15945	20	3
Summa aller Kosten der Maschinenanlage	81961	22	6

Gesamtkosten der Wasserhaltungsanlage.

	Thlr.	Sgr.	Pf.
Schachtabteufen incl. Mauerung und Betonirung	23918	12	3
Baukosten	27513	2	—
Kosten der Maschinen- und Pumpenanlage	81961	22	6
Summa	133393	6	9

Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbau der fiscalischen Steinbrüche bei Rüdersdorf.

Taf. XIX—XXIII.

Der Abbau der für bauliche Zwecke geeigneten Kalksteine der Muschelkalkformation, die bei Rüdersdorf in den sogenannten Kalkbergen zu Tage tritt, geschah von Alters her nur über und bis zu dem Niveau der naheliegenden Seen und der eigens für den Transport der gewonnenen Producte angelegten und bis in die Steinbrüche fortgeführten Canäle. Seit etwa zehn Jahren hat man begonnen, auch die tiefer liegenden Schichten von gleich ausgezeichneter Qualität durch einen Tiefbau zu erschliessen. Nach dem ursprünglichen Project beabsichtigte man, damit bis zu 120 Fuss niederzugehen und hierfür wurden alle Entwürfe und Rechnungen durchgeführt. Später wurde indess beschlossen, eine Tiefe von nur 100 Fuss zu greifen, so dass jetzt die neue Abbausohle 100 Fuss (= 31,385^m) unter dem genannten Niveau liegt.

Die im Tiefbau gewonnenen Producte werden unten direct in Eisenbahnwaggonn verladen und diese durch zwei Fördermaschinen auf einer schiefen Ebene auf das Bergplateau, welches etwa 60 Fuss über dem Canalniveau liegt, gehoben. Von hier aus kommen die Waggonn direct auf die Zweigbahn, auf der sie in das Bahnnetz der Königlichen Ostbahn gelangen. Zur Aufwältigung der in dem Tiefbau zusammenlaufenden Wasser ist bis zur neuen Abbausohle ein eigener Wasserhaltungsschacht abgeteuft, der durch eine Grundstrecke mit dem Bau in Verbindung steht. In der Höhe des Canalniveaus ist vom Schachte aus ein Stolln getrieben, der die bis zu dieser Höhe gehobenen Wasser in das benachbarte Thal abführt.

Die Wasserhaltungs- und Fördermaschinen sind nahe beieinander aufgestellt. Zwischen ihnen liegt das gemeinschaftliche Kesselhaus. Das für beide Maschinenanlagen nöthige Condensationswasser wird durch die Wasserhaltungsmaschinen von der Stollnsohle ab noch auf weitere 60 Fuss gehoben.

Die Menge des in dem Tiefbau bei grösserer Ausdehnung zu erwartenden Wasserzuffusses ist zu 600 Cubikfuss (= 18,55 Cubikmeter) pro Minute angenommen, und bestimmt, dass diese Wassermenge von der Tiefbausohle bis zum Abflussstolln 120 Fuss (= 37,66^m) gehoben werden solle.

Die hierfür nothwendige Nutzleistung beträgt:

$$N_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75} = \frac{1000 \cdot 18,55 \cdot 37,66}{60 \cdot 75} = 155,24 \text{ Pferdekraft,}$$

wofür in Berücksichtigung des Umstandes, dass der Wasserspiegel im Sumpfe der Tiefbausohle etwas tiefer, im Abflussstolln aber etwas höher steht, also die Höhendifferenz etwas grösser wird, zu nehmen ist:

$$N_n = 160 \text{ Pferdekraft.}$$

Da der Wasserzuffuss in der obengenannten Grösse indess erst bei grosser Ausdehnung des Tiefbaues, also nach jahrelangem Betriebe, zu erwarten war, so wurde vorgezogen, die 160 Pferdekraft auf zwei Maschinen zu vertheilen, von denen jede im Stande sein sollte, für sich allein 300 Cubikfuss auf 120 Fuss Höhe zu heben. Man erreicht hierdurch einestheils eine Verringerung der Betriebskosten, insofern eine Maschine von 80 Pferdekraften bei einer anfänglichen geringen Leistung von vielleicht nur 20 Pferdekraften billiger arbeitet als eine 160 pferdige, da bei einer so geringen Beanspruchung die Abkühlung und Reibung eine sehr grosse Rolle spielen. Anderntheils erreicht man bei dieser Theilung auch eine grössere Sicherheit des späteren Betriebes, weil die eine Maschine als Reserve der andern dienen kann, so lange die Zuffüsse 300 Cubikfuss pro Minute nicht übersteigen.

Die Wahl des Maschinensystems geschah hauptsächlich mit Rücksicht auf den in Rüdersdorf sehr hohen Preis des Brennmaterials, der einen hohen Expansionsgrad nothwendig macht. Letzterer würde aber

mit Rücksicht auf das sehr kurze und leichte Gestänge bei der Wahl einer gewöhnlichen Cornwall-Maschine ganz colossale Gewichte als Schwungmassen erfordert haben. Es wurde deshalb das Woolf'sche System mit zwei Cylindern gewählt. Ausserdem ist, da der Schacht nur zur Wasserhaltung dienen soll, die directe Wirkung der Maschine angenommen und endlich bestimmt, dass sie als doppelwirkende construirt werden solle (s. S. 9, No. 7).

Der Entwurf der Maschinenanlage wurde dem Civilingenieur Kley in Bonn übertragen, die Ausführung der einen Maschine geschah durch die Gutehoffnungshütte bei Sterkrade, die der zweiten durch die Königliche Eisengiesserei und Maschinenfabrik zu Gleiwitz.

Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage.

Taf. XIX und Taf. XXIII Fig. 6 und 14.

Taf. XIX.

Fig. 1. Verticalschnitt durch die Schachtmitte senkrecht zur Balancieraxe und Disposition der Pumpen für die eine Maschine.

Fig. 2. Verticalschnitt durch die Schachtmitte parallel der Balancieraxe und Disposition der Pumpen derselben Maschine.

Fig. 3—8. Horizontalquerschnitte durch den Schacht an verschiedenen Stellen.

Taf. XXIII.

Fig. 6. Disposition der Drucksätze im Schacht.

Fig. 14. Disposition der Stollnpumpen.

Der Schacht ist rechteckig mit bogenförmiger Mauerung der Schachtstösse. Die langen Stösse haben eine Sehnenlänge von 16 Fuss ($= 5,02^m$), eine Pfeilhöhe von $1\frac{1}{2}$ Fuss ($= 0,47^m$) und einen Krümmungsradius von $6,93^m$, die kurzen Stösse eine Sehnenlänge von 9 Fuss ($= 2,82^m$), eine Pfeilhöhe von 1 Fuss ($= 0,314^m$) und einen Krümmungsradius von $3,31^m$. Dem entspricht eine grösste lichte Länge von 18 Fuss ($= 5,65^m$) und eine grösste lichte Breite von 12 Fuss ($= 3,77^m$). Die Pumpen sind darin auf der einen Seite nahe an dem langen Schachtstoss aufgestellt und zwar so, dass die Pumpencylinder *T* und Gestänge *S* aussen und die Ventilkasten und Steigrohre *X* innen dicht nebeneinander stehen. Die Drucksätze heben die Wasser bis zum Stolln, auf welchem sie durch die Ausgüsse *X*₁ ausgiessen. Das Wasser für die Condensation, sowohl der Wasserhaltungs- als Fördermaschinen, wird von dem Stolln ab durch je eine weitere kleine Druckpumpe *U* bis nahe unter die Hängebank gehoben. Auch diese Pumpen sind derart seitwärts gestellt, dass im Schacht ein freier Raum bleibt, der gross genug ist, um die Pumpen leicht bedienen und jedes etwa zu Bruch gehende Stück bequem auswechseln zu können.

Die directwirkenden Maschinen sind so über dem Schacht aufgestellt, dass die Kolbenstange des grossen Cylinders direct mit dem Gestänge in Verbindung steht. Die Contrebalanciers der beiden Maschinen liegen parallel nebeneinander auf der Seite des Schachtes, auf welcher auch die Pumpensätze aufgestellt sind.

Für die Aufstellung der Maschinen und Pumpen sind oben in dem Maschinengebäude, welches auch zugleich den Schacht überdeckt, kräftige Laufkranne aufgestellt, die leicht über jeden Punkt des Gebäudes und Schachtes gebracht werden können.

Das Kesselhaus ist zwischen die Wasserhaltungs- und Fördermaschinen nahezu in gleiche Entfernung gelegt. Der Dampf geht in einer etwa 200 Fuss langen Dampfleitung nach den Wasserhaltungsmaschinen. Die Dampfkessel haben 22 Fuss ($= 6,905^m$) Länge und 5 Fuss 4 Zoll ($= 1,674^m$) Durchmesser. Sie haben doppelte Vorfeuerung und zwei der Länge nach durchgehende Siederohre von je 1 Fuss 6 Zoll ($= 0,471^m$) Weite.

Berechnung einer der 88pferdigen Wasserhaltungsmaschinen nebst Pumpen
und Gestänge.

Die ganze Berechnung basirt auf der Annahme, dass von jeder Maschine 300 Cubikfuss Wasser durch einen Drucksatz mit 9 Fuss Hub und 7 Hübren pro Minute auf 120 Fuss Höhe bis zur Stollnsohle und ferner etwa 33 Cubikfuss zur Condensation für Wasserhaltungs- und Fördermaschinen durch einen zweiten Drucksatz vom Stolln bis nahe unter die Hängebank, welche 60 Fuss über der Stollnsohle liegt, zu heben sind.

Die Kolbendurchmesser für die zu hebenden Wassermengen ergeben sich mit Berücksichtigung der Verluste:

$$\text{für die Gruberpumpe } d = 30 \text{ Zoll } (= 784,6 \text{ mm})$$

$$\text{für die Stollnpumpe } d_1 = 10 \text{ Zoll } (= 261,5 \text{ mm}).$$

Ferner ist angenommen die Höhe des Ausgusses der Gruberpumpen über dem mittleren Wasserspiegel im Sumpfe

$$H = 125 \text{ Fuss } (= 29,231 \text{ m})$$

und die Höhe des Ausgusses der Stollnpumpe über dem Wasserspiegel im Stolln

$$H_1 = 58 \text{ Fuss } (= 18,203 \text{ m}).$$

Dann ist die Nutzleistung der einen Schacht- und Stollnpumpe zusammengenommen

$$N_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75} + \frac{\gamma \cdot Q_1 \cdot H_1}{60 \cdot 75}$$

$$N_n = 83,35 + 4,30 = 87,65 \text{ Pferdekraft,}$$

wofür rund

$$N_n = 88 \text{ Pferdekraft}$$

angenommen wird, welche Arbeit für das ganze zu hebende Wasser zu leisten ist.

Die Berechnung der Grösse der Maschine geschah unter der Annahme:

- 1) einer Dampfspannung beim Eintritt in den kleinen Cylinder von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck,
- 2) einer sechsfachen Expansion,
- 3) einer Hubhöhe des grossen Kolbens von 9 Fuss und
- 4) von sieben Hübren pro Minute.

Die Berechnung geschah unter der bekannten Annahme, dass die Leistung einer Woolf'schen Maschine gleich der einer eincylindrigen von gleichem Expansionsgrade ist, nach der Formel

$$N_n = \alpha \cdot \frac{F \cdot (s-p) \cdot v}{75}$$

worin bedeuten:

N_n die Nutzleistung in Pferdekraften = 88.

α den Wirkungsgrad der Maschine und Pumpen, zusammen = 0,62 angenommen.

F die Kolbenfläche für den grossen Cylinder.

s die mittlere Dampfspannung und zwar zu berechnen nach der Formel

$$s = S_1 \left(1 + \log. \text{ nat. } \frac{S}{S_1} \right),$$

in welcher S die anfängliche Dampfspannung für $3\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck oder $4\frac{1}{2}$ Atmosphären Gesamtdruck, also $S = 4\frac{1}{2} \cdot 10330 = 46485$ Kil. pro \square^m , S_1 dagegen die Dampfspannung am Ende des Hubes, bei sechsfacher Expansion ungefähr $S_1 = \frac{1}{6}S = 7747,5$ Kil. pro \square^m bedeutet, also wird:

$$s = 7747,5 (1 + \log. \text{ nat. } 6) = 21629 \text{ Kil. pro } \square^m.$$

p den Condensatordruck zu 2 Pfund pro \square Zoll = 1476 Kil. pro \square^m .

v die mittlere Kolbengeschwindigkeit. Bei 9 Fuss Hub und 7 Hübren pro Minute ist

$$v = \frac{2 \cdot 9 \cdot 7}{60} = 2,1 \text{ Fuss} = 0,659 \text{ m};$$

dann wird:

$$F = \frac{75 \cdot N}{\alpha \cdot (s-p) \cdot v} = \frac{75 \cdot 88}{0,62 \cdot (21629 - 1476) \cdot 0,65 \cdot 0,659}$$

$$F = 0,80154 \text{ } \square^m,$$

und der entsprechende Kolbendurchmesser:

$$D = 1,011^m,$$

wofür angenommen ist:

$$D = 1020^{\text{mm}} = 39 \text{ Zoll.}$$

Das Volumen des kleinen Cylinders ist gleich $\frac{1}{3}$ von dem des grossen angenommen, sowie die Hubhöhe des kleinen Kolbens zu $\frac{2}{3}$ von der des grossen. Der Durchmesser des kleinen Kolbens wird dann auf Zolle abgerundet

$$D_1 = 28 \text{ Zoll} = 732^{\text{mm}}.$$

Das nothwendige Gestängegewicht und Contregewicht der Maschine.

Das Gestänge soll nur auf Zug beansprucht werden und muss deshalb so schwer sein, dass es den Druck der Wassersäulen und der Reibung überwinden kann.

Es sei

Z der mittlere absolute Zug und Druck, den die Maschine sowohl beim Auf- als beim Niedergange oben am Gestänge ausübt.

G das Gewicht des ganzen Gestänges incl. der Dampf- und Pumpenkolben.

C das Contregewicht auf dem anderen Ende des gleicharmigen Balanciers.

W das Gewicht der Druckwassersäule gegen die Plunger von Gruben- und Stollnpumpe.

S das Gewicht der Saugwassersäule.

R der mittlere Betrag der Reibung von Maschine und Pumpe zusammengenommen sowohl beim Auf- als beim Niedergang.

Dann ist für den Aufgang:

$$Z + C = G + S + R \dots \dots \dots (1)$$

und für den Niedergang:

$$Z + G = C + W + R \dots \dots \dots (2)$$

Da das Gestänge beim Niedergange durch den Dampfdruck keinen Druck von oben erleiden soll, so muss die ganze Arbeit des Dampfes darauf verwendet werden, das Contregewicht zu heben, es muss also sein

$$Z = C \dots \dots \dots (3)$$

Aus Gleichung (2) und (3) ergibt sich

$$G = W + R \dots \dots \dots (4)$$

und aus Gleichung (1), (3) und (4)

$$C = \frac{W + S}{2} + R \dots \dots \dots (5)$$

Für den mittleren Stand der Pumpen ist nun:

für die Grubenpumpe:

die Saughöhe = 9 Fuss (= 2,825 m)

die Druckhöhe = 116 Fuss (= 36,408 m)

die Kolbenfläche $\frac{d^2 \pi}{4}$. . . = 0,4845 \square^m ;

für die Stollnpumpe:

die Saughöhe = -4,5 Fuss (= -1,413 m)

die Druckhöhe = 62,5 Fuss (= 19,616 m)

die Kolbenfläche $\frac{d_1^2 \pi}{4}$. . . = 0,0537 \square^m .

dann ist

$$W = 1000 \cdot 0,0537 \cdot 19,616 + 1000 \cdot 0,4845 \cdot 36,408$$

$$W = 1053,4 + 17639,7 = 18692,1 \text{ Kil.},$$

und

$$S = -1000 \cdot 0,0537 \cdot 1,413 + 1000 \cdot 0,4845 \cdot 2,825$$

$$S = -75,9 + 1368,7 = 1292,8 \text{ Kil.},$$

also

$$W + S = 19984,9 \text{ Kil.}$$

Der Reibungswiderstand an Pumpen, Gestänge und Maschine ist angenommen zu $\frac{1}{4}$ des Gewichtes der ganzen Wassersäule:

$$R = \frac{1}{4} (W + S) = 4998,7 \text{ Kil.},$$

und damit das Gestängegewicht:

$$G = W + R = 18692,1 + 4998,7 = 23690,8 \text{ Kil.},$$

sowie das Contregewicht:

$$C = \frac{W+S}{2} + R = \frac{19984,9}{2} + 4998,7 = 14991,2 \text{ Kil.}$$

Das Gewicht des eisernen Gestänges sammt Verbindungsstücken, Streichplatten und Fanghölzern ist etwa = 13386 Kil., das Gewicht beider Plunger = 3388,5 Kil., das Gewicht von Dampfkolben und Kolbenstange = 1139 Kil. Diese zusammen ergeben das Totalgewicht der Gestängeconstruction:

$$G_0 = 17913,5 \text{ Kil.}$$

An dem nöthigen Gewicht von $G = 23690,8$ Kil. fehlen demnach noch

$$G - G_0 = 23690,8 - 17913,5 = 5777,3 \text{ Kil.}$$

Von diesen 5777,3 Kil. sind 3000 Kil. in den hohlen Plunger gebracht, der Rest von rund 2800 Kil. aber ist auf das Verbindungsstück zwischen Plunger und Gestänge gelegt, um damit bei der Unsicherheit in der Annahme der Reibungswiderstände reguliren zu können.

Beschreibung der Maschine.

Auf den Tafeln XIX—XXIII sind gleiche Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet, deren Bedeutung folgende ist:

- A* das Dampfrohr zwischen dem Regulirventil und den Eintrittsventilen des kleinen Cylinders.
- B B*₁ Dampfcanäle zwischen den Einlassventilen, dem kleinen Cylinder und den Verbindungsventilen.
- C C*₁ Dampfcanäle zur Verbindung der Cylinderräume des kleinen Cylinders mit denen des grossen.
- D D*₁ Dampfabzugsrohre von den Auslassventilen am grossen Cylinder nach dem Condensator.
- E*₁ *E*₂ das untere und obere Einlassventil.
- F*₁ *F*₂ das obere und untere Auslassventil.
- G* der Condensator.
- H* die Kesselspeisepumpe.
- I* } die beiden Steuerwellen.
- K* }
- M* der grosse Dampfeylinder.
- N* der kleine Dampfeylinder.
- O* der Balancier zur Aufnahme des Contregewichtes.
- P* das Contregewicht.
- Q* Fangbalken für den Balancier zur Hubbegrenzung der Maschine.
- Q*₁ *Q*₂ Fanglager am Gestänge.
- R* das Regulirventil.

- S* das Gestänge.
*S*₁ Führungslager am Gestänge.
T die Grubenpumpe.
*T*₁ Plunger derselben.
U Stollnpumpe.
*U*₁ Plunger derselben.
*V*₁ *V*₂ oberes und unteres Verbindungsventil zwischen den beiden Dampfeylindern.
W das Saugrohr } der Grubenpumpe.
*W*₁ das Saugventil }
X das Steigrohr } derselben.
*X*₁ das Druckventil }
Y das Saugrohr } der Stollnpumpe.
*Y*₁ das Saugventil }
Z das Steigrohr } derselben.
*Z*₁ (auf Taf. XXIII) das Druckventil }
*Z*₁ Ansatzrohr an dem vorigen zur Fortleitung des Wassers nach dem Abflusscanal.
a Zuleitungsrohr zum Kaltwasserventil.
b das Kaltwasserventil.
c Verbindungsrohr vom Kaltwasserventil nach dem Condensator.
d Abflussrohr vom Condensator.
e Saugrohr der Kesselspeisepumpe.
f die Lenkstange am Contrebalancier.
g Hebel auf der Balancieraxe zur Bewegung der Steuerung.
h kleiner Balancier zur Bewegung der Steuerstangen.
i geschlitzter Kopf einer Ventilhebelzugstange.
l *l*₁ Katarakt und Kataraktgewicht für die Pause am Ende des Aufganges der Maschine.
m *m*₁ Katarakt und Kataraktgewicht für die Pause am Ende des Niederganges.
n } die beiden Steuerstangen.
o }
p *p*₁ *p*₂ *p*₃ fingerförmige Knaggen auf den Kataraktstangen.
q *q*₁ *q*₂ *q*₃ Hebel dazu auf den Steuerwellen.
r *r*₁ Hebel zur Drehung der Steuerwellen.
s *s*₁ Blattfedern zur Drehung der Steuerwellen.
t *t*₁ Knaggen zum Aufziehen der Katarakte.
u *u*₁ die Katarakthebel.
v Stange zum Kaltwasserventil am Condensator.
w *w*₁ *w*₂ *w*₃ Steuerknaggen auf den Steuerstangen.
x *x*₁ *x*₂ *x*₃ die Steuerhebel.
y *y* Gegengewichte an den Steuerwellen zum Abbalanciren der Hebel, Zugstangen etc.
z *z* Ventilgewichte zum Niederdrücken der Ventile.

Anordnung der Maschine.

Taf. XX und Taf. XXI, Fig. 1. und 2.

Taf. XX.

Fig. 1. Ansicht der Maschine.

Fig. 2. Verticalsechnitt durch den grossen Cylinder.

Fig. 3. Verticalsechnitt durch den kleinen Cylinder, den Condensator und die Speisepumpe.

Taf. XXI.

Fig. 1. Horizontalschnitt durch die Dampfeylinder.

Fig. 2. Horizontalschnitt unterhalb des Balanciers.

Die beiden Dampfeylinder *M* und *N* der directwirkenden Maschine stehen über dem Schacht auf kräftigen, zusammengenieteten Blechträgern, die mit dem einen Ende auf dem Mauerwerk, mit dem andern auf einem Querträger liegen. Bei der doppelten Wirkung der Maschine, bei welcher der Dampf beim Niedergange des Kolbens unter die Cylinderdeckel drückt und so die ganzen Cylinder mit grosser Gewalt zu heben sucht, sind diese auf den Trägern mit starken Schrauben befestigt. Die Träger selbst sind mit kräftigen und langen Ankerschrauben mit dem Mauerwerk auf 12 Fuss (= 3,766^m) Tiefe verbunden. Die Ankerschrauben des Querträgers greifen an beiden Enden 8 Fuss (= 2,511^m) tief in das Mauerwerk ein.

An der Kolbenstange des grossen Cylinders ist mit Hilfe einer starken gusseisernen Traverse direct das schmiedeeiserne Gestänge *S* angeschlossen, welches zugleich mittelst der Zugstange (Lenkstange) *f* an dem Ende des Contrebalanciers hängt.

Auf derselben Seite des Balanciers sind in $\frac{2}{3}$ der Armlänge zwei Lenkstangen angeschlossen, die durch eine Traverse mit der Kolbenstange des kleinen Dampfeylinders verbunden sind. Die Kolbenstange geht zwischen den beiden Seitenwänden des Balanciers hindurch und steht unten mit der Kolbenstange der Luftpumpe *G* in directer Verbindung.

Für die Steuerung der Maschine ist auf die Axe des Balanciers auf der einen Seite ein Hebel *g* aufgesetzt, der durch eine (in den Figuren fortgelassene) Schubstange den kleinen Balancier *k* bewegt, dessen anderes Ende mittelst einer zweiten (ebenfalls nicht gezeichneten) Schubstange und einer Traverse mit den beiden Steuerstangen *no* (s. Taf. XXI Fig. 3) verbunden ist.

Die Dampfvertheilung der doppeltwirkenden Maschine geschieht durch sechs Ventile, und zwar zwei Einlassventile *E*₁ und *E*₂, zwei Verbindungsventile *V*₁ und *V*₂, die den Dampf aus dem kleinen in den grossen Cylinder lassen, also zugleich die Rolle der Auslassventile für den kleinen und der Einlassventile für den grossen Cylinder spielen, und endlich zwei Auslassventile (Condensationsventile) *F*₁ und *F*₂, die den Dampf nach dem Condensator *G* entweichen lassen. Je drei Ventile befinden sich in einem Ventilkasten, und zwar die für die oberen Cylinderräume in dem oberen, die für die unteren in dem unteren Ventilkasten. Der frische Dampf tritt aus der Dampfleitung durch das Regulirventil *R* in das Rohr *A*, welches mit den beiden Einlassventilen in Verbindung steht. Nachdem er im kleinen Cylinder gewirkt hat, expandirt er durch die Canäle *C* und *C*₁ unter und über den grossen Kolben und entweicht schliesslich durch die Rohrleitung *D D*₁ in den Condensator. Der kleine Balancier dient ausser zur Bewegung der Steuerstangen noch zum Betrieb der neben dem Condensator aufgestellten Speisepumpe *H*, deren Plunger mittelst einer Schubstange daran angehängt ist.

Der Condensator erhält seine Einspritzwasser durch die kurze Rohrleitung *a c* aus dem Zweigrohr *Z*₁, welches direct an das Steigrohr *Z* der Stollnpumpe angesetzt ist. Das von der letzteren gelieferte Wasser beträgt pro Hub 4,91 Cubikfuss (= 0,152 Cubikmeter), das hiervon für die Wasserhaltungsmaschine zur Condensation erforderliche Quantum etwa 2,68 Cubikfuss (= 0,0828 Cubikmeter), so dass also zur Condensation für die Fördermaschinen 2,23 Cubikfuss (= 0,0692 Cubikmeter) disponibel bleiben.

Der gleicharmige Balancier hat von Mitte zu Mitte der Endzapfen eine Länge von 27 Fuss (= 8,474^m) und in der Mitte eine Höhe von 5 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 1,726^m). Die $\frac{1}{2}$ Zoll (= 13^{mm}) starken Seitenwände haben jede für sich Kopf- und Fussplatten von gleicher Stärke und 6 $\frac{1}{2}$ Zoll (= 170^{mm}) Breite erhalten, die mit Winkeleisen angenietet sind, so dass jede einen Träger für sich darstellt. Beide sind untereinander theils durch Zwischenwände, theils durch aufgenietete Diagonalstreifen (s. Taf. XXI, Fig. 1) verbunden. Die Axe des Balanciers hat Zapfen von 9 Zoll (= 235^{mm}) Stärke, der Bolzen, an dem die Lenkstange für das Gestänge aufgehängt ist, einen Durchmesser von 6 $\frac{1}{2}$ Zoll (= 170^{mm}). Die sämtlichen Bolzen und die Axe sind in gusseiserne Hülsen eingesetzt, die an den Blechwänden befestigt sind. Zur Anbringung des Contregewichtes *P* ist auf das Balancierende eine zweitheilige Hülse aufgesetzt.

an die auf beiden Seiten grosse schwere gusseiserne Belastungsscheiben angeschoben sind und in deren Höhlung zur genaueren Abbalancirung kleinere Gewichte eingelegt werden können.

Um das Anschlagen der Dampfkolben an die Cylinderdeckel zu verhüten, sind einestheils auf den Balancier gusseiserne Fangböcke aufgesetzt, die an die Fangbalken $Q Q$ anschlagen, andertheils sind an dem Gestänge für einen etwaigen Bruch zwei Fanglager Q_1 und Q_2 (s. Taf. XIX) angebracht, und für den Fall, dass der Bruch oberhalb des Bolzens, mit dem das Gestänge am Contrebalancier angehängt ist, stattfinden sollte, sind unter dem Träger, auf dem die Dampfeylinder stehen, ein paar kräftige Holzbalken Q_1 (s. Taf. XX, Fig. 2) befestigt, gegen die ein paar Holzklötze stossen, die auf der Traverse zur Verbindung des Gestänges mit der Kolbenstange des grossen Cylinders aufgesetzt sind.

Ventile und Ventilkasten.

Taf. XXII.

Oberer Ventilkasten.

- Fig. 1. Verticalschnitt.
- Fig. 2. Grundriss.
- Fig. 3 und 4. Horizontalschnitte.
- Fig. 5 und 6. Querschnitte.

Unterer Ventilkasten.

- Fig. 7. Verticalschnitt.
- Fig. 8. Grundriss.
- Fig. 9 und 10. Horizontalschnitte.
- Fig. 11 und 12. Querschnitte.

Die Ventile sind Doppelsitzventile aus Rothguss und so construiert, dass durch die Ventilstange kein Druck auf das Ventil ausgeübt werden kann, dasselbe also nur durch sein eigenes Gewicht aufsitzt. Nur im oberen Kasten (s. Fig. 1) sind die Ventile gezeichnet, in dem andern sind sie fortgelassen.

Es sind, wie schon erwähnt, sechs gesteuerte Dampfventile nöthig: zwei Einlassventile E_1 und E_2 für den kleinen Cylinder, zwei Verbindungsventile V_1 und V_2 zwischen dem kleinen und grossen und zwei Auslassventile F_1 und F_2 für den grossen Cylinder.

Beim Aufgange des Kolbens sind das untere Einlassventil E_1 , das obere Verbindungsventil V_1 und das obere Auslassventil F_1 geöffnet, beim Niedergange dagegen das obere Einlassventil E_2 , das untere Verbindungsventil V_2 und das untere Auslassventil F_2 .

Der frische Dampf tritt, nachdem er das Regulirventil passirt hat, durch das Rohr A sowohl in den unteren wie in den oberen Ventilkasten. Beim Aufgange geht er dann durch das untere Ventil E_1 in den Raum B_1 (s. Fig. 7 und 9) und durch den Dampfcanal B_1 unten in den kleinen Cylinder unter den Kolben und treibt ihn in die Höhe. Der über dem kleinen Kolben befindliche Dampf geht unterdessen durch den Canal B (s. Fig. 1 und 3) nach dem geöffneten oberen Verbindungsventile V_1 , passirt dasselbe und steigt in dem Canale C (s. Fig. 4) abwärts in den unteren Ventilkasten in den Raum C (s. Fig. 9) und geht von hier direct unten in den grossen Cylinder und expandirt. Der Raum über dem grossen Kolben steht durch das geöffnete obere Auslassventil F_1 und das Rohr D mit dem Condensator in Verbindung.

Beim Niedergange tritt frischer Dampf durch das obere Einlassventil E_2 und den Canal B (s. Fig. 3) über den kleinen Kolben. Der unter demselben befindliche Dampf kommt durch den Canal B_1 (s. Fig. 9) und das geöffnete untere Verbindungsventil V_2 in den Raum C_1 , steigt in dem Canale C_1 empor in den oberen Ventilkasten (s. Fig. 3) über das geschlossene Ventil F_1 und geht von hier durch den noch weiter nach oben führenden Canal C_1 (s. Fig. 5 und 2) oben in den grossen Cylinder und expandirt. Der untere Raum des grossen Cylinders steht während dem durch das geöffnete untere Auslassventil F_2 und das Rohr D in Verbindung mit dem Condensator.

Bei jedem Aufgange sowohl als Niedergange tritt also frischer Dampf in den kleinen Cylinder, expandirt Dampf aus dem kleinen in den grossen und entweicht der verbrauchte Dampf in den Condensator.

Dampfeylinder und Steuerung.

Taf. XXI, Fig. 3—6.

- Fig. 3. Vorderansicht beider Cylinder und der Steuerung.
- Fig. 4. Seitenansicht des grossen Cylinders und Querschnitt durch die Steuerung.
- Fig. 5. Horizontalschnitt durch die Steuerung.
- Fig. 6. Seitenansicht der Steuerung.

(S. auch Taf. XX, Fig. 2 und 3 und Taf. XXI, Fig. 1).

Die Dampfeylinder.

Jeder der beiden Cylinder steht auf einem kräftigen, als Untersatz construirten Cylinderboden, mit dem er auf den Blechträgern mit starken Schrauben befestigt ist. Die Kolbenstangen gehen durch die Böden durch Stopfbüchsen, deren jede, um das Herablaufen der Schmiere zu verhindern, unterhalb einen Oelfänger in Form einer leichten kleinen Stopfbüchse trägt (s. Taf. XX, Fig. 2 und 3). Die unteren Dampfcanäle sind an den Cylinderböden, die oberen dagegen an den Cylindern selbst angegossen.

Zur Verhütung der Abkühlung sind die Cylinder von Holzmänteln umgeben und ist der Zwischenraum mit einer Packung ausgefüllt.

Der Durchmesser des grossen Dampfeylinders ist 39 Zoll ($= 1020^{\text{mm}}$), der des kleinen 28 Zoll ($= 732^{\text{mm}}$). Die Hubhöhe des grossen Kolbens ist 9 Fuss ($= 2,825^{\text{m}}$), die des kleinen 6 Fuss ($= 1,883^{\text{m}}$). Das Verhältniss der von den Kolben beschriebenen Volumina ist nahe wie 1 : 3 angenommen, genau ist es wie 1 : 2,91. Um in beiden Cylindern eine sechsfache Expansion zu erzielen, darf die Füllung des kleinen Cylinders nur etwa die Hälfte betragen, so dass also schon im kleinen Cylinder ungefähr eine zweifache Expansion stattfindet.

Die Steuerung.

Für die Construction derselben war Folgendes zu beachten. Die beiden Eintrittsventile müssen, um durch früheres Schliessen die Expansion zu ermöglichen, völlig unabhängig von den andern Ventilen sich bewegen, also ihre eigene Steuerwelle haben. Die anderen Ventile werden dagegen so bewegt, dass je ein Verbindungsventil und das zugehörige Auslassventil zugleich geöffnet und geschlossen werden. Es genügt also zur Bewegung beider eine einzige Steuerwelle. Der ganze Steuerungsmechanismus würde demnach hier ganz derselbe sein können, wie er sonst bei doppeltwirkenden Expansionsmaschinen in Anwendung ist und wie er schon bei der Ehrhardt'schen Maschine auf Seite 19 beschrieben wurde. Es ist indess hier durch Kley eine wesentliche Vereinfachung erzielt. Für die vier dort vorhandenen Steuerwellen sind hier zwei doppeltwirkende an die Stelle gesetzt, von denen die eine Welle beide Einströmungsventile, die andere dagegen die vier übrigen Ventile bewegt.

Jede der beiden Steuerwellen hat drei Gleichgewichtslagen, eine mittlere labile, in der alle von ihr commandirten Ventile geschlossen sind, und zwei stabile auf beiden Seiten. Bei der Drehung aus der mittleren Stellung nach der einen Seite werden die Ventile für den Aufgang der Maschine, bei der Drehung nach der andern Richtung dagegen die für den Niedergang geöffnet. Die Einrichtung ist nun so getroffen, dass die auf den Steuerstangen sitzenden Knaggen sowohl beim Aufgange als beim Niedergange die Steuerwellen immer wieder in ihre mittlere labile Lage zurückdrehen, bei der alle Ventile geschlossen sind, so dass sich also die Maschine auch hier immer selbst zur Ruhe bringt. Die Länge der nun entstehenden Pausen wird, wie gewöhnlich, durch zwei Katarakte regulirt, welche dadurch den Anstoss zu neuer Bewegung geben, dass sie die Steuerwellen etwas aus ihrer labilen Gleichgewichtslage bringen, und zwar de

eine nach der einen Richtung, der andere nach der andern. Die Weiterdrehung der Steuerwellen bis in die stabile Gleichgewichtslage auf der einen oder andern Seite erfolgt durch eine Feder, die gespannt ist, wenn die Axe in der mittleren Lage sich befindet.

Die Steuerung ist in Fig. 3—6 in der Lage gezeichnet, als ob die Maschine ihren Niedergang vollendet hätte und in ihrer tiefsten Position pausirte. Die beiden Steuerwellen I und K befinden sich in ihren mittleren Positionen, es sind also alle Ventile geschlossen; der Katarakt l ist aufgezogen und wird festgehalten, während der andere m freigelassen und im Niedersinken begriffen ist. Er ist gerade in der Lage angekommen, wo er anfängt mittelst der zwei auf die Kataraktstange aufgesetzten Finger (Knaggen) p und p_1 die beiden auf den Steuerwellen aufgekeilten Hebel q und q_1 nach unten mitzuschleppen (s. Fig. 6) und dadurch beide Steuerwellen aus ihrer mittleren Position herauszudrehen.

Auf der Steuerwelle I ist an deren einem Ende ein Hebel r aufgekeilt, der in der mittleren Stellung der Welle vertical abwärts gerichtet ist durch eine Stange mit einer stählernen Blattfeder s in Verbindung steht und diese gerade gespannt hält. Die Kraft der Feder kann erst dann eine Drehung der Welle bewirken, wenn diese durch den Katarakt so weit aus der mittleren Lage gebracht ist, dass der Hebel r ihr einen Hebelarm darbietet, der hinreichend gross ist, um an ihm die der Drehung widerstehenden Kräfte zu überwinden. Eine ganz gleiche Einrichtung ist auf der andern Seite an der Steuerwelle K angebracht. Der Hebel r_1 steht dort ebenfalls in seiner mittleren Stellung vertical abwärts und hält die Feder s_1 gespannt.

Hat also der Katarakt m die beiden Wellen um einen kleinen Winkel gedreht und genügend weit aus ihrer labilen Gleichgewichtslage gebracht, so drücken nun die Federn s und s_1 die Hebel r und r_1 in die Höhe und drehen die Axen so weit herum, bis entweder die nachlassenden Spannkkräfte der Federn sich mit den Widerständen ohne Stoss ins Gleichgewicht setzen, oder bis die auf der Mitte der Federn angebrachten Gelenke an die Vorsprünge anstossen, die zu diesem Zwecke an den Flanschen der Ventil-kastenträger angegossen sind. Es ist nun leicht zu erreichen, dass bei dieser Drehung zuerst das Condensationsventil F_1 , dann das Verbindungsventil V_1 und zuletzt das Einströmungsventil E_1 geöffnet wird. Man kann nämlich durch die leicht zu verändernde Stellung der Finger p und p_1 auf der Kataraktstange bewirken, dass die obere Axe I etwas früher gedreht wird als die untere, und durch etwas todten Gang in dem Ventilhebel des Verbindungsventiles ist es leicht zu erreichen, dass dieses sich einen Moment später öffnet als das Auslassventil.

Durch dieses Oeffnen der drei Ventile nacheinander erreicht man folgende Vortheile. Erstens wird dem Condensationsprocess etwas Zeit gelassen, den Gegendruck auf ein Minimum herabzubringen, ehe neuer Dampf in die Maschine tritt; zweitens entsteht die Spannung in den Maschinentheilen und dem Pumpengestänge nicht so plötzlich und stossweise, sondern allmählich und sanft; und drittens wird die Kraft der Feder s auf ein Minimum reducirt, da dieselbe nicht zwei Ventile auf einmal zu öffnen bekommt, sondern eins nach dem andern.

Sobald die drei Ventile sämmtlich geöffnet sind und der frische Dampf einströmt, beginnt der Aufgang der Maschine.

Mit den Dampfkolben setzen sich nun auch zugleich die Steuerstangen in Bewegung. Der auf der Stange n sitzende lange Knaggen t erfasst nun zuerst den Katarakthebel u des Kataraktes m und zieht diesen wieder auf, damit bei der nachher folgenden Drehung einer der Steuerwellen die Finger p und p_1 auf der Kataraktstange der Bewegung der Hebel q und q_1 nicht hinderlich sind. Ist der Katarakt aufgezogen, so streicht der Knaggen t an dem Katarakthebel entlang; der Knaggen hat eine so grosse Länge, dass er den Hebel während des ganzen Hubes in der aufgezogenen Position festhält.

Sobald die Maschine denjenigen Theil ihres Hubes vollendet hat, welcher der Einströmung des frischen Dampfes in den kleinen Cylinder entspricht, fasst der lange Knaggen w auf der Steuerstange o den Steuerhebel X der unteren Axe K , dreht diese in ihre mittlere Position zurück und schliesst damit das Einlassventil E_1 , so dass nun die Expansion im kleinen Cylinder beginnt. Der Hebel r ist wieder in seiner verticalen Lage und die Feder s gespannt.

Bei der Weiterbewegung der Steuerstangen wird zuerst der Katarakt l freigelassen, indem der lange Knaggen t_1 den Katarakthebel u_1 verlässt. Am Ende des Hubes wird endlich durch den kurzen Knaggen w_1 auf der Steuerstange n mittelst des Steuerhebels x_1 die obere Steuerwelle I gedreht und werden damit die Ventile V_1 und F_1 geschlossen, worauf die Maschine in Ruhe kommt und die Pause eintritt.

Während der Pause wird der Kolben des Kataraktes l durch das Gewicht t_1 langsam niedergezogen, wobei vermöge einer einfachen Hebelverbindung die Kataraktstange emporsteigt. Die auf der letzteren befindlichen Finger p_2 und p_3 nähern sich allmählich den zwei auf den Steuerwellen festgekeilten Hebeln q_2 und q_3 , fassen schliesslich dieselben von unten und drehen sie etwas aus ihrer mittleren Position; die Federn vollenden die Drehung und öffnen damit das Auslassventil F_2 , das Verbindungsventil V_2 und das Einlassventil E_2 . Der frische Dampf strömt oben in den kleinen Cylinder ein und der Niedergang beginnt.

Von der Mitte der Feder s führt eine Stange v abwärts zum Kaltwassereinspritzventil am Condensator. Jedesmal, wenn die Feder niedergedrückt und gespannt wird, schliesst sich das Einspritzventil, und wenn die Axe I von der Feder gedreht wird, öffnet es sich. In der mittleren Lage der Welle, wenn also alle Ventile geschlossen sind, findet auch keine Einspritzung statt, dagegen wird sowohl beim Auf- als beim Niedergange gleichzeitig mit dem Auslassventil auch das Kaltwassereinspritzventil geöffnet.

Beim Niedergange wird nun ebenso wie beim Aufgange zuerst der Katarakt l wieder aufgezogen, indem der lange Knaggen t_1 den Katarakthebel u_1 niederdrückt und ihn, indem er daran entlang streicht, in dieser Lage festhält.

Bei weiterem Niedergange trifft der Knaggen w_2 auf der Steuerstange o den Steuerhebel x_2 , drückt ihn nieder, dreht damit die Steuerwelle K in ihre mittlere Lage zurück und schliesst so das Einlassventil E_2 , worauf die Expansion im kleinen Cylinder beginnt.

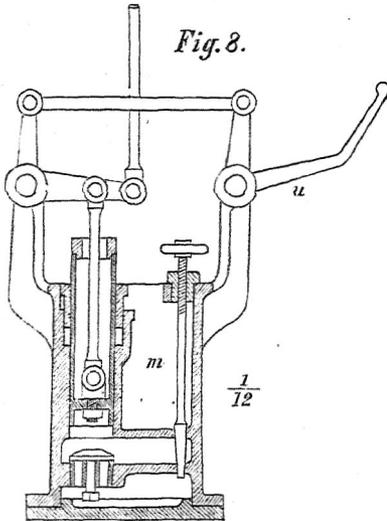
Vor dem Ende des Niederganges verlässt zuerst der Knaggen t den Katarakthebel u , wodurch der Katarakt m in Thätigkeit kommt. Zuletzt trifft der Knaggen w_3 den Steuerhebel x_3 , dreht die obere Axe I in ihre mittlere Lage zurück und schliesst damit das Auslassventil F_2 , das Verbindungsventil V_2 und das Kaltwassereinspritzventil am Condensator. Es sind nun wieder alle Ventile geschlossen und die Maschine kommt in Ruhe; nur der Katarakt m bleibt in Bewegung und bestimmt die Länge der Pause am Ende des Niederganges. Es sind damit alle Theile wieder in die auf Taf. XXI dargestellte Position gekommen und wiederholt sich demnächst das Spiel der Maschine in der beschriebenen Weise.

In Betreff der Construction der einzelnen Theile der Steuerung ist noch zu bemerken, dass die Steuerhebel auf den Steuerwellen derartig gekrümmt sind, dass die Knaggen tangential, also ohne Stoss, dieselben angreifen und sie nicht weiter drehen, als bis die Wellen in ihrer mittleren Position angelangt sind. Die Knaggen w und w_2 müssen so lang sein, dass sie nach der Drehung der unteren Axe in die mittlere Position, auch selbst bei dem stärksten Expansionsgrade im kleinen Cylinder, die erfassten Steuerhebel nicht wieder loslassen, sondern dieselben in ihrer Stellung erhalten, bis die Bewegung der Maschine vollendet ist. Damit die Steuerwellen in ihrer mittleren Lage kein Bestreben haben, sich zu drehen, sind Ventilhebel, Zugstangen etc. durch Gegengewichte y genau abbalancirt.

Der Hebelmechanismus für die Bewegung der Dampfventile ist so eingerichtet, dass, wenn die Steuerwellen nach der einen Seite umschlagen und je drei zusammengehörige Ventile öffnen, die drei andern Ventile ruhig geschlossen bleiben. Es wird dieses dadurch erreicht, dass für die unteren Ventile die Hebel bei i und für die oberen die Zugstangenköpfe bei k mit länglichen, schlitzförmigen Oeffnungen (s. Fig. 4) versehen sind. Um endlich zu verhindern, dass bei dieser Form der Oeffnungen die Ventile durch die Reibung in den Stopfbüchsen hängen bleiben, sind Bleigewichte z angebracht, und zwar bei den unteren Ventilen auf den Ventilstangen selbst, bei den oberen dagegen auf den Ventilhebeln.

Die Katarakte.

Die beiden Katarakte *l* und *m* (Taf. XXI, Fig. 3) sind von gleicher Construction und unterscheiden sich nur darin von einander, dass bei dem einen *m* die Kataraktstange mit dem Kolben zugleich niedersinkt, während sie bei dem andern *l* bei niedersinkendem Kolben emporsteigt. Die innere Einrichtung zeigt nebenstehender Holzschnitt, welcher den Katarakt gerade in der Position darstellt, in der er sich auf Taf. XXI befindet, wo er also im Niedersinken begriffen ist und die Finger auf der Kataraktstange gerade die Steuerwellen zu drehen beginnen. Wenn er ganz niedergesunken ist, steht der Katarakthebel *u* horizontal. Wird der Katarakthebel durch den entsprechenden Knaggen auf der Steuerstange emporgezogen, so wird auch der Plungerkolben gehoben und Wasser durch das Saugventil angesogen.

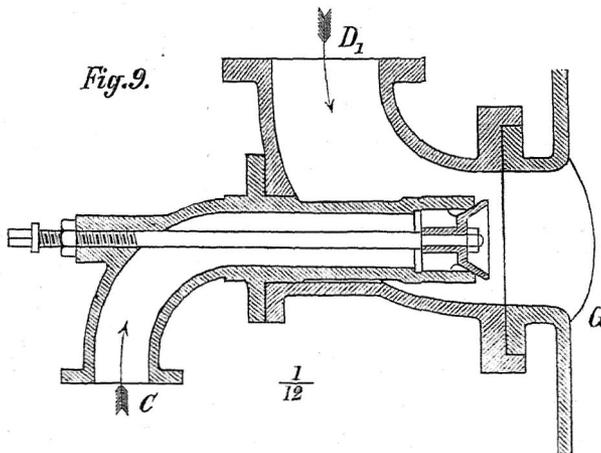


In den Plunger ist oben ein Eisenring eingesetzt, der seitwärts mit zwei Zapfen versehen ist, an denen mittelst zweier Zugstangen das Kataraktgewicht m_1 hängt. Das unter dem Kolben angesogene Wasser wird beim Niedersinken des Kataraktes durch das Druckventil, welches eine schlank kegelförmige Gestalt hat und durch Handrad und Schraube verstellbar ist, wieder in den Kataraktkasten zurückgedrückt.

Condensator und Luftpumpe.

Taf. XX, Fig. 1 und 3. Taf. XXI, Fig. 2.

Das kalte Wasser zur Condensation wird, wie oben erwähnt, von der Stollpumpe geliefert. Ein an dem Druckrohr *Z* derselben angesetztes Seitenrohr Z_1 führt das Wasser bei dem Condensator vorüber nach dem Abfluscanal. Mit dem Seitenrohr steht der Condensator in folgender Weise in Verbindung.



Ein kurzes an Z_1 angesetztes Zweigrohr *a* (s. Taf. XXI, Fig. 2) führt das Wasser von der Seite her in ein Standrohr, in dem sich unten das Kaltwasser-ventil *b* (s. Taf. XXI, Fig. 1) befindet, welches von der Maschine aus dirigirt und stets mit den Auslassventilen zugleich geöffnet und geschlossen wird. Bei geöffnetem Ventil strömt das Wasser durch das Rohr *c* nach dem Dampfrohre D_1 und tritt dicht am Condensator in dasselbe ein.

In der Mündung von *c* befindet sich noch innerhalb des Dampfrohres D_1 , wie nebenstehender Holzschnitt Fig. 9 zeigt, das kegelförmige Einspritzventil, so dass die Condensation schon grossentheils in dem Dampfrohre erfolgt. Die Condensationsproducte kommen nun in den Condensator *G*, in dem in der Mitte die Luftpumpe steht (s. Taf. XX, Fig. 3). Alle drei Ventile derselben sind Gummiplattenventile.

Das von der Luftpumpe gelieferte Wasser fliesst zum Theil durch den Ausguss *d* in den Abfluscanal, zum Theil wird es durch das Rohr *e* von der Kesselspeisepumpe *H* angesogen. Die letztere ist eine Druckpumpe mit Plungerkolben. Zum Abstellen derselben liegt unter dem Saugventil ein kleines Excentric, welches, wenn es gedreht wird, das Ventil hebt, so dass das angesogene Wasser wieder auf

demselben Wege zurückgeht. Sobald dagegen sich das Saugventil schliessen kann, muss das Wasser durch das Druckventil nach den Kesseln gehen. Ueber dem Druckventil liegt noch ein durch Gummipplatten niedergedrücktes Sicherheitsventil, welches das Wasser für den Fall austreten lässt, dass die Pumpe zu arbeiten beginnt, bevor eines der Speiseventile der Kessel geöffnet ist.

Zusammenstellung der Hauptdimensionen der Maschine.

Durchmesser des grossen Dampfcylinders	= 39 Zoll = 1020 ^{mm}
Kolbenhub desselben	= 9 Fuss = 2,825 ^m
Durchmesser des kleinen Dampfcylinders	= 28 Zoll = 732 ^{mm}
Kolbenhub desselben	= 6 Fuss = 1,883 ^m
Durchmesser des Regulirventiles	= 5½ Zoll = 144 ^{mm}
Durchmesser der Einlassventile	= 5½ Zoll = 144 ^{mm}
Durchmesser der Verbindungsventile	= 6¼ Zoll = 163 ^{mm}
Durchmesser der Auslassventile	= 7 Zoll = 183 ^{mm}
Durchmesser der Luftpumpe	= 22½ Zoll = 588 ^{mm}
Hub derselben	= 6 Fuss = 1,883 ^m
Durchmesser des Schachtpumpe	= 30 Zoll = 785 ^{mm}
Durchmesser der Stollnpumpe	= 10 Zoll = 263 ^{mm}
Hub der Pumpen	= 9 Fuss = 2,825 ^m

Die Pumpen.

Taf. XXIII.

- Fig. 1. Verticaldurchschnitt der Grubenpumpe (78^{cm} Drucksatz).
- Fig. 2. Horizontalschnitt derselben oberhalb des Druckventiles.
- Fig. 3. Horizontalschnitt derselben unterhalb des Saugventiles, mit dem Anschluss der Saugpumpe für das Abteufen.
- Fig. 4. Seitenansicht des Plungers und Querschnitt durch das Verbindungsstück zwischen Plunger und Gestänge.
- Fig. 5. Horizontalschnitt durch das Verbindungsstück.
- Fig. 6. Disposition der Grubenpumpen im Schacht.
- Fig. 7. Verticalsechnitt durch die Stollnpumpe (26^{cm} Drucksatz).
- Fig. 8. Horizontalschnitt derselben, oberhalb des Druckventiles.
- Fig. 9 und 10. Horizontalschnitte derselben unterhalb des Saugventiles.
- Fig. 11. Seitenansicht der Stollnpumpe nebst Gestänge und Verbindungsstück für den Plunger.
- Fig. 12. Horizontalschnitt durch das Verbindungsstück.
- Fig. 13. Verticalsechnitt durch die Ventilkasten der Stollnpumpe.
- Fig. 14. Disposition der Stollnpumpen im Schacht.

1. Die Grubenpumpe.
(78^{cm} Drucksatz.)

Fig. 1—6.

Der Plunger T_1 von 30 Zoll (= 784^{mm}) Durchmesser ist hohl und mit Belastungsgewichten angefüllt. Plungerrohr und Ventilkästen sind aus drei Theilen zusammengesetzt. Das Fussstück von 6 Fuss (= 1,883^m) Höhe bildet auf der einen Seite die untere Hälfte des Plungerrohres, auf der anderen Seite ist das Saugrohr W (Fig. 6) angesetzt. Das Mittelstück enthält auf der einen Seite die obere Hälfte des Plungerrohres mit der Stopfbüchse, auf der andern den Saugventilliderkasten. Auf Letzterem steht der

Druckventilliderkasten. Die Ventile sind Doppelsitzventile (Glockenventile) und aus Gusseisen mit schmiedeeisernen Ringen für die Sitzflächen hergestellt. Ihre lichte Weite ist noch etwas grösser als der Plungerdurchmesser und zwar 31 Zoll (= 810^{mm}) sowohl beim Saug- als beim Druckventil. Die Stege zur Verbindung der Glocken mit den Führungshülsen sind etwas schräg gestellt, um zu bewirken, dass das Ventil bei jedem Hube durch das hindurchströmende Wasser etwas gedreht werde, was eine sehr gleichförmige Abnutzung der Sitzflächen zur Folge hat.

Das Steigrohr hat eine Weite von 37 Zoll (= 968^{mm}), welche vollkommen genügt, um die Ventile im Nothfall dadurch herausziehen zu können. Damit das Letztere leicht geschehen könne, sind die Ventile nicht conisch eingesetzt, sondern das untere sitzt mit einem abgedrehten Rande flach auf, und das obere ist mit Dichtungsringen cylindrisch eingesetzt. Beide sind mit einander verkuppelt und damit gegen das Herausspringen gesichert.

Der Verbindungsanal von Plungerrohr und Ventilkasten befindet sich direct unter der Stopfbüchse des Plungers, wodurch ein Ansammeln von Luft in dem Plungerrohr verhindert wird, da dieselbe bei jedem Niedergang mit dem Wasser durch das Druckventil entweicht. Ausserdem kommen hierdurch die Ventilthüren, da die Oberkante des Pumpenlagers mit der Sohle der Tiefbaustrecke in einem Niveau liegt, in eine bequeme Höhe zur Bedienung.

Zum Füllen der Pumpe für das Anlassen ist ein Verbindungsrohr mit drei Füllhähnen t_1 , t_2 und t_3 angebracht, wodurch die Communication der Pumpe mit Saug- und Druckrohr hergestellt werden kann. Ausserdem ist noch ganz oben am Plungerrohr ein Lufthahn angebracht, um beim Füllen die Luft herauslassen zu können.

Für das Abteufen des Schachtes war projectirt, an das Saugrohr der Pumpe noch eine gewöhnliche Saugpumpe W_2 anzuschliessen, in der Art, wie Fig. 3 und Fig. 6 zeigen. Ausserdem standen anstatt der Glockenventile Lederklappenventile so lange in Gebrauch, bis die Wasser im Sumpfe sich hinreichend geklärt hatten. Das Saugrohr W ist, wie in Fig. 6 auf der rechten Seite und in Fig. 1 und 2 auf Taf. XIX dargestellt ist, in den Sumpf eingelegt.

2. Die Stolln p u m p e.

(26^{cm} Drucksatz.)

Fig. 7—14.

Sie dient dazu, das Condensationswasser sowohl für die Wasserhaltungsmaschine, als auch für die Fördermaschinen von dem Stolln ab bis zur Hängebank des Schachtes zu heben. Ihre Construction ist gleich der der Grubenpumpe, nur ist sie nicht wie jene aus drei, sondern aus vier Theilen zusammengesetzt. Auf dem $6\frac{1}{2}$ Fuss (= 2,040^m) hohen Untersatz steht das 2 Fuss (= 0,625^m) hohe Zwischenstück mit dem Saugrohrstützen Y und auf diesem der Ventilkasten von 2 Fuss 9 Zoll (= 0,863^m) Höhe, verbunden mit der Stopfbüchse für den Plunger. Auf dem Ventilkasten steht der Liderkasten für das Druckventil.

Da die Pumpe vor Aufstellung der Fördermaschinen lange Zeit nur das eigene Condensationswasser zu heben hatte, so war während dieser Periode eine geringere Wassermenge nöthig, zu deren Lieferung ein Plungerdurchmesser von $7\frac{1}{2}$ Zoll (= 196^{mm}) genügte. Da später ein Plunger von 10 Zoll (= 262^{mm}) einzusetzen war, wurde die Stopfbüchse (s. Fig. 7) so construirt, dass sie sich später durch eine solche für den grösseren Kolben leicht auswechseln liess.

Die Ventile Y_1 und Z_1 sind auch hier Doppelsitzventile von gleicher Construction, wie die der Grubenpumpe. Sie haben eine lichte Weite von 11 Zoll (= 288^{mm}) und lassen sich durch das $14\frac{1}{2}$ Zoll (= 380^{mm}) weite Steigrohr Z herausziehen. Sie sind deshalb auch in gleicher Weise eingesetzt und mit einander verkuppelt. Für das Füllen der Pumpe beim Anlassen dienen die Füllhähne u_1 , u_2 und u_3 , sowie ein kleiner, in den Figuren nicht gezeichneter Lufthahn dicht unter dem Druckventil.

Während des Abteufens war das Saugrohr Y_2 (s. Fig. 14, linke Seite) der Stollnpumpe in den Klärsumpf im Stolln eingelegt, um nicht durch das unreine Wasser der Grubenpumpe die Ventile zu beschädigen. Nach Vollendung des Schachtes ist das Saugrohr Y der Stollnpumpe direct oben an das Druckrohr X der Grubenpumpe angeschlossen.

Das Gestänge.

Taf. XX und Taf. XXIII.

Das schmiedeeiserne Gestänge besteht aus zwei vollständig von einander getrennten Hälften SS (s. Taf. XXIII, Fig. 8—10), die etwa $\frac{1}{2}^m$ von einander entfernt von der Kolbenstange der Dampfmaschine ab zu beiden Seiten der Stollnpumpe vorbei bis zu der Grubenpumpe hinab parallel nebeneinander hinlaufen. Jede Hälfte ist aus einfachen \perp -Schienen von $11\frac{1}{2}$ Zoll ($= 300^{mm}$) Breite, $3\frac{5}{8}$ Zoll ($= 100^{mm}$) Höhe und $\frac{5}{8}$ Zoll ($= 16,35^{mm}$) Wandstärke gebildet. Die aufeinander folgenden Theile der Gestängehälften haben etwa $27\frac{1}{2}$ Fuss ($= 8,632^m$) Länge und sind an ihren Enden so mit einander durch Schrauben verbunden, dass die flachen Seiten der \perp -Schienen aufeinander liegen, also die Ränder abwechselnd nach der einen und anderen Seite resp. nach aussen und innen gekehrt sind.

Die Gestängehälften sind oben an die Traverse der Kolbenstange und an das Verbindungsstück für die Zugstange des Contrebalanciers (s. Taf. XX, Fig. 2) sowie an die Verbindungsstücke für die Stollnpumpe (s. Taf. XXIII, Fig. 7, 11 und 12) und für die Grubenpumpe (s. Taf. XXIII, Fig. 1, 4 und 5) durch Schrauben und zum Theil auch durch Keile angeschlossen. Zur Verstärkung sind an diesen Stellen auf die \perp -Schienen Laschen aufgelegt. Endlich sind noch etwa in der Mitte zwischen Hängebank und Stollnsohle die beiden Gestängehälften durch ein gusseisernes Rahmenstück gsgeneinander verstrebt. Die Axe des Gestänges fällt mit der der beiden Pumpen und des grossen Dampfcylinders in eine gerade Linie.

Zwischen den Führungslagern $S_1 S_1$ (s. Taf. XIX und Taf. XX, Fig. 2) und den kräftigen Fanglagern Q_1 und Q_2 sind die Gestängehälften mit Streichlatten bekleidet. Ueber den Fanglagern sind zwischen die Gestängehälften starke Fanghölzer, die bei etwaigem Gestängebruch auf die Fanglager aufsetzen, eingelegt und verschraubt.

Die Lieferung der einen Wasserhaltungsmaschine nebst Zubehör ist an die Gutehoffnungshütte in Sterkrade von Jacobi, Haniel und Huyssen übertragen. Die zweite Maschine ist von der Königlichen Eisengiesserei und Maschinenfabrik in Gleiwitz geliefert.

Im Folgenden ist die Gewichtsrechnung aus dem Kostenanschlage des Herrn Kley und die Preisofferte der Gutehoffnungshütte vom 11. April 1868, die später contractlich angenommen wurde, mitgetheilt.

		Gewicht. Pfund.	Preis.		
			Thlr.	Sgr.	
A. Maschinen nebst Zubehör.					
Eine doppelt- und directwirkende Woolf'sche Wasserhaltungsmaschine mit einem grossen Cylinder von 39", einem kleinen Cylinder von 28" und einem Hub von 9' im grossen und 6' im kleinen Cylinder, welche im Stande ist bei 7 Hüben pro Minute 300 Cubikfuss Wasser aus 120 Fuss Teufe auf die Stollnsohle zu heben, nämlich:					
1.	Ein gleicharmiger, 26' langer, in der Mitte 5 1/2' hoher Balancier für 50000 Pfund Gegengewicht mit Axen, Naben, Gewichtskasten, Lager, Lagerplatten und Schrauben.				
	Gusseisen	15300			
	Schmiedeeisen	18700			
	Stahl	300			
	Bronce	300			
	Gewichtsplatten-Gusseisen	24000	2929	—	
2.	Maschinenträger mit Fundamentplatten und Schrauben.				
	Gusseisen	2000			
	Schmiedeeisen	7900	583	15	
3.	Beide Dampfeylinder mit Fussstücken, Deckel- und Flanschenschrauben, Kolben und Kolbenstangen.				
	Gusseisen	18500			
	Schmiedeeisen	3360			
	Rothguss	110	2142	20	
4.	Ventilkasten, Dampfventile und Ventilstangen, Dampfrohren und Dampfcanäle mit Schrauben.				
	Gusseisen	4900			
	Schmiedeeisen	260			
	Rothguss	185			
	Handventil von 5 1/2" Weite	—	704	15	
5.	Steuerung, Balancier, Stangen, Hebel, Frösche, Axen und Gestelle, Katarakte etc.				
	Gusseisen	4500			
	Schmiedeeisen	2141			
	Rothguss	90			
	Stahl	23	1128	—	
6.	Condensationseinrichtung, Luftpumpe, Einspritzvorrichtung inclusive Schrauben etc.				
	Gusseisen	11950			
	Schmiedeeisen	900			
	Rothguss	50			
	Stahl	7	860	21	
7.	Speisepumpe mit Windkessel und Schrauben.				
	Gusseisen	2000			
	Schmiedeeisen	340			
	Rothguss	100			
	Stahl	5	307	—	
8.	Gummi zu den Luftpumpenklappen, dem Sicherheitsventil und den Flanschen, Dichtungsmaterialien zu den Stopfbüchsen, Liderungen etc.	—	150	—	
9.	Holzmäntel um die Dampfeylinder mit Anstrich und Füllung, Schmierhähne am Cylinder, Wasserablasshähnen am Ventilkasten und der Dampfleitung, Vacuummeter im Maschinenraum mit Röhren bis zum Condensator, Indicator mit Hähnen, Rollen und Mechanismus zum Gurvenzeichnen etc.	—	350	—	
10.	Montage der Maschine, beziehentlich der sub 1—9 genannten Stücke .	—	644	19	
Summa		117921	9800	—	

		Gewicht. Pfund.	P r e i s.	
			Thlr.	Sgr.
B. Dampfkessel nebst Zubehör.				
1.	Vier Dampfkessel 22' lang, 5' 4" Durchmesser, mit zwei durchgehenden Feuerröhren von 1' 6" Durchmesser, für 4 Atmosphären Ueberdruck, jeder Kessel ca. 129 Ctr. schwer incl. Dampfdom und 3 Stutzen für die Wasserstandszeiger, das Speiserohr und den Ablasshahn	51600	3302	12
2.	Dampfreservoir über den Kesseln von 2' Durchmesser und 40' Länge, soweit dasselbe für 4 Kessel erforderlich ist aus 1/4" Eisenblech von circa	3000	192	—
3.	Blechmodel zum Schutz des Dampfreservoirs gegen Abkühlung von 2 1/2' Durchmesser und aus verschiedenen halbcylindrischen Stücken zum bequemen Wegnehmen nach der Dispositionszeichnung, ebenfalls nur so weit als es für 4 Kessel erforderlich ist	840	84	—
4.	Dampfleitung innerhalb des Kesselhauses, soweit sie in der Dispositionszeichnung angegeben ist, für 4 Kessel.			
			Gusseisen	
5.	Speisewasserleitung innerhalb des Kesselhauses, soweit dieselbe ebenfalls für 4 Kessel in der Dispositionszeichnung angegeben ist	600	47	—
6.	Garnitur für 2 Kesselgruppen, also für 4 Kessel, bestehend aus vier 3 3/4" Absperrventilen, vier 2 3/4" Speiserückventilen mit Absperrventilen, vier 3" Sicherheitsventilen mit Hebelbelastung zum Verschliessen eingerichtet (also mit Blechkasten), vier 2" Ablasshähne mit Röhren, 4 Wasserstandszeiger, 12 Probirhähnen und 1 offenes Quecksilbermanometer für 4 Atmosphären Ueberdruck, sowie 4 Federmanometer ebenfalls zu 4 Atmosphären	742		
7.	Armatur zu 2 Kesselgruppen, also für 4 Kessel, bestehend in 2 × 192 = 384 Roststäben, 8 Rostträgern, 4 Feuerbrücken, 4 Feuerschranken, 4 Rauchschiebern mit je 2 Rollen, Gegengewicht und Kette, 20 gusseiserne Mauerplatten mit 10 Ankerschrauben (für jede Kesselgruppe sind in der Detailzeichnung 18 Mauerplatten und 9 Ankerschrauben gezeichnet; es sollen indessen für jede Gruppe nur die zwei Queranker über den Rosten und die drei Längsanker zur Anwendung kommen), 8 Gussbarren zur Befestigung der Feuerschranke mit Bolzen und Handgriffen zu den Putzthüren	—	700	—
8.	Montage der Kessel nebst Zubehör, Dichtungsmaterial etc.	—	154	18
Summa		56782	5100	—
C. Dampf- und Speisewasserleitungen zwischen der Wasserhaltungs- maschine und den Kesseln, Reservespeisepumpe.				
1.	Eine 5 1/2" Dampfleitung von Gusseisen von der Hauptdampfleitung bis zur Maschine, circa 10' lang	300	9	18
2.	Circa 189 Fuss 8" Dampfleitung von Gusseisen zwischen der 5 1/2" Leitung und dem Dampfreservoir im Kesselhaus	8400	252	—
3.	Circa 217 Fuss 4" Speisewasserleitung zwischen dem Windkessel der Speisepumpe und den Dampfkesseln, und zwar im Anschluss an die sub B 5 verzeichnete Leitung innerhalb des Kesselgebäudes (mit 3 bis zur Terrainhöhe gehenden Röhren, mit Abschlussventilen und Spritzenschlauchschraben als Nothpfosten bei Feuers- gefahr)	4400	140	24
		—	180	—

		Gewicht.		
		Pfund.	Thlr.	Sgr.
4.	3 Absperrventile von 4" lichter Weite in den Speisewasserleitungen und zwar 2 im Maschinenhaus und 1 auf den Kesseln (das eine dieser Ventile im Maschinenhaus wird bis zur Aufstellung der zweiten Maschine als Abschluss dienen)	—	90	—
5.	Schmiedeeisen zu den Flanschenschrauben etc., Gummi zu den Flanschdichtungen im Maschinen- und Kesselhaus, Blei und Hanf zu den Muffen unter der Erde.	—	100	—
6.	4 Wasserablasshähne von 3/4" lichter Weite am Fusse der Dampf- und Wasserleitungen im Maschinen- und im Kesselgebäude	—	12	—
7.	Dampfabsperrenteil von 8" lichter Weite am Dampfreservoir auf den Kesseln	—	70	—
8.	Eine Reserve-Dampfspeisepumpe, welche im Stande sein muss 12 Kessel zu speisen, nebst Saugrohr, Druckrohr und Absperrventil, auch Anschlussstück für einen Spritzenschlauch, complet	—	600	—
9.	Montage der sub 1 bis 8 bezeichneten Theile	—	45	18
	Summa	13100	1500	—

D. Pumpen und Gestänge.

a. Ein 30" Drucksatz nebst Steigröhren etc.

1.	Ein Fussstück von 6' Höhe.	Gusseisen	12620	530	1
2.	Ein Ventilkasten mit Stopfbüchse.	Gusseisen	10465		
	Eine Thür mit Bügel und Schrauben.	Schmiedeeisen	257		
	Futter der Stopfbüchse.	Bronce	270	813	27
3.	2 Glockenventile.	Gusseisen	1989		
		Schmiedeeisen	449	288	27
4.	3 Füllhähne mit Verbindungsrohr und Lufthahn.	Bronce	97	80	25
5.	Ein Druckventil-Liderkasten.	Gusseisen	3640		
	Eine Thür mit Bügel und Schrauben dazu.	Schmiedeeisen	209	202	18
6.	Ein 30" Plunger fertig ajustirt.	Gusseisen	6140	429	24
7.	Ein Verbindungsstück des Plungers mit dem Schachtgestänge, mit Laschen, Schrauben und Keilen fertig ajustirt.	Gusseisen	2794		
		Schmiedeeisen	942	251	10
8.	Sämmtliche Flanschen und Rohrschrauben zur Befestigung.	Schmiedeeisen	1229	163	26
9.	Saugkorb mit Krümmer und Saugrohr, Blechsiebkorb mit Flanschen.	Gusseisen	8200		
		Schmiedeeisen	320	370	20
10.	4 Stück Steigrohre mit Ausgussanal, 37" weit, 28' lang, 2/8" bis 4/8" stark, mit Laschenvernietung und nach der Vernietung abgedrehten Flanschen.	Eisenblech und Schmiedeeisen	23318	1539	—
11.	Material zu den Dichtungen der Flanschen, des Druckventiles und der Liderthüren etc.	Kautschuk	—	124	2
	Summa		72939	4795	—

b. Eine 10" Stollpumpe.

1.	Ein Fussstück von 6 1/2' Höhe in Gusseisen	1816			
2.	Ein Zwischenstück mit Saugrohrstützen in Gusseisen	738	127	21	

			Gewicht.		
			Pfund.	Thlr.	Sgr.
3.	Ventilkasten mit Stopfbüchse und Einsatz.	Gusseisen	1640		
	Dazu Thüren, Bügel und Schrauben.	Schmiedeeisen	142		
	- Futter der Stopfbüchse.	Bronce	37		
	- 2 Glockenventile.	Gusseisen	350		
		Schmiedeeisen	56	229	2
4.	Druckventil-Liderkasten.	Gusseisen	565		
	Dazu Thüren, Bügel und Schrauben.	Schmiedeeisen	120	51	2
5.	Ein Luffhahn und 3 Füllhähne mit Verbindungsrohren.	Bronce	69	69	—
6.	Sämmtliche Flanschen und Steigrohrbefestigungsschrauben.	Schmiedeeisen	253	37	29
7.	Zwei Stück Steigrohren von 14 $\frac{1}{2}$ " lichter Weite, 28' Länge, $\frac{3}{16}$ " stark.				
	Mit Laschenvernietung und nach der Vernietung abgedrehten Flanschen.	Eisenblech und Schmiedeeisen	2305	156	22
8.	Anschlussrohre der Steigrohren an den Condensator und Ausguss.	Gusseisen	920	38	19
9.	Plunger, vorläufig von 7 $\frac{1}{2}$ " Durchmesser.	Gusseisen	637	63	21
10.	Verbindungsstück des Plungers mit dem Schachtgestänge.	Gusseisen	1010	48	14
11.	Saugrohr bis in den Stollnklärsumpf.	Gusseisen	1033	41	10
12.	Dichtungsmaterial zu den Rohrflanschen, dem Druckventil und den Liderthüren, Gummi		—	36	10
	Summa		11691	900	—
c. Ein eisernes Pumpengestänge.					
1.	14 Stück gewalztes Profileisen $\left\langle \begin{array}{c} 11\frac{1}{2}'' \\ 5\frac{1}{2}'' \end{array} \right\rangle 3'' 10''$ von 27 $\frac{1}{2}$ ' Länge, 39 Pfund pro laufenden Fuss.	Walzeisen	15015	1079	22 $\frac{1}{2}$
	Dazu 2 Stück ditto von 5 $\frac{1}{4}$ ' Länge zu der Gestängeverbindung über dem oberen Fanglager.	Walzeisen	410		
2.	Traverse zur Verbindung des Gestänges mit der Kolbenstange des grossen Dampfeylinders mit fertig eingepassten Keilen, Schrauben und Flanschen.	Gusseisen	1450	177	22 $\frac{1}{2}$
		Schmiedeeisen	345		
3.	Verbindungsstück des Gestänges mit der Zugstange des Contrebalanciers.	Gusseisen	1863		
	Schrauben und Laschen fertig eingepasst.	Schmiedeeisen	281		
	Zugstangen, Zapfen.	Gussstahl	250	295	28
4.	Laschen und Schrauben zu den übrigen Gestängeverbindungen, fertig ajustirt.	Schmiedeeisen	2380	277	20
5.	Gestängeversteifungsstücke mit fertig eingepassten Schrauben.	Gusseisen	400		
		Schmiedeeisen	117	37	15
6.	Beschwerungsgewichte in und über dem 30" Plunger.	Gusseisen	11600	301	12
	Summa		34111	2170	—
	d. Montage der sub D bezeichneten Pumpentheile		—	135	—
	Summa		—	135	—

		Gewicht.	Preis.	
		Pfund.	Thlr.	Sgr.
E. Laufkabel und Diverses.				
1.	Ein 300 Ctr. Laufkabel mit Wagen, komplett mit Holz und Anstrich incl. Eisenbahnschienen)	—	2000	—
2.	Aufstellung desselben }			
3.	Diverses, als: Bruch beim Verladen, Nachhülfe beim Montiren, Putzmaterialien etc.	—	150	—
Summa		—	2150	—
Zusammenstellung.				
A.	Maschine nebst Zubehör	117921	9800	—
B.	4 Dampfkessel nebst Zubehör	56782	5100	—
C.	Rohrleitungen, Dampfpumpe etc.	13100	1500	—
D.	a. 30" Drucksatz	72939	4795	—
	b. 10" Stollpumpe	11691	900	—
	c. Gestänge	34111	2170	—
	d. Montage	—	135	—
E.	Laufkabel etc.	—	2150	—
Summa		306544	26550	—

In Folge der Annahme einer Teufe von nur 100 Fuss statt 120 Fuss, wodurch an Gestänge, Steigröhren und Belastungsgewichten gespart wurde, ist eine Reduction der Preise um rund 681 Thlr. eingetreten. Dagegen sind ausser Contract noch geliefert 2 Stück 30" Klappenventile zu 347 Thlr., verschiedene Theile zur Verbindung der Condensation mit der Speisewasserleitung, um beim Anlassen der Maschine den Condensator sofort in Thätigkeit setzen zu können, zu 50 Thlr. und ein 10" Plunger mit Stopfbüchse für die Stollpumpe zu rund 173 Thlr., wonach sich also die ganze Summe um 111 Thlr. vermindert.

Die Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbauschacht der Steinkohlengrube Ferdinand bei Kattowitz.

Taf. XXIV—XXIX.

Die der Thiele-Winkler'schen Gewerkschaft gehörige Steinkohlengrube bei Kattowitz besass früher nur zwei Schächte, einen Förderschacht und einen Wasserhaltungsschacht. Auf Letzterem arbeitet eine gewöhnliche cornische Balancier-Wasserhaltungsmaschine. Vor einigen Jahren ist nun noch ein dritter Schacht, der sogenannte Tiefbauschacht, in Angriff genommen und bereits über 200 Meter niedergebracht. Er soll den Hauptwasserhaltungsschacht bilden und daneben noch zur Fahrung dienen.

Die drei Schächte liegen rechtwinklig zu einander und zwar der alte Wasserhaltungsschacht südlich, der neue östlich vom Förderschachte, beide etwa 90 Fuss von demselben von Mitte zu Mitte entfernt. Die beiden Kesselhäuser liegen zwischen den drei Schächten derart eingeschlossen, dass der Dampf auf einem möglichst kurzen Wege zu den Maschinen gelangt. Die ältere Anlage hat neun Stück Walzenkessel mit Siedern (sogenannte Woolf'sche Kessel). Das neue Kesselhaus bildet die Fortsetzung des alten in der Richtung von West nach Ost und ist zur Aufnahme von zwölf Kesseln bestimmt. Die neuen Kessel sind gleichfalls Walzenkessel mit Siedern, die aber hier als Vorwärmer dienen.

Die Schachttiefe ist ursprünglich zu etwa 1000 Fuss, später genauer zu $974\frac{1}{2}$ Fuss projectirt. Die zu erwartende Wassermenge ist zu 240 Cubikfuss (= 7,420 Cubikmeter) pro Minute angenommen, und ist festgesetzt, dass die ganze Wassermenge für die Zwecke der Condensation noch 10 Fuss über Tage in ein Bassin zu heben ist, so dass die ganze Druckhöhe $984\frac{1}{2}$ Fuss (= 309,0^m) beträgt.

Die hierzu erforderliche Nutzleistung beträgt:

$$N_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75} = \frac{1000 \cdot 7,420 \cdot 309,0}{60 \cdot 75} = 509,5 \text{ Pferdekraft.}$$

Es wurde beschlossen, für diesen Effect nur eine einzige Maschine zu nehmen, und zwar wählte man, um eine möglichst hohe Expansion erzielen zu können ohne allzugrosse Cylinderdimensionen zu erhalten, eine Woolf'sche doppeltwirkende Schwungradmaschine.

Die Ausführung der Maschine wurde der C. Hoppe'schen Maschinenfabrik zu Berlin übertragen, in welcher auch das ganze Project ausgearbeitet worden war.

Disposition der Wasserhaltungsmaschinen-Anlage für den Tiefbauschacht.

Taf. XXIV.

Fig. 1 und 3. Verticalschnitt durch die Schachtmitte rechtwinklig zur Balancieraxe.

Fig. 2 und 4. Verticalschnitt durch die Schachtmitte parallel der Balancieraxe.

Fig. 5. Horizontalquerschnitt durch den Schacht an der Stelle des obersten Pumpensatzes.

Der Schacht ist rechteckig mit bogenförmigen Schachtstössen. Die langen Schachtstösse haben 17 Fuss 4 Zoll (= 5,44^m) Länge, 1 Fuss (= 0,314^m) Pfeilhöhe und dem entsprechend einen Krümmungshalbmesser von 11,94^m, die kurzen Stösse dagegen 9 Fuss 9 Zoll (= 3,06^m) Länge, $\frac{2}{3}$ Fuss (= 0,209^m) Pfeilhöhe und einen Krümmungshalbmesser von 5,65^m. Die grösste lichte Länge ist dann 18 Fuss 8 Zoll (= 5,86^m), die grösste lichte Breite 11 Fuss 9 Zoll (= 3,69^m).

Für den ganzen Schacht sind fünf einander zuhebende Pumpensätze projectirt, welche die Wasser aus 974 $\frac{1}{2}$ Fuss Teufe bis zu 10 Fuss über Tage heben sollen, und zwar drei Drucksätze von zusammen 869 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 272,0^m) und zwei Saugsätze von zusammen 115 Fuss (= 36,1^m), so dass also, wie schon oben angegeben, die ganze Hubhöhe 984 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 309,0^m) beträgt.

Die Pumpensätze sind im Schachte auf die eine Seite gestellt, so dass auf der andern Seite etwas mehr als der vierte Theil des Schachtquerschnittes zur Förderung während des Abteufens, zur Fahrung etc. frei bleibt.

Das Gestänge ist oben an dem kurzen Ende des Balanciers angehängt, während auf der andern Seite desselben die Kolbenstangen der beiden Dampfzylinder und die Pleuelstange für das Schwungrad angreifen.

In dem Gebäude, welches Schacht und Maschine überdeckt, ist oben auf ein paar starken Gitterträgern zum Montiren der Maschine und für den Einbau der Pumpensätze eine transportable Dampfschachtwinde aufgestellt, die leicht über jeden Punct des Schachtes und der Maschine gebracht werden kann.

Das Kesselhaus für die neue Anlage bildet, wie schon erwähnt, die Fortsetzung des alten; es ist zur Aufnahme von zwölf Kesseln bestimmt. Während die alten Kessel nur 3 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 1,10^m) Durchmesser und 27 Fuss 2 $\frac{1}{2}$ Zoll (= 8,54^m) Länge hatten, beträgt bei den neuen der Durchmesser der Hauptkessel 4 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 1,412^m) und die Länge 30 Fuss 4 Zoll (= 9,520^m). Jeder derselben hat zwei Vorwärmer von 3 Fuss (= 0,942^m) Durchmesser und 25 $\frac{1}{2}$ Fuss (= 7,977^m) Länge. Die Feuerung liegt unter dem Hauptkessel so, dass zuerst dieser und dann die Vorwärmer von den Verbrennungsgasen bestrichen werden. Um die bei der Kohlenseparation fallenden Grusskohlen benutzen zu können, sind Treppenroste angewandt.

Die sämtlichen Kessel sind unter sich und mit den Maschinen derartig durch Dampfleitungen verbunden, dass jeder Kessel beliebig mit jeder Maschine in Verbindung gesetzt oder ausgeschaltet resp. in Reserve gesetzt werden kann. Maschinen- und Kesselhaus liegen so nahe zusammen, dass die Dampfleitung für die neue Maschine nur 18^m Länge hat.

Berechnung der 700pferdigen Wasserhaltungsmaschine nebst Pumpen und Gestänge.

Die Nutzleistung für das gehobene Wasser beträgt nach Obigem:

$$N_n = 509,5 \text{ Pferdekraft,}$$

unter der Voraussetzung, dass 1 Cubikmeter 1000 Kil. wiegt. Berücksichtigt man indess, dass die Grubenwasser oft grosse Quantitäten mineralischer Bestandtheile aufgelöst und mehr oder weniger Schlamm beigemischt enthalten, so wird man das Wassergewicht etwas grösser nehmen müssen. Hoppe rechnet 65 Pfund pro 1 Cubikfuss (= 1050 Kil. pro 1 Cubikmeter). Berücksichtigt man ferner die Reibung bei den fünf Pumpensätzen und den Umstand, dass, wenn die Pumpen einander zuheben, dabei eine etwas grössere Druckhöhe zu rechnen ist, wodurch die Nutzleistung der Dampfmaschine erheblich vermindert wird — Hoppe rechnet für vorliegenden Fall zur Sicherheit 25%; so dass nur 75% zum Heben des Wassers verwendet werden — so müsste hiernach die Dampfmaschine einen Effect von

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{0,75 \cdot 60 \cdot 75} = \frac{1050 \cdot 7,42 \cdot 309}{0,75 \cdot 60 \cdot 75} = 713,3 \text{ Pferdekraft}$$

erhalten, wofür rund

$$N = 700 \text{ Pferdekraft}$$

angenommen sind.

Die Berechnung der Hauptdimensionen der Maschine geschah unter der Annahme

- 1) einer Dampfspannung von drei Atmosphären Ueberdruck beim Eintritt in den kleinen Cylinder.
- 2) einer sechsfachen Expansion.
- 3) einer Hubhöhe von 11 Fuss im grossen Cylinder.
- 4) einer Maximal-Umdrehzahl von 15 pro Minute.

Die Berechnung geschah nach der Formel:

$$N = \alpha \cdot \frac{F \cdot (s-p) \cdot v}{75},$$

in welcher bedeuten:

N die Nutzleistung der Dampfmaschine ohne die Pumpen, in Pferdekräften = 700.

α den Wirkungsgrad der Maschine allein, zu 0,60 angenommen.

F die Kolbenfläche für den grossen Cylinder.

s die mittlere Dampfspannung. Für sechsfache Expansion und drei Atmosphären Ueberdruck oder vier Atmosphären Gesamtdruck ist annähernd $s = 0,45$. $S = 0,45 \cdot 4 \cdot 10330 = 18594$ Kil. pro \square^m .

p den Gegendruck vom Condensator zu 4 Pfund pro \square Zoll = 3000 Kil. pro \square^m gerechnet.

v die mittlere Kolbengeschwindigkeit. Bei 15 Hüben pro Minute und 11 Fuss Hubhöhe ist $v = \frac{15}{60} \cdot 2 \cdot 11 = 5\frac{1}{2}$ Fuss = 1,7262^m.

Dann wird

$$F = \frac{75 \cdot N}{\alpha \cdot (s-p) \cdot v} = \frac{75 \cdot 700}{0,60 \cdot (18594 - 3000) \cdot 1,7262} = 3,25005 \square^m,$$

und der entsprechende Kolbendurchmesser $D = 2,0344^m$, wofür auf ganze Zolle abgerundet angenommen ist:

$$D = 2040^{mm} = 78 \text{ Zoll.}$$

Der kleine Cylinder hat einen Kolbendurchmesser von

$$D_1 = 1491^{mm} = 57 \text{ Zoll}$$

und eine Hubhöhe von

$$h_1 = 2,432^m = 7\frac{3}{4} \text{ Fuss}$$

erhalten, so dass das Cylinderverhältniss, d. h. das Verhältniss der von den beiden Kolben beschriebenen Volumina, etwa $\frac{1}{3}$, genauer $\frac{1}{2,658}$ wird.

Die Pumpensätze haben eine Hubhöhe erhalten, welche genau halb so gross ist als die im grossen Cylinder, also:

$$h_2 = 1,726^m = 5\frac{1}{2} \text{ Fuss};$$

dann berechnet sich der Durchmesser mit Hülfe der Formel:

$$Q = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h_2 \cdot n;$$

also

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot h_2 \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 240}{3,1416 \cdot 5,5 \cdot 15}} = 1,925 \text{ Fuss,}$$

wofür in Rücksicht auf Wasserverluste durch Liderung und Ventil

$$d = 2 \text{ Fuss} = 24 \text{ Zoll} (= 628^{mm})$$

als Durchmesser des obersten Drucksatzes angenommen sind.

Da alle Pumpensätze einander zuheben, so ist es wegen etwaiger Wasserverluste zweckmässig, dass die tieferstehenden Sätze allmähig nach unten zu an Kolbendurchmesser zunehmen, damit keiner derselben Luft ansaugen kann. Hiernach haben die drei aufeinander folgenden Drucksätze 24 Zoll (= 628^{mm}), 24 $\frac{1}{8}$ Zoll (= 631^{mm}), 24 $\frac{1}{4}$ Zoll (= 634^{mm}) Plungerdurchmesser. Die beiden Saugsätze haben gleichen Durchmesser und zwar 24 $\frac{1}{2}$ Zoll (= 642^{mm}).

Berechnung des nothwendigen Gestängegewichtes.

Das Gestänge soll, wie bei den Ehrhardt'schen Maschinen, sowohl auf Zug als auf Druck beansprucht werden; sein Gewicht ist danach so zu berechnen, dass die Dampfmaschine beim Auf- und

Es sei:

Z die mittlere Kraft, welche die 700pferdige Dampfmaschine an dem Balancier ausübt, reducirt auf einen Hebelarm, der gleich dem ist, an welchem das Gestänge wirkt. Es wird bei 1,726^m Hubhöhe des Gestänges und 15 Hübten pro Minute

$$Z = \frac{700 \cdot 75}{2 \cdot \frac{15}{60} \cdot 1,726} = 60834 \text{ Kil.}$$

G das Gestängegewicht, welches in Gemeinschaft mit den Dampfdrucken zum Heben des Wassers durch die Drucksätze und zur Ueberwindung der passiven Widerstände an den Pumpen und dem Gestänge erforderlich ist.

W das Gewicht der Druckwassersäule oder der Druck gegen die Plunger aller Drucksätze. Es lässt sich, da die drei Plunger nahezu gleichen Durchmesser haben, durch die Formel berechnen:

$$W = 1000 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot H_1,$$

in welcher d_1 den mittleren Plungerdurchmesser = 0,631^m, also $\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = 0,3127 \square^m$ und H_1 die ganze Druckhöhe der drei Drucksätze annähernd = 272,9^m bedeutet. Es wird also

$$W = 1000 \cdot 0,3225 \cdot 272,9 = 85336 \text{ Kil.}$$

S das Gewicht der Saugwassersäule oder der Wasserdruck, den die Kolben der Saugesätze beim Hube zu überwinden haben. Es ist

$$S = 1000 \cdot \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot H_2,$$

worin der Durchmesser $d_2 = 0,641$ ^m, also $\frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} = 0,3225 \square^m$ und die Förderhöhe der beiden Saugesätze $H_2 = 47,08$ zu setzen ist. Also wird

$$S = 1000 \cdot 0,3225 \cdot 47,08 = 15183 \text{ Kil.}$$

R der mittlere Betrag der Reibung und sonstiger passiver Widerstände für sämtliche Pumpensätze und die Gestängeführungen. Ausgeschlossen sind hierbei alle Reibungswiderstände etc. an und in der Dampfmaschine.

Im vorliegenden Falle wird R ungefähr $\frac{1}{10}$ vom Gewichte der ganzen Wassersäule betragen, man kann also annehmen:

$$R = \frac{1}{10}(W + S) = \frac{1}{10}(85336 + 15183) = 10052 \text{ Kil.}$$

Es ist nun für den Aufgang der Maschine:

$$Z + G = W + R \dots \dots \dots (1)$$

und für den Niedergang:

$$Z = G + S + R \dots \dots \dots (2)$$

Durch Subtraction der beiden Gleichungen folgt:

$$G = \frac{W - S}{2} \dots \dots \dots (3)$$

und durch Addition derselben:

$$Z = \frac{W + S}{2} + R \dots \dots \dots (4)$$

Das nothwendige Gestängegewicht berechnet sich also nach Gleichung (3)

$$G = \frac{85336 - 15183}{2} = 35077 \text{ Kil.}$$

Das Gewicht G_1 des fertigen Gestänges incl. aller Pumpenkolben, Anschlussstücke, Krumse und dergleichen wird nach dem Anschlag etwa:

$$G_1 = 94000 \text{ Kil. (= 1880 Centner)}$$

betragen, es besitzt also ein Uebergewicht von

$$G_1 - G = 94000 - 35068 = 58932 \text{ Kil.},$$

welches am Balancier auf der anderen Seite an einem gleichen Hebelarm wirksam sein muss.

Nun ist die Summe aller, diese Seite des Balanciers belastenden Gewichte, als Kolben, Kolbenstangen, Parallelogramm und dergleichen und des Balanciers selbst, alle reducirt auf einen Hebelarm, gleich dem des Gestänges, = 1021 Centner = 51050 Kil.; es fehlen also nur

$$58932 - 51050 = 7882 \text{ Kil.} = 157\frac{1}{2} \text{ Centner},$$

welche als Belastung im Balancier anzubringen sind. Der Raum zwischen den Zapfen für die Kolben des grossen und kleinen Cylinders ist zur Aufnahme der Ausgleichsgewichte bestimmt, und da der Hebelarm für denselben fast doppelt so gross ist als der des Gestänges, so werden hierdurch die Belastungsgewichte noch bedeutend verringert.

Der mittlere Dampfdruck Z , der sowohl beim Aufgange als auch beim Niedergange thätig sein muss, berechnet sich aus Gleichung (4):

$$Z = \frac{W+S}{2} + R = \frac{85336 + 15183}{2} + 10052 = 60312 \text{ Kil.},$$

so dass der früher berechnete Werth von 60834 reichlich für den Betrieb der Pumpen genügt.

Beschreibung der Maschine.

Auf den Tafeln XXIV—XXIX sind die gleichen Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Die Bedeutung derselben ist folgende:

- A der grosse Dampfzylinder.
- B der kleine Dampfzylinder.
- C der Balancier.
- D die Lenkstange zur Verbindung des Gestänges mit dem Balancier.
- E das Gestänge.
- F F_1 Gestängeführungen und Fanglager.
- G_1 G_2 die Saugrohre der Saugsätze.
- H_1 H_2 die beiden Saugsätze.
- I_1 I_2 die Steigrohre derselben.
- K_1 K_2 K_3 die Saugrohre der Drucksätze.
- L_1 L_2 L_3 die drei Drucksätze.
- M_1 M_2 M_3 die Druckrohre derselben.
- M_4 Rohrleitung vom Druckrohre M_3 nach dem Reservoir.
- N die Pleuelstange für das Schwungrad.
- O das Schwungrad.
- P das Dampfrohr.
- Q das Dampfabsperrentil (Regulirventil).
- Q_1 Q_2 Dampfventile an den Condensatoren.
- Q_3 Dampfauslassventil.
- R der Schieberkasten.
- R_1 der Expansionschieber.
- R_2 R_3 R_4 der Vertheilungsschieber.
- S S_1 Dampfcanäle für den kleinen Cylinder.
- T T_1 Dampfcanäle für den grossen Cylinder.
- U U_1 U_2 Dampfzugsrohre.
- V Wasserzuleitungsrohr von dem Reservoir nach den Condensatoren.
- V_1 V_2 Wasserableitungsrohre von den Condensatoren.
- W_1 W_2 die Condensatoren.

- $X_1 X_2$ Luftventile zur Verbindung der Condensatoren und Luftpumpen.
 Y Rohrleitung nach den Luftpumpen.
 Z Luftpumpe.
 $a b$ Keile zum Befestigen der Pumpensätze.
 c Dampfrohr für die Luftpumpen.
 c_1 Dampfrohr für die Dampfschachtwinde.
 $d d_1 d_2$ automatische Condensationswasser-Ableiter, sogenannte Entwässerungstöpfe.
 d_3 Lufthahn zur Entlüftung der Drucksätze.
 $e e_1 e_2 e_3$ Dampfhahn und Dampfrohre für die Heizung der Cylinderböden.
 $f f_1 f_2$ Zuleitungsschieber und Dampfrohre zum Anlassen der Maschine.
 g untere Verbindung der Uebergabelungsstangen mit dem Gestänge.
 $h i$ Condensationswasser-Ableitungsrohre.
 k obere Verbindung der Uebergabelungsstangen mit dem Gestänge.
 $l_1 l_2$ Excentrics zur Bewegung des Expansions- und Vertheilungsschiebers.
 m kleine Balanciers zur Bewegung der Schieber.
 n Condensationswasser-Ableitungsrohr.
 o Hebel zur Bewegung des Schwungrades, um die Kurbel aus dem todtten Punkte zu bringen.
 p eiserne Fangringe auf dem Gestänge über den Fanglagern.
 $q_1 q_2$ zur Regulirung der Einspritzventile.
 $r r$ Trageisen zur Befestigung der Saugsätze.
 s Keilverbindung des Gestänges.
 $t t_1 t_2$ eiserne Träger für die Senkbäume der Saugpumpen.
 $u u_1$ Saugventile und Ventilkolben der Saugsätze.
 $v v_1$ Saug- und Druckventile der Drucksätze.
 w Schwimmer im Sumpf zur Regulirung des Ganges der Maschine.
 $x x_1 x_2$ Hebel und Axen zur Uebertragung der Bewegung des Schwimmers w .
 y Regulirungsgewicht über der Schwungradwelle.
 $z z_1 z_2 z_3$ Räderpaare zur Verbindung der Regulirung mit dem Dampfeinlassventil.

Anordnung der Maschine.

Taf. XXV.

Fig. 1. Hauptansicht der Maschine und Durchschnitt durch die beiden Dampfcylinder.

Fig. 2. Horizontalschnitt der Maschine in der Höhe der Schwungradwelle.

Die Maschine ist, wie schon erwähnt, eine doppelwirkende Woolfsche Balanciermaschine mit Schwungrad. Das Gestänge ist an dem kurzen Ende des ungleicharmigen Balanciers angehängt, während an dem langen Ende die Kolbenstangen der beiden Cylinder, sowie die Pleuelstange für das Schwungrad angreifen. Die beiden Dampfcylinder, welche beim Niedergange der Kolben einen sehr starken Dampfdruck oben unter die Deckel empfangen, der dieselben mit grosser Gewalt zu heben trachtet, müssen sehr sicher verankert sein. Sie sind auf starken gusseisernen Trägern festgeschroben, welche ihrerseits durch kräftige, tief in das Fundament hineingehende Ankerschrauben gehalten werden. Bei der grossen Last, welche an die Cylinder gehängt werden muss, um jenem Dampfdruck das Gleichgewicht zu halten, sind die Ankerschrauben der Träger unten im Fundament noch mit schräg nach aussen, bis unter die Umfassungsmauern hin gehenden Ankerschrauben verbunden, so dass das ganze Gebäude in gewissem Grade als Belastungsgewicht wirkt.

Die Geradföhrung der beiden Kolbenstangen geschieht durch ein Parallelogramm mit verlängertem Gegenlenker.

Die Schwungradwelle liegt in einer eigenthümlichen neuen Anordnung neben dem kleinen Cylinder, so dass die Kurbel noch eben Raum hat, daneben vorüber zu gehen. Um bei diesem Arrangement den Hebelarm der Pleuelstange am Balancier möglichst gross zu erhalten, ist diese etwas schräg gelegt und hat in ihrer mittleren Stellung eine Neigung von etwa $11\frac{1}{2}$ Grad gegen die verticale Richtung. Aus diesem Grunde ist auch der Zapfen für die Pleuelstange am Balancier sehr bedeutend von der Mittellinie aus nach oben zu verrückt. Durch diese Anordnung erreicht man einestheils, dass die ganze Maschine auf einen sehr geringen Raum zusammengedrängt ist, ohne dass die Bedienung der Maschine irgend erschwert wird, und anderestheils, dass man ganz ungehindert die Hubhöhe der Dampfkolben weit grösser nehmen kann als die Hubhöhe der Pumpen; im vorliegenden Falle ist die des grossen Kolbens doppelt so gross als die des Gestänges.

Das Schwungrad hat 30 Fuss ($= 9,416^m$) Durchmesser und ein Gewicht von ungefähr 670 Centner. Es ist genügend schwer, um noch einen sicheren Betrieb der Maschine bis zu $3\frac{1}{2}$ Umgängen pro Minute herab zu gestatten. Die Nabe des Schwungrades ist schwach conisch auf die Welle aufgepasst und wird darauf durch drei runde eingeschlifene Stahlkeile und eine vorgeschraubte grosse Schraubenmutter festgehalten. Das Schwungrad ist einseitig etwas belastet, so dass es nach Absperrung des Dampfes selbstthätig in die für das leichte Angehen geeignete Stellung versetzt wird. Uebrigens kann man, im Nothfalle und so lange sich die Maschine noch nicht gehörig eingelaufen hat, durch einen Hebel *o* mit einem Schaltzahne, der in eine entsprechende Verzahnung am Umfange des Schwungrades eingreift, die Kurbel leicht aus dem todten Punkte bringen. Der Schwungring ist aus sechs Theilen zusammengesetzt. Die Arme sind zur Erzielung einer möglichst grossen Steifigkeit hohl gegossen.

Die Lagerung der Schwungradwelle erfordert hauptsächlich auf der Kurbelseite, wo sie 2 Fuss 4 Zoll ($= 0,732^m$) Durchmesser hat, eine sehr starke Verankerung. Beim Anlassen der Maschine, wo frischer Dampf auch in die grossen Cylinder gelassen wird, kann leicht der Dampfdruck unter dem grossen Kolben die Kurbel, während sie auf dem todten Punkte steht, durch den Balancier und die Pleuelstange mit solcher Gewalt empordrücken, dass dem Losreissen des Lagers nur durch eine mächtige Verankerung vorgebeugt werden kann. Die Deckelschrauben haben deshalb auch den sehr bedeutenden Durchmesser von 8 Zoll ($= 209^{mm}$) erhalten.

Die Lager der Schwungradwelle sind so eingerichtet, dass eine Auswechselung der unteren Lagerschale erfolgen kann, ohne die schweren Massen wesentlich zu heben; es genügt dazu schon ein Anlüften von etwa $1\frac{1}{3}^{mm}$. Es ist nämlich unter die Rothgusschale noch eine zweite schmiedeeiserne Schale gelegt, welche aus zwei Hälften besteht, die sich beide nach unten verjüngen, also die Form eines nach einem Viertelkreise gekrümmten Keiles haben. Wird die Welle nur etwas gelüftet, so lassen sich zuerst die beiden Hälften herausziehen, worauf die Lagerschale selbst sich leicht fortnehmen lässt.

Der Balancier ist aus $\frac{3}{4}$ Zoll ($= 20^{mm}$) starken Eisenblechplatten zusammengenietet und hat im Querschnitt die Gestalt eines gewöhnlichen hohlen Blechträgers. Kopf und Fuss desselben werden aus je zwei Platten von 3 Fuss ($= 0,942^m$) Breite und $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke gebildet. Die beiden Seitenwände bestehen der Länge nach aus je neun Platten, welche stumpf gegeneinander stossen und mit den aufgelegten Laschen doppelt vernietet sind. Mit den Kopf- und Fussplatten sind sie durch Winkeleisen verbunden. Die lichte Entfernung beider von einander beträgt 18 Zoll ($= 471^{mm}$). Der Balancier ist ungleichförmig, und zwar ist der Hebelarm für das Gestänge 11 Fuss $2\frac{1}{32}$ Zoll ($= 3,506^m$), der für die Kolbenstange des grossen Cylinders genau doppelt so gross, also 22 Fuss $4\frac{1}{16}$ Zoll ($= 7,012^m$), so dass die ganze Länge des Balanciers von Mitte zu Mitte der Endzapfen 33 Fuss $6\frac{3}{32}$ Zoll ($= 10,518^m$) wird. Der Hebelarm für die Kolbenstange des kleinen Cylinders ist 15 Fuss $8\frac{27}{32}$ Zoll ($= 4,939^m$); er verhält sich also zu dem für den grossen Cylinder genau wie 31 : 44, woraus sich bei 11 Fuss Hubhöhe des grossen Kolbens die des kleinen zu $\frac{31}{44} \cdot 11 = 7\frac{3}{4}$ Fuss ($= 2,432^m$) berechnet. Der Hebelarm für die Pleuelstange ist 12 Fuss $2\frac{7}{32}$ Zoll ($= 3,824^m$), so dass er sich zu dem für den grossen Cylinder genau wie 6 : 11 verhält. Der Durchmesser des Kurbelkreises ist also $\frac{6}{11} \cdot 11 = 6$ Fuss ($= 1,884^m$), so dass die Kurbel 3 Fuss ($= 0,942^m$) Länge bekommt. Nahe bei dem Angriffspunkte der Pleuelstange hat der Balancier seine grösste Stärke, und zwar beträgt hier die Höhe 8 Fuss ($= 2,511^m$). Die Pleuelstange ragt mit ihrem unteren Ende in den Balancier

hinein. Die an dieser Stelle durchbrochenen Kopfplatten sind deshalb, um die nöthige Festigkeit wieder zu erzielen, durch aufgenietete Schienen genügend verstärkt. Die Balancierdrehzapfen haben 18 Zoll (= 471 mm) Durchmesser.

Die Steuerung ist trotz der bedeutenden Grösse der Maschine Schiebersteuerung, und zwar nach dem Meyer'schen System mit zwei aufeinanderliegenden Schiebern. Für die Bewegung der Schieber gehen von den beiden Excentrics l_1 und l_2 aus die Excenterstangen nach oben, nach zwei nebeneinander liegenden kleinen Balanciers $m m$, deren andere Enden mit den Schieberstangen verbunden sind.

Die von den Dampfkesseln kommende Dampfleitung tritt durch eine Wandöffnung in den Maschinenraum. Hier zweigen sich zunächst zwei kleine Rohre c und c_1 ab, von denen das erste den Dampf zum Betriebe der Luftpumpen, das andere den für die Dampfschachtwinde liefert. Das Dampfrohr steigt abwärts und ist an seiner tiefsten Stelle mit einem automatischen Entwässerungstopfe d zur Ableitung des Condensationswassers verbunden. Von hier geht die Dampfleitung in einem überdeckten Canale nach der Maschine hin bis zum Dampfabsperrentile Q . Ist Letzteres geöffnet, so geht der Dampf in den Schieberkasten R_1 und in die Cylinder. Der aus diesen abziehende Dampf wird durch das Abzugsrohr $U_1 U_1$ nach den Condensatoren, oder im Falle diese aus irgend einem Grunde ausser Betrieb gesetzt werden müssen, durch das dann zu öffnende Absperrventil Q_3 durch die Säule U_2 und ein daran angesetztes Rohr in die freie Luft.

Mit den beiden Dampfzylindern lässt sich ein Entwässerungstopf d_2 in Verbindung setzen, welcher das sich dort bildende Condensationswasser automatisch entfernt und durch das Rohr i in das Dampfabzugsrohr U_1 ableitet. Das in dem Schieberkasten R und dem Absperrventil Q sich bildende Condensationswasser wird mittelst des Hahnes h und eines Leitungsrohres ebenfalls in das Rohr U_1 geführt.

Dampfzylinder und Steuerung.

Taf. XXVI.

- Fig. 1—3. Querschnitte des Schieberkastens.
- Fig. 4. Ansicht auf die Dampfcanäle des Canalkastens im Innern des Schieberkastens.
- Fig. 5. Ein in den Schieberkastendeckel eingesetzter Ring zum Heben desselben bei Reparaturen.
- Fig. 6. Horizontalschnitt durch die Schieberkasten, den Canalkasten und die beiden Cylinder in verschiedenen Höhen.
- Fig. 7. Ansicht der an den grossen Cylinder angegossenen Dampfcanäle.
- Fig. 8. Desgleichen für den kleinen Cylinder.
- Fig. 9. Verticalschnitt durch den grossen Dampfzylinder und den daran angesetzten Canalkasten.
- Fig. 10. Ansicht vom obersten Ende des Canalkastens.
- Fig. 11. Verticalschnitt durch den kleinen Cylinder und den Canalkasten.
- Fig. 12. Ansicht des Canalkastens am oberen Ende des kleinen Cylinders.

Die Dampfzylinder.

Beide Cylinder stehen, wie Taf. XXV Fig. 1 zeigt, auf kräftigen Cylinderböden, welche ihrerseits auf den Trägern befestigt sind. Diese Böden bilden die unteren Cylinderdeckel und sind für die durchgehenden Kolbenstangen mit Stopfbüchsen versehen, welche, um das Herablaufen des Oeles zu verhindern, verdoppelt sind. Die Böden sind hohl gegossen und können durch eingelassenen Dampf geheizt werden, was vor Inangsetzung der Maschine erforderlich ist.

Die Cylinder selbst sind einfach und nur mit einer Holzbekleidung und hintergelegter Packung gegen Abkühlung geschützt. Ebenso die oberen Deckel.

Oben sowohl als unten an den Cylindern sind die Anfänge der Dampfcanäle, angegossen, mit welchen sie mit dem Canalkasten verbunden werden. Der Canalkasten hat eine gewisse Aehnlichkeit mit einem dreiseitigen Prisma, dessen eine Seite mit dem Schieberkasten und die beiden anderen Seiten mit

den Dampfzylindern verbunden sind. Die Canäle des Canalkastens sowohl als die an den Cylindern angegossenen sind mit eingegossenen Rippen (Zwischenwänden) versehen, welche die grossen ebenen Wände zusammenzuhalten resp. zu verstärken und für den Dampfdruck haltbar zu machen haben.

Der Canalkasten hat im Ganzen fünf Abtheilungen, und zwar S und S_1 , welche mit dem kleinen Cylinder, T und T_1 , welche mit dem grossen Cylinder communiciren, und U , welche mit dem Dampf-abzugsrohre in Verbindung steht.

Die Steuerung.

Die Dampfvertheilung geschieht, wie schon erwähnt, durch zwei aufeinanderliegende Schieber nach dem Princip der Meyer'schen Expansionssteuerung. Der Expansionschieber ist in der Mitte getheilt, besteht also aus zwei Hälften, welche ebenso wie bei der Meyer'schen Steuerung behufs Veränderung des Expansionsgrades durch eine links und rechts gewundene Schraube gegeneinander verstellt werden können. Die Stellvorrichtung ist in den Figuren nicht gezeichnet. Der Expansionschieber wird durch Federn, welche sich gegen die Schieberkastendeckel stützen, schwach auf den Vertheilungsschieber gedrückt.

Um die Bewegung der beiden Schieber aufeinander möglichst zu verringern, und auch um ein rasches Abschliessen der Dampfcanäle für das Eintreten der Expansion zu bewirken, sind die Dampfeintritts-canäle R_2 im Vertheilungsschieber in je drei Abtheilungen getheilt, wodurch die entsprechende Form des Expansionschiebers veranlasst wird. Die Schiebercanäle R_2 communiciren immer nur mit den Canälen S und S_1 , welche nach dem unteren und oberen Raume des kleinen Cylinders führen. Eine zweite Höhlung R_3 im Vertheilungsschieber dient als Verbindung der Dampfcanäle des kleinen und grossen Cylinders zur Ueberführung des Dampfes von dem einen nach dem andern. Eine dritte Höhlung R_4 hat endlich, wie bei einem gewöhnlichen Muschelschieber, die Dampfcanäle T und T_1 des grossen Cylinders abwechselnd mit dem Austrittschanal U zu verbinden.

Wenn die Kolben ihre äussersten Stellungen oben oder unten einnehmen, so befinden sich die Schieber nahezu in ihrer mittleren Position, nur der Expansionschieber ist dem Vertheilungsschieber etwas vorgeeilt. Befinden sich z. B. die Kolben in der tiefsten Stellung, so bewegen sich die Schieber über ihre mittlere Position nach oben; die Canäle im Vertheilungsschieber sind bei der betreffenden Stellung des Expansionschiebers offen, so dass der Dampf eintreten und beim Freiwerden des Canales S durch diesen unter den kleinen Kolben gelangt. Zugleich tritt der Dampf, welcher beim Niedergange über den kleinen Kolben gewirkt hat, durch den Canal S_1 zurück und durch die Schieberhöhlung R_3 in den Canal T des grossen Cylinders, gelangt so unter den grossen Kolben und expandirt. Endlich geht der Dampf über dem grossen Kolben weg durch den Canal T_1 und die Schieberhöhlung R_4 in den Abzugschanal U , welcher mit dem Condensator in Verbindung steht.

Wenn nun der Vertheilungsschieber in der höchsten Position angekommen ist, also die Kolben etwa nahezu in ihrer mittleren Stellung sich befinden, so ist der voreilende Expansionschieber schon wieder so weit niedergegangen, dass er die Oeffnungen des ersteren verschliesst und von diesem Moment ab findet im kleinen Cylinder Expansion statt.

Beim Niedergange der Kolben dagegen befinden sich die Schieber unter ihrer mittleren Position. Der frische Dampf tritt durch den oberen Raum R_2 des Vertheilungsschiebers in den Canal S_1 und so über den kleinen Kolben. Der Dampf unter dem Letzteren geht durch den Canal S zurück und durch den Schieber-raum R_3 und den Canal T_1 über den grossen Kolben, wo er expandirt, während der Dampf unter demselben weg durch den unteren Canal T und die Schieberhöhlung R_4 in den Abzugschanal U und so in den Condensator gelangt. Auch beim Niedergange findet durch die Voreilung des Expansionschiebers, gerade so wie beim Aufgange der Kolben, die Dampfabspernung und Expansion im kleinen Cylinder statt.

Condensator und Luftpumpe.

Taf. XXVII.

Fig. 1. Grundriss der Condensationseinrichtung.

Fig. 2. Verticallschnitt der Luftpumpe und der zugehörigen Dampfmaschine.

Fig. 3. Ansicht derselben.

Fig. 4. Horizontalschnitt durch den Dampfzylinder der Luftpumpe.

Die Condensation ist in Betreff der Fortschaffung der Condensationsproducte wesentlich abweichend von der sonst gebräuchlichen. Die Luftpumpen sind hier sogenannte trockene Luftpumpen und haben nur die Aufgabe, die Luft und den etwa noch vorhandenen nicht condensirten Dampf aus dem Condensator fortzuschaffen, während das Condensationswasser und der condensirte Dampf durch luftdichte Abfallrohre in dem Schachte nach einer 35 Fuss (= 11^m) unter Tage liegenden Rösche abgeführt und durch diese ins Thal fortgeleitet werden. Die Abfallrohre münden unten in einen Sumpf genügend tief unter Wasser, so dass von dort her nie Luft in dieselben eindringen kann.

Zur Sicherheit des Betriebs sind zwei Condensatoren und zwei Luftpumpen vorhanden, die ganz beliebig untereinander und mit dem Dampfzugsrohre verbunden werden können. Reparaturen und Reinigungen lassen sich dann jederzeit ohne weitere Störung vornehmen. W_1 und W_2 (Fig. 1) sind die beiden Condensatoren. Sie lassen sich gegen das Dampfzugsrohr U , welches von der Maschine herkommt, durch Ventile Q_1 und Q_2 abschliessen. Diese beiden Ventile befinden sich unmittelbar über dem Dampfrohre. Ueber den Ventilen sind an den Ventilgehäusen die Seitenrohre angesetzt, welche den Dampf zuerst seitwärts und dann abwärts unten nach den Condensatoren führen. Das kalte Wasser wird den Condensatoren durch das Rohr V aus dem Hauptwasserreservoir geliefert, in welches der oberste Drucksatz durch ein von dem Steigrohre M_3 abgezwigtes Rohr M_4 ausgiesst. Aus dem Rohr V wird das kalte Wasser durch ein paar neben den Condensatoren emporsteigende Rohre seitlich oben in dieselben geführt.

Die Einspritzventile sind Doppelsitzventile, welche das Wasser in zwei dünnen Schichten schräg nach unten spritzen. Zum Reguliren des Einspritzwassers, d. h. zum Stellen der Ventile, dient folgende Einrichtung. An jedem Condensator ist ein kleines Gehäuse q_1 resp. q_2 angegossen, in welchem eine Drehaxe liegt, die innen einen mit dem Einspritzventil verbundenen Hebel trägt und aussen an dem durch eine Stopfbüchse abgedichteten Ende mit einem viereckigen Zapfen versehen ist. Auf diesen Zapfen wird ein längerer Hebel gesteckt und mit demselben das Ventil nach Bedarf gehoben und gesenkt. Da pro Pferdekraft und pro Minute etwa 10 bis 11 Kil. Wasser zur Condensation erforderlich sind, für die Maschine von 700 Pferdekraft also etwa 7000 bis 7700 Kil. oder 7 bis 7,7 Cubikmeter, so genügen dazu gerade die pro Minute gehobenen 240 Cubikfuss (= 7,42 Cubikmeter).

Für die Einspritzventile ist noch eine Selbstregulirung angebracht. Zwischen den beiden Condensatoren steht nämlich ein grosser runder Wasserbehälter, welcher durch ein kleines Zweigrohr mit dem Kaltwasserrohr in Verbindung steht, so dass der Wasserstand in dem Behälter immer genau so hoch ist als in dem Hauptwasserreservoir, in welches die Schachtwasser ausgegossen werden. In dem Behälter befindet sich ein Schwimmer, welcher mit den Hebeln der Einspritzventile verbunden ist. Steigt nun das Wasser im Reservoir, was der Fall ist, wenn mehr Wasser von den Pumpen geliefert wird als in den Condensator einspritzt, so hebt sich der Schwimmer und öffnet das Einspritzventil etwas mehr und ebenso umgekehrt, so dass also die Menge des von den Pumpen gelieferten Wassers, es mag viel oder wenig sein, von dem arbeitenden Condensator immer gerade verbraucht wird.

Zur Abführung des Condensationswassers ist unten an jedem Condensator ein Abfallrohr angesetzt. Diese beiden Rohre V_1 und V_2 gehen nebeneinander etwa 11^m tief in den Schacht hinab (s. Taf. XXV, Fig. 2) bis in den Sumpf der Abfallrösche.

Das Dampfzugsrohr hat von den Cylindern ab bis zu den Condensatoren etwas Fall. An dem tiefsten Punkte desselben ist zur Abführung des in demselben sich etwa bildenden und sonst hineingeführten Condensationswassers ein enges Rohr n angesetzt, welches mit den Abfallröhren zusammen in dem Schachte hinab bis in den Sumpf der Abfallrösche führt.

Die Luftpumpen haben hier, wie schon erwähnt, nur die gasförmigen Condensationsproducte aus den Condensatoren fortzuschaffen. Die Rohrleitung Y führt nach den Luftpumpen. Die Condensatoren lassen sich durch die Luftventile X_1 und X_2 beliebig dagegen abschliessen.

Die beiden Luftpumpen, von welchen eine jede für sich allein zum Betriebe genügt, sind im Maschinenraume aufgestellt. Sie sind doppeltwirkend und mit Schiebersteuerung versehen, haben 21 Zoll (= 549 mm) Durchmesser und 30 Zoll (= 785 mm) Hub. Das von den Condensatoren kommende Rohr Y mündet in den Canal Y_1 jeder Luftpumpe Z (Fig. 2); dieser Canal wird durch zwei Muschelschieber abwechselnd mit dem oberen und unteren Raume der doppeltwirkenden Luftpumpe verbunden. Um den Druck der äusseren Luft möglichst von dem Kolben fern zu halten und denselben zu entlasten, sind die Schieber noch bedeutend verlängert und mit Gummiventilen versehen, welche sich erst am Ende des Kolbenweges öffnen, wenn der Druck im Cylinder gleich dem der äusseren Luft wird. Der Kolben hat also auf seinem Wege nur einen verhältnissmässig geringen Gegendruck zu überwinden. Der Betrieb der Luftpumpen geschieht durch je eine kleine Bügeldampfmaschine mit Expansionssteuerung und einem Cylinderdurchmesser von $10\frac{1}{2}$ Zoll (= 275 mm).

Sehr wesentlich ist ein vollständig luftdichter Abschluss aller Condensationsapparate, da die geringsten Undichtigkeiten leicht Luft eindringen lassen und so zu Betriebsstörungen Veranlassung geben können. Die Deckel der beiden Condensatoren W_1 und W_2 , sowie die der Absperrventile Q_1 und Q_2 , deren Dichtung in gewöhnlicher Weise schwierig sein würde, werden mit Wasser abgedichtet. Die Ränder der betreffenden Gehäuse ragen nämlich noch etwa 10 Zoll über die mit Bügel und Schraube befestigten Deckel empor, so dass man eine hohe Schicht Wasser, etwa 6 Zoll (= 157 mm), darauf giessen kann, wodurch jedes Eindringen von Luft gehindert wird.

Wird eines der Ventile Q_1 und Q_2 geschlossen, so muss auch dieses, ein einfaches Tellerventil, in gleicher Weise gedichtet werden. Zu diesem Zwecke ist der Raum über dem Deckel mit dem Raume über dem darunter befindlichen Ventile durch ein kleines Zwischenrohr mit Hahn verbunden. Wird der Hahn geöffnet, so fliesst das Wasser herunter auf das Ventil und dichtet dasselbe ab.

Soll die Maschine in Betrieb gesetzt werden, so öffnet man zuerst ein kleines Handventil e (s. Taf. XXV, Fig. 2), welches etwas Dampf aus dem Dampfrohre P durch das Rohr e_1 nach dem Cylinderboden des kleinen Cylinders, von da durch das Verbindungsrohr e_2 nach dem des grossen Cylinders lässt, um dieselben vorzuwärmen. Das sich bildende Condensationswasser fliesst durch das Rohr e_3 und den automatischen Entwässerungstopf d_1 ab. Auch die Cylinder werden etwas angewärmt und schliesslich die Luftpumpen in Thätigkeit gesetzt, sowie das Kaltwasserventil eingestellt. Wird nun das Dampfventil Q geöffnet, so ist der Dampfdruck im kleinen Cylinder allein noch nicht im Stande, die Maschine zu bewegen. Es wird deshalb durch einen mit Handgriff zu bewegendem kleinen Steuerschieber f und die Rohre f_1 und f_2 frischer Dampf nach Bedarf in den Canal T oder T_1 , also unter oder über den grossen Kolben geleitet, so dass der Dampfdruck jetzt die Widerstände überwinden kann.

Regulirung der Maschine.

Da sich der Gang der Maschine nach der Menge des zusammenlaufenden Wassers, also nach dem Wasserstande des Sumpfes im Schachttiefsten zu richten hat, so ist die Möglichkeit gegeben und hier zur Ausführung gebracht, den Wasserstand im Sumpfe und die Stellung des Dampfabsperrentiles der Maschine selbstthätig von einander abhängig zu machen.

In dem Sumpfe liegt nämlich ein Schwimmer w (s. Fig. 1), dreieckig und vorn durch ein paar Bretter gegen Wasserströmung geschützt, welcher an einem langen einarmigen Hebel hängt. Letzterer ist durch ein Drahtseil mit einem darüber liegenden Hebel x verbunden, welcher auf der Welle x_1 befestigt ist und auf der andern Seite ein Gewicht x_2 trägt. Auf die Welle x_1 , welche sich also beim Heben und Senken des Schwimmers nach der einen oder andern Richtung dreht, ist in einer nicht weiter dargestellten Weise an einem Ende ein Hebel aufgesetzt, an welchem eine bis zur Schwungradwelle gehende Zugstange angehängt ist. Letztere endlich bewegt mit Hülfe eines Winkelhebels ein birnförmiges Gewicht y (s. Taf. XXV,

Fig. 1), welches auf einer verticalen Axe von der Schwungradwelle aus durch ein Kegelhäderpaar gedreht wird. Mit dem Gewicht y sind zwei Frictionskegelräder verbunden, welche sich mit demselben auf und ab verschieben und dabei abwechselnd mit dem zugehörigen Rade z_1 in Berührung kommen, also dasselbe entsprechend entweder links oder rechts drehen. Durch eine Wellenleitung und zwei Kegelhäderpaare z_2 und z_3 wird diese Drehung endlich auf das Stellrad des Regulirventiles übertragen. Sobald also bei geringem Wasserzuffuss der Schwimmer unten im Sumpfe sinkt, wird das Regulirventil etwas geschlossen, so dass weniger Dampf eingelassen wird und die Maschine langsamer geht. Ebenso wird umgekehrt beim Steigen des Schwimmers das Regulirventil mehr geöffnet.

Während des Abteufens ist dieser Regulator nicht in Thätigkeit. Ob er sich später bei der Anwendung bewähren wird, ob durch plötzliche Temperaturveränderungen also entsprechende Längenveränderungen in der Verbindung zwischen Schwimmer und dem Gewicht y oder ähnliche Einwirkungen nicht vielleicht Störungen eintreten, bleibt abzuwarten.

Zusammenstellung der Hauptdimensionen der Maschine.

Durchmesser des grossen Dampfeylinders	$6\frac{1}{2}$ Fuss = 2,040 ^m
Kolbenhub desselben	11 Fuss = 3,452 ^m
Durchmesser des kleinen Dampfeylinders	$4\frac{3}{4}$ Fuss = 1,491 ^m
Kolbenhub desselben	$7\frac{3}{4}$ Fuss = 2,432 ^m
Länge der Kurbel	3 Fuss = 0,942 ^m
Durchmesser der Kurbelwelle	$2\frac{1}{3}$ Fuss = 0,732 ^m
Durchmesser des Schwungrades	30 Fuss = 9,416 ^m
Durchmesser der Luftpumpen	21 Zoll = 549 ^{mm}
Hubhöhe derselben	$2\frac{1}{2}$ Fuss = 785 ^{mm}
Durchmesser des zugehörigen Dampfeylinders	$10\frac{1}{2}$ Zoll = 275 ^{mm}
Kolbendurchmesser der beiden Saugpumpen	$24\frac{1}{2}$ Zoll = 641 ^{mm}
Plungerdurchmesser des untersten Drucksatzes	$24\frac{1}{4}$ Zoll = 634 ^{mm}
- - mittleren -	$24\frac{1}{8}$ Zoll = 631 ^{mm}
- - obersten -	24 Zoll = 628 ^{mm}
Hub der Pumpen	$5\frac{1}{2}$ Fuss = 1,726 ^m
Förderhöhe für die fünf Pumpen zusammen	$984\frac{1}{2}$ Fuss = 309,0 ^m

Die Pumpen und Gestänge.

Die Saugsätze.

Taf. XXVIII.

Fig. 1. Verticaldurchschnitt durch den obersten Saugsatz.

Fig. 2. Seitenansicht desselben.

Fig. 3. Grundriss beider Saugsätze.

Die beiden Saugsätze H_1 und H_2 , von welchen der eine H_1 sich im Schachttiefsten befindet und welche sich einander zuheben, sind ganz gleich construiert und haben dieselben Dimensionen. Sie hängen beide zwischen Senkbäumen.

Jeder Saugsatz ist mit einem 6 Fuss (= 1,88^m) langen und um 6 Fuss auf dem Degenrohr G_2 schiebbaren Schläucher versehen, um mit Sicherheit 5 Fuss (= 1,57^m) in einer Tour senken zu können. Der Schläucher ist unten auf 3 Fuss (= 0,94^m) erweitert, um eine geringe Wassergeschwindigkeit zu erhalten, damit nicht Berge etc. aus dem Sumpf mitgerissen werden, und damit bei raschem Gange das Wasser

beim Anfange des Hubes leichter folgen kann, ohne einen luftleeren Raum zu bilden. Aus gleichem Grunde ist auch das Degenrohr sehr weit gehalten.

Die Ventile sind Glockenventile. Der ruhende Theil des Saugventiles U ist mit doppelten Conen eingepasst, welche in zweckmässiger Weise zur Dichtung mit Guttapercha garnirt sind. Er ist in Form von acht Flügeln ziemlich bedeutend nach unten verlängert, wodurch er so schwer wird, dass er durch den Wasserstrom nach oben nicht herausgeworfen werden kann.

Die Glocke ist an jeder Sitzfläche mit Ledermanschetten versehen, welche durch eiserne Bänder und Spannschrauben befestigt sind.

Die Kolbenventile U_1 haben gleiche Construction. Die Kolbenliderung wird durch eine gepresste und mit Schrauben befestigte Ledermanschette gebildet, welche im Vergleich zu der gewöhnlichen Stulpenliderung eine sehr lange Dauer hat. Die Kolbenspindel ist oben flach und mittelst zweier Schraubenkeile am Gestänge befestigt.

Das Kolbenrohr H_1 sowie H_2 jedes Saugsatzes hat $24\frac{1}{2}$ Zoll ($= 641\text{ mm}$) Durchmesser und 10 Fuss ($= 3,138\text{ m}$) Länge. Diese beträgt also circa $3\frac{1}{2}$ Fuss mehr als für die Hubhöhe erforderlich ist und wurde deshalb so gross angenommen, um im Nothfalle ohne Weiteres ein Nothventil einsetzen zu können.

Die gusseisernen Steigrohrstücke J_1 und J_2 haben eine Baulänge von 10 Fuss ($= 3,138\text{ m}$) und eine solche innere Weite, dass Kolben und Ventile sich leicht dadurch herausziehen lassen. Die Fugen sind für Gummi- oder Guttapercha-Dichtung eingerichtet. Jedes Steigrohrstück, sowie das Kolbenrohr und der Ventilkasten, ruhen mit ihrem Trageflansch auf ringförmig gebogenen und an die Senkbäume angeschraubten Trageisen.

Der unterste Saugsatz giesst in einen Bohlenkasten aus, welcher dem folgenden als Sumpf dient. Der obere Saugsatz giesst in den cylindrischen Sumpf K_1 (s. Taf. XXIX, Fig. 5) der untersten Druckpumpe tangential aus, damit durch die Rotation die Luftblasen nach der Mitte zu gehen und so leichter entweichen können.

Die Senkbäume waren ursprünglich aus Tannenholz projectirt und sind auch in den Zeichnungen so angegeben. Später sind aber statt derselben Senkschienen aus doppelt T-Eisen von $11\frac{1}{2}$ Zoll ($= 300\text{ mm}$) Höhe und $4\frac{3}{4}$ Zoll ($= 124\text{ mm}$) Kopfbreite verwendet. Der oberste Saugsatz hat zur Unterstützung der Senkbäume ein Eisengertist aus den Trägern t_1 t_2 t_3 bestehend, von welchen die Träger t_2 mit einem Ende im Schachtstoss, mit dem andern auf dem Träger t_3 ruhen, welcher seinerseits mit beiden Enden in den Schachtstössen verlagert ist. Die Senkbäume des untersten Saugsatzes erhalten nach beendetem Abteufen ihre Unterstützung direct auf der Schachtscheibe.

Die Saugsatzgestänge.

Taf. XXIX, Fig. 5.

Sie bestehen aus je zwei Flacheisenschienen von 5 Zoll ($= 131\text{ mm}$) Breite, 1 Zoll ($= 26\text{ mm}$) Dicke und 20 Fuss ($= 6,28\text{ m}$) Baulänge, zwischen welche behufs Versteifung unter Wasser 7×9 Zoll ($= 183 \times 235\text{ mm}$) starke Hölzer geschraubt, über Wasser aber leichte gusseiserne Stege eingietet sind. Die obersten Schienen sind behufs Verlängerung mit Keillöchern versehen. Sie ruhen auf Schliesskeilen und werden durch Spannkeile gegen todten Gang in Spannung versetzt.

Zur Verbindung der Saugsatzgestänge mit dem Drucksatzgestänge sind an das letztere zwei kräftige dreieckige Krumse angesetzt, zwischen welche kleine Traversen eingeschaltet sind, welche zur Aufnahme der oben an den Saugsatzgestängen befindlichen Schrauben dienen. Die Schrauben haben zugleich den Zweck, die Pumpenkolben genau einstellen zu können.

Die Drucksätze.

Taf. XXIX.

- Fig. 1. Verticalsechnitt durch den mittleren Drucksatz sowie durch das Gestänge und Druckrohr.
- Fig. 2. Seitenansicht derselben.
- Fig. 3. Führungs- und Fanglager.
- Fig. 4. Horizontalschnitt durch den mittleren Drucksatz.
- Fig. 5. Verbindung des untersten Drucksatzes mit dem obersten Saugsätze.
- Fig. 6. Horizontalschnitt durch den untersten Drucksatz.
- Fig. 7. Keilvorrichtung zum Feststellen der Drucksätze.

Die aufeinander folgenden Drucksätze erhalten, wie schon erwähnt, die Plungerdurchmesser von $24\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{8}$ und 24 Zoll; übrigens sind sie ganz gleich construiert und von gleichen Dimensionen.

Der Pumpentiefel ruht mit seinem plangedrehten unteren Flantsch auf einem hohlen gusseisernen Balken, welcher mit dem einen Ende in den Schachtstoss eingemauert, mit dem andern Ende auf einem schmiedeeisernen Träger ruht. Das Verbindungsrohr ist zur Verhütung von Sandanhäufung unten am Plungerrohr angebracht, während die Luft durch ein kleines Luftventil d_3 oben abgeführt wird. Am Plungerrohr sind auch die Führungen F_2 für die Uebergabelungsstangen angesetzt.

Die Ventile v und v_1 (s. Taf. XXVIII, Fig. 4) sind ebenso eingerichtet, wie die der Saugsätze. Beide sind durch eine Spindel, welche sich mittelst einer Frictionskuppelung nach Bedarf etwas verlängern oder verkürzen lässt, mit einander verbunden.

Ueber jedem Ventil sind, um die beim raschen Schliessen derselben oder auf andere Weise etwa entstehenden Stösse unschädlich zu machen, je zwei Sicherheitsventile eingesetzt. Sie lassen sich sehr leicht herausnehmen und dann durch die frei gewordenen Oeffnungen die Hauptventile nachsehen.

Die Steigrohre haben eine solche Weite, dass die Ventile sich dadurch herausziehen lassen.

Der Ventilkasten steht auf einem zweiten gusseisernen hohlen Tragbalken, welcher zugleich zur Zuführung des Wassers zu dem Saugventile dient. Er ist zu diesem Zwecke durch einen als Saugrohr dienenden Zwischenchannel K_2 mit dem Sumpfe M_1 , in welchen der vorhergehende Satz mündet, verbunden. Der Tragbalken ist mit dem einen Ende im Schachtstosse, mit dem andern auf dem schmiedeeisernen Träger gelagert. Jedes Ende setzt sich auf je zwei breite Keile aa (s. Fig. 2 und 7) auf, welche durch Keilschrauben b auseinander getrieben, resp. angezogen werden können. Durch Lösen derselben kann man die Tragbalken so weit senken, dass der Ventilkasten oder Stücke des Steigrohres sich leicht auswechseln lassen.

Die Drucksatzgestänge.

Taf. XXIX.

Als Gestänge ist ein aus Blech zusammengenietetes hohles Rundgestänge, wie sie bei den sogenannten Rittinger'schen Pumpen in Anwendung sind, gewählt; es wird hier aber nur als Gestänge und nicht zugleich als Steigrohr für die Drucksätze verwandt. Es ist der runden Form der Vorzug gegeben, weil es sich billiger als alle von anderer Form herausstellte. Nach dem Hoppe'schen Anschläge stellten sich für gleiche Tragsicherheit die Preise eines hohlen Rundgestänges, eines kastenförmigen (wie auf Seite 34 beschrieben) und eines massiven Gestänges nahezu wie 10 : 11 : 15.

Die einzelnen Gestängetheile E haben 40 Fuss ($= 12,554^m$) Baulänge, sind durchgängig aus $\frac{3}{4}$ Zoll ($= 20^{mm}$) starkem Blech hergestellt und an den Längsnähten einfach, an den Quernähten doppelt genietet. Sie sind an den Enden plan gedreht und durch Keilschrauben s und Schliesskeile gespannt (s. Fig. 1). Die Gestänge sind innen gebeizt und zur Verhütung des Rostens mit Mennige geschritten; übrigens aber alle Fugen vollkommen gegen Eindringen von Wasser gedichtet.

Das unterste Gestängestück ist zur Aufnahme der Krumse eingerichtet, das des mittleren und obersten Satzes ausserdem noch zur Aufnahme der Uebergabelungsstangen, welche auf je zwei schwalben-

schwanzförmige Zapfen passen und durch je eine Keilschraube k (s. Fig. 1) gespannt werden. In derselben Weise werden die Uebergabelungsstangen unten bei g mit dem folgenden Gestänge verbunden. Im Falle, dass der unterste Drucksatz ersaufen sollte, können die Krumse mit den Saugsatzgestängen an den oberen Drucksätzen angebracht werden (s. Fig. 2).

Wegen der etwaigen einseitigen Krumswirkung ist das unterste Gestängestück sehr stark construiert und bekommt am obern Ende eine besonders starke Führung F_1 zwischen Pockenholzpfannen, die in einem Eisengerüst p ruhen und durch Keile angedrückt werden. Diese Führungen ruhen auf starken Hölzern, die mit ihren Enden auf gusseiserne Träger, welche zugleich die Steigrohre halten, gelegt sind. Alle andern Gestängetheile erhalten leichtere Pockenholzführungen F (s. Taf. XXIV).

Ueber jeder Führung ist auf das Gestänge ein Ring aufgenietet, welcher beim niedrigsten Stande circa 1 Zoll (= 26^{mm}) Spielraum lässt, sich aber bei etwaigem Gestängebruch aufsetzt und auch bei Reparaturen zum Abfangen des Gestänges dient.

Zusammenstellung der ungefähren Gewichte

der Dampfmaschinenanlage und der Pumpensätze nebst Gestänge für den
Tiefbauschacht der Steinkohlengrube Ferdinand bei Kattowitz.

Dampfmaschinenanlage.

	Centner.
Eine doppeltwirkende Woolfsche Dampfmaschine mit Cylindern von resp. 6 ¹ / ₂ Fuss Durchmesser, 11 Fuss Hub und 4 ³ / ₄ Fuss Durchmesser, 7 ³ / ₄ Fuss Hub mit circa 670 Centner schwerem Schwungrade, schmiedeeisernem Balancier von circa 550 Centner incl. der zur Fundamentirung nöthigen eisernen Träger und Fundamentanker, der erforderlichen Absperrungen und zur Bedienung nöthigen eisernen Treppen und Estraden nebst Geländer	4960
Zwei Condensatoren incl. der nöthigen Absperrungen, von denen für den Nothfall ein einziger für den Betrieb der Wasserhaltungsmaschine ausreicht, zusammen	165
Zwei complete Dampflluftpumpen, zusammen	186
Eine complete transportable Dampfschachtwinde mit 24 zölligen Seiltrommeln zu 200 Centner Tragkraft	284
Totalgewicht der Dampfmaschinenanlage	5595

Die Pumpensätze und Gestänge.

	Centner.
Ein Saugsatz.	
Ein Kolbenrohr von 24 $\frac{1}{2}$ Zoll lichtigem Durchmesser, 10 Fuss Länge und 1 $\frac{3}{8}$ Zoll Wandstärke	48
Ein Saugventilgehäuse	19
Ein Degenrohr	18
Ein Schläucher mit Stopfbüchse	11 $\frac{1}{2}$
Ein Kolben mit Ledermanschetten und Glockenventil incl. Schwert zur Verbindung mit dem Gestänge	8 $\frac{1}{2}$
Ein Saugventil gleicher Construction mit Ledermanschetten, Guttaperchagarnirung und Haken zum Ausheben	25
48 Stück gedrehte 1 $\frac{1}{4}$ zöllige Flanschenschrauben	1 $\frac{1}{2}$
Summa	131 $\frac{1}{2}$
Ein Drucksatz.	
Ein Untertheil des Pumpenstiefels nebst langem gebogenen Stutzen	65
Ein Obertheil desselben nebst Stopfbüchse incl. 12 Stück 1 $\frac{1}{2}$ zöllige Stopfbüchsen-schrauben und Entlüftungsventil	50
Ein hohler gusseiserner Tragbalken für den Pumpenstiefel	46
Ein gusseiserner Plunger	30
Ein Ventilkasten	48
Ein Rohrstück über dem Ventilkasten	70
Ein Saug- und ein Druckglockenventil mit Ledermanschetten und Guttaperchagarnirung mit gekuppelten Spindeln und Haken zum Ausheben	20
4 Glocken-Sicherheitsventile nebst Sitzen und Befestigungstheilen	2
Ein hohler gusseiserner Tragbalken für den Ventilkasten	40
2 Vorrichtungen zum Heben und Senken des Tragebalkens	4
72 Stück gedrehte 1 $\frac{1}{2}$ zöllige Flanschenschrauben	5
2 Blechträger zum Tragen von Pumpenstiefel und Steigrohr, aus $\frac{3}{4}$ zölligen Blechen	105
Summa	485
Die Saugsatzgestänge.	
367 laufende Fuss genau gearbeitete schmiedeeiserne Saugsatzgestänge, in Längen von 20 Fuss resp. 10 Fuss, aus 5 \times 1 Zoll starkem Flacheisen mit eingehobelten Schlössern und Schrauben, über Wasser durch gusseiserne Stege versteift, unter Wasser für Holzzwischenlage eingerichtet, nebst Anschluss an den Saugkolben	140
2 Stück 3 $\frac{1}{2}$ Zoll starke Regulierungsschrauben nebst Schliesskeilen, Schraubenkeilen und schmiedeeisernen an die Krumse gepassten Traversen nebst 2 Stück bronzenen Muttern und 2 Contremuttern	15 $\frac{1}{2}$
Ein besonders leichtes Anschlussstück an den Kolben des einen Saugsatzes für den Beginn des Abteufens	1
2 Stück geschmiedete Krumse incl. Schrauben zur Befestigung	15
Summa	171 $\frac{1}{2}$

	Centner.
Das Gestänge des untersten Drucksatzes.	
Das unterste, zur Aufnahme der Krumse bedeutend verstärkte und unten rectangular gestaltete Gestängestück, 29 $\frac{1}{2}$ Fuss lang, $\frac{3}{4}$ Zoll Blechdicke, incl. Keilschrauben, ferner 4 Stück Gestängetheile à 11 $\frac{1}{2}$ und 10 Zoll Durchmesser und 40 Fuss Länge und 1 Stück à 11 $\frac{1}{2}$ und 13 Zoll Durchmesser und 35 Fuss Länge, mit Anschluss an die Uebergabelung, zusammen	294
Ein gusseiserner Plungeraufsatz incl. Befestigungsschrauben	14
4 Stück Uebergabelungsstangen, 3 $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser und 24 $\frac{1}{2}$ Fuss lang, nebst Keilschrauben	36
Eisenbestandtheile der Gestängeführungen circa	20
Summa	364
Das Gestänge des mittleren Drucksatzes.	
Das unterste, für Krumse und Uebergabelung verstärkte und unten rectangular gestaltete Gestängestück von 29 $\frac{1}{2}$ Fuss Länge incl. Keilschrauben. Ferner 4 Stück Gestängetheile à 14 $\frac{1}{2}$ und 13 Zoll Durchmesser und 14 Fuss lang. Desgleichen ein Stück à 14 $\frac{1}{2}$, 13 und 16 Zoll Durchmesser und 40 Fuss lang. Desgleichen ein Stück à 16 und 14 $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 40 Fuss lang, mit Anschluss an die Uebergabelung.	451 $\frac{1}{2}$
Ein gusseiserner Plungeraufsatz incl. Befestigungsschrauben	14
4 Stück Uebergabelungsstangen von 3 $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, 24 $\frac{1}{2}$ Fuss lang nebst Keilschrauben	36
Eisenbestandtheile der Gestängeführungen circa	21
Summa	522 $\frac{1}{2}$
Das Gestänge des obersten Drucksatzes.	
Das unterste, zur Aufnahme der Krumse und Uebergabelung verstärkte, unten rectangular gestaltete Gestängestück, 29 $\frac{1}{2}$ Fuss lang; ferner ein Gestängetheil à 19 und 17 $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser; ein Stück à 19, 17 $\frac{1}{2}$ und 20 $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser; ein Stück à 20 $\frac{1}{2}$ und 19 Zoll Durchmesser; ein Stück à 20 $\frac{1}{2}$, 19 und 22 Zoll Durchmesser; ein Stück à 22, 20 $\frac{1}{2}$ und 23 $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und sämtlich 40 Fuss lang; ferner das oberste oben rectangular gestaltete Gestängetheil mit aufgenieteten Bügeln, zusammen	636 $\frac{1}{2}$
Ein gusseiserner Plungeraufsatz incl. Befestigungsschrauben	14
Ein schmiedeeiserner gedrehter Charnierbolzen, eine eingepasste gusseiserne Unterpflanne zu dessen Befestigung incl. Befestigungskeile	17
2 Stück schmiedeeiserne Lenkstangen aus starkem Flacheisen à 29 $\frac{1}{4}$ Fuss lang mit Bronzepfannen	89
Eisenbestandtheile der Gestängeführungen circa	20
Summa	776 $\frac{1}{2}$

Recapitulation.		Centner.
2 Saugesätze = $2 \cdot 131\frac{1}{2}$		263
3 Drucksätze = $3 \cdot 485$		1455
Die Saugsatzgestänge		171 $\frac{1}{2}$
Das Gestänge des untersten Drucksatzes		364
Das Gestänge des mittleren Drucksatzes		522 $\frac{1}{2}$
Das Gestänge des obersten Drucksatzes		776 $\frac{1}{2}$
Totalgewicht der Pumpensätze und Gestänge		3552 $\frac{1}{2}$

NB. Es sind in den Gewichtsangaben die Gewichte der Steigröhren, der gusseisernen und schmiedeeisernen Träger für die Steigröhren und Gestängeführungen, sowie der Senkbäume, welche von der Hoppe'schen Fabrik nicht geliefert sind, nicht mit einbegriffen.





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

100274 N/1