

Die Einrichtungen des Kraftwerkes und Maschinenbaulaboratoriums I

der

Großherzoglichen Technischen Hochschule Darmstadt

unter Leitung des

Geheimen Baurat M. F. Gutermuth,
Professor des Maschinenbaues.

Bearbeitet

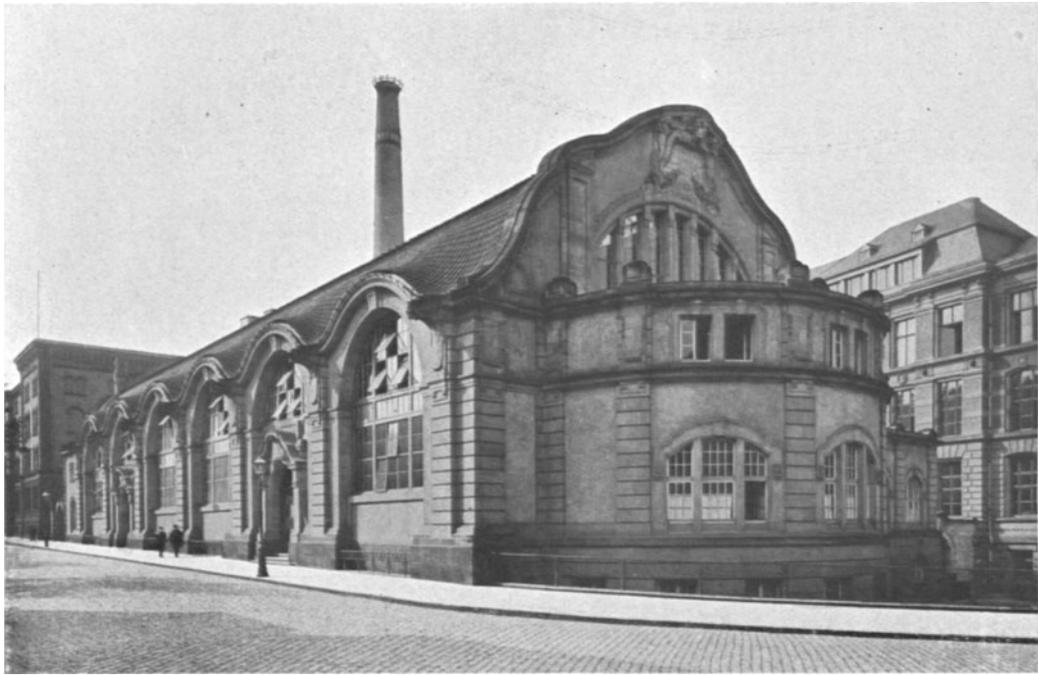
unter Mitwirkung des Institutsvorstandes

von den Assistenten

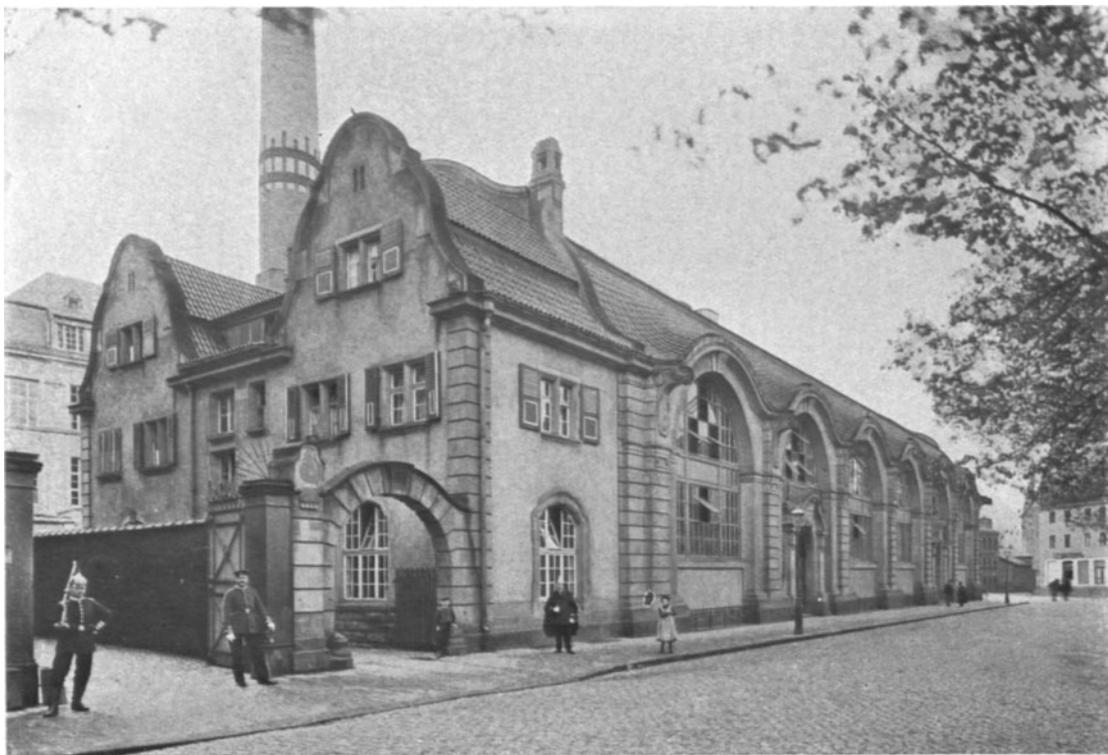
Dipl.-Ing. **Watzinger** und **Stiefelhagen.**



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1908



Außenansicht von der Hochschulstraße.



Außenansicht von der Magdalenenstraße.

Die Einrichtungen des Kraftwerkes und Maschinenbaulaboratoriums I

der

Großherzoglichen Technischen Hochschule Darmstadt

unter Leitung des

Geheimen Baurat M. F. Gutermuth,
Professor des Maschinenbaues.

Bearbeitet

unter Mitwirkung des Institutsvorstandes

von den Assistenten

Dipl.-Ing. Watzinger und Stiefelhagen.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1908

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-642-50587-4 ISBN 978-3-642-50897-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-50897-4

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1908

Vorwort.

Anlage und Umfang des Maschinenbaulaboratoriums I der Technischen Hochschule Darmstadt ist so gewählt, daß die Studierenden nicht nur in die Methoden und Wege wissenschaftlicher Untersuchung eingeführt werden und gewisse Handfertigkeiten in der Anwendung und im Gebrauch der wichtigsten technischen Meßinstrumente sich aneignen können, sondern gleichzeitig vertraut werden mit den Einrichtungen und Betriebsverhältnissen ganzer Maschinen-, Kessel- und Rohrleitungsanlagen, sowie mit den zu deren Bedienung und Überwachung verbundenen Aufgaben.

Zur Anregung und Erleichterung dieser wissenschaftlichen und praktischen Studien soll die vorliegende eingehende Veröffentlichung über die Einrichtungen und Hilfsmittel des Maschinenbaulaboratoriums I dienen.

Die Herausgabe dieser Zusammenstellung gibt dem Institutsleiter willkommene Gelegenheit, dankbar und anerkennend zunächst seiner Assistenten zu gedenken, welche bei den Ausführungsarbeiten, während der Projektierung des Baues und der inneren Einrichtung des Laboratoriums, sowie in der Betriebsführung und Verwaltung des Instituts tatkräftig und befruchtend sich betätigt haben.

Es sind dies die Herren Dipl.-Ing. Sticher und Schiltz, welche während der nur kurz bemessenen Bauzeit mit der Herstellung der Baupläne für die Maschinen- und Kesselanlage, sowie mit der Leitung der Aufstellungsarbeiten betraut waren; Herr Dipl.-Ing. Lynen und Herr Guillaume, welche sich den mit der weiteren Ausgestaltung der inneren Einrichtung und der Regelung der administrativen Aufgaben verbundenen Arbeiten mit großem Geschick und Fleiß unterzogen und ferner Herr Dipl.-Ing. Watzinger und Herr Stiefelhagen, deren lebendiges Interesse an der rationellen Ausgestaltung der Hilfsmittel für den Laboratoriumsunterricht und deren verständnisvolle, aufopfernde Tätigkeit die vorliegende Veröffentlichung ermöglicht haben.

Die rechtzeitige Fertigstellung des neuen Kraftwerks und Laboratoriums wurde auch wesentlich begünstigt durch das praktische Geschick und die interessevolle, unermüdliche Tätigkeit des I. Werkmeisters Wagner, sowie durch die Rührigkeit des übrigen Personals des Instituts.

Ferner ist es dem Institutsleiter eine angenehme und dankbare Pflicht, anzuführen, daß die Ausgestaltung des Laboratoriums in der angestrebten Geschlossenheit wesentlich erleichtert wurde durch das allseitige Entgegenkommen, das dem Institute aus dem Kreise der Industrie durch unentgeltliche Überlassung wichtiger Einrichtungen und durch Zuwendungen oder Vergünstigungen zuteil geworden ist.

Die in bezeichneter Richtung dem Institute gewordene weitgehende Unterstützung möge aus folgender Aufzählung der wichtigsten Zuwendungen erhellen:

Göhrig & Leuchs Darmstadt:	1 Dampfüberhitzer von 23 qm Heizfläche.
Johann Weber, Darmstadt:	1 Dampfüberhitzer von 36 qm Heizfläche.
A. Hering, Nürnberg:	1 Dampfüberhitzer von 36 qm Heizfläche.
E. Schwörer, Colmar:	1 Dampfüberhitzer von 60 qm Heizfläche.

Siemens & Halske, St. Petersburg: 1 Drillingshochdruckpumpe mit Elektromotor.
 Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, Werk Nürnberg:
 1 Versuchs-Dampfturbine.
 Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk b. Köln: 1 Hochdruck-Differentialpumpe.
 „ „ „ „ „ 5 PS_e De Laval Dampfturbine.
 A. Borsig, Tegel-Berlin: Ein Verbund-Luftkompressor für 50 PS mit Zwischenkühler.
 Escher Wyß & Co.; Zürich: 1 Hochdruck-Zentrifugalpumpe.
 Mannesmannröhrenwerke: Druckrohrleitung für Hochdruckpumpe.
 Grünzweig & Hartmann, Ludwigshafen: Isolierung zweier je 70 m langen Versuchsampfleitungen.
 Zarges & Co., Groß-Gerau: Isolierung von Dampfleitungen.
 Dr. L. Grote, Uelzen b. Hannover: Isolierung von Dampfleitungen.
 Hannoversche M.-A.-G., Zweigwerk Chemnitz: 2 Tolle-Regulatoren.
 Fried. Krupp-Grusonwerk, Buckau: 2 Cosinus-Regulatoren.
 Maschinenfabrik Hartung, Düsseldorf: 2 Hartung-Regler.
 Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G.: Lenix-Getriebe.
 Herr Baurat Dr.-Ing. A. Rieppel, Nürnberg: Manometerprüfapparat.
 Dampfkesselfabrik Dürr & Co., Ratingen: Röhrenkessel-Versuchsapparat.
 Johann Weber, Darmstadt: 1 Registrierender Rauchgasanalysator.
 Edm. Schreiner, Darmstadt: 1 Registrierender Rauchgasanalysator.
 Ados, Feuerungstechnische Gesellschaft Aachen: 1 Registrierender Rauchgasanalysator.
 Graefische Armaturenfabrik, Darmstadt: 1 Injektor.
 Kern & Co., Aarau: 1 Planimeter.

Aus Mitteln des Vereines deutscher Ingenieure: Versuchsampfröhreleitung.
 Aus Mitteln des Vereines deutscher Ingenieure: Apparat zur Untersuchung von Dampföfen.
 Aus Mitteln des Vereines deutscher Ingenieure: Versuchsapparate zur Ermittlung des Ungleich-
 förmigkeitsgrades von Schwungrädern.
 Aus Mitteln der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie: Apparat zur Untersuchung von
 Dampföfen und Dampfturbinschaufeln.

Bedeutenden Nachlaß an den Lieferungspreisen haben zugestanden:

Brown, Boveri & Co., Baden: Für Dampfturbine.
 Gebr. Sulzer, Winterthur: Für stehende Dampfmaschine.
 Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, Werk Nürnberg:
 Für stehende Dampfmaschine.
 Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal: Für Zentral-Kondensationsanlage.
 Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G., Dessau: Für Transmissionsanlage.
 Gebr. Reuling, Mannheim: Für Rohrleitungen.
 Franz Seifert & Co., Berlin: Für Rohrleitungsanlage im Kesselhaus.
 Arthur Rodberg, Kesselfabrik Darmstadt: Für Dampfkesselanlage.
 Franz Hof, Frankfurt a. M.: Für Kesseleinmauerung.

Im Namen des Maschinenbaulaboratoriums I der Technischen Hochschule sei auch an dieser Stelle der wärmste Dank den Spendern zum Ausdruck gebracht.

Die so gebotenen Erleichterungen und reichen Zuwendungen trugen derart zur Vervollständigung der aus Etatsmitteln beschafften Inneneinrichtungen bei, daß diese von Anfang an im ganzen Umfange für den Unterricht nutzbar gemacht werden konnten.

DARMSTADT, im Juli 1908.

M. F. Gutermuth.

Allgemeines.

Die elektrische Beleuchtung und Heizung sämtlicher Hochschulgebäude, sowie die Versorgung der verschiedenen Laboratorien und Institute der Hochschule mit elektrischem Strom erfolgt von einem mit Dampftrieb eingerichteten Kraftwerk aus, das gleichzeitig einen wesentlichen Teil des Maschinenbaulaboratoriums zur Untersuchung von Dampfmaschinen und Kesseln, sowie von Pumpen und Kompressoren bildet.

Das Maschinen- und Kesselhaus ist gemeinsam mit dem Laboratorium für Wasserkraftmaschinen getrennt von den Hauptgebäuden an deren östlichen Flügel angeschlossen und auf einer Grundfläche von 1400 qm längs der Magdalenen-Straße errichtet.

Die als Kraftwerk bezeichnete Zentrale für Kraft, Licht und Wärme samt Laboratorium für Maschinenbau I bildet eine langgestreckte, mittels eisernen Bindern hochgewölbte Halle von 17,6 m Breite, 53,5 m Länge und 13,7 m Höhe. Sie ist durch eine Zwischenwand in das Kesselhaus von 335 qm und das Maschinenhaus von 600 qm Grundfläche zerlegt. (Vgl. Längs- und Querschnitte Fig. 1—5).

Am südlichen Ende der Halle schließt sich an das Kesselhaus ein Anbau, welcher im Erdgeschoß die mechanische Werkstätte und die Schmiede, im oberen Stockwerk die Wohnung des I. Werkmeisters enthält. Das nördliche Ende der Halle wird durch einen halbkreisförmigen, zweistöckigen Vorbau abgeschlossen, welcher im Kellergeschoß das kalorimetrische Laboratorium und Magazinräume, im Erdgeschoß einen großen Arbeitsraum für die Studierenden und im oberen Stock die beiden Verwaltungszimmer enthält.

Mit Rücksicht auf die Unmöglichkeit einer späteren Vergrößerung der Grundfläche des Laboratoriums ist dem im Laufe der Zeit sich einstellenden Raumbedürfnis zur Unterbringung von Versuchsmaschinen und Versuchseinrichtungen durch Anordnung einer 3 m breiten Galerie Rechnung getragen, welche sich in einer Höhe von 5 m an den vier Wänden des Maschinenhauses hinzieht. Die beiden Längsbrüstungen der Galerie sind zur Aufnahme der Laufbahn eines 6 t-Laufkrans in kräftiger Eisenkonstruktion ausgeführt und von schmiedeeisernen Säulen getragen. Ferner ist der ganze Maschinen- und Kesselraum derart unterkellert, daß die betreffenden Räume zur Aufstellung von Maschinen und Maschinenteilen, sowie zur Anlage von Transmissionen, Rohrleitungen u. dgl. verwendet werden konnten.

Fig. 4—5. Querschnitte durch das Maschinen- und Kesselhaus.

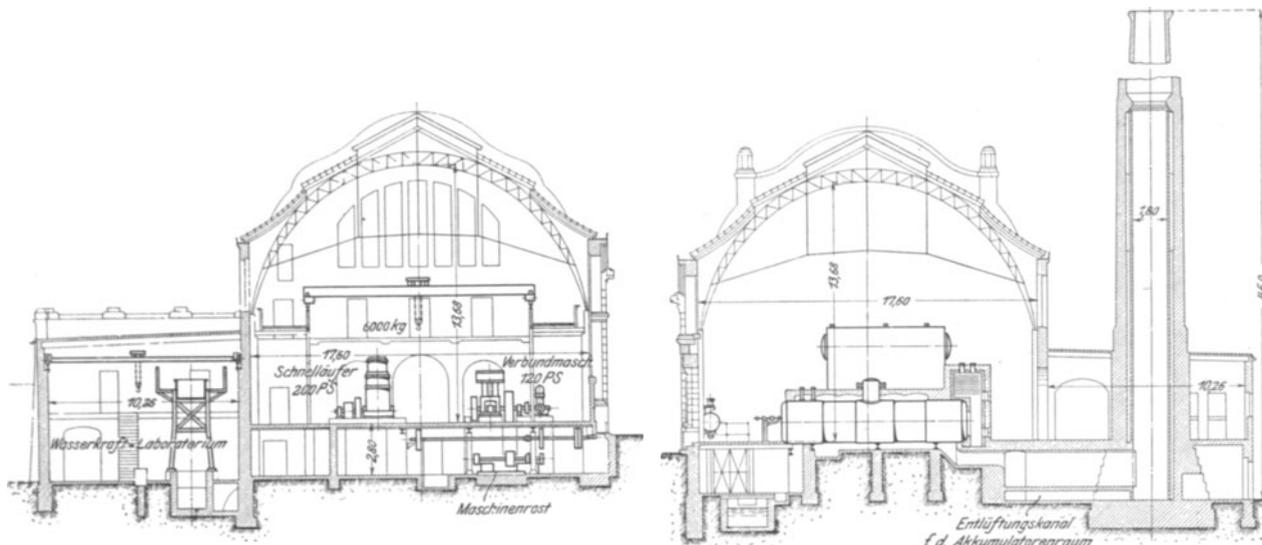


Fig. 4. Maschinenhaus.

Fig. 5. Kesselhaus und Schornstein.

Als Zugang für die Studierenden zu den Räumen des Laboratoriums dient ein an das nördliche Ende des Laboratoriums angeschlossener Verbindungsbau mit Einfahrts-
tor an der Hochschulstraße. Die Haupteinfahrt befindet sich am südlichen, die Werk-
meisterwohnung enthaltenden Anbau; in deren Fahrweg ist eine Fuhrwerkswage ein-
gebaut für die Gewichtskontrolle der angefahrenen Kohlen und sonstigen Materials.

Zur Lagerung der Kohlen dient ein 170 qm großer und 3 m hoher Kellerraum
unterhalb des an die Einfahrt sich anschließenden Hofes, von dem aus durch Boden-
öffnungen die Kohlen eingeschüttet werden können. Ein direkt wirkender Kohlen-
aufzug von 1000 kg Tragfähigkeit (Fig. 6) verbindet Kohlenkeller und Kesselhaus.

Der Schornstein von 43 m Höhe und 1,6 m oberer lichter Weite dient außer
zur Zugerzeugung für die Betriebsdampfkessel auch zur Entlüftung des im Keller-
geschoß des Maschinenraumes untergebrachten Akkumulatorenraumes. Um diese
Aufgabe ohne empfindliche Beeinträchtigung des für die Feuergase erforderlichen
Zugs zu ermöglichen, ist über der Kaminsohle ein Hohlzylinder von 1,8 m Durchm.,
20 m hoch aus feuerfesten Steinen aufgeführt, so daß die Luft des Akkumulatoren-
raums im Ringraum zwischen Einsatzzylinder und Kamin emporziehen und vor ihrer
Mischung mit den Abgasen sich vorwärmen kann. (s. Fig. 5). Der Kamin steht in
nächster Nähe der Kessel innerhalb eines kleinen, an das Kesselhaus und das Wasser-
kraftlaboratorium südöstlich anstoßenden Vorbaues, der noch einen Versuchsraum zur
Aufstellung eines besonders gefeuerten Überhitzers, sowie die Waschräume für die
Studierenden und das Arbeiterpersonal umfaßt.

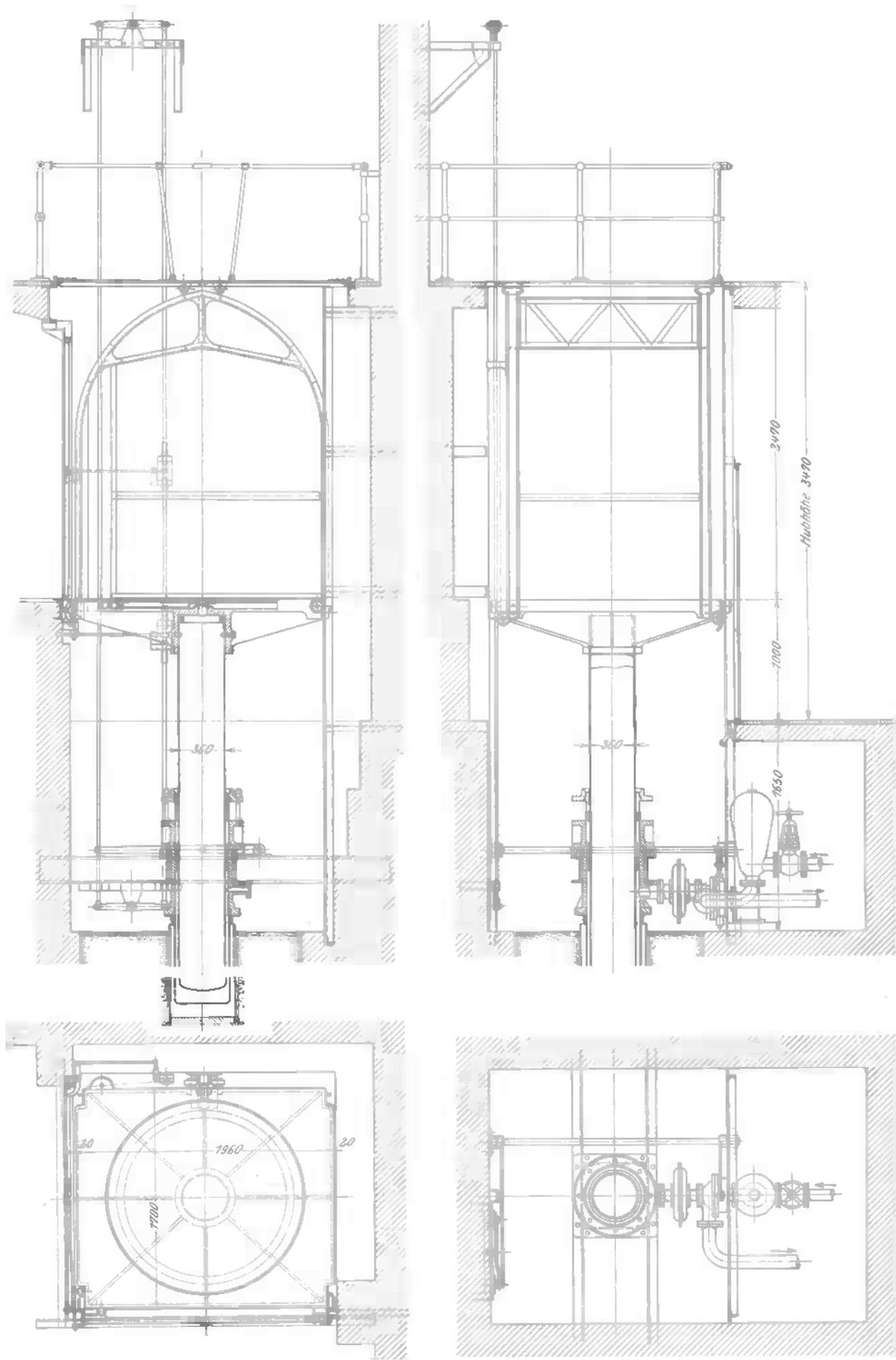


Fig. 6. Hydraulischer Aufzug für 1000 kg Tragkraft von Carl Schenk, Maschinenfabrik, Darmstadt.

Kesselhaus.

Mit Rücksicht auf die Laboratoriumszwecke sind nur Hochdruckdampfkessel angelegt, welche als Betriebskessel für die Maschinenanlage dienen und gleichzeitig die Dampfheizungsanlage der Hochschulgebäude versorgen.

Im Kesselhaus, Tafel 1, sind vier Dampfkessel verschiedener Bauart von zusammen 540 qm Heizfläche und 195 qm Überhitzerfläche aufgestellt.

Die Kesselanlage ermöglicht nicht nur jeden der vorhandenen Kessel für den Maschinenbetrieb nutzbar zu machen, sondern im Zusammenhang mit den Überhitzern verschiedener Systeme können interessante Vergleichsversuche unter den verschiedensten Betriebsverhältnissen mit den Kesseln und deren Überhitzern durchgeführt werden.

In dem den Schornsteinsockel umgebenden Anbau des Kesselhauses ist noch ein Überhitzer mit eigener Feuerung aufgestellt zur Erzielung höherer Überhitzungstemperatur für Versuchszwecke.

Die Kesselanlage ist sowohl mit Einrichtungen für die laufende Betriebskontrolle als auch mit Vorrichtungen und Instrumenten zur Durchführung eingehender Kesseluntersuchungen in den Laboratoriumsübungen ausgerüstet. Neben dem Aufzug befindet sich eine aufzeichnende Wage von 1000 kg Tragkraft zur Ermittlung des täglichen Kohlenverbrauchs. Wassermesser in den Speiseleitungen ermöglichen die laufende Feststellung der Verdampfung; registrierende Manometer an den Kesseln und in der Heizleitung, sowie Thermometer in den Heizkanälen, Zug- und Kohlen säuremesser dienen zur Kontrolle des Kessel- und Heizungsbetriebes. Auch am Schornstein sind durch Einbau von elektrischen Thermometern Beobachtungen über die Temperaturveränderungen der Abgase innerhalb des Schornsteins vom Sockel bis zur Mündung möglich gemacht. Für die Temperaturmessung der Heizgase in den Kesselzügen und im Kamin mittels elektrischer Pyrometer sind die Einrichtungen so getroffen, daß durch Zusammenführen sämtlicher Leitungsdrähte an eine einzige Beobachtungsstelle von dieser aus die Temperaturen an den verschiedenen Meßstellen mittels Galvanometer und Umschalter abgelesen werden können.

Zum Speisen der Kessel dienen drei von einander abweichend konstruierte Speispumpen und zwei Injektoren, welche aus den im Boden des Kesselhauskellers angeordneten, aus Beton hergestellten Behältern saugen. In einem dieser Behälter sammelt sich das warme Kondenswasser aus den Heizleitungen der Hochschulgebäude und den Hochdruckdampfleitungen des Kessel- und des Maschinenhauses,

während im zweiten Behälter kaltes Wasser aus der städtischen Wasserleitung als Zusatzspeisewasser angesammelt wird.

Die Speisepumpen können auch zu Versuchszwecken unabhängig vom Kesselbetrieb mit Hilfe von Überlaufleitungen in besondere Druckwindkessel arbeiten, welche durch Reduzierventil die Einschaltung beliebiger Pressungen ermöglichen. Die Druckleitung für sämtliche Speisepumpen ist als Ringleitung ausgeführt, in welche auch ein Speisewasser-Vorwärmer eingeschaltet ist.

Zur Verbindung der einzelnen Dampfkessel mit den Dampfleitungen der Betriebs- und Versuchsmaschinen und mit der Heizanlage dient eine umfangreiche Rohrleitungsanlage, für deren Anordnung neben der Rücksicht auf Betriebssicherheit die Erzeugung weitgehender Versuchsmöglichkeiten maßgebend war. Beispielsweise kann jeder Kessel unabhängig von den übrigen mit irgendeiner der Versuchsmaschinen verbunden oder an verschiedenen Stellen gleichzeitig mit gesättigtem und mit überhitztem Dampf gearbeitet werden.

Über die Rohrleitungsanlage vergleiche Tafeln 4 bis 12.

Maschinenhaus.

Sämtliche Einrichtungen des Maschinenhauses (Tafel 1 bis 3) dienen dem Laboratoriumsunterricht. Ein Teil von ihnen befindet sich stets im Betriebe, um die Hochschulgebäude und Hochschulinstitute mit Licht und Kraft zu versorgen. Es gehören hierzu:

Eine liegende Verbundmaschine (Tafel 2) von ungefähr 100 PS_i zum Antrieb einer Gleichstromdynamo für Stromlieferung in das Lichtleitungsnetz und in die im Kellergeschoß untergebrachte Akkumulatorenbatterie. Die Maschine besitzt der Laboratoriumsbedürfnisse wegen am Hochdruckzylinder Ventil-, am Niederdruckzylinder Rundschiebersteuerung und ist mit Einspritz- und Oberflächenkondensation in Verbindung mit 2 Luftpumpen verschiedener Bauart versehen.

Eine schnelllaufende liegende Einzylindermaschine für Auspuffbetrieb zum Antrieb einer Gleichstromdynamo für die Ladung einiger im Elektrotechnischen Institut stehenden Batterien.

Eine Brown-Boveri-Parsons-Dampfturbine (Tafel 1) mit Gleichstromdynamo, welcher hauptsächlich die Lieferung des elektrischen Stromes für das Lichtleitungsnetz sämtlicher Hochschulgebäude zufällt. Dieser Turbogenerator läuft mit 2700 minutlichen Umdrehungen und besitzt bei Kondensationsbetrieb eine Leistung von 250 K.-W.

Während diese Kraftmaschinenaggregate in erster Linie die Deckung des Licht- und Kraftbedarfs der Hochschulgebäude zu übernehmen haben, dienen eine Reihe weiterer im Maschinenhaus aufgestellter Maschinen lediglich Versuchszwecken. Dazu gehören:

Eine schnelllaufende stehende Tandem-Verbundmaschine mit Kolbenschiebersteuerung und Flachregler. Die Maschine kann mit 100—400 minutlichen Umdrehungen betrieben werden und leistet in letzterem Falle 250 PS_i.

Eine stehende Verbund-Dampfmaschine mit Steuerung durch einfachen Kolbenschieber mit Flachregler auf der Hochdruckseite, Kanalschieber am Niederdruck. Die Maschine leistet bei 280 minutlichen Umdrehungen 100 PS_i.

Beide Dampfmaschinen arbeiten auf eine im Kellergeschoß angeordnete Transmissionsanlage derart, daß mit jeder einzeln die auf den Fundamentblöcken und Versuchsrosten des Laboratoriums montierten Arbeitsmaschinen angetrieben werden können.

An Arbeitsmaschinen besitzt das Laboratorium gegenwärtig eine mit der stehenden Verbunddampfmaschine unmittelbar gekuppelte Bergwerks-Pumpe für 50 Atm.

Wasserpressung, welche das Druckwasser in eine Mannesmann-Rohrleitung für den Betrieb von Hochdruckturbinen des Wasserkraftlaboratoriums liefert (Tafel 3 unten).

Zur Erzeugung von Druckluft dient ein von der Transmission anzutreibender 50 pferdiger Verbundkompressor mit Zwischenkühler.

Ferner wird durch Vermittlung der Transmission eine mit 1200 minutlichen Umdrehungen rotierende Hochdruck-Zentrifugalpumpe für 10 Atm. Druck und 1,2 cbm minutlicher Wasserlieferung angetrieben. Vor kurzem hat noch eine Drillingspumpe für 1,5 cbm minutlicher Wasserlieferung und 15,0 Atm. Aufstellung gefunden, für deren Antrieb ein mit ihr gekuppelter Drehstrommotor vorgesehen ist. Da in der Maschinenzentrale Drehstrom gegenwärtig nicht zur Verfügung steht, so wird der Antrieb der Pumpe zunächst ebenfalls von der Transmission aus erfolgen.

Außerdem besitzt das Laboratorium eine kleine De Laval-Dampfturbine von 5 PS_e mit 30000 Umdrehungen in der Minute, sowie zur Untersuchung eine Radialturbine für 100 KW.

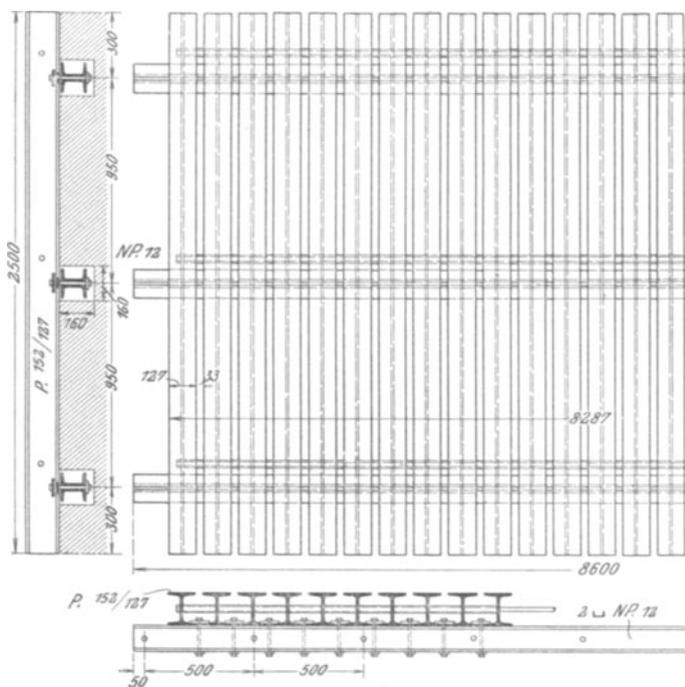


Fig. 7. Schmiedeeiserner Rost im Maschinenhauskeller zur Aufstellung von Versuchsmaschinen.

Zur bequemen und raschen Aufstellung von Versuchsmaschinen, welche nur vorübergehend einer Untersuchung unterworfen werden sollen, sind mehrere aus Γ -Trägern gebildete Roste im Maschinenraum und ein 8 m langer und 2,5 m breiter Rost (Fig. 7) im Maschinenhauskeller angelegt. Wiederholt wurde das Laboratorium in die Lage versetzt, an größeren und kleineren, von auswärtigen Firmen zur Verfügung gestellten Versuchsmaschinen eingehende und interessante Versuche und Studien anzustellen.

Sämtliche Dampfmaschinen und Dampfturbinen sind an eine Zentral-Kondensationsanlage mit Oberflächenkondensator und Rückkühlwerk angeschlossen. Der liegende Oberflächenkondensator von 60 qm Kühlfläche und die zugehörige, stehende, durch eine Einzylindermaschine betätigte Luft- und Kühlwasserpumpe sind im Kellergeschoß des Maschinenhauses untergebracht und zur bequemen Überwachung und Bedienung von einer über der Kondensationsmaschine befindlichen Durchbrechung des Maschinenhausbodens aus zugänglich.

Das Rückkühlwerk (Fig. 8) ist oberhalb der Galerie in die Trennungswand zwischen Maschinen- und Kesselhaus eingebaut und besteht aus einem, ein Lattenwerk umgebendes Blechgehäuse, das am unteren Ende einen betonierte Wasserbehälter umschließt und offen über das Dach des Maschinenhauses führt. Die Luftzuführung bewirken zwei von einem Elektromotor angetriebene Ventilatoren.

Sämtliche Dampfmaschinen und Dampfturbinen sind an eine Zentral-Kondensationsanlage mit Oberflächenkondensator und Rückkühlwerk angeschlossen. Der liegende Oberflächenkondensator von 60 qm Kühlfläche und die zugehörige, stehende, durch eine Einzylindermaschine betätigte Luft- und Kühlwasserpumpe sind im Kellergeschoß des Maschinenhauses untergebracht und zur bequemen Überwachung und Bedienung von einer über der Kondensationsmaschine befindlichen Durchbrechung des Maschinenhausbodens aus zugänglich.

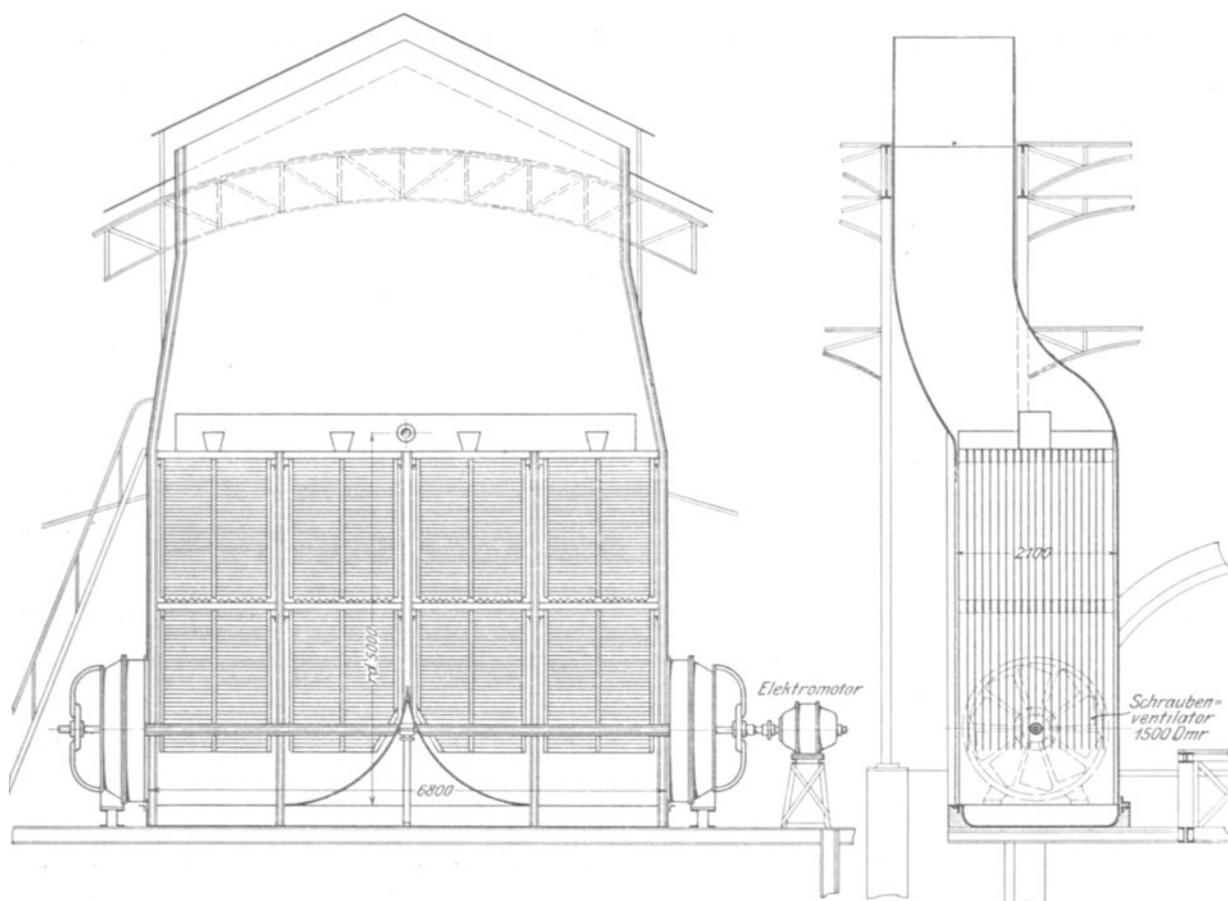


Fig. 8. Rückkühlwerk mit Ventilatorantrieb von Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal.

Der Oberflächenkondensator ist in nächster Nähe der Parsons-Turbine aufgestellt, während die übrigen Versuchsdampfmaschinen mit ihm durch die Abdampfsammelleitung von 325 mm lichter Weite in Verbindung stehen (Taf. 7).

Durch Anschluß aller Dampfmaschinen an den Oberflächenkondensator ist die Feststellung ihres Dampfverbrauches wesentlich erleichtert, da eine verhältnismäßig kurze Beobachtungszeit genügt und besonders bei den Laboratoriumsübungen sich rasch Vergleichserhebungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen mit ausreichender Genauigkeit machen lassen.

Für die Betriebsmaschinen des Kraftwerkes kommt die Anwendung der Kondensation des Arbeitsdampfes nur während der Sommermonate zur Geltung, während im Winter der Abdampf für die Heizung der Hochschulgebäude verwendet wird.

Bei dem Heizbetrieb gelangt der Auspuffdampf der einzelnen Betriebsmaschinen in eine Sammelleitung, die in einen im Kellergeschoß befindlichen Dampfsammler einmündet, an welchen die Niederdruckfernheizleitung von 300 mm lichter Weite angeschlossen ist.

Sollen die Betriebs- oder Laboratoriums-Dampfmaschinen mit freiem Auspuff arbeiten ohne anschließenden Heizbetrieb, so kann der Auspuffdampf von der Sammelleitung aus mittels einer Anschlußleitung in den Kamin geführt werden, um eine Belästigung der Umgebung durch Wasserdampf zu vermeiden. Die Frischdampfleitung für die Versuchsdampfmaschinen ist an der Decke des Maschinenhauskellers entlang geführt, während sämtliche Abdampfleitungen in einem durch Abdeckplatten zugänglichen Rohrkanal des Kellerbodens liegen.

Zur Ausführung der bei Untersuchung von Maschinen und Kesseln erforderlichen Beobachtungen und Messungen besitzt das Institut eine große Anzahl von Meßinstrumenten wie Indikatoren, Manometer, Quecksilberthermometer, elektrische Pyrometer und dergleichen.

Zur Eichung dieser Instrumente sind besondere Einrichtungen vorhanden, namentlich auch jene, welche den vom Verein deutscher Ingenieure aufgestellten Grundsätzen und Vorschriften zur amtlichen Prüfung entsprechen.

Das Maschinenbaulaboratorium I besitzt auch alle Einrichtungen zur Bestimmung des Heizwertes fester Brennstoffe mittels der Mahlerschen Bombe (Fig. 9).

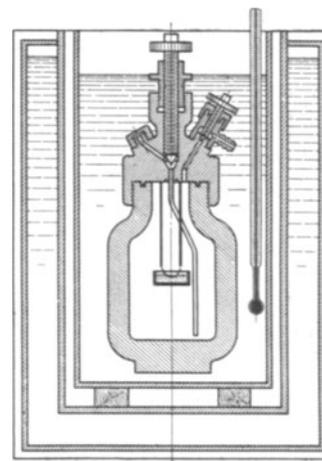


Fig. 9. Mahlersche Bombe.

In Verbindung mit dem Kraftwerk und dem Maschinenbaulaboratorium I steht eine mechanische Werkstätte nebst Schmiede zur Ausführung der mit der laufenden Instandhaltung des ganzen Instituts verbundenen Werkstättenarbeiten und Reparaturen, sowie zur Herstellung einfacher, für die Laboratoriumsübungen und wissenschaftlichen Forschungsarbeiten erforderlichen Versuchseinrichtungen.

Das Arbeiterpersonal des Instituts besteht aus dem I. und II. Werkmeister, 3 Heizern, 2 Mechanikern, 1 Hilfsarbeiter und 2 Mechanikerlehrlingen, sowie 1 Hilfsheizer in den Wintermonaten.

Die Geschäftsführung und laufende Betriebskontrolle erfolgt durch den Institutsleiter unter dauernder Mitwirkung eines Assistenten des Lehrstuhls für Maschinenbau I.

In Rücksicht auf die Bedürfnisse des Laboratoriumsunterrichts sind nachstehend sämtliche Kessel- und Maschinenanlagen in ihren wichtigsten Einzelheiten wiedergegeben, unter Hinweis auf sich bietende Versuchsmöglichkeiten. Anschließend sind die vorhandenen besonderen Versuchseinrichtungen aufgeführt, sowie die zur Verfügung stehenden Instrumente und deren Prüfungseinrichtungen zusammengestellt und kurz erläutert.

Den Schluß der Zusammenstellung bilden die auf den Tafeln 4 bis 12 gegebenen schematischen Darstellungen sämtlicher Rohrleitungen des Laboratoriums, zu deren Erläuterung auf S. 51 bis 55 zu verweisen ist.

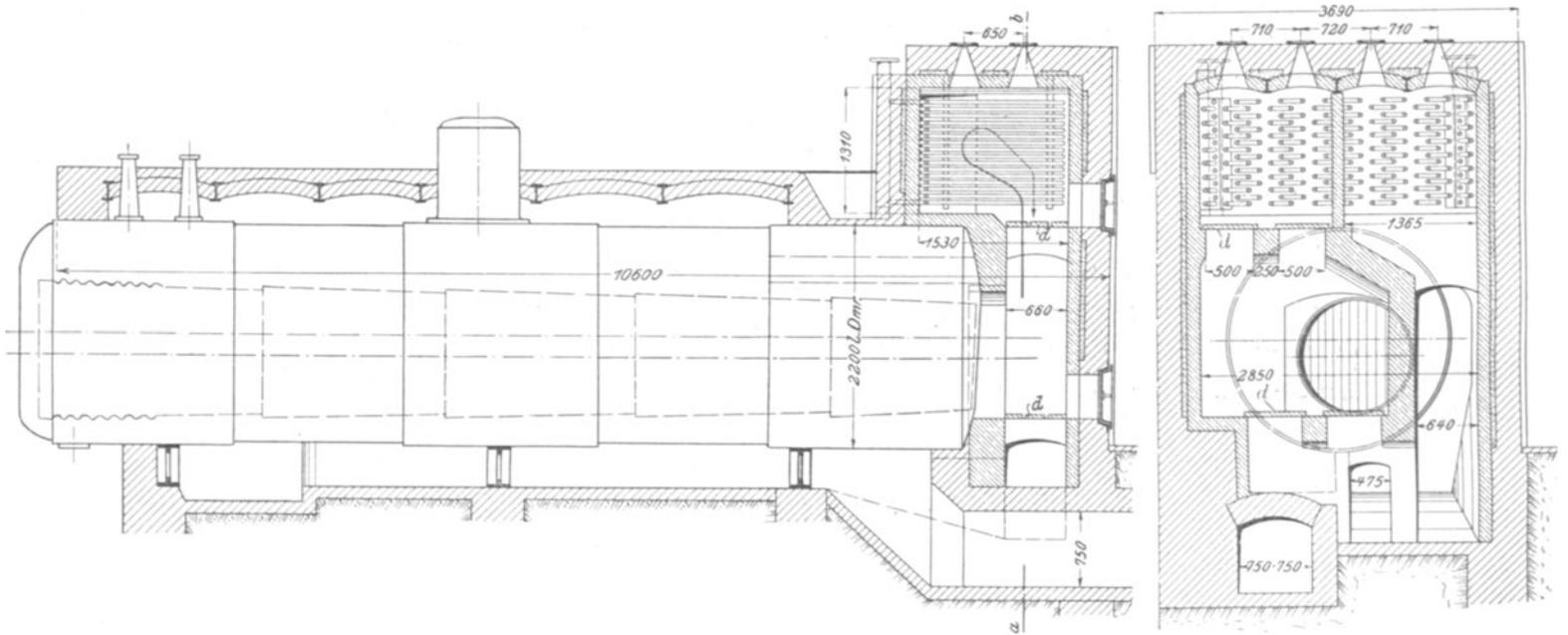
Die durch die vorliegende Broschüre gegebene ausführliche Übersicht über die wichtigsten Einrichtungen und Apparate des Laboratoriums soll hauptsächlich einer ersprießlichen Ausnutzung der vorhandenen Hilfsmittel für Unterrichtszwecke dienen und so einerseits den unmittelbaren Bedürfnissen des Praktikums entgegenkommen, andererseits bei der Ausführung größerer experimenteller Arbeiten einen raschen Überblick über die möglichen Versuchsanordnungen gewähren und damit ein tunlichst selbständiges Arbeiten der Praktikanten erleichtern.

Dampfkesselanlage.

	Flammrohrkessel		Wasserröhrenkessel		Überhitzer mit eigener Feuerung
	mit 1 Wellrohr	mit 2 Flammrohren und Gallowaystutzen	mit Schrägrost	mit Planrost	
Kessel:					
Heizfläche qm	80	80	80	300	
Rostfläche „	2,3	2,3	1,3	5,88	0,66
Überhitzer:					
System	Hering	Göhrig	Göhrig & Leuchs	Rodberg	Schwörer
Heizfläche qm	36	36	23	100	60
Kesselspannung Atm.	8,5	8,5	12,0	15,0	15,0

Fig. 10. Einflammrohrkessel

von Göhrig & Leuchs, Darmstadt, mit Schlangenrohr-Überhitzer von A. Hering, Nürnberg.

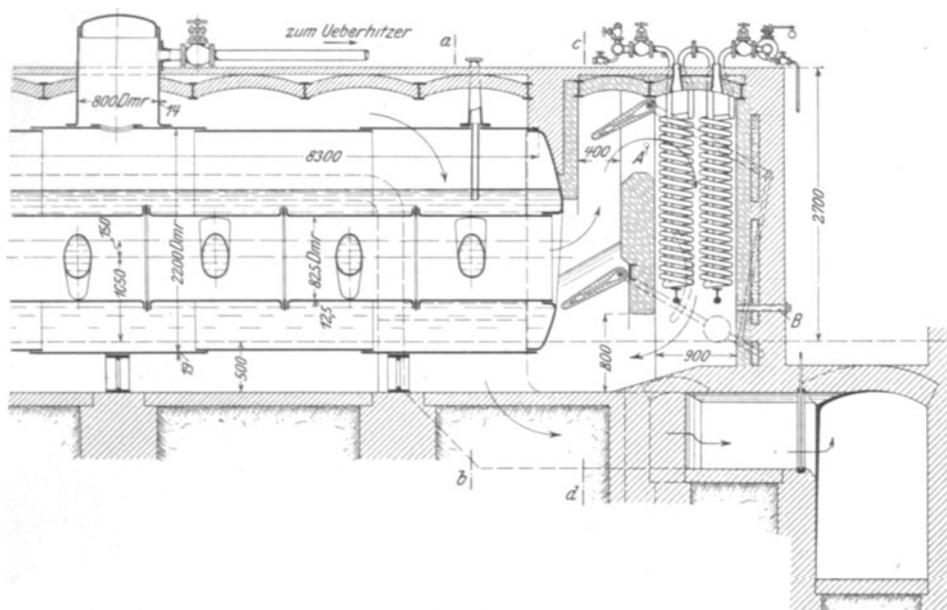


Gewelltes Flammrohr System Fox. Einfacher Planrost von 1,8 m Länge und 1,2 m Breite aus 174 gußeisernen Rohrstäben von 600 mm Länge und 105 mm mittlerer Stabhöhe; 10 mm Spaltweite. Zur Beobachtung der Rauchgas-Temperaturen durch elektrische Pyrometer sind verschließbare Öffnungen an verschiedenen Stellen der Kesselzüge vorgesehen.

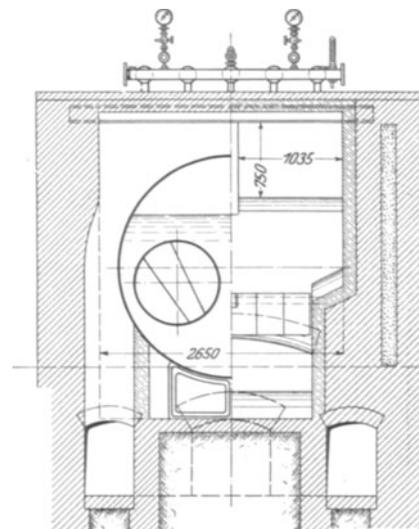
Überhitzer aus aneinandergeschweißten, nahtlosen Stahlröhren in 16 ebenen Schlangengruppen übereinander. Jede Schlangengruppe von 16,45 m Länge enthält 11 Windungen bei 33 mm lichtem und 38 mm äußerem Durchmesser. Rohrenden in schmiedeeiserne Sammelstücke für den Dampf-Ein- und Austritt eingewalzt. Überhitzungstemperaturen durch Regelung des Heizungsstromes mittels eingeleger Deckplatten d zu verändern; letztere jedoch nur bei stillgesetztem Kessel ein- und auszubauen. Höchsttemperatur 400°.

Fig. 11. Zweiflammrohrkessel

von Göhrig & Leuchs, Darmstadt, mit Zentrifugalüberhitzer von Göhrig.



Schnitt a-b. Schnitt c-d.



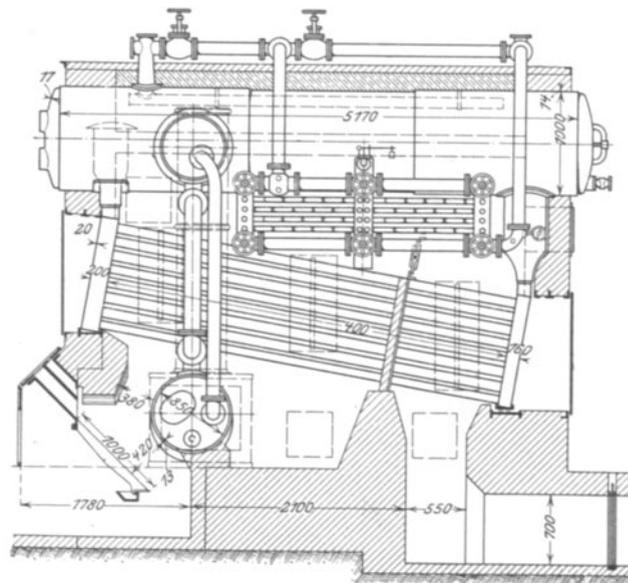
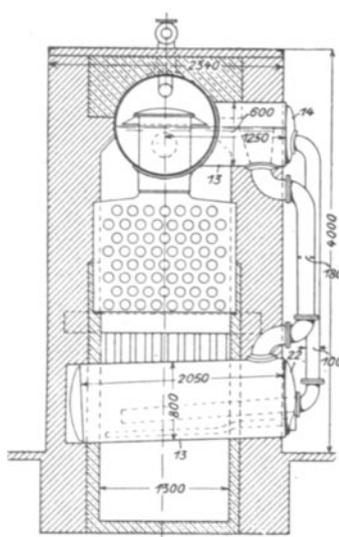
Beide Flammrohre aus 6 zylindrischen Schüssen mit Galloway-Querrohren. Roste 1400 mm lang und je 790 mm breit. Roststäbe 700 mm lang, 100 mm mittlere Höhe; 10 mm Spaltweite. Zur Beobachtung der Rauchgas-temperaturen 6 Öffnungen an verschiedenen Stellen der Kesselzüge vorhanden.

Überhitzer von 36 qm Heizfläche aus zehn nebeneinander angeordneten schmiedeeisernen Rohrspiralen, für Dampf-Ein- und Austritt durch je ein Sammelstück miteinander verbunden. Lichte Rohrweite 50 mm, äußere Rohrweite 60 mm. Äußerer Spiraldurchmesser 400 mm. Je zwei Rohrspiralen durch Ventile absperrbar. Überhitzungs-temperatur, durch Klappen regulierbar, maximal 350°.

Fig. 12. Wasserröhrenkessel

von Göhrig & Leuchs, Darmstadt, mit Überhitzer eigenen Systems.

Ein-kammer-Wasserröhrenkessel mit 60 Wasserröhren. Ein Oberkessel mit quer angeordnetem Unterkessel als Vorlage für die Feuerung zur Verbesserung des Wasserumlaufs. Schräger Treppenrost mit 62 Roststäben von 1 m Länge und 115 mm mittlerer Höhe. Zur Beobachtung der Rauchgastemperaturen durch elektrische Pyrometer an 11 verschiedenen Stellen der Kesselzüge angebracht.



Der Überhitzer aus 8 Rohrschlangen von 51 mm Außendurchmesser und 18,6 m Länge bestehend, ist zwischen zwei äußeren und einem mittleren Dampfsammler angeordnet. Diese Verbindungsweise ermöglicht, vermittels Absperrventilen den Überhitzer entweder im Gegenstrom oder im Gleichstrom mit den Heizgasen oder die eine Überhitzerhälfte im Gleich-, die andere im Gegenstrom zu schalten. Größte Überhitzungstemperatur 260°.

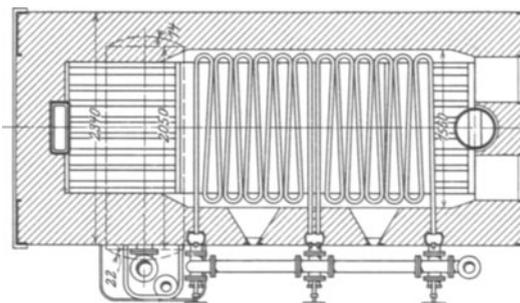
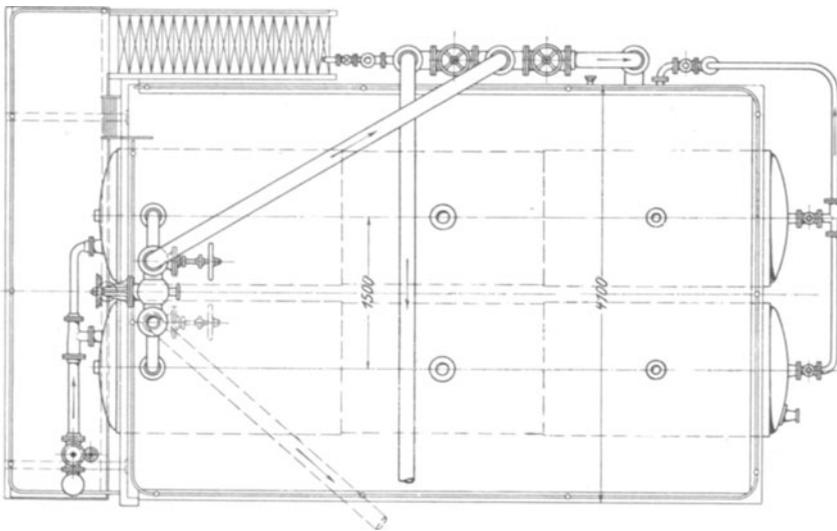
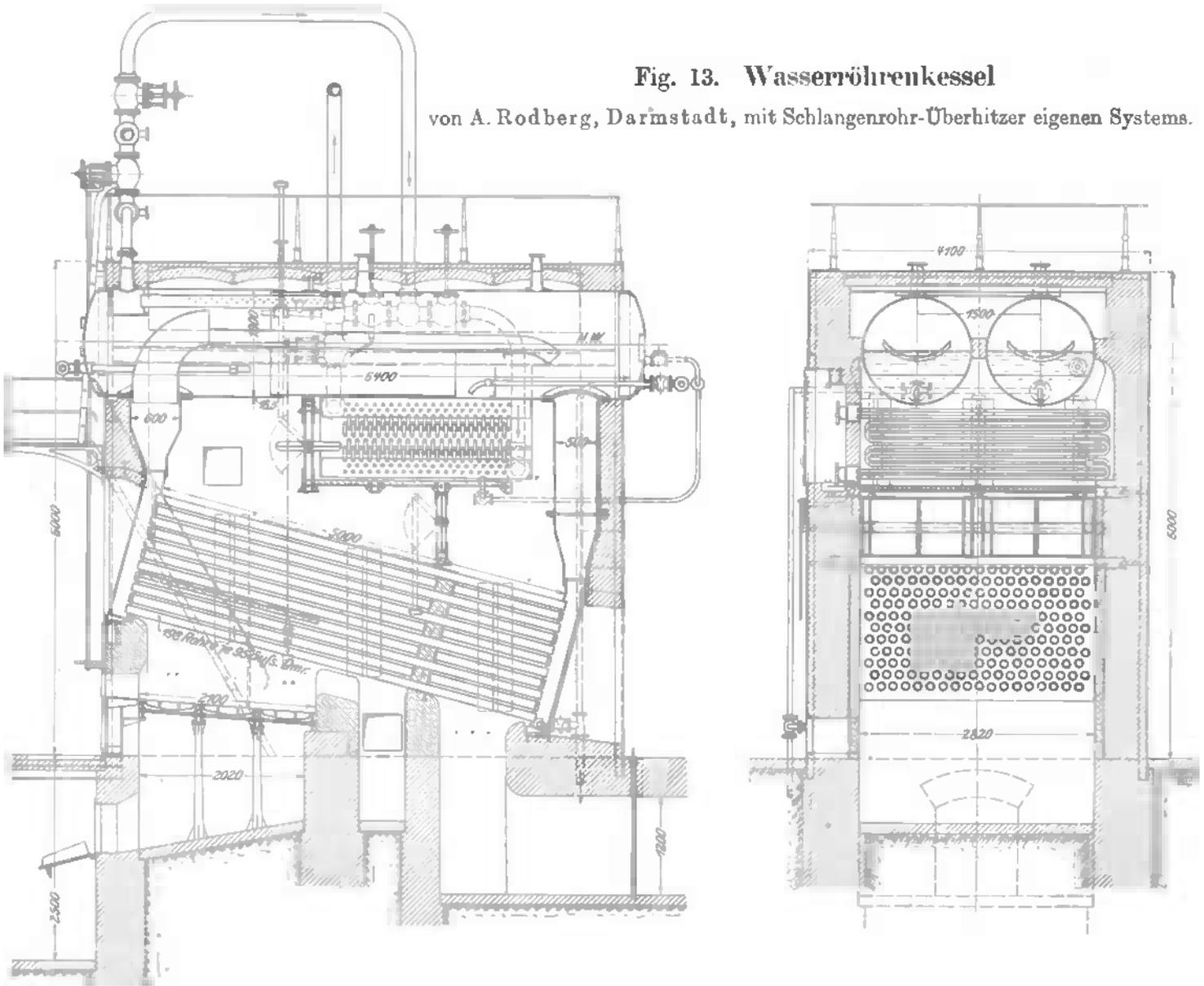


Fig. 13. Wasserröhrenkessel

von A. Rodberg, Darmstadt, mit Schlangenrohr-Überhitzer eigenen Systems.

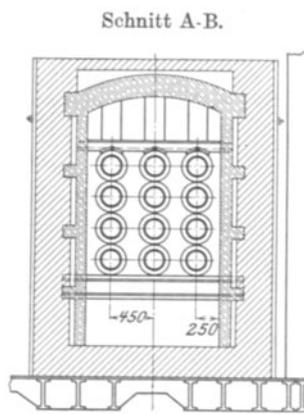
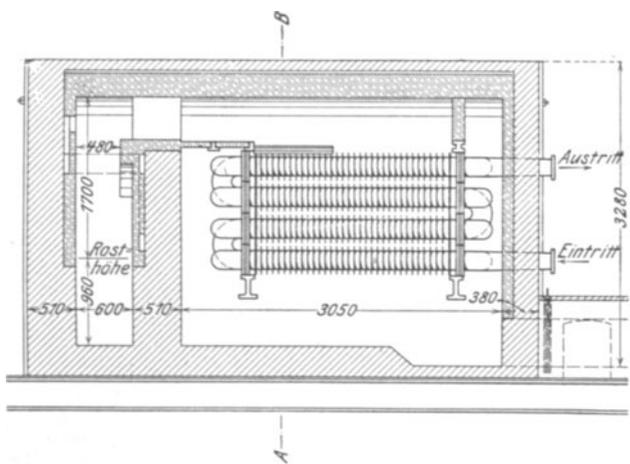


Zweikammerkessel mit 198 Wasserrohren von 95 mm äußerem Durchmesser und 5 m Länge, eingewalzt in geschweißte schmiedeeiserne Wasserkammern von 200 mm lichter Weite, 3,0 m Breite und 1,64 m Höhe. 2 Oberkessel von 1,3 m Durchmesser und 6,4 m Länge. Einfacher Planrost von 2100 mm Länge und 2820 mm Breite, bestehend aus 400 gußeisernen Roststäben zu je 4 kg von 705 mm Länge und 100 mm mittlerer Höhe. Zur Beobachtung der Rauchgas-Temperaturen sind an 11 Stellen des Kesselmauerwerks Öffnungen für das Einbringen von Thermo-Elementen angebracht, welche durch Leitungsdrähte mit einem hinter den Kesseln aufgestellten Galvanometer in Verbindung stehen. Überhitzer aus schmiedeeisernen geschweißten Schlangenrohren von 44,5 mm äußerem Durchmesser, in schmiedeeiserne geschweißte Kammern von 200×150 mm lichter Weite eingewalzt. Überhitzungstemperatur durch Drosselklappen für Heizgase nur in geringem Maße regelbar. Normale Überhitzungstemperatur des Dampfes 260° .

eisernen geschweißten Schlangenrohren von 44,5 mm äußerem Durchmesser, in schmiedeeiserne geschweißte Kammern von 200×150 mm lichter Weite eingewalzt. Überhitzungstemperatur durch Drosselklappen für Heizgase nur in geringem Maße regelbar. Normale Überhitzungstemperatur des Dampfes 260° .

Fig. 14. Gußeiserner Überhitzer mit eigener Feuerung.

Emil Schwörer, Colmar.



Überhitzer von 60 qm Heizfläche aus 12 Reihen gußeiserner Rippenrohre von 200 mm lichter Weite und 2,25 m Baulänge. Feuerung seitlich der Überhitzerrohre angeordnet zur Vermeidung der Stichflammenwirkung. Überhitzungstemperatur kann für Versuchszwecke bis 500° C. getrieben werden.

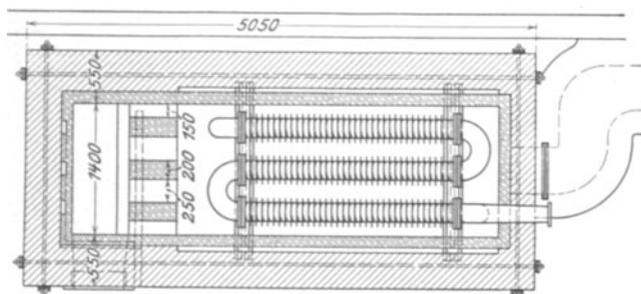
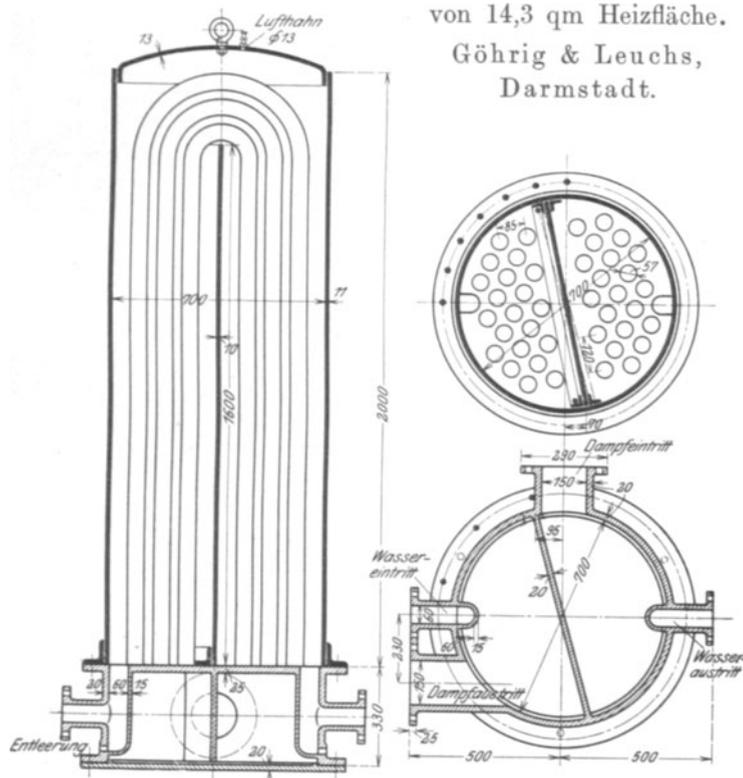


Fig. 15. Vorwärmer

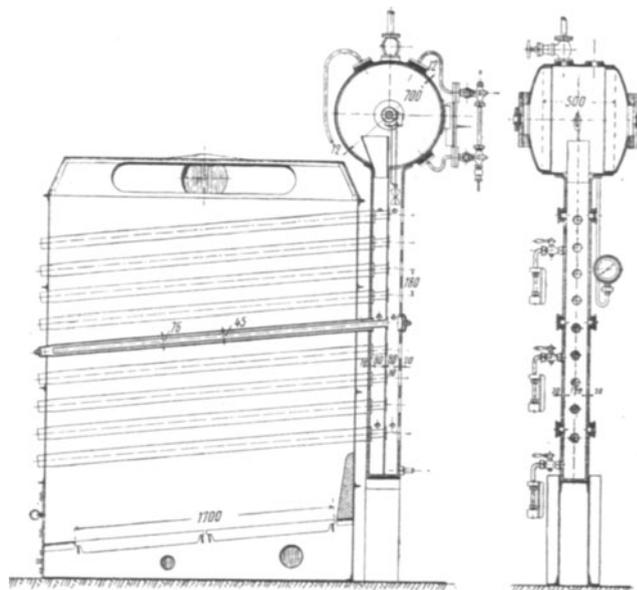
von 14,3 qm Heizfläche.
Göhrig & Leuchs,
Darmstadt.



21 U-förmige Rohre von Schmiedeeisen von 57 mm äußerem Durchmesser. Speisewasser und Auspuffdampf in Gegenstrom geführt. Eintritt und Austritt von Dampf und Wasser im unteren gußeisernen Sammelkasten.

Fig. 16. Versuchsröhrenkessel.

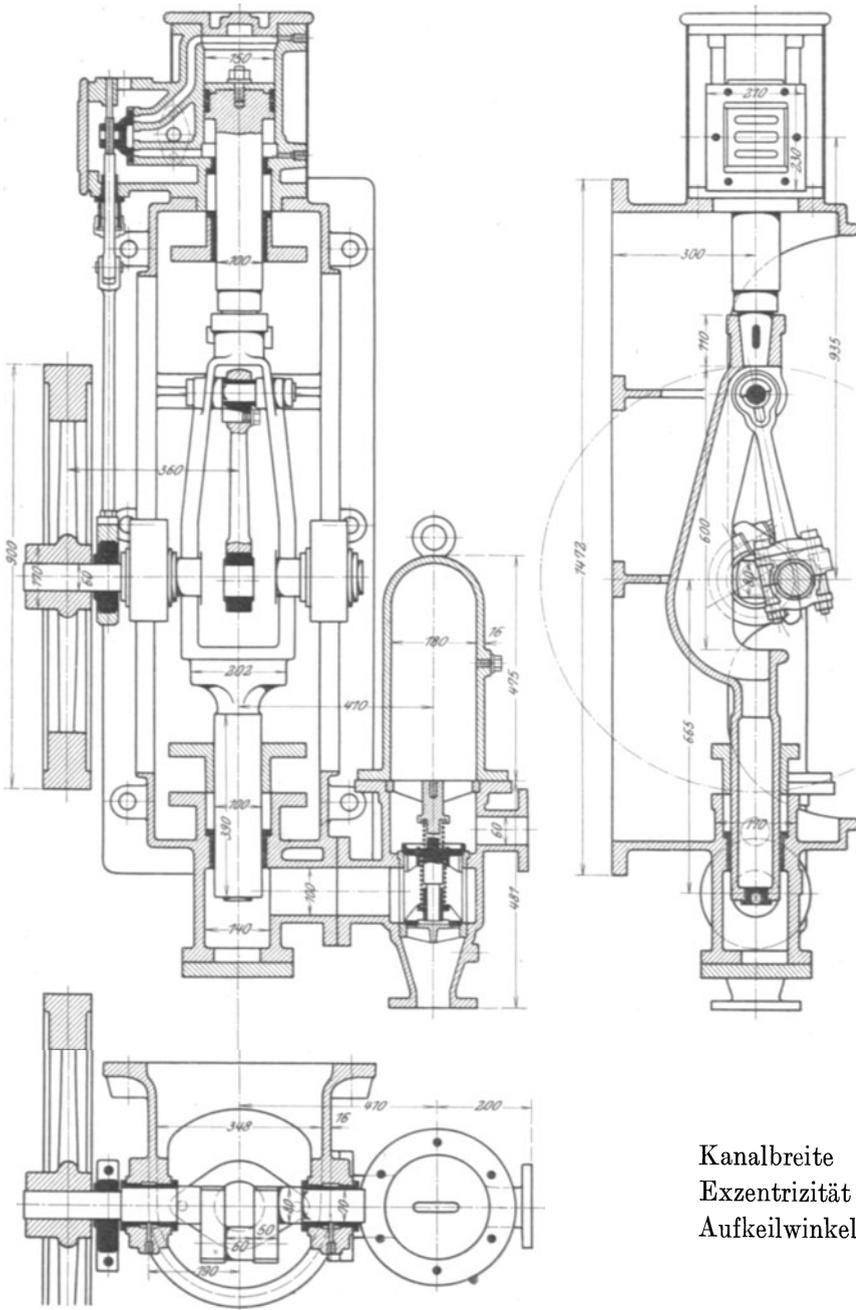
Dürr & Co., Ratingen-Düsseldorf.



Der Versuchsapparat dient zur Beobachtung des Wasserumlaufs im Dürr-Kessel. Eine vertikale Rohrreihe ist mit einer entsprechend schmalen Wasserkammer mit einem Oberkessel verbunden. Die Wasserkammer ist durch eine Blechzwischenwand in zwei Hälften geteilt und mit den Wasser- und Umlaufrohren so verbunden, daß letztere von der vorderen Wasserkammerhälfte das Umlaufwasser aufnehmen. Das unterste Wasserrohr, sowie die Wasserkammer sind an je 3 Stellen, der Oberkessel in der Mitte beider Böden mit Schaugläsern zur Beobachtung der Dampfentwicklung und des Wasser- und Dampfumschlags versehen.

Fig. 17. Stehende einfachwirkende Wandpumpe.

Maschinenfabrik Gritzner, A.-G., Durlach i. B.

Leistung 110 l, $n = 65$.

Pumpe einfach-, Dampfmaschine doppelt-wirkend, jedoch mit Verkleinerung der unteren wirksamen Kolbenfläche des Dampfzylinders um die Dampfarbeit beim Aufgang der geringen Saugarbeit und Gewichtswirkung des Triebwerks anzupassen.

Abmessungen.

	Dampfmaschine		Pumpe
	oben	unten	
Zylinder-Durchm. mm	150		100
Kolbenstangen-Durchmesser . . .	0	100	—
Wirksame Kolbenfläche qcm	176,7	98,2	78,5
Hub mm	160		160
Minutl. Umdrehungen	30 bis 80		
Schädliche Räume %	21	33	

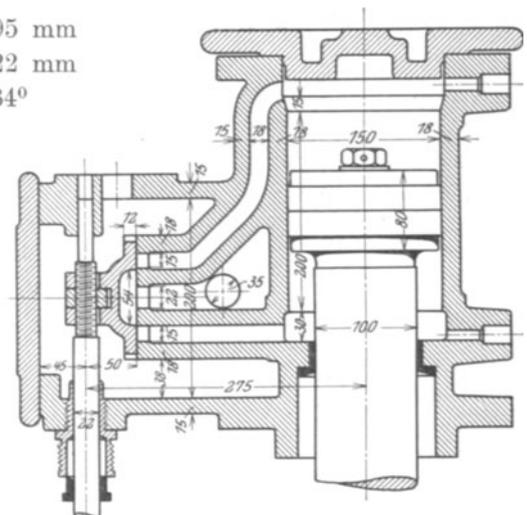
Steuerung und Regulierung.

Dampfmaschine: Einfacher Muschelschieber für konstante Füllung. Regulierung von Hand durch Dampfrosselung.

Pumpe: Ventile mit Federbelastung.

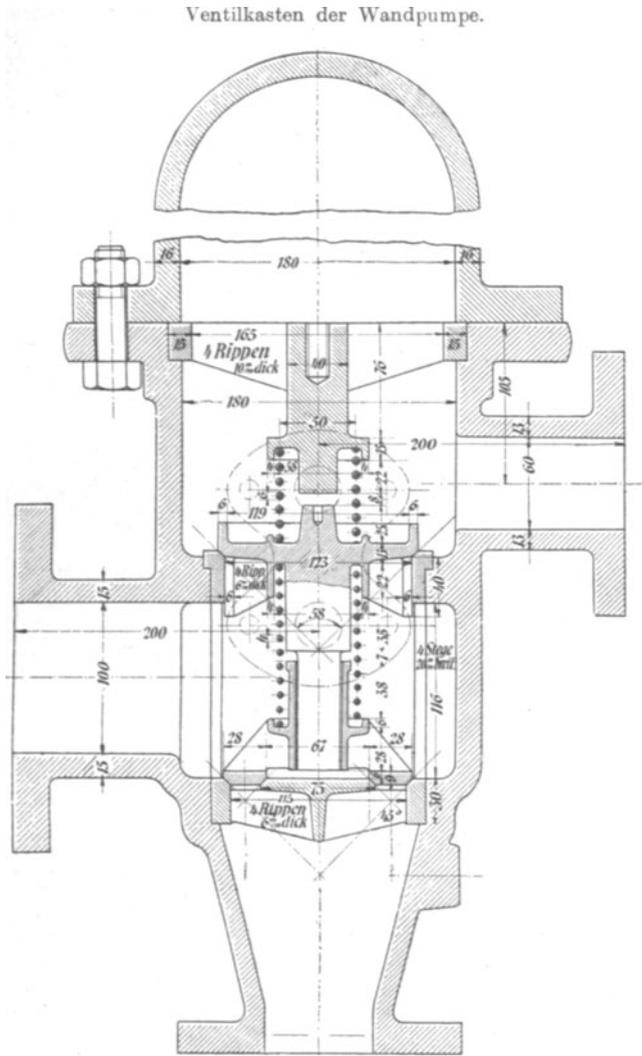
Schnitt durch Dampfzylinder und Steuerung.

Kanalbreite = 95 mm
Exzentrizität = 22 mm
Aufkeilwinkel = 34°



Versuche.

1. Indizieren von Maschine und Pumpe bei verschiedenem Pumpenwiderstand und verschiedenen Umdrehungszahlen. Ermittlung des mechanischen Wirkungsgrades in Abhängigkeit von der Umdrehungszahl und der Wasserpressung.
2. Indizieren der Pumpe bei Lufteintritt durch Schnüffelventil.
3. Indizieren mit und ohne Einschaltung des Windkessels in der Druckleitung.



	Saugventil (Ringventil)	Druckventil (Tellerventil)
Gewicht kg	1,25	3,25
Federspannung bei geschlossenem Ventil „	0	2,5

4. Ermittlung der Durchgangswiderstände der Saug- und Druckventile durch Indizieren zu beiden Seiten der Ventile.
5. Bestimmung des volumetrischen Wirkungsgrades der Pumpe durch Speisewasserwägung und aus dem Diagramm.
6. Verfolgung der Einzelwiderstände der Saug- und Druckseite.

Fig. 18. Liegende doppelwirkende Dampfpumpe.

A. L. G. Dehne, Halle a. S.

Leistung 110 l, n = 120.

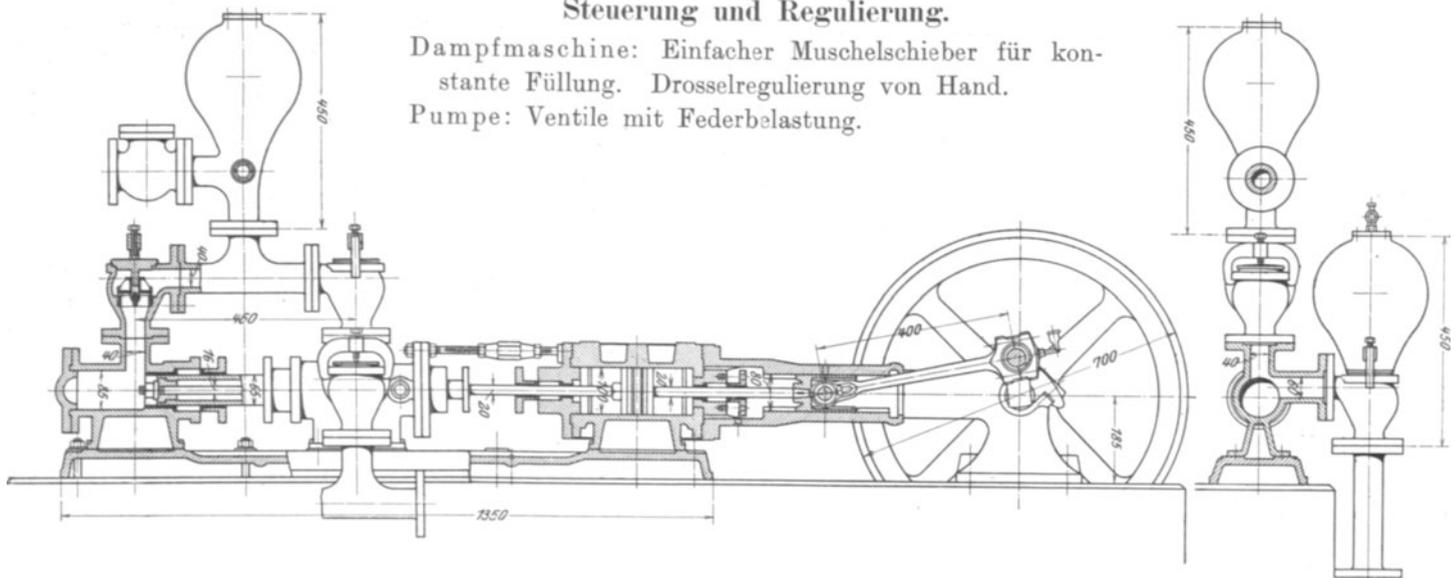
Pumpe und Dampfmaschine doppelwirkend.

Abmessungen.

	Dampfmaschine	Pumpe	
	DS. = KS.	DS.	KS.
Zylinder-Durchmesser . . mm	100	65	
Kolbenstangen-Durchmesser „	20	0	20
Wirksame Kolbenfläche . . qcm	75,4	33,2	30,0
Schädliche Räume %	~ 20		
Hub mm	160	160	
Minutl. Umdrehungen	40 bis 120		

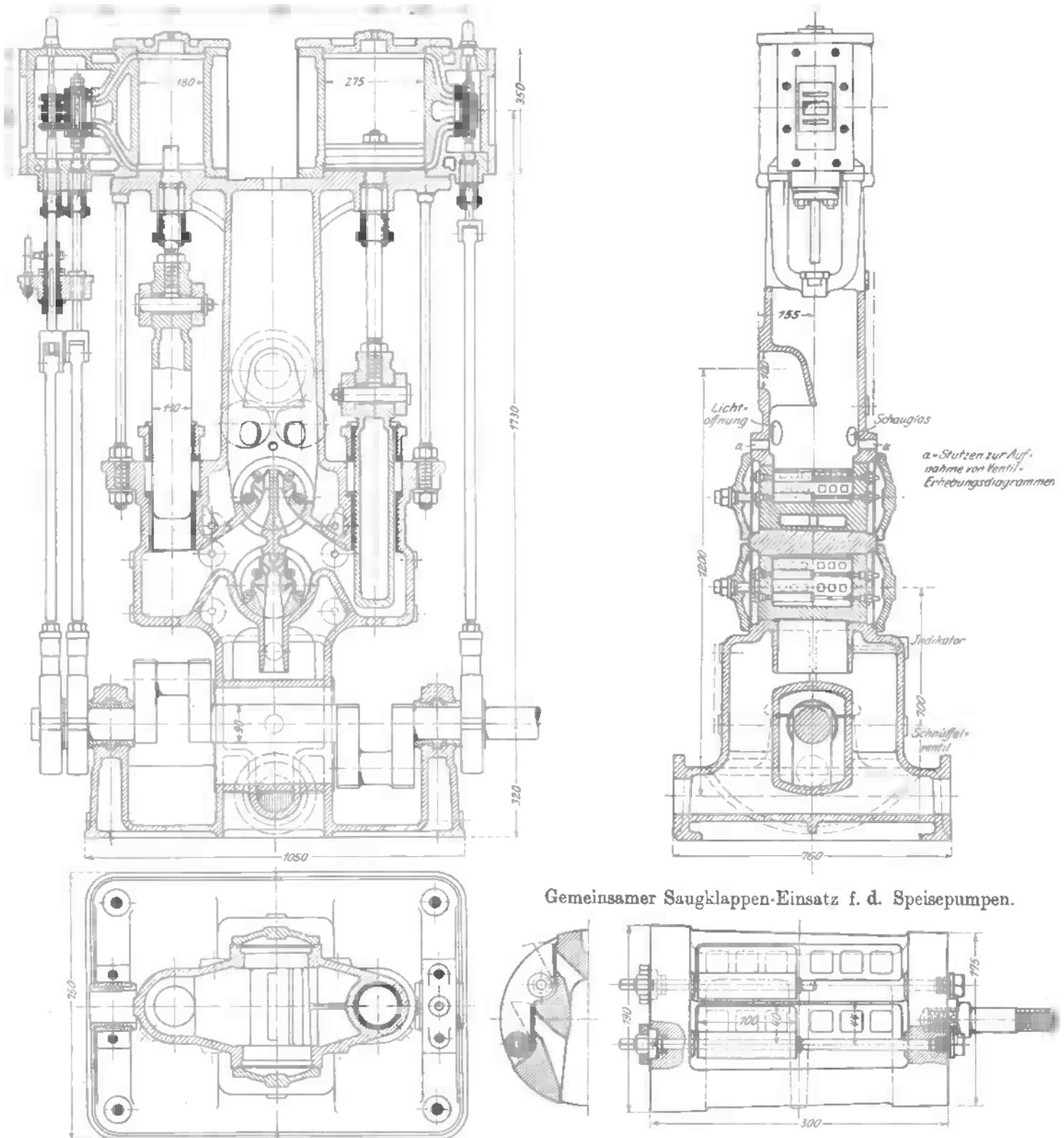
Steuerung und Regulierung.

Dampfmaschine: Einfacher Muschelschieber für konstante Füllung. Drosselregulierung von Hand.
 Pumpe: Ventile mit Federbelastung.



Versuche. Wie bei der Wandpumpe.

Fig. 19. Stehende Verbund-Dampfpumpe.

Weise & Monski, Maschinenfabrik, Halle a. S. — 330 l minutl. Wasserlieferung bei $n = 150$.

Gemeinsamer Saugklappen-Einsatz f. d. Speisepumpen.

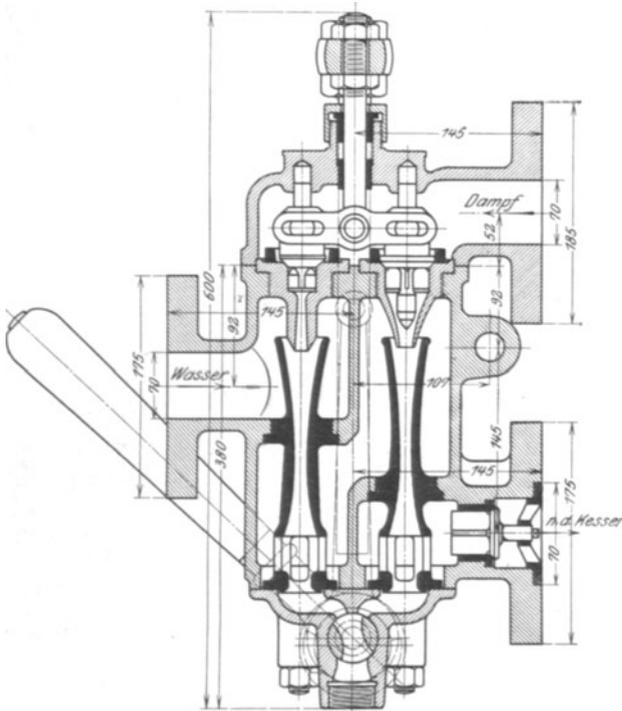
Abmessungen.

	Dampfmaschine				Pumpen
	HD.-D.	HD.-K.	ND.-D.	ND.-K.	
Zylinder-Dehm. mm	180		275		110
Kolbenstang. „ „	0	42	0	42	—
Hub „ „	250		250		250
Wirks. Kolbenfl. qcm	254,5	240,6	593,9	580,1	95,0
Minutl. Umdrehung.	30 bis 150				

Steuerung und Regulierung.

Dampfmaschine: HD., Meyer-Flachschieber-Steuerung, von Hand verstellbar. ND., einfacher Muschelschieber. Pumpe: Saug- und Druckseite, Gutermuth-Klappen in gemeinsamen Einsätzen für beide Pumpen. Zur Beobachtung des Klappenspiels sind Schaugläser eingesetzt. — Die Verbund-Pumpe bietet die gleichen Versuchsmöglichkeiten wie die vorhergehenden Speisepumpen. Zur Ermittlung der Wasserlieferung dient ein Beton-Behälter mit Schwimmer im Kesselhauskeller.

Fig. 20. Körting-Universal-Injektor.
Gebr. Körting, Körtingsdorf b. Hannover.



Körting-Injektor
am Rodberg-Kessel
(300 qm) angeschlossen
für 15 Atm. Dampfdruck
und 15,0 cbm/Stde.
Speisewasser.

Brust-Injektor
am Zweiflammrohr-
kessel (80 qm) ange-
schlossen für 8,5 Atm.
Dampfdruck und 3,5
cbm/Stde. Speisewasser.
Bei stehender Aufstel-
lung nicht ansaugend.

Fig. 21. Re-Starting-Injektor.
Gräf'sche Armaturenfabrik, Th. Brust, Darmstadt.

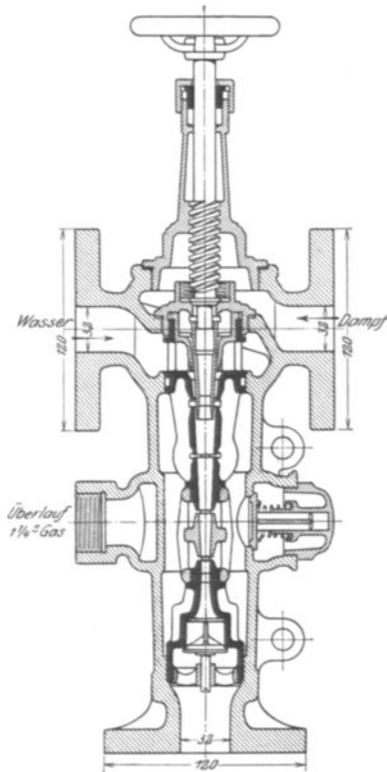
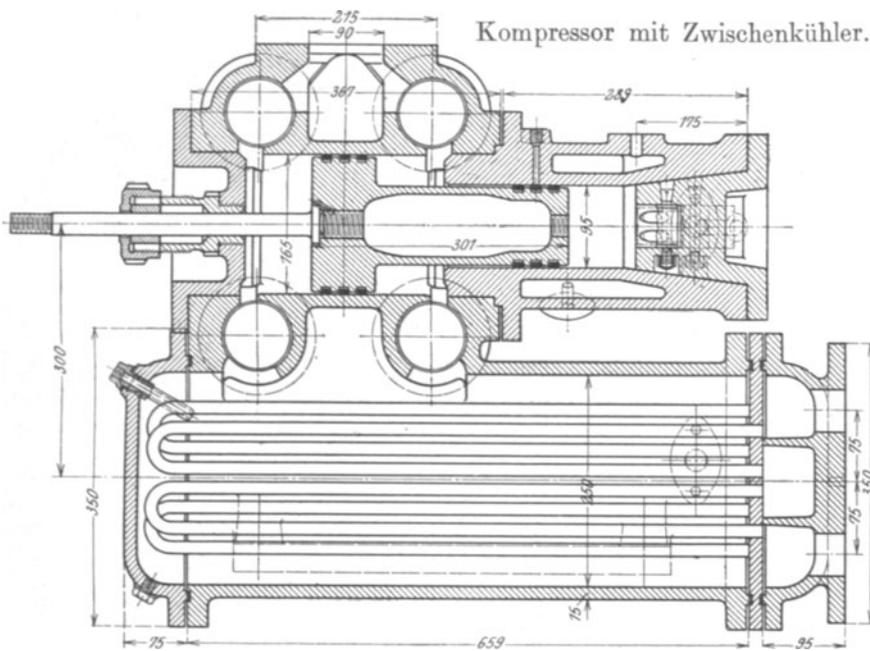
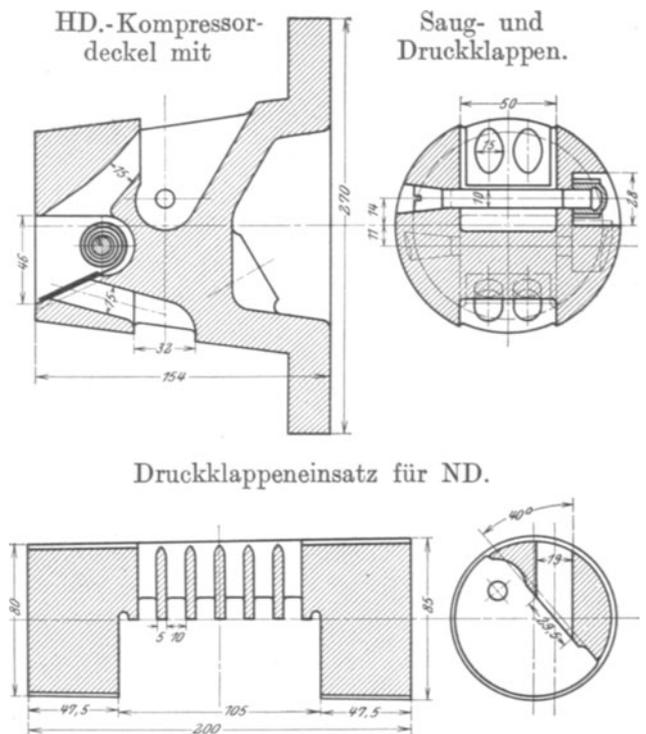


Fig. 22. Liegender Tandem-Kompressor
mit Einzylinder-Dampfmaschine.



Abmessungen.

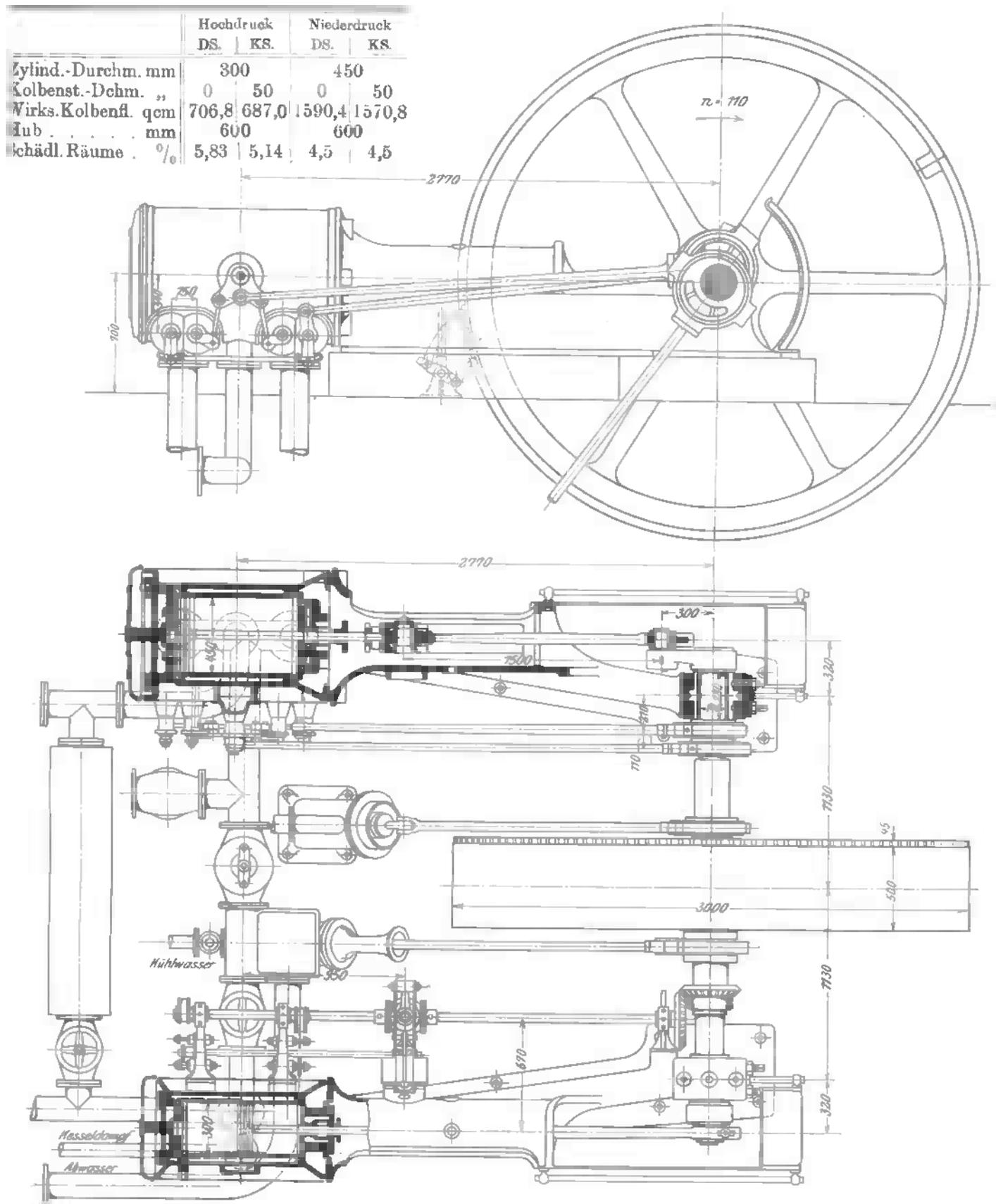
	Dampfmaschine		Kompressor		
	DS.	KS.	ND.-DS.	ND.-KS.	HD.
Zylinder-Durchm. . . mm	119,6		165/95	165	95
Kolbenstangen-Durchm. „	20	25	—	25	0
Hub „	157,3		157,3		157,3
Wirksame Kolbenfläche qcm	108,86	107,1	144,42	208,92	70,8
Minutl. Umdrehungen . „			bis 200		



Der Kompressor ist an dem auf der Galerie befindlichen Luftbehälter angeschlossen und kann auch als Vakuumpumpe arbeiten. Im Betrieb dient er zur Lieferung der zur Förderung der Kondenswasser der Heizanlage mittels Ejektor nötigen Druckluft von 3,0 Atm. Die Zylinderverhältnisse des Kompressors sind so gewählt, daß die Niederdruckluft für den Ejektorbetrieb in beiden Zylindern einstufig erzeugt werden kann, während für Versuchszwecke die Hochdruckluft bis 15,0 Atm. Spannung zweistufig komprimiert wird.

Steuerung: Dampfmaschine: einfacher Muschelschieber, Regelung durch Dampfdruckregelung.
Kompressor: Gutermuth-Klappen.

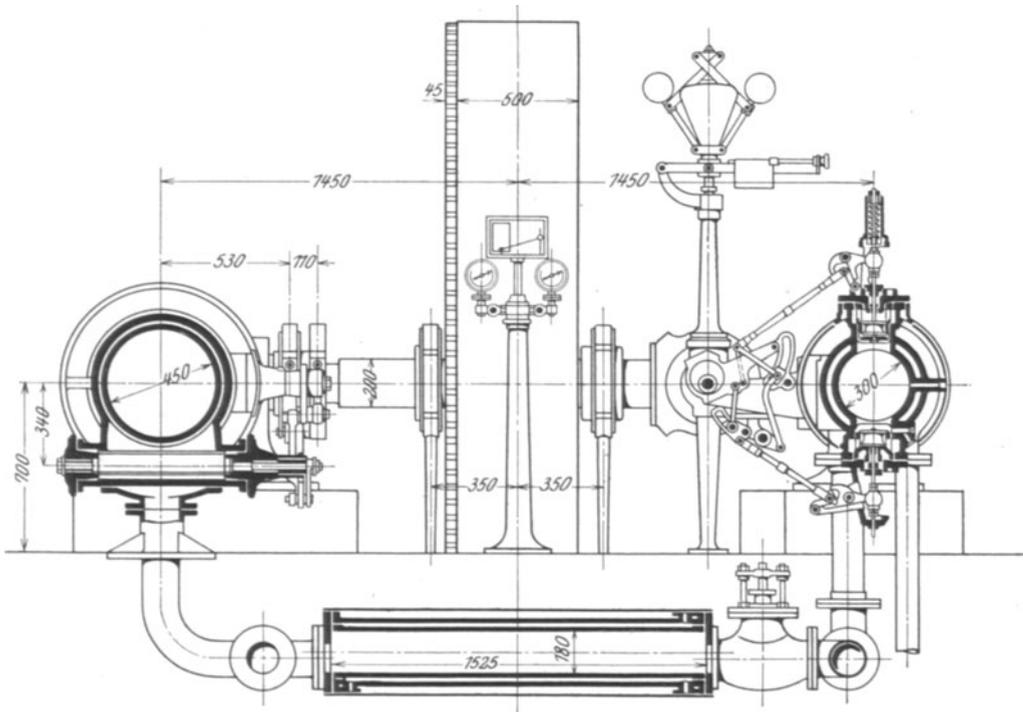
Fig. 24. Liegende Verbundmaschine $\frac{300 \cdot 450}{600}$; $n = 110$; $N_i = 100$ PS.
Abmessungen. G. Kuhn, Stuttgart-Berg.



Liegende Verbundmaschine mit Riemenantrieb für eine Gleichstrom-Dynamo der S. S. W.
[6 Pole, 450 Amp., 150 Volt bei $n = 560$ minütl. Umdr.]

Die Verbundmaschine kann sowohl mit Auspuff als mit Kondensation betrieben werden; außerdem läßt sich für Versuchszwecke der HD.-Zylinder für einstufige Expansion des Dampfes an die Auspuffleitung anschließen. (Vergl. Anordnung der Rohrleitungen, Tafel 7).

Fig. 25. Querschnitt zur liegenden Verbundmaschine durch HD.-Zylinder, ND.-Zylinder und Aufnehmer.



Heizung:

HD. Frischdampf.

ND. Arbeitsdampf oder Frischdampf.

Aufn. mit Mantel für Heizung durch Frischdampf.

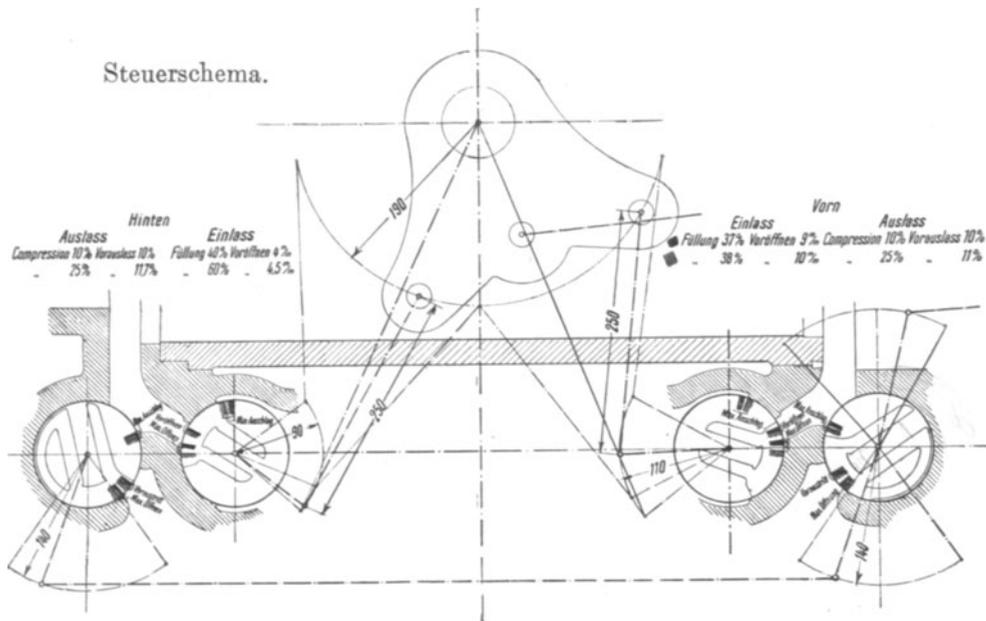
Steuerung:

HD. Kuchenbecker Ventil-Steuerung.

ND. Rundschieber-Steuerung.

Regulierung: Gewichtsregler von Steinle-Hartung mit Tourenverstellung durch Laufgewicht. Unter Verwendung eines besonderen Regulatorbocks können zu Versuchszwecken sämtliche vorhandenen Regulatoren in die Maschine eingebaut werden.

Fig. 26. Steuerung des ND.-Zylinders.



Ein- und Auslaß-Schieber auf jeder Zylinderseite am unteren Zylindermantel angeordnet, mit zwangsläufigem Antrieb durch je ein Exzenter für Ein- und Auslaß. Antriebshebel der Schieber verstellbar zur Veränderung von Füllung und Kompression.

	Einlaß-Exzenter	Auslaß-Exzenter
Exzentrizität mm	80	80
Aufkeilwinkel . .	50°	45°

Querschnitte durch die Schieber.

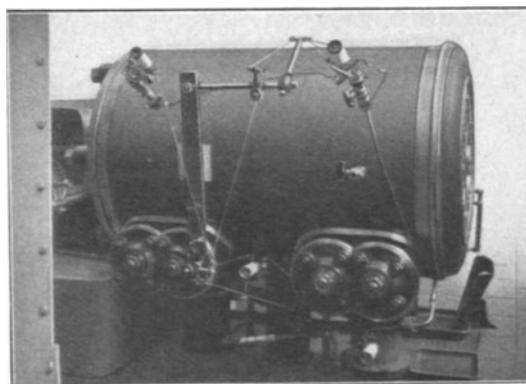
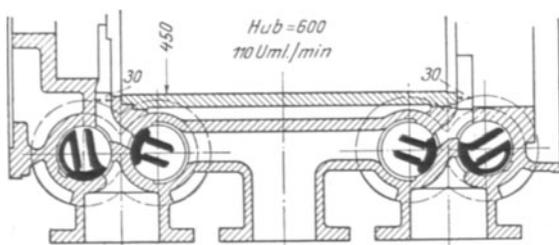


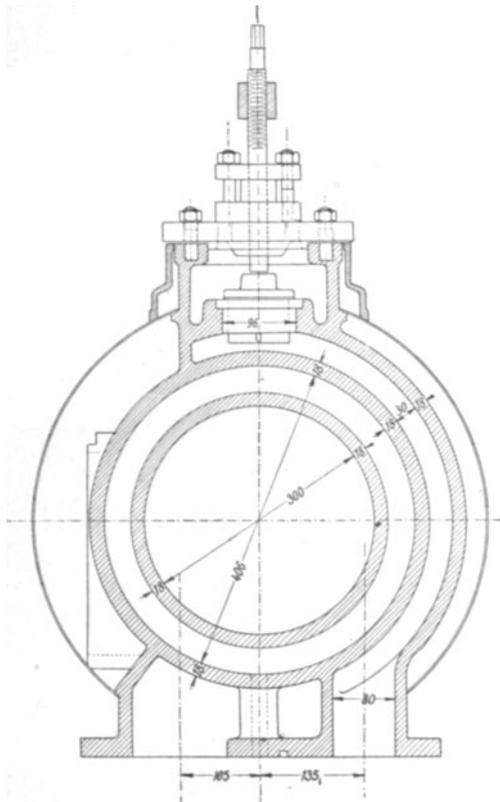
Fig. 27.

Indikatorantrieb am ND.-Zylinder zur Entnahme von Zeitdiagrammen, von der Steuerwelle des HD.-Zylinders abgeleitet.

(Vgl. Fig. 30 folg. Seite.)

Liegende Verbundmaschine.

Fig. 28. Mittelschnitt des HD.-Zylinders durch das Einlaßventil.



Um den wärmetheoretischen Einfluß verschiedener Größe des schädlichen Raumes beider Dampfzylinder festzustellen, sind auf die Deckel des HD.- und ND.-Zylinders 30 mm dicke Gußplatten aufgeschraubt (s. Fig. 24), durch deren Entfernung der schädliche Raum auf beiden Kolbenseiten um 5% sich vergrößern läßt.

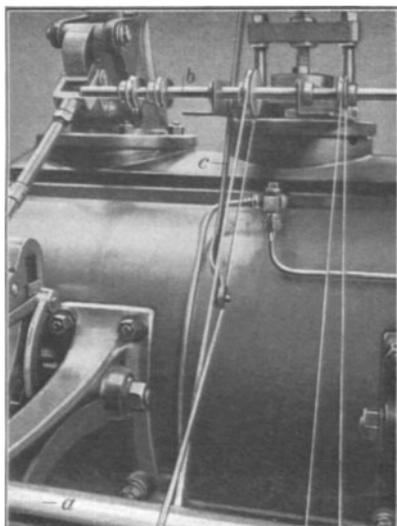
Gewichte

- der HD.-Einlaß-Steuerung.
 Ventil 0,935 kg
 Spindel 0,491 „
 Nuß u. 5 Muttern 1,152 „
 Feder u. 2 Muttern 0,475 „

Versuche.

Wärmetheoretische Untersuchung der Dampfmaschine bei veränderlicher Belastung und verschiedenem Zustand des Arbeitsdampfes für Auspuff und Kondensationsbetrieb. Einfluß der Größe des schädlichen Raumes auf Dampfausnützung. Mechanischer Wirkungsgrad bei verschiedener Leistung und veränderten Betriebsverhältnissen des Dampfes. Drosselungsverluste der Steuerorgane, sowie deren Eröffnungswiderstand und Massenwirkung.

Fig. 30. Indikatorantrieb am HD.-Zylinder von der Steuerwelle aus zur Entnahme von Kurbelweg- bzw. Zeit-Diagrammen.



Antrieb von Steuerwelle a auf Vorgelegewelle b, deren Rollen mit den verschiedenen Indikatoren durchendlose Schnüre verbunden sind. Aus- und Einrückung durch Hebel c mit Spannrolle. Von b aus erfolgt auch der Antrieb nach dem ND. (Fig. 27.)

Fig. 29. Schnitt durch das Ein- und Auslaßventil des HD.-Zylinders (Kurbelseite).

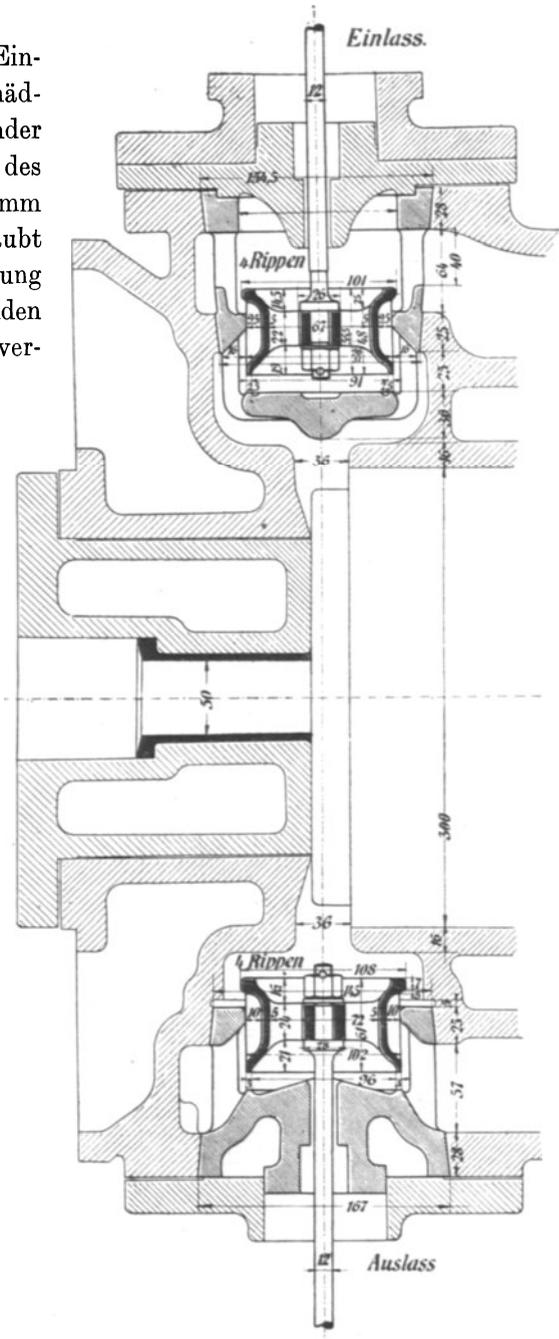


Fig. 31. Apparat zur Entnahme von Ventilerhebungs-Diagrammen am HD.

Die Ventilschindel der Einlaßventile ist über das Federgehäuse hinaus verlängert zwecks Anschluß der Hebelübersetzung zur Diagrammentnahme. Auf rechtwinkeligem Arm wird kolbenloser Indikator mit Schreibzeug und Trommel aufgesetzt.

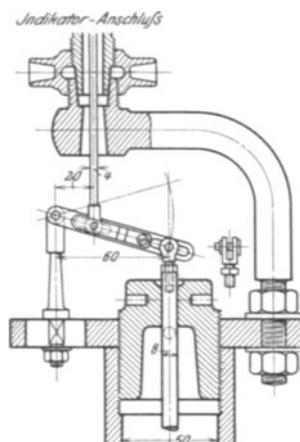
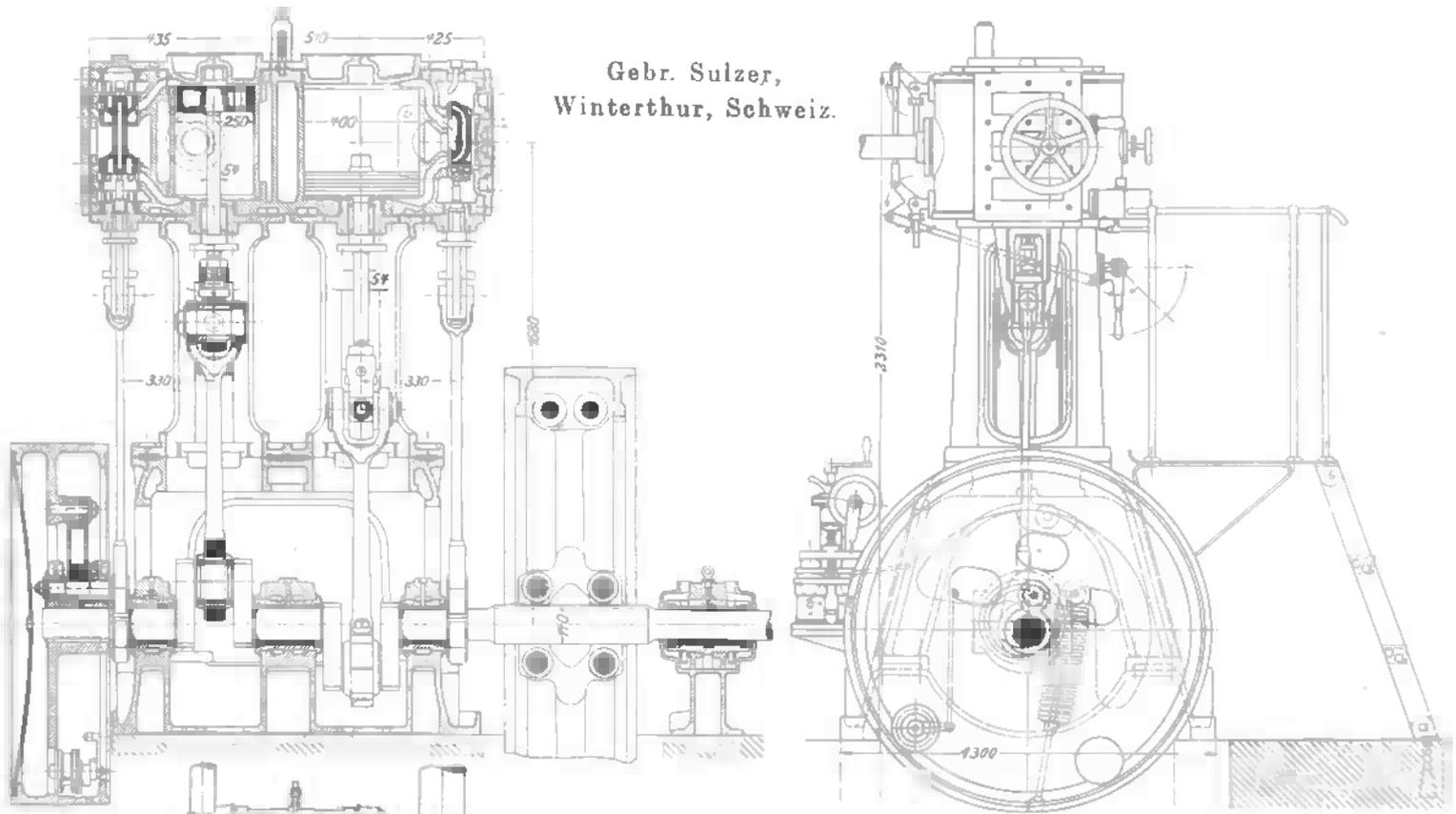
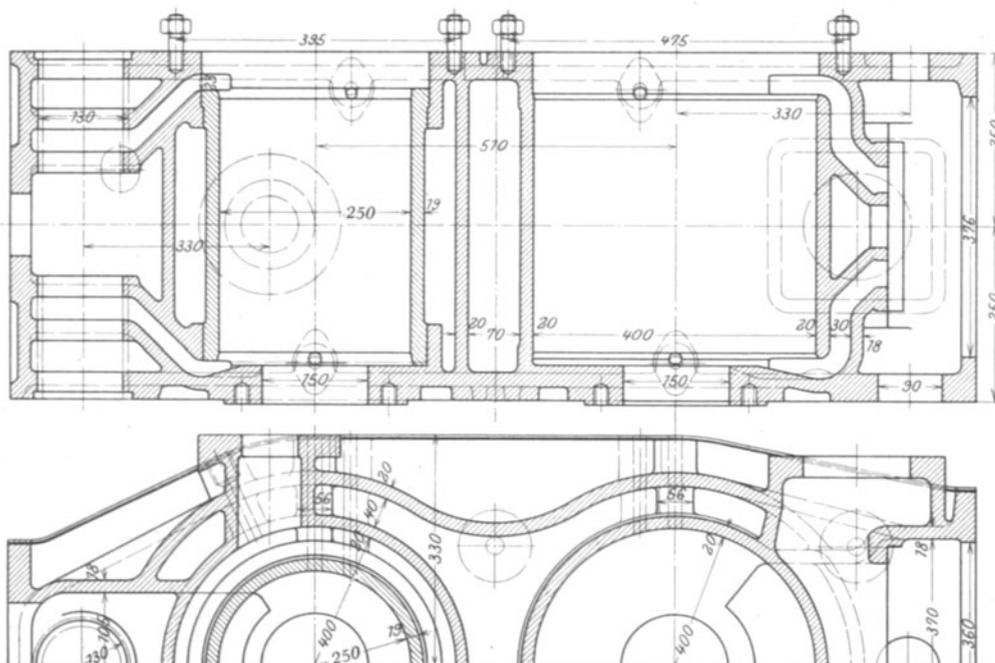


Fig. 32. Stehende Verbund-Dampfmaschine $\frac{250 \cdot 400}{300}$; $n = 200$; $N_i = 120$ PS_i.



Stehender Schnellläufer. HD.-Zylinder einfache Kolbenschiebersteuerung mit Achsregler; ND.-Zylinder Kanalfachschieber. Die gekröpfte Kurbelwelle treibt mittels Flanschenkupplung eine liegende Bergwerkspumpe (S. 36) an oder mittels Riemen vom Schwungrad aus die im Maschinenhauskeller befindliche Transmission. An beiden Dampfzylindern durchströmt der Arbeitsdampf vor Eintritt in die Schieberkästen die Heizmäntel. Aufnehmer und ND.-Mantel können vom HD.-Mantel aus mittels Überströmventil vorgewärmt werden.

Schnitt durch HD.- und ND.-Zylinder.



Zur Untersuchung der Druckverluste des Dampfes von Ein- bis Austritt sind Indikatorstutzen außer an den Dampfzylindern auch an den Ein- und Austrittsräumen der Schiebergehäuse beider Zylinder angebracht.

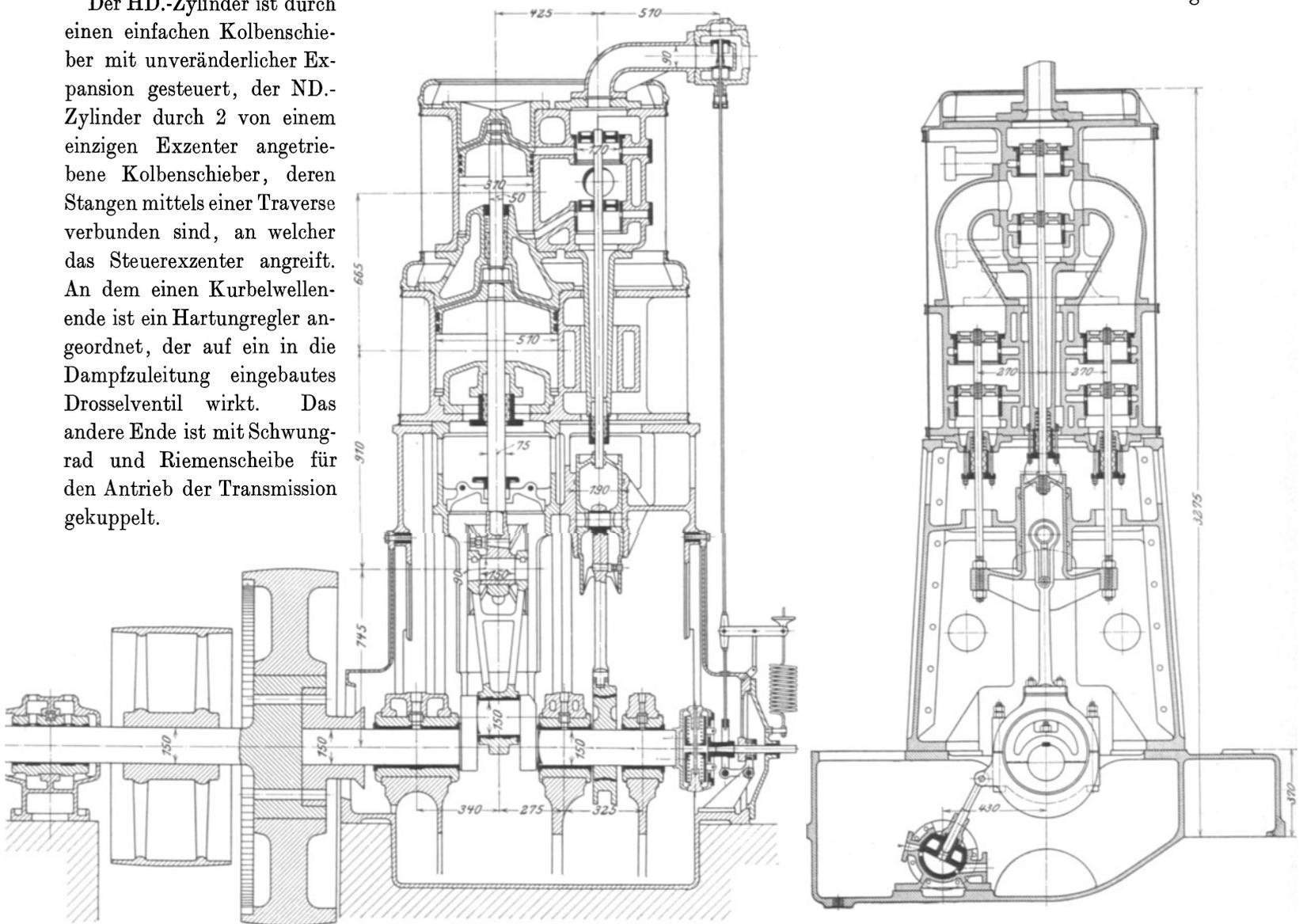
Abmessungen.

	HD.		ND.	
	DS.	KS.	DS.	KS.
Zylinder-Dchm. mm	250		400	
Kolbenst.-Dchm. mm	0	54	0	54
Wirks.Kolbenfl. qcm	490,9	468,0	1256,6	1233,7
Hub . mm	300		300	
Schädliche Räume ‰	9,7	9,7	7,2	7,2
Minutl. Umdrehg.	280 bis 300			

Fig. 35. Stehende Tandem-Verbundmaschine $\frac{310 \cdot 510}{250}$; $n = 400$; $N_1 = 200$ PSi.

Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg.

Der HD.-Zylinder ist durch einen einfachen Kolbenschieber mit unveränderlicher Expansion gesteuert, der ND.-Zylinder durch 2 von einem einzigen Exzenter angetriebene Kolbenschieber, deren Stangen mittels einer Traverse verbunden sind, an welcher das Steuerexzenter angreift. An dem einen Kurbelwellenende ist ein Hartungregler angeordnet, der auf ein in die Dampfzuleitung eingebautes Drosselventil wirkt. Das andere Ende ist mit Schwungrad und Riemenscheibe für den Antrieb der Transmission gekoppelt.

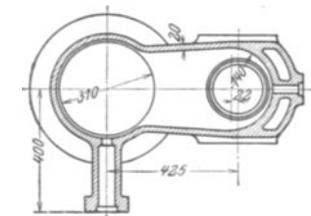


Schnitt durch HD.-Zylinder

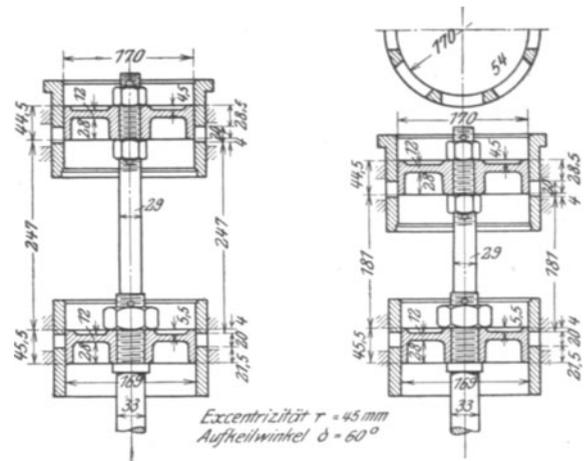
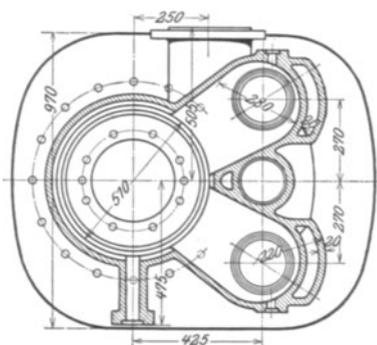
Fig. 36. Kolbenschieber für HD.-Steuerung für ND.-Steuerung

Abmessungen.

	HD.		ND.	
	DS.	KS.	DS.	KS.
Zylinder-Durchmesser . . mm	310		510	
Kolbenstangen-Durchm. mm	0	50	0	75
Wirksame Kolbenfläche qcm	754,8	735,1	2042,8	1998,6
Hub mm	250			
Minutliche Umdrehungen . . .	100 bis 400			
Schädliche Räume . . %	10,0	13,6	10,6	13,0



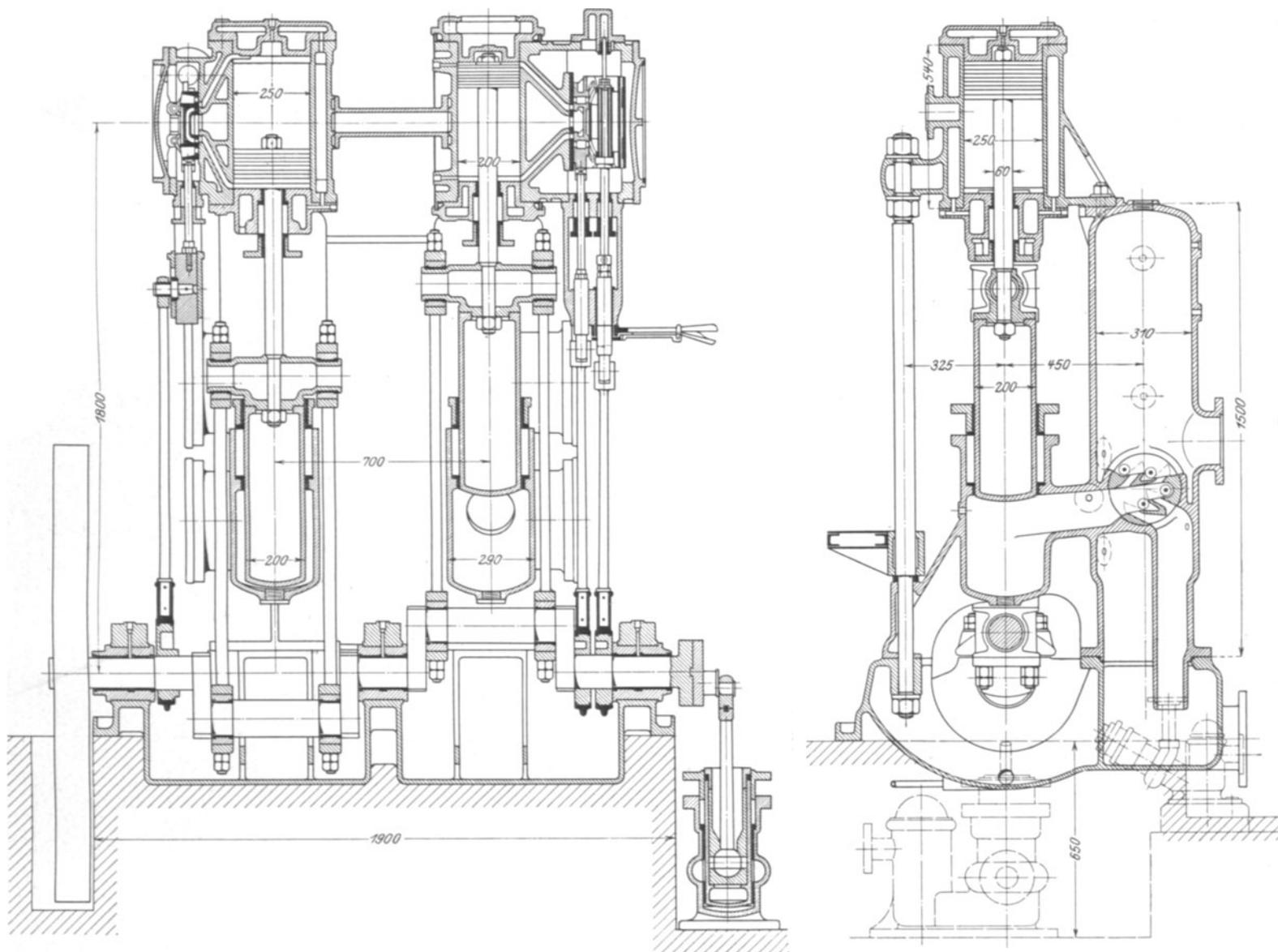
Schnitt durch ND.-Zylinder



Versuche.

Indizierung bei verschiedenen Belastungen und Umdrehungszahlen. Dampfverbrauchsbestimmung, wärmetheoretische Untersuchungen. Regulierversuche und Ermittlungen des Ungleichförmigkeitsgrades mittels Stimmgabel und stroboskopischen Verfahrens.

Fig. 37. Stehende Kondensationsmaschine mit Einzylinder-Dampfmaschine
Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal.



Einzylinder-Dampfmaschine mit von Hand verstellbarer Rider-Steuerung und trockene Schieberluftpumpe in Zwillingsanordnung mit Kurbeln unter 90° aufgestellt und je mit einfachwirkender Kühlwasser-Plunserpumpe gekuppelt. Saug- und Druckraum der Pumpen bilden den Maschinenständer; als Abschlußorgane dienen federnde Klappen in kegelförmigen Einsätzen. Stehende Kondensat- und Ölwaterpumpen vertieft aufgestellt und vom Ende der gekröpften Welle aus durch exzentrische Zapfen angetrieben.

Abmessungen.

	Dampfmaschine		Luftpumpe	
	DS.	KS.	DS.	KS.
Zylinder-Dchm. mm	200		250	
Kolbenstangen-Durchmesser mm	0	60	0	60
Kolbenfläche qcm	314,2 260,3 490,9 472,0			
Hub mm	150			
Minutl. Umdrehgn.	30 bis 90			

Versuche.

Kraftbedarf der Kondensationsanlage bei verschiedenen Umdrehungszahlen und dabei konstanter Kondensatorbelastung. Verteilung des Kraftbedarfs auf die Luft-, Kühlwasser- und Kondensatpumpen. Mechanischer Wirkungsgrad der Anlage. Eichung der Kühlwasserpumpe durch Wasserwägung bei verschiedenen Umdrehungszahlen und verschiedenen Kühlwassertemperaturen zur Bestimmung des volumetrischen Effekts. Theoretische Untersuchung der Dampf- und Pumpendiagramme.

Konischer Einsatz mit Saug- und Druckklappen.

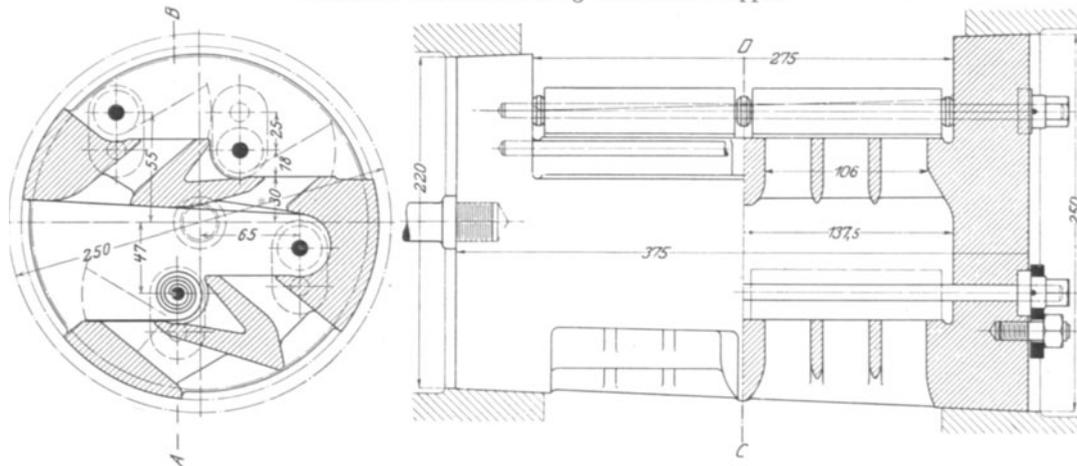
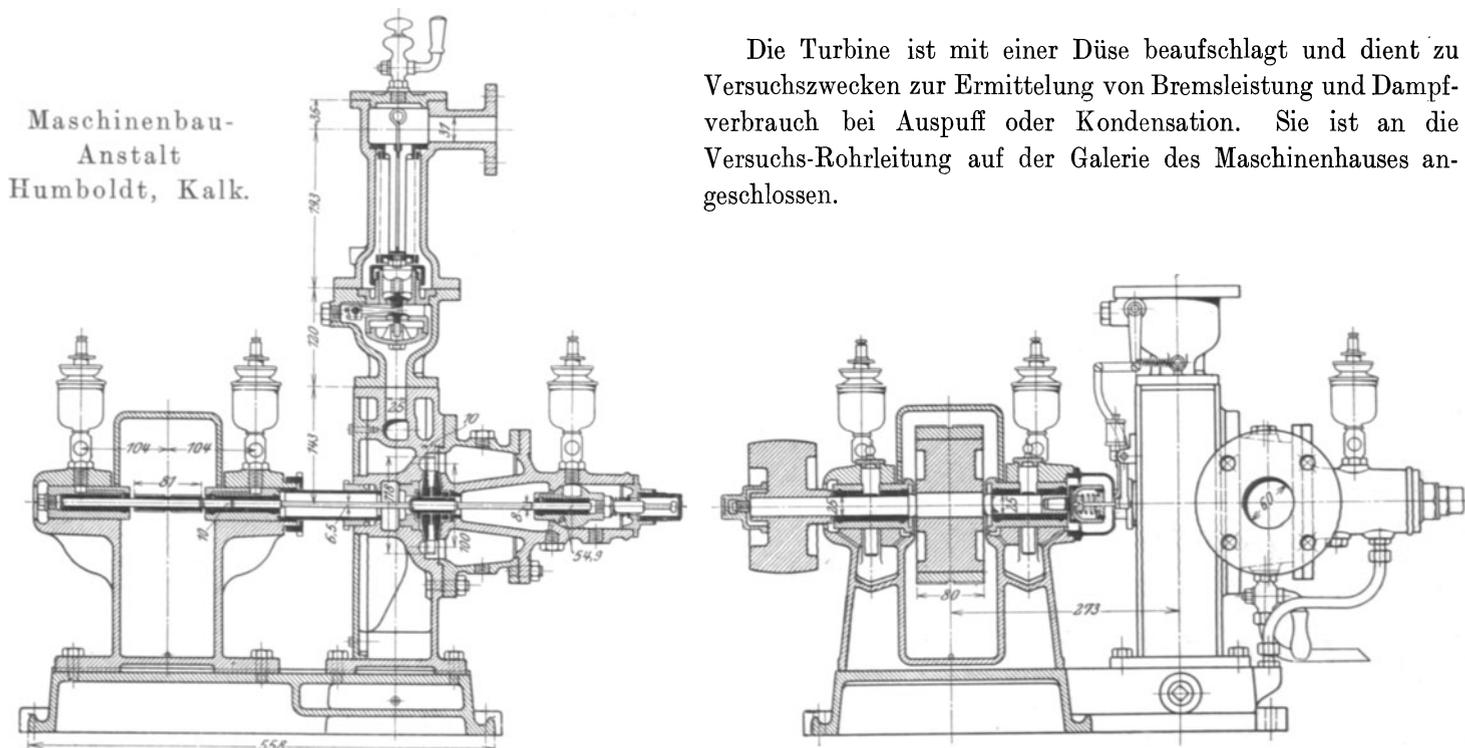
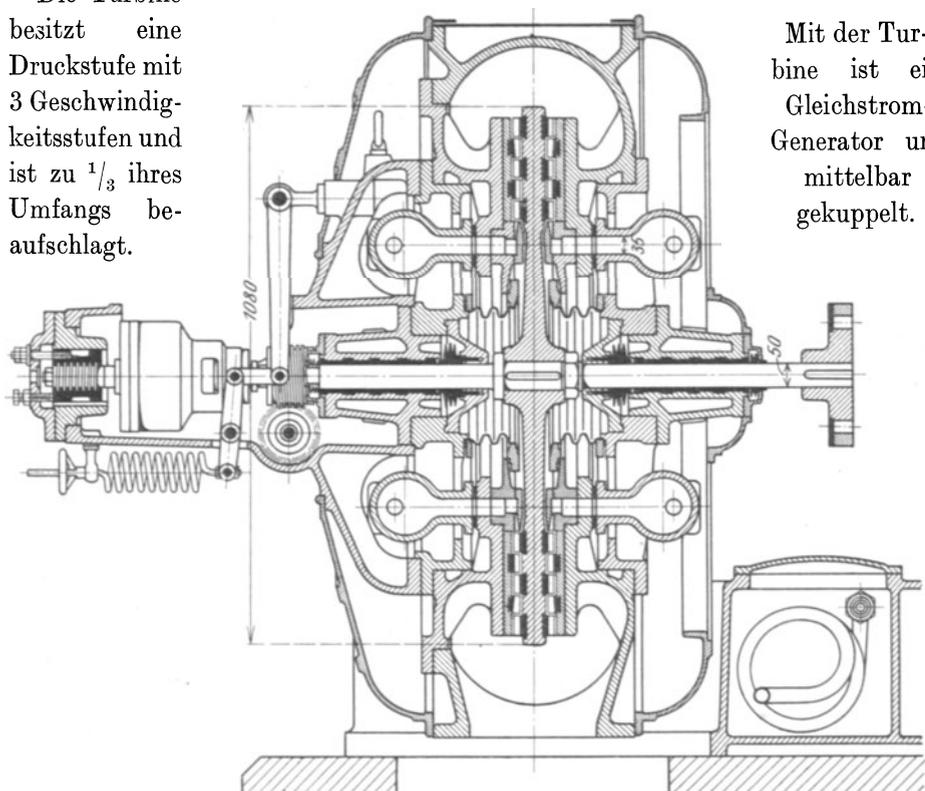


Fig. 38. De Laval-Turbine für 5 PS_e. $n = 30000$.

Die Turbine ist mit einer Düse beaufschlagt und dient zu Versuchszwecken zur Ermittlung von Bremsleistung und Dampfverbrauch bei Auspuff oder Kondensation. Sie ist an die Versuchs-Rohrleitung auf der Galerie des Maschinenhauses angeschlossen.

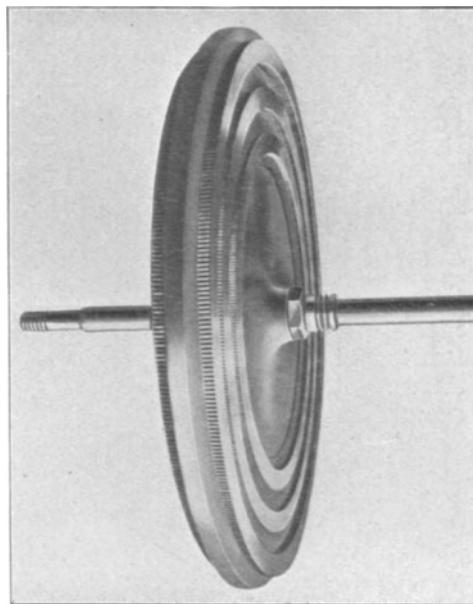
Fig. 39. Radial-Dampf-Turbine für 100 KW. $n = 3000$.
Felten & Guillaume-Lahmeyer-Werke, Frankfurt a. M.

Die Turbine besitzt eine Druckstufe mit 3 Geschwindigkeitsstufen und ist zu $\frac{1}{3}$ ihres Umfangs beaufschlagt.



Mit der Turbine ist ein Gleichstrom-Generator unmittelbar gekuppelt.

Lauftrad aus Nickelstahl.



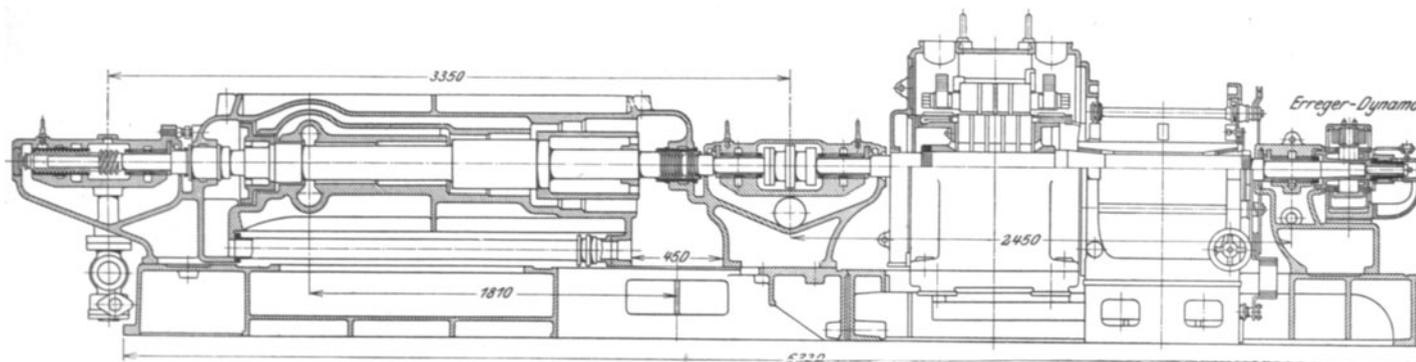
Zur Veranschaulichung der Innenkonstruktion von Achsial-Turbinen dient eine von der Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg überlassene ältere Versuchsturbine mit 17 Druckstufen und teilweiser Beaufschlagung von 50 PS. und 4000 minutlichen Umdrehungen. Der Gehäusedeckel derselben ist abgenommen, um Laufräder und Leitkanäle erkennen zu lassen.

Fig. 40. **Brown-Boveri-Parsons Dampfturbine** (ältere Ausführung; 1903)

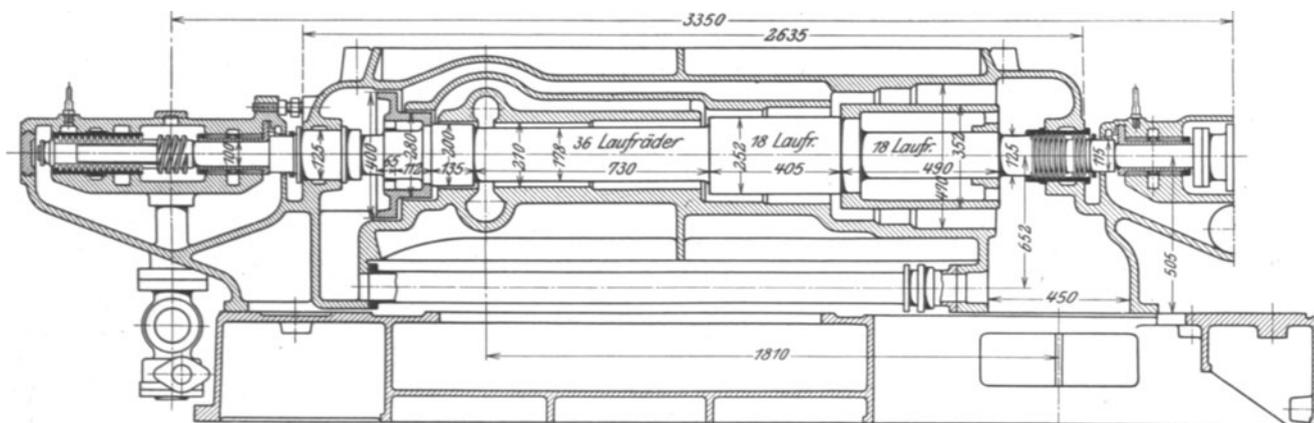
mit Gleichstromdynamo von 250 KW. $n = 2700$ in der Min.

Brown, Boveri & Co. in Baden (Schweiz).

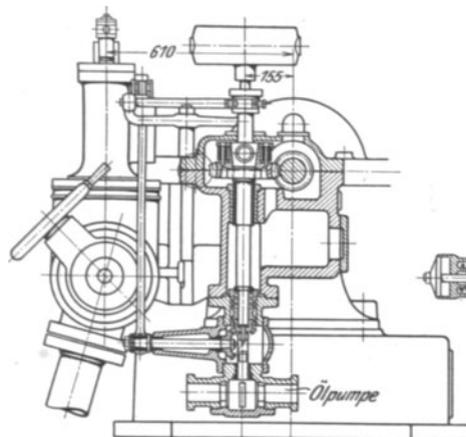
Längsschnitt durch Turbine und Generator.



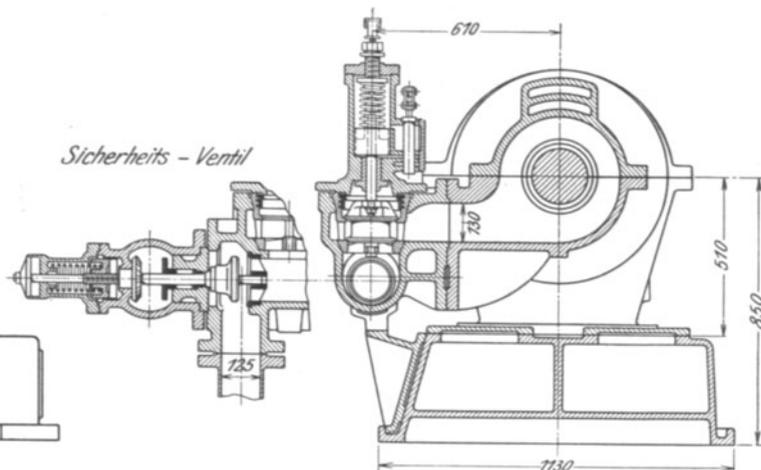
Längsschnitt der Turbine.



Schnitt durch Regulatorantrieb.



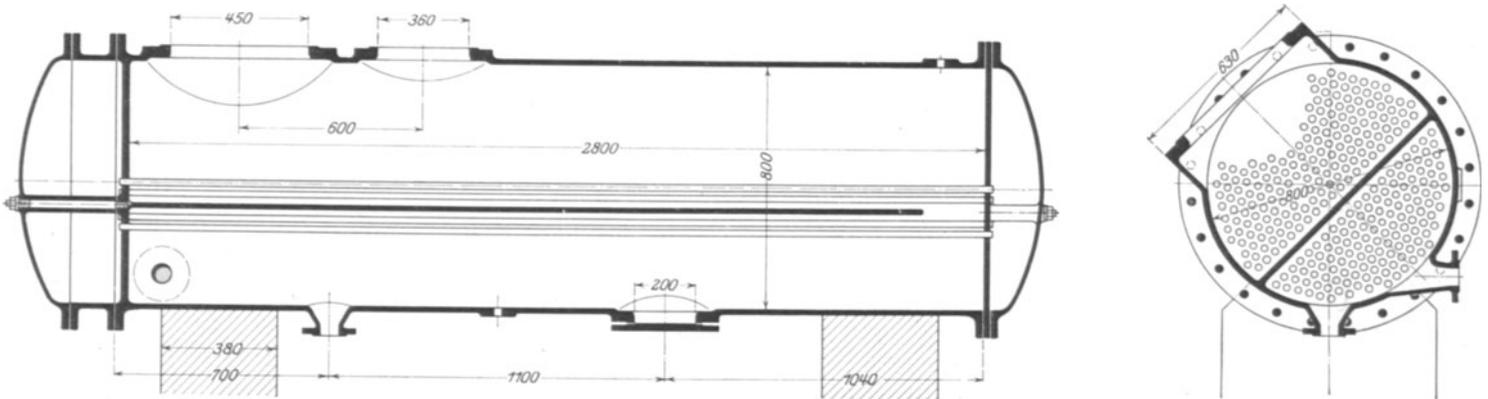
Dampf-Einlaßventil und Steuerung.



Der Turbogenerator dient zur Lieferung des elektrischen Stromes für die Beleuchtung sämtlicher Hochschulgebäude und zur Stromlieferung für Versuchszwecke in den verschiedenen Laboratorien und Instituten. Die Dampfturbine arbeitet mit 144 Stufen in Laufrad- und Leitschaufelkränzen und kann mit Auspuff oder Kondensation betrieben werden; bei Auspuffbetrieb leistet sie 180 KW.

Eine größere Zahl von Anbohrungen des Gehäuses gestattet Druck- und Temperaturbeobachtungen des Dampfes für wissenschaftliche Untersuchungen und für den Laboratoriumsunterricht.

Fig. 41. Liegender Oberflächen-Kondensator von 60 qm Kühlfläche.
Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal.



Haupt-Kondensator im Maschinenhauskeller. 270 verzinkte Messingrohre von 18 mm lichter Weite, 25 mm äußerem Durchmesser, 2,86 m Länge. Thermometer-Einsätze an mehreren Stellen des Kondensatorinnern, sowie der Kühlwasserleitungen und der Umföhrungskammer. Getrennte Anschlußstutzen für Luft- und Kondensatpumpen. Vergleiche Anschlußleitungen auf Tafeln 7—9.

Fig. 42. Liegender Oberflächen-Kondensator von 22 qm Kühlfläche.
G. Kuhn, Stuttgart-Berg.

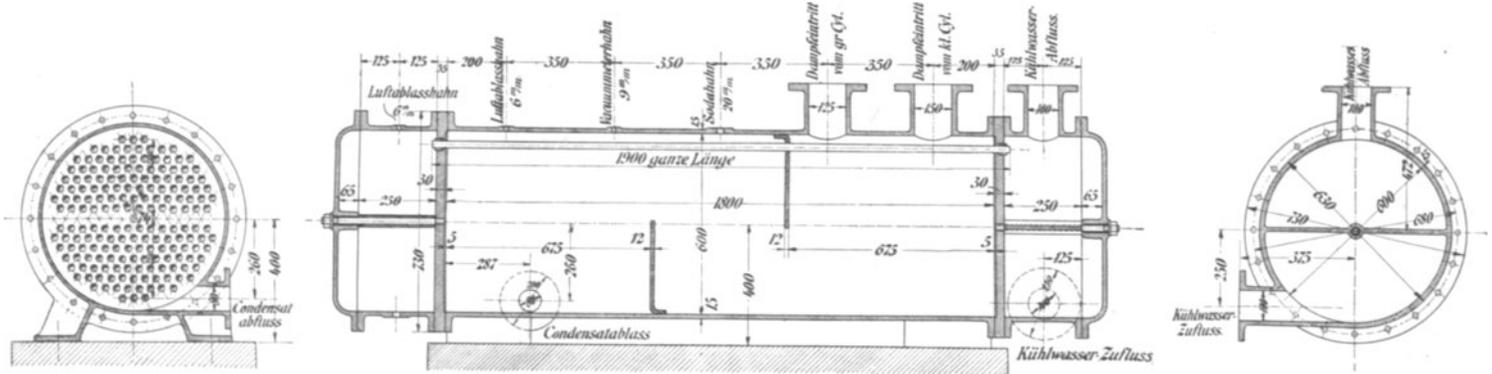
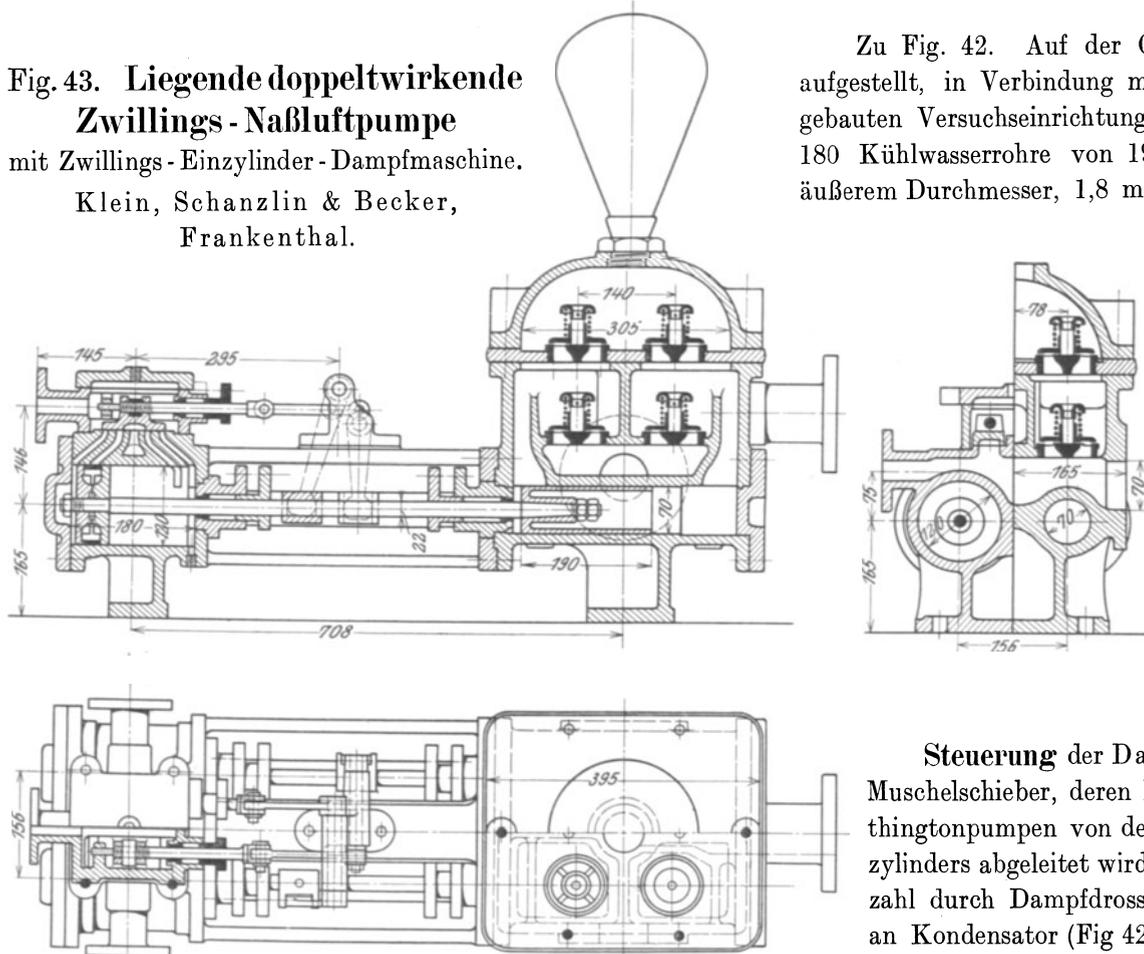


Fig. 43. Liegende doppelwirkende
Zwillings - NaBluftpumpe
mit Zwillings - Einzylinder - Dampfmaschine.
Klein, Schanzlin & Becker,
Frankenthal.



Zu Fig. 42. Auf der Galerie des Maschinenhauses aufgestellt, in Verbindung mit in die Dampfleitung eingebauten Versuchseinrichtungen (s. S. 42 und Tafel 11). 180 Kühlwasserrohre von 19 mm lichter Weite, 21 mm äußerem Durchmesser, 1,8 m nutzbarer Länge.

Abmessungen.

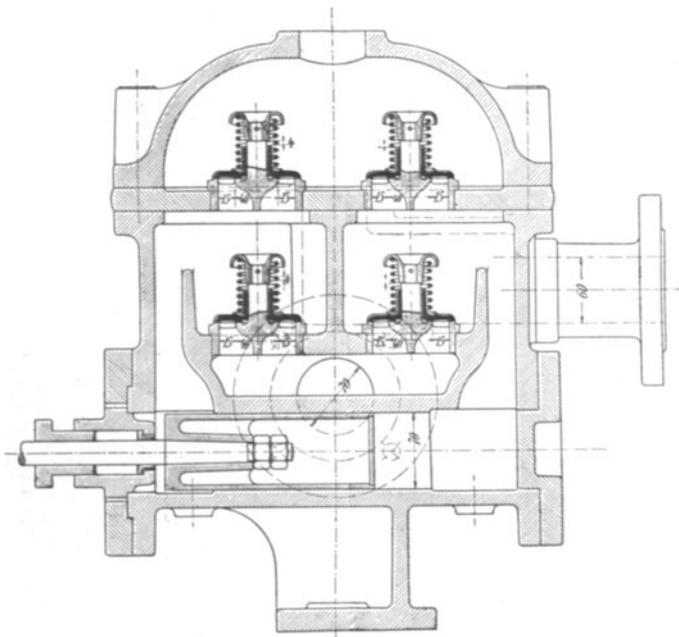
	Dampf-Masch.	Pumpe
Zyl. Durchm.		
mm	120	70
Kolbenstgen.		
Dehm. . mm	22	—
Hub . . mm	120	120
Min. Umdr.	bis 120	

Steuerung der Dampfzylinder durch je einen Muschelschieber, deren Bewegung nach Art der Worthingtonpumpen von der Kolbenstange des Nachbarzylinders abgeleitet wird. Regelung der Umdrehungszahl durch Dampf-drosselung. — Die Luftpumpe ist an Kondensator (Fig 42) angeschlossen.

Fig. 44. Pumpenzylinder

der liegenden doppeltwirkenden Naß-Luftpumpe Fig. 43.

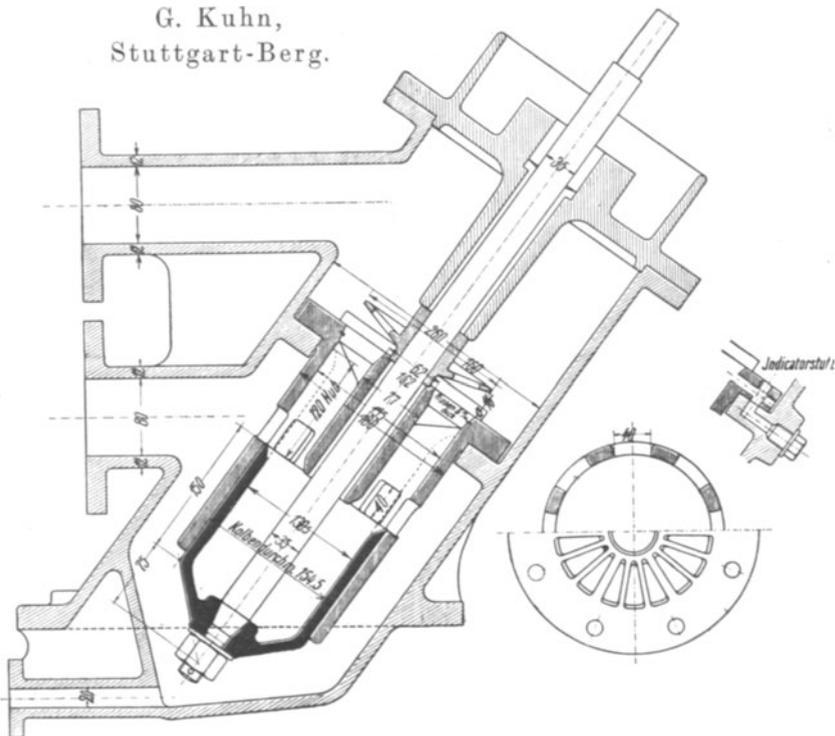
Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal.



Die Pumpe besitzt je vier federbelastete Ringventile aus Rotguß auf Saug- und Druckseite.

Fig. 45. Schrägliegende einfachwirkende Naß-Luftpumpe $\frac{155}{120}$; $n = 110$.

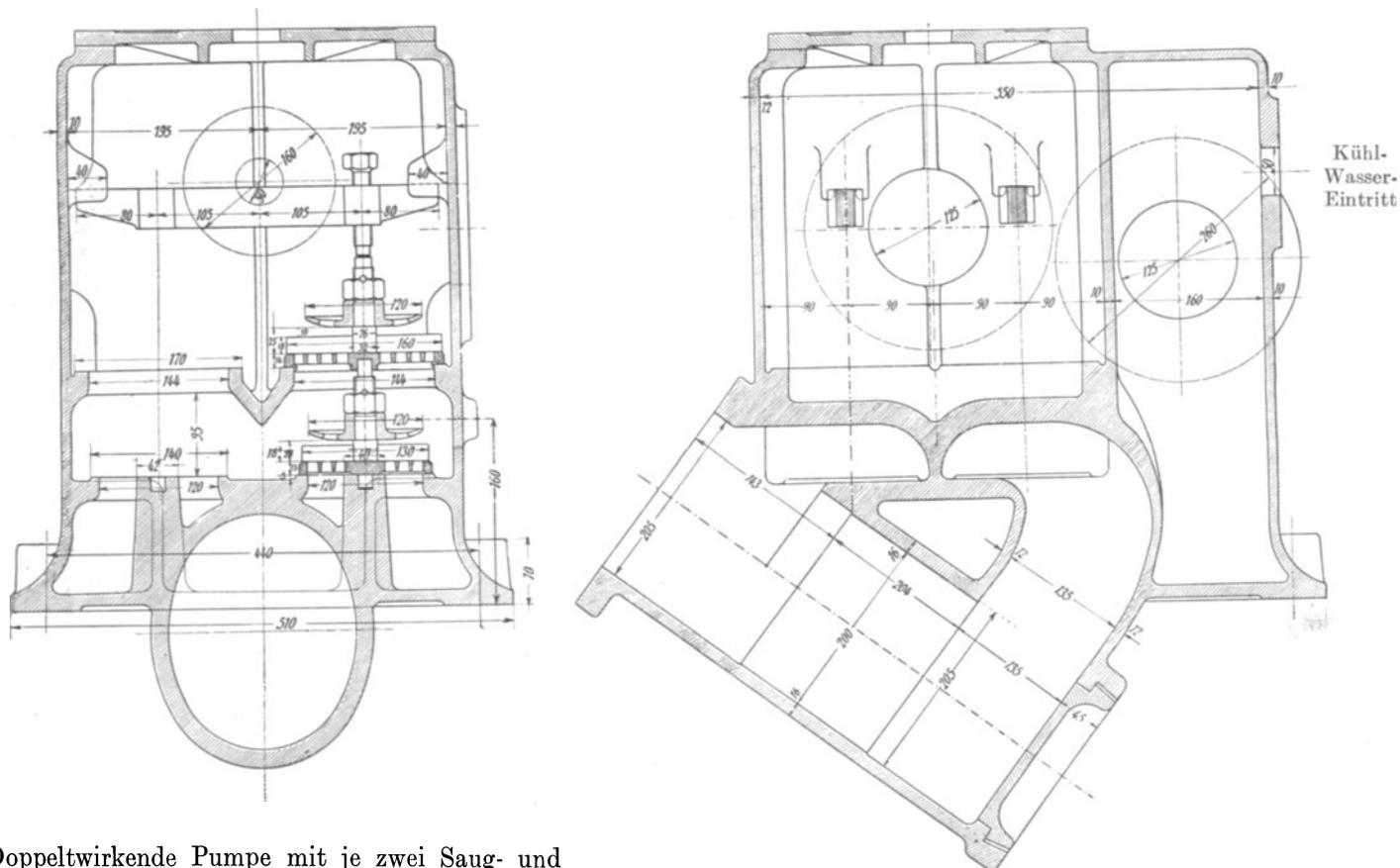
G. Kuhn, Stuttgart-Berg.



Auf der Saugseite Schlitze im Zylinderumfang, auf der Druckseite ein der Pumpenachse konzentrisches Gummiventil.

Fig. 46. Schrägliegende doppeltwirkende Naß-Luftpumpe $\frac{200}{180}$; $n = 110$ mit Einspritzkondensator.

G. Kuhn, Stuttgart-Berg.



Doppeltwirkende Pumpe mit je zwei Saug- und Druckventilen aus Gummi auf jeder Zylinderseite.

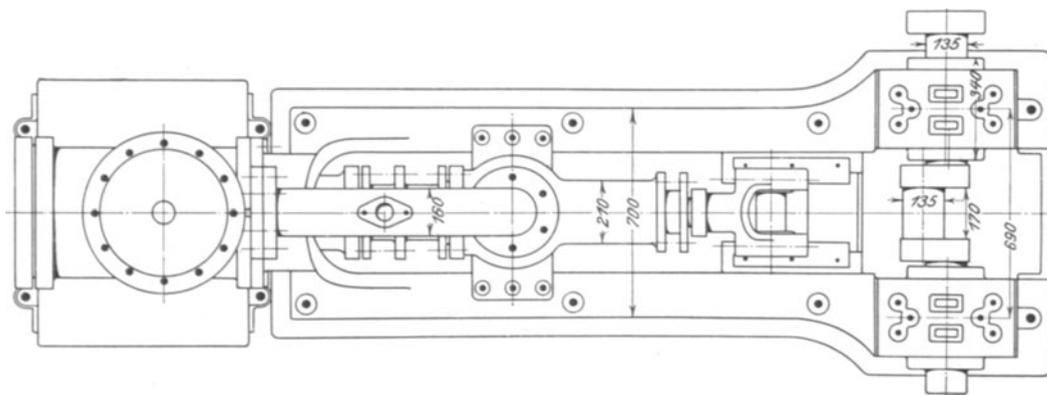
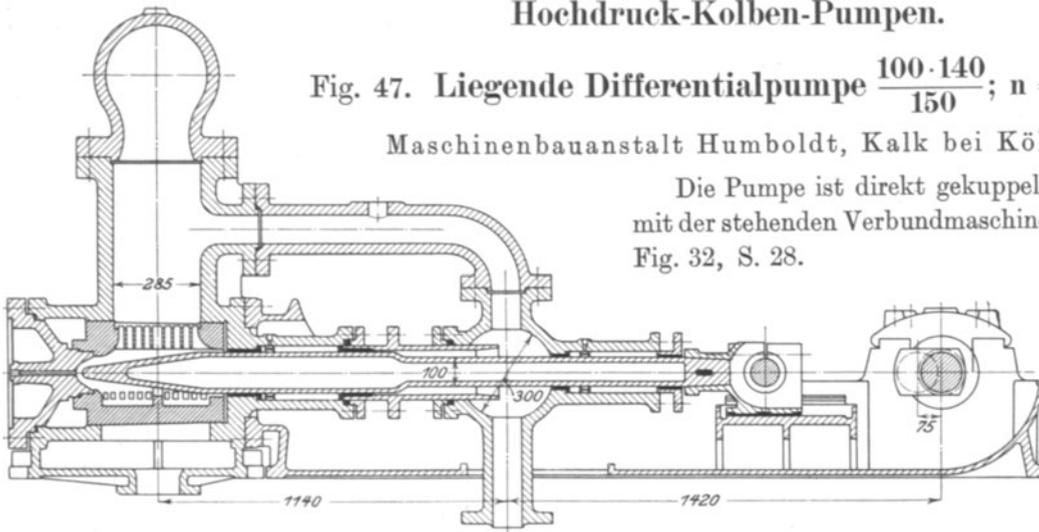
Die Luftpumpe ist mit dem Einspritzkondensator in einem Gußkörper vereinigt. Dampfeintritt durch ein Rohr von 125 mm lichter Weite. Kühlwassereintritt (Anschluß an die Wasserleitung) durch Rohr von 50 mm lichter Weite. Die Pumpen, Fig. 45 und 46 werden von der Kurbelwelle der liegenden Verbundmaschine durch je ein Exzenter angetrieben (s. S. 25).

Hochdruck-Kolben-Pumpen.

Fig. 47. Liegende Differentialpumpe $\frac{100 \cdot 140}{150}$; $n = 200$.

Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln.

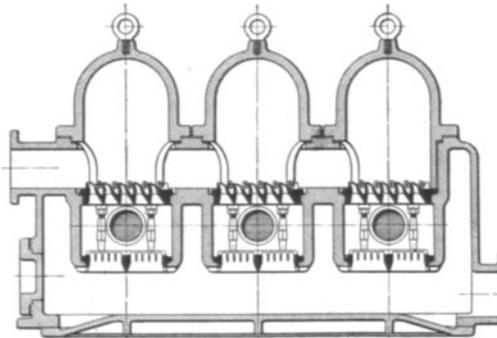
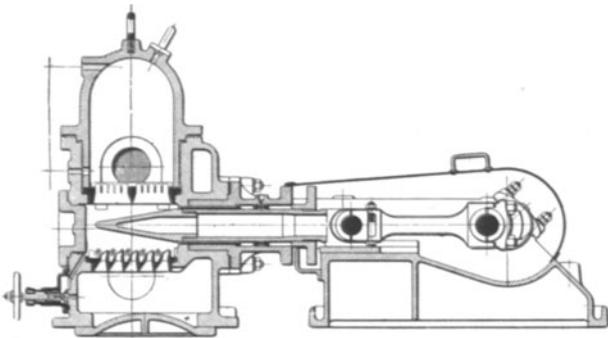
Die Pumpe ist direkt gekuppelt mit der stehenden Verbundmaschine Fig. 32, S. 28.



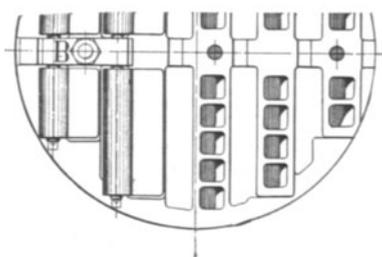
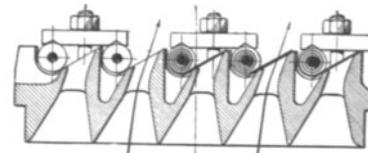
Steuerung der Saug- und Druckseite durch Gutermuth-Klappen, die in gemeinsamem, zum Plunsker zentrischen, konischen Einsatz angeordnet sind. Pumpendruck 50 Atm. Wasserförderung 0,45 cbm/Min. Die Pumpe liefert das Aufschlagwasser für ein Peltonrad des Wasserkraftlaboratoriums. (s. Tafel 10).

Fig. 48. Liegende einfachwirkende Drillingspumpe $\frac{3 \times 130}{150}$; $n = 300$.

Siemens & Halske, St. Petersburg.



Tellerförmiger Saugklappen-Einsatz.



Die Pumpe ist direkt gekuppelt mit Drehstrom-Motor, kann jedoch auch von der Transmission aus angetrieben werden. Pumpendruck 15 Atm. Wasserlieferung 1,8 cbm/Min. Steuerung durch Gutermuth-Klappen.

Versuche:

Indizierung der Pumpen bei veränderlicher Umdrehungszahl und Pressung. Bestimmung des mechanischen und volumetrischen Nutzeffekts und der Klappendurchgangswiderstände.

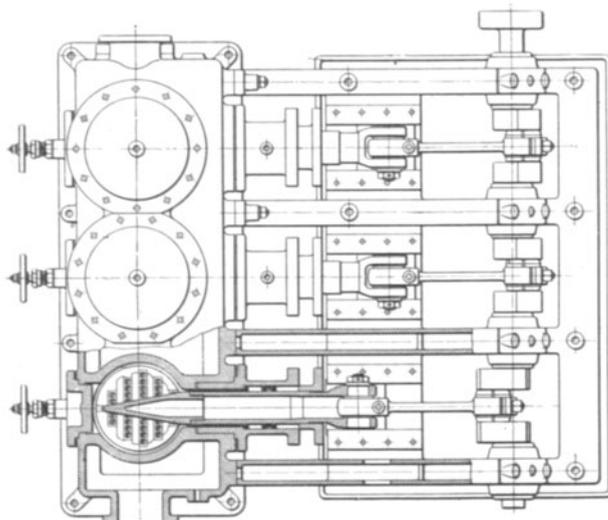
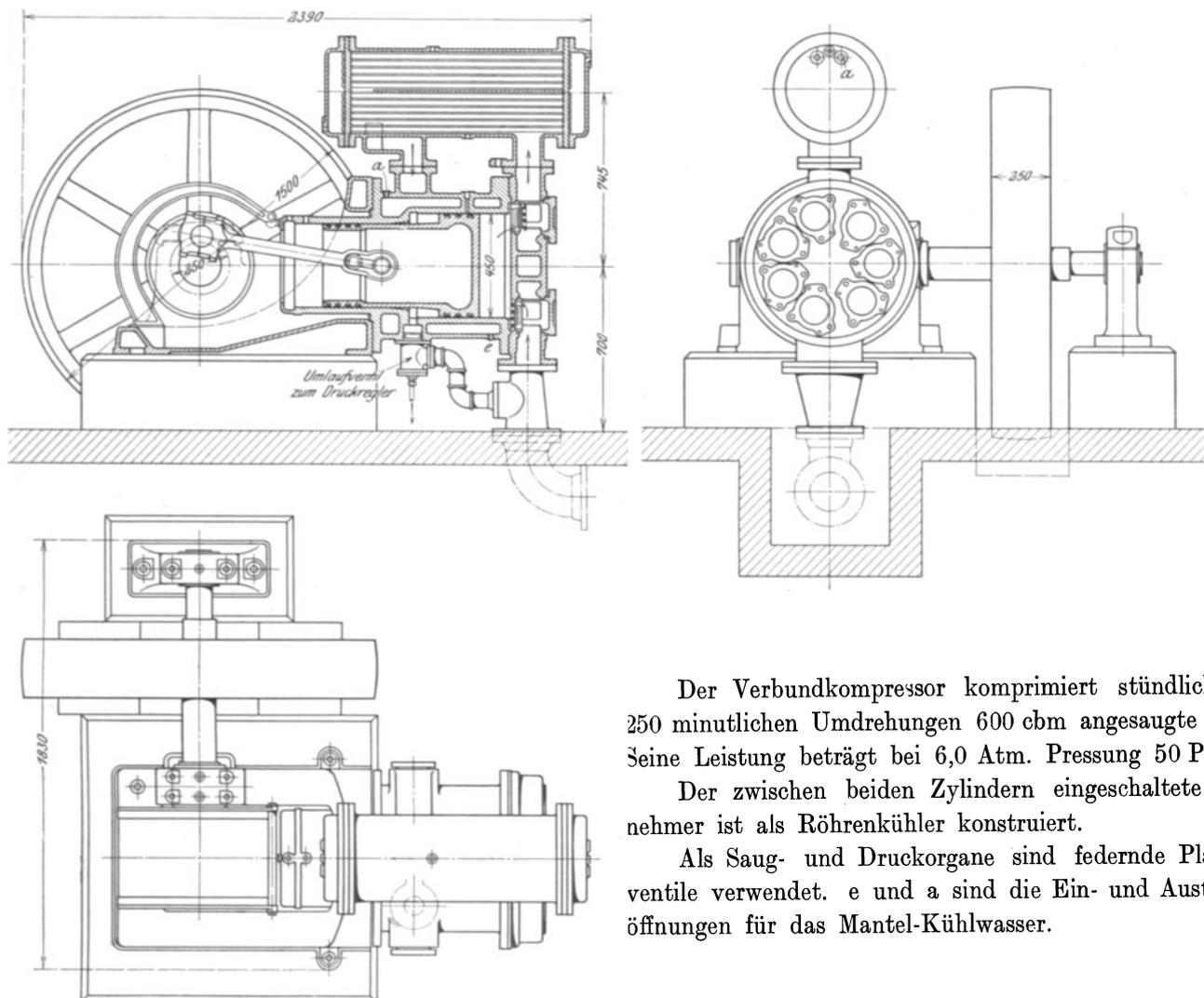


Fig. 49. **Liegender Einfachwirkender-Verbund-Kompressor** $\frac{450 \cdot 360}{250}$; $n = 250$.
A. Borsig, Tegel b. Berlin.



Der Verbundkompressor komprimiert stündlich bei 250 minutlichen Umdrehungen 600 cbm angesaugte Luft. Seine Leistung beträgt bei 6,0 Atm. Pressung 50 PS_i.

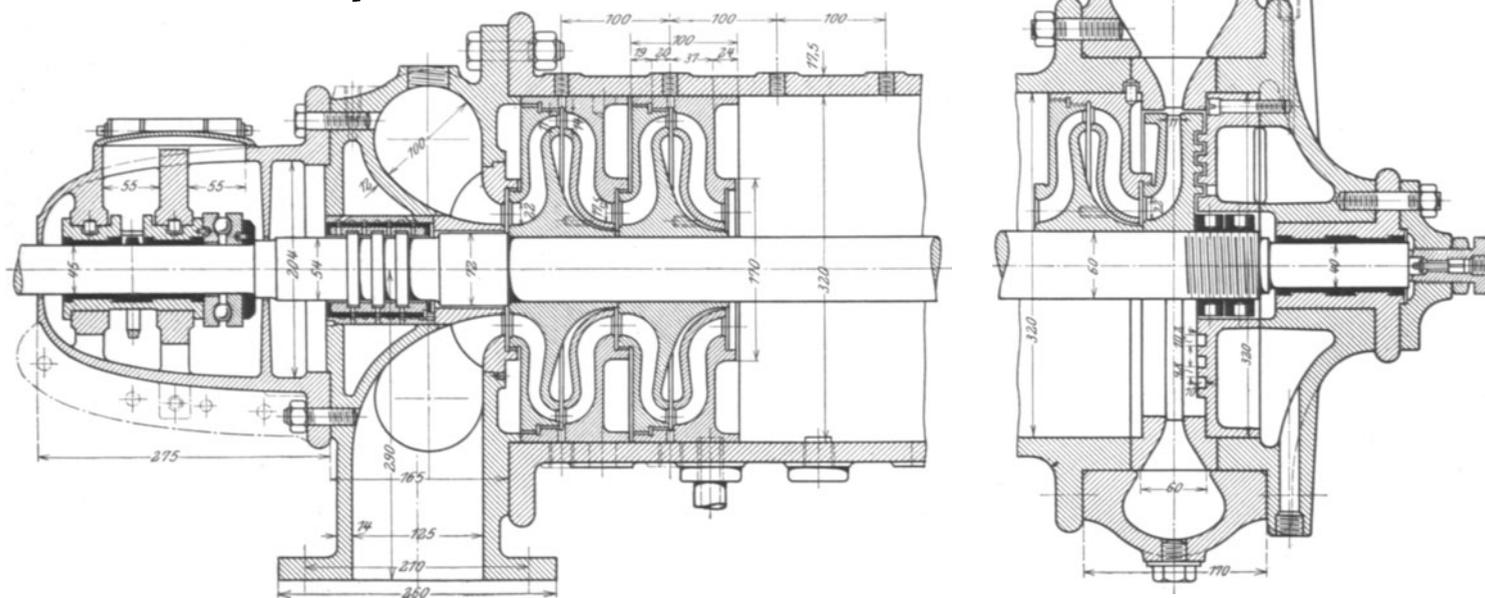
Der zwischen beiden Zylindern eingeschaltete Aufnahme ist als Röhrenkühler konstruiert.

Als Saug- und Druckorgane sind federnde Plattenventile verwendet. e und a sind die Ein- und Austrittsöffnungen für das Mantel-Kühlwasser.

Fig. 50. **Hochdruck-Zentrifugalpumpe**

Escher, Wyß & Co., Zürich.

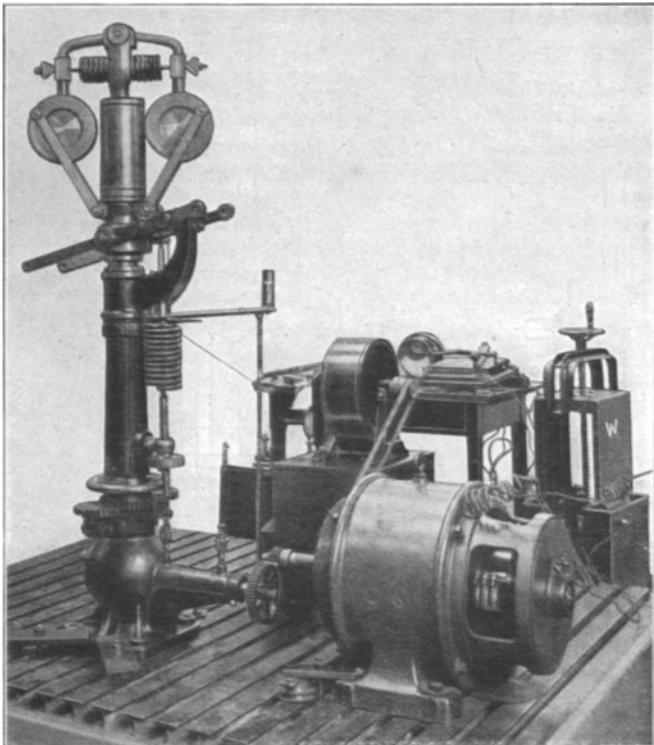
1,2 cbm pro Minute bei $n = 1000$. Förderhöhe 100 m.



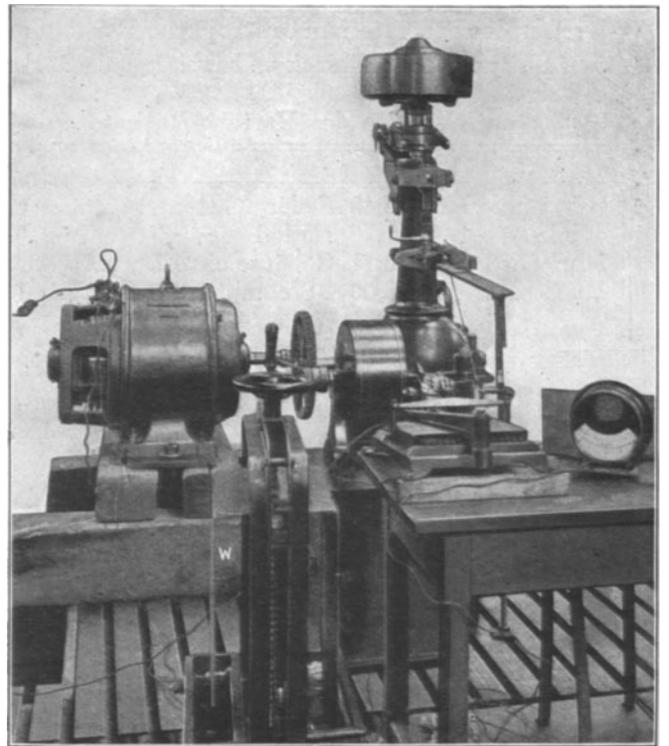
Hochdruckpumpe nach Kugel-Gelpke mit 6 Druckstufen. Der durch einseitigen Wassereintritt in die Laufräder hervorgerufene Achsialschub wird durch Beaufschlagung der Gegenseite der Laufräder in den Trennkammern mit Druckwasser der letzten Stufe aufgehoben. Zu diesem Zwecke ist die an die Druckleitung anschließende Kammer der Pumpe mit den Trennkammern sämtlicher Zwischenstufen durch eine Ausgleichleitung verbunden, in welche für jede Stufe einzeln Drosselventile eingeschaltet sind. Außerdem wird durch die Ausgleichleitung auch die Stopfbüchse

Regulator-Untersuchungen.

Fig. 58 u. 59. Regulatorantrieb durch Elektromotor zur Ermittlung der Eigenreibung und des Massenwiderstandes.

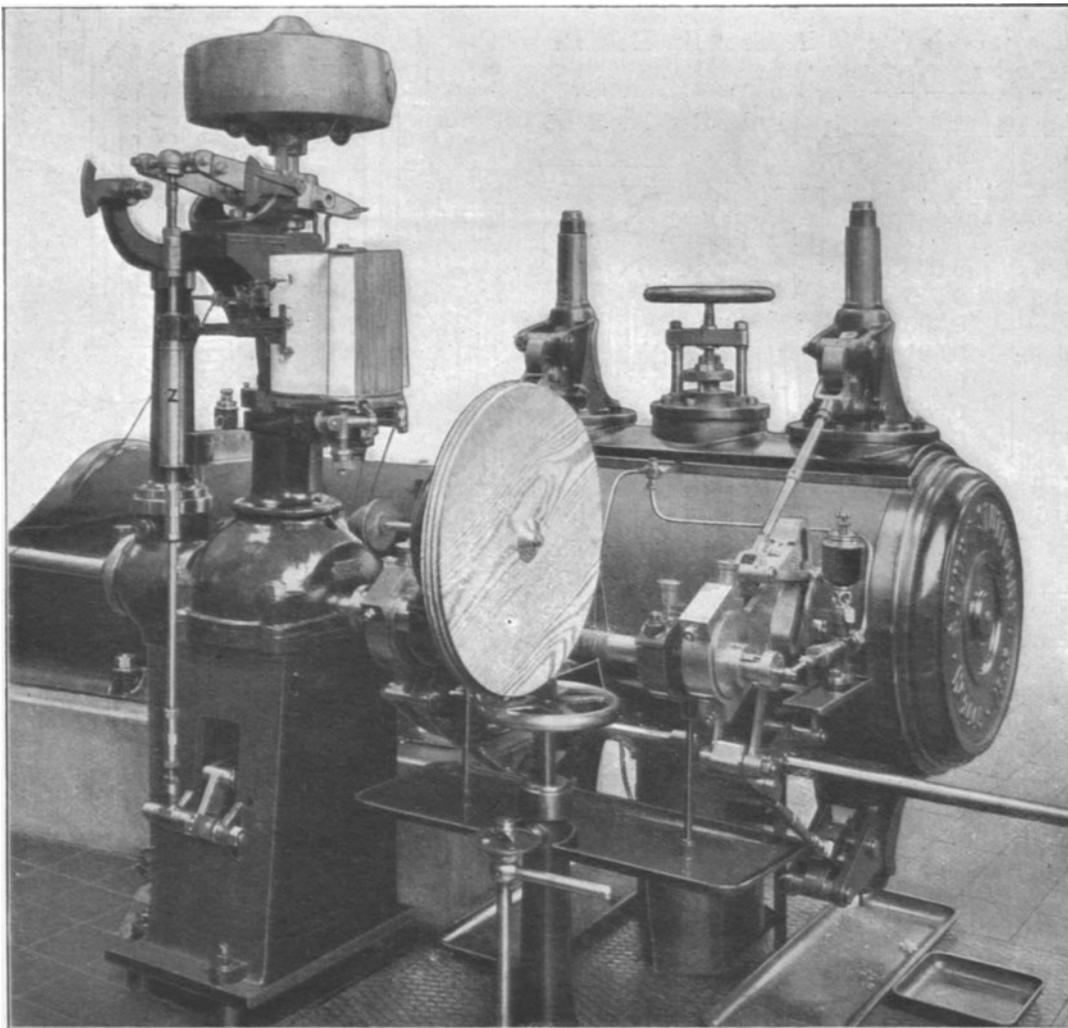


Antrieb des Regulators durch Zahnräder derart, daß eine normale Umdrehungszahl bei 770 Umdrehungen des Elektromotors vorhanden. Der Motor läßt mittels Wasserwiderstandes W Änderungen der Umdrehungszahl zwischen 770 und 300 in beliebig kleiner Abstufung zu. Tachograph von Motorwelle angetrieben. Aufzeichnung des Muffenhubs auf



Papierband, das über 2 in 50 cm Abstand angeordneten Trommeln T geführt ist. Übertragung der Muffenbewegung auf Scheiben durch Schnurtrieb.

Fig. 60. Regulier-Versuche. (Versuchsanordnung am HD.-Zylinder der liegenden Verbundmaschine.) Regulatorständer mit Schreibtrommel und Antrieb.



Zur Verfolgung der bei Belastungsänderung eintretenden Vorgänge an der Maschine und am Regulator sind Versuchseinrichtungen getroffen zur gleichzeitigen Aufnahme der effektiven Leistung durch Ampère- und Voltsschreiber und der indizierten Leistung vermittels elektromagnetisch betätigter Indikatoren. Ferner werden die Schwankungen der Umlaufzahl durch Tachographen, sowie die Muffenbewegung und die Verstellkraft des Regulators graphisch aufgenommen. Tourenmarkierung auf jedem Papierstreifen. Messung der Verstellkraft durch Zugkraftindikator Z .

Fig. 61. Ampère-Schreiber.

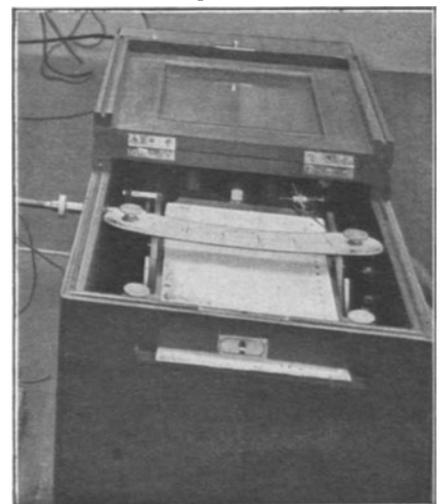


Fig. 64. **Kleiner Düsen-Apparat**, in die Versuchsrohrleitung auf der Galerie des Maschinenhauses eingebaut. Der Apparat dient auch zur Untersuchung von Ventilen und Klappen.

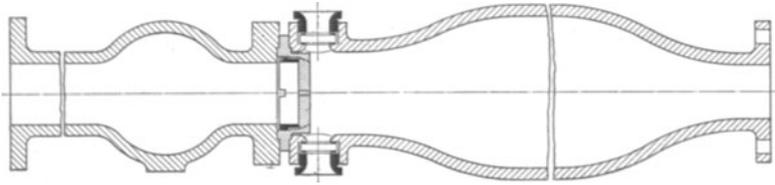
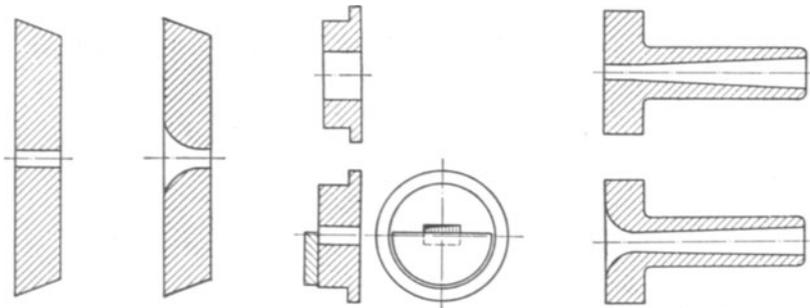


Fig. 65. **Düsen-Einsätze** zum kleinen Düsenapparat.

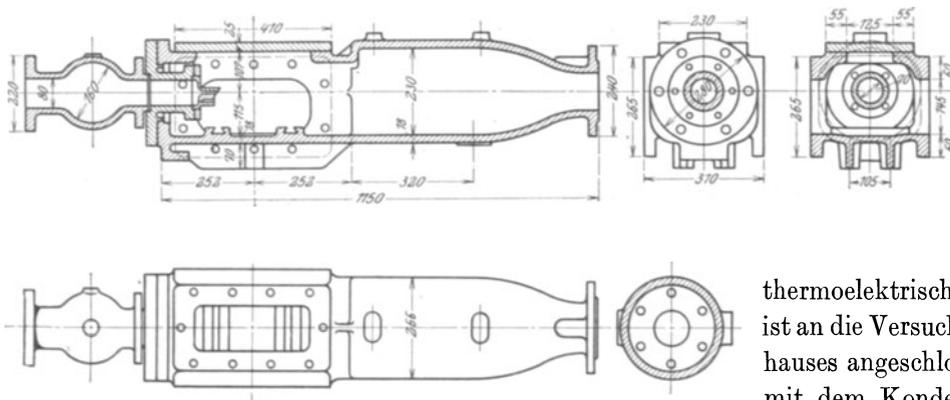
Einfache Düsen.

Düsen mit konischem Ansatz.



Vergleichsversuche mit diesen verschiedenen Ausflußöffnungen
s. Z. d. V. d. Ing. 1904, S. 75 ff.

Fig. 67. **Großer Düsen-Apparat**.



Beobachtung der Dampfausströmung durch Schaugläser. Anbohrungen für Druck- und Temperatur-Messung. In den Düsenwandungen Einsätze für thermoelektrische Messungen. Der große Düsenapparat ist an die Versuchsrohrleitung auf der Galerie des Maschinenhauses angeschlossen und steht in unmittelbarer Verbindung mit dem Kondensator Fig. 42.

Fig. 68. **Gesamtanordnung** des großen Düsen-Apparates mit Oberflächenkondensator und Pumpe.

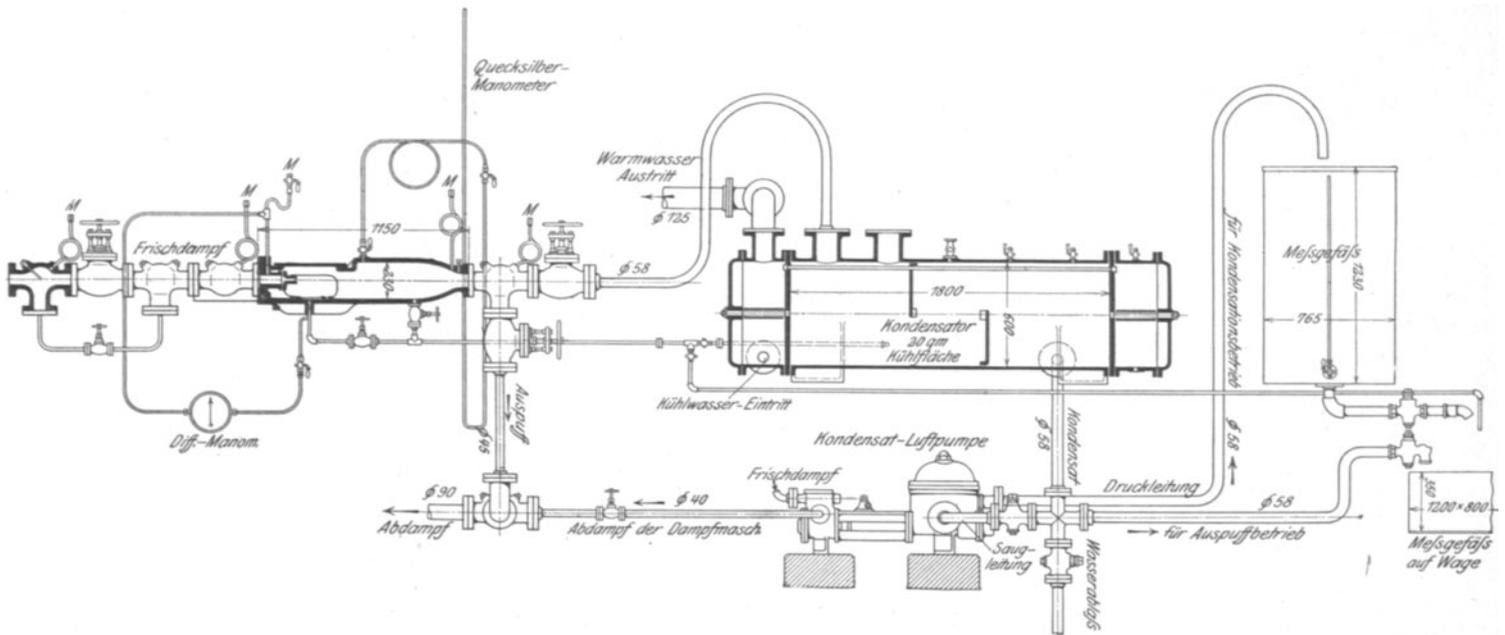


Fig. 66. **Dampftrockner**, dem kleinen Düsenapparat vorgeschaltet, zur Erzielung trockenen Dampfes bei Arbeit mit Sattedampf.

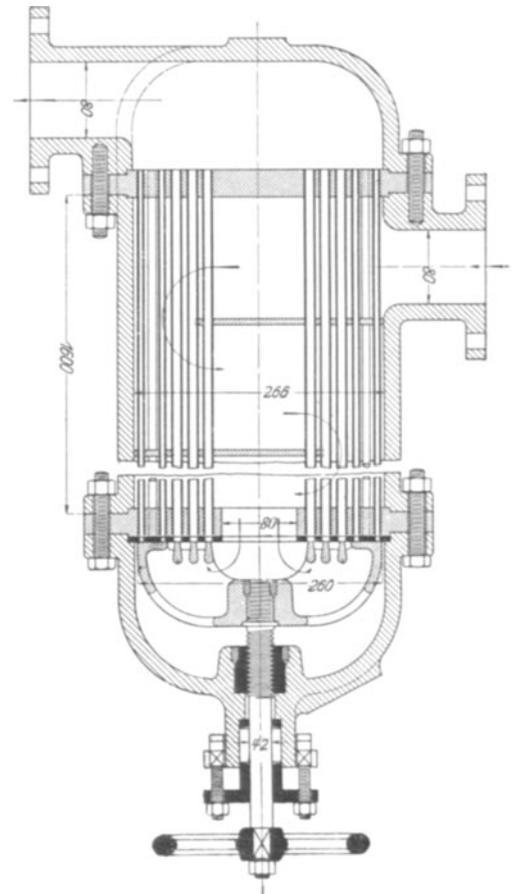
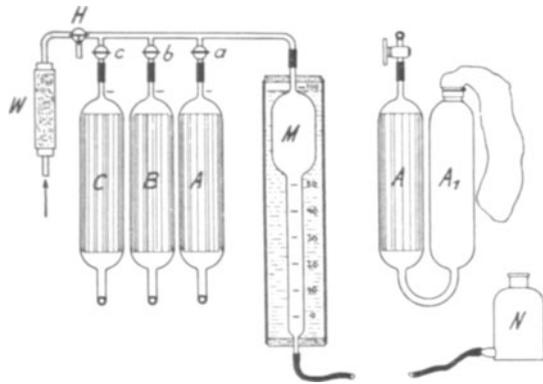


Fig. 69. Orsat-Apparat.



(aus Kupferoxyd mit Wasserstoff reduziert) unter Schütteln in 1086 gr Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,124 einstreuen. In der Lösung sind einige Kupferstücke aufzubewahren.

M Messgefäß, in ccm eingeteilt. Gas-Inhalt 100 ccm.

A, B, C Absorptionsgefäße für CO_2 [Kalilauge]; O [Pyrogallussäure] und CO [Kupferchlorürlösung], durch Hähne a, b, c absperrbar. Glasröhrenbündel in A, B, C zur Vergrößerung der absorbierenden Oberfläche.

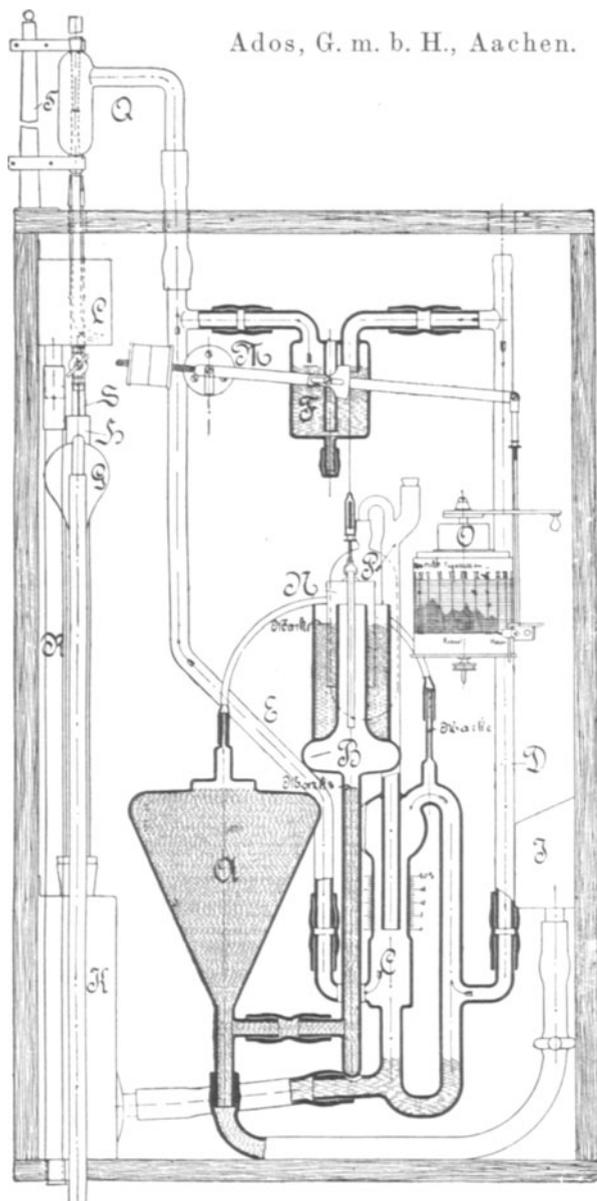
N Niveauflasche, deren Hebung und Senkung zum Ansaugen und Wegdrücken der Rauchgase dient.

Zusammensetzung der Absorptions-Flüssigkeiten.

1. Kalilauge: 1 Gewichtsteil Kalium-Hydroxyd auf 2 Gewichtsteile Wasser (spezifisches Gewicht der Mischung 1,27).
2. Pyrogallussäure: [5 gr Pyrogallol und 15 gr Wasser] zu mischen mit [120 gr Kaliumhydroxyd auf 80 gr Wasser].
3. Kupferchlorürlösung: 86 gr Kupferasche mit 17 gr Kupferpulver

Selbstregistrierende Kohlensäuremesser.

Fig. 70. Ados-Apparat.



Selbsttätige Absperrung von 100 ccm Rauchgas durch Druckwasser in Gefäß C. Förderung in Absorptionsgefäß A, in dem durch Kalilauge CO_2 absorbiert wird. Verdrängung der Kalilauge im Gefäß B und Hebung der Tauchglocke N, die durch Glycerin gegen Außenluft abgeschlossen ist, um so höher, je geringer der CO_2 -Gehalt der Rauchgase. Übertragung der Glockenbewegung durch Hebel auf registrierendes Schreibzeug. — Auf dem gleichen Prinzip beruhende Apparate:

Pyrograph von J. Weber, Darmstadt.

Rauchgasförderung durch Druckwasser. Absorption ähnlich Fig. 70 durch Kalilauge.

Rauchgas-Analysator von E. Schreiner, Darmstadt.

Rauchgasförderung durch Wasserstrahlapparat. Steuerung der Zuführung durch von Schwimmer betätigte Ventile.

Fig. 71. Arndtsches Ökonometrier.

Wwe. J. Schumacher, Köln.

Ermittlung des Kohlensäuregehaltes aus dem Unterschiede des spezifischen Gewichtes von Luft und Rauchgasen mittels Wage. Die Rauchgase werden durch die eine der beiden Glasglocken mittels eines Ejektors dauernd durchgesaugt und erzeugen durch die vom CO_2 Gehalt abhängige Veränderung des spezifischen Gewichtes einen entsprechenden Ausschlag des Wagebalkens.

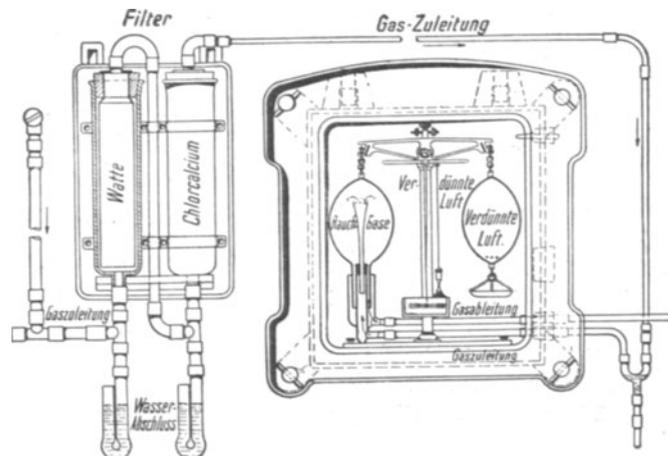
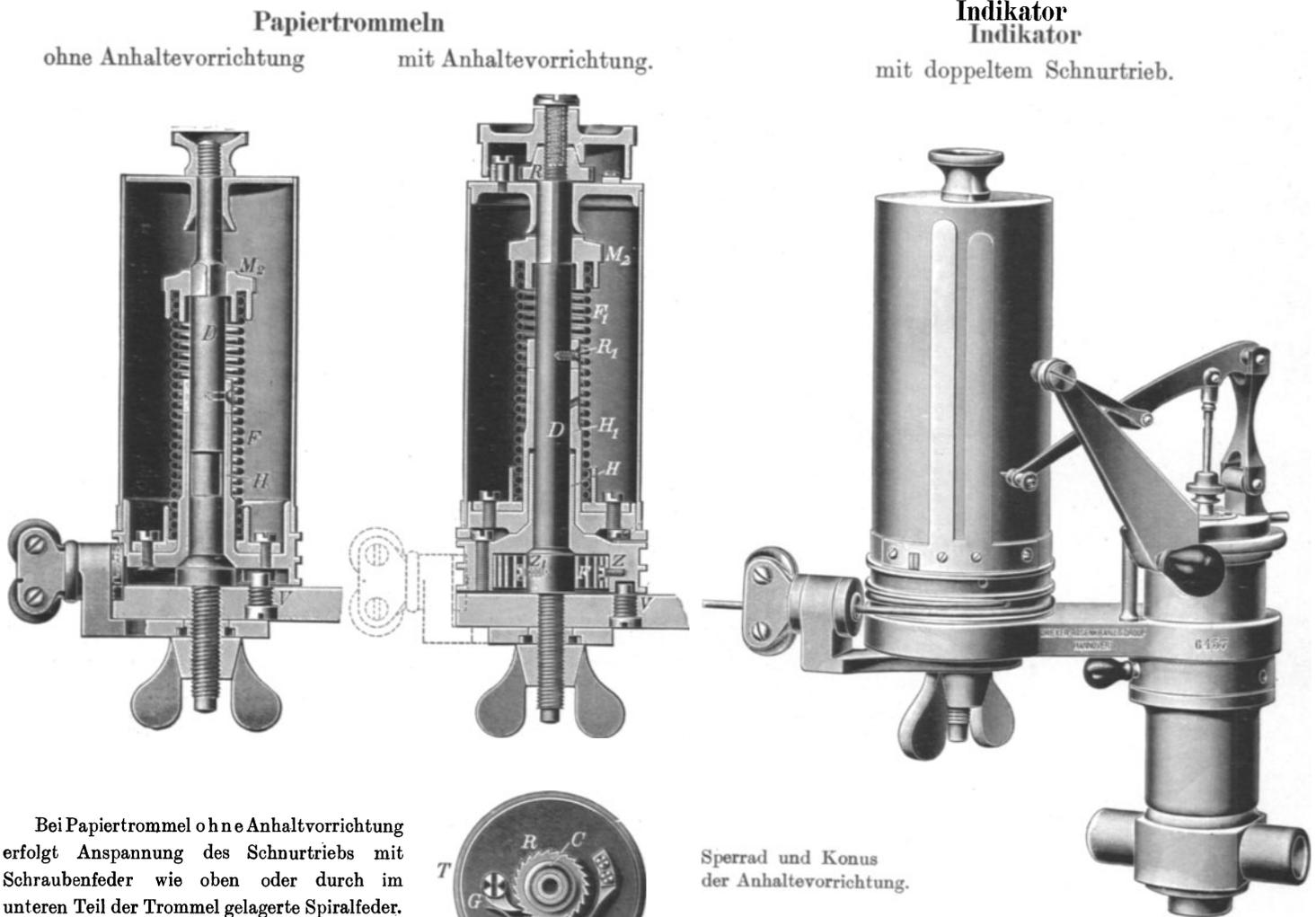


Fig. 72. Indikatoren mit innenliegender Feder.

Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover.



Bei Papiertrommel ohne Anhaltevorrichtung erfolgt Anspannung des Schnurtriebs mit Schraubenfeder wie oben oder durch im unteren Teil der Trommel gelagerte Spiralfeder.

Bei Papiertrommeln mit Anhaltevorrichtung erfolgt Anspannung des Schnurtriebs stets durch Spiralfeder, während die Schraubenfeder zur Kupplung der Trommel mit dem unteren Antrieb dient.

Zum Anhalten der Trommel dient ein auf die Trommel aufgesetztes Sperrrad mit Konus.



Sperrrad und Konus der Anhaltevorrichtung.

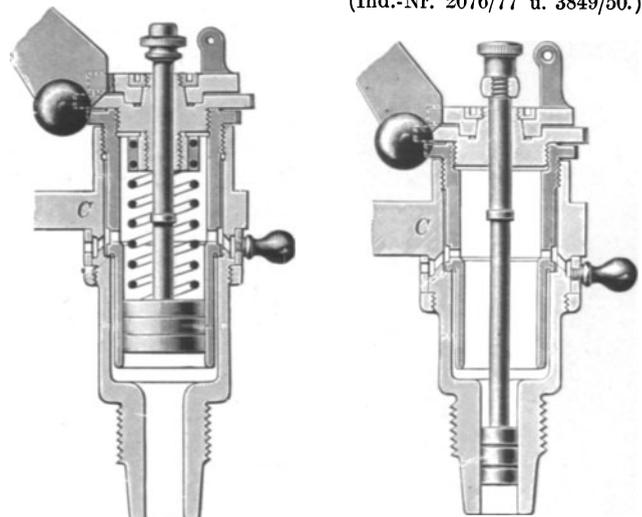
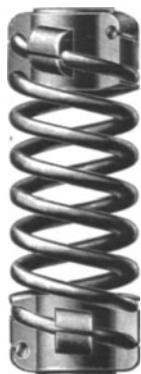
Einsatzzylinder mit Heizmantel.

Normaler Kolben von 20 mm Dchm. (Messing oder Stahl).

Kolben von 10 mm Dchm. für hohen Druck.

(Ind.-Nr. 2076/77 u. 3849/50.)

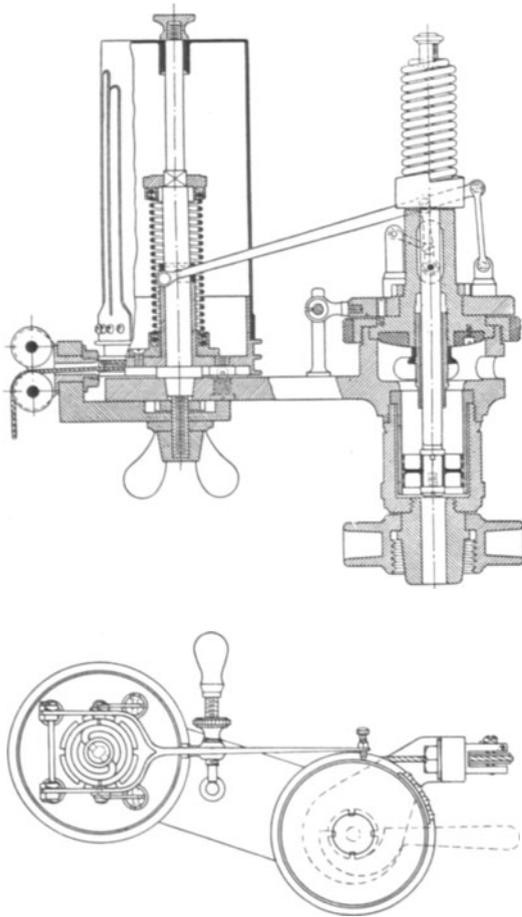
Doppelt gewundene Kolbenfeder mit eingestemmen Federenden, auf Druck beansprucht.



Indikatoren	Heizmantel	Nr.
Für gewöhnliche Diagramme	ohne	533 2076/77 2605/09 3161/2
	mit	3849/50
Für fortlaufende Diagramme	ohne	3455
	mit	3805 4511/12

Zum Antrieb der Indikatoren dienen die Hubverminderer Nr. 245, 1227, 1908, welche an den Indikatoren befestigt werden und außerdem zwei Stanek-Hubverminderer Nr. 281 und 413. Indikatoren Nr. 2605/09, 3101, 3455, 3805, 3849/50, 4511/12 sind mit Abänderung zur Entnahme von Zeitdiagrammen und elektromagnetischer Betätigung des Schreibzeuges versehen.

Fig. 73. Indikator mit Außen-Feder.
H. Maihak, Hamburg.



Indikatorzylinder mit Heizmantel; Stahlkolben von 20,27 mm Durchm. ($\frac{1}{2}$ " engl.).

Breite Lagerung des Schreibstifthebels den Federträger umgreifend.

Außen-Feder
des Maihak-Indikators.

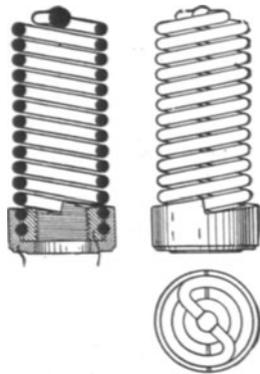
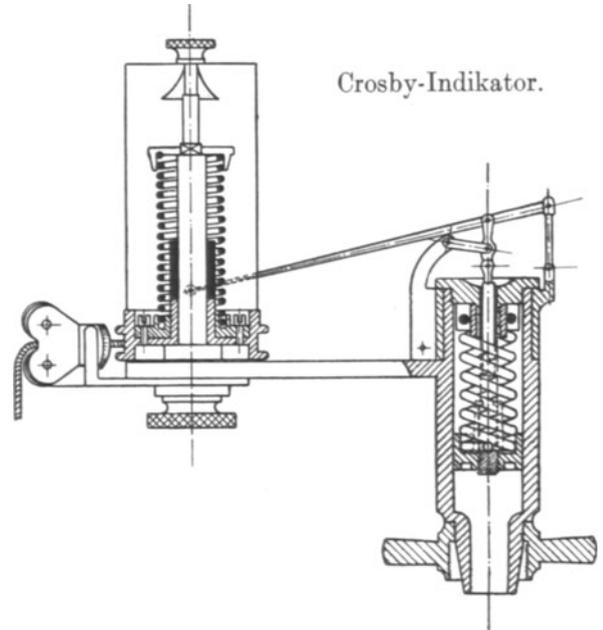


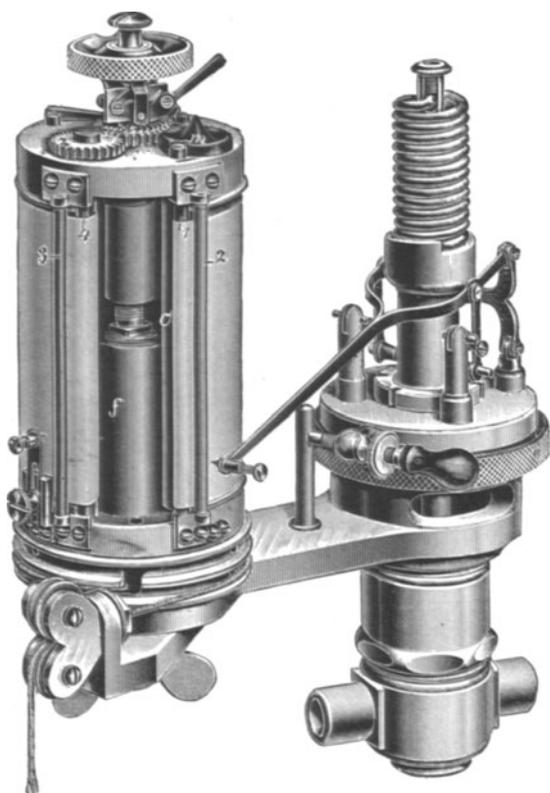
Fig. 74. Crosby-Indikator mit Innen-Feder.
H. Maihak, Hamburg.



Doppeltgewundene Zugfeder mit Kugelgelenk, im oberen Ende der Kolbenstange befestigt.

Die innenliegende Druckfeder des Crosby-Indikators ist mittels Kugelgelenk an ihrem unteren Ende mit dem Indikator Kolben unmittelbar verbunden.

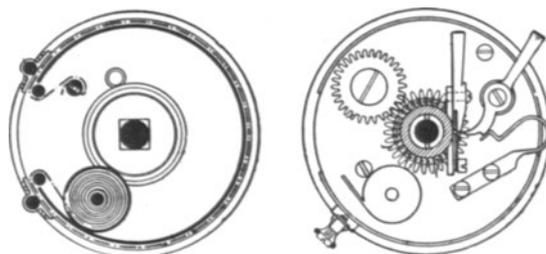
Indikator für fortlaufende Diagramme.
H. Maihak, Hamburg.



Firma	mit Innenfedern	mit Außenfedern
H. Maihak, Hamburg	3439/40	191 1427/28 1836/37
Schäffer & Budenberg Magdeburg	15063/64	17257/58 18122/23
	15214 mit Außenfeder und Außenkolben	

Zu Nr. 15063/64 ist eine Reduktionsrolle und zu 191 eine Papiertrommel für fortlaufende Diagramme vorhanden. Nr. 191, 15063/64 und 17257/58 sind mit Abänderung zur Entnahme von Zeitdiagrammen und mit elektromagnetischer Betätigung des Schreibzeugs versehen.

Querschnitt und Draufsicht der Papiertrommel des Indikators für fortlaufende Diagramme.



Prüfung von Indikatorfedern mittels Gewichtsbelastung.

Fig. 75. Bollinckx'scher Bügel.

Die zu eichenden Indikatoren werden mittels Konsolen an der Wand gelagert und durch Bügel belastet. Bügelgewicht samt Schnur und Haken zum Anhängen der weiteren Belastungsgewichte ist auf 1 kg ausgeglichen. Zur Verfügung stehen vier Bügel. Prüfung nur auf Überdruck.

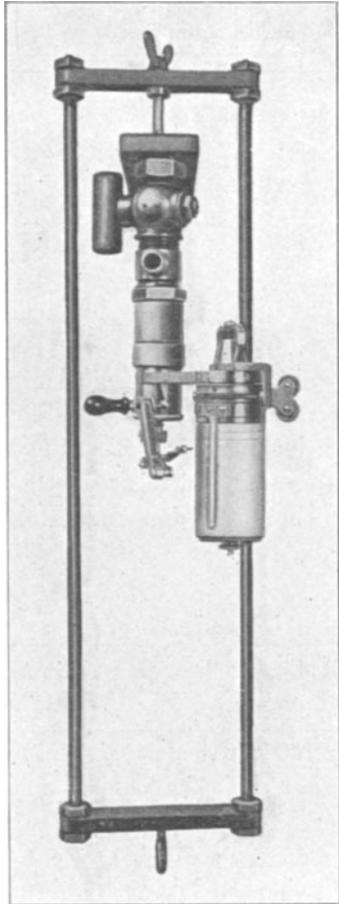


Fig. 76. Prüfungseinrichtung von Strupler.

Dreyer, Rosenkranz und Droop, Hannover.

Prüfung auf Überdruck und Vakuum. — Dieser Apparat gestattet bei Indikatoren mit Innenfedern das Anwärmen des Indikators und der Federn aus der Dampfleitung.

Überdruck-Prüfung.

Vakuum-Prüfung.

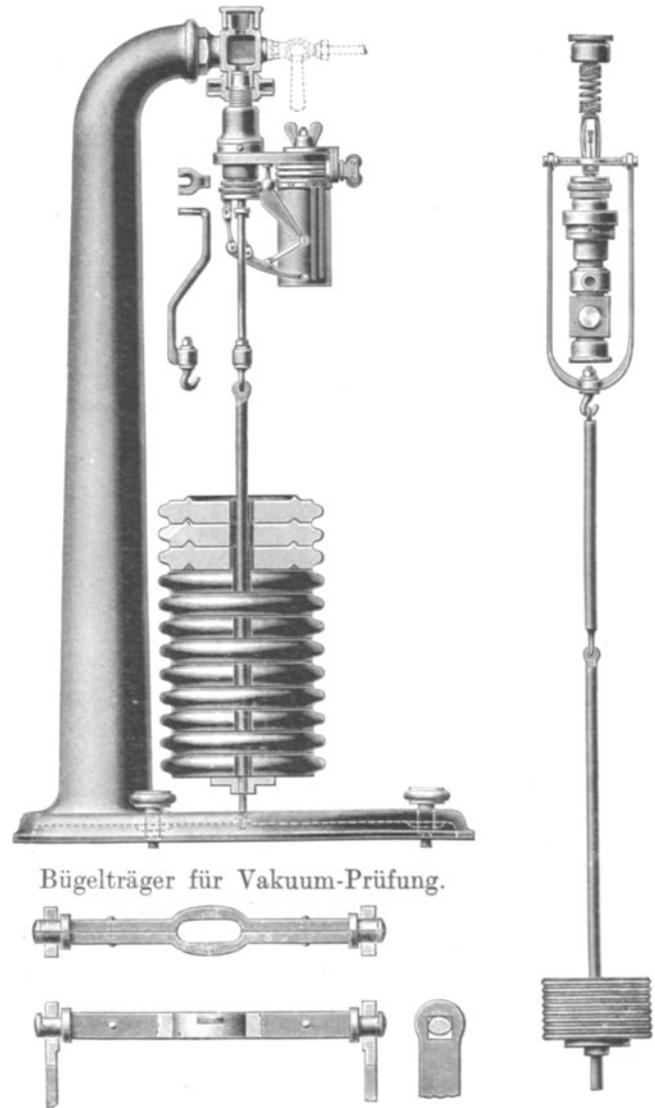
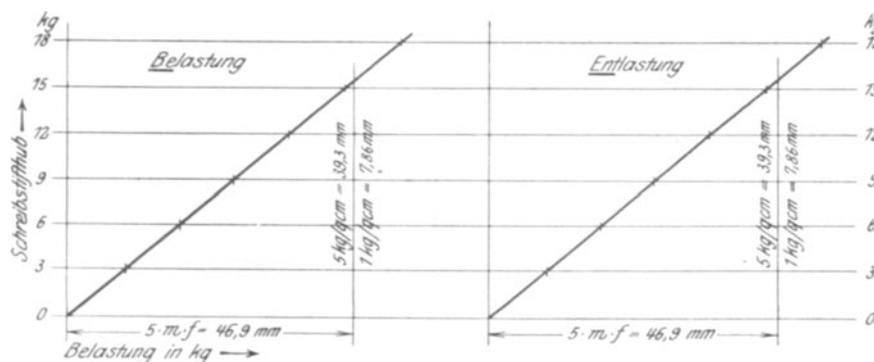


Fig. 77. Feder-Eichdiagramm bei Gewichtsbelastung.



Die Bestimmung des mittleren Federmaßstabes aus den Drucklinien der Federeichung geschieht am einfachsten graphisch, mittels der neben gezeichneten Eichkurve. Diese wird erhalten durch Auftragen der Belastungen in beliebigem

Maßstab m auf der zugehörigen Drucklinie. Wird die Eichkurve eine Gerade so deutet dies auf konstanten Federmaßstab im untersuchten Belastungsgebiet hin. Für Indizierungen sollten Federn, welche eine merkliche Abweichung von der Geraden zeigen, nicht Verwendung finden.

Die Angabe der Federmaßstäbe in Tabellenform, entsprechend den vom Verein dtsh. Ing. aufgestellten Grundsätzen s. Z. d. V. 1906 für verschiedene Belastungsintervalle ist nur für Federn notwendig, deren Eichkurve von der Geraden abweicht.

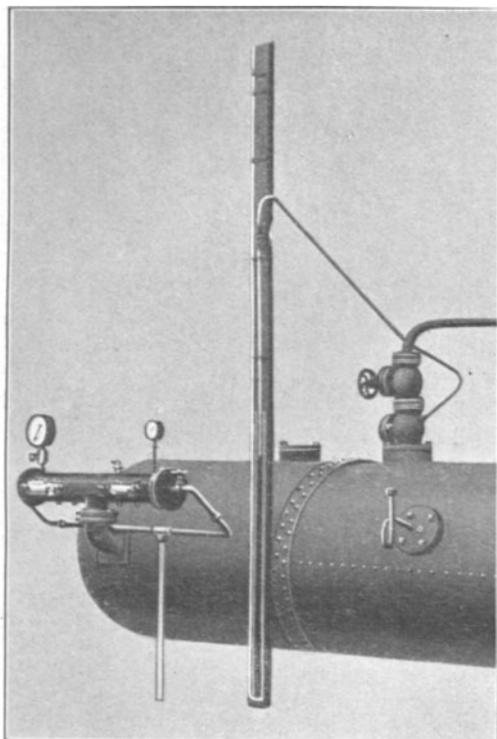


Fig. 78. Federprüfung mittels Druckluft oder Dampf.

Ein auf der Galerie des Maschinenhauses aufgestellter Behälter von 3,6 cbm Inhalt kann sowohl mit Druckluft bis zu 15,0 Atm. gefüllt, als auch evakuiert werden. An diesem Luftbehälter ist ein Prüfrohr mit 10 Bohrungen zum Anschluß von Indikatoren und Manometern in verschiedener Lage angeschlossen. Als Vorzug der Anordnung sei die Möglichkeit erwähnt, ohne Änderung am Indikator die Prüfung auf Überdruck und Vakuum in der dem Anschluß des Indikators oder Manometers an der Maschine entsprechenden Anordnung vorzunehmen. Zur Kontrollmessung dient ein großes Quecksilber-Differentialmanometer, das die Beobachtung bis zu 4 Atm. Überdruck und für Vakuum ermöglicht. Zur Beobachtung höherer Drucke dient ein Federmanometer mit großer Skala. Die Aufnahme der Diagramme erfolgt bei Be- und Entlastung. Die gleiche Einrichtung dient auch zur Prüfung von Feder-Vakuummetern.

Federprüfung mittels Wasserdruck.

Die Prüfung der für die Hochdruck-Pumpen zur Verwendung kommenden Indikatoren erfolgt unter Wasserdruck an dem Manometerprüfapparat (S. 50.)

Planimeter.

Bei Planimetrierung von Indikatorgrammen kann nach Umfahren der Diagrammfläche unmittelbar die mittlere Diagrammhöhe am Planimeterrädchen abgelesen werden, wenn die am Fahrarm vorgesehenen Spitzen in eine Entfernung von einander = der jeweiligen Diagrammlänge eingestellt werden.

Fig. 79. Amsler-Planimeter.

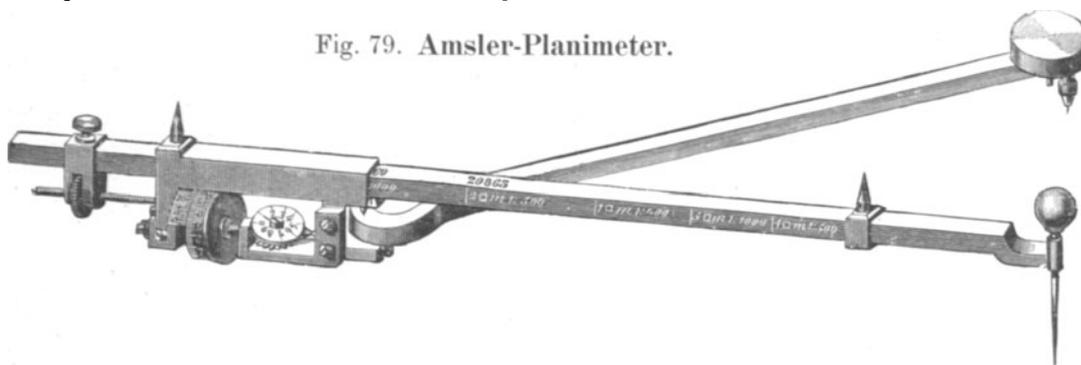


Fig. 80. Einstellung des Planimeters auf Diagrammlänge.

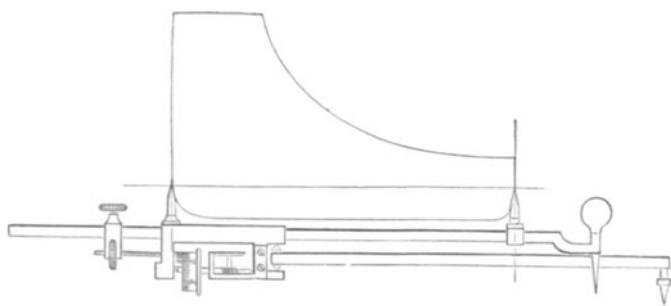


Fig. 81. Planimeter Weber-Kern.

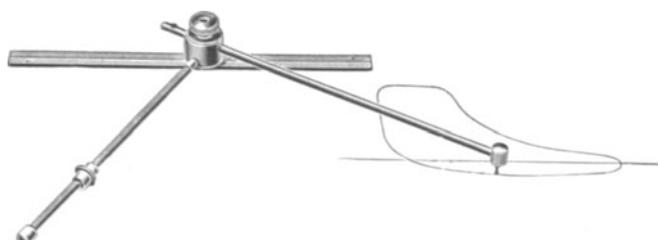


Fig. 80. Andernfalls wird der Spitzenabstand gewöhnlich so gewählt, daß die Ablesung die Größe der umfahrenen Fläche in qmm ergibt. Hierzu dienen folgende auf dem Fahrarm angegebene Marken:

0,1 □ cm 200 □ cm 1:50 100 □ cm 1:40 0,05 □ cm
 40 □ cm 1:20 50 □ cm 1:25 500 □ cm 1:100 100 □ cm 1:50

Vorhandene Planimeter.

Nr.	Firma
1482	A. Ott, Kempten
1131	G. Coradi, Zürich
2400	
816	Amsler-Laffon, Schaffhausen.
966	
o. N.	Kern & Co., Aarau, Schweiz.

Die abgelesene Ziffer für gleiche Flächen wird um so größer, je kürzer die Spitzenentfernung eingestellt wird. Die Konstante des Planimeters ist vorder Benützung durch Umfahren einer Figur bekannten Flächeninhalts zu kontrollieren.

Das Planimeter Fig. 81 unterscheidet sich von Fig. 79 durch den Ersatz der Kreisführung des Fahrarms durch eine Linealführung und der Benützung eines Meßarms an Stelle eines Meßrädchens.

Temperaturmessung.

Quecksilber-Thermometer für niedere Temperaturen.

Meßbereich	-23	—	-7	-20	-10	-10	0	-20	-10	-15	-5	0
	+20	+54	+60	+100	+100	+110	110	+120	+120	+130	+130	+150
Anzahl	1	2	1	6	42	10	1	2	5	1	1	4

Quecksilber-Thermometer für höhere Temperaturen.

Meßbereich	-20	-10	+15	+80	+95	+90	-20	-10	+100	+80	0	+100	15	90
	+250	+250	+250	+250	+310	+350	+360	+360	+400	+450	+500	+500	550	550
Anzahl	3	1	1	1	2	2	1	13	1	1	1	1	1	2

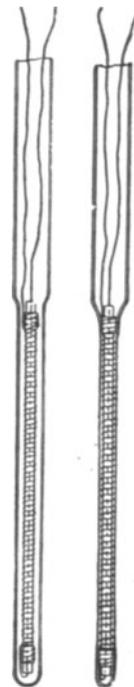
Von den Thermometern für das Meßbereich $\begin{matrix} -10 \\ +360 \end{matrix}$ sind 10 von der Techn. Reichsanstalt geeicht.

Thermo-Elemente aus Eisen-Konstantan und Silber-Konstantan.

Für Spezial-Untersuchungen zur Messung kleiner Temperaturunterschiede sind 18 stabförmige und 3 netzförmige Thermo-Elemente vorhanden. Zur Messung dient ein Spiegelgalvanometer.

Fig. 83. Elektrisches Widerstands-Thermometer von Heraeus in Hanau.

Platindraht um Quarzglasstab gewickelt, in eng passendes Quarzrohr eingesetzt; dieses evakuiert und durch Erhitzen auf Quarzglasstab aufgeschmolzen. Meßschaltungen auf dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke beruhend. Einstellung der Brücke durch Kurbelrheostat Q, so daß Stromquelle (Trocken-Elemente oder kleinere Akkumulatoren) beliebig.
Meßbereich -50 bis $+900^{\circ}$.



Schaltungs-Schema.

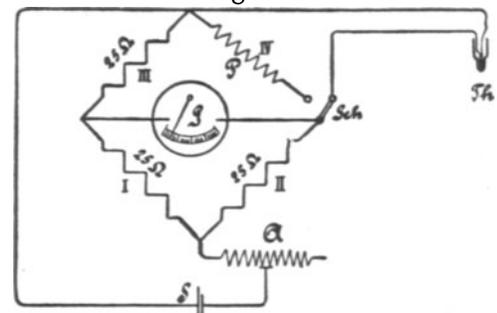
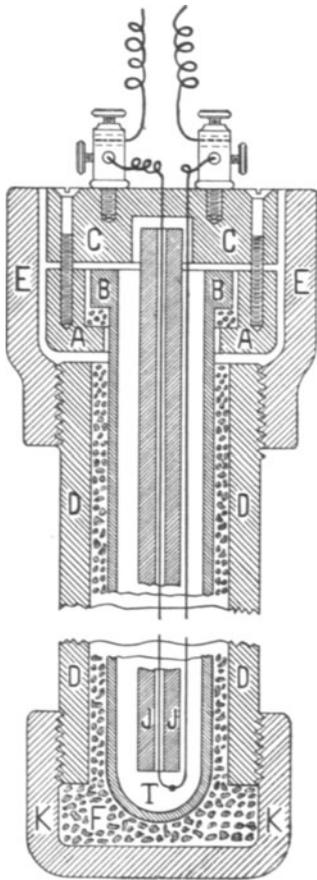


Fig. 82. Thermoelektrische Pyrometer

nach Le Chatelier von
Heraeus in Hanau.



Zwei in einer Kugel T verschmolzene Drähte aus Platin und Platinrhodium. Ein Draht behufs Isolation mit engem Porzellanrohr I umhüllt. Beide Drähte in weiterem Porzellanrohr B und dieses zum Schutz gegen Stöße im Eisenmantel D. Pyrometer bis 1000° verwendbar.

Temperaturbeobachtung durch Ablesen der Spannungsdifferenz am Milli-Voltmeter. Im Laboratorium zu Temperaturmessungen in den Kesselzügen und im Schornstein verwendet.

Zur Messung der Feuertemperatur auf dem Rost der Dampfkessel dienen **Seeger-Kegel**.

Thermometer-Eichung.

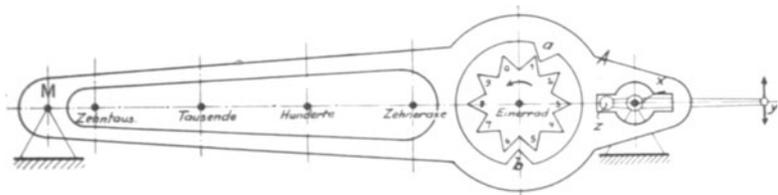
Die Eichung sämtlicher Thermometer und Thermo-Elemente erfolgt durch Beobachtung der Thermometerangaben in den Dämpfen siedender Flüssigkeiten. Zur Verwendung kommen hauptsächlich:

Flüssigkeit	Äther	Methylalkohol	Wasser	Anilin	Amylbenzoat	Quecksilber	Schwefel	
Siede-Temper.	35	66	100	180	256	357	445	$^{\circ}\text{C}$

Geeignete Gefäße gestatten gleichzeitig bis zu 15 Thermometer zu eichen. Die abziehenden Dämpfe werden wieder verdichtet und gesammelt.

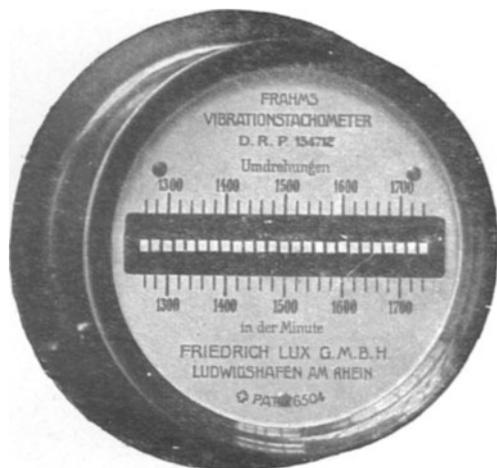
Geschwindigkeitsmessung.

Fig. 84. Umlaufzähler.



Umlaufzähler mit Schaltwerk, bestehend aus einer Anzahl zehnzähliger Zahnräder. Hebel A wird bei y von der Maschine um Drehpunkt M gehoben und gesenkt. Dabei Schaltung des Einerrades abwechselnd durch Nasen a und b. Beim Übergang des Einerrades von 9 auf 0 Fortschaltung des Zehnerades um einen Zahn durch Mitnehmer usw. Zur Verfügung stehen: 2 Handzählwerke, davon eines von H. Maihak mit Stoppuhr und 3 Umlaufzähler mit Kurbelantrieb.

Fig. 86. Vibrations-Tachometer von Frahm.
Friedr. Lux, Ludwigshafen.



Tourenanzeige durch Mitschwingen abgestimmter Stimmgabeln, insbesondere zur Messung hoher Umlaufzahlen (Dampfturbinen etc.).

Zug- und Druckmessung.

Zugmesser: U förmige Glasröhrchen mit Wasserfüllung zur Messung kleiner Druckdifferenzen (Schornsteinzug). U förmige Glasröhren mit 2 Flüssigkeiten von verschiedenem spezif. Gewichte zur Erzielung größerer Meßlängen. Zugometer von Max Schubert, Chemnitz zur ständigen Aufzeichnung der Druckdifferenz unter und über dem Rost zur Betriebskontrolle.

Vakuummeter: Quecksilber-Vakuummeter mit cm-Skala und Federvakuummeter.

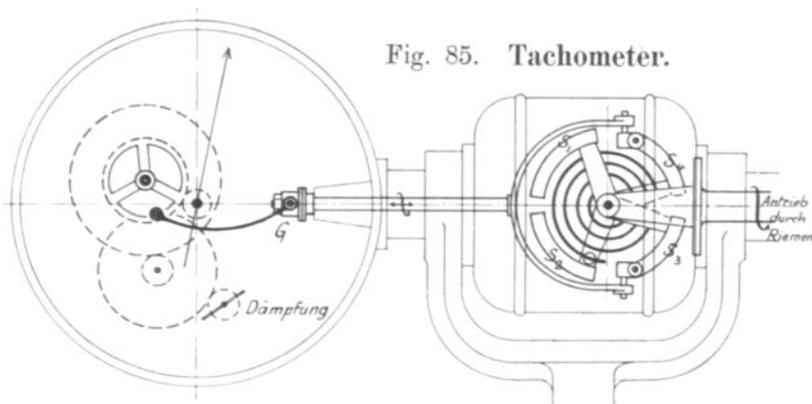
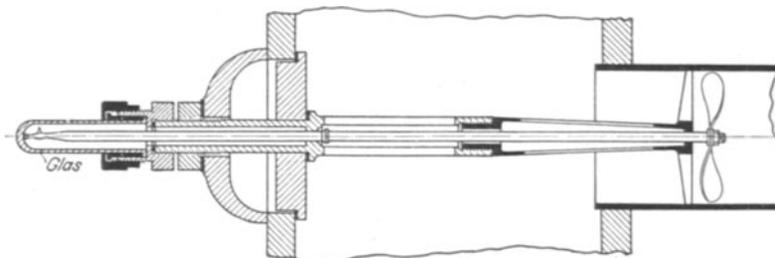


Fig. 85. Tachometer.

Kleiner Federregulator, dessen Ausschlag auf Zeiger übertragen wird, der unmittelbare Ablesung der momentanen Umdrehungszahl gestattet. Zur Verfügung stehen: Handtachometer der Rheinischen Tachometerbau-Ges., Freiburg i. B. für 3 Tourenbereiche [200—800; 600—2400; 2000—8000].

Tachometer von J. Bundschuh, Magdeburg für 120—400 Touren an der Sulzer-Maschine.

Fig. 87. Flügel zur Messung der Umlaufgeschwindigkeit des Wassers in den Röhren von Wasserröhrenkesseln.



Der geeichte Flügel wird in das hintere Ende der zu untersuchenden Röhre durch den zugehörigen Verschußdeckel der Wasserkammer eingesetzt. Die Umlaufzahl des Flügels kann an einem zylindrischen Glasverschluß, in welchen das freie Ende der Flügelachse hineinragt, von außen beobachtet werden.

Manometer: Quecksilbermanometer mit cm-Skala zur Messung von Drucken bis 300 cm Hg.

Federmanometer.

Kontrollmanometer mit einfacher und doppelter Skala von Schäffer & Budenberg, Buckau und Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover.

Einfache Federmanometer für Überdruck bis 25 Atm. Höchstspannung.

Differentialmanometer.

Fig. 88. Prüfeinrichtung für Feder-Manometer

mittels Quecksilber auf Überdruck bis 17 kg/qcm.

Prüfeinrichtung aus zwei mit Skalen x und y versehenen kommunizierenden Röhren, deren rechte durch Ausführung von 3 Röhren statt einer derart verkürzt ist, daß die durch Überdruck hervorgerufene Verschiebung des Quecksilberspiegels $\frac{1}{6,738}$ derjenigen der linken einfachen Säule beträgt. Die längere oben offene Säule steht unter atmosphärischen Druck, die verkürzte Säule wird mittels Handpumpe den Pressungen ausgesetzt, auf welche die Prüfung erfolgt.

Druck in Niveauhöhe des Quecksilbers der kleinen Skala entspricht dem Überdruck $(x - y)$ [s. Schema der Anordnung]. Druck in Mitte Anschlußflansch des Manometers (Höhe $a = 1380$ mm) etwas abweichend unter dem Einfluß der Wassersäule $(y - a)$ mm $= \frac{y - a}{10000}$ kg/qcm, welche eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Druckes herbeiführt, je nachdem Quecksilberspiegel y über oder unter Mitte Anschlußflansch zu stehen kommt. Unter Berücksichtigung dieser Korrektion beträgt der Druck am Manometer in kg/qcm:

$$p = \frac{x - y}{p_t} + \frac{y - a}{10000}$$

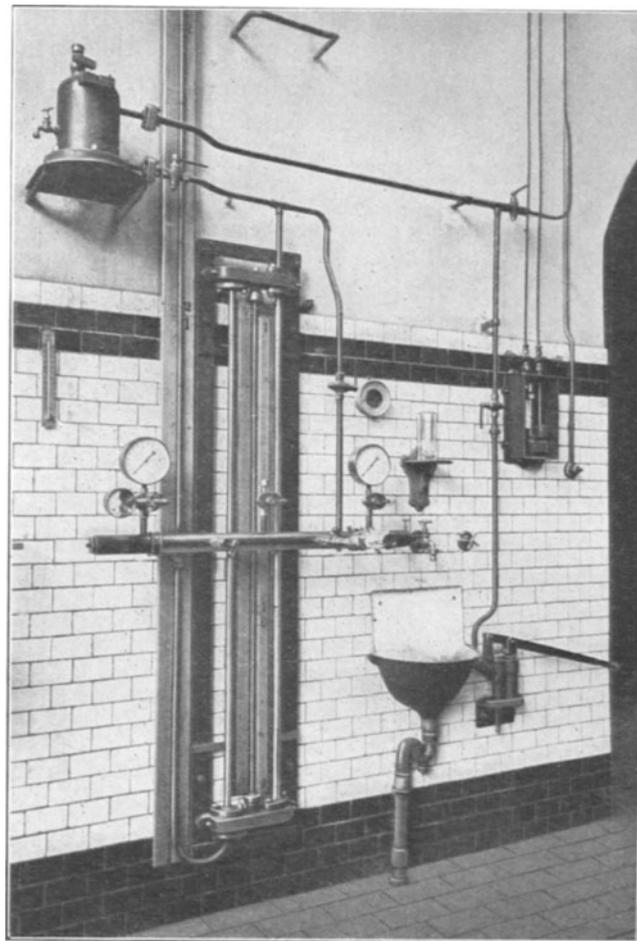
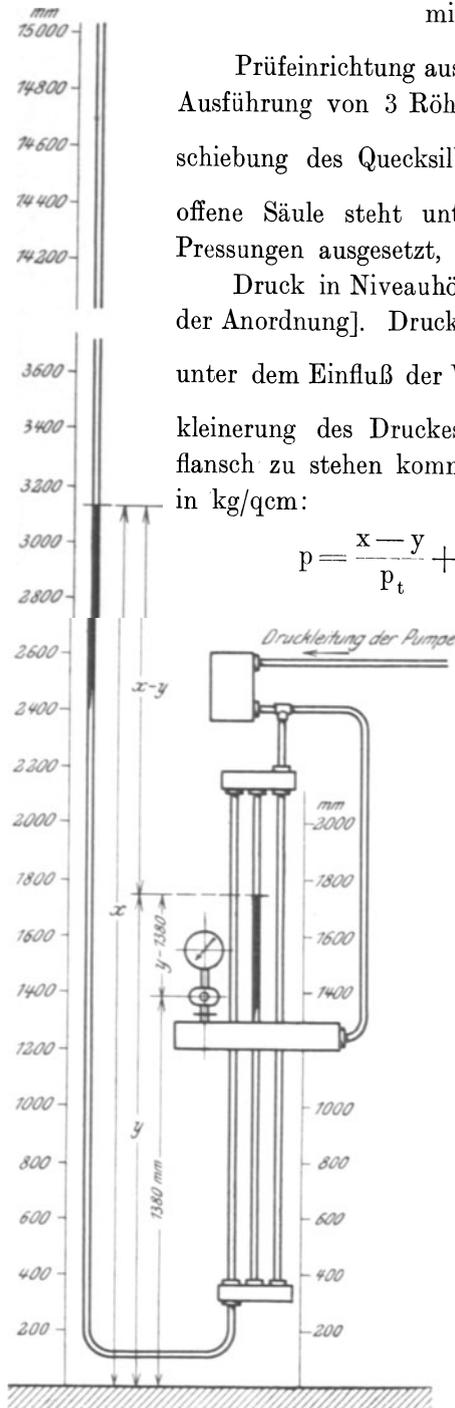
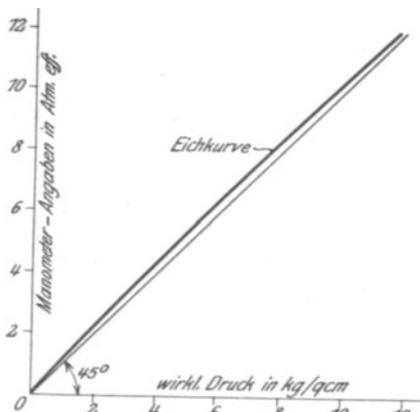


Fig. 89. Eichdiagramm.



Die vertikalen Abstände der Eichkurve von der 45°-Linie zeigen die Abweichungen des Manometers.

p_t = Druck einer metrischen Atmosphäre in mm Quecksilber, bezogen auf die Mitteltemperatur der Quecksilber-Säule.

Tabelle der Werte p_t für verschiedene Temperaturen.

t^0	0	10	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50
p_t mm	735,5	736,9	738,2	738,5	7,387	739,0	739,3	739,5	739,8	740,1	740,3	740,6	740,9	742,2

Anstelle der Beobachtung beider Quecksilber-Skalen für jede Manometerangabe genügt die Ablesung der verkürzten Skala y allein, da die Verschiebung des Quecksilberspiegels der verkürzten Skala der Skalendifferenz $x - y$ proportional ist. Hierzu genügt die Ermittlung der der metrischen Atmosphäre entsprechenden Skalenlänge.

Die verkürzte Skala enthält daher noch eine für bestimmte Quecksilberfüllung und Temperatur gültige Atmosphäreinteilung, deren Benutzung aber nur nach vorhergehender Kontrolle der Quecksilber-Füllung erfolgen darf.

Die Prüfung von **Vakuummeter** erfolgt am Luftbehälter (S. 47).

Die Rohrleitungen.

1. Die Dampf- und Wasserleitungen der Kessel-Speisepumpen.

Tafel 4 u. 5.

Die Dampfentnahme der 3 Dampfspeisepumpen (s. S. 20 bis 23) kann aus jedem der 4 Kessel erfolgen. Der Abdampf der Pumpen wird entweder zu der an den Abdampfsammler (Tafel 7) angeschlossenen gemeinsamen Abdampfsammelleitung geführt oder im Vorwärmer zur Erwärmung des Kesselspeisewassers ausgenutzt. Nach Passieren des Vorwärmers kann der Abdampf in die Niederdruck-Fernheizleitung geführt werden, wenn die Heizung in Betrieb ist. Ist sie ausgeschaltet, so erfolgt der Auspuff in den im Schornstein eingebauten Ringraum, der gleichzeitig zur Entlüftung des Akkumulatorenraumes dient (s. Fig. 5). Tafel 4 läßt außer den Dampfleitungen zu den Speisepumpen noch diejenigen zur Kompressordampfmaschine erkennen, sowie die Leitungen zum Badezimmer des Personals und zu dem in der Ecke des Kesselhauses aufgestellten Destillierapparat, der zur Herstellung reinen Wassers für die Füllung der Akkumulatoren dient.

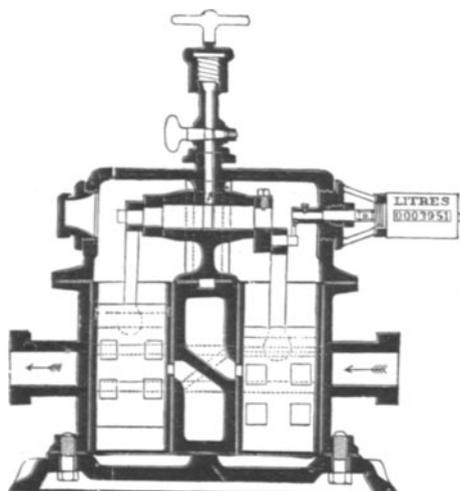


Fig. 90. Kolbenwassermesser.
A. Schmid, Zürich.

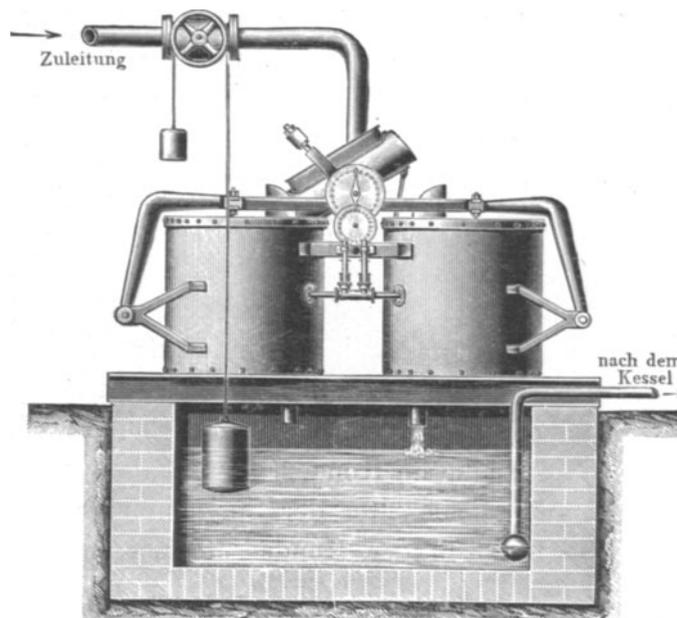


Fig. 91. Kippwerk.
Benno Schilde, Hersfeld.

Das Speisewasser der Pumpen wird der unter dem Maschinenhauskeller untergebrachten Warmwasserzisterne (13,2 cbm Inhalt) entnommen, in welche durch Ejektor

der größte Teil der Kondenswässer der Heizleitungen des Hauptgebäudes zurückgefördert wird (vgl. Tafel 11). Zur Deckung der Kondensatverluste dient Frischwasser aus der städtischen Leitung, die an die Kaltwasserzisterne (10,9 cbm Inh.) angeschlossen ist; letztere steht durch Überlauf mit der größeren Zisterne in Verbindung.

Die möglichst kurz ausgeführten Saugleitungen ohne Windkessel sind aus Tafel 4 ersichtlich. In die Druckleitung der Verbund-Speisepumpe ist ein größerer Druckwindkessel eingebaut, während die doppeltwirkende Speisepumpe und die einfachwirkende Wandpumpe einen gemeinsamen kleineren Druckwindkessel besitzen. Beide Windkessel können zu Versuchszwecken aus den Druckleitungen auch ausgeschaltet werden. Zur Speisewasserwägung sind in sämtlichen Druckleitungen Kolbenwassermesser eingebaut (Fig. 90). Zur Wägung des Speisewassers bei Versuchen dient eine besondere Wägeeinrichtung im Keller, die an die Saugleitung der mit dem Versuchskessel arbeitenden Pumpe angeschlossen wird. Außerdem kann in die Saugleitung ein selbsttätig registrierendes Kippwerk (Fig. 91) eingeschaltet werden. Die an den Rodberg- und an den Zweiflammrohrkessel angeschlossenen Injektoren dienen zur Reserve und entnehmen ihr Wasser der Kaltwasser-Zisterne.

2. Die Dampfleitungen für den Maschinenbetrieb.

Tafel 6 u. 7.

Die Anordnung der Dampfleitungen ist so getroffen, daß jede Dampfmaschine des Laboratoriums von jedem Kessel sowohl mit gesättigtem wie mit überhitztem Dampf betrieben und jeder Kessel unmittelbar auf die Heizung geschaltet werden kann. Die diesen Bedingungen entsprechende Anlage der Leitungen erhellt aus Tafel 6. Die Dampfführung vom Kessel- zum Maschinenhaus übernehmen zwei Dampfleitungen von 125 und 150 mm lichter Weite. Diese Hauptdampfleitungen sind im Kesselhaus hoch über die Kessel geführt, während sie innerhalb des Maschinenhauses im Kellerraum verlegt sind (Tafel 7).

Der Abdampf jeder Maschine wird entweder bei Betrieb mit Kondensation zum Kondensator geführt und dort niedergeschlagen (vgl. Tafel 8), oder bei Auspuffbetrieb in einem Abdampfsammler vereinigt, von dem die Niederdruck-Fernleitung der Heizanlage ausgeht. Bei Kondensationsbetrieb fließen die gesamten Maschinen- und Leitungskondensate der liegenden Verbundmaschine, des liegenden Schnellläufers und der Dampfturbine im Kondensator zusammen und werden durch die Kondensatpumpe nach dem Saugebehälter der Speisepumpen oder der Versuchs-Wägevorrichtung gefördert. Ein Teil der Kondensate der beiden stehenden Dampfmaschinen müssen infolge der tiefen Lage ihrer Abdampf-Sammelleitungen nach einem besonderen Kondenswassersammler, der sich unter der Kellersohle neben den Fundamenten der stehenden Tandem-Maschine (Tafel 7) befindet, geleitet werden, von wo aus sie bei Versuchen durch eine kleine mit Elektromotor betriebene Pumpe zum Wägebassin gefördert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß nur die Entwässerung der zu untersuchenden Maschine an das kleine Sammelbassin angeschlossen wird.

3. Die Rohrleitungen der Kondensationsmaschine.

Tafel 8 u. 9.

Tafel 8 zeigt die Anordnung der Dampf-, Luft- und Kondensatleitungen der Kondensationsanlage. Die Kondensatpumpe fördert bei normalem Betrieb in die Warmwasser-Zisterne der Kesselspeisepumpen. Nur für Versuchszwecke wird das Wasser in den Sammelbehälter der Wägevorrichtung gespeist. Das gewogene Kondensat sowie das Ölwasser des dem Kondensator vorgeschalteten Dampfentölers (Fig. 92) läuft in den städtischen Kanal ab. Die Kondensatmenge kann auch durch das umschaltbare Kippwerk von Schilde (Fig. 91) kontrolliert werden.

Bei Betrieb des Rückkühlwerkes wird das Kühlwasser aus einer ungefähr 10 cbm fassenden Zisterne von den Kühlwasserpumpen angesaugt und durch den Oberflächenkondensator auf das Kühlwerk gedrückt. Die in Beton ausgeführte Zisterne, in welche das Kühlwasser wieder zurückläuft, ist im Boden des Maschinenhauskellers in der Nähe des Oberflächen-Kondensators angelegt. Durch geeigneten Anschluß der städtischen Wasserleitung an die Kondensationseinrichtungen ist zu Versuchszwecken die Verwendung von Wasserleitungswasser zur Dampfkondensation vorgesehen.

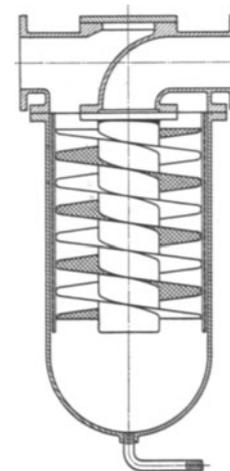


Fig. 92. Entöler.
Prinz Karls Hütte,
Rothenburg a. S.

4. Die Saug- und Druckleitungen der Wasserpumpen.

Tafel 10.

Die im Maschinenhause aufgestellten Hochdruck-Kolben- und Kreisel-Pumpen S. 36 u. 37 dienen zum Betrieb verschiedener Wasser-Turbinen des Laboratoriums für Wasserkraftmaschinen. Die Wasserführung ist so getroffen, daß durch vollständigen Umlauf stets die gleiche Wassermenge zur Verwendung gelangt. Es wird dies dadurch erreicht, daß sich das Abwasser der Turbinen in einem unter dem Akkumulatorenraum angelegten Verbindungskanal beider Laboratorien sammelt, in dem gleichzeitig ein Meßüberfall eingebaut ist. Beide Hochdruckpumpen besitzen eine gemeinsame Saugleitung, welche mittels eines Saugkorbes in den Kanal eintaucht.

Zu Versuchen mit den Pumpen des Maschinenbaulaboratoriums I unabhängig vom Turbinenbetrieb des Wasserkraftlaboratoriums dient eine unmittelbar zum Kanal führende Abzweigung der Druckleitungen, in welcher alsdann der Druck durch Drosselventile ausreguliert wird. Der Ausguß im Kanal ist zur Vermeidung störender Wasserbewegungen konisch erweitert.

Die Druckleitung der Bergwerkspumpe besteht aus Mannesmannrohren für 50 Atm. Druck; sie besitzt einen 6 m hohen Druckwindkessel von 265 mm Außendurchmesser, der mit der Druckhaube der Pumpe durch ein enges Luftrohr in Verbindung steht.

5. Die Versuchsrohrleitungen des Maschinenhauses.

Tafel 11.

Oberhalb der Galerie des Maschinenhauses sind an den beiden Längswänden und einer Querwand des Raumes zwei Dampfleitungen von 50 und 80 mm lichter Weite und ungefähr je 90 m Länge angelegt. Die von den Längsseiten der Galerie aus bequem zugänglichen Leitungsstrecken enthalten eine größere Zahl von Kugelstücken mit Anschlüssen für Manometer und Thermometer sowie mit Flanschen zum Anschluß kleinerer Versuchsmaschinen und Apparaten, welche auf der Galerie aufgestellt werden können. Zu letzteren gehören gegenwärtig eine Einrichtung Fig. 68 zur Ausführung von Versuchen über die Dampf- und Luftströmung in Düsen und Schaufelkanälen; ferner eine 5pferdige Dampfturbine (S. 32), sowie eine 10pferdige Luftturbine. Zur Messung der Versuchsdampfmenge dient ein besonders auf der Galerie angeordneter Oberflächenkondensator mit Kondensatpumpe und Wägevorrichtung (S. 34.) Beide Leitungen sind mit Diatomitschalen der Firma Grünzweig & Hartmann in Ludwigs-hafen isoliert und dienen zu Untersuchungen über den Leitungswiderstand sowohl gesättigten und überhitzten Dampfes, als auch kalter und vorgewärmter Druckluft. Zu den Versuchen mit Druckluft findet ein auf der Galerie gelagerter Luftbehälter, welcher an beide Versuchsleitungen angeschlossen ist, Verwendung; die Vorwärmung der Druckluft kann mittels des Schwörer-Überhitzers geschehen.

6. Die Dampfleitungen für den Heizbetrieb.

Tafel 12.

Etwa 120 m vom Kesselhaus entfernt befindet sich die durch einen unterirdischen, begehbaren Kanal vom Kohlenkeller aus zugängliche sogenannte Ventilkammer, von der aus die Verteilung des Heizdampfes zu den Gebäuden und Instituten der Hochschule erfolgt. Zwei von Gebr. Reuling in Mannheim gelieferte Dampfleitungen von 125 und 300 mm lichter Weite führen vom Kesselhaus bzw. dem Abdampfsammler nach der Ventilkammer. Um die beiden Leitungen außer für die Heizung auch für Versuche mit Hochdruckdampf verwenden zu können, sind sie für einen Betriebsdruck von 15,0 Atm. ausgeführt.

Für den Heizbetrieb ist die enge Leitung so bemessen, daß bei stärkstem Dampfverbrauch der Heizanlage der Druck in der Ventilkammer durch Spannungsabfall bei einer Leitungslänge von 120 m und 8 Atm. niederster Kesselspannung nicht unter 4 Atm. sinkt, da dieser Dampfdruck noch zur Weiterführung des Heizdampfes nach den um 150 m entfernten Institutsgebäuden nördlich der Hochschulstraße notwendig ist. Ein Druckminderungsventil in der Anschlußleitung hält diesen Druck auch für höhere Spannungen in der Kanalleitung unverändert. Die für den Betrieb der Heizkörper notwendige weitere Druckminderung erfolgt in den Institutsgebäuden selbst.

Die 300 mm weite Leitung ist an den Abdampfsammler im Maschinenhauskeller angeschlossen und dient zur Verwertung des Abdampfes der Maschinen zur Heizung der Hauptgebäude südlich der Hochschulstraße. Da bei größerem Dampfbedarf (an kalten Wintertagen) der Abdampf zur Heizung nicht genügt, kann von

den Kesseln aus Frischdampf zugeleitet werden, der in der Ventilkammer auf eine Spannung von etwa $\frac{1}{4}$ Atm. gedrosselt wird.

Die Dimensionierung beider Leitungen für einen Betriebsdruck von 15 Atm. gibt die Möglichkeit zu eingehenden Versuchen über die Leitungsverluste von gesättigtem und überhitztem Dampf unter den verschiedensten Betriebsbedingungen. Zu diesem Zwecke sind in den Flanschen der Leitungen Zwischenstücke (Fig. 93) mit Anbohrungen für Kontrollmanometer und Einführungshülsen für Thermometer eingeschaltet.

Zur Aufnahme der Längenänderungen der Leitungen dienen Rollenslager und je eine zwischengeschaltete Stopfbüchse.

In der Ventilkammer sind sämtliche Umschalt- und Reduzierventile vereinigt, deren Anordnung aus Tafel 12 ersichtlich wird. Neben der Ventilkammer befindet sich noch eine Zisterne, in der alle mit natürlichem Gefälle abfließenden Kondensate der Heizapparate sich sammeln. Aus dieser

Zisterne fördert der seitlich aufgestellte Ejektor die Kondenswässer in das 2 m höher gelegene Warmwasserbassin im Kesselhauskeller (vgl. Ejektorleitungen auf Tafel 11).

Von der Ventilkammer zweigen die Verteilungsleitungen nach der Bücherei, den Instituten, dem Westbau an der Hochschulstraße und dem Wasserbaulaboratorium ab, wobei die neu angelegten Leitungen sämtlich in begehbaren Gängen untergebracht sind.

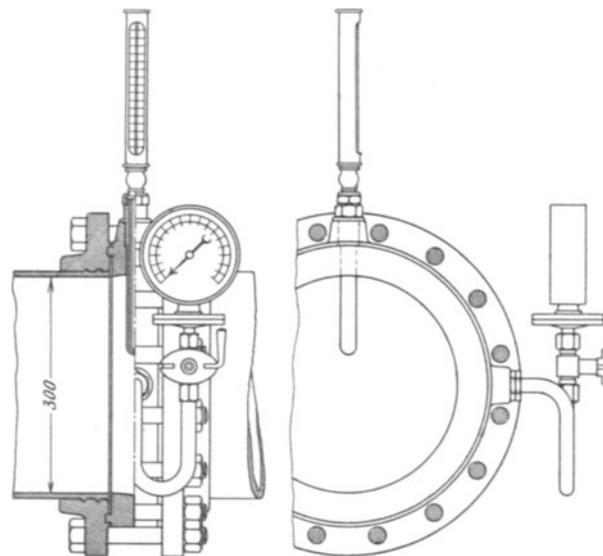


Fig. 93. Meßflansch in der 300 mm Fernheizleitung.
Gebrüder Reuling, Mannheim.

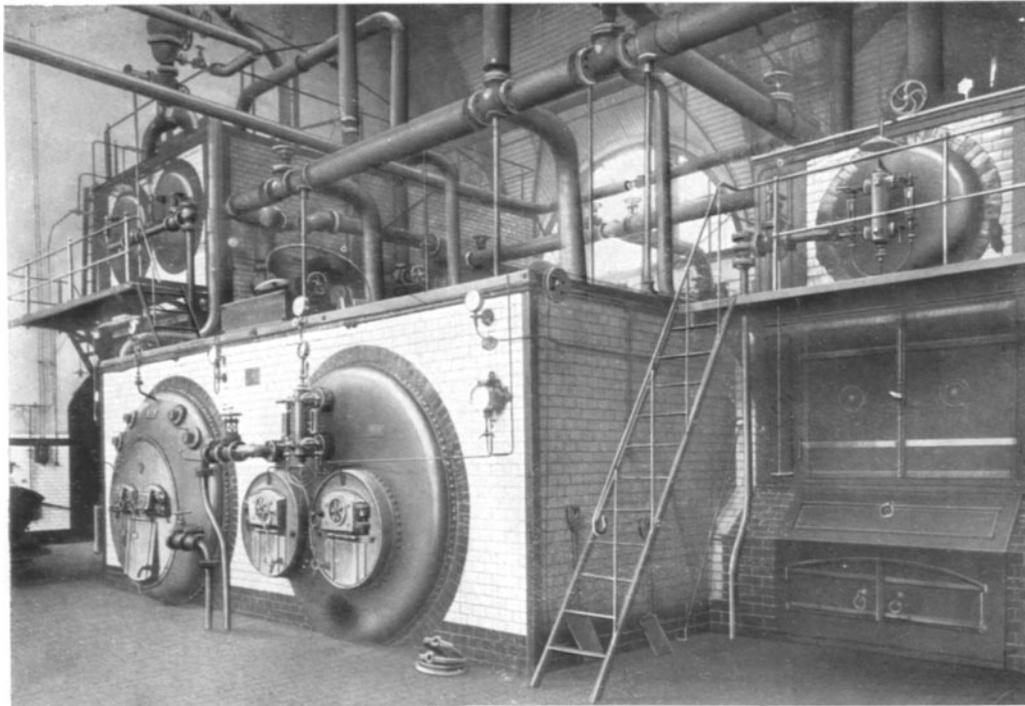
7. Ventilationsanlage für die neuen Hörsäle.

Tafel 12.

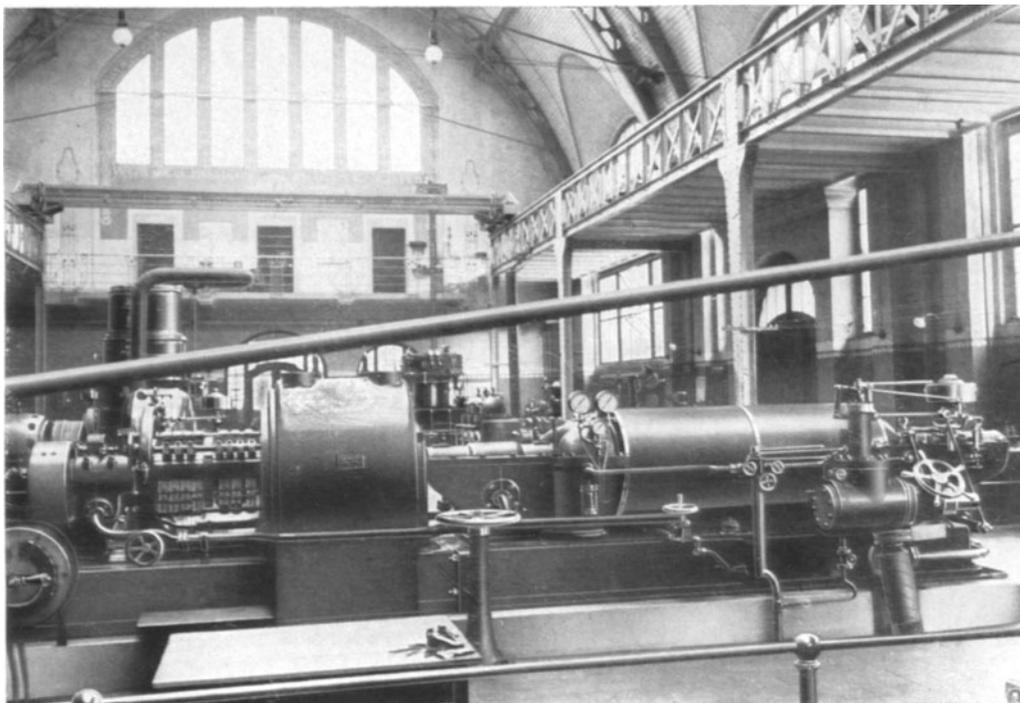
Die südlich der Ventilkammer gelegene Ventilationsanlage dient zur Versorgung der neuen großen Hörsäle mit erwärmter Frischluft. Vor Eintritt in den elektrisch angetriebenen Ventilator von 2 m Durchmesser durchströmt die Luft eine zwei Heizschlangensysteme enthaltende Vorwärmkammer und einen Befeuchtungsapparat, in welchem Wasser durch Heizung zum Verdunsten gebracht wird. Hinter dem Ventilator durchstreicht die Luft einen Druckraum und zwei Nachwärmekammern, von denen aus sie in die nach den Hörsälen führenden Ventilationskanäle des Gebäudemauerwerks gelangt.

Die Luftmenge- und Temperatur kann durch Schiebetüren vor den Nachwärmekammern und außerdem von den Hörsälen aus durch in die Ventilationskanäle eingebaute Klappen reguliert werden. Die zur Bedienung der Heizkörper in den Vorwärme- und Nachwärmekammern, sowie des Luftbefeuchtungsapparates erforderlichen Ventile sind im Druckraum der Anlage vereinigt. Eiserne Türen schließen den Druckraum gegen die kreuzenden Gänge der Heizleitungsanlage ab.

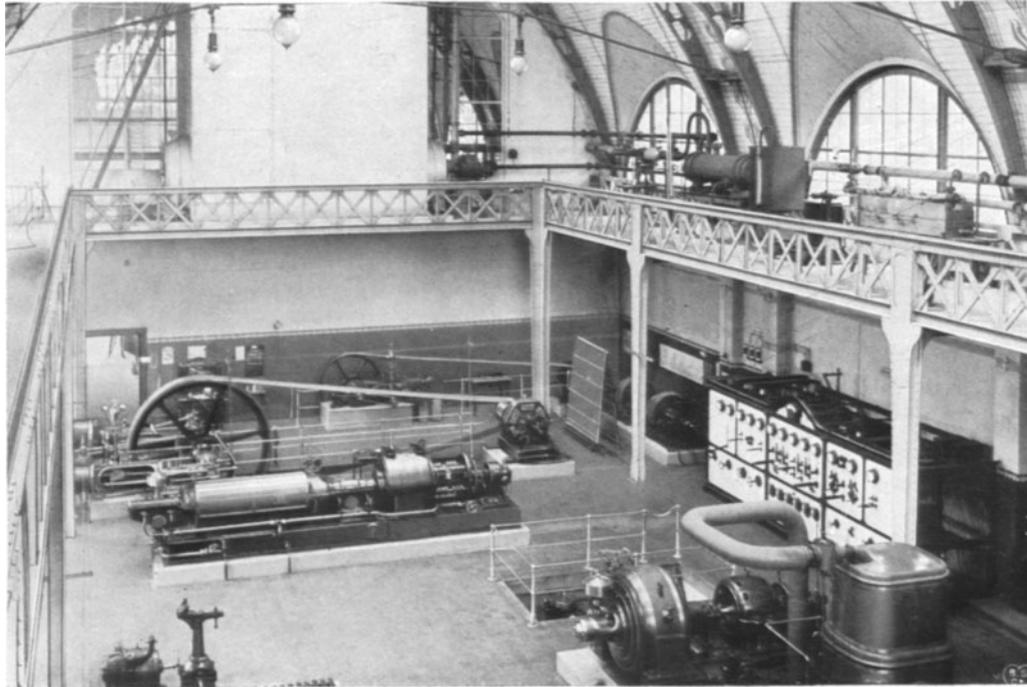
Tafeln.



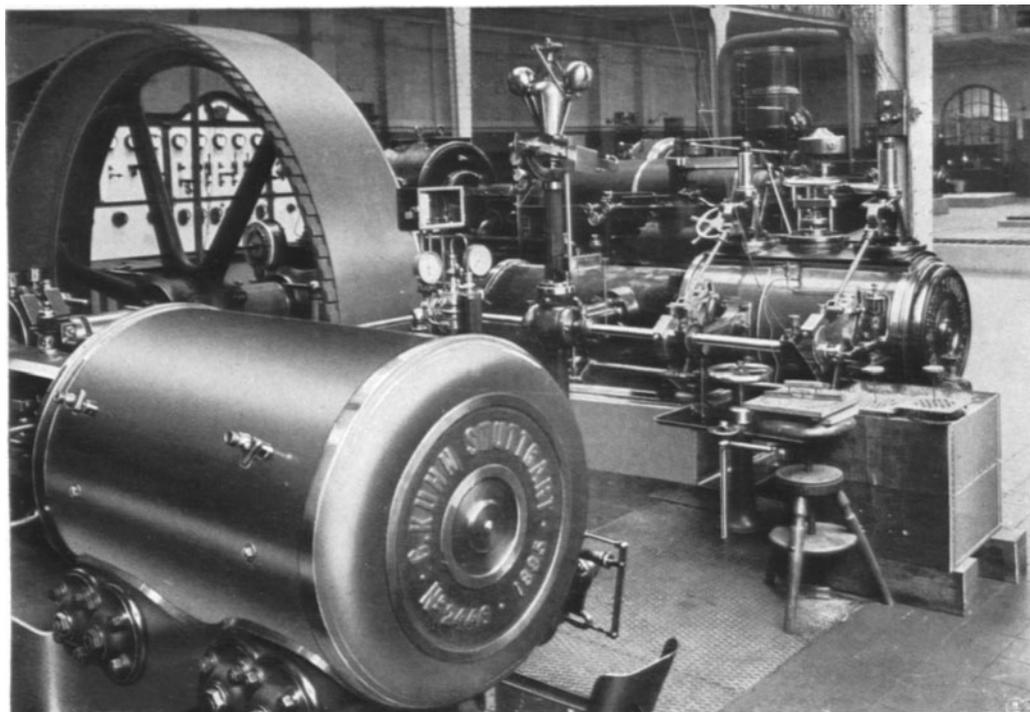
Kesselhaus.



Parsons-Turbine im Maschinenhaus.



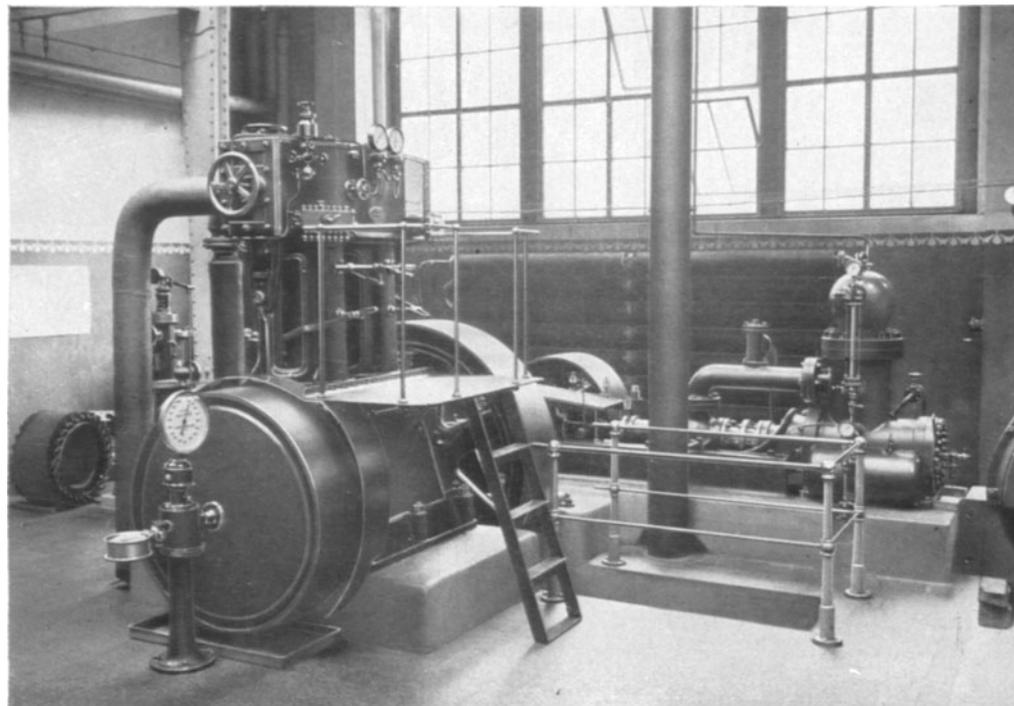
Blick ins Maschinenhaus. Südseite.



Liegende Verbund-Dampfmaschine.



Blick ins Maschinenhaus. Nordseite.



Stehende Verbundmaschine und Bergwerkspumpe.

Additional information of this book

(*Die Einrichtungen des Kraftwerkes und Maschinenbaulaboratoriums 1*; 978-3-642-50587-4) is provided:



<http://Extras.Springer.com>