

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 13: Generalversammlung der G.e.P. zur Vollendung des E.T.H. - Maschinen-Laboratoriums

Artikel: Die hydraulische Abteilung
Autor: Dubs, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47494>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Umformergruppen haben ihre Aufstellung in der grossen Maschinenhalle gefunden und der 220 V-Akkumulatorenbatterie ist ein gut gelüfteter Kellerraum zugewiesen worden. Die örtliche Verteilung der 500 Volt Drehstromenergie im Werk erfolgt über gussgekapselte Schaltanlagen mit Schützenfernsteuerung in der bewährten Ausführung der Firma Rauscher & Stöcklin, Sissach.

Gemäss Vertragsbestimmungen steht dem Fernheizkraftwerk das Recht zu, den Lichtbedarf der Eigenerzeugung zu entnehmen. Dieser wird normalerweise über einen werkeigenen 500/220 Volt Transformator bezogen, im Störfalle aber vom städtischen Elektrizitätswerk aus dem Einphasennetz 2×220 V gedeckt.

DIE BETRIEBSÜBERWACHUNGSANLAGE.

In der Projektbearbeitung und Ausführung wurde weitgehende Konzentration in der Ueberwachung und Bedienung der wärmetechnischen und elektrischen Anlagen angestrebt. Aus diesem Grunde sind sämtliche wichtigen elektrischen und wärmetechnischen Mess- und Kontrollinstrumente mittels Fernübertragung in einer gemeinsamen Ueberwachungsstelle, der Schaltwarte, angeordnet (Abb. 7, S. 142). Die Schaltwarte gewährt freien Einblick nach der Maschinenhalle und befindet sich in unmittelbarer Nähe des Schalthauses. Der diensttuende Beamte überwacht an Schaltpulten die Energieerzeugung der Turbogeneratoren, die Verteilung der Hochspannungsenergie, sowie den Betrieb der Elektrokessel im Sommer. Ferner ist ihm die Bedienung der Uebergabestelle der elektrischen Energie in der Verteilstation des städtischen Elektrizitätswerkes mittels Fernsteueranlage anvertraut. Ein lebendiges Schaltbild mit selbsttätigen Stellungsanzeigern orientiert über die jeweilige Kraftwerkschaltung. Besonders in diesem Tableau eingelassene Prüfklemmen dienen Präzisionsmessungen für Betrieb und Laboratoriumsübungen mit Studierenden. Die Verteilung der 500 V Drehstrom- und 220/110 V Gleichstromenergie für Kraftwerk-Eigenbedarf und Laboratoriumszwecke erfolgt ebenfalls auf der Schaltwarte.

Der Schaltwärter ist verantwortlich für die Einhaltung der im Betriebsfahrplan vorgeschriebenen elektrischen Wirk- und Blindleistung, der richtigen Verteilung der Dampfmengen in den Turbinen, der Aufrechterhaltung der Dampfdrücke in den verschiedenen Systemen, sowie der programmässigen Beheizung des Wärmeversorgungs- und Brauchwassernetzes. Diese umfangreiche und verantwortungsvolle Aufgabe wird dem Schaltwärter mit zahlreichen elektrischen und wärmetechnischen Messinstrumenten und farbigen Schaltbildern erleichtert. Er kontrolliert mit in Schaltpulten eingebauten Messinstrumenten im besonderen die Einhaltung der vorgeschriebenen Vorlauftemperaturen und Wassermengen für die Niederdruck- und Mitteldruckwarmwasserheizung, sowie die Oeffnungs- und Schliesszeiten und Temperaturverhältnisse der Dampfheizung und ferner die rationelle Aufheizung der Warmwasserbehälter.

Eine Temperaturfernmessanlage mit Tasterplatte gestattet die Ablesung der Raumtemperaturen einiger besonders exponierter Zimmer und Räume im Wärmeversorgungsnetz und ermöglicht, bei aussergewöhnlich rasch ändernden Raumtemperaturverhältnissen infolge Nordwind oder Sonnenanfall die notwendigen Aenderungen in der Beheizung des Netzes sofort vorzunehmen. Endlich alarmiert eine Signalvorrichtung den Schaltwärter und meldet ihm jede Unregelmässigkeit im Betriebe, wie z. B. zu geringen Wasserstand im Brennstoffkessel, Ueberlaufen des Speisewasserbehälters, Versagen einer Speisepumpe, unzulässiges Erwärmen eines Generators, Ausbleiben des elektrischen Stromes für die Hilfsbetriebe u. a. m. Die wärmetechnische Ueberwachungsanlage ist mit Instrumenten der Firmen Trüb, Täuber & Cie. und Siemens & Halske A.-G. ausgerüstet, während der elektrische Teil der Schaltwarte durch die A.-G. Brown Boveri und Carl Maier & Co. geliefert wurde.

[Der Darstellung der weitem kalorischen Maschinen vorgehend, lassen wir hier die Hydraul. Abteilung folgen.]

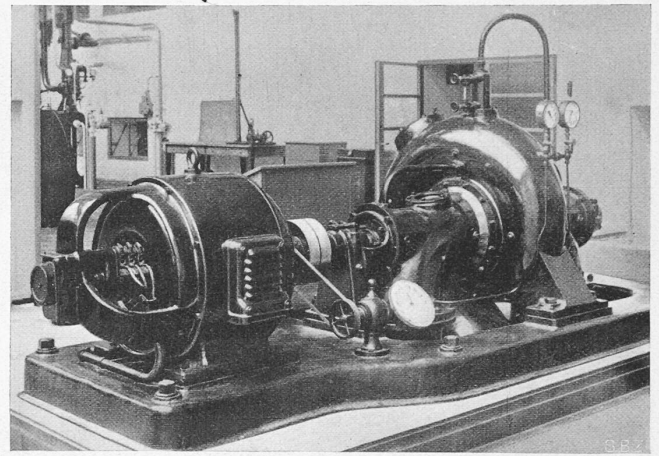


Abb. 3. Zwillings-Kreiselpumpengruppe mit ihren Messeinrichtungen.

Die hydraulische Abteilung.

Von Prof. R. DUBS, Zürich.

Da die Ausnützung der Wasserkräfte für jedes Land, das solche besitzt, also insbesondere für die Schweiz, von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung ist, wurde dieser Zweig des Maschinenbaues an der E. T. H. von jeher besonders gepflegt. Zuzufolge der — besonders in den letzten zwanzig Jahren — erfolgten Entwicklung der Berechnung und Konstruktion der hydraulischen Maschinen sowie der damit verbundenen Neuschöpfungen musste beim Neubau des Laboratoriums auch dessen hydraulische Abteilung eine durchgreifende Umgestaltung erfahren.

Für den Ausbau dieser Abteilung waren folgende Gesichtspunkte massgebend: Zur Durchführung des Studienplanes der Abteilung für Maschineningenieurwesen soll es möglich sein, im hydraulischen Laboratorium 1. *Demonstrationen* an hydraulischen Apparaten und Maschinen durchzuführen, um die Studierenden mit der Arbeitsweise dieser Mechanismen vertraut zu machen, und es sollen 2. *experimentelle Untersuchungen*, d. h. Messungen an Apparaten und Maschinen vorgenommen werden können, damit sich die Studierenden ein Bild über das qualitative und quantitative Verhalten der hydraulischen Apparate und Maschinen machen können und die Möglichkeit erhalten, Vergleiche zu ziehen zwischen den Ergebnissen der Theorie und denen des Experimentes.

Zur Weiterentwicklung dieses Zweiges des Maschinenbaues muss ein solches Laboratorium aber auch die Möglichkeit bieten, durch 3. *systematische Forschung* auf experimentellem Wege, in Verbindung mit erkenntnistheoretischen Ueberlegungen, Fortschritte zu erzielen, die im Interesse unserer Maschinenindustrie und damit auch der Volkswirtschaft liegen. Da ferner viele kleinere und mittlere Betriebe des Apparatebaues und der Maschinenindustrie nicht über eigene Laboratorien verfügen, muss im Lande eine Stelle vorhanden sein, an der 4. eine objektive *Prüfung und Untersuchung* von hydraulischen Apparaten und Maschinen durchführbar ist.

Die Neuanlage der hydraulischen Abteilung und die Disposition der Kanäle, Leitungen, Apparate und Maschinen erfolgte unter weitgehender Berücksichtigung der oben erwähnten vier Gesichtspunkte. Bei der Wahl der Grösse der Einrichtungen mussten naturgemäss die Betriebskosten berücksichtigt werden. Bei zu kleinen Dimensionen lassen sich aber oft die am Modell festgestellten Vorgänge nicht zuverlässig auf grosse Dimensionen übertragen. Diese Erkenntnis erklärt das Bestreben nach experimentellen Untersuchungen an möglichst grossen Modellen.

Die gesamten Einrichtungen der hydraulischen Abteilung wurden deshalb so gewählt, dass einerseits die mit den Kanälen, Leitungen, Apparaten und Maschinen gefundenen Ergebnisse zuverlässig auf grössere Dimen-

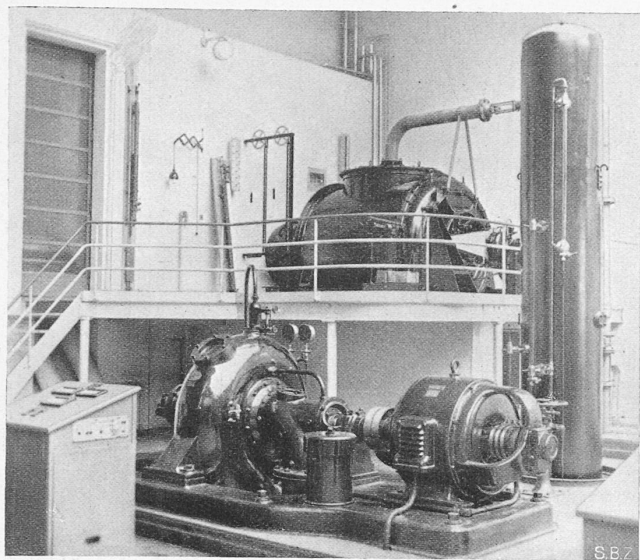


Abb. 2. Zwillingskreispumpe mit Schaltpult, im Hintergrund die Niederdruckturbine mit Messeinrichtungen und kleinem Windkessel.

sionen übertragen werden dürfen, während andererseits die Betriebskosten noch innerhalb der zur Verfügung stehenden Betriebskredite bleiben.

DIE RÄUME.

Auf der Südseite der grossen Maschinenhalle längs ihrer Querbegrenzung ist eine Bodenfläche von 46 m Länge und 12 m Breite, d. h. 550 m², bei 8 m mittlerer Höhe, für die Aufstellung der Maschinen und Apparate der hydraulischen Abteilung zur Verfügung gestellt worden. Anschliessend ist ein besonderer Raum von 5 m Breite, 11 m Länge und 4 m Höhe vorhanden, in dem ein grosser Windkessel, sowie der Oberwasserbehälter der Niederdruckgefälleturbinen untergebracht sind. Ein weiterer Raum von 4,5 m Breite und 7 m Länge bei 5 m Höhe befindet sich 6 m über dem Maschinenhausboden; er enthält eine Spiral turbine, in die Kaplanlaufräder und schnelllaufende Francisräder eingebaut und mit von 0 ÷ 8,2 m veränderlichen Sauggefällen untersucht werden können. Es ist dies der sog. Kavitationsstand.

In dem zuerst erwähnten Hauptraum sind die drei hauptsächlichsten Versuchskanäle untergebracht. Da ist in erster Linie der grosse Rohrgraben zu erwähnen, der sich in einer Länge von 43 m bei einer Breite von 2,2 m und einer Tiefe von 3,2 m längs des Hauptfeldes erstreckt. Dieser Rohrgraben enthält sämtliche Zu- und Ableitungen der über dem Graben aufgestellten Pumpen und Turbinen, sowie auch sämtliche Abschlussorgane (Kugel- und Keilschieber) der Maschinen. Er dient zugleich als permanenter Wasserbehälter, aus dem von den Pumpen das Wasser

angesaugt wird und in den das Wasser — nachdem es die Pumpen, Turbinen und Messeinrichtungen durchlaufen hat — wieder zurückfliesst. Wie man aus diesen Ausführungen erkennt, wird die Wasserkraft durch Pumpen, angetrieben von Elektromotoren, künstlich erzeugt und es können Versuche mit 4 ÷ 6, 20 ÷ 25, 40 ÷ 50, sowie 80 ÷ 90 m Gefälle durchgeführt werden. Diese Disposition hat auch den Vorteil, dass im Falle eines Bruches an einer Rohrleitung oder an einer Maschine das Wasser sofort in den Rohrgraben fliessen kann, womit die Gefahr einer Ueberschwemmung der Maschinenhalle auf ein Minimum vermindert ist. Zwischen diesem Rohrgraben und dem Messkanal liegt der sog. „Rücklaufkanal“, der eine Länge von 38 m und eine Breite von 0,80 m, sowie eine Tiefe von 1,1 m aufweist. In ihn münden die Ausläufe von sämtlichen Turbinen und Pumpen, und er hat die Aufgabe, die zu messende Betriebswassermenge in das sich am Anfang des eigentlichen Messkanales befindende Sammelbassin zu leiten. Anschliessend an den Rücklaufkanal, parallel zu ihm, liegt der eigentliche Messkanal, der eine Länge von 38 m, eine Breite von 1,0 m und eine Tiefe von 1,45 m aufweist. Die Wandungen und die Sohle dieses Messkanales sind sehr genau ausgeführt worden, seine Axe ist vollständig geradlinig und seine Breite und Tiefe variieren höchstens um $\pm 1/2 \text{ ‰}$, d. h. absolut um $\pm 1/2 \text{ mm}$. Neben diesem Messkanal, d. h. wiederum parallel zu ihm, läuft längs der südlichen Begrenzungswand des Maschinenlaboratoriums ein kanalförmiger Versuchsraum von 1,5 m Breite bei 1,8 m Höhe und 38 m Länge. In diesem Raum können insbesondere Druckverlustmessungen an Rohrleitungen vorgenommen werden, sowie kleine Untersuchungen an hydraulischen Apparaten.

DIE MASCHINEN.

Wie bereits vorstehend ausgeführt, sind sämtliche Maschinengruppen, mit Ausnahme der Niederdruckturbine, über dem Rohrgraben, d. h. in einer Reihe, aufgestellt; Abb. 1 zeigt im Aufriss und Abb. 8 auf Seite 144 im Grundriss die gesamte Disposition der hydraulischen Abteilung, deren einzelne Gruppen kurz beschrieben werden.

Am Anfang des Traktes (links in Abb. 1) befindet sich der erwähnte Windkesselraum mit dem rd. 8 m³ fassenden Druckwindkessel. Dieser Raum enthält auch ein Wasserreservoir, das als „Oberwassergraben“ der Niederdruckturbine dient.

Die Niederdruckturbine (Abb. 2 im Hintergrund) ist als Kesselturbine ausgebildet und es können in den Kessel Leit- und Laufräder der verschiedensten Konstruktion eingebaut werden. Die Turbinenwelle ist horizontal gelagert und es wird die von der Turbine erzeugte Leistung mittels eines Prony'schen Bremszaumes gemessen. Die Höhenlage des Oberwasserspiegels ist in zwei Glasröhren sichtbar, zur bequemen Ablesung dient ein Periskop. Die Höhenlage des Unterwasserspiegels wird an zwei Schwimmerpegeln abgelesen und die verbrauchte Wassermenge im

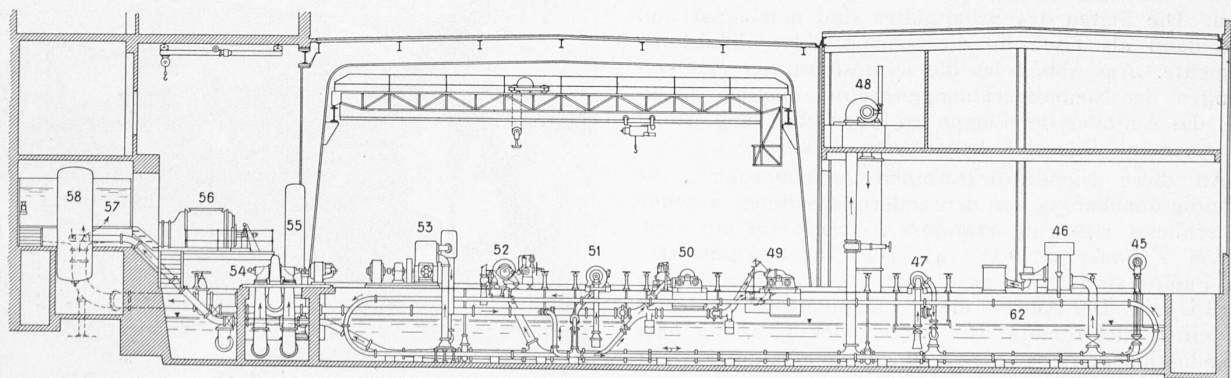


Abb. 1. Längsschnitt (1:300) durch Windkesselraum und grossen Rohrgraben. — Legende: 45 Versuchsduse, 46 Modellturbinen (Dogern), 47 Mitteldruckpumpen (Serie-Parallelpumpen), 48 Kavitationsstand, 49 Zweidüsige Freistrahlturbine, 50 Eindüsige Freistrahlturbine, 51 Hochdruckturbine, 52 Francis turbine, 53 Oszillierende Kolbenpumpe, 54 Niederdruckpumpe, 55 Kleiner Windkessel, 56 Niederdruck-Versuchsturbine, 57 Oberwasserbehälter der N.-D.-T., 58 Grosser Windkessel, 62 Rohrgraben.

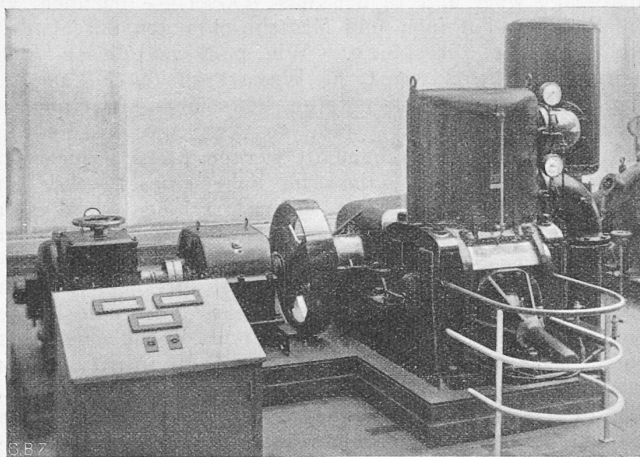


Abb. 4. Ventillose Kolbenpumpe mit oszillierendem Zylinder, von der Messpultseite.

Messkanal durch den geeichten Messüberfall, der sich am Ende des Kanals befindet, bestimmt. Zur Messung der Drehzahl dient ein Präzisionstachometer und ein gewöhnlicher Umlaufzähler. In den Kessel können Turbinen mit folgenden Konstruktionsdaten eingebaut werden:

Francislangsamläufer: $H = 4,5 \text{ m}$, $Q = 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 11 \text{ PS}$, $n = 120 \text{ U/min}$.

Francisnormalläufer: $H = 4,5 \text{ m}$, $Q = 0,450 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 23 \text{ PS}$, $n = 250 \text{ U/min}$.

Francisschnellläufer: $H = 4,0 \text{ m}$, $Q = 0,480 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 22 \text{ PS}$, $n = 480 \text{ U/min}$.

Propellerturbine: $H = 4,0 \text{ m}$, $Q = 0,470 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 21 \text{ PS}$, $n = 550 \text{ U/min}$.

Kaplanturbine: $H = 3,5 \text{ m}$, $Q = 0,500 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 20 \text{ PS}$, $n = 600 \text{ U/min}$.

Schraubenturbine: $H = 3,0 \text{ m}$, $Q = 0,500 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 16 \text{ PS}$, $n = 700 \text{ U/min}$.

(Bell & Cie.)

Die Betriebswassermenge für die Niederdruckturbine wird von einer *Zwillingskreiselpumpe* (Abb. 2 und 3) (Konstruktionsdaten: $H_f = 4 \div 6 \text{ m}$, $Q_{\max} = 0,620 \text{ m}^3/\text{s}$ bei $n = 600 \text{ U/min}$), die durch einen Drehstrommotor angetrieben wird, geliefert. Die überschüssige Wassermenge fliesst vom Oberwasserbehälter über einen Ueberlauf unmittelbar wieder in den Rohrgraben, d. h. den Pumpensumpf zurück. Die Zuleitung von der Pumpe zum Oberwasserbehälter hat eine durch einen Schieber verschliessbare Abzweigung direkt zum Unterwasserbehälter der Turbine, sodass, sofern es sich nur um eine Uebung im Wassermessen handelt, die Pumpe direkt auf den Messkanal geschaltet werden kann, wodurch sie dann mit minimaler Förderhöhe, aber maximaler Wassermenge arbeitet. Die zum Antrieb des Motors von aussen bezogene elektrische Energie gelangt zuerst zu einer zentralen Schaltanlage und dann zu einem kleinen Schaltpult mit eingebauten Stromstärke-Spannungs- und Leistungsmessern. Auf der Seite dieses Schaltpultes ist eine Steckeranlage, an der leicht Präzisionsinstrumente angeschlossen werden können. Ausserdem enthält das Schaltpult einen Stecker für das Licht und einen Stecker, an dem Sekunden-(Zeit-)Signale abgenommen werden können. Die Seiten des Schaltpultes sind aufklappbar und dienen dann als Tisch für die transportablen Präzisionsinstrumente. Aus Abb. 3 ist die Disposition der Messeinrichtungen der Niederdruckpumpengruppe deutlich zu sehen; das Auffüllen der Pumpe bei Inbetriebsetzung erfolgt durch einen mit Druckluft betriebenen Ejektor.

An diese Niederdruckturbinen-Pumpengruppe, die vollständig unabhängig von den andern Maschinen arbeiten kann, schliesst sich eine *ventillose Kolbenpumpe mit oszillierendem Zylinder* an (Abb. 4). Die Konstruktionsdaten dieser Pumpe sind: $H_f = 25 \text{ m}$, $Q = 0,100 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 50$ oder 38 U/min . Der Antrieb dieser Pumpe erfolgt wiederum durch einen Elektromotor ($n = 1000$ oder 750), der über ein Reduktionsgetriebe die Kolbenpumpe antreibt. Die Pumpe saugt aus dem Rohrgraben die Wassermenge an und drückt sie über ihren Saug- und Druckwindkessel in ein Rohrsystem, das im Rohrgraben untergebracht ist und aus dem dann die verschiedenen Turbinen und Apparate

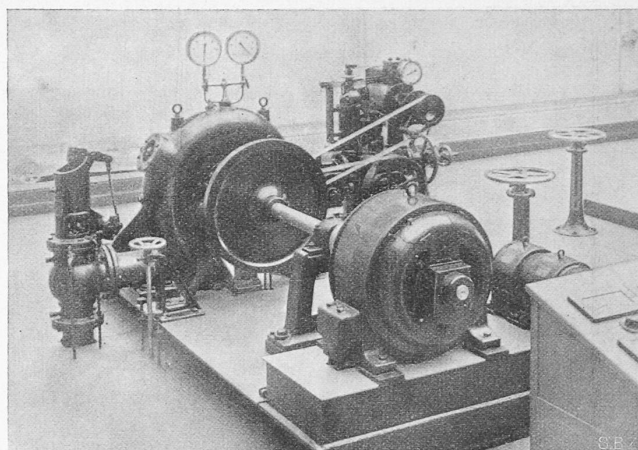


Abb. 5. Spiralturbinengruppe mit Regulator und Druckregler, elektrischem Generator und Erregergruppe.

gespiesen werden können. Die zum Antrieb des Elektromotors dienende elektrische Energie passiert, von der zentralen Schaltanlage kommend, wiederum vorher ein genau gleiches Messpult, wie bei der Niederdruckpumpe, bevor sie zum Elektromotor gelangt.

Anschliessend folgt nun in der Reihe eine *Francis-Spiralturbine mit automatischem Regulator und Druckregler* (Abb. 5), die einen elektrischen Generator antreibt. Diese Spiralturbine besitzt Aussenregulierung besonderer Konstruktion und eine hydraulische Stopfbüchse. Das Laufrad sitzt fliegend auf der Welle, wodurch eine glatte Abströmung vom Laufrad in das Saugrohr ermöglicht wird. Diese Turbine hat folgende Konstruktionsdaten: $H = 20 \text{ m}$, $Q = 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 42,5 \text{ PS}$, $n = 1000 \text{ U/min}$. Für die Felderregung des elektrischen Generators dient eine besondere Erregergruppe, die auf dem Fundament der Turbinen-Generatorengruppe montiert ist. Die vom Generator erzeugte elektrische Energie kann entweder nach Parallelschaltung auf das äussere Netz abgegeben oder in einem im Keller untergebrachten regulierbaren Wasserwiderstand vernichtet werden. Dies geschieht dann, wenn es sich darum handelt, die Spiralturbine auf ihre hydraulischen Eigenschaften zu untersuchen, wobei die Turbine mit verschiedenen Drehzahlen laufen muss. Der Betrieb auf das Netz erfolgt, wenn die Belastung konstant gehalten werden muss, was bei Druckverlustmessungen der Fall ist. Die an das Netz abgegebene Energie wird vom Empfänger vergütet. Auf der Turbinenwelle ist freier Raum, in dem eine Bremse untergebracht werden kann. Auch hier gelangt die elektrische Energie vorerst über ein kleines Mess- und in diesem Falle auch Parallelschaltpult.

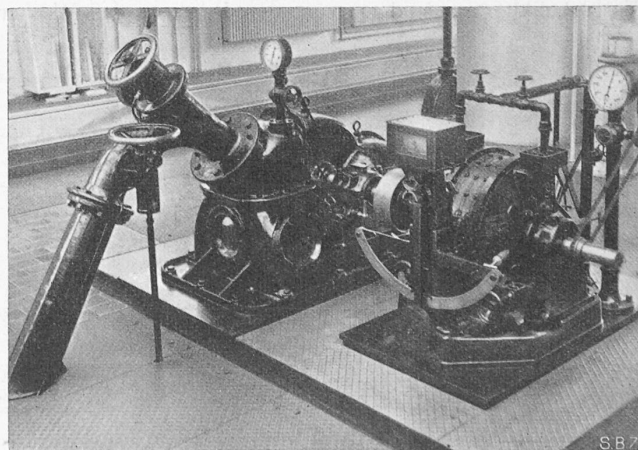


Abb. 8. Zweidüsige Freistrahlturbine (Wasserzuführung zur untern Düse nicht sichtbar, weil sie unter dem Maschinenhausboden liegt).

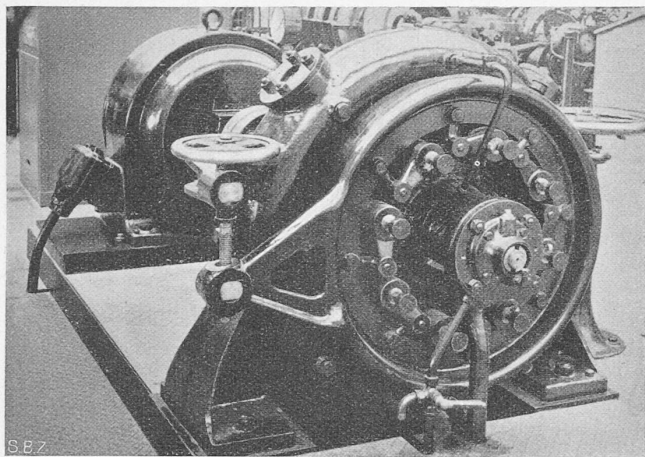


Abb. 6. Hochdruckkreislumppe, von der Pumpenseite aus.

In der Reihe folgt nun eine *Hochdruckkreislumppe mit drehbaren Leitschaufeln* (Abb. 6). Der Antrieb dieser Pumpe erfolgt auch wieder durch einen Elektromotor, der seine Antriebsenergie, gleich wie bei den andern Pumpengruppen, über die zentrale Schaltanlage und ein besonderes Messpult aus dem äusseren Netz erhält. Die Konstruktionsdaten dieser Pumpe sind: $H_f = 83$ m, $Q = 0,0800$ m³/s, $n = 1500$ U/min. Die Pumpe saugt ihr Betriebswasser auch aus dem Rohrgraben, der auch hier als Pumpensumpf dient, an und drückt es in das gleiche Rohrsystem wie die ventillose Kolbenpumpe, wobei jedoch durch Schliessen oder Oeffnen verschiedener Abschlusschieber diese Pumpe direkt auf den grossen oder kleinen Windkessel oder beide zusammen geschaltet werden kann, von wo aus dann das Wasser erst zu den Turbinen gelangt. Durch Anordnung verschiedener Rohrleitungen ist es möglich geworden, diverse Kreisläufe herzustellen. Es ist insbesondere eine rund 220 m lange „Widerstandleitung“ von 150 mm lichtigem Durchmesser vorhanden, die zur experimentellen Bestimmung von Reibungsziffern, sowie für Druckstossuntersuchungen dient.

Anschliessend an diese Gruppe folgt nun eine *ein-düsige Freistrahlturbine mit automatischem Regulator und Ablenkerdoppelregulierung* (Abb. 7). Die von dieser Turbine erzeugte Leistung kann entweder mittels des von ihr angetriebenen Generators auf elektrischem Wege oder durch den auf ihrer Welle sitzenden Bremszaum auf mechanischem Wege gemessen werden. Die gesamte elektrische Einrichtung ist bei dieser Gruppe genau gleich wie bei der Francispiralturbine, weshalb sich eine genaue Beschreibung erübrigt. Die mechanische Bremse weist hingegen eine besondere Konstruktion auf. Infolge der grossen nötig

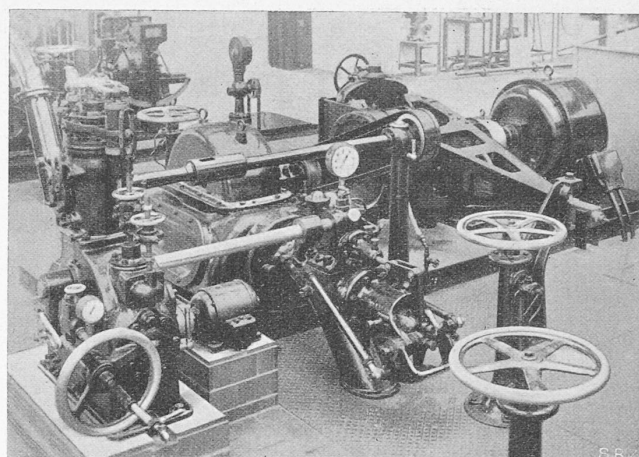


Abb. 7. Freistrahlturbinengruppe, vom automatischen Regulator aus.

gewordenen Breite wurde die Bremscheibe in der Mitte geteilt und beide Hälften mit einer besonderen inneren Wasserkühlung versehen. Der äussere Umfang der Scheibe wird mit Fett geschmiert und die Umfangskraft durch einen aus Leichtmetall hergestellten Gitterarm auf die Waage übertragen. Die infolge Abnützung des Bremsbelages sich eventuell ändernde Bremshebellänge kann durch Verstellen einer Schraube auskorrigiert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Bremse sehr fein eingestellt werden kann und ein Beharrungszustand mit ihr leicht zu erzielen ist. Die Drehzahlmessung erfolgt auch hier durch ein Präzisionsstachometer und einen Umlaufzähler. Das Gehäuse der Freistrahlturbine hat unten grosse Öffnungen, die durch wasserdicht eingesetzte Fenster verschlossen sind. Durch diese Fenster lässt sich das Arbeiten des Wasserstrahles auf den Laufradschaufeln und insbesondere der Austritt aus den Schaufeln beobachten. Die Konstruktionsdaten der Turbine sind: $H = 80$ m, $Q = 0,0800$ m³/s, $N = 70$ PS, $n = 750$ U/min.

In der Reihe folgt nun eine *zweidüsige Freistrahlturbine mit Handregulierung* (Abb. 8). Auch das Gehäuse dieser Turbine hat auf der untern Hälfte mit Glas zugedekte Schauöffnungen. Die Leistung der Turbine wird mittels einer Wasserwirbelbremse System Junkers gemessen, wobei auf einer Registriereinrichtung die Umfangskräfte automatisch aufgezeichnet werden und zugleich ein kleiner Tachograph die Drehzahlen registriert. Zur Messung der Umfangsgeschwindigkeiten dient weiter auch hier ein grosses Tachometer. Das Fundament dieser Gruppe ist so gross gewählt, das später ohne weiteres ein elektrischer Generator angebaut werden könnte. Die Konstruktionsdaten der Turbine sind: $H = 40$ m, $Q = 0,100$ m³/s, $N = 43$ PS, $n = 600$ U/min.

Die nun weiter folgende *Zwillings-Kreislumppe* (Abb. 9) erfordert ein besonderes Interesse, da sie sowohl parallel als auch in Serie geschaltet werden kann. Die Pumpe besteht im Prinzip aus zwei genau gleichen, voneinander unabhängigen Pumpen, deren Laufräder auf der gleichen Welle sitzen. Bei Parallelbetrieb saugen beide Pumpen aus dem Rohrgraben das Wasser an und drücken es in das vorstehend erwähnte Rohrsystem. Bei Seriebetrieb saugt nur eine Pumpe Wasser an und drückt es dann in das Saugrohr der anderen Pumpe, die dann den Druck auf das Doppelte des Saugdruckes erhöht und das Wasser in die Druckleitung fördert. Dementsprechend sind die Konstruktionsdaten dieser Pumpengruppe folgende: $H_f = 21$ m, $Q = 0,300$ m³/s, $n = 1450$ U/min, bzw. $H_f = 42$ m, $Q = 0,150$ m³/s, $n = 1450$ U/min. Der Antrieb der Pumpen erfolgt durch einen Drehstrommotor besonderer Konstruktion, bei dem es möglich ist, bei konstanter Netzfrequenz die Drehzahl zwischen 1000 und 2000 U/min zu variieren. Der Motor besitzt einen doppelten Rotor. Durch die Variation der Drehzahl der Pumpenwelle wird dann auch die

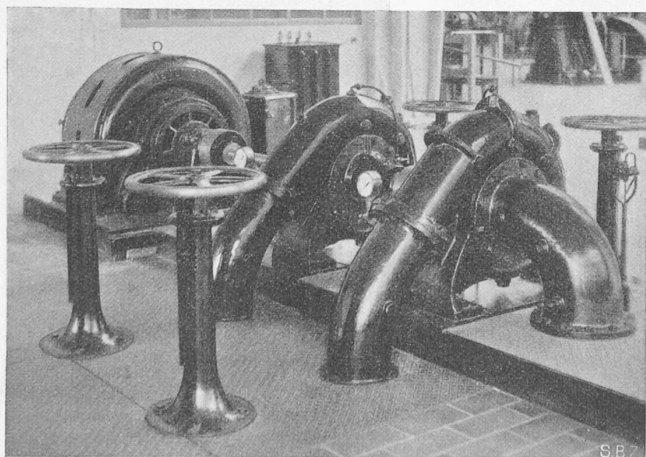


Abb. 9. Zwillingskreislumppe mit Antriebmotor und Reguliermechanismen. (Rechts oben der in der kalorischen Abteilung stehende alte Dieselmotor.)

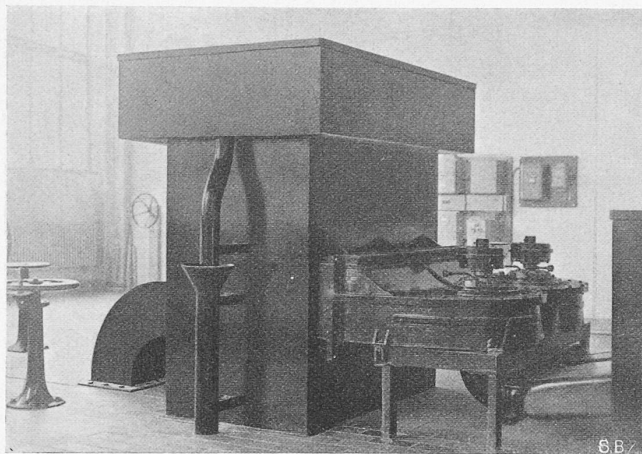


Abb. 10. Modellturbinen-Versuchsstand mit Modellen 1:34 der Kaplanturbinen im Kraftwerk Dogern; links Oberwasser-, rechts Unterwasser-Behälter.

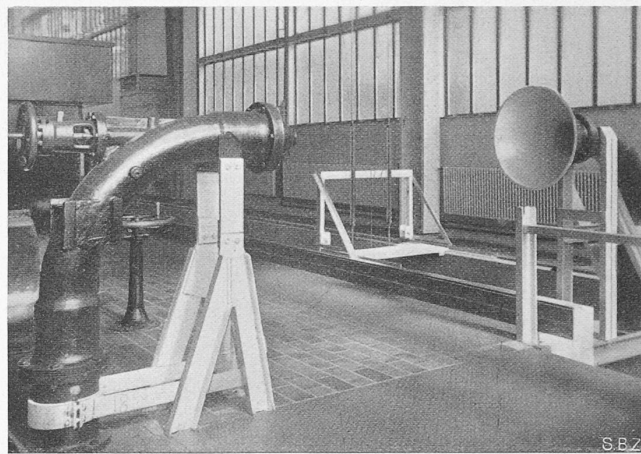


Abb. 11. Regulierbare Versuchs-Nadeldüse für Strahl bis 50 mm Ø und 40 m/sec. Rechts Strahl-Auffangtrichter, im Hintergrund Stechpegel des Messkanals.

Fördermenge und die Förderhöhe der Pumpengruppe entsprechend beeinflusst, und damit ist in Verbindung mit der Parallel- und Serieschaltung eine sehr grosse Veränderungsmöglichkeit von Förderhöhe und Fördermenge vorhanden.

An diese Gruppe schliesst ein *Modellturbinen-Versuchsstand* an (Abb. 10). Dieser Stand besteht aus einem Ober- und Unterwasserbehälter, zwischen dem zwei parallel angeordnete Kaplanturbinen in Halbspiralgehäusen und mit Saugkrümmern sich befinden. Die Konstruktionsdaten dieser beiden Turbinenmodelle lauten: $H = 1,0 \text{ m}$, $Q = 0,090 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 850 \text{ U/min}$, $N = 0,95 \text{ PS}$. Zur Bestimmung der Leistung dieser Modellturbinen¹⁾ dienen zwei elektrische Wirbelstrombremsen, wobei die Rotoren oben auf den vertikalen Turbinenwellen aufgesetzt sind. Die Wassermessung kann durch einen im Unterwasser befindlichen Messüberfall, unabhängig vom Messkanal, aber auch in diesem erfolgen.

Am Schlusse des hydraulischen Versuchsfeldes, d. h. anschliessend an den Modellturbinen-Versuchsstand, ist noch ein *grosser Versuchschrümmter* (Abb. 11) aufgestellt, an den eine Nadeldüsenregulierung angeschlossen ist. Diese Einrichtung dient zur Durchführung von Strahlversuchen, wobei freie Wasserstrahlen bis zu 50 mm Ø und Geschwindigkeiten von 40 m/s untersucht werden können. Der freie Wasserstrahl wird in einem gegenüberliegenden Trichter aufgefangen und die Wassermenge in das unten liegende Messbassin geleitet.

Einen Gesamtüberblick über die *Anordnung sämtlicher Messpulte* gibt Abb. 12, während Abb. 13 die *zentrale Schaltanlage* der hydraulischen Abteilung zeigt. Der einzelne Schaltkasten ganz aussen rechts enthält einen Gleichstromanschluss für 10 kW, der dem Antrieb von kleinen

Gleichstrommotoren fliegend aufgestellter Versuchseinrichtungen dient.

Wie eingangs erwähnt befindet sich etwa 6 m über dem Maschinenhausboden ein Raum, in dem eine Spiralturbine aufgestellt ist, die insbesondere der Durchführung von *Kavitationsversuchen* und Demonstrationen an Laufrädern dient (Abb. 14 und 15). In diese Turbine können Laufräder mit folgenden Konstruktionsdaten eingebaut werden: $H = 20 \text{ m}$, $Q = 0,295 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 63 \text{ PS}$, $n = 1800 \text{ U/min}$, bzw. $H = 10 \text{ m}$, $Q = 0,320 \text{ m}^3/\text{s}$, $N = 34 \text{ PS}$, $n = 2600 \text{ U/min}$. Die Wasserzuführung zu dieser Spiralturbine erfolgt durch eine vertikale Steigleitung aus dem bereits mehrfach erwähnten Rohrsystem, und die Wasserableitung durch ein vertikales, rd. 8,2 m langes Saugrohr, das von einem weiten Rohre umgeben ist, in dem vermittels eines unten angebrachten Drosselschiebers der Wasserstand in beliebiger Höhe gehalten werden kann. Auf diese Weise ist es leicht möglich, Versuche mit zwischen 0 und 8,2 m variierenden Saughöhen durchzuführen. Die jeweilige Höhe des Unterwasserspiegels lässt sich leicht und exakt an einem besonderen Schwimmerpegel ablesen. Zum Messen der Druckhöhe beim Einlauf in die Spirale dient ein Quecksilbermanometer, und zur Drehzahlmessung ein Tachometer. Die Turbine besitzt Handregulierung, die auf die Fink'schen Leitschaufeln wirkt. Die Turbinenleistung wird vermittels eines Bremszaumes gemessen. Nebst den Schauöffnungen ermöglicht ein Stroboskop eine bequeme Beobachtung der

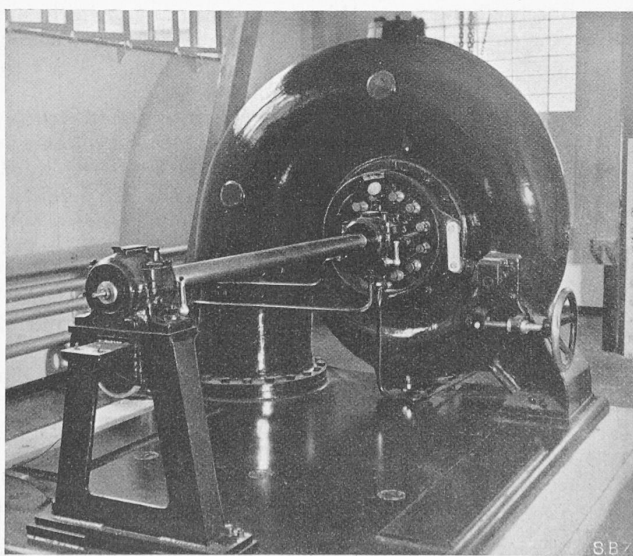


Abb. 14. Die Kavitationsturbine. Rechts am Bildrand das Unterwasser-Schwimmerpegel.

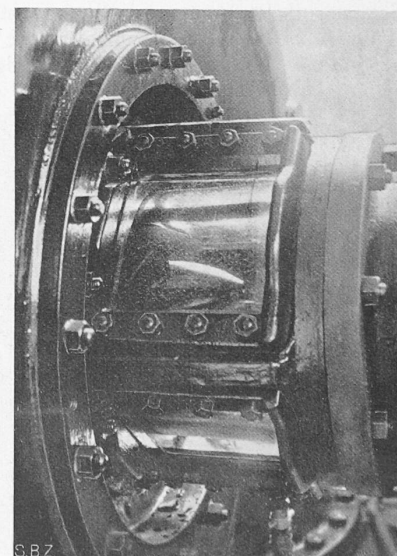


Abb. 15. Verglaste Schauöffnung am Laufradaustritt der Kavitationsturbine mit eingebautem Kaplan-Laufrad.

¹⁾ Modelle 1:34 der Ausführungsgrösse in Albruck-Dogern für $H = 11,5 \text{ m}$, $Q = 290 \text{ m}^3/\text{sec}$, $n = 75 \text{ U/min}$, $N = 37600 \text{ PS}$. — Vergleiche „SBZ“ Bd. 101, S. 248* (1933). Red.

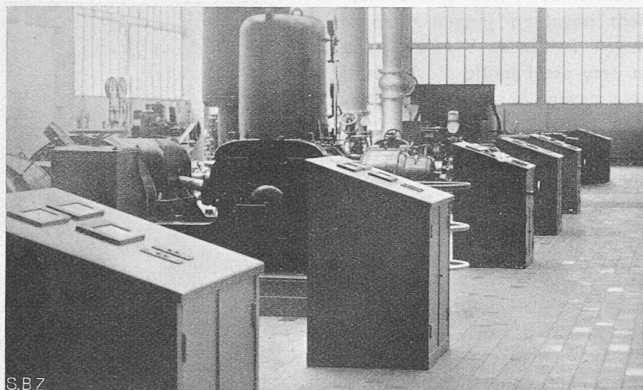


Abb. 12. Die Reihe der Messpulte.

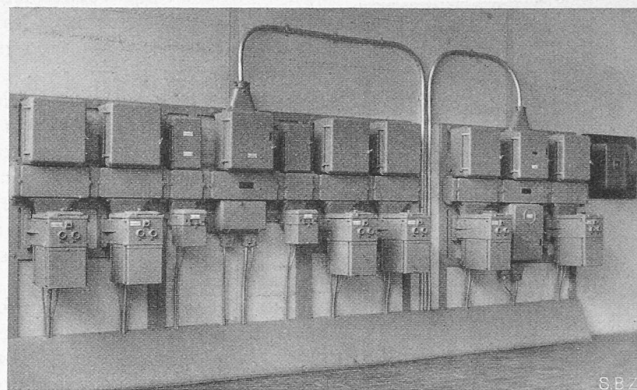


Abb. 13. Die zentrale Schaltanlage der hydraulischen Abteilung.

Strömungsvorgänge im Laufrad und insbesondere an dessen Austritt. Für weitere Darstellungen der Kavitationserscheinung ist bei der eingangs beschriebenen Niederdruckturbine eine besondere Leitung angebracht, in die eine Kugel eingebaut ist. Die bei Ueberschreitung einer bestimmten Wassergeschwindigkeit sich hinter der Kugel einstellende Kavitation kann durch das die Kugel umgebende Glasrohr sehr gut beobachtet werden, während die Messung der Drücke um die Kugel vermittelt eines Quecksilbermanometers erfolgt. In Abb. 2 ist oben diese Einrichtung zu erkennen. Eine ähnliche Einrichtung befindet sich nun auch an der vorstehend beschriebenen Spiralturbine, nur ist hier an Stelle der Kugel ein Krümmer eingebaut, an dem die, bei einer bestimmten Geschwindigkeit auf der Krümmerinnenseite auftretende Kavitation gezeigt werden kann. Durch diese Einrichtungen ist es möglich geworden, die Studierenden mit dem Wesen der Kavitation vertraut zu machen.

Als weitere Maschinen sind vorhanden: eine kleine Pumpengruppe mit Elektromotorantrieb für $H_f = 20$ m und eine Wassermenge von $Q = 0,015$ m³/s, die hauptsächlich Übungszwecken dient, sowie ein Luftkompressor zur Speisung der Windkessel und ein von einem Gleichstrommotor angetriebener Ventilator.

DIE MESS- UND DEMONSTRATIONSEINRICHTUNGEN.

Die bei den einzelnen Maschinengruppen vorhandenen Mess- und Demonstrationseinrichtungen wurden bereits besprochen. Als wichtige Messeinrichtung muss hingegen der schon früher erwähnte *Messkanal* (Abb. 16) noch genauer beschrieben werden. Seine Dimensionen wurden bereits genannt. Auf den beiden Seitenmauern des Kanals befinden sich auf den Kronen Schienen, auf denen ein Schirmwagen läuft. Der *Messschirm* hat in heruntergelassener Stellung ein seitliches Spiel von nur 1 mm gegenüber den Kanalwänden

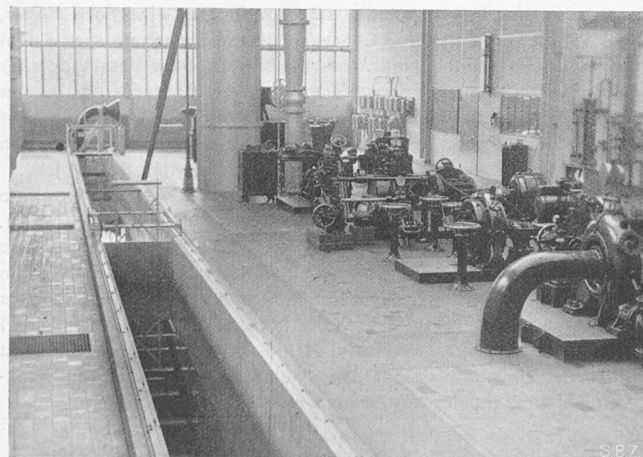


Abb. 16. Der Messkanal.

und der Sohle. Er ist aus Leichtmetall hergestellt und auf dem Schirmwagen so gelagert, dass er „durchgeschwenkt“, d. h. um seine Drehachse vollständig gedreht werden kann. Diese Konstruktion gestattet eine sehr kleine Anlaufstrecke einzuhalten und damit eine rationelle Ausnützung der Kanallänge für Messzwecke. Längs der Führungsschiene läuft eine besondere Kontaktschiene, auf der von Meter zu Meter ein Abreiss-Schleifkontakt befestigt ist. Die Konstruktion dieser Kontakte ist so, dass die Länge von 1 m genau eingehalten und auch scharf kontrolliert werden kann. Dementsprechend ist auch der am laufenden Schirm befestigte Kontakt besonders konstruiert (Abb. 17). Die Wassertiefe im Messkanal wird an dessen Ende mittels zweier, aus Abb. 11 zu ersiehender Präzisionsstechpegel festgestellt. Die Stromschlüsse von Kontakt zu Kontakt setzen optische und akustische Signale in Tätigkeit und es können die Zeiten zwischen den Stromschlüssen entweder durch Stoppuhren direkt gemessen oder durch einen vorhandenen Chronographen aufgezeichnet werden. Diese Messung mit dem laufenden Schirm besitzt ein sehr grosses Mass von Genauigkeit und ist ausserdem, wenn die Einrichtung einmal besteht, sehr bequem und rasch durchführbar. Im Messkanal können aber auch leicht Flügelmessungen vorgenommen werden und es sind alle Einrichtungen vorhanden, um gleichzeitig in mindestens drei verschiedenen aufeinanderfolgenden Querschnitten jeweils mit zwei hydrometrischen Flügeln Wassermessungen durchzuführen.

Am untern Ende des Messkanales befindet sich ein *Messüberfall*, ohne Seitenkontraktion, mit sehr guter seitlicher Belüftung. Die Ueberfallbreite b ist gleich der Kanalbreite, d. h. 1000 mm, und die Wehrhöhe $s = 800$ mm. Seine Dimensionen liegen somit innerhalb der vom Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein in den Wassermessnormen vorgeschriebenen Abmessungen, weshalb ohne weiteres für die Berechnung des Ueberfallkoeffizienten die Formel des S. I. A.

$$\mu = 0,615 \cdot \left(1 + \frac{1}{1,6 + h}\right) \cdot \left[1 + 0,5 \left(\frac{h}{h + s}\right)^2\right]$$

verwendet werden könnte. Vergleichende Untersuchungen haben denn auch gezeigt, dass die obige Beziehung Wassermengen ergibt, die sehr gut mit den auf anderem Wege bestimmten Mengen übereinstimmen. Nachdem das

Wasser den Messüberfall passiert hat, gelangt es entweder in ein Messbassin von rd. 50 m³ Inhalt, das Behältermessungen dient, oder zurück in den Rohrgraben, von wo aus es durch die Pumpen wieder hochgehoben wird.

Als weitere Wassermesseinrichtung ist eine

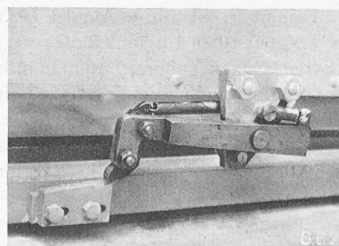


Abb. 17. Abreiss-Schleifkontakt am Messkanal.



JULES NEHER

MASCHINENINGENIEUR

28. Mai 1870

4. Aug. 1935

Venturimeteranlage vorhanden, in der bei einer lichten Rohrweite von 100 mm bequem Wassermengen bis zu 15 l/sec gemessen werden können. Die Eichung dieses Venturimeters ist eine interessante Laboratoriumsübung für die Studierenden und erfolgt vermittle eines besonderen Messbehälters von rund 1000 l Inhalt, der transportabel ist.

Zur Messung von Druckschwankungen, die beim Betrieb der Kolbenpumpe im Druckwindkessel, insbesondere aber beim automatischen Regulieren der Turbinen in der Druckleitung auftreten, dient ein registrierendes transportables Manometer.

Eine Präzisions-Mutteruhr sendet jede Sekunde einen Kontakt zu den an sämtlichen Schaltpulten angebrachten Zeitsteckern, sodass dort stets genaue Zeiten registriert werden können. Durch die Kombination der beiden vorhandenen Drei- und Fünfschreiberchronographen können sechs Kontakte (z. B. bei den Flügelmessungen sechs Flügel) registriert werden, sodass weitgehend für eine objektive Berichterstattung gesorgt ist.

Eine reiche Sammlung von elektrischen und mechanischen Präzisionsinstrumenten gestattet die gleichzeitige Durchführung einer grossen Zahl der verschiedensten Messungen. Zum Schlusse soll insbesondere ein Apparat erwähnt werden, der heute noch verhältnismässig selten anzutreffen ist. Es ist dies ein *Stroborama*, mit dessen Hilfe es möglich wird, sich beliebig rasch bewegende Gegenstände so zu betrachten, als ob sie in Ruhe wären. Dieses Stroborama ist kombiniert mit einem Kinematographen, und es sind Einrichtungen vorhanden, mit deren Hilfe es möglich ist, Belichtungszeiten bis auf 10^{-6} sec hinunter zu erzielen. Es ist zu hoffen, dass es mit Hilfe dieses Apparates gelingt, Vorgänge zu erforschen und Zusammenhänge festzustellen, die sich bis jetzt unserer Beobachtung entzogen.

Die vorstehend beschriebenen Einrichtungen, Maschinen und Apparate haben sich bis jetzt im praktischen Betriebe sehr gut bewährt und die ganze Anlage ist eine äusserst wertvolle Ergänzung des theoretischen Unterrichtes, der beim Maschineningenieur-Studium nur in Verbindung mit praktischen Übungen rationell gestaltet werden kann.

Zum Schlusse sei auch an dieser Stelle dem h. schweizerischen Schulrat und insbesondere seinem initiativen Präsidenten, Prof. Dr. h. c. A. Rohn, für die gewährte Unterstützung der beste Dank ausgesprochen. Besonderer Dank gebührt aber auch unsern obersten eidgenössischen Behörden, die durch die Bewilligung der erforderlichen Kredite die Durchführung der besprochenen Bauten ermöglicht und damit bewiesen haben, dass sie für die Bedürfnisse unserer höchsten eidgenössischen Schule stets volles Verständnis besitzen.

NEKROLOGE.

† Jules Neher, Maschinen-Ingenieur, ist am 4. August 1935 im Alter von 65 Jahren an den Folgen eines Unglücksfalles verschieden. Am 28. Mai 1870 in Schaffhausen geboren, entstammte Jules Neher einer alteingesessenen Familie, die sich um das Gedeihen der schweizerischen Industrie bereits grosse Verdienste erworben hatte. Sein Vater, der mit zielsicherem Weitblick die Konzessionen eines Teiles der Wasserkraft des Rheinfalles erworben hatte, betrieb an der Stelle, wo heute die Aluminiumfabrik steht, die erste schweizerische Anlage zur Verhüttung von Eisenerzen (ein Bruder Jules Neher war später zusammen mit seinem Schwager Ing. Gustave Naville Gründer der A. J. A. G. Neuhausen am Rheinfall). Von müt-

terlicher Seite aus wirkte sich in dem begabten jungen Manne der Segen ähnlicher Traditionen aus, in dem die Familie Moser den Erzeugnissen der schweiz. Uhrenindustrie in Russland zu beträchtlicher Beachtung verhalf, um dann in späteren Jahren, oberhalb des Rheinfalles, aus eigenen Mitteln den „Moser-Damm“ und das erste Elektrizitätswerk der Schweiz zu erbauen. Die hervorragende Entwicklung, die die Stadt Schaffhausen als Industriort zu verzeichnen hat, ist so mit dem Namen der Vorfahren unseres leider allzufrüh dahingegangenen Kollegen sehr eng verknüpft.

Nach glänzend bestandenem Examen am Eidg. Polytechnikum in Zürich begab sich Jules Neher 1892 nach Amerika, wo er vorerst als Arbeiter in den Werken der Firma Westinghouse in Pittsburg (1892 bis 1895) ins praktische Leben trat. Seine weit über dem Durchschnitt liegenden Talente wurden bald erkannt, sodass sich in seiner jungen Karriere Beförderung an Beförderung reihte. Er weilte von 1896 bis 1899 zur Leitung der Zweigwerke der Aluminium-Gesellschaft in Rheinfelden, indessen wollte die Westinghouse-Gesellschaft Jules Neher nicht entbehren und berief ihn 1900 zur Direktionsführung ihres englischen Hauptsitzes in London. Anschliessend übernahm er die Leitung der belgischen Westinghouse-Gesellschaft in Brüssel, dann jene der französischen Gesellschaft in Le Havre und Paris und endlich 1906 die des italienischen Zweighauses in Bologna, um schliesslich als echter Schweizer die im Ausland gesammelten, reichen Erfahrungen seinem Heimatland zur Verfügung zu stellen. Er trat 1908 in die damals noch junge Motosacoche A.-G. in Genf ein, der er mit seinem hervorragenden Können als Verwaltungsrats-Delegierter diente, welchen Posten er während einer Reihe segensreicher Jahre bekleidete. Die gründlichen Kenntnisse des italienischen Marktes veranlassten Neher, unter der Firmierung Soc. Meccanica Italo-Ginevrina eine Zweigfabrik in Turin ins Leben zu rufen, die sich ebenfalls erspriesslich entwickelte.

Begeisterter Motorradfahrer und Automobilist, gründete er im Jahre 1914 die Union Schweiz. Motorradfahrer, die ihn nach langjährig innegehabtem, Erfolg und Gedeihen verbürgendem Präsidium zum Ehrenpräsidenten ernannte. Auch am öffentlichen Leben nahm er regen Anteil, z. B. in den Jahren 1927 bis 1931 als Stadtrat von Genf-Plainpalais.

Grosses Interesse bekundete Kollege Jules Neher für den S. I. A. und dessen Genfer Sektion, sowie für die G. E. P., insbesondere für deren Genfer Gruppe; an unsern Generalversammlungen war er eine bekannte und nie fehlende Erscheinung. — Von den Arbeitern der Betriebe, denen er vorstand, bis hinauf in die Spitzen unserer Industrie herrscht um diesen Verlust herbe und aufrichtige Trauer, denn jeder, der Neher kannte, schätzte in ihm eine hohe Kultur, einen geraden und lauten Charakter und sein eigen grosses Talent eines Menschenkenners und Menschenführers. Sein Verständnis für seine Untergebenen und die opferwillige, liebe Fürsorge, mit der er sich der Arbeiter annahm, liessen ihm die aufrichtige Verehrung Aller zuteil werden. Nicht zuletzt seine Kollegen und Freunde werden Jules Neher in dankbarer, guter Erinnerung behalten. P. J. W.

† Caspar Zwicky, Ingenieur und gewesener Professor an der Kulturingenieurabteilung der E. T. H. — Nachdem Professor Dr. F. Baeschlin die während 45 Jahren ganz dem „Poly“ gewidmete Lebensarbeit seines Kollegen hier (auf Seite 35 von Bd. 102, am 15. Juli 1933) so schön geschildert hat, möchten wir heute Zwickys Züge nur mehr im Bilde festhalten. Nicht ohne Berechtigung darf auch noch der alte, vertraute Name Polytechnikum gebraucht werden, ist doch mit Caspar Zwicky der letzte der noch von Schulratspräsident Kappeler berufenen Dozenten dahingegangen.

Für den Text-Teil verantwortlich die REDAKTION:

CARL JEGHER, WERNER JEGHER, K. H. GROSSMANN.

Zuschriften: An die Redaktion der SBZ, Zürich, Dianastrasse 5 (Telephon 34507).



PROF. CASPAR ZWICKY

INGENIEUR

8. Dez. 1863

12. Aug. 1935