

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	91/92 (1928)
<b>Heft:</b>	8
<b>Artikel:</b>	Wassermengenbestimmung mittels hydrometr. Flügeln und zentralisiertem Bandachronographen im Kraftwerk Faal a.d. Drau
<b>Autor:</b>	Perrochet, P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-42452">https://doi.org/10.5169/seals-42452</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

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

**INHALT:** Wassermengebestimmung mittels hydrometrischen Flügeln und zentralisiertem Bandchronographen im Kraftwerk Faal an der Drau. — Psychotechnik und Lichtwirtschaft in Maschinenfabriken. — Rückblick auf die Ausstellung St. Gallen 1927. — Zum Rheinkraftwerk Kembs. — Heben und Verschieben von Häusern. — Mitteilungen: Elektrifizierung der Bern-Neuenburg-Bahn. Eidgen. Technische Hochschule. Hochdruckanlage des Grosskraftwerks Mannheim. Vom Völkerbund-Gebäude.

2 C 1-1 C 2 Gelenk-Dampflokomotiven für Schmalspur. Ueber die zulässigen Auto-Fahrgeschwindigkeiten. Eine Betonstrasse über ein Torfmoor. Prof. Dr. C. F. Geiser. Ausstellung „Kunst und Technik“ in Essen. Das Perpetuum mobile. — Literatur. — Vereinsnachrichten: St. Galler Ingenieur- und Architekten-Verein. Technischer Verein Winterthur, Sektion des S.I.A. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Bern des S.I.A. S.T.S.

**Band 91.** Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 8**

## Wassermengebestimmung mittels hydrometr. Flügeln und zentralisiertem Bandchronographen im Kraftwerk Faal a. d. Drau.

Von Ing. P. PERROCHET, Direktor, und C. MONTANDON, Ingenieur der Schweizerischen Eisenbahnbank, Basel.

Die Bestimmung der Wassermenge von Niederdruck-Turbinen wird in den meisten Fällen nach der Messmethode mit den hydrometrischen Flügeln ausgeführt, d. h. die Wassermenge wird aus den, an verschiedenen Punkten des Messprofiles, mit einem Flügel gemessenen Wassergeschwindigkeiten ermittelt. Bei grossen Kraftanlagen, bei denen immer mehrere Maschinen angeordnet sind, finden die Messungen gewöhnlich in den Zulaufkanälen zu den einzelnen Turbinen statt. Diese Kanäle weisen oft so grosse Abmessungen auf, dass die Wassergeschwindigkeiten an zahlreichen Punkten aufgenommen werden müssen, wenn man einigermassen brauchbare Resultate erhalten will. Die Messungen mit einem einzigen Flügel nehmen daher sehr viel Zeit in Anspruch; außerdem ist es oft schwierig, die Messungen unter konstanten Betriebsverhältnissen der Gruppe auszuführen.

Zwecks Beschleunigung des Messvorganges und Erreichung einer grösseren Genauigkeit wurde die gleichzeitige Beobachtung mit mehreren Flügeln vorgenommen, die an einem vertikalen oder horizontalen Traggerüst befestigt waren. Die Verschiebung dieses Gerüstes in die verschiedenen, zum Voraus bestimmten vertikalen oder horizontalen Ebenen ermöglichte, in verhältnismässig kurzer Zeit eine genügende Anzahl Punkte aufzunehmen und die durchschnittliche Wassergeschwindigkeit im Messprofil zu bestimmen.

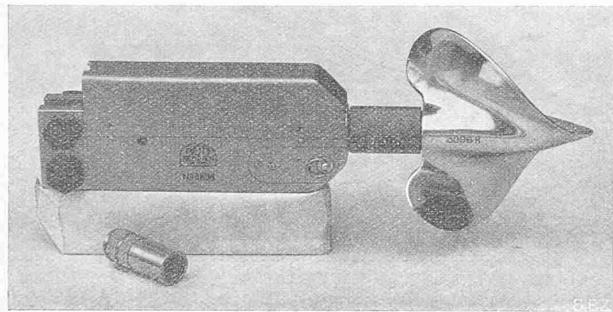


Abb. 1. Der in Faal verwendete Ott'sche Messflügel.

Eine entsprechende Messvorrichtung mit neun hydrometrischen Flügeln kam s. Zt. für die Wassermengen der Turbinen des Werkes Chancy-Pougny zur Verwendung (siehe „Schweizerische Bauzeitung“ vom 8. und 15. Mai 1925). Die Aufnahme der Wassergeschwindigkeiten allein erforderte dort neun Beobachter, die mit Stoppuhren und Hörern ausgerüstet, stundenlang die Signalabgabe der Flügel beobachteten. Die Herbeiziehung eines grösseren Personals ist aber immer mit Kosten verbunden und verursacht, infolge der Einführung von verschiedenen persönlichen Faktoren, Ungenauigkeiten in den Messungen. Es ist außerdem oft schwierig, Beobachter in genügender Zahl zu finden, die mit solchen Messungen bereits vertraut sind und präzise Aufnahmen gewährleisten.

Die neuen, vom Mathematisch-Mechanischen Institut A. Ott in Kempten gebauten hydrometrischen Flügel (Abb. 1) mit automatischer Aufschreibung auf dem Bandchronographen, beseitigen diese Uebelstände. Die Schweizerische Eisenbahnbank in Basel hat anlässlich der im April 1927 erfolgten Abnahmeversuche eines neuen Maschinenaggregates in der

Zentrale Faal an der Drau (Jugoslavien), die in den Jahren 1914 bis 1918 unter der Oberleitung dieses Institutes gebaut worden ist, Wassermessungen mit derartigen Apparaten ausführen lassen. Es erscheint uns interessant, deren Ergebnisse an dieser Stelle wiederzugeben.

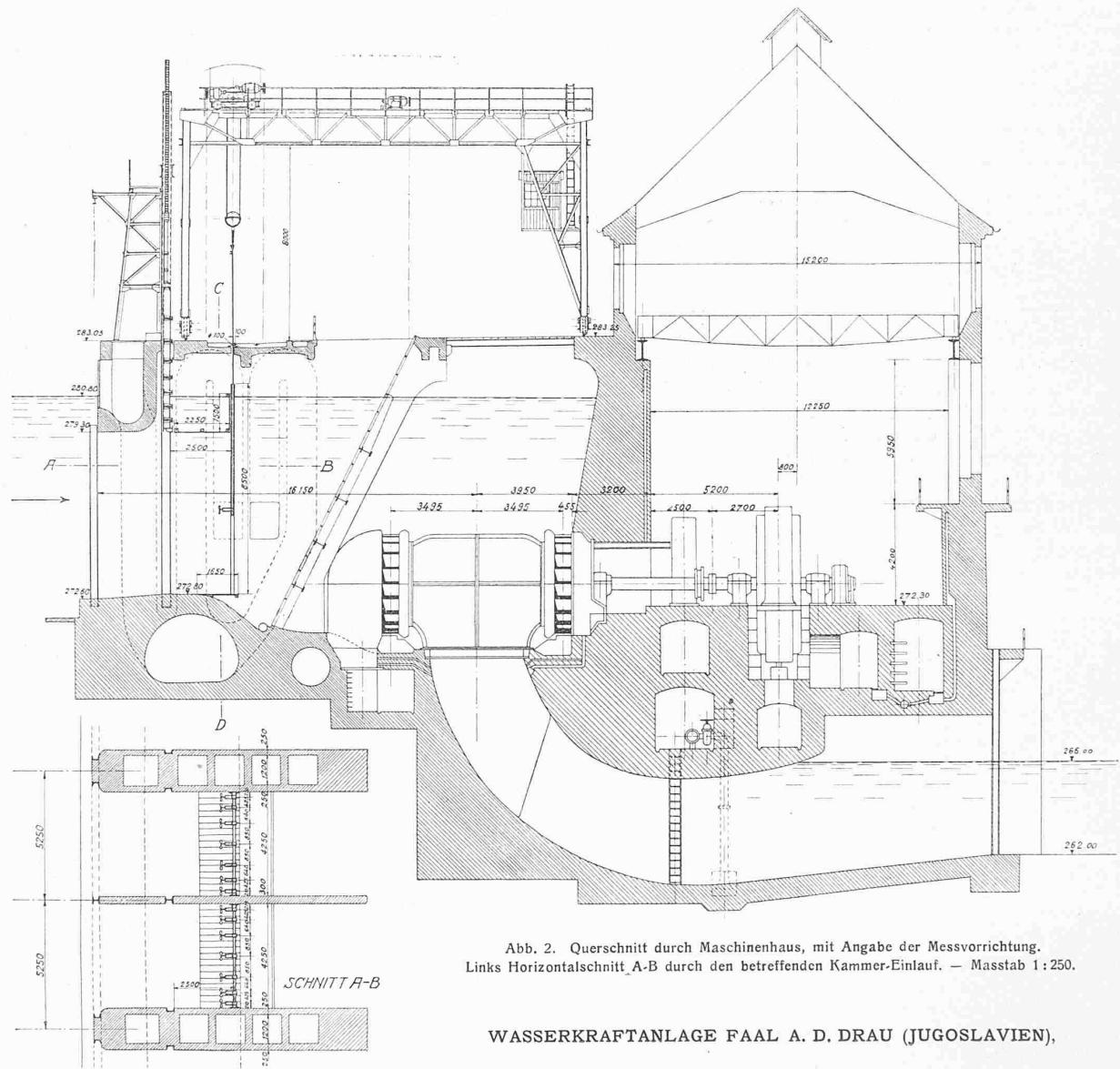
Das von vorneherein für sieben Aggregate vorgesehene Werk Faal wurde 1918 im ersten Ausbau mit fünf Turbinen von 6000 PS und fünf Generatoren von 5250 kVA in Betrieb gesetzt. Bei dem immer grösser werdenden Energieabsatz sah man sich veranlasst, den Einbau einer sechsten Gruppe zu studieren. Der vorhandenen Fundamente wegen konnte keine Schnellaufturbinen mit senkrechter Achse, sondern nur eine horizontale Doppel-Francisturbine in Betracht kommen. Dem Turbinenlieferanten wurde die Aufgabe gestellt, in der vorhandenen, seinerzeit für eine 7000 bis 8000 PS Einheit bemessene Turbinenkammer, eine Turbine mit möglichst hoher Leistung einzubauen.

Die Ateliers des Charmilles in Genf haben diese Aufgabe zur vollen Befriedigung der Bestellerin gelöst, indem sie es fertig gebracht haben, eine Doppel-Francis-Turbine von 9000 PS bei 12,5 m und 11600 PS bei 14,8 m Gefälle und 150 Uml/min zu bauen, die in der Turbinenkammer von 7,8 m Breite und 11 m Länge Platz gefunden hat. Diese Maschine ist direkt mit einem 8700 kVA Dreiphasen-Generator 11000V, 50 Per/Sek der Firma Brown, Boveri & Cie. in Baden gekuppelt. Die Anordnung dieser Gruppe ist aus der Schnittzeichnung der Zentrale (Abb. 2) ersichtlich. Die Gesamtlänge der Turbine mit der Welle beträgt 15,8 m; diese Grösse ist im Verhältnis zu den Kammerdimensionen geradezu auffallend (vergl. Abb. 4).

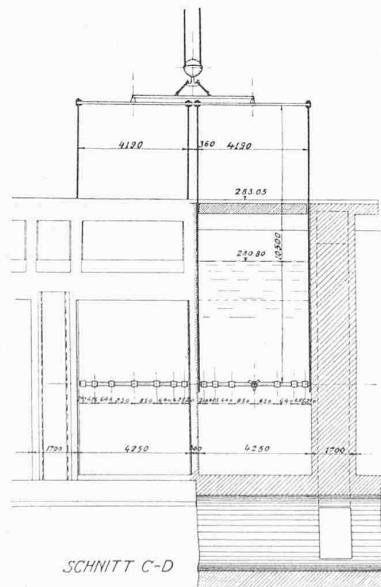
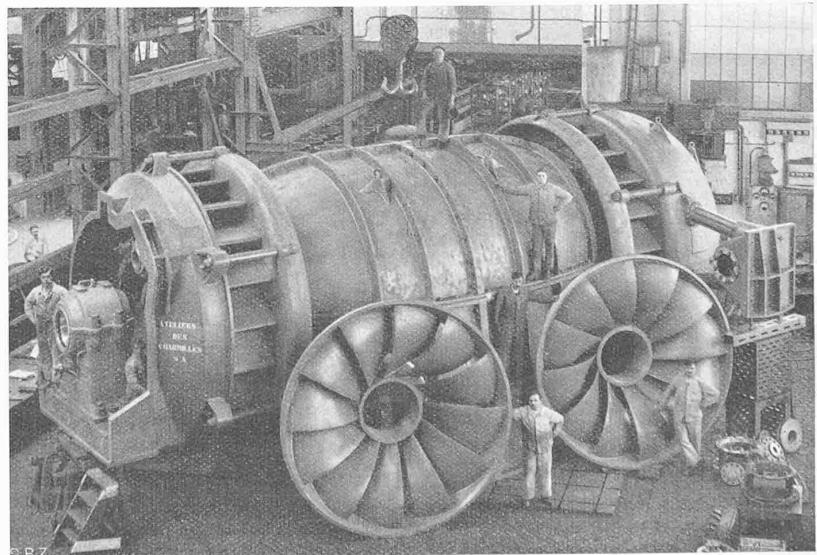
Der Wasserzulauf zur Turbine geschieht durch eine mittels Trennwand von 30 cm Dicke in zwei Kanäle von je 4,25 m Breite geteilte Verlängerung der Turbinenkammer. Eine mit Abflussrinne versehene Tauchwand, 1,50 m unter dem Wasserspiegel versenkt, dient zur Abfuhr des Treibstoffes, sowie des leichten Geschwemms, und begrenzt die Höhe der Einlaufmündung auf 6,7 m. Sie trägt ferner das Gerüst der Schützenwindwerke. Die Einlaufschützen zu der Turbinenkammer befinden sich hinter der Tauchwand, in einer Entfernung von 2,6 m von der Einlaufmündung. Ein Feinrechen, in schräger Richtung, bildet den Abschluss der eigentlichen Turbinenkammer. Die Decke des Einlaufwerkes ist durch eine Fahrbrücke sowie die Brücke der Rechenputzmaschine gebildet. Ein elektrischer Portalkran überspannt das Ganze. Die Länge des Einlauf-Bauwerks von der Einmündung bis zur Turbinenaxe beträgt 16,15 m.

Infolge der bestehenden Stromlieferungsverträge und der allgemeinen Betriebsverhältnisse des Werkes war es unmöglich, einen längeren Stillstand des neuen Aggregates zur Ausführung der Abnahmeverweise vorzusehen. Es wurde deshalb danach getrachtet, nicht nur eine einfache, sondern auch eine zeitsparende Messmethode anzuwenden. Das von Ing. S. Bitterli in Rheinfelden vorgeschlagene Verfahren mittels seines eigenen Ott'schen Bandchronographen mit 14 Flügeln erfüllte diesen Zweck. Die Ausführung der Wassermessung wurde daher Ing. Bitterli übertragen.

Es konnte von einer Absenkung des Staues, zwecks Einbau von Wasserführungen im Vorbasin vor der Turbinenkammer, der Betriebsverhältnisse wegen, keine Rede sein. Infolgedessen wurde beschlossen, den vordern Teil



WASSERKRAFTANLAGE FAAL A. D. DRAU (JUGOSLAVIEN),

Abb. 3. Vertikalschnitt C-D durch den mit der Messvorrichtung ausgerüsteten Kammer-Einlauf.  
Maßstab 1:250.Abb. 4. Neue Doppel-Francis-Turbine von 11600 PS bei 14,8 m Gefälle und 150 Uml/min.  
Gebaut von den Ateliers des Charmilles S. A. in Genf.

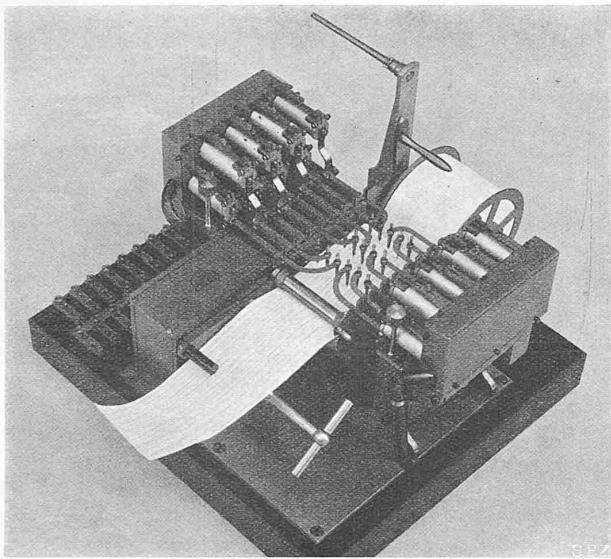


Abb. 5. Automatisch registrierender Bandchronograph des Mathematisch-Mechanischen Instituts A. Ott in Kempten (Allgäu).

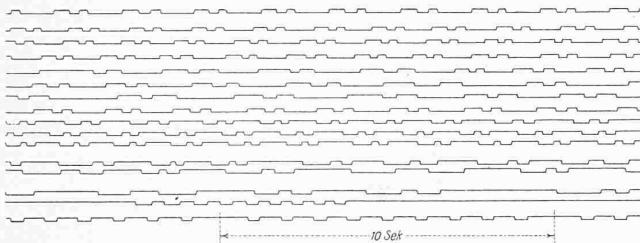


Abb. 6. Registrierstreifen des Bandchronographen, in halber Grösse.

der Einlaufkanäle als Führungskanäle auszubilden und das eigentliche Messprofil 2,50 m hinter die Schützen zu verlegen. Diese Lösung bot den grossen Vorteil, die Vornahme aller Vorbereitungsarbeiten hinter den geschlossenen Schützen, jeweils an Sonntagen, während des Stillstandes der Maschine zu gestatten. Die betreffenden Arbeiten umfassten die Erstellung zweier Führungsinnen von konstantem Querschnitt, die Vorbereitung und Montage der Gleitschienen an den seitlichen Wänden der Kanäle, und des verstellbaren Traggerüstes für die Messflügel.

Ein konstanter Querschnitt der zwei Führungsinnen wurde dadurch erreicht, dass über die schräg ablaufende Schwelle eine wagrechte Holzdiele von der Schützenschwelle bis zum Messprofil geführt, und oben, in der Höhe der untern Kante der Tauchwand, ein zwischen den Mauerrändern eingeklemmter Holzcaisson aufgehängt wurde. Bei Öffnen der Schützen bis zur untern Kante der Tauchwand (Kote 279,30) hatte man dadurch zwei Führungskanäle von 5,5 m Länge und  $6,5 \times 4,25$  m Querschnitt; trotzdem deren Decke nicht einwandfrei war, wurden Wirbelbildungen dennoch beinahe gänzlich verhindert.

Die Gleitschienen des Messgerüstes bestanden aus Profileisen; zur Vermeidung von Wirbeln wurden, auf den gegen den Strom gerichteten Flächen, Holzkeile aufgetragen. Die Befestigung dieser Schienen geschah vermittelst Schrauben an den seitlichen Wänden der Kammer und an der Trennwand.

Als Traggerüst für die Flügel dienten zwei leichte Rahmen von 10,5 m Länge und 4,25 m Breite mit gemeinsamer oberer Traverse aus Profileisen, die mit Seil und Spannschloss am Doppelhaken des Portalkranes aufgehängt wurde; das Spannschloss diente besonders zur wagrechten Einstellung. Die an der oberen Traverse angeschräbten Gasrohre von 1 Zoll bildeten die Längsseiten der Rahmen und dienten gleichzeitig zur Herausführung der Signal-

leitungen der einzelnen Flügel. Zum freien Durchlass der Rohre wurden in die armierte Zementdecke der Turbinenkammer vier runde Löcher von 8 bis 10 cm geschlagen. Jedes Rohr trug an dem untern Ende einen Schuh aus Flacheisen, der mit genügendem Spiel in der seitlichen Führung glitt. Die untern Traversen, aus besondern spitz-eiförmigen Stahlrohren, genau zu den Haltern der Flügel passend hergestellt, waren auf angeschweisste Stützen der Gleitschuhe geschraubt. Die zwei Messprofile von  $6,5 \times 4,25$  m wurden in je sieben Vertikalen und zehn Horizontalen eingeteilt, sodass durch blos 10 Einstellungen 140 Geschwindigkeitspunkte pro Messung aufgenommen werden konnten. Die sieben Flügel einer Öffnung befanden sich in Abständen von 850 bis 425 mm voneinander (Abb. 3), die äussersten Flügel 210 mm von den Wänden. Für die Einstellung der 10 horizontalen Ebenen waren die senkrechten Rohre mit Marken versehen. Die vertikale Verschiebung des Rahmens geschah äusserst einfach mit Hilfe des elektrischen Kranes; die Einstellung konnte sehr genau durch Vergleich der auf den Rohren angebrachten Marken mit einem Fixpunkt auf der Zementdecke erfolgen.

Die an die 14 Flügel angeschlossenen Messleitungen waren durch die Rohre des Traggerüstes gezogen und in vier freihängenden Bündeln zu dem auf einem Tisch aufgestellten Bandchronographen geführt. Eine vorhandene Akkumulatorenbatterie diente als Stromquelle für die Elektromagnete dieses Apparates.

Der Bandchronograph (Abb. 5) ist mit 16 Schreibfedern versehen (es gibt Appareate mit 7 bis 24 Federn), die fortwährend auf einem Bandstreifen registrieren (Abb. 6). Zur grösseren Klarheit sind die Federn abwechselndweise mit roter, grüner und violetter Tinte gefüllt. Nach je 25 Umdrehungen verursacht ein Doppelkontakt beim Vorwärtsgehen der Flügel eine zweimalige seitliche Verschiebung der entsprechenden Federn; ein einziger langer Kontakt nach ebenfalls 25 Umdrehungen bedeutet ein Rückwärtsgehen des Flügels. Die 16. Schreibfeder (die unterste in Abb. 6) registriert in der selben Weise die Sekunden, während die 15. Feder disponibel bleibt und besonders für Anfangs- und Endzeichen in einem vereinbarten Morse-Code Verwendung findet. Durch Vergleich der einzelnen Registrierlinien und der Zeiteinteilung kann die Geschwindigkeit der Flügel, d. h. die Wassergeschwindigkeit an den einzelnen Punkten des Messprofils bestimmt werden, die dann in bekannter Weise durch rechnerische oder graphische Ermittlung (Abb. 7), die Bestimmung der Wassermengen bei den einzelnen Versuchen ermöglichen.

Die graphischen Darstellungen der Linien gleicher Geschwindigkeit im Messprofil bei 80% (Abb. 8) und 100% Öffnung (Abb. 9) zeigen, dass die getroffene Anordnung einen befriedigenden Durchfluss im Querschnitt von 8,56 m Breite und 6,54 m Höhe ermöglicht, und dass die Geschwindigkeitsverteilung auf dem ganzen Querschnitt nicht ungünstig ist. Es fällt jedoch auf, dass die Reibung der Wände im untern Teil, die Drosselung durch die Tauchwand im oberen Teil und das Fehlen einer Parallelführung der Wasserfäden auf der Seite, wo kein Aggregat läuft, Geschwindigkeitsverminderungen und sogar teilweise Ungleichmässigkeiten im Durchfluss verursacht haben, was je nach der Belastung durch einen Unterschied von 5 bis 10% in den Wassermengen der beiden Kammerhälften zum Ausdruck kommt. Diese Wahrnehmungen lassen wohl den Schluss zu, dass die Anwendung des Bandchronographen und die damit verbundene Schnelligkeit in der Durchführung der einzelnen Messungen trotzdem zu einem zuverlässigen Ergebnis geführt haben, das unter den Bedingungen, die bei diesen Versuchen vorlagen, mit andern Verfahren schwerlich erzielt worden wäre.

Gleichzeitig mit den Wassermessungen wurden im Ober- und Unterwasserkanal Niveau-Absteckungen vorgenommen. Die Belastung des Generators, der, um konstante Verhältnisse zu bewahren, auf dem Wasserwiderstand arbeitete, wurde mittels Präzisionswattmeter aufgenommen.

## GESCHWINDIGKEITSKURVEN IN DEN 10 HORIZONTALEN FUER 5 VERSCH. BELASTUNGEN.

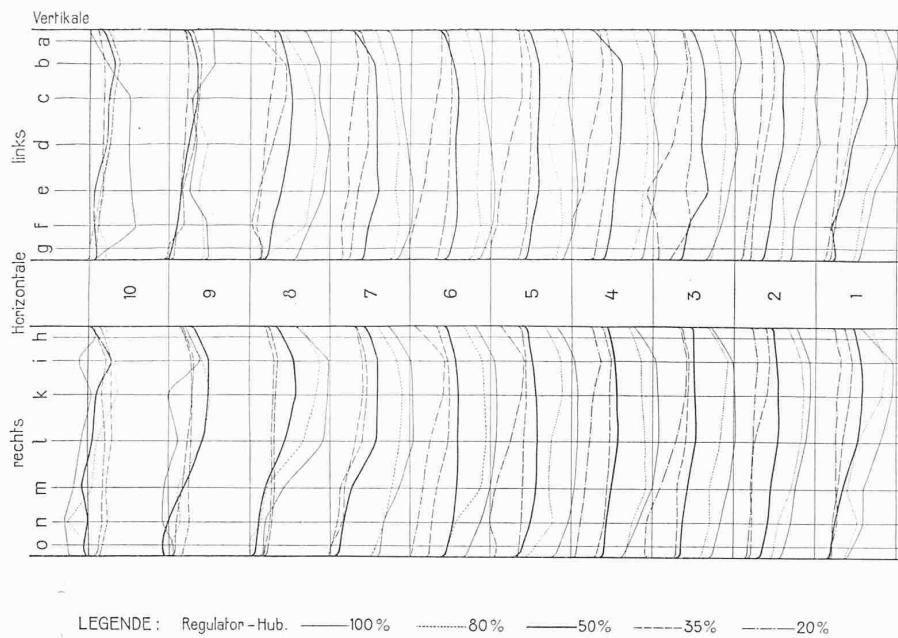


Abb. 7. Graphische Ermittlung der Wassermengen an der neuen Turbine des Elektrizitätswerks Faal an der Drau. — Masstab 1:125.

Nach Ausführung der Vorversuche, zur Kontrolle der gesamten Messeinrichtung, konnten die effektiven Messungen trotz sehr ungünstiger Wasserverhältnisse (infolge anhaltenden Regens stieg die Drau innerhalb 12 Stunden um 60 cm und führte Sand und Schwemmsel mit) für acht verschiedene Belastungen des Generators mit einer Durchschnittsdauer von 21 Minuten pro Versuch ausgeführt werden. Wir bemerken bei diesem Anlass, dass s. Zt. jede Messung in Chancy 35 bis 53 Minuten erforderte. Die Verwendung des Bandchronographen und die günstige Anordnung der Messeinrichtung führte außerdem zu einer Personalersparnis, die aus der nachstehenden Vergleichstabelle der in beiden Fällen unentbehrlichen Personen hervorgeht.

	Faal	Chancy
Leitung der Versuche und Verbindungsmann	I	I
Beobachtung der Flügel	2	10
Verlegung der Flügel	I	2
Niveau-Beobachtung	4	6
Turbinen-Instrumente	I	2
Elektrische Messungen	4	4
Regulierung des Wasserwiderstandes	I	I
	14	26

In diesen Zahlen sind die zur Aufrechterhaltung des Betriebes nötigen Maschinisten nicht inbegriffen.

Ausser den schon erwähnten elektrischen Leistungs-Messungen, die in Verbindung mit den hydraulischen Versuchen erfolgten, wurden noch alle zur Bestimmung des Wirkungsgrades des Generators üblichen Messungen mit der Methode der Einzelverluste ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind aus den folgenden Tabellen ersichtlich:

*Turbine.*

bei 12 m Gefälle und 150 Uml/min Leistung Wassermenge gemessen . . . . .	9 294 PS	68,86 m <sup>3</sup> /sek
garantiert . . . . .	8 480 "	64,90 "
Differenz . . . . .	{ + 814 "	3,96 "
	9,6 %	6,1 %
Belastung . . . . .	8/8 7/8 6/8 5/8 4/8	
effektiver Wirkungsgrad %	84,0 85,0 82,8 78,5 71,5	
garantiert Wirkungsgrad %	81,5 82,5 82,0 79,5 73,0	
Differenz %	+2,5 +2,5 +0,8 -1,0 -1,5	

Diese in Abb. 10 graphisch eingetragenen Ergebnisse sind umso bemerkenswerter, als die Turbine unter ungünstigen Verhältnissen aufgestellt worden ist.

*Generator.*

Belastung . . . . .	4/4 3/4 2/4
$\cos \varphi = 1$	{ effektiver Wirkungsgrad % 96,8 96,6 96
	garantiert Wirkungsgrad % 96 95 93,5
Aufbesserung . . . . .	0,8 1,6 2,5
$\cos \varphi = 0,8$	{ effektiver Wirkungsgrad % 95,5 95,3 94,5
	garantiert Wirkungsgrad % 95,0 94,0 92
Aufbesserung . . . . .	0,5 1,3 2,5

Es geht daraus hervor, dass der Wirkungsgrad sowohl des Generators als auch der Turbine gegenüber den garantierten Werten bedeutende Aufbesserungen aufweist; die Wassermenge der Turbine bei 12 m Gefälle ist allerdings um 6,1 % grösser als vorgesehen, dagegen übertrifft die Leistung den garantierten Wert um 9,6 %.

Vertreter der Maschinenlieferanten beteiligten sich an den Versuchen. Die Ergebnisse der hydraulischen Messungen wurden von den Ingenieuren S. Bitterli in Rheinfelden und Alamartine (Ateliers des Charmilles) ausgearbeitet, jene der elektrischen Messungen von Ing. Knöpfel der Firma Brown, Boveri & Cie. Die Vorbereitungen für die Messungen und den Einbau der Messvorrichtungen wurden durch das Personal des Elektrizitätswerks Faal auf Grund des Projekts der Schweizerischen Eisenbank getroffen, die die einzelnen Messergebnisse zentralisiert und bewertet hat.

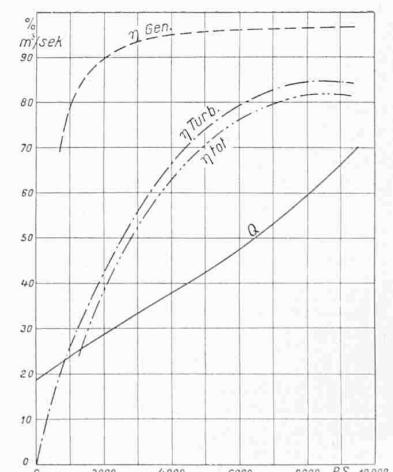


Abb. 10. Wassermenge und Wirkungsgrad der neuen Turbinengruppe in Funktion der Leistung an der Turbinenwelle, bei 12 m Gefälle.

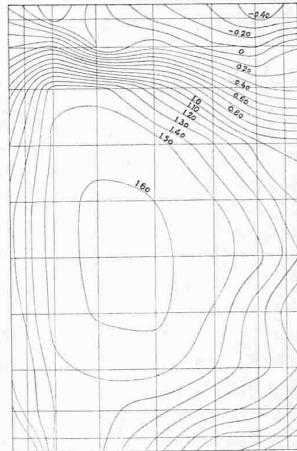
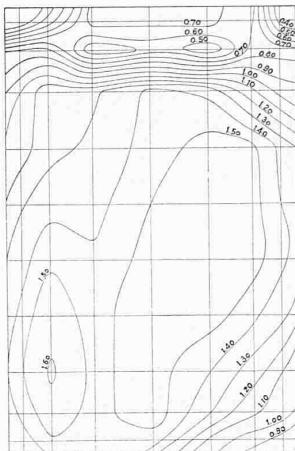
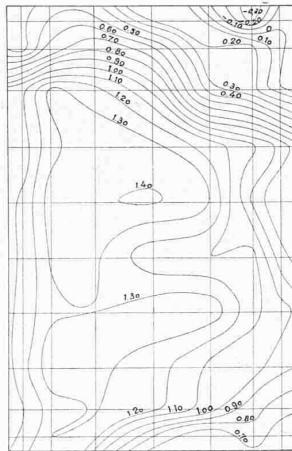
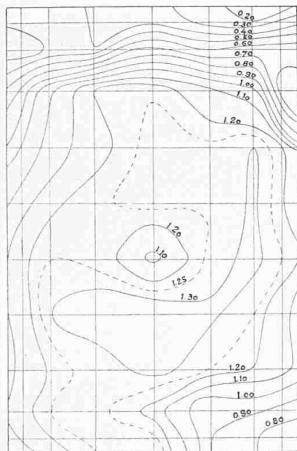


Abb. 8. Linien gleicher Geschwindigkeit bei 80% Turbinenöffnung.

	Kammer links	Total	Kammer rechts
m <sup>2</sup>	28,098	55,056	27,958
m <sup>3</sup> /sek	30,240	58,540	28,300
m/sec	1,078	1,045	1,013

Abb. 9. Linien gleicher Geschwindigkeit bei 100% Turbinenöffnung.

	Kammer links	Total	Kammer rechts
m <sup>2</sup>	28,098	56,056	27,958
m <sup>3</sup> /sek	36,390	68,760	32,370
m/sec	1,294	1,226	1,158

Es liegt auf der Hand, dass solche Messungen nicht ohne wesentliche Kosten verbunden sind. Sie belaufen sich im vorliegenden Fall auf rd. 11000 Fr. Inbegriffen sind in diesem Betrag die Arbeitskräfte und das Material für den Einbau der Messvorrichtungen in die Turbinen-Kammer, die Aichungen und Transportkosten der Mess-Aparate, Honorare, Reisespesen und Unterhalt der Ingenieure, die die Versuche vorgenommen haben. Die Gehälter der Ingenieure der Konstruktionsfirmen und des Werkes sind da-

gegen darin nicht enthalten, wohl aber ein Betrag von rund 2200 Fr. für entgangene Einnahmen des Werkes infolge der Inanspruchnahme des Aggregates während der Versuche.

Diese Ausgaben waren für das Elektrizitätswerk Faal gerechtfertigt, da es sich darum handelte, zu erfahren, ob das siebente Aggregat, für das eine seinerzeit ebenfalls nur für 8000 PS bemessene Kammer zur Verfügung steht, gleich wie die untersuchte sechste Gruppe bestellt werden könnte, was die Versuche bejaht haben.

### Psychotechnik und Lichtwirtschaft in Maschinenfabriken.

Von Dipl.-Ing. HEINRICH KUHN, Biberist.

(Schluss von Seite 88.)

Die vorstehenden Ausführungen gelten allgemein. Für eine *Maschinenfabrik* muss man die Beleuchtung dem Zweck der einzelnen Bauten anpassen. 6 bis 12 m hohe Hallenbauten dienen zu Montagezwecken. Diese Bauten haben Oberlichter, tunlichst viel Seitenfenster, dazwischen Eisenkonstruktionen oder starke Betonpfeiler und Unterzüge, um die Kranbahn zu stützen. Solche Hallen werden zur Beleuchtung mit Blechreflektoren samt Glasdeckel ausgerüstet. Wo es die Höhe und eine nicht zu grosse Zahl von Deckenöffnungen ermöglicht, wird man Siemens Kugel-Leuchten vorziehen; sie werden in diesem Fall mit opalüberfangenem Oberglas und seidenmattiertem Unterglas versehen. Bei rein weisser Decke wird die Lichtwirkung besser, wenn man die Gläser wechselt. Liegt das opalierte Glas als untere Halbkugel, so entsteht neben der direkten auch eine indirekte Strahlungswirkung; diese hellt die Schatten auf und macht die Lichtverteilung gleichmässiger. Je nach dem baulichen Detail muss natürlich auch die Lichtanlage projektiert werden. Montageräume mit ihren stets wieder anders aufgestellten Bauobjekten sollten möglichst alle 4 m in der Hallenlängsrichtung eine Lichtquelle besitzen, damit keine grossen Teile der Maschinen, die hier zusammengestellt werden müssen, ganz im Schatten liegen. Die Stärke der Metalldrahtlampen soll derart sein, dass auf dem Fussboden bei Messung mit einem Osram-Beleuchtungsmesser mit weisser Scheibe 50 Lux Beleuchtungsstärke herrscht. Werden in einer Halle mehrere grosse Laufkranne fahren, dann werden diese zweckmässig mit Leuchten am Fahrgestell ausgerüstet.

Die zweite grosse Abteilung einer *Maschinenfabrik*, die Hallenbauten besitzt, ist die Gießerei. Die Höhe der Halle wird bestimmt durch die Länge gewisser Formstücke, wie Zylinderkerne, die mittels Kran aus den Dammgruben gezogen werden. Ausserdem geht man gern in die Höhe,

um die sich bildenden Dämpfe rasch aufsteigen zu lassen und sie an geeigneter Stelle, im First oder sonst an der Dachhaut, abzusaugen. Decken und Wände können hier niemals als gute Zurückwerfer des Lampenlichtes dienen; Luzetten können infolge der grossen Staubentwicklung beim Formenausklopfen auch nicht verwendet werden. Es kommen also nur Steilstrahler bei sehr hohen, Schrägstahler und Freistrahler bei weniger hohen Hallen in Frage. Der Lichtpunktstand darf bis zu 8 m betragen, da keine hohen Gegenstände in der Gießerei aufgestellt werden. Die Allgemeinbeleuchtung am Fussboden, denn hier ist dieser hauptsächliche Arbeitsebene, soll mindestens 60 Lux Beleuchtungsstärke betragen. Der schwarze, koks-haltige Sandboden absorbiert derart viel Licht, dass die Flächenhelle immer noch nicht gross ist. In allen Handbüchern wird die Beleuchtungsstärke für die Gießerei viel zu niedrig angegeben. Dabei wird gerade in der Gießerei alle Formerarbeit, trotz Pressluftstampfer, von Hand geleistet. Die manuelle Arbeitsleistung der knieenden Former, die mit Lanzette, Pinsel oder Draht an der Form arbeiten, muss bei einer schlechten Beleuchtung das Arbeitsergebnis weit ungünstiger beeinflussen, als dies an Werkzeugmaschinen und sonstigen mechanischen Apparaten der Fall ist. Eine gute Allgemeinbeleuchtung, eine genügende Zahl von Handlampen und Kleinleuchten wird sich in jeder Gießerei bezahlt machen.

Mehrgeschossbauten und einstöckige Shedbauten dienen in *Maschinenfabriken* zur Kleinmontage, Tischlerei und Kernmacherei, ferner zu Bearbeitungswerkstätten wie Dreherei, Fräserei, Schleiferei, Presserei, Hoblerei und Bohrerei; die letzteren Abteilungen können auch gemischt auftreten. Bei Fliessarbeit kann jede beliebige Arbeitsmaschine oder ein Glühofen, Blasapparat u. a. m. an der nötigen Stelle in die Reihe geschaltet werden.