

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 99/100 (1932)
Heft: 1

Artikel: Wassermessungen mit Ueberfall in der Zentrale Handeck der Kraftwerke Oberhasli
Autor: Dietrich, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-45435>

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: 22.11.2024

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

INHALT: Wassermessungen mit Ueberfall in der Zentrale Handeck der Kraftwerke Oberhasli. — Die Schweizerische Landesbibliothek in Bern (mit Tafeln 1 bis 4). — Wasserrückkühlanlagen. — Mitteilungen: Die Baumesse in Basel. Schwingungsdämpfung an schnelllaufenden Dieselmotoren. Förderseil von 11 km Länge. Ludwig Werder. Staudamm aus Steinschüttung mit Eisenbetonkern. Eidgen. Technische Hoch-

schule. Einsturz des Dachstocks eines Neubaus am Seidenweg in Bern. Völkerbund-Bauten in Genf. — Nekrologe: Eduard Locher. Jean Béguin. — Wettbewerbe: Sanierung der Altstadt in Bern. „Wachsendes Haus“. Strandbad im Buchhorn, Arbon. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 99

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 1

Wassermessungen mit Ueberfall in der Zentrale Handeck der Kraftwerke Oberhasli.

Von Oberingenieur W. DIETRICH, Innertkirchen.

1. *Allgemeines.* Das Kraftwerk Handeck im Oberhasli, das das Gefälle der Aare zwischen Grimsel und Handeck ausnutzt, geht seiner Vollendung entgegen. Die letzte der vier Maschinen ist 1931 in Betrieb gesetzt worden. Jede Turbine leistet bei einem Gefälle von 540 m und 500 Uml/min 30 000 PS. Das Betriebswasser wird dem auf der vertikalen Welle unten aufgekeilten Peltonrad durch zwei Düsen zugeführt, die einander diametral gegenüber liegen; die maximale Wassermenge pro Turbine beträgt rd. 5 m³/sec. Nach Abgabe der Leistung wird das Wasser durch einen kurzen Unterwasserkanal nach dem vor der Zentrale gelegenen Ablaufkanal geleitet, von wo es nach dem Ausbau der zweiten Stufe Handeck-Innertkirchen direkt in den Druckstollen dieses Werkes oder in den Ausgleichsweiber neben dem Maschinenhaus gelangen wird.

Um einen hohen Wirkungsgrad der Turbinen zu erreichen, waren in der Versuchsanstalt der Lieferantin, der Firma Escher Wyss & Cie. in Zürich (E. W. C.) ausgedehnte Untersuchungen an Modellaufrädern durchgeführt worden; ausserdem ermittelte man die günstigste Düsenform in einer besonders Versuchsanlage, die an die Druckleitung des vorhandenen Baukraftwerkes der Kraftwerke Oberhasli A. G. angeschlossen war, und mit einem Gefälle von 450 m betrieben werden konnte.¹⁾

2. *Wassermesseinrichtungen.* Es war von Anfang an vorgesehen, auch im Kraftwerk eingehende Versuche zur Bestimmung des Wirkungsgrades und damit des günstigsten

¹⁾ Thomann, Versuche an Düsen für Freistrahlturbinen mit natürlichem Gefälle. „Escher Wyss Mitteilungen“, 1928, S. 146.

Arbeitsbereiches der Turbinen durchzuführen. Deshalb wurde schon beim Entwurf der Anlage auf die Möglichkeit einer zuverlässigen Wassermessung Rücksicht genommen. Da ausserdem zur fortwährenden Betriebskontrolle in jeder Turbinenzuleitung Venturi-Düsen eingebaut sind und deren Angaben periodisch nachgeprüft werden müssen, hatte die Wassermesseinrichtung auch diesem Zwecke zu dienen.

Aus der grossen Zahl von gebräuchlichen Methoden zur Bestimmung der Wassermenge wurde der *Ueberfall* gewählt, weil er sich für die vorliegenden Verhältnisse am besten eignete. Es wurde deshalb neben dem Ablaufkanal vor der Zentrale ein besonderer Messkanal gebaut, der durch eine Schützenöffnung A mit dem Ablaufkanal verbunden werden kann (Abb. 1). Das zu messende Wasser gelangt nach Durchströmen dieser Schützenöffnung und wenn sich die Notwendigkeit ergeben sollte durch ein kleines Vorbecken mit Ueberfall in den eigentlichen Messkanal. Dieser hat 37 m Länge, rd. 3 m Breite und rechteckigen Querschnitt. Um die Reibung klein zu halten, sind Sohle und Seitenwände mit Zement glatt gestrichen.

Der Messüberfall besteht aus einer durch Profileisen verstärkten, senkrecht in den Messkanal eingebauten Blechtafel von 1,00 m Höhe (Abb. 2); als Ueberfallkante ist auf der Tafel ein Messingblech von 5 mm Stärke aufgeschraubt, dessen oberes Ende unter einem Winkel von 45° derart abgestochen ist, dass die eigentliche Ueberfallkante durch eine Fläche von 2 mm Breite gebildet wird. Dieses Messingblech lässt sich mit seinen Befestigungsschrauben in einfacher Weise horizontal einstellen.

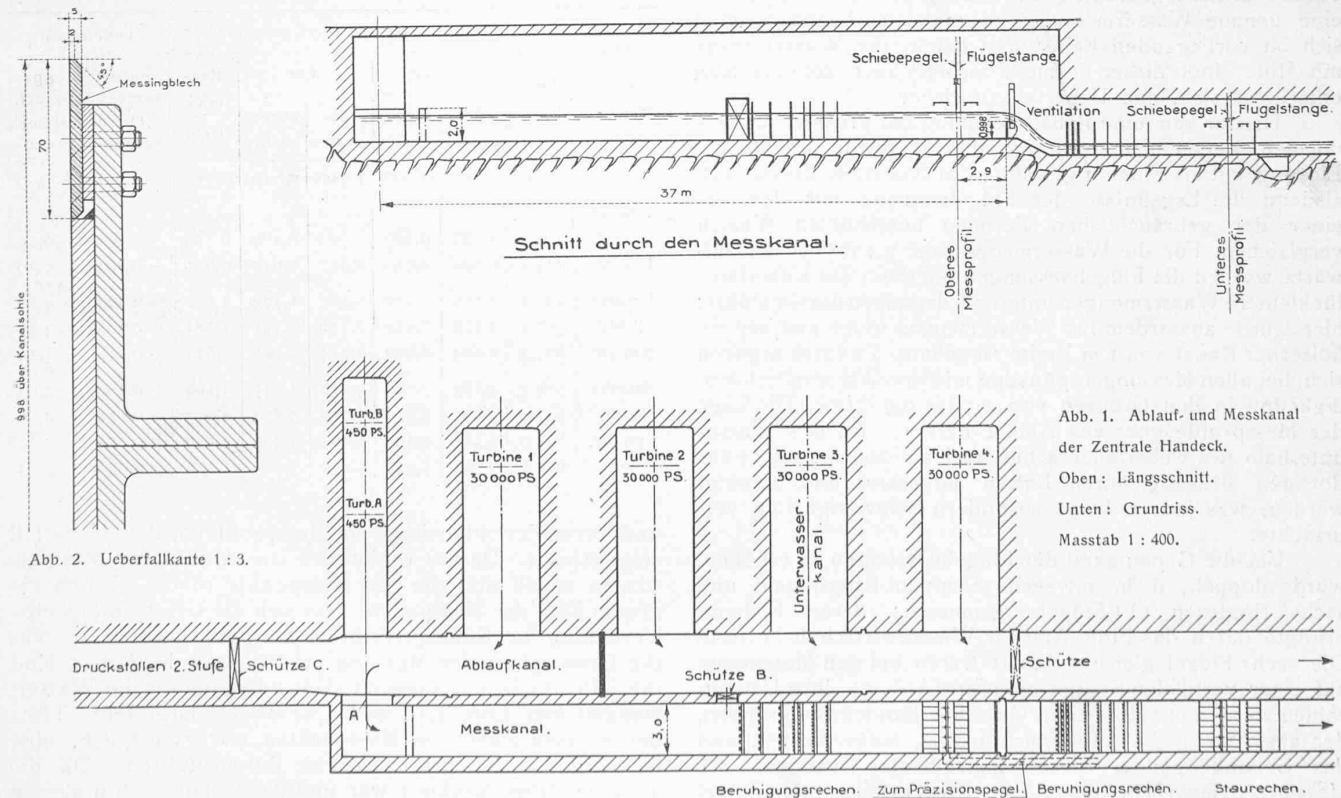


Abb. 1. Ablauf- und Messkanal der Zentrale Handeck. Oben: Längsschnitt. Unten: Grundriss. Masstab 1 : 400.

Abb. 2. Ueberfallkante 1 : 3.

Die Bestimmung der Ueberfallhöhe erfolgte mit Hilfe von fünf Schiebepegeln, in einem Abstand von 2,9 m vor der Ueberfallkante (Abb. 1). Ausserdem war in einem Schacht, der mit dem Wasserquerschnitt unter den Schiebepegeln kommunizierte, ein Ott'sches Präzisions-Schiebepegel mit Mikrometer-Schraube eingebaut. Die Ablesungen dieses Pegels wurden den Auswertungen der Versuche zu Grunde gelegt, denn es ergab sich aus den Ablesungen der Schiebepegel, dass zwischen ihnen und den Angaben des Präzisions-Pegels keine Abweichungen bestanden. Die Nullpunkte aller Pegel wurden vor und nach jedem Versuch kontrolliert. Durch den Einbau von einigen aus hölzernen Stäben gebildeten Beruhigungsrechen in den Messkanal stellte sich eine gleichmässige Wasserströmung mit glatter Oberfläche ein. Das Abstechen der Ueberfallhöhen liess sich daher mit grosser Genauigkeit durchführen. Der Druck unter dem abfallenden Wasserstrahl wurde mit einem Piezometer bestimmt. Es zeigte sich, dass auch bei der grössten Ueberfallhöhe kein Unterdruck auftrat; die Luftdruck-Schwankungen betragen jeweils einige mm W. S.

3. *Durchführung der Wassermessung.* Für die Bestimmung der über einen Ueberfall fließenden Wassermenge liegen heute eine Anzahl Formeln vor. Vielfach werden die in den Normen des Schweiz. Ing. u. Arch.-Vereins vom Jahre 1924 (vgl. „S. B. Z.“, Bd. 88, S. 17 vom 3. Juli 1926), oder die von Prof. Rehbock im Jahre 1929 in „Z. V. D. I.“ veröffentlichten gebraucht. Um eine grössere Sicherheit für eine genaue Wassermessung zu erzielen, begnügte man sich im vorliegenden Falle nicht damit, die Wassermenge mit Hilfe einer dieser Formeln zu berechnen, sondern man entschloss sich, den Ueberfall zu eichen.

Hierfür kam eine Behältereichung der grossen Wassermengen wegen nicht in Frage und es wurde deshalb die Eichung mittels Flügeln gewählt. Zur Kontrolle liessen sich alsdann die Ergebnisse der Flügelmessung mit den aus einer der gebräuchlichen Formeln berechneten Werten vergleichen. Für die Wassermenge von 3,4 m³/sec an aufwärts wurden die Flügelmessungen oberhalb des Ueberfalls, für kleinere Wassermengen unterhalb desselben durchgeführt; hier wurde ausserdem für Wassermengen unter 1 m³/sec ein hölzerner Kanal von 1 m Breite eingebaut. Dadurch ergaben sich bei allen Messungen günstige mittlere Wassergeschwindigkeiten in den Grenzen von 0,7 bis 0,9 m/sec. Die Lage der Messprofile geht aus Abb. 1 hervor. Da das Wasser unterhalb des Ueberfalles schiessend abfloss, musste es zur dortigen Messung durch Latten aufgestaut und beruhigt werden, was jedoch keine besondern Schwierigkeiten verursachte.

Um die Genauigkeit der Flügelmessungen zu erhöhen, wurde doppelt, d. h. mit sechs Stoppani-Ringflügeln und sechs ringlosen Ott-Flügeln gemessen; deren Eichung erfolgte durch das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft in Bern. Die sechs Flügel gleicher Bauart waren bei den Messungen auf einer vertikalen Stange montiert (Abb. 3). Ihre Umlaufzahlen wurden mit Hilfe eines Ott'schen Bandchronographen, der aus Abb. 3 ebenfalls ersichtlich ist, aufgezeichnet, und das Sekundenpendel dieses Instrumentes während der Messungen mehrfach kontrolliert. Die Verteilung der Flügel

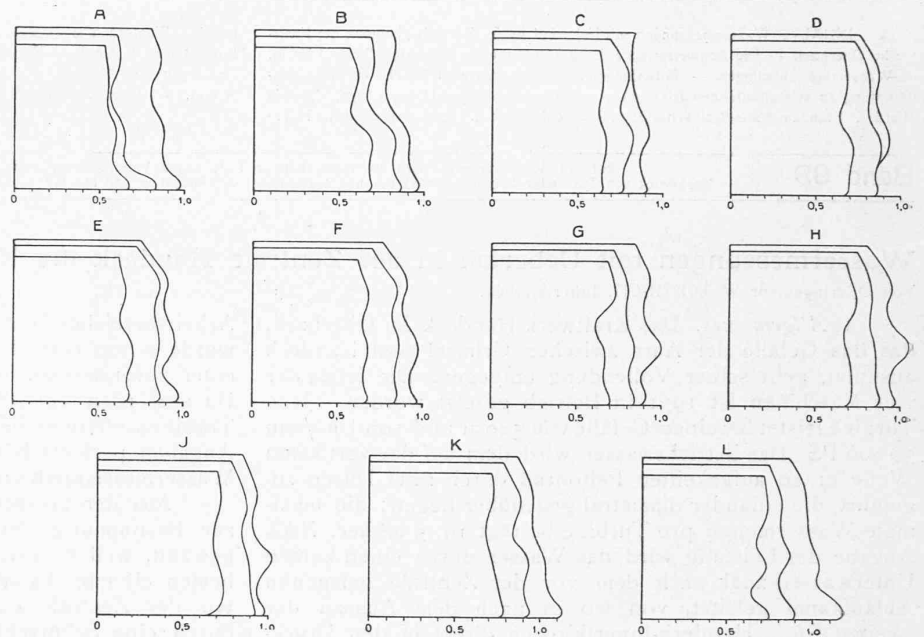


Abb. 5. Geschwindigkeitspolygone in den elf Vertikalen A bis L (vergl. Abb. 4) für die Wassermengen 5,06 m³/sec, 4,40 m³/sec und 3,34 m³/sec.

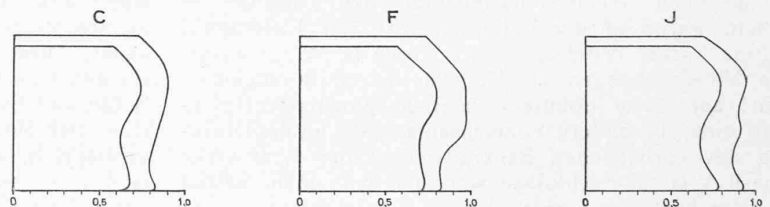


Abb. 7. Geschwindigkeitspolygone C, F und J, gemessen 2,9 m oberhalb des Ueberfalls, bei Zuleitung von 4,58 m³/sec und 3,50 m³/sec durch die Schütze B.

Tabelle I. Zusammenstellung der mit Flügeln gemessenen und ausgeglichenen Wassermengen und ihr Vergleich mit den nach der Formel Rehbock 1929 berechneten Werten.

| Ort der Messung | Ueberfallhöhe mm | Wassermengen | | | | Differenzen | | |
|---------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | Stoppani | | Ott | | Rehbock 1929 m ³ /sec | Stoppani ausgegl. Ott ausgegl. | Stoppani ausgegl. Rehbock 1929 % |
| | | gemessen m ³ /sec | ausgeglichen m ³ /sec | gemessen m ³ /sec | ausgeglichen m ³ /sec | | | |
| Unteres Profil 1 m br. | 109,4 | 0,187 | 0,187 | | 0,189 | 0,199 | - 1,015 | - 6,15 |
| | 315,4 | 0,945 | 0,940 | 0,947 | 0,947 | 0,990 | - 0,703 | - 5,30 |
| Unteres Profil 3 m br. | 441,1 | 1,582 | 1,586 | 1,580 | 1,594 | 1,662 | - 0,521 | - 4,80 |
| | 540,4 | 2,176 | 2,184 | 2,170 | 2,192 | 2,281 | - 0,382 | - 4,43 |
| Oberes Profil 3 m br. | 617,3 | 2,694 | 2,699 | 2,714 | 2,706 | 2,811 | - 0,275 | - 1,14 |
| | 705,2 | 3,364 | 3,340 | 3,376 | 3,345 | 3,468 | - 0,160 | - 3,83 |
| | 773,1 | 3,880 | 3,874 | 3,910 | 3,877 | 4,013 | - 0,074 | - 3,59 |
| | 835,9 | 4,384 | 4,397 | 4,404 | 4,397 | 4,546 | + 0,010 | - 3,38 |
| | 910,9 | 5,054 | 5,059 | 5,030 | 5,088 | 5,217 | + 0,098 | - 3,13 |

und deren jeweilige Lage im Messprofil vor dem Ueberfall zeigt Abb. 4. Daraus ergibt sich die Anzahl der Messvertikalen zu elf und die der Messpunkte zu 66. Durch die grosse Zahl der Messpunkte liess sich die Geschwindigkeitsverteilung im Kanalquerschnitt sehr gut bestimmen, was die Genauigkeit der Messung erhöht hat. In Abb. 5 sind die elf vertikalen Geschwindigkeitspolygone für die Wassermengen von 5,06, 4,40 und 3,34 m³/sec dargestellt. Trotz der grossen Zahl von Messpunkten war es möglich, eine Messung innert kürzester Frist durchzuführen. Da die Turbine dabei blockiert war und das Gefälle sich praktisch

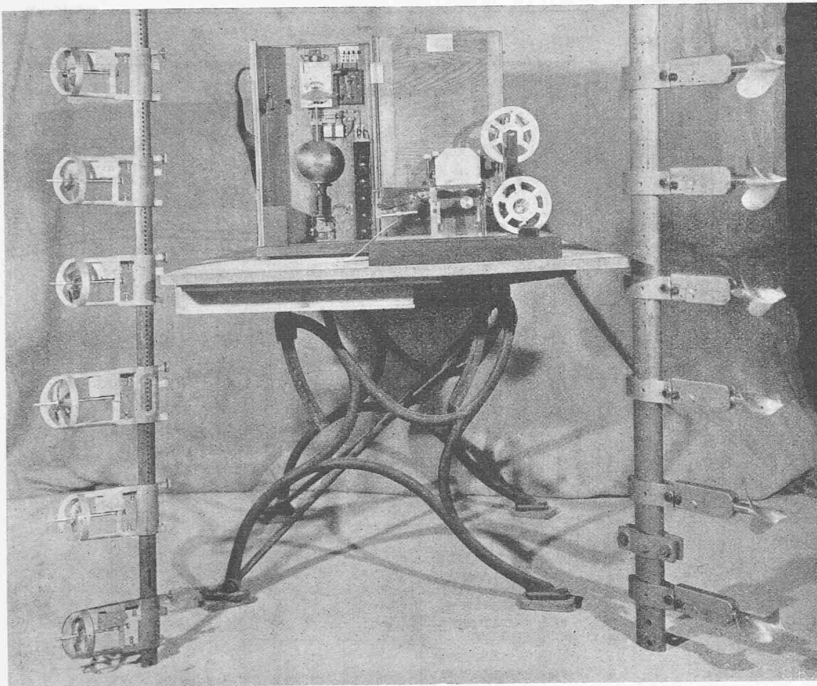


Abb. 3. Stoppani-Ringflügel und ringlose Ott-Flügel mit Bandchronograph.

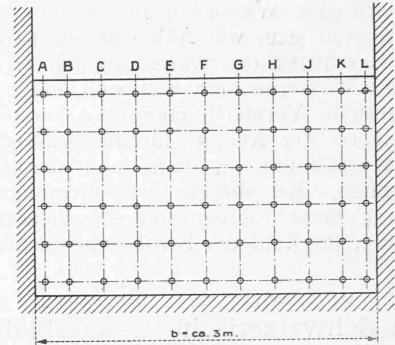


Abb. 4. Verteilung der Flügelmesspunkte im obern Messprofil des Messkanals. — 1 : 60.

oder $y = a_0 + a x.$

Für jeden Messpunkt wurden die Werte

$$y = \frac{q}{h_e^{3/2}} \text{ und } x = \frac{h_e}{p}$$

ausgerechnet, in einem rechtwinkligen Koordinatensystem aufgetragen und nach der Methode der kleinsten Quadrate die eingezeichneten Ausgleichsgeraden mit ihren Koeffizienten a_0 und a bestimmt (Abb. 6). Die Gerade $y = 1,782 + 0,24 x$ der Formel Rehbock ist in Abb. 6 ebenfalls eingetragen.

Die Ausgleichung lieferte für die Stoppani-Ringflügel $a_0 = 1,671$; $a = 0,295$; für die ringlosen Ott-Flügel $a_0 = 1,691$; $a = 0,271$. Die ausgeglichenen, sekundlich über den Ueberfall fließenden Wassermengen berechnen sich nun aus

$$Q = b \left(a_0 + a \frac{h_e}{p} \right) h_e^{3/2}$$

worin die Kanalbreite $b = 2,993$ m und die Wehrhöhe $p = 0,998$ m zu setzen sind.

Die Ergebnisse sind in Tabelle I mit den nach der Formel von Rehbock berechneten Werten zusammengestellt. Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die mit den beiden verschiedenen Flügel-Typen erhaltenen Werte gut miteinander übereinstimmen. Die Wassermessung mit Stoppani-Flügeln ergab im allgemeinen etwas kleinere Mengen als jene mit Ott-Flügeln; die prozentualen Abweichungen sind jedoch sehr gering. Vergleicht man dagegen die gemessenen Wassermengen mit den aus der Ueberfallformel von Rehbock berechneten, so ergeben sich auffallend grosse Abweichungen. Da die Flügelmessungen mit peinlicher Sorgfalt und von einem geschulten Personal, das mit solchen Arbeiten vertraut ist, durchgeführt wurden, sind diese Unterschiede nicht auf Fehler in der Messung zurückzuführen.

Es war nun der Wunsch der direkt Beteiligten und es lag auch im allgemeinen Interesse, die Ursache dieser Abweichungen abzuklären. Aus frühern Messungen der Turbinen-Lieferantin E. W. C. sowie z. B. aus den Untersuchungen von Schoder & Turner²⁾ und von Hailer³⁾ konnte mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass eine Ursache der Unstimmigkeiten in der Geschwindigkeitsverteilung vor dem Ueberfall lag.

Bestärkt wurde diese Annahme durch zwei Flügelmessungen bei einer Wasserzuleitung durch die kleine Schütze B unmittelbar vor den Beruhigungsrechen (Abb. 1). Es war nämlich ursprünglich vorgesehen, die Schütze B zur Zuleitung des Wassers der Turbinen 3 und 4 in den Messkanal zu benutzen und die zwei erwähnten Flügelmessungen sollten als Kontrolle für diese von der normalen

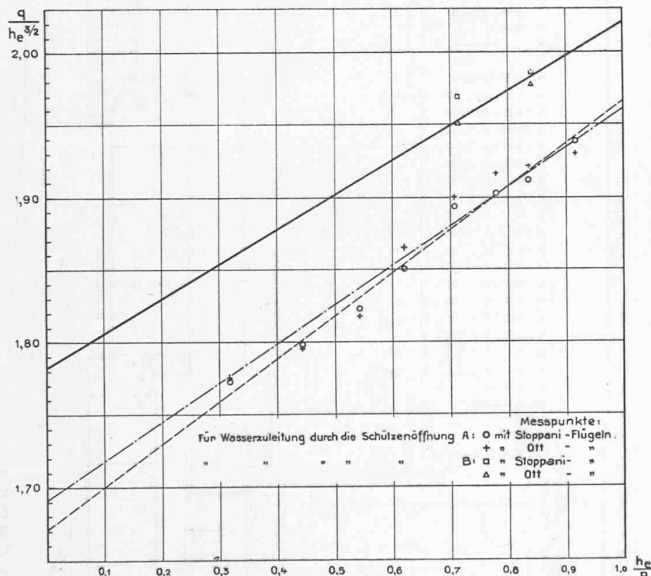


Abb. 6. Ausgleichung der Flügelmesspunkte durch eine Gerade nach der Formel Rehbock 1929 (voll). Ausgleichsgerade: Strichpunktirt Ott, gestrichelt Stoppani.

nicht änderte, blieb die Wassermenge während eines Versuches konstant. Es waren somit alle Voraussetzungen für eine einwandfreie Messung erfüllt.

Die mit den Flügeln erhaltenen Messwerte wurden ausgeglichen und auf eine der Abflussformel Rehbock 1929 nachgebildete Form gebracht. Die Formel Rehbock wurde gewählt, weil das Ausgleichen einfacher war, als mit den andern gebräuchlichen Formeln. Nach Rehbock berechnet sich die pro Sekunde über einen Ueberfall von 1 m Breite fließende Wassermenge q aus der Formel:

$$q = \left(1,782 + 0,24 \frac{h_e}{p} \right) h_e^{3/2}$$

hierin bedeuten

$$h_e = \text{Ueberfallhöhe } h_0 + 0,0011 \text{ m}$$

$$p = \text{Wehrhöhe in m}$$

Aus der Formel ergibt sich

$$\frac{q}{h_e^{3/2}} = 1,782 + 0,24 \frac{h_e}{p}$$

²⁾ W. Schoder und B. Turner. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Papers and Discussions, Vol LIII, Sept. 1927.

³⁾ R. Hailer. Fehlerquellen bei der Ueberfallmessung. Mitteilungen des hydraulischen Institutes der Techn. Hochschule München. Heft 3. München 1928, R. Oldenbourg.

abweichende Wasserführung dienen. Beide Messpunkte gruppieren sich, wie Abb. 6 zeigt, um die Gerade Rehbock. Die Geschwindigkeitsverteilung ist für drei Vertikalen und für die Wassermengen von 4,58 und 3,50 m³/sec in Abb. 7 dargestellt. Vergleicht man diese Geschwindigkeitspolygone mit jenen der Abb. 5, für die Wasserzuleitung durch die Schützenöffnung A, dann sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Bei diesen zwei Messungen war es zur Erzielung einer ruhigen und gleichmässigen Strömung notwendig, die Zahl der Beruhigungsrechen etwas zu erhöhen. (Schluss folgt.)

Die Schweizerische Landesbibliothek in Bern.

Architekten A. OESCHGER, J. KAUFMANN und E. HOSTETTLER,
Zürich und Bern. (Hierzu Tafeln I bis 4.)

Schon seit längerer Zeit liess die Raumnot im alten Gebäude der Landesbibliothek auf dem Kirchenfeld in Bern einen Neubau notwendig erscheinen. Als Bauplatz wurde, ebenfalls im Kirchenfeld, ein Grundstück erworben, das östlich an die Helvetiastrasse, westlich an die Bernastrasse und südlich an das Gelände des städtischen Gymnasiums grenzt, während parallel dazu auf der Nordseite in einem Abstand das Historische Museum liegt und das neue Naturhistorische Museum zu stehen kommt (vergl. Lageplan und Modellbilder auf den Seiten 310 bis 313 letzten Bandes, 12. Dezember 1931). Im Sommer 1927 wurde unter schweizerischen Architekten ein Wettbewerb ausgeschrieben, der das Ergebnis hatte, dass die Architekten A. Oeschger und J. Kaufmann in Zürich, sowie E. Hostettler in Bern als die Verfasser der drei als beste beurteilten Entwürfe¹⁾ mit der Ausarbeitung des endgültigen Bauprojektes und mit der Bauausführung betraut wurden.

Die von der Stadt ursprünglich ins Auge gefasste Lösung, den Neubau als Spiegelbild und in der Stilart des städtischen Gymnasiums zu errichten, erwies sich schon beim Wettbewerb und noch mehr bei den spätern eingehendern Studien der Architekten als undurchführbar, da das Raumprogramm eines Gymnasiums zu verschieden ist vom Raumprogramm einer Bibliothek, als dass beides nach aussen sich in den gleichen Formen präsentieren könnte. Eine architektonische Anlehnung an die übrigen Bauten der Umgebung kam übrigens schon darum nicht in Frage, weil diese Bauten unter sich so verschieden sind wie nur möglich, ausserdem zum Teil Stilformen aufweisen, die heute als überwunden gelten können. Trotzdem ist es als ganz besonderer Glücksfall zu bezeichnen, dass der Neubau in einer bei staatlichen Gebäuden seltenen Kompromisslosigkeit durchgeführt werden konnte. Das Verdienst daran kommt, ausser den Architekten, ganz besonders dem damaligen Departementchef Herrn Bundesrat E. Chuard zu, der sich mit warmer Teilnahme für das dann zur Ausführung gelangte Projekt vor den Räten einsetzte, sowie dem Direktor der Eidg. Bauten L. Jungo nebst seinem Adjunkten Arch. Hans Salchli. Auch die Amtsnachfolger von Bundesrat Chuard im Departement des Innern, die Herren Bundesräte M. Pilet-Golaz und Dr. A. Meyer, begleiteten das neuartige Bauvorhaben während seiner Verwirklichung mit ihrer Sympathie, ebenso wie die Herren Dr. Herm. Escher, Präsident der Landesbibliothekkommission und Dr. M. Godet, Direktor der Landesbibliothek, die durch sachverständige Mitarbeit das Gelingen unmittelbar beeinflussten.

Im März 1928 wurde mit den Projektierungsarbeiten begonnen; in der Dezember-Session 1928 genehmigten die eidg. Räte Ausführungsprojekt und Baukredit in der Höhe von 4620000 Fr.; Ende April 1929 wurde mit den Erdarbeiten begonnen, im November gleichen Jahres waren die Eisenbeton-Arbeiten des Rohbaues beendet. Der innere Ausbau des Gebäudes dauerte vom Frühjahr 1930 bis in den Herbst 1931; die Landesbibliothek selbst wurde Mitte Oktober 1931 dem Betrieb übergeben.

Obwohl das Bibliothekgebäude von vornherein auf die Bedürfnisse des vorhandenen Bibliothekbestandes und

¹⁾ Dargestellt in „S. B. Z.“, Bd. 90, S. 296 ff. (3. u. 10. Dez. 1927).

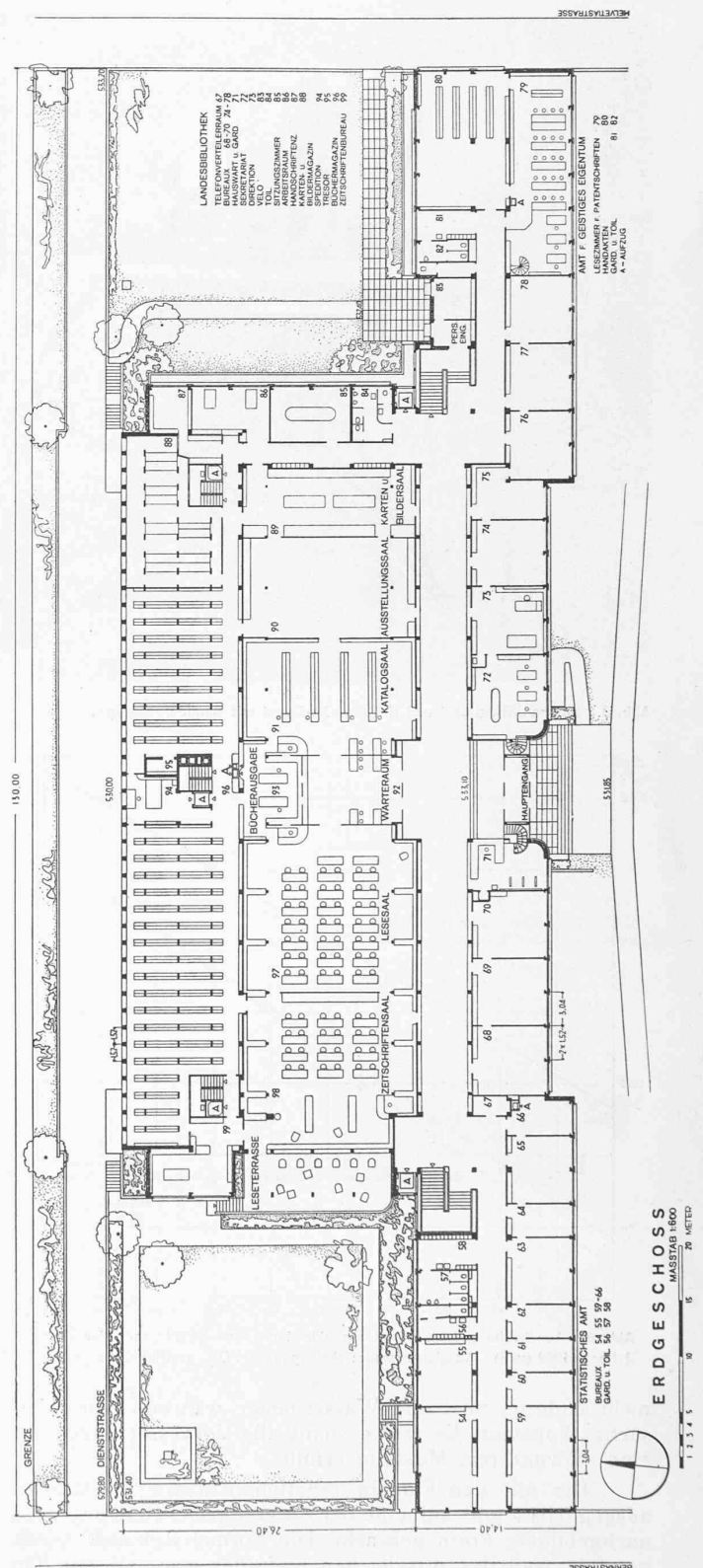


Abb. 1. Erdgeschoss-Grundriss. — Masstab 1 : 600.

des voraussichtlichen Zuwachses der nächsten Zeit zugeschnitten ist, lässt sich doch voraussehen, dass das Anwachsen der Bücherbestände in späterer Zeit neuerdings zu Platzmangel in den Büchermagazinen führen wird. Es musste somit darauf Bedacht genommen werden, den Zuwachs auch später ohne grosse bauliche Veränderungen unterbringen zu können. Eine Möglichkeit hierzu ergab sich daraus, dass vier weitere eidgenössische Aemter noch nicht endgültig untergebracht waren, Aemter, die mit der Bibliothek das Bedürfnis nach umfangreichen Bücher- und