Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 6 (1913-1914)

Heft: 1

Artikel: Konstruktive Behandlungen hydrotechnischer Aufgaben

Autor: Mettler, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920685

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: 22.07.2025

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT

OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK, WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT .·. ALLGEMEINES PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN VERBANDES FÜR DIE SCHIFFAHRT RHEIN-BODENSEE

HERAUSGEGEBEN VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL

Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.
Abonnementspreis Fr. 15.— jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich
Deutschland Mk. 14.— und 7.—, Österreich Kr. 16.— und 8.—
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzeile
Erste und letzte Seite 50 Cts. ro Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion:
Dr. OSCAR WETTSTEIN u. Ing. A. HÄRRY, beide in ZÜRICH
Verlag und Druck der Genossenschaft „Züricher Post“
in Zürich I, Steinmühle, Sihlstrasse 42
Telephon 3201 .·. .·. Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

№ 1 ZÜRICH, 10. Oktober 1913 VI. Jahrgang

Mitteilung an unsere Leser.

Die nächste Nummer der „Schweizerischen Wasserwirtschaft“ wird als Spezial- und Propaganda-Nummer auf die General-Versammlung des Schweizerischen Wasserwirtschafts-Verbandes erscheinen. Mit Rücksicht auf diese Versammlung wird die Nummer erst am 31. statt am 25. Oktober erscheinen, wovon unsere werten Leser gefälligst Notiz nehmen wollen.

Dieser Nummer liegt das Inhaltsverzeichnis für den abgelaufenen Jahrgang V 1912—1913 bei, ebenso eine Subskriptions-Karte auf die Einbanddecke, die bei unserer Administration zum Preise von 2 Fr. bezogen werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Konstruktive Behandlung hydrotechnischer Aufgaben. — Die Wasserkräfte des Kantons Zürich und dessen Elektrizitätsversorgung. — Wasserrecht. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und Kanalbauten. — Patentwesen. — Wasserwirtschaftliche Literatur.

Konstruktive Behandlung hydrotechnischer Aufgaben.*)

Von Ingenieur Hans Mettler, Zürich.

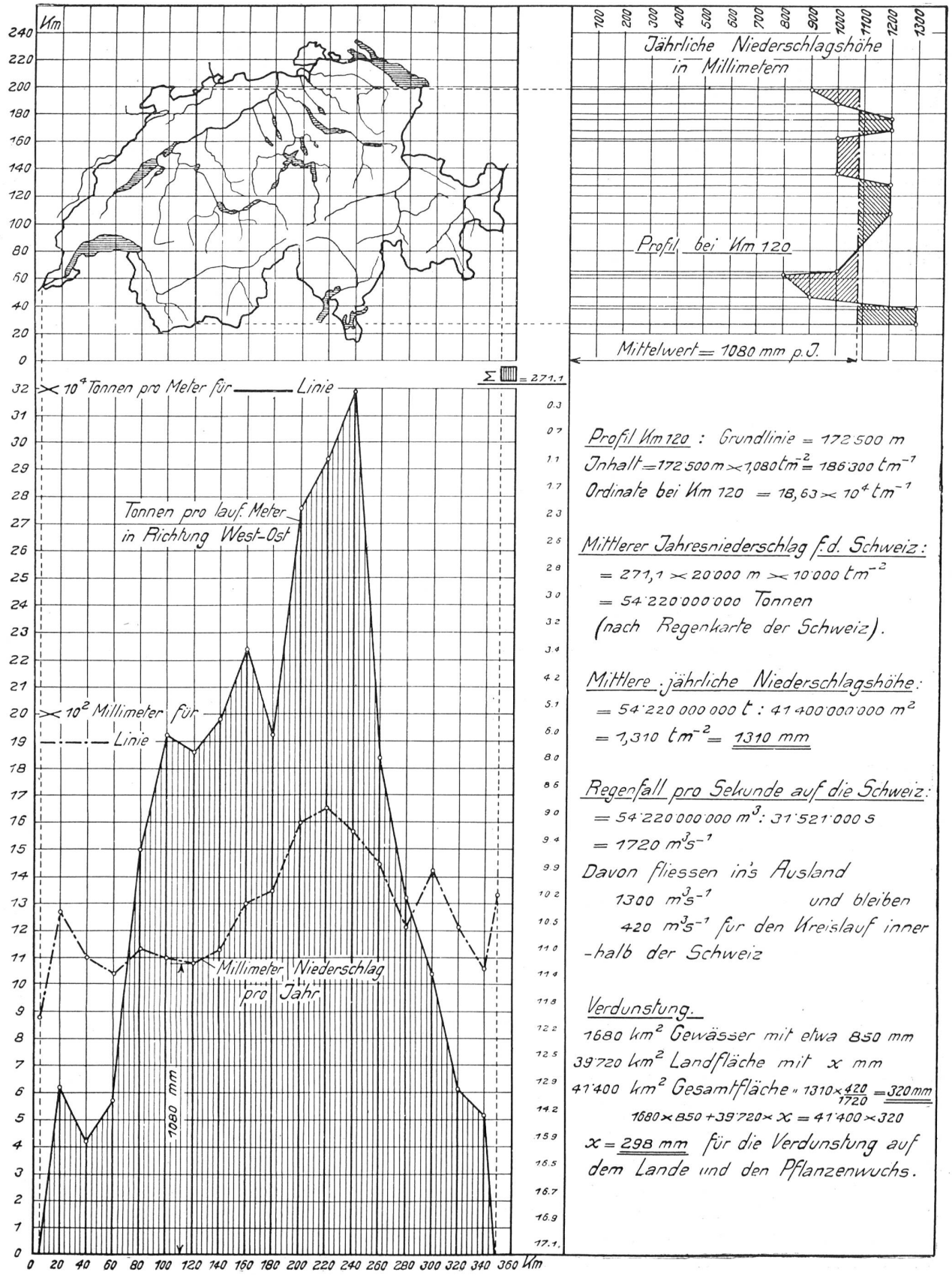
5. Aufgabe: Anhand der Regenkarte der Schweiz soll die mittlere Regenhöhe bestimmt werden.

Das hiefür angewendete Verfahren entspricht in der Hauptsache demjenigen, welches zur Berechnung der sekundlichen Abflussmengen bei fliessenden Gewässern dient und besonders zur Ausarbeitung von Flügelmessungen sehr brauchbar ist. Bekanntlich nimmt man bei diesen quer zum Fluss in gleichen Abständen Geschwindigkeitsprofile auf, findet nach deren Aufzeichnung durch Planimetrierung ein Mass für den Wasservorschub und trägt dieses als Strecke über der Messprofilgeraden auf. Die Verbindung der Streckenendpunkte ergibt dann eine neue Fläche, deren Inhalt gleich ist der abfliessenden Wassermenge. Diese, dividiert durch den Wasserquerschnitt im Messprofil, gibt die mittlere Geschwindigkeit senkrecht zu letzterem.

In Figur 5 denke man sich die links oben skizzierte Karte der Schweiz durch die Regenkarte der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt ersetzt und über diese eine quadratische Teilung mit 20 mm (= 20 km in natura) Linienabstand gelegt. Dann stelle man sich vor, die Regenhöhen seien über der horizontal und eben gedachten Fläche der Schweiz aufgetragen, die obern Endpunkte durch eine krumme Fläche verbunden und derart zu einem Relief gemodelt. Jede Linie des über dem Relief liegenden Netzes kann nun als Projektion eines Profils aufgefasst und letzteres um jene in die Kartenebene niedergelegt werden, wie dies in Figur 5 für den durch Bern gehenden Meridian geschah. Den Flächeninhalt eines jeden Profils ersetzt man hernach durch eine Strecke und trägt diese unterhalb der Regenkarte im zugehörigen Meridian über einer ost-westlich laufenden Abszisse auf. Durch fortschreitende Verbindung der Ordinatenendpunkte entsteht wiederum eine Fläche, welche nun ein Mass ist für die gesamte, jährlich auf Schweizergebiet fallende Niederschlagsmenge (40-jähriges Mittel).

Bei diesen Konstruktionen ist es sehr wichtig, dem Zusammenhang der einzelnen Maßstäbe unter sich die grösste Aufmerksamkeit zu widmen. 1 mm Regen macht 1 kg Wasser auf 1 m^2. 1000 mm entsprechen 1 t pro m^2. Die Strecke, welche dem Regen

*) Siehe No. 18 und 19 des IV. und No. 4 des V. Jahrganges der „Schweizerischen Wasserwirtschaft“.



Figur 5. **Berechnung der Regenmenge für die Schweiz.**

profil im Meridian von Bern (km 120) gleichwertig ist, berechnet sich demnach wie folgt: Grundlinie des Profils nach Regenkarte der Schweiz = 172,5 km; Mittelwert des Niederschlags = 1080 mm = 1,080 tm^{-2}; Fläche des Profils = 172·500 m × 1,080 tm^{-2} = 186·300 tm^{-1}. Die Ordinate bei km 120 hat deshalb den Wert 18,63 × 10^4 tm^{-1} (Tonnen pro laufenden Meter in Richtung West-Ost). Für die Fläche

selbst, deren Ordinaten tm^{-1} und deren Abszissen m bedeuten, wird der Inhalt durch Tonnen ausgedrückt und ist nichts anderes, als das gesamte jährliche Niederschlagsgewicht.

Indem ein Quadrätchen der Regenfläche links unten in Figur 5 gleich ist $20{\cdot}000\ m \times 10{\cdot}000\ tm^{-1} = 2 \times 10^8\ t$ und die Gesamtsumme aller Quadrätchen 271,1 beträgt, ist der durchschnittliche jährliche Niederschlag auf die Schweiz durch die Zahl von $271{,}1 \times 2 \times 10^8\ t = \mathbf{5{,}42 \times 10^{10}\ t}$ gegeben.

Es beträgt aber die Fläche der Schweiz $41{\cdot}400\ km^2 = 4{,}14 \times 10^{10}\ m^2$. Somit trifft es auf 1 m^2 die jährliche, durchschnittliche Niederschlagsmenge von

$$\frac{5{,}42 \times 10^{10}\ t}{4{,}14 \times 10^{10}\ m^2} = 1{,}31\ tm^{-2},$$

oder **1310 mm** Niederschlagshöhe pro Jahr.

Für die in der Regenkarte freigelassenen Hochgebirgsregionen wurde je nach den Aufzeichnungen benachbarter Stationen zwischen 1500 ÷ 2000 mm Niederschlag eingesetzt (Säntis 2510). Einen auffallend grossen Anteil an der Niederschlagsmenge hat der Kanton Tessin, indem dort auch in tiefen Lagen pro Jahr gegen 2000 mm Regen fallen.

Mit Benutzung der gesamten Menge findet man den Regen pro Sekunde

$$= \frac{5{,}42 \times 10^{10}\ t}{365{,}24\ d \times 86{\cdot}400\ sd^{-1}} = \frac{5{,}42 \times 10^{10}\ t}{3{,}15 \times 10^7\ s} =$$

$$= 1{,}72 \times 10^3\ ts^{-1} = \mathbf{1720\ m^3s^{-1}}.$$

Nach Ingenieur Lauterburgs Tabellen würden im Jahresmittel etwa 1300 m^3s^{-1} von der Schweiz ins Ausland fliessen. Zu dieser Summe tragen bei: der Rhein 800 (ohne Deutschland und Österreich), die Rhone 270, der Tessin 170, der Inn 40 und einige kleinere Abflüsse zusammen etwa 20 m^3s^{-1}. Es bleibt also ein Mehr an Niederschlag von 1720 — 1300 = 420 m^3s^{-1}, für welches nachstehende Gründe denkbar sind: 1. Verdunstung des gefallenen Wassers, Wolkenbildung und erneuter Niederschlag; 2. Absorption durch Pflanzen und chemische Vereinigung des Wassers mit andern Bestandteilen. Bemerkt werden muss hierbei, dass die Pflanzen zwar beim Wachstum Wasser aufnehmen, dieses jedoch bei der Verwertung als Futter, Brennstoff, getrocknetes Bauholz usw. wieder verlieren, weshalb nahezu die ganze Differenz zwischen Niederschlag und Abfluss indirekt auf Rechnung der Verdunstung geht.

Es könnte demnach die mittlere jährliche Verdunstungshöhe für die Schweiz nicht grösser sein als

$$1310\ mm \times \frac{420\ m^3s^{-1}}{1720\ m^3s^{-1}} = \mathbf{320\ mm.}$$

Die Verdunstungshöhe über Land würde etwas kleiner als vorstehender Betrag, indem 1680 km^2 Gewässer mit etwa 850 mm Jahresverdunstung in Anschlag zu bringen sind. Die Verdunstung des Landes ist aus folgender Gleichung erhältlich:

$$1680 \times 850 + 39{\cdot}720 \times x = 41{\cdot}400 \times 320$$

x = **298 mm** = höchstmögliche, mittlere, jährliche Verdunstungshöhe über Land in der Schweiz, inklusive Pflanzenabsorption.

6. Aufgabe: Es soll die statische Energie ermittelt werden, welche jährlich von den Niederschlägen auf Schweizergebiet übertragen wird.

Diese statische Energie der Niederschläge ist die eigentliche Quelle jeder Arbeitsleistung des Wassers. Ihre Entstehung verdankt sie fast ausschliesslich der Sonnenwärme, indem diese das Wasser zu beständigem Kreislauf zwingt.

Der in Figur 6 durchgeführten graphischen Berechnung der Niederschlagsenergie liegt die Idee zugrunde, dass jedem Wasserteilchen vermöge seiner Lage eine gewisse Arbeitsfähigkeit zukommt, welche, wenn auf Meeresniveau bezogen, ausgedrückt werden kann durch das Produkt: Höhe über Meer × Wassergewicht. Die Konstruktion bezweckt deshalb eine Feststellung der Anzahl Metertonnen, welche das Arbeitsvermögen des gesamten Jahresniederschlags für die Schweiz vorstellen. Es dürfte ohne weiteres einleuchten, dass jener Betrag bedeutend höher sein muss, als nach den Schätzungen über vorhandene und noch verfügbare Wasserkräfte zu erwarten wäre, indem ein sehr grosser Teil der Energie bei der Sammlung des Wassers zu grössern Adern und auch in langsam fliessenden Strömen durch das Reibungsgefälle verbraucht wird.

Man stelle sich nun vor, die in Figur 6 links oben gezeichnete Schweizerkarte sei mit Höhenkurven versehen, in der angegebenen Weise eingeteilt und von einer Pause der Regenkarte überdeckt. Bildet man dann die Produkte aus jährlichem Regengewicht in Tonnen pro Quadratmeter × Meter über Meer, so entsteht für jeden Meridian ein Profil der statischen Energie, welches um 90° in die Kartenebene gedreht werden kann. In Figur 6 ist zur Veranschaulichung das Profil bei km 240 dargestellt, welches den Höchstwert ergibt. Der Inhalt dieses Profils ist $= 207{\cdot}000\ m \times 1960\ tm^{-1} = 40{,}6 \times 10^7\ t$. In gleicher Weise werden die andern Ordinaten in der Fläche links unten gefunden und für letztere ein Inhalt von 188,5 Quadrätchen ermittelt. Ein Carré ist aber im vorliegenden Fall

$$= 20{\cdot}000\ m \times 2 \times 10^7\ t = 4 \times 10^{11}\ t.$$

Dies multipliziert mit 188,5 gibt $\mathbf{75{,}4 \times 10^{12}\ mt}$ als Gesamtenergie der jährlich auf die Schweiz fallenden Niederschläge.

Davon kann nun allerdings auch bei den besten Vorkehrungen nur ein geringer Teil zu Kraftzwecken ausgenutzt werden. Um obige Grösse dem Begriffsvermögen näher zu rücken, dividiert man durch die Anzahl Sekunden pro Jahr und erhält als statische Energie pro Sekunde

$$\frac{75{,}4 \times 10^{12}\ \text{mt}}{31{,}5 \times 10^{6}\ \text{s}} = 2{,}393 \times 10^{6}\ \text{mts}^{-1}.$$

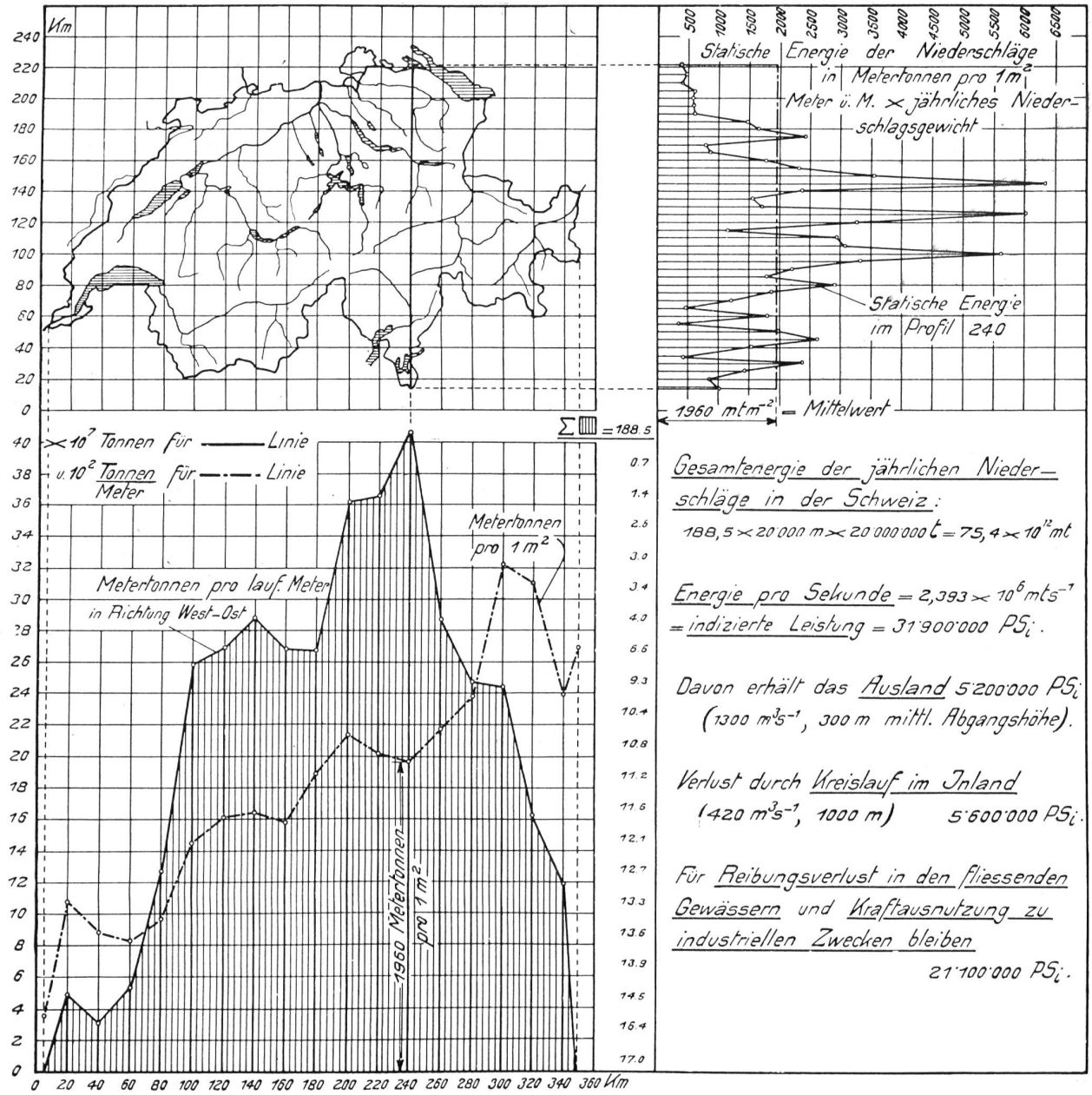
Nun ist 1 $\text{mts}^{-1} = \frac{1000}{75}$ PS_i (indizierte Pferdestärke), so dass in den Niederschlägen eine motorische Leistung von

$$\frac{2393}{75} \times 10^{6}\ PS_i = 31{\cdot}900{\cdot}000\ PS_i$$

300 m genommen werden. Dadurch gehen ins Ausland verloren

$$\frac{1000 \times 1300 \times 300}{75} = 5{\cdot}200{\cdot}000\ PS_i.$$

Nebenbei verdunsten 420 m^3s^{-1} zum grössten Teil im Gebirge bei schätzungsweise 1000 m mittlerer Höhe, was 5·600·000 PS_i entsprechen würde. Für die Reibungsleistung in den fliessen-



Figur 6. **Berechnung der statischen Energie der Niederschläge für die Schweiz.**

enthalten ist. Würden somit alle Niederschläge in der Schweiz von der Stelle, wo sie gefallen sind, verlustlos bis zum Meeresniveau herabsinken, dann wäre ihre mittlere Arbeitsleistung

$$= \mathbf{31{\cdot}900{\cdot}000\ PS_i}.$$

Gemäss Ingenieur Lauterburg fliessen aber durchschnittlich 1300 m^3s^{-1} aus der Schweiz fort und zwar kann als Abgangshöhe mit ziemlicher Annäherung den Gewässern und die Kraftausnutzung verbleiben somit noch

31·900·000 — 5·200·000 — 5·600·000 = **21·100·000 PS_i.**

Leider ist es ohne ins Detail gehende Untersuchungen nicht gut möglich, den Reibungsverlust sämtlicher Gewässer näherungsweise anzugeben, so dass aus diesem Grunde nicht gesagt werden kann, wie viel eigentlich für die Kraftausnutzung übrig

bleibt. Da aber das Rinngefälle umso kleiner wird, je mehr das Wasser durch Talsperren, Stollen, Kanäle und Leitungen zu geringer Geschwindigkeit gezwungen wird, darf man in der Schätzung der noch verfügbaren Pferdestärken nicht zu tief gehen.

Wenn zum Beispiel auf Grund der Erhebungen im Saanebezirk 2·810·000 PS_e als mögliche Dauerleistung für die ganze Schweiz gefunden wurden, wären dies nur

$$\frac{2{\cdot}810{\cdot}000}{21{\cdot}100{\cdot}000} = 0{,}133 \text{ oder } 13{,}3\,\%$$

der theoretisch durch die Niederschläge beziehbaren Kraftleistung.

Aus Figur 6 geht noch hervor, dass die statische Energie auf 1 m^2 Fläche in der Ostschweiz bedeutend grösser ist als in der Westschweiz. Der Kanton Graubünden steht obenan. Talsperren in diesem Gebiet dürften voraussichtlich eine beträchtliche Kraftmenge verfügbar machen.

NB. In der „N. Z. Z." vom 16. September 1912 wurden obige Themata unter dem Titel „Kreislauf und Arbeitsleistung des Wassers" vom Verfasser dieses Artikels kurz resümiert, jedoch mit dem Unterschied, dass dort effektive Pferdestärken statt indizierten aufgeführt wurden, um den Inhalt eher verständlich zu machen. Wenn jener sekundär entstandene Aufsatz um ein Jahr früher publiziert wurde als der vorliegende primäre, liegt die Schuld daran nicht am Verfasser desselben.

Die Wasserkräfte des Kantons Zürich und dessen Elektrizitätsversorgung.

Von J. Leuzinger, Zürich.

(Schluss.)

Im Anschluss daran sei auch noch die Entwicklung des Elektrizitätswerkes der Stadt Winterthur angegeben, welches seit 1904 die elektrische Energie von den Beznau-Löntschwerken bezieht.

Jahr	Energieverbrauch	Anschlusswert		Maximal-Effekt
		Total	Davon Licht	
	Millionen KWh.	KW.	KW.	KW.
1909	3,73	3800	1500	2500
1910	4,0	4050	1500	2700
1911	5,0	4400	1650	3000
1912	5,8	4800	1900	3300
		voraussichtlich zirka		
1915	7	—	—	3800
1920	9	—	—	4500
1925	11	—	—	5800

Die Stadt Winterthur wünschte schon seit Jahren, ebenfalls wie die Stadt Zürich, eine eigene grössere hydraulische Energiequelle zu besitzen und hat fast ein Jahrzehnt in Verbindung mit einer auswärtigen Firma die Ausnutzung der Rheinwasserkräfte bei Rheinau beabsichtigt, sowie seit Jahrzehnten den Rheinfallwasserkräften ihre Aufmerksamkeit geschenkt. Nachdem nun aber der Kanton Zürich die staatliche Elektrizitätsversorgung durchgeführt hat und in absehbarer Zeit ein eigenes Kraftwerk besitzen wird, dürfte es für die Stadt Winterthur einfacher und vorteilhafter sein, sich für die Zukunft mit dem Kanton Zürich zu verbinden, um die Ausbeutung der Eglisauer Wasserkräfte möglichst wirtschaftlich zu gestalten, als an grosse Projekte heranzutreten, die sie allein nicht, sondern nur in Gemeinschaft mit andern Interessenten ausführen könnte und zwar umsomehr, als sie vom kantonalen Elektrizitätswerk die elektrische Energie billiger beziehen als im Rheinauerwerk selber erzeugen kann.

Wie im Kanton Zürich so wird auch in der Stadt Winterthur mit der hochentwickelten Grossindustrie und in dem am Eglisauerwerk mit einem Drittel beteiligten Kanton Schaffhausen der Energieverbrauch eine stetige Steigerung erfahren, und man darf die Gesamtenergieabgabe an diese drei Gemeinwesen wie folgt annehmen:

Jahr	1915	1920	1928	1930
Millionen KWh.	35	60	80	95

Die Zahlenwerte nach 1912 in diesen Tabellen können natürlich keinen Anspruch auf Genauigkeit machen, sondern sollen nur ein ungefähres Bild von dem zukünftigen Energieverbrauch geben.

* * *

Wir haben gesehen, dass die Stadt Zürich in wenig Jahren neue Wasserkräfte erwerben muss, wenn nicht oberhalb des Albulawerkes künstliche Stauseen erstellt werden. Auch für den Kanton Zürich wird das Eglisauerwerk, wenn es 1918 gebaut sein wird, für den Winter nur vielleicht bis 1920—22 genügen. Aus diesem Grunde prüfen Stadt und Kanton Zürich seit einigen Jahren die Erstellung eines Kraftwerkes im Wäggital, speziell für akkumulierbare Winterenergie und als Reserve für Betriebsstörungen. Wenn man aber bedenkt, dass hier keineswegs günstige Verhältnisse vorliegen, indem der vordere Teil des in einen Stausee umzuwandelnden Hinterwäggitals kiesiger, wasserdurchlässiger Boden aufweist, und bei Ausnutzung nur des hintern Tals als Stausee, die Energie sehr teuer zu stehen kommen würde, anderseits aber noch bedeutende und genügende zürcherische Wasserkräfte zur Verfügung stehen, so wäre zu wünschen, dass vorerst die eigenen Wasserkräfte ausgenutzt werden und zwar in erster Linie, nach dem Eglisauerwerk, die Wasserkräfte an der Limmat mit zukünftig etwa 20,000 KW. Wintermaximaleffekt und einer täglichen Energieproduktion im Winter von zirka 280,000 KWh. Die Erfahrungen, die die Aktiengesellschaft „Motor" mit dem Löntschwerk, für das sie von den Mittellandgemeinden gegen die Bezahlung eines Wasserzinses die Konzession erworben und bereits 10 Mil-