

# Wirtschaftliche Bedeutung hydraulischer Wasserakkumulierungsanlagen

Autor(en): **Peter, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt**

Band (Jahr): **3 (1910-1911)**

Heft 10

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-919913>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES  
ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK,  
WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFFAHRT . . . ALLGEMEINES  
PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN  
VERBANDES FÜR DIE SCHIFFFAHRT 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. 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

N<sup>o</sup> 10

ZÜRICH, 25. Februar 1911

III. Jahrgang

## Inhaltsverzeichnis

Wirtschaftliche Bedeutung hydraulischer Wasserakkumulierungsanlagen. — Eine grosse Niederdruck-Wasserkraftanlage am Mississippi. — Hochwasserperioden. — Staubecken in Schlesien. — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband. — Wasserrecht. — Wasserkraftausnutzung. — Schifffahrt und Kanalbauten. — Patentwesen. — Verschiedene Mitteilungen. — Geschäftliche Notizen.

## Wirtschaftliche Bedeutung hydraulischer Wasserakkumulierungsanlagen.

Vortrag von Ingenieur H. PETER, Zürich, an der Diskussionsversammlung des schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 21. Januar 1911 in Zürich.

In seinem Vortrage vom 7. Dezember 1910 vor dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbande in Basel<sup>1)</sup> hat Herr Direktor Ziegler über die schweizerischen Wasserkräfte und ihrer Verwertung gesprochen und dabei sechs Punkte besonders zur Beachtung empfohlen, von denen ich Punkt 2 herausnehmen und versuchen möchte, dessen Bedeutung anhand von praktischen Beispielen zu behandeln.

Herr Ziegler regt die Schaffung grosser Kraftzentralen durch Stauwerke, See- und Flussregulierung zur Erhöhung der Gesamtleistung, wie auch zur Herbeiführung einer ausgeglichenen Wasserführung, an, die unmittelbar auch der Schifffahrt und dem Hochwasserschutz zugute kommt.

Bei Verwendung von Wasserkräften zur Kraft- und Lichtversorgung der Städte, Ortschaften, der Industrie

<sup>1)</sup> „Schweizerische Wasserwirtschaft“, III. Jahrgang, Nr. 6 und 7.

und Eisenbahnen ist es vor allem wichtig, die Energieerzeugung mit dem Energieverbrauche zeitlich in Einklang zu bringen. Eine Ausnahme macht allein die elektro-chemische Industrie, die in einem gewissen Masse ihre Produktion von der zur Verfügung stehenden Energiemenge abhängig machen kann. Der Energieverbrauch bei elektrischen Zentralen ist stark schwankend, während eines Tages variiert er meist im Verhältnis von 1 : 10, dazu kommt die jahreszeitliche Variation, der kleinste Konsum an einem Sommertage verhält sich zur grössten Abgabe an einem Wintertage ungefähr wie 2 : 3. Bei Niederdruckwerken ohne Akkumulierungs- oder Reserveanlagen ist nun die grösste zulässige Belastung abhängig von der kleinsten zur Verfügung stehenden Wasser- oder Energiemenge. Es geht daraus hervor, dass eine gute Ausnutzung der einem Flusslaufe innewohnenden Kraftmenge nur dann erzielt wird, wenn auf irgend einem Wege eine Aufspeicherung der zu gewissen Tages- und Jahreszeiten nicht benötigten Energie eingerichtet wird, welcher Überschuss dann zu Zeiten reichlicheren Bedarfes verwendet werden kann. Solche Energieaufspeicherungen lassen sich auf elektrischem und auf hydraulischem Wege ausführen.

Elektrische Akkumulatoren kommen nur für kleinere und mittlere Energiemengen in Frage, sie sind beliebt als Reserveanlagen gegen momentane Betriebsstörungen, ebenso als Puffer gegen starke Belastungsschwankungen, wie sie z. B. beim Strassenbahnbetrieb vorkommen. Ein wirtschaftlicher Vorteil in der Ausnutzung von Wasserkräften ist mit ihnen nur in geringem Masse zu erzielen. Zur Aufspeicherung bedeutender Energiemengen, von denen wir heute

sprechen, kommen sie der viel zu hohen Erstellungs- und Unterhaltungskosten wegen nicht in Frage.

Die hydraulische Akkumulierung der Energie kann auf natürlichem oder auf künstlichem Wege stattfinden. Sofern die Möglichkeit der Zurückhaltung grösserer Wassermengen im Einzugsgebiet, sei es durch Aufstauung schon vorhandener oder durch Schaffung künstlicher Staubecken, vorhanden ist, so wird dies in den meisten Fällen vorteilhafter sein, als wenn derartige Staubecken auf künstlichem Wege gespeist werden müssen. Das letztere Mittel besteht darin, dass zu Zeiten geringeren Kraftverbrauches ein Überschuss an disponibler Kraft zum Betriebe

den elektrischen Stromes lassen sich rückwärts wieder 45 Kilowattstunden gewinnen.

In den zwei letzten Jahrzehnten ist eine grosse Zahl von Wasserwerksanlagen ausgeführt worden, die auf die industrielle Entwicklung unseres Landes von grossem Einfluss geworden sind. Ihre hohe volkswirtschaftliche Bedeutung besteht im wesentlichen darin, dass Kraft und Licht zu billigen Preisen geliefert werden und dass unser, an Brennmaterial armes Land sich zu einem grossen Teil von der wirtschaftlichen Abhängigkeit vom Ausland lösen kann. Diese Vorteile können um so grösser sein, je rationeller die Ausnutzung der einheimischen Wasser-

## Situation der Limmat.

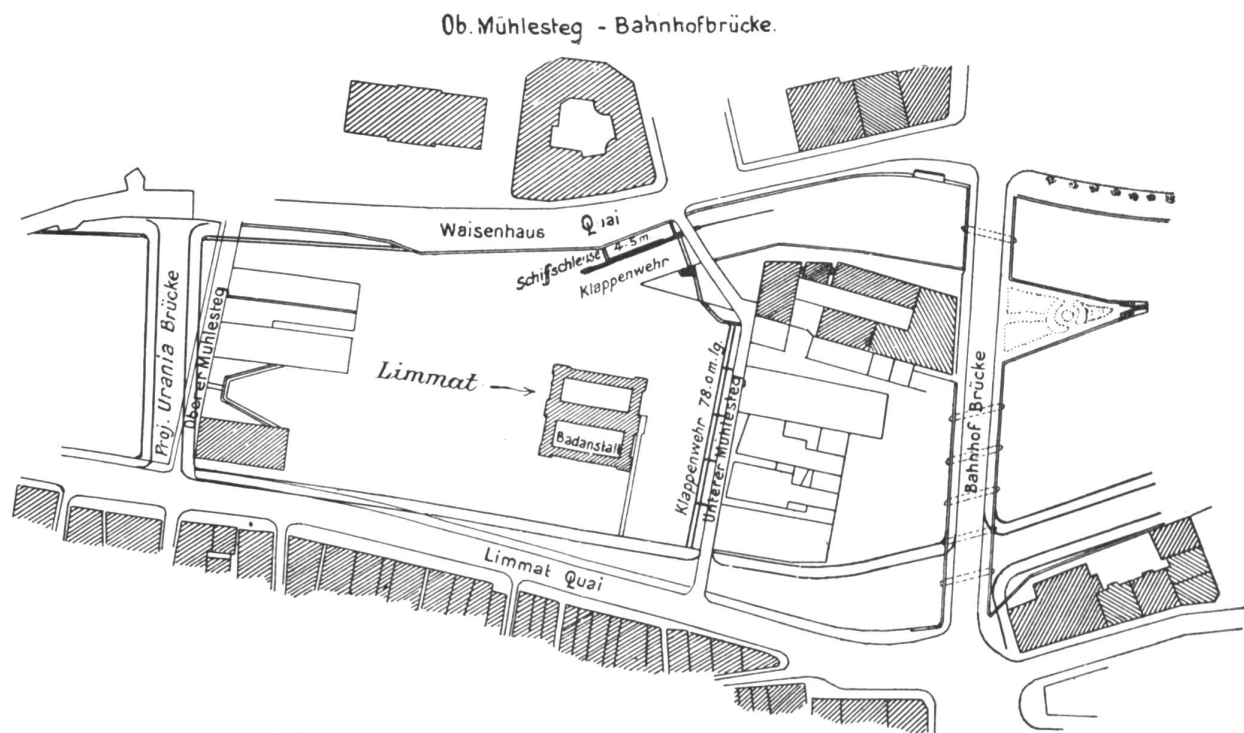


Abbildung 1.

Masstab 1:2500

eines Pumpwerkes Verwendung findet, es wird Wasser in ein möglichst hochliegendes Reservoir gepumpt, das dann beim Rückfliessen wieder Energie erzeugt. Der zur Aufspeicherung von Energie erforderliche Fassungsraum der Wasserbehälter ist um so kleiner, je höher diese Reservoirs liegen. Immerhin besteht wegen des Baues der Druckleitungen und der Maschinen auch hier eine praktische Grenze.

Die natürliche Aufspeicherung des Wassers hat gegenüber der künstlichen Aufspeicherung den Vorteil der Vermeidung von Energieverlusten; der Wirkungsgrad der künstlichen Akkumulierung ist nur etwa 45%, d. h. aus 100 Kilowattstunden aufgewen-

kräfte betrieben wird, und dazu ist im besondern eine wohl durchdachte Wasserwirtschaft notwendig. Dabei möchte ich nicht in das Extrem verfallen, alles Heil nur in der Verwertung der Kraft des fliessenden Wassers zu suchen, im intensiven Wettbewerb mit der Wasserkraft steht die auf kalorischen Wege erzeugte Kraft und es ist volkswirtschaftlich nur dann gerechtfertigt, ein Wasserwerk zu erstellen, wenn es billiger und ebenso sicher Energie zu liefern vermag, wie eine moderne kalorische Zentrale. In sehr vielen Fällen hat die Kombination von hydraulischen und kalorischen Kraftwerken die günstigsten Ergebnisse geliefert; allgemeine Regeln

über die Wirtschaftlichkeit des einen oder andern Systems gibt es nicht. Ich will daher versuchen, anhand von Beispielen auf die Gesichtspunkte hinzuweisen, die bei Beurteilung solcher Fragen ins Auge gefasst werden müssen. Dabei ersuche ich, meine Ausführungen als rein akademischer Art zu betrachten, irgend welchen geschäftlichen Absichten liegen sie ferne.

Als erstes Beispiel sei das neueste Projekt der Regulierung des Zürichseeabflusses besprochen. Die Verhältnisse, denen wir dabei be-

des vorigen Jahrhunderts wurden am oberen Mühlestep zwei Einbauten entfernt; an deren Stelle traten Freischleusen, wodurch eine Senkung der Hochwasser um zirka 60—80 cm erreicht worden ist. Gegen Ende der Achtzigerjahre wurde nach den Vorschlägen von alt Kantonsingenieur Wetli weitere Einbauten beseitigt und das Bett der Limmat vertieft, was eine Tieferlegung der Hochwasser um weitere 30 cm, aber zugleich auch eine Verminderung der Dauer der mittleren Wasserstände zur Folge hatte. Einen noch rationelleren Eingriff der Beseitigung aller Hinder-

### Längenprofil der Limmat.

Gemüsebrücke - Schlachthauspegel.

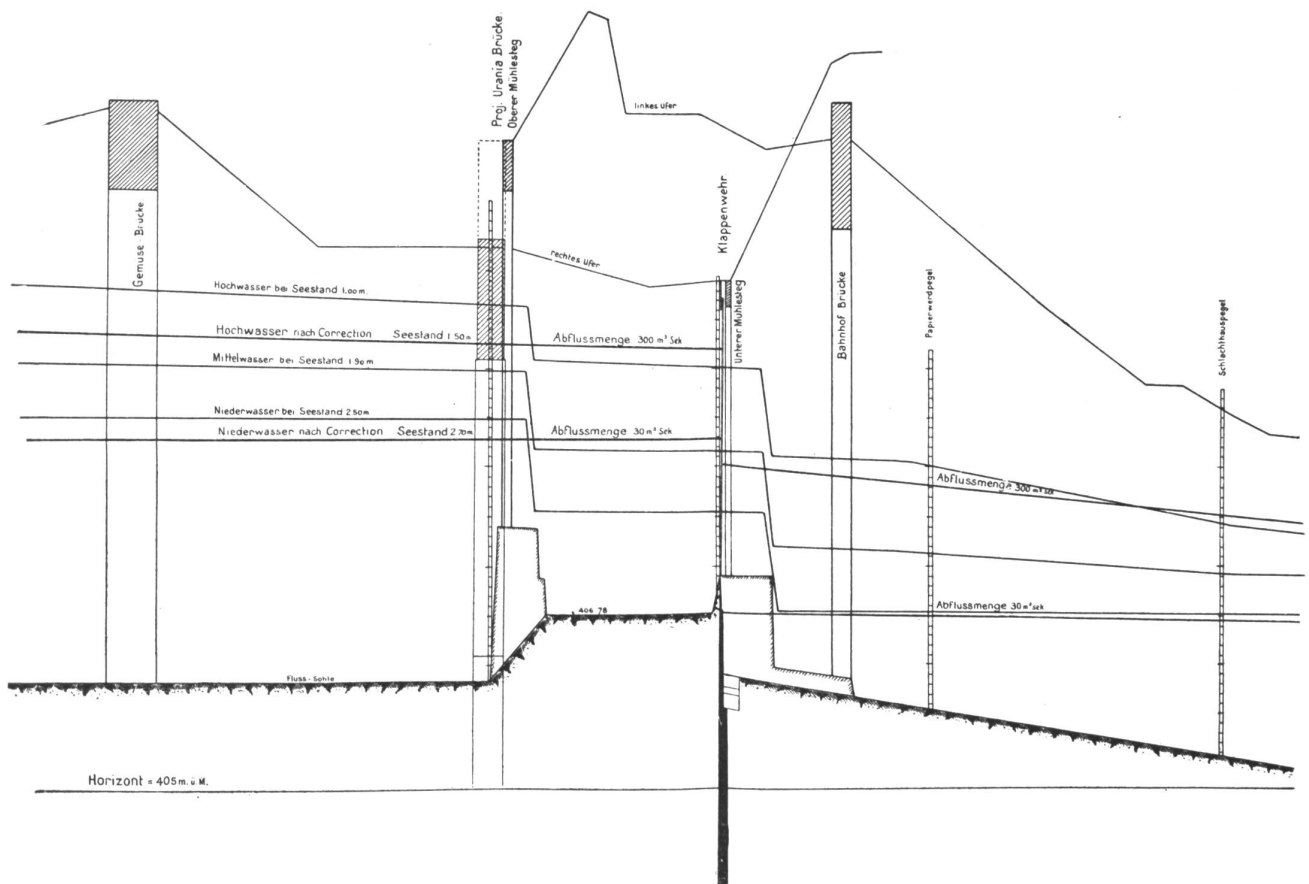


Abbildung 2.

Maßstab 1:75 für die Höhen  
1:6000 für die Längen

gegenen, haben grosse Ähnlichkeit mit denjenigen bei anderen Schweizerseen und es gestatten die Ergebnisse auch einen Einblick in die an andern Orten zu erwartenden Vorteile.

Schon im Mittelalter ist der Ausfluss des Zürichsees durch Stauanlagen versperrt worden, die zum Zwecke der Gewinnung von Wasserkraft zum Mühlen- und Schöpfradbetrieb errichtet worden sind (siehe Abbildung 1). Diese Bauwerke hatten eine Höherstauung des Hochwassers um etwa 1,0 Meter gegenüber den heutigen Verhältnissen zur Folge. Mitte

nisse erlaubten die damaligen Verhältnisse nicht, auch die von der Stadt ausgehenden Regulierungsprojekte konnten der zu grossen Kosten wegen nicht realisiert werden.

Das neue Regulierungsprojekt bezweckt eine weitere Senkung der Hochwasser, eine Verlängerung der Dauer der Mittelwasserstände und eine Vermehrung der Wassermenge bei Niederwasser, eines- teils im Interesse der verschiedenen Kraftwerke an der Limmat und sodann auch im Interesse der städtischen Kanalisation.

Der Zürichsee hat eine Oberfläche von 87,78 m<sup>2</sup> und ein Einzugsgebiet von 1815,2 m<sup>2</sup>. Eine Erhöhung des Seenniveaus um einen Centimeter entspricht bereits einer Wassermenge von 10 m<sup>3</sup>/Sek. während 24 Stunden; durch Aufspeicherung einer Wassermenge von 50 cm Höhe kann der Wasserabfluss während 50 Tagen um 10 m<sup>3</sup>/Sek. gesteigert werden.

Seit Ausführung des Regulierungsprojektes der Achtzigerjahre ist der tiefste Seestand derjenige von 1909 mit Pegelhöhe, 2,8 m<sup>1</sup>) der höchste mit Pegel 1,04 m im Jahre 1890 zu verzeichnen (siehe Abbildung 2). In diesen Intervallen variiert der Ausfluss des Zürichsees von 13,0 beim tiefsten, bis 265 m<sup>3</sup>/Sek. beim höchsten Seestande. In der Periode 1846—1880 betrug die grösste Schwankung des Wasserspiegels 2,23 m, von 1890—1909 noch 1,76 m, die mittlere Schwankung 1,33 bzw. 1,02 m.

Dem neuen Projekte liegt die Absicht zugrunde, den Seeausfluss derart zu regulieren, dass bei allen Seeständen, die höher sind als 1,50 m am Bauschänzlipegel, der Abfluss möglichst genau dem Zuflusse entspricht, es soll also der Seespiegel nur noch ausnahmsweise über diese Cote steigen; von 1,50 m bis 1,60 m sollen 300 m<sup>3</sup> pro Sekunde durchgelassen werden, von 1,60 bis 1,70 m 200 m<sup>3</sup>, 1,70 bis 1,80 m 100 m<sup>3</sup> pro Sekunde. Sinkt das Niveau unter 1,80 m, so sollen zwischen 1,80 m und 2,50 m konstant 30 m<sup>3</sup> ausfliessen, bei noch tieferem Stande 25 m<sup>3</sup> per Sekunde. Vom Seestande 2,30 m abwärts an wird die Wassermenge der Sihl mit einbezogen, in der Weise, dass die oben angegebenen Mengen von 30 bzw. 25 m<sup>3</sup> pro Sekunde für Sihl und Limmat zusammen verstanden sind.

Die Grundlagen der hydrometrischen Berechnungen für das Regulierungsprojekt bestehen in den seit 1811 vorgenommenen Pegelbeobachtungen, den direkten Messungen der Abflussmengen bei verschiedenen Pegelständen und der hieraus konstruierten Wasserabflussmengenkurve, die uns für jede Wasserhöhe die Abflussmenge angibt. Der Zufluss zum See wird abgeleitet aus dem bekannten Abfluss und der Differenz des Seenniveaus der in Rechnung gezogenen Periode; einem Steigen oder Fallen des Wasserstandes von einem Centimeter in 24 Stunden entspricht einem grösseren oder geringeren Zufluss gegenüber dem Abflusse von 10,16 m<sup>3</sup> in der Sekunde.

Der Ausfluss aus dem Zürichsee ist heute von den Schwellvorrichtungen beim obern Mühlesteig abhängig. Diese bestehen aus einem festen Überfall am Limmatquai, einem Überfallwehr zwischen den Häusern Nr. 2 und 4 mit zwei Grundschleusen, einem festen Überlauf am linken Ufer und einer

„Sommerdurchfahrt“ beim Wollenhof. Ausserdem fliesst ein Teil des Wassers durch die noch vorhandenen Wasserräder, sofern diese im Betriebe stehen. Im Winter sinkt das Wasser bis unter die Höhe der festen Überfälle, der Abfluss hängt dann ganz allein noch von dem Verbräuche für die Wasserräder ab. Dieser Abfluss ist zeitweise schon auf 5 bis 7 m<sup>3</sup> in der Sekunde zurückgegangen. Bei höheren Wasserständen ist die Abflussmenge grösstenteils von der Überlaufhöhe bei den festen Wehren abhängig. Diese Überläufe kommen erst zur kräftigen Wirkung, wenn der See ein bestimmtes hohes Niveau erreicht hat.

Die baulichen Anlagen zur Verbesserung des Seeabflusses bestehen zunächst in einer vollständigen Beseitigung der Hindernisse und Schwellvorrichtungen am obern Mühlesteig, sodann in der Ausführung eines beweglichen Wehres am untern Mühlesteig, das so gross dimensioniert wird, dass die Wassermengen nach Belieben reguliert werden können. Sie soll nach unten durch die Bedürfnisse der Kraftwerke begrenzt sein, nach oben durch das Fassungsvermögen des Limmatbettes, besonders soll der Ausfluss aus dem See mit einem zufällig zusammentreffenden Hochwasser der Sihl keine grösseren Wassermengen ergeben als 600 m<sup>3</sup> pro Sekunde, für welche Wassermenge die Korrektion der Limmat auf zürcherischem Gebiet eingerichtet ist.

Mit der Durchführung des Regulierungsprojektes kann eine Wiederausnutzung der Wasserkraft der Limmat, die heute in zwei Gefällsstufen erzeugt wird, verbunden werden. Es wird die Frage der Errichtung eines Kraftwerkes auf der linken Flußseite ins Auge gefasst.

Die Durchführung der hydrometrischen Berechnungen hat ergeben, dass der in der Einleitung genannte Zweck vollständig erreicht wird. Nur noch ganz ausnahmsweise wird nach der Korrektion, und dann nur auf ganz kurze Zeit, der See höher steigen als Pegel 1,70 m beim Bauschänzli. Der minimale Wasserabfluss kann in mittleren Jahren auf 30 m<sup>3</sup> in der Sekunde gehalten, in besonders trockenen Jahren muss er auf 25 m<sup>3</sup> pro Sekunde reduziert werden. Auch für das abnormal grosse Hochwasser vom Juni 1910 ergibt sich eine Verbesserung der Verhältnisse. Während fünf Tagen war der See höher als 1 m; nach durchgeführter Korrektion wäre der Pegelstand 1 m nur während eines Tages erreicht worden. Die Senkung des Hochwassers hätte 14 cm betragen; am fünften Tage hätte diese Senkung das Mass von 56 cm erreicht, wobei dann die Abflussmenge der Limmat, die bis auf 645 m<sup>3</sup> pro Sekunde betragen hat, auf 600 m<sup>3</sup>/Sek. hätte reduziert werden können. Ein wesentlicher Vorteil der Durchführung des Regulierungsprojektes liegt in der besseren Gestaltung der Kraftverhältnisse, besonders in einem

<sup>1</sup>) Der für alle Höhenangaben massgebende Pegel befindet sich beim Seeausfluss am Bauschänzli, dessen Nullpunkt liegt auf Meereshöhe 411,28 m. Die Ablesungen erfolgen vom Nullpunkte aus nach unten.



gleichmässigeren Wasserabfluss. Das Wasserwerk im Letten verfügt zurzeit über eine Kraft, die von 640 bis 1300 P. S. schwankt. Nach der Korrektur wird die Kraft nicht unter 1000 P. S. zurückgehen und im Mittel 1500 P. S. betragen. Im alten Zustand ist der Kraftausfall wegen Niederwassers 20,9% der mittleren Jahresleistung, nach Durchführung der Regulierung für die grössere Kraftquote nur noch 8,7%. Die gleichen Verhältnisse werden bei allen unterhalb liegenden Kraftwerken eintreten, weshalb eine Beitragsleistung an die Kosten von diesen beansprucht wird.

Leider sind die Kosten für die Durchführung des Projektes sehr hoch, sie würden sich niemals rechtfertigen für die Erstellung eines Kraftwerkes allein, auch nicht durch die Verbesserung der Verhältnisse der verschiedenen Wasserwerke an der Limmat, wohl aber, wenn die Summe aller Interessen in Betracht gezogen wird.

Mit der Regulierung des Abflusses des Zürichsees steht auch ein Projekt für Verbesserung des Ausflusses aus dem Walensee in direktem Zusammenhang.

Der Walensee hat ein Einzugsgebiet von 1050 km<sup>2</sup> und eine Oberfläche des Wasserspiegels von 23,27 km<sup>2</sup>. Der heutige Niederwasserstand liegt auf Kote 421,46, der mittlere Jahreswasserstand auf Kote 422,5. Das Hochwasser vom Jahre 1876 erreichte die Kote 425,6. Die Quaihöhe am Walensee bei Walenstadt liegt auf Kote 424,5. Nach einem Berichte des eidgenössischen hydrometrischen Bureaus machten sich bereits Übelstände beim Wasserstande vom 13. Mai 1908, Pegelstand 8,57, Höhe 424,8 m, bemerkbar.

Ein Regulierungsprojekt muss darauf ausgehen, die Mittelwasser auf eine unschädliche Höhe aufzustauen, die wir auf Kote 424,0 ansetzen, und durch Regulierung den Abfluss so zu gestalten, dass diese Höhe immer gleichmässig bleibt. Bei Beginn der Niederwasserperiode würde der Spiegel bis auf die heutige Niederwasserkote 421,46 gesenkt. Innert der Grenzen 421,46 und 424,0 hat der See einen kubischen Inhalt von  $2,54 \times 23,270,000 \text{ m}^3 = 59,105,800 \text{ m}^3$ . Wird diese Wassermenge auf 4 Monate = 120 Tage verteilt, so kann durch Ausnutzung des Retentionsvermögens der sekundliche Abfluss um 5,65 m<sup>3</sup> im Mittel gesteigert werden. Die Durchführung des Projektes erheischt den Bau eines Regulierwehres am Ausfluss des Linthkanales bei Weesen. Das Bauwerk besteht aus drei Schützenöffnungen von je 15 Meter lichter Breite mit Schützen von 4 Meter Höhe, die durch Windwerke gänzlich über Wasser gezogen werden können. Das Vorland am rechten Ufer wird etwas aufgefüllt, damit eine Überflutung bei Hochwasser möglich ist. Pfeiler und Ufermauer sollen pneumatisch fundiert werden.

Eine genaue Ausmittlung der Abflussmenge aus dem Walensee (Linthkanal) kann mangels einer genügenden Zahl von direkten Beobachtungen nicht gemacht werden, aus den vorhandenen Pegelablesungen allein kann dies nicht abgeleitet werden. Das eidgenössische hydrometrische Bureau steht im Begriffe, Wassermessungen anzuordnen, es ist aber nicht anzunehmen, dass vor Ablauf einiger Jahre genügende Unterlagen vorhanden sein werden.

Als zweites Beispiel sei Ihnen eine Studie über die hydraulischen Verhältnisse des städtischen Wasserwerkes an der Albula unterbreitet.

Es ist dies ein Wasserwerk, bei dem ein natürlicher Ausgleich der Tagesschwankung im Wasserverbrauch durch einen im Flussbett erstellten Stausee erfolgt. Die Wassermengen der Albula schwanken von 5,7 bis zirka 400 m<sup>3</sup>/Sek. Das zur Verfügung stehende Gefälle beträgt 150 Meter, der Stausee hat einen nutzbaren Raum von 430,000 m<sup>3</sup>. Das Kraftwerk ist zur Erzeugung eines Maximaleffektes von 14,000 Kilowatt disponiert, der sich auf 18,000 Kilowatt steigern lässt. Von diesen Effekten sind in Zürich in den Primärleitungen 82% disponibel, das sind 11,500 bzw. 14,760. Bei den derzeitigen Belastungsverhältnissen der Zentrale entspricht einem Effekte von 14,000 Kilowatt ein Tagesverbrauch von 186,000 Kilowattstunden. Die Steigerung auf 18,000 Kilowatt liefert 240,000 Kilowattstunden pro Tag (siehe Abbildung 3). Zur Erzeugung dieser Energiemenge ist ein mittlerer Wasserzufluss von 7,5 bzw. 9,7 m<sup>3</sup>/Sek. erforderlich, die grösste momentane Wasserentnahme beträgt 13,5 bzw. 17,5 m<sup>3</sup>/Sek.. Diese Wassermenge ist nicht während des ganzen Jahres vorhanden, der Zufluss geht bis auf 5,7 m<sup>3</sup>/Sek. zurück. Es entsteht ein Fehlbetrag von 1,8 bzw. 4,0 m<sup>3</sup>/Sek., entsprechend einem Energieausfall von 43,500 bzw. 97,000 Kilowattstunden in Sils, oder 35,600 bzw. 80,000 Kilowattstunden in Zürich. Dieser Energieausfall ist durch die kalorische Reserve in Zürich zu decken. Unter der Voraussetzung, dass die kalorische Reserveanlage mit konstanter Belastung betrieben werde und die Spitze des Tagesverbrauches dem Wasserwerke zugeteilt werde, genügen verhältnismässig kleine Anlagen. Die Rechnung ergibt theoretisch eine erforderliche Leistung von 1486 bzw. 3340 Kilowattstunden<sup>1)</sup>.

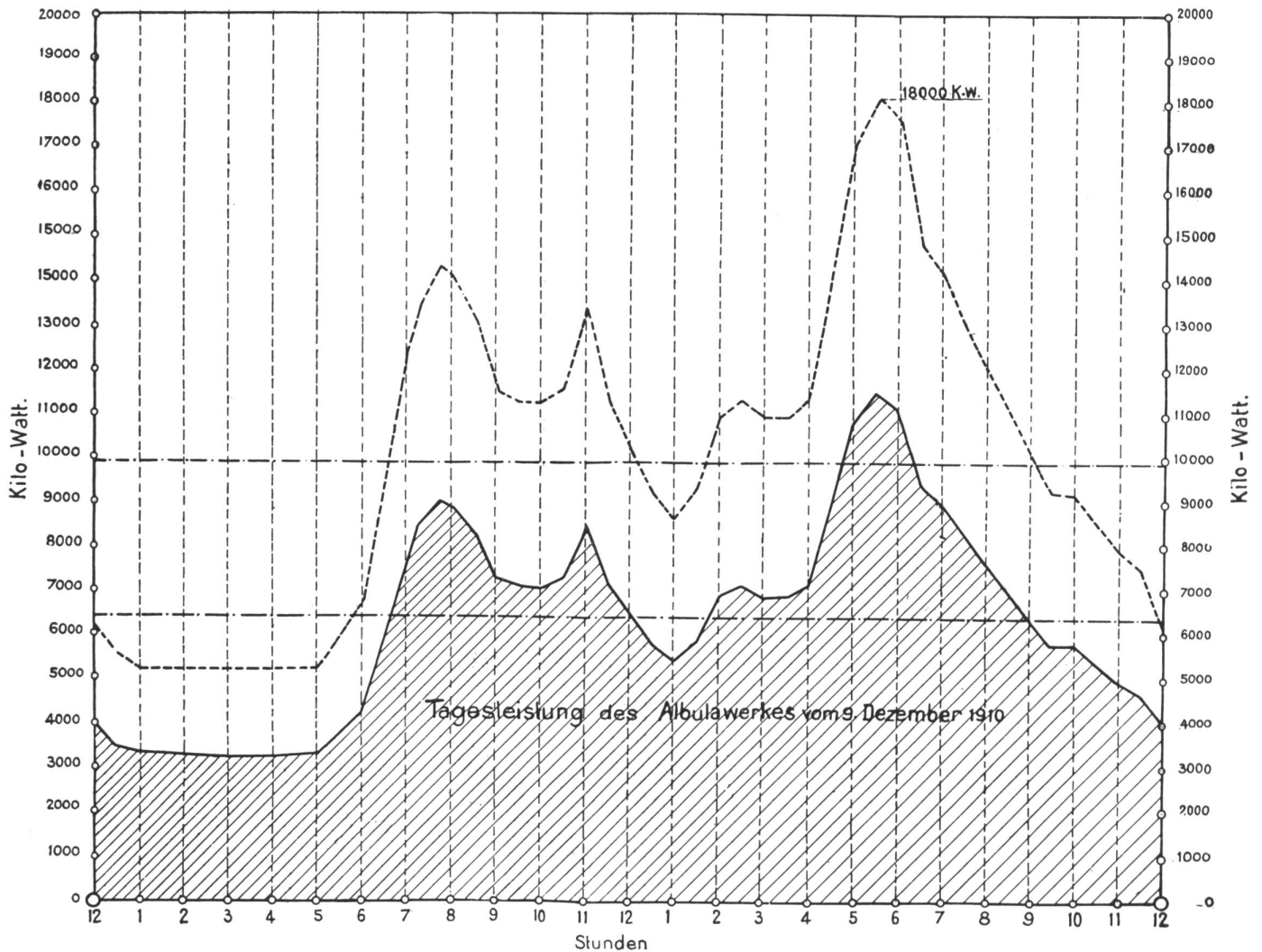
Der Jahresausfall an Energie bei Wasserklemme beträgt in einem Falle rund 1,800,000, im andern Fall 6,300,000 Kilowattstunden. Es fragt sich nun zunächst, ob dieser Energieausfall nicht durch Aufspeicherung des Wassers zu ersetzen sei. Um eine Kilowattstunde in Sils zu erzeugen, bedarf es einer Wassermenge von 3,5 Kubikmeter, es müssten dem-

<sup>1)</sup> Aus Gründen der Betriebssicherheit wird eine Reserveanlage zwar wesentlich grösser gewählt, obige Ziffern dienen nur für die Vergleichsberechnungen.

# Albulawerk.

Curven der Tagesleistungen vom  
2. Dezember 1910 und bei Vollbelastung  
sämtl. Maschinen.

Abbildung 3.



zufolge aufgespeichert werden: Für eine maximale Ausnutzung von 14,000 Kilowatt:

$$2,169,100 \times 3,5 = 7,700,000 \text{ m}^3 \text{ Wasser.}$$

Für eine maximale Ausnutzung von 18,000 Kilowatt:

$$7,641,600 \times 3,5 = 27,300,000 \text{ m}^3 \text{ Wasser.}$$

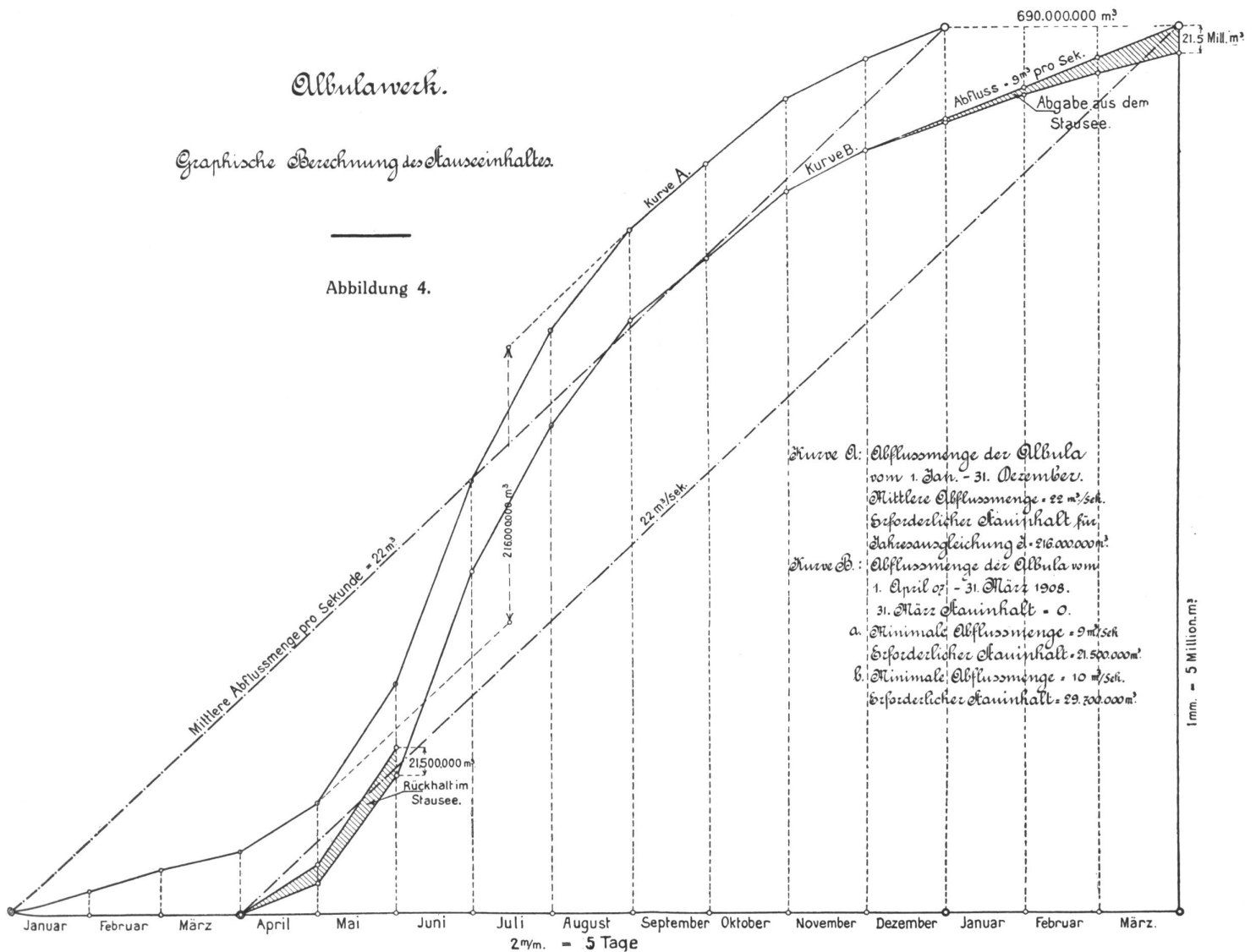
Sofern es gelingt, Staubecken in der angegebenen Grösse im Oberlaufe des Flusses auszuführen, so frägt es sich nur noch, ob die Baukosten zur Kraftgewinnung in einem richtigen Verhältnis stehen, bezw. ob es nicht möglich ist, den Energieausfall durch die kalorischen Motoren in Zürich billiger zu ersetzen. Das Anlagekapital für kalorische Motoren beträgt pro installierte Kilowatt annähernd Fr. 300.—,

es ergibt dies eine Kapitalanlage für diese Reserveanlage in einem Fall von Fr. 500,000, im andern Fall von Fr. 1,000,000. Verzinsung und Amortisation dieses Kapitals sind mit 8% pro Jahr in Rechnung zu stellen. Der Brennmaterialverbrauch und die Nebenkosten mit 6 Cts. pro Kilowattstunde. Daraus berechnen sich die Gestehungskosten der in Zürich erzeugten Energie zu 8 bzw. 7,3 Cts. pro Kilowattstunde. Anhand dieser Ziffern ist es nicht schwierig, die Wirtschaftlichkeit eines grossen künstlichen Stausees zu beurteilen. Sie erscheint ausgeschlossen, wenn das Anlagekapital in einem Falle den Betrag von 1½ Millionen und im andern Fall den Betrag

Albulawerk.

Graphische Berechnung des Stauseeinhaltes.

Abbildung 4.



von 4 Millionen Franken übersteigt. Zugunsten der kalorischen Reserve spricht sowieso, dass deren Betriebssicherheit grösser ist als diejenige einer elektrischen Kraftübertragung auf 136 Kilometer Distanz, und dass eine derartige Reserve auch wegen anderen Betriebsstörungen notwendig ist.

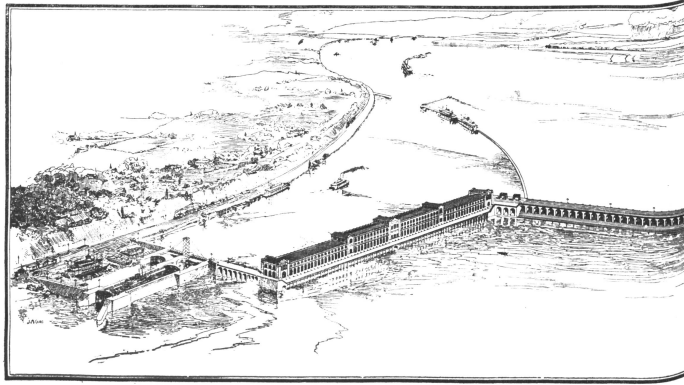
Im weitern handelt es sich darum, die Frage zu prüfen, welche Vorteile bei einer noch grösseren Wasseraufspeicherung allfällig erreicht werden könnten. Die auf das ganze Jahr verteilte mittlere Wassermenge der Albula beträgt 22 m<sup>3</sup>/Sek.

In Abbildung 4 ist auf graphischem Wege konstruiert, wie gross ein Stausee sein müsste, um eine volle Ausgleichung der Wassermenge während eines ganzen Jahres herbeizuführen. Die Ordinate der S-förmigen Kurve am Ende des Monats entspricht jeweils der Gesamtabflussmenge vom Anfang des Jahres bis zu dem angegebenen Zeitpunkt. Wird der Anfangspunkt mit dem Endpunkt der Kurve verbunden und werden zu der so bezeichneten Linie zwei Parallelen vom höchsten und tiefsten Punkte gezogen, so entspricht

deren senkrechter Abstand dem Inhalt des erforderlichen Ausgleichereservoirs. Im vorliegenden Fall ist dieser Inhalt 216 Millionen Kubikmeter. Wenn es möglich wäre, einen Stausee von dieser Dimension zu schaffen, so könnten die Wasserwerke an der Albula für eine Kraftleistung von 31,000 24-stündigen P. S. eingerichtet werden. Es entspricht dies einem Maximaleffekt von 41,000 Kilowatt; Jahresleistung zirka 160 Millionen Kilowattstunden. Leider sind die örtlichen Verhältnisse nicht derart, dass ein genügend grosser See erstellt werden könnte, man müsste sich zur Ausführung einer grossen Zahl kleinerer Stauanlagen entschliessen, deren Kosten aber in keinem Verhältnisse zum Gewinne stehen würden. In Analogie mit ähnlichen Verhältnissen, die andernorts näher geprüft worden sind, ist anzunehmen, dass für einen Kubikmeter Stauraum 1/2 bis 1 Fr. aufgewendet werden müsste, für welche Kapitalauslage eine Rendite nicht zu finden ist.

Durch die blosse Tagesausgleichung der Verbrauchsschwankungen ist beim Albulawerk eine Ver-





doppelung der Leistung bei Niederwasser erreicht worden, die Erhöhung der Baukosten, die dadurch entstanden ist, ist verhältnismässig erheblich kleiner; die Kosten der Wasserwerksanlage betragen ohne die Akkumulierung rund Fr. 500.— per installierter P. S., mit derselben sind sie auf Fr. 300.— zurückgegangen. Damit ist der Beweis der Wirtschaftlichkeit erbracht, dagegen erscheint es noch fraglich, ob weitere Aufspeicherungsanlagen billiger zu stehen kommen als kalorische Reserven.

(Schluss folgt.)



### Eine grosse Niederdruck-Wasserkraftanlage am Mississippi.

Wohl die grösste Niederdruck-Wasserkraftanlage (sie soll nach vollem Ausbau bis 250,000 P. S. zu liefern imstande sein) ist gegenwärtig in den Vereinigten Staaten am Mississippi im Bau begriffen. Es ist dies die Anlage der „Keokuk & Hamilton Water Power Co.“ bei den „Des Moines“-Stromschnellen im Staate Iowa, über welche wir dem „Engineering Record“ vom 14. Januar 1911 folgende Daten entnehmen, unter Wiedergabe einer von der Bauleitung uns kürzlich zugestellten Abbildung der zukünftigen Anlage.

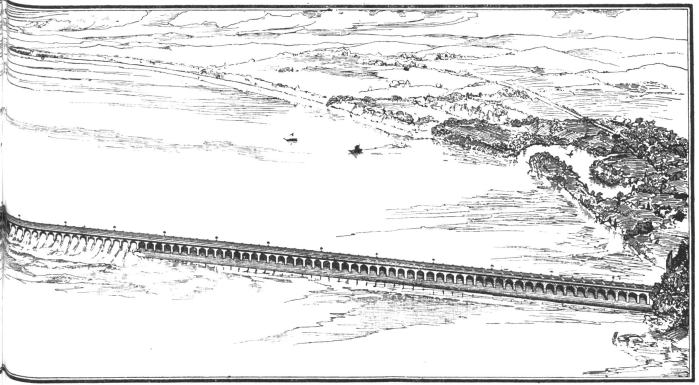
Der Mississippi wird von einem 1430 Meter langen Betonwehr durchquert, wovon 1340 Meter als Überfall ausgebildet werden. Die Krone dieses Überfall-

wehres liegt 11,30 Meter über der Flusssohle, an seiner Basis erhält es eine Stärke von 13,1 Meter. Der Querschnitt des geradlinigen Wehres ist gegen das Oberwasser lotrecht, auf der Unterwasserseite nach einer parabolischen Krümmung begrenzt. Durch 116 9,15 Meter breite und 3,35 Meter hohe eiserne Schützen, welche sich zwischen auf die Wehrröhre eingebauten Betonpfeilern bewegen, wird die Stauhöhe reguliert. Diese Pfeiler sind 2,44 Meter dick und 8,8 Meter lang. Die Dienstbrücke, von welcher aus die Bedienung der Schützen durch fahrbare elektrische Winden erfolgt, wird aus den die Wehrpfeiler verbindenden Betongewölben gebildet.

Die Fundierung des Wehres erfolgt in verschiedenen Sektionen zwischen Fangdämmen unter Wasserhaltung und reicht 1,2 Meter tief in den anstehenden Kalkfelsen. Das ganze Wehr wird aus massivem Beton ohne Armierung erstellt.

Das Maschinenhaus am rechten Ufer bildet einen Winkel von 110 Grad mit dem Wehr und ist etwas in den Fluss hinausgebaut. Es wird 425 Meter lang, 37,5 Meter breit bei einer maximalen Höhe von 40,5 Meter. Der Einlauf wird vor Eisgang und Treibholz durch einen Abweiser aus Beton geschützt, welcher, 16 Meter hoch und am Fuss 5,5 Meter dick, vom obren Ende des Maschinenhauses sich 850 Meter stromaufwärts erstreckt. Um dem Wasser freien Durchfluss zu gewähren, enthält er 30 Meter weite gewölbte Öffnungen unter Wasser.

Da die bestehenden Schifffahrtsschleusen durch den Stau überflutet werden, wird eine grosse Schleuse am rechten Ufer gebaut.



Das Maschinenhaus wird mit 30 Maschineneinheiten ausgerüstet, wovon jede aus zwei auf die gleiche vertikale Welle montierten Francisturbinen mit direkt gekuppelten 8500 P. S.-Generator besteht. Jede Turbine hat einen Durchmesser von 4,15 Meter, eine Höhe von 2,15 Meter, mit besonderem Einlauf und Saugrohr und soll je 5000 P. S. leisten. Es ist vorgesehen, bei dem zur Zeit der Hochwasser mit zirka 5700 Sekundenkubikmeter Wasserführung im Flusse eintretenden kleinsten Nutzgefälle von 6,40 Meter beide Turbinen einer Einheit laufen zu lassen, während bei Niederwasser und 10,6 Meter Gefälle nur je eine laufen soll.

Der Unternehmer, Hugh L. Cooper aus New York, der das Projekt auch finanzierte, hofft die Anlage mit einer Kubatur von zirka 380,000 Kubikmeter Mauerwerk und Beton und zirka 7000 Tonnen Eisenkonstruktion auf Februar 1914 fertigstellen zu können. Der zu erzeugende Strom soll in erster Linie mit 110,000 Volt Spannung nach der zirka 230 Kilometer entfernten Stadt St. Louis, Missouri, übertragen werden.

Hd.

### Hochwasser-Perioden.

Herr Professor Dr. Maurer, Direktor der eidgenössischen meteorologischen Zentralanstalt, schreibt uns:

Im Eingange des Artikels von Herrn Dr. Blösch: „Was können wir vom Hochwasser des Jahres 1910 lernen?“ in der letzten Nummer der „Schweizerischen Wasserwirtschaft“ findet sich

eine Behauptung, die auf meteorologischer Seite nicht unbesprochen bleiben darf, da sie leicht dazu verleiten könnte, in den Kreisen der Hydrometrischer Verwirrung und Missverständnisse anzurichten. Es heisst dort wörtlich: „Die Niederschläge und damit die Hochwasser treten nämlich periodisch auf. Diese Periode beträgt zirka 30 Jahre. Sie zeigt sich auch in den Gletscherschwankungen und sehr schön in den Erdschlipfen, welche alle durch die Niederschläge bedingt werden.“

Die apodiktische Form dieser Bemerkung veranlasst uns zu nachstehender Erwiderung:

Tatsache, auf Grund vieljähriger Beobachtungen, ist unzweifelhaft, dass die Niederschläge, will sagen die Niederschlagsmengen, gewissen periodischen Schwankungen unterliegen; mit diesen Niederschlagsschwankungen sind die Hochwasser, ebenso wie das andere Extrem, die intensiven Trockenperioden, wohl innig verbunden. Von einer bestimmten Periodenlänge, die zirka 30 Jahre betragen soll, zeigen die Beobachtungen aber rein nichts, insofern man die etwa 50-jährigen Reihen gewissenhafter Aufzeichnung der Niederschläge, wie sie bis heute vorliegen, konsultiert; weiter zurück als etwa 50 bis 60 Jahre reichen diese Aufzeichnungen aber nicht. Irgend eine Periodenlänge aus so kurzem Zeitraum herzuleiten, ist demnach ganz unmöglich. Aber selbst wenn einmal, sagen wir aus einer 100- bis 200-jährigen Beobachtungsreihe der Niederschlagsmengen, eine gewisse mittlere Periodenlänge sich berechnen lassen sollte, innerhalb der Maxima und Minima der Mengen des meteorischen Wassers, das