

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 4 (1911-1912)

**Heft:** 8

**Artikel:** Die Wirkung der grossen Hitze- und Trockenzeit 1911 auf die Seenverdunstung

**Autor:** Maurer, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920546>

#### 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:** 30.12.2025

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

# SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZER-  
ISCHEN 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. GELPK 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.  $\varnothing$  Bei Wiederholungen Rabatt

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

Nº 8

ZÜRICH, 25. Januar 1912

IV. Jahrgang

## Inhaltsverzeichnis

Die Wirkung der grossen Hitze- und Trockenzeit 1911 auf  
die Seenverdunstung. — Navigation du Rhône au Rhin. —  
Wasserrecht. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und  
Kanalbauten. — Patentwesen. — Verschiedene Mitteilungen.

## Die Wirkung der grossen Hitze- und Trockenzeit 1911 auf die Seenverdunstung<sup>1)</sup>.

Von Dr. J. MAURER, Direktor der Schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt.

Die öfteren, langen und intensiven Trockenzeiten der letzten Jahrzehnte in unserem Lande diesseits der Alpen haben uns wiederholt die Frage vorgelegt, wie sich — neben Niederschlag und Abfluss — die Verdunstung freier Seeflächen in solchen ungewöhnlichen Zeiten starker Niederschlagschwankung verhalte, und zwar im Hinblick auf die praktisch wichtigen absoluten Werte. Recht eindringlich wurde uns diese Frage durch die jüngstverflossene denkwürdige Periode anhaltender Dürre und Insolation neuerdings vor Augen geführt, und letztere gab auch zu nachstehend erwähnten Messungen direkte Veranlassung.

Über die Verdunstung freier Wasserflächen in absoluten Werten wissen wir bis heute noch sehr wenig,

<sup>1)</sup> Durch die sehr gefällige Zusage einer finanziellen Mitwirkung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes ist es möglich geworden, diese Untersuchungen über „Verdunstung freier Wasserflächen“ auch weiterhin fortzuführen, um insbesondere den jährlichen Gang dieses interessanten Elementes an unsern Seen noch gründlicher festzulegen. J. M.

sagte doch F. A. Forel noch vor ungefähr einem Jahrzehnt wörtlich was folgt:

„Wie gross die Verdunstung von der freien Oberfläche eines Sees ist, wissen wir nicht. Der numerische Wert der Verdunstung von der Seeoberfläche, wie er so oft in den Berechnungen der Hydrotechniker figuriert, ist tatsächlich noch ganz unbekannt. Seine Bestimmung wäre von höchstem Wert.“ <sup>1)</sup>

Soweit wir auch seither die weitsichtige Literatur in dieser Frage durchgangen haben, die damalige Äusserung Forels ist mit geringen Einschränkungen bis heute noch aufrecht zu erhalten. Eine Hauptschuld daran mögen unzweifelhaft die ungenügenden Methoden<sup>2)</sup> der Verdunstungsmessungen getragen haben, die kaum vergleichbare relative, noch weniger absolute Zahlen von praktischer Bedeutung für die Verdunstungsgrösse als reine Wirkung der verschiedenen, sie bestimmenden meteorologischen Faktoren liefern können. Zumeist arbeiten diese Methoden ja auch blos von einer einzigen Stelle der Wasserfläche aus; die totale Verdunstung der Wasserfläche, das Integral gewisser-

<sup>1)</sup> F. A. Forel: „Handbuch der Seenkunde“. Ratzels Bibliothek geographischer Handbücher, Stuttgart 1901, Seite 47/48.

<sup>2)</sup> Vergleiche auch W. Krebs: „Verdunstungsmessungen mit dem Doppelthermometer für klimatologische und hydrographische Zwecke“, Meteorologische Zeitschrift, Maiheft 1905. Ferner J. Hann: „Lehrbuch der Meteorologie“, 2. Auflage, Seite 157—160. Dann die neuesten Arbeiten von Frank Bigelow: „Studies on the phenomena of the evaporation of water over lakes and reservoirs“, und Ch. F. Marvin Methods and apparatus for the observation and study of evaporation“, Monthly Weather Review (Washington) 1907—1909. Endlich J. G. Livingston: „An annotated Bibliography of evaporation“, Monthly Weather Review 1908/09.

massen, können wir so aber niemals erhalten. Mit vollem Recht betont auch Ch. F. Marvin (Aprilheft Monthly Weather-Review 1909, Seite 141: „Methods and apparatus for the observation and study of the evaporation“): „The rate of evaporation over a large watersurface is therefore very unequal and the total loss of water can be ascertained only by some sort of summation or integration of the variable amounts.“ Mit wie kümmerlichem und wenig befriedigendem, heterogenem Material in dieser Richtung namentlich die hydrometrische Praxis sich heute noch im allgemeinen behelfen muss, zeigt u. a. die neueste Auflage des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von J. F. Bubendey, im ersten Band des dritten Teils („die Gewässerkunde“), wo im Kapitel der Verdunstung (Seite 48 und folgende) die unten gegebenen, ziemlich kritiklos aneinander gereihten Zahlenwerte aufgeführt sind<sup>1)</sup>. So

1) „In Dijon und an anderen Stellen in der Nähe des Kanals von Bourgogne wurden 1839—1845 von Delaporte Versuche mit 6 m<sup>2</sup> grossen Verdunstungsmessern angestellt, die als ausgemauerte und mit Zink bekleidete 1,2 m tiefe Gruben hergestellt waren; die ermittelte Verdunstungshöhe war um etwa  $\frac{1}{3}$  kleiner als die unmittelbar daneben aufgestellten Geräte von 0,1 m<sup>2</sup> Fläche. Es wurden ermittelt:

	Dijon	Pouilly	St. Jean de Losne
Mittlere Verdunstungshöhe	628	565	566 mm
Grösste	726	704	702 "
Mittlere Regenhöhe	752	801	858 "

Collin fand ebenfalls mittelst Atmometer von 6 m<sup>2</sup> Fläche: Verdunstungshöhe:

Dijon 667, Bar-le-Duc 531, Agen 833, Cardillac 848, Montrejean 1231, Auxerre 557, Sens 808, Montbard 589 mm. Werte, die zum Teil höher sind als die jährlichen Niederschläge.“

Dies ist erklärlich vornehmlich durch den Unterschied der Beobachtungsdauer: die Regenhöhe wird nur dann gemessen, wenn wirklich Regen fällt, während die Verdunstungshöhe dauernd gemessen wird, und ferner durch den Unterschied im Wasservorrat; nicht allein diejenige Wassermenge steht für die Verdunstung zur Verfügung, die während der Beobachtungszeit fällt, sondern viel mehr, nämlich der ganze Wasservorrat des Wasserlaufes oder Sees. Es kann daher die dauernd anhaltende Verdunstung des ganzen Gewässers sehr leicht eine grössere Höhe erreichen, als der auf der Oberfläche fallende Niederschlag.

„Auch die Verdunstung des Fucinosees betrug vor der Trockenlegung in den Jahren 1855 bis 1862 durchschnittlich 1850 mm im Jahr, weit mehr als der unmittelbare Regenfall, 853 mm. Das grosse Anschwellen des Sees war eine Folge der grossen Wasserzufuhr aus dem Einzugsgebiet. Dausse hat berechnet, dass im Seinebeden ungefähr  $\frac{2}{3}$  aller Niederschläge verdunsten. Im Stromgebiet des Mississippi sollen die Verdunstungsmengen etwa 75% der Niederschläge betragen. Ein schwimmendes Atmometer in Neuchâtel, das dicht am Neuchâtelsee aufgestellt war, zeigte als grösste Verdunstung eines Tages 10 mm (August 1856) bei trockenem Nordostwind. Auch von Du Four wurden nie mehr als 10 mm in den 12 Tagesstunden beobachtet, in den Nachtstunden war die Verdunstung häufig gleich Null, sie betrug im Juni und Juli noch nicht 2 mm. Für England sind nach Humber jährlich 540 mm ermittelt worden, wovon die Hälfte auf die vier Monate Juli bis Oktober kommt. Nach Bateman kann an den heissten Sommertagen in England 25 mm, nach Brunel 3—4 mm gerechnet werden! Nach den 14 Jahre lang von Stark angestellten Versuchen in Augsburg hat die Verdunstung des Wassers unter Einwirkung des Sonnenlichts betragen: März 113, April 174, Mai 200, Juni 205, Juli 221, August 223, September 198, Oktober 115, November 76 mm.

kann es denn zum Beispiel vorkommen, dass in England einzelne Praktiker (nach Bateman) für die Verdunstung an den heissen Sommertagen 25 mm, nach den Angaben Brunels aber bloss 3—4 mm rechnen! Auch in namhaften hydrographischen Publikationen der jüngsten Zeit finden sich numerische Werte über die „Seeverdunstung“ angegeben, die gar keine Berechtigung für eine solche Bezeichnung besitzen. Wir zitieren als Beispiel hier bloss die sonst so vortreffliche Arbeit von Honsell: „Ergebnisse der Untersuchungen der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet“, VIII. Heft 1908, wo Seite 5 für die einzelnen Monate als „Verdunstung vom Bodenseespiegel“ die alten Plieningerischen Verdunstungsmessungen (veröffentlicht in den Beiträgen zur klimatisch-meteorologischen Statistik Württembergs, Stuttgart 1867), benutzt werden, die als gewöhnliche, lokale Atmometerbeobachtungen für die Darstellung der Seespiegelverdunstung selbstredend jede Bedeutung verlieren.

Wie so oft eindrucksvolle Ereignisse im Gange der Witterung unmittelbar Veranlassung bieten, Untersuchungen vorzunehmen, an deren Ausführung man sonst unter normalen Verhältnissen gar nicht denken darf, so war dies auch beim vorliegenden Problem der Fall, insofern die eben vergangene, historisch gewordene Hitze- und Dürrezeit des Sommers 1911 eine ungewöhnliche günstige, wohl kaum so bald wiederkehrende Gelegenheit brachte, für die Evaporation, an den Wasserflächen einzelner unserer Seen gemessen, Maximalwerte zu erhalten, die Einblick gewähren könnten in die höchsten Verdunstungsbeträge dieses für die gesamte Hydrometrie so bedeutungsvollen Elementes im klimatischen Bereich der Seezone des Nordfusses unserer Alpen.

Die Beobachtungen wurden während der eigentlichen Frostmonate ausgesetzt, weil das Gerät durch das Gefrieren des Wassers Schaden litt.“

„Die Verdunstungshöhe des Wasserspiegels von Kanälen, Flüssen, Bewässerungsgräben usw., namentlich wenn ihre Ufer nicht mit Bäumen bepflanzt sind, kann durchwegs grösser angenommen werden, als die von breiten ausgedehnten Wasserflächen. Denn jeder die Richtung der verhältnismässig schmalen Wasserzüge kreuzende Wind bringt in rascher Folge stets neue Luftteilchen mit der Oberfläche des Wassers in Verbindung; die Annahme holländischer Ingenieure, wonach durch Verdunstung während eines heissen Sommers 900 mm bei Kanälen verloren gehen können, ist gewiss ausreichend, mag aber in regenarmen, heissen Jahren der Wirklichkeit entsprechen. Beobachtungen zur Bestimmung der Speisewassermenge des Marnekanals ergaben vom 1. Juli 1844 bis 1. Juli 1845 436 mm, vom 1. Juli 1845 bis 1. Juli 1846 625 mm Verdunstungshöhe. In den Entwürfen für preussische Kanäle wurde früher mit 4 mm täglicher Verdunstung in den heissen Sommermonaten gerechnet, für den Mittellandkanal wurde 1901 die zweifellos sehr vorsichtige Annahme von 11 mm täglicher Verdunstung gemacht! Auf einer Versuchsstrecke des Dortmund-Emskanals sind nach Beobachtungen vom Oktober 1892 bis Juni 1894 als grösste Verdunstung im monatlichen Durchschnitt, die Verdunstung im Monat April 1893 ermittelt mit 2,7 Litern auf eine Kilometer Kanallänge und die Sekunde. Dies entspricht bei 31,5 Kanalbreite 7,5 mm täglicher Verdunstung im trockenen April 1893.“

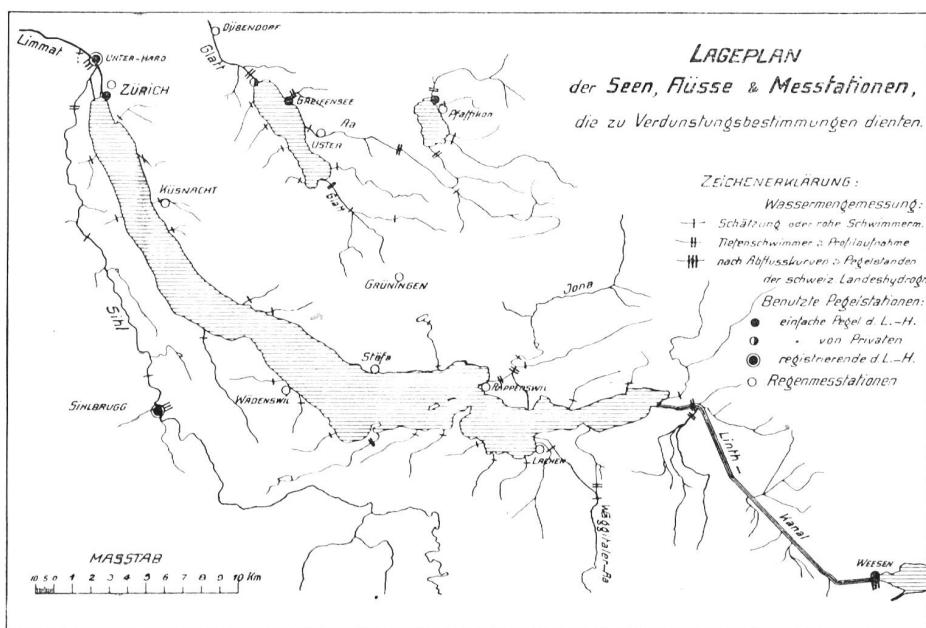


Fig. 1. Lageplan der Seen, Flüsse und der Meßstationen, die zu Verdunstungsbestimmungen dienten.

Wie anderwärts auf grossen Gebieten der anstossenden Nachbarländer, so zeigte sich auch bei uns die Wirkung der exzessiv langen Wärme- und Trockenzeit des Sommers 1911 — ausgezeichnet ebenfalls durch ihre erstaunliche Gleichförmigkeit — darin, dass eine grosse Zahl der kleinern Zuflüsse unserer Seen des Mittellandes, die nicht von der Wasserführung des Gletschergebietes<sup>1)</sup> abhangen, fast völlig vertrockneten.

In diesem markanten Spezialfall lag es daher auf der Hand, als gegebene Methode für die nötigen Messungen und Erhebungen zur Bestimmung der totalen Verdunstung der freien Seefläche eine direkte hydrometrische Vermessung vorzunehmen und dies bei einigen Seen von leichter messbarem Zu- und Abfluss. Um an dieser Stelle auch der historischen Seite des Themas gerecht zu werden, ist zu erwähnen, dass vor mehr als 40 Jahren unser vielverdienter schweizerische Ingenieur-Hydrograph Robert Lauterburg, der in dieser Angelegenheit des öftern mit uns verkehrte, bereits einmal versucht hatte, die Verdunstung des Zürichsees indirekt auf Grundlage hydrometrischer Messungen zu ermitteln.

Natürlich ist, was Lauterburg schon damals hervorholte, dass die Verdunstung bei konstantem Seestand der Differenz des Zu- und Abflusses gleich anzunehmen ist. Das Mass der Seeverdunstung liesse sich also bei Seen von leicht messbarem Zu- und Abfluss im Zustande der Permanenz genau bestimmen. Da indes jeder grössere See viele Zuflüsse und auch oft ziemlich zahlreiche unterirdische Quellzuflüsse erhält, so ist diese Operation keine so leichte und einfache als sie erscheint, auch wenn man bei still

verharrendem Seestande wenigstens alle sichtbaren Zuflüsse im gleichen Moment messen könnte, und wenn die Strommessungsfrage einmal restlos gelöst wäre. Verhältnismässig einfacher, sicherer und ohne grosses Personal macht sich die Durchführung aber bei geschickter Ausbeutung der besten Gelegenheiten, wie solche eben im vergangenen Sommer in optima forma vorhanden waren. Wir haben uns hierfür, wie Lauterburg seinerzeit, durch nachfolgende Betrachtungen leiten lassen:

Die Wassermenge, welche einem See in einem bestimmten Zeitabschnitt von aussen zukommt, setzt sich zusammen aus der Wassermenge des Hauptzuflusses  $Z$ , demjenigen der allfälligen Nebenzuflüsse  $N$ , und der eventuell auf den See fallenden Regenmenge  $R$ . Dagegen besteht die Wassermasse, die während derselben Zeit aus dem See abgeht, einerseits im Wasserinhalt seines Abflusses  $Q$ , anderseits in der Verdunstungsmenge  $V$  und allfälligen unterirdischen Abläufen, die wir außer Betracht lassen müssen. Bleibt das Niveau des Sees während einer gewissen Zeit konstant, so müssen diese beiden Summen einander gleich sein; im andern Fall ist die Differenz beider Summen demjenigen Wasserquantum gleich, um welches sich der See gehoben oder gesenkt hat, also wenn wir letzteres mit  $M$  bezeichnen:

$$(Z + N + R) - (Q + V) = \pm M$$

Das Zeichen  $+$  gilt für Seesteigungen, das Zeichen  $-$  für Abnahme des Seeniveaus. Unter Voraussetzung der Kenntnis der Zu- und Ablaufmasse sind in vorstehender Gleichung bloss  $N$  und  $V$  unbekannt, folglich:

$$I. \quad N - V = Q + M - (Z + R)$$

Hieraus sind wir imstande, die Differenz zwischen dem Wasserinhalt der Seitenzuflüsse und der Verdunstungsmenge zu berechnen; je nachdem ersterer oder letztere überwiegt, fällt sie positiv oder negativ aus.

Was in obiger Formel zu gewöhnlichen Zeiten ohne zahlreiches Personal nur schwer kontrollierbar ist, das sind die Wassermengen ( $N$ ) der Nebenflüsse.

Es war daher auch nicht zu verwundern, wenn Lauterburg bei dem damaligen Zustande der Hydrometrie und der Anwendung dieser indirekten Methode zur Bestimmung der Verdunstungshöhe am Zürich-

<sup>1)</sup> Vergleiche Schweizerische Wasserwirtschaft, III. Jahrgang Nr. 23.

see völlig zweifelhafte Werte erhielt, zum Beispiel für den Juli 1867 eine Seeabnahme infolge der Verdunstung von 30 mm per Tag! Auch dieser viel zu hohe Wert hat in der Literatur mehrfach Eingang und Benutzung gefunden.

Als nächstes, für unsere Zwecke sehr günstig gelegenes Seebcken, konnte neben dem Zürichsee insbesondere der kleinere Greifensee in Frage kommen. Der anfängliche Plan ging wohl dahin, das für solche hydrotechnische Erhebungen vortrefflich ausgerüstete Eidgenössische Hydrometrische Bureau in erster Linie zur Mitarbeiterschaft einzuladen; leider war eine rasche aktive Mitwirkung letzterer Amtsstelle wegen anderweitiger dringender Arbeiten und Personalmangels nicht möglich. Dafür gab uns das Hydrometrische Bureau seine wertvollen Abflussmengen-Kurven beim Unterhard an der Limmat, sowie auch vom Walensee bei Wesen und der

Änderung der Seespiegelhöhe; 4. die auf die Seeoberfläche gefallene Regenmenge.

Eine einfache Transformation der oben gegebenen Beziehung I ergibt dann für die Verdunstung (V) in dem fixierten Zeitabschnitt:

$$V = (Z + N - Q) + R \mp M \quad \text{oder}$$

II. Verdunstung = beobachtete Pegelsenkung + Regenhöhe — Senkung wegen Mehrabflusses.

Ein grosser Teil der nötigen Unterlagen konnte den Aufzeichnungen der Schweizerischen Landeshydrographie in Bern und der meteorologischen Zentralanstalt in Zürich entnommen werden; was fehlte, wurde teils selbst aufgenommen, teils von Fabrikbesitzern, Wasseranwohnern oder sonst mit den einschlägigen Verhältnissen vertrauten Persönlichkeiten erfahren. Über die Lage der Seen, Flüsse und Meßstationen ist aus unserer Skizze (Fig. 1) das Nötige zu erheben; es finden sich darin auch alle

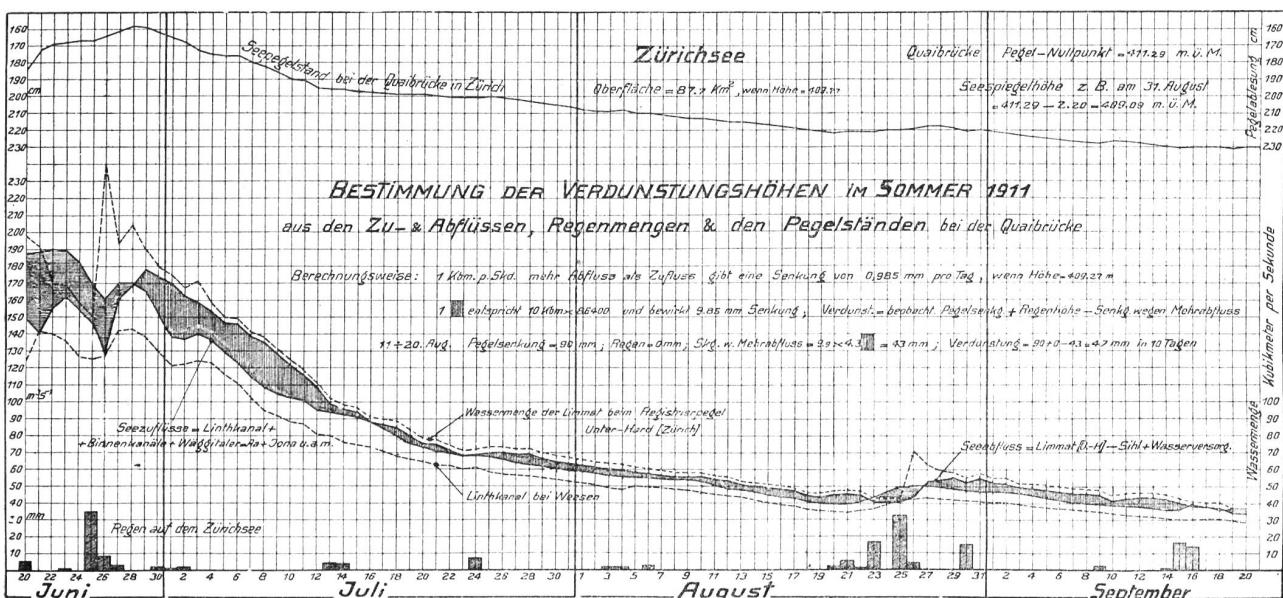


Fig. 2. Bestimmung der Verdunstungshöhen im Sommer 1911 auf dem Zürichsee.

Sihl bei Sihlbrugg in gefälligster Weise zur Benutzung. Ein glücklicher Umstand war es dann ferner, dass sich für eine möglichst geschickte Ausbeutung der so ausgezeichneten Gelegenheit, welche man doch nicht unbenutzt vorübergehen lassen durfte, sofort eine tüchtige junge Kraft in der Person des Ingenieurs Hans Mettler aus Zürich zur Verfügung stellte, der sich mit grosser Hingabe des hydrometrischen Teiles annahm und auch die fortlaufenden Kontrollmessungen in sorgfältigster Weise besorgte, soweit solche das umfangreiche Arbeitsprogramm gleich an Ort und Stelle vorzunehmen erforderte.

Die Ermittlung der Verdunstung erfolgte in der Weise, dass zunächst für die obigen beiden Seen folgendes möglichst genau festgestellt wurde:

1. die dem See zuströmende Wassermenge;
2. die aus dem See abgehende Wassermenge;
3. die

weiteren Angaben über die Ausführung der Messungen und das vorhandene amtliche Material. Von grossem Nutzen waren besonders die Abflussmengen-Kurven des Linthkanals bei Weesen, der Limmat in Zürich (Unterhard) und der Sihl bei Sihlbrugg; desgleichen eine graphische Aufzeichnung von Wasserständen der Glatt unterhalb des Greifensees, die im Besitze der Glattkorporation ist. Die in der graphischen Darstellung gegebenen meteorologischen Daten beziehen sich auf den Instrumentenstand unserer Zentralanstalt (Seehöhe 480 m); sie geben ein zusammenhängendes Resumé über den kontinuierlichen Gang der ersten während der ganzen Periode. Die Seetemperaturen wurden im untersten Teil des Zürichseebeckens, je nachmittags zwischen 3 und 6 Uhr gemessen, um wenigstens ein annäherndes Bild des Wärmemaximums an der Seeoberfläche zu erhalten; sie sind,

wie alles übrige, ebenfalls in der viel anschaulichern graphischen Darstellung (Fig. 4) gegeben.

Die vorgenommenen Messungen und Beobachtungen erstrecken sich auf den Zeitraum vom 10. August bis 20. September; sie beginnen also zu der Zeit, wo die Vertrocknung der Zuflüsse schon in höherem Grade sich bemerkbar madhte. Beim Zürichsee galt es besonders, die kleinern Zuflüsse auf ihre Stärke zu prüfen, welche Aufgabe durch Schätzung oder Schwimmermessung gelöst wurde. Bei Wassertiefen über 30 cm wurde die Geschwindigkeit in verschiedenen Tiefen mit Flaschen ermittelt, welche teilweise mit Wasser gefüllt waren und deren Schwimmtiefe sich durch eine besondere Vorrichtung leicht regulieren liess. Es zeigte sich, dass die Höchst-

Verdunstungshöhen, auch noch vor dem 10. August enthalten, so ist zu bemerken, dass für diese Periode die Verdunstungswerte interpoliert wurden, und zwar mit Hilfe von Werten, die während der Messperiode bei annähernd gleichen Witterungszuständen vorhanden waren. Mit einigen Unsicherheiten sind am ehesten die Höchstwerte zu Ende Juli berechnet; die Stärke der Nebenflüsse vor dem 10. August wurde aus den Hauptflüssen, Pegelständen, Regenhöhen und der, wie vorhin beschrieben ermittelten Verdunstungshöhe gefunden; es ergibt sich daraus ein anschauliches Bild über den Wasserhaushalt im Verlaufe der ganzen grossen Hitze- und Trockenperiode, soweit ersterer unsere beiden Versuchsbecken, den Zürich- und Greifensee, betrifft.

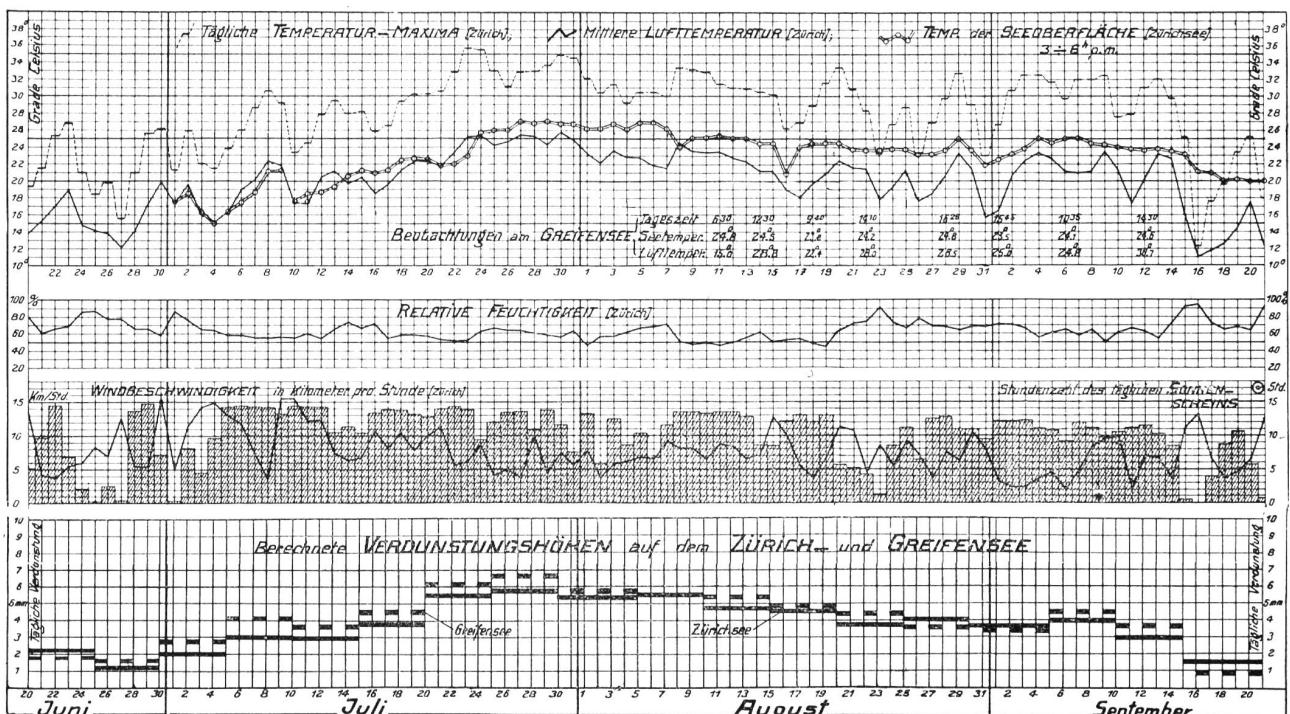


Fig. 3. Tägliche Temperatur-Maxima und mittlere Lufttemperatur in Zürich. Temperatur der Seeoberfläche (Zürichsee). Relative Feuchtigkeit in Zürich. Windgeschwindigkeit und Stundenzahl des täglichen Sonnenscheins in Zürich. Berechnete Verdunstungshöhen auf dem Zürich- und Greifensee.

geschwindigkeit in regelmässigem Profil stets in  $1/3$  bis  $1/5$  der Wassertiefe war. In dieser Weise wurden des öftern Glatt, Aabach, Jona, Wäggitaleraa und die Linth-Binnenkanäle gemessen. Die Messprofile wurden meist unter Strassenbrücken gewählt, da dies eine Messung, ohne Zuhilfenahme von Schiffen und komplizierterem Zubehör durch eine einzelne Person wohl möglich machte. Zur Bestimmung der Durchflusszeiten diente eine Stoppuhr, für die Aufnahme der Sohle eine Eisenkugel mit Schnur.

Vom 20. Juni bis Anfang August sind die Wassermengen der kleineren Zuflüsse, mit Ausnahme von Sihl und Glatt, nicht derart bekannt, dass eine sichere Berechnung daraus hätte entnommen werden dürfen. Wenn trotzdem die graphischen Darstellungen (Fig. 2 und Fig. 3) die Stärke der Nebenflüsse, sowie die

Vom 10. August bis 20. September läuft, wie schon bemerkt, die eigentliche Messperiode. Leider ist es nicht möglich, auch den unterseelischen<sup>1)</sup> Grundwasserzufluss zu messen, und die Berechnung ergibt deshalb stets eine etwas zu kleine Verdunstung. Wäre der durchaus unwahrscheinliche Fall vorhanden, dass im Zürichsee 60,000 l pro Minute und im Greifensee 6000 l unterseelisch eindringen würden, dann wäre die Verdunstung nach der auf unsern Zeich-

<sup>1)</sup> Solche unterseelischen Quellflüsse sind am linken Ufer des Zürichsees einige bekannt, aber von geringer Mächtigkeit; bei Richterswil z. B. entspringen am Seegrund mehrere Quellen, die beim Zufrieren des Sees in der Eisdecke immer ebenso viele Löcher entstehen lassen. Nach gefälligen Mitteilungen von J. Früh gibt eine der vorgenannten Quellen zirka 1500 Liter per Minute bei 7 Grad Celsius, sie fallen daher für unsere Frage ausser Betracht.

nungen durchgeföhrten Methode in beiden Fällen um nahe 1 mm pro Tag zu gering gefunden worden.

Die Berechnung der Verdunstung geschah in der Hauptsache nach graphischer Methode — welche das umfangreiche Zahlenmaterial weit übersichtlicher behandeln lässt — wie folgt: Den Hauptzufluss für den Zürichsee bildet der Linthkanal als Abfluss des Walensees. Mit Hilfe des Pegelstandes am eisernen Pegel in Weesen liess sich aus der Abflussmengen-Kurve die zugehörige Wassermenge entnehmen und für jeden Tag aufzeichnen (Fig. 2). Dasselbe galt für den Abfluss bei Zürich, nur mit dem Unterschied, dass der Pegel im Unterhard registrierend ist und auch noch die von der Sihl herrührenden Schwankungen wiedergibt; ebenso ist auch in Sihlbrugg ein derartiger registrierender Limnimeter vorhanden, welcher die Wasserstandsschwankungen der Sihl auf-

stellen, bleibt so ein freier Raum und dieser bedeutet nichts anderes als diejenige Wassermenge, welche, wenn senkrecht schraffiert, aus dem See mehr ab- als zugeflossen, und, wenn wagrecht schraffiert, mehr zu- als abgeflossen ist. Da ein Rechteck gleich ist  $10 \text{ m}^3$  pro Sekunde  $\times 86,400 = 864,000 \text{ m}^3$  pro Tag, so hat man (für einen gegebenen Zeitraum) nur nachzusehen, wie viele solcher Rechtecke zwischen den beiden inneren Kurven enthalten sind; zum Beispiel entsprechen 4,8 senkrecht schraffierte Rechtecke einem Mehrabfluss in dem fixierten Zeitraum von  $4,8 \times 864,000 = 4,147,000 \text{ m}^3$ .

Die nächste Frage ist nun: Welche Senkung tritt ein infolge dieses Mehrabflusses? Da die Fläche des Zürichsees für August und September 1911 mit  $87,7 \text{ km}^2$  in Rechnung gestellt werden kann, entspricht ein senkrecht schraffiertes Rechteck einer Senkung

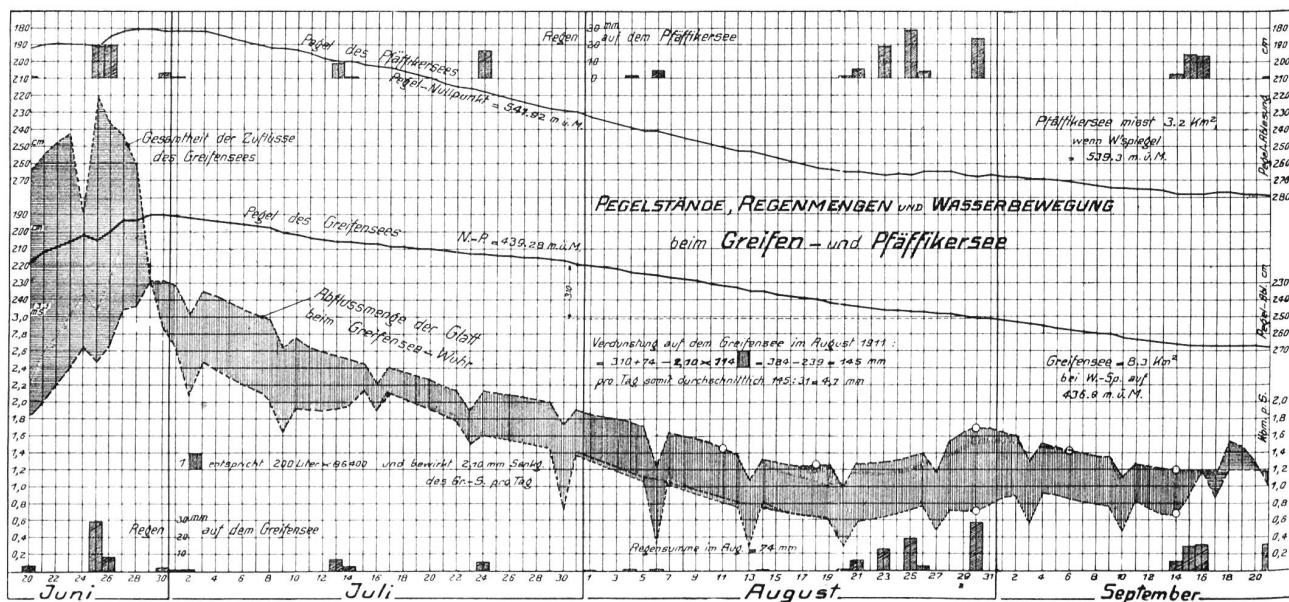


Fig. 4. Pegelstände, Regenmengen und Wasserbewegung beim Greifen- und Pfäffikersee.

zeichnet. Von der Linthkurve weg wurden nach oben aufgetragen die vereinigten Wassermengen der Wäggitaleraa, linksufrigen Bäthe und Binnenkanäle von Grynau bis nach Zürich hinunter, desgleichen diejenigen am rechten Ufer, deren bedeutendste der rechtsufrige Binnenkanal bei Grynau und die Jona bilden; von diesen Zuflüssen musste noch subtrahiert werden die Brauchwassermenge, welche für die Stadt Zürich aus dem See entnommen wird. Wenn pro Kopf der Wohnbevölkerung der hohe Verbrauch von 300 Liter pro Tag angenommen wird, ergibt dies für 180,000 Einwohner nur  $0,6 \text{ m}^3$  sekundliche Entnahme aus dem See. Von der bei Zürich-Unterhard abfließenden Menge muss ebenfalls noch die Sihl abgerechnet werden. Zwischen den beiden innern und voll ausgezogenen Kurven (Fig. 2), welche den tatsächlichen Zu- und Abfluss des Zürichsees dar-

von ( $864,000 \text{ m}^3 : 87,700,000 \text{ m}^2 = 0,00985 \text{ m}$  ( $9,85 \text{ mm}$ ) pro Tag) erzeugt demnach eine tägliche Senkung des Seespiegels von nahezu 1 mm. Von fünf zu fünf Tagen wurden nun diese Flächen ermittelt und die entsprechenden Senkungen ausgerechnet; nach der in unserer graphischen Darstellung angegebenen Rechnungsweise, respektive nach der Formel II, ergab sich dann unmittelbar die gesuchte Verdunstungshöhe.

Nachzutragen bleibt noch die Verwertung der Regenhöhen: Da die Regenmeßstationen Zürich und Küsnaht nur etwa für  $1/3$  der Seefläche massgebend sein können, diejenigen in Stäfa, Wädenswil, Rapperswil und Lachen hingegen für die andern  $2/3$ , wurde diesen doppeltes, jenen einfaches Gewicht beigelegt und damit die auf den See entfallenen Regenmengen erhalten.

Ganz entsprechend sind die gewonnenen Messungen vom Greifensee<sup>1)</sup> (Fig. 3) behandelt worden.

In Anbetracht des Umstandes, dass bei diesem kleineren Seebecken die Gewässerkontrolle noch schärfer gehandhabt werden konnte, beanspruchen die daraus hergeleiteten Verdunstungswerte auch grösseres Gewicht.

Nach den zuverlässigen Erhebungen stammten ungefähr  $\frac{2}{3}$  des gesamten Zuflusses vom Greifensee aus dem Pfäffikersee, der ein ganz bedeutendes Wasserquantum hergab, um über die grosse Trockenzeit hinwegzuhelfen. Die Hauptaufgabe bestand danach in der Bestimmung der Aabach-Wassermenge, welch letzteres Flüsschen direkt dem Pfäffikersee entströmt. Es wurden öftere Messungen vorgenommen bei der alten Pfahlbaustation zu Robenhausen, ferner unterhalb Aatal und auch am Einfluss in den Greifensee, ebenso das in der Nacht und zur Mittagszeit stattfindende temporäre Abstellen des Wassers auf Grund von eingeholten Erkundigungen berücksichtigt.

Die Füllung und Entleerung der vielen Fabrikweier äussert natürlich ihre Wirkung auf die Stärke des Aabaches. An den Sonntagen wurde ausserdem der Ausfluss am Pfäffikersee nahezu vollständig abgestellt, ebenso die Glatt. Ersteres ist an der Pegelkurve des Pfäffikersees sehr gut zu erkennen. Die Glatt am Auslauf wird an Sonntagen durch die Schleusen etwas reduziert, was aus den graphischen Tabellen der Glattkorporation, die uns ebenfalls in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt waren, hervorging.

Mit Berücksichtigung aller Einzelheiten für dieses Becken und gestützt auf die mehrfachen Geschwindigkeitsmessungen unter der Brücke bei Schwerzenbach-Fällanden ergab sich, dass von Ende Juni 1911 bis Mitte September der Abfluss des Greifensees stets bedeutend grösser war als der Zufluss, weshalb der See schon aus diesem Grunde täglich um ungefähr so viele Millimeter sinken musste, als Zehntel Kubikmeter Mehrabfluss vorhanden waren. Die Steigerung der Abflussmenge gegen Ende August röhrt her von der Reinigung des Glattkanals; das Wasser nahm sogleich eine etwas höhere Geschwindigkeit an, als die im Kanal befindlichen Pflanzen abgeschnitten worden waren (Fig. 4). Jeder Regen bewirkte natürlich eine entsprechende Verstärkung des Zuflusses; als massgebend für den Greifensee wurden die Regenmessungen der ombrometrischen Station Niederuster angenommen.

Unserer graphischen Darstellung (Fig. 4) entnehmen wir, dass während der Messperiode vom 10. August bis 20. September und anschliessend

daran noch zurückgreifend bis 36. Juli, als mittlere Verdunstungshöhen pro 24 Stunden (während der 5tägigen Zeitintervalle) die nachstehend aufgeführten Beträge resultieren.

		Greifensee		Zürichsee	
		Mittlere Verdunstungs-höhe pro Tag mm	Oberflächen-Temperatur °C.	Mittlere Verdunstungs-höhe pro Tag mm	Oberflächen-Temperatur °C.
31. Juli	bis 5. Aug.	5,6	26,0	5,3	26,5
6. Aug.	" 10. "	5,4	25,0	5,5	25,4
11. "	" 15. "	5,2	24,5	4,8	24,9
16. "	" 20. "	4,7	24,0	4,6	23,9
21. "	" 25. "	4,3	24,0	3,8	23,8
26. "	" 30. "	3,5	23,0	4,0	23,7
31. "	" 4. Sept.	3,4	23,5	3,7	23,3
5. Sept.	" 9. "	4,5	24,5	4,0	24,7
10. "	" 14. "	3,6	24,0	3,0	23,8
15. "	" 20. "	0,9	21,0	1,7	20,9

Als gesamte Verdunstung auf dem Greifensee im Monat August 1911 resultiert der Wert von 145 mm, pro Tag somit durchschnittlich 4,7 mm. Für den Zürichsee dagegen beträgt für denselben Zeitraum die totale Verdunstung 143 mm, demnach pro Tag 4,6 mm. Für die anhaltend heitere, trockene und ebenfalls noch sehr warme erste Septemberhälfte (vom 1.—15.) ergibt der Greifensee 57 mm, der Zürichsee 62 mm als totale Verdunstungssumme.

Nimmt man die zweite Julihälfte noch dazu, welche für den Greifen- und Zürichsee nahe je 93 mm totale Verdunstung liefert, so ergibt sich für die heisste und zugleich trockenste Zeit des Sommers 1911, nämlich vom 16. Juli bis 15. September (62 Tage), die totale Summe von 300 mm Verdunstung für jeden der beiden Seen, das heisst nahe ebenso viel als in normalen Sommern die durchschnittliche Regenmenge für dieselbe zweimonatliche Zeit am Zürich- resp. Greifensee beträgt.

In Anbetracht des abnormalen Wärmezustandes, der guten Ventilation und verhältnismässig grossen Lufttrockenheit im verflossenen Hochsommer — die Stationen am Nordfuss unserer Alpen ergeben im August zum Beispiel eine durchschnittliche positive Abweichung von der normalen Temperatur bis zu  $3,9^{\circ}$  C., für die erste Septemberhälfte sogar bis zu  $5^{\circ}$  C. — dürfen obige Zahlen wohl als Höchstwerte für die Verdunstung freier Seeflächen in unserm klimatischen Bereich angesehen werden.

Die aus unsren Erhebungen für den Zürichsee erhaltenen Verdunstungswerte sind in der Totalsumme für den August nur wenig kleiner als die entsprechenden Zahlen von Greifensee; man hätte gegenteils in Anbetracht der ziemlich stärkern Luftventilation, infolge der regern Land- und Seebrise über der grössern Wasserfläche des Zürichsees, etwas höhere Werte erwarten dürfen. Bei Herleitung der erstern dienten als Grundlage vor allem die Abflussmengen-Kurven des Eidgenössischen hydrometrischen Bureaus, welche in

<sup>1)</sup> Hier repräsentiert ein Rechteck der Zeichnung 0,2 m<sup>3</sup> Mehrabfluss pro Sek.; die entsprechende Senkung des Wasserspiegels pro Tag ist: 2,10 mm (bei 8,2 km<sup>2</sup> Seefläche, entsprechend dem tiefern Wasserstande).

graphischer Form den Zusammenhang zwischen Pegelstand und sekundärer Wassermenge liefern. Auch wenn wir die Annahme machen, dass jenen Wassermengen-Kurven (bei tieferen oder höheren Werten der Pegelstände) noch gewisse Unsicherheiten anhaften, die das Rechnungsergebnis für die Verdunstungshöhen des Zürichsees noch etwa um 5—10% vermehren könnten, so bleiben die Gesamtwerte doch immer noch — in Anbetracht der abnormen Witterungszustände — auf bescheidener Stufe, gegenüber den meist in der Praxis verwendeten bedeutend höheren Werten, die zudem nur für normale meteorologische Verhältnisse gelten und jeder sichern Grundlage entbehren.

Nehmen wir die für den Greifen- und Zürichsee erhaltenen Zahlen als Basis an, so ziehen wir daraus den Schluss, dass auch für ein sehr warmes Klima — in acht bis zehnmonatiger Dauer derselben Witterungszustände, wie sie uns der denkwürdige Sommer 1911 gebracht hat — eine Verdunstungssumme von höchstens etwa 1500—1600 mm pro Jahr zustande kommen dürfte. Tomlinson gibt für Bombay — das einzige zur Verfügung stehende Beispiel — die jährliche Verdunstungshöhe einer Wasserfläche von etwa 8 km<sup>2</sup> zu 62,5<sup>1)</sup> inches = 1587 mm an, was von unsern letztgenannten Werten nicht erheblich differiert; man darf ja nicht vergessen, dass die Mitteltemperatur der neun heißesten Monate des Jahres hier noch um 4—5 Grade höher geht als bei uns in der abnorm heißen Zeit des diesjährigen August; dafür ist die relative Feuchtigkeit grösser.

Weitere Vergleichswerte für gemässigte klimatische Gebiete stehen uns nicht zur Verfügung, da, wie schon eingangs bemerkt, andere zuverlässige Daten über die totale Verdunstung grösserer freier Wasserflächen bis heute noch fehlen.



## Navigation du Rhône au Rhin.

### Le Comité Franco-Suisse du Haut-Rhône.

L'Union des Chambres de Commerce françaises à l'étranger s'est réunie le 14 décembre 1911 en séance de comité, puis en assemblée générale, au Ministère du Commerce, à Paris, sous la présidence d'honneur de M. le sénateur Lourties, et la présidence effective de M. Gès. Les délibérations ont été ouvertes par Monsieur le Ministre du Commerce, qui a bien voulu prouver par sa présence au début de la séance tout l'intérêt qu'il porte à ces questions.

Une intervention apportée à l'ordre du jour a permis au Président de la Chambre de Commerce française de Genève, M. Niepce, d'exposer au Mi-

<sup>1)</sup> Vergleiche S. Tomlinson: „Rainfall and evaporation observations at the Bombay Waterworks.“ Quart. jour. met. soc. 1894, XX. pag. 63—70.

nistre l'objet de l'initiative prise par cette Chambre, en vue de la constitution d'un comité franco-suisse du Haut-Rhône; puis notre collègue, M. G. Autran, ingénieur, a présenté une communication sur la navigation du Rhône au Rhin par la Suisse, et sur la nécessité de l'entente internationale qui permettra de réaliser la voie navigable de Lyon à Genève.

Cet exposé a obtenu l'approbation du Ministre et de l'assemblée, qui par l'organe de son président, a reconnu toute l'utilité de la création d'un comité semblable, en vue de préparer une entente prochaine entre les gouvernements intéressés.

D'autre part, le président de l'association française pour l'amélioration et la défense de la navigation intérieure, M. Linyer, qui se trouvait à ce moment à Paris, a accueilli favorablement, ainsi que deux des vice-présidents, MM. Paul Mallet et Perier de Féral, la proposition de la Chambre de Genève.

Enfin le président de l'Office des Transports, M. J. Coignet, que les délégués avaient déjà entrevu à Lyon, a été également sollicité de se joindre au comité et il y a tout lieu d'espérer que ces démarches auront un résultat favorable.

Comme l'adhésion de l'Association et du Syndicat suisse du Rhône au Rhin ne fait l'objet d'aucun doute, on peut considérer le comité franco-suisse comme virtuellement constitué; d'autres représentants des Chambres de Commerce du Sud-Est de la France et des Compagnies de navigation sur le Rhône se joindront très-probablement à ce groupe, de sorte que l'assemblée constitutive pourra être convoquée à l'issue du Congrès national du Commerce extérieur à Paris en juin 1912; la formation de ce comité sera notifiée à ce moment aux deux gouvernements.

On peut donc angager de ces démarches préliminaires une solution favorable à la réalisatiien de nos efforts en vue de l'ouverture du Haut-Rhône à la navigation.

□ □ □

**Communication présentée à l'Assemblée générale de l'Union des Chambres de Commerce françaises à l'étranger, aux colonies et aux pays de protectorat à Paris, le 14 décembre 1911.**

Monsieur le Ministre,  
Messieurs,

Notre projet de rapport sur la question du Haut-Rhône indique d'une manière sommaire les trois points principaux qui en feront l'objet et le but de la communication d'aujourd'hui est de vous exposer avec quelques détails le développement que nous nous proposons de donner à l'étude qui sera présentée au Congrès de 1912.

La voie navigable du Rhône, de Marseille à Lyon, et les améliorations dont elle est susceptible, ont donné lieu, comme vous le savez, à un concours de projets et à de nombreux travaux, qu'il n'est natu-