

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 5 (1912-1913)
Heft: 11

Artikel: Über die Grösse der jährlichen Verdunstung auf Seeflächen
Autor: Maurer, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920015>

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: 01.08.2025

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

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

№ 11

ZÜRICH, 10. März 1913

V. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis

Über die Grösse der jährlichen Verdunstung auf See-
flächen. — Wölfeltalperre. — Wettbewerb für die Schiffbar-
machung des Rheines bis zum Bodensee. — Wasserrecht. —
Wasserkraftausnutzung. — Schifffahrt und Kanalbauten. —
Verschiedene Mitteilungen.

Über die Grösse der jährlichen Verdunstung auf Seeflächen.

Von Dr. J. Maurer,

Direktor der Eidgenössischen Meteorologischen Zentralanstalt.

Über die Wirkung der grossen Hitze- und Trocken-
zeit 1911, speziell auf die Seenverdunstung, habe ich
im Band IV, No. 8, dieser Zeitschrift einige Ergeb-
nisse veröffentlicht, denen nun die Resultate der
während eines ganzen Jahres nach derselben Methode
durchgeführten Messungen am Zuger- und Ägerisee
folgen.*) Unsere damals benutzte und an dieser
Stelle näher beschriebene Methode einer direkten
hydrometrischen Vermessung zur Verdunstungsbestim-
mung aus dem Wasserhaushalt der beiden Seen —
Zürich- und Greifensee — war infolge jener uner-
hört langen und intensiven Trockenperiode von vorn-
herein gegeben und es besass dieses Verfahren den
Vorzug, dass es den See als ein ganzes erfasst,
wogegen die an einer einzelnen Stelle des Sees
gemessene Verdunstung — zum Beispiel mittelst
kleiner in denselben getauchter Gefässe**) — nicht
ohne weiteres auf die ganze Seefläche übertragen
werden darf. Andererseits besitzt aber auch die hydro-
metrische Methode einen spezifischen Nachteil, näm-

*) Die Fortführung der Arbeiten verdanken wir der freund-
lichen finanziellen Mitwirkung des Schweizerischen Wasser-
wirtschaftsverbandes.

**) Vergleiche „Jahrbuch für die Gewässerkunde Nord-
deutschlands“ (1907 u. ff. Einleitung), herausgegeben von der
preussischen Landesanstalt für Gewässerkunde.

lich den, dass sie den unterseeischen Wasseraus-
tausch zwischen Seebecken und Erdboden nicht zu
berücksichtigen und nicht zu messen vermag, die ef-
fektiven Berechnungen deshalb stets etwas zu ge-
ringe Verdunstungsbeträge ergeben werden. Da aber
bis heute numerische Werte über die totale jähr-
liche Verdunstung von grössern Seeoberflächen über-
haupt nicht bekannt sind, so dürfte das hier gebotene
dem Hydrotechniker immer noch willkommener sein,
als die vielfach kritiklosen da und dort veröffentli-
chten Zahlwerte über die Verdunstungsmengen freier
Wasserflächen, die nur auf ganz oberflächlichen oder
höchst unsicheren Schätzungen beruhen.

Zuger- und Ägerisee erweisen sich für der-
gleichen Verdunstungsbestimmungen noch besser als
Zürich- und Greifensee. Der Zugersee hat den Vor-
teil — wie uns Professor Heim bemerkt — in
einem toten Tal zu liegen, dessen Oberlauf keinen
ausgedehnten Kiesboden aufweist. Die ihn umgeben-
den Gesteine sind nicht tief, sondern nur in einzel-
nen Schichten etwas durchlässig, meist aber undurch-
lässig. Der Zugersee hat nur wenig Zuflüsse und der
untere Seeabschluss ist ganz dicht verschlammt;
Schwierigkeiten sind die künstliche Stauung durch
die Schleusen bei Cham und der alpin beeinflusste
Charakter des obern Teiles. Der Ägerisee weist
sicher ebenfalls nirgends grosse Quellen auf und ist
von undurchlässiger Grundmoräne abgestaut. Etwelche
Schwierigkeiten bereiten wiederum sein alpiner Cha-
rakter und die künstliche Wasserstandregulierung
durch die Fabriken.

Für die Durchführung einer solchen hydrometri-
schen Vermessung im grossen an den vorgenannten
beiden Seebecken war der letztjährige Witterungs-

verlauf, vorab in der zweiten Hochsommer- und ersten Herbstperiode, leider ungünstig, ganz im Gegensatz zu dem von 1911; allein daran war nichts zu ändern, zumal die nötigen Vorbereitungen schon im Spätherbst 1911 getroffen werden mussten. Herr Ingenieur Mettler-Zürich stellte sich wieder in uneigennützigster Weise zur Verfügung und übernahm mit grosser Sachkenntnis und weitestgehender Sorgfalt die Durchführung des komplizierten hydrometrischen Programms, das natürlich vor allem eine fortlaufend genaue Gewässerkontrolle an den beiden Seen erforderte, wobei die Arbeiten diesmal nicht bloss bei guter und ständig trockener Witterung, sondern auch bei Regen-, Schneefall und andern die Messung vielfach erschwerenden Umständen durchgeführt werden mussten. Es war auch wichtig, die Bestimmung der in die Seen fliessenden und diese wieder verlassenden Wassermengen bei jedem Rundgang in der kleinst möglichen Zeit zu vollführen. Aus mehrfachen Gründen ist es nämlich nötig, die Wassermessungen stets rasch aufeinander folgen zu lassen; denn einerseits können bei unbeständiger Witterung die kleinen Bäche und Flüsschen von einem Tage zum andern um das Doppelte und mehr ihrer Stärke anschwellen und nachlassen, so dass bei einer Verzettlung der Messungen das Urteil über den wirklichen Zufluss stark getrübt wird. Andererseits liefert der Abfluss des Ägerisees einen beträchtlichen Teil der dem Zugersee zuströmenden Wassermenge und dieser Teil kann oft durch die Handhabung der Schleusen in Unterägeri bedeutenden Schwankungen unterliegen; daher ist es wiederum klar, dass jeweilen die Messungsarbeit an beiden Seen durch die Umrundung an einem Tage (bei möglichst unveränderter Schleusenstellung) vorgenommen werden musste.

In der verhältnismässig kurzen, jeweilen zur Verfügung stehenden Zeit konnten natürlich keine Flügelmessungen gemacht werden; diese hätten überdies weitere Hilfskräfte, verschiedene Installationen und auch grössere finanzielle Leistungen zur Voraussetzung gehabt. Ebenso unterblieb der hohen Kosten wegen die Aufstellung einiger Pegel, besonders solcher, welche den Wasserstand in den stark veränderlichen Zu- und Abflüssen registriert und damit eine fortlaufende Ermittlung der Durchflussmengen gestattet hätten. Statt dessen behalf man sich in einfacher Weise damit, die Messprofile unter Strassenbrücken zu wählen und bei jeder Messung von einem festen Punkt der Brücke, zum Beispiel von einer Geländerstütze aus, den senkrechten Abstand bis zum Wasserspiegel (Abstich) mittelst eines Stahlmessbandes und Senkbleis auf die Millimeter genau abzumessen. Zur Aufnahme des Sohlenprofils diente die gleiche Vorrichtung, so dass letzteres in bezug auf den zur Zeit der Aufnahme beobachteten Wasserspiegel ohne Schwierigkeit aufgezeichnet werden

konnte, desgleichen auch andere, das Profil ergänzende Teile (Widerlager, Träger, Geländer, Fahrbahn der Brücke usw.). Die Messung der Wassergeschwindigkeit erforderte zum Teil Oberflächen- und zum Teil Tiefenschwimmer. Für letztere verwendete Herr Ingenieur Mettler wiederum mit grossem Vorteil teilweise mit Wasser gefüllte Flaschen, deren Schwimmtiefe durch eine besondere Vorrichtung sich leicht regulieren liess. Man erhielt mit dieser verhältnismässig recht einfachen Vorrichtung, ergänzt noch durch eine Stoppuhr, genau die gleichen Diagramme, wie mit Flügeln, und zwar für Geschwindigkeiten bis zu 100 cm Tiefe unter dem Wasserspiegel; die grössten auf diese Weise ermittelten Geschwindigkeiten betragen 1,5 m/sek., die gewöhnlichen ungefähr 0,4—0,5 m/sek. Aus den Geschwindigkeitsmessungen wurden später die Vertikaldiagramme und mit deren Hilfe die Wassermengen ermittelt, und zwar durch dasselbe graphische Verfahren, welches auch bei der Ausarbeitung von Flügelmessungen benutzt wird. Es zeigte sich dabei, dass nicht allein der Pegelstand (oder „Abstich“) für die Grösse der durchfliessenden Wassermenge massgebend ist, sondern ausser diesem auch noch das Gefälle des Wasserspiegels, welches durch Schleusen, Baggermaschinen, Schiffe usw. oft merklich verändert werden kann. Da es nicht möglich war, in allen Fällen eine Stelle zu finden, wo die Durchflussmenge ausschliesslich vom Wasserstand bedingt gewesen wäre, wurden vorsichtshalber nicht nur im Messprofil, sondern noch eine Strecke oberhalb und eine andere unterhalb, die Abstiche wiederholt gemessen und aus den Differenzen der letztern ein Rückschluss auf die Vermehrung oder Verminderung des Gefälles gegenüber dem Normalen gezogen. Für die verschiedenen Gefälle ergaben sich dann selbstverständlich auch verschiedene Wassermengenkurven, das heisst Kurven, welche die Beziehung zwischen Durchfluss und Pegelstand (respektive Abstich) ergeben. Ausser diesen speziell hydrometrischen Arbeiten sind in Cham und bei Lothenbach am Zugersee, sowie in Unterägeri und gegenüber von Morgarten am Ägerisee, noch die Temperaturen von Luft und Wasser, die relative Feuchtigkeit der Luft, die Bewölkungs- und Windverhältnisse sorgfältig bei jeder Tour notiert worden.*)

Zu diesen monatlich mindestens dreimal ausgeführten Messungen kamen dann insbesondere die täglichen Pegelstandbeobachtungen von Zug, Cham, Arth und Unterägeri dazu, sowie die Aufzeichnungen der Regenmessstationen in Zug, Cham und Waldwil, (Meteor. Station), ferner Unterägeri und Hauptsee. Da die Ermittlung der Verdunstung nach vorliegender Methode erfordert:

*) Ausserdem waren in Waldwil am Zugersee noch besondere Registrierinstrumente für die kontinuierliche Aufzeichnung der Lufttemperatur und relativen Feuchtigkeit plziert.

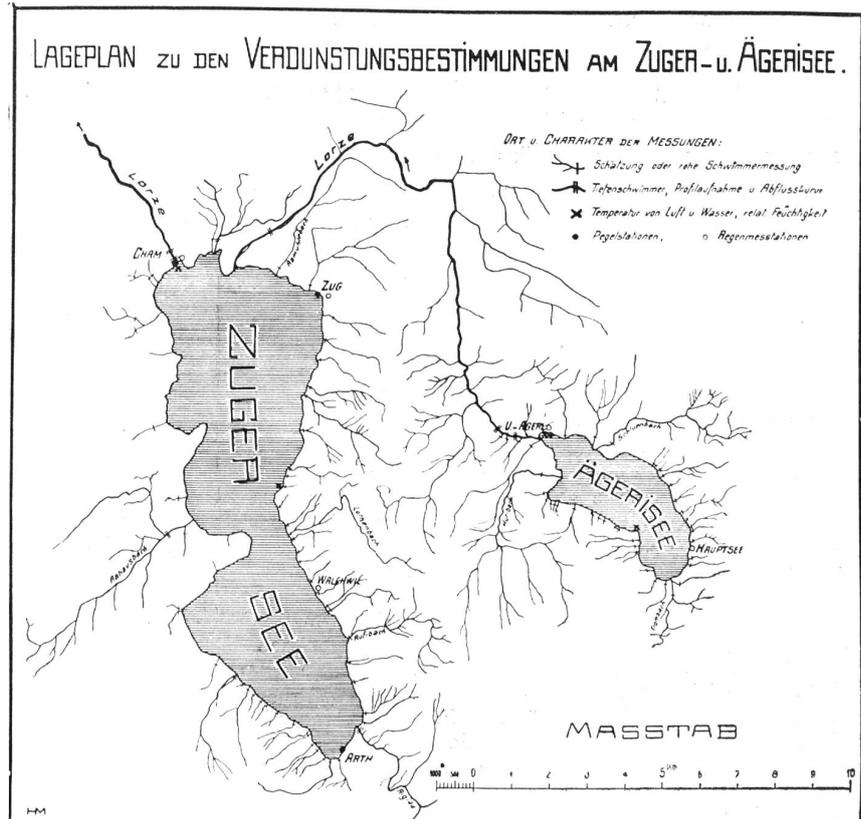
1. Die dem See zuströmende Wassermenge,
2. die aus dem See abgehende Wassermenge,
3. die Änderung der Seespiegelhöhe,
4. die auf die Seeoberfläche gefallene Regenmenge,

so sind natürlich die Pegel- und Niederschlagsbeobachtungen nicht weniger wichtig, als die Messungen der Zu- und Abflussmengen; denn die Beobachtungsfehler finden sich ohne weiteres auch in der berechneten Verdunstungshöhe. Gerade mit Rücksicht auf diese letztern Beobachtungen erscheint es auch nicht angezeigt, die Verdunstungshöhe pro Monat auf weniger als $1\frac{1}{2}$ cm genau anzugeben, um eine Genauigkeit vorzutäuschen, die ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit liegt.

Unserer Skizze (Figur 1) sind sämtliche Angaben über die untersuchten Gewässer zu entnehmen, woraus auch leicht ersehen werden kann, wo die Messungen stattfinden und welcher Art sie waren.

Aus dem besprochenen Beobachtungsmaterial war nun die Grösse der totalen Verdunstung über den Seeflächen abzuleiten. Die Lösung dieser Aufgabe geschah in der Hauptsache, wie früher, graphisch, indem es auf andere Weise überhaupt nicht möglich gewesen wäre, die vielen Unregelmässigkeiten im Wasserregime der Wirklichkeit entsprechend und ohne vereinfachende Annahmen in die Untersuchung einzuführen. Nach Beendigung einer ersten mehr orientierenden Berechnung wurde die ganze Studie nochmals durchgeführt, um die anfänglich nicht genügend bekannten, durch die Fabrikbetriebe hervorgerufenen meist bedeutenden Schwankungen der Wassermengen möglichst getreu wiederzugeben.

Bei dergleichen Untersuchungen, die in ihrer Art ja völlig neu sind, ist es natürlich unmöglich, die Bedeutung der einzelnen Faktoren zum vorneherein völlig richtig und unzweideutig einzuschätzen; erst nach längerem Studium erkennt man mit Sicherheit die schwächeren Stellen der Arbeit, die noch einer Ergänzung bedürfen, um ein möglichst einwandfreies Resultat zu erhalten, soweit ein solches mit der vorliegenden Methode überhaupt zu erreichen ist. Ganz unmöglich war es natürlich, die Verdunstung von Tag zu Tag direkt zu bestimmen. Während der trockene, heisse Sommer 1911 mit seiner langsamen und



Figur 1.

gleichmässig stetigen Abnahme der Wassermengen und Seestände die denkbar günstigste Gelegenheit zur Bestimmung der Verdunstung bot, war die gleiche Aufgabe im vorwiegend regnerischen Jahre 1912 mit beträchtlichen Schwierigkeiten verbunden und daher auch die direkte Ermittlung der verdampfenden Wassermenge stets nur während den im vergangenen Jahr leider recht dünn gesäten regenlosen oder wenigstens gleichmässig verregneten Perioden durchführbar. Erscheinen zum Beispiel in einem Monat drei Tage ganz und sechs teilweise verregnet, zwölf Tage ohne Sonne und merklichen Wind, neun hingegen warm und windig, so ist die Verdunstung an den drei gänzlich verregneten Tagen gleich Null anzunehmen; an den nur teilweise verregneten und an den sonnenlosen Tagen hinwieder ist sie kleiner als an sonnigen oder windigen Tagen. Aus der Kenntnis der Witterung liess sich so eine approximative Abstufung in der täglichen Verdunstung herauskonstruieren, welche schliesslich erlaubte, eine annähernd der Wirklichkeit entsprechende Monatssumme zu bekommen, obwohl nur die Tage mit gleichmässigem Wasserregime eine direkte Bestimmung der Verdunstung gestatteten. Am meisten Gewicht in bezug auf genauere Bestimmung beanspruchen nachstehende Monate des vergangenen Jahres 1912: Januar, April, Mai, Juli, August, September und November; die übrigen waren einem stark bewegten Wasserregime unterworfen, oder zeigten in den Pegelbeobachtungen nicht durchweg die erforderliche Genauigkeit, was zum Teil

auch Störungen durch Wind- und Wellenschlag zugeschrieben werden kann.*)

Die Beziehung zwischen den Wassermengen und Pegelstandänderungen, welche in unsern Berechnungen die erste Stelle einnimmt, lässt sich mit folgendem kurz zusammenfassen: Bei einem Pegelstand von 0,8 m in Zug hat der Zugersee eine Ausdehnung von 38,24 km². Mit Annahme einer Böschung von durchschnittlich 1/4 erhält man für den höchsten Stand von 1,33 m (in Zug) eine Seefläche = 38,32 km² und für den tiefsten von 0,46 m eine solche = 38,18 km². Eine Differenz zwischen Zu- und Ab-

fluss von 1 m³/sek. ändert also die Höhe des Seespiegels pro Tag um

$$\frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot m^3}{38,320,000 m^2} = 0,002255 m \text{ bei hohem Stand}$$

und um

$$\frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot m^3}{38,180,000 m^2} = 0,002263 m \text{ bei tiefem Stand.}$$

Im Ägerital ist die Seefläche bedeutend kleiner und deshalb die Änderung des Pegelstandes entsprechend grösser. Als grösste Fläche im Beobachtungsjahr 1912 kann gelten 7,27 km², als mittlere 7,24 km² und als kleinste 7,19 km² bei etwa 1/6 durchschnittlicher Uferböschung.

Diese Zahlen ergeben für den Höchststand von 1,05 m (Unterägeri) pro 1 m³/sek. eine tägliche Pegeländerung = 0,01189 m, für den mittleren (0,60 m) eine solche von 0,01193 m und für den tiefsten (0,06 m) noch 0,01202 m.

Die Hauptresultate unserer ganzen Studie mit den nach der bekannten Beziehung

$$\text{Verdunstung} = \text{beobachtete Pegelschwankung} + \text{Regenhöhe} - \text{Senkung wegen Mehrabfluss}$$

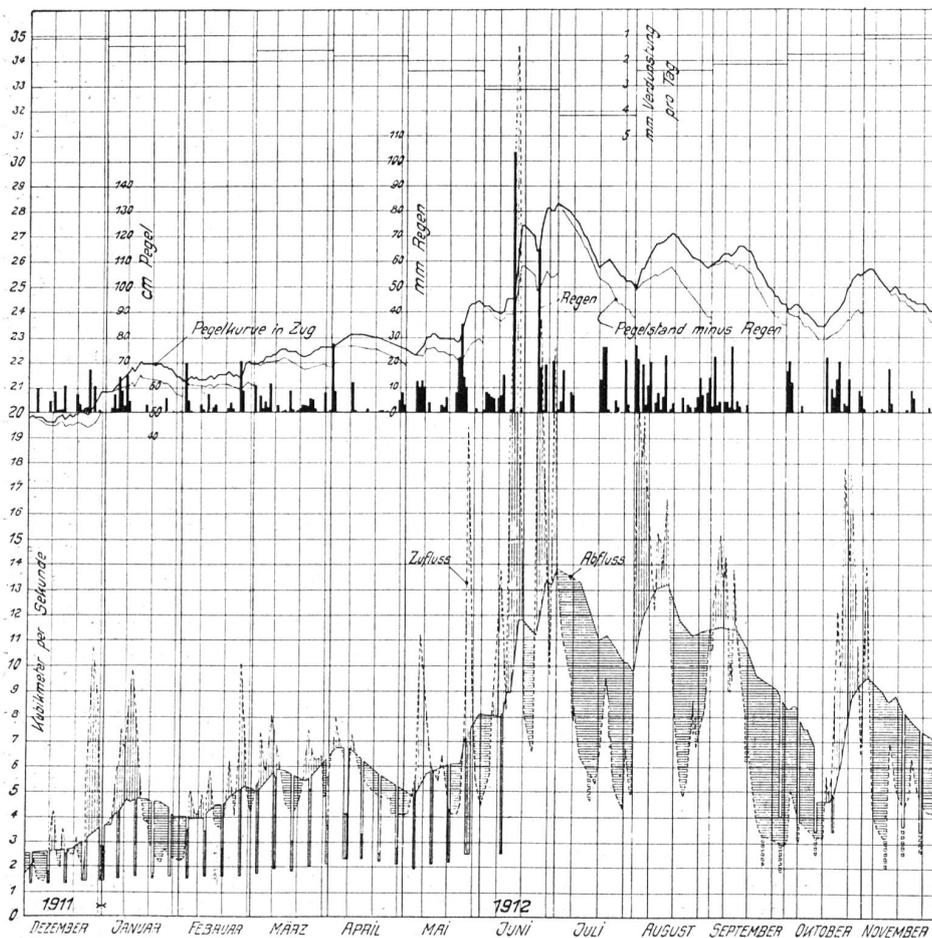
berechneten Verdunstungswerten sind nun von Dekade zu Dekade in nach-

folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt, wobei Zu- und Abfluss der Seen nach der vollzogenen graphischen Berechnung als Mittelwerte der betreffenden in der Regel zehntägigen Perioden aufzufassen sind; die Figuren (2) und (3) geben ferner eine anschauliche graphische Darstellung über den gesamten Wasserhaushalt der beiden Seen während der vollen Beobachtungsperiode (Dezember 1911 bis November 1912, siehe Tabelle Seite 144).

Im Jahresverlauf ergibt sich nun für die totale Verdunstung auf dem Zuger- und Ägeri-see nach Monats- und Jahressummen:

Zugersee:				
1911	1912			
Dez.	Jan.	Febr.	März	
35	45	60	50 mm	
	April	Mai	Juni	
	55	75	95 „	

*) In denjenigen Monaten, wo es auf Rigi, Rossberg und den höhern Lagen vorwiegend schneite, in der Tiefe aber regnete, hing die Grösse des Zuflusses nicht bloss vom Niederschlag allein ab, sondern auch vom Föhn, der dort noch kräftig bläst und dem Einfluss der Sonnenwärme, in dem die letztern beiden Agenzien die Schneeschicht auf den Höhen rasch zum Schmelzen bringen. An den Tagen, wo durchweg Schnee fiel, zeigen nur die Pegelkurven einen Anstieg, während die Zuflüsse gar keine Anschwellung aufweisen. Erst bei nachfolgendem Tauwetter macht sich dann eine vermehrte Wasserführung bemerkbar und zwar gleichmässiger und anhaltender als bei Regengüssen. Für die fortlaufende Aufzeichnung des Zuflusses und auch des Abflusses, welche beide nur in je zirka zehn Tagen zeitlichem Abstand wirklich genauer gemessen wurden, ist es daher unumgänglich notwendig, den Einflüssen der Witterung nach bestem Wissen und Können Rechnung zu tragen.



Figur 2. Wasserhaushalt des Zugersees.

Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Jahresverdunstung
130	75	65	55	35	775 mm

1911 1912 Ägerisee:							
Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli
25	40	55	65	60	75	90	105
							mm
							Jahresverdunstung
							740 mm

Zur Erläuterung der vorstehenden beiden Tabellen mögen einzelne Beispiele dienen:

- a) Zugersee, 21.—31. August 1912
 Zufluss in den See = 7,4 m³/sek.
 Abfluss aus dem See = 11,2 „
 Mehrabfluss = 3,8 m³/sek.
 Pegel Zug im Mittel = 112 cm.

Bei dieser Höhe des Seespiegels bewirkt 1 m³/sek. in elf Tagen eine Pegeländerung von 24,8 mm. An Regen fielen 55 mm (abgerundet), die tatsächliche Seespiegeländerung war = -60 mm.

Nach der Beziehung:
 Verdunstung = Regen + Pegelschwankung wegen Differenz (Zufluss — Abfluss) — beobachtete Pegelschwankung

findet sich die erstere wie folgt:
 Verdunstung (vom 21.—31. August)
 = 55 — 3,8 × 24,8 + 60 = 20,8 mm
 oder rund = 20 mm.

- b) Ägerisee,
 1.—10. Mai 1912
 Zufluss in den See = 2,86 m³/sek.
 Abfluss aus dem See = 1,84 „
 Mehrzufluss = 1,02 m³/sek.
 Pegel Unterägeri im Mittel = 77 cm.

Bei dieser Höhe des Seespiegels bewirkt 1 m³/sek. in zehn Tagen eine Pegeländerung von 119,1 mm. An Regen fielen 55 mm (wie vorhin, jedoch zufällig), die beobachtete Seespiegeländerung war + 150 mm, daraus erhält man die Verdunstung

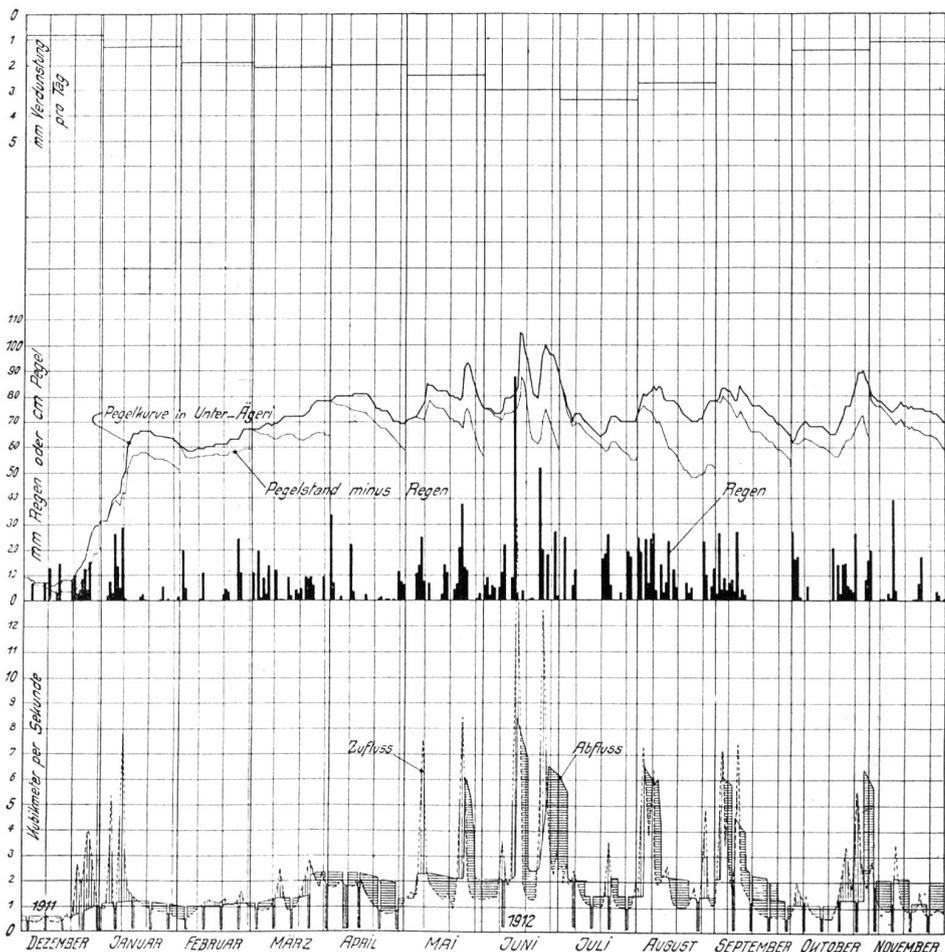
$$= 55 + 119,1 \times 1,02 - 150 = 26,5 \text{ mm}$$

oder rund = 25 mm.

Leider ist es nicht möglich, auch den unterseeischen Grundwasserzufluss zu messen, beziehungsweise in die Rechnung zu ziehen; die Letztere wird daher stets für die Verdunstung etwas zu geringe

Resultate liefern, um wieviel, das ist allerdings schwierig zu sagen. Da ich in der Frage des Grundwasserstromes durchaus kein massgebendes Urteil habe, so wandte ich mich deshalb an unsern Geologen Albert Heim, um seine Meinungsäußerung in dieser Grundwasserfrage einzuholen. Aus seinen mir sehr wertvollen gefälligen Mitteilungen hebe ich das Wichtigste, weil allgemein interessierend, heraus:

„Ihre Anfrage, welchen Anteil am Haushalte unserer Seen, die unter Wasser stattfindenden Zu- oder Abflüsse nehmen, kann ich Ihnen wie folgt beantworten: Nach unsern zahlreichen Erfahrungen hat sich die allgemeine populäre Annahme von vielen Quellsuflüssen unter dem sichtbaren Seeniveau, von Verbindungen der Seen mit dem Grundwasser, abfließend oder zufließend, nirgends bewährt; im Gegenteil zeigt sich, dass die Seen sich durch ihre eigenen Niederschläge mechanischer und chemischer Natur dicht auspichen. Die Grundwasserstände in den Umgebungen der Seen hängen nicht, infolge einer Kommunikation unter dem Seeniveau, vom Seestande und seinen Wechseln ab, sondern nur dadurch, dass ihr Austrittsniveau als Überschluckquellen vom See gestaut wird. Bei niedern Seeständen sieht man dann in den trocken liegenden



Figur 3. Wasserhaushalt des Ägerisees.

Zugersee							Ägerisee						
Datum	Zufluss	Abluss	Pegel- schwankungen	Regen- menge	Ver- dunstung	Wasser- tem- peratur	Datum	Zufluss	Abluss	Pegel- schwankungen	Regen- menge	Ver- dunstung	Wasser- tem- peratur
	m ³ /sek.	m ³ /sek.	mm	mm	mm	° Cels.		m ³ /sek.	m ³ /sek.	mm	mm	mm	° Cels.
1911							1911						
1.—10. Dezbr.	1,8	2,4	— 15	15	15	8,7	1.—10. Dezbr.	0,45	0,48	— 30	15	10	4,8
11.—20. „	2,7	2,5	+ 25	30	10	6,9	11.—20. „	0,47	0,47	+ 35	40	5	5,4
21.—31. „	5,5	2,6	+ 90	35	10	6,6	21.—31. „	2,02	0,66	+ 225	55	10	5,5
1912							1912						
1.—10. Januar	4,9	3,4	+ 80	55	10	5,8	1.—10. Januar	1,86	0,92	+ 190	85	10	5,1
11.—20. „	6,1	4,3	+ 30	5	15	4,8	11.—20. „	2,42	1,04	+ 160	5	10	5,0
21.—31. „	2,2	3,9	— 55	5	20	4,5	21.—31. „	0,61	0,99	— 60	10	20	4,5
1.—10. Februar	3,2	3,2	+ 15	30	15	4,8	1.—10. Februar	0,65	0,95	— 20	35	20	4,2
11.—20. „	4,2	3,8	+ 5	15	20	5,8	11.—20. „	1,19	0,80	+ 30	10	25	4,3
21.—29. „	6,1	4,1	+ 45	30	25	6,7	21.—29. „	1,20	1,06	+ 40	35	10	5,2
1.—10. März	5,7	4,6	+ 50	40	15	7,9	1.—10. März	0,88	0,95	+ 30	65	25	6,0
11.—20. „	4,9	5,3	— 20	15	25	8,2	11.—20. „	1,25	1,17	+ 20	25	15	5,9
21.—31. „	5,5	5,1	+ 30	30	10	8,5	21.—31. „	1,98	1,64	+ 60	40	25	6,3
1.—10. April	6,2	5,7	+ 40	45	15	8,8	1.—10. April	1,82	1,90	+ 30	65	25	5,7
11.—20. „	5,0	5,7	— 25	5	15	8,9	11.—20. „	1,63	2,02	— 60	5	20	6,1
21.—30. „	3,6	4,7	— 35	15	25	9,9	21.—30. „	0,89	1,50	— 60	30	15	7,6
1.—10. Mai	6,3	4,8	+ 60	50	25	13,2	1.—10. Mai	2,86	1,84	+ 150	55	25	11,7
11.—20. „	5,2	4,9	— 15	10	30	15,5	11.—20. „	1,57	2,16	— 60	30	20	14,8
21.—31. „	9,2	6,8	+ 130	90	20	16,5	21.—31. „	2,61	3,39	— 30	100	30	15,0
1.—10. Juni	8,1	7,6	+ 35	55	30	16,9	1.—10. Juni	1,80	1,81	+ 40	65	25	15,9
11.—20. „	18,4	10,6	+ 245	105	35	19,0	11.—20. „	4,52	4,90	+ 20	105	40	17,9
21.—30. „	14,3	12,6	+ 130	120	30	20,1	21.—30. „	4,38	4,56	+ 70	120	25	18,0
1.—10. Juli	9,8	13,5	— 110	40	45	19,9	1.—10. Juli	2,13	3,64	— 170	45	35	18,9
11.—20. „	6,4	12,0	— 110	65	50	20,2	11.—20. „	1,18	1,35	— 10	60	50	19,8
21.—31. „	6,5	10,5	— 105	30	35	20,5	21.—31. „	1,40	1,36	+ 30	45	20	18,7
1.—10. August	16,5	12,0	+ 185	115	30	20,0	1.—10. August	4,06	4,51	+ 60	145	25	18,1
11.—20. „	10,2	12,2	— 30	40	25	19,2	11.—20. „	1,34	2,12	— 70	60	25	17,9
21.—31. „	7,4	11,2	— 60	55	20	18,4	21.—31. „	1,68	1,34	+ 60	50	35	17,8
1.—10. Septbr.	12,2	11,4	+ 70	70	20	16,5	1.—10. Septbr.	3,93	3,96	+ 60	80	15	16,1
11.—20. „	7,2	10,4	— 90	10	30	15,3	11.—20. „	1,65	2,38	— 100	5	20	13,6
21.—30. „	2,8	8,3	— 140	0	15	14,2	21.—30. „	0,62	1,33	— 110	0	25	13,2
1.—10. Oktober	3,9	7,5	— 50	50	20	12,5	1.—10. Oktober	1,07	1,05	+ 50	65	15	11,9
11.—20. „	4,6	5,2	+ 35	75	25	11,7	11.—20. „	0,86	0,88	+ 20	40	20	11,1
21.—31. „	13,0	8,8	+ 125	30	10	10,6	21.—31. „	2,36	1,96	+ 140	95	10	9,7
1.—10. Novbr.	6,8	9,1	— 65	5	10	8,5	1.—10. Novbr.	1,24	2,44	— 90	65	10	7,8
11.—20. „	5,1	7,8	— 40	30	10	7,4	11.—20. „	1,64	1,63	0	15	15	7,0
21.—30. „	4,5	7,0	— 60	10	15	7,3	21.—30. „	0,97	1,50	— 50	25	10	6,5

Ufern das höhere Grundwasser nur wenige Dezimeter über dem Seeniveau als Quellen austreten und in den See überfließen. Alle die vielen gelungenen oder gefehlten Versuche zu Wasserfassungen nahe an unsern Seen haben immer nur ergeben,

- a) dass kein Seewasser in das Grundwasser eintritt, sondern der Seegrund dicht ist,
- b) dass man nur Grundwasser von der Bergseite erhält,
- c) dass dasselbe in seinen tiefern Teilen vor dem Seebecken gestaut, stagniert und nun in den obersten Schichten in Quellen nahe dem Seeufer überläuft nach dem See.

„Diese Überläufe sieht man bei niedrigerem Seestande leicht und kann sie messen. Selbst wo Kiesgrund an das Seeufer stösst, zeigt sich derselbe unter dem Seeniveau gegen den See hin ausgepicht und undurchlässig. Bei Seen in Moränen und Molassegebieten, wie gerade Zürich- und Greifensee, hat die Annahme grösste Wahrscheinlichkeit für sich, dass alles zu- und abfliessende Wasser am Ufer gesehen und gemessen werden kann und unterseeische bedeutende Zu- wie Abflüsse nicht anzunehmen sind.*) Meine Überzeugung hat sich dadurch wieder bestärkt, dass ein solcher See in diesem Untergrunde in der Regel wie eine undurchlässige, in das Tal eingesetzte Wanne sich verhält, deren Zu- und Abflüsse über ihren selbstgedichteten obern Rand gehen müssen und sichtbar sind. Ist das Tal breiter als der See, so geht der Grundwasserstrom neben der Wanne vorbei, wie zum Beispiel der grosse Grundwasserstrom Uster-Nänikon-Wangen usw., der nördlich neben dem Greifensee vorbeigeht, diesen aber nicht mit sich einbezieht.“

„Gewiss sind Ausnahmen denkbar, es sind unvorherzusehende Besonderheiten nicht unmöglich, aber wir kennen solche bis jetzt an den in Molasse und Diluvium eingebetteten Seen unseres Landes nicht, und sie sind sehr unwahrscheinlich. Bei hohen Seeständen staut der See die seitlichen Quellen und Grundwasser und zwingt sie zum Ausfluss an seinem gestauten Rande. Da wird es oft schwierig sein, alle diese Quellaustritte in verwachsenen Ufer-

*) Anders liegen die Verhältnisse bei Seen im Kalkgebirge (zum Beispiel Seealpsee, Säntisersee, Lac de Joux, Walensee, Vierwaldstättersee, Juraseen und Jurarandseen usw.) oder bei Bergsturzseen (Klönthalensee, Obersee, Flimsseen usw.). Auch da ist zwar eine fein poröse Durchlässigkeit zwischen Grundwassergebieten und Seegebiet nicht möglich, wohl aber kommen einzelne bestimmte konzentrierte Quellen vor, die unter See aus Spalten münden, oder Seewasser fliesst unterirdisch durch Trichter ab. Die starke Strömung von konzentrierten Wasseradern lässt die Ausdichtung durch Schlammabsätze nicht zu. Bei Seen im Schuttgebiete kann nur dann eine Verbindung von Grundwasser und Seewasser unter dem Seeniveau vorhanden sein, wenn See und Grundwasser sehr stark wechselnde Stände aufweisen derart, dass die Richtung der Infiltration wechselt. In unserm Lande sind Beispiele hiefür schwer zu finden. (Nach Heim).

zonen zu finden und zu messen. Bei niedrigem Seestande aber sieht man die noch bleibenden Grundwasser- und Bergquellen sehr leicht in der kahlen Uferzone hervorbrechen und selbst wenn sie noch einige Centimeter oder Dezimeter unter dem Seeniveau austreten sollten, so würde man sie im Sommer oder im Winter mit dem Thermometer leicht finden. Für Ihre Zwecke ist bloss grösste Sorgfalt zu verwenden auf lückenlose Kontrolle des bei Niedrigwasserstand trockenen Ufers rings um den See herum; was zufliesst und wegfliesst, finden Sie dort — falls es sich nicht um einen See im Kalkgebirge handelt. Tiefe verborgene Zuflüsse oder Abflüsse sind nicht absolut unmöglich, aber sehr unwahrscheinlich.“

Nach diesen eingehenden Erörterungen von Professor Heim ist also eine konstante und bedeutende unterseeische Wasserzufuhr, welche die berechneten Verdunstungsbeträge um ein Erhebliches altrieren könnte, nicht wahrscheinlich; alles zu- und abfliessende Wasser kann — namentlich bei niedrigen Wasserständen — in der Hauptsache am Ufer noch gesehen und gemessen werden.

Unsere oben erhaltenen Beträge über die Jahresverdunstung der beiden Seen — im Mittel nahe 750 mm — erscheint in Anbetracht des vorwiegend kühlen und namentlich von Ende Juli bis Mitte September sehr regnerischen Sommers 1912, immer noch relativ gross. Für einen durchaus trockenen Jahrgang, insbesondere mit warmem Sommer und Herbst, dürfte jene Zahl der Jahresverdunstung auf unsern Seen im Mittelklima der schweizerischen Hochfläche sich wohl dem Werte von 900 mm nähern und Überschlagsrechnungen, die mit letztern runden Zahlen ausgeführt werden, sich kaum weit von der Wahrheit entfernen. Vergleichswerte zu unsern Zahlen für gemässigte klimatische Gebiete stehen leider nicht zur Verfügung, da zuverlässige Daten über die totale Verdunstung (im Jahresbetrag) grösserer freier Wasserflächen bis heute aus der Literatur nicht erhältlich sind.



(Nachdruck verboten.)

Wölfeltalsperre.

Von Bau-Ingenieur Schulz.

Das am 12. Juli 1903 im Flussgebiet der Glatzer Neisse infolge eines wolkenbruchartigen Regens eingetretene Hochwasser, welches wiederum im Unterlaufe der Wölfel grossen Schaden anrichtete und deutlich gezeigt hat, wie wünschenswert es ist, die mit grosser Plötzlichkeit auftretenden Hochwasser der Wölfel herabzumindern und auf eine längere Abflusszeit zu verteilen, gab Veranlassung zur Erbauung der dem Hochwasserschutz dienenden Talsperre, da die Zurückhaltung der Hochfluten nur durch ein Staubecken bewirkt werden konnte. Die