

# Zur Kenntnis der Seeverdunstung im Hochgebirge

Autor(en): **Maurer, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 5

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40161>

## **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.

INHALT; Zur Kenntnis der Seeverdunstung im Hochgebirge. — Wettbewerb zur Umgestaltung der Verbindung Rathausgasse-Vordere Vorstadt in Aarau. — Die ungarische Phasen-Umformer-Lokomotive. — Der neue deutsche hochwertige Baustahl „St. 58“. — Eidgenössische Technische Hochschule. — Miscellanea: Verstärkung der

gusseisernen Waterloo-Brücke in Bettws-Y-Coed. Pelton-Turbinen von 40 000 PS. Elektrifikation der Münchner Vorortbahnen. Eidgen. Technische Hochschule. Wasserkraftprojekt in Italien. Bund deutscher Architekten. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Aargauischer Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 86.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 5

## Zur Kenntnis der Seeverdunstung im Hochgebirge.

Von Dr. J. MAURER, Direktor der Eidg. Meteorologischen Zentralanstalt.

Die Kenntnis der Verdunstungsgrösse freier Wasserflächen, insbesondere von Seen, ist für den Hydrotechniker in vielen Fällen von Bedeutung. Numerische Werte jedoch über die Gewässerverdunstung, wie sie oft in den Berechnungen figurieren, sind bis in die jüngste Zeit stets mit einem gewissen Unbehagen in der Praxis verwendet worden. Diese mangelhafte Kenntnis eines der wichtigsten Elemente im Wasserhaushalt der Seen hat auch unser Altmeister der Seenkunde, François A. Forel, nachdrücklich betont. Eine Hauptschuld an diesem unbefriedigenden Zustand mögen unzweifelhaft die ungenügenden Methoden der Verdunstungsmessung getragen haben, die kaum vergleichbare relative, noch weniger absolute Zahlen von praktischer Bedeutung für den Wert der Verdunstungsgrössen zu liefern vermochten. Zumeist arbeiteten die Methoden auch nur von einer Stelle der Wasserfläche aus, deren Totalverdunstung, das Integral gewissermassen, auf diese Weise niemals erhalten werden konnte. So kam es vor, dass in England einzelne Praktiker für die Verdunstung an heissen Sommertagen 25 mm, andere aber nur 3 bis 4 mm in Rechnung zogen. Auch in namhaften hydrographischen Publikationen der jüngeren Zeit finden sich numerische Werte über die Seeverdunstung, die gar keine Berechtigung für eine solche Bezeichnung besitzen. Wir zitieren als Beispiel

bloss die sonst vortreffliche Arbeit von Honsell „Ergebnisse der Untersuchungen der Hochwasserhältnisse im deutschen Rheingebiet“, wo für die einzelnen Monate als „Verdunstung vom Bodenseespiegel“ völlig veraltete Gefässverdunstungswerte weit entfernter Orte verwendet wurden, die natürlich für die tatsächliche Seeverdunstung jede Bedeutung verlieren.

In den Jahren 1911 und 1912 begann der Schreiber dieser Zeilen seine ersten Versuche<sup>1)</sup>, die Grösse der Verdunstung freier Wasserflächen an einzelnen nordalpinen Seen durch eine direkte, hydrometrische Vermessung in erster Näherung festzustellen. Bald nachher nahm das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft dieses wichtige hydrologische Problem, und zwar für die Zone des Hochgebirges, in ausgedehntem Masse auf und stellte die nötigen Kräfte und finanziellen Mittel dafür bereit. Natürlich nahm der Verfasser regen geistigen Anteil an der Weiterführung dieser Arbeit, die schon seit 1915 unter der kundigen Leitung des Obergeringieurs Otto Lütchg gestanden hat, der seit vergangenem Jahr unserer Anstalt als sehr willkommener Mitarbeiter (Hydrologe) zugeteilt ist. Ueber das Programm und die ganze Anlage der Arbeit tauschten wir von Anbeginn unsere Erfahrungen und Ansichten auf diesem weiläufigen Gebiete gegenseitig aus.

Wer je mit einer hydrometrischen Vermessung sich beschäftigt hat, die den Zweck verfolgt, aus Zu-, Abfluss und Wasserspiegelschwankung die totale Verdunstung eines Sees zu ermitteln, weiss zur Genüge, mit welchen Hindernissen dies verbunden ist; auch eignen sich nur wenige Seen dafür. Die vorgenannten Messungen an den hochgelegenen Simplon-Seen (vornehmlich am Hopschensee, 2017 m ü. M) stehen in dieser Hinsicht bis heute vielleicht einzig da. Auch das amerikanische Hochgebirge kennt sie, soweit wir uns erkundigen konnten, bis zur Stunde nicht. Einen Einblick in die erhaltenen, reichen Ergebnisse gewährt eine besondere Veröffentlichung in der „Schweiz. Wasserwirtschaft“ (1924/25). Dem gefälligen Entgegenkommen der Redaktion der „Schweizer. Bauzeitung“ verdanken wir die Möglichkeit, unsere Fachkollegen auch an dieser Stelle durch einen gedrängten Auszug mit den Ergebnissen vorgenannter Messungen bekannt zu machen.

Die Versuche begannen im Jahre 1915 und wurden zuerst mittels offener, kreisförmiger Gefässe aus Zinkblech von 30 und 50 cm Durchmesser und Tiefe, sowie mittels poröser Tonzylinder (Livingston'sche Atmometer) und Schalen aus Glas von 24 und 28 cm Durchmesser und 8 cm Tiefe, im obern Saastal (Visp-Gebiet, Wallis) aufgenommen. Die Messungen mittels der erwähnten Zinkgefässe erfolgten zuerst am Mattmarksee (Sommer 1915 und 1916) in einer Höhenlage von rund 2100 m ü. M.

Die Vorversuche mittels poröser Tonzylinder und Glasschalen in verschiedenen Höhenlagen des Saas-Tales (vom 12. Juli bis 26. Oktober 1920) erfolgten in Visp (656 m ü. M.), Stalden (810 m), Balen (1460 m), Almigel (1690 m), in Saas-Fee (1800 m), Mattmark-Ebene (2109 m), Hotel Mattmark (2120 m), sowie am Allalin-Gletscher (2130 m).

Aus den Versuchen mit Zinkgefässen im Mattmark-See (Sommer 1915) ergaben sich pro 24 Stunden Werte der Verdunstungsgrössen, die zwischen 6,2 und 2,0 mm schwankten, je nach der Wetterlage. Der Höchstwert von

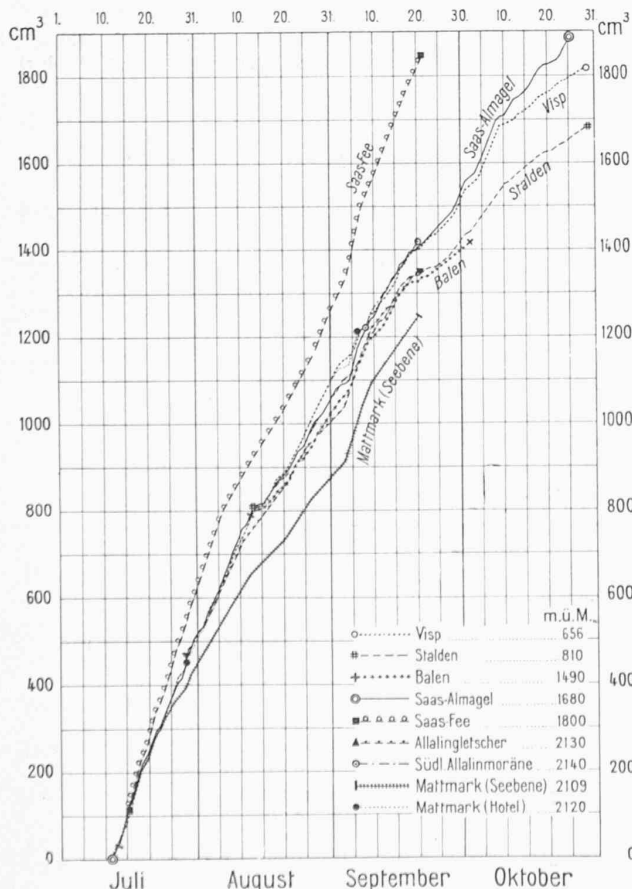


Abb. 1. Verdunstungsmessungen im Vispgebiet mittels poröser Tonzylinder für die Ermittlung der Verdunstungskraft der Luft in verschiedenen Höhenlagen. Zeitperiode 12. Juli bis 30. Oktober 1920.

<sup>1)</sup> „Schweiz. Wasserwirtschaft“, Bd. IV, Nr. 8 und Bd. V, Nr. 11.

6,2 mm entspricht einer warmen, durchaus heiteren, von leichten Nordwinden begleiteten Witterungsperiode. Aus den Versuchen vom Sommer 1916 im Mattmarksee ergaben sich pro 24 Stunden im Juli und August Werte der Verdunstung, die sich innerhalb der Grenzen von 1,6 bis 3,4 mm bewegten.

Ueber die Ergebnisse mittels poröser Tonzylinder und Schalen aus Glas in den schon erwähnten verschiedensten Höhenlagen des Saastales verweisen wir auf die Originalarbeit. Unser Diagramm 1 gibt einen guten Ueberblick über die Resultate der zuletzt erwähnten Messungen in der Zeitperiode vom 12. Juli bis 30. Oktober 1920. Sämtliche Versuche waren natürlich stets begleitet von regelmässigen Beobachtungen der hauptsächlich meteorologischen Elemente, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit usw.

Die *Hauptserien* der Versuche wurden sodann im Gebiet der Simplonpasshöhe ausgeführt (Abbildungen 2 und 3). Die Verdunstungsmessungen auf Simplon-Kulm



Abb. 2. Der Hopschensee aus Südwest; im Hintergrund rechts der Kaltwassergletscher.

Tabelle I. Verdunstungsmessungen am Hopschensee (Simplonpass), 2017 m ü. M., 25. Juli bis 23. Oktober 1921. Mittlere Windstärke. Mittlere Wassertemperatur. Niederschlag. Verdunstung.

Monate bezw. Perioden 1921	Mittlere Windstärke	Wasser-Temperatur <sup>1)</sup>	Niederschlags-Höhe	Seeverdunstung		Maxima	Minima
				Total	pro Tag		
Zusammenstellung nach Monaten geordnet.							
	m/srk	°	mm	mm			
25 Juli bis 1. August (7 Tage)	2,9	18,0	0,4	29,0	4,1	4,7 (28./29. Juli)	3,1 (29./30. Juli)
1. August bis 1. September (31 Tage)	3,1	13,3	146,3	73,5	2,4	7,7 (6./7. August)	0,2 (20./21. August)
1. September bis 1. Oktober (30 Tage)	2,7	12,2	63,9	54,5	1,8	3,7 9/10. September)	0,35 (4/5. September)
1. bis 30. Oktober (22 Tage)	2,45	9,2	0,0	41,3	1,9	3,4 (8./9. u. 9/10. Oktober)	0,9 6/7. Oktober)
Zusammenstellung nach Perioden geordnet.							
I. Trockene Periode							
25 Juli bis 10. August (16 Tage)	2,9	17,3	3,1	70,7	4,4	7,7 (6./7. August)	1,7 (3./4. August)
II. Nasse Periode							
10. August bis 25. August (15 Tage)	3,5	12,0	143,6	18,1	1,2	2,15 (10./11. u. 21./22. Aug.)	0,2 (20./21. August)
III. Feuchte Periode							
25. August bis 23. September (29 Tage)	2,8	12,2	63,9	53,5	1,8	3,75 (29./30. August)	0,35 (4./5. September)
IV. Trockene Periode							
23. September bis 23. Oktober (30 Tage)	2,4	9,9	0,0	56,0	1,9	3,4 (8./9. u. 9./10. Oktober)	0,9 (6./7. Oktober)
Ganze Periode							
25. Juli bis 23. Oktober (90 Tage)	2,8	12,3	210,6	198,3	2,2	7,7 (6./7. August)	0,2 (20./21. Aug)

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus den Morgen- und Abendbeobachtungen.

Tabelle II. Verdunstungsmessungen mittels der Tonzylinder-Flaschen und Glasschalen sowie am Hopschensee. Zusammenstellung der Ergebnisse nach Monaten geordnet (Monatssummen und Mittelwerte pro Tag).

Monate 1921	Tonzylinder			Glasschalen				Seeverdunstung	Temperatur	
				Freie Station		Gedeckte Station			Luft	Seewasser
	Freie Station	See-Ost	See West	Grosse Schale	Kleine Schale	Grosse Schale	Kleine Schale			
25. Juli 8 h bis 1. August 8 h (7 Tage)	33,9	26,4	26,3	51,3	52,5	11,1	11,1	29,0	14,8	18,0
pro Tag	4,84	3,77	3,76	7,33	7,50	1,59	1,59	4,14		
1. August bis 1. September (31 Tage)	92,7	72,2	71,1	147,4	158,1	29,9	28,4	73,5	9,5	13,3
pro Tag	2,99	2,33	2,29	4,75	5,10	0,96	0,92	2,37		
1. September bis 1. Oktober (30 Tage)	83,4	67,6	69,8	125,9	133,3	24,1	23,6	54,5	9,1	12,2
pro Tag	2,78	2,25	2,33	4,20	4,45	0,80	0,79	1,82		
1. Oktober bis 23. Oktober (22 Tage)	73,4	55,7	55,7	90,0	94,8	21,3	22,3	41,3	7,7	9,2
pro Tag	3,34	2,53	2,53	4,09	4,31	0,97	1,02	1,88		
Ganze Periode										
25. Juli bis 23. Oktober (Total 90 Tage)	283,4	221,9	222,9	414,6	438,8	86,5	85,5	198,3	9,3	12,3
pro Tag	3,15	2,47	2,48	4,61	4,88	0,96	0,95	2,20		

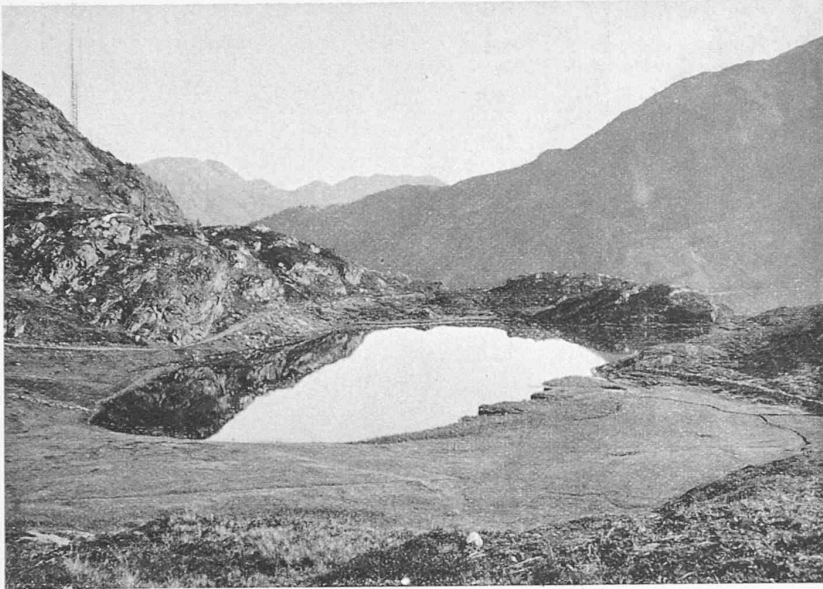


Abb. 3. Der Hopschensee westlich der Simplonpasshöhe, aus Süden gesehen.

erfolgten am Hopschensee, westlich der Simplonpasshöhe (2017 m ü. M.), ferner an den Niederalpseen, am Westfusse des Hübschhorns (2050 und 2130 m), und an den Neuhüttenseen oberhalb Hopschen, am Ostfuss des Schienhorns (2187 m), in der Zeit vom 25. Juli bis 26. Oktober 1921.

Während die Verdunstungsversuche am Mattmarksee mittels in den See eingetauchter Blechgefässe und die Messung der Verdunstungsgrösse mittels des Abstichverfahrens ausgeführt wurde, erfolgte nun die Ermittlung der Verdunstungsgrössen des Hopschensees auf Simplon-Kulm in hydrometrischer Art, wie früher, 1911 und 1912, an den nordalpinen Seen, Greifen- und Zürichsee, Zuger- und Aegerisee. Dabei wurden festgestellt 1. die dem See zu-

strömende Wassermenge, 2. die aus dem See abfliessende Wassermenge, 3. die Seespiegelschwankung und 4. die auf die Seefläche entfallende Regenmenge. Parallel mit den Verdunstungsmessungen am Hopschensee kamen ferner auf der Hopschenwiese, zunächst des Sees und an dessen Ufer, auch Verdunstungsmessungen mittels Glasschalen und Livingston'schen Tonzylinder-Flaschen zur Ausführung. Für die Messung der Lufttemperatur und der Feuchtigkeit benutzte man in Hopschen an geeigneter Lage Thermographen und Präzisions-Thermometer, Hygrographen und gut geeichte Hygrometer. Zur Messung der Windgeschwindigkeit diente ein sorgfältig geprüfter Windflügel. Die Regenmenge wurde mit Hilfe eines Hellmann-Regenmessers (16 cm) gemessen, der westlich des Hopschensees seine Aufstellung erhielt. Der See hat nur einen sichtbaren Zufluss und einen Abfluss. Die Höhe des Seeniveaus wurde nach dem Abstichverfahren auf peinlich genaue Weise ermittelt. Um den Genauigkeitsgrad der Einzelbeobachtungen zu erhöhen, sind die Resultate der täglich gemessenen Seespiegeländerungen

einer Ausgleichung unterworfen worden.

Die totale Untersuchungsperiode vom 25. Juli bis 23. Oktober 1921 lässt sich in vier verschiedene Einzelperioden zerlegen, nämlich: 1. Trockenperiode vom 25. Juli bis 10. August (16 Tage); 2. nasse Periode mit viel Regen vom 10. bis 25. August (15 Tage); 3. feuchte Periode mit zeitweisem Regen vom 25. August bis 23. September (29 Tage) und 4. zweite Trockenperiode vom 23. September bis 23. Oktober (30 Tage). Die Ergebnisse sind übersichtlich in Tabelle I enthalten. Die Abb. 4 gibt überdies betreffend Grösse und Verlauf der Verdunstung, der Oberflächentemperaturen des Hopschensees, der Lufttemperaturen, der Luftfeuchtigkeit und des Sättigungsfehlbetrages Auskunft.

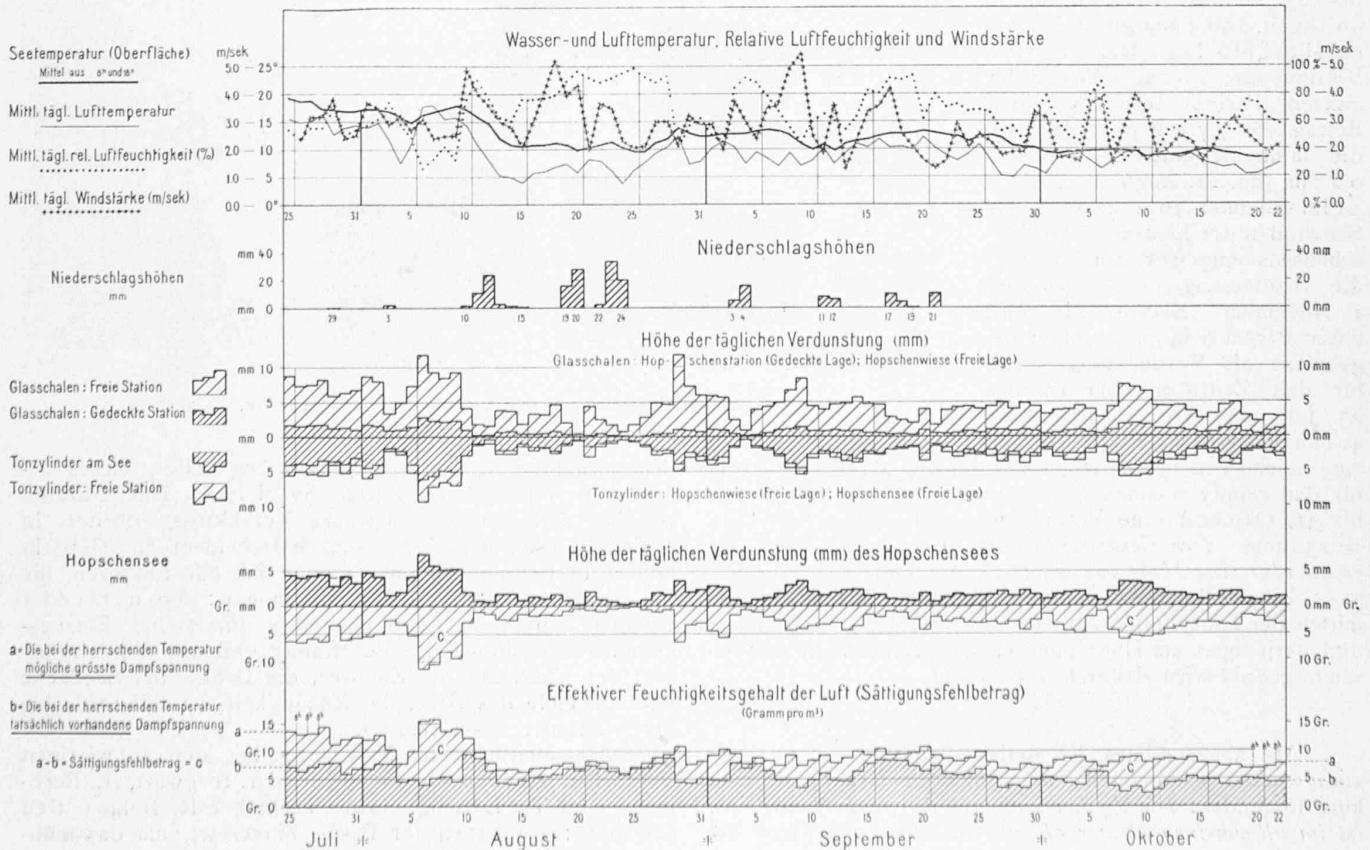
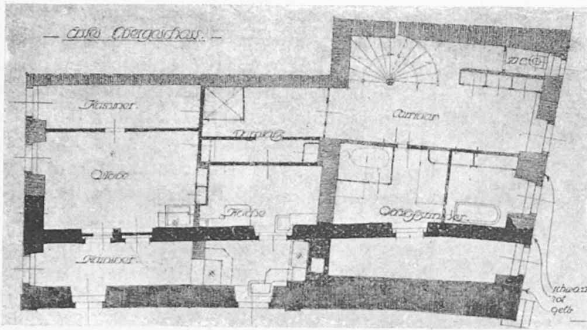
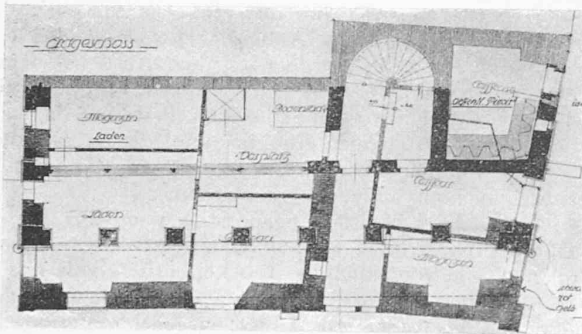


Abb. 4. Verdunstungsmessungen am Hopschensee westlich der Simplonpasshöhe (2017 m ü. M.), vom 25./26. Juli bis 22./23. Oktober 1921.



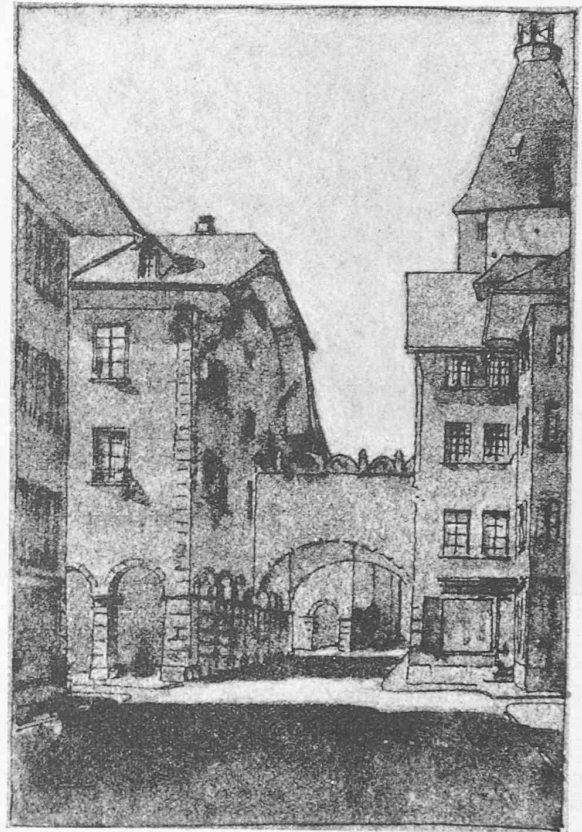
Umbau des Hauses Rohr beim Tor II. — Grundriss des I. Stocks, 1 : 250.

Schwarz (im Cliché hell schraffiert) = bestehend;  
gelb (im Cliché dunkel schraffiert) = Abbruch;  
rot (im Cliché schwarz) = neu.



Umbau des Hauses Rohr beim Tor II. — Erdgeschoss-Grundriss 1 : 250.

I. Preis (2200 Fr.). Entwurf Nr. 8 „Mehr Licht“. — Verfasser Architekt Emil Schäfer in Zürich.



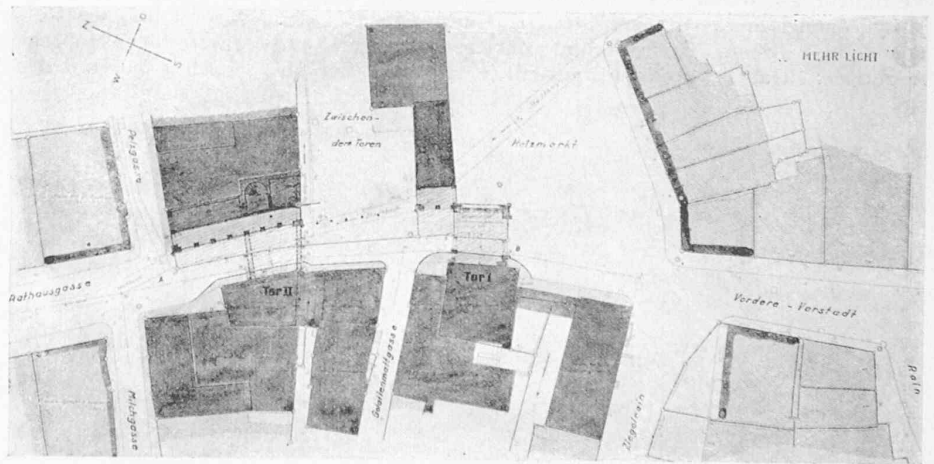
Blick von der Rathausgasse gegen das Tor II.

Die Verdunstung des Hopschensees beträgt somit für die ganze Beobachtungsperiode vom 25. Juli bis 23. Oktober 1921, d. h. in 90 Tagen, 198,3 mm gleich 2,2 mm im Mittel pro Tag. Die maximale Verdunstung pro Tag während der ganzen Periode erreicht einen Betrag von 7,7 mm (6./7. August), die minimale einen solchen von 0,2 mm (20./21. August).

Im Sommer 1921 erfolgte das Schwinden der Eisdecke des Hopschensees ungefähr am 15. Juli, die Schliessung des Sees am 1. November. Setzen wir nun unter Berücksichtigung obiger Ergebnisse als Verdunstungsbetrag für den Zeitraum vom 15. bis 25. Juli eine Grösse von total 40 mm und vom 23. bis 31. Oktober eine solche von 12 mm ein, so ergibt sich als Gesamtbetrag für den relativ warmen Sommer und Herbst 1921 (1. Juli bis 31. Oktober) eine Verdunstung von  $40 + 198 + 12 = 250$  mm. Der Gesamtmittelwert aus den 123 Tagen erreicht also eine Höhe von 2,03 mm pro Tag.

Tabelle II enthält noch die Ergebnisse der Messungen mittels der Tonzyylinder (Atmometer Livingston), Glasschalen, und derjenigen am Hopschensee. Der Einblick in das Gesamtergebnis wird dadurch vollständig.

Als abgerundetes Ergebnis der bisherigen Verdunstungsstudien im hochgelegenen Simplongebiet erhält man kurz folgendes: Die Verdunstung auf den hochalpinen Seen ist im allgemeinen kleiner als auf den Seen am Fusse der Alpen. Bei den erstgenannten wird die Verdunstung durch



I. Preis. Entwurf Nr. 8 „Mehr Licht“. — Situationsplan 1 : 1000.

den verminderten Luftdruck etwas begünstigt, dieses bescheidene Plus jedoch durch die tieferen Temperaturen reichlich aufgehoben. Oertliche Verhältnisse dürften in positivem oder negativem Sinn entscheidend ins Gewicht fallen. In Betracht kommen namentlich alle Faktoren, die die Temperatur des Wassers bestimmen: die mehr oder weniger exponierte Lage des Sees und seines Einzugsgebietes hinsichtlich der Besonnung und des Windeinflusses; der Charakter der Zuflüsse, die Grösse der Seefläche und die Tiefe des Sees, die Mächtigkeit der Schneedecke, der Charakter des Geländes.

Als unermüdliche Mitarbeiter bei den schwierigen Versuchen standen die Ingenieure Dr. Siegwart, E. Bachmann und Tr. Lütshg, sowie Techniker R. Böhner treu zur Seite; sie haben ihr Bestes eingesetzt, um das mühsame Problem zu einem guten Abschluss zu bringen.