

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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 16 (1924)

Heft: 12

Artikel: Einige Ergebnisse über die Verdunstungsgrösse freier Wasserflächen im schweizerischen Hochgebirge

Autor: Maurer, J. / Lüschg, O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920122>

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>

Einige Ergebnisse über die Verdunstungsgrösse freier Wasserflächen im schweizerischen Hochgebirge.

Von J. Maurer und O. Lütschg.

Einleitung.

Bald nach unseren ersten Versuchen, die Grösse der jährlichen Verdunstung auf einzelnen nordalpinen Seen¹⁾ in den Jahren 1911 und 1912 durch eine direkte hydrometrische Vermessung in erster Näherung festzustellen — es standen damals nur bescheidene Mittel für diese Arbeit zur Verfügung — nahm das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft die Angelegenheit in weit ausgedehnterem Masse wieder auf; letzteres Amt stellte auch die nötigen Kräfte und finanziellen Mittel dafür bereit.*) In solch wichtigen Fragen, wo es sich um grössere Aufgaben der Hydrographie, wie auch einer älteren, vielseitigen Disziplin, der Meteorologie handelt, ist ein Zusammengehen beider ja unerlässlich. Die jüngsten so bedeutenden Studien²⁾ unseres nordischen Kollegen Axel Wallén über Niederschlag, Abfluss und Verdunstung im schwedischen Gebirge, zeigen dies unzweideutig.

Die Verfasser waren sich wohl bewusst, dass Messungen über die Verdunstung freier Wasserflächen für die Hochregion ausserordentlich mühsam und schwierig auszuführen sind und dass sie gerade deshalb noch gänzlich fehlen, sofern es sich um längere, sorgfältige Beobachtungen handelt: bei umfassenden wasserwirtschaftlichen Berechnungen, Konstruktionen von Neuanlagen u. s. w. (im Hochgebirge) konnte der Verdunstungsgrösse bis zur Stunde niemals genügend Rechnung getragen werden. Auch nur durch innige Verbindung von Verdunstungsmessung mit Erhebungen über Niederschlag und Abfluss, wird es möglich sein, die grossen noch bestehenden Lücken in der Lehre vom Wasserhaushalt der Natur allmählich auszufüllen.

Ueber das Programm und die ganze Anlage der Arbeit tauschten die Verfasser von Anbeginn ihre Ansichten und Erfahrungen auf diesem weitläufigen Gebiete gegenseitig aus. Die praktischen Arbeiten standen seit dem Jahre 1915 unter Leitung von Herrn Oberingenieur Otto Lütschg, der seit 1. April 1924 unserer Zentralanstalt als Hydrologe attachiert ist. Ein Einblick in die reichen, erhaltenen Ergebnisse folgt nachstehend in Kürze.

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. Nur wenige Seen eignen sich dafür, und derartige Versuche können nur in Ausnahmefällen zur Durchführung gelangen. Unsere Messungen an den hochgelegenen Simplonseen (vornehmlich dem Hopschensee, 2017 m ü. M.) stehen in dieser Hinsicht bis heute vielleicht einzig da; sie beweisen aufs neue die fast unüberwindlichen Schwierigkeiten des Verdunstungsproblems.

Um solch wichtige Versuche auf eine möglichst breite Basis zu stellen, haben wir neben den Hopschenseemessungen gleichzeitig auch Versuche mit Atmometern ausgeführt. Als solche wurden Glasschalen und poröse Toncylinder (Livingston'sche Atmometer) durchwegs verwendet. Die Versuche verfolgten ausserdem den Zweck, eine praktische Methode zur Ermittlung der Verdunstung an hochalpinen Seen zu gewinnen. Natürlich wird es auch im Hochgebirge, trotz grösster Sorgfalt und geschicktester Versuchsanordnung, kaum je möglich sein, den mannigfaltigen Verhältnissen der freien Natur gerecht zu werden. Das soll uns aber doch nicht hindern, der schwierigen Aufgabe mit Hingebung dennoch unsere besten Kräfte und Erfahrungen zu widmen.

*) Durch eine bundesrätliche Verordnung vom 6. Mai 1924 gehen die durch das Amt für Wasserwirtschaft ausgeführten Erhebungen über Verdunstung in das Eigentum der Meteorologischen Zentralanstalt über.

¹⁾ „Schweiz. Wasserwirtschaft“ Bd. IV. No. 8 (1912) und Bd. V No. 11 (1913).

²⁾ Axel Wallén: Le débit des fleuves suédois et le rapport de ce débit avec l'eau tombée. (Geogr. Annaler 1924 No. 1).
Axel Wallén: L'eau tombée dans la haute montagne de la Suède. (Geogr. Annaler 1923 No. 1).

I. Verdunstungsmessungen im Saastal (Vispgebiet, Wallis).

Die Verdunstungsgrösse wurde auf verschiedene Art bestimmt:

- A) mittelst offener, kreisförmiger Gefässe aus Zinkblech von 30 und 50 cm Durchmesser und Tiefe;
- B) mittelst poröser Toncylinder (Livingston'sche Atmometer) und Schalen aus Glas¹⁾ von 24 und 28 cm Durchmesser und 8 cm Tiefe.

A) Mittelst Zinkgefässen.

Die Messungen erfolgten am Mattmarksee in den Sommern 1915 und 1916 in einer Höhenlage von rund 2100 m über Mittelmeer. Die Gefässe durften, der täglichen Periode der Wasserstandsbewegung des Mattmarksees wegen, nur bis auf durchschnittlich 10–20 cm Randhöhe in das Seewasser eingetaucht werden. Der oft sehr starken und plötzlich eintretenden Wellenbewegung in den Gefässen wegen, konnten sie meist nur 50–100 mm unter Rand gefüllt gehalten werden. Die Aufstellung der Gefässe erfolgte im Bereich des nördlichen Seendes, nicht unweit des Seeausflusses, die Messung der Verdunstungshöhe (mm) mittelst des Abstichverfahrens. Im allgemeinen stimmten die Wassertemperaturen im Gefäss mit denjenigen des Sees ausserhalb des Gefässes überein, vereinzelte Unterschiede, namentlich bei oder nach heiterem, warmem Wetter, in positivem und negativem Sinne, konnten festgestellt werden. Ein ungleicher Einfluss des Randes am grossen und kleinen Gefäss kam nicht zum Ausdruck. Der Genauigkeitsgrad einer einzelnen Abstichserie — es gelangten von bestimmten Abstichmarken aus je 4–8 Einzelabstiche zur Ausführung — betrug ca. $\pm 0,2$ mm. Trotz der grossen Sorgfalt, die auf die vorliegenden Vermessungen verwendet wurde, konnten der besonderen freien Lage dieses Hochgebirgssees und seines eigenartigen Charakters wegen (starke, plötzlich einsetzende Winde, die den Mattmarksee charakterisierende tägliche Periode des Wasserstandes, ungenügende Beaufsichtigung, Störungen durch Tiere) nur wenige Beobachtungen als einwandfrei anerkannt und für die Ermittlung der Verdunstungsgrösse Verwendung finden.

a) Ergebnisse vom Mattmarksee 1915. ²⁾

(Mittelst Zinkgefässen.)

1. Periode: 25. Juni 15^h30 bis 26. Juni 17^h50. Mittlere Wassertemperatur = 7.7° ³⁾. Verdunstung = 4.5 mm (pro 24 Stunden = 4.1 mm). Witterung: 25. VI. bedeckt; 26. VI. erst heiter, dann nach und nach bewölkt, warm, leichter Nordwind.
2. Periode: 29. Juni 10^h45 bis 30. Juni 17^h53. Mittlere Wassertemperatur = 7.1° . Verdunstung = 4.6 mm (pro 24 Stunden = 3.6 mm). Witterung: 29. VI. leicht bewölkt, schwacher Nordwind. 30. VI. bis 9^h Nebel, dann Nordwind, bewölkt bis bedeckt.
3. Periode: 2. Juli 7^h50 bis 4. Juli 17^h30. Mittlere Wassertemperatur = 7.3° . Verdunstung = 11.5 mm (pro 24 Stunden = 4.8 mm). Witterung: 2. VII. erst leichter Nebel, dann bewölkt, über Tag starker Nordwind; 3. und 4. VII. sehr schön.
4. Periode: 12. Juli 15^h35 bis 13. Juli 8^h19. Mittlere Wassertemperatur = 9.8° . Verdunstung = 4.35 mm (pro 24 Stunden = 6.2 mm). Witterung: 12. VII. sehr schön, warm, im Tal leichter Nordwind, in der Höhe Nordwest. 13. VII. bedeckt.
5. Periode: 15. Juli 8^h44 bis 16. Juli 7^h55. Mittlere Wassertemperatur = 5.9° . Verdunstung = 2.6 mm (pro 24 Stunden = 2.7 mm). Witterung: 15. VII. am Morgen ziemlich hell, nachmittags bedeckt, von 16^h an leichter Regen. Nordwind, kühl. 16. VII. am Morgen bedeckt, Nordwind. Von 9^h an hell, leicht bewölkt. Nachmittags Südwind.
6. Periode: 16. Juli 7^h55 bis 17. Juli 8^h47. Mittlere Wassertemperatur = 7.7° . Verdunstung = 4.05 mm (pro 24 Stunden = 4.0 mm). 16. VII. abends bedeckt, starker Südwind. 17. VII. am Morgen leicht bewölkt, starker Südwind.

¹⁾ Munke hat in Gehler's physikal. Wörterbuch die älteren Methoden der Verdunstungsmessung ausführlich beschrieben. Die Verwendung von Glasschalen zu solchen Messungen geht ziemlich weit zurück; ein hübscher Beitrag dazu findet sich schon in der kleinen Schrift: „Beobachtungen über Verdunstung im Sommer 1859, angestellt von Eihlhard Schulze. Eine von der philos. Fakultät zu Rostock am 28. Februar 1860 gekrönte Preisschrift, 4. Rostock, 1860“.

²⁾ Beobachtungen von Ingenieur S. Erisman, Zürich.

³⁾ Mittelwerte aus den Morgen- und Abendbeobachtungen.

5. + 6. Periode: 15. Juli 8^h44 bis 17. Juli 8^h47. Mittlere Wassertemperatur = 7.2°. Verdunstung = 6.65 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 3.35 $\frac{m}{m}$).
7. Periode: 18. Juli 11^h51 bis 19. Juli 9^h44. Grosses Gefäss. Mittlere Wassertemperatur = 5.8°. Verdunstung = 3.7 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 4.0 $\frac{m}{m}$).
18. Juli 11^h41 bis 19. Juli 9^h23. Kleines Gefäss. Mittlere Wassertemperatur = 5.8°. Verdunstung = 3.0 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 3.3 $\frac{m}{m}$). Mittelwert pro 24 Stunden aus grossem und kleinem Gefäss = 3.65 $\frac{m}{m}$. Witterung: 18. VII. morgens bedeckt, nachm. hell starker Nordwind. 19. VII. sehr schön, leichter Nordwind den ganzen Tag.
8. Periode: 11. Sept. 9^h50 bis 23. Sept. 10^h30. (12 Tage + 1 Stunde). Mittlere Wassertemperatur = 7.4°. Grosses Gefäss: Verdunstung = 25.6 $\frac{m}{m}$. Kleines Gefäss: Verdunstung = 22.1 $\frac{m}{m}$. Mittelwert = 23.8 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 2.0 $\frac{m}{m}$). Witterung: Wolkenlos, vereinzelte leichte Nordwinde im Tal, ausgenommen Regenperiode vom 14./15. IX. Niederschlag zwischen dem 14. IX. 13^h28 und dem 15. IX. 10^h19 = 3.1 $\frac{m}{m}$.

b. Ergebnisse vom Mattmarksee 1916.¹⁾

(Mittelst Zinkgefässen.)

1. Periode: 12. Juli 11^h40 bis 17. Juli 14^h40. (5 Tage + 3 Stunden). Mittlere Wassertemperatur = 8.0°. Verdunstung = 14.25 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 2.8 $\frac{m}{m}$). Witterung: 2 Tage heiter, 3 Tage bedeckt, wovon einer mit Aufhellung und 1 1/2 Tage mit leichtem Regen, 4 Tage Nordwind, 1 Tag Südwind, 4 milde Tage, 1 kalter Tag. Gemischte Periode.
2. Periode: 18. Juli 8^h25 bis 21. Juli 15^h15. (3 Tage + 7 Stunden.) Mittlere Wassertemperatur = 8.9°. Verdunstung = 11.25 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 3.4 $\frac{m}{m}$). Witterung: 2 1/2 Tage heiter, 1 Tag bedeckt mit Aufhellung. 2 1/2 Tage Nordwind, 1 Tag Südwind. Warme Periode ohne Niederschläge.
3. Periode: 1. Aug. 9^h50 bis 9. Aug. 10^h55. (8 Tage + 1 Stunde). Mittlere Wassertemperatur = 7.2°. Verdunstung = 24.25 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 3.0 $\frac{m}{m}$). Witterung: 8 Tage heiter, abgesehen von einigen bedeckten Stunden des 1. VIII. 7 Tage Nordwind, 1 Tag Südwind, 5 warme, 2 kalte Tage.
4. Periode: 9. Aug. 10^h55 bis 14. Aug. 13^h45. (5 Tage + 3 Stunden.) Mittlere Wassertemperatur = 7.7°. Verdunstung = 8.25 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 1.6 $\frac{m}{m}$). Witterung: 2 1/2 Tage heiter, 1 1/2 Tage bedeckt mit Aufhellung, 1 Tag und 2 Nächte Regen und Nebel. 2 1/2 Tage Nordwind, 1 1/2 Tage Südwind, 1 Tag calme, 1 Tag warm, 4 Tage kalt. Allgemein: kalte Periode.
5. Periode: 19. Aug. 16^h45 bis 28. Aug. 17^h40. (9 Tage + 1 Stunde.) Mittlere Wassertemperatur = 7.1°. Verdunstung = 14.85 $\frac{m}{m}$ (pro 24 Stunden = 1.6 $\frac{m}{m}$). Witterung: 6 Tage heiter (2 davon etwas bewölkt), 3 Tage bedeckt, wovon einer mit Regen, die beiden andern mit Aufhellung und kleinen Niederschlägen. 7 Tage Nordwind, 1 Tag Südwind, 1 Tag calme, 4 milde, 5 kalte Tage. Gemischte Periode.

B) Mittelst poröser Toncylinder und Schalen aus Glas.

a. Ergebnisse aus verschiedenen Höhenlagen des Saastales (Vispgebiet, Wallis).

Beobachtungsstationen: Visp, 656 m ü. M.; Stalden, 810 m ü. M.; Balen, 1490 m ü. M.; Almagel, Stadel, 1690 m ü. M. und Wiese, 1680 m ü. M.; Saas-Fee, 1800 m ü. M.; Mattmark, Seebene, 2109 m ü. M.; Hotel Mattmark, 2120 m ü. M.; Allalingletscher, 2130 m ü. M. und Allalinmoräne, 2140 m ü. M. * (*: Siehe Seite 249)

Für die Messung der Verdunstungsgrösse in verschiedenen Höhenlagen gelangten poröse Toncylinder-Atmometer zur Anwendung²⁾. Sämtliche Apparate kamen in möglichst freier Lage, ca. 70 cm über dem

¹⁾ Den Beobachtungsdienst im Sommer 1916 besorgten erst R. Boissier, Genf, dann Prof. Dr. R. Mellet, Lausanne, letzterer übernahm auch die Verarbeitung des gesamten Materials 1916.

²⁾ Der Verdunstungsapparat besteht im Wesentlichen aus einem 13 cm langen, oben geschlossenen, eiförmig zugespitzten, unten mit verdicktem Rand versehenen Toncylinder, der durch eine Röhre mit einem tiefer liegenden Wasserreservoir in Verbindung steht. Die Wand des Toncylinders ist 3–4 $\frac{m}{m}$ dick, der verdickte Rand doppelt so stark. Die Toncylinder sind weiss und haben eine glatte, aufsaugende äussere Oberfläche. Geschlossen ist der Cylinder durch einen Gummipropfen, der die bis auf den Boden gehende Verbindungsröhre mit dem Reservoir trägt. Zwischen dem Reservoir und dem Becher ist in die Röhre ein Quecksilberventil eingeschaltet. Diese ermöglicht dem Wasser leicht, vom Reservoir zum Toncylinder zu strömen, nicht aber umgekehrt. Vom Gummistöpsel geht noch eine zweite Glasröhre aus, ebenfalls mit einem Quecksilberventil, welche die Zirkulation des Wassers vom Tonbecher weg nach aussen gestattet und in Funktion tritt, sobald die Tonzelle mit ihrer Oberfläche Wasser (Regen) aufnimmt. Die Flasche und der Cylinder werden mit destilliertem Wasser gefüllt und hierauf der Gummistöpsel mit den Röhren fest eingesetzt. Dann wird durch Saugen an der zweiten Glasröhre die Luft entfernt, sodass sich der Cylinder und die Ventile mit Wasser füllen. Das zweite Quecksilberventil dient eigentlich nur zur Füllung mittelst Saugens.

Als Meßeinheit wurde die Volumengrösse von 1 cm³ gewählt. Ihre Zahl ergibt sich durch Nachfüllen destillierten Wassers im Reservoir mittelst eines geprüften Maßcylinders bis in die Höhe einer gut sichtbaren Marke an einem engen Glasröhrchen des Apparates.

Boden, zur Aufstellung. Um einen Vergleich in Hinsicht auf die Genauigkeit der Apparate zu erhalten, wurden die Stationen Visp und Almagel mit je zwei Apparaten ausgerüstet und in Entfernungen von je zwei Meter nebeneinander aufgestellt. Die Messungen bzw. Nachfüllungen erfolgten morgens und abends, im Gegensatz zu den mehr oder weniger abgelegenen Stationen, die teilweise nur alle 4 bis 10 Tage bedient werden konnten. Die Uebereinstimmung sämtlicher korrespondierender Beobachtungen war eine fast vollkommene. Der ungleiche Abbruch der Messungen an den einzelnen Stationen wurde durch Gefrieren der Toncylinder oder wegen Fehlens eines tüchtigen Beobachters verursacht. Infolge der Hochwasserkatastrophe vom 23./24. September 1920 erfuhr die sonst lückenlose Reihe der Beobachtungen von Balen und Almagel eine kurze Unterbrechung. Die Fortsetzung der Beobachtungen in Saas-Fee, in der Ebene von Mattmark, auf dem Allalingletscher und an der südlichen Allalinmoräne musste wegen anderweitiger dringender Inanspruchnahme der Beobachter aufgegeben werden. Der Abbruch der Messungen beim Hotel Mattmark geschah schon am 7. September.

Neben den Verdunstungsmessungen mittelst poröser Toncylinder gelangten an den Stationen in Almagel und Mattmark auch solche mittelst Glasschalen zur Ausführung. Die Grösse der Verdunstung wurde unter Zuhilfenahme einer Präzisionswaage in Gewichtseinheiten (gr) bestimmt und auf Millimetereinheiten der verdunstenden Wasseroberfläche umgerechnet.

*) Beschreibung der Standorte der Toncylinder und Glasschalen:

- Visp, 656 m ü. M.** Toncylinder im Gemüsegarten vor dem Wohnhaus mit Apotheke des Herrn E. Burlet, umgeben von niederen Betonmauern. Die Apparate liegen 63 cm über niederen Gewächsen. Ebener Boden. Die Talwinde haben Zutritt. Boden sandig, in ca. 30–50 cm tritt Grundwasser auf.
- Stalden, 810 m ü. M.** Toncylinder im Garten des Hotels Burgener (Nord-Ost-Seite), ca. 80 cm über Boden. Der Apparat befindet sich über Gartennelken, Gladiolen, Löwenmaul, daneben kleine Steinmauer mit losem Drahtgitter. Boden schwach gegen Süden geneigt. Südwind hat vollständigen Zutritt, gegen Norden etwas geschützte Lage. Die Talwinde haben vollen Zutritt. Boden: gute Gartenerde.
- Balen, 1490 m ü. M.** Toncylinder auf ebener Wiese nördlich der Kirche, ca. 3 m westlich der Visp, 63 cm über dem Boden. Am Ufer der Visp niedriges Buschwerk (Weiden). Nord- und Südwinde haben vollständigen Zutritt.
- Almagel, Stadel, 1690 m ü. M.** Glasschalen unter einem nach allen Seiten offenen Stadel, am Ostfusse des Talhanges, in gegen Nord- und Südwinde und direkte Sonnenstrahlung geschützter Lage. Humusboden, teilweise mit Kies belegt.
- Almagel, Wiese, 1680 m ü. M.** Toncylinder und Glasschalen auf Wiese vor dem Pfarrhaus. Mit kurzgeschnittenem Gras bewachsener Untergrund. Boden besteht aus 5 cm dicker Humusschicht, dann folgt 23 cm mächtige Schlamm- schicht über Kies-, Sand- und Steinboden vom Hochwasser 1868 herrührend. Die Apparate liegen rund 60 cm über Boden und sind den Nord- und Südwinden vollständig ausgesetzt.
- Saas-Fee, 1800 m. ü. M.** Toncylinder auf einem Rundhöcker östlich der Pfarrkirche, ca. 63 cm über dem Boden. Untergrund: Alpweide, teilweise Felsboden, trockene, windfreie Lage.
- Mattmark, Seebene, 2109 m. ü. M.** Toncylinder auf der Seebene nördlich des Hotels Mattmark, 700 m südlich des Seeausflusses, ca. 80 cm über Schlamm- und Sandboden. Untergrund Seegrass. Vollständig windfreie Lage. Glasschalen am Nordrande des Sees, in gedeckter und windgeschützter Lage, ca. 60 cm über Boden.
- Hotel Mattmark, 2120 m ü. M.** Toncylinder, zunächst südlich des Hotels, am Ostrande der Visp, über Alpboden mit Steinen, ca. 80 cm über Boden. Vollständig windfreie Lage.
- Allalingletscher, 2130 m ü. M.** Toncylinder in der Mitte der Gletscherzunge (Richtung $\triangle 8 - \triangle 28$) ca. 90 cm über dem Gletscher- boden. Vollständig windfreie Lage.
- Südliche Seitenmoräne des Allalingletschers, 2140 m ü. M.** Toncylinder beim Polygonpunkt $\triangle 5$. Auf dem First der Moräne, ca. 40 cm über Boden, den Nord- und Südwinden vollständig ausgesetzt.

NB. Die Toncylinder sind vor, während und nach den Versuchen sorgfältig geprüft worden. — Als Basis diente der alte, nicht mehr im Gebrauche stehende 6 cm Normal-Cylinder. Die Messergebnisse der für die Versuche verwendeten 8 cm Cylinder wurden auf den Normalcylinder reduziert. Die Umrechnung in Tiefeneinheiten (m_m) erfolgte durch Division der reduzierten Anzahl der gemessenen Verdunstungsmengen (cm^3) in die Fläche der verwendeten Toncylinder ($73 cm^2$).

Vergleichsergebnisse der Verdunstungsmessungen im Vispgebiet mittelst poröser Toncylinder.

Zeitperiode: 12. Juli bis 26. Oktober 1920.

Perioden	Mittlere Lufttemp Almagel	Visp 656 m ü. M.	Stalden 810 m ü. M.	Balen 1490 m ü. M.	Almagel 1680 m ü. M.	Saas-Fee 1800 m ü. M.	Mattmark, Seebene 2109 m ü. M.	Mattmark Hotel 2120 m ü. M.	Allalin- gletscher 2130 m ü. M.	Südl. Allalin- moräne 2140 m ü. M.
		$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$
12. VII. — 26. X. 106 Tage	9.3 ⁰	246 2.3 ³⁾	—	—	259 2.4	—	—	—	—	—
13. VII. — 21. IX. 70 Tage	10.4 ⁰	188 2.7	—	—	190 2.7	—	166 2.4	—	—	—
16. VII. — 22. IX. 68 Tage	10.3 ⁰	179 2.6	—	—	178 2.6	235 3.5	—	—	—	—
29. VII. — 7. IX. 40 Tage	9.9 ⁰	102 2.5	—	—	98 2.4	—	—	104 2.6	(92) ¹ 2.3	—
29. VII. — 21. IX. 54 Tage	9.8 ⁰	130 2.4	—	—	130 2.4	(167) ¹ 3.3	115 2.1	—	121 2.2	—
14. VIII. — 3. X. 50 Tage	8.7 ⁰	102 2.0	88 1.8	84 1.7	104 2.1	—	—	—	—	—
9. IX. — 21. IX. 12 Tage	9.6 ⁰	23 1.9	21 1.7	21 1.7	26 2.2	—	(24) ¹ 2.0	—	(22) ¹ 1.8	27 2.2
14. VIII. — 21. IX. 38 Tage	8.9 ⁰	82 2.2	74 1.9	72 1.9	83 2.2	(123) ¹ 3.2	(79) ¹ 2.1	—	79 2.1	—

Aus der vorstehenden Tabelle und aus dem Diagramm 1 ist ersichtlich, dass in Visp und Almagel in allen grösseren Perioden annähernd dieselben Verdunstungswerte beobachtet wurden, im Gegensatz zu Stalden und Balen, die kleinere, und Saas-Fee, das grössere Werte aufweist. Die Ursache dieser Erscheinung ist in erster Linie eine Folge der ungleichen Frequenz der Winde. In Stalden und Balen treten, der geschützteren Lage der Stationen wegen, weniger oft Winde ein als in Visp und Almagel und bei den letzteren wieder weniger als in Saas-Fee, wo infolge der Gletschernähe ausgesprochene lokale Winde vorkommen. Hotel Mattmark hat ungefähr dieselben Werte wie Visp, während der Allalینگletscher etwas kleinere aufweist, aber immer noch grössere als Balen und Stalden. Mattmark (Seebene) wird von Morgennebel stark beeinflusst, deshalb die geringeren Werte.

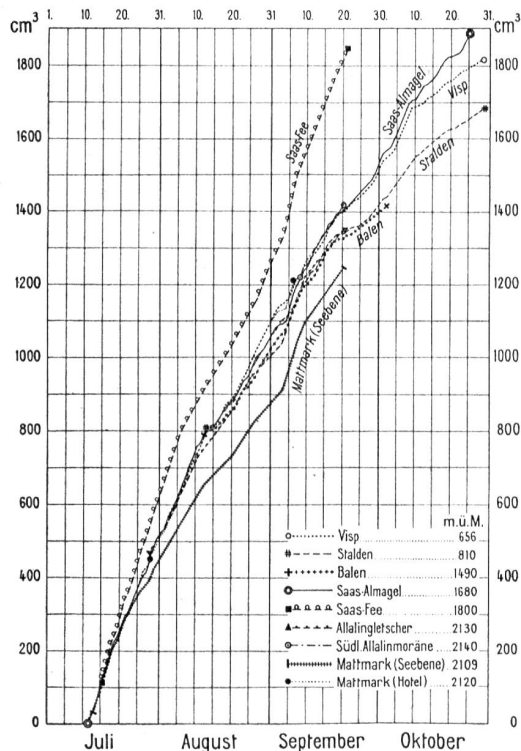
In der Periode vom 9. Sept. bis 21. Sept. 1920 hat nach Saas-Fee die südliche Allalinmoräne die grössten Verdunstungswerte; dies mag von der exponierten Lage des Toncylinders (Richtung des Talweges) herrühren. Im allgemeinen ist der Verlauf der Verdunstung bei allen Stationen derselbe; die Maxima und Minima treten zu derselben Zeit auf. Auch in der Grösse der Schwankungen von einem Tag zum andern lassen sich bei den verschiedenen Stationen keine wesentlichen Unterschiede finden.

Zur Vergleichung zwischen Toncylinder und offenen Gefässen waren, wie bereits früher vermerkt, in Almagel, Pfarrwiese, neben erstern noch zwei Glasschalen in freier Lage aufgestellt. Ferner wurden, ebenfalls in Almagel, unter einem Stadel in geschützter Lage zwei weitere Glasschalen untergebracht. Wir müssen an dieser Stelle darauf verzichten, auf die Einzelheiten der Beobachtungen und Messungen und ihre Auswertung näher einzugehen, beschränken uns vielmehr darauf, die wichtigsten Messergebnisse mitzuteilen.

Diagramm 1.

Verdunstungsmessungen im Vispgebiet
mittelst poröser Toncylinder (Livingston'sche Atmometer)
für die Ermittlung der Verdunstungskraft
der Luft in verschiedenen Höhenlagen.

Zeitperiode: 12. Juli bis 30. Oktober 1920.



1 cm³ = 0,137 $\frac{m}{m}$

¹⁾ Die in Klammern () vermerkten Werte sind teilweise interpoliert.

²⁾ Mittelwerte pro Tag.

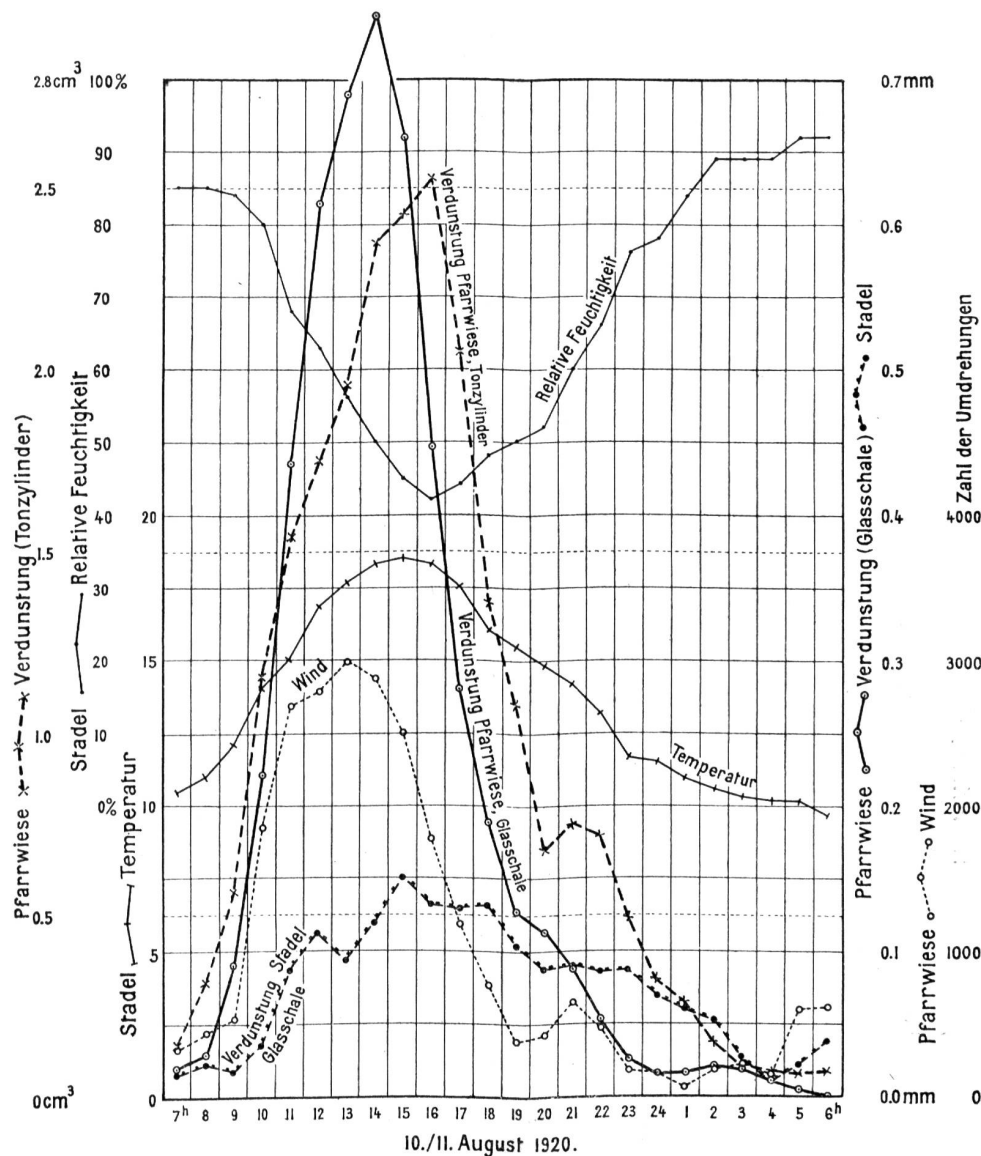
b) Einfluss der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Windes auf den täglichen Gang der Verdunstung.

Die Versuchsergebnisse vom 10./11. August und 7./8. Oktober 1920 ermöglichen den Einblick über den Einfluss der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Windes auf den täglichen Gang der Verdunstung. (Vergleiche die Diagramme 2 und 3). Ein Vergleich der Verdunstung mit dem gleichzeitigen Verlauf der Temperatur und des Windes zeigt, dass neben der Temperatur als Hauptfaktor dem Winde die grösste Bedeutung zukommt.

Diagramm 2.

Versuch vom 10./11. August 1920.

Talwind: Meist N. — Wind nach den Wolkenbeobachtungen (in der Höhe): W und SW.
Beobachtungsstation: **Saas-Almagel**, 1680 m über Meer.



Bewölkung: 0—1.

1 cm³ = 0.137 mm.Von 8^h 30 bis 16^h Pfarrwiese von der Sonne beschienen.Durchmesser der Glasschale (Stadel) = 278.0 mm, Fläche = 615.2 cm²Durchmesser der Glasschale (Pfarrwiese) = 290.5 mm, Fläche = 676.2 cm²

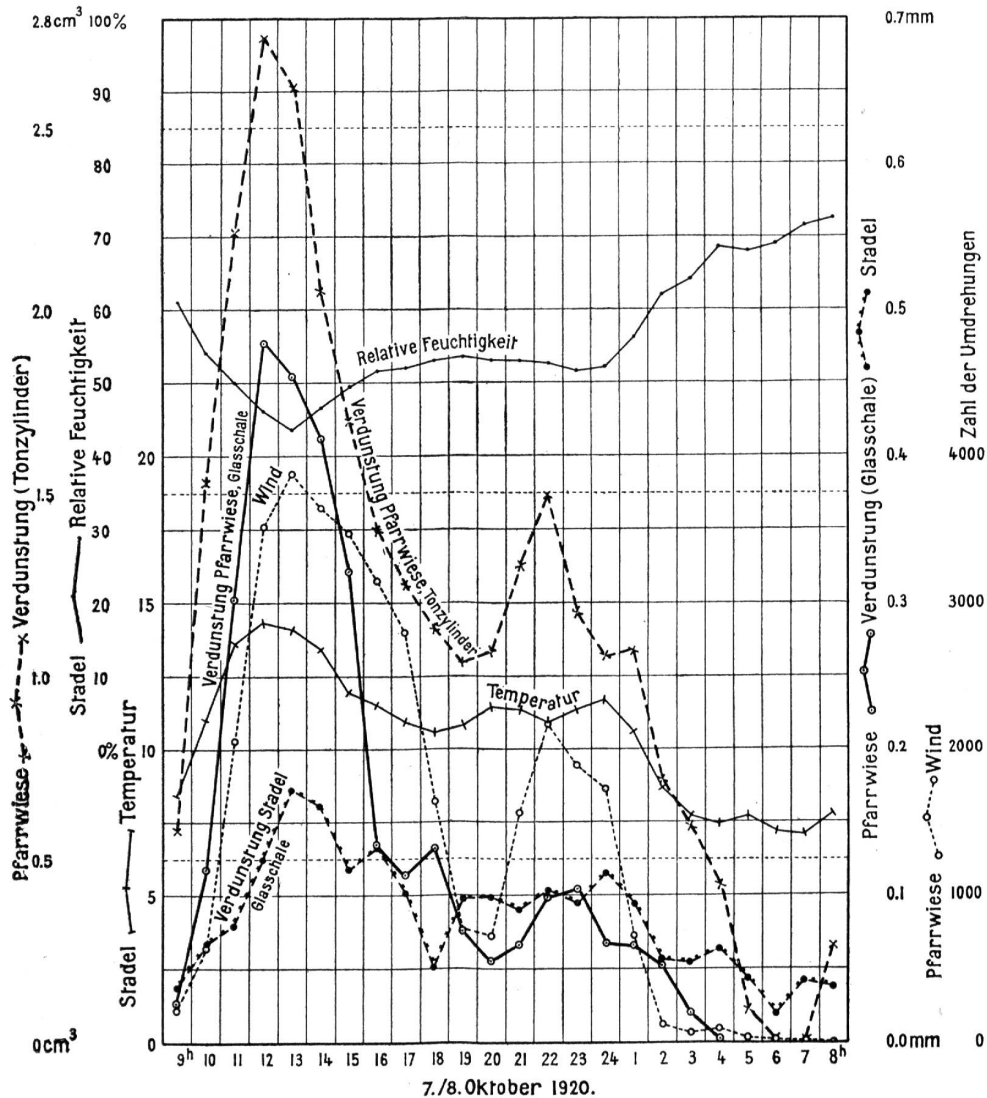
Am 10. August wird die Verdunstung bei abflauendem Wind, aber zunehmender Temperatur, grösser. Um 13^h ist die grösste Windstärke erreicht; die maximalen Verdunstungen treten aber bei den Glasschalen um 14^h (Pfarrwiese) und 15^h (Stadel), beim Tonzylinder (Pfarrwiese) erst um 16^h auf, entsprechend der Temperatur, die sich von 14^h bis 16^h auf ungefähr derselben Höhe hält. Namentlich um die Mittagszeit, zur Zeit

der stärksten Sonnenstrahlung, schmiegt sich die Verdunstung stark der Temperatur an. Zunehmende Temperatur und wachsende Windstärke beschleunigen die Verdunstung, abnehmende Temperatur und abflauer Wind verzögern sie. Fällt das Abnehmen von Temperatur und Windstärke zeitlich nicht zusammen, so schmiegt sich die Verdunstung dem Verlaufe der Temperatur bis zum Temperaturmaximum an, hernach folgt sie wieder dem Windeinfluss. Allgemein betrachtet tritt hier der Einfluss der Temperatur auf die Verdunstung deutlich, derjenige des Windes nur in verschleiertem Masse zutage.

Diagramm 3.

Versuch vom 7./8. Oktober 1920.

Talwind: S. — Wind nach den Wolkenbeobachtungen (in der Höhe): SE.
 Beobachtungsstation: Saas-Almagel, 1680 m über Meer.



Bewölkung: 0—1.

$1 \text{ cm}^3 = 0.137 \frac{\text{m}}{\text{m}}$.

Durchmesser der Glasschale (Stadel) = $278.0 \frac{\text{m}}{\text{m}}$, Fläche = 615.2 cm^2 .

Durchmesser der Glasschale (Wiese) = $290.5 \frac{\text{m}}{\text{m}}$, Fläche = 676.2 cm^2 .

Der Einfluss des Talwindes auf die Verdunstung gelangt am 7. Oktober 1920 in verschiedenem Sinne zum Ausdruck. Von 12^h an, das ist zur Zeit des Temperaturmaximums, beginnt die Verdunstung rasch kleiner zu werden, trotz zunehmender Windstärke. Von 20^h bis 22^h tritt eine starke Zunahme des Windes ein, die aber, trotz annähernd gleichbleibender Temperatur wieder eine grössere Verdunstung bewirkt. Am 8. Oktober 7^h ist bei Windstille auch die Verdunstung = 0, mit Ausnahme von Stadel, wo kleine lokale Winde aufgetreten sind.

c) Verlauf der Verdunstung in Almagel während der Periode vom 20. Juli bis 26. Oktober 1920.

Verhältniszahlen. Grösste Tagesverdunstung.

Ueber den Verlauf der Verdunstung in Almagel, sowie die Verhältniszahlen, gibt uns die nachstehende Zusammenstellung Aufschluss, die die mittleren 10—16tägigen Verdunstungshöhen ($\frac{m}{m}$) der Toncylinder, Pfarrwiese, und der Glasschalen, Stadel, für die Periode vom 20. Juli bis 26. Oktober enthält.

Perioden 1920 8 ^h 0—8 ^h 0		Toncylinder Pfarrwiese (Freie Lage)			Glasschalen Stadel Grosse Kleine Mittel (Geschützte Lage)			Glasschalen Stadel (Mittelwert) Toncylinder Pfarrwiese (Verhältnis)	
		(12 Tage)	total	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	total	
20. Juli	bis 1. August	(12 Tage)	total	38.64	22.04	23.25	22.64 ₅	total	0.59
			pro Tag	3.22			1.89		
1. August	„ 16. „	(15 „)	„	40.67	25.03	24.24	24.63 ₅	„	0.61
			„	2.71			1.64		
16. „	„ 1. September	(16 „)	„	33.56	20.33	20.40	20.36 ₅	„	0.61
			„	2.10			1.27		
1. September	„ 16. „	(15 „)	„	38.49	25.94	26.18	26.06	„	0.68
			„	2.57			1.74		
16. „	„ 2. Oktober	(16 „)	„	29.00	17.99	17.60	17.79 ₅	„	0.61
			„	1.81			1.11		
2. Oktober	„ 16. „	(14 „)	„	28.88	17.20	17.17	17.18 ₅	„	0.59 ₅
			„	2.06			1.23		
16. „	„ 26. „	(10 „)	„	16.68	9.03	8.84	8.93 ₅	„	0.54
			„	1.67			0.89		
Total 20. Juli bis 26. Oktober		(98 Tage)		225.92	137.56	137.68	137.62		0.60 ₉
			pro Tag	2.31			1.40		

Die grössten Tagesverdunstungen sind vom 5. bis 7. September 1920 mit $\begin{cases} 5.2 \frac{m}{m} & \text{Toncylinder} \\ 4.25 \frac{m}{m} & \text{grosse Schale} \\ 4.17 \frac{m}{m} & \text{kleine „} \end{cases}$ beobachtet worden. —

Wesentlich andere Verdunstungshöhen und Verhältniszahlen ergaben sich dagegen an den Glasschalen, die neben den Toncylindern auf der Pfarrwiese in Almagel, also in freier Lage zur Aufstellung gelangten. Nachstehende Mittelwerte geben hierüber Auskunft:

Periode Juli/Oktobre 1920: Toncylinder Pfarrwiese: $3.46 \frac{m}{m}$. Glasschalen Stadel: Grosse = $1.95 \frac{m}{m}$; Wiese $4.14 \frac{m}{m}$.
(Mittelwerte aus 8 kurzen Perioden). Kleine = $1.99 \frac{m}{m}$; 4.35 $\frac{m}{m}$.

$$\text{Verhältniszahl: } \frac{\text{Glasschalen Stadel (Mittelwerte)}}{\text{Toncylinder Pfarrwiese}} = 0.57$$

$$\text{Verhältniszahl: } \frac{\text{Glasschalen Wiese (Mittelwerte)}}{\text{Toncylinder Pfarrwiese}} = 1.23$$

d) Vergleichsversuche in Almagel und Mattmark vom 8. bis 13. September 1920.

Vom 8. September bis 13. September 1920 gelangten zwei weitere Glasschalen am Nordende des Mattmarksees, 2109 m ü. M., in gedeckter und geschützter Lage zur Aufstellung. Die Ergebnisse sind folgende:

- Verhältnis der grossen zur kleinen Glasschale: Almagel (Stadel) = 0.98
Almagel (Wiese) = 1.02
Mattmark (Seebene) = 0.81
- Verhältnis der grossen Glasschale Almagel (Wiese) zur grossen Glasschale Almagel (Stadel) = 2.32
- Verhältnis der grossen Glasschale Almagel (Stadel) zur grossen Glasschale Mattmark (Seebene) = 1.51
- Verhältnis der grossen Glasschale Almagel (Wiese) zur grossen Glasschale Mattmark (Seebene) = 3.41
- Verhältnis des Toncylinders Almagel (Wiese) zur grossen Glasschale Almagel (Wiese) = 0.67

e) Vergleichsversuche in Almagel mit dem Wild'schen Evaporimeter vom 15. bis 28. Juli 1924.

Vom 15. bis 28. Juli 1924 wurden ferner auf der Pfarrwiese in Almagel Verdunstungsversuche mittelst Toncylinder, grossen Glasschalen und Evaporimeter von Wild¹⁾ ausgeführt. Alle drei Arten von Atmometern gelangten im Freien und unter einer nach allen Seiten offenen, den Winden voll ausgesetzten, aber gedeckten Hütte zur Aufstellung. Es stellten sich folgende Verhältnisswerte ein:

- a) Verhältnis der Glasschalen untereinander: $\frac{\text{Glasschale Hütte}}{\text{Glasschale Wiese}} = 0.67$
- b) Verhältnis der Wild'schen Schalen untereinander: $\frac{\text{Wild Hütte}}{\text{Wild Wiese}} = 0.61$
- c) Verhältnis Toncylinder Wiese zur Glasschale Wiese: $\frac{\text{Toncylinder Wiese}}{\text{Glasschale Wiese}} = 0.65$
- d) Verhältnis der Wild'schen Schale Hütte zur Glasschale Hütte: $\frac{\text{Wild Hütte}}{\text{Glasschale Hütte}} = 1.11$
- e) Verhältnis der Wild'schen Schale Wiese zur Glasschale Wiese: $\frac{\text{Wild Wiese}}{\text{Glasschale Wiese}} = 1.22$
- f) Verhältnis der Wild'schen Schale Hütte zur Glasschale Wiese: $\frac{\text{Wild Hütte}}{\text{Glasschale Wiese}} = 0.74$
- g) Verhältnis der Wild'schen Schale Wiese zur Glasschale Hütte: $\frac{\text{Wild Wiese}}{\text{Glasschale Hütte}} = 1.82$
- h) Verhältnis der Toncylinder Wiese zur Wild'schen Schale Wiese: $\frac{\text{Toncylinder Wiese}}{\text{Wild Wiese}} = 0.53$
- i) Verhältnis der Toncylinder Wiese zur Glasschale Wiese: . . . $\frac{\text{Toncylinder Wiese}}{\text{Glasschale Wiese}} = 0.65$

Bemerkenswert ist die gute Uebereinstimmung der Verhältnisszahl Toncylinder Wiese zu Glasschale Wiese der beiden Perioden: 8. September bis 13. September 1920 und 15. Juli bis 28. Juli 1924 mit **0.67** bzw. **0.65**. Die wenigen Beispiele zeigen deutlich die Vielgestaltigkeit der Verhältnisse im Hochgebirge in Hinsicht auf die Verdunstungsmessung. Aus diesem Grunde ist es auch ganz unmöglich, theoretische Beziehungen zwischen Verdunstung, Windstärke und Temperatur aufzustellen.

Die Ergebnisse der Verdunstungsmessungen in Saas-Almagel und Mattmark (Hotel), sowie die zugehörigen Lufttemperaturen, relativen Feuchtigkeiten und Windbeobachtungen, Periode 20. Juli bis 20. November 1920, sind in graphischer Form im Diagramm 4 (Seite 255) vereinigt. Aus diesen ist neuerdings ersichtlich, wie gross die Abhängigkeit der Verdunstung von den Windverhältnissen ist. So ist z. B. am 28./29. Juli bei 114000 Umdrehungen des Schalenanemometers und nur 5° Lufttemperatur die Verdunstung 40.2 cm³, während am 2./3. August bei nur 59900 Umdrehungen, aber 14.6° Lufttemperatur, 32.4 cm³ verdunstet sind.

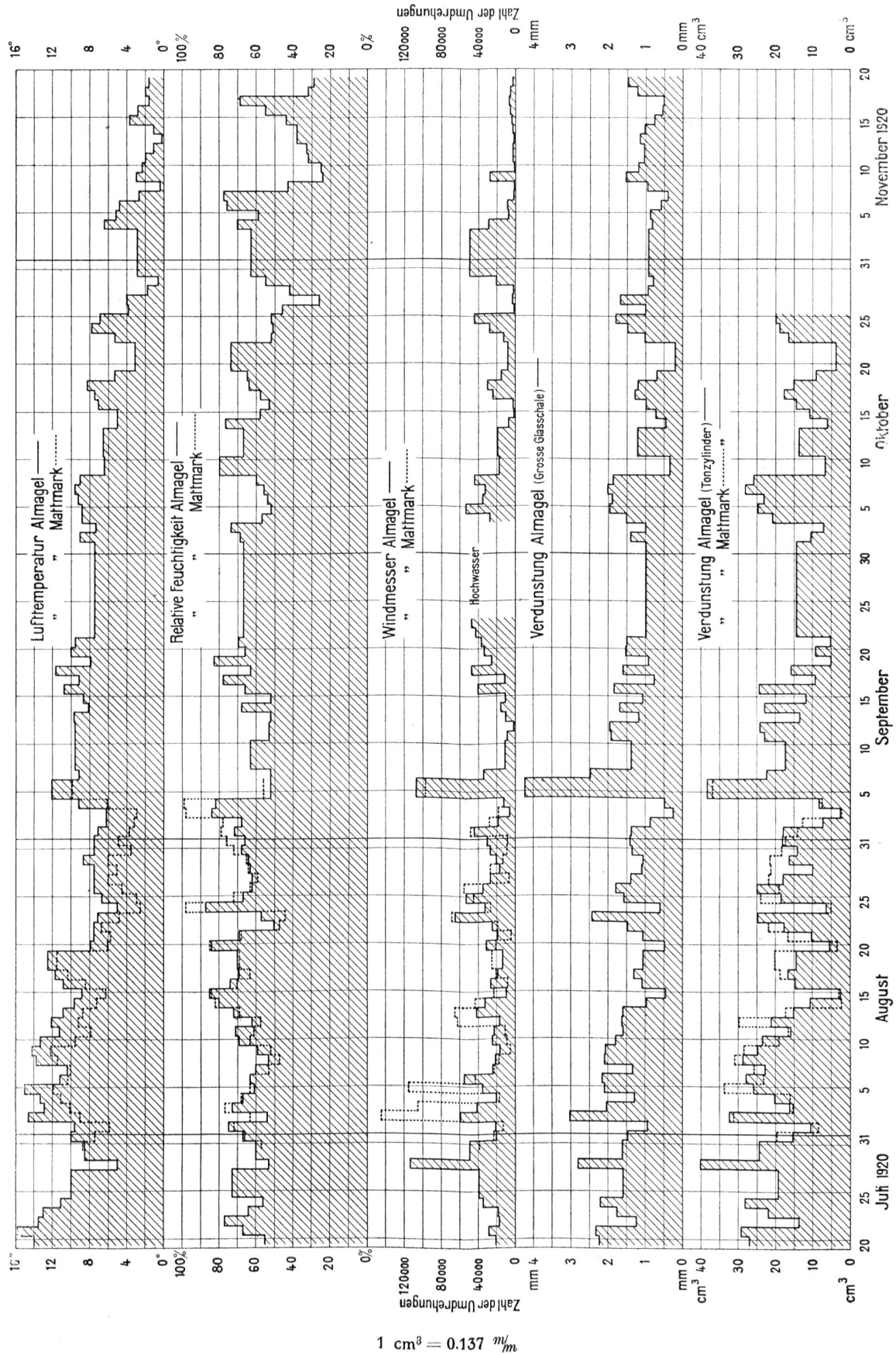
Die relativ grosse Verdunstung in Almagel am 20./21. Juli rührt in erster Linie von der hohen Lufttemperatur her, obschon die Zahl der Umdrehungen des Windmessers eine sehr kleine ist.

Am 2./3. August hat Mattmark trotz einer viel grösseren Zahl von Umdrehungen eine kleinere Verdunstung als Almagel, weil die Temperatur viel niedriger ist; im Gegensatz dazu steht aber das Ende des Monats August, bei dem Mattmark trotz niedriger Temperatur und einer kleinen Zahl von Umdrehungen grössere Verdunstungswerte aufweist.

¹⁾ Die im Grundriss kreisförmige Wild'sche Verdunstungsschale hat einen Durchmesser von 17.8 cm mit einer freien Oberfläche von 250 cm², eine Tiefe von 2.9 cm am Rande und 4.3 cm in der Mitte.

Ergebnisse der Verdunstungsmessungen in Saas-Almagel und Mattmark.
Periode: 20. Juli bis 20. November 1920.

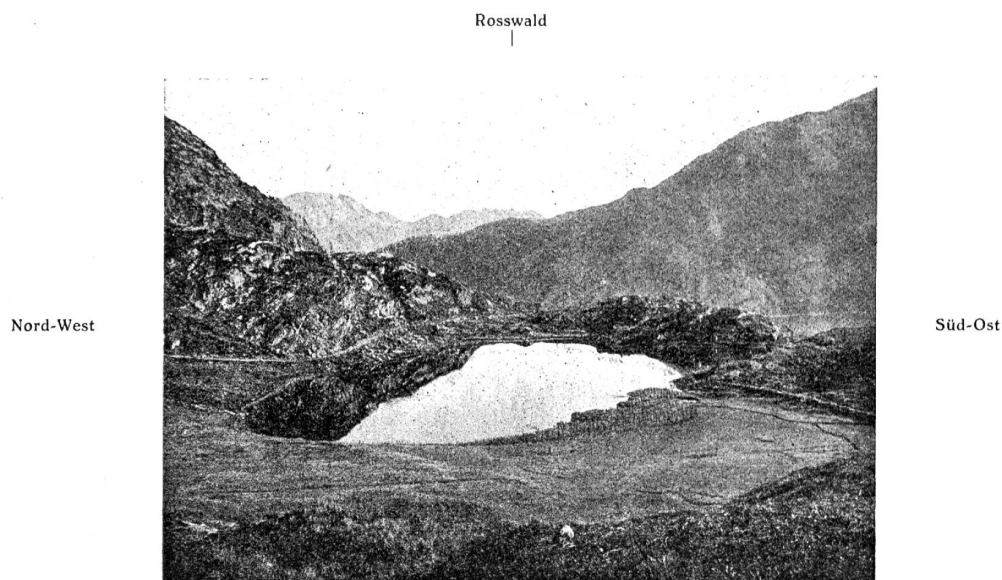
Diagramm 4.



II. Verdunstungsmessungen im Gebiete der Simplonpasshöhe.

(Simplon-Kulm, Wallis.)

Die Verdunstungsmessungen auf Simplon Kulm erfolgten am Hopschensee westlich der Simplonpasshöhe, 2017 m ü. M., an den Niederalpseen am Westfusse des Hübschhornes, 2050 und 2130 m ü. M., und an den Neuhüttenseen oberhalb Hopschen, am Ostfusse des Schienhornes, 2187 m ü. M., in der Zeit vom 25. Juli bis 26. Oktober 1921.



Hopschensee am Simplonpass, 2017,5 m ü. M.
von Süden gesehen.

Morphologisch stellt die Oberfläche der Simplonpasshöhe eine typische Rundhöckerlandschaft, eine onduлиerte Oberfläche dar. Jede Vertiefung birgt ein Seelein (Felsschalen-Bildung). Der Gesteinsuntergrund tritt nur teilweise nackt zu Tage, er ist meist mit einer ganz leichten Humus- oder Schuttschicht zugedeckt. Wo die Schicht mächtiger ist, haben wir es mit Moorboden zu tun. Die Zone des Magenhorns von P. 3621 bis zur Saltine besteht aus Gneiss und Glimmerschiefer¹⁾. Der Hopschensee liegt im Streichen von Granat- und Staurolith-Glimmerschiefer. Hydrologisch ist diese Zone an und für sich undurchlässig, unterirdische Wasserläufe sind nur auf Kluftflächen vorhanden²⁾. Die Zone des Hübschhornes besteht aus Zweiglimmergneissen und ist auch nur auf Klüften wasserführend. Die hydrologischen und geologischen Verhältnisse des oberflächlichen Schuttbodens sind von den Verfassern unter Beiziehung des Geologen Herrn Dr. J. Hug in Zürich eingehend untersucht worden.

Hopschensee.

Der Zufluss zum Hopschensee ist ein kleines Sammelbächlein in geschlossener Rinne über dem Wasserspiegel des Sees. Nur die eigentliche Schuttzone des 295000 m² grossen Einzugsgebietes des Sees darf als Zuzugsgebiet betrachtet werden. Die Seefläche beträgt 13200 m² = 4,5% des Einzugsgebietes, das Seevolumen = 22800 m³, die mittlere Tiefe = 1,73 m, die maximale Tiefe = 3,0 m.

Während die Verdunstungsversuche am Märjelen-³⁾ und Mattmarksee mittelst in den See eingetauchter offener Pfannen (Blechgefässe) und die Messung der Verdunstungsgrösse mittelst des Abstichverfahrens ausgeführt wurden, erfolgte die Ermittlung der Verdunstungsgrössen des Hopschensees auf Simplon-Kulm auf hydrometrische Weise, diejenige der übrigen kleinen Seen — weil ohne Zufluss — mittelst des Abstich-

¹⁾ C. Schmidt und H. Preiswerk. Zur geolog. Uebersicht vergl. Karte der Simplongruppe 1:50 000. Spezialkarte No. 48 der Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Hiezu das Erläuterungsheft No. 6 mit Literaturverzeichnis.

²⁾ Zur hydrologischen Orientierung: H. Schardt. Les eaux souterraines du tunnel du Simplon. Bullt. d. l. soc. d. Géographie. Extr. 15 févr. 1905.

³⁾ Lüttsch, O. „Der Märjelensee und seine Abflussverhältnisse“. Annalen der schweiz. Landeshydrographie. Bd. 1, Kap. X, S. 89—94. Bern, 1915.