

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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 8 (1915-1916)

Heft: 9-10

Artikel: Über Stärke und Schmelzkraft der Sonnenstrahlung im Hochgebirge

Autor: Maurer, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920596>

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: 24.07.2025

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

seinerzeit das hydrometrische Bureau beantragt hat, und worüber im Projekt des Motor seinerzeit die Rede war, verbinden liesse, mag vorläufig dahingestellt bleiben.

Es ist selbstverständlich, dass, wenn einmal der See im Herbst auf Cote 432,50 gestaut würde, die Regulierung der Seestände und Abflüsse nach anderen Grundsätzen vorzunehmen wäre, als dies bisanhin geschah. Diese bestehen darin, dass der See den Winter über allmählich und möglichst gleichmässig ausgenützt wird, dass ein Seestand von 432,50 wenn immer möglich nicht überschritten wird und dass auf alle Fälle auch der tiefste Seestand von 431,50 nicht unterschritten werden darf. Die Art der Regulierung müsste auch in Abhängigkeit von den beobachteten Zuflüssen zu bringen sein. Auf Grund von Untersuchungen, die sich über eine Reihe von Jahren erstreckt haben, haben wir ein Wehrrglement aufgestellt, bei dessen richtiger Handhabung, die einem Fachmann anzuvertrauen wäre, einer rationellen Regulierung der Abflüsse genügt würde.

Was nun das weitere Verfahren anbelangt, so stellen wir uns vor, dass an die Baudirektion des Kantons Bern eine Eingabe zu machen wäre, mit dem Begehren, die Regulierung des Bielersees nach den oben skizzierten Grundsätzen durchzuführen. In der Eingabe wäre der Nachweis zu leisten, dass bei Einhaltung des Reglementes auch bei plötzlich eintretendem Hochwasser, im Herbst, wenn auch der See auf Cote 432,50 gestaut sein wird, keine Gefahr vorhanden ist, dass die Wasserstände höher ansteigen, als es bisher bei gleich grossen Zuflüssen in die Seen der Fall war.

Die Erfahrungen bei Durchführung des Schützenbetriebes nach dem in Vorschlag gebrachten Reglement werden bald ergeben, ob und welche Abänderungen des Reglementes sich als zweckmässig erweisen werden und ob irgend welche baulichen Änderungen am Wehr im Sinne der Erhöhung der Schützen, oder in der alten Zihl durch Einbau einer Stauanlage zur Drosselung der Abflüsse zu machen sein werden.



Über Stärke und Schmelzkraft der Sonnenstrahlung im Hochgebirge.

Von Dr. J. Maurer,

Direktor der Schweiz. meteorologischen Zentralanstalt, Zürich.

Schon an einem andern Orte¹⁾ habe ich kurz auf die immens gesteigerten Beträge der Sonnenstrahlung in der Hochregion hingewiesen, welche im Sommer, vornehmlich in der Zeit von Juni bis September, neben Verdunstung, namentlich die Schmelzung in der

¹⁾ Vgl. „Die Wasserwirtschaft in der Schweiz“. Herausgegeben vom Komite der Gruppe 34: „Wasserwirtschaft“ der Schweizerischen Landesausstellung in Bern im Jahre 1914. I. Die Entwicklung unseres meteorologischen Landesdienstes und seine Beziehungen zur schweizerischen Wasserwirtschaft.

Gletscherregion besorgen. Herrn Ingenieur Lüttschg hatte ich brieflich, noch vor der Drucklegung eben genannter Mitteilungen, einige Daten aus meinen Berechnungen unterbreitet, deren er in seiner vor trefflichen Monographie: „Der Märjensee und seine Abflussverhältnisse“ freundlichst Erwähnung tat. Herr Oberbaurat Dr. Ing. H. Keller-Berlin streifte dann ebenfalls in einer anerkennenden Besprechung: „Ermittlung der Niederschlagshöhe im Hochgebirge“ (Zentralblatt der deutschen Bauverwaltung vom 11. Sept. 1915) die vorerwähnten Ergebnisse über die Abschmelzung der Gletscherfläche durch die Sonnenstrahlung.

An dieser Stelle gebe ich eine knappe Darlegung meiner Überlegungen, die zur Genüge zeigen dürften, was für enorme Wärmesummen, herrührend von der Sonnenstrahlung, unserer alpinen Hochregion zu gute kommen, und welche hochbedeutenden wasserwirtschaftlichen Faktor sie bilden. Wenn man unter Zugrundelegung der zahlreichen längeren Messungsreihen über die Intensität der Sonnenstrahlung im Hochgebirge versucht, in erster Annäherung¹⁾ die totale Einstrahlung in Kilogramm-Kalorien auf die horizontale Flächeneinheit (m^2) zu bestimmen, so erhält man für den einfachsten idealen Fall des wolkenlosen Himmels folgende Zahlen, gültig für das Hochgebirge zwischen 2000—3000 m und die wärmere Jahreszeit:

Monatliche Wärmesummen in kg-Kal. auf horizontale m^2 Fläche bei wolkenlosem Himmel für die Hochregion von 2000—3000 m.

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
170940	211420	217140	212784	191000	141240	89838

Nun steht aber unser Tagesgestirn keineswegs immer vollkommen unbewölkt am Himmel; welche Wärmesummen in Wirklichkeit der Bodenfläche zuströmen, erfährt man natürlich erst nach Berücksichtigung der Bewölkung. Unsere Sonnenscheinregistratoren, die seit vielen Jahren, sowohl in der Niederung, als auch in der Hochregion funktionieren, geben die nötigen Anhaltspunkte zur Berechnung der realen Sonnenstrahlung unter dem Einfluss der massgebenden durchschnittlichen Bewölkung. Es entfallen von den vorgenannten Zahlen bloss nachstehende runde Prozente der Sonnenstrahlung auf die horizontale m^2 -Fläche:

im:	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
%	49	49	50	55	62	59	58

¹⁾ Der Rechnungsvorgang ist einfach folgender: Aus den vorhandenen direkten Messungen der Sonnenstrahlung, normal auffallend zur (schwarzen) Flächeneinheit, berechnet man je für den Tag der Monatsmitte die gesamte Tagesstrahlung, aber bezogen auf die horizontale Fläche, indem man die Ergebnisse jeweils mit dem sinus der Sonnenhöhe noch multipliziert. Aus den so bestimmten täglichen Wärmesummen der 12 gleichmässig über das ganze Jahr verteilten Tage ergibt sich bei graphischer Behandlung eine stetige einfache Jahreskurve, deren Planimetrierung, direkt für die einzelnen Monate, die obigen Näherungswerte ergibt.

Also sind die wirklichen Monatssummen der Einstrahlung auf die m²-Fläche in kg-Kal. (bei mittlerer Bewölkung) für:

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
83761	103596	108570	117031	118420	83332	52106

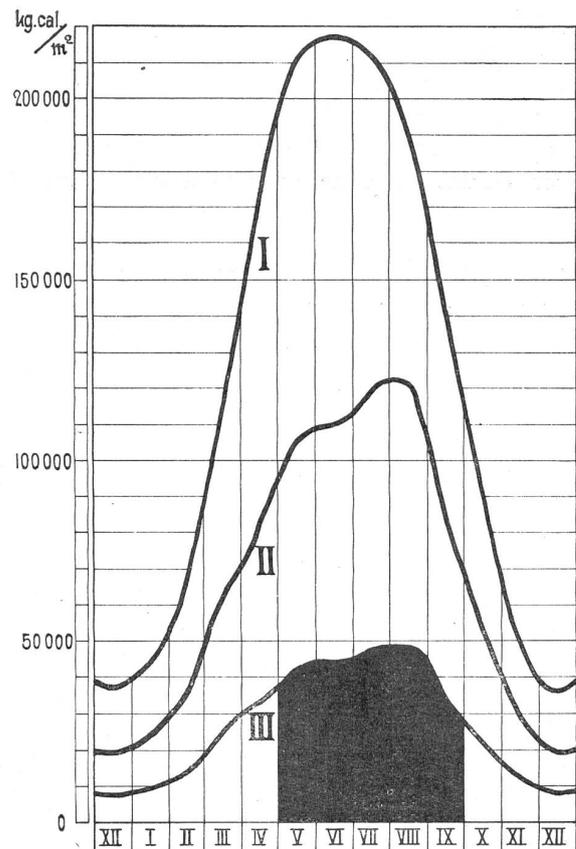
Daraus die mittlere Tagesstrahlung: (kg-Kal. m²)

2792	3342	3619	3775	3820	2778	1681
------	------	------	------	------	------	------

Zu einer anschaulichen Vorstellung (vergleiche unsere Figur) über die hohe Bedeutung vorstehend gewonnener Zahlen respektive Wärmemengen gelangt man am einfachsten, wenn man sie in Vergleich setzt mit jenen Mengen, die imstande sind, gewisse Wirkungen an der Erdoberfläche hervorzubringen, also zum Beispiel eine Eisschicht von bestimmter Mächtigkeit zu schmelzen oder eine Wasserschicht von bestimmter Höhe zur Verdunstung zu bringen usw., ein Mittel der Versinnlichung, das mit Vorteil stets in solchen Fällen angewendet wird. Wählen wir als Wärmeeinheit wieder unsere grosse oder Kilogramm-Kalorie, als Längeneinheit das Meter, so findet man als Zahl der erforderlichen Wärmeeinheiten:

Zur Erwärmung von 1 m ³ Wasser um 1° C.	1000 kg-Kal.
Zur Erwärmung von 1 m ³ Erdreich um 1° C.	300—600 „
Zur Verdunstung einer Schicht Wasser von 1 mm Höhe pro m ² Grundfläche	600 „
Zum Schmelzen einer Schicht Eis von 1 mm Höhe pro m ²	74 „

So elementar diese Zusammenstellung auch ist, gibt sie doch im Zusammenhalt mit den oben mitgeteilten Zahlen für die monatlichen und täglichen Wärmesummen der Sonneneinstrahlung einige praktische Fingerzeige und zeigt vor allem in anschaulicher Weise, welche bedeutende Rolle der Sonnenkraft im Wärmehaushalt des Hochgebirges zufällt. Aus unseren obenstehenden Werten für die wirklichen Monatssummen der Einstrahlung auf die horizontale Fläche bei mittlerer Bewölkung erhalten wir zum Beispiel für den Monat August 118420 kg-Kal. oder für den Tag durchschnittlich 3820 kg-Kal., hinreichend um $(3820 : 600) = 6,4$ mm Wasser (pro m² und Tag) zu verdunsten. Da aber nur ein Bruchteil der auffallenden Sonnenenergie vom Erdboden (resp. der Wasserfläche) wirklich völlig absorbiert wird, so reduziert sich vorstehender Wert allerdings noch bedeutend und wohl nahe um die Hälfte; es verbleiben demnach rund etwa 3 mm pro Tag für die erwähnte Verdunstungsgrösse. Wir erhalten also schon durch diese einfache summarische Betrachtung Verdunstungswerte von der Grössenordnung, wie solche Herr Lüttschg am Märjelensee tatsächlich beobachtet hat und erkennen auch, dass die oben von uns gegebenen Wärmesummen nicht so weit von der Wahrheit entfernt sein dürften.



Die Sonnenstrahlung im Hochgebirge (in Monatssummen: I. Gesamteinstrahlung auf horizontale m²-Fläche bei wolkenlosem Himmel. II. Wirkliche Einstrahlung bei mittlerer Bewölkung. III. Sonnenstrahlung auf horizontaler Eisfläche absorbiert (Mai-September) bei 0,4 Absorptionskoeffizient.

Schon einfache Versuche im Kleinen geben uns einen annähernden Begriff von der eminenten Wirkung der Sonnenstrahlung allein auf den Schmelzprozess unserer Gletscher; ich habe solche Experimente schon früher mitgeteilt¹⁾ und daraus einige Folgerungen gezogen. Man darf ja allerdings das Ergebnis solcher „vom kleinen auf's grosse“ schliessenden Ermittlungen für etwas anfechtbar halten; doch ist es nicht schwer, darzutun, wie auch solche Experimente „en miniature“ qualitativ auf Resultate führen, die den wahren Tatbeständen ziemlich nahe kommen. Aus unsern Versuchen war zu schliessen — ich benutzte Eisplatten von 65 kg Gewicht und 15 cm Eisdicke —, dass eine Eisfläche von der gesamten auffallenden Sonnenenergie etwa 30 bis 40% absorbiert; das andere geht durch und ein Rest wird reflektiert. Rechnet man mit dem Absorptionskoeffizienten 0,4, so ergeben sich für die horizontale m²-Eisfläche an absorbierten kg-Kal. im Hochgebirge:

für April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
33504	41438	43428	46812	47368	33332	20842

In der Zeit der eigentlichen Abschmelzung unserer Gletscher, Juni bis September, ergibt sich demnach in Summa der Betrag von 170940 kg-Kal., hinreichend für ein Schmelzprodukt von: 2137 kg Eis pro m²

¹⁾ Vgl. Schweiz. Bauzeitung Bd. LXIII, 1914, pag. 115.

= 2137 Liter Wasser = 2137 mm Wasserhöhe pro m².

Das ist aber nahe derselbe Betrag, der als Schmelzwasser gerechnet, in der Höhe bei etwa 2000 m, unmittelbar unterhalb der Firngrenze, während der Monate Oktober bis April oder Mai wirklich im Durchschnitt auch fällt!

Nun ist wohl zu berücksichtigen, dass mit dem Effekt der Sonnenstrahlung allein der Wärmeeinfluss auf die Gletscherfläche nicht erschöpft ist; es bleibt immer noch die sogenannte „Himmelsstrahlung“, d. h. die starke diffuse Wärmestrahlung der Atmosphäre mit ihren wolkenführenden Partien. Dieser Anteil darf selbst noch auf ein volles Fünftel der Sonnenstrahlung veranschlagt werden, wie neuerliche Messungen zeigen, so dass es ausser Zweifel ist, dass der Gesamteffekt der Strahlung von Sonne und Atmosphäre denjenigen der übrigen Agentien (Lufttemperatur, Niederschlag und Schmelzwasser, Verdunstung usw.) für die Abschmelzung der Gletscher noch erheblich übersteigt. Prüft man die zahlreichen Ergebnisse, wie sie von Forbes, Martins, Colomb, Agassiz, Schlagintweit u. a. für die tägliche und jährliche Ablation auf unsern Gletschern gewonnen worden sind, so lässt sich, im Hinweis auf die oben gefundenen Zahlen, der Gesamteffekt der Strahlung allein auf die Abschmelzung zum mindesten auf 65 bis 70% veranschlagen.

Aus vorstehendem geht auch zur Genüge hervor, von welcher ausschlaggebender Wirkung für den Schmelzrespektive Schwundprozess unserer Gletscher heitere, warme Sommer sind. Überblickt man die enorme, kontinuierliche Rückzugsperiode unserer grossen zentralen Alpengletscher während der letztverflossenen 60 Jahre, so hat man auch kaum eine andere Erklärung dafür, als dass sie zustande gekommen ist durch das überaus günstige Zusammentreffen einer langen, äusserst wirksamen Periode der Sonnenstrahlung (1859 bis etwa 1878) mit einer besonders im zweiten Teil des Rückzuges (1892 bis etwa 1909) noch relativ starken Niederschlagsarmut in der Firnregion, beides Erscheinungen, wie sie während Jahrhunderten nur selten in diesem Zusammenspiel und solcher Kontinuität zur Beobachtung kommen.



Der gegenwärtige Stand der Ausnutzung der Wasserkräfte in Russland.

Von Dipl. Ing. P. Gurewitsch.

Es wurde bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nach dem Kriege die Ausnutzung der Wasserkräfte in Russland voraussichtlich mit grossen Schritten vor sich gehen wird, so dass sich dem Wasserbau-Ingenieur sowie dem Kapitalisten auf diesem Gebiete ein breites Arbeitsfeld zur Betätigung eröffnen wird.

Ein ganz anderes Bild bietet sich uns jedoch, wenn wir uns der Gegenwart zuwenden.

Während in den Vereinigten Staaten ¹⁾ 1912 zirka 2,500,000 PS., in Japan 450,000, in der Schweiz zirka 300,000, in Italien nur in der Piemont-Provinz über 400,000 PS. durch Ausnutzung der Wasserkräfte erzeugt wurden, betrug 1910 laut einer Umfrage der Kaiserlichen Russischen Technischen Gesellschaft die Gesamtleistung der Wasserkraftwerke in Russland kaum 250,000 PS. Zirka 80% der russischen Wasserkraftwerke hatten jedoch eine Leistung von nur einigen 10 PS. und versorgten mit Kraft Mühlen, Sägewerke, kleine Fabriken, landwirtschaftliche Betriebe usw., wobei ihre Einrichtung grösstenteils ziemlich primitiv war. In der letzten Zeit machte sich jedoch auch in diesen kleinen Betrieben ein Übergang von den primitiven Wasserrädern zu mehr vollkommenen Turbinen bemerkbar. Während in den 1890er Jahren die russischen Maschinenfabriken Turbinen mit einer Gesamtleistung von nur einigen Hundert PS. pro Jahr lieferten, wurden in dem folgenden Dezennium durchschnittlich pro Jahr Turbinen mit einer Gesamtleistung von zirka 2000 PS. gebaut und in den letzten Jahren stieg die jährliche russische Produktion von Wasserturbinen bis zu einer Leistung von zirka 7000 PS. pro Jahr.

In den letzten 25 Jahren haben somit die russischen Maschinenfabriken Wasserturbinen mit einer Gesamtleistung von nur 50,000—60,000 PS. gebaut. Wie gering diese Leistung ist, sieht man am deutlichsten daraus, dass nur eine der ältesten schweizerischen Maschinenfabriken dieser Branche während ihres Bestehens zirka 4,800 Wasserturbinen mit einer Gesamtleistung von 2,660,000 PS. (darunter Einheiten von 11,500 bis 14,500 PS.) gebaut hat. Übrigens bauen die russischen Maschinenfabriken (hauptsächlich aber kleinere Werkstätten) nur ganz einfache Wasserturbinen mit einem ziemlich niedrigen Wirkungsgrad, während die besseren Turbinen aus dem Auslande eingeführt werden.

Der Hauptlieferant Russlands in Wasserturbinen, wie auch in allen anderen Maschinen, war Deutschland, das 1909 Wasserkraftmaschinen nach Russland im Werte von Mk. 301,000, 1910 für 455,000, 1911 für 248,000, 1912 für 218,000 und 1913 für 254,000 ausgeführt hat. Die Zahl der 1913 nach Russland aus Deutschland ausgeführten Wasserkraftmaschinen betrug 77. Aber auch aus anderen Ländern, hauptsächlich aus den Vereinigten Staaten und Schweden, führte Russland Wasserkraftmaschinen ein. Was die

¹⁾ In den Vereinigten Staaten, dem Lande, in dem die Wasserkraft-Ausnutzung am meisten entwickelt ist, betrug 1912 die verfügbaren Wasserkräfte, unter Zugrundelegung eines Wirkungsgrades von 90%, minimal 32,083,000 und maximal 61,678,000 PS. und bei einem Wirkungsgrad von 75% 26,736,000 PS. minimal und 51,398,000 PS. maximal, wobei etwa 43% allein auf die westlichen Staaten: Californien, Oregon und Washington fielen.