Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67/68 (1916)
Heft: 14

Artikel: Der Märjelen-See und seine Abflussverhältnisse: eine hydrologische Studie

Autor: Roth, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-33078

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: 15.07.2025

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

INHALT: Der Märjelen-See und seine Abflussverhältnisse — Die federnden Zahnräder der Lötschberg-Lokomotiven, Typ 1-E-1. — Neubauten der Architekten F. & E. Zuppinger, Zürich. — Die „Cadlimo-Hütte" des Schweizerischen Alpenklub. — Miscellanea: Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern. Graphische Darstellung des Luftbefeuchtungs- und Trocknungsvorganges. Schweiz. Binnenschiffahrt. Schiffahrt auf dem Oberrhein. Hilfswerk der schweizerischen Hochschulen für kriegsgefangene Studenten. Bebauungsplan der Stadt Soest in Westfalen. Die Eisenerzförderung in den Vereinigten Staaten. — Korrespondenz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Geschäftsbericht; Protokoll; Stellenvermittlung.
Tafeln 24 und 25: Der Märjelen-See.

Band 68. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 14.

Der Märjelen-See und seine Abflussverhältnisse.

Eine hydrologische Studie von Ing. *O. Lütschg*, Bern, besprochen von Ing. *Hans Roth*, Zürich. (Schluss von Seite 144, mit Tafeln 24 und 25.)

II. Der Märjelen-See.

Der See ist ein Gletscher-Randsee auf etwa 2300 *m* Höhe; er wird durch den grossen Aletschgletscher in ein kleines Seitental aufgestaut, das zwischen den Strahlhörnern und dem Eggishorn liegt (siehe Karte Abb. 1, S. 145). Bei hohen Gletscher- und Seeständen fliesst der See ostwärts über den niedrigen Pass-Sattel des kleinen Seitentales ins Gebiet des Fiescherbaches über (Abb. 2). Die Wasserrinne, die seit Jahren trocken liegt, heisst Seebach; über dem Gebiet dieses Baches muss sich vor Zeiten ein Seitenstrom des Aletschgletschers zum Fiescherglet-scher hinabgesenkt haben. Am Sattel selbst finden sich bis auf 2700 *m* hinauf Gletscherschliffe.

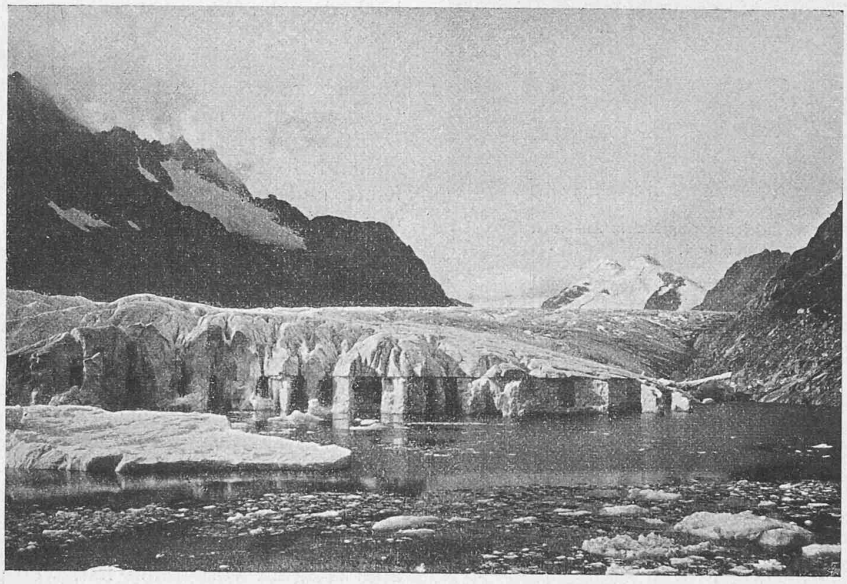


Abb. 3. Blick von Südost auf Hintersee und Aletschgletscher während der Absenkung des Sees am 25. September 1909. — Pegelstand 47,36 *m*.

Den Märjelen-See kann man mit Fug und Recht ein Wunder der Alpenwelt nennen (vergleiche Tafeln 24 und 25). Inmitten einer gewaltigen Gebirgswelt tiefgrünes Wasser mit schwimmenden weissen Eisblöcken. Wo findet sich zudem ein See, dessen Spiegel sich innert wenigen Stunden um fast 70 *m* senkt, wobei die Wasser durch die Klüfte einer 600 *m* langen, bis 80 *m* hohen Abschlusswand aus blankem Eis abziehen, um den Weg unter dem Gletscher durch zum Gletschertor zu suchen? Kein Wunder, dass das rätselhafte Seelein schon seit Beginn der Bergwanderungen Forscher und Reisende lockte. Die einen kommen aus Freude am Schönen, die andern suchen und finden in den Bergen den nie versiegenden Quell geistiger Anregungen. Da oben liegt, unverhüllt und noch unangetastet, in steter Umformung ringende Natur. Auf Schritt und Tritt stösst der Forscher auf Probleme, die noch zu lösen sind, oder auf solche, die die Lösung gerade offenbaren. Solch ein Problem, d. h. eine Summe von Problemen birgt der Märjelen-See.

Die Seeausbrüche haben von jeher Ueberflutungen im Rhonetal verursacht. Die Bewohner des Talgrundes fürchteten in dem Walten der Natur das Toben toller Berggeister. Die Verwüstungen forderten aber doch Abhülfe und notgedrungen überwand man gegnerische Strömungen und die Scheu vor dem unheimlichen See. 1829 wurde ein Graben, 1894 sogar ein Stollen vollendet, um das Seevolumen

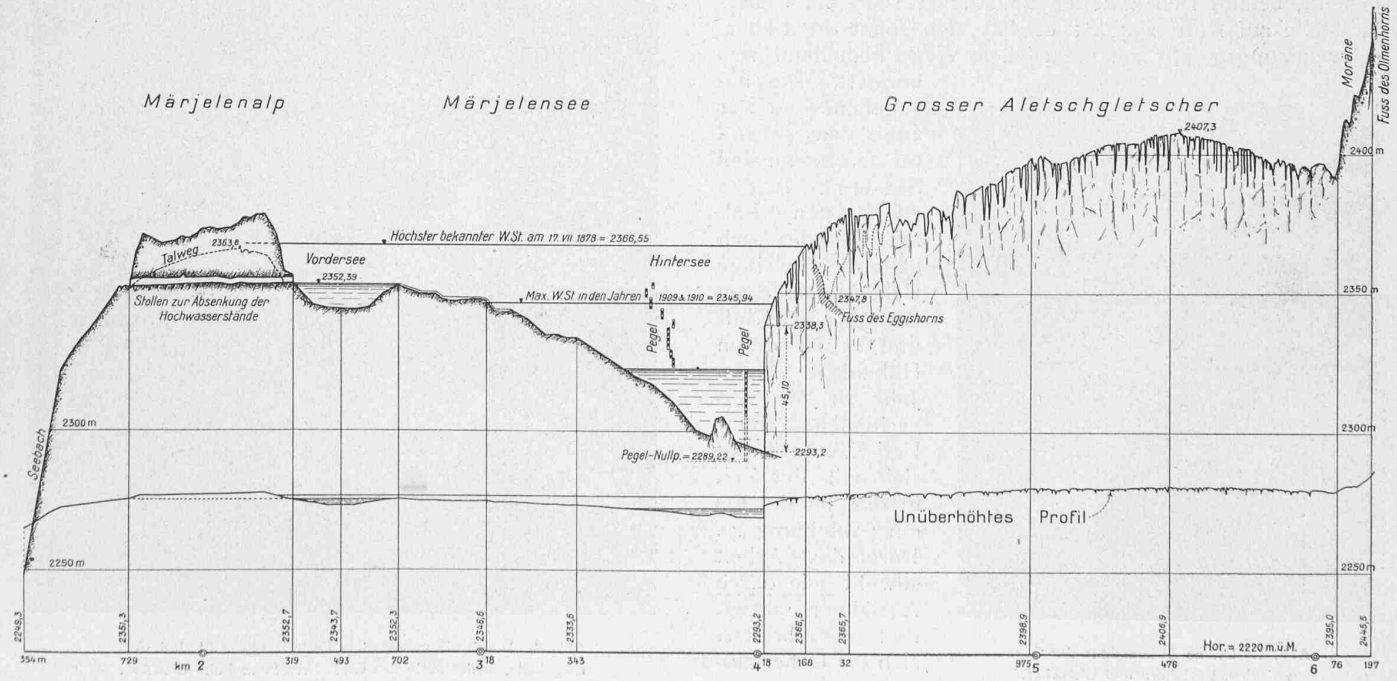


Abb. 2. Längenprofil des Märjelen-Sees und Querschnitt des Aletschgletschers. — Masstab für die Längen 1 : 25 000, für die Höhen 1 : 2500.

von rund 10 auf 6,5 Millionen m^3 zu vermindern (Profil Abbildung 2).

Dieser Stollen hat eine Länge von 583 m; er wurde je mit Benützung der Sommermonate Juli bis September

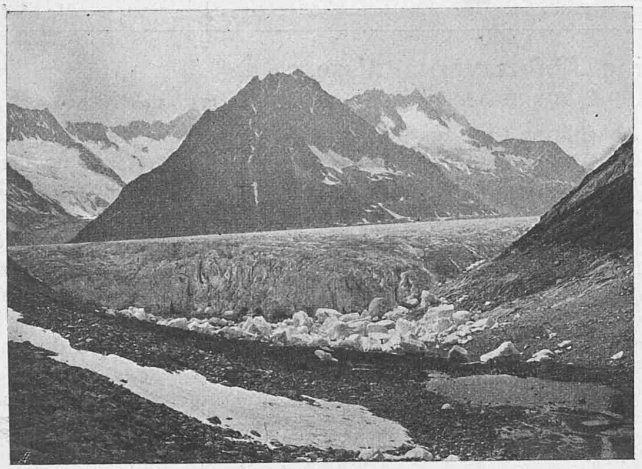


Abb. 7. Zustand des Märjelensees nach dem Ausbruch vom 15. Juli 1911.

von 1889 bis 1894 ausgeführt. Der Bau ist zu Beginn einer Gletscherschwindperiode in Angriff genommen worden und hat bisher nur einmal, 1896, während sechs Wochen seiner Bestimmung gedient, d. h. Wasser ins Einzugsgebiet des Fiescherbaches hinübergeleitet. Seither wurde der Stollen infolge des starken Gletscherrückganges nicht mehr durchflutet und es hat die Massa sämtliches Seewasser aufzunehmen, das ihr durch die Selbstregulierung des Märjelensees zugewiesen wird.

Bei hohen Gletscherständen bildete vor dem Stollendurchschlag der Felssattel der Märjelenalp (Kote 2363,8) die natürliche Ueberlaufschwelle. In Zukunft wird der maximale Seestand die Sohle des Stolleneinlaufes (Kote 2352,76) um einige Dezimeter überhöhen können. Da aber in den letzten Jahren der Gletscher sehr stark zurückgegangen ist, wurde, wie bereits erwähnt, diese maximal mögliche Seefüllung nie erreicht und überflutete der See jeweils die tiefste Stelle der abschliessenden Gletscherwand. Diese befindet sich in der Regel der allgemeinen Gebirgsverhältnisse wegen nahe am Fusse des Eggishorns zwischen Berg und Gletscher. Wie in Abbildung 2 leicht schraffiert dargestellt, befand sich z. B. am 28. August 1909 die Ueberlaufstelle auf Kote 2347,8; es hat sich somit die Ueberschwemmungsgefahr auf natürlichem Wege bedeutend vermindert. Die angegebene Kote war 1909 massgebend für den maximalen Seestand. In den allermeisten Fällen befindet sich aber die jeweilige Ueberlaufstelle am Grunde einer Kluft und es ist deren Höhenlage von Jahr zu Jahr verschieden. Der Ueberlaufbach sägt sich mit der Zeit in das blanke Eis ein (Abbildung 4). Durch diese Arbeit sowohl wie durch Auslaugen vertieft und verbreitert sich die Ueberlaufstelle; naturgemäss

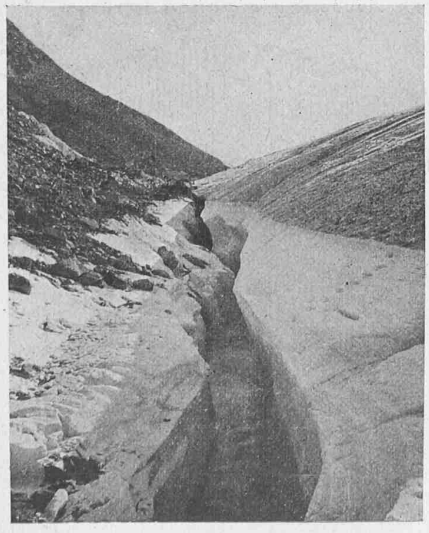


Abb. 4. Offene Abflussrinne des Sees zwischen Eggishorn und Gletscher. Pegelstand 45,0 m. — 28. September 1909.

wird dadurch der Seespiegel nach und nach abgesenkt. Dieses Absenken geht so lange vor sich, bis eines Tages die sich immer tiefer einsägende Schlucht im Eis an irgend einer Stelle nahe dem Seeauslauf auf gewachsenen Fels trifft. Die Kote des zufällig angeschnittenen Felsriegels bestimmt dann die Höhenlage des jeweiligen minimalen Seestandes.

Nicht jeden Sommer steigt der Seespiegel so hoch, dass der Wasserüberschuss über die Gletscheroberfläche hinweg der Massa zuströmen kann. Gelegentlich, so 1913, öffnet sich tief unten am Fusse der stauenden Eiswand eine Kluft und es entleert sich der Seeinhalt innert sehr kurzer Frist. Diese gefürchteten Seeausbrüche erzeugen in der Rhone Flutwellen; für den Ausbruch von 1892 wurde in Abbildung 5 die Fortpflanzung der Welle nach Massgabe der Pegelstände in der Rhone dargestellt.

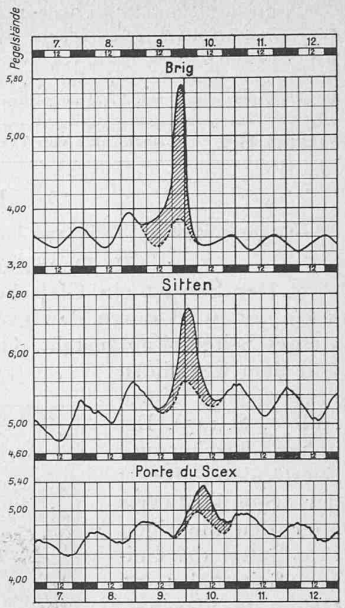


Abb. 5. Flutwelle der Rhone nach dem Seeausbruch vom 9. Juli 1892.

Das Stollenprojekt fand seinerzeit viele Gegner, die behaupteten, durch Absenken des Sees vermindere man den Wasserdruck auf die Gletscherwand und erschwere zugleich dem wärmern Wasser den Kampf gegen das Eis; der Gletscher werde nach und nach vorrücken und ihre schönen Weiden längs dem Seebach bedecken. Die umfassenden technischen Grundlagen, die Ing. O. Lütschg mit aller Sorgfalt vorbereitet hat, werden in Zukunft erlauben,

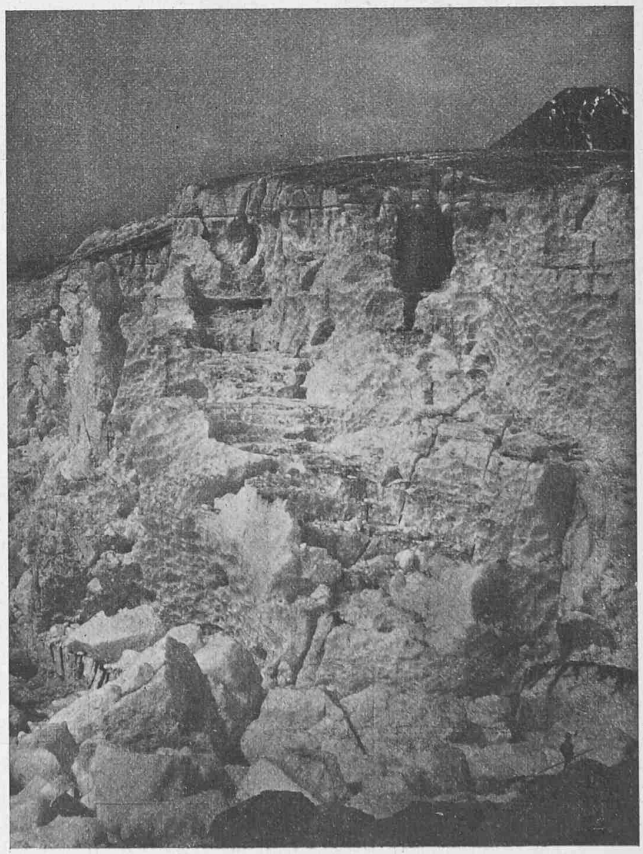
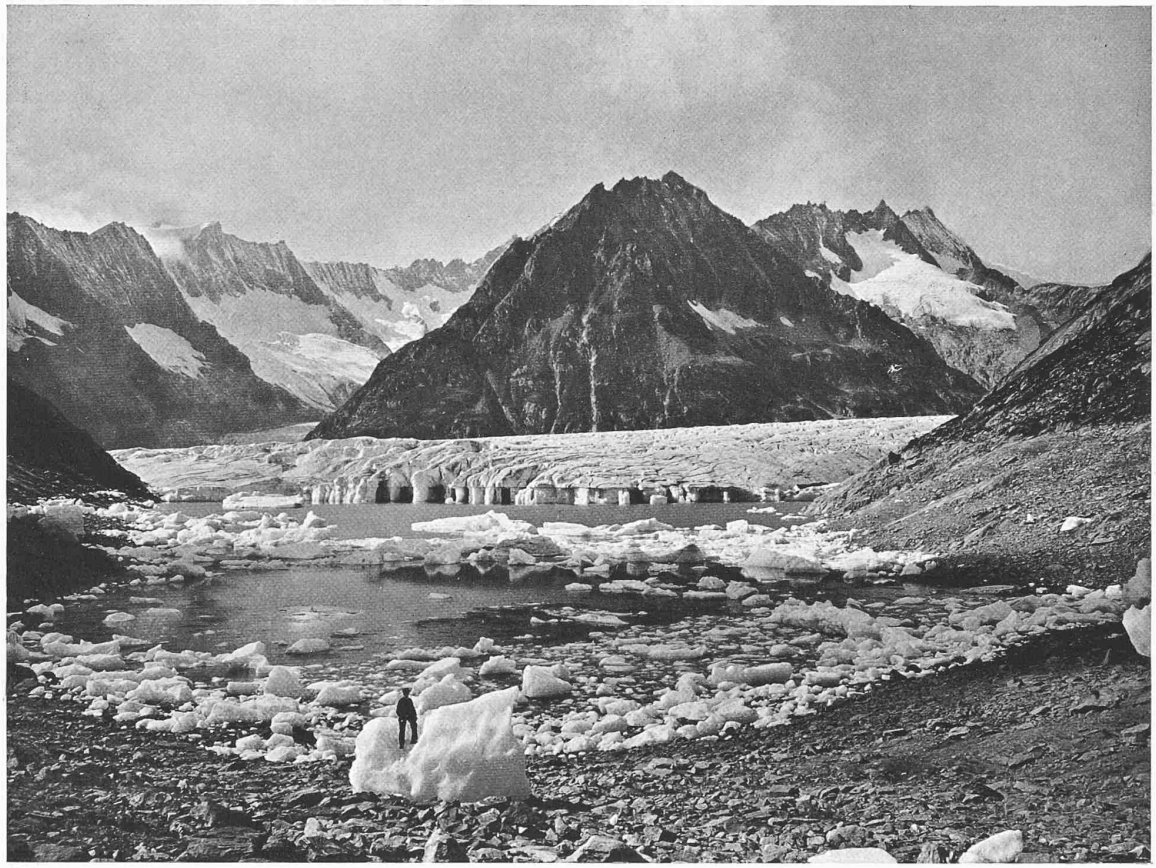
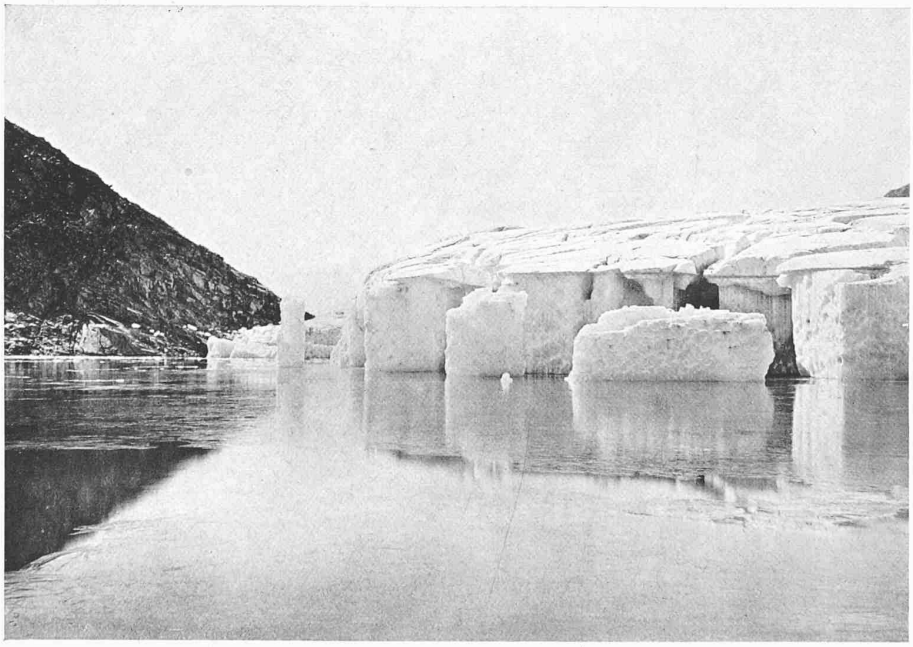


Abb. 8. Durch die vollständige Entleerung am 31. Juli 1913 freigelegte, in der Mitte des Gletschers 69 m hohe Eiswand. Aufnahme von O. Lütschg vom 3. August 1913.



Oben: Gesamtbild des Hintersees, während der Absenkung, am 24. Sept. 1909, Pegelstand 48,1 *m*



Unten: Gletscherrand am 28. September 1909 Eiswände, Säulen und Höhlen im reinsten Blau

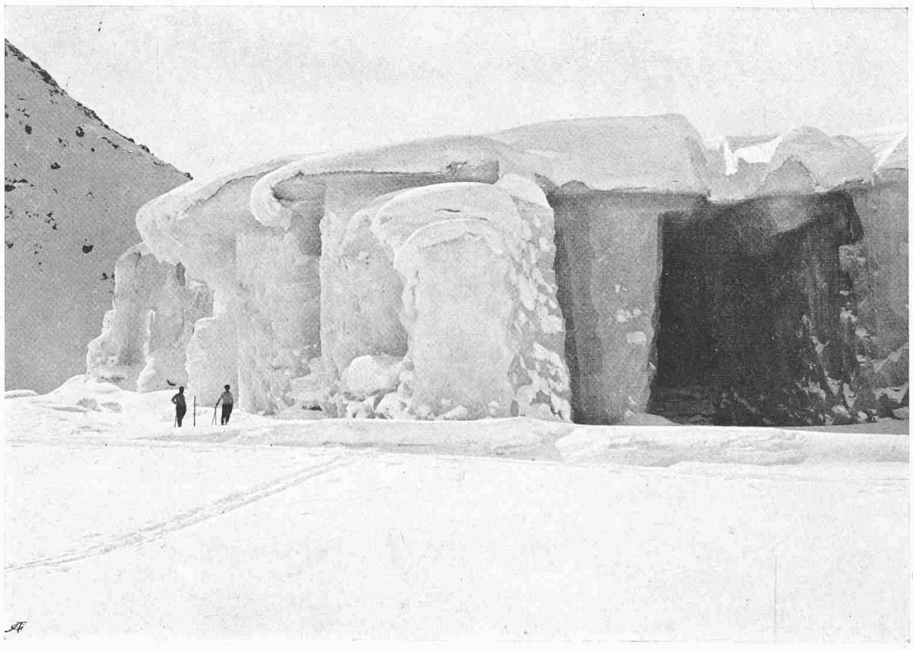
DER MÄRJELEN-SEE

HYDROLOGISCHE STUDIE VON ING. O. LÜTSCHG, BERN

BAND I DER ANNALEN DER SCHWEIZ. ABTEILUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT

Oben: Ansicht der Gletscherzunge am 24. Aug. 1908, Hochwasserstand 55,56 *m*

Unten: Winterbild vom 19. Februar 1913
Vergl. das Sommerbild auf Tafel 24 unten



DER MÄRJELEN-SEE

HYDROLOGISCHE STUDIE VON ING. O. LÜTSCHG, BERN

BAND I DER ANNALEN DER SCHWEIZ. ABTEILUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT

Aufnahmen von O. Lütschg, Bern

Kunstdruck von Jean Frey, Zürich

den Kampf zwischen dem Gletscher und dem eisätzenden See genau zu verfolgen.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse der ersten Beobachtungsperiode, umfassend die Jahre 1908 bis 1913, sollte dazu dienen, an der Landesausstellung zu zeigen, dass auch in hochalpinen Regionen eingehende Forschungen eingesetzt haben.

Natürlich sind damit die Beobachtungen nicht abgeschlossen und erlauben, was Niederschlag, Schneeschmelze und Versickerung anbetrifft, noch kein abschliessendes Urteil. Sind doch während diesen fünf Jahren erst nach und nach fortschreitend die notwendigen Kontroll-Einrichtungen erstellt worden. Immerhin wurden bereits interessante Aufschlüsse erzielt.

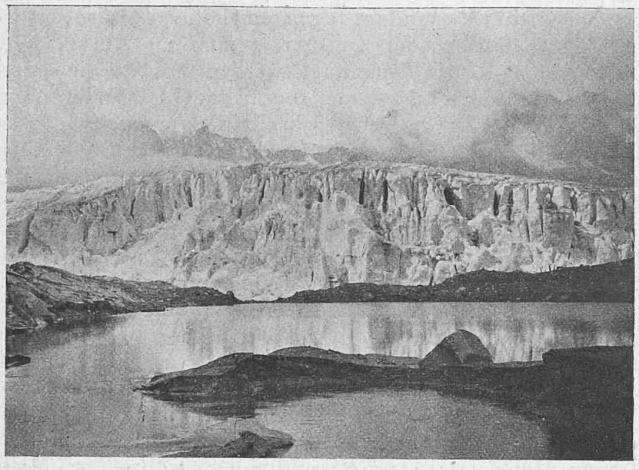


Abb. 9. Blick vom Ostende des kleinen, durch die alte Endmoräne der Gletscherzunge gebildeten Seeleins im Becken des ausgelaufenen Hintersees (12. September 1913).

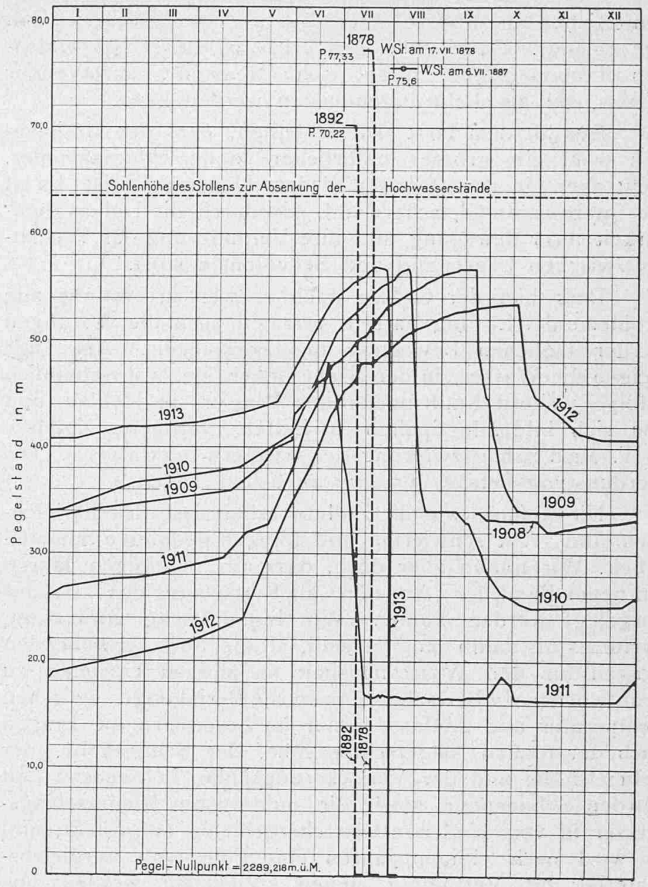


Abb. 6. Wasserspiegel-Bewegungen September 1908 bis August 1913.

Eine Tafel (Abb. 6) enthält z. B. den Verlauf der Seewasserstände vom September 1908 bis August 1913 graphisch aufgetragen. Daraus entnehmen wir, dass während der fünfjährigen Periode Jahr für Jahr ein starkes Sinken, 1913 sogar ein gänzliches Auslaufen des Sees stattfand. Dieser letzte totale Ausbruch des Sees führte dem Gletscherbach, der Massa etwa 4,5 Millionen m^3 zu. Der Hauptergusss vom 30. auf den 31. Juli nachts betrug rund drei Millionen oder 47 m^3/sek und hatte in Sitten ein Anschwellen der Rhone um etwa 0,60 *m* zur Folge. Eine solche Anschwellung hat in der Regel keine nachteiligen Folgen. Führt aber die Rhone bereits Hochwasser, dann kann der Zuschuss aus dem Märjelen-See verhängnisvoll werden (1895 betrug die Anschwellung in Brig 1,80 *m*).

Die gleiche Tafel (Abb. 6) belehrt uns ferner, dass in der Regel in rund 2500 *m* Meereshöhe vor Anfangs Mai keine intensive Schneeschmelze zu erwarten ist, dass bis Ende Juli aber die Hänge in der Hauptsache vom Winterschnee frei sind.

Ferner zeigen die Füllkurven des Sees Unstetigkeiten; es lässt dies auf abnormale Witterungsverhältnisse oder aber auf kleinere Undichtigkeiten der Gletscherwand schliessen. Nach Ausbrüchen oder nach Absenkungen findet auf längere Zeit trotz Zufluss kein Steigen des Sees statt. Die Gletscherspalten und Abflussrinnen im Eis stehen noch weit offen. Erst vom Neujahr an beginnt der See gleichmässig zu steigen, ein Zeichen, dass erst dann der Gletscher alle Auswege versperrt, d. h. durch Bewegung und Eisbildung verschlossen hat.

Die erwähnte Tafel zeigt das ziemlich gleichmässige, aber erstaunlich starke Anschwellen des Sees in der Zeit vom Januar bis April. Angenommen, die Seeufer seien dicht, dann lässt sich aus der Zunahme am Pegel allein ein Zufluss von 8 $l/sek/km^2$ See-Einzugsgebiet feststellen, während die Massa nach Tabelle III nur 1,4 bis 1,8 l/sek liefert. Nach dem vollständigen Ausrinnen 1913 konnten im Seeboden keine Quellen festgestellt werden. Es ist somit die Ursache dieser verhältnismässig starken Seezunahme nicht eindeutig feststellbar.

Diese Tatsache veranlasste Ing. Lütschg, im Winter alle Zuflüsse zum See aufzusuchen, auszugraben und genau zu messen. Die direkte Messung ergab nur 20 % der dem Steigen des Sees entsprechenden Zunahme. Wenn auch nicht zahlenmässig feststellen, so lassen sich diese Differenzen immerhin erklären. Eine Messung ergab, dass sich im Sommer die Gletscherzunge mit einem täglichen Fortschritt von 0,35 *m* gegen den See zu bewegt; photographische Aufnahmen beweisen durch Spuren an der Eisdecke, dass der Gletscher auch im Winter gegen den See hin sich vorschiebt. Dies kommt einer Hebung des Wasserstandes, also einer scheinbaren Volumenzunahme gleich. Zudem bewirkt auch die durch Neuschnee belastete Eisdecke ein Steigen des Wassers.

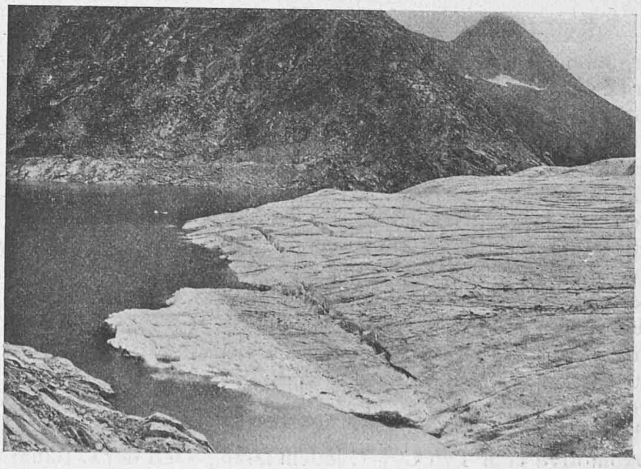


Abb. 8. „Kalben" des Gletschers, Abbrechen infolge des Auftriebs in den See vorrückender Gletscherteile. Der untergetaucht gewesene Teil des Abbruchs ist an der helleren Farbe erkennbar (28. August 1909).

Zu erwähnen ist noch, dass sicherlich ein Teil der winterlichen Seezuflüsse unmessbar als Grundwasser in den See gelangt. Denn unter dem lockern, die Hänge bildenden Trümmerschutt findet sich Urgestein, anstehender Gneiss, der als dicht angenommen werden kann.

Aus all dem lässt sich erkennen, dass der Märjelen-See wohl ein grosser natürlicher Niederschlagssammler, nicht aber ein zuverlässiger Niederschlagsmesser ist. Es ist die interessante Gletscherwand, die durch die Unberechenbarkeit ihrer Bewegung und ihre Veränderung das Verhältnis zwischen Pegelstand und Seevolumen stört.

Dass hier der Grösse nach schwer zu bestimmende Probleme der Lösung harren, verraten auch die Störungen in der täglichen Bewegung des Seespiegels. Am Tage steigen die Wasser, in der Nacht sinken sie, wahrscheinlich infolge weitern Eindringens des Wassers in Höhlen und neu sich bildende Spalten zu Zeiten geringerer Zuflüsse (z. T. auch Schmelzwirkung des wärmern Seewassers). Die Verdunstung beträgt 3,5 *mm* an hellen Tagen.[1])

Die Abfluss- wie die Zuflussverhältnisse des Märjelensees sind recht schwierige und fordern geduldige Sammelarbeit. Wir hoffen aber doch, dass uns in einigen Jahren ein neuer Band der „Annalen" als Fortsetzung des I. Bandes vorgelegt werden könne. Wie Ing. Lütschg voraussagt, dürfte es bis dahin möglich sein, all die noch schwebenden Fragen für den Wasserhaushalt in alpinen Gebieten zu beantworten. In Betracht kommen die Beziehungen zwischen Temperatur und Abfluss, ferner im besondern die Fragen nach der totalen Niederschlagshöhe, der Schneehöhe, der Schmelzhöhe und der Versickerungshöhe. In neuester Zeit wurden Schneepegel sowie die modernsten Niederschlagsmesser in verschiedenen Gletschergebieten aufgestellt, und es wird nach einigen Jahren eine Fülle von Vergleichsmaterial zur Verfügung stehen. Vielleicht werden uns später auch Vergleichstabellen über die Abflussverhältnisse verschiedener hochalpiner Seen (z. B. Gelmer-, Grimsel-, Lucendro-, Mutten-See) vorgelegt werden können. Grosse Bedeutung für die Ausnutzung unserer Wasserkräfte dürfte auch dem Studium des wieder beginnenden Gletscherwachstums und der dadurch bedingten Veränderungen der Abflussverhältnisse zukommen.

Die Fortsetzung des Werkes über die Abflussverhältnisse der Gebirgsbäche benötigt Zeit; die Abteilung für Wasserwirtschaft kann aber versichert sein, dass die Hydrotechniker die Herausgabe mit Spannung erwarten und dass sie für solche wissenschaftliche Arbeiten, die sie selbst durchzuführen gar nicht in der Lage wären, ganz besonders dankbar sind!

Die federnden Zahnräder der Lötschberg-Lokomotiven, Typ 1-E-1.

Von Prof. Dr. *W. Kummer*, Ingenieur in Zürich.

Bekanntlich umfasst der Lokomotivpark der Lötschbergbahn (Berner-Alpenbahn „Bern-Lötschberg-Simplon") zur Zeit eine Lokomotive vom Typ C + C und 13 Lokomotiven vom Typ 1-E-1. Alle diese Lokomotiven werden durch schnellaufende Einphasen-Serienmotoren angetrieben, die zwecks guter Stromwendung mit phasenverschobenen Hülfsfeldern nach System Oerlikon ausgerüstet sind. Bei allen wird das Drehmoment der antreibenden Motoren mittels einer Stirnradübersetzung zunächst auf eine, gegenüber jeder Motorwelle langsamer laufende Vorgelegewelle übertragen, die, ebenso wie die Motoren selbst, im Fahrzeugrahmen festgelagert ist. Von den Vorgelegewellen aus wird dann das antreibende Drehmoment mittels Kurbelgetrieben auf die Triebachsen verteilt, die natürlich gegenüber dem Lokomotivrahmen abgefedert und gegenüber den Vorgelegewellen tiefer gelagert sind. Während nun für die Lokomotive vom Typ C + C jedem Drehgestell der C-Bauart ein einziger Motor zugeordnet ist, arbeiten bei den Lokomotiven vom Typ 1-E-1 je zwei Motoren gemeinsam auf die Triebradgruppe der E-Bauart, indem durch dreieckförmige Kuppelrahmen einerseits die Kurbelzapfen der den Motoren zugeordneten Zahnrad-Vorgelegewellen und anderseits die Kurbelzapfen der mittleren Triebradachse verbunden sind, wie den zahlreichen, in verschiedenen technischen Zeitschriften erschienenen Beschreibungen[1]) entnommen werden kann.

Bei solchen Dreieckantrieben besteht nun, angesichts der grossen kinetischen Energien, die an den Kurbelzapfen der Vorgelegewellen — oder, bei Antrieben durch langsam laufende Motoren, der Motorwellen selbst — auftreten können, die Möglichkeit eines schwingenden Ausgleichs der Energie der Massenträgheit und derjenigen der Triebwerkselastizität besonders *dann* in hohem Masse, wenn mit Unsymmetrien der an den genannten Kurbelzapfen auftretenden Kräfte gerechnet werden muss, die durch ungleiche Motordrehmomente, durch Lagerspiel oder durch Stichmassfehler usw. verursacht sein können. In allen diesen Fällen entstehen dann in den Triebwerksteilen, besonders im Dreiecksrahmen und in den angreifenden Kurbeln, verwickelte Schwingungserscheinungen der beanspruchenden Kraft, mit Schwingungszahlen, die teils mit der Kurbeldrehzahl, teils mit den Massen und der Triebwerkselastizität in einfachem Zusammenhange stehen, wie vom Verfasser in verschiedenen Abhandlungen eingehend dargelegt worden ist.[2]) Die erste grössere ungünstige Erfahrung dieser Art haben die italienischen Staatsbahnen mit den Lokomotiven Typ 38 der Veltlinbahn gemacht. Diese Lokomotiven waren ursprünglich je mit zwei Motoren verschiedener Leistung und Polzahl, nämlich einem achtpoligen Motor von 1500 *PS* und einem zwölfpoligen Motor von 1200 *PS* ausgerüstet, um drei Fahrgeschwindigkeiten, entsprechend der Einzelschaltung eines jeden dieser zwei Motoren und der Kaskadenschaltung beider Motoren, nämlich 25½, 42 und 64 *km/h* zu ermöglichen; bei der Einzelschaltung, insbesondere bei 64 *km/h*, bei der der achtpolige Motor als treibende, der zwölfpolige Motor als getriebene Masse in Wirkung traten, führte dann der schwingende Ausgleich der Energien der Massenträgheit und der elastischen Formänderung zu derart heftigen Triebwerksbeanspruchungen, dass wiederholt schwere Defekte vorkamen und den Umbau der betreffenden Lokomotiven nahelegten. Dieser Umbau erfolgte dann in der Weise, das aus den zwei Lokomotiven des Typs 38 ein Typ 38a mit zwei zwölfpoligen und ein Typ 38b mit zwei achtpoligen Motoren gebildet wurde, derart, dass jeder Typ für die Parallel- und Kaskadenschaltung, dagegen nicht mehr für die Einzelschaltung der eingebauten Motoren verwendet werden konnte.

Störungen ähnlicher Art wurden im Jahre 1913, bald nach der Inbetriebsetzung der Lokomotiven Typ 1-E-1, auch auf der Lötschbergbahn festgestellt, indem an einigen dieser Lokomotiven innerhalb gewisser Geschwindigkeitsgrenzen, und zwar innerhalb 38 bis 42 *km/h*, Vibrationserscheinungen auftraten, die zur Lockerung von Kurbelzapfen der Blindwellen, und dadurch zu Triebwerksdefekten führten. Eingehende Versuche zeigten, dass es sich auch hier um einen schwingenden Ausgleich der Massenträgheit und der Triebwerkselastizität handelte, der auf geeignete Weise unschädlich zu machen war. Dazu kam in erster Linie die Erhöhung der Triebwerkselastizität in Frage, und zwar deshalb, weil dabei die mit den bewegten Massen und mit der Triebwerkselastizität zusammenhängende Schwingungszahl herabgesetzt wird und dabei die besonders schädliche Uebereinanderlagerung der verschiedenen Einzelschwingungen, aus denen die gesamte schwingende Bean-

[1]) Vergl. auch die Schilderung von H. Roth im Jahrbuch des S. A. C. für 1915, Seiten 333 und insbesondere 336. *Red.*

[1]) Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII, Seite 22, 29 und 50 (Nr. 2 bis 4 vom Januar 1914).

[2]) Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII, Seite 156, 169 u. 177 (März 1914); Band LXIV, Seite 129 und 135 (September 1914); Band LXVI, Seite 68 (7. August 1915).