

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 44

**Artikel:** Gletscherschwankung und Gletscherbewegung  
**Autor:** Haefeli, Robert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62012>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# Gletscherschwankung und Gletscherbewegung

Von Prof. Dr. Robert Haefeli, Zürich

DK 551.311.125

Fortsetzung von Seite 631

## b) Verminderung der vergletscherten Flächen

Für das Gebiet der Schweizer Alpen hat bereits J. Jegerlehner [24] auf Grund des Siegfriedatlases die vergletscherten Flächen berechnet, die einem mittleren Aufnahme datum von rd. 1877 entsprechen. Neuerdings hat das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft im Kontakt mit der Gletscherkommission (Prof. Mercanton) eine Planimetrierung der vergletscherten Flächen nach der neuen Landeskarte — getrennt nach Einzugsgebieten — vorgenommen und die genannte Kommission in verdankenswerter Weise zur Publikation der Ergebnisse ermächtigt. Dabei ergab das Total der vergletscherten Flächen der Schweizer Alpen folgende Zahlen:

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Siegfriedatlas (etwa 1877) [24]        | 1841 km <sup>2</sup> <sup>1)</sup> |
| Landeskarte (etwa 1932)                | 1556 km <sup>2</sup>               |
| Differenz (rd. 55 Jahre) <sup>2)</sup> | 285 km <sup>2</sup>                |

Daraus resultiert eine Reduktion des vergletscherten Areal von total 15,5 % in rund 55 Jahren, bzw. ein jährlicher Arealverlust von durchschnittlich rd. 0,28 %.

Im Gebiet der Ostalpen hat R. Finsterwalder für die 30jährige Periode von 1920—1950 acht Gletscher hinsichtlich ihres Flächenverlustes untersucht und eine durchschnittliche Abnahme der vergletscherten Fläche von 0,52 % ermittelt, wobei die Einzelwerte zwischen 0,32 % und 0,80 % schwanken [14]. Dieser relativ hohe Mittelwert ist nicht regional bedingt, sondern auf die allgemeine Intensivierung des Gletscherrückganges gegen das Ende der hundertjährigen Periode zurückzuführen.

## c) Höhenänderungen der Gletscheroberfläche

Betrachtet man zunächst die für den Eishaushalt und damit für die Wasserführung der Flüsse massgebende mittlere Höhenänderung der Gletscheroberfläche (Bild 9), so kann man, wie R. Finsterwalder für acht Gletscher der Ostalpen nachgewiesen hat [14], zwischen 1856 und 1950 etwa drei Schwundperioden von ähnlicher Dauer, aber verschiedener Intensität unterscheiden, wobei die mittleren Höhenverluste

1) Diese Zahl stimmt nahezu überein mit derjenigen, die im Jahre 1877 vom Schweizerisch-statistischen Bureau ermittelt wurde (1838,8 km<sup>2</sup>) [24]

2) Die Aufnahmedaten entsprechen ungefähr dem zeitlichen Schwerpunkt einer sich über viele Jahre erstreckenden Aufnahmeperiode

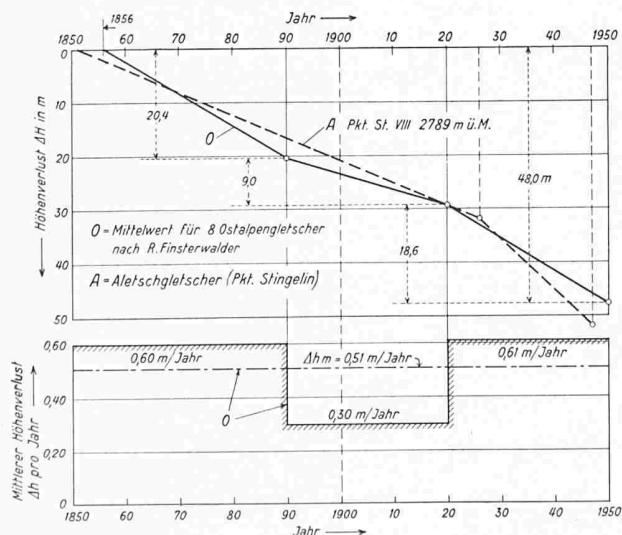


Bild 9. Höhenänderungen alpiner Gletscheroberflächen von 1851 - 1950. Nach Finsterwalder [14] mit Ergänzungen des Verfassers (A) [17].

der untersuchten Gletscheroberflächen etwa die in Tabelle 4 enthaltenen Werte erreichten.

Der für die dritte dreissigjährige Periode (1920—1950) gemessene mittlere Höhenverlust von 0,61 m/Jahr bedeutet, dass die Bilanz des Eishaushaltes um ein volles Viertel negativ war, entsprechend einem Ablationsüberschuss von 25 % der gesamten Niederschlagsmenge. Andererseits berechnet P. Kasser [15], dass die durch den Raubbau der Walliser Gletscher bedingte zusätzliche Wassermenge der Rhone bei Porte du Sex für die Periode 1933—1953 rd. 11 % des Sommerabflusses ausmacht, wobei die vergletscherte Fläche an dieser Stelle noch rd. 16 % des gesamten Einzugsgebietes beträgt.

Für einen in der Nähe der Firmlinie gelegenen und deshalb besonders repräsentativen Punkt (St VIII) des Aletschgletschers, der auf der Karte von Stingelin (1851) mit 2789 m kotiert ist, ergab sich während der sekulären Periode von 1851—1947 ein totales Absinken der Firnoberfläche von 52 m, bzw. 0,54 m pro Jahr (vgl. Bild 9) [17], d. h. ein ähnlicher Wert wie der mittlere Höhenverlust der Ostalpenglischer (1856—1950) nach Finsterwalder (Tabelle 4).

Hinsichtlich der Verteilung der Höhenverluste der Gletscheroberfläche im Längenprofil des Eisstroms wurde bei allen bisherigen Untersuchungen eine stark progressive Zunahme des Schwundes mit abnehmender Meereshöhe festgestellt, die in Bild 10 an vier Beispielen dar-



Bild 15. Gornergletscher mit Monte Rosa-Gruppe (Dufour-Spitze in Bildmitte, 4634 m ü. M.). Aufnahme Swissair vom 6. Juli 1949; alle Rechte vorbehalten

Tabelle 4

Mittlere Höhenverluste der Gletscheroberfläche 1856—1950. Durchschnittswerte für acht Gletscher der Ostalpen, nach R. Finsterwalder [14].

| Periode   | Anzahl Jahre | Total $\Delta H$ in m | Pro Jahr $\Delta h$ in m |
|-----------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| 1856—1890 | 34           | 20,4                  | 0,60                     |
| 1890—1920 | 30           | 9,0                   | 0,30                     |
| 1920—1950 | 30           | 18,3                  | 0,61                     |
| 1856—1950 | 94           | 47,7                  | 0,51                     |

gestellt ist. Während in den höchsten Firngebietern über 3600 m, wo fast der gesamte Niederschlag in fester Form fällt, im allgemeinen die Firnoberfläche in den vergangenen 30 Jahren nahezu stationär blieb ( $\Delta h \sim 0$ ), so wird die Schwundhöhe  $\Delta h$  an der Gletscherzunge bei fehlendem Gleiten mit der dortigen Ablation praktisch identisch (Bilder 4 und 5). Da es kaum zufällig ist, dass der jährliche Höhenverlust der Gletscheroberfläche an der Firnlinie dem mittleren Schwund  $\Delta h_m$  fast genau entspricht, so kommt es in der zukünftigen Gletscherkontrolle vom Gesichtspunkt des Eishaushaltes vor allem darauf an, den Schwund im Gebiet der Firnlinie zu kontrollieren [16]. Um diese für die Beobachtung von Gletscherschwankungen wichtige Feststellung zu überprüfen, wurden in Bild 10 diejenigen Höhenlagen speziell markiert, in welchen die mittlere Schwundhöhe  $\Delta h_m$  der betreffenden Gletscher gemessen wurde. Man erhält so für den 138 km<sup>2</sup> umfassenden Aletschgletscher (einschl. Oberaletsch) den Punkt  $A_m$  auf rund 2900 m (entsprechend  $\Delta h_m \sim 0,64$  in der Periode 1926—47) und für die acht Ostalpenglletscher den Punkt  $O_m$  auf rund 2800 m (entsprechend  $\Delta h_m = 0,61$  m in der Periode 1920—30). Wie aus den nachfolgenden Angaben (Abschnitt 3 d) ersichtlich ist, stimmen diese Höhenkoten mit denjenigen der Firnlinie nahezu überein. Der geometrische Ort sämtlicher Punkte mit  $\Delta h_m$  könnte allgemein als «Linie mittlerer Höhenänderung» der Gletscheroberfläche bezeichnet werden. Diese ist mit der Firnlinie vergleichbar.

Die scharfe Kontrolle der höchsten Firngebiete, welche für die zukünftige Entwicklung besonders aufschlussreich ist, dürfte dagegen nur an wenigen, besonders geeigneten, leicht zugänglichen Gletschern durchführbar sein, wie z. B. im Ewigschneefeld (Aletschgletscher), in dessen Nähe seit 1941 ein auf 3350 m gelegener Punkt des Jungfraufirns Gegenstand einer systematischen Untersuchung bildet, die nach 1950 ein

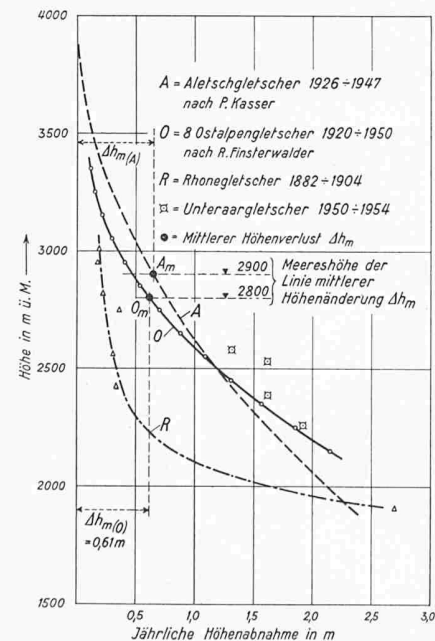


Bild 10. Höhenverlust der Gletscheroberfläche pro Jahr in Funktion der Meereshöhe. Nach P. Kasser [9] und R. Finsterwalder [14], mit Ergänzungen des Verfassers

schwaches Ansteigen der Firnoberfläche ergab (vgl. Bild 11) [17, 18] <sup>3)</sup>. Abgesehen von den neuen Möglichkeiten der Luftphotogrammetrie hat allerdings auch der Begriff der «Zugänglichkeit» durch die letzten Erfolge des Flugwesens (Helikopter) eine grundlegende Wandlung erfahren.

Im Ablationsgebiet sind vor allem die durch die Konzeptionäre von Wasserkraftanlagen mit vergletscherten Einzugsgebieten veranlassten Zungenkontrollen, unter denen die von Geometer Flotron im Auftrag der KWO seit 1932 systematisch durchgeführten Vermessungen des Unteraargletschers besonders hervorzuheben sind, die über die Höhenänderungen der Gletscheroberfläche der vergangenen zwei Dezenien Aufschluss geben. Die für die letzten fünf Jahre (1949 bis 1954) erhaltenen mittleren Schwundhöhen  $\Delta h$  einzelner Profile des Unteraargletschers sind in Bild 10 eingetragen, wobei beim Vergleich mit den jährlichen Höhenänderungen anderer Gletscher die unterschiedlichen Beobachtungsperioden zu berücksichtigen sind [5, 6].

d) Zeitliche Hebung der Firnlinie

Nachdem die Höhenänderungen im Gebiet der Firnlinie, die in der Bilanz des Gletschers das Zünglein an der Waage bedeutet, als besonders repräsentativ erkannt wurden, kommt den Versuchen zur genaueren Bestimmung ihrer Lage, wie sie neuerdings auch von R. Finsterwalder unternommen wurden, erhöhte Bedeutung zu [24, 14]. Vom genannten Autor wurde auf Grund der Beobachtung von zwei Ostalpenglletschern die mittlere wirkliche Hebung der Firnlinie (Schneegrenze auf vergletscherten Oberflächen) für die Periode 1920 bis 1950 zu 90 bis 95 m ermittelt, was einer durchschnittlichen jährlichen Hebung von 3 m entsprechen würde. Dabei ergab sich für das Jahr 1950 eine mittlere Höhenlage der Firnlinie der betreffenden Ostalpenglletscher von rd. 2800 m, während P. Kasser auf Grund von Ablationsmessungen die Kote der Firnlinie am Aletschgletscher (Südexposition) im hydrologischen Jahr 1950/51 und 1951/52 zu 2834, bzw. 2990 m ü. M. ermittelt hat [9], woraus die bedeutenden jährlichen Verschiebungen dieser Grenzlinie klar hervorgehen.

4. Mittlere Lufttemperaturen und Gletscherschwund

Zeitliche Hebung der 0°-Isotherme der mittleren Lufttemperatur

Zur Abrundung unseres Themas sei nachstehend eines jener meteorologischen Elemente herausgegriffen, die den Gletscherschwund kausal mit verursachen. Auf Grund der Fünf-

<sup>3)</sup> In diesem Zusammenhang sind auch die seit 1915 von der Gletscherkommission der physikalischen Gesellschaft Zürich durchgeführten Messungen des Firnzuwachses auf dem Claridenfirn und Silvrettagletscher zu erwähnen, die seit 1946 von der M. Z. A. betreut werden [25]

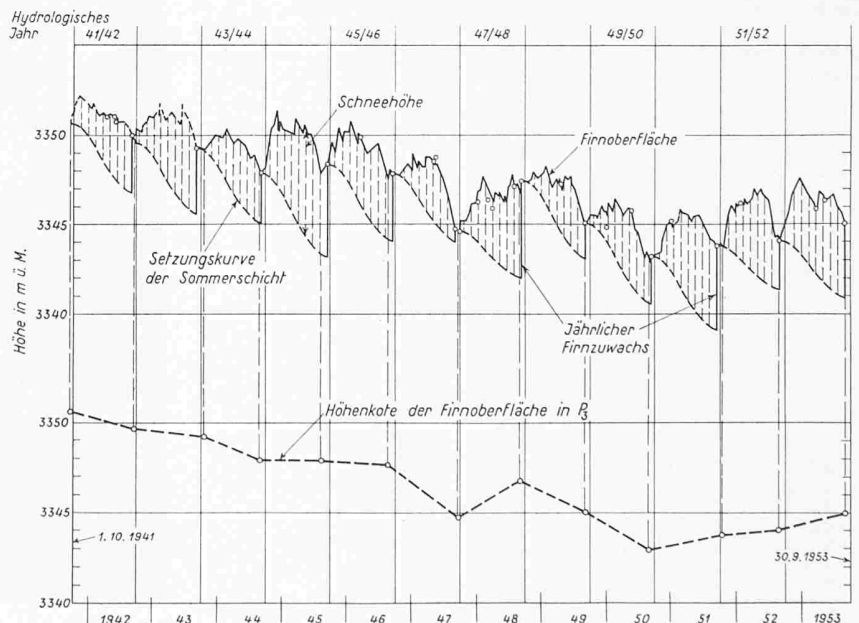


Bild 11. Höhenänderungen eines Punktes (P<sub>3</sub>) des Jungfraufirns (rd. 350 m südlich der Sphinx) von 1941 - 1953. Nach Kasser & Haefeli [9 u. 17]

jahresmittel der Lufttemperatur, die uns die M. Z. A. in verdankenswerter Weise für die in Tabelle 5 enthaltenen sieben Stationen zur Verfügung stellte, wird versucht, die Hebung der 0°-Isotherme (C°) der mittleren Lufttemperatur zu verfolgen, wobei wir uns bewusst sind, dass es beim Gletscherschwund weniger auf die mittlere Jahrestemperatur als vor allem auf die positiven Temperaturen während der Ablationsperiode bzw. auf die entsprechenden Temperatursummen ankommt [19, 20, 21].

Die graphische Auswertung von Tabelle 5 zeigt zunächst in Bild 12 den Verlauf der Fünfjahresmittel der Lufttemperaturen der Stationen Basel (1), Zürich (2), Rigikulm (3), St. Bernhard (4), Säntis (5) und Jungfrauoch (6), die trotz erheblicher Schwankungen eine leicht ansteigende Tendenz erkennen lassen. Trägt man ausserdem die mittleren Lufttemperaturen für einzelne Fünfjahres-Perioden des verflorenen Jahrhunderts (1850 bis 1950) gemäss Bild 13 in Funktion der Meereshöhe auf, so erhält man nahezu parallel verlaufende Temperaturprofile innerhalb der Höhenstufe von 500 bis 2500 m ü. M., d. h. einen annähernd konstanten, von der Klimaschwankung unberührten Temperaturgradienten, dessen zwanzigjährige Mittelwerte für die Höhenstufe Zürich—Rigikulm in Tabelle 5, letzte Kolonne, enthalten sind. Andererseits ist aus Bild 13 eine deutliche Wanderung der Profillinien nach der positiven Seite der Temperaturen (Erwärmung) und damit eine entsprechende Hebung des 0°-Punktes bzw. der 0°-Isotherme der mittleren Lufttemperatur feststellbar, die im Zusammenhang mit dem sekulären Gletscherschwund besonders interessiert. Nachdem die

Tabelle 5

Fünfjahresmittel und Zwanzigjahresmittel der Lufttemperatur in °C (1831—1950)

| No.       | 1     | 1a     | 2      | 3         | 4            | 5      | 6            | Temperatur-Differenzen<br>Δ t<br>3 - 4 | Temp. Gradient<br>Δ t<br>2 - 3 | Temp. Gradient<br>2 - 3                   |
|-----------|-------|--------|--------|-----------|--------------|--------|--------------|--|--------------------------------|---|
| Station   | Basel | Genf   | Zürich | Rigi-Kulm | St. Bernhard | Säntis | J'gfrau-joch | C°                                     | C°                             | C°/100 m                                  |
| H. ü. M.  | 318   | 405    | 493    | 1787      | 2479         | 2500   | 3578         |  |                                |   |
| 1826—30   | 9,18  |        |        |           |              |        |              |  |                                |   |
| 31—35     | 9,88  | (9,9)  |        |           |              |        |              |  |                                | ( ) = extrapolierte bzw. geschätzte Werte |
| 36—40     | 8,68  | 8,8    |        |           |              |        |              |  |                                |   |
| 41—45     | 8,99  | 9,0    |        |           |              |        |              |  |                                |   |
| 46—50     | 9,04  | 8,9    |        |           |              |        |              |  |                                |   |
| 1831—50   | 9,15  | (9,15) |        |           |              |        |              |  |                                |   |
| 51—55     | 8,82  | 8,7    |        | (1,3)     | —2,4         |        |              | 3,7                                    |                                |   |
| 56—60     | 9,32  | 9,2    |        | (1,6)     | —2,1         |        |              | 3,7                                    |                                |   |
| 61—65     | 9,82  | 9,8    |        | (2,5)     | —1,2         |        |              | 3,7                                    |                                |   |
| 66—70     | 9,79  | 9,9    | 9,1    | 2,1       | —1,5         |        |              | 3,6                                    | 7,0                            |   |
| 1851—70   | 9,44  | 9,40   |        | (1,87)    | —1,80        |        |              | 3,67                                   |                                |   |
| 71—75     | 9,45  | 9,5    | 8,8    | 2,1       | —1,7         |        |              | 3,8                                    | 6,7                            |   |
| 76—80     | 9,27  | 9,4    | 8,5    | 1,7       | —1,8         |        |              | 3,5                                    | 6,8                            |   |
| 81—85     | 9,42  | 9,6    | 8,6    | 2,1       | —1,7         |        |              | 3,8                                    | 6,5                            |   |
| 86—90     | 8,51  | 8,9    | 7,6    | 1,5       | —2,2         |        |              | 3,7                                    | 6,1                            |   |
| 1871—90   | 9,16  | 9,35   | 8,37   | 1,85      | —1,85        |        |              | 3,70                                   | 6,52                           | 0,505                                     |
| 91—95     | 9,23  | 9,5    | 8,5    | 2,2       | —1,6         | —2,2   |              | 3,8                                    | 6,3                            |   |
| 96—1900   | 9,73  | 9,7    | 8,9    | 2,5       | —1,2         | —2,0   |              | 3,7                                    | 6,4                            |   |
| 1901—05   | 9,41  | 9,5    | 8,5    | 2,0       | —1,8         | —2,5   |              | 3,8                                    | 6,5                            |   |
| 06—10     | 9,26  | 9,4    | 8,4    | 1,7       | —2,0         | —2,8   |              | 3,7                                    | 6,7                            |   |
| 1891—1910 | 9,41  | 9,52   | 8,57   | 2,10      | —1,65        | —2,37  |              | 3,75                                   | 6,47 <sup>5</sup>              | 0,501                                     |
| 1911—15   | 9,81  | 9,8    | 8,8    | 2,2       | —1,6         | —2,5   |              | 3,8                                    | 6,6                            |   |
| 16—20     | 9,61  | 9,7    | 8,7    | 2,1       | —1,7         | —2,3   |              | 3,8                                    | 6,6                            |   |
| 21—25     | 9,75  | 10,0   | 8,8    | 2,4       | —1,3         | —2,2   |              | 3,7                                    | 6,4                            |   |
| 26—30     | 10,22 | 10,3   | 9,2    | 2,8       | (—0,9)       | —1,8   |              | (3,7)                                  | 6,4                            |   |
| 1911—30   | 9,85  | 9,95   | 8,87   | 2,37      | —1,37        | —2,20  |              | 3,75                                   | 6,50                           | 0,503                                     |
| 31—35     | 9,92  | 10,0   | 8,8    | 2,4       | (—1,4)       | —2,1   |              | (3,8)                                  | 6,4                            |   |
| 36—40     | 9,92  | 10,0   | 8,9    | 2,2       | —1,6         | —2,3   | —8,1         | 3,8                                    | 6,7                            |   |
| 41—45     | 10,14 | 10,3   | 9,2    | 2,4       | —1,2         | —2,0   | —8,2         | 3,6                                    | 6,8                            |   |
| 46—50     | 10,91 | 10,9   | 10,0   | 3,4       | —0,4         | —1,1   | —7,3         | 3,8                                    | 6,6                            |   |
| 1931—50   | 10,22 | 10,30  | 9,22   | 2,60      | —1,15        | —1,87  |              | 3,75                                   | 6,62                           | 0,512                                     |

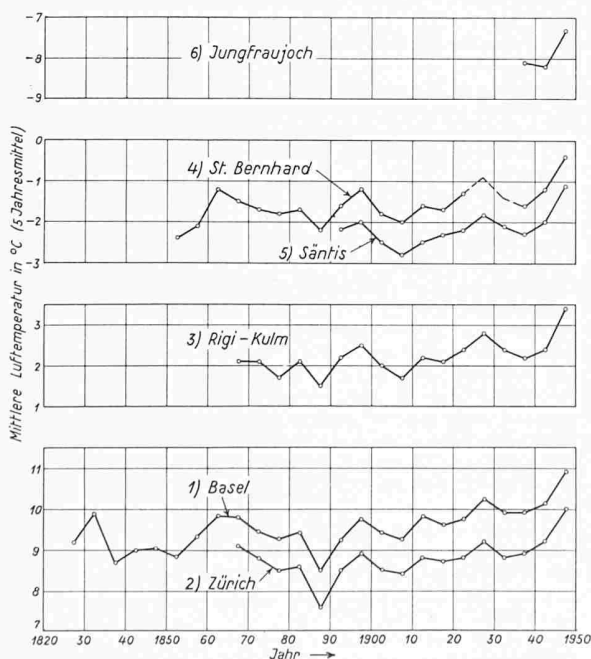


Bild 12. Mittlere Lufttemperatur (5-Jahresmittel) der Stationen Basel, Zürich, Rigikulm, St. Bernhard, Säntis und Jungfrauoch. Vgl. Tabelle 5 (1826—1950).

Höhenkoten der 0°-Isotherme für sämtliche erfassbaren Perioden von je 5 bzw. 20 Jahren durch lineare Interpolation zwischen den entsprechenden Temperaturmitteln der Stationen Rigikulm und St. Bernhard ermittelt worden sind, ist in Bild 14 die zeitliche Aenderung der Meereshöhe der 0°-Isotherme in zwei verschiedenen Masstäben (oben und unten) dargestellt, wobei die zum Vergleich eingezeichnete Gerade A-B einer durchschnittlichen sekulären Hebungsgeschwindigkeit von 2 m/Jahr entspricht.

5. Vergleichende Betrachtung

Vergleicht man die oben beschriebene allgemeine Hebungstendenz der 0°-Isotherme der Luft mit der unter Abschnitt 3 a bereits erwähnten mittleren Hebung von 162 Gletscherzungen nach Mercanton (109 m in rd. 55 Jahren), so ergibt sich nach Bild 14 eine fast vollkommen parallele Entwicklung der beiden Phänomene, indem da wie dort die durchschnittliche Hebung pro Jahr rund 2 m beträgt. Auch die von R. Finsterwalder [14] ermittelte Hebungstendenz der Firnlinie (Schneegrenze) von rund 3 m pro Jahr für die Periode 1920—1950 passt gut in dieses Bild, sofern berücksichtigt wird, dass in der letztgenannten Periode auch die Hebung der 0°-Isotherme der Luft gegenüber dem Jahrhundertmittel ausgesprochener war. Dass derartige Durchschnittswerte nur die grossen Linien der Entwicklung anzeigen und nicht ohne weiteres etwa auf den Einzelgletscher übertragen werden dürfen, ist selbstverständlich und geht schon daraus hervor, dass sich im Extremfall eines Gletschers mit horizontaler Sohle die Verkürzung der Zunge ohne Höhenänderung vollziehen würde.

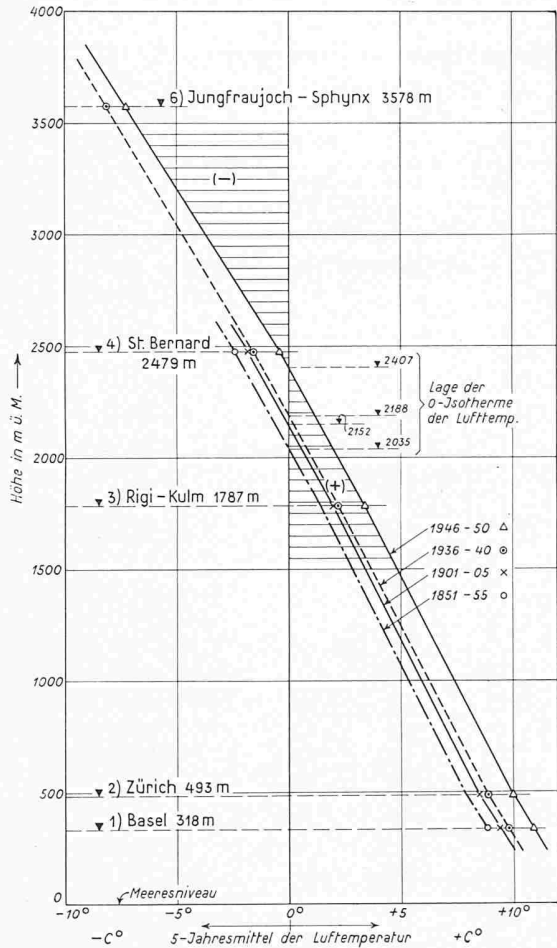


Bild 13. Mittlere Lufttemperatur in Funktion der Meereshöhe. 5-Jahresmittel verschiedener Perioden der vergangenen hundert Jahre (1850 - 1950)

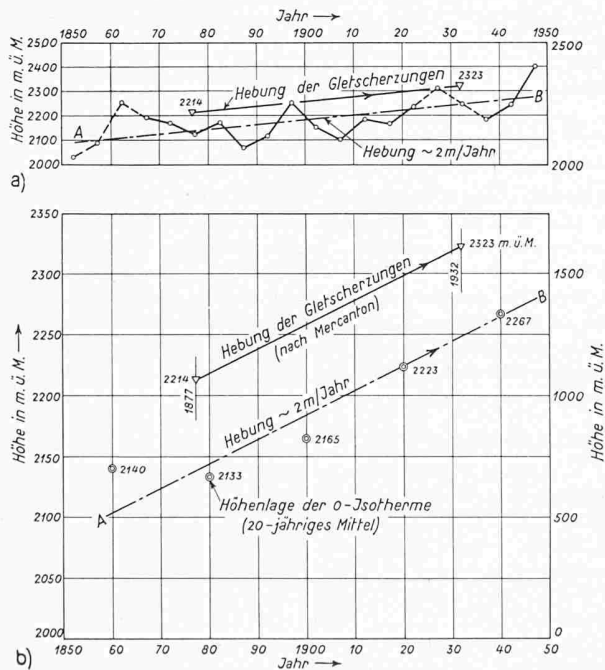


Bild 14. Allgemeine Hebung der 0°-Isotherme der mittleren Lufttemperatur in den Schweizeralpen 1850—1950 a) 5-Jahresmittel, b) 20-Jahresmittel

Im grossen Durchschnitt gesehen dürfte somit der sekundäre Gletscherschwund in den Alpen u. a. dadurch gekennzeichnet sein, dass sowohl die mittlere Hebung der Gletscherzungen wie auch der Firmlinien der allgemeinen Hebung der 0°-Isotherme der Luft annähernd parallel lief. Ob und inwieweit diesem vorläufigen Ergebnis eine allgemeinere Bedeutung zukommt, wird sich erst zeigen, wenn das 75jährige

Beobachtungsmaterial der Gletscherkommission von beruenerer Seite in der Form einer Zusammenarbeit zwischen den Glaziologen, Meteorologen und Klimatologen kritisch verarbeitet wird, um wenn möglich zu einer Synthese zu gelangen. Eine tieferschürfende Sichtung und Auswertung des bisher Erreichten wäre vor allem auch als Grundlage für die zukünftige Gestaltung der Gletscherbeobachtung und nicht zuletzt im Hinblick auf das Internationale geo-physikalische Jahr 1957/58 (AGJ)<sup>1)</sup>, für das in Verbindung mit der Klimaforschung eine Kontrolle der gesamten Vergletscherung der Erde auf möglichst einheitlicher Basis angestrebt wird, besonders wertvoll.

Prüft man vergleichshalber die drei Beobachtungszentren eines Gletschers (oben, Mitte, unten) auf ihre wesentlichen Unterschiede, so tritt die eingangs erwähnte Polarität zwischen Firn- und Ablationsgebiet u. a. wie folgt in Erscheinung: Im Firn- oder Nährgebiet, wo sämtliche glaziologische Phänomene ihren Ursprung haben, wird mit dem gegenwärtigen Zuwachs die Zukunft des Gletschers im Keime vorbereitet. Im Ablations- oder Zehrgebiet spiegelt sich dagegen, neben dem Einfluss der Gegenwart vor allem das klimatische Geschehen der Vergangenheit (z. B. im Nachschub). Zwischen diesen beiden Polen liegt die Firnlinie, wo die Gegenwart das Feld beherrscht. Die Erforschung der Gletscherschwankung, welche die vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklungstendenzen umfasst, erfordert deshalb die parallele Beobachtung aller drei Gebiete und eine ihrem Wesen entsprechende Wertung der Resultate. Ähnlich wie in andern Zweigen der Geophysik drängt auch die neuere Entwicklung der Glaziologie nach einer Betrachtungsweise, die sich an den Bildungsgesetzen der organischen Welt schult, um die Fähigkeit zu gewinnen, die Fülle und das Zusammenspiel der physikalisch-chemischen Erscheinungen in einem grösseren Zusammenhang zu sehen [26].

Adresse des Verfassers: Prof. R. Haefeli, Susenbergstr. 193, Zürich 44.

Literaturangaben

- [1] P. L. Mercanton: Vermessungen am Rhonegletscher 1874—1915, geleitet und herausgegeben von der Gletscherkommission der S. N. G. Neue Denkschriften der S. N. G., Vol. LII, 1916.
- [2] A. Heim: Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885.
- [3] P. L. Mercanton: La glaciation du Valais et ses variations dans les temps modernes. «Wasser und Energiewirtschaft» 1955, H. 5—7.
- [5] F. A. Forel: La grande période de retraite des glaciers des Alpes de 1850—1880. Jahrbuch des Schweiz. Alpenklub 1881—82, p. 321—29.
- [5] W. Jost: Das Grimselgebiet und die Gletscherkunde, «Die Alpen» 1953, No. 8.
- [6] P. L. Mercanton et A. Renaud: Les variations des glaciers des Alpes Suisse. Soixante-Quatrième Rapport, 1954. «Les Alpes» 1955, No. 7.
- [7] H. Hess: Die Gletscher, Braunschweig 1904.
- [8] R. Haefeli: Schnee, Lawinen, Firn und Gletscher. Sonderabdruck aus Ingenieur-Geologie von L. Bendel, II. Bd., 1948.
- [9] P. Kasser: Ablation und Schwund am grossen Aletschgletscher. Verhandlungen der S. N. G., Lugano 1953 (VAWE Mitt. No. 30).
- [10] P. L. Mercanton: Aires englaciés et altitudes des fronts des glaciers des Alpes Suisse et leur variations d'après l'Atlas Siegfried (1877) et la carte Nationale (1932); UGGJ, Assemblée de Rome 1954.
- [11] G. A. Töndury, mit Beiträgen von H. Bisaz und H. Fontana: Ursachen und Bekämpfungsmöglichkeiten der zunehmenden Hochwassergefahr im Engadin. «Wasser und Energiewirtschaft», Nr. 12, 1954.
- [12] R. Hebling: Ausbruch eines Gletschers in den argentinischen Anden und aussergewöhnliche Gletscherschwankungen im allgemeinen. SBZ 1940, Bd. 115, Nr. 11.
- [13] R. Haefeli: Zur Mechanik aussergewöhnlicher Gletscherschwankungen. SBZ 1940, Bd. 115, Nr. 16.
- [14] R. Finsterwalder: Die zahlenmässige Erfassung des Gletscherrückganges an Ostalpenglatschern. «Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie», Bd. II, H. 2, 1953.
- [15] P. Kasser: Voraussage der globalen Sommerabflussmenge der Rhone bei Porte du Secx auf Grund von Winterniederschlag und Winterabfluss. «Wasser- und Energiewirtschaft», H. 5—7, 1955.
- [16] H. W. Ahlmann: Glaciological research on the north atlantic coasts, Royal Geographical Society, Research Series, No. 1, London 1948.
- [17] R. Haefeli und P. Kasser: Beobachtungen im Firn- und Ablationsgebiet des grossen Aletschgletschers, SBZ 1948, Nr. 35 und 36 (Mitt. der VAWE Nr. 15).

1) AGJ = Année Géophysique Internationale

- [18] P. Kasser: Sur le bilan hydrologique des bassins glaciaires avec applications au Grand glacier d'Aletsch; Procès-Verbaux UGGI 1954, Rome (im Druck).
- [19] M. Bider: Vom Basler Klima. «Wirtschaft und Verwaltung» 1948, H. 4.
- [20] R. Billwiler: Temperatur und Niederschlag im Schweiz. Alpengebiete während des letzten Gletschervorstosses und einige Rückschlüsse auf die eiszeitlichen Verhältnisse. «Annalen der Met. Zentralanstalt» 1930, 67. Jahrg.
- [21] Th. Zingg: Gletscherbewegungen der letzten 50 Jahre in Graubünden. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1952, S. 132.
- [22] R. Haefeli: Fundationsprobleme des Lawinenverbaus. «Strasse und Verkehr» Bd. 40, Nr. 9, 1954 (Mitt. VAWE Nr. 32).
- [23] R. Staub: Der Pass von Maloja. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens 1950/51 und 51/52.
- [24] J. Jegerlehner: Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der Schweiz. Bern 1901, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Band V, H. 3.
- [25] W. Kuhn: Statistische Ergebnisse der Firnzuzwachsungen. Verhandlungen der S. N. G., 1953.
- [26] G. Wasmuth: Die Entwicklung der Erde, 1950.

## Die schweizerische Entwicklung im Bau elektrischer Lokomotiven für Adhäsionsbetrieb

Von Prof. Dr. Karl Sachs, ETH, Zürich

DK 621.335

Schluss von Seite 643

Die drei RFe 4/4-Lokomotiven der Serie 601 haben die Aera einer Reihe fruchtbarer Neukonstruktionen eingeleitet. Die Antriebsbauart war allerdings schon bei den RCe 2/4-Schnelltriebwagen der Serie 601 der Bundesbahnen angewendet worden. Es handelt sich um einen von BBC modifizierten Antrieb mittels Federtöpfen, die in den Körper des grossen Zahnrades eingebaut sind. Dieses rotiert auf einem kurzen, in das Motorgehäuse eingepressten Hohlwellenstummel. Zwischen die Federtöpfe ragen die Arme eines Mitnehmers, der auf die Triebachse aufgezogen ist. Die reibenden Flächen der Mitnehmerarme, Federteller und Federtopfgehäuse werden gemeinsam mit den Zahnrädern geschmiert. Die Hauptmerkmale der Drehgestellkonstruktion bestehen in der tiefliegenden, querpindelnden Wiege und in der seitlichen Abstützung des Kastens auf dem Wiegebalken (Vierpunktstützung).

Die kleine Leistung von 1240 PS reichte jedoch bald nicht mehr aus, weil die Frequenz der Städteschnellzüge rasch anstieg, namentlich als nach Kriegsausbruch der Automobilverkehr und damit dessen Konkurrenz bald ganz verschwand. Die Bundesbahnen verkauften später die RFe 4/4-Lokomotiven an die Bodensee-Toggenburgbahn und an die Schweizerische Südostbahn. Der mit ihrer konstruktiven Konzeption eingeschlagene Weg aber war richtig und sollte wenige Jahre später mit grösserem Erfolg wieder beschritten werden.

Der Bedarf an leistungsfähigen Schnellzuglokomotiven speziell für den Dienst am Gotthard, der in den Jahren vor dem zweiten Weltkrieg dringend geworden war, wurde durch die 105 t schweren Ae 4/6-Lokomotiven der Serie 10 801 für 4200 kW Stundenleistung bei 85 km/h und 125 km/h Höchstgeschwindigkeit befriedigt.<sup>31)</sup> Trotz dieser Leistungssteigerung war es dank den inzwischen erzielten konstruktiven Fortschritten möglich, ausser den vier Triebachsen mit nur

mehr zwei Laufachsen auszukommen, die mit den benachbarten Triebachsen wieder zu kombinierten Laufachs-Triebachs-Drehgestellen vereinigt wurden. Beim Triebwerk ist wieder der «Universalantrieb Winterthur» das kennzeichnende Merkmal wie bei den Ae 8/14-Lokomotiven Nr. 11 851 und 11 852.

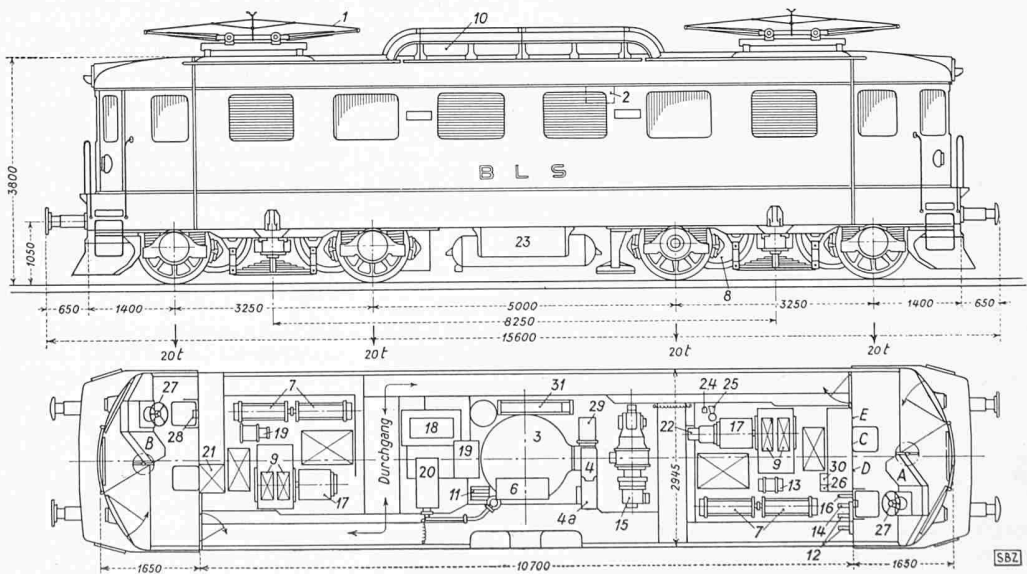
Aehnlich, wenn auch nicht ganz gleich, lagen die Verhältnisse bei der *Lötschbergbahn*. Hier hat es sich darum gehandelt, die stark überalterten aus dem Jahre 1913 stammenden Be 5/7-Lokomotiven durch einen Typ zu ersetzen, der aber ein Anhängengewicht von 400 t statt von nur 300 t mit einer Geschwindigkeit von 75 km/h statt mit nur 50 km/h auf der Steigung von 25 ‰ sollte befördern können. Es war das Verdienst des damaligen Maschineningenieurs der BLS, F. Gerber, für diese Verhältnisse die Entwicklung der Ae 4/4-Lokomotiven der Serie 251 mit vier mit je 20 t vollausgelasteten Triebachsen bei den beteiligten Konstruktionsfirmen veranlasst und durchgesetzt zu haben, die mit 80 t Totalgewicht und 4000 PS Stundenleistung zu einem Markstein in der Geschichte des Elektrolokomotivbaues wurden<sup>32)</sup>, Bild 5. Die ersten beiden Lokomotiven dieses Typs kamen 1944 und 1945 in Betrieb, bis 1956 werden insgesamt acht Lokomotiven dieser Reihe vorhanden sein. Neuartig waren hier ausser dem weitgehend geschweissten Oberkasten der ein selbsttragendes Rohr bildet, die Drehgestelle mit Führungsdrehzapfen und unter den Drehgestellrahmen angeordneten Wiegebalken, die die Zugkraft über Stützfüsse des Oberkastens nach diesem fortleiten und schliesslich mit Verbindungstraversen, die horizontale, vom Gleis her ausgehende Impulse (Spurkranzdruck) vom Oberkasten fernhalten und zu den Drehgestellrahmen stark gedämpft zurückleiten und zwar über pendelnd an diesen aufgehängte Kastentragefedern. Eine weitere Neuerung bestand in der Anwendung von Pendelrollen-

<sup>31)</sup> SBZ Bd. 117, S. 225 (1941, I); Bd. 119, S. 104 (1942, I)

<sup>32)</sup> SBZ Bd. 127, S. 218 (1946, I); 1951, Nr. 2, S. 13

Bild 5. Ae 4/4-Lokomotive Serie 251 der Berner Alpenbahn-Gesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon gebaut von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur und der AG. Brown Boveri & Cie., Baden. Typenbild 1:120

A/B Beleuchtungsschalttafel, C Wechselstromschalttafel, D Gleichstromschalttafel, E Relais-tafel, 1 Stromabnehmer, 2 Druckluft-Hauptschalter, 3 Stufentransformator, 4 Stufenschalter, 4a Funkenlöschschalter, 6 Ueberschaltwiderstand, 7 Wendeschalter, 8 Triebmotor, 9 Ohmscher Shunt, 10 Bremswiderstand, 11 4poliger Trennhüpfen, 12 Heizhüpfen, 13 Transformator-Hilfsmotoren, 14 Hüpfen für den Kompressormotor, 15 Kompressor, 16 Hüpfen für die Ventilatoromotoren, 17 Ventilatoromotoren für Triebmotor-Belüftung, 18 Vorschaltwiderstand für Hilfsmotoren Pos. 17, 19 Beleuchtungsgenerator, 20 Ventilator und Oelpumpe für den Transformator, 21 Oelwärme-



platte, 22 Bremsgenerator, 23 Akkumulatoren-Batterie (36 V, 90 bis 100 Ah), 24 el. pneum. Ventil für Stromabnehmer, 25 Handluft-

pumpe, 26 Einschaltrelais für Hauptschalter, 27 Steuerkontrollrelais, 28 Stufenschaltermotor, 29 Stufenschaltermotor,

30 Verzögerungsrelais, Bremsrelais, Hilfsrelais (für die Sicherheitssteuerung), 31 Pneumatische Apparate

SBZ