

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 15 (1946)

Artikel: Der Winter in der Innerschweiz : eine vergleichende Studie auf Grund
zwanzigjähriger Beobachtung
Autor: Roshardt, Aurelian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-523536>

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: 01.10.2025

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

Der Winter in der Innerschweiz

Eine vergleichende Studie auf Grund zwanzigjähriger Beobachtung

Mit 25 Textfiguren

VON DR. P. AURELIAN ROSHARDT

KOLLEGIUM STANS

Einleitung

Nichts ändert so sehr das Leben und das Aussehen unserer schweizerischen Landschaft, wie der klimatische Gegensatz von Winter und Sommer. Im Gebiet der nördlichen Voralpen ist dieser Gegensatz besonders groß, wenn auch jede Region, so auch die Innerschweiz, bei allem Wechsel ihr eigenes klimatisches Gesicht bewahrt. Am Fuß der Hochgebirgsmauer staut sich des Sommers Feuchtigkeit mehr als in dem nördlich gelegenen, flacheren Mittelland. Die von Süd und Südwest fallenden Täler der Reuß, der Engelbergeraas und der ganzen Obwaldner Talschaft strömen zu Zeiten des Föhns eine Wärme ins Land, die sich bis in die Gegend des Vierwaldstättersees deutlich auswirkt.

Die Edelkastanien, die von Altdorf über Gersau, Buochs, Vitznau, Weggis, Hertenstein, Meggen und Kastanienbaum bis zum Südfuß des Pilatus und zum Rotzberg bei Stans den Buchenwald begleiten, sind ein Beweis für diesen vom Klima begünstigten, mildfeuchten Landstreifen. Nicht minder die Tatsache, daß in Beckenried, Vitznau und Kersiten die Feige reift, und daß an der südwestlichen Flanke des Rigi und an der Seeuferstrecke Meggen-Seeburg eine große Zahl wärmeliebender Sträucher und Bäume gedeihen, die aus vier Weltteilen stammen, und viele europäische von jenseits der Alpen und Pyrenäen. So die amerikanische Schwarzfichte (*Picea nigra*), die spanische Tanne (*Abies pinsapo*), die Tränenkiefer des Himalaja (*Pinus excelsa*), die japanische Hiba (*Thujopsis dolobrata*), die Säulencypresse (*Cupressus fastigiata*) und verschiedene *Chamaecyparis*- und Lorbeerarten, der Mäusedorn und die Korkeiche in der Parkanlage der Vitznau-Rigi-Bahn; so die Eibensequoje (*Taxodium sempervirens*), die japanische Zeder (*Cryptomeria japonica*), die Zwergpalme (*Chamaerops humilis*), die balkanisch-südwestasiatische Blutpflaume (*Prunus cerasifera*), die chinesische Glanzmispel (*Photinia serrulata*), der orientalische Judasbaum (*Cercis siliquastrum*), der ostasiatische Schnurbaum (*Sophora japonica*), die zentralasiatische Mimose *Albizia*, die Kaiser-Paulownie (*Paulownia imperialis*) aus Japan, der Trompeten- oder „Brissago-Baum“ (*Catalpa bignonioides*) aus dem östlichen Nordamerika, der Ginkgobaum (*Ginkgo biloba*) aus Japan, der Schuppenbaum (*Araucaria imbricata*) aus Südchile. Alle fanden sich nach gütiger Mitteilung von Professor H. Gamma, Luzern, bis in die letzte Zeit in den Gärten und Parkanlagen von Gersau, Vitznau, Lützelau, Meggen und Luzern. *Araucaria* reifte ihre Früchte sogar am Nordufer des Sees in Beckenried, und der Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) und die Magnolie (*Magnolia obovata*) stehen jedes Jahr reichlich blühend in den Gärten von Stans.

Wenn die Seengebiete an der Eingangspforte der Alpen sich ganz allgemein einer günstigen Wärmeregulation erfreuen auf Grund ihrer großen Wassermassen, und so geringere Wärmeschwankungen und eine fühlbare Temperaturerhöhung aufweisen, so genießen die Gegenden am Vierwaldstättersee diese Wirkungen in erhöhtem Maße. Bei den tiefen Talformen ist hier die reflektierte Wärmestrahlung des Seespiegels ergiebiger als bei den flachen Ufern der Mittellandseen. Bezeichnend sind die Erfahrungen aus dem kalten Februar 1929. In Eschenbach und Beromünster, unweit des Luzernischen Seetalgebietes, wurden am 12. und 13. Monatstag extreme Temperaturen bis -40°C und darunter gemessen, Luzern zeigte $-24,6^{\circ}$, Weggis $-20,8^{\circ}$ und Gersau $-17,0^{\circ}$.

Andererseits strahlt aber auch der kalte Alpenwall seine Wirkungen in die Rinnen unserer Täler aus. Die sich stauende Luftfeuchtigkeit bringt reichlichere Niederschläge, Hochnebel und Wolkenbildungen und eine erhöhte Anzahl trüber Tage. Unser Winter ist länger und schneereicher als der des Mittellandes. Der Wechsel der Jahreszeiten schneidet tiefer ins Getriebe der Wirtschaft ein, und das Steigen und Sinken der Sonnenhöhe im Verlauf des Jahres wird hier, am Eingang ins Hochgebirge, mehr erlebt und empfunden als im offenen Hügelland. Die grandiosen Schattenwürfe unserer Berge bei winterlichem Sonnenstand, aber auch schon in Herbst- und Frühjahrszeiten, spielen eine große Rolle. Jeder Bergbauer rechnet im Frühjahr und Sommer mit der Sonnenscheindauer, die seinem Heimwesen zukommt, wie mit einem Gewinn seiner Wirtschaftsrechnung, und jedes Kind der Bergschule weiß auf den Tag genau, wie lange sein Vaterhaus „die Sonne hat“ und wie lange „sie nicht mehr kommt“. Ein früher Winter und ein später Frühling bringen den Bewohnern der voralpinen Täler und den Bergbauern mehr Sorgen als ihren Berufsgenossen in der offenen Ebene.

Von besonderem Interesse ist die Aufeinanderfolge der schneefreien und der schneebelegten Zeit des Jahres für den Wissenschaftler, und zwar nicht nur für den Meteorologen, sondern auch für den Pflanzengeographen. Geobotanische Gründe veranlaßten denn auch die vorliegende Arbeit. Für die Pflanzenwelt gibt es keinen größeren Gegensatz als Leben und Stillstand, das ist Sommer und Winter. Die wissenschaftlich erhärtete Tatsache, daß eine

Reihe alpiner Pflanzen keiner Winterruhe bedürfen, vermag das Urteil nicht zu stürzen. Die Schneedecke und ihr Wechsel haben auf die Verbreitung vieler Pflanzen entscheidenden Einfluß. Der Aspekt unserer Landschaft, das Sprossen des Laubwerkes und der Blattfall, das Blühen und Fruchten unserer Bäume und Gräser, die Holzbildung und der Stillstand der Assimilationstätigkeit, der Lebenszyklus unserer ein- und zweijährigen Kräuter, kurz, das Leben und Aussehen unserer gesamten Vegetation steht in einer unverkennbaren Parallele zum schneefreien und schneebedeckten Boden, auf dem es gedeiht. Und dieser eingreifende Wechsel in unserem Landschaftsbild ist eine der schönsten Gaben der Natur, die unser Erdgürtel zu bieten vermag. Dieser Wechsel ist jedes Jahr verschieden. Kein Winter ist dem andern gleich, kein Sommer seinem Vorgänger. Dennoch fügen sich alle in einen bestimmten Rhythmus, der alljährlich wiederkehrt.

Es handelte sich nun darum, durch eine Reihe von Jahren den Verlauf des Winters in der Innerschweiz zu verfolgen, die Schneefälle, die Schneedecke und ihre Veränderungen im Lauf des Winters zu studieren, die beobachteten Schneeverhältnisse der verschiedenen Teilgebiete zu vergleichen, sie mit den allgemeinen und lokalen Niederschlagsverhältnissen in Beziehung zu setzen und so mittlere Werte zu errechnen und ein genaues Bild von unserem vor- und hochalpinen Winter zu erhalten. Das war das erste Ziel der vorliegenden Arbeit. Die zweite Aufgabe ging dahin, die winterlichen Veränderungen mit dem ihnen folgenden oder vorangehenden Wechsel im Vegetationsbild in Vergleich zu bringen, den Herbst vom Winter, den Winter vom Frühling genauer abzugrenzen und auch eine Vergleichsskala für die verschiedenen Gegenden des Gebietes zu schaffen, sowohl für die Dauer der Winterszeit, als auch für ihre Gliederung in Vorwinter, Hochwinter und Nachwinter. Dadurch dürfte das Gepräge unseres Winters gut gekennzeichnet werden: die Macht des Winters in seiner Schneedecke, aber auch die zeitlichen Auswirkungen des Winters in seinem Zusammengehen mit den benachbarten schneefreien Tagen und Wochen.

Die Unterlage für die Arbeit bilden zunächst die eigenen zwanzigjährigen Beobachtungen der Winter 1913/14 bis 1919/20 und 1928/29 bis 1940/41 in der Gegend von Stans. Von 1920 bis 1928 mußte die Arbeit

aus äußeren Gründen unterbrochen werden. Es wurde eine private, etwas vereinfachte meteorologische Station errichtet (Station Kloster-Kählen). Von fortlaufenden barometrischen Messungen wurde abgesehen; zeitweise aber wurden die Luftdruckverhältnisse am Quecksilberbarometer und am Aneroidbarographen verfolgt. Hingegen wurde nach Zeit und Ordnung der offiziellen meteorologischen Stationen Tagebuch geführt über den Gang der Temperatur und der Feuchtigkeit, über Maxima und Minima der Tagestemperaturen, sowie über Bewölkung und Nebel, Bodennebel, Hochnebel, Reif und Regen. Auch in Zwischenzeiten wurden Haarhygrometer und Regenmesser je nach Bedarf kontrolliert. Ebenso kamen zu den regelmäßigen Messungen am Schneebrett und zu den drei täglichen Beobachtungen des Windes solche über den Wolkenzug und seine Richtung hinzu. Auf den Schneefall, auf die Dichte und Form des fallenden Schnees fiel ein besonderes Augenmerk. Viele winterliche Kontrollgänge in die Höhenlagen des Gebietes ergänzten die gemachten Erfahrungen. Den Rigi besuchte ich während drei Wintern monatlich mehrmals, aber auch die Brisengegend, Trübsee und Joch, Stanserhorn und Buochserhorn, mehrmals auch die sommerverschneiten Wallenstöcke, den Titlis und das Gebiet der Spannörter.

Parallel zu den lokalen Beobachtungen wurden die Tagebuchaufzeichnungen der meteorologischen Stationen im Gebiet verarbeitet. Es sind die Stationen St. Gotthard, Andermatt, Göschenen, Gurtellen, Altdorf im Urnerland; Engelberg, Sarnen und Lungern in Obwalden; Gersau, Weggis, Luzern, Pilatus und Rigikulm am See. St. Gotthard wurde mehr zur Ergänzung einbezogen denn als direkt zu unserem Gebiet gehörend. Ebenso war für die Beurteilung der Niederschlagsverhältnisse gegeben, eine weitere Zahl Regenmeßstationen zu berücksichtigen, die zum Teil nicht innert den Grenzen der Innerschweiz liegen. Für Altdorf, St. Gotthard und Rigikulm benützte ich die „Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt“, für die andern Stationen im Reußthal, am Vierwaldstättersee, für Engelberg und jene im Obwaldnertal die Tagebücher. Herrn Direktor Dr. Billwiller von der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich danke ich im besondern, daß er mir die Einsicht in die Stationstagebücher von Gurtellen, Göschenen und Pilatus ermöglichte. Mit den Wetterwarten von Andermatt, Engelberg, Luzern und Sarnen stand ich während der vielen Jahre in steter Berührung. Eine glückliche Fügung war es, daß an den drei zuletzt genannten Orten fast die ganze Zeit die gleichen Beobachter amtierten und ich so durch ihre Erfahrung und durch häufig gepflegte Rücksprache mit ihnen ein sehr gleichartiges und vorzügliches Beobachtungsmaterial erhielt. Wetterwart in Engelberg war mehr als 25 Jahre der am 21. August 1944 verstorbene P. Nikolaus Käser; in Sarnen besorgt die Station ebenfalls seit 25 Jahren P. Chrysostomus Durrer, und in Luzern stand sie, wieder durch Jahrzehnte, unter der Aufsicht von P. Ignaz Dossenbach. Alle Herren, sowie P. Modest Vesin, der P. Ignaz nachfolgte, haben mich durch alle verlangten Auskünfte und Hilfen zu großem Dank verpflichtet. Ebenso danke ich Herrn Kantonsoberrichter Dr. h. c. Max Oechslin, Altdorf, für seine Aufzeichnungen über die Schneegrenze im Urnerland, welche er nach der Herausgabe seiner Publikation „Die Wald- und Wirtschaftsverhältnisse im Kanton Uri“, 1927, fortsetzte und mich im Manuskript einsehen ließ. Mit Dank zu erwähnen ist auch der Umstand, daß die Stanser Station jeweilen sorgfältig von dem gleichen Personal bedient wurde, das im Jahr zuvor

die Station Luzern auf dem Wesemlin besorgte und so eine sichere Gewähr bietet für die einheitliche Bewertung der Beobachtungen.

Einige historische Bemerkungen mögen unsere Einleitung beschließen. Die Schneedecke macht in erster Linie den Winter zu dem, was er ist. Die Bildung und Rückbildung der Schneedecke hat denn auch immer zuerst die Aufmerksamkeit von Beobachtern auf sich gelenkt. Vereinzelt Notizen über die Dauer der Schneedecke in einigen Gegenden des Schweizerlandes reichen weit in die Vergangenheit zurück. Für Glarus führte Dr. Johann Marti von 1774 bis 1818 ein meteorologisches Tagebuch. Einige Angaben über Schneefall und Schneeschmelze aus den Originalien, die beim großen Brand von Glarus vernichtet wurden, hat O. Heer in dem Werk „Der Kanton Glarus“, 1846, gerettet. Bis zum Dezember 1853 reicht die Basler Reihe des Adolf Huber-Schneider, ergänzt durch Riggensbach; bis 1860 die Aufzeichnungen von Ineichen und Arnet („Die Niederschlagsverhältnisse von Luzern 1860 bis 1892“, von X. Arnet, 1893). Seit 1895 wurden Aufzeichnungen über die Höhe der Schneedecke ins Programm der Schweizerischen meteorologischen Stationen aufgenommen. (Vgl. „Klima der Schweiz“, von Maurer, Billwiller und Heß, 1. Bd., 1909, S. 86).

Für unsere Gegend von Nidwalden und am See machte für das Jahrzehnt 1809 bis 1819 ein damaliger „Zoller“ (Zollbeamter) Vonbüren in Stansstad regelmäßig Vermerkungen über Schneefall und Wetter. Sie wurden von Staatsarchivar F. Niederberger im Nidwaldner Kalender 1939 veröffentlicht. Ueber Schnee und Schneehöhen in Luzern und über Schneefall auf die benachbarten Berge machte der Luzerner Arzt Dr. J. C. Segesser Aufzeichnungen, wahrscheinlich von 1808 an bis zu seinem Tode im Juli 1844. Auch Alois Businger berichtet in „Gemälde der Schweiz. Der Kanton Unterwalden“, 1836, über Klima und Witterungszustand des Landes und von seinen Beobachtungen über Temperatur und Föhn. Ueber Temperatur, Niederschläge, Wind, Nebel, Exposition und Lawinen im Tal der Sarneraa und ihrer Nebentäler handelt die klimatische Skizze in der Monographie „Wirtschaft und Besiedelung des Kantons Obwalden“, von Fritz Ringwald, 1934. Die Schneeverhältnisse werden nicht berührt. Auch im untern Tal der Engelbergeraa fehlten bisher zusammenhängende Beobachtungen, die sich mit den Daten der Eidgenössischen Wetterwarten

vergleichen ließen. Das Thema unserer Untersuchung dürfte schon darum gerechtfertigt sein.

Bestimmend für die Untersuchung der winterlichen Schneedecke sind Schneefall, die Menge des Neuschnees, die Dauer der Schneedecke und ihre Höhe. Damit ist auch die Einteilung für unsere Abhandlung gegeben.

ERSTER ABSCHNITT

Der Schneefall

Unsere Beobachtungen nahmen Bezug auf die Zahl der Schneefälle, auf ihre zeitliche Verteilung, auf die beim Schneefall herrschende Temperatur und auf den Wind oder die Windstille, die ihn begleiteten. Zunächst folgen die Aufzeichnungen über den Talboden von Stans, ca. 450 m ü. M., darauf vergleichende Beobachtungen aus den verschiedenen Stationen der Innerschweiz. Durch diese getrennte Behandlung der Stanser Resultate erhält der Leser zugleich Einsicht, wie auch die mittleren Ergebnisse der anderen Stationen errechnet wurden. Zudem handelt es sich hier um deren erstmalige Veröffentlichung.

I. Beobachtungen im unteren Tal der Engelbergeraä

Tabelle 1

Winter	Tage mit Schneefall
1913/14	23
1914/15	31
1915/16	26
1916/17	36
1917/18	18
1918/19	27
1919/20	17
—	—
1928/29	33
1929/30	10 (Min.)
1930/31	27
1931/32	14
1932/33	18
1933/34	24
1934/35	30
1935/36	22
1936/37	23
1937/38	41 (Max.)
1938/39	38
1939/40	31
1940/41	33

1. „Wie oft schneit es hier?“ dürfte die erste zu stellende Frage sein. Hierauf ist eine bestimmte Antwort nicht zu geben. Bei Nacht ist die Beobachtung nicht zu machen, und bei Tag gehen die Schneefälle oft ineinander über, sodaß eine genaue Angabe wieder unmöglich wird. Wie üblich, wurden darum die Tage mit Schneefall als Einheit der Berechnung gewählt; Ausnahmen hievon werden stets ausdrücklich erwähnt. Diese Schneefalltage verteilen sich auf die zwanzig Winter wie Tab. 1 angibt.

Mittel: 1913—20: 25 Tage mit Schneefall; 1928—41: 26 Tage. Es schneite also in Stans durchschnittlich an 26 Tagen. Maximum und Minimum der Tage mit Schneefall differieren stark.

Wie verteilen sich die Tage mit Schneefall auf die Wintermonate? — Auf diese Frage gibt die folgende Zusammenstellung Antwort.

Als untere Grenze für Schneefall wird gewöhnlich 0,3 mm Wasserwert angenommen. Im Einzelfall, namentlich wenn Schnee und Regen sich mischen, ist die Abgrenzung oft unmöglich. Wenn in den Tagebüchern Aufzeichnungen wie „Fl.“ (-Flocken), „Schneefall nicht bestimmbar“, „Dächer leicht angeschneit“, „Schneegestöber“ und ähnliche wiederkehren, so können solche Bemerkungen Schwierigkeiten bereiten. Da es sich aber um den Tag mit Schneefall handelt, werden sie oft von selbst gelöst durch Wiederholung oder Einsatz eines vollwertigen Schneefalles. Immerhin ist daraus zu verstehen, daß sich in meinen Zusammenstellungen hin und wieder eine Differenz gegenüber den offiziellen Zahlen der Schneefälle findet. Sie ist aber für das Gesamtergebnis ohne Belang.

Die Tage mit Schneefall verteilen sich in der Gegend von Stans auf die einzelnen Monate in folgender Weise:

Tabelle 2

Winter	Oktober	Novemb.	Dezemb.	Januar	Februar	März	April	Mai
1913/14	—	—	6	10	2	5	—	—
1914/15	—	4	2	8	8	8	1	—
1915/16	—	5	1	3	9	6	2	—
1916/17	2	2	4	10	4	8	6	—
1917/18	1	3	4	4	1	5	—	—
1918/19	—	2	2	3	4	10	5	1
1919/20	2	2	4	3	2	4	—	—
1928/29	—	2	8	9	3	4	7	—
1929/30	—	—	5	—	1	3	1	—
1930/31	—	1	4	7	8	7	—	—
1931/32	—	—	3	—	4	4	3	—
1932/33	—	—	2	7	6	—	3	—
1933/34	1	4	6	7	2	4	—	—
1934/35	—	3	1	11	4	7	4	—
1935/36	—	1	10	1	4	4	2	—
1936/37	2	—	5	3	6	7	—	—
1937/38	—	4	10	14	8	—	4	1
1938/39	1	—	13	8	1	15	—	—
1939/40	3	—	5	10	5	6	2	—
1940/41	1	2	10	9	8	2	1	—
Total	13	35	105	127	90	109	41	2
Mittel 20 Jahre	0,6	1,7	5,2	6,3	4,5	5,4	2,5	0,1

Die Schneetage fallen in Stans in die Monate Oktober bis Mai, aber in sehr ungleicher Weise. Dezember und Februar aller Jahre hatten Schneefall. Im Januar und März, wo er durchschnittlich am zahlreichsten ist, kann der Schneefall auch gänzlich ausbleiben.

Die größte und kleinste Zahl der Tage mit Schneefall verteilt sich auf die Monate in folgender Weise:

Tabelle 3

	Oktober	Novemb.	Dezemb.	Januar	Februar	März	April	Mai
Maximum	3	5	13	14	9	15	7	1
Minimum	—	—	1	—	1	—	—	—

Am einfachsten werden diese Zahlen über den Schneefall der 20 Jahre durch die graphische Darstellung der monatlichen Mittelwerte wiedergegeben (Fig. 1). Sie ist auch darum von Bedeutung, weil sie sich später direkt mit den Mittelwerten anderer Stationen vergleichen läßt. Das Kurvenbild zeigt einen ruhigen Anstieg und ein ausgesprochenes Maximum im Januar. Darauf folgt eine Abnahme im Februar. Sie ist nicht etwa durch die kleinere Zahl der Monatstage verursacht, wie eine Nachprüfung eindeutig ergab; rechnen wir den Februar auf Kosten von Januar und März zu 30 Tagen, so ändert sich das Resultat nicht. Im März folgt ein zweites Maximum von geringerer Höhe. Nachher verzieht sich der Winter rasch. Die Zeiten der Winterschneefälle unserer Gegend sind demnach die Monate Dezember bis März. Die Randmonate Oktober und Mai sind fast schneefrei; November und April erreichen kaum den Drittel des Maximums.

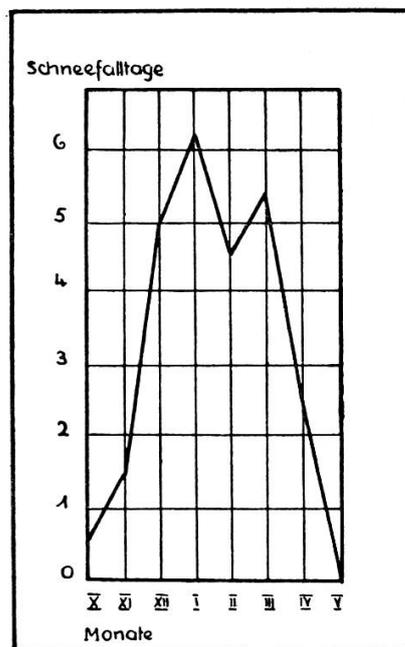


Fig. 1. Schneefall: Stans Mittel: 1913—20; 1928—41 für die Wintermonate Oktober bis Mai

2. Der erste und letzte Schneefall der 20 Winter verteilt sich auf verschiedene Monate.

Tabelle 4

Es fiel im Winter	der erste Schnee	der letzte Schnee	Es fiel im Winter	der erste Schnee	der letzte Schnee
1913/14	4. Dezember	10. Mai	1931/32	11. Dezember	14. April
1914/15	18. November	11. April	1932/33	8. Dezember	23. April
1915/16	15. November	16. April	1933/34	29. Oktober	19. März
1916/17	20. Oktober	22. April	1934/35	1. November	6. April
1917/18	29. Oktober	27. März	1935/36	5. November	13. April
1918/19	17. November	1. Mai	1936/37	7. Oktober	27. März
1919/20	15. Oktober	10. März	1937/38	10. November	1. Mai
1928/29	28. November	22. April	1938/39	28. Oktober	18. April
1929/30	16. Dezember	15. April	1939/40	26. Oktober	9. April
1930/31	4. November	10. März	1940/41	30. Oktober	8. April

Der erste Schneefall ereignete sich frühestens am 7. Oktober, spätestens am 16. Dezember. Der letzte Schnee fiel frühestens am 10. März, spätestens am 10. Mai. Das mittlere Datum des ersten und letzten Schneefalles sind der 13. November und der 11. April.

Die Zwischenzeit zwischen dem ersten und letzten Schneefall betrug:

Tabelle 5

im Winter	Tage	im Winter	Tage	im Winter	Tage
1913/14	155			1934/35	155
1914/15	143	1928/29	144	1935/36	159
1915/16	152	1929/30	119	1936/37	170
1916/17	182	1930/31	125	1937/38	171
1917/18	148	1931/32	124	1938/39	171
1918/19	164	1932/33	135	1939/40	165
1919/20	146	1933/34	141	1940/41	159

Die Zahlen schwanken zwischen 182 Tagen (20. Oktober — 22. April 1916/17) und 119 Tagen (16. Dezember — 15. April 1929/30). Durchschnittlich liegen zwischen dem ersten und letzten Schneefall 151 Tage.

Der früheste Schneefall aller 20 Winter, der sich am 7. Oktober 1936 ereignete, verursachte großen Schaden, namentlich an Ahorn und Buchen, weil der Wald noch im vollen Laub stand. Noch viermal fiel der erste Schnee im Weinmonat, achtmal im Wintermonat und viermal im Dezember. Der letzte Schnee des Frühlings fiel dreimal im Monat Mai, — der späteste aller Winter am 10. Mai 1914 —, fünfmal im Märzmonat, am häufigsten aber, nämlich zwölfmal, im April.

Zwischen dem letzten und ersten Schnee zweier Winter liegt die Vegetationsperiode unserer assimilierenden Pflanzenwelt. Sie bleibt jedoch nicht auf diese Grenzen beschränkt. Wohl zwingt der erste Schnee im Spätherbst das Laubholz zur Ruhe. Selbst nach einem frühen Schneefall im Oktober erholt sich das Laubwerk unserer Bäume und Sträucher nicht mehr, aber die Frucht- und Samenreife bleibt trotzdem im Gang. Auch die Zeit des Graswuchses ist mit dem ersten Schnee nicht zu Ende. Nach einem Oktoberschnee kann aufs neue der Weidgang einsetzen, und noch anfangs November hörte man die Sense durchs Gras rauschen. In warmen herbstlichen Tagen ist auch trotz Schneefall immer noch Leben in der Grasnarbe. Mit dem mittleren Datum des ersten Schnees — 13. November — aber dürfte die Zeitgrenze der Vegetationsperiode erreicht sein.

Im Frühjahr ist es anders. Eine große Zahl unserer Bäume und des Niederholzes, auch viele andere Frühblüher, sind schon lange vor dem Mitteltermin des letzten Schneefalles (11. April) im Trieb. Tagelange Schneegestöber bringen ihnen keinen Eintrag. Schon im Februar kann die Wiese ergrünen, und um Mitte März weidete mehr als einmal das Vieh im ersten Gras. Es kann ein starker Schnee in die schwellenden Knospen und ins wachsende Gras fallen, ohne großen Schaden zu stiften, wenn Frost und Eis ausbleiben. Manchmal löst ein letzter Schnee eigentlich das Entfalten der Frühjahrsschosse aus, besonders bei Föhnlage.

Winters Anfang und Ende fallen also nicht mit dem ersten und letzten Schneefall zusammen; wenigstens der Vorfrühling setzt lange vor der Mittelzeit des letzten Winterschnees ein. So wird Zeit und Raum geschaffen für unsere Frühblüher der Wiesen und Weiden, für die Crocus, Anemonen, Primeln, Leucojen, En-

ziane usw., und nachher kann sich der Vollfrühling ohne Eile entfalten. Das ist der Gegensatz zum Frühling höherer Lagen, wo meistens der Winter gleich dem Sommer Platz macht.

3. Eine weitere Frage lautet: „Bei welcher Temperatur schneit es? Besteht vielleicht eine Beziehung zwischen Schneefall und Lufttemperatur?“ — Zum vornherein ist dies nicht anzunehmen, da der Schnee in einer andern Luftregion und darum auch bei einer andern Temperatur entsteht als jener der bodennahen Luftschicht. Dennoch wird es von Interesse sein, das Zusammengehen der Schneefälle mit der Temperatur während der einzelnen Jahre und Wintermonate zu verfolgen.

Um ein genügendes Beobachtungsmaterial zu haben, wählten wir nur die Winter mit 30 und mehr Schneefalltagen. Es wurden aber nicht die Tage, sondern soweit möglich die einzelnen Schneefälle selbst eingerechnet und nach Wärmestufen von 2,5 Grad eingeteilt. In Betracht kommen die Winter 1914/15, 1916/17, 1928/29, 1937/38, 1938/39, 1939/40.

Während dieser Zeit wurden in S t a n s Schneefälle beobachtet:

Tabelle 6

Im Winter:	1914/15					1916/17					1928/29					1937/38					1938/39					1939/40					Total
Im Monat:	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III	
bei Temperatur über 5°											1																				1
5° bis 2,5°	1	1				1					2					3	1	5											1		15
2,5° bis 0°	2	1	2	4	5	1	2	5			2	2	2	1		1	4	4			1	4	2	1	1	3	1	1	1		62
0° bis -2,5°	1		3	4	2	3	5	1	3		3	2		2		5	2	5			4	3	1	6		4	1	3	4		67
-2,5° bis -5°			3		2				3			2				1	4	1				1	1			2	4		1		25
-5° bis -7,5°												3		1		1	1				4	1				1	1				13
-7,5° bis -10°						2											1				2						1				6
unter -10°													3 ¹														5	1 ²			9

1) Bei -12°, am 11. Febr., 1 cm Neuschnee
 Bei -21°, am 12. Febr., andauerndes Schneegestöber
 Bei -20,1°, am 14. Febr., ebenso

2) Bei -12,5° bis -14°,
 am 13. und 14. Febr.,
 31 cm Neuschnee

Am häufigsten schneit es also in Stans bei -2,5 bis 2,5° C; dann nimmt die Zahl der Schneefälle — hier wurden die Schnee-

fälle gemessen, nicht die Schneefalltage — nach den Temperaturzonen $-2,5$ bis -5° C; -5 bis $-7,5^{\circ}$; $-7,5$ bis -10° C ab. Schon J. Coaz („Die Lauinen der Schweizeralpen“, Bern, 1881) beobachtete Schneefälle in Bern in den Jahren 1878 und 1879 innert den Temperaturgrenzen -11° bis 4° C. In Stans fiel 1 cm Neuschnee bei $6,0^{\circ}$, und 1 cm feiner Schnee bei $-20,0^{\circ}$, und Schneekriställchen bei $-21,0^{\circ}$ C. Das Optimum des Schneefalles liegt bei mittleren Wintertemperaturen.

4. Die weitere Frage stellt sich: „Wie gehen Schneefall und Wind zusammen?“ — Daß ein Zusammenhang bestehen muß, ist verständlich. Der Schnee als „Luftreif“ ist eine Sublimation, ähnlich wie der Regen eine Kondensation der Luftfeuchtigkeit ist. Diese kommt mit den Luftströmungen vom Westen her in unser Land, wird im Hügel- und Bergland in höhere und kältere Luftschichten gehoben und zum Niederschlag gezwungen, weil kalte Luft nicht so viel Feuchtigkeit in sich zu fassen vermag wie warme. Zur wesentlichen Hauptrichtung der Winde treten oft andere, die ebenfalls wesentlich zur Kondensation mithelfen. Schön läßt sich dieses Eingreifen etwa an einem Gewittertag auf einem voralpinen Berg, am Rand des Mittellandes, verfolgen. Manchmal sind vom Stanserhorn oder Rigi aus ganz deutlich die Angriffsfront und das Einbruchsfeld zu erkennen, wo der Nordwind in die schwerbeladenen Wolkenzüge fällt und auf weite Flächen hin einen Regenschauer oder auch Riesel und Hagel auslöst.

Aehnlich werden die Verhältnisse beim Schneefall liegen. Und wie man mit gutem Grund von „Schon-“ und „Wetterwinden“ spricht, so werden Beziehungen zwischen Schneefall und Winden nicht fehlen. In unserem voralpinen Gebiet tritt allerdings die ursprüngliche Richtung der Luftströmung oft völlig zurück, weil sie von den Terrainformen stark beeinflußt wird. Zu dieser Ablenkung kommen noch Luftbewegungen, die auf der Verteilung von Land und Wasser beruhen, und durch die Form und Richtung unserer Täler bedingt sind. Um über das Zusammengehen von Wind und Schneefall eine Uebersicht zu erlangen, und zur Charakteristik des Winters überhaupt, ist es nötig, die Windverhältnisse unserer Gegend etwas einläßlicher darzulegen.

Die Windverhältnisse im Stanserboden

Im breiten Talboden zwischen Stanserhorn, Buochserhorn und Bürgenstock kreuzen sich zwei Windtäler. Das eine kommt vom Brünig her und teilt sich unterhalb Sarnen, wo der Muetterschwanderberg aus dem Talboden aufsteigt, in zwei Arme, die nördlich und südlich dem Muetterschwanderberg entlang gegen NE ziehen. Der nördliche Arm zieht über den Alpnachersee und mündet im „Feld“ bei Stansstad in den Stanserboden ein. Der südliche Arm dieses Windtales verläuft über das Drachenried und die Moränenmulde des Allweg gegen Stans, geht dem Südhang des Bürgenstockes entlang über das Seebecken von Buochs gegen Brunnen. Das andere Windtal fällt mit der Engelberger Aa von S her gegen den Bürgenstock, und weil dieser sich quer in seine Stromrichtung legt, erweitert es sich, von Wolfenschießen und Dallenwil kommend, unterhalb Büren zu dem obst- und nußbaumreichen Mattengelände des Stanserbodens, „einer der schönsten und fruchtbarsten Kulturlandschaften der Schweiz“ (Früh, „Geographie der Schweiz“, 3. 417). Die tiefe, wenn auch schmale Lücke zwischen Bürgenstock und Lopper ermöglicht den Abfluß der Luftströmung in den Kreuztrichter des Vierwaldstättersees gegen N, während der Bürgenberg mit seiner langen Steilhalde die Bewegung ost- und westwärts ablenkt.

Diese Windtäler sind zunächst die vielbegangenen Strombette für die *L o k a l w i n d e*. Bei ruhiger Wetterlage weht im Sommer wie im Winter regelmäßig morgens der *B e r g w i n d*, mittags und abends der *T a l w i n d* durch das Tal der Engelbergeraa. Wo sich das Tal verengt, ziehen sie in der Richtung der Talachse; wo es sich erweitert, werden sie von andern Luftströmungen abgelenkt. Der Wechsel zwischen Berg- und Talwind erfolgt am Vormittag. Eine regelmäßige Beobachtung in allen Vormittagsstunden von 7 bis 11 Uhr während der Monate Oktober bis Juli in den Jahren 1937 bis 1939, ergab als Mittelzeit des Wechsels im Sommer 7.30 Uhr, im Winter 10 Uhr (M. E. Z.). Gewöhnlich fließt in der Talmitte der Bergwind noch energisch, wenn am Rande schon Windruhe oder gar die Umkehr eingesetzt hat. Auch in der Höhe und Tiefe der Luftschichten erfolgt die Umkehr nicht zu gleicher Zeit, was oft festgestellt werden konnte, besonders deutlich beim

Brand eines Hauses mit angebautem Stall, in den Vormittagsstunden des 8. September 1938, in der Nähe der Engelbergeraas, im sogenannten „Teuftal“. Bis gegen neun Uhr herrschte energischer Bergwind. Die mächtige Rauchsäule, die um 10 Uhr bis vierhundert Meter hoch aufstieg, verriet Windruhe in der ganzen Lufthöhe. Um 10.10 Uhr begann sich die Spitze talaufwärts abzubiegen, allmählich verlegte sich die Abbiegung nach unten. Um 10.30 Uhr war die ganze Rauchsäule vom Talwind erfaßt und talaufwärts getragen.

Ebenso regelmäßig wie Berg- und Talwind, wechseln die See- und Landwinde miteinander in den Ufergegenden von Buochs und Ennetbürgen und bei Stansstad. In der beigegebenen Kartenskizze sind diese Lokalwinde der Stanser Ebene eingetragen (Fig. 2).

Ein Wind eigener Prägung und sehr stark beeinflusst von der

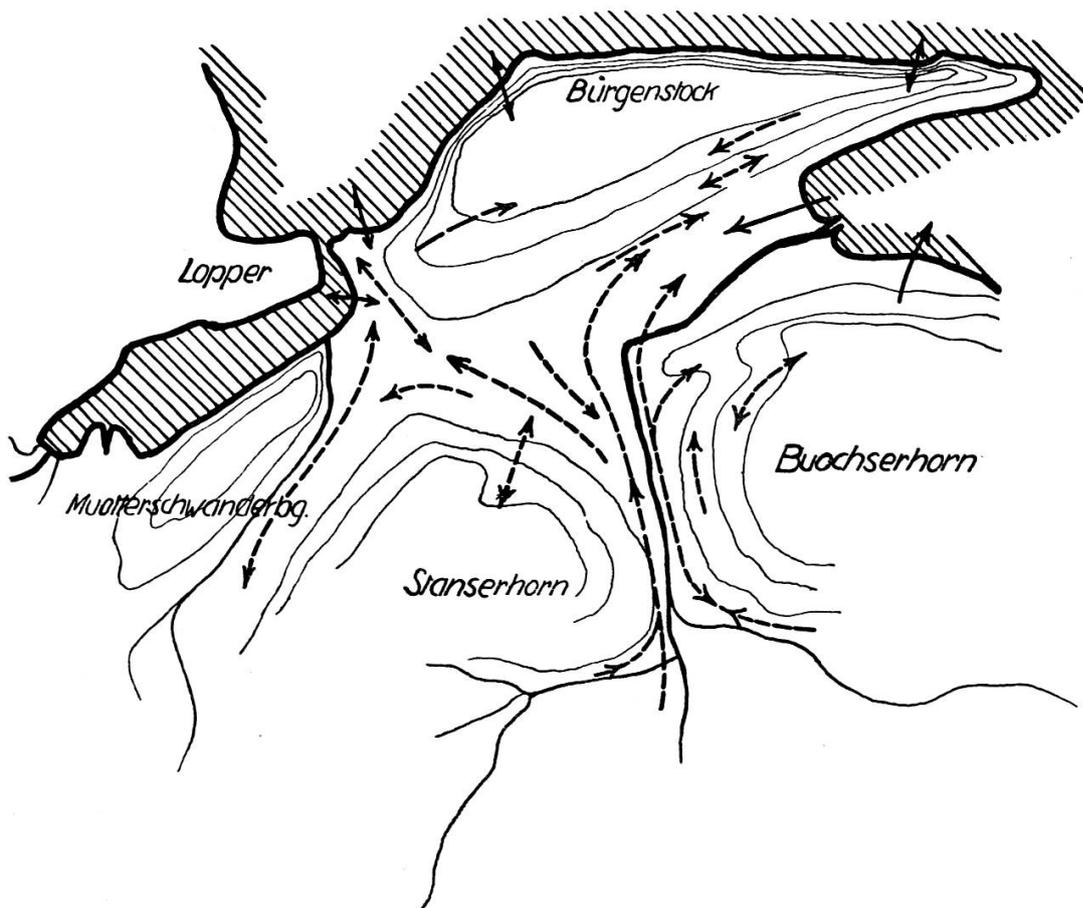


Fig. 2 Lokalwinde der Stanser-Ebene
 Berg- und Talwinde $\leftarrow \text{---} \rightarrow$, aufsteigend am Tag, absteigend am Morgen und Abend
 See- und Landwinde \longleftrightarrow

Form und Lage unseres Tales ist der Föhn. Als eigentlicher, kräftig stoßender Wind tritt er im Stanserboden wenig auf, häufig aber als sogenannter Dimmerföhn oder Hochdruckföhn. Er verrät seine Gegenwart durch die große Lufttrockenheit, durch die Fülle von Farbe und Licht in der Landschaft, durch die „Föhnmauer“, jene weißen Wolken, die sich über die Brisen- und Wallenstockkette lagern, und durch die blauen „Föhnlöcher“ über dem Urnersee und in der Horizontlücke des Engelbergertales — immer von Stans aus orientiert. Zur Blütezeit, namentlich der Apfelbäume, sieht man den Dimmerföhn nicht gern, weil er die Empfänglichkeit der Narben beeinträchtigt; dagegen ist er willkommen zur Zeit der Heuernte, weil er richtiges Dörrwetter schafft und, solange er sich in der Höhe zu halten vermag, das schöne Wetter dauernd anhält. Während der Hochdruck- oder Dimmerföhn in der Tiefe der Stanserebene keine oder nur leichte Luftverschiebungen verursacht, kann der eigentliche Föhn mit orkanischer Gewalt durch das Tal rasen. Es geschieht selten. Ein denkwürdiger Tag, der in unsere Beobachtungsjahre fällt, ist der 5. Januar 1919. In Wolfenschießen hatte der Föhnsturm schon in der Nacht eingesetzt, die Kirchenfenster der Südfront eingedrückt und an Gebäulichkeiten, Obstbäumen und Wäldern großen Schaden angerichtet. Erst zwischen acht und neun Uhr vormittags stieß er mit unheimlichem Geheul in die Wälder am Stanserhorn, drehte ganze Waldparzellen in Mannshöhe ab, zersplitterte die kräftigsten Bäume und stürzte sich dann in den Talgrund. Stoßweise fegte er dahin, überall Zerstörung und Schaden anrichtend; große Dächer stunden ohne Ziegel, wie nach einem verheerenden Brand. Die Lufttemperatur stieg im Verlauf einer Stunde von 5 auf 18° C, nahm aber nach dem Abschwellen des Windes rasch wieder ab. Gegen Mittag begann sich der tiefblaue Himmel zu überziehen, der Sturm war vorbei, aber in der Ufergegend von Ennetbürgen warf er noch lange haushohe Gischwellen ans Land. In unserem Talstück hält der Föhn selten so lange an wie im Urnerland, wo er oft mehrere Tage sein Regiment führt. Er kann aber trotzdem auch hier in kürzester Zeit zum Orkan anwachsen. So stürmte er am Abend des 20. Mai 1937 nur wenige Minuten, aber mit unheimlicher Gewalt. Wenn der Föhn nachläßt, setzt gewöhnlich Westwind und Regen ein, im Winter fast jedesmal ein ergiebiger Schneefall.

Diese lokalen Winde kommen als „Schneewinde“ weniger in Betracht. Sie durften aber nicht übergangen werden, weil sie bei der Bildung und beim Schmelzen der Schneedecke von Bedeutung sind. Ihr Einwirken auf die Schneeschmelze wird später behandelt; ihr Einfluß auf den Schneefall jedoch sei hier durch zwei Beispiele beleuchtet. Am Morgen des 18. Februar 1937 war die Grenzlinie des frisch gefallenen Schnees bei Stöckmatt, am Westende des Bürgenstockes, auf 800 m Seehöhe. Gegen Osten bis Buochli, auf einer Länge von 8 km, sank sie stetig bis auf 630 m. Nach dem Schneefall am darauf folgenden 1. März wiederholte sich die Erscheinung; die Schneegrenze fiel von 1000 m auf 630 m. Umgekehrt lag am 16. März 1937 die Schneegrenze bei Stöckmatt auf 540 m und stieg bis zur Rapperfluh ob Buochli, 750 m hoch. Am 18. Februar und am 1. März herrschte leichter Westwind, am 16. März verriet ein Föhnloch im Süden von Brunnen die föhnige Lage, obwohl die Windfahne keine Luftbewegung anzeigte.

Analoge Fälle ereigneten sich namentlich in den Randmonaten des Winters im ganzen Gelände, Erscheinungen, die ohne Zweifel auf lokale Luftströmungen zurückzuführen sind, die durch die sie begleitenden Temperaturdifferenzen solche Gefälle der Schneegrenze auslösen. Daß schon in geringer Höhe über dem Boden andere Luftströmungen vorhanden sind als in der Talrinne selbst, wurde oft beobachtet. Wertvoll waren hiefür die mottenden Feuer der Waldarbeiter, die gewöhnlich tagelang und in verschiedenen Höhenlagen zugleich ihre Rauchfahnen ausschickten. Gute Aufschlüsse boten sodann die regelmäßigen Rauch- und Dampffahnen einiger Sennereien und Backstuben. Besonders eindrucksvoll waren mehrere Haus- und Scheunenbrände, die in die Beobachtungszeit fielen.

Die Windtäler und die großen Winde

Die richtigen „Schneebringer“ sind selbstverständlich unter den großen, allgemeinen Winden zu suchen. Es ergibt sich nun die Frage, ob auch sie die orographisch gegebenen Windstraßen benutzen und dann die Lokalwinde verdrängen oder ablenken. Für die Luftströmungen, die in sehr großer Höhe über unsere Landschaft ziehen, besteht eine solche Beziehung

sicher nicht. Der Wolkenzug in 4000 bis 5000 m beharrt oft halbe und ganze Tage lang auf seinem energischen Streichen von W oder SW her, während im Talboden regelmäßig die Lokalwinde wechseln. Sogar beim Wolkenzug aus S wurde das gleiche Verhalten festgestellt. Den breitesten Einblick gibt die Beobachtung des Wolkenzuges, täglich dreimal, die vom 1. Juli 1940 bis 30. Juni 1941 angestellt wurde. 109 von den 1095 Beobachtungen waren ergebnislos, 197 verzeigten Windruhe. Die Windrose des Wolkenzuges, die auf Grund dieser Aufzeichnungen konstruiert wurde, ist in Fig. 3 wiedergegeben. Verglichen mit der gleichzeitigen

Windrose im Stanserboden, wie sie in Fig. 4 gezeichnet ist, spricht sie für die ausgesprochene Ansicht.

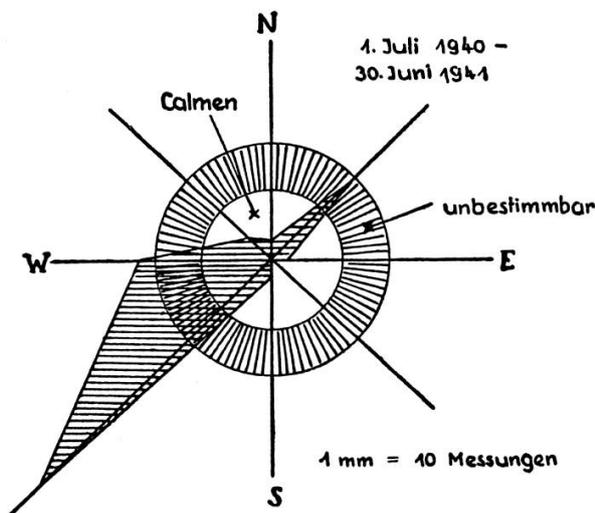


Fig. 3. Windrose des Wolkenzuges

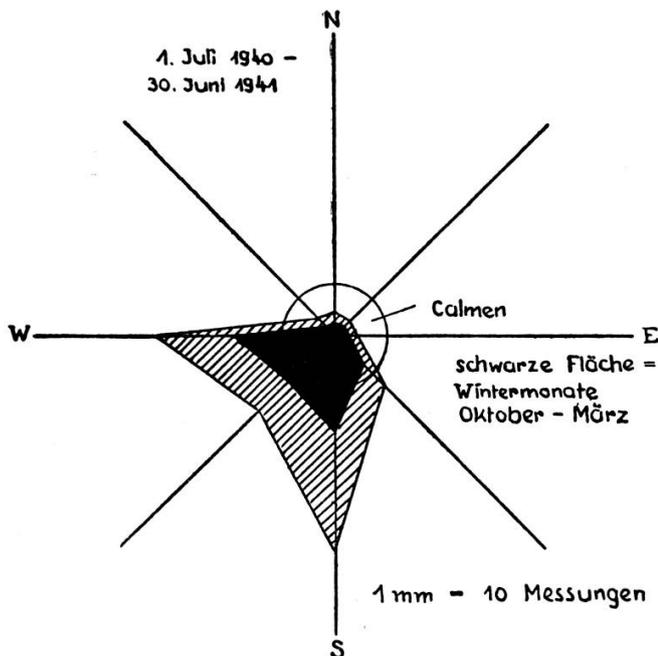


Fig. 4. Windrose Stans

Auch die Luftströmungen in Pilatus- und Rigi-höhe, also die Luftmassen, wie sie aus W und NW über das Mittelland gehen, können unsere Windtäler unberührt lassen. Dies ist fast immer der Fall, wenn der Himmel nur leicht bewölkt ist und der allgemeine Wind die Stärke 1—2 der halben Beaufortskala nicht übersteigt. Erreicht er aber eine größere Windstärke, so ergreift er die Luftschichten bis zum Boden, und die Talwinde nehmen dann mehr die Richtung und den Charakter der allgemeinen Winde an. Ausnahmen waren auch hier zu verzeichnen. Rigi meldete mehrmals Westwind von der Stärke 3, und im Talboden zu Wyl und an der Aa bei Hofstetten ging zu gleicher Zeit der Bergwind von S nach N. In gleicher Weise verzeichnen die Beobachtungen von Weggis oft bei Windstärke 3—4 ganz andere Richtungen als Rigi, bei gleicher Stärke der Luftströmungen. So z. B. am 8. 7. 1938; am 29. 1. 1938. Die starken großen Winde fallen durch die natürlich gegebenen Tore in unseren Talboden: der West- und Nordwestwind durch die Lücke zwischen Lopperberg und Bürgenstock, der Südwest über den Allweg und Alpachersee und biegt beim Stau am Bürgenstock gegen die Stanser-Allmend um, oder auch gegen Stansstad; der Südwind fällt über das Stanserhorn herein oder nimmt den Weg mit der Engbergeraas; der eigentliche Nordwind wird vom Bürgenstock stark abgehalten, falls er ihn nicht einfachhin übersteigt; dafür hat die Ostbise, der berühmte „Glarner“, im Frühling auch „Gregoriwind“ genannt, mehr offenen Zutritt von Gersau und von Brunnen her, weht aber nicht häufig. Die Beobachtungen an der Windfahne in den Jahren 1929 bis 1939 ergeben wesentlich das gleiche Bild. Vgl. Windrose Stans (Fig. 9).

Die Schneewinde

Es fragt sich nun: Bei welchen Winden der unteren Luftschichten gehen die meisten Schneefälle vor sich? So restlos wie etwa die Beziehung zwischen Temperatur und Schneefall läßt sich die Antwort nicht fassen. Der Wind ist eben kein beständiger Begleiter der klimatischen Vorgänge wie die Luftwärme. Ueberdies sind die nächtlichen Schneefälle der Kontrolle meistens unzugänglich. Die Erfahrung lehrte auch, daß großer Schneefall gern in einer

Ruhepause nach einem stürmischen Wind oder nach einem Kampf zweier Winde miteinander vor sich geht. Ich habe mich bemüht, durch eine Reihe von Jahren den Schneefall, oft mehrere Fälle im Tag, auf den begleitenden oder kurz vorangegangenen Wind hin zu beobachten. Die Ergebnisse der Jahre 1935 bis 1940 sind in der folgenden Tabelle niedergelegt.

Schneefall und Wind

Tabelle 7

Es schneite in den Wintermonaten November-April								
des Jahres: bei N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
1935/36	—	1	2	1	—	8	10	5 mal
1936/37	1	2	1	3	—	2	6	2 mal
1937/38	—	—	2	1	—	7	12	8 mal
1938/39	—	4	3	2	—	6	13	5 mal
1939/40	1	1	3	1	—	5	21	2 mal

Trotzdem diese Statistik ihre Mängel aufweist, darf doch als Regel, die auf Beobachtung ruht, gelten: Die Schneewinde unserer Gegend kommen aus westlichen Richtungen, in kleiner Zahl auch aus E, SE und NE, der Südwind fällt als direkter „Schneebringer“ außer Betracht. Wir müssen aber beachten, daß die Westwinde namentlich in den Wintermonaten sehr häufig sind, die Ostwinde aber spärlicher. So ergibt sich, daß proportional zur Zahl der beobachteten Windrichtungen die östlichen Winde am häufigsten den Schneefall begleiten.

II. Vergleichende Beobachtungen

Sowohl die Zahl der Schneefälle und ihre zeitliche Verteilung auf die Wintermonate, als auch ihre mittleren und extremen Daten, sowie die sie begleitenden Lufttemperaturen und Winde werden sich mit der Zunahme der Meereshöhe eines Ortes ändern. Aber auch schon bei gleicher Seehöhe spielt der landschaftliche Charak-

ter einer Gegend vermutlich eine Rolle. Wir fragen nun, in welchem Umfang dies in der Innerschweiz der Fall ist und vergleichen darum die Beobachtungen von Stans mit den Aufzeichnungen der innerschweizerischen meteorologischen Stationen.

Für unsere Schneefallstudien kommen die folgenden Stationen in Betracht; eine kurze Charakteristik der Orte, die ich in gekürzter Form dem zweiten Bande des Werkes „Das Klima der Schweiz“ von Maurer, Billwiller und Heß entnehme, möge hier folgen.

Im Gebiet der Reuß liegen:

Altdorf, 451 m ü. M., 3 km vom südlichen Ende des Vierwaldstättersees, in der Reußebene, am Eingang ins Schächental, das nach E gegen den Klausenpaß ansteigt. Altdorf ist der Typus des warmen Föhntales.

Gurtneilen. Das Dorf liegt auf einer seitlichen Talterrasse, links der Reuß; die Höhe der Station ist 742 m.

Göschenen, 1110 m ü. M., am Ende der Schöllenschlucht. Das Dorf selber ist in dem immer noch schluchtartigen Reußtal gelegen. Von W mündet die Göschenenreuß. Göschenen ist im Verhältnis zu seiner Höhe ein warmer Ort.

Andermatt, 1442 m ü. M., im Talboden „Urseren“, dem offenen, rasenreichen Talstück der großen Längsfurche Martigny-Chur. Hier biegt die junge Reuß nach N in die Schöllenen ab. Andermatt besitzt nur halb so hohe Jahrestemperatur wie Göschenen.

St. Gotthard, 2096 m ü. M., offene Paßlandschaft, an der Wind- und Wasserscheide zwischen S und N.

Im Gebiet der Sarneraa:

Sarnen, 475 m ü. M., am N-Ufer des Sarnersees, im breiten Alluvialboden des Tales, das von SW nach NE zieht.

Lungern, 726 m ü. M., in der oberen Talstufe der Sarneraa, am künstlich gestauten Lungernsee, am Fuß des Brünigpasses. Seit September 1935 ist die Station auf 745 m Höhe verlegt.

Luzern und Engelberg:

Luzern, am Ausfluß der Reuß aus dem Vierwaldstättersee, im N und W umrahmt von steil ansteigenden Hügelzügen. Seit 1. Mai 1919 ist die meteorologische Station Luzern auf dem Hügel „Wesemlin“, 498 m ü. M. Vorher war sie in der Stadt auf 455 m Höhe.

Engelberg, 1018 m ü. M., in S-Exposition, am Rand des flachen Talbodens der Engelbergeraa, der sich in E-W-Richtung hinzieht, begleitet von der imposanten Schloßberg-Titliskette im S, und im N vom Massiv der Wallenstöcke. Ueber die Bergsättel im SW und W führen der Jochpaß nach Engstlen, Gadmen und Meiringen und der Juchlipaß ins benachbarte Melchtal. Diese Bergsättel sind wichtig als Windlücken.

Die Seestationen:

Weggis, Vitznau und Gersau, 440 bis 444 m ü. M., am nördlichen Ufer des Vitznauer- und Gersauerbeckens des Vierwaldstättersees, durch ihre klimatisch bevorzugte Lage ausgezeichnet.

Die beiden freistehenden voralpinen Gipfel:

Rigikulm und Pilatus. Jener erreicht die Höhe von 1800 m; die Station liegt unter der Spitze, 1787 m hoch. Dieser ist 2121 m hoch; die Station liegt bei 2068 m.

Der Ort meiner eigenen zwanzigjährigen Beobachtungen ist Stans. Die weite Alluvialebene Buochs-Stansstad liegt ca. 450 m hoch; das Dorf Stans selber lehnt sich an den N-E-Fuß des Stanserhorns. Die Beobachtungen geschahen von 465 m Höhe aus, einem Standpunkt, der den ganzen Talboden überblicken läßt und freie Sicht gewährt von den Mythen bis zum Pilatus und von den Wallenstöcken bis zum Sonnenberg bei Luzern.

1. Tage mit Schneefall

a) Schneefalltage in verschiedener Höhe. Es wurde in gleicher Weise wie für Stans auch für alle genannten Stationen die mittlere Zahl der Schneefalltage berechnet. Das Ergebnis ist nach regionalen Gesichtspunkten in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tage mit Schneefall in verschiedener Meereshöhe

Tabelle 8

Station	Höhe ü. M.	Mittel p. Winter Schneetage	Maximum Schneetage		Minimum Schneetage	
I.						
Stans	465 m	26,3	1937/38	41	1929/30	10
Engelberg	1018 m	63,9	1916/17	81	1917/18	50
Rigikulm	1787 m	100,3	1938/39	121	1933/34	74
Pilatus	2068 m	110,8	1936/37	135	1933/34	72
II.						
Luzern	498 m	31,6*)	1916/17	48	1929/30	12
Sarnen	475 m	28,3	1916/17	44	1929/30	14
Lungern	745 m	42,2	1916/17	57	1931/32	29

*) Die Verlegung der Station Luzern von 455 auf 498 m Höhe ist nicht wesentlich für den Mittelwert der zwanzig Jahre. Die Schneefalltage der Winter 1913/14 bis 1919/20 zählten 246; jene der zweiten Periode 1928/29 bis 1940/41 387. Die Mittelzahl der ersten Periode ist trotz der kleineren Höhe größer als jene der zweiten.

Station	Höhe ü. M.	Mittel p. Winter Schneetage	Maximum Schneetage	Minimum Schneetage
III.				
Altdorf	451 m	28,3	1937/38 46	1929/30 15
Gurtnellen	742 m	45,7	1919/20 57	1931/32 24
Göschenen	1110 m	60,2	1919/20 80	1931/32 42
Andermatt	1442 m	84,4	1930/31 99	1937/38 68
St. Gotthard	2096 m	135,5	1915/16 171	1928/29 109

Die Zahl der Schneetage wächst also mit zunehmender Höhe eines Ortes, aber nicht genau proportional. Auf der Strecke Altdorf-St. Gotthard zum Beispiel, mit der Höhendifferenz von 1645 m, beträgt die Zunahme der Schneetage 106,9; demnach für 100 m Höhe 6,4. Für die einzelnen Teilstrecken aber ergeben sich bedeutende Unterschiede. Auf 100 Meter Höhenzunahme steigt die Summe der Schneefalltage:

- auf der Strecke Altdorf-Gurtnellen um 5,9;
- auf der Strecke Gurtnellen-Göschenen um 3,9;
- auf der Strecke Göschenen-Andermatt um 7,0;
- auf der Strecke Andermatt-St. Gotthard um 7,8 Schneetage.

Aehnlich liegen die Verhältnisse anderwärts. Auf der Strecke Stans-Engelberg wächst die Zahl der Schneefalltage bei 100 m Höhenzunahme um 7, zwischen Engelberg-Rigi um 4,2; bei Rigi-Pilatus um 4,5; bei Sarnen-Lungern um 5,7; zwischen Stans und Pilatus um 5,3.

b) Schneefalltage in gleichen Höhenlagen. Auch bei den Talstationen und bei denen in höheren Lagen, bei ungefähr gleicher Meereshöhe, bestehen Unterschiede. Nach steigender Zahl der Schneetage geordnet ergibt sich zum Beispiel für die Orte am See und für andere Orte gleichartiger Meereshöhe die folgende Zusammenstellung. Wie in der vorangehenden Tabelle sind auch Maximum und Minimum der Schneefalltage vermerkt.

Tabelle 9

Station	Höhe ü. M.	Mittel p. Winter Schneetage	Maximum Schneetage	Minimum Schneetage
I. Tage mit Schneefall am Vierwaldstättersee				
Weggis	444 m	26,6	1916/17 44	1929/30 12
Vitznau	442 m	27,2	1916/17 35	1914/15 20
Gersau	442 m	28,3	1930/31 44	1929/30 14
Altdorf	451 m	28,3	1937/38 46	1929/30 15
II. Verschiedene Talschaften und Bergstationen				
Stans	465 m	26,3	41	10
Sarnen	475 m	28,3	44	14
Lungern	745 m	42,2	57	29
Gurtellen	742 m	45,7	57	24
Göschenen	1110 m	60,2	80	42
Engelberg	1018 m	63,9	81	50
Pilatus	2068 m	110,8	135	72
St. Gotthard	2096 m	135,5	171	109

Auffällig ist das kleine Jahresmittel von Stans. Es ist vorhanden sowohl in der Periode 1913 bis 1920, als auch von 1928 an. Ebenso überrascht das kleinste absolute Minimum des Schneefalles, nämlich 10 Schneefalltage im Winter 1929/30, des gleichen Ortes. Jener Winter war überhaupt schneearm. Der Dezember 1929 brachte für Luzern 6, für Stans 5 Tage mit Schneefall. Der Januar 1930 war in unseren nördlichen Voralpenländern ausnahmsweise warm, 4° bis 5° C über der normalen Temperatur. In Stans sank das Thermometer fast nie unter 0°; dagegen zeigte es oft 10° und 11° C. Auch die Monate Februar und März waren mild. Der einzige Schneefall im Februar (am 12.) brachte für Stans 10 cm Neuschnee; am 17. war er wieder weg. In Luzern waren der 16., 17. und 18. Februar Schneetage. Sie brachten eine Schneedecke, die bis 25. Februar aushielt. Sarnen hatte ebenfalls drei Schneetage im gleichen Monat, Altdorf einen, aber dazu drei im Januar. Der einzige Schneefall im April war für Stans bedeutungslos, in Altdorf aber kam eine Schneedecke zustande, die mehr als einen Tag dauerte. Durch diese und ähnliche Vorkommnisse, die sich nicht selten wiederholen, dürfte sich das kleinere Mittel der Schneefälle für Stans verstehen lassen. Der Grund dieser Erscheinung liegt wohl in regionalen, geographischen Einflüssen. Es mag sein, daß der massige Pilatus, der Stans seine Längsseite zukehrt, wie eine schützende Hochgebirgsmauer den ersten Anwurf des W-Schneewindes auffängt und so die Zahl der Schneetage herabsetzt. Auch ist Stans viel weniger, als zum Beispiel Gersau, dem Föhn und Südwind ausgesetzt, der nach einem Kampf mit dem W-Wind gern lokalen Schneefall veranlaßt. Sodann ist der Talboden weniger als etwa Sarnen dem NE-Wind offen, der dort gern mit Schneefall zusammengeht (Vergleiche S. 143).

Aehnlich wird das relativ hohe Jahresmittel von Luzern zu erklären sein. Der Höhenunterschied, ca. 30 m, würde nicht genügen, um das hohe Mittel (31,6) der Schneetage zu rechtfertigen. Es müssen noch andere Ur-

sachen mitspielen. Nach Uttinger, H. „Die Schneehäufigkeit in der Schweiz“ (in „Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt“ 1933, S. 2), vermindert die Nähe eines Sees oder die Lage eines Ortes am Ausgang eines nordalpinen Föhntales die Zahl der Schneetage. Uttinger bemerkt aber auch, daß Zürich mit seiner hohen Mittelzahl — sie beträgt für den Zeitraum unserer Beobachtungen 34,8 — eine Ausnahme macht, und er begründet sie mit der Nähe der schneereichen ostschweizerischen Voralpen. Ähnlich nimmt Luzern eine Ausnahmestellung ein. Denn es ist interessant, daß die Leuchtenstadt ein höheres Mittel der Schneetage hat, als alle anderen Stationen am Vierwaldstättersee, und auch als Walchwil am Zugersee, das in der Periode 1901—1930 noch zwei Tage weniger Schneefall aufweist als Weggis. In der Zone Stans-Weggis-Walchwil sinkt also das Mittel am tiefsten, um dann über Vitznau und am inneren See, über Gersau bis Altdorf wieder zu wachsen. Für diese Eigenart Luzerns dürfte von Bedeutung sein die nach N offene Landschaft und der N-Wind, der über Luzern am häufigsten weht. — Eine interessante analoge Erscheinung hiezu bietet das Aaretal von Bern aufwärts bis ins Berner Oberland. Bern (572 m) hatte in der Periode 1901 bis 1930 36 Schneetage, Thun (565 m) 27, Interlaken (572 m) 35, Meiringen (600 m) 38, Guttannen (1070 m) 66. Die Zunahme der Schneetage für 100 m Höhe beträgt auf der ganzen Strecke Bern-Guttannen 6,9; auf der Strecke Luzern-Engelberg ist sie 6,6. In der Teilstrecke Bern-Thun sinkt aber die Schneehäufigkeit, um dann wieder zu steigen. Interlaken, dessen Station gleich hoch liegt wie jene von Bern, hat 8 Schneetage mehr als Thun und einen weniger als Bern, drei weniger als Meiringen. Die Schneehäufigkeit von Guttannen nähert sich ziemlich jener von Engelberg, ist entsprechend der 52 m Höhendifferenz um 2 Tage größer.

Die gleich hoch gelegenen Stationen unseres Gebietes Lungern und Gurtnellen, Göschenen und Engelberg stimmen überein, was die Schneehäufigkeit und Maxima und Minima der Schneetage anbelangt. Bei Pilatus und St. Gotthard hingegen ist der Unterschied in die Augen fallend. Die Verhältnisse auf einem Berggipfel und einem Paßsattel sind zu sehr verschieden, als daß sie bloß durch die gleiche Seehöhe überbrückt werden könnten.

c) Schneefalldiagramm: Reußtal-Unterwalden. Den besten Ueberblick über den Schneefall in unserem Gebiet und die beste Grundlage zu einem Vergleich des Reußtales mit dem Unterwaldnerland gestattet uns das Schneefalldiagramm (Fig. 5).

Die eine Kurve gibt die Schneefalltage für Altdorf, Gurtnellen, Göschenen, Andermatt und St. Gotthard, die andere für Stans, Luzern, Lungern, Engelberg, Rigi und Pilatus. Die Kurven schneiden sich zweimal. Unter 845 m Meereshöhe ist das Reußtal reicher an Schneefall als Unterwalden. Altdorf hat 2,3 Tage mehr als Stans, Gurtnellen 3,5 Tage Schneefall mehr als das gleich hoch gelegene Lungern. — Von 845 m an bis 1465 m steht das Engelbergertal voran. Die Differenz erreicht in der Höhe von Göschenen (1110 m) fast 9 Tage. — Oberhalb 1465 m überwiegt wieder der Schneefall im Tale Urseren und der Gotthard-Reuß. Rigi-Kulm hat fast 12 Tage weniger Schneefall als die entsprechende Höhe am Gotthardpaß, und St.

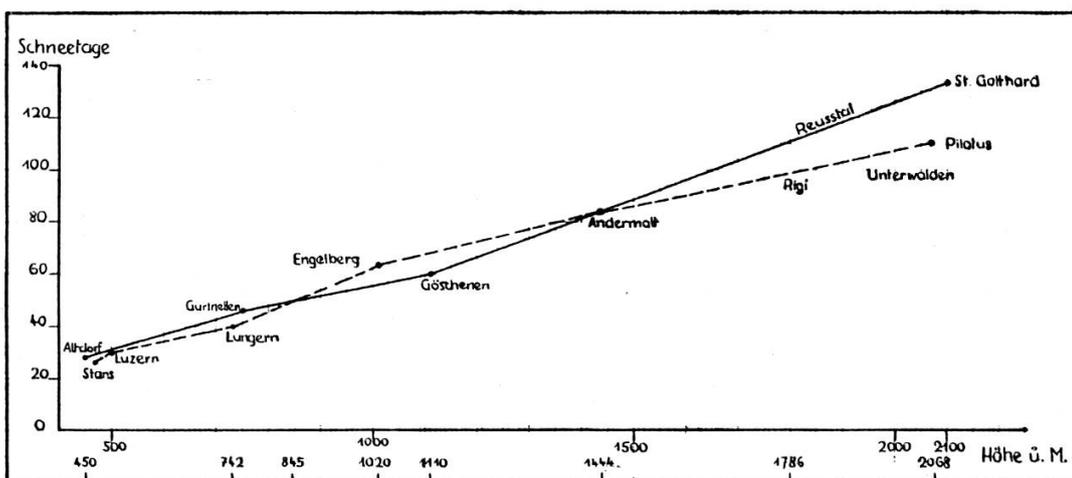


Fig. 5. Schneefall-Diagramm des Winters:
Reußtal-Unterwalden

Gotthard selber hat 24,7 Schneetage mehr als der Pilatus von beinahe gleicher Meereshöhe. Trotz der klimatischen Bevorzugung der Urner Landschaft von der Schöllenen abwärts, bleibt doch das Mittel des Schneefalles nicht tiefer als jenes von Sarnen und Gersau, während das von Weggis und Stans kleiner ist.

Aus diesem Diagramm und noch genauer aus der Summe der Monatsdiagramme (s. Seite 136 und 137) läßt sich die mittlere Jahreszahl der Schneefalltage für eine bestimmte Höhe berechnen. Sie ist auf je 200 m Höhenanstieg folgende:

Jährliche Schneefalltage nach Höhenstufen von 200 m

Tabelle 10

Höhe ü. M. in m	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100
Reußgebiet	31,3	43,5	51,3	57,8	74,4	89,1	104,7	121,4	135,5
Unterwalden	30,7	41,6	56,1	67,8	75,2	86,3	96,4	104,4	110,7
<i>Mehrbetrag:</i>									
Reußgebiet	0,6	1,9	—	—	—	2,8	8,3	17,0	24,8
Unterwalden	—	—	4,8	10,0	0,8	—	—	—	—

d) Schneefalltage im Monat. Ueber die Verteilung der Schneetage auf die Monate des Winters gibt Tabelle 11 auf Seite 133 Aufschluß. Die Stationen sind nach steigender Höhe ü. M. angeordnet.

Monatsmittel der Schneefalltage im Verlauf des Winters

Tabelle 11

Stationen	August	Sept.	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	Total
Weggis	—	—	0,8	1,5	4,8	6,1	4,7	5,9	2,6	0,2	—	—	26,6
Vitznau	—	—	0,3	1,6	4,6	6,8	4,2	7,0	2,2	0,2	—	—	27,2
Gersau	—	—	0,5	1,4	4,1	7,7	5,9	6,3	2,2	0,2	—	—	28,3
Altdorf	—	—	0,6	1,8	5,1	5,9	5,2	6,7	2,9	0,1	—	—	28,3
Luzern	—	—	1,3	1,8	6,4	7,2	5,5	6,2	3,1	0,1	—	—	31,6
Stans	—	—	0,6	1,7	5,2	6,3	4,5	5,4	2,5	0,1	—	—	26,3
Sarnen	—	—	0,9	1,8	5,9	6,2	4,9	5,7	2,7	0,2	—	—	28,3
Lungern	—	0,2	2,5	3,6	7,0	8,0	6,7	8,3	5,4	0,3	0,2	—	42,2
Gurtnellen	—	0,3	3,4	4,5	7,7	7,7	6,6	8,5	5,2	1,1	0,2	—	45,7
Engelberg	—	0,7	5,5	6,0	9,3	10,5	9,2	11,4	9,4	1,6	0,3	0,05	63,9
Göschenen	0,1	0,5	4,5	5,8	9,4	9,8	8,8	10,1	7,9	2,0	0,5	0,05	60,2
Andermatt	0,3	1,6	7,8	8,5	12,3	13,1	10,6	12,7	12,1	4,1	1,0	0,3	84,4
Rigikulm	0,8	2,8	8,7	11,0	13,4	13,8	10,6	14,1	14,1	7,6	2,6	1,4	100,3
Pilatus	1,6	3,2	9,1	11,2	14,0	15,0	11,1	15,0	15,5	9,1	3,6	2,5	110,8
St. Gotthard	1,2	4,3	12,1	15,9	17,6	16,6	14,2	17,2	18,7	12,0	4,0	2,0	135,5

Aus der Tabelle ist ersichtlich, wie der Winter mit zunehmender Meereshöhe sich verbreitert. In der Gegend am Vierwaldstättersee und im unteren Sarnertal sind die 4 Monate Juni bis September sicher vor dem Schnee. Im Mai fällt durchschnittlich jedes 5. Jahr Schnee, möglicherweise schon vorher. Der November zählt 3—5 mal so viel Schneetage als der Oktober, der April noch mehr; er übersteigt aber nicht 3 Tage. Die eigentlichen Wintermonate sind Dezember, Januar, Februar und März. Ihre Schneefalltage schwanken zwischen 4 und 7.

Für die Höhe von Lungern und Gurtnellen, Göschenen und Engelberg sind die Monate September und Juni, was Schneehäufigkeit anbelangt, dem Oktober und Mai der Seeufer gleichzusetzen. In Göschenen brachten Juli und August Schnee mit sich; in Engelberg dagegen war in unserer Beobachtungsperiode der August schneefrei. — In der Periode von 1881 bis 1900 hatte Engelberg alle Monate Schneefall. —

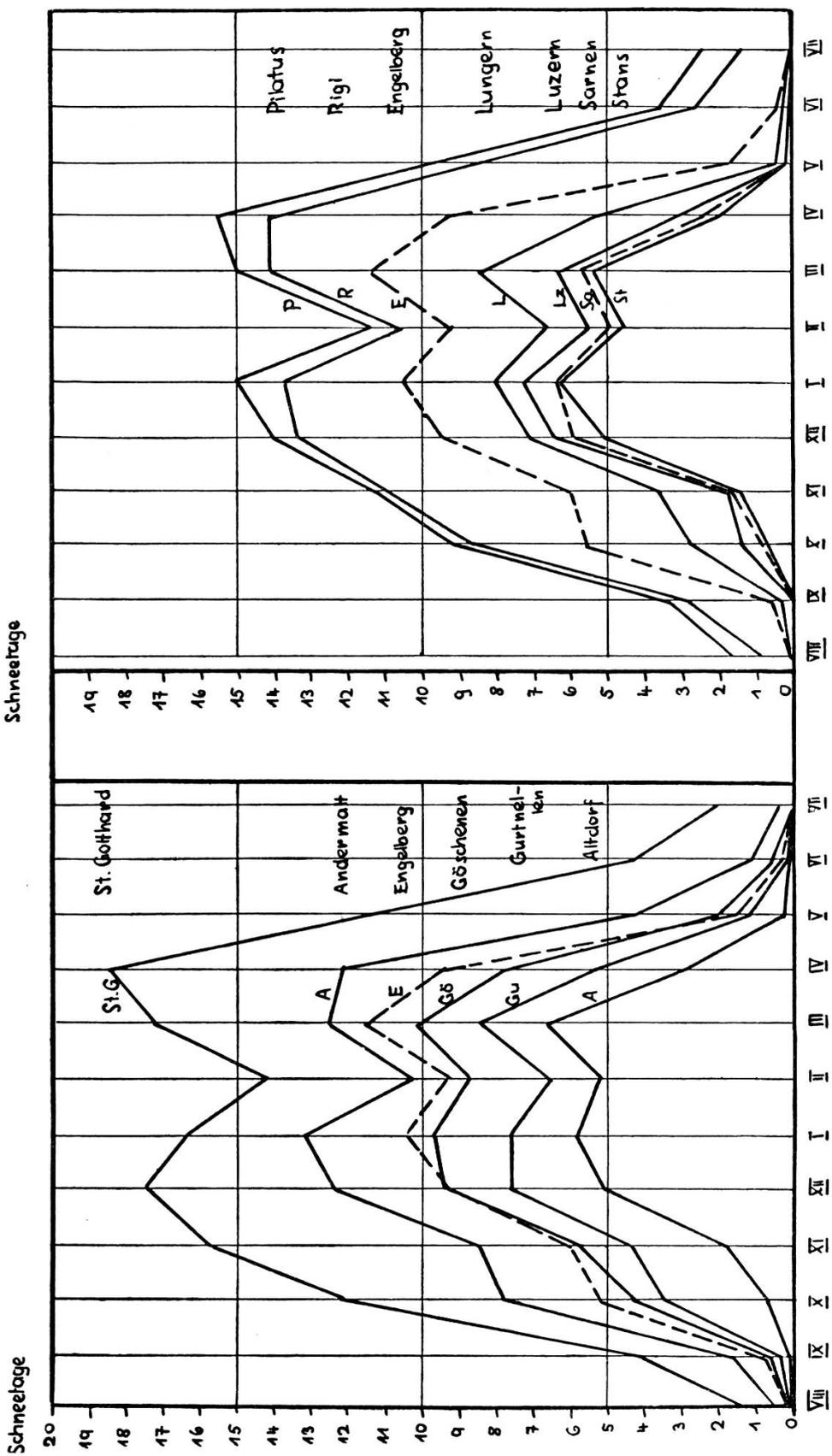
Andermatt und die Bergstationen Rigi und Pilatus können jedes dritte oder zweite Jahr in den Sommermonaten Juli und August Schneefall erleben, und zwar ist die Schneehäufigkeit im Juli größer als im August. In den Juli fällt das letzte Ausklingen des Höhenwinters. Der Oktober, der schon in Engelberg mit 5,5 Schneetagen einsetzt, bringt für Andermatt, Rigi und Pilatus deren 7,8, 8,7 und 9,1. Der Mai vermindert seine Schneetage für Andermatt auf 4,1, also auf die Hälfte des Oktobers, während die genannten beiden Monate auf Rigi und Pilatus in paralleler Höhe bleiben. In der Tabelle sind die Grenzlinien von 2, 5, 10 und 15 Schneetagen eingetragen. Sie zeigen, wie auch Zuwachs und Abnahme der Schneetage nach der Meereshöhe nicht symmetrisch vor sich gehen. Das Wachsen der Schneehäufigkeit in der ersten Winterhälfte weist zahlreichere Stufen auf, als die Abnahme in der zweiten.

Am anschaulichsten ist der monatliche Verlauf des Schneefalles im graphischen Kurvenbild einiger typischer Orte wiederzugeben, wie es in der folgenden Fig. 6 A und B für Uri und Unterwalden samt Luzern und den Bergen Pilatus und Rigi-Kulm geschah.

In allen Höhen unseres Gebietes sind zwei Maxima des Schneefalles vorhanden; im Januar und März in den tieferen, im Dezember und April in den höheren Lagen. Dazwischen sinkt die Schneehäufigkeit im Februar um 1,5 bis 4 Tage. Die Wende der Sommerkurve fällt in den Monat August. Der hochalpine Winter wirkt sich also noch den ganzen Juli aus. Der Anstieg vom Sommerminimum zum zweiten Wintermaximum nimmt für St. Gotthard 8 Monate in Anspruch, für Pilatus ebenfalls 8 Monate, für Rigi-Kulm 8, für Engelberg 6, für Stans und die Orte am See sowie für Sarnen 5 Monate. Nachdem dieses zweite Maximum überschritten ist, fällt die Zahl der Schneetage rasch auf Null, in Stans, Luzern und Lungern in zwei Monaten, in Engelberg braucht es 3,5 hiezu, auf Rigi-Kulm und Pilatus 4,5, auf St. Gotthard aber nur 4 Monate.

Bemerkenswert ist auch das Anschwellen der aufsteigenden Kurve im Oktober. Diese Eigentümlichkeit ist bei allen Stationen vorhanden; bei denen in mittleren Lagen ist sie am stärksten ausgeprägt.

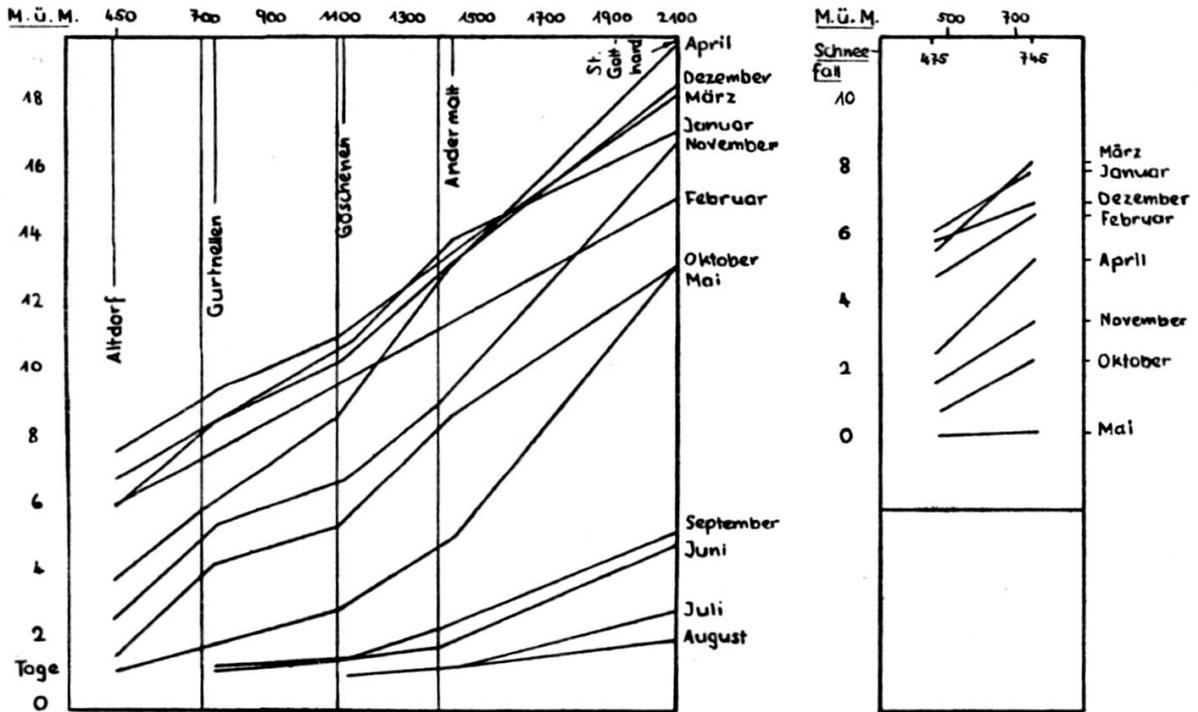
Fig. 6 Schneefalltage im Monat in verschiedenen Höhen der Innerschweiz
 A: Uri
 B: Unterwalden



Engelberg wurde in beiden Kurvenbildern eingezeichnet, um den Vergleich beider zu erleichtern

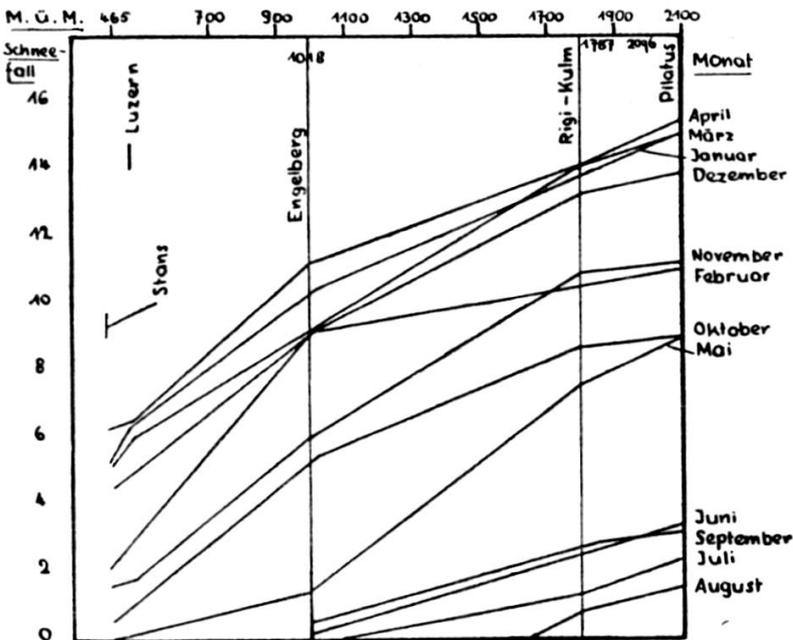
Aus der Tabelle der Monatsmittel der Schneefalltage (S. 133) läßt sich berechnen, welches die mittlere Schneehäufigkeit in einem Monat für beliebige Höhen unserer Ge-

Fig. 7.



I. Schneefall-Diagramm, Monatsmittel, Reußtal.

III. Schneefall-Diagramm Sarnen, Lungern



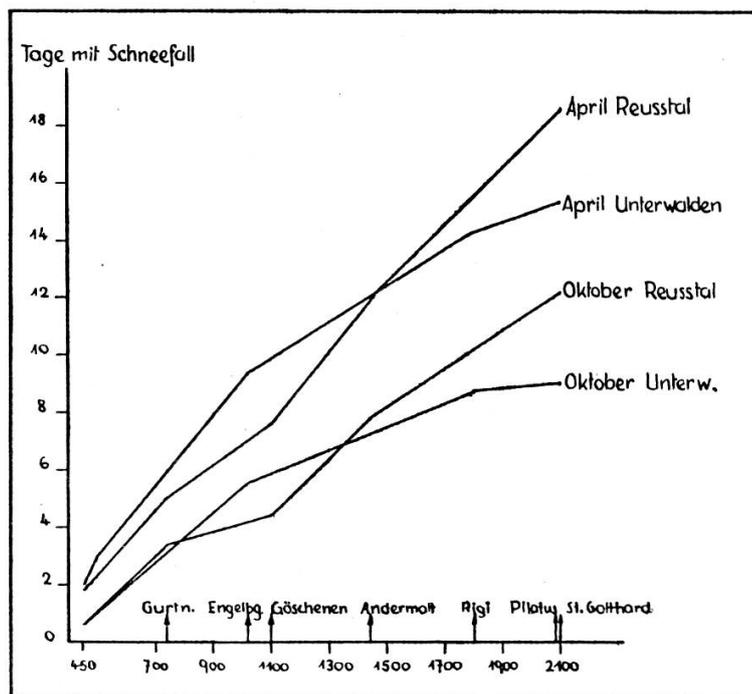
II. Schneefall-Diagramm Luzern, Engelberg, Pilatus, Stans und Rigi

genden ist. Wir tragen die Werte der Tabelle in ein Koordinatensystem ein, die Höhen ü. M. auf der waagrechten, die zugehörigen Schneefalltage auf der senkrechten Achse. So ergeben sich die monatlichen Schneefalldiagramme (Fig. 7 I, II, III) für das Reußtal (I), für das Tal der Engelbergeraas mit den Bergen am See (II) und für das Gebiet Sarnen-Lungern (III).

Aus diesen Diagrammen läßt sich die Zahl der Schneefalltage für die verschiedenen Höhen ablesen.

Um die Verschiedenheit von Uri und Unterwalden noch sichtbarer zu machen, müssen wir nur die zugehörigen Monatslinien beider Täler aufeinanderbringen, wie es in Fig. 8 für die Monate April und Oktober geschah. (Der Schnittpunkt beider Kurven zeigt Höhe und Zeit des Wechsels an.)

Fig. 8.
Vereinigtes Schneefall-Diagramm Reußtal - Unterwalden, für die Monate April und Oktober



Diese Diagramme der Monate sind in ihrer Gesamtheit ein sprechendes Bild dafür, wie der Schneefall, der in unserer Inner-schweiz in großen Zügen übereinstimmt, in einzelnen Gegenden doch wechselnd und verschieden ist.

2. Grenzdaten des Schneefalles

Wir geben die Daten des ersten und letzten Schneefalles sowie die der dazwischenliegenden Zeit für die Stationen Altdorf, Luzern, Sarnen, Stans, Engelberg, Göschenen und Rigi-Kulm. Für Pilatus und St. Gotthard bietet die Ableitung der äußersten Termine Schwierigkeiten, weil in allen Monaten des Jahres Schnee fallen kann.

Mittlere und äußerste Zeitgrenzen des Schneefalles

Tabella 12

Stationen	Erster Schneefall			Letzter Schneefall			Mittlere Zwischenzeit Tage
	Frühestes Datum	Mittleres Datum	Spätestes Datum	Frühestes Datum	Mittleres Datum	Spätestes Datum	
Altdorf	16. Okt. 1919	12. Nov.	16. Dez. 1931	12. März 1920	15. April	18. Mai 1935	154
Luzern	7. Okt. 1936	12. Nov.	29. Dez. 1931	7. März 1934	7. April	15. Mai 1935	146
Sarnen	7. Okt. 1936	15. Nov.	19. Dez. 1919	11. März 1920 1931	7. April	17. Mai 1935	143
Stans	7. Okt. 1936	13. Nov.	16. Dez. 1929	10. März 1931	11. April	10. Mai 1914	149
Engelberg	21. Sept. 1914	9. Okt.	6. Nov. 1913	22. April 1933	13. Mai	16. Juli 1919	216
Göschenen	10. Sept. 1940	10. Okt.	7. Nov. 1940	24. April 1915 1934	16. Mai	23. Juni 1933	221
Rigikulm	10. Aug. 1913	3. Sept.	5. Okt. 1917	24. April 1915 1934	25. Juni	27. Juli 1914	295

Von Interesse ist es, diese zwanzigjährigen Beobachtungsreihen mit früheren von Luzern und Engelberg zu vergleichen. Für Engelberg liegen 26 Winter vor (Vgl. Maurer, Billwiller und Heß „Das Klima der Schweiz“, 1909, I. Bd., S. 176), für Luzern 33 Winter (Vgl. X. Arnet „Die Niederschlagsverhältnisse von Luzern 1860—1892“, Festschrift der Kantonschule 1893, S. 255). Die Mittelwerte von Engelberg (erster Schnee: 10. Nov.; letzter Schnee: 21. Mai) und von Luzern (erster Schnee: 11. Nov.; letzter Schnee: 12. April) kommen denen unserer Reihe ziemlich nahe.

Von Andermatt lagen genaue Daten von 1928 an vor, von Gurtnellen, Weggis und Lungern solche von 1933, 1930 und 1935 an. Wenn diese Reihen auch wegen der kurzen Beobach-

tungszeit nicht für vollwertig eingeschätzt werden dürfen, so stimmen sie doch mit der allgemeinen Erfahrung überein, daß die mittleren und äußersten Schneefallgrenzen mit dem Anstieg im Gebirge zeitlich vorrücken. (Vgl. Maurer, Billwiller und Heß, l. c. 176.)

3. Schneefall und Temperatur

Nicht nur in den tieferen Lagen (vgl. Stans, S. 118), sondern auch in den höheren Regionen tritt der Schneefall innerhalb eines umfangreichen Temperaturintervalls ein. Am meisten geht er allerdings auch hier bei mittleren Wintertemperaturen des betreffenden Ortes vor sich. Berg und Tal unterscheiden sich also nicht wesentlich; es verschiebt sich nur, entsprechend dem sinkenden Temperaturmittel des Ortes, die Häufigkeit des Schneefalles auf eine niedrigere Wärmestufe. Es sei dies an den Zahlen von Altdorf, Stans, Engelberg, Göschenen, Rigi-Kulm und St. Gotthard in den Wintern 1935 bis 1939 erörtert. Diese vier Winter wurden gewählt, weil sie in höheren und tieferen Lagen zugleich schneefallreich waren. Die Schneefälle wurden hier in doppelt so hohe Temperaturstufen wie früher (S. 118) eingeordnet, und ihre Zahl wurde, um den Vergleich der Stationen untereinander zu ermöglichen, in Prozenten des gesamten Winters angegeben.

Schneefall bei verschiedener Temperatur 1935—1939 in Prozenten

Tabelle 13

Schneefall bei	Altdorf	Stans	Engelberg	Göschenen	Rigi-Kulm	St. Gotthard
mehr als 5° C	7,2	—	—	—	0,5	0,3
5 bis 0° C	52,8	51,0	29,0	33,0	13,0	19,0
0 bis -5° C	40,0	37,0	58,0	50,4	48,0	47,0
-5 bis -10° C	—	12,0	10,0	11,3	34,0	23,0
-10 bis -15° C	—	—	2,2	5,3	4,5	10,0
-15 bis -20° C	—	—	0,8	—	—	0,7

In ähnlichem Verhältnis steht der Schneefall zu der ihn begleitenden Temperatur auch in den anderen schneereichen Jahren. Stans und Altdorf haben das Maximum der Schneefälle zwischen 5 und 0° C; Engelberg bei 0 bis -5°, ebenso Göschenen. Rigi und St. Gotthard erreichen sehr bedeutende Prozente zwischen -5 bis -10° C. Das ist die Regel, die aber Ausnahmen gestattet, namentlich in schneeärmeren Wintern. So schneite es im kalten Februar 1929 in Stans und Altdorf öfters bei -10 bis -13°, einmal in Altdorf bei -15,8°. Stans erlebte ein Schneegestöber am 12. Februar 1929 bei -21°, und Rigi-Kulm verzeichnete sogar noch 5 cm Neuschnee bei -23 bis -26° am 13. Februar 1929.

Wie sich der Schneefall in den einzelnen Wintermonaten auf verschiedenen Temperaturstufen verteilt, läßt sich nur an den Bergstationen studieren. Die tieferen Regionen unseres Gebietes haben zu wenig Schnee, oder dann ist der Schneefall zeitlich zu ungleich verteilt. In hoch gelegenen Orten wird aber vom Schneefall ein breiter Raum der Wärmeskala belegt. Das Maximum des Schneefalles ereignet sich im Vorwinter bei höherer Temperatur als im Hochwinter, und auch im Hochwinter wandert es parallel mit der mittleren Monatstemperatur. Am besten erläutert dies ein Beispiel. Wir wählen den Winter 1938/39 von Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard (Tab. 14).

Diesen Berechnungen wurden die Schneefälle, nicht die Schneetage, zugrunde gelegt. Schneefälle auf der Stufengrenze wurden nicht gerechnet. Sowohl aus den Kolonnen der Wintermonate als der Prozente ist ersichtlich, daß die große Zahl der Schneefälle sich in dem Sinn verschiebt, wie dies früher (S. 118) erörtert wurde. Leicht zu erkennen ist, wie die Wintermonate von Dezember bis März, im Gegensatz zu den Vor- und Nachwintermonaten, eine große Breite der Wärmestufen einnehmen, und wie sich die Verschiebung im Verlauf des Winters an das Temperaturmittel der Monate anlehnt, wenn auch die ungleiche Verteilung des Schneefalles diese Parallele etwas verwischt. Aehnliche Zahlen wie die obigen liefern fast alle schneereichen Winter.

Monatliche Verteilung des Schneefalles nach Temperaturstufen
Tabelle 14

Engelberg:											
Schneefall bei:	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	%
5 bis 0°	—	—	2	2	2	3	1	2	6	4	25,8
0 bis -5°	—	—	—	—	9	6	5	17	—	—	43,6
-5 bis -10°	—	—	—	—	8	3	2	5	—	—	21,2
-10 bis -15°	—	—	—	—	5	2	—	1	—	—	9,4
-15 bis -20°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Temperaturmittel:	13,4	11,0	6,3	4,4	-3,1	-1,0	-1,0	-1,6	6,0	6,1	
Schneetage:	—	—	2	1	12	9	9	21	4	5	
Gezählte Schneefälle:	—	—	2	2	24	14	8	25	6	4	Total 85
Rigi-Kulm:											
Schneefall bei:	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	%
5 bis 0°	—	2	1	1	1	—	1	1	2	13	21,5
0 bis -5°	—	—	2	3	2	8	3	1	12	7	37,3
-5 bis -10°	—	—	—	—	4	8	5	12	—	—	28,4
-10 bis -15°	—	—	—	—	3	1	—	7	—	—	10,8
-15 bis -20°	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2,0
Temperaturmittel:	9,4	8,0	4,0	3,0	-4,6	-3,1	-1,7	-6,1	1,9	1,2	
Schneetage:	—	2	3	5	15	15	10	23	13	22	
Gezählte Schneefälle:	—	2	2	4	12	17	9	21	14	20	Total 101
St. Gotthard:											
Schneefall bei:	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	%
5 bis 0°	1	3	4	—	—	—	—	1	6	12	19,5
0 bis -5°	—	—	2	8	8	11	6	1	11	11	41,7
-5 bis -10°	—	—	—	—	3	5	6	11	1	1	19,5
-10 bis -15°	—	—	—	—	6	3	2	11	—	—	15,8
-15 bis -20°	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—	3,5
Temperaturmittel:	8,0	5,2	2,0	-0,8	-8,2	-6,7	-4,9	-8,3	-0,5	5,0	
Schneetage:	1	3	5	8	20	21	14	24	19	25	
Gezählte Schneefälle:	1	3	6	8	20	21	14	24	18	24	Total 139

4. Wind und Schneefall

Schon bei den Windverhältnissen von Stans (S. 124) betonten wir, wie die Luftströmungen in der Höhe und Tiefe zu gleicher Zeit verschieden sein können, und wie die Luftströmungen in den unteren Schichten von der Geländeform abgelenkt werden. Das ist im weiteren Rahmen bei dem wechselvollen Relief der Innerschweiz noch viel besser zu beobachten. Schon die Bergrücken unserer Voralpen beeinflussen die Windrichtung. Die Gebirgswälle, in denen sich die Gipfel und Kämme unserer Zwei- und Dreitausender erheben, spalten und zerteilen die sich heranschubenden Luftmassen wie Lawinenbrecher die Schneeschilder teilen. Bei dem Anprall an diese riesenhaften „Lauistöcke“ oder Spaltecken und durch die Reibung an den unnachgiebigen Riesenwänden verbrauchen sie ihre erste Kraft. Der reiche Wechsel unserer Talschaften, die bald längs, bald quer zu den großen Alpenketten verlaufen, wirken auf die Luftströme wie Schwellen und Talsperren in einem Wildbachgebiet: sie brechen die wilde Naturkraft und vermindern die Wucht dieses Elementes der Natur. In den Niederungen unserer Täler wird darum der Sturm, der rasend über die Gräte und Kämme unserer Berge fegt, oft zu einem zahmen und gutmütigen Gesellen. Das verschiedene Streichen der innerschweizerischen Talschaften zwingt den Wind zur öfteren Aenderung seiner Richtung, sodaß nicht selten der gleiche andauernde Höhenwind in den verschiedenen Gegenden der Innerschweiz einen ganz ungleichen Lauf nimmt.

Ein lehrreiches Beispiel hierfür bieten die letzten Januartage des Jahres 1938. Am 29. bis 31. Jänner wehte über das Mittelland ein starker, beständiger Westwind, der bis zum Sturm answoll. Die Station *Rigi-Kulm*, die, am meisten ins Mittelland vorgerückt, den ursprünglichen, ungebrochenen Wind auffängt, meldete am 29. bis 31. 1. je dreimal W von der Stärke 2—5. In *Altdorf* dagegen, in dem von S nach N tief eingeschnittenen und im Windschatten der Bauen- und Urirotstock-Kette liegenden Reußtal, drehte der Westwind nach S ab und wurde so zum Nordwestwind. Auch die Stärke 4 am 29. Januar sank an den beiden andern Tagen auf 1, ja, am Morgen wehte jeweils ein leichter E aus dem Schächental oder ein Bergwind von S her. *Engelberg* hatte am 29. Jänner mittags NW von der Stärke 2. Dieser ging aber am 30. in schwachen SW und am 31. in leichten NE über. In *Sarnen* wurde aus dem Weststurm des Mittellandes ein kräftiger SW, der aber am 2. Tag abflaute und an seine Stelle trat NE; der Zug der Wolken jedoch behielt durch alle drei Tage die W-Richtung bei. Die Station

Schneefall und Windrichtung 1929—1939:
St. Gotthard, Rigi-Kulm, Engelberg, Luzern, Sarnen, Altdorf

Tabelle 15

Windrichtung	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<i>St. Gotthard:</i> Schneefälle total Sept. bis Mai: 1231 % ₀ p. Windrichtung:	40,4	7,8	1,7	21,6	25,7	0,2	0,1	2,5
<i>Rigi-Kulm:</i> Schneefälle total Sept. bis Mai: 811 % ₀ p. Windrichtung:	0,7	5,5	5,4	4,5	1,2	8,3	66,2	8,2
<i>Engelberg:</i> Schneefälle total Sept. bis Mai: 448 % ₀ p. Windrichtung:	—	21,7	0,5	13,5	—	59,0	1,1	4,2
<i>Luzern:</i> Schneefälle total Okt. bis April: 338 % ₀ p. Windrichtung:	28,0	32,1	7,6	14,2	1,5	4,6	6,0	6,0
<i>Sarnen:</i> Schneefälle total Okt. bis April: 300 % ₀ p. Windrichtung:	—	86,0	—	—	0,3	13,0	0,7	—
<i>Altdorf:</i> Schneefälle total Okt. bis April: 227 % ₀ p. Windrichtung:	4,7	7,0	9,9	12,2	4,7	2,3	7,0	52,2

Luzern beobachtete am 29. Januar W-Sturm mit Regen, am 30. SE und E von der Stärke 3, am 30. den gleichen Wind von der Stärke 2—0.

So ist zum vornherein zu erwarten, daß auch der Schneefall in den verschiedenen Gegenden der Innerschweiz mit verschiedenen Winden zusammengeht. Das ist auch wirklich der Fall, wie die vorstehende Tabelle 15 zeigt. Es wurden die Schneefälle der letzten 10 Winter an Hand der Stationsbeobachtungen auf den sie begleitenden Wind geprüft. Schneefälle, bei denen die Windrichtung nicht sicher ermittelt werden konnte, blieben unberücksichtigt. Ihre Zahl ist aber, dank der wertvollen Bemerkungen in den Originalbeobachtungen, durchwegs klein, sodaß sie das Ergebnis nicht beeinträchtigen.

Demnach ist der vorherrschende „Schneewind“ auf Rigi-Kulm der W-Wind; keine andere Windrichtung erreicht 10 Prozente; auf St. Gotthard der N- und S-Wind, in Engelberg SW und NE, in Luzern N- und NE-Wind, in Sarnen NE, in Altdorf NW. In Stans ist der Westwind der häufigste Zubringer des Schnees (vgl. S. 126, Tab. 7).

Einen Vergleich der Schneewinde mit den Windverhältnissen überhaupt ermöglicht uns am besten die Windrosenkarte der Innerschweiz (Fig. 9, S. 145). Sie wurde gezeichnet auf Grund der innert dem genannten Dezennium gemachten Windbeobachtungen jeder Station.

Ein erster Blick auf die Karte ergibt, daß der vorherrschende Wind des Jahres auch der „Schneewind“ ist. Da die Maße aller Windrosen einheitlich sind, ergeben sie ein allgemein gültiges Bild. Im Vergleich zum Rigi, dessen Windrose, obgleich sie allseitig ausgebildet ist, sich, vielleicht wegen der zu geringen Erhebung, noch nicht ganz ungehemmt entfalten kann, ist die Windrose des St. Gotthard gänzlich durch die Bodenform der Paßlandschaft bedingt. Jene von Sarnen ist durch die Lage von Obwalden im großen Strombett Brünig-Vierwaldstättersee fast zu einer einzigen geraden Linie in der Richtung NE-SW umgewandelt. Auffallend bleibt, wie der S-Wind aus dem Melchtal wirkungslos ist, indessen die Windrose des Pilatus durch die Südwinde beeinflusst wird, eine Beobachtung, die mit anderen Er-

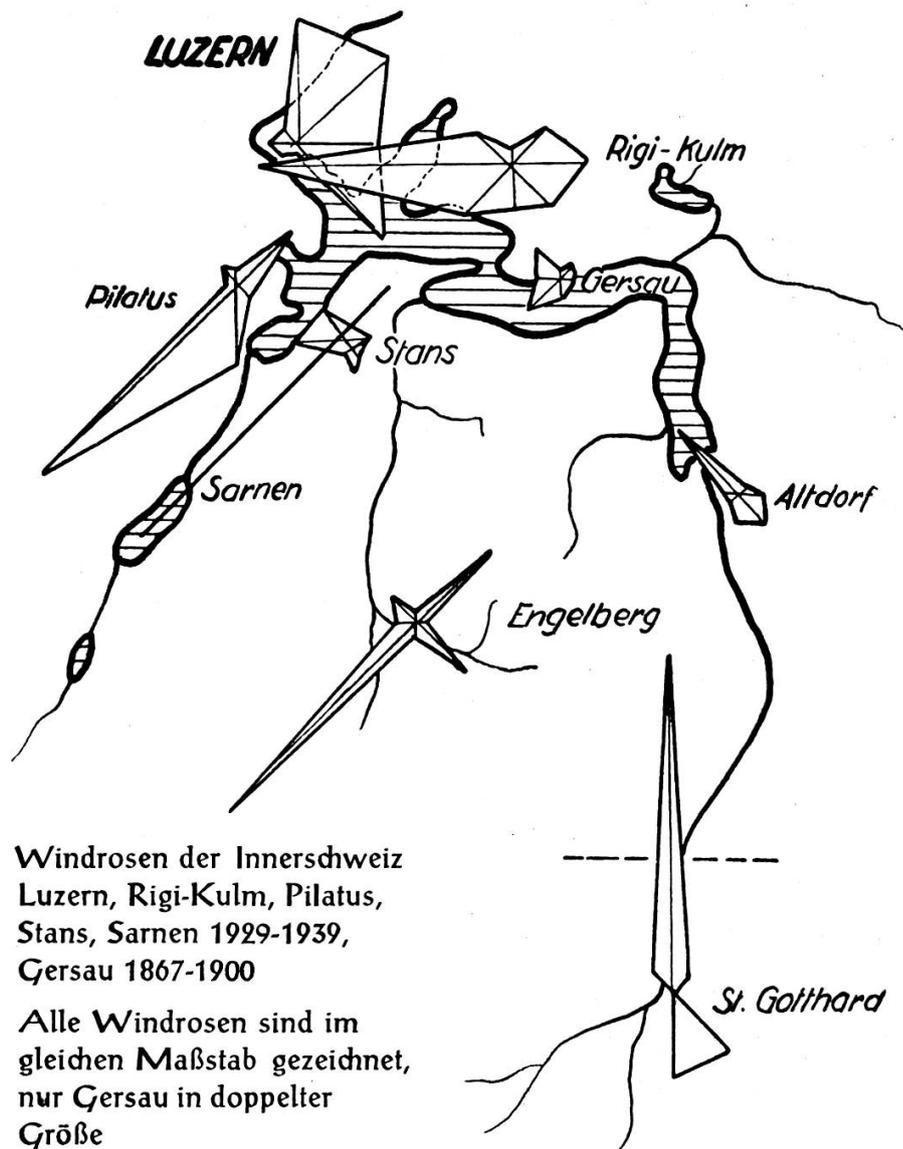


Fig. 9. Windrosen der Innerschweiz
 Luzern, Rigi-Kulm, Pilatus,
 Stans, Sarnen 1929-1939,
 Gersau 1867-1900
 Alle Windrosen sind im
 gleichen Maßstab gezeichnet,
 nur Gersau in doppelter
 Größe

fahrungen am Pilatus über die Schneeschmelze in Zusammenhang steht.

Noch eigenartiger wirkt die Tatsache, daß in Sarnen der NE der ausgesprochene Haupt- und Schneewind ist, auf dem Pilatus hingegen ebenso deutlich der SW, daß also zwei benachbarte Orte, die fast in der gleichen Luftlinie einer Talschaft liegen, sich so gegensätzlich verhalten. Sarnen zeigt den Wind in der Talsohle an, Pilatus mehr die allgemeinen Winde, die durch die barische Druckverteilung über Alpen und Mittelland bedingt sind.

Aus der Windrose von Engelberg erkennt man leicht den Einfall der Luftmassen durch die Horizontlücke Trübsee-Jochpaß

im SW des Talkessels, sowie die Oeffnung gegen Surenen und Schloßbergglücke im SE. Der Einfluß des N-Windes auf die Windrose ist klein. Stünde die Station nur einige hundert Meter weiter im Westen bei der Oeffnung des Tales nach N, so veränderte sich ihre Gestalt bedeutend. L u z e r n verrät deutlich, daß es im Windschatten des Pilatus steht, dagegen den ungehinderten Zustrom der Winde aus dem Mittelland im N und durch die offene Luzerner- und Küßnacherbucht im E und S hat. Die Windrose von Altdorf sodann zeigt hübsch den breiten Zugang der Wetter- und Schneewinde durch den nach N offenen Alluvialboden der Reußmündung und den Urnersee, auch das offene Tor im E und das Haupttal im S.

Es darf nicht unterlassen werden zu bemerken, daß der Ort und die Aufstellung der Windfahne bei solchen Vergleichen stark in Betracht zu ziehen ist. Daß zum Beispiel auf Pilatus der W-Wind nicht in der Windrose verzeichnet ist, ist hierauf zurückzuführen. Die frühere Periode der Windbeobachtungen in Altdorf, von 1860 bis 1900, ergibt ein Bild, das von dem der Jahre 1929 bis 1939 sich unterscheidet. (Vgl. dazu M a u r e r „Das Klima der Schweiz“, 2. Bd., S. 157.) Am früheren Standort der Windfahne war die Wirkung des offenen Sees im N für die einfallenden W- und NW-Winde besser zu beobachten und noch deutlicher die Bedeutung des Reußtales als Strombett der S-Winde. Es ist gewiß bemerkenswert, daß diese offene S-Richtung, die auf St. Gotthard mit 26 Prozent am Schneefall beteiligt ist, für den Schneefall in Altdorf keine Bedeutung hat.

Die kleine Windrose von Gersau ist ein getreues Abbild dieses windgeschützten Ortes. Dem N- und E-Wind ist der Zutritt verwehrt, nur über den See, von SE, S und SW ist die Bahn frei. Heftig kann der Föhn in Gersau werden, doch ist er nicht häufig. So wird die Windrose nach keiner Richtung hin groß. Die Calmen sind 20 mal zahlreicher als die Winde.

Im Gegensatz zu Gersau weist S t a n s wenig Calmen auf, trotzdem der Talboden ringsum von bedeutenden Erhebungen umgeben ist. Die Häufigkeit der Luftbewegung ist schon S. 120 ff begründet worden. Die meisten Winde erreichen zwar nur die Stärke 1 und 2. Es sind hauptsächlich Berg- und Talwinde, auch Hangwinde, und Land- und Seewind, die in verschiedenen Richtungen wehen und für eine angenehme Lüftung des Talstückes sorgen. Diese Lokalwinde spielen, mehr als beim Schneefall, bei der Schneeschmelze eine Rolle. Sie werden im Kapitel über die Schneedecke noch einmal Gegenstand der Erörterung sein.

ZWEITER ABSCHNITT

Die Schneemenge

Was uns jetzt beschäftigen soll, ist die Menge des Neuschnees, die bei jedem Schneefall oder im Verlauf einer längeren Zeit niedergeht. Unter dieser „Schneemenge“ sei die Menge des frisch gefallenen Schnees in Centimetern verstanden, also das Volumen, nicht die Masse, die Schneehöhe, nicht der sogenannte Wasserwert. Der Ausdruck „Schneehöhe“ wäre hier gewiß auch anwendbar; wir behalten ihn aber für die Höhe der dauernden Schneedecke vor. Für unsere Zwecke fallen die feste Form des Schnees, seine Dicke und Dichte und andere davon bedingte Eigenschaften ebenso sehr in Betracht, wie die Menge des Schmelzwassers. Wir stimmen hierin auch mit der volkstümlichen Beurteilung des Schneefalles überein. Das Messen des Schmelzwassers wurde selbstverständlich nicht vernachlässigt; für das Studium der Schneedecke ist die Kontrolle des Wasserwertes unbedingt notwendig. Der Ausdruck „Schneemenge“ in dem genannten Sinn dürfte also in Analogie zur Niederschlagsmenge bei der Regenmessung berechtigt sein, wenn auch die Menge des äquivalenten Schmelzwassers je nach der Dichte des Neuschnees verschieden ist. Hier wie dort messen wir ja die Höhe des Niederschlages in Centimetern.

Es liegt nun in der Natur der Sache, daß der Versuch, die Schneemenge zu messen und zu vergleichen, Schwierigkeiten begegnet. Eine genaue Messung setzt voraus, daß regelmäßig nach Schneefall die Messung erfolgt. Aber auch wenn dieser Bedingung Genüge getan wird, bleiben Schwierigkeiten verschiedener Art. Wenn Regen und Schnee zusammenfallen oder wenn der Neuschnee rasch schmilzt, ist eine genaue Messung ausgeschlossen. Meistens handelt es sich bei nassem Schnee um weniger bedeutende Mengen Neuschnee, wohl aber um größere Wassermengen, die jedoch für die Bewertung der Schneemenge nicht direkt in Betracht kommen. Eine weitere Schwierigkeit bereitet der Wind. Bei trockenem Wetter und bei bewegter Luft wird der Schnee nicht selten verweht. Das ist der Fall auf St. Gotthard, auf Pilatus und Rigi-Kulm, weniger in tieferen Lagen. Wie rasch vermindert sich sodann die Höhe des frisch gefallenen Schnees, indem er sich verdichtet und zusammensinkt oder weil er verdunstet! Darum erreichen manche

Beobachtungsdaten nur annähernd die Wirklichkeitswerte, und es möchte scheinen, wir würden besser tun, die Schneemenge in Form ihres Schmelzwassers zu buchen. Die Fehler würden aber dadurch nicht behoben. Zudem ist das Messen der Schneemengen und ihr volumetrischer Vergleich unerläßlich und wertvoll. Gerade die feste Form der Schneedecke, ihre Höhe und Beschaffenheit sind es, die ihre eigenen und großen Wirkungen namentlich auch für die Pflanzenwelt, Gehölz und Kräuter, ausüben. Die Messungen der Schneehöhen im Hochgebirge durch Färbung des Schnees mit Ocker und andern Mitteln haben übrigens mit ähnlichen Fehlerquellen zu rechnen, die man eben in Kauf nehmen muß; wer wollte aber den grundlegenden Wert für die Schneemessung und für die Hydrologie unseres Landes in Abrede stellen? Auch in den unsicheren Fällen erhalten wir immer noch sehr wertvolle und sichere Minimalwerte.

Wir fragen nun zunächst: Wie viel Schnee fällt in den niederen Lagen von 450 bis 500 m ü. M., also an den Ufern des Vierwaldstättersees, aber auch in den höheren Gegenden von 1000 bis 2000 m und in größerer Höhe unseres Beobachtungsgebietes? Dann untersuchen wir, wie sich die Schneemenge zur Lufttemperatur verhält in der Tiefe und Höhe, und endlich besprechen wir den Anteil des Schnees an der gesamten Niederschlagsmenge in unserer Gegend.

1. Wie viel Schnee fällt am Vierwaldstättersee?

Wir stellen hier die Schneemengen sowohl der Winter wie der Monate aller 20 Winter von *S t a n s* und *L u z e r n* zusammen. Die Daten von Luzern entnehmen wir dem Tagebuch der Schweizerischen meteorologischen Station Luzern auf dem Kloster Wesemlin. Die Daten für Stans wurden so erhalten: Nach jedem Schneefall wurde die Schneehöhe auf dem Schneebrett gemessen. Dieses wurde für einen kommenden Schneefall freigelegt, indes eine andere Unterlage zur Messung der bleibenden Schneedecke diente. Dauer des Schneefalles — soweit immer möglich —, Temperatur der Luft, ihre Feuchtigkeit, die Windverhältnisse, auch die Art des Schnees — ob Pulverschnee, Flocken oder Sternchen — wurden aufgeschrieben; oft wurde die Dichte des Schnees bestimmt (Niederschlagsmenge : Schneehöhe), jederzeit aber der Niederschlag gemessen (vgl. Tab. 16 und 17).

Die mittlere Schneemenge beträgt demnach für *S t a n s* 90,1 cm pro Winter. Die einzelnen Winter aber

Stans, monatliche Schneemengen 1913—1920, 1928—1941
in cm

Tabelle 16

im Winter	in den Monaten								Total
	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	März	April	Mai	
1913/14	—	—	41	45	2	3	—	—	91
1914/15	—	3,5	1	21	33,5	19,5	—	—	78,5
1915/16	—	3	10	9,5	31,5	14	1	—	70
1916/17	2	1,5	23	14	2,5	9,5	6,5	—	59
1917/18	—	1	6	20	—	6	—	—	32
1918/19	—	—	2	9,5	47	55,5	48	0,5	162,5
1919/20	3	4,5	17,5	6,5	0,5	33	—	—	65
1928/29	—	1,5	27	35	21	9	18	—	111,5
1929/30	—	—	9	—	10	0,5	0,5	—	20
1930/31	—	—	3	10	29	87	—	—	129
1931/32	—	—	6	—	25	36,5	10,5	—	78
1932/33	—	—	11	17	32	—	3	—	63
1933/34	2	19	8	21	5	10	—	—	65
1934/35	—	4	1	31	13	16	5	—	70
1935/36	—	—	29	—	13	1,5	2	—	45,5
1936/37	—	—	4	0,5	15	15,5	—	—	35
1937/38	—	1	34	61	57,5	—	11	—	164,5
1938/39	—	—	67,5	16,5	3,5	97,5	—	—	185
1939/40	30	—	16	37	40	20	—	—	143
1940/41	1	6,5	42,5	48	40,5	0,5	0,5	—	139,5
Mittel	1,9	2,2	17,9	19,8	21,3	21,7	5,3	0	90,1

unterliegen großen Schwankungen. 20 cm ist die kleinste Schneemenge (im Winter 1929/30), 185 cm die größte (1938/39). Die durchschnittlichen Schneemengen der Monate steigen vom Oktober bis März stetig, aber unregelmäßig an; dann fallen sie rasch auf Null.

*Luzern, monatliche Schneemengen 1913—1920, 1928—1941
in cm*

Tabelle 17

Im Winter	In den Monaten								Total
	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	März	April	Mai	
1913/14	—	—	27,5	71	—	—	—	—	98,5
1914/15	—	—	1	25,5	28,5	9	—	—	64
1915/16	—	—	19,5	—	67	26	—	—	112,5
1916/17	—	—	34,5	14,5	4	8,5	—	—	61,5
1917/18	—	—	29,5	19	—	5	—	—	53,5
1918/19	—	—	1	10	31	41	45	—	128
1919/20	6,5	14	13	5	—	29,5	—	—	68
1928/29	—	1	17	51	40	5	27	—	141
1929/30	—	—	7	—	15	17	—	—	39
1930/31	—	—	—	14	59,5	111,5	—	—	185
1931/32	—	—	16	—	19	34	1,5	—	70,5
1932/33	—	—	12,5	8,5	34	—	3,5	—	58,5
1933/34	—	23	6	17,5	5	5	—	—	56,5
1934/35	1	0,5	—	35,5	10	24,5	4,5	—	76
1935/36	—	—	40	0,5	11	—	3	—	54,5
1936/37	3	—	4	—	16,5	18,5	—	—	42,5
1937/38	—	—	8	27	34,5	—	10,5	0,5	80,5
1938/39	1	—	39	23	2,5	37	—	—	102,5
1939/40	12,5	—	10,5	37	38	16	2	—	116
1940/41	—	9,5	24	20,5	34	0,5	—	—	88,5
Mittel	1,2	2,4	15,5	18,9	22,4	19,4	4,8	0	84,6

Die mittlere Schneemenge des Winters beträgt also rund 85 cm für Luzern. Das ist gegenüber Stans ein kleiner Unterschied, obwohl die einzelnen Winter der beiden Gegenden oft weit voneinander abstehen. Luzern weist zum Beispiel die größte Schneemenge im Winter 1930/31 auf, nämlich

185 cm; seine kleinste Menge, im Winter 1929/30, ist nur 39 cm. Auch in allen 28 Jahren, 1913 bis 1941, sinkt Luzern nur auf 29 cm als kleinste Schneemenge im Winter 1920/21; steht damit aber noch fast 10 cm vor Stans mit 20 cm im gleichen Winter. In der maximalen Schneemenge treffen sich Luzern und Stans, jedoch in anderen Jahren: Stans 185 cm im Winter 1938/39, Luzern 185 cm im Winter 1930/31.

Das Mittel der monatlichen Schneemenge für Stans und Luzern ist folgendes:

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai
Luzern	1,2	2,4	15,5	18,9	22,4	19,4	4,8	0,02
Stans	1,9	2,2	17,9	19,8	21,3	21,7	5,3	0,02

In Stans ist der März der schneereichste Monat, in Luzern der Februar. Der November von Stans steht gegenüber Luzern etwas zurück, sonst sind die Monatswerte entsprechend dem Jahresmittel in Luzern um einen kleinen Betrag geringer. Aehnlichkeit und Unterschied der monatlichen Verteilung des Schnees beiderorts ergibt sich am besten aus der graphischen Darstellung (vgl. Fig. 10).

Schneemengen cm

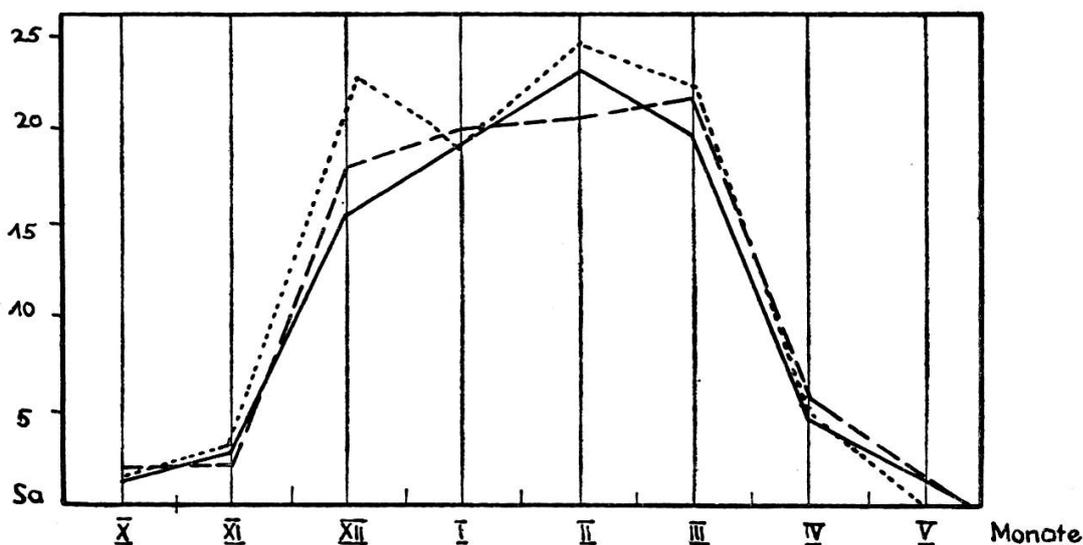


Fig. 10. Verteilung der Schneemenge auf die Monate
in Luzern: —, in Stans: ---, in Sarnen:

Die Kurve ist, mit der Schneefallkurve Fig. 6 (S. 135) verglichen, von Interesse, weil sie von einem doppelten Maximum des Schneefalles nichts verrät; auch von keinem Anschwellen im Oktober.

Von Sarnen gibt die Reihe der Beobachtungen die nachfolgende Tabelle 18:

Sarnen, monatliche Schneemenge 1913—1920, 1928—1941
in cm

Tabelle 18

im Winter	in den Monaten								Total
	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	März	April	Mai	
1913/14	—	—	19	45	3	5	—	—	72
1914/15	—	—	—	31,5	39	26	5	—	101,5
1915/16	—	5,5	8,5	12,5	36	25	3,5	—	91
1916/17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1917/18	—	8	30	14,5	0,5	47	—	—	100
1918/19	—	—	1,5	6	33,5	43,5	23	—	107,5
1919/20	7	9	21,5	6,5	—	7	—	—	51
1928/29	—	7	23	35	37	5	25	—	132
1929/30	—	—	11,5	—	13,5	12	—	—	37
1930/31	—	—	2	32	72,5	88	—	—	194,5
1931/32	—	—	21	—	28,5	10	7	—	66,5
1932/33	—	—	15,5	8	21,5	—	3	—	48
1933/34	2	12,5	20	24	12	17	—	—	87,5
1934/35	—	—	—	33	3	30	18	1	85
1935/36	—	—	62,5	1,5	25	1	1	—	91
1936/37	—	—	3	—	20,5	19,5	—	—	43
1937/38	—	1	74	44	48	—	13,5	—	180,5
1938/39	—	—	40,5	11,5	5	76,5	—	—	133,5
1939/40	15,5	—	34,5	12,5	26	14	5	—	107,5
1940/41	—	5	43,5	28	38	2	—	—	116,5
Mittel	1,3	2,5	22,6	17,8	24,3	22,5	5,4	0	96,4

Die Mittelwerte sind in Fig. 10 graphisch dargestellt. Sie ergeben für Sarnen wieder die Zweiteilung des Maximums, wie beim Schneefall. Der Dezember ist in Sarnen schneereicher als in Luzern und Stans. Dies ist umso mehr der Beachtung wert, weil der Niederschlag von Sarnen während dieses Monates geringer ist als in Stans und Luzern. Der Januar, der, mit den benachbarten Stationen übereinstimmend, das Maximum der Schneefälle aufweist, zeigt in Sarnen das Minimum der Schneemenge der Monate vom Dezember bis März.

Um die Schneemengen der andern Stationen am See zu vergleichen, fehlen leider genügende Angaben von Vitznau und Gersau. Von Altdorf besitzen wir nur vier vollständige Jahresserien, die in unsere Beobachtungszeit fallen. Von 1918 an wurden die Schneemengen nicht mehr regelmäßig vermerkt. Um wenigstens für den letzten Ort ein verwertbares Jahresmittel zu bekommen, habe ich aus den Schneemengen der Winter 1898 bis 1918 für Luzern und Altdorf das Mittel bestimmt und auf dieser Basis den Mittelwert für die Zeitspanne 1913 bis 1939 berechnet. So ergab sich für den Winter von Altdorf die mittlere Schneemenge von 74,2 cm. Weggis verzeichnet wohl den Schneefall, aber keine Schneemenge.

2. Die Schneemengen von Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard

Wie für Stans, Luzern und Sarnen wurden in gleicher Weise aus den Tagebüchern und den Annalen der Meteorologischen Zentralanstalt die Schneemengen von Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard für Monat und Jahr berechnet. Die jährlichen Summen sind in der folgenden Tabelle 19 enthalten. Um einen Vergleich mit den Talstationen zu erleichtern, sind dazu die Schneemengen aller 20 Winter von sämtlichen sechs Orten aufgenommen, von denen wir verwertbare Zahlen über die Schneemenge besitzen.

Menge des frisch gefallenen Schnees in cm

Tabelle 19

Im Winter	Luzern	Stans	Sarnen	Engelberg	Rigi-Kulm	St. Gotthard
1913/14	98,5	91	72	363	— ¹⁾	1655
1914/15	64	78,5	101,5	506	—	1588
1915/16	112,5	66,5	91	510	—	1963
1916/17	61,5	59	— ²⁾	490	—	2015
1917/18	53,5	32	100	543	457	1008
1918/19	128	162,5	107,5	369,5	711	1035
1919/20	68	65	53	465,5	518	1028
1928/29	141	111,5	133	464	847	(768) ³⁾
1929/30	39	20	37	294	862	1097
1930/31	185	129	194,5	597,5	891	788
1931/32	70,5	78	66,5	254	507	625
1932/33	58,5	63	48	195,5	540	549
1933/34	56,5	65	87,5	367	418	817
1934/35	76	61,5	85	558,5	762	704
1935/36	54,5	45,5	91	305,5	737	1030
1936/37	42,5	35	43	393,5	589	861
1937/38	80,5	164,5	180,5	504,5	486	870
1938/39	102,5	185	133,5	533	385	1061
1939/40	116	143	107,5	454	677	832
1940/41	88,5	138,5	116,5	404	637	986
Mittel	84,6	90,1	96,4	428,5	607	1079

¹⁾ Rigi: Es fehlen 1913—1916. ²⁾ Sarnen: Es fehlt 1916. ³⁾ St. Gotthard: Februar 1929 fehlt.

Für Rigi und St. Gotthard sind die genannten Zahlen überhaupt Minimalwerte, da der Schnee nicht selten verweht wurde und dies einige Male bei Schneefällen mit großen Wasserwerten. Die Angaben von Ander-

matt wurden in die Tabelle nicht einbezogen, weil sie zu lückenhaft sind; sie erlauben aber doch den Schluß, daß die dortige jährliche Schneemenge jedenfalls größer ist als jene von Rigi-Kulm. Nach G. S e l i g m a n n „An Examination of Snow Deposits“ (cit. in H. B a d e r „Der Schnee und seine Metamorphose“, Kap. 1. Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie, Lief. 3. Bern 1939, S. 6) hat der gewöhnliche frisch gefallene Schnee nach Ablagerung 0,063—0,08 Raumgewicht. Eine Korrektur der verwehten Schneemenge auf Rigi und St. Gotthard auf Grund der letzten Zahl ergab für manches Jahr eine wesentliche Erhöhung und so auch für das Mittel, nämlich auf St. Gotthard 2136 statt 1079 cm, für Rigi-Kulm 1033 statt 607 cm. Um aber auf dem Boden der Beobachtung zu bleiben, sehen wir bei unseren weiteren Erörterungen von diesen Korrekturen ab. — Eine andere Fehlerquelle liegt darin, daß bei den reichen Schneefällen im Hochgebirge die frisch gefallene Schneemenge um eine bedeutende Zahl Centimeter sinken kann, ehe sie gemessen wird, daß dies aber bei anderen Stationen, namentlich wenn mehrmals im Tag gemessen wird, außer Betracht fällt. All dies berechtigt dazu, daß wir die Zahlen für St. Gotthard und Rigi als Minimalzahlen nehmen (vgl. Fig. 11 B).

Aus der Tabelle ersehen wir, daß auf Rigi-Kulm die Neuschneemenge des Winters am meisten ausgeglichen ist. Das Verhältnis der größten und kleinsten Schneemenge ist $2\frac{2}{3} : 1$ auf Rigi, bei Engelberg $3 : 1$, bei St. Gotthard $4 : 1$, bei Luzern und Sarnen $5 : 1$, bei Stans $9 : 1$.

Die Erfahrung aller Winter lehrt sodann, daß die durchschnittliche Schneemenge steigt mit der Höhe eines Ortes über Meer. Stans mit 465 m Höhe hat 90,1 cm; Engelberg (1018 m) 428,5 cm; Rigi-Kulm (1787 m) 607 cm; St. Gotthard (2096 m) 1079 cm. Auf der Linie Stans-Engelberg ergibt sich damit pro 100 m Höhenzunahme eine um 61 cm größere Schneemenge; auf der Linie Luzern-Rigi-Kulm eine Zunahme von 40,3 cm. Schon daraus, und aus dem Vergleich Sarnen-Luzern-Stans, ersieht man, daß auch regionale Einflüsse wirksam sind. Luzern zieht, obwohl höher als Stans und Sarnen gelegen, den Nutzen von der Nähe des an Niederschlag ärmeren Mittellandes der See- und Suhrentalgegend. Sarnen liegt nur 10 m höher als Stans und hat eine größere Schneemenge als der nidwaldnerische Hauptort.

Die nebenstehende Tabelle 19 und die in Tab. 8 (S. 128/29) gegebenen Zahlen erlauben einen Vergleich von Schneemenge und Schneefall der genannten sechs Stationen. Wir zeichnen auf Grund der beiden Reihen der Daten das Diagramm

der durchschnittlichen Schneefalltage für Stans, Sarnen, Luzern, Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard (Fig. 11 A); ebenso das Diagramm der Schneemenge (Fig. 11 B). Auf der waagrechten Achse tragen wir die Höhe über Meer ab, auf der senkrechten die Zahl der Schneetage bzw. die Schneemenge in Centimetern. Man sieht sogleich, wie Engelberg relativ viel Schneefalltage und eine große Schneemenge hat, Rigi-Kulm dagegen in beiden Diagrammen zurücksteht. Der Charakter des Rigi als Inselberg, wie jener von Engelberg als eines geschlossenen Hochtales, tritt deutlich hervor.

Ebenso unterscheidet sich Engelberg von Göschenen. Dieser ungefähr gleich hoch, aber tiefer im Gebirge und südlicher gelegene Ort, am Eingang des Gotthardtunnels, weist die zwanzigjährige mittlere Schneemenge von 482 cm, Engelberg 428,5 cm auf. Dafür ist bei Engelberg die Zahl der Schneefalltage größer, nämlich 63,9, bei Göschenen nur 60,2. Die Schneefälle sind also reicher an Schneemenge — ein Anklang an südliche Verhältnisse, wo bekanntlich die Niederschlagstage weniger zahlreich, aber sehr ergiebig sind an Wasserwert.

Der zur Seehöhe parallele Aufstieg der Schneemenge gilt nur für den längeren Zeitraum der Beobachtungen, keineswegs aber für die einzelnen Winter oder Jahre. So hatte zum Beispiel Rigi-Kulm im Winter 1928/29 insgesamt 847 cm Neuschnee, St. Gotthard dagegen nur 768 cm; im Winter 1930/31 war das Verhältnis 891 und 788 cm, im Winter 1934/35 762 und 704 cm. Sogar zwischen Engelberg und Rigi-Kulm trat im Winter 1917/18 eine Ausnahme von der Norm ein: Engelberg hatte 543 cm Neuschnee und Rigi-Kulm nur 457 cm.

Eine ganz extreme Einzelercheinung dieser Art, nämlich Schneefall aus dem Nebelmeer, brachten der 6., 7. und 9. Januar 1941. Während auf Rigi-Kulm bis Kaltbad in dieser Zeit keine Flocke Schnee niederging und Tag und Nacht wolkenloser Himmel herrschte, bis ca. 1000 m Höhe herauf aber ein geschlossenes Nebelmeer das ganze Mittelland und die Alpentäler deckte, fielen an diesen drei Tagen in Stans insgesamt 12 cm Neuschnee. Am 9. Januar nachmittags zeigte das Thermometer in Kaltbad an der Sonne 31° C, in Stans aber fiel zur gleichen Zeit 2 cm Schnee bei —7° C. Ein ähnlicher Fall ereignete sich am Vormittag des 5. Januar 1938 im Gebiet Pilatus-Luzern-Stans. Stans hatte bei —7 bis —9° C 10 cm Neuschnee; Luzern meldete schwachen Schneefall; Pilatus und Stanser-

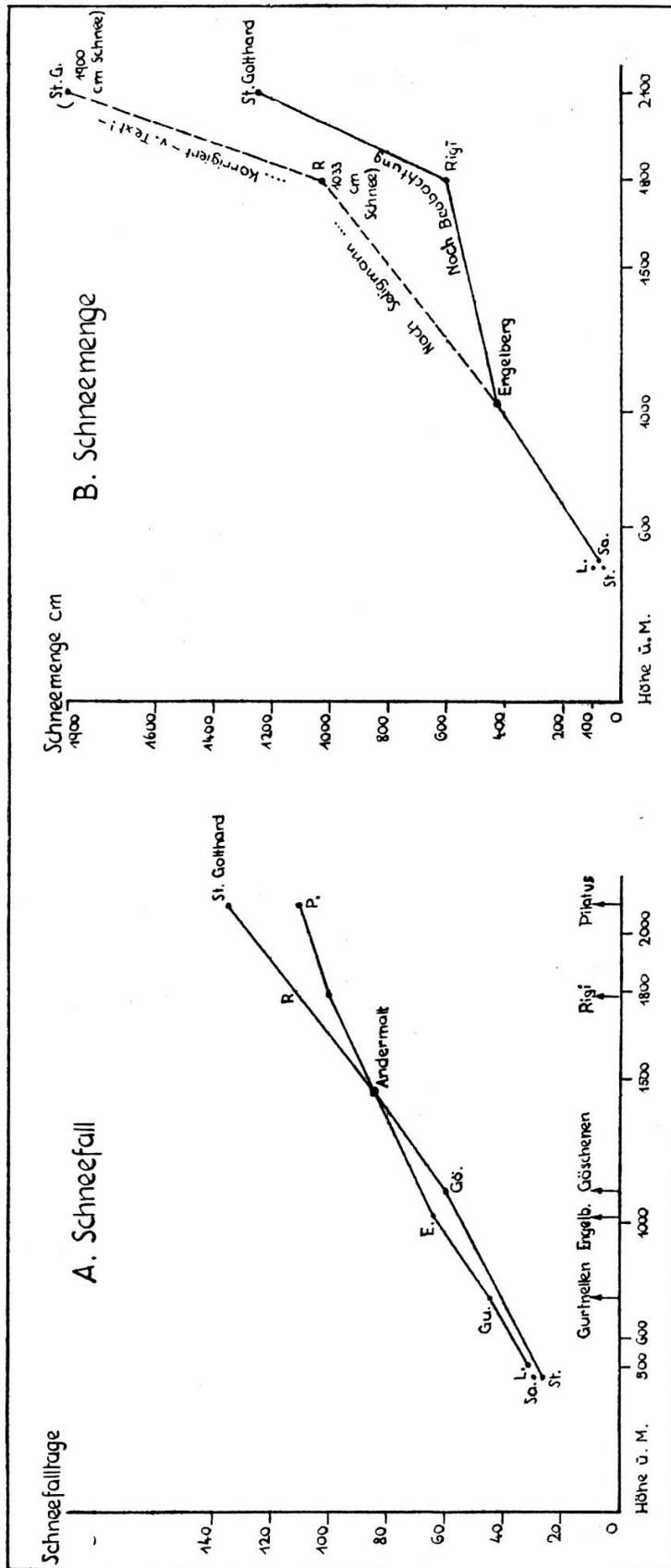


Fig. 11.

horn aber hatten Sonne und Nebelmeer. Gegen S sank das Nebelmeer ein; Göschenen und Engelberg hatten S-Wind und O-Bewölkung. Auf Rigi und Pilatus wehte den ganzen Tag E und NE-Wind. Die Temperatur im Schatten auf Rigi und Pilatus schwankte während des Vormittags zwischen -17.1° und -15.5° , bzw. -18.8° und -16.2° C.

Auch zwischen Stans und Luzern, also in Lagen von fast gleicher Seehöhe, bestehen überraschende Verschiedenheiten. Der schneereichste Winter für Stans war der von 1938/39. Er brachte 185 cm Neuschnee, während Luzern nur 102 cm erreichte. Für die Reußstadt steht der Winter 1930/31 mit 185 cm an der Spitze, während er für Stans mit 129 cm erst an vierter Stelle kommt. Alle Talstationen haben ihr Minimum der ganzen Beobachtungsreihe im Winter 1929/30, das Maximum von Sarnen (194,5 cm) fällt aber nur mit dem von Luzern (185 cm) im Winter 1930/31 zusammen.

Eine einfache Uebersicht über die Schneemenge des Winters in verschiedenen Höhen gibt Fig. 12. Sie enthält, in Kurven eingetragen, die Schneemenge eines schneereichen, eines schnee-armen, eines mittelmäßigen Winters, sowie die Kurve des Mittels

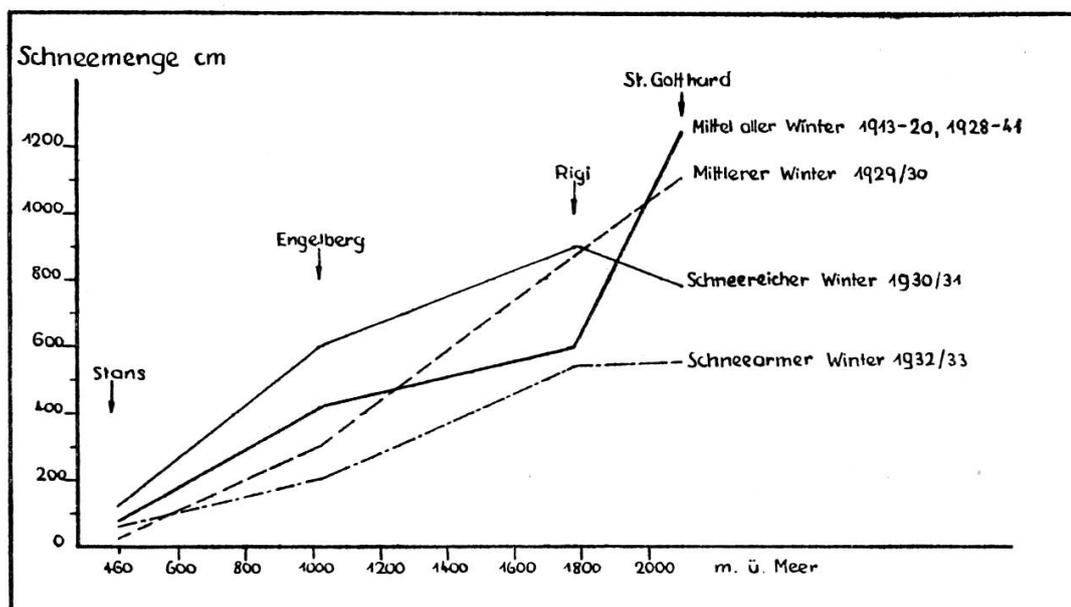


Fig. 12. Schneemenge in verschiedenen Wintern:
In Stans, Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard

	Stans	Engelberg	Rigi-Kulm	St. Gotthard
Schnee-armer Winter 1932/33:	65 cm	195 cm	540 cm	549 cm
Schneereichster Winter 1930/31:	129 cm	597 cm	891 cm	788 cm
Mittlerer Winter 1929/30:	20 cm	294 cm	862 cm	1097 cm
Mittel (Stans ausgenommen):	88 cm	422 cm	603 cm	1246 cm

aller Winter für Stans, Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard. Man sieht aus der Mittelkurve ein stetes Ansteigen, von der Streuung bei Rigi abgesehen, die aus der ins Mittelland vorstoßenden Lage erklärbar ist.

Fassen wir noch die Schneemengen der Monate in den höheren Lagen ins Auge. Um den Vergleich unter sich und mit den Talstationen zu erleichtern, sind in der folgenden Tabelle wieder die Monatsmittel aller Stationen einbezogen und nach steigender Höhe der Orte ü. M. geordnet.

Monatsmittel der Schneemengen

Tabelle 20

Monat	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli
Stans	—	—	1,9	2,2	17,9	19,8	21,3	21,7	5,3	0	—	—
Sarnen	—	—	1,3	2,5	22,6	17,8	24,3	22,5	5,4	0	—	—
Luzern	—	—	1,2	2,4	15,5	18,9	22,4	19,4	4,8	0	—	—
Engelberg	—	1,4	28,2	38,5	69,3	90,7	73,2	79,7	47,3	6,9	—	—
Rigi-Kulm	6	33	15	111	128	76	146	53	49	19	1	—
St. Gotthard	1	19	76	151	160	133	121	162	160	74	22	6

Bei den alpinen Stationen Rigi-Kulm und St. Gotthard sowie im Hochtal Engelberg stellt sich, wie beim Schneefall, ein doppeltes Maximum ein, ein erstes im Januar, das zweite im März oder April. Wie verschieden die monatliche Schneemenge in den einzelnen Jahren ist, ergibt sich am einfachsten aus den folgenden Abbildungen (Fig. 13 bis 17). Fig. 13 gibt die Schneemengen von Stans wieder, und zwar im schneereichsten Winter 1938/39 und im schneeärmsten Winter 1929/30, in monatlichen Mittelwerten. Ganz entsprechend sind die Kurven für Luzern Fig. 14, Engelberg Fig. 15, Rigi-Kulm Fig. 16 und St. Gotthard Fig. 17. Sie zeigen deutlich, wie beim wechsellvollen Winter unseres Gebietes doch gewisse Linien in der Verteilung der Schneemenge durch die Wintermonate innegehalten werden. Interessant ist zum Beispiel, wie Stans im schneereichen Winter 1938/39 und im schneearmen 1929/30 zwei Maxima der Schneemenge erreicht, während die Kurve des Mittelwertes aller zwanzig Winter dies nicht zum Ausdruck bringt. Bei Luzern tritt dagegen diese Zwei-

teilung des Maximums nur im schneeärmsten Winter 1929/30 auf. Eine zweite Merkwürdigkeit ist das Ansteigen der Kurve im Vorwinter der höheren Lagen von Engelberg, Rigi und St. Gotthard, eine Parallele zu der Kurve der Schneefalltage, Fig. 6.

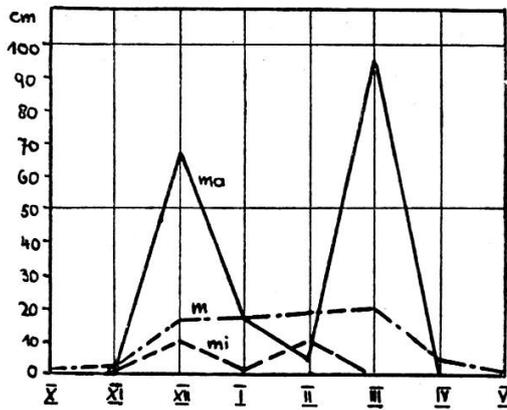


Fig. 13

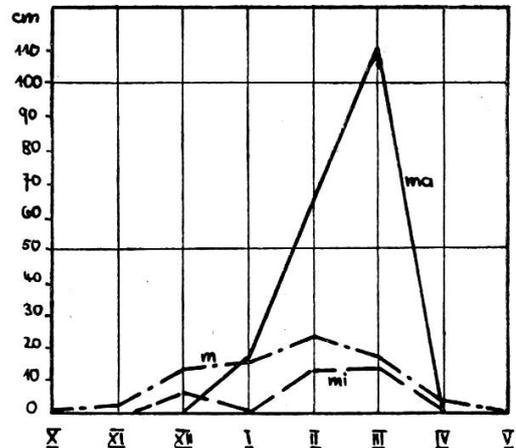


Fig. 14

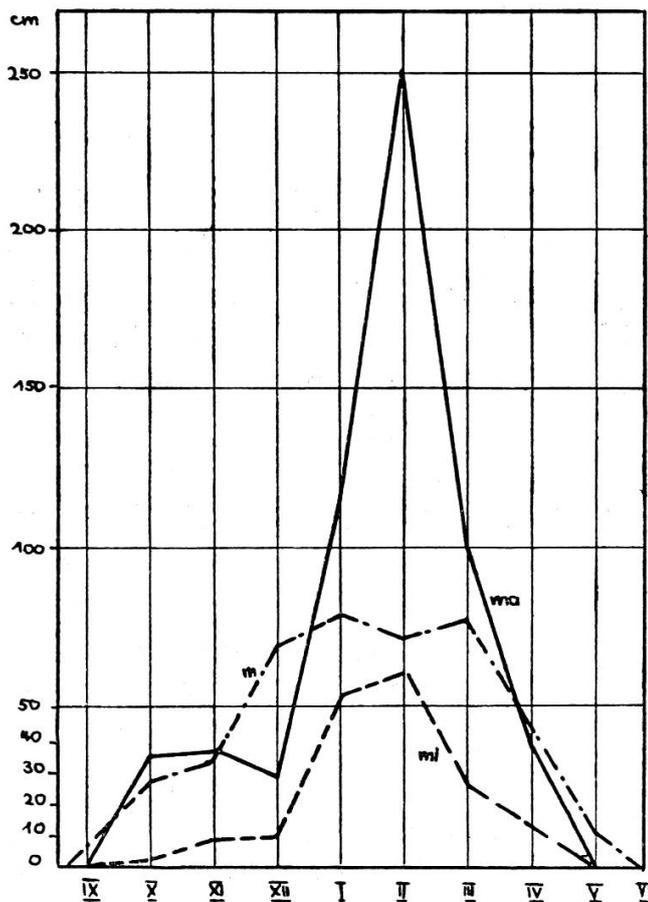


Fig. 15

Fig. 13 bis 17. Monatliche Schneemengen in je einem schneereichen, schneearmen und mittleren Winter

Fig. 13. Stans

- ma schneereicher Winter 1938/39
- - - mi schneearmen Winter 1929/30
- · - · m mittlere Schneemenge der 20 Winter

Fig. 14. Luzern

- ma schneereicher Winter 1930/31
- - - mi schneearmen Winter 1929/30
- · - · m mittlere Schneemenge der 20 Winter

Fig. 15. Engelberg

- ma schneereicher Winter 1930/31
- - - mi schneearmen Winter 1922/23
- · - · m mittlere Schneemenge der 20 Winter

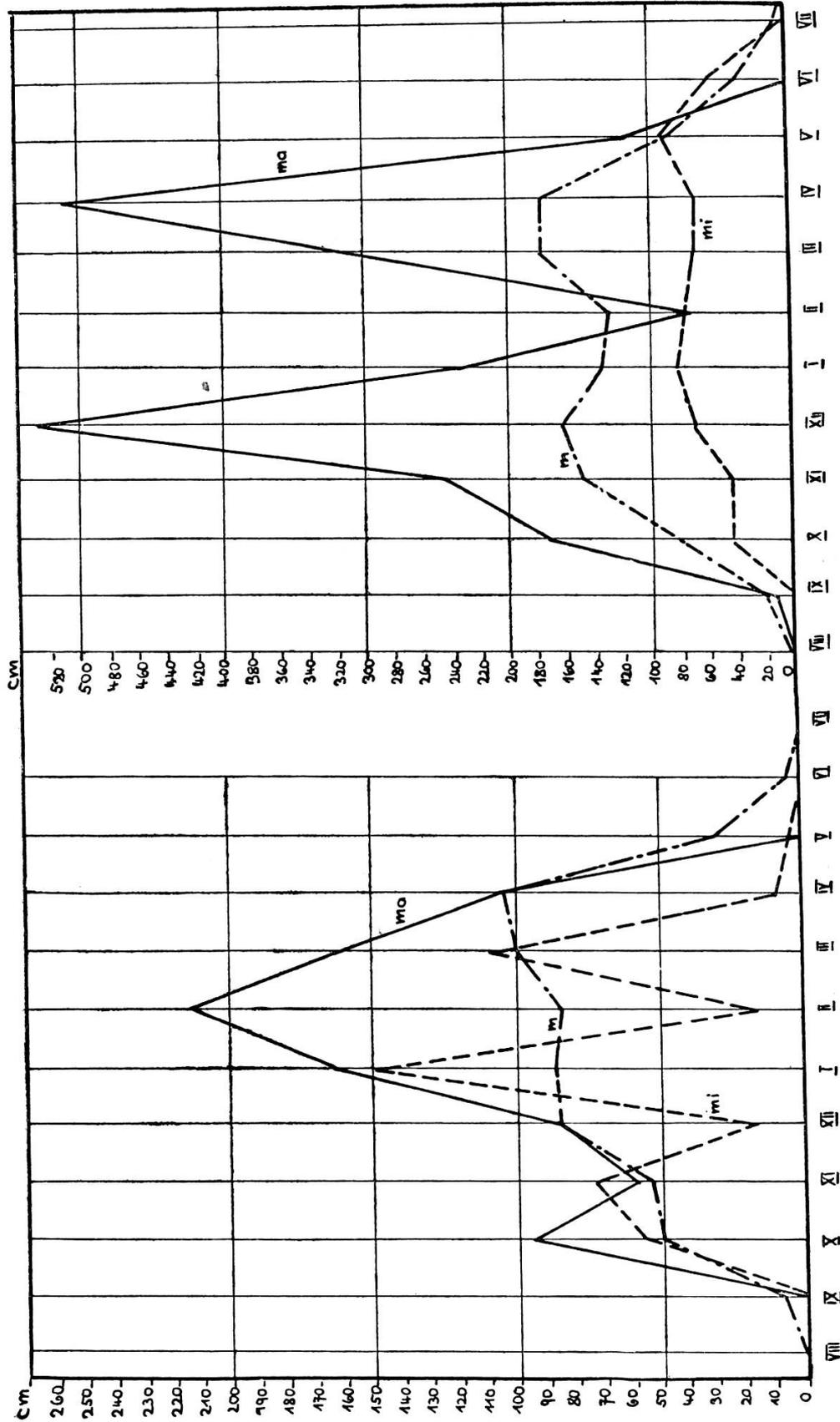


Fig. 17. St. Gotthard — ma schneereicher Winter 1916/17
 — mi schneearmer Winter 1932/33
 - . . . m mittl. Schneemenge (20 Winter)

Fig. 16. Rigi-Kulm — ma schneereicher Winter 1930/31
 — mi schneearmer Winter 1933/34
 - . . . m mittl. Schneemenge (20 Winter)

Die tägliche Schneemenge, die in der Innerschweiz niedergeht, kann eine beträchtliche Höhe erreichen. In der Tabelle 21 sind die größten lokalen Mengen eines Tages für Luzern, Stans, Sarnen, Engelberg und Rigi-Kulm eingetragen.

*Größte tägliche Schneemengen
der Winter 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41
in der Innerschweiz*

Tabelle 21

Winter	Luzern	Stans	Sarnen	Engelberg	Rigi-Kulm
1913/14	18 cm 12.I.	16 cm 29.III.	16 cm 12.I.	32 cm 12.I.	Keine Angaben
1914/15	15 cm 25.II.	28 cm 26.II.	16 cm 26.II.	42 cm 24.II.	„ „
1915/16	26 cm 23.I.	20 cm 22.II.	21 cm 23.II.	27 cm { 5.III. 6.III.	„ „
1916/17	20 cm 19.XII.	21 cm 19.XII.	16 cm 18.IV.	31 cm 18.IV.	„ „
1917/18	17 cm 22.I.	18 cm 9.I.	38 cm 3.III.	54 cm 3.III.	50 cm 26.XII.
1918/19	22 cm 30.III.	35 cm 7.II.	20 cm { 8.II. 31.III.	28 cm 19.III.	50 cm 20.III.
1919/20	26 cm 9.III.	30 cm 9.III.	14 cm 10.XII.	26 cm 10.XII.	35 cm 10.III.
1928/29	18 cm 11.II.	24 cm 25.II.	20 cm { 25.I. 27.II.	34 cm 25.I.	48 cm 25.I.
1929/30	17 cm 12.III.	10 cm 16.II.	12 cm 12.III.	23 cm 15.IV.	65 cm 20.X.
1930/31	26 cm 9.III.	42 cm 9.III.	24 cm 23.II.	42 cm 25.II.	48 cm 5.III.
1931/32	28 cm 10.III.	30 cm 10.III.	14 cm 31.XII.	30 cm 10.III.	45 cm 10.III.
1932/33	16 cm 21.III.	14 cm 21.III.	12 cm { 9.XII. 21.II.	15 cm 21.I.	25 cm 21.II.
1933/34	12 cm 30.XI.	11 cm 30.XI.	9 cm 16.XII.	37 cm 29.I.	30 cm 29.I.
1934/35	8 cm { 9.I. 13.I.	8 cm 9.III.	10 cm 5.IV.	40 cm 5.III.	30 cm 4.III.
1935/36	12 cm 4.XII.	12 cm 24.XII.	25 cm 24.XII.	26 cm 21.X.	30 cm 11.IV.
1936/37	10 cm 14.II.	9 cm 13.II.	8 cm 13.II.	40 cm 21.III.	30 cm 20.III.
1937/38	17 cm 7.I.	18 cm 6.I.	25 cm 6.XII.	95 cm 12.II.	40 cm 8.XII.
1938/39	17 cm 29.XII.	29 cm 29.XI.	22 cm 18.III.	42 cm 16.III.	25 cm 13.II.
1939/40	25 cm 13.II.	30 cm 13.II.	19 cm 13.II.	58 cm 7.XII.	45 cm 7.XII.
1940/41	17 cm 7.II.	16 cm 7.II.	25 cm 13.XII.	63 cm 13.XII.	25 cm { 3 I. 5.II.
Mittleres Maximum	19 cm	21 cm	18 cm	39 cm	41 cm

In Tab. 22 sind die Tagesmaxima für Pilatus, Gurtnellen, Göschenen, Andermatt und St. Gotthard gegeben.

Tabelle 22

Winter	Pilatus	Gurtnellen	Göschenen	Andermatt	St. Gotthard
1913/14	Keine Angaben	Keine Angaben	52 cm 23.II.	Keine Angaben	120 cm 23.II.
1914/15	„ „	„ „	25 cm { 17.XI. 7.III.	„ „	72 cm 9.II.
1915/16	„ „	„ „	46 cm 1.X.	„ „	92 cm 23.II.
1916/17	„ „	„ „	68 cm 2.IV.	„ „	105 cm 10.XII.
1917/18	„ „	„ „	55 cm 3.III.	„ „	48 cm 18.XII.
1918/19	„ „	„ „	29 cm 2.IV.	„ „	48 cm 5.I.
1919/20	„ „	„ „	33 cm 9.III.	„ „	60 cm 9.III.
1928/29	„ „	„ „	46 cm 13.IV.	„ „	50 cm 26.II.
1929/30	50 cm 27.XII.	„ „	33 cm 20.III.	60 cm 20.III.	50 cm 13.IV.
1930/31	70 cm 5.XI.	„ „	51 cm 5.III.	60 cm 18.I.	40 cm 18.II.
1931/32	45 cm 13.XI.	„ „	41 cm 11.XII.	—	85 cm 19.II.
1932/33	Keine Angaben	„ „	31 cm 21.III.	40 cm 21.III.	40 cm 18.I.
1933/34	25 cm 6.I.	18 cm 2.III.	39 cm 28.II.	30 cm 29.X.	75 cm 28.II.
1934/35	60 cm 5.III.	39 cm 2.II.	45 cm 15.I.	45 cm 19.V.	50 cm { 11.XI. 23.II.
1935/36	35 cm 4.II.	25 cm 12.II.	59 cm 21.X.	60 cm 20.X.	70 cm 5.III.
1936/37	50 cm 3.XII.	40 cm 14.II.	38 cm 20.III.	60 cm 3.XII.	40 cm { 7.XI. 20.III.
1937/38	40 cm 27.I.	32 cm 13.II.	48 cm 31.I.	120 cm 1.V.	50 cm 24.X.
1938/39	65 cm 29.XII.	36 cm 24.I.	58 cm 15.III.	—	45 cm { 28.IV. 19.V.
1939/40	62 cm 7.X.	22 cm 12.II.	65 cm 28.I.	60 cm 27.I.	45 cm { 27.III. 5.IV.
1940/41	80 cm 5.II.	27 cm 12.XII.	48 cm 18.XI.	von 9—13 ¹ / ₂ Uhr	45 cm 18.XI.
Mittleres Maximum	53 cm	31 cm	45,5 cm	59,3 cm	68,4 cm

Weggis machte in allen Jahren keine Angaben über Schneemenge; auf Rigi-Kulm fehlen sie bis 1917; Gurtnellen besitzt die Jahrbücher nur mehr seit 1933; vom Pilatus waren nur jene von 1929 an erhältlich. Altdorf registrierte nur bis 1918 regelmäßig die Menge des Neuschnees. Ein Mittel-

wert für unsere Beobachtungsperiode läßt sich darum nicht berechnen. Die Neuschneemenge von 28 cm am 12. Januar 1914 dürfte das Maximum für lange Zeit verkörpern; wenigstens wurde es schon in den Jahren 1900 bis 1913 nie auch nur annähernd erreicht. Luzern weist ein kleines Mittel der Jahresmaxima auf. Ein großes Maximum fiel — allerdings außer unserer Beobachtungszeit — auf den 16. Februar 1884. Damals wurde eine Schneemenge von 50 cm gemessen. (Vgl. Arnet X.: „Die Niederschlagsverhältnisse von Luzern 1860—1892“ S. 224.) In Engelberg fielen innert 19 Tagen im März 1939 nicht weniger als 254 cm Neuschnee, in Stans in der gleichen Zeit 97 cm. Sehr groß sind die Tagesmaxima von Göschenen und Andermatt.

Auf den einzelnen Tag mit Schneefall trifft es durchschnittlich in Luzern 2,7 cm Schnee, in Stans 3,5, in Sarnen 3,5, in Engelberg 6,5, auf Rigi-Kulm 6,0, Pilatus 6,5, in Göschenen 8,1 und auf dem St. Gotthard 9,2 cm Neuschnee. Darnach ist der einzelne Schneefalltag in der Höhe von Engelberg-Göschenen relativ zur Meereshöhe am ergiebigsten. Ob das allgemein gilt für diese Höhenlage, ist aus unseren Beobachtungen allein nicht zu schließen. Immerhin ist die Aussage von Skifahrern und Berghauswarten, daß auf 1000 bis 1500 m oft mehr Schnee falle, als zu gleicher Zeit in 1700 und 1800 m Höhe, der Beachtung wert. Die andere Aussage von Bergbewohnern, daß in einer einzigen Nacht ein Meter Neuschnee fallen könne, findet in unseren Beobachtungen nur für das Urserental eine Unterlage. Diese Schneemenge wird aber auch in anderen Berggegenden sicher erreicht, namentlich wenn Wind und Sturm hinzutreten, wird die Schneedecke leicht erhöht. Auch die „Gwächten“, die eine machtvolle Note in die Winterbilder unserer Berge bringen, wachsen durch den sie äufnenden Wind ins Gewaltige. Sind doch Gwächten von mehreren Metern Höhe schon auf Rigi und in der Brisen-Schwalbiskette nicht selten. Am Titlis will man solche von 15 Meter Höhe beobachtet haben. Am Schluchiberg, südlich des Stanserhorns, habe ich Mitte Juni 1941 noch fünf Meter hohe Gwächtenwände gemessen, die bei ca. 2000 m in die ergrünende Alpweide abschmolzen.

3. Schneemenge und Lufttemperatur

Die Frage ist: „Bei welcher Temperatur fällt der meiste Schnee? Bevorzugt der reichliche Fall eine bestimmte Zone der Wärmeskala?“ Sie unterscheidet sich von der fast gleichlautenden Frage im Abschnitt über Schneefall und Lufttemperatur; dort war die Schneehäufigkeit, hier die Schneemenge in Beziehung zur Temperatur in Diskussion; dort handelte es sich sodann um den einzelnen Schneefall, hier um die tägliche Schneemenge, weil die offiziellen Beobachtungen nur die Neuschneemenge der Tage zu vergleichen gestatten.

Wie früher, wurden auch hier Wärmestufen von 5 Graden zu Grunde gelegt. Als maßgebende Temperatur wurde das Tagesmittel gewählt, wenn sich der Schneefall über den größeren Teil des Tages ausdehnte, sonst wurden die Zeitbeobachtungen als Grundlage der Berechnung genommen. Auch hierin waren die Tagebücher von Luzern, Sarnen und Engelberg wertvoll. Bei nächtlichen Schneefällen wurde in ähnlicher Weise verfahren. Die Resultate aller 20 Jahre sind eindeutig; die Wiedergabe der letzten 11 Jahre aber dürfte genügen.

Behandeln wir zuerst die Verteilung der Schneemengen von Stans. Die Tabellen 23 und 24 geben die in den letzten elf Wintern gemachten Beobachtungen von 1930 bis 1941.

Die Tabellen zeigen deutlich, daß der größte Teil des Schnees zwischen 5 und -5 Grad fällt. Nur 21 Prozent allen Schnees fielen in 11 Jahren unter -5 Grad. Ausnahmsweise, zum Beispiel in den zwei letzten Wintern, erreicht auch eine niedere Stufe eine hohe Anzahl Centimeter Neuschnee; aber auch sie bleibt gegenüber den Zahlen höherer Temperaturstufen zurück, wie die beiden letzten Kolonnen „cm“ und „Prozent“ be-
lehren. Die senkrechten Kolonnen der Monate lassen keine Regelmäßigkeit erkennen, es sei denn eine lose Anlehnung an die mittlere und die untere Grenztemperatur des Monates, ähnlich wie beim Schneefall (vgl. die Tabelle 6, S. 118).

Stans, Schneemenge nach Temperaturstufen im Monat und Winter

Tabelle 23

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	total cm	%
1930/31									
5 bis 0° C	—	—	3	8	—	1	—	12	9
0 bis — 5° C	—	—	—	—	29	47	—	76	60
— 5 bis —10° C	—	—	—	5	—	16	—	21	17
—10 bis —15° C	—	—	—	—	—	18	—	18	14
								127 ¹⁾	100
1931/32									
5 bis 0° C	—	—	5	—	—	32	—	37	48
0 bis — 5° C	—	—	1	—	—	4,5	10	15,5	20
— 5 bis —10° C	—	—	—	—	16	—	—	16	21
—10 bis —15° C	—	—	—	—	9	—	—	9	11
								77,5	100
1932/33									
5 bis 0° C	—	—	—	7	2	—	3	12	20
0 bis — 5° C	—	—	11	10	25	—	—	46	76
— 5 bis —10° C	—	—	—	—	2	—	—	2	4
								60	100
1933/34									
5 bis 0° C	2	20	—	6	—	8	—	36	55
0 bis — 5° C	—	—	2	15	5	1	—	23	36
— 5 bis —10° C	—	—	6	—	—	—	—	6	9
								65	100
1934/35									
5 bis 0° C	—	2	1	5	6	15,5	3	32,5	46
0 bis — 5° C	—	2	—	25	6	—	2	35	50
— 5 bis —10° C	—	—	—	1	1	1	—	3	4
								70,5	100

1) Die Totalsummen der Schneemenge einzelner Winter stimmen nicht immer genau mit den auf Seite 149 gegebenen Zahlen, weil einigemal ein Schneefall, der zwischen zwei Temperaturstufen niederging, nicht gezählt werden konnte.

Stans, Schneemenge nach Temperaturstufen im Monat und Winter

Tabelle 24

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	total cm	%
1935/36									
5 bis 0° C	—	—	11	—	—	1,5	2	14,5	32
0 bis — 5° C	—	—	18	—	13	—	—	31	68
								45,5	100
1936/37									
5 bis 0° C	—	—	4	0,5	1,5	15,5	—	21,5	79
0 bis — 5° C	—	—	—	—	—	5,5	—	5,5	21
								27	100
1937/38									
5 bis 0° C	—	1	14	11	2	—	11	39	24
0 bis — 5° C	—	—	20	20	55,5	—	—	95,5	58
— 5 bis —10° C	—	—	—	30	—	—	—	30	18
								164,5	100
1938/39									
5 bis 0° C	—	—	1	13,5	—	40	—	54,5	30
0 bis — 5° C	—	—	49	3	3,5	57,5	—	113	61
— 5 bis —10° C	—	—	17,5	—	—	—	—	17,5	9
								185	100
1939/40									
5 bis 0° C	11	—	3	3	—	—	1	18	13
0 bis — 5° C	19	—	12,5	19	14	19	—	83,5	58
— 5 bis —10° C	—	—	—	2,5	0,5	—	—	3	2
—10 bis —15° C	—	—	1	11,5	25,5	—	—	38	27
								142,5	100
1940/41									
5 bis 0° C	1	6,5	36	—	4	0,5	0,5	48,5	34
0 bis — 5° C	—	—	2	5	37,5	0,5	—	45	32
— 5 bis —10° C	—	—	3	27	—	—	—	30	24
—10 bis —15° C	—	—	—	14	—	—	—	14	10
								137,5	100

Scheiden wir nach dem obigen Schema auch die Schneemengen von Sarnen und Luzern nach Temperaturstufen von 5 Grad und berechnen wir die Mittelzahlen aus allen Jahresdaten in cm und Prozent, so erhalten wir die folgende Uebersicht, die uns einen vergleichenden Maßstab der Stationen gewährt.

Mittlere Schneemenge in cm und Prozent nach Wärmestufen von 5 Grad

Tabelle 25

Temperaturstufe	Luzern 1930-1941		Stans 1930-1941		Sarnen 1930-1941	
	cm	%	cm	%	cm	%
5 bis 0° C	235	26	333,5	35	410	40
0 bis — 5° C	509	57	373,5	44	506,5	51
— 5 bis —10° C	112	13	128,5	11	65	6
—10 bis —15° C	34,5	4	79	10	12,5	3
	890,5	100	914,5	100	990,5	100

Wir erkennen aus diesen Mittelwerten noch deutlicher als es aus den einzelnen Jahresdaten von Stans möglich war, daß auf den Talstationen die große Menge des Schnees zwischen 0 und — 5° C niedergeht, in Sarnen und Luzern mehr als die Hälfte, in Stans 44 Prozent. In den übrigen Wärmestufen sind große Verschiedenheiten vorhanden; bald hat diese, bald jene Station die größere Zahl Prozente.

Bei den Bergstationen ergab sich ein ähnliches Bild, aber der größte Prozentsatz der Schneemenge fällt jeweilen in der Wärmezone, die sich der mittleren Monatstemperatur nähert. Infolgedessen sinkt die Wärmezone des größten Schneefalls vom Vor- bis in den Hochwinter, um nachher wieder zu steigen.

Am besten erläutert diese Zusammenhänge ein gleichzeitiges Beispiel von Rigi-Kulm und St. Gotthard. Wir wählen den Winter 1929/30.

*Schneemenge und Temperatur auf Rigi-Kulm
im Winter 1929/30*

1929

Im *Oktober* fielen von 121 cm zwischen 5 und 0° : 15 cm = 12%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 78 cm = 65%¹⁾
4,1°

Im *November* fielen von 57 cm zwischen 5 und 0° : 8 cm = 14%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 44 cm = 77%
-0,1° zwischen - 5 und -10° : 4 cm = 7%

Im *Dezember* fielen von 126 cm zwischen 5 und 0° : 3 cm = 2%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 70 cm = 55%
-2,6° zwischen - 5 und -10° : 43 cm = 34%

1930

Im *Januar* fielen von 38 cm zwischen 5 und 0° : 7 cm = 18%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 23 cm = 60%
-0,3° zwischen - 5 und -10° : 13 cm = 34%

Im *Februar* fielen von 42 cm zwischen 5 und 0° — —
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 16 cm = 38%
-5,6° zwischen - 5 und -10° : 14 cm = 33%
zwischen -10 und -15° : 12 cm = 28%

Im *März* fielen von 129 cm zwischen 5 und 0° : 7 cm = 5%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 60 cm = 46%
-1,0° zwischen - 5 und -10° : 30 cm = 23%

Im *April* fielen von 227 cm zwischen 5 und 0° : 38 cm = 17%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 114 cm = 59%
1,2° zwischen - 5 und -10° : 75 cm = 33%

Im *Mai* fielen von 124 cm zwischen 5 und 0° : 31 cm = 26%
Temperaturmittel: zwischen 0 und - 5° : 90 cm = 72%
3,4° zwischen - 5 und -10° — —

¹⁾ Die Summe der Prozente ergibt nicht immer die Zahl 100, weil öfter nicht alle niedergegangenen Schneemengen eine Eingliederung in die Wärmestufen erlauben, indem sie auf der Grenze zweier Stufen stehen, oder weil die Temperatur zur Zeit des Schneefalls nicht bestimmbar ist. Dies gilt auch für die folgende Zusammenstellung: St. Gotthard.

*Schneemenge und Temperatur auf St. Gotthard
im Winter 1929/30*

Im August und September fiel kein Schnee.

1929

Im <i>Oktober</i> fielen von	80 cm	zwischen	5 und	0° :	25 cm = 21%
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	55 cm = 69%
	1,4°				

Im <i>November</i> fielen von	112 cm	zwischen	5 und	0° —	—
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	99 cm = 88%
	—4,1°	zwischen	— 5 und	—10° :	13 cm = 12%

Im <i>Dezember</i> fielen von	220 cm	zwischen	5 und	0° —	—
Temperaturmittel		zwischen	0 und	— 5° :	118 cm = 54%
	—6,2°	zwischen	— 5 und	—10° :	62 cm = 28%
		zwischen	—10 und	—15° :	15 cm = 7%

1930

Im <i>Januar</i> fielen von	128 cm	zwischen	5 und	0° —	—
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	45 cm = 35%
	—4,3°	zwischen	— 5 und	—10° :	78 cm = 60%
		zwischen	—10 und	—15° :	5 cm = 4%

Im <i>Februar</i> fielen von	90 cm	zwischen	5 und	0° —	—
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° —	—
	—4,3°	zwischen	— 5 und	—10° :	45 cm = 50%
		zwischen	—10 und	—15° :	30 cm = 33%

Im <i>März</i> fielen von	145 cm	zwischen	5 und	0° :	4 cm = 3%
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	75 cm = 51%
	—4,2°	zwischen	— 5 und	—10° :	30 cm = 27%
		zwischen	—10 und	—15° :	25 cm = 17%

Im <i>April</i> fielen von	216 cm	zwischen	5 und	0° :	7 cm = 3%
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	139 cm = 64%
	—1,3°	zwischen	— 5 und	—10° :	70 cm = 32%

Im <i>Mai</i> fielen von	156 cm	zwischen	5 und	0° :	55 cm = 35%
Temperaturmittel:		zwischen	0 und	— 5° :	101 cm = 65%
	1,6°				

4. Schneemenge und Niederschlag

In allen höher gelegenen Regionen der Innerschweiz fällt ein viel größerer Teil der Niederschläge in Schneeform zu Boden als im Mittelland. Das Verhältnis des Schnees zum Gesamtniederschlag des Jahres in einzelnen Gegenden zu bestimmen, ist schwierig, schon darum, weil genügende Meßstationen hiezu fehlen. Wichtig ist zunächst die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge in der Innerschweiz und auch einiger angrenzender Gegenden. Darum mußte die Liste der Stationen für diesen Abschnitt erweitert werden. Es liegt mir überhaupt daran, dem Leser ein Bild der Jahresniederschläge in der Zentralschweiz zu geben. Auf dessen Grund und Begründung wird manche regionale Erscheinung des Winters verständlich. Auf diese etwas längere Ausführung folgt dann der Abschnitt: Anteil des Schnees an der Niederschlagsmenge.

A. Niederschlagsmenge in der Innerschweiz

a) Die jährliche Niederschlagsmenge. Für Stans erreichte sie im Zeitraum von 1914—1920 nach der Meteorologischen Meßstation Stans folgende Beträge:

Tabelle 26

Jahr	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	Mittel
mm	1217	1231	1486	1377	1185	1400	1017	1273

Seit August 1928 wurde in unserem Klostergarten eine private Regenmeßstation unterhalten und in Uebereinstimmung mit der offiziellen Ordnung wurden die Messungen von Regen, Schnee und Wasserwert desselben ausgeführt. Schon in der Periode 1914—1928 waren genaue Schneemessungen zur Winterszeit im Gang, die Sommer- und Jahresniederschläge dagegen wurden erst von 1928 fortlaufend notiert. Die private Regenmeßstation ist von der offiziellen im Dorf ca. 600 m entfernt und in südöstlicher Richtung gegen die Halde am Stanserhorn auf 465 m Meereshöhe in N-E-Exposition gelegen, wo auch die anderen Meßinstrumente angebracht sind. Schon die örtliche Verschiedenheit der Meßstationen wird kleine Differenzen in den Meßresultaten bedingen; so wird die größere Nähe des Stanserhorns die höhere Niederschlagsmenge von Station Kloster (Kählen) verstehen lassen.

Die Niederschlagsmengen beider Stationen in den Jahren 1928 bis 1940 (1. Januar bis 31. Dezember) bzw. 1929 bis 1940 sind in mm :

Tabelle 27

im Jahr:	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Station Dorf 456 m	1017	1263	1272	1394	1423	1372	1209	1596	1541	1429	1219	1533	1502
Station Kloster 465 m	—	1109	1601	1372	1364	1379	1240	1603	1542	1531	1287	1619	1595

Die Mittelwerte der Periode 1928—1940 für Station Dorf sind 1367 mm, jene für Station Kloster 1436 mm; das Mittel aller 20 Jahre für Station Dorf beträgt 1338 mm.

Ueber die jährlichen Niederschläge in der Inner-schweiz orientiert die Tabelle 28. Sie enthält die Jahresmittel der meisten Regenmeßstationen im Flußgebiet der Reuß bis Luzern, auch jene von Stans, sowie die Angaben von den beiden Totalisatoren auf Trübsee und St. Gotthard. Auf Trübsee, im Titlisgebiet, ist seit 1928 ein solcher Niederschlagssammler für diese Alpengegend errichtet. In den ersten zwei Jahren stand er auf 2000 m Höhe am Jochpaß; seit 1930 befindet er sich auf Trübsee in 1800 m ü. M. Er lieferte das zwölfjährige Mittel von 220 cm. Der Totalisator auf St. Gotthard wurde nur bis 1931 unterhalten. Er ergab den zehnjährigen Wert von 232 cm (gemessen vom 1. Oktober bis 30. September). — Die Verteilung und Höhenlage der übrigen Meßstationen ergibt sich aus der Tabelle. Zeitlich umfaßt sie für alle Orte den gleichen Abschnitt; Ausnahmen sind besonders vermerkt.

Die Jahresniederschläge aller Stationen schwanken innert weiten Grenzen. Die größten Unterschiede zeigen Gersau, Walchwil und das obere Reußgebiet. Gersau hatte das Maximum von 1902 Millimetern im Jahr 1916, das Minimum von 969 mm im Jahr 1929; Andermatt: 2096 mm im Jahr 1935, 1079 mm im Jahr 1929; Walchwil 1871 mm im Jahr 1916, 970 mm im Jahr 1919; St. Gotthard: 3250 mm im Jahr 1935, 1702 mm im Jahr 1919; Gurnellen: 1716

Niederschlagsmengen im Gebiet der Innerschweiz, in Millimetern
 Jahresmittel, gerechnet vom 1. Januar bis 31. Dezember

Tabelle 28

Station	Höhe ü. M.	Periode 1914-1920	Periode 1928-1940	Total 20 Jahre	
St. Gotthard	2103	2130	2403	2308	mm
Totalisator	2095	Mittel aus 10 Jahren: 232 cm			
Andermatt	1442	1634	1421	1495	
Göschenen	1102	1574	1353	1430	
Gurtellen	742	1297	1161	1214	
Altdorf	456	1197	1277	1252	1920 fehlt
Isenthal	1000	1539	1586	1569	
Totalisator auf Trübsee-Jochpass, 1800 M. ü. M., Mittel aus 12 Jahren: 220 cm					
Engelberg	1018	1631	1584	1601	
Stans-Dorf	456	1273	1396	1338	
Stans-Kloster	465	—	1436	—	
Schwyz- Rickenbach	517 } 590 }	1702	1817	1785	{ Station bis 1930 auf 590 m. 1931 und 1932 fehlen. Von 1933 an auf 517 m.
Sattel	832	1640	1650	1647	
Walchwil	452	1358	1341	1348	
Gersau	442	1692	1494	1540	1917, 1919 u. 1920 fehlen.
Weggis	440	1352	1481	1436	
Küßnacht	440	1275	1431	1376	
Rigi-Kulm	1787	2037	2209	2149	
Pilatus-Kulm	2068	1650	1945	1842	
Buchsteg (Eigental)	1050 }	1740	1976	1894	
Luzern	{ 455 498 }	1171	1187	1182	{ Verlegung der Station 1. Mai 1919.
Lungern	726	1543	1429	1464	
Sarnen	474	1074	1154	1126	
Bisisthal- Muotathal	950 } 624 }	1879	2171	2051	{ Bisisthal bis 1935. 1936-38 fehlen. Seither Muotathal.

Millimeter im Jahr 1935, 934 mm im Jahr 1929. Die meisten Höchstbeträge — 11 Orte — fallen ins Jahr 1935, die meisten Minima — 14 Orte — ins Jahr 1920. Wie sich aus dem gesamten Vergleichsmaterial ergab, fallen die Niederschlags- und Schneemaxima eines Ortes ganz selten ins gleiche Jahr. Bei den auf Seite 154 erwähnten Stationen Luzern, Stans, Sarnen, Engelberg, Rigi und St. Gotthard war dies während 20 Jahren gar nie der Fall. Den größten Niederschlag brachte für Luzern das Jahr 1930, den größten Schnee 1931; für Stans 1935 und 1939; für Sarnen 1931 und 1939; für Engelberg 1916 und 1931; für Rigi 1935 und 1931; für St. Gotthard 1935 und 1917.

b) Niederschläge im Monat. Ueber die monatliche Verteilung des Niederschlages gibt die Tabelle 29 Aufschluß. Es wurden für die typischen Stationen des Gebietes die Mittelwerte vom 1. August 1913 bis 31. Juli 1920 und 1. August 1928 bis 31. Juli 1941 ausgezogen. Die Jahre wurden vom August an gerechnet, um den Anschluß an die Winterwende (vgl. S. 134) zu erhalten.

Auch die monatlichen Schwankungen der Niederschlagsmenge bewegen sich in weiten Grenzen. Der niederschlagsärmste Monat aller Stationen ist der Februar, am niederschlagsreichsten sind Juli und Juni, für Göschenen der April, für Andermatt und Lungern der Dezember. Aber auch Altdorf, Rigi, Engelberg und Göschenen weisen im Dezember relativ hohe Zahlen auf.

Die täglichen Höchstmengen der Stationen, deren Jahresmittel auf Seite 173 zusammengestellt sind, finden sich in Tabelle 30, S. 176. Sie enthält für jede Station die mittlere maximale Tagesmenge, Zahl und Datum des größten täglichen Niederschlages und des kleinsten Tagesmaximums der 20 Jahre.

Die Tabelle ist von Interesse, weil sie den Vergleich der Niederschlagsmenge mit den Schneemaxima (vgl. S. 162) ermöglicht. — Von den Niederschlägen, die in kürzerer Zeit als einem Tag in unserer Gegend niedergingen, seien die drei folgenden erwähnt: In Stans-Kählen wurden am Morgen des 23. Juni 1935 von 7—7.30 Uhr nicht weniger als 62 mm Wasserhöhe gemessen. Am 9. September 1934, abends, fielen in einer

Mittelwerte der Monatsniederschläge in mm

a) Periode vom 1. August 1913 bis 31. Juli 1920

b) Periode vom 1. August 1928 bis 31. Juli 1941

Tabelle 29

Station	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	Total ¹⁾ Peri- ode	ganze Reihe
Luzern a)	135	106	74	65	80	56	45	91	88	113	159	178	1190	1156
Luzern b)	129	102	99	56	56	52	50	68	78	137	135	161	1123	
Stans-Dorf a)	151	123	98	78	95	59	71	85	94	107	165	188	1314	1364
Stans-Dorf b)	178	138	116	68	68	72	59	80	99	157	178	202	1415	
Stans-Kloster	171	134	121	70	66	71	59	82	91	161	181	201	1408	
Engelberg a)	170	134	133	113	153	121	75	132	127	117	188	201	1664	1602
Engelberg b)	169	130	153	88	83	96	87	102	123	157	162	188	1540	
Sarnen a)	134	95	81	60	79	58	38	77	81	92	134	162	1091	1119
Sarnen b)	135	112	99	62	56	55	49	64	80	123	140	172	1147	
Lungern a)	146	119	113	112	197	120	87	139	105	100	172	173	1583	1496
Lungern b)	146	185	137	94	82	90	81	93	99	133	146	183	1409	
Weggis a)	168	125	95	85	81	69	53	99	107	117	197	195	1478	1434
Weggis b)	191	139	123	68	66	70	65	77	109	175	187	208	1478	
Gersau a)	199	144	116	111	109	107	80	136	138	133	194	221	1688	1599
Gersau b)	176	127	141	68	81	86	79	79	118	171	180	204	1510	
Rigi-Kulm a)	254	176	146	144	167	113	82	144	169	156	244	271	2066	2131
Rigi-Kulm b)	233	202	194	121	129	144	141	134	171	223	230	274	2196	
Pilatus a)	164	123	123	171	121	121	77	174	149	128	204	200	1755	1839
Pilatus b)	169	166	146	92	107	131	139	141	190	205	204	234	1924	
Altdorf a)	139	99	95	77	121	89	49	86	77	82	122	127	1163	1213
Altdorf b)	139	111	126	77	69	74	71	75	97	126	134	165	1264	
Göschenen a)	113	115	154	121	163	150	82	162	165	108	134	143	1610	1476
Göschenen b)	115	92	153	125	81	84	88	90	133	139	114	128	1342	
Andermatt a)	119	130	153	102	168	166	81	160	152	103	159	149	1642	1526
Andermatt b)	128	101	160	127	88	92	92	100	123	136	115	149	1411	
St.Gotthard a)	171	205	220	153	179	167	100	228	194	169	187	216	2189	2325
St.Gotthard b)	170	189	294	221	175	173	163	194	272	231	162	217	2461	

1) Die Zahlen entsprechen nicht genau den Jahressummen auf Seite 173, weil dort nach dem Kalenderjahr, hier vom 1. August bis 31. Juli gerechnet wurde.

*Jährliche Tagesmaxima des Niederschlages
in der Innerschweiz
1914—1920; 1928—1940*

Tabelle 30

Station	Höchstes jährliches Tagesmaximum			Kleinstes jährliches Tagesmaximum			Mittleres jährliches Tagesmaximum mm
	mm	Jahr	Tag	mm	Jahr	Tag	
St. Gotthard	166	1918	17. VI.	70	1936	2. XII.	95
Andermatt	185	1916	4. VI.	54	1915	23 VII.	84
Göschenen	137	1933	21. VI.	46	1919	6. XII.	75
Gurtellen	125	1933	21. VI.	43	1919	20. IX.	68
Altdorf	111	1933	21. VI.	32	1916	2. X.	43
Isenthal	99	1925	28. X.	36	1915	20. VII.	63
Engelberg	122	1939	17. XI.	40	1916	2. X.	63
Stans-Dorf	96	1934	9. IX.	39	1920	4. V.	59
Schwyz-Rickenbach	108	1940	29. V.	46	1915	18. V.	66
Sattel	145	1934	9. IX.	41	1916	5. VII.	70
Walchwil	181	1934	9. IX.	36	1920	30. V.	58
Gersau	102	1939	5. VIII.	42	1932	2. VII.	62
Weggis	168	1934	9. IX.	41	1932	2. VII.	65
Küßnacht	110	1934	9. IX.	26	1928	30. IX.	45
Rigi-Kulm	206	1934	9. IX.	51	1937	15. VI.	77
Pilatus-Kulm	117	1934	9. IX.	41	1918	3. VIII.	66
Buchsteg(Eigentel)	137	1934	9. IX.	48	1919	8. IV.	68
Luzern	71	1934	9. IX.	33	1933	21. VI.	48
Lungern	99	1918	27. XII.	41	1929	19. X.	64
Sarnen	70	1930	23. VI.	35	1919	23. VI.	46
Bisithal-Muotathal	109	1939	17. XI.	50	1916	31. XII.	75

Stunde 75 mm, am 2. Juni 1932 in drei Vormittagsstunden ebenfalls 61 mm.

Von Bedeutung für unsere Frage ist die Verteilung des Niederschlages auf die Sommer- und Winterzeit, weil in den Wintermonaten ein beträchtlicher Teil des Niederschlages gespeichert wird und bei der Schneeschmelze zum Abfluß kommt. Darum wurde aus der Periode 1913—1920 die jahreszeitliche Verteilung für die oben genannten Stationen berechnet.

Es fielen vom November bis April in Stans, Luzern, Sarnen und Weggis ca. 36 Prozent des Jahresniederschlages, auf Rigi-Kulm und in Gersau 40 Prozent, in Altdorf 42 Prozent, in Engelberg 43 Prozent, auf Pilatus-Kulm und St. Gotthard 46 Prozent, in Lungern 48 Prozent, in Andermatt 50 Prozent, in Göschenen sogar 52 Prozent. In andern Perioden, z. B. in der Zeit von 1928—1941 unserer Beobachtung, verändert sich wohl die Zahl der Prozente etwas¹⁾, aber es bleibt doch ungefähr das gleiche Verhältnis der Winter- zu den Sommermonaten gewahrt: Die Gegenden am Vierwaldstättersee zeigen starkes Vorwiegen der sommerlichen Niederschläge. Das Verhältnis ändert sich aber mit dem Aufsteigen in die Alpentäler zugunsten der Winterniederschläge, wie es sich sowohl auf der Linie Gersau-Altdorf-Göschenen wie Sarnen-Lungern und Stans-Engelberg verfolgen läßt. Die isolierten Gipfel Rigi und Pilatus und die Paßhöhe St. Gotthard stehen für sich in der Mitte.

Ueber den Verlauf der Niederschlagsmenge im Verlauf des Jahres machen wir uns am besten an Hand der graphischen Dar-

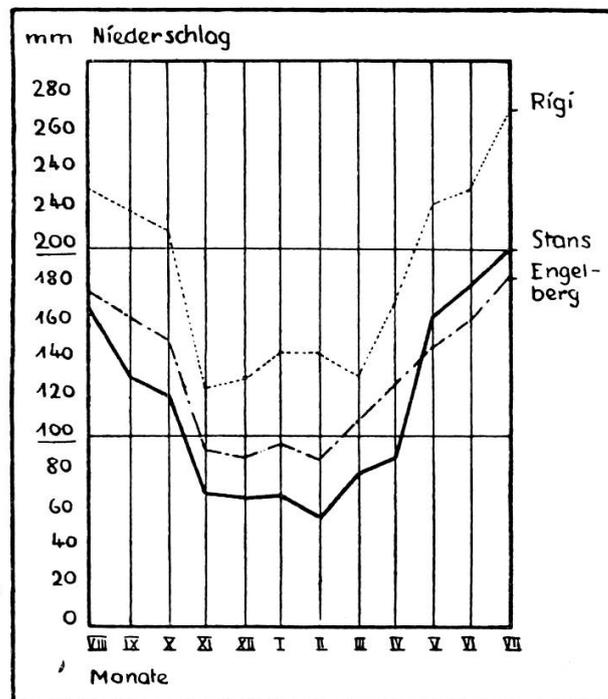


Fig. 18.
Monatsmittel der Niederschläge
von Rigi-Kulm, Stans und
Engelberg,
vom August 1928 bis Juli 1941

¹⁾ Vgl. die 10-jährigen Normalwerte der Jahre 1910—1919 bei R. Roth, 1. c., Seite 69.

stellung ein Bild. Sie ist in Fig. 18 für Stans, Rigi-Kulm und Engelberg gegeben. Das Monatsmittel der Schneemenge läßt sich aus Fig. 13 und folgende zum Vergleich heranziehen.

Auf Grund der Niederschlagstabelle (S. 173) lassen sich gewisse Folgerungen ziehen für die räumliche Verbreitung der Niederschläge in vertikaler und horizontaler Richtung. Auffällig ist, wie schon in dem engbegrenzten Gebiet der Innerschweiz mit wachsender Meereshöhe auch die Niederschlagsmenge in fester und flüssiger Form wächst. Die vorherrschenden Westwinde bringen die feuchte Luft über das Mittelland an die Alpen heran. Luzern empfing in den 20 Jahren durchschnittlich 1182 mm Niederschlag. An den Hängen von Pilatus und Rigi und an den Bergkämmen und Massiven der Unterwaldner-, Urner- und Schwyzeralpen wird der mehr oder weniger horizontale Nachschub feuchter Luftmassen gestaut; er wird gezwungen, in kältere Regionen emporzusteigen, und dadurch verdichtet sich auf dem weiteren Weg der Luft ihr Wassergehalt zu Regen oder Schnee. Alle höher gelegenen Orte als Luzern — die wenigen Ausnahmen finden in den folgenden Ausführungen ihre Erklärung — haben darum eine größere Niederschlagsmenge. Das nahe gelegene Buchsteg-Eigentäl (1050 m) erreicht schon 1894 mm, Pilatus 1842 und Rigi 2149 mm, und der Totalisator auf dem der Reußgegend benachbarten Klaridenfirn (2710 m) sammelte im Jahr 1939/40 sogar 422 cm, im Mittel von 21 Jahren 350 cm. Das ist die höchste Niederschlagsmenge in unserem Grenzgebiet. Wageten und Drusbergkette im Prugelgebiet sind ebenfalls starke Stauwehren für die aus NW über unsere Vierwaldstätterseelandschaft fahrenden Luftmassen. Sie erreichen über 300 cm Niederschlag, indessen der Titlis mit den Unterwaldner Bergen bei etwa 260 Centimeter zurückbleibt.

Das Verhältnis des Niederschlages zur Höhe eines Ortes ist aber nur ein indirektes; der Niederschlag ist eben eine Auswirkung des Luftstauens an den Erhebungen. Die Niederschlagsgröße ist darum von der Exposition, von Lage und Form der Berghänge und Gebirgskämme abhängig. Bei dem überraschend reichen Relief der Innerschweiz spielen somit die Lage und Größe der Böschungen, die Bergnähe oder -ferne eines Ortes, die Wind- und Wind-

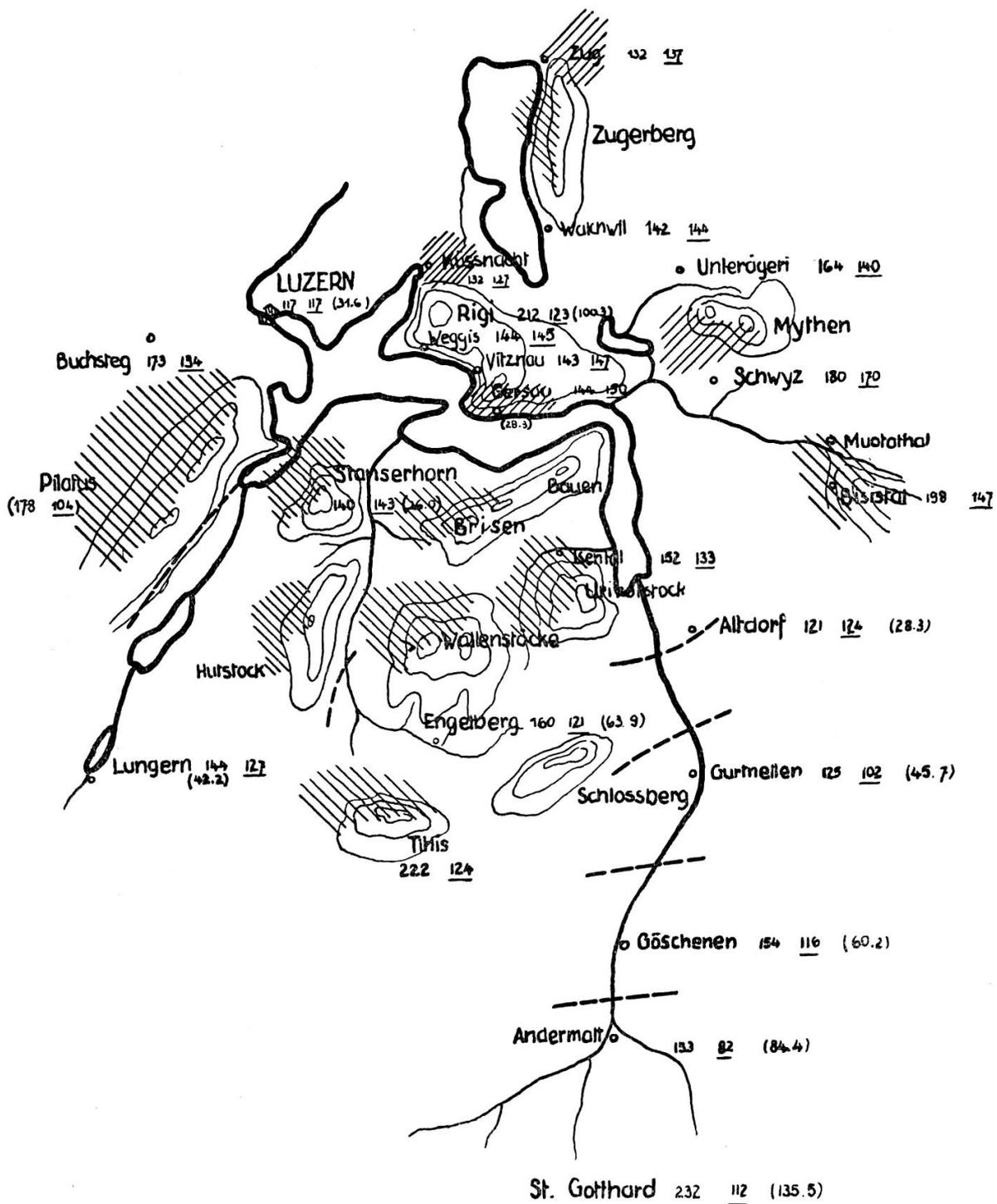


Fig. 19. Regenschwellen und Niederschläge, reduziert auf Luzern ca. 500 m/M.

Die erste Zahl ist der gemessene Niederschlag, die zweite, unterstrichene, ist der auf 500 m Meereshöhe reduzierte Niederschlag. Die Zahl in Klammer gibt die Schneetage an. Die mit Höhenkurven angedeuteten Gebirge wirken als Regenschwellen. In Schraffur: Regenanstieg. ----- Grenzen der Regenschatten.

schattenseiten an Hügeln und Bergen, die Tiefe der Täler, ihre Lage in der Regen- oder Regenschattenseite eine Rolle. R. Roth (1. c. S. 57) hat die Zunahme der Niederschlagshöhe pro 100 m Meereshöhe, unter Berücksichtigung dieser Mitursachen für das Gebiet des oberen Reußtales, berechnet. Sie beträgt im Teilgebiet des Rigi 73, am Pilatus 70, im Tal von Sarnen 71, im Engelbergertal 76, im Urserental 90, im Reußtal bis Altdorf 75 und im Schächental 95 mm. Rechnen wir nun den mittleren Jahresniederschlag der Stationen auf die Höhe von Luzern (rund 500 m) um, so erhalten wir Vergleichszahlen, worin der Einfluß der ungleichen Höhe ausgeschaltet ist. Diese reduzierten Werte sind nebst dem mittleren Niederschlag in die vorstehende Kartenskizze eingetragen (Fig. 19).

Die reduzierten Werte zeitigen das Ergebnis, daß die inneren Alpentäler der Reuß, der Engelberger- und Sarneraa gegenüber der Seegegend am Rigi bedeutend zurückstehen. Muotathal, Bisisthal und Isenthal erreichen größere Zahlen. Die kleinsten haben Gurnellen und Andermatt, aber auch St. Gotthard erreicht nicht den Wert von Luzern. Wenn wir also vom Einfluß der Bodenerhebungen absehen, sind dennoch die Niederschläge ganz ungleich verteilt. Es gibt Landstriche, wo sie sich verdichten; das geschieht immer auf der Regen- seite der Berge, im Staubezirk der anströmenden Luftmassen. Es gibt Täler, die Regenlichtungen aufweisen und mit Trockeninseln vergleichbar sind; diese liegen hinter den Bergkämmen und Hügeln, auf der Leeseite der auf sie anstürmenden Westwinde.

Eine starke Regenschwelle liegt über Schwyz, eine andere, nicht weniger ausgeprägte, über Gersau. Aber alle Hangstationen auf der Regen- und Windseite der Berge weisen größere Niederschläge auf, und diese Stauwirkung der Bodenerhebung reicht oft weit rückwärts ins Vorgelände hinaus. Buchsteg-Eigentäl im Anstieg des Pilatus, Küßnacht im Vorgelände des Rigi, Muotathal in dem nach Westen offenen Talgelände und mit dem stauenden Massiv der Silberer im Rücken, Walchwil am Zugerberg, Stans am Stanserhorn sind Beispiele solcher Art. Den gegenteiligen Fall, wo Wind und Wetter über Berge und Kämmen fahren und ihre größten Niederschläge

abladen, ehe sie das dahinterliegende Tal erreichen, treffen wir im Tal von Sarnen, ebenso im Reußtal, namentlich im Talstück von Gurtnellen aufwärts. Andermatt hat sogar den kleinsten reduzierten Wert aller Stationen, aber auch St. Gotthard bleibt — unter Ausschaltung der Höhenzunahme — in seinem Niederschlagswert hinter Luzern zurück. Die Paßlage von St. Gotthard stimmt mit Rigi und Pilatus darin überein, daß Berghöhen ärmer sind an Niederschlag als die Hänge; immer den reduzierten Wert vorausgesetzt.

Das Tal von Isenthal, auf der Regenschattenseite der Bauenstock-Brisen-Kette, und Engelberg mit der Hutstock-Widderfeld-Gruppe im Westen, haben ebenfalls die Neigung zu einer „Trockeninsel“; aber dort wird der Stau von seiten des Urirotstockes, hier die Nähe der Firnfelder der Schloßberg-Titlis-Kette bewirken, daß die Trockeninsel nicht deutlich zum Ausdruck kommt. Immerhin ist bemerkenswert, daß die (nicht reduzierten) Monatsmittel von Mai bis Juli deutlich unter denen von Stans zurückbleiben und sich die beiden Kurven, zwischen April und Mai, in Fig. 18 darum schneiden.

Luzern selber erfährt noch den Einfluß des etwas trockeneren Mittellandes. Die Isohyete von 120 cm, die Linie, welche in der Regenkarte die Orte mit 120 cm Niederschlag verbindet, überquert, von Hellbühl-Littau kommend und ins Seegebiet einschneidend, bei Tribtschen-Seeburg die Luzernerbucht, zieht dann wieder nach N und über den Rotsee nach Risch-Cham gegen den Uetliberg bis Zürich. Nur Sarnen hat weniger Niederschlag als Luzern; es liegt im Regenschatten des Pilatus und der Schlierengegend. Die Isohyete von 120 cm schließt den ganzen Talboden ein und reicht dem Lopperberg entlang bis Stansstad.

Diese klimatischen Vorzüge unserer beiden benachbarten Hauptorte, sowie die Niederschlagsverhältnisse unseres Gebietes, sind in der beigegebenen Niederschlagskarte der Inner-schweiz zu lesen. Sie wurde nach der Regenkarte von J. Maurer und J. Lugeon 1928 (Periode 1901—1925) und nach der Niederschlagskarte des Reußgebietes von R. Roth 1923 (Periode 1909 bis 1919) gezeichnet, unter Berücksichtigung der Niederschläge von 1928—1941 (Fig. 20, S. 182).

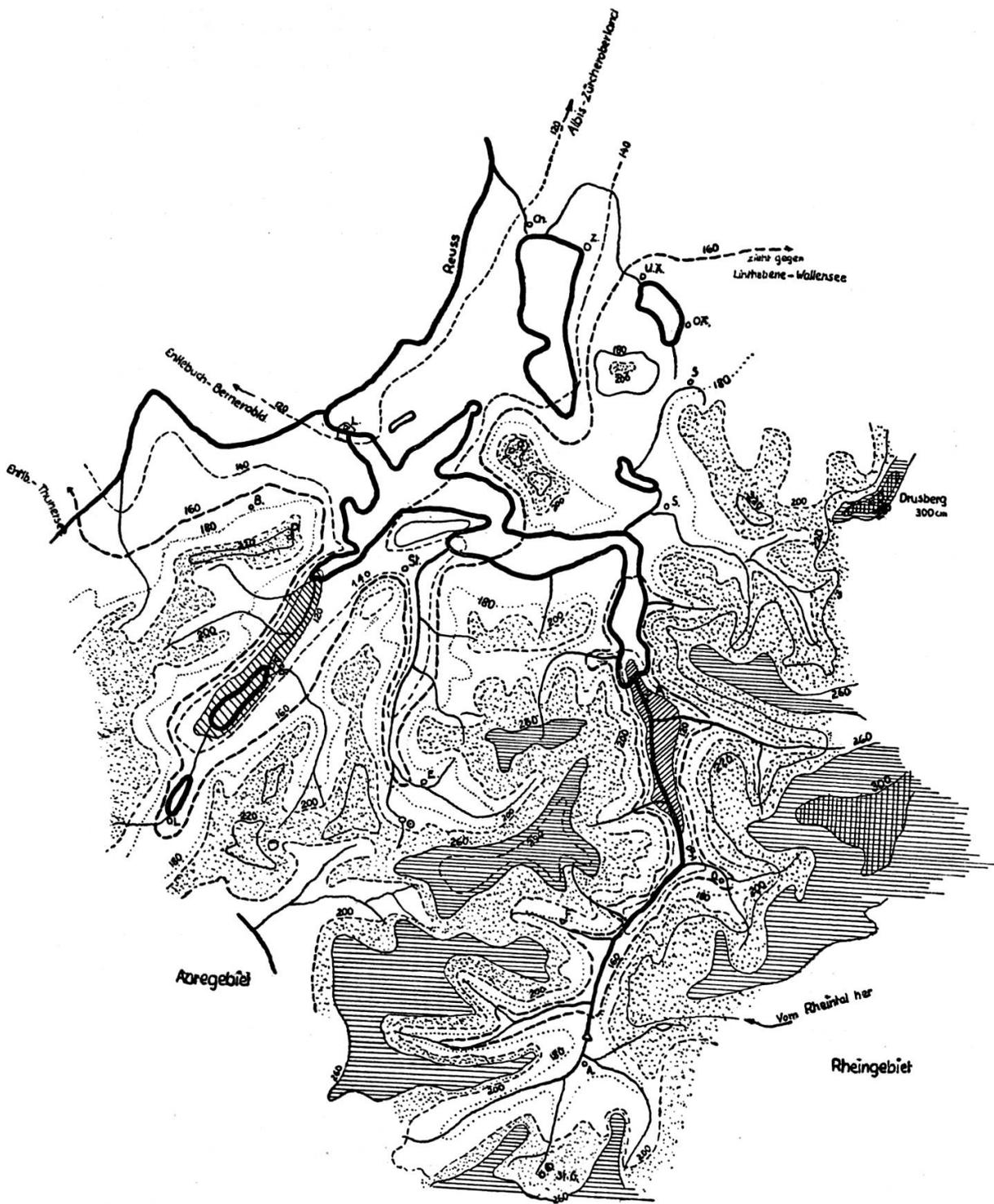


Fig. 20. Niederschlagskarte der Innerschweiz. Periode 1913 bis 1941.
 Nach R. Roth 1923, und J. Maurer und J. Lugeon 1928. Maßstab ca. 1 : 600 000.

○ Regemeßstationen ● Totalisator ▲ Pegel, Wassermessstationen

Sehr schön zeigt die 160er-Kurve, wie sich die Feuchtigkeit an den Alpen staut. Sie kommt vom Berner Oberland, vom Brienersee, über das Entlebuch und den Pilatus und biegt ins Obwaldnerland bis Lungern, dann über die Sachler Seeseite gegen Nidwalden, um das Stanserhorn ins Engelbergertal und dringt auch hier tief ins Berginnere bis unter Engelberg, um sich darauf wieder nach Norden zu wenden. Nachdem sie das Buochserhorn nordseits berührt hat, überquert sie den See, umgeht den West- und Nordfuß des Rigi und zieht über die „Hohle Gasse“ durch den Zugersee und dem Zugerberg entlang über Allenwinden und Hütten gegen die Höfe am Zürichsee zur Linthebene und zum Walensee. Ganz ähnlich, und vielfach parallel zu ihr verlaufend, ist die 140er-Kurve.

Die Stauung der Niederschläge an den Unterwaldner und Urner Alpen ist deutlich zu erkennen. Das Urnerland und das Sarnertal schließen diese beiden Kurven als Inseln in sich und dazu noch die 120er-Kurve. Der große Stau geht zwischen Gersau und Schwyz über den See. Der größte Teil des Kantons Schwyz und die Sihlgegend gehen nicht unter 160 cm herab, während das Talgebiet der Engelbergeraas bis kurz unter Engelberg nicht größeren Niederschlag aufweist als die niederen Hänge am Zürichsee, und weniger als das Toggenburg und das ganze Zürcher Oberland. Luzern, am Rand der Voralpen, steht unter der Kurve von 120 cm Niederschlag, die über den Albis ins Zürcher Oberland und nordwärts durch das St. Galler Fürstenland nach Rorschach zieht. Nach zehnjährigen Messungen in der Göschenalp (1909—1919) hat dieses Bergtal nur 130 cm Niederschlag (M. Oechslin, 1927), also weniger als die Gegend von Zug-Baar und das ganze Zürcher Oberland.

Die 200er- und 260er-Kurven zeigen große und zusammenhängende Gebiete, wo eine starke Stauung des Niederschlages erfolgt. Die Maxima aber umgrenzt die Kurve 300 cm im Drusberggebiet und im Claridenfirn (350 cm). Totalisatoren im Sihlgebiet, die beim Bau des Ezelwerkes unterhalten wurden, ergaben auch dort mehr als 300 cm jährlichen Niederschlag.

Ohne Zweifel werden die festen Niederschläge des Winters den gleichen Normen folgen wie der Regen. Wenn wir auch zur Zeit ausreichende Grundlagen nicht besitzen, um diese Parallele zu beweisen, so ließ sich doch, was Schneemenge und Schneefall betrifft, mehrmals schön beobachten, zum Beispiel im Nachwinter 1929, wie in der „Regenschwelle Schwyz“ reicher Schnee lagerte, während innerhalb der nördlichen Innerschweiz zu gleicher Zeit ein schneearmer Winter herrschte. Bei Luzern stimmen Niederschlag und Schnee in der ganzen Periode unserer Untersuchung hübsch zusammen. Sarnen dagegen ist an Schneemenge relativ reicher als an Niederschlag, und Stans steht mit Weggis, was Schneefall anbelangt, in deutlicher Parallele. Andermatt hatte im schneereichen Winter 1941/42 — der allerdings außer unsere Arbeitsperiode fällt, aber zur Erhärtung unserer Folgerungen doch herangezogen werden darf — keine Schneemenge über die mittlere Höhe, entsprechend dem geringen Niederschlag mittleren Wertes, und die Regenschwelle Muotathal-Bisisthal wird durch die großen Schneemengen im Winter 1944/45 auch für winterliche Niederschläge bestätigt. Es spielen auch im Winter regionale Verhältnisse mit, die wir allerdings aus den Niederschlägen des Sommers besser kennen als aus Schneebeobachtungen.

B. Anteil des Schnees am Niederschlag

Die Ausführungen über die Niederschlagsverhältnisse erlauben uns, den Anteil des Schnees am Niederschlag zu bewerten. Die direkte Messung durch Scheidung von Regen- und Schneemengen ist in unserer Gegend sehr erschwert. Oft kehren auch während der Winterperiode Schmelztemperaturen wieder, und in den Randmonaten dieser Jahreszeit fallen nicht selten Regen und Schnee miteinander vermischt. Die Resultate sind demnach nicht von der Genauigkeit wie die Regenmessungen; immerhin wurde die jährliche Schmelzwassermenge auf 152 mm bestimmt. Der jährliche Schneeanteil am Niederschlag betrug also für Stans-Kählen ca. 10,5 Prozent.

Aus der Periode 1864—1883 finden sich bei Maurer („Klima der Schweiz“ 1909, I. Bd., S. 88) die Jahreswerte der Schmelzwasserhöhe für St. Gotthard, Andermatt und Altdorf. Sie ergeben in der Zusammenstellung mit Luzern, Stans und Engelberg eine gute Uebersicht über den Anteil des Schnees am Niederschlag in der Innerschweiz. Wenn auch die 20-jährigen Beobachtungsreihen der sechs Orte zeitlich nicht zusammenfallen, dürften sie dennoch die Grundlage zu weiterer Erörterung bieten. (Tab. 31).

Jährliche Niederschlagshöhe aus Schnee in der Innerschweiz

Tabelle 31

Stationen	St. Gotthard	Andermatt	Engelberg	Stans	Luzern	Altdorf
Schmelzwasserhöhe in mm	1130	610	436	152	116	106
in % der Niederschlagsmenge	58	50	27	10,5	9,5	9

J. Maurer bemerkt: „In tiefern Lagen diesseits unserer Alpen fällt also nahezu der zehnte Teil des Gesamtniederschlages in fester Form; in der Gebirgsregion im Niveau von 1600—1800 m ist es schon etwa die Hälfte des letztern, die als Schnee auftritt.“ Beides trifft zu in unserem Gebiet: in der Gegend am See macht der Schnee 9 bis 10 Prozent des Gesamt-

niederschlag aus; mit der höheren Lage nimmt er regelmäßig zu: Engelberg (1018 m) 27 Prozent, Andermatt (1442 m) 50 Prozent, St. Gotthard (2096 m) 58 Prozent. „Bei der Höhe von 3500 m dürften wohl die vollen 100 Prozent erreicht werden, wo demnach der Niederschlag das ganze Jahr hindurch als Schnee fällt.“ (Maurer 1. c. 89.)

Ganz ähnlich wie das Verhältnis des Schnees zum Gesamtniederschlag ist jenes der Schneetage zu den Tagen mit Niederschlag von wenigstens 1 mm Höhe. Beide Reihen wurden auf Grund der Angaben in den Annalen der Meteorologischen Zentralanstalt und meiner Aufzeichnungen für die nachgenannten Orte in der Periode aller 20 Jahre ausgezählt. Der Prozentbetrag ist nebst den Niederschlag- und Schneetagen in der folgenden Tabelle enthalten.

*Schnee- und Niederschlagstage nach Meereshöhe
in der Innerschweiz. 1913/14—1919/20; 1928/29—1940/41*

Tabelle 32

Stationen	Niederschlagstage	Schneetage	Schneetage in % der Niederschlagstage
Weggis 450 m ü. M.	146	27	19
Altdorf 451 m ü. M.	140	28	20
Stans 465 m ü. M.	146	26	18
Sarnen 474 m ü. M.	137	28	20
Luzern 498 m ü. M.	142	32	22
Lungern 726 m ü. M.	148	42	28
Göschenen 1110 m ü. M.	137	60	44
Engelberg 1018 m ü. M.	157	64	40
Andermatt 1442 m ü. M.	146	84	58
Rigi-Kulm 1787 m ü. M.	160	100	61
Pilatus 2068 m ü. M.	168	111	66
St. Gotthard 2103 m ü. M.	178	135	76

Auch das mittlere tägliche Maximum der Schneemenge nimmt mit der höheren Lage eines Ortes zu, nicht aber die größten und kleinsten gemessenen täglichen Höchstmengen.

Die wenigen zusammenhängenden Schneemessungen hierüber sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt, ähnlich wie die Tagesmaxima des Niederschlages (S. 176).

*Größte tägliche Schneemengen
der Winter 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41
in der Innerschweiz*

Tabelle 33

Stationen	Höchstes Maximum			Kleinstes Maximum			Mittleres Maximum
	cm	Jahr	Tag	cm	Jahr	Tag	
St. Gotthard	120	1914	23. II.	30	1929	12. XII	55
Rigi-Kulm	65	1929	20. X.	25	1939	13. II.	41
Engelberg	95	1938	12. II.	15	1933	21. I.	39
Stans	42	1931	9. III.	8	1935	9./13. III.	21
Luzern	28	1932	10. III.	8	1935	9./13. I.	19
Sarnen	38	1918	3. I.	8	1937	13. II.	18

5. Schneedichte und Schneeformen

Zur Erörterung über die Dichte des Schnees seien die Beobachtungen im Winter 1939/40 gewählt.

Am 26.—28. Oktober fiel der erste Schnee, zum Teil mit Regen, bei einer Temperatur von 4 bis 0,6° C. Vom 7. bis 14. Dezember fielen kleine, mit Regen vermischte Schneemengen; am 14. war der Boden schneefrei. Der eigentliche Winterschnee setzte erst am 27. und 28. Christmonat ein, mit einer Neuschneemenge von 19 cm, bei der Temperatur von —1,5 bis —4,6°. Die Schneedecke blieb ununterbrochen bis 29. Februar 1940. Die Dichte des Neuschnees, der in dieser Periode fiel, die sogleich oder bei der ersten darauffolgenden Meßzeit bestimmt wurde, ist in Tab. 34 verzeichnet.

Aehnlich sind die Ergebnisse anderer schneereicher Winter. Man sieht, daß Schneedichte und Temperatur zur Zeit des Schneefalles in keinem Abhängigkeitsverhältnis zu einander stehen, eher Schneeform und Temperatur. Der leichte, nur locker sich bindende Wildschnee (Sternschnee) fällt gern bei tiefen Temperaturen, aber

Dichte des Neuschnees im Winter 1939/40 in Stans

Tabelle 34

Datum des Neuschnees	Menge cm	Temperatur °C	Dichte	Schneeform
27. Dezember	10	— 1,5	0,049	große Flocken
28. Dezember	9	— 4,6	0,050	
30. Dezember	1	—15,5	0,018	flaumig, kleine Sternchen
11. Januar	2	—10,5	0,017	prächtiger Sternschnee
17. Januar	6	— 3,2	0,051	
18. Januar	8	—12,4	0,052	flockig, leicht
21. Januar	2	—12,0	0,070	
23. Januar	2	— 6,5	0,040	kleine Flocken
28. Januar	3	0,5	0,106	große Flocken
29. Januar	10	— 3,1	0,144	
30. Januar	3	— 3,0	0,120	
12. Februar	6	— 1,0	0,056	flockig
13. Februar	30	—10,5	0,071	große Flocken
14. Februar	2	—14,1	0,085	
18. Februar	6	— 1,0	0,113	
19. Februar	2	— 1,0	0,281	schwerer, nasser Schnee
29. Februar bis 6. März: Boden schneefrei				
7. März	10	— 1,5	0,045	große Flocken, locker
8. März	3	— 4,0	0,064	flockig
9. März bis 29. März: Boden schneefrei				
29. März	6	— 2,0	0,059	

keineswegs ausschließlich. Graupeln als Beispiel des Körnerschnees, die bei ganz verschiedenen Kältegraden fallen können, besitzen eine sehr gleichartige Dichte, nämlich ca. 0,125. Deutlich scheint auch eine Beziehung der Dichte zu Schneefall und Schneemenge in Erscheinung zu treten. Im genannten Winter 1939/40 verteilte sich die in 19 Fällen niedergegangene Schneemenge von 121 cm auf folgende Dichten:

Dichte 0,01—0,05	Schneefall 6 mal	Schneemenge 34 cm
0,05—0,10	8 mal	63 cm
0,10—0,20	2 mal	22 cm
0,20—0,30	1 mal	2 cm

Die Dichte wie die Schneeform beginnen sich mit der Ablage bald zu verändern: der Schnee sinkt zusammen, der Pulver- und Flockenschnee verfestigt sich zu Korn, Harscht oder Schnee Brettern. Je nach den Wärme-, Wind- und Druckverhältnissen entstehen zahlreiche Schichten und Formen. Ausführlicher hierüber zu handeln, liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit. Die Veränderung der Schneedichte in der bleibenden Schneedecke aber sei am Beispiel des Winters 1939/40 besprochen. Der Neuschnee von ca. 18 cm Mächtigkeit, der am 28. Dezember gemessen wurde, erhielt bis 11. Jänner keinen Zuwachs. In dieser Zeit sank er auf 3 cm Höhe zusammen. Die Dichte der ausdauernden Decke wurde an verschiedenen Tagen wie folgt bestimmt:

Dichte am 28. Dez. = 0,050	Dichte am 4. Jan. = 0,182
30. Dez. = 0,094	5. Jan. = 0,196
31. Dez. = 0,108	8. Jan. = 0,218
1. Jan. = 0,125	10. Jan. = 0,241

Diese Zahlen für die Dichte des Neuschnees wie der ausdauernden Schneedecke bewegen sich in den Grenzen, wie sie von G. Seligman („An Examination of Snow Deposits.“ British Ski Yearbook 1932/33/34; cit. in: Der Schnee und seine Metamorphose von H. Bader, R. Haefeli, E. Bucher, J. Neher, O. Eckel, Chr. Thams. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie-Hydrologie Lieferung 3, S. 6) und von W. Paulcke („Praktische Schnee- und Lawinenkunde.“ Berlin 1938, S. 63) gegeben werden. Eine gekürzte Wiedergabe ihrer Bestimmungen ist die Tabelle 35.

Nach unseren Beobachtungen brachten die zahlreichsten und ausgiebigsten Schneefälle trockenen und feuchten Lockerschnee. Der flaumige, stäubende und nicht bindende Wildschnee ist weder häufig noch massig, häufiger der große, flockige, schwere Schnee (siehe Tab. 34, S. 187). Es dürfte demnach die Dichte des gefallenen Schnees in unserer Gegend zwischen 0,1—0,2, aber eher über der Mitte beider Zahlen liegen. Bei der Annahme: Mittlere Dichte = 0,16—0,17 erhalten wir von den 152 cm jährlicher Schmelzwasserhöhe (vgl. S. 184) annähernd die mittlere Schneehöhe oder Schneemenge von 90 cm, wie sie sich aus der Beobachtung ergab (Tab. 16, S. 149).

Dichte verschiedener Schneesorten

Tabelle 35

Nach Seligman		Nach Paulcke	
Wildschnee	0.01 — 0.03	Wildschnee (staubig)	0.01 — 0.05
Frisch gefallener Neuschnee	0.05 — 0.065	Frisch gefallener Lockerschnee	0.05 — 0.10
Gesetzter Schnee, ohne Wind	0.2 — 0.3	Gesetzter Schnee	0.2 — 0.3
Windgepreßter Schnee, frisch ab- gesetzt	0.063 — 0.08		
Brettiger Schnee	ca. 0.28	Trockener Firnschnee	0.4 — 0.6
Neuer Firnschnee	0.4 — 0.55		
Alter Firnschnee	0.55 — 0.65		
Sehr nasser Firn- schnee	0.6 — 0.7	Nasser Firnschnee	0.6 — 0.8

DRITTER ABSCHNITT

Die Schneedecke

Erst die Schneedecke, die für eine längere Zeit den Boden belegt, bringt den richtigen Winter in unsere Landschaft. In den höheren Lagen bis etwa auf 750 Meter herab fällt sie meistens tatsächlich mit der Dauer des Winters zusammen, in den tieferen wird sie allerdings häufig unterbrochen.

Von der Schneedecke haben wir den Reif zu unterscheiden, wenn auch eine Morgenlandschaft im starken Reif einer frisch angeschnittenen Gegend nicht unähnlich sein kann. Schnee ist die Kristallisation des Wasserdampfes in der Atmosphäre; Reifbildungen aber sind Sublimationen, durch die Abkühlung am Boden selbst — Bodenreif, oder an Bäumen und Sträuchern, kurz, an erhöhten Gegenständen jeder Art erzeugt — Raureif oder „Picht“ (auch „Biecht“). Der Reif zeigt gewöhnlich die ersten und letzten Frosttage im Spätherbst und Vorfrühling an. Der erste Herbstreif kann vor oder nach dem ersten Schneefall auftreten. Das mittlere Datum für Luzern (Wesemlin) der letzten 12 Jahre ist der 2. November; für den letzten Reif im Frühling der 16. April. In Stans läßt sich kein einheitliches Datum angeben, da der Reif im Talboden und an dem ansteigenden Gehänge sehr verschieden auftritt. Der Bodenreif fiel oft mit Luzern auf den Tag genau zusammen; er kann aber auch, wie im Frühling 1938, um einen ganzen Monat später einfallen. Der Talboden ist im Spät- und Frühjahr oft stark vom Reif belegt, während die anstoßenden Terrassen und Hügelzüge vollkommen frei von Reif bleiben. Auch die Nähe des Sees vermindert die Bildung des Reifes, was zum Beispiel für die Obstgegenden am Vierländersee von Bedeutung ist.

Unsere Beobachtungen beziehen sich 1. auf den Wechsel von Schneedecke und schneefreier Zeit, 2. auf die Dauer der Schneedecke, 3. auf ihre Verteilung durch die Wintermonate, 4. auf die Höhe der Schneedecke und 5. auf die Schneeschmelze.

1. Schneedecke und schneefreie Zeit des Jahres

In der Uferhöhe des Vierwaldstättersees fällt der erste Schnee durchschnittlich kurz vor Mitte November (siehe S. 116). Dieser Tag, dem der Laubfall meistens kurz vorausgeht, dürfte noch zum richtigen Spätherbst zählen. Auf ihn folgt in der Regel der sogenannte „Martini-Sommer“, einige letzte milde Tage von herbstlicher Schönheit. Dann tritt bald einmal nach einem neuen Schneefall die erste Schneedecke auf. Das mittlere Datum ihres Tages ist für Altdorf der 27. November, für Luzern der 9. Dezember, für Stans der 29. November, für Sarnen der 2. Dezember. Damit hat der Vorwinter eingesetzt, wenn auch nachher der Boden wieder schneefrei wird. Bildung und Unterbruch der Schneedecke können sich ein zweites Mal, seltener noch ein drittes Mal wiederholen, dann bringen Schneefall und Kälte den eigentlichen Winter: „Es schneit ein“. Diese Winterschneedecke hält dann gewöhnlich längere Zeit an, und der Tag des endgültigen Einschneiens ist als der Anfang des Hochwinters zu rechnen.

Doch tritt in der Seehöhe und höher oft mitten in der Winterzeit Schneeschmelze ein; ausnahmsweise kann der Boden durch lange Winterwochen hindurch schneefrei liegen, wie zum Beispiel im ganzen Monat Januar der Jahre 1932 und 1937. Ein kurzer Unterbruch der Winterdecke ist mehrheitlich zu erwarten. In den zwanzig Wintern 1913/14 bis 1919/20 und 1928/29 bis 1940/41 hatte Stans nur viermal eine Schneedecke, die ohne Unterbruch zwei volle Monate dauerte, Altdorf nur ein einziges Mal, Luzern dreimal, Sarnen zweimal, Engelberg weist oft drei bis fünf Monate hindurch eine zusammenhängende Schneedecke auf, und Pilatus-Kulm und St. Gotthard vermerkten sogar sieben- bis neunmonatliche Schneedecken. So deutlich wirkt sich der Höhenunterschied aus. Hier sollen aber hauptsächlich die Verhältnisse der tieferen und mittleren Lagen ins Auge gefaßt werden, wenn wir vom Wechsel von Schneedecke und schneefreier Erde handeln; in der Region des Hochgebirges schieben sich zur Uebergangszeit Sommer und Winter so ineinander, daß das schrittweise Kommen und Gehen des Winters, wie es im Tal zu verfolgen ist, nicht mehr abgegrenzt werden kann.

Macht sich nun der nahende Frühling geltend, der höhere

Sonnenstand und die Wärmezunahme, dann kommt es zum ersten Ausapern des Bodens; der Winter muß fliehen. Aber auch diese Wendung vollzieht sich nicht in einem Mal. Nach der ersten Schneeschmelze, ja, wenn schon Veilchen, Leucojum, Crocus und Anemonen, diese ersten Frühlingskünder unserer Flora, erstehen, kommt es durch Schneefall und Temperatursturz zu einer neuen, meistens nur kurz andauernden Schneedecke, bis das endgültige Ausapern vollzogen ist und der letzte Tag der Schneedecke der Vergangenheit angehört. Ein verspäteter Schneefall in den Vorfrühling vermag sie nicht mehr zu bilden.

So lassen sich, wenn wir mit dem Spätherbst beginnen, folgende Stufen des Ueberganges zum nächsten Frühling unterscheiden:

1. Der Spätherbst: Ende der Vegetationsperiode, der erste Schneefall, Laubfall, „Martini-Sommer“.

2. Der Vorwinter: der erste Tag mit Schneedecke, ihre Schmelze, allfälliges Neuerstehen und Vergehen.

3. Der Hochwinter: Vom endgültigen Einschneien bis zum ersten Ausapern. Bleibende Schneedecke, in den untern Lagen meistens unterbrochen.

4. Der Nachwinter: Erstes Ausapern bis endgültige Schneeschmelze, gelegentliche Schneefälle und vorübergehende Schneedecke.

5. Der Vorfrühling: Letzter Schneefall ohne Bildung einer Schneedecke, erste Frühlingsflora.

6. Der Frühling: Als Höhe des Vollfrühlings nehmen wir den Beginn der Apfelblüte, den Einsatz des phänologischen Frühlings.

Um ein Beispiel anzuführen, seien die entsprechenden Daten für Stans zusammengestellt und auf Grund dieser die Dauer der Zwischenzeiten errechnet. Die zwanzigjährigen Mittelwerte sind folgende:

Tabelle 36

<i>Beginn der Jahreszeit:</i>	<i>Datum:</i>
Spätherbst: Erster Schneefall	13. November
Vorwinter: Erster Tag mit Schneedecke	29. November
Hochwinter: Endgültiges Einschneien	22. Dezember
Nachwinter: Erstes Ausapern	23. Februar
Vorfrühling: Letzter Tag mit Schneedecke	22. März
Frühling: Letzter Schneefall	11. April
Vollfrühling: Apfelblühet	2. Mai

<i>Dauer der Jahreszeiten:</i>	<i>Tage:</i>
Spätherbst: 13.—28. November	16 Tage
Vorwinter: 29. November — 21. Dezember	23 Tage
Hochwinter: 22. Dezember — 22. Februar	63 Tage
Nachwinter: 23. Februar — 22. März	28 Tage
Vorfrühling: 23. März — 10. April	19 Tage
Vegetationsperiode: vom Vorfrühling bis Spätherbst . . .	235 Tage
Vegetationsruhe: vom Spätherbst bis Vorfrühling . . .	130 Tage

Diese Daten, die sich an bestimmte meteorologische Geschehnisse anschließen, geben uns die Möglichkeit, den Winter in den verschiedenen Gegenden des Gebietes, was Verlauf und Dauer anbelangt, zahlenmäßig zu vergleichen und auch die angrenzenden Jahreszeiten genau zu umschreiben. Ich bin mir der Unsicherheiten wohl bewußt, die sich aus den kurzen Beobachtungszeiten ergeben, und ich will meinen Vorschlag mehr als begründete Annahme denn als sicheres Ergebnis einschätzen.

Es mag zum Beispiel die Schwierigkeit entstehen, das endgültige Einschneien, also den Beginn des Hochwinters, zu erkennen, wenn die Schneedecke unterbrochen und wieder erneuert wird. In diesem Fall ist die sorgfältige Beobachtung und jeder genaue Vermerk im Witterungsprotokoll wichtig. Oft hilft der Vergleich mit der temporären Schneegrenze oder der Stationen untereinander zur Entscheidung. Für die Trennung des Nachwinters vom Hochwinter sind phänologische Beobachtungen an Frühblüchern wertvoll. So gehören bei uns die ersten Crocuswiesen und die Leucojen sicher dem Nachwinter oder Vorfrühling an, mag dieser ihren ersten Blumen- gruß noch so streng winterlich mit Schnee und Kälte erwidern. Eine beträchtliche Zahl von Arten, die im vorausgegangenen Herbst ihre Knospen bildeten, entfalten schon in den Schmelztagen, die sicher dem unterbrochenen Hochwinter angehören, ihre Farben. (Vgl. Schröter „Das Pflanzenleben der Alpen“, 1926, S. 964.) So blüht am Südhang des Stanser- und Buochserhorns schon an föhnigen Tagen im Dezember bis Februar oft ein ansehnlicher Flor von *Arabis alpina*, *Ranunculus montanus*, *Potentilla aurea*, *Viola odorata*, *Polygala chamaebuxus*, *Gentiana verna* u. a.

Die zweifelhaften Fälle im Verlauf der zwanzig Winter waren übrigens nicht zahlreich. Es betrifft die Talstationen beim Einschneien im Winter 1916/17 und 1936/37 und beim Ausapern im Winter 1919/20 und 1931/32 und das Einschneien auf Rigi im November oder Dezember 1933. Nach reifer Prüfung ergaben sich die Daten, wie sie in die Tabelle Seite 195/97 eingetragen wurden.

2. Dauer der Schneedecke

Das Auftreten der ersten und letzten Schneedecke und die jährliche und durchschnittliche Zahl der Tage mit Schneedecke ist natürlich selbst in den engen Grenzen der Innerschweiz sehr verschieden. Als „Tag mit Schneedecke“ wird jeder Tag

notiert, der wenigstens bei zwei der offiziellen Messungen eine Schneedecke aufweist, die zur Hälfte bis zu zwei Dritteln die Umgebung des Meßortes ins Winterkleid hüllt. Die Anzahl dieser Tage ist zur Beurteilung des Winters und auch klimatologisch ein wichtiges Element.

a) Die Tage mit Schneedecke. Wir geben zunächst die Mittelwerte für die Dauer der Schneedecke im Winter. Von Altdorf, Luzern, Stans, Sarnen, Engelberg, Rigi und Göschenen haben wir die ganze Serie der zwanzig Winter 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41. Von St. Gotthard sind aus den sonst wertvollen Winteraufzeichnungen jene für 13 Winter verwertbar. Durch die Ausführungen der nächsten Abschnitte wird das Bild der Schneedecke in unserem Gebiet noch ergänzt.

*Dauer der Schneedecke in Tagen
auf St. Gotthard, in Göschenen, Altdorf, Luzern, Stans, Sarnen,
Engelberg und auf Rigi-Kulm*

Tabelle 37

Station	Mittlere Dauer aller Winter	Längste Dauer im Winter	Kürzeste Dauer im Winter
St. Gotthard (13 Winter)	230 Tage	267 Tage 1919/20	208 Tage 1933/34
Göschenen	128,3 Tage	159 Tage 1934/35	89 Tage 1932/33
Altdorf	47,2 Tage	97 Tage 1928/29	12 Tage 1929/30
Luzern	44 Tage	82 Tage 1928/29	12 Tage 1936/37
Stans	56,9 Tage	84 Tage 1939/40	17 Tage 1929/30
Sarnen	49,2 Tage	91 Tage 1928/29	13 Tage 1936/37
Engelberg	133,9 Tage	168 Tage 1917/18 1918/19	80 Tage 1932/33
Rigi-Kulm	182,8 Tage	214 Tage 1936/37	146 Tage 1940/41

Die Schneedeckendauer der einzelnen Winter und ihre Verteilung durch die Monate ist aus den folgenden Tafeln (S. 195/97) zu ersehen.

Sie wurde für Altdorf, Luzern, Stans, Sarnen, Engelberg, Göschenen, Rigi-Kulm und St. Gotthard in Millimeterpapier eingetragen und ihre Daten, genau ausgezählt, vermerkt.

		August			September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April			Mai			Juni			Juli								
Winter		10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	Zahl der	Station	Winter
1935/6	Ad																																		12	Ad	1935/6						
	Lu							*																											12	Lu							
	St								*																											44		St					
	Sa									*																												37	Sa				
	Eb										*																												95	Eb			
1936/7	Gö							*																													90	Gö					
	Ri							*																													166	Ri					
	StG	*																																			237	StG					
	Ad																																					32	Ad				
	Lu							*																														12	Lu				
1937/8	St							*																														24	St				
	Sa							*																														13	Sa				
	Eb							*																														134	Eb				
	Gö							*																														117	Gö				
	Ri							*																														214	Ri				
1938/9	StG							*																														229	StG				
	Ad							*																														54	Ad				
	Lu							*																															39	Lu			
	St							*																															76	St			
	Sa							*																															62	Sa			
1939/40	Eb							*																															130	Eb			
	Gö							*																															136	Gö			
	Ri							*																															186	Ri			
	StG							*																															230	StG			
	Ad							*																															65	Ad			
1940/1	Lu							*																															72	Lu			
	St							*																															80	St			
	Sa							*																															59	Sa			
	Eb							*																																122	Eb		
	Gö							*																															123	Gö			
1939/40	Ri							*																															182	Ri			
	StG							*																															219	StG			
	Ad							*																															72	Ad			
	Lu							*																															80	Lu			
	St							*																															84	St			
1940/1	Sa							*																															82	Sa			
	Eb							*																															146	Eb			
	Gö							*																															137	Gö			
	Ri							*																															150	Ri			
	StG							*																															214	StG			
1940/1	Ad							*																															51	Ad			
	Lu							*																															48	Lu			
	St							*																															67	St			
	Sa							*																															50	Sa			
	Eb							*																																122	Eb		
1940/1	Gö							*																															145	Gö			
	Ri							*																															146	Ri			
	StG							*																															240	StG			

Schneedecke in Stans

Tabelle 38

Winter	Erster Tag mit Schneedecke	Letzter	Einschneien	Ausapern	Tage mit Schneedecke im :			
					V	H	N	Total
1913/14	19. XII.	3. III.	29. XII.	11. II.	3	43	5	51
1914/15	18. XI.	14. III.	18. I.	4. III.	9	49	7	65
1915/16	18. XI.	30. III.	15. XII.	11. III.	10	42	1	53
1916/17	21. X.	18. IV.	6. XII.	17. II.	9	58	6	73
1917/18	15. XI.	15. III.	4. XII.	25. I.	1	52	4	57
1918/19	22. XII.	1. V.	19. I.	20. II.	1	33	9	43
1919/20	28. X.	15. III.	9. XII.	23. I.	13	19	7	39
1928/29	29. XI.	7. IV.	17. XII.	4. III.	4	78	3	85
1929/30	18. XII.	25. II.	18. XII.	25. II.	—	17	—	17
1930/31	5. XI.	1. IV.	26. I.	1. IV.	3	65	—	68
1931/32	11. XII.	14. IV.	11. XII.	20. III.	—	48	2	50
1932/33	7. XII.	1. III.	7. XII.	1. III.	—	46	—	46
1933/34	25. XI.	5. III.	25. XI.	15. II.	1	69	3	73
1934/35	2. I.	15. III.	2. I.	12. II.	—	38	13	51
1935/36	4. XII.	16. II.	4. XII.	16. II.	—	43	—	43
1936/37	7. XII.	27. III.	13. II.	27. III.	1	23	—	24
1937/38	6. XII.	21. IV.	6. XII.	4. III.	—	74	2	76
1938/39	18. XII.	28. III.	18. XII.	16. II.	—	60	20	80
1939/40	27. X.	30. III.	28. XII.	29. II.	12	65	7	84
1940/41	29. XI.	26. II.	12. XII.	27. I.	7	51	9	67
Mittel:	29. XI.	22. III.	22. XII.	23. II.	3,6	50	4,4	57

Schneedecke in Luzern

Tabelle 39

Winter	Erster Tag mit Schneedecke	Letzter	Einschneien	Ausapern	Tage mit Schneedecke im:			
					V	H	N	Total
1913/14	25. XII.	12. II.	29. XII.	12. II.	1	45	—	46
1914/15	18. I.	29. III.	18. I.	2. III.	—	26	7	33
1915/16	27. XI.	9. III.	13. XII.	9. III.	1	28	—	29
1916/17	5. XII.	25. III.	5. XII.	11. II.	—	45	8	53
1917/18	3. XII.	3. III.	3. XII.	17. I.	—	28	3	31
1918/19	22. XII.	5. IV.	23. I.	17. II.	1	24	9	33
1919/20	28. X.	14. III.	7. XII.	6. I.	7	19	7	33
1928/29	17. XII.	7. IV.	17. XII.	11. III.	—	80	2	82
1929/30	17. XII.	12. III.	17. XII.	25. II.	—	13	1	14
1930/31	18. I.	26. III.	18. I.	26. III.	—	62	—	62
1931/32	29. XII.	15. III.	29. XII.	3. III.	—	26	6	32
1932/33	9. XII.	23. IV.	19. I.	1. III.	—	32	2	34
1933/34	25. XI.	10. II.	8. XII.	10. II.	—	70	—	70
1934/35	8. I.	12. III.	8. I.	10. II.	—	29	8	37
1935/36	4. XII.	14. IV.	4. XII.	15. II.	—	38	4	42
1936/37	7. X.	27. III.	14. II.	27. III.	4	8	—	12
1937/38	6. XII.	28. II.	6. XII.	28. II.	—	39	—	39
1938/39	19. XII.	26. III.	19. XII.	14. II.	—	72	—	72
1939/40	26. X.	30. III.	28. XII.	28. II.	10	63	7	80
1940/41	12. XII.	23. II.	12. XII.	22. I.	—	42	6	48
Mittel:	9. XII.	18. III.	24. XII.	20. II.	1	39	4	44

Schneedecke in Engelberg

Tabelle 40

Winter	Erster Tag mit Schneedecke	Letzter	Einschneien	Ausapern	Tage mit Schneedecke im:			
					V	H	N	Total
1913/14	5. XII.	11. V.	5. XII.	31. V.	—	117	2	119
1914/15	12. XI.	18. IV.	12. XI.	18. IV.	—	158	—	158
1915/16	1. X.	25. IV.	13. XII.	25. III.	25	98	5	138
1916/17	16. X.	30. IV.	21. XI.	30. IV.	7	161	—	168
1917/18	11. X.	23. IV.	29. X.	30. III.	12	152	4	168
1918/19	10. XII.	11. IV.	17. XII.	9. IV.	1	113	1	115
1919/20	16. X.	7. V.	11. XI.	20. III.	20	131	3	154
1928/29	27. XI.	17. IV.	27. XI.	17. IV.	—	142	—	142
1929/30	8. XII.	9. V.	17. XII.	25. III.	3	98	12	113
1930/31	25. X.	22. IV.	10. XII.	7. IV.	19	118	1	138
1931/32	26. X.	21. IV.	10. XII.	27. III.	4	109	10	123
1932/33	5. XII.	22. III.	6. I.	16. III.	8	70	2	80
1933/34	27. X.	1. IV.	27. X.	1. IV.	—	157	—	157
1934/35	16. X.	20. V.	16. XII.	12. IV.	6	117	5	128
1935/36	21. X.	17. IV.	3. XII.	10. III.	6	88	1	95
1936/37	7. X.	9. IV.	1. XII.	9. IV.	4	130	—	134
1937/38	11. XI.	21. V.	3. XII.	31. III.	2	119	9	130
1938/39	28. X.	28. IV.	21. XII.	9. IV.	9	110	3	122
1939/40	23. X.	17. V.	5. XII.	25. III.	22	111	13	146
1940/41	28. XI.	9. IV.	28. XI.	26. III.	—	120	2	122
Mittel:	2. XI.	24. IV.	1. XII.	1. IV.	7	121	4	132

Schneedecke auf Rigi-Kulm

Tabelle 41

Winter	Erster Tag mit Schneedecke	Letzter	Einschneien	Ausapern	Tage mit Schneedecke	
					i. Hochwinter	Total
1913/14	10. IX.	10. VI.	24. XI.	21. IV.	117	168
1914/15	19. IX.	10. V.	11. XI.	10. V.	180	189
1915/16	4. IX.	6. VI.	12. XII.	3. V.	140	182
1916/17	15. IX.	9. V.	16. X.	24. IV.	205	206
1917/18	11. X.	3. V.	11. X.	3. V.	205	205
1918/19	30. VIII.	16. VII.	27. XI.	24. V.	169	193
1919/20	30. VIII.	7. V.	26. X.	2. III.	128	173
1928/29	1. X.	18. V.	24. XI.	18. V.	169	189
1929/30	10. X.	12. VII.	7. XII.	28. IV.	156	198
1930/31	6. X.	10. V.	6. XII.	10. V.	153	189
1931/32	23. IX.	8. VI.	1. XII.	11. V.	163	171
1932/33	3. X.	31. V.	4. I.	29. IV.	150	182
1933/34	22. IX.	8. V.	23. XI.	2. IV.	131	164
1934/35	2. IX.	23. V.	16. XII.	23. V.	158	196
1935/36	2. X.	6. VI.	29. XI.	31. III.	124	166
1936/37	28. IX.	17. V.	1. XII.	17. V.	168	214
1937/38	11. IX.	2. VI.	10. XI.	14. IV.	156	186
1938/39	1. XI.	15. VI.	1. XII.	20. IV.	141	182
1939/40	28. IX.	16. IV.	26. XII.	2. III.	65	150
1940/41	23. XI.	17. IV.	23. XI.	17. IV.	98	146
Mittel:	21. IX.	20. V.	25. XI.	24. IV.	144	182

Aus den drei Tafeln ergibt sich deutlich, daß der Winter unserer Täler in seinem Gesamtbild weitgehend übereinstimmt. Meistens treten zum Hochwinter eine Anzahl Vor- und Nachwintertage hinzu. Auch dort, wo die Schneedecke unterbrochen wird, bleibt dieses Zusammengehen, so z. B. im Winter 1915/16 und 1937/38. Im Winter 1938/39 lehnt sich sogar Rigi-Kulm eng an die Talstationen an. Auffällig ist sodann, wie der eigentliche Winter fast auf den Tag genau in den verschiedenen Höhen einsetzt, die Vorboten des Winters aber sich verschieden einstellen. Selbst das warme Reußtal beginnt seinen Winter nicht später; auch das Ausapern und die letzten Tage mit Schneedecke setzt es nicht früher an als die anderen Talstationen, und wenn einmal der Winteranfang sich verzögert, so wird die Ausnahme wieder behoben durch ein früheres Datum in einem anderen Jahr. Man vergleiche die Winter 1933/34 und 1930/31. — Engelberg zeigt am schönsten die ununterbrochene Schneedecke des Hauptwinters. Sie ist nur geteilt im Winter 1935/36 und 1915/16, dieses letzte Mal gemeinsam mit der Winterdecke auf Rigi-Kulm. Diese beiden Stationen gehen im Winteranfang oft parallel, mehrmals ist Engelberg, entgegen dem bedeutenden Höhenunterschied, dem Rigi voran. Auch das Ausapern auf Rigi kann der Schneeschmelze in Engelberg voraus sein; so trifft dies zu im Winter 1939/40.

b) Verlauf der Schneedecke und Zwischenzeiten. Die in der Uebersicht (S. 195/97) gegebenen Angaben bedürfen noch der Ergänzung durch Zahlen. Um Gleichartiges nicht zu wiederholen, heben wir nur von Stans, Luzern, Engelberg, und Rigi-Kulm die jährlichen Daten des ersten und letzten Tages mit Schneedecke heraus, sowie den Tag des Einschneiens und Ausaperns und die Anzahl der Tage mit Schneedecke. (Tab. 38—41.) Abkürzungen: H = Hochwinter, V = Vorwinter, N = Nachwinter, W = die ganze Winterzeit. Bei den alpinen Stationen wurden nur Hochwinter und Gesamtzahl der Tage mit Schneedecke unterschieden, weil sich in diesen Regionen Sommer und Winter zu sehr in einander verschieben.

Winterdaten der Innerschweiz

Tabelle 42

Station	Erster Tag mit Schneedecke	Letzter Tag	Einschneien	Ausapern	Dauer der Beobachtungen
<i>Sarnen</i>	frühestes Datum 21. X. 1916 spätestes Datum 12. II. 1937 mittleres Datum 2. XII.	17. II. 1936 21. IV. 1938 22. III.	29. XI. 1933 14. II. 1937 24. XII.	21. I. 1941 26. III. 1939 4. III.	20 Winter: 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41
<i>Pilatus</i>	frühestes Datum 23. VII. 1940 spätestes Datum 22. XI. 1938 mittleres Datum 22. IX.	30. V. 1935 11. VII. 1936 11. VI.	27. IX. 1936 3. XII. 1939 28. X.	4. V. 1934 9. VI. 1941 27. V.	12 Winter: 1929/30—1940/41
<i>Altdorf</i>	frühestes Datum 20. X. 1929 spätestes Datum 2. I. 1935 mittleres Datum 27. XI.	2. III. 1914 23. IV. 1933 29. III.	2. XII. 1917 18. I. 1918 27. XII.	23. I. 1920 29. III. 1931 27. II.	20 Winter: 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41
<i>Gurtellen</i>	frühestes Datum 8. X. 1936 spätestes Datum 28. XI. 1940 mittleres Datum 1. XI.	10. III. 1939 20. V. 1935 23. IV.	— — —	— — —	8 Winter: 1933/34—1940/41 Angaben für Einschneien und Ausapern fehlen.
<i>Göschenen</i>	frühestes Datum 23. IX. 1936 spätestes Datum 11. XII. 1913 mittleres Datum 25. X.	17. IV. 1940 23. VI. 1933 6. V.	29. X. 1939 7. I. 1933 2. XII.	8. III. 1933 30. IV. 1917 28. III.	20 Winter: 1913/14—1919/20 und 1928/29—1940/41
<i>Andermatt</i>	frühestes Datum 22. IX. 1933 spätestes Datum 8. XI. 1940 mittleres Datum 11. X.	18. IV. 1936 25. VI. 1933 14. V.	7. X. 1936 4. I. 1933 29. XI.	21. III. 1930 21. V. 1938 20. IV.	15 Winter: 1913/14 und 1914/15 1928/29—1940/41
<i>St. Gotthard</i>	frühestes Datum 2. VIII. 1917 spätestes Datum 8. XI. 1935 mittleres Datum 30. IX.	22. V. 1940 28. VII. 1918 25. VI.	1. X. 1915 21. XI. 1938 29. X. ¹⁾	21. V. 1914 23. VII. 1933 17. VI.	20 Winter: 1913/14—1919/20 1928/29—1940/41

¹⁾ Dieses Datum müßte bei genauer Beobachtung wohl früher angesetzt werden.

Ergänzen wir die vorhergehenden Angaben durch die entsprechenden Grenz- und Mittelwerte der anderen Stationen unseres Gebietes, soweit genügende Daten über die Schneedecke vorhanden oder erhältlich waren. In der Tabelle 42 sind sie für Sarnen, Pilatus, Altdorf, Gurtnellen, Göschenen, Andermatt und St. Gotthard gegeben. Weggis und Lungern notierten keine laufenden Beobachtungen über Tage mit Schneedecke.

In der folgenden Uebersicht sind noch die Zwischenzeiten in Mittelwerten zusammengefaßt (Tab. 43). Sie enthält die Beobachtungen des Gebietes, die Stationen nach der Meereshöhe geordnet, und mag dem Leser ein Bild vermitteln, wie der Winter nach der Höhe hin wächst.

Dauer des Winters in verschiedener Höhe

Tabelle 43

In		Es dauert		Der Boden ist schneebedeckt	
		der Winter	der Hochwinter	im Winter	im Hochwinter
<i>Altdorf</i>	451 m	124 Tage	68 Tage	45 Tage	40 Tage
<i>Stans</i>	465 m	121 Tage	65 Tage	58 Tage	50 Tage
<i>Sarnen</i>	474 m	111 Tage	68 Tage	46 Tage	42 Tage
<i>Luzern</i>	498 m	99 Tage	58 Tage	44 Tage	39 Tage
<i>Engelberg</i>	1018 m	174 Tage	121 Tage	132 Tage	121 Tage
<i>Göschenen</i>	1110 m	193 Tage	116 Tage	126 Tage	100 Tage
<i>Andermatt</i>	1442 m	214 Tage	142 Tage	154 Tage	138 Tage
<i>Rigi-Kulm</i>	1787 m	245 Tage	151 Tage	182 Tage	144 Tage
<i>Pilatus</i>	2068 m	263 Tage	234 Tage	230 Tage	211 Tage
<i>St. Gotthard</i>	2103 m	272 Tage	230 Tage	239 Tage	230 Tage

Die beigebrachten Tabellen dieses Abschnittes ermöglichen eine vergleichende Zusammenfassung über die

Dauer des Winters in der Innerschweiz

A. Die Mittelwerte

1. Die Tage des Winters nehmen mit der Höhe eines Ortes zu. Luzern hat zum Beispiel 98 Tage Winter, St. Gotthard 272. Es spielen aber auch klimatische Einflüsse zur Höhenlage mit. Der Hochwinter, sowohl was seine Länge als die Zahl der Tage mit Schneedecke anbelangt, zeigt diese Beeinflussung noch besser als der Gesamtwinter. Göschenen hat, obwohl fast 100 m höher gelegen, einen kürzeren Hochwinter als Engelberg, ebenso ist der Boden in Göschenen an 15 Tagen ohne Schneedecke, während er in Engelberg während des Hochwinters nur an zwei Tagen schneefrei ist. Die S-N-Lage des Tales und die dadurch bedingten Südwinde bewirken in Göschenen ein für alle Monate höheres Normalmittel der Wärme. Dadurch verkürzt sich der Winter, obwohl die Schneemenge in Göschenen 485, in Engelberg 418 cm beträgt.

2. Von den Talstationen hat Altdorf zuerst eine Schneedecke, dann folgen Stans, Sarnen, Luzern. Auch hier wirken regionale Einflüsse mit, um die normale Folge zu stören: Luzern, als die höchstgelegene der vier genannten Stationen, hat den kürzesten Winter und auch die wenigsten Tage mit Schneedecke im Hochwinter. Der Einfluß des nahen Mittellandes ist nicht zu verkennen. In Altdorf ist dafür die große Zahl der Hochwintertage mit schneefreiem Boden zu vermerken.

Luzern ist zuerst ohne Winterdecke, am 18. März, dann Sarnen, Altdorf und zuletzt Stans. Die Differenz beträgt nur vier Tage. Ueberraschend wirkt, daß Altdorf im Zeitraum unserer Beobachtung den längsten Winter hat (die meisten Tage zwischen erster und letzter Schneedecke). Die lange schneefreie Zeit des Hochwinters offenbart dann allerdings besser den milden Charakter des unteren Reußtales: Altdorf erreicht 17 solcher Tage, Luzern nur 18.

3. Schon in Engelberg verlängert sich die Schneedecke des Hochwinters um 118 Tage. Die schneefreie Zeit des Hochwinters aber sinkt auf zwei Tage. In Andermatt ist das Verhältnis 138 und 3 Tage, auf dem Inselberg Pilatus ist es wieder 213 und 18 Tage, und auf St. Gotthard fällt das Ende der Hochwinterdecke mit dem Schlusse des Winters überhaupt zu-

sammen. Entsprechend verkürzt sich der Vorwinter der höheren Lagen, ebenso aber auch der Frühling und der Herbst der Berge. So reicht zum Beispiel auf St. Gotthard der Winter dem scheidenden Sommer die Hand. Auch auf Rigi und Pilatus legt sich oft in den Sommermonaten eine Schneedecke von mehreren Tagen. Der Lawinenschnee in den Runsen und „Zügen“ und der Wechsel in den Bodenformen und die damit bedingte verschiedene Insolation des Geländes bewirken, daß Winter, Frühling und Sommer oft auf kurzer Wanderstrecke am Berg rasch nacheinander zu treffen sind. Dieser Umstand übt einen ganz besondern Reiz auf den aufmerksamen Berggänger aus.

B. Die einzelnen Jahre

Im Lauf der Jahre schwankt die Dauer der Schneedecke innert weiten Grenzen. Die Orte am See weisen die relativ größten Schwankungen auf. So hat Altdorf die längste Schneedeckendauer von 97 Tagen und ein Minimum von 12 Tagen, Sarnen 91 und 13 Tage, Luzern 82 und 12 Tage; die Schneedecke in Stans schwankt zwischen 84 und 17 Tagen, jene von Engelberg innert 168 und 80 Tagen, jene von Göschenen zwischen 159 und 89 Tagen. Andermatt, allerdings in einer kurzen Beobachtungszeit, wechselt zwischen 166 und 159 Tagen, St. Gotthard zwischen 267 und 208 Tagen. Größer ist wieder die Schwankung auf Rigi-Kulm: 246 und 214 Tage, kleiner auf dem andern Inselberg am See, dem Pilatus, nämlich zwischen 225 und 208 Tagen.

Die Grenzwerte der verschiedenen Stationen fallen keineswegs in das gleiche Jahr. Eine gewisse Angleichung ist aber doch vorhanden. So trifft das Maximum für Luzern und Stans in den Winter 1939/40, das Maximum von Altdorf, Sarnen und Engelberg in den Winter 1928/29, das Minimum von Engelberg und Göschenen auf 1932/33, das Minimum der drei Bergstationen Rigi-Kulm, Pilatus und St. Gotthard auf 1933/34. Es sind ähnliche Verhältnisse, wie sie sich ergaben für die Maxima und Minima der Schneefalltage (vgl. S. 128) und der Schneemenge (vgl. S. 154).

Der Abstand zwischen Maximum und Minimum erreicht bei den Talstationen 58 (bei Luzern) bis 85 Tage (Altdorf). Bei den höher gelegenen Stationen sinkt er, z. B. von Engelberg (90) auf Göschenen (70), Rigi (66) und St. Gotthard (56

Tage). Andermatt und Pilatus lassen sich — wegen der kurzfristigen Mittelwerte von 7 Jahren — nicht zu Vergleichen verwerten.

3. Verteilung der Schneedecke auf die Wintermonate

Wie sich die Schneedecke im Lauf der Winter auf die Monate verteilt, ergibt sich aus der Tabelle (S. 195/97). In der folgenden Zusammenstellung ist sie für Stans zahlenmäßig wiedergegeben, um daraus das monatliche Mittel der Schneebedeckung zu berechnen.

Stans: Verteilung der Schneedecke auf die Monate

Tabelle 44

Winter	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Total
1913/14	—	—	5	31	14	1	—	—	51 Tage
1914/15	—	9	—	16	28	11	—	—	65 Tage
1915/16	—	10	10	6	13	13	1	1	53 Tage
1916/17	2	7	19	23	17	5	—	—	73 Tage
1917/18	—	1	28	25	—	3	—	—	57 Tage
1918/19	—	—	1	13	20	4	4	1	43 Tage
2919/20	3	9	14	6	—	7	—	—	39 Tage
1928/29	—	2	10	30	28	12	3	—	85 Tage
1929/30	—	—	8	1	1	—	—	—	17 Tage
1930/31	—	—	1	8	28	31	—	—	68 Tage
1931/32	—	—	19	—	18	12	1	—	50 Tage
1932/33	—	—	17	15	1	13	—	—	46 Tage
1933/34	—	6	31	18	15	3	—	—	73 Tage
1934/35	—	—	—	30	7	14	—	—	51 Tage
1935/36	—	—	28	3	12	—	—	—	43 Tage
1936/37	—	—	1	—	9	12	2	—	24 Tage
1937/38	—	—	26	27	18	4	2	—	76 Tage
1938/39	—	—	13	31	16	21	—	—	80 Tage
1939/40	5	—	12	31	29	7	—	—	84 Tage
1940/41	—	5	26	27	9	—	—	—	67 Tage
Mittel aus 20 Wintern	0,5	2,4	13,4	17,1	14,1	8,5	0,8	0	56,8 Tage

Es liegt also in Stans, in der Höhe von 450 m, die Schneedecke im Monat:

Tabelle 45

Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai
ca. $\frac{1}{2}$ Tag	2 Tage	$13\frac{1}{2}$ Tage	17 Tage	14 Tage	$8\frac{1}{2}$ Tag	$\frac{1}{2}$ Tag	$\frac{5}{4}$ Std.

In gleicher Weise wurden die andern Stationen errechnet. Das Ergebnis ist — Stans miteinbezogen — in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

*Monatliche mittlere Dauer der Schneedecke
in verschiedener Höhe über Meer in Tagen*

Tabelle 46

Stationen	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli
Luzern	—	—	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	10	$13\frac{1}{2}$	12	7	1	—	—	—
Altdorf	—	—	ca. $\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{5}$	12	$13\frac{2}{5}$	$12\frac{1}{5}$	6	ca. $1\frac{1}{5}$	—	—	—
Sarnen	—	—	ca. $\frac{1}{2}$	ca. 2	$13\frac{1}{2}$	12	11	ca. 6	$\frac{1}{2}$	—	—	—
Stans	—	—	$\frac{1}{2}$	2	$13\frac{1}{2}$	17	14	$8\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	—	—
Göschenen	—	—	5	$11\frac{1}{3}$	22	27	$25\frac{1}{3}$	23	11	1	$\frac{1}{3}$	—
Engelberg	—	—	$3\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{2}$	$24\frac{1}{3}$	$29\frac{1}{3}$	$28\frac{1}{4}$	$28\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	—	—
Andermatt	—	$\frac{1}{2}$	6	18	24	29	$28\frac{1}{4}$	28	17	3	$\frac{1}{2}$	—
Rigi-Kulm	0	2	10	19	29	31	28	$30\frac{1}{2}$	25	11	2	$\frac{1}{2}$
Pilatus	0	$2\frac{1}{2}$	14	22	30	30	28	31	30	$23\frac{1}{2}$	4	0
St. Gotthard	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	9	$26\frac{1}{2}$	31	31	$28\frac{1}{4}$	31	30	29	14	$\frac{1}{3}$

Die Zusammenstellung zeigt, wie eine andauernde Schneedecke während eines oder mehrerer Monate durchschnittlich erst in der Höhe von Engelberg auftritt, und zwar ist der Februar voll belegt, dem Januar und März fehlen zwei bis drei Tage, dem Dezember beinahe sieben. Göschenen hat in den gleichen Monaten weniger Tage mit Schneedecke, entgegen seiner höheren Lage ü. M. Kein Monat ist voll belegt. Auf Rigi-Kulm liegt

die Schneedecke von Dezember bis März, auf Pilatus kommt noch der April dazu, auf St. Gotthard bis auf zwei bis drei Tage auch der Mai und November. Es besteht eine große Uebereinstimmung der monatlichen Schneedecke mit dem Monatsmittel der Schneefalltage (vgl. Tabelle 11). Hier wie dort zeigt es sich hübsch, wie der Winter nach der Höhe hin sich verbreitert, und zwar steigt die Zahl der Tage mit Schneedecke rascher im Vorwinter an, als sie im Nachwinter abnimmt. Der zeitliche Mittelpunkt der Schneelandschaft fällt also vom Januar der niederen Lagen auf den Februar, März und April in den höheren Regionen.

Die Talstationen stimmen ziemlich überein. Die etwas größere Zahl der Schneedeckentage in Stans ist aus seiner Schattenlage und der kurzen Insolationszeit im Hochwinter zu erklären. Am deutlichsten werden die Verhältnisse sichtbar, wenn wir die drei Grenzlinien der 10 und 20 Tage und der Vollmonate mit Schneedecke ziehen, wie es in der Zusammenstellung geschehen ist.

4. Schneehöhe oder Höhe der dauernden Schneedecke

Die Tagebücher der meteorologischen Stationen geben in der Regel wöchentlich, alle Freitage, Auskunft über die Schneehöhe. Wertvoll waren für unsere Untersuchung auch die vielen täglichen Messungen von Luzern, Sarnen, Engelberg und Stans, die oft durch längere Zeiten des Winters unterhalten wurden. In Engelberg und Stans erfolgten solche Beobachtungen oft mehrmals im Tag. Für die Beurteilung der Schneeschmelze gab dies wertvolle Anhalte.

Fragen wir zunächst: „Welche Mächtigkeit erreicht die dauernde Schneedecke in der Innerschweiz?“ und vergleichen wir die maximalen Jahreszahlen ungleicher und gleicher Höhenlagen miteinander. Als Beispiele verschiedener Höhe ü. M. wählen wir die Stationen Luzern (498m), Engelberg (1018m), Rigi-Kulm (1787m), St. Gotthard (2103m). Die Tabelle 47 enthält die maximalen Jahreszahlen für die 20 Winter dieser Orte, auch die Daten der Beobachtungen.

Maximale Schneehöhen in verschiedenen Höhenlagen

Tabelle 47

Winter	Luzern		Engelberg		Rigi-Kulm		St. Gotthard	
	cm	Datum	cm	Datum	cm	Datum	cm	Datum
1913/14	21	31. XII.	62	9. I.	150	27. III.	490	27. III.
1914/15	18	26. II.	114	9. III.	270	26. II.	495	26. II.
1915/16	30	26. II.	62	10. III.	155	10. III.	670	31. III.
1916/17	19	20. XII.	58	19. XII.	210	27. IV.	640	27. IV.
1917/18	22	9. I.	81	11. I.	180	11. I.	310	26. IV.
1918/19	42	2. IV.	43	11. II.	250	4. IV.	348	17. I.
1919/20	26	10. III.	50	26. XII.	150	26. XII.	230	19. III.
1928/29	27	26. I.	100	26. I.	169	25. I.	250	3. V.
1929/30	6	22. II.	25	27. XII.	120	18. IV.	270	25. IV.
1930/31	77	11. III.	135	22. II.	280	13. III.	240	13. 20. II
1931/32	26	11. III.	44	11. III.	65	10. III.	230	8. 15. IV.
1932/33	20	21. II.	30	24. II.	60	20. I.	150	20. I.
1933/34	10	29. I.	58	13. III.	70	16. III.	275	23. III.
1934/35	13	8. III.	105	5. III.	220	8. III.	230	8. III.
1935/36	9	6. XII.	40	21. XII.	110	24. XII.	370	27. III.
1936/37	10	5. III.	50	25. III.	180	26. III.	275	9. IV.
1937/38	22	14. II.	130	12. II.	160	25. II.	160	18. II.
1938/39	15	13. III.	88	18. III.	200	24. III.	335	19. V.
1939/40	30	16. II.	70	16. II.	120	8. III.	195	18. IV.
1940/41	25	7. II.	85	13. XII.	120	7. II.	220	24. I.
Mittel:	23,4 cm		71,5 cm		161,9 cm		319,1 cm	

Die größte Schneehöhe für Luzern (77 cm), Engelberg (135 cm) und Rigi-Kulm (280 cm) fällt in den Winter 1930/31, während St. Gotthard im gleichen Winter nur etwa auf einem Drittel des Maximums zurücksteht. Sein größter gemessener Betrag fällt in den Winter 1915/16, nämlich 670 cm Schneehöhe. Es mag auffallen, daß die maximale Schneehöhe auf St. Gotthard nie im Dezember erreicht wird, sondern immer erst nach der Jahreswende. Die größte Schneehöhe wurde zweimal im Januar, dreimal im Februar, sechsmal im März, sechsmal im April, zweimal im Mai erreicht. Schon auf Rigi-Kulm verlegt sich das Maximum der Schneehöhe in die Monate Dezember bis April, am häufigsten, nämlich neunmal, in den März. In Engelberg dagegen wurde die größte Schneehöhe schon fünfmal im Dezember gemessen, dreimal im Januar, fünfmal im Februar, siebenmal im März. In Luzern fiel die höchste Schneedecke am häufigsten in den Februar

(achtmal) und März (fünfmal), dreimal in den Dezember und Januar und einmal in den April. Diese Zahlen zeigen, wie verschieden das Regiment des Winters sich verteilt; denn die Zeit der andauernden Schneedecke ist immer auch die Zeit des Wintersportes und der winterlichen Arbeit der Bergbauern in der Abfahrt der Wildheustristen und der Holzer, wo sie in den Reistbahnen den Holzbruch zu Tal bringen.

Maximale Schneehöhe bei gleicher Höhenlage

Tabelle 48

Winter	Stans		Sarnen		Luzern		Altdorf	
	cm	Datum	cm	Datum	cm	Datum	cm	Datum
1913/14	23	31. XII.	18	13 I.	21	31. XII.	28	11. I.
1914/15	15	28. I.	14	28. I.	18	26. II.	11	28. I.
1915/16	22	26. II.	19	24. II.	30	26. II.	20	22. XII.
1916/17	18	20. XII.	—	—	19	20. XII.	13	18. I.
1917/18	18	9. I.	15	28. XII.	22	9. I.	40	10. I.
1918/19	28	2. IV.	40	2. IV.	42	2. IV.	—	—
1919/20	33	10. III.	19	10. XII.	26	10. III.	28	10. XII.
1928/29	18	4. III.	25	25. I.	27	26 I.	10	17. I.
1929/30	24	25. I.	25	25. I.	17	12. III.	—	—
1930/31	80	11. III.	78	11. III.	77	11. III.	40	11. III.
1931/32	30	11. III.	16	31. XII.	26	11. III.	27	11. III.
1932/33	22	24. II.	15	10. XII.	21	21. II.	—	—
1933/34	15	30. I.	17	5. I.	10	29. I.	—	—
1934/35	18	8. III.	15	28. I.	13	8. III.	25	2. III.
1935/36	30	24. XII.	25	24. XII.	9	6. XII.	—	—
1936/37	10	5. III.	8	13. II.	10	5. III.	23	13. II.
1937/38	25	6. I.	32	12. II.	22	14. II.	28	12. II.
1938/39	36	30. X.	28	29. XII.	15	13. III.	35	29. XII.
1939/40	27	16. XII.	30	13. II.	30	16. II.	3,5	6. III.
1940/41	15	7. II.	26	14. XII.	25	7. II.	12	7. I.
Mittel:	25,3 cm		24,4 cm		23,4 cm		23 cm	

Wie sich die Schneehöhe an Orten von gleicher Höhenlage verhält, mögen die Zahlen von Stans, Sarnen, Luzern und Altdorf (Tab. 48) ergeben, sodann die Gegenüberstellung von Engelberg und Göschenen, sowie von Pilatus und St. Gotthard. Von den letzten beiden Gruppen dürften die Mittel-

werte genügen. Von Altdorf sind nicht alle Jahreszahlen vorhanden.

In G ö s c h e n e n erreichte die Schneedecke in den Jahren 1913 bis 1920 den Mittelwert von 91 cm — später wurden keine Angaben für die totale Schneehöhe gemacht —, in E n g e l b e r g während der gleichen Zeit 67 cm. Vom Pilatus stunden ebenfalls Messungen aus 7 Wintern zur Verfügung. Die entsprechenden mittleren Höchstbeträge waren: für St. G o t t h a r d 319,1 cm, für P i l a t u s 309 cm.

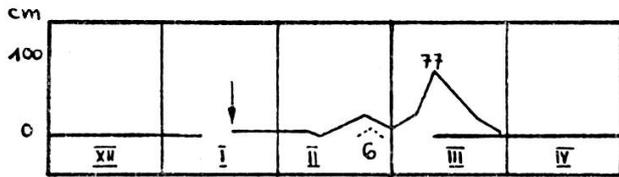
In gleichen Höhenlagen nähert sich das mittlere Maximum einem gemeinsamen Wert, so verschieden auch die jährlichen Höchstbeträge sind, eine längere Beobachtungsreihe vorausgesetzt. Für St. Gotthard und Pilatus erhalten wir bei einer größeren Reihe von Messungen jedenfalls mehr ausgeglichene Zahlen.

Der Verlauf der Schneehöhe während eines Winters; ihr Steigen und Fallen, läßt sich graphisch darstellen, wenn wir die Beobachtungsdaten der wöchentlichen Messung auf der Waagrechten und die Schneehöhen auf der Senkrechten des Koordinatensystems eintragen. Die Darstellung kann auf andere Winter und Stationen erweitert werden. So wurde in den untenstehenden Kurven der Winter mit der größten und kleinsten maximalen Schneehöhe, also ein schneereicher und ein schneearmer Winter, der Orte Luzern, Engelberg, Rigi-Kulm und St. Gotthard veranschaulicht (Fig. 21).

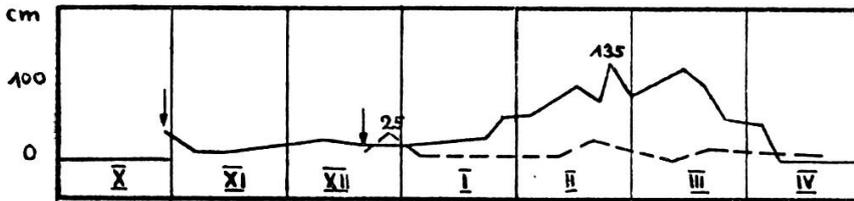
Auch die monatliche mittlere Schneehöhe kann zur Charakteristik des Winters dienen. Wir erhalten sie aus dem Mittelwert der vier oder fünf wöchentlichen Messungen der Schneehöhe in jedem Monat. Dies läßt sich natürlich nur in schneereichen Wintern durchführen. — In der folgenden Tabelle 49 (S. 214) sind die mittleren Schneehöhen für St. Gotthard, Rigi-Kulm und Engelberg gegeben und zwar für die Winter 1918/19, 1928/29, 1930/31 und 1937/38. Der Winter 1938/39, der schneereichste aller 20 Jahre in Seehöhe, wurde in die Tabelle nicht einbezogen, weil er in der Höhe des Rigi und St. Gotthard die normale Schneemenge kaum erreichte oder nicht bedeutend überstieg.

Fig. 21. Kurven der Schneehöhe mit höchsten und tiefsten Maxima

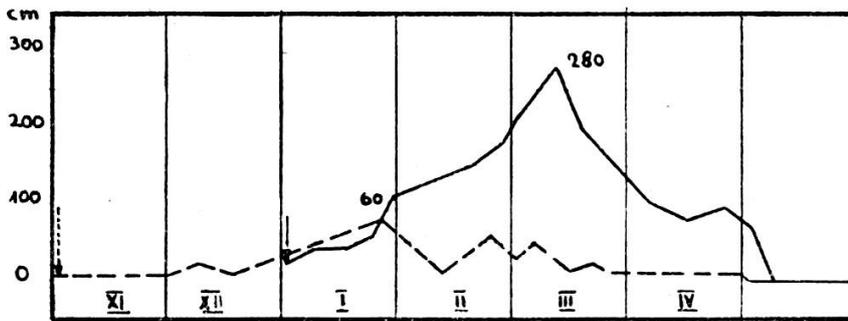
in schneereichen — und in schnee-
armen ---- Wintern: Luzern, Engel-
berg, Rigi-Kulm und St. Gotthard



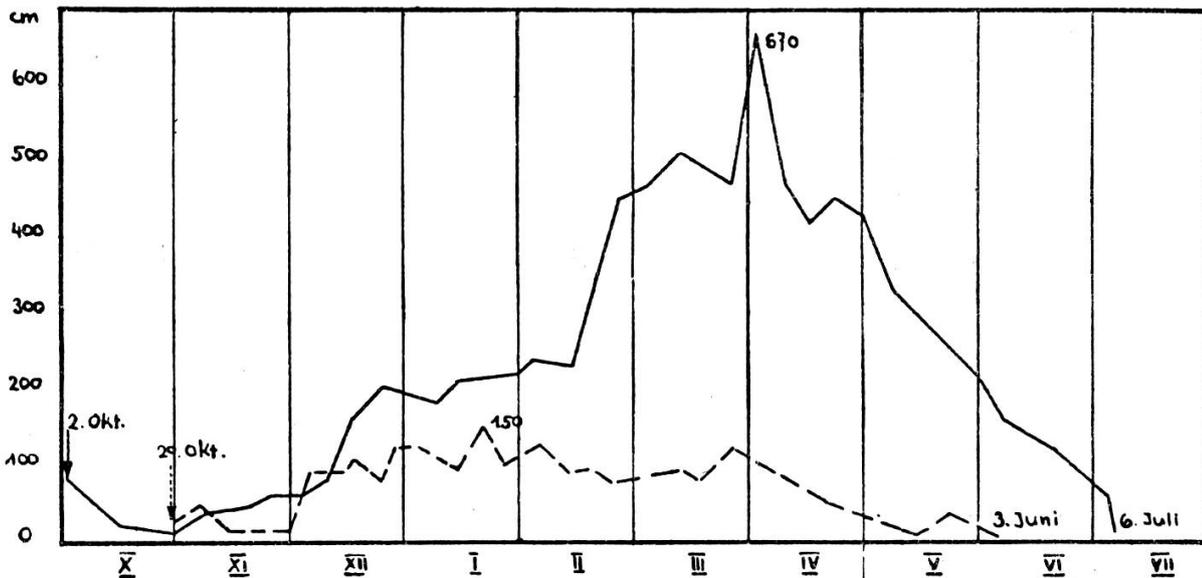
Luzern: Winter 1930/31 —
Winter 1929/30 ----
Höchstes Maximum: 11. III. 77 cm
Tiefstes Maximum: 22. II. 6 cm



Engelberg:
Winter 1930/31 —
Winter 1929/30 ----
Höchstes Maximum:
22. II. 135 cm
Tiefstes Maximum:
27. XII. 25 cm



Rigi-Kulm:
Winter 1930/31 —
Winter 1932/33 ----
Höchstes Maximum;
13. III. 280 cm
Tiefstes Maximum:
20. I. 60 cm



St. Gotthard: Winter 1915/16 — Höchstes Maximum 31. III. 670 cm
Winter 1932/33 ---- Tiefstes Maximum 20. I. 150 cm

Mittlere Schneehöhe der Monate in cm

Tabelle 49

	St. Gotthard					Rigi-Kulm					Engelberg				
	1918/19	1928/29	1930/31	1937/38	Mittel	1918/19	1928/29	1930/31	1937/38	Mittel	1918/19	1928/29	1930/31	1937/38	Mittel
Nov.	0	79	34	60	42,2	—	—	13	23	18	—	—	—	—	—
Dez.	0	152	100	99	117	51	40	21	51	40	12	12	19	63	26,5
Jan.	276	210	126	134	156	120	125	58	94	99	21	30	50	62	40,7
Febr.	272	182	210	152	204	135	119	154	162	142	34	91	86	80	72,7
März	270	141	212	109	183	130	77	220	102	132	18	88	45	61	52,2
April	300	174	170	86	182	200	57	116	26	99	—	—	—	—	—
Mai	227	184	171	60	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Aus der Tabelle ergibt sich, daß der Monat Februar — in der Höhe von Rigi-Kulm und St. Gotthard auch der März — die mächtigste Schneedecke führt. Das war auch der Fall im schneereichsten Talwinter 1938/39. Das Februarmittel aus sämtlichen Jahren erreicht die größte Zahl Centimeter, und dies, trotzdem im Januar und März die größere Menge Schnee fällt als im Februar, und trotzdem die mittlere Monatstemperatur des Januar bis 2° C tiefer, also für die Schneedecke günstiger ist, als das Wärmemittel des Februar. Der Grund dieser Erscheinung liegt wohl in folgendem: Es wird eine schon bestehende Schneedecke vom Januar in den Februar hinübergewonnen, während der Januar oft die Decke erst bilden muß; der März aber vermag, trotz größerer Schneemenge, bei der steigenden Temperatur, die ihn begleitet, seine Schneedecke nicht mehr auf der Höhe des Februar zu erhalten. Schneemenge und Schneehöhe gehen also miteinander nicht parallel.

5. Die Schneeschmelze

Es ergeben sich die Fragen: Bei welcher Lufttemperatur schmilzt die Schneedecke? Wie rasch und wie langsam schmilzt der Schnee in mittleren und extremen Fällen? Welche Ursachen beschleunigen und verzögern die Schmelze? Ebenso die Fragen

nach der Speicherung der Niederschläge in unseren Bergen durch Firn und Gletscher, nach dem Abfluß und der Gletscherspende an die Abflußmenge. Eine kurze Uebersicht über die jährlichen und winterlichen Wärmeverhältnisse der Innerschweiz, namentlich auch über Temperaturumkehr und Nebelmeer, wird das Kapitel beschließen.

a) **Lufttemperatur und Schneeschmelze.** Der Werdegang der Schneedecke zeigt, daß der frisch gefallene Schnee rasch zusammensinkt, auch wenn er nicht verdunstet oder schmilzt. Das Absinken der Schneehöhe ist also vom Vorgang des Schmelzens zu trennen. Jenes beruht auf der Veränderung der Schneestruktur und des spezifischen Gewichtes seiner Decke, das Schmelzen aber ist der Uebergang des Schnees von seinem festen Zustand in die flüssige Phase. Das Schmelzwasser selber kann im Boden versickern oder an der Oberfläche ablaufen; es kann auch verdunsten, was zum Beispiel in Zeiten des Föhnregimentes nicht selten in großem Maß geschieht, so daß man sich verwundert fragt, wie die größten Schneemassen so ungesehen verschwinden konnten.

In unserem Abschnitt über Schneeschmelze und Lufttemperatur beschränken wir also unsere Beobachtungen auf das eigentliche Abschmelzen der Schneedecke gegen Ende des Winters, während wir beim Verlauf der Schneehöhe auch das Absinken des frisch gefallenen Schnees einbeziehen dürfen. Das Abschmelzen des Schnees geht an seiner Oberfläche, an der Berührungsebene mit der atmosphärischen Luft vor sich. Aber auch von unten her, wenn die Bodenwärme über Null steht und ihre Kalorienspende an die Schneemasse abgibt. (Vgl. Braun-Blanquet „Pflanzensoziologie“. Berlin 1928, S. 185, und Maurer J., „Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Schweizer Alpen.“ Meteorol. Zeitschr. 5, 1916.) Die Hauptursache des Schmelzvorganges bleibt aber doch die Luftwärme, schon darum, weil auch die Höhe der Bodenwärme wieder von der Besonnung und dem Grad der Luftwärme bedingt ist. Diese überragt die Temperatur der Schneeoberfläche sehr verschieden. In Davos wurden im Verlauf der beiden Winter 1936/37 und 1937/38 bis 14,9⁰ Differenz Luft-Schneeoberfläche beobachtet.

(Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Geotechnische Serie. Hydrologie. Lieferung 3, Der Schnee und seine Metamorphose. V. Kapitel:

Untersuchungen über die Dichte-, Temperatur- und Strahlungsverhältnisse der Schneedecke in Davos. S. 299.)

Um zu erfahren, welche Lufttemperatur in unserem Gebiet, und zwar in höheren und tieferen Lagen, zur Zeit der Schneeschmelze herrscht, stellten wir aus den Aufzeichnungen aller 20 Winter die Wärmedaten des letzten Schmelztages von St. Gotthard, Rigi-Kulm, Göschenen, Engelberg, Altdorf, Sarnen, Luzern und Stans zusammen. Daraus ergaben sich die Mittelwerte der folgenden Tabelle:

Lufttemperatur am letzten Tag mit Schneedecke

Mittelwerte der Winter 1914—1920 und 1929—1941

Tabelle 50

Stationen:	St. Gotthard	Rigikulm	Göschenen	Engelberg
Luftwärme in ^o C:	7,0	3,2	5,2	4,0
Stationen:	Altdorf	Sarnen	Luzern	Stans
Luftwärme in ^o C:	3,5	1,3	2,2	1,1

Aus der Zahlenreihe erkennen wir, daß im allgemeinen die Tageswärme zur Zeit der Schneeschmelze mit der Höhe ü. M. zunimmt. Sarnen, 474 m, als Typus der Tiefenstationen, hat 1,3^o C Tagesmittel, St. Gotthard, 2103 m, hat 7,0^o. Bei Rigi-Kulm, Göschenen und Engelberg ist die Stufung umgekehrt zur Höhe; Altdorf besitzt ein deutlich höheres Mittel als die übrigen Talstationen Stans, Luzern und Sarnen. Hier sprechen offenbar lokale Verhältnisse, z. B. Föhnlagen, mit. Interessant ist, daß Altdorf in Parallele zu diesen Temperaturverhältnissen die spätesten Schneefälle des Vorfrühlings in der ganzen tief gelegenen Innerschweiz erlebt und die größten Zeitlücken in der Schneedecke des Hochwinters aufweist. Ebenso verdient hier die Beobachtung erwähnt zu werden, daß sehr oft das Ausapern am Pilatus und Rigi, nicht selten auch am Stanserhorn, vor den Regionen

gleicher Höhe und gleichartiger Lage des Brisengebietes und der Engelberger Gegend vor sich geht. Auch hier spielen offenbar lokale Verhältnisse des Klimas mit.

b) Verlauf der Schneeschmelze. Sie geht verschieden rasch vor sich. Bald ist eine meterhohe Schneedecke in wenigen Tagen geschmolzen, bald hält eine dünne Schneeschicht viele Wochen aus. Verfolgen wir zunächst den raschen Verlauf der Schneeschmelze.

*Rasche Schneeschmelze in Stans
1914—1920 und 1929—1941*

Tabelle 51

Spätwinter	Zeit der Schneeschmelze	Zahl der Schmelztage	Schmelzhöhe in cm	Berechnet auf 1 Tag, in cm
1914	28. Jan.—11. Feb.	13	ca. 12	1
1915	27. Feb.—2. März	4	ca. 25	6
1916	1.—11. März	10	17	1,7
1917	kein Ergebnis; zu wenig Schnee			
1918	kein Ergebnis; zu wenig Schnee			
1919	8.—20. Feb.	12	30	2,5
1920	9.—14. März	5	26	5,2
1929	4.—10. März	6	18	3
1930	kein Ergebnis; zu wenig Schnee			
1931	10.—24. März	14	70	5
1932	11.—20. März	9	30	3,3
1933	23. Feb.—1. März	6	12	2
1934	3.— 5. März	2	6	3
1935	5.— 8. März	3	8	2,6
1936	kein Ergebnis; zu wenig Schnee			
1937	25.—27. März	2	10	5
1938	28.—31. Jan.	3	10	3,3
1939	22.—29. März	7	27	4
1940	8.— 9. März	1	6	6
1941	7.— 9. Feb.	2	16	8
Mittel aus 16 Jahren:				3,8

Ein Vergleich von verschiedenen Jahren und Orten läßt sich auf folgender Grundlage aufbauen: Wir ziehen aus den Beobachtungsdaten die größten Differenzen der Schneehöhen innert einer Woche oder einer noch kürzeren Zeit aus und rechnen die jährlichen Maxima auf die Basis von einem Tag um. Die Tabelle 51 enthält die Zeit und den Betrag der geschmolzenen Schneemenge von Stans aus den Spätwintern 1914 bis 1920 und 1929—1941. In der letzten Kolonne ist die Zahl der Schmelzhöhe auf einen Tag reduziert.

In gleicher Weise wurde die durchschnittliche maximale Schmelzhöhe pro Tag für die folgenden Stationen berechnet. Sie beträgt auf St. Gotthard 12 cm, Rigi-Kulm 9 cm, in Engelberg 7,5 cm, Sarnen 6 cm, Luzern 7 cm. Von den andern Stationen haben wir wertvolle Angaben über Einzelfälle; aber weil regelmäßige Messungen der Schneehöhe fehlen, kann ein Vergleich nicht gegeben werden.

Auch hier fallen geographische Momente zur Erklärung in Betracht. Daß St. Gotthard, Rigi und auch Engelberg größere Schmelzhöhe aufweisen, ist erklärlich, weil die aktivste Schmelzzeit meistens in die Vor- und Vollfrühlingsmonate, auf St. Gotthard sogar in die Sommerszeit fällt. Die kleine Mittelzahl von Stans ist zu verstehen, weil der Talboden von Stans im Föhn- und zum Teil auch im Sonnenschatten des Stanserhorns liegt, während Engelberg und Sarnen in dieser Hinsicht mehr begünstigt sind. Die jährliche Erfahrung zeigt, daß schon in Büren und Wolfenschießen und namentlich Ennetbürgen, die in der Föhnrinne stehen, der Schmelzprozeß viel rascher verläuft.

Der Gegensatz zur raschen Schneeschmelze sind die Fälle, wo eine Schneedecke langsam absinkt und bei geringer Mächtigkeit wochenlang anhält. Die Beobachtungen dieser Art sind nicht häufig, weil eine längere Reihe von Wintertagen ohne störenden Schneefall vorausgesetzt wird. Die auffälligsten Daten der oben genannten Stationen sind folgende:

St. Gotthard

1933 31. März — 26. Mai:	in 57 Tagen	75 cm, d. i. pro Tag	1,2 cm
1936 17. April — 1. Mai:	in 15 Tagen	10 cm, d. i. pro Tag	0,7 cm
1938 25. März — 29. April	in 35 Tagen	30 cm, d. i. pro Tag	0,8 cm

Rigi-Kulm. Der häufige Schneefall störte die längere Schmelze.

1934 2.—23. Februar:	in 22 Tagen	40 cm, d. i. pro Tag	1,8 cm
----------------------	-------------	----------------------	--------

Engelberg

1917 11.—26. Januar:	in 15 Tagen	3 cm, d. i. pro Tag	0,2 cm
1932 15. Januar — 5. Februar:	in 21 Tagen	10 cm, d. i. pro Tag	0,5 cm
1934 9.—27. Februar:	in 18 Tagen	19 cm, d. i. pro Tag	1 cm

Luzern

1917 19. Januar — 1. Februar:	in 13 Tagen	2 cm, d. i. pro Tag	0,15 cm
1938/39 29. Dez.— 16. Januar:	in 19 Tagen	3,5cm, d. i. pro Tag	0,18 cm

Sarnen

1917 3.—25. Dezember:	in 22 Tagen	3 cm, d. i. pro Tag	0,13 cm
1932 10.—24. Februar:	in 14 Tagen	12 cm, d. i. pro Tag	0,9 cm
1937/38 16. Dez.— 1. Januar:	in 19 Tagen	3,5cm, d. i. pro Tag	0,18 cm

Stans

1917 17. Januar — 11. Februar:	in 25 Tagen	5 cm, d. i. pro Tag	0,2 cm
1931 19. Januar — 5. Februar:	in 16 Tagen	5 cm, d. i. pro Tag	0,3 cm
1937 13.—31. Dezember:	in 18 Tagen	6 cm, d. i. pro Tag	0,3 cm
1939/40 29. Dez.— 17. Januar:	in 19 Tagen	4 cm, d. i. pro Tag	0,2 cm

c) Die Ursache der schnellen und langsamen Schneeschmelze ist im Grund genommen die hohe oder tiefe Temperatur des Schnees, indirekt auch die Lufttemperatur. Denn diese ist bei Hochdrucklage meistens bedeutend höher als die Schneefächentemperatur, oft viele Tage lang, und zwar bis zu 7 und 9 Grad Differenz, wie Messungen im Brisengebiet ergaben. Bei anderer Wetterlage kann aber auch die Lufttemperatur unter jener der Schneefläche sein. Dann wird natürlich der Schmelzprozeß verzögert.

Im konkreten Fall wird die Schmelztemperatur durch verschiedene Klimafaktoren herbeigeführt: durch Insolation, Bewölkung, Winde, Regen; auch die Bodenwärme und Luftfeuchtigkeit sind von Bedeutung. Für die rasche Schmelze kommt in erster Linie der Föhn in Betracht und die Südwinde überhaupt, dann auch der Regen und die Sonne.

Als Beispiel für den Gang der Temperatur und den Stand der Schneedecke möge der Winter 1938/39 von Stans und Engelberg dienen. In Fig. 22 ist die Kurve der Schneehöhe in Centimetern und die Lufttemperatur als Mittelwert der Woche, beziehungsweise dort, wo rascher Wechsel stattfand, als Mittel der halben Woche eingetragen. Man ersieht sogleich aus dem Kurvenbild, daß eine Parallele zwischen Temperaturzunahme und Absinken der Schneehöhe nur zum Teil besteht, daß also auch andere Teilursachen als nur die Lufttemperatur allein an der Schmelze beteiligt sind, wie Wind und Feuchtigkeit der Luft.

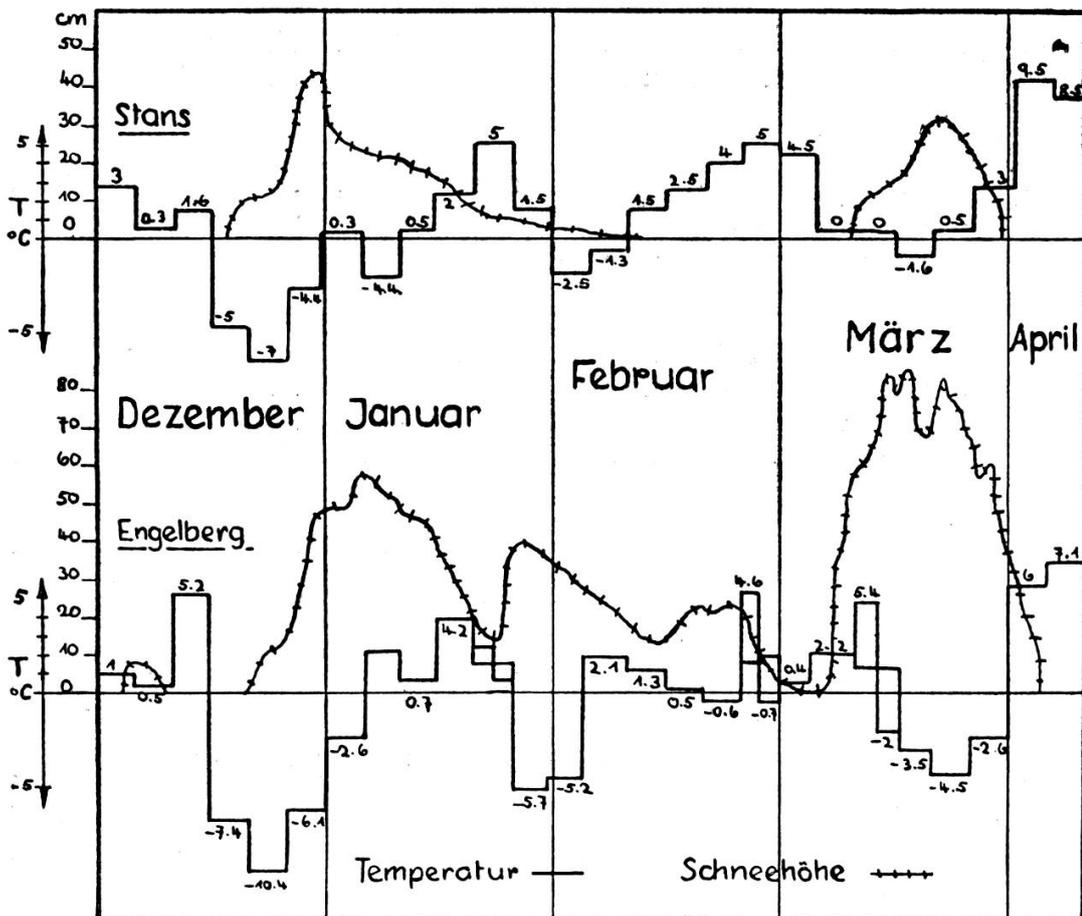


Fig. 22. Schneedecke und Temperatur. Winter 1938/39

Wie der Föhn mit dem Schnee aufräumen kann, ersehen wir am besten aus Beispielen.

Die größte Schmelzhöhe innert 2 Tagen aus der Zeit unserer Untersuchungen weist St. G o t t h a r d im Spätwinter 1914 auf. (Vgl. A. M. Z.!)

Vom 15. bis 17. Mai sank die Schneedecke von 250 auf 180 cm Höhe. Es kamen aber am Nachmittag des 15. Mai noch 8 cm Neuschnee hinzu, sodaß die Differenz in 2 Tagen also 78 cm beträgt. Der 15. Mai hatte die mittlere Tagestemperatur von -3°C und NW-Winde von der Stärke 2—4; Bewölkung = 10. Der 16. Mai war kalt: I. $-4,8$, II. $0,8$, III. $-0,8^{\circ}$. Mittlere Tagestemperatur: $-1,6^{\circ}$. Bewölkung: 7. 8. 10. NE-Winde herrschten vor. Am Morgen des 17. Mai ging leichter NE-Wind. Temperatur 1° . Feuchtigkeit 49 Prozent, während am Abend vorher 99 Prozent. Am Vormittag setzten S-Winde ein und das Hygrometer sank auf 20 Prozent, was für Föhnlage typisch ist. Auch die Bewölkung (am 16. = 10) lichtete sich auf: 8. 7. 6; die Mittagstemperatur stieg auf $8,1^{\circ}$. Von den Winden herrschten S, SE und S vor. Man ersieht aus dem Beispiel, daß die Schmelze von 78 cm, wenn wir vom geringen Betrag, der durch Verdunstung und Verdichtung der Schneedecke verursacht wurde, absehen, erst durch die Föhnlage am 17. Mai, und hauptsächlich in den Stunden des voranschreitenden Tages zustandekam.

Wir haben hier einen von vielen Fällen, die sich in den Bergen jährlich oft ereignen, und eine Unterlage für die von Bergleuten in Uri und Unterwalden viel geäußerte Behauptung, daß der Föhn „in einem einzigen Tag einen Meter Schnee frißt“. Wir sehen auch, daß die in den Notierungen verzeichnete Schneehöhenabnahme — in unserem Fall „78 cm in 2 Tagen“ — eigentlich das Werk einer viel kürzeren Zeit sein kann, als aus den Beobachtungsdaten ersichtlich ist. Damit ist natürlich dem Vergleichswert der beobachteten Zahlen über die Schneehöhe und deren Zunahme und Absinken kein Eintrag geschehen.

Noch typischer als auf den Höhen des St. Gotthard ist die Wirkung des Föhns in Altdorf, wenn auch die Massen des geschmolzenen Schnees kleiner sind. Eine 25 cm dicke Schneedecke begann in der Nacht vom 9./10. März 1935 unter SE-Wind von Stärke 2—3 zu schmelzen. Das Hygrometer sank auf 28 Prozent. Gegen Abend des 10. März war die Schneedecke weg. — Ähnlich geschah es in den Tagen vom 18.—20. März 1931. Die seit 27. Januar ununterbrochen liegende Schneedecke maß am 11. März noch 40 cm Höhe. Vom 11. bis 18. März schmolz sie ganz unbedeutend. Das Wetter war kalt ($-4,8$ bis $0,8^{\circ}$), die Bewölkung 8—10, der Wind meistens N-Wind. Erst am Abend, 21.30 Uhr, des 18. März setzte leichter Föhn ein und wiederholte sich am 19. und 20. in stärkerem Maß. Das Hygrometer sank am letzteren Tag auf 23 Prozent, das Thermometer stieg auf $12,5^{\circ}$. Am 20. abends war die verharstete Schneedecke im Talboden und bis 500 m Meereshöhe an den Halden weg. Wenn zu den S-Winden noch ein warmer Regen hinzukommt, und namentlich dann, wenn es um eine frisch gefallene Schneedecke geht, verläuft die Schneeschmelze noch rascher. Ein Beispiel lieferte der 2. März 1935, wo in kurzer Zeit 25 cm Schnee schmolzen.

In Engelberg wickelten sich ähnliche Vorgänge ab. So war eine 124 cm dicke Schneedecke, die am 11. März 1931 gefallen war, bis 3. April

in ruhigem Abschmelzen auf 50 cm gesunken. Dann setzten Föhntage ein, und ein warmer Regen fiel (5,6 mm), und in vier Tagen war die verharstete Schneedecke verschwunden. Eine Eigenart der Föhnwirkung liegt darin, daß das Schmelzwasser, das abfließt, verhältnismäßig gering ist. Das ist bei der großen Trockenheit der Föhnluft verständlich. Ihre Aufnahmekapazität ist viel größer als bei jeder anderen Windlage; der Schnee verdunstet zum großen Teil.

Zum vornherein könnte man allerdings erwarten, daß in den Föhntälern die Wirkung dieses Windes noch viel stärker in Sicht treten sollte. Doch ist zu beachten, daß einer winterlichen Föhnperiode gewöhnlich ein Schneefall folgt, sodaß die augenfällige Einwirkung des Föhnes auf die schmelzende Schneedecke verwischt wird. Die Schmelzwirkung der Sonne allein reicht nicht an jene des Föhnes heran. Das wissen unsere Bergbewohner bestimmt, ohne je darüber Buch geführt zu haben, und sie schätzen auch die Wohltat des Föhnes in Nachwinterzeiten. Liegt eine Schneedecke nicht zu hoch, so ist allerdings auch die Sonneneinwirkung mächtig, um das Regiment des Schnees abubrechen, auch mitten im Winter. Ein öfterer Gang in die winterlichen Berge kann jedermann davon überzeugen. Er muß es der Winterflora, die ihn an Sonnenkanten unserer Berge und auf sonnigen Flächen reichlich überrascht, gewiß glauben, und wenn er die weitgeöffnete Fensterflur der Berghäuser sieht, welche die Sonnenwärme eintrinkt und das Heizen während des Tages erspart, und wenn er die Dachtraufen unaufhörlich fließen hört vom mittleren Vormittag an bis gegen Abend, wenn er endlich an seiner eigenen Körperlichkeit die warme Wohltat der Wintersonne spürt, so überzeugt und beredet dies alles ganz anders von der Schmelzwirkung der Wintersonne als alle Aufzeichnungen des Meteorologen, der eben die Messungen im Schatten als Norm festhält.

Daß eine dünne Schneedecke von wenigen Centimetern Dicke 22 Tage (Sarnen, 1917) oder sogar 25 Tage (Stans, 1917) (vgl. S. 219) ohne nennbaren Neuschnee aushält, ist der anhaltenden Kälte und der fehlenden Insolation zuzuschreiben. Diese Umstände werden meistens durch Nord- und Nordwestwinde herbeigeführt. Aber selbst Südwinde können eine große Kälte begleiten. In den sehr kalten Februartagen des Jahres 1929 hatte der Wolkenzug stets die Richtung SW-NE, bei der Tempe-

ratur -21 bis -25° C. In der Talrinne von Stans ging allerdings zuweilen ein schwacher Nordwest.

Der Nebel ist für die Schneeschmelze in tiefen Lagen kaum von Bedeutung. Die Großzahl der Nebeltage fällt hier in die Monate November und Dezember. So ist begreiflich, daß zwischen Schneedauer und Nebeltagezahl keine Beziehung besteht. Sarnen hat z. B. 49 Nebeltage und 45 Tage mit Schneedecke; Luzern 23,9 Nebeltage und 44 Tage mit Schneedecke; Stans hat 56 Tage mit Schneedecke und weniger Nebeltage als Luzern, ca. 20 Tage. Noch auffälliger ist das Verhältnis Göschenen-Engelberg. Göschenen hat 126 Tage mit Schneedecke und 99 Nebeltage; Engelberg hat bei sehr ähnlicher Höhenlage 131 Tage mit Schneedecke und 60,7 Nebeltage. Daß aber der Nebel in höheren Lagen die Schneeschmelze verzögert, zeigt das folgende Beispiel, das sich natürlich auch anderwärts oft wiederholte. Am 31. März 1916 hat der Rigi eine Schneedecke bis auf etwa 900 m herab. Am 1. April berichtet Rigi: Strahlende Sonne und Nebelmeer, ca. 1200 m hoch, Wir „Tiefenbewohner“ registrieren „Hochnebel 800—900 m hoch, den ganzen Tag“. Am 2. April morgens haben auch wir strahlende Sonne. Der Rigi zeigt sich in schönster Sicht. Die Schneegrenze an seinem Fuß ist um 100 m gestiegen. Von 1000 m an bis 1200 m ist Schnee der ganzen Flanke des Berges entlang. Dann folgt eine schneefreie Zone bis 1450 m. Weiter oben ist wieder ziemlich geschlossene Schneedecke. Hier hat also die Nebelzone die Schmelze verhindert, indes die Tageswärme die Schneegrenze um 100 m aufwärts verlegte. Sehr schön wirken sich solche Sonnen- und Nebelmeerzonen an den bewaldeten Unterwaldnerbergen aus, wenn sich der Nebel in Form von Picht an die Tannen hängt und wenn bei der Wiederkehr eines sonnigen Tages der feenhaft strahlende Pichtgürtel genau die Lage des vorherigen Nebels markiert. Aber ein so schönes Naturschauspiel dieser Vorgang ist, die Schneeschmelze wird er kaum verzögern, weil er meistens in die Monate fällt, wo diese nicht einsetzt.

Anders verhält es sich mit der Sonnenscheindauer. Die Sonnenwärme ist, wie schon betont wurde, ein bedeutungsvoller Faktor für die Veränderung in der winterlichen Landschaft, vorausgesetzt, daß die Sonne eine genügende Zahl Stunden einwirkt. Ueber diese Zahl der Sonnenstunden oder die Dauer des Son-

nenscheins in der Innerschweiz sind wir einzig durch den Heliographen der meteorologischen Station Luzern, auf dem Kloster Wesemlin, genau unterrichtet. Das sechsjährige Mittel 1936 bis 1941 für die einzelnen Monate ist folgendes:

Tabelle 52

Monat	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Sonnen-Stunden	39,6	62,1	141	151,2	155	201,2	216,8	183,6	131,8	70,4	55,2	28,2

Diese Zusammenstellung läßt natürlich für die Sonnenscheindauer anderer Gegenden keinen Schluß zu; immerhin zeichnet sie doch gewisse Grenzen.

Es möchte scheinen, daß manche Nordexpositionen am Vierwaldstättersee, wie etwa Beckenried, Buochs, Stans, auch Kersiten, am Nordfuß des ansteigenden Gebirges, klimatisch stark benachteiligt wären, was sich namentlich in den Temperaturverhältnissen auswirken müsse. In Wirklichkeit geht die mögliche Sonnenscheindauer für unseren Beobachterposten in Stans am kürzesten Tag bis auf 57 Minuten zurück. Die Sonne erhebt am 21. Dezember in der Horizontlücke zwischen Brisen und Stanserhorn um 9.45 Uhr und verabschiedet sich um 10.42 Uhr. Doch der Stanser Boden genießt, je weiter er vom Stanserhorn entfernt liegt, die Wohltat der Sonne viel länger. In den Tagen nach Allerheiligen bis Mariä-Lichtmeß erreicht sie an den Nachmittagen die Dorfkirche und den Dorfplatz nicht mehr, wenn auch die Außenteile des Dorfes noch lange von ihr beschienen werden. Die Verkürzung der Sonnenstunden durch die Höhen des Gebirgshorizontes verursacht wohl gegenüber einer offenen Landschaft, etwa wie Sarnen oder Luzern, eine Verlängerung der Winterschneedecke. Diese liegt tatsächlich im Obwaldnertal, in der Gegend von Sarnen, 46 Tage, bei der Station Luzern 44 Tage, indes sie bei uns im Mittel der 20 Winter 58 Tage aushielt. Dennoch ist, wie die übrigen Schnee- und die Temperaturverhältnisse zeigen, die Schattenlage nicht so wirksam, wie es auf den ersten Blick scheinen möchte. Vergleichen wir zum Beispiel die monatlichen Temperaturmittel von Stans und Sarnen.

*Monatsmittel der Lufttemperatur von Stans und Sarnen
aus den Jahren 1937—1941*

Tabelle 53

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel des Jahres
Stans	-1,7	1,2	4,5	7,9	11,6	16,9	18,2	17,3	13,7	8,6	4,3	-1,4	8,4°
Sarnen	-1,2	1,1	4,1	7,8	11,5	16,6	17,6	16,7	13,3	8,5	4,5	-1,1	8,3°

Die Temperaturunterschiede sind überraschend klein, und das Jahresmittel spricht eher zu Gunsten von Stans. Der kleine Monatsausfall in den drei Wintermonaten November bis Januar wird durch den Ueberschuß der übrigen Monate gutgemacht. Daß die verkürzte Sonnenscheindauer nicht größere Wirkungen erreicht, erklärt sich daraus, daß sie in jene Wochen und Monate fällt, wo auch anderwärts durch Bewölkung und Schattenwurf die Erwärmung des Erdbodens und der Luft gehindert wird. Das sind gerade jene Zeiten, wo in Luzern und im Mittelland und auch im relativ nebelreichen Sarnen, die Nebel liegen, oder wo der Schneefall oder schlechtes Wetter uns allen in gleicher Weise die Sonne entzieht.

Auf eine andere Erscheinung sei hingewiesen, die unser Gebiet berührt. Oft macht man von Hochgipfeln aus im Winter die Beobachtung, daß das Nebelmeer gegen die Alpen zu einsinkt und sich auflöst. Dann kommt es vor, daß unsere innerschweizerischen Talchaften wenigstens zum Teil in die Sonne zu liegen kommen. So können das ganze Engelbergertal, das Muotatal, auch Altdorf nebelfrei liegen. Kommt es nicht zur gänzlichen Auflösung der Nebeldecke in den Tälern, so werden meistens gewisse Orte bevorzugt, wo die Sonne den Hochnebel durchbricht. Bei solchen Wetterlagen sind Büren, Dallenwil und Wiesenberg in Nidwalden, Bauen und Sisikon am Urnersee gern von Sonnenschein belegt, indessen die Orte am äußeren See und das ganze Mittelland vom Rigi bis zum Jura und vom Säntis bis zum Brünig und zu den Waadtländer Alpen im geschlossenen Nebelmeer liegt. Engelberg hat im Januar beinahe ebenso viel heitere als trübe Tage; seine Bewölkung vermehrt sich besonders im Frühjahr und Frühsommer.

d) Speicherung der Niederschläge durch Firn und Gletscher. Während der ausgesprochenen Trockenheit (2,5 Monate) vom 28. Juni bis 14. September 1911 berechnete R. Roth (1923) den Anteil der Schmelzwasser der Gletscher und Firnflächen an der Gesamtwasserführung der Reuß zu 53 Prozent im Juli und 67 Prozent im August. Es war die sekundliche Wasserführung, die der Pegelstand bei Seedorf anzeigte, zu vergleichen mit dem gesamten Einzugsgebiet und den Prozenten der Gletscherfläche. Die Gletscherlieferung des Reußgebietes betrug im Juli 99 m^3 in der Sekunde und im August $86 \text{ m}^3/\text{sec}$. — Gravelius („Der Einfluß der Gletscher auf den Wasserhaushalt der Alpenflüsse“ cit. bei Roth, 1923, S. 119) kam nach Untersuchungen während der Trockenperioden 1890—1900 für die jährliche Größe der Wasserspende von Seite der Gletscher auf $600\text{—}700 \text{ l}/\text{sec. km}^2$. Nehmen wir als Grundlage den Mittelwert $650 \text{ l}/\text{sec. km}^2$, so lassen sich mit Kenntnis der Firn- oder Vergletscherungsfläche und des Einzugsgebietes des Gewässers und mit Hilfe der Pegelmessungen bei Büren, und mit Durchlaßprofilen in Oberrickenbach und auf der Bannalp, die Teilspenden der Firne und Gletscher im Gebiet der Engelbergeraa ermitteln. Die Zahlen von Bannalp und Oberrickenbach verdanke ich der Verwaltung des Bannalpwerkes; jene von der Pegelstation zu Büren — auch ein paar andere Angaben, die wir benützen — sind einer langen Folge von Jahrgängen des „Hydrographischen Jahrbuches der Schweiz“ entnommen. Das Ergebnis der Berechnung ist folgendes: Die Gletscherspende an die Engelbergeraa, die sie hauptsächlich aus dem Titlisgebiet erhält, bei Büren gemessen, ist für den Monat Juli = $14 \text{ m}^3/\text{sec}$., im August = $21,4 \text{ m}^3/\text{sec}$. Die entsprechende Spende im Juli bei Oberrickenbach gemessen, die größtenteils aus den Firnmulden der westlichen Wallenstöcke herrührt, beträgt im Juli = $0,92 \text{ m}^3/\text{sec}$., im August = $0,6 \text{ m}^3/\text{sec}$. Die Spende, gemessen auf Bannalp sodann, ist für den Monat Juli = $0,357 \text{ m}^3/\text{sec}$., im August = $0,195 \text{ m}^3/\text{sec}$. Die gesamte Abflußmenge ist natürlich viel größer. Die Engelbergeraa, mit ihrem Einzugsgebiet von 219 km^2 und 6,3 Prozent Vergletscherung, führt im Mittel $12,7 \text{ m}^3/\text{sec}$. am Pegel bei Büren vorüber, die Sarneraa, mit 247 km^2 Einzugsgebiet, aber ohne Vergletscherung, führt bei Sarnen $10,2$

m³/sec. Abfluß mit. Die Reuß bei Seedorf, mit einem Quellgebiet von 832 km² und 13,5 Prozent Gletscher und Firn, schiebt sekundlich 52,2 m³ Flut durch den Reußkanal, volle zwei Fünftel mehr als die Aare in den Brienersee und die Linth in den Walensee verfrachtet.

Eine zweite Speicherung erfahren die Abflußmengen unserer Alpenflüsse manchmal durch einen ihren Lauf unterbrechenden See, während andere ungestört ihre Mündung, zum Beispiel in den Vierwaldstättersee, erreichen. Dann wird ein Vergleich beider Wasserführungen interessant. Ein solcher Fall liegt vor bei der Engelberger- und der Sarneraa, umso mehr, weil sie in der Wasserführung einander nahe stehen. Wir geben hier die monatlichen Mittel in m³/sec. beider Gewässer in Zahlen und Kurven.

*Vergleich der Sarner- und Engelbergeraa vor Einfluß
in den Vierwaldstättersee*

Mittel des monatlichen Abflusses

Tabelle 54

Pegel m ³ sec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Sarneraa	29,7	25,9	22,5	29,4	39,5	56	39,5	32	42,6	50	39	30,9
E'bergeraa	21,6	42,2	23	34,8	75	105	95	110	61,5	120	75	20

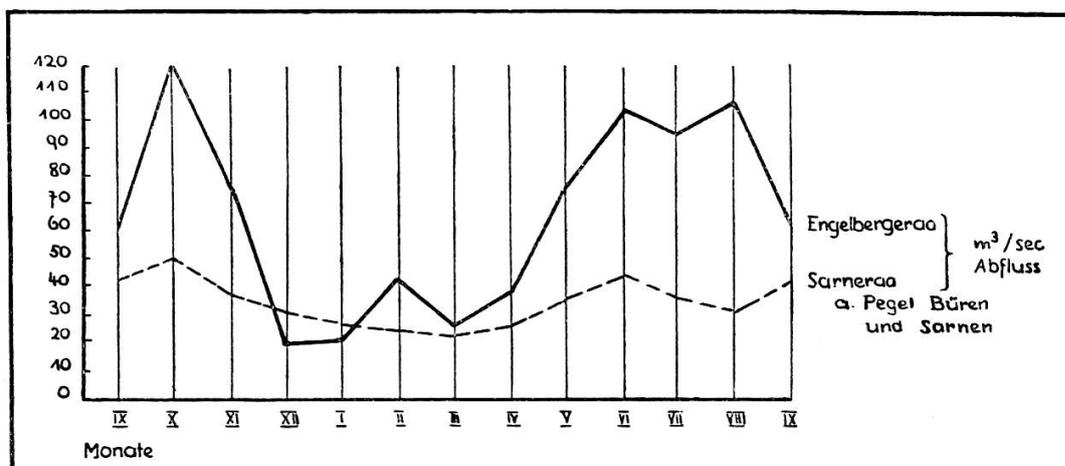


Fig. 23. Regulierung des Abflusses der Sarneraa durch den Sarnersee

Die beiden Kurven zeigen, wie die Wasserschwellen vom Oktober und Februar und der Sommermonate Juni—August stark ausgeglichen werden durch den Erguß der Wassermassen ins Sarner Seebecken. Die Februarschwelle wird gänzlich nivelliert.

In viel größerem Maßstab als durch den Sarnersee, erfolgt die Regulierung des Abflusses bei der Reuß im Vierwaldstättersee. Eine genaue Bewertung liegt aber außerhalb unseres Themas; daß sie sehr bedeutend sein muß, ergibt folgende Ueberlegung. Bei der Oberfläche des Vierwaldstättersees von 115,8 km² entspricht der Hebung des Seespiegels um einen Centimeter eine Aufspeicherung von 1 158 000 m³; der mittleren Hebung von 118,9 cm im Mittel der (von R. Roth, 1923) untersuchten fünf Jahre demnach eine Ansammlung von 138 Millionen m³. In der gleichen Zeit betrug die mittlere jährliche Abflußmenge der Reuß beim Pegel Geißmattbrücke-Luzern ca. 3931 Millionen m³. Die Monate Mai bis Juli, gelegentlich auch der August, bringen den höchsten Wasserstand des Sees. An diese Wassermassen liefert natürlich seinen großen Teil der im Vorgebirge und in den Alpen schmelzende Schnee und Firn; der Anteil des Schnees am Niederschlag und so auch an der Abflußmenge nimmt ja mit der Höhe zu. Man hat ferner berechnet, daß die maximale Speichermenge im Vierwaldstättersee ca. 2,8 Prozent der gesamten abfließenden Wassermenge sei, also ca. 95 Millionen m³. Die Dauer der Ansammlung betrug 159 Tage pro Jahr; die Zeit der Abgabe 206 Tage (mittlere Werte 1881—1900).

Als eine Art Abfluß gespeicherten Winterniederschlages, und darum als nützlichen Beförderer des Frühlings, hat man mehrfach auch die *Lawinen* angesprochen. J. Coaz, „Die Lawinen der Schweizer-Alpen“, Bern 1881, S. 19, berechnete, daß durch die Lawinen am Gotthard eine Schneemasse von 325 Millionen Kubikmetern in Bewegung komme. Er hat auch eine sorgfältige Statistik der Lawinen in den Schweizeralpen aufgenommen. Im Einzugsgebiet der Reuß und der anderen Zuflüsse des Vierwaldstättersees oberhalb Luzern, zählt er über 900 Lawinen. Dennoch wendet er sich gegen die Ansicht Albert Heims, der vom „großen Nutzen der Lawinen“ spricht und meint, „ausgedehnte Gehänge würden ohne Vegetation bleiben, die Schneelinie würde sinken und das Klima wäre viel rauher, wenn nicht die Lawinen am Berge den winterlichen Mantel abschütteln würden“. — Es ist ja wahr: manche Alpenpflanzen werden auf weitem Weg durch Lawinen verbreitet; so zum Beispiel in den Lawinenzügen am Stanserhorn die Soldanellen, *Dryas octopetala*, *Saxifraga oppositifolia*, *Arabis alpina*, *Trifolium badium* und *Alnus viridis*. Es ist wirklich ein großartiges Schauspiel, wenn vor den Augen des Zuschauers, weit

über der Baumgrenze, sich ein Lawinenbrett löst; wenn der Schnee gleich einem breiten Wasserfall über die obersten Grasbänder und Felsplatten sich ergießt, hinter den Vorsprüngen und Schichtköpfen verschwindet, sich verengt in den Rinnen und Kaminen, dann mit umso größerer Masse und Macht auftaucht und erdgelb und braun hervorbricht und von Stufe zu Stufe unter Tosen und Krachen ins Tal fällt und in der Talsohle das Flußwasser staut, in der sonnigen Luft aber einen in allen Farben des Regenbogens leuchtenden Schneestaub zerstreut. Wenn kein Grund zu Angst und Bangen um größeren Schaden für Menschenleben und Hab und Gut sich in das Erlebnis drängt, so wird jeder Beobachter von dem Ereignis sicher tief beeindruckt. In dieser majestätischen Art wandern große Schneemassen zu Tal. Aber meines Erachtens hat Coaz doch recht: der Frühling wird dadurch nicht beschleunigt, und die Lawinen sind nicht nötig, um des Winters Macht zu brechen. Gerade in schneereichen Wintern der vergangenen Jahre, wo man für die Lawinengegenden Uris und Unterwaldens mit Grund voll Bangen und Angst an die Schmelze der gewaltigen Schneemassen dachte, kam der Frühling oft so friedlich ins Gebirge, ohne eine bedeutende Lawine anzureißen, und im Engelberger- und Reußtal räumte der Föhn und die Sonne mit dem Winter zur ganz normalen, mittleren Zeit auf.

Im Nachwinter 1944 hatte namentlich auch das Drusberg-Forstberg-Gebiet und das Muotatal sehr große Schneemassen. Die Schneehöhe betrug zum Beispiel „Auf Bergen“ am Pragelpaß, bei 1590 m Höhe, am 6. April 4,70 m. Sie wurde mit Zeichen an den Stützpfeuern einer Militärschneeseilbahn vermerkt und nach dem Ausapern gemessen. Auf Hinteroberberg gegen Illgau, in 1300 m Seehöhe, lag anfangs April noch 3,5 m Schnee. Muotathal-Dorf hatte am 6. April eine totale Schneehöhe von 1,20 m bei 620 m Meereshöhe, Bisisthal 2,70 m bei 950 m, Pragel bei 1540 m über 4 m Schnee. Ähnliche Schneemassen gab es anderorts. Auf Jochpaß lag um Mitte Februar noch 3,80 m Neuschnee; im Dorf Andermatt reichte er mit 2,70—3 m an die Tür- und Fensterpfosten heran. Trotz dieses großen Schnees ging die Schneeschmelze in Muotathal kaum 8 Tage später vor sich als in Sisikon am See und auf Großweid-Hinteroberberg (1300 m hoch) früher als im Tal, und dies alles ohne Lawinen und ohne Unglück.

e) Umkehr der Temperatur und Wärmeverhältnisse der Innerschweiz. Wir wollen unsere Erwägungen über die Schneeschmelze nicht beschließen, ohne auf die Erschei-

nung der Wärmeinversion hinzuweisen. Die Voraussetzung dazu ist aber ein kurzer Ueberblick über die Wärmeverhältnisse der Innerschweiz.

In unseren voralpinen und hochalpinen Regionen ist von größter Bedeutung, wie die Luftwärme im Verhältnis zur Höhe eines Ortes abnimmt. Der mittlere Jahreswert dieser Abnahme auf 100 m Höhenunterschied beträgt $0,51^{\circ}\text{C}$. Für die einzelnen Monate wechselt der Wert wieder von $0,397^{\circ}$ im Dezember bis $0,625^{\circ}$ im Juni. Das Jahresmittel der örtlichen Temperatur ist darum sehr verschieden. In der folgenden Tabelle 55, erste Kolonne, sind die jährlichen Mittelwerte der wichtigsten Stationen unseres Gebietes zu lesen. Sie sind das Ergebnis der 37-jährigen Beobachtung von 1864 bis 1900. In der zweiten Kolonne sind diese Mittelwerte auf die Höhe von Luzern — die Station befand sich damals in

Jahresmittel der Temperatur (1864—1900)

Tabelle 55

Stationen	Höhe m	Jahresmittel $^{\circ}\text{C}$	Auf 453 m Höhe reduziert	Differenzen gegen Luzern
		I	II	III
<i>Luzern</i>	453	8,5	—	—
Weggis	450	9,0	—	+ 0,5 $^{\circ}\text{C}$
Vitznau	440	8,9	—	+ 0,4
Gersau	442	9,3	—	+ 0,8
Schwyz	560	8,2	8,5	0
Altdorf	452	9,3	9,3	+ 0,8
Gurtnellen	742	8,3	9,4	+ 0,9
Wassen	850	7,5	9,5	+ 1,0
Göschenen	1110	6,0	9,3	+ 0,8
Andermatt	1446	2,7	7,8	— 0,7
St. Gotthard	2100	— 0,6	7,8	— 0,7
Sarnen	490	8,2	8,4	— 0,1
Brünig	1010	6,2	8,0	— 0,5
Engelberg	1020	5,2	8,1	— 0,4
Rigi-Kulm	1787	2,0	8,8	+ 0,3
Pilatus	2068	0,3	8,5	0

453 m Meereshöhe — reduziert. Man erkennt, daß, wenn auch der Einfluß des Höhenunterschiedes eliminiert ist, die Wärmehzahlen keineswegs übereinstimmen, weil jeder Ort seine Eigenart der Klimafaktoren hat, welche die Wärmeverhältnisse beeinflussen. In der dritten Kolonne sind die Differenzen der Orte der auf Luzern reduzierten Zahlen genannt.

In Stans wurden seit Herbst 1936 tägliche Aufzeichnungen gemacht, vorher nur im Winter und lückenweise auch im Sommer und in anderen Jahreszeiten. Die mittlere Jahrestemperatur wurde aus den fünf Jahren 1937—1941 zu 8,4° C errechnet.

Die Tabelle 55, insbesondere die Kolonnen II und III, enthalten lehrreiche Aufschlüsse, wie verschieden selbst auf dem kleinen Gebiet der Innerschweiz die regionalen Wärmeverhältnisse sind. J. Maurer (1909) erwähnt schon, daß das Urserental ein kaltes Hochtalbecken ist. „Auch Engelberg im abgeschlossenen Talkessel ist relativ kalt“, schreibt er. Auf gleiche Höhe reduziert, ist der Wärmebetrag immer noch fast ein halbes Grad kälter als der von Luzern. Kalt ist auch der Gotthard und der Brünig. Die Gipfelstationen Rigi-Kulm und Pilatus sind relativ wärmer. Ihnen voran stehen aber die Stationen am See: Weggis, Vitznau, Gersau. Auch Stans hätte, wenn ein Vergleich bei dem unebentüchtigen Beweismaterial erlaubt wäre, noch einen kleinen Vorsprung vor Luzern.

Einen ganz bedeutenden Zuwachs an Wärme empfängt das Reuðtal. Für Göschenen, Wassen und Gurtnellen, aber auch für Altdorf sprechen die Zahlen deutlich von der Einwirkung des Föhnes. Im Engelbergertal dagegen vermag er sich offenbar nicht wirksam genug zu entwickeln, um das Land bis Stans richtig zu erwärmen. Dagegen steht der Rigi deutlich unter seinem Einfluß, in den tieferen Lagen viel mehr noch als in der Gipfelpartie. Die Orte am See werden ebenfalls von der Wärme des Föhns Nutzen ziehen, aber auch von dem Wärmeausgleich durch die Wassermassen des Vierwaldstättersees.

Vergleichen wir noch Stans mit den Stationen Weggis, Luzern und Sarnen in Bezug auf ihre monatliche Wärmeverteilung aus den Mittelwerten der Jahre 1937—1941.

*Monatsmittel der Temperatur
von Stans, Sarnen, Weggis, Luzern*

Tabelle 56

Stationen	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Stans	-1,7	1,2	4,5	7,9	11,6	16,9	18,2	17,3	13,7	8,6	4,3	-1,4
Sarnen	-1,2	1,1	4,1	7,8	11,5	16,6	17,6	16,7	13,3	8,5	4,5	-1,1
Weggis	-0,1	1,8	5,6	8,2	11,8	16,7	17,3	17,2	13,9	9,1	5,5	-0,8
Luzern	-0,1	1,6	4,9	8,3	11,8	17,3	18,0	17,2	13,9	8,7	4,9	-0,9

Es sind nur kleine Unterschiede, die aus den Zahlen der Tabelle sprechen; aber einige Züge verraten sich doch deutlich. Die beiden Wintermonate Januar und Dezember sind in Luzern und Weggis milder als in Sarnen und Stans, in Sarnen milder als in Stans. Im Frühjahr und Herbst steht Stans vor Sarnen; Weggis und Luzern haben wärmer als Stans und Sarnen. Im Hochsommer ist es umgekehrt, namentlich Stans steht im Juli und August allen voran.

Um Stans mit Pilatus und Rigi zu vergleichen, bedienen wir uns der Temperaturkurven. Jene von Stans ist auf Grund der 5-jährigen Beobachtung gezeichnet, die übrigen zwei nach den 37-jährigen Notierungen (Fig. 24).

Wie die drei Kurven zeigen, gilt für die Wärmeverteilung die Gesetzmäßigkeit: „Oben kalt, unten warm“. Das Tal hat den Höhen gegenüber den Vorteil der milderen Temperatur. Das ist die Norm. Nun tritt aber besonders in unseren voralpinen Gegenden oft eine Temperatur-Umkehr oder Wärmeinversion, also eine Anomalie in der Wärmeverteilung in vertikaler Richtung ein. In unserem Kurvenbild wird dann zum Beispiel die Linie des Rigi oder des Pilatus jene von Stans übersteigen. Pilatus weist dann eine höhere Temperatur auf als Rigi-Kulm. Tatsächlich steht oft das Thermometer auf Pilatus und Rigi-Kulm höher als in Weggis, Stans oder Luzern. Um eine Uebersicht zu bekommen, wie häufig und in welchem Ausmaß diese Wärmeumkehr in unseren Gegenden auftritt, wurden die täglichen drei Stationsbeobachtungen der Jahre 1931—1940 von Rigi-Kulm, Pilatus mit Weggis, zum Teil auch mit Stans und Luzern, ebenso Göschenen und Altdorf verglichen. Eine große Zahl gelegentlicher Temperaturmessungen von anderen Höhenpunkten, so im Brisen- und

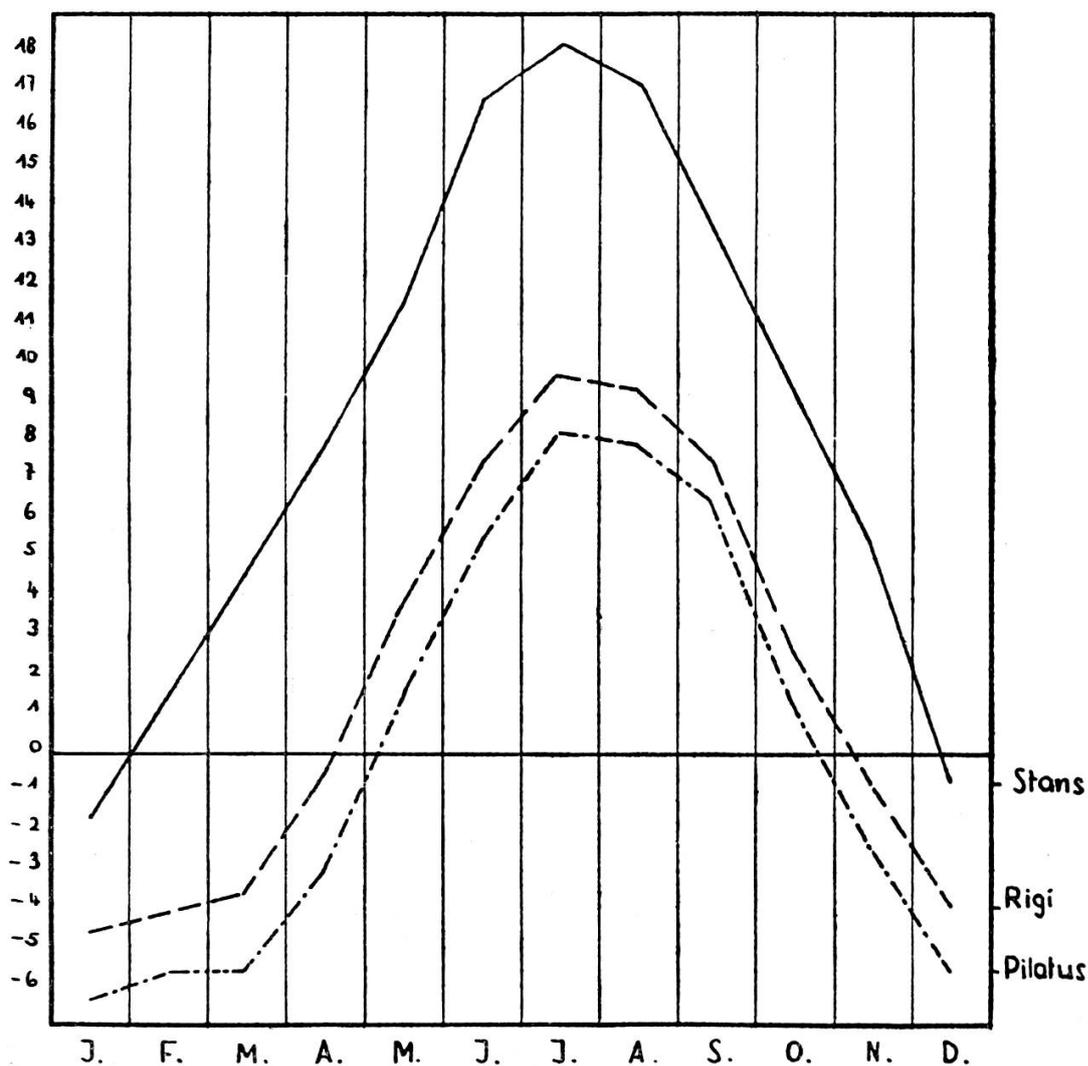


Fig. 24. Mittlere Monatstemperatur Stans, Rigi, Pilatus

Wallenstockgebiet, auf Stanser- und Buochserhorn, auf Trübsee und Jochpaß ergänzten das Bild.

Am zahlreichsten ist die Temperatur-Umkehr auf der Linie Pilatus-Rigi-Kulm festgestellt, in diesen zehn Jahren mit 984 Notierungen. Darunter sind 119 ganze Tage mit Wärme-Inversion nachweisbar. An sich müßte ja das Thermometer auf Pilatus um nahezu $1,5^{\circ}\text{C}$ tiefer stehen als auf Rigi-Kulm. Aber in jedem Monat, selbst in den Sommermonaten Juli und August, tritt die Umkehr ein, am häufigsten in den Mittagszeiten, am wenigsten am Morgen. Die kleinste Zahl der Temperatur-Umkehr hat in allen Jahren der Mai, nämlich bei 40 Mittag-, 7 Morgen- und 5 Abendmessungen. Am häufigsten fällt diese Erscheinung in den Monat Oktober, 121 mal in allen 10 Jahren und zwar 20 am Morgen, 80 am Mittag und 21 am Abend. Das Mittagmaximum (94) kommt allerdings dem August zu. Die meisten ganzen Tage mit Temperatur-Umkehr fallen in den Oktober, November und Dezember.

Das Ausmaß der Temperatur-Umkehr zwischen Pilatus und Rigi ist natürlich nicht bedeutend, entsprechend der nicht bedeutenden Höhendiffe-

renz von 300 m. Das Monatsmittel übersteigt selten 1 Grad; gewöhnlich ist es noch ein paar Dezimalen unter 1 Grad. Immerhin war das Maximum der Differenz am 31. September 1932 volle 10° C.

Die Temperatur-Umkehr Weggis-Rigi-Kulm wurde 438 mal notiert, darunter 111 ganze Tage. Davon fallen 107 in die zwei ersten und letzten Monate des Jahres, ganz wenige in den März und Oktober und ein einziger in den Juli. Der Betrag der Differenz der Abendbeobachtungen ist am größten, am Mittag am kleinsten; er schwankt zwischen 1,3 und 3,5° C.

Zwischen Weggis und Pilatus ereignete sich im Zeitraum der zehn Jahre an 211 Tagen die Umstellung der Temperatur; 58 mal durchdauerte sie den ganzen Tag. Auffällig ist sodann die Temperatur-Umkehr Altdorf-Göschenen. Göschenen war allein in den beiden Jahren 1939 und 1940 nicht weniger als 38 ganze Tage wärmer als Altdorf, und zwar bis zu 9,5° am Morgen und zu 7,7° am Abend des gleichen Tages. Es kam auch vor — zwar nur selten und um einen kleinen Betrag —, daß in Stans und Sarnen das Thermometer tiefer stand als in Engelberg. Ja, es traf sich, daß vom Gotthard bis an die Gestade des Vierwaldstättersees die Luftwärme stetig ab- statt zunahm. So lagen die Temperaturverhältnisse am 14. Januar 1940 auf der ganzen Linie, am 12. gleichen Monats und Jahres wenigstens auf der halben Strecke; nur der Rigi fügte sich nicht genau in Reihe und Glied. Hier folgen die Temperaturgrade:

	Weggis	Altdorf	Göschenen	Rigi	St. Gotthard	Mittagstemperatur
14. 1. 40:	—3,5	—1,8	0,0	2,0	0,5	° C
12. 1. 40:	—8,0	—5,1	5,0	0,2	—0,5	° C

Fragt man nun nach der Bedeutung der erhöhten Gebirgstemperatur und ihrem Einfluß auf die Schneeschmelze und auf den Abfluß der Schmelzwasser, so darf man natürlich nicht die engen Zahlen der Schattenthermometer als Maßstab zur Beurteilung der Wirkungsgröße annehmen. Man müßte eigentlich das Sonnenthermometer anwenden, das Schattenthermometer nur zum Vergleich mit den gewohnten Messungen. Wohl ist die Sonne nicht die einzige und nicht die ausschlaggebende Ursache der Temperaturumkehr. Aber es kommt durch die starke Insolation, die sich durch Reflexion an der Nebeloberfläche noch um vieles erhöht, zu einer ausgiebigen Schmelzwirkung. Sicher senkt sich dadurch die Totalhöhe der Schneedecke viel mehr, als dies durch die Besonnung im Tal zutrifft. Auf Pilatus fiel so vom 13.—20. April 1936, in welcher Woche sechsmal Temperaturumkehr beobachtet wurde, die Schneehöhe von 170 auf 70 cm, während in der folgenden Woche, wo keine Wärmeumkehr einfiel, die Höhe des Schnees kaum um 45 cm zurückging. Freilich tritt die Temperaturumkehr vielfach außerhalb der Zeit der Schneeschmelze in den

Bergen ein, aber doch häufig genug auch im Nachwinter und Hochwinter, so daß sie doch wesentlich zur Schmelze beiträgt.

Diese eigenartigen Wärmeverhältnisse unserer Bergwelt üben von jeher einen großen physiologischen und auch psychischen Einfluß auf den Menschen aus. Die warme Zeit der Temperaturumkehr wird vom Bergbauer der inneren Kantone als kostbare Wohltat der Natur entgegengenommen und ins Erwerbsleben des Jahres eingebaut. Im November und Dezember wird an Ställen und Almhütten gebaut und verbessert, was der vergangene Sommer als nötig erwies. In diesen Wochen der Höhensonne schaffen die Holzhauer im Bergwald, da hört man weithin die fallenden Fichten und Tannen und den sie begleitenden Jauchzer der Holzschläger. Im November und Dezember werden die Stämme entrinde und bereitgelegt, um sie nach dem ersten großen Schneefall auf dem Reistweg oder auch am Seil zu Tal zu schaffen. Im November und Dezember, eben zur Zeit der Temperaturumkehr, wird in vielen Alpen der Heustock verfüttert, den der Aelpler in der Zwischenzeit der Sommerarbeit geschnitten, geworbt und eingetragen hatte. Oft zieht nach Allerheiligen der Senn mit der ganzen Sente auf die eigenen Alpen und verbleibt dort bis gegen Weihnacht oder Neujahr. Oft sind es nur die Rinder, die der Hirte in die Höhen führt, und denen er das Alpheu, das der Sommer gedeihen ließ, „aufhirtet“.

Wer aus dem Tiefland, das bei Temperaturumkehr meistens unter geschlossener Wolkendecke liegt, durch dieses Nebelmeer in die strahlende Sonne tritt, wird vom wundervollen Wechsel der Kälte zur Wärme, des Schattens zur immensen Lichtfülle reiner Farben und Transparenz einfach überwältigt. Denn der Uebertritt in diese wundersame Pracht, in diese sonnige Landschaft, umflossen von der milden, trockenen Atmosphäre, geschieht meistens ganz plötzlich. Mit wenigen Schritten gelangt man von der Prosa- in die Wunderwelt, die aber ebenso real und fühlbar ist wie die andere, die als Vineta unter uns im Nebelmeer versinkt. Immer wieder wird man von diesem Schauspiel in tiefer Seele berührt, und hätte man es hundertmal erlebt. Ob einer es in den bequemen, sichtfreien Wagen der Vitznau-Rigi-Bahn kostet, mitten an den magisch leuchtenden Nagelfluhwänden, die mit dem fahrenden Passagier aus dem Nebelmeer steigen, ob er in der Kabine

der Schwebebahn nach Klewen oder Trübsee, losgelöst von der Erde, durchs Nebelmeer emportaucht, ob er am Seil nach Niederrickenbach an den mit Picht behangenen Fichten vorbeischiebt und die nahende Sonnenfülle am wundervollen Licht und Glanz der in sie ragenden großen „Christbäume“ erkennt, ob er schließlich aus eigener Kraft und Freude zu Fuß durch die nasse Nebelflut ins Blau des Himmels steigt —, der Augenblick, wo die Gegensätze zweier Welten sich berühren, wo Sonne und Wärme alle Schatten und Kälte verdrängen, dieser Augenblick ist es wert, in dankbarer Bewunderung genossen zu werden als großartiges Geschenk der schönen Bergwelt. Glücklich, wer immer sie betreten darf! —

Es sei hier aber auch erwähnt, daß die Wärmeinversion an sich ohne Sonne und Nebelmeer, ja sogar an wolkenlosen Tagen, auch an trüben und selbst an Regentagen bestehen kann. Auch der hohe Luftdruck, der doch die Temperaturumkehr als Werk seiner Hochdruckwetterlage erzeugt, kann scheinbar fehlen, wenn sich der Vorgang etwa ganz am Rande eines Hochdruckzentrums abspielt. Ein solcher Fall ereignete sich am 20. Dezember 1938 bei der Temperaturumkehr Weggis-Rigi. Die Wetterlage ist in folgender Fig. 25 skizziert.

So ist selbst das kleine Land der Innerschweiz reich an meteorologischen Merkwürdigkeiten; denn an jenem Tage zeigte der Barometerstand den kleinsten Luftdruck des ganzen Monats an, und doch war Temperaturumkehr.

Diese klimatische Bevorzugung der Höhenlagen in Winterzeiten ist unserem Volk von altersher bekannt. Es darf wohl mit J. Maurer (1909, 1. Bd., S. 163) daran erinnert werden, daß schon bald vor einem Vierteljahrtausend der Appenzeller Pfarrer Dr. (Paul) Ullmann¹⁾, der einige Zeit auf „Wildkirchli“ (1477 m) als Ein-

¹⁾ Geb. 24. Februar 1613, gest. 15. April 1680. Er studierte in Mailand, erwarb die Würde eines Dr. theol. und wurde 1635 zum Standespfarrer von Appenzell erwählt. 1656 ließ er auf eigene Kosten das 1621 vom Kapuzinerpater Philipp Tanner gegründete Wildkirchli, das in Zerfall geraten war, neu aufbauen und ein Bruderhaus erstellen. Er stiftete zum Unterhalt des Bergheiligtums die Weide „Bommen“ und lebte 1658 bis 1660 in dieser einsamen Bergeshöhe. Auf Befehl seiner kirchlichen Obern übernahm er 1680 eine Propstei in Lindau, hielt sich aber auch in späteren Jahren oft auf Wildkirchli auf, das letzte Mal 1678. (Koller und Signer, Appenzellisches Wappen- und Geschlechterbuch. Bern und Aarau, 1926, 371.)

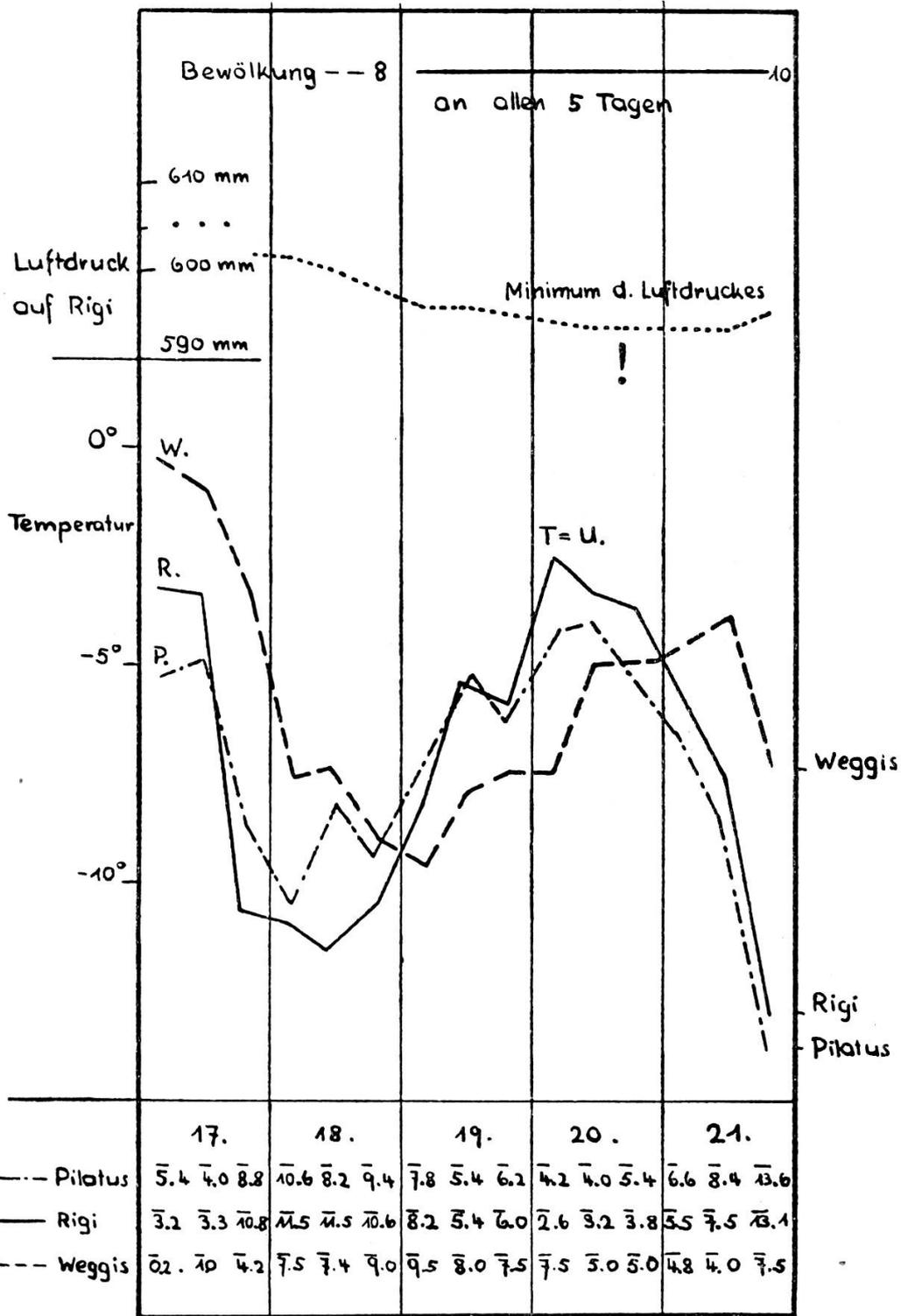


Fig. 25 Temperatur-Umkehr bei stark bewölktem Himmel und tiefem Luftdruck

siedler lebte, diese Temperaturumkehr genau beschrieben hat. Es sei erlaubt, seine Urkunde als Abschluß unseres Abschnittes über die Schneedecke hierher zu setzen. In origineller Appenzeller Art schrieb der gelehrte Doktor der Theologie in sein Witterungstagebuch zunächst vom ersten Schnee am 15. Wintermonat, dann von „Schneyen, Staube und Kälte, geweret biß auf den 14. Tag Christmonat“. Dann fährt er fort: „Darauf (ist) ein staites, helles, schönes, heyteres wedter bei tag Und n a c h t allhie in der wilden Kirchen bliben biß zum End deß Jahres ; in dem Land aber ein stait gr u s a m e r und k a l t e r Nebel . . . Und obglich allenthalben zimlich maaßen vil Und großer schne gsin, Nix desto wenig ist allhero in die wilden Kirchen ein guot gebander Weeg gsin, also daß immer das volk alhero in die H. Meß khommen Und bekenndt, es seyge besser alhero zu khommen als des Sommers . . . Jtzunder glaub ich, es seyge wahr, waß Unsere Alten in Godt wolruhende VorEltern gesagt haben, Nemklichen es seyge in der wilden Kirchen Under dem Aescher durch ds gantze Jahr Sommer und w i n d t e r mehr warm als zue Constantz auf dem Dom od auf der Reinbrugg.“

Zusammenfassung und Schluß

Die vorliegende Arbeit dürfte sowohl durch die systematische Behandlung des vorhandenen Beobachtungsmaterials als auch die eigenen Untersuchungen über Schneefall, Schneemenge und Schneedecke eine Ergänzung unserer Kenntnisse der klimatischen Verhältnisse der Innerschweiz bieten. Hier mögen die wichtigsten Ergebnisse mehr nach geographischen Gesichtspunkten eine kurze Zusammenstellung finden.

1. Das Reußtal vom Vierwaldstättersee bis zur Schöllenen schneidet zwar sehr tief ins Hochgebirge ein. Dennoch ist es bekanntlich ein warmes Tal, eine Folge der Süd-Nord-Lage und des dadurch bedingten häufigen Föhns. Das offenbart sich auch in den Schneverhältnissen. Zwar ist der Winter in Altdorf kaum kürzer als in den Orten gleicher Höhe am See. Der erste Schnee tritt sogar früher ein als in Sarnen und Stans, der letzte später als in Luzern, Sarnen und Stans. Auch die Zahl der Tage mit Schneefall ist nicht kleiner als an den genannten

Orten. Aber die Härte des Winters wird oft gebrochen durch Föhnlage und die Schneedecke dadurch lückenhaft. Die mittlere jährliche Dauer der Schneedecke ist 2 Tage kürzer als in Sarnen, fast 10 Tage kürzer als in Stans, aber 3 Tage länger als in Luzern.

Die gleiche Begünstigung der Wärmeverhältnisse erfährt das ganze Tal bis Göschenen. Auch in Göschenen wird in den meisten Wintern die Schneedecke oft mehrmals unterbrochen, obwohl der Ort 1100 m ü. M. liegt. Noch mehr begünstigt ist die Talgegend Gurtnellen-Silenen-Erstfeld. Hier geht denn auch oft die Blüte der Obstbäume jener von Altdorf voran. Göschenen hat eine kürzere Dauer der Schneedecke als Engelberg, obgleich es 100 m höher liegt. Als Hangstellung besitzt es ein ausgeglicheneres Klima.

Mit der Zunahme der Wärme geht die Abnahme der Niederschläge zusammen. Ein Blick auf die Regenkarte läßt die Trockeninsel im unteren Reußtal gut erkennen. Interessanterweise nimmt auch Göschenalp an diesem Charakter des Tales teil. Trotz 1715 Meter Meereshöhe hat sie nur 130 cm Niederschlag. Zu der Trockenzone stimmt sehr gut überein die für Altdorf auf 74 cm berechnete jährliche Schneemenge, die bedeutend unter der von Stans, Luzern und Sarnen steht.

2. Das Urserental ist im Gegensatz zum Tal unterhalb der Schöllenen eine kalte Gegend, und zwar ist Andermatt kälter als Hospenthal, und Realp ist milder als beide anderen Dörfer. Diese hochalpine, breite Talmulde der jungen Reuß, bewachsen mit prächtigem grünem Rasen, neigt deutlich zum kontinentalen Klimacharakter hin. Die Wärmeausstrahlung im flachen Boden ist groß und der Abfluß der kalten Luft ist erschwert und nur durch das Urnerloch möglich. Darum bildet sich ein Kaltluftsee, und dieser besteht fast das ganze Jahr und bei jeder Wetterlage; am ausgeprägtesten tritt er auf bei winterlicher Hochdrucklage. Sein Spiegel verläuft ungefähr auf der Kote 1490 m, wobei er nachts gegen den Talschluß von Realp leicht ansteigt. Am Frühvormittag „brennt“ die Sonne die kalte Luft von Realp und Hospenthal weg. Den ganzen Tag bleibt ein Kaltluftteich um Andermatt herum, der bis zur St. Anna-Kapelle von Hospenthal reicht, und eine nach Westen geneigte Oberfläche besitzt (L. Fischer).

Diese Verhältnisse spiegeln sich auch in den winterlichen Vorgängen, in den Daten des Schneefalles, der großen Schneemenge und in der späten Schneeschmelze wieder. Andermatt hat unter Berücksichtigung seiner hohen Lage ü. M. wenig Niederschlag, relativ aber viel Schneefall und eine große Schneemenge, und eine den Winter fast lückenlos überdauernde Schneedecke mit einer beträchtlichen Schneehöhe — ein von der Natur gegebener Ort für den Wintersport. Andermatt hat eine viel geringere Bewölkung als Göschenen und Engelberg, sowohl in den Winter- als in den Sommermonaten. Daß trotz der kleinen Niederschlagsmenge und schwachen Bewölkung der Winter reichlich Schnee bringt, erklärt sich aus dem großen Anteil des Schnees am jährlichen Niederschlag, der für Andermatt volle 50 Prozent ausmacht, während er in Engelberg auf 27 und in den Ortschaften am See auf 10 Prozent und noch tiefer sinkt.

Auf St. Gotthard reichen sich Sommer und Winter gleichsam die Hände. Diese Paßgend ist relativ kalt. Sie gehört noch zur Nordabdachung der Alpen, und darum sind ihre Daten in unserer Abhandlung berechtigt. Hier oben herrscht der alpine Winter. Nur an exponierten Stellen macht er einem ausgesprochenen Frühling Platz mit einer herrlichen Nivalflora. Der Sommer ist oft unterbrochen von Schneestürmen; denn auf Gotthardhöhe ist in jeder Woche, selbst im Hochsommer, Schneefall möglich. Der alpine Herbst ist kurz. Meistens setzt schon nach dem ersten größeren Schneefall die dauernde Winterdecke ein. Sie zählt im Mittel 230 Tage. Der kürzeste Winter brachte immer noch 208 Tage Schneedecke. Auch hier sind Niederschlag und Schneemenge kleiner als man zum vornherein vermuten dürfte. Diese Paßlandschaft mit den ausgesprochenen Nord- und Südwinden hat 232 cm Niederschlag; davon fallen 58 Prozent als Schnee. Vergleichen wir diese 232 cm mit der Niederschlagsmenge von 300 cm in der Drusberg- und Klaridenfirngruppe, so verrät der Gotthard wieder eine typische Eigenart als Grenzstation unseres Gebietes.

3. Im Tal der Engelberger a a führt zeitweise der Föhn fühlbar sein Regiment. Für gewöhnlich aber kann er sich nicht zu einer Wirkung, wie sie im Reußtal auftritt, entwickeln. Schon die Richtungsänderung des Tales unterhalb Engelberg, die vorsprin-

genden Kulissen des richtigen, abwechslungsreichen Quertales von Obermatt bis Stans, sodann der in die ganze Talbreite als Barriere vorgelagerte Bürgenstock beim Einfluß der Aa in den See, sind ein großes Hindernis in der Bildung und Entfaltung seiner Kraft. Der Fallwind wird zu sehr aufgehalten und gelähmt, und darum erwärmt er die Luft selten in dem Maß wie im Urner Reußtal. Gelegentlich setzt er allerdings auch hier sehr heftig ein.

Engelberg genießt den Vorzug einer ununterbrochenen Schneedecke und einer für den Wintersport günstigen Schneehöhe. Das Maximum innert 20 Jahren maß allerdings nur die Hälfte oder ein Drittel wie es für Andermatt angegeben wird, wie auch die maximalen täglichen Neuschneemengen (Engelberg 95 und Andermatt 120 cm) bedeutend differieren. Vom Jahresniederschlag, der für Engelberg den Mittelwert von 222 cm hat, auf 500 m Meereshöhe reduziert aber nur 124 cm beträgt, fallen 27 Prozent als Schnee. Die mittlere Neuschneemenge ist 428,5 cm, das Maximum im Winter 1930/31 betrug fast 6 Meter. Engelberg verkörpert den Typus des beständigen alpinen Winters in 1000 m Höhenlage. Hier wie in Andermatt macht sich der abgeschlossene Talkessel geltend für Winter und Sommer. Im Winter hat der Kältesee von Engelberg wenig Abfluß, und im Sommer sinkt die Regenmenge unter jene von Stans, und es schneiden sich so die beiden Niederschlagskurven; auch hierin liegt wieder eine Neigung zum kontinentalen Landschaftscharakter.

Stans, am Ausgang des Tales der Engelbergeraas, ist in seinen Winterverhältnissen durch seine Nordlage am Fuß des Stanserhorns bestimmt. Die tägliche längste Isolationsdauer geht bis zum kürzesten Tag — für den Standpunkt unserer Beobachtung —, bis auf eine kurze Vormittagsstunde zurück. Der ganze Talboden genießt die Wintersonne bedeutend länger. Trotz der verkürzten möglichen Insulationszeit in der Stanserebene durch den Bergschatten des Gebirgshorizontes wird weder die Zahl der Schneefalltage noch die Schneemenge bedeutend vermehrt; selbst die Schneedecke hält, zum Beispiel gegenüber Sarnen, nur 7 Tage länger an. Der Grund liegt einerseits in der raschen Verlängerung der Insulationszeit nach dem 21. Dezember — schon am 23. Februar, dem mittleren Termin des Ausaperns, „haben wir“ an hellen Tagen die Sonne wieder durch volle acht Stunden bis abends halb 5 Uhr — ;

andererseits sind eben zu jener Zeit der kurzen Insolation auch an den übrigen Orten am See die Witterungsverhältnisse größtenteils derart, daß starke Bewölkung vorherrscht, und sie sich so den Verhältnissen von Stans angleichen. Sodann ist die Stanser mittlere Jahreswärme $8,4^{\circ}\text{C}$ nur wenig tiefer als die von Luzern — der Ausdruck dafür, daß der Winter keine zu strenge Herrschaft führt. Dem entspricht auch die gleichmäßige maximale Schneehöhe der vier Orte. Sie schwankt nur innert den sehr engen Grenzen von 25 cm (Stans) und 23 cm (Altdorf). Endlich sind die Nebeltage in Stans weniger zahlreich als in Luzern und diese selber, nämlich 23,9 Nebeltage, fallen wie in allen Stationen am See hauptsächlich in die Monate November, Dezember und Januar, im Gegensatz zu Engelberg, wo die 60,7 Nebeltage einen viel breiteren Teil des Jahres einnehmen.

4. Die Orte am See und die Inselberge Rigi und Pilatus. Die Ufergegenden von Gersau, Vitznau und Weggis wie auch Luzern erfahren natürlich die ausgleichende Wärmeregulierung durch die große Seefläche im Winter. Die ersten drei Orte sind wärmer als Luzern; Gersau mit $9,3^{\circ}$ Jahresmittel steht voran. Luzern hat $8,5^{\circ}$. Interessanterweise steigt die Zahl der Schneefalltage von Weggis gegen Gersau an, so daß Gersau, gleich wie Altdorf, 28,3 Schneetage hat. Die analoge Erscheinung zeigt sich in der Verteilung der Niederschläge — von Altdorf abgesehen. Die Regenschwelle zieht über Gersau und Schwyz, während Weggis und Luzern niederschlagsärmer sind. Luzern hat nur 117 cm Niederschlagsmenge. Darin liegt bereits der Einfluß des Mittellandes vor, wie auch die größere Zahl Nebeltage, als sie die Orte am See aufweisen, dessen Nähe verraten, das bekanntlich 43 (Zürich), 86 (Olten) und bis 119 Tage mit Nebel (Sursee) zählt. Entsprechend ist die Schneemenge, die Dauer der Schneedecke und ihre totale Höhe um einen kleinen Betrag niedriger als in den voralpinen Orten Stans und Sarnen. Namentlich aber verkürzt sich in Luzern die Schneedecke im eigentlichen Hochwinter.

Rigi-Kulm und Pilatus haben, wie ihre gemeinsamen Namen „Gipfelstationen“, „Inselberge“ verraten, deutlich gemeinsame Linien des Winters. Schneefall, Schneemenge, Schnee-

deckendauer, auch die totale Schneehöhe, nehmen mit der Meereshöhe zu. Die Beobachtungen sind oft erschwert; am geeignetsten zum Vergleich sind die Tage mit Schneefall und die Termine des Einschneiens und Ausaperns. Rigi hat 100,3, Pilatus 110,8 Schneefalltage. Zwischen Einschneien und Ausapern kommen auf Rigi-Kulm 150, auf Pilatus 211, auf St. Gotthard, der annähernd gleiche Meereshöhe wie Pilatus hat, 221 Tage. Auch die Schneefalltage sind auf St. Gotthard zahlreicher, nämlich 135,5 Mittelwert, gerade das Maximum der 12 beobachteten Jahre auf Pilatus. Schon dieser Vergleich mit St. Gotthard lehrt, daß Pilatus und auch Rigi-Kulm den Einfluß des umliegenden Tieflandes erfahren. Am reichgegliederten Massiv des Pilatus erleiden die aufsteigenden Luftmassen eine starke Zerteilung. Die Folge davon ist eine geringere Kondensation und kleinere Niederschlagsmenge, sei es als Regen oder Schnee. Auf St. Gotthard hingegen ist keine ausgesprochene, tiefe Paßsenke vorhanden. Dort sperrt der Berg in seiner ganzen Breite, und die genannte Wirkung bleibt aus. Rigi-Kulm ist, reduziert auf gleiches Niveau, um ein Drittelgrad wärmer als Luzern, St. Gotthard dagegen kälter, Pilatus zeigt keine Differenz. Was diese Inselberge noch besonders auszeichnet, ist die Sonnenscheindauer in den Wintermonaten, die vielen hellen Tage mit starker Insolation, viel kräftiger als sie bei hellem Wetter im Tiefland sein kann. Da ragen diese Gipfelstationen oft wochenlang in die warme, herrliche Wintersonne, während ringsum, oder doch von ihrem Fuß bis zum Jura, ein geschlossenes Nebelmeer liegt. Namentlich in solchen Zeiten vollzieht sich dann die Temperaturumkehr. Es kann auf Pilatus eine höhere Temperatur herrschen als auf Rigi, und es kann in Weggis, Luzern und Stans kälter sein als auf Rigi und Pilatus. Es kam vor, daß aus dem Nebelmeer mehr als 10 cm Schnee fiel, indessen über dem Nebel eine Luftwärme von 30° C gemessen wurde. Diese Inversion ist allerdings nicht das alleinige Privilegium der „Inselberge“, aber kaum tritt sie anderswo so deutlich nachweisbar auf.

5. Das Tal der Sarneraa : Brünig-Lungern-Sarnen-Vierwaldstättersee. Es ist ein breites, hochterrasiertes Tal, wie ein offenes Engadin, und nach NE hin geöffnet. Die Talrichtung, die Beeinflussung durch die Gebirgszüge zur

Rechten und Linken, wie auch die Talstufung machen sich im Gesamtklima des Obwaldnertales geltend; für den Winter kommen sie besonders zum Ausdruck. Sarnen, in der untersten Talstufe, hat 28,3 Tage mit Schneefall, Lungern, in der mittleren Talstufe, aber schon 42,2. Wie sehr die Lage und Form des Tales die Winde beeinflusst, ergibt sich aus der Windrose. Der NE-Wind ist hier der Schneewind. Aehnlich wie im unteren Reußtal, liegt vom Alpnachersee bis Giswil eine Trocken-Oase geringer Niederschläge. Doch ist Sarnen, was Wärmeverhältnisse anbelangt, nicht mit Altdorf zu vergleichen. Darum ist auch der Winter in Sarnen länger als in Altdorf und Luzern; doch fiel der erste Schnee später als in Altdorf. Oft dringt auch hier der Föhn vom Brünig her nach Lungern, oder aus dem Melchthal gegen Sarnen vor. Er kommt aber in der Windrose von Sarnen nicht zum Ausdruck, in jener des Pilatus jedoch sind die Südwinde sichtbar. Offenbar ist die Schneedecke in Sarnen vom Föhn nicht gefährdet, wie jene in Altdorf. Die Bewölkung ist in Sarnen während der vier Wintermonate November bis Februar fast eine Einheit stärker als in der urtherischen Reußebene.

Wenn die Natur, wie man sagt, im Winter ruht, so ruhen doch nicht Wasser, Wind und Sonne. Ihre Arbeit hat Eigenart und Linie. Je nach dem Himmelsstrich, je nach dem Erdenfleck, wo ihre Kräfte spielen, ist ihre Leistung anders; aber es waltet überall Gesetz und Ordnung. In den kleinen Grenzen unserer Inner-schweiz der Linie ihres Schaffens und ihren gemeinsamen Beziehungen nachzugehen, war der leitende Gedanke vorliegender Arbeit.

LITERATUR

Einige Werke und Aufsätze verschiedener Autoren sind im Text genannt. Im besondern seien hier die öfters verwerteten Bücher und Quellen erwähnt:

„Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.“ Zürich. — Viele Jahrgänge.

„Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz.“ Herausgegeben vom Eidgen. Amt für Wasserwirtschaft. — Verschiedene Jahrgänge.

„Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie.“ Lieferung 3: „Der Schnee und seine Metamorphose“ von Bader, Haefeli, Bucher, Neher, Eckel, Thams, mit Einführung von P. Niggli. Erste Ergebnisse und Anwendungen einer systematischen Untersuchung der alpinen Schneedecke. Kümmerly und Frey. Bern 1939.

J. Maurer, R. Billwiller und C. Heß, „Das Klima der Schweiz“. 2 Bde. Frauenfeld 1909/10.

R. Roth, „Ueber Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß im Reußgebiet“. Diss. Basel 1923.

E. Roder, „Niederschlag und Abfluß im bündnerischen Rheingebiet 1894—1909“. (Mitt. Landeshydrographie, Nr. 5) Bern 1924.

H. Brockmann-Jerosch, Die Vegetation der Schweiz, Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 12, Redaktion Prof. Dr. E. Rübel, Lieferung 1—4. Zürich. 1925—29.

Max Oechslin, Dr., „Die Waldverhältnisse im Kanton Uri. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 14“ (Red. Prof. Dr. E. Rübel). Bern 1927.

F. Ringwald, „Wirtschaft und Siedelung des Kantons Obwalden“. Luzern 1934.

UNGEDRUCKTE QUELLEN

Die Tagebücher der meteorologischen Stationen Andermatt, Engelberg, Göschenen, Gurtellen, Lungern, Luzern, Pilatus, Sarnen, Stans, Weggis. Den Wetterwarten aller Stationen bin ich zu Dank verpflichtet, namentlich auch Herrn Dr. Billwiller, Direktor der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich, der mir gestattete, Stationsbücher zu benutzen und mir solche auch vermittelte.

Herr Prof. Dr. L. Fischer, dipl. phys. E. T. H., Luzern, gewährte mir in dankenswerter Weise Einsicht in die experimentellen Unterlagen zu einem Vortrag über die lokalen Verhältnisse der Strömungen und Kondensationsfelder am Pilatus, den er im Januar 1945 in der Naturforschenden Gesellschaft Luzern hielt. Ebenso bot mir Herr Dr. Fischer wertvollen Einblick in sein Manuskript „Zum Klima des Urserentales“. Seine ausgedehnten Beobachtungen an den Talhängen von Urseren, über den Kaltluftsee im Urserental, auch über das Mikroklima in der Nähe des Urnerloches und in der Schöllenen stimmen mit meinen Winter- und Schneemessungen gut überein.

Inhalt:

<i>Einleitung:</i> Klimatische Eigenart des Nordalpenrandes. — Der Wechsel von Schneedecke und schneefreier Zeit. — Ziel und Unterlagen der vorliegenden Arbeit. — Historische Bemerkungen. — Einteilung	107
--	-----

ERSTER ABSCHNITT: DER SCHNEEFALL

<i>I. Beobachtungen im unteren Tal der Engelbergeraa</i>	113
1. Tage mit Schneefall	113
2. Der erste und letzte Schneefall. Zwischenzeiten	116
3. Bei welcher Temperatur schneit es?	118
4. Wie gehen Schneefall und Winde zusammen?	119
<i>II. Vergleichende Beobachtungen</i>	126
Die Stationen im Gebiet der Reuß, der Engelbergeraa, am Vierwaldstättersee	127
1. Tage mit Schneefall im Jahr	128
in ungleicher Höhe	128
in gleichen Höhenlagen	129
Schneefalltage im Monat	132
2. Grenzdaten des Schneefalles	138
3. Schneefall und Temperatur im ganzen Winter:	139
im Monat	140
4. Wind und Schneefall	142
Windrosenkarte der Innerschweiz	145

ZWEITER ABSCHNITT: DIE SCHNEEMENGE

Umgrenzung und Bewertung des Begriffes „Schneemenge“. Schwierigkeiten beim Bestimmen der Schneemenge	147
1. Wie viel Schnee fällt am Vierwaldstättersee?	148
2. Die Schneemengen von Engelberg, Rigikulm und St. Gotthard	152
3. Schneemenge und Lufttemperatur	165
4. Schneemenge und Niederschlag	171
A. Die Niederschlagsmenge in der Innerschweiz	171
B. Anteil des Schnees am Niederschlag	184
5. Schneedichte und Schneeformen	186

DRITTER ABSCHNITT: DIE SCHNEEDECKE

Schnee und Reif	190
1. Schneedecke und schneefreie Zeit des Jahres	191
2. Dauer der Schneedecke	193
3. Verteilung der Schneedecke auf die Wintermonate	207
4. Höhe der dauernden Schneedecke	209
5. Die Schneeschmelze	214
a) Lufttemperatur und Schneeschmelze	215
b) Verlauf der Schneeschmelze	217
c) Ursachen der Beschleunigung und der Verzögerung	219
d) Speicherung der Niederschläge durch Firn und Gletscher	226
e) Temperaturumkehr und Wärmeverhältnisse in der Innerschweiz	229
Zusammenfassung und Schluß	238



