Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden

Band: 93 (1967-1969)

Artikel: Das Klima des Unterengadins im Vergleich mit demjenigen des Oberengadins

Autor: Mörikofer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594648

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: 17.07.2025

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

Das Klima des Unterengadins im Vergleich mit demjenigen des Oberengadins[1]

Von *W. Mörikofer*
Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos

1. Einleitung

Das Klima der alpinen Hochgebirgslagen ist durch manche gemeinsamen Charakteristika gekennzeichnet. Doch wäre es irrtümlich, diese als feste Determinanten auffassen zu wollen. Im Gegenteil: es gibt zwei Kategorien von Varianten, durch deren Einfluß die Reichhaltigkeit des klimatischen Bildes bedingt ist. Da sind einerseits diejenigen Klimaelemente, die durch eine relativ strenge *Höhenabhängigkeit* gekennzeichnet sind und daher in verschiedener Höhenlage ein merklich verschiedenes Verhalten zeigen, sich in ähnlicher Höhe dagegen auch ähnlich verhalten. Daneben gibt es aber einige Klimaelemente, die in ihrem Verhalten nicht in erster Linie von der Höhenlage bedingt sind, sondern vor allem von den lokalen Einflüssen der *Geländekonfiguration;* es sind dies vor allem die Sonnenscheindauer und daneben Luftbewegung und Abkühlungsgröße. Bei diesen Elementen kann eine leichte Höhenabhängigkeit in starkem Maße durch orographische Einflüsse modifiziert, gelegentlich sogar vollkommen umgekehrt werden; dadurch können beträchtliche Unterschiede von lokalklimatologischem und sogar mikroklimatologischem Ausmaß hervorgerufen werden.

Ein Beispiel für diese Überlagerung gleichartiger und entgegengesetzter Modifikationen von Klimaeinflüssen bieten die bioklimatischen Verhältnisse des Unteren und des Oberen Engadins. Es liegt

---

[1]) Erweiterte Fassung eines am 10. September 1965 an der Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Balneologie und Bioklimatologie in Bad Scuol-Tarasp-Vulpera unter dem Titel «Unter- und Oberengadin – ein klimatologischer Kontrapunkt» gehaltenen Vortrages.

daher nahe, eine Schilderung der Klimaverhältnisse des Unterengadins durch eine Vergleichung mit denjenigen des Oberengadins zu beleben, um einerseits die Gegensätze zu illustrieren, andererseits auch die Analogien erkennen zu lassen. Dabei geht es nicht darum, die Gegensätze der beiden Regionen gegeneinander auszuspielen, sondern eher im Sinne einer systematischen Planung in der Klimatherapie den charakteristischen Vorzügen jeder Region ihre Aufgabe zuzuweisen.

Als Oberengadin wird dabei das Inntal von Maloja (1817 m) über St. Moritz (1800 m) und Pontresina (1780 m) bis Scanfs (1680 m), als Unterengadin die Strecke von Brail (1630 m) bis zur schweizerisch-österreichischen Landesgrenze bei Vinadi (1074 m) bezeichnet. Unsere Klimabeschreibung für das Unterengadin bezieht sich im wesentlichen auf das mittlere Gebiet, die Kurregion von Schuls (Scuol)–Vulpera–Tarasp (1290 m).

Die Unterlagen zur Beurteilung der Klimaverhältnisse basieren weitgehend auf den langjährigen Meßreihen der amtlichen meteorologischen Stationen des schweizerischen Klimanetzes; es sind dies im Oberengadin die Stationen Sils-Maria, St. Moritz, Pontresina und Bevers, im Unterengadin Zernez, Schuls, Ramosch und Martina; Registrierungen der Sonnenscheindauer liegen nur von St. Moritz und Schuls vor. Dieses Routinematerial konnte für die vorliegende Studie in einigen für die Gesichtspunkte der Kurortklimatologie wichtigen Punkten durch eigene, kurzfristige Untersuchungen des Verfassers ergänzt werden; diese beziehen sich speziell auf die lokalklimatologischen Aspekte der Windverhältnisse und der Sonnenscheindauer. Daß daneben die langjährigen Erfahrungen über die allgemeinen Eigenschaften des Hochgebirgsklimas in die Charakterisierung der Klimaverhältnisse des Untersuchungsgebietes einbezogen wurden, dürfte selbstverständlich sein.

2. *Die Besonnungs- und Strahlungsverhältnisse*

Ein Grundelement zur Beurteilung der Strahlungsverhältnisse bildet die *Sonnenscheindauer*. In Abb. 1 sind für dieses Element die monatlichen Summen und durch deren Verbindung der Jahresgang für vier charakteristische Stationen wiedergegeben. Unter der Abb. 1 sind auch die Jahressummen der tatsächlichen Sonnenscheindauer für dieselben vier Stationen angegeben. Hier interessiert vor allem

der Vergleich zwischen Oberem (St. Moritz) und Unterem (Schuls) Engadin; für diese beiden Standorte sind die Jahressummen praktisch fast gleich, während im Sommerhalbjahr Schuls und im Winterhalbjahr St. Moritz etwas höhere Werte zeigt als die Vergleichsstation. Als unabhängiger Vergleich ist das Verhalten von Arosa mit praktisch gleich großer Jahressumme beigefügt, und auch die Verteilung über das Jahr ist für alle drei Hochgebirgsstationen ganz ähnlich.

Ganz anders charakterisiert sich dagegen der Jahresverlauf der Sonnenscheindauer in der nordschweizerischen Niederung, die in Abb. 1 durch Zürich repräsentiert ist. In den Wintermonaten, wo wegen der kürzeren Tagesdauer die Besonnungsdauer überall vermindert ist, weist Zürich nur etwa halb soviel Sonnenschein auf als die alpinen Hochtallagen; im Sommer dagegen, wo alle Lagen reich an Sonnenschein sind, übertrifft Zürich die Gebirgslagen ganz merklich.

Diese starke Jahresschwankung der Sonnenscheindauer und ein Teil der beträchtlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Stationen sind im wesentlichen durch die Überlagerung von zwei Einflüssen bedingt; abgesehen von den Unterschieden der geographischen Breite, die wohl in planetarem Ausmaß, nicht dagegen innerhalb eines kleinen Landes von großer Bedeutung ist, handelt es sich dabei um die Auswirkungen der Bewölkung und des Horizontverlaufs.

Der Einfluß der *Bewölkung* wird dabei durch Beobachtungen der Menge und Art der Bewölkung, wesentlich genauer dagegen durch die relative oder prozentuale Sonnenscheindauer erfaßt, die angibt, wieviel Prozent der Sonnenscheindauer wolkenloser Tage die Sonne im Durchschnitt guter und schlechter Witterung tatsächlich scheint, und damit eine Komplementgröße zur Bewölkung und ein Maß für Häufigkeit und Ausmaß sonnigen Wetters darstellt.

Dieses Element der relativen Sonnenscheindauer ist in seinen Monatswerten und seinem Jahresgang in Abb. 2 wieder für Unter- und Oberengadin und für die zwei Vergleichsstationen Davos und Zürich dargestellt. Hier zeigt sich noch deutlicher als in Abb. 1, daß die alpinen Hochtallagen im Winterhalbjahr stark bevorzugt sind vor der Niederung. Die charakteristischen Jahreskurven der relativen Sonnenscheindauer zeigen für die alpinen Hochtäler einen stark ausgeglichenen Jahresverlauf mit Monatsmitteln zwischen 45 und 54 %, wobei die Maxima der Wahrscheinlichkeit schönen Wetters auf den Nachwinter und den Spätsommer/Herbst fallen; die Kurve für Davos

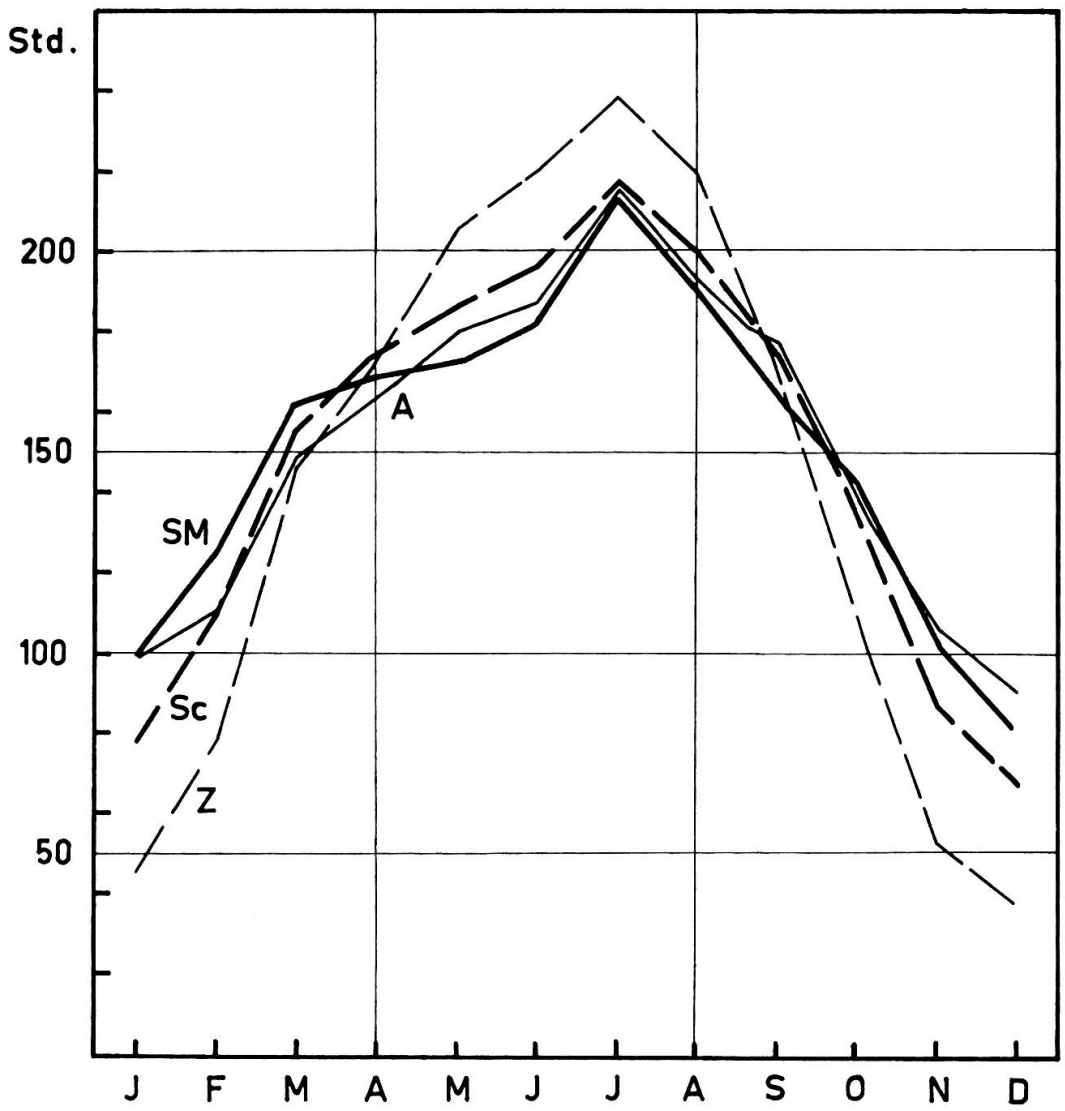

Abb. 1

Jahresgang der tatsächlichen Sonnenscheindauer nach Monatssummen in Stunden.

Jahressummen:

Schuls (Sc):	1783 Stunden
St. Moritz (SM):	1805 Stunden
Arosa (A):	1818 Stunden
Zürich (Z):	1693 Stunden

liegt überwiegend einige Prozente tiefer als die Kurven der zwei Engadiner Stationen – ein Beleg dafür, daß das Engadin noch tiefer im Schutz der Zentralalpen gelegen ist als die Täler Nordbündens. Ganz anders ist der Jahresverlauf der relativen Sonnenscheindauer in der

schweizerischen Niederung (Zürich); hier liegen die Sommerwerte für die relative Sonnenscheindauer, somit für die Wahrscheinlichkeit sonniger Witterung, ganz ähnlich wie in den Hochalpen; dagegen zeigt diese Kurve eine sehr starke Jahresvariation mit reduzierten Werten im Frühling und Herbst und ganz niedrigen Werten von 20 % oder weniger im Winter. Diese Bevorzugung der alpinen Hochtäler oberhalb 1000 m im Winter ist für das ganze Alpengebiet charakteristisch.

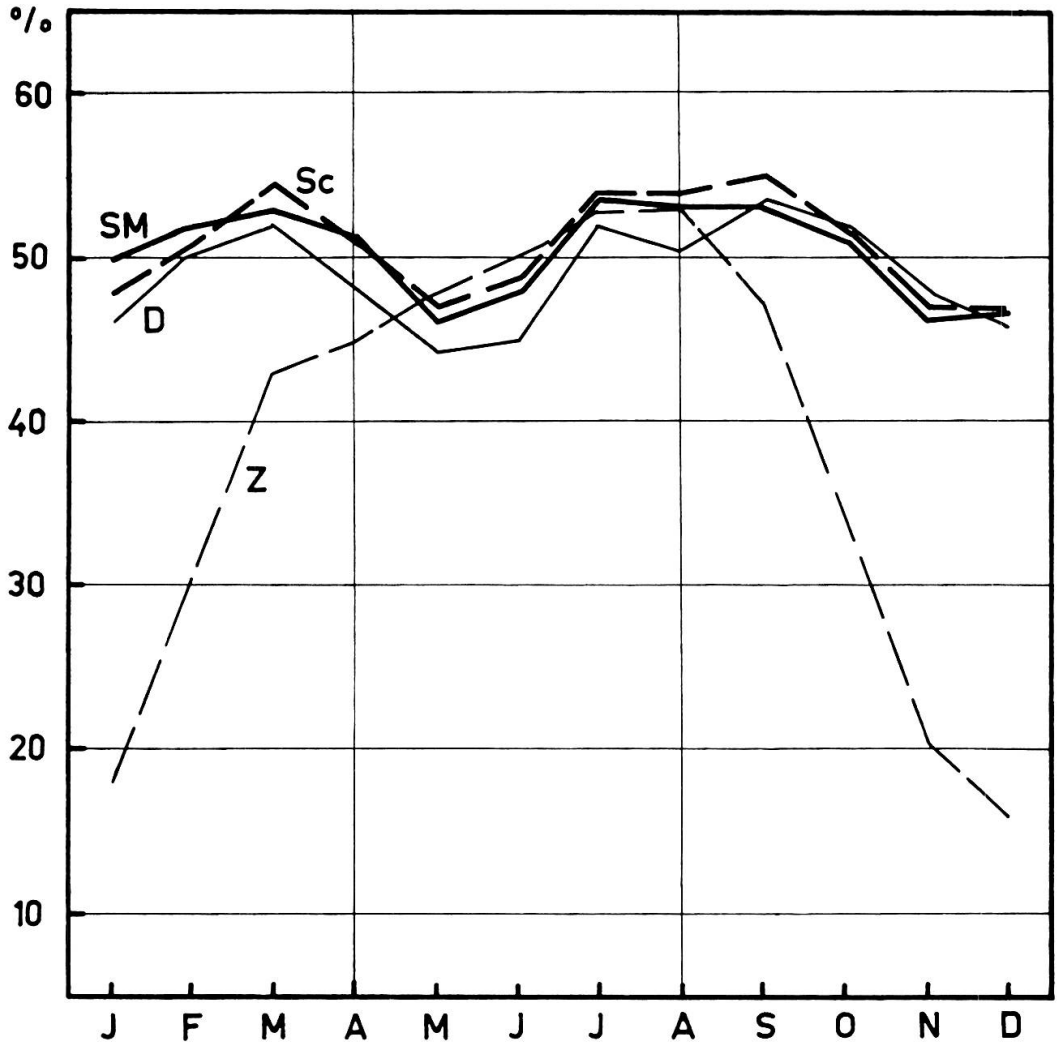

Abb. 2

Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer in Prozenten.
Sc Schuls, SM St. Moritz, D Davos, Z Zürich.

Der Vollständigkeit halber sei in Abb. 3 noch der Jahresgang der *Bewölkung* (Himmelsbedeckung in Prozenten der Fläche und der Häufigkeit) wiedergegeben. Wie zu erwarten, zeigen diese Kurven einen komplementären Verlauf zu den Kurven der Abb. 2, somit in den alpinen Hochtälern eine kleine Jahresamplitude, in der schweizerischen Niederung eine große Jahresschwankung mit großen Bewölkungsgraden im Winterhalbjahr.

An diese kurze Betrachtung über die Bewölkungsverhältnisse schließen sich zwangslos einige Angaben über die Nebelfrequenz an,

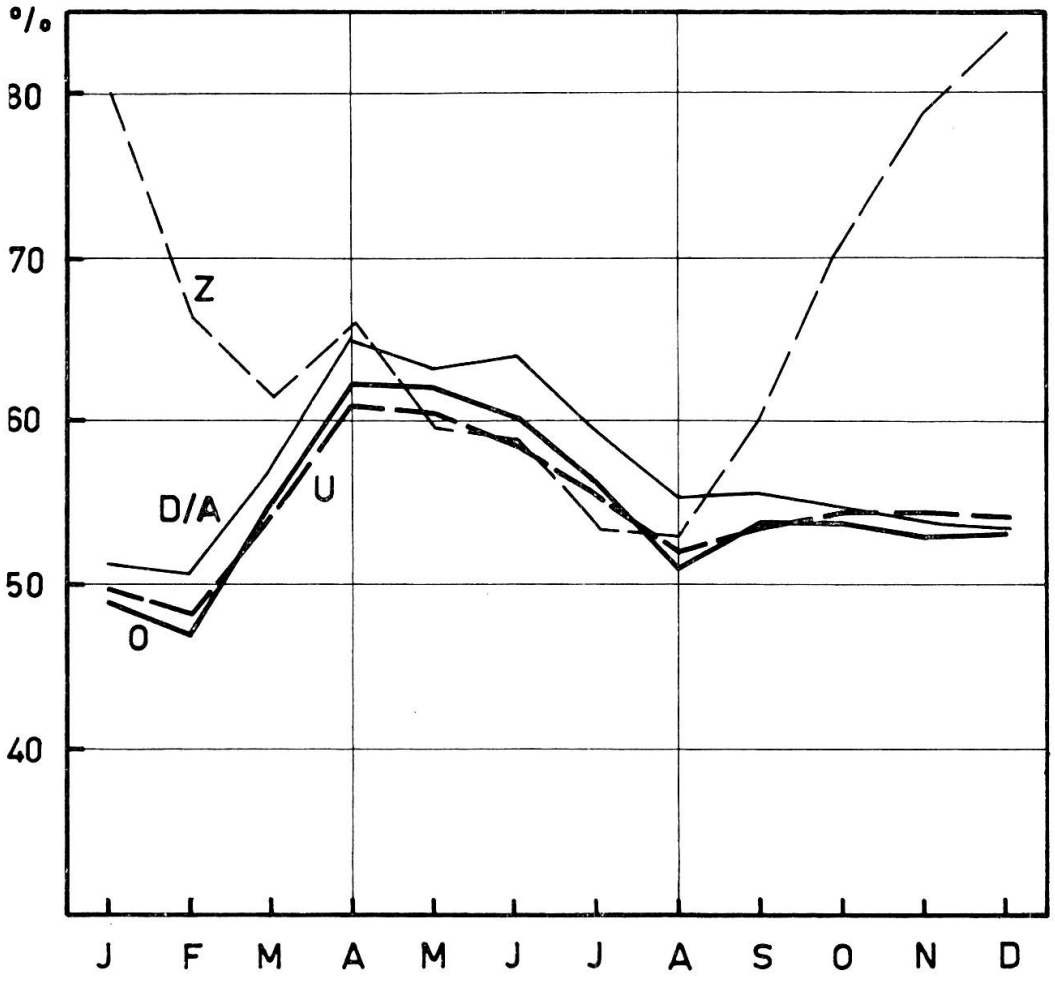

Abb. 3

Jahresgang der Himmelsbedeckung in Prozenten.
U Unterengadin, O Oberengadin, D/A Davos/Arosa, Z Zürich.

ist doch *Nebel* nichts anderes als die Wolke, in der der Beobachter selbst steckt. Hier zeigen sich nun große Unterschiede, die auf regionale, vielfach aber auf eng lokale Einflüsse zurückzuführen sind. Ganz allgemein weisen die Tallagen von Hochtälern nur wenig Nebel auf, während für Hang- und Gipfellagen Nebel viel häufiger ist. Als Folge davon ergeben sich die Zahlen der nachfolgenden Tabelle, die angibt, an wie vielen Tagen im Jahr durchschnittlich Nebel während kürzerer oder längerer Zeit auftritt.

Jahresfrequenzen von Nebeltagen

Schuls	12 Tage
Oberengadin	14 Tage
Davos	5 Tage
Arosa	46 Tage
Lugano	5 Tage
Zürich	42 Tage
Jungfraujoch	210 Tage

Haben wir so den Einfluß der Bewölkung auf die Sonnenscheindauer skizziert und dabei festgestellt, daß in ähnlicher Höhenlage in den Alpen (vielleicht mit Ausnahme der Nebelfrequenz) die Verhältnisse ganz ähnlich liegen, so kommen wir noch zur anderen Komponente, von der die tatsächliche Sonnenscheindauer in maßgebender Weise beeinflußt wird: zum Einfluß des *Horizontverlaufs*. Diese Auswirkung des Horizontverlaufs läßt sich am einfachsten erfassen durch Ausmessungen mit einem zu einem Tagbogenmesser umgebauten Spezialtheodoliten. Dieses Instrument liefert den Tagbogen und damit für jeden beliebigen Tag des Jahres die Zeitpunkte des Sonnenauf- und -untergangs und daraus die bei wolkenlosem Wetter mögliche Dauer des Sonnenscheins.

Es ist klar, daß in einem Gebirgstale die so definierte mögliche Sonnenscheindauer wegen der Horizontbeschränkung kleiner sein muß als in der freien Ebene oder in einer Gipfellage. So ist es verständlich, daß in Abb. 4 die Kurven der täglich möglichen Sonnenscheindauer von Schuls und von St. Moritz um etwa 1–2 Stunden tiefer liegen als die Kurve von Zürich mit seinem viel freieren Horizont. Die oberste Kurve in Abb. 4 gibt schließlich noch die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer, die für den Fall einer unendlich ausgedehnten Ebene ohne Geländeerhöhungen gelten würde.

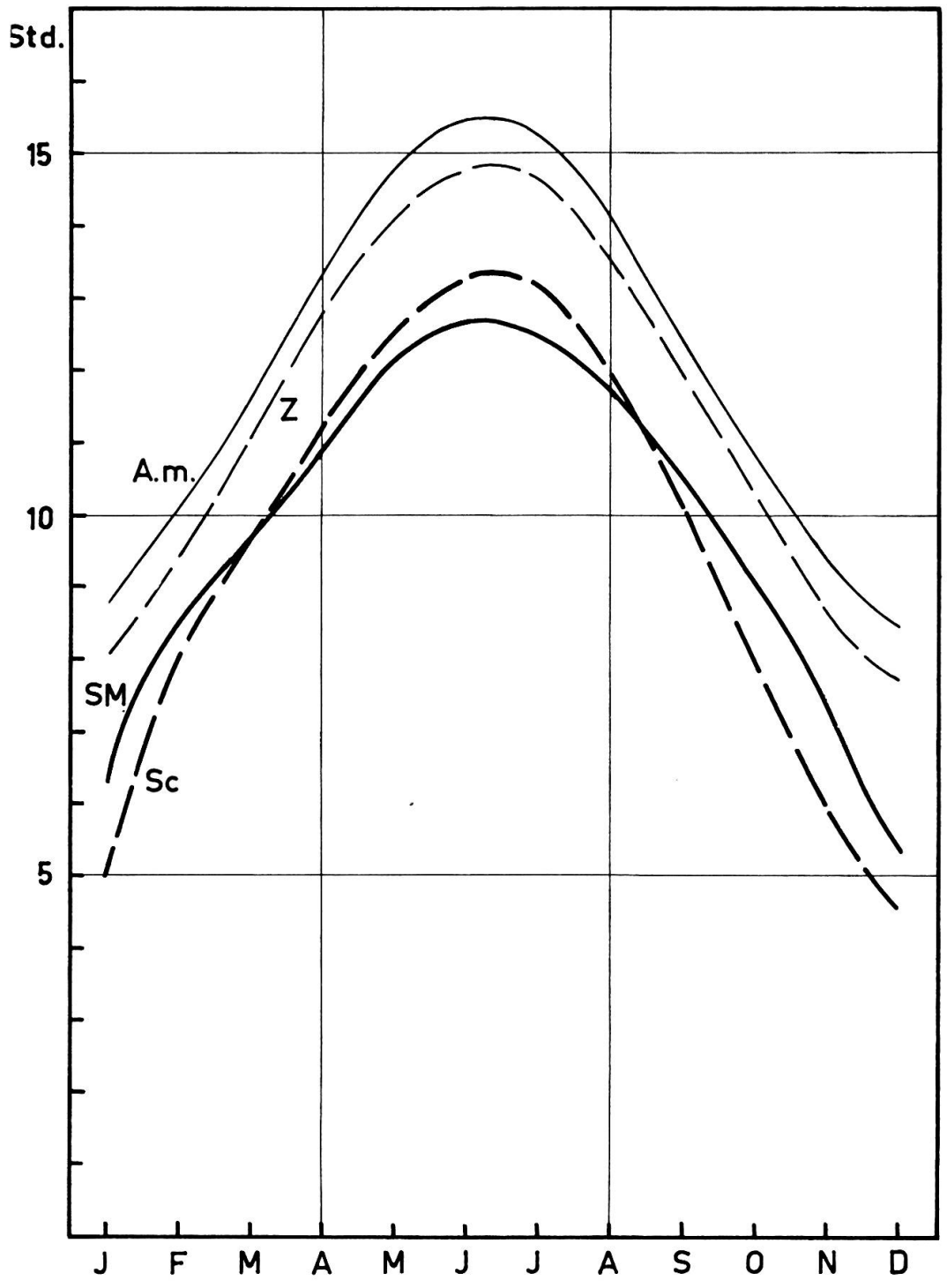

Abb. 4

Tageswerte und Jahresgang der möglichen Sonnenscheindauer.
Sc Schuls, SM St. Moritz, Z Zürich, A. m. Astronomisch möglich.

Aus diesen Auswirkungen der Geländeunregelmäßigkeiten erklärt es sich, daß in gebirgigen Gegenden, wie es die Alpen sind, schon auf geringe Distanzen große Unterschiede der möglichen und damit auch der tatsächlichen Sonnenscheindauer auftreten können. In manchen Gebirgstälern gibt es vereinzelte Standorte, wo im tiefen Winter während Wochen auch bei wolkenlosem Wetter kein Sonnenstrahl hintrifft. Aus Abb. 4 ist auch zu ersehen, daß im Zentrum von Schuls die mögliche Sonnenscheindauer im Sommerhalbjahr merklich größer ist als im oberen Teile von St. Moritz-Dorf, während es sich im Laufe des ganzen Winterhalbjahres gerade umgekehrt verhält.

Was die wichtige Frage der *Intensität* der Sonnenstrahlung angeht, so liegen weder vom Unter- noch vom Oberengadin ausführliche Messungen darüber vor. Doch läßt sich auf Grund eigener Untersuchungen über die Höhenabhängigkeit der Strahlung in den Alpen recht genau abschätzen, wie stark die Strahlungsintensitäten im Engadin sein werden.

Danach ist anzunehmen, daß die *Wärmeintensität* der Sonnenstrahlung im Oberengadin 1—2 % stärker, im Unterengadin 2—3 % schwächer ist als z. B. in Davos, für das langjährige Reihen vorliegen. Es handelt sich somit dabei um ganz kleine Unterschiede auch zwischen Ober- und Unterengadin, denen praktisch und physiologisch keine Bedeutung beizumessen ist. Wesentlich größer sind die entsprechenden Unterschiede im biologisch wirksamen *Ultraviolett.* Hier ist die Zunahme der Ultraviolettstrahlung mit der Höhe ü. M. etwa 5—10 mal größer als bei der Wärmestrahlung. Wir können somit annehmen, daß im Oberengadin die Ultraviolettstrahlung 20—40 % intensiver ist als in dem rund 500 m weniger hoch liegenden Unterengadin. Nun haben wir vorhin gesehen, daß im Sommerhalbjahr die Sonnenscheindauer im Unterengadin merklich größer ist als im Oberengadin; so kommen wir zum Ergebnis, daß das Klima des Unterengadins bedeutend mildere Strahlungsreize bietet als das des Oberengadins, sie dafür jedoch etwas länger zur Verfügung stellt.

Wir haben somit gesehen, daß das Klima des Engadins sehr reich ist an Strahlung, und es erhebt sich nun die Frage, wie ein solcher Strahlungsreichtum vom Standpunkt der Klimatherapie zu beurteilen ist, ob er als positiver Gewinn oder als ein Zuviel anzusehen ist. Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns vergegenwärtigen,

was für Wirkungen solche Strahlungen auf den menschlichen Organismus ausüben.

Da ist zunächst die *Wärmewirkung* zu nennen, wobei nur die von der Haut absorbierte Strahlungsenergie zur Erwärmung der Haut und des ganzen Körpers beiträgt. Dazu kommen die spezifischen Wirkungen einzelner Spektralbereiche, vor allem im *Ultraviolett*. Es sei hier an die Bildung von Erythem und von Hautpigment, daneben an die Bildung von Histamin und von Vitamin-D mit seiner antirachitischen Wirkung erinnert. Es sind dies alles biochemische Prozesse, die sich unter dem Einfluß der UV-Bestrahlung in der Haut abspielen, wobei die Produkte durch die Zirkulation auch in die inneren Organe transportiert werden. Es besteht wohl kein Zweifel, daß bei zweckmäßiger Dosierung alle diese Vorgänge eine wertvolle Anregung verschiedener Funktionen des menschlichen Organismus bedeuten, ja daß sie zu den wichtigsten Reizwirkungen des Hochgebirgsklimas zählen. Daß vielfach speziell in breiten Laienkreisen ein übertriebener Kult mit der Bräunung durch Bestrahlung getrieben wird, besagt nichts gegen den Wert eines Strahlungsgenusses mit maßvoller Dosierung.

Gegenüber der skizzierten positiven Bewertung der Strahlungseffekte trifft man aber neuerdings gerade in Ärztekreisen gelegentlich eine gewisse Skepsis gegenüber dem Strahlungsgenuß und gegenüber einem strahlungsreichen Klima an. Gewiß, es gibt Krankheitszustände, die durch Bestrahlung verschlimmert werden können. So können gewisse Hautkrankheiten durch Bestrahlung erzeugt oder verschlimmert werden. Daß gewisse Formen der Lungentuberkulose vor intensiver Sonnenbestrahlung geschützt werden müssen, ist eine alte Erfahrung. Bei nervösen Personen kann die Tiefe des nächtlichen Schlafes durch übermäßigen Bestrahlungsgenuß leiden.

Im Bewußtsein solcher Fälle kommen gerade Ärzte etwa dazu, strahlungsreiche Klimate als unerwünscht abzulehnen und den strahlungsärmeren Lagen, wenigstens im Prinzip, den Vorzug zu geben. Dabei mag auch der Eindruck von Strahlungsschäden mitspielen, die durch den Abusus des Sonnenkults bei Gesunden gelegentlich zu beobachten sind. Auch mag diese Einstellung unbewußt durch den Umstand gefördert sein, daß die Behandlung von Knochen- und Gelenktuberkulose durch zielbewußte Heliotherapie heute durch an-

dere Behandlungsverfahren fast vollständig in den Hintergrund gedrängt worden ist.

Vor einer solchen einseitigen Auffassung, daß Strahlungsreichtum einer Gegend als unerwünscht anzusehen sei, ist unter den Gesichtspunkten der Bioklimatologie dringend zu warnen. Aus thermischen wie auch aus psychologischen Gründen bilden Strahlungswärme und gute Witterung ein wichtiges Adjuvans für eine Klimakur, während häufiges Schlechtwetter sich zumindest in psychischer Hinsicht ungünstig auswirkt. Dies gilt für den kranken Kurgast ebenso gut wie für den gesunden Erholungsgast. Aber auch der Patient, dem reichliche Bestrahlung nicht gut bekommt, kann vor direkter Besonnung durch Storen oder andere Hilfsmittel immer geschützt werden, und doch fühlt er sich auf einem teilweise durch Besonnung erwärmten Liegebalkon bestimmt viel wohler als unter grauem Himmel. Auch der Spaziergänger kann, wenn ihm die direkte Besonnung zuviel wird, an jedem einigermaßen gepflegten Kurort immer Waldspaziergänge oder sonstwie schattige Wege finden.

Es läßt sich dadurch die Anschauung rechtfertigen, daß in der Höhe unserer alpinen Klimakurorte das Angebot an Strahlung hinsichtlich Dauer und Intensität nie in unerwünschtem Maße zu groß ist; denn mit einer bescheidenen Dosis an Intelligenz und mit etwas Lenkung durch den Arzt kann sich jedermann vor einem Zuviel schützen. Das Gegenteil, nämlich reichliche Bewölkung und Nebel, bedeutet stets einen gewissen Nachteil für einen Klimakurort.

3. Die Wärmeverhältnisse

Bekanntlich nimmt die *Lufttemperatur* mit der Höhe über dem Meeresniveau gesetzmäßig ab, auf der Alpensüdseite und im Engadin beträgt diese Abnahme in den Sommermonaten etwa 0,7°, im Winter 0,5° C pro 100 m. Im Oberengadin sind daher die Temperaturen etwa 3–4° niedriger als im Unterengadin. Daneben spielt die lokale Lage eine ganz beträchtliche Rolle. Im flachen Talboden wird es im Winter nach klaren Nächten um einige Grade kälter als in den höheren Hanglagen. Diese Erscheinung der Bildung eines winterlichen Kaltluftsees ist besonders ausgesprochen in den flachen Tallagen des Oberengadins, also in der Gegend von Sils, Silvaplana, St. Moritz-Bad und Bevers.

Daneben lehrt uns aber gerade das Klima des Engadins, daß das Kältegefühl viel weniger von der Lufttemperatur als von der *Abkühlungsgröße* bedingt ist. In diesem Begriff der Bioklimatologie sind die gesamten, das Kältegefühl erzeugenden Faktoren zusammengefaßt, neben der Lufttemperatur die Wirkung des Windes und der Strahlungsvorgänge, und dabei hat eine sorgfältige Analyse dieser Komponenten gezeigt, daß der Anteil des *Windes* an der Abkühlungsgröße weitaus am größten ist, der Anteil der Lufttemperatur dagegen nur ganz klein. Es ist dies übrigens eine Erfahrungstatsache, die jedermann aus eigenem Empfinden bestätigen wird; die Klimaforschung hat des Anstoßes von Seiten der Bioklimatologie bedurft, um von der Betrachtung der reinen Temperaturmittel abzukommen und bei der Beurteilung der Wärmeverhältnisse das Verhalten von Wind und Abkühlungsgröße stärker zu berücksichtigen.

Nun gibt es leider aus dem ganzen Engadin keine Untersuchungen über das Verhalten der Abkühlungsgröße. Doch kann als angenäherter Ersatz das Verhalten des *Windregimes* betrachtet werden; nicht nur haben wir eben gesehen, daß der Wind die wirksamste Komponente der Abkühlungsgröße darstellt, sondern es darf auch für eine Vergleichung lokaler Unterschiede zwischen Ober- und Unter-Engadin angenommen werden, daß die Unterschiede von Lufttemperatur und Bestrahlung nur von sekundärer Bedeutung für die Unterschiede der Abkühlungsgröße in diesen beiden Regionen sein werden.

Um einen Beitrag zur Abklärung dieser Fragen zu leisten, wurden daher während des Monats August 1965 sowie vom 9. Juni bis 30. September 1966 an der amtlichen meteorologischen Station Schuls regelmäßige Messungen der Windgeschwindigkeit mit Hilfe eines Zähleranemometers durchgeführt; während des Monats August 1965 waren außerdem Parallelmessungen im Hotelpark von Vulpera angestellt worden. Alle diese Messungen wurden nur ermöglicht durch das aktive Interesse der zuständigen Instanzen (Kurdirektor M. Leuthold und meteorologischer Beobachter J. Stocker in Schuls, Dr. med. M. S. Meier und Generaldirektor A. Pinösch in Vulpera). Im Oberengadin habe ich in früheren Zeiten selbst mehrfach eingehende Untersuchungen am Malojawind durchgeführt, so in der Ebene von Sils-Baselgia, in St. Moritz-Dorf und -Bad, in Pontresina sowie auf Muottas Muragl.

Aus der Schulser Beobachtungsreihe, die sich über die vier Monate Juni bis September der Sommersaison 1966 erstreckt, lassen sich die folgenden Monatsmittel ableiten, wobei nur die Werte der Vormittags- und Nachmittagsstunden berücksichtigt und dem Monatsmittel aller Tage die Mittelwerte der heiteren und der trüben Tage gegenübergestellt sind.

Monatsmittel der Windgeschwindigkeit in Schuls in m/s

(Mittelwerte der Vor- und Nachmittage)

1966	*alle Tage*	*heitere Tage*	*trübe Tage*
Juni	1,0	1,0	0,9
Juli	0,9	1,0	0,7
August	0,7	0,9	0,5
September	0,7	0,8	0,4

Aus dieser kleinen Tabelle lassen sich verschiedene aufschlußreiche Feststellungen ableiten. Im Vordergrund steht dabei die allgemeine Tatsache, daß die Luftbewegung in Schuls während des ganzen Sommers sehr gering ist und vom Frühsommer zum Herbst deutlich schwächer wird. Können wir auf Grund langjähriger Untersuchungsreihen Orte wie Davos und Arosa als windgeschützte Kurorte bezeichnen, so zeigen die Werte von Schuls, daß im Schulser Becken die Luftbewegung nur etwa halb so stark ist als an den genannten zwei Kurorten. Aus der Parallelmeßreihe vom August 1965 läßt sich zusätzlich erkennen, daß auf der Terrasse von Vulpera die Luftbewegung noch etwas schwächer ist als im Dorfe Schuls.

Eine eingehendere Analyse dieses Beobachtungsmaterials aus dem Unterengadin nach Witterung und Tageszeit führt zu der interessanten Feststellung, daß an sonnigen Sommertagen die Luftbewegung hier zwar immer noch schwach, jedoch merklich stärker ist als bei schlechtem Wetter. Wir können daraus den Schluß ziehen, daß die Schlechtwetterwinde, die im Gefolge von Wetterstörungen in der Niederung außerhalb der Alpen unangenehm heftig sein können, kaum in das Schulser Becken eindringen, das nach allen Richtungen durch mehrfache Bergketten gegen außen abgeschirmt ist. Wenn wir feststellen, daß die Luftbewegung hier bei sonnigem Wetter etwas stärker ist als bei trübem, so bedeutet dies, daß durch die Besonnung leichte lokale Luftströmungen hervorgerufen werden, die als angenehme Ventilation die sommerliche Wärme etwas mildern.

Wenn wir aus diesen Windbeobachtungen von Schuls und Vulpera auf das Verhalten der Abkühlungsgröße schließen, so können wir feststellen, daß hier im *Unterengadin* die Abkühlungsgröße sehr gemäßigt und stark ausgeglichen sein muß. Wir haben hier somit ein *thermisches Schonklima,* im Sommer mit ganz geringen, und auch im Winter mit sehr gemäßigten und stark ausgeglichenen Werten der Abkühlungsgröße und der Erkältungsgefahr, oder mit anderen Worten: mit geringen Ansprüchen des Klimas an das Wärmeregulationsvermögen des Menschen. Im Hochsommer kann es in dieser landschaftlichen Muldenlage trotz der Höhe ü. M. gelegentlich tüchtig heiß werden, so daß man über die leichte Luftbewegung sehr froh ist.

Ganz anders verhalten sich nun die Windverhältnisse im *Oberengadin.* Da das Tal an seinem oberen, westlichen Ende durch keinen Gebirgszug abgeschlossen ist, haben die Schlechtwetterwinde aus dem westlichen Sektor fast ungehinderten Zutritt. In noch stärkerem Maße ist das Oberengadin jedoch durch den sommerlichen Schönwetterwind charakterisiert, der als *Malojawind* bezeichnet wird. Dieser Wind tritt während des ganzen Sommerhalbjahres an fast jedem Schönwettertag auf: er beginnt etwa zwischen 9 und 10 Uhr in Maloja und am Silsersee und streicht im Haupttal regelmäßig bis St. Moritz, häufig aber auch bis Zuoz und Scanfs; die Nebentäler von Fex und Pontresina sind davon weitgehend verschont. In den frühen Nachmittagsstunden zwischen 14 und 16 Uhr erreicht er seine größte Stärke mit einer Windgeschwindigkeit von 6–9 m/s und flaut gegen Sonnenuntergang wieder ab.

Während in fast allen Gebirgstälern der Lokalwind tagsüber talaufwärts weht, strömt der Malojawind talabwärts; er hat daher der meteorologischen Forschung während Jahrzehnten starkes Kopfzerbrechen bereitet. Doch würde es zu weit führen, an dieser Stelle auf die Lösung dieser mehr theoretischen Gesichtspunkte[2] einzugehen, und wir wollen uns hier auf die kurortklimatologische Bedeutung dieses Windes beschränken.

---

[2]) Vgl. *W. Mörikofer:* Beobachtungen zur Theorie des Malojawindes. Jahresber. Nat. Ges., Graub. N. F. *63,* 69–101 (1923/24).

Die angegebene Windgeschwindigkeit von 6–9 m/s für den Malojawind bedeutet eine für schweizerische Begriffe recht große und in manchen Gegenden unseres Landes gänzlich unbekannte Windstärke. Bei den auch im Sommer relativ kühlen Temperaturen des Oberengadins wird durch diesen Wind die Abkühlungsgröße in hohem Maße gesteigert. Trotzdem soll hier nicht etwa dem Oberengadin die Eignung zur Klimakur abgesprochen werden; im Gegenteil gibt uns gerade dieser Unterschied in den Wind- und Abkühlungsverhältnissen zwischen Ober- und Unterengadin Gelegenheit, auf die Bedeutung einer sorgfältigen Differenzierung in den klimatologischen Indikationen für die Klimakur hinzuweisen.

Windempfindliche und erkältungsgefährdete Patienten werden das Oberengadin im Hochsommer eher meiden. Sensible und nervöse Personen werden gut tun, ihren Spaziergang eher auf den Vormittag zu legen, wo der Wind wesentlich schwächer ist. Auch ist zu bemerken, daß gegen den Herbst hin die Windstärke abnimmt.

Durch den Malojawind werden die allgemeinen, an sich schon starken Effekte des Hochgebirgsklimas im Oberengadin noch intensiviert. Dieses Klima erscheint daher besonders geeignet für den gesunden Feriengast wie auch für den reaktionskräftigen Erholungsgast. Gerade für solche Personen bedeutet die intensive Hautmassage durch den Wind und die starke Beanspruchung der Abwehrkräfte des Körpers ein vorzügliches Training des ganzen Organismus.

4. Die Feuchte- und Niederschlagsverhältnisse

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nimmt mit der Höhe über Meer stark ab. So können wir annehmen, daß die Luft im ganzen Engadin an Feuchtigkeit nur etwa 50–60 % des Wertes in der schweizerischen Niederung enthält. Sie hat im Engadin somit eine bedeutend größere Austrocknungskraft gegenüber dem menschlichen Organismus als im Unterland.

Diese *Trockenheit* der Luft im Gebirge ist eine empirisch gesicherte Tatsache; man denke z. B. nur an die Austrocknung von Epidermis und Schleimhäuten. Diese Abnahme des Feuchtigkeitsgehalts der Luft kann man allerdings nur bei Prüfung der absoluten Feuchtigkeit oder des herrschenden Wasserdampfdruckes erkennen, nicht dagegen am Verhalten der am Hygrometer abgelesenen relativen Feuchtigkeit, die die bioklimatische Auswirkung nicht wie-

derzugeben vermag. Bei verminderter Feuchtigkeit der Luft, die unsere Haut berührt und beim Atmen in unsere Lunge gelangt, ist das Sättigungsdefizit der Luft erhöht, und dadurch werden Verdunstung und Austrocknung gesteigert. Es wird angenommen, daß diese Tatsache für die Heilung sezernierender Prozesse in der Lunge oder an der Haut förderlich ist. Auch lehrt die Erfahrung, daß in trockener Luft die Wärmeregulation des menschlichen Körpers erleichtert und dadurch die Erkältungsgefahr vermindert wird.

Dank der Lufttrockenheit kann in den Höhenlagen des Engadins Schwüle kaum je auftreten, sondern höchstenfalls trockene Wärme, während Schwüle durch eine Kombination von Wärme und großer Luftfeuchtigkeit charakterisiert ist. Im übrigen dürfte der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Unteren und im Oberen Engadin ganz ähnlich sein.

In der klassischen Klimatologie wird der Frage der *Niederschlags*mengen eine besonders große Beachtung geschenkt; dies gilt nicht so sehr in der medizinischen Klimatologie. Immerhin ist hier die Erfahrungstatsache anzuführen, daß die Ergiebigkeit der Niederschläge mit der Höhe im Gebirge stark anwächst. Es ist daher von vorneherein zu erwarten, daß die Regenmengen in den Bergen viel größer sind als in der Niederung, und in geringem Maße gilt dies auch von der Häufigkeit der Niederschläge. Es ist dies eine Folge des Umstandes, daß die kältere Luft im Hochgebirge weniger Feuchte zu halten vermag und daher leichter zum Ausregnen gezwungen wird.

In Abb. 5 ist diese Zunahme der jährlichen Niederschlagsmenge mit der Höhe über Meer für drei charakteristische Regionen der Schweiz zusammengestellt, nämlich zuoberst für das zu Staulagen besonders neigende Berner Oberland (mit den Stationen Interlaken, Lauterbrunnen, Grindelwald, Eigergletscher, Jungfraujoch und Mönchsjoch), für die Alpennordseite gegen Graubünden (mit den Stationen Zürich, Chur, Davos und Arosa) und für das Engadin (mit den Stationen Schuls, Bevers und St. Moritz). Alle drei Kurven zeigen eine eindeutige Zunahme der Niederschlagsmenge mit der Höhe, jedoch mit großen regionalen Unterschieden. Enorm ist die Höhenabhängigkeit im Berner Oberland; ähnlich ist die relative Zunahme auch bei den beiden andern Kurven, doch liegt die Kurve der Graubündner Nordseite absolut um etwa 30 %, die des Engadins um weitere 20 % niedriger als die des Berner Oberlandes.

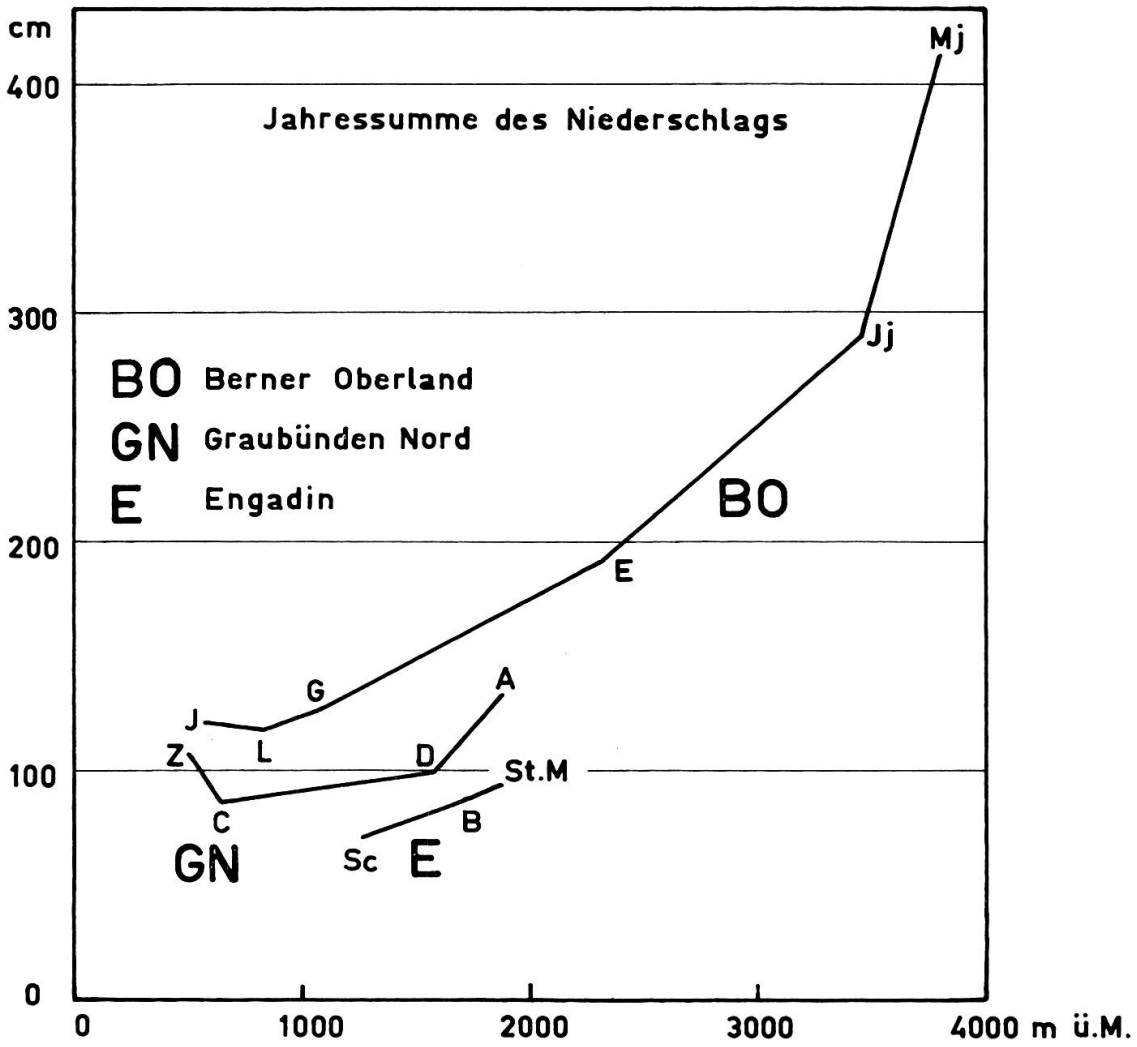

Abb. 5

Jahresmengen des Niederschlags in Abhängigkeit von der Höhe über Meer.

Abb. 5 läßt aber auch erkennen, daß neben der starken Höhenabhängigkeit auch die orographische Lage eine bedeutende Rolle spielt; daraus erklärt sich eben, daß das allseitig von hohen Gebirgszügen umschlossene Engadin bedeutend geringere Niederschlagsmengen hat als etwa das Berner Oberland.

Wie stark sich diese orographischen Einflüsse auswirken und wie sehr die Niederschlagstätigkeit durch hohe Bergzüge gedrosselt wird, läßt sich an der Kurve der Abb. 6 erkennen, die ein Längsprofil der Jahresniederschlagsmenge durch das Bergell und das ganze Engadin wiedergibt. Während im Bergell von Castasegna über Vicosoprano

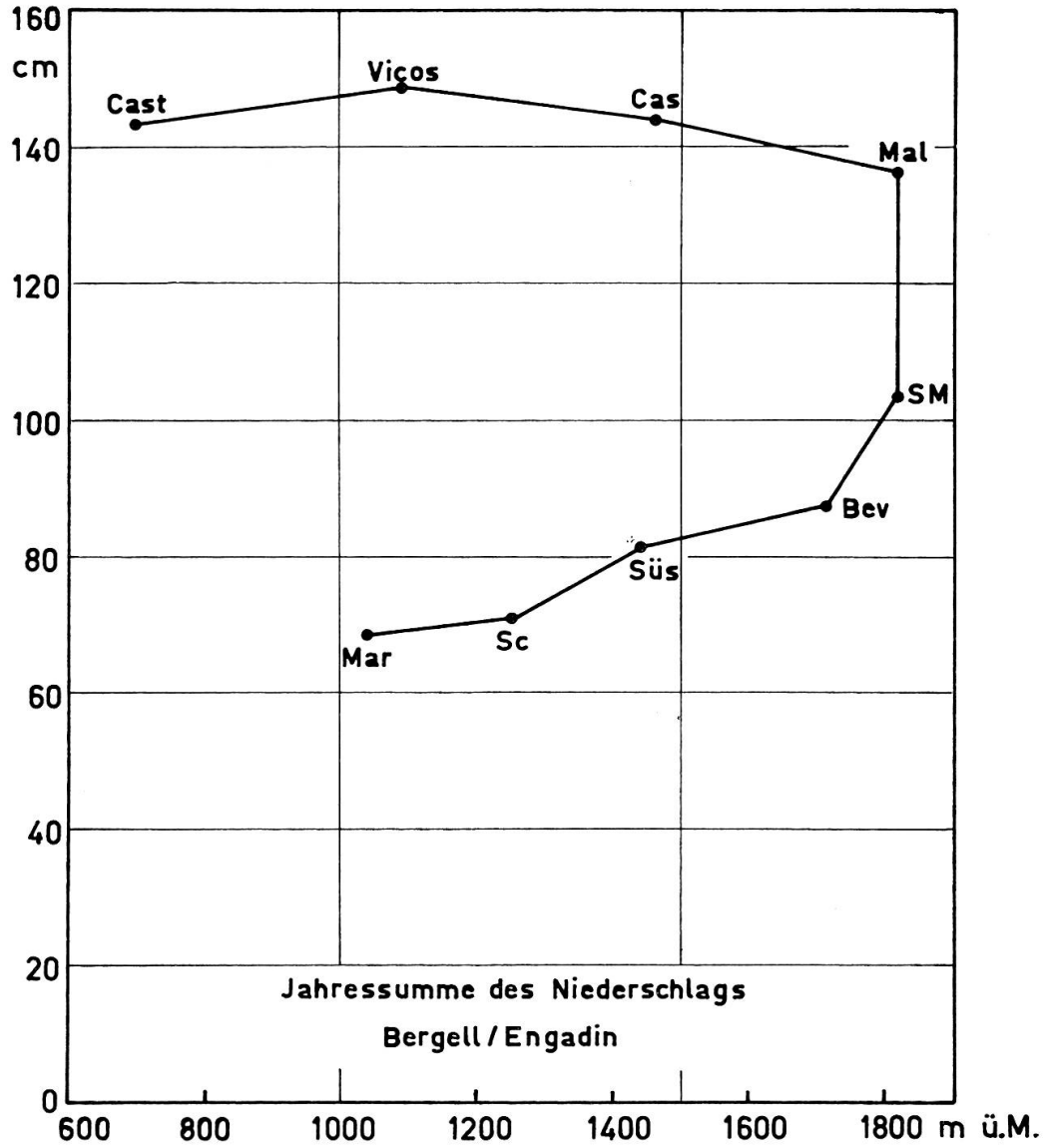

Abb. 6

Längsprofil der Jahresniederschlagsmengen durch das Bergell und das Engadin.

und Casaccia bis Maloja an Stelle der zu erwartenden starken Höhenzunahme des Niederschlags infolge des zunehmenden Gebirgsschutzes eine leichte Abnahme festzustellen ist, erfolgt nach Erreichen der Paßhöhe von Maloja ein starker Abfall der Niederschlagsmenge bis St. Moritz und dann längs des Engadins über Bevers, Süs und Schuls bis Martina ein weiterer beträchtlicher und der Norm entsprechender Rückgang. Infolgedessen sind im Unterengadin die

Niederschlagsmengen ganz bedeutend geringer als im Oberen und nur etwa halb so groß als in gleicher Höhe ü. M im Bergell.

Diese Abnahme der Niederschlagsmengen vom Oberen zum Unteren Engadin zeigt sich nicht nur in den Jahressummen, sondern, wie Abb. 7 erkennen läßt, auch im Jahresverlauf bzw. in den einzelnen Monatssummen (mit Ausnahme des tiefen Winters); danach sind die monatlichen Niederschlagsmengen im Unterengadin um durchschnittlich 20 bis 30 % geringer als im Oberengadin. Der Jahresgang ist in beiden Regionen durch ausgesprochene Maxima in

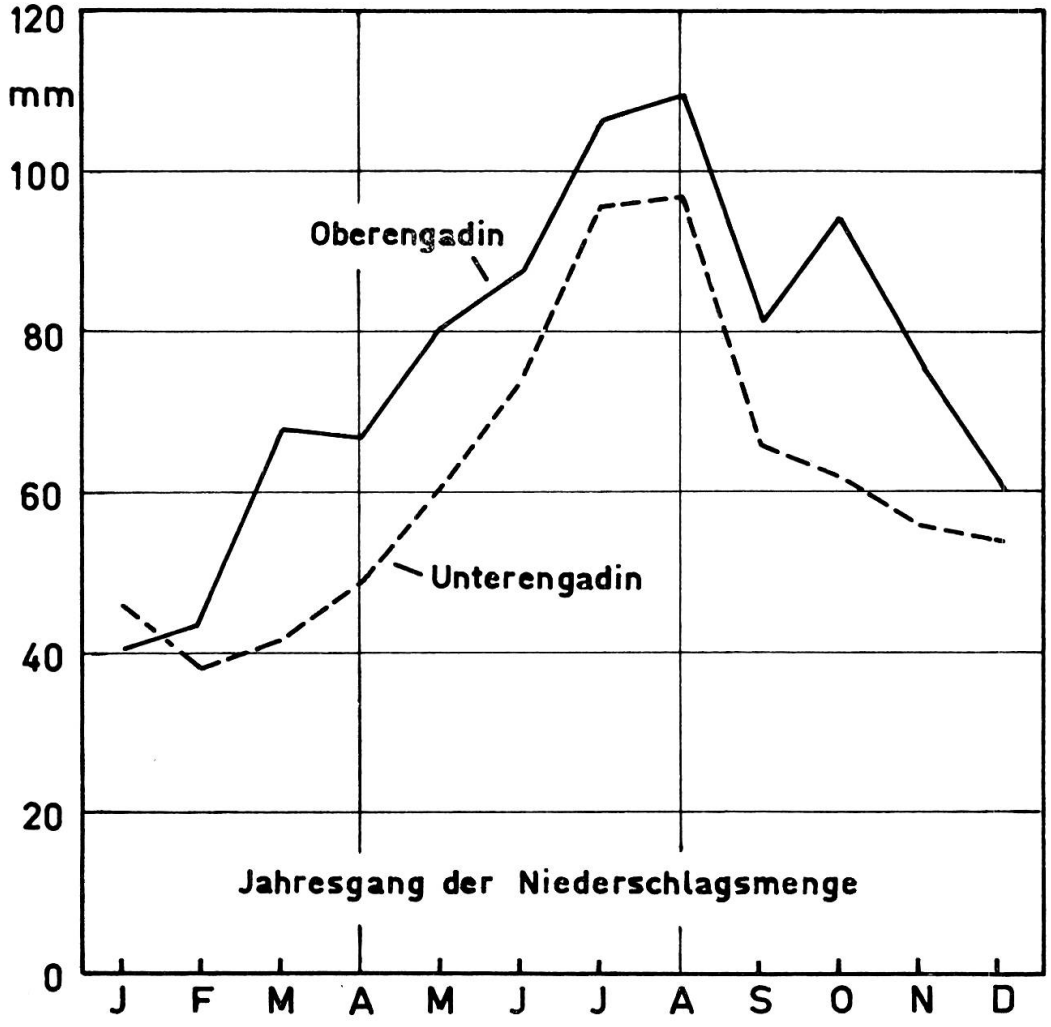

Abb. 7

Jahresgang der Niederschlagsmenge in Monatssummen.

den Sommermonaten Juni bis August gekennzeichnet, während die sehr viel niedrigeren Minimalwerte auf die Wintermonate fallen.

Da dem Wintersport und speziell dem Skisport sowohl im Oberen wie im Unteren Engadin neuerdings eine wachsende Bedeutung zukommt, sei auch noch kurz ein Blick auf die winterlichen Schneeverhältnisse geworfen. Es liegt auf der Hand, daß die Zahl der Tage mit *Schneefall* in den ganzen Alpen eine starke Zunahme mit der Höhe ü. M. aufweist; dabei ist diese Zahl auf der Alpennordseite und in Nordgraubünden um 30 bis 40 % höher als im Engadin.

Praktisch noch wichtiger als die Zahl der Tage mit Schneefall dürften Angaben über die mittlere Höhe der liegenden *Schneedecke* sein. Zu diesem Zwecke entnehme ich einer eigenen ausführlicheren Untersuchung über die Schneeverhältnisse in Graubünden[3] die für den Februar als den in mittleren Höhenlagen Graubündens schneereichsten Monat für drei charakteristische Täler gültigen Mittelwerte der Schneehöhe; diese Untersuchung beruht auf mehrere Jahrzehnte umfassenden Schneebeobachtungen an einer großen Zahl von Stationen der Rhätischen Bahn.

Die in Abb. 8 wiedergegebenen Kurven lassen verschiedene interessante Schlüsse ziehen. Da ist zunächst der auffallend glatte Verlauf der beiden Kurven für das Prättigau (von Landquart über Klosters bis Laret) und das Landwassertal (von Filisur über Davos-Platz und Wolfgang bis Weißfluhjoch), der erkennen läßt, daß neben der dominierenden Abhängigkeit von der Höhe ü. M. lokalen Einflüssen nur eine sekundäre Bedeutung zugesprochen werden kann. Dazu kommt der steile Anstieg der Kurven für das Prättigau und das Landwassertal, während die Zunahme im Engadin von Schuls bis St. Moritz sehr viel flacher ist. Die starke Höhenzunahme im Prättigau und im Landwassertal erklärt sich einerseits durch die bereits in Abb. 5 dargelegte Zunahme der Niederschlagsmengen mit der Höhe, daneben aber zusätzlich auch durch den Umstand, daß mit steigender Höhe ü. M. die Temperatur gesetzmäßig abnimmt und dadurch die Haltbarkeit der Schneedecke wächst.

---

[3]) Vgl. *W. Mörikofer:* The Dependence on Altitude of the Snow Cover in the Alps. Union Géodésique et Géophysique Internationale, Association d'Hydrologie scientifique, Oslo 1948, p. 161—170.

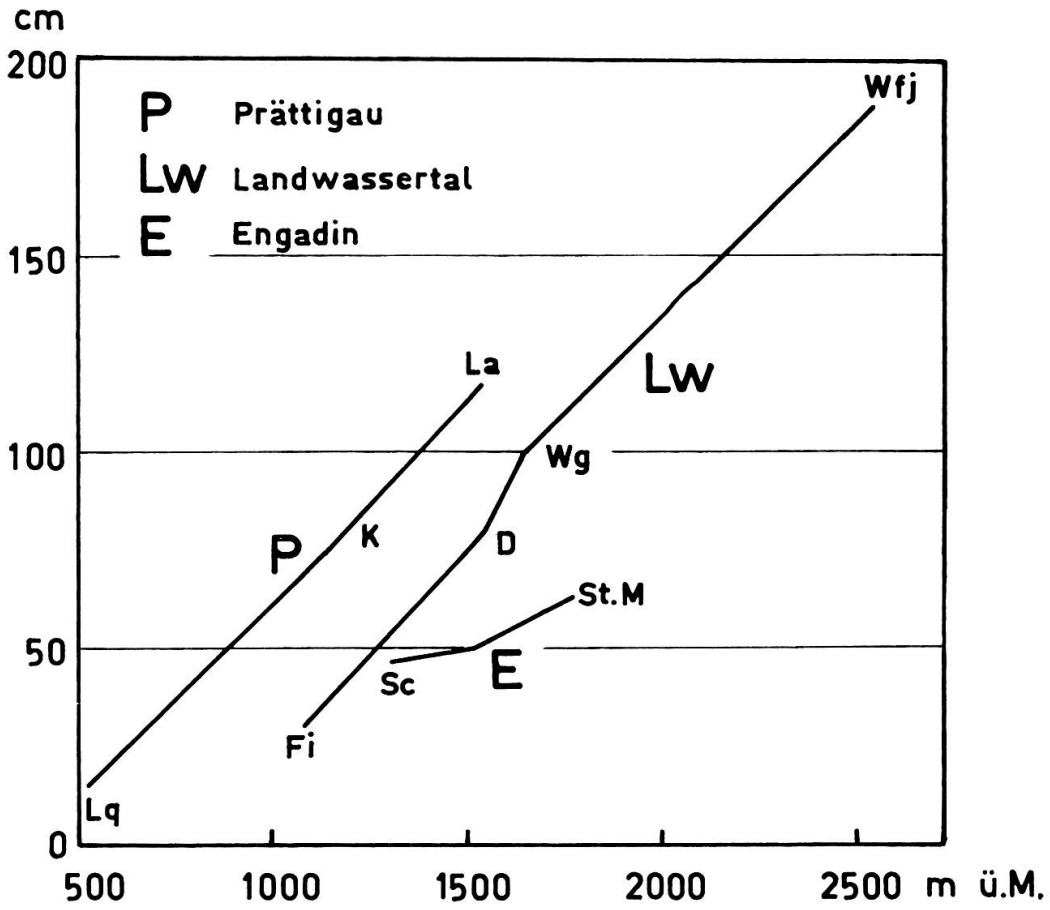

Abb. 8

Höhenabhängigkeit der mittleren Höhe der liegenden Schneedecke im Februar.

Vergleichen wir schließlich die Kurven der drei Täler in Abb. 8 untereinander, so stellen wir bedeutende Unterschiede der Schneehöhe fest. Die Kurven für die den Schneewinden aus NW zugewandten Täler des Prättigaus und des Landwassertales liegen sehr viel höher als diejenige für das zwischen hohen Bergzügen eingebettete Engadin. Betrachten wir z. B. die mittleren Februarhöhen der Schneedecke für eine Höhenlage von 1500 m, so stellen wir für das Prättigau (Laret) eine Schneehöhe von 120 cm fest, für das Landwassertal (Davos-Platz) eine solche von 80 cm und für das Engadin (etwa bei Zernez) sogar nur von 50 cm. Diese Kurven bieten daher ein Abbild der bekannten Tatsache, daß die wintersportliche Saison im Engadin sehr viel früher zu Ende geht als etwa in dem vorwiegend gegen das Prättigau orientierten Parsenngebiet. Wohl bildet es eine Erfah-

rungstatsache, daß der Ertrag an Neuschnee bei Südwestwetterlagen im Oberengadin bedeutend größer sein kann als in den nördlicheren Bündnertälern, während diese bei Nordwestlagen sehr viel größere Schneemengen erhalten als das Engadin; nun treten aber Schneefälle bei Nordwestlagen bedeutend häufiger auf als bei den für das Engadin ergiebigeren Südwestlagen.

5. *Weitere Charakteristika des Hochgebirgsklimas*

Schließlich soll noch ganz summarisch an einige weitere Charakteristika des Hochgebirgsklimas erinnert werden, die für die Beurteilung des Bioklimas des Unter- und des Oberengadins von ganz entscheidender Bedeutung sind.

Da ist zunächst die gesetzmäßige Abnahme von Druck und Dichte der Luft mit der Höhe zu nennen. Dadurch nimmt auch die Sauerstoffmenge eines Liters Luft oder eines Atemzuges mit der Höhe ab. Im Engadin beträgt diese Abnahme gegenüber der Niederung etwa 15–20 %. Diese Abnahme des Sauerstoffangebots, die man als *Sauerstoffmangel* bezeichnet, wird von den Physiologen zu den wichtigsten gesundheitlichen Reizfaktoren des Höhenklimas gezählt, einerlei ob man nach älterer Anschauung die Wirkung vor allem in vermehrter Erythropoese, als spontane Kompensation gegen das verminderte Sauerstoffangebot, auffaßt oder nach neuerer Forschung als Streß der Innervation. Ferner ist auch noch daran zu erinnern, daß die Luft in unseren alpinen Hochtälern arm ist an Staub und Allergenen und vor allem auch ärmer an technischen und industriellen Luftverunreinigungen.

Wir können somit feststellen, daß das Klima des ganzen Engadins an den *Reizwirkungen* des Hochgebirgsklimas teilnimmt, im Oberengadin in etwas stärkerem Maße als im Unterengadin. Diese Reizfaktoren sind intensive Strahlung, niedere Lufttemperatur und Sauerstoffmangel. Durch die verbesserte Durchblutung der Haut und der inneren Organe und durch die von der Strahlung ausgelösten chemischen Prozesse werden die Organe des gesunden wie des kranken Menschen zu verstärkter Aktivität angeregt.

Neben diesen, dem Unter- und dem Oberengadin mehr oder weniger gemeinsamen Klimazügen, haben wir aber auch charakteristische Unterschiede zwischen Unter- und Oberengadin gefunden. So ist das Klima des Unterengadins durch etwas weniger Bewölkung

und Nebel, weniger Regen und Schnee, etwas schwächere Strahlung (dafür im Sommer von längerer Dauer) gekennzeichnet. Der große und für dieses Tal charakteristische Klimaunterschied besteht jedoch in den Wind- und Abkühlungsverhältnissen. Während das Unterengadin durch vorzüglichen Windschutz ausgezeichnet ist und sich dadurch als *thermisches Schonklima* im Hochgebirge qualifiziert, bietet das Oberengadin ein *intensives Reizklima* zum Training reaktionskräftiger Menschen.