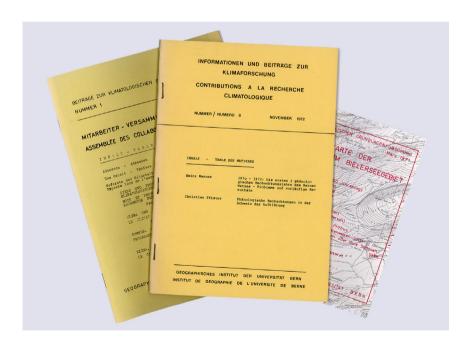
Informationen und Beiträge zur Klimaforschung Contributions à la recherche climatologique

Geländeklimatologie in aller Welt (Erfahrungen – Ideen – Projekte) Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe

François Jeanneret, Heinz Wanner, Heinrich Speck



Geographisches Institut der Universität Bern Institut de géographie de l'Université de Berne

GEOGRAPHICA BERNENSIA

Herausgeber:

Dozentinnen und Dozenten des Geographischen Instituts der Universität Bern

Reihen:

Reihe P

Reihe A African Studies

Reihe B Berichte über Exkursionen, Studienlager und

Seminarveranstaltungen

Reihe E Berichte zu Entwicklung und Umwelt

Geographie für die Praxis

Reihe G Grundlagenforschung

Reihe S Geographie für die Schule Reihe U Skripten für den Unterricht

G95

JEANNERET, François, WANNER, Heinz, SPECK, Heinrich Informationen und Beiträge zur Klimaforschung / Contributions à la recherche climatologique Geländeklimatologie in aller Welt (Erfahrungen – Ideen – Projekte); Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe Geographisches Institut der Universität Bern 1975 / Institut de géographie de l'Université de Berne 1975 Print Version: Nummer 14 (vergriffen) / Version imprimée: Numéro 14 (épuisé)

JEANNERET, François, WANNER, Heinz, SPECK, Heinrich Informationen und Beiträge zur Klimaforschung / Contributions à la recherche climatologique Geländeklimatologie in aller Welt (Erfahrungen – Ideen – Projekte); Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe Geographica Bernensia 2019

Online Version: G95/14 doi: 10.4480/GB2019.G95.14.

© 2019 GEOGRAPHICA BERNENSIA



BY NC ND Creative Commons Licences

INFORMATIONEN UND BEITRÄGE ZUR **KLIMAFORSCHUNG**

CONTRIBUTIONS A LA RECHERCHE **CLIMATOLOGIQUE**

NUMMER 14

JUNI 1975

INHALT - TABLE DES MATIERES

François Jeanneret Geländeklimatologie in aller Welt (Erfahrungen - Ideen - Projekte)

Heinz Wanner und Heinrich Speck

Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe

INFORMATIONEN UND BEITRAEGE ZUR KLIMAFORSCHUNG

CONTRIBUTIONS A LA RECHERCHE CLIMATOLOGIQUE

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bern mit Unterstützung des Kantonalen Planungsamtes

Edité par l'Institut de géographie de l'Université de Berne avec le soutien de l'office du plan d'aménagement du canton de Berne

Text texte François Jeanneret / Heinz Wanner Heinrich Speck

Zusammenstellung rédaction

Dori Florin / Heinz Wanner

Traduction

François Jeanneret

UNIVERSITAET BERN
Geographisches Institut
Klimaforschung
Hallerstrasse 12
3012 BERN
Tel. (031 65 80 19 vormittags)

INHALTSVERZEICHNIS - TABLE DES MATIERES

Ge:	ländeklimatologie in aller Welt	
	Zusammenfassung, Résumé, Summary	5
1.	Phänologie	7
2.	Kombinierte geländeklimatische Untersuchungen	9
3.	Klimageschichte	10
4.	Ausblick	10
5.	Bibliographie	12
	m Problem der Schneesicherheit im Bergland ischen Sense und Gürbe	
	Zusammenfassung, Résumé, Summary	16
1.	Problemstellung	17
2.	Zur Frage der Zusammenhänge zwischen Schnee- zuwachs und Schneedeckenentwicklung	19
3.	Bemerkungen zum Begriff "Schneesicherheit"	20
4.	Versuch einer Anwendung der drei Kriterien im Untersuchungsgebiet	20
5.	Witterungsklimatologische Bemerkungen zur Schnee- deckenentwicklung im Untersuchungsgebiet	24
6.	Abschliessende Lagebeurteilung im Untersuchungs- gebiet	33 .
7.	Bibliographie	34

GELAENDEKLIMATOLOGIE IN ALLER WELT Erfahrungen - Ideen - Projekte

FRANCOIS JEANNERET

ZUSAMMENFASSUNG

Einige geländeklimatologische Forschungsprojekte und deren Anwendung werden diskutiert, darunter phänologische Arbeiten aus Japan, Nordamerika und Neuseeland. Verschiedenartige Methoden werden zur Erfassung des Klimas angewendet - wie beispielsweise die Beobachtung von Wuchsformen an Bäumen und Rauchfahnen aus Kaminen als lokale Windanzeiger. Die Verwendung von Tagebüchern wird als klimageschichtliche Methode erwähnt. Schliesslich wird die Bedeutung der Bevölkerungsdichte für die klimatologische Erforschung von Gebirgen unterstrichen.

RESUME

Quelques projets mésoclimatologiques avec leurs applications sont discutés, par exemple des traveaux phénologiques au Japon, en Amérique du Nord et en Nouvelle Zélande. Des méthodes différentes sont appliquées pour observer le climat - ainsi que l'observation des formes d'arbres et de la direction de la fumée comme indicateur local des vents. L'utilisation de journeaux pour la recherche de l'histoire du climat est mentionnée. Enfin, il est question de l'importance de la densité de la population pour la recherche climatologique en montagnes.

SUMMARY

Some mesoclimatological research projects and their applications are discussed, such as phenological programmes in Japan, North America and New Zealand. Other methods are applied for the investigation of the climate, for instance the observation of bending shapes of trees or the direction of smoke as an indicator of local winds. The use of diaries as a method of climatic history is mentionned. Finally, the emphasis is put on the importance of the population density for mesoclimatological research in mountains.

Dieser Artikel will auf keinen Fall Ansbruch auf Vollständigkeit erheben. Es handelt sich um eine Anzahl Erfahrungen im Bereich der Geländeklimatologie, die durch Literaturstudium, Korrespondenz und anlässlich von Besuchen erworben wurden. Dieser Beitrag soll frühere Zusammenstellungen ergänzen und behandelt vor allem aussereuropäische Forschungsarbeiten.

Als Geländeklimatologie bezeichnet man jenen Teil der Klimaforschung, der seinen Platz zwischen Makro- und Mikroklima einnimmt. Im englischen und im französischen Sorachbereich hat sich der von SCAËTTA (1935, zit. in GEIGER 1961) eingeführte Ausdruck "Mesoklimatologie" eingebürgert, während die von THORN-THWAITE (1953, zit. in GEIGER 1961) vorgeschlagene Bezeichnung "Topoklimatologie" sich nicht durchsetzen konnte. Auf alle Fälle geht es bei der Geländeklimatologie um die Variationen des Klimas in einem kleinen Raum, die durch Relief, Vegetation, Wasserhaushalt und weitere Faktoren bedingt werden.

Weitere Hinweise auf klimatologische und meteorologische Arbeiten, die im Bereich Raumplanung und Umweltschutz Anwendung finden können, finden sich in der "Klimatologie der Schweiz, Bibliographie" - Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Heft N. Zürich (JEANNERET, im Druck).

Der Autor dankt allen beteiligten Institutionen für ihren Austausch von Informationen, sowie dem Department of Geographv, University of Canterbury, Christchurch, Neuseeland (Direktor: Prof. W. B. Johnstüfür seine Gastfreundschaft.

1. PHAENOLOGIE

Nicht überall wird die Phänologie als moderne Wissenschaft mit Zukunft anerkannt. Sogar in klimatologischen Lehrbüchern wird ihr nicht immer viel Raum zugestanden. GRIFFITH (1966) zum Beispiel bezeichnet die Phänologie als eine zwar nützliche, aber etwas veraltete, kaum mehr angewandte Methode.

Viele Länder haben phänologische Netze, einzelne Länder verfügen über lange Beobachtungsreihen. LIETH et al. (1974) stellen verschiedene Forschungsprojekte, moderne Techniken und neuere Forschungsergebnisse aus verschiedenen Kontinenten vor.

In Japan lassen historische Daten des Kirschfestes auf die Daten der Kirschblüte schliessen. SEKIGUTI (1969) hat eine Auswertung für Kyoto versucht. Aufzeichnungen von 152 Jahren zwischen 705 und 1864 liessen sich zu phänologischen Ergebnissen umwandeln, wobei die Genauigkeit des phänologischen Datums auf + eine Woche geschätzt wurde. Weitere Quellen wurden zur Rekonstruktion der Klimageschichte dieses Gebietes mitverwendet: Angaben über erste und schwerere Schneefälle, Dürreperioden, Gefrieren eines Bergsees. Die Kirschblüte, ein wichtiges Ereignis von kultureller Bedeutung in Japan, wird natürlich auch heute oft für phänologische Arbeiten herangezogen. Ebenfalls für geländeklimatische Untersuchungen in kleinem Raum werden detaillierte Beobachtungen durchgeführt. SEKIGUTI (1950) berichtet von einem Beobachtungsnetz in Zentral-Japan mit einem durchschnittlichen Abstand zwischen den Stationen von 400 m. Die Unterschiede, die innerhalb dieses Raumes 15 Tage betragen, werden auf folgende zwei Ursachen zurückgeführt: Meereshöhe (5 Tage pro loo m), Gunstlage (unter einer Felswand, bei Wäldern, bei Ortschaften, im Windschatten von Hügeln). Deutlich kam bei dieser Untersuchung der Einfluss des ungehemmten Windes in einer Ebene zum Ausdruck. Neben den Kirschbäumen werden natürlich in Japan auch viele andere Pflanzen für phänologische Beobachtungen herangezogen. YOSHINO und FUSUKI (1956) verwendeten den Zustand der Maulbeerblätter für eine Zustandkartierung und eine Abschätzung von Temperaturen an einem Tag, wobei die Differenz zu gemessenen Temperaturen nur \pm 0,2 $^{\circ}$ C betrug.

Reis, der in Japan weit verbreitet ist, wird zwecks Beurteilung des Klimas ebenfalls beobachtet. Da Arbeiten auf Reisfeldern auch heute noch weitgehend ohne Maschinen bewältigt werden, ist die klimatische Aussagekraft dieser phänologischen Beobachtungen wahrscheinlich hoch (SHITARA 1954).

In Nordamerika unternahm wohl HOPKINS (1938) als erster den Versuch, Phänologie grossräumig anzuwenden. Er entwickelte ein bioklimatisches Konzept. Er kombinierte phänologische und meteorologische Daten und errechnete damit das Bioklima, das heisst, das reelle Klima. "Bioklimatische Isophanen" sind Linien gleicher Abweichung des bioklimatischen vom astronomischen Klima. HOPKINS gibt regionale und weltweite Charakteristiken in Anwendung dieser Prinzipien. Für die Schweiz sind die Resultate von phänologischen Beobachtungen aus dem Ende des letzten und dem Anfang dieses Jahrhunderts publiziert (Winterweizenernte von sieben, zum Teil mehrjährigen Reihen). HOPKINS'

bioklimatisches Gesetz für Nordamerika gibt Differenzen für phänologische Ereignisse im Frühling von vier Tagen pro Breitengrad, vier Tagen pro fünf Längengrade und einem Tag pro loo Fuss (30,5 m) Höhenunterschied an.

Während mehreren Jahrzehnten nach HOPKINS' Werken blieben phänologische Arbeiten in Nordamerika recht spärlich. Der Wiederaufbau der Landwirtschaft kriegsgeschädigter Gebiete brachte Ende der Vierzigerjahre einige Untersuchungen über das Verhalten von Pflanzen in verschiedenen Gebieten. Saatqut wurde von Amerika nach Europa und Asien exportiert. Um das Verhalten der Pflanzen und ihre Eignung vorausbestimmen zu können, wurden phänologische und meteorologische Daten verwendet, die - innerhalb des Schwankungsbereiches der Anpassungsfähigkeit einzelner Sorten - die Auswahl geeigneten Saatqutes erleichtern sollen (NUTTONSON 1947/57). So wurden klimatisch analoge Gebiete in Nordamerika, Europa und Asien mit meteorologischen und phänologischen Daten bestimmt. NUTTONSON (1955) hat beispielsweise an phänologischen, meteorologischen und Tageslänge-Messungen die Temperatursummen und die photothermischen Einheiten berechnet, die für das Spriessen und Reifen von Weizen notwendig sind. Photothermische Einheiten sind das Produkt aus Temperatursumme und durchschnittlicher Tageslicht-Stundenzahl bei gegebener geographischer Breite.

In jüngerer Zeit wurden in verschiedenen Staaten der USA phänologische Netze gegründet, die grösstenteils dem Internationalen Biologischen Programm (IBP) angeschlossen sind. In Nord-Carolina besteht ein Netz mit ca. 300 Stationen (siehe zum Beispiel READER, LIETH und RADFORD 1971, READER, RUMPP und LIETH 1972). Das Entwerfer von phänologischen Karten mit Hilfe von Computern gestattet eine rasche Uebersicht über das Eintreffen von Jahreszeiten. LIETH (1970, 1971, 1974) zieht zudem phänologische Beobachtungen zur quantitativen Bestimmung der primären Produktion unserer Erde bei (Gewicht und Heizwert der durch die Pflanzendecke erzeugten Materie). Es soll versucht werden, den globalen Material- und Energiefluss zu errechnen, was zum logischen Haushalten in den verschiedenen Oekosystemen führen soll. Die Gesetzmässigkeiten der Wechselbeziehungen in der Pflanzen- und Tierwelt werden in mathematischen Modellen simuliert.

In Kanada wird versucht, mit phänologischen Daten Produktionspotentiale zu errechnen. Dabei werden phänologische Phasen mit Formeln bestimmt, die verschiedene klimatologische Variablen enthalten (WILLI-AMS 1969). Zum Beispiel werden die Daten für Weizen geschätzt, um ei Produktionsprognose für Gebiete zu erhalten, in welchen noch kein Weizen angepflanzt wird. So versucht man in Kanada, neue Weizenstandorte zu ermitteln (WILLIAMS 1971). Ebenso wird eine Ertragsprognose aufgrund meteorologischer Daten – vor allem Niederschlag und Verdunstung (potentielle Evapotranspiration) – angestrebt (WILLIAMS 1972).

In vielen Ländern wird Phänologie erst von Pflanzenphysiologen betrieben. Oft wird die Reaktion der Pflanze auf das Klima beobachtet. So diskutiert MARK (1970) das herbstliche Verhalten von 80 alpinen Arten in den Südalpen Neuseelands. Die Resultate werden für die Un-

tersuchung der Ueberwinterungsphysiologie verwendet. CLARKE (1968) vergleicht phänologische Zustandkartierungen mit klimatischen Messungen. In einem Tal auf der Südinsel Neuseelands wurden zwischen 1963 und 1966 regelmässig an neun Tagen pro Sommermonat die Blühzustände von 31 Arten kartiert. "Erste Blüten", "zunehmende Fülle an Blumen", "Vollblüte" und "letzte Blüten mit beginnender Samenreife" wurden dabei unterschieden.

Auch in den Tropen lassen sich jahreszeitliche Rhythmen phänologisch verfolgen. MALAISSE (1974), FRANKIE et al. (1974) und viele andere berichten über Phänologie in den Tropen.

HOPP (1974) berichtet über zahlreiche phänologische Beobachtungsreihen, die seit dem 18. Jahrhundert in verschiedenen Ländern vorliegen.

2. KOMBINIERTE GELAENDEKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN

Für Japan gibt SHITARA (1966) eine gute Uebersicht über Forschungsprojekte in Meso- und Mikroklimatologie. Wind spielt in Japan eine grosse Rolle, wobei die Insellage für den häufigen Wind verantwortlich ist. YOSHINO (1960) verwendet die Verbreitung von bestimmten Flechten (Usnea-Arten) als Massstab für Windhäufigkeit. Messungen der Richtung von windbedingten Wuchsformen an Bäumen liefern weitere Angaben. Dieser Technik bediente sich auch SEKIGUTI (1951), der in einem gebirgigen Gebiet von 25 km2 die Form von Baumkronen an 230 Orten mass. Daraus wurden die vorherrschenden Winde während der Wachstumsperiode von April bis Juni mit einer Ganauigkeit von ± 150 geschätzt. Vergleiche mit gemessenen Werten der Windrichtung zeigten, dass diese Methode erstaunlich genau ist. Es wurde ebenfalls eine weitgehende Uebereinstimmung mit der Richtung der Giebel von Bauernhäusern festgestellt (SEKIGUTI 1950).

In Christchurch (Neuseeland) werden Rauchfahnen der Wohnhäuser beobachtet. Diese Angaben, von 500 Schulkindern gesammelt, sollen Aufschluss über die lokale Windverteilung über der Stadt vermitteln (Mr. A. RYAN, persönliche Mitteilung).

Forschungsprogramme über Stadtklimate sind nun sehr zahlreich. In den meisten grösseren Städten ist jemand beauftragt, das Lokalklima zu erforschen. Meist sind es die Bedürfnisse des Umweltschutzes sowie der Orts- und Verkehrsplanungen, die diese Studien veranlassen. Die Literatur in diesem Gebiet ist heute kaum überblickbar.

KUECHLER (1970) diskutiert die Möglichkeiten, Vegetationskarten klimatisch zu interpretieren, da die artenmässige Zusammenstellung der Pflanzendecke die klimatische Situation widerspiegelt. Er unterscheidet allerdings aklimatische, quasiklimatische und klimatische Vegetationskarten, je nach den vegetationskundlichen und pflanzensoziologischen Merkmalen, die für die Kartenaufnahme gewählt wurden. Genügend detaillierte Vegetationskarten, die sich für eine geländeklimatische Interpretation eignen, sind im allgemeinen selten.

3. KLIMAGESCHICHTE

Verschiedene Spuren und Aufzeichnungen lassen auf die klimatische Vergangenheit schliessen. Zahlreiche Handbücher geben eine übersichtliche Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse. Hier sollen einige Beispiele von lokaler Bedeutung diskutiert werden.

Wo meteorologische Aufzeichnungen vorliegen, steht natürlich ein reichhaltiges Material zur Verfügung, das - bei kritischer Verwendung - für klimageschichtliche Studien herangezogen werden kann. Ein einzigartiger Fall von langen Messreihen ist wohl in Korea vorhanden, wo seit 1423 bereits Regenmessungen vorliegen. Das alte Beobachtungsnetz - in welchem eigentlich das versickerte Regenwasser gemessen wurde - wurde im 16. Jahrhundert aufgelöst. Heute lassen sich durch Vergleichsmessungen die alten Resultate mit denjenigen moderner Methoden vergleichen. SEKIGUTI (1965) hat die statistische Auswertung dieses Materials versucht.

Wo Beobachtungen fehlen, muss man versuchen, mit Hilfe von andern Aufzeichnungen zuverlässige Werte zu erhalten. Chroniken und Tagebücher können klimatisch untersucht werden. OLIVER (1958) unternahm den Versuch, das Tagebuch eines Bauern im Norden von Wales aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts zu interpretieren. Allerdings gibt es bei der Verwendung von rein beschreibenden Wetteraufzeichnungen viele methodische Probleme zu lösen.

In Japan führten viele Adelige während der Hauptstadtperiode von Kyoto Tagebücher. MAEJIMA (1966) verfolgt das Klima im 15. und 16. Jahrhundert mit erwähnten Regen- und Schneetagen eines Tagebuches, während YAMAMOTO (1970) Werte für den Anteil an Schneetagen pro Monat im Winter aus sämtlichen erhältlichen Aufzeichnungen errechnet. Er vergleicht diese Resultate mit phänologischen Beobachtungen an Kirschblüten, die eine gute Uebereinstimmung zeigen. So wird für Japan die Klimaverschlechterung des 16. Jahrhunderts – die sogenannte Kleine Eiszeit – belegt. Eine Rekonstruktion der Klimageschichte mit Hilfe von phänologischen Beobachtungen in Japan wurde bereits erwähnt (SEKIGUTI 1969).

4. AUSBLICK

Diese kurze Diskussion fasst eine sehr knappe Auswahl aus der umfangreichen Literatur zusammen. An vielen Orten wird das Geländeklima untersucht. Besonders interessante Fragestellungen ergeben sich vor allem in hügeligen und gebirgigen Gebieten, wo Höhenstufung, Exposition und Hangneigung eine grosse Rolle spielen.

Bekanntlich weisen die meisten Gebirge unserer Erde eine niedrige Bevölkerungsdichte auf. Viele Hochgebirge, wie etwa die nordamerikanischen Kordilleren oder die neuseeländischen Südalpen, sind höchstens schwach besiedelt, meist aber praktisch unbewohnt. Sogar die japanischen Berge stehen in dieser Hinsicht in krassem Gegensatz uden überbevölkerten, schmalen Ebenen. Natürlich ist unter diesen Umständen die Erforschung der Umwelt in Gebirgen sehr schwierig. Dies gilt insbesondere für das Klima, dessen Erfassung – im Unterschied et

wa zu einer geologischen oder geobotanischen Kartierung - langjährige Erfahrungswerte erheischt; dazu sind simultane Messungen und Beobachtungen in grosser Dichte notwendig, um ein genaues Bild zu erhalten.

Die relativ hohe Bevölkerungsdichte in den europäischen Alpen stellt somit einen günstigen Fall dar. Die intensive Nutzung der Landschaft – landwirtschaftlich, industriell, touristisch – stellt Probleme, die in vielen andern Gebirgen nicht existieren. Das heisst, dass in den europäischen Alpen ein wesentliches Bedürfnis für eine Umweltforschung da ist und gleichzeitig auch eine einzigartige Möglichkeit dazu besteht. Viele Täler und Terrassen sind ständig besiedelt, und ein engmaschiges Netz von Transportsystemen, administrativen Institutionen, Schulen usw. ist vorhanden, was die Forschung wesentlich erleichtert.

5. BIBLIOGRAPHIE

- CLARKE, C. M. H., 1968: Flowering periods of Alpine Plants at Cupola Basin, Nelson, New Zealand. NZ Journal of Botany, 6(2) 205 - 220
- FRANKIE, G. W., BAKER, H. G., OPLER, P. A., 1974: Tropical Plant Phenology. Applications for Studies in Community Ecology. In: LIETH et al. 1974: 287 - 296
- GEIGER, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Braunschweig
- GRIFFITH, J. F., 1966: Applied Climatology. An Introduction. London
- HOPKINS, A. D., 1938: Bioclimatics. A science of life and climate relations. US Department of Agriculture, Miscellaneous publications no. 280, Washington D. C.
- HOPP, R. J., 1974: Plant Phenology Observation Networks. In: LIETH et al. 1974: 25 43
- KUECHLER, A. W., o. J.: The vegetation map as climatic document.
 Vervielfältigtes Manuskript
- LAMOUREUX, C., 1972: Phenological studies in nonseasonal tropical forests, with special reference to Hawaii. Abstract of a paper at the Symposium: Phenology and Seasonability Modeling, 25th Annual AIBS Meeting, Minneapolis, Minnesota
- LIETH, H., 1970: Phenology in Productivity Studies. Ecological studies, Analysis and synthesis, vol. 1: 29 46, Berlin
- " 1971: The phenological viewpoint in productivity studies. Productivity of forest ecosystems, Proceedings Brussels Symposium 1969, Ecology and Conservation 4: 71 - 84
- " 1974: Basis and Grenze für die Menschheitsentwicklung: Stoffproduktion der Pflanze. Umschau in Wissenschaft und Technik 74(6): 169 - 174
- LIETH, H. et al., 1974: Pehnology and Seasonality Modeling. Ecological Studies 8, New York: 444 p.
- MAEJIMA, I., 1966: Some remarks on the climatic conditions of Kyoto during the period from 1474 to 1533. Japanese progress in climatology, Tokyo 1970: 29 37
- MALAISSE, F. P., 1974: Pehnology of the Zambezian Woodland Area with Emphasis on the Mimbo Ecosystem. In LIETH et al. 1974: 269 - 286
- MARK, A. F., 1970: Floral Initiation and Developments in New Zealand Alpine Plants. NZ Journal of Botany, 8(1): 67 75
- NUTTONSON, M. Y., 1947: International Cooperation in Crop Improvement Through the Utilization of the Concept of Agroclimatic Analogue Institute of International Collaboration in Agriculture and Forestry, Praha, Interagra 1(3-4)

- NUTTONSON, M. Y., 1955: Wheat-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat. American Institute of Crop Ecology, Washington D. C.
- 1957: The role of bioclimatology in agriculture with special reference to the use of thermal requirements of pure-line varieties of plants as a biological indicator in ascertaining climatic analogues (homolines). International Society of Bioclimatology and Biometeorology, 1st Bioclimatological Congress Vienna 1957
- OLIVER, J., 1958: The Use of Weather Diaries in the Study of Historic Climates. Weather, XIII: 251 256
- READER, R., LIETH, H., RADFORD, J., 1971: Looking for Spring. Wildlife in North Carolina, Sept. 1971

n

11

11

- READER, R., RUMPP, D., LIETH, H., 1972: The Arrival of Fall 1971. Wildlife in North Carolina, Febr. 1972
- SEKIGUTI, T., 1950a:Studies on local climatology. 80 % flowering dates of cherry blossoms at Akako Fan, Nagano Pref. in central Japan. Tokyo Journal of Climatology, 2(1), March 1965: 5 12
 - 195ob: Rural houses and prevailing winds. Local climatological study of the Akako Fan, Kami-ina, Nagano Pref. Tokyo Journal of Climatology, 2(1), March 1965: 26 - 35
 - 1951: Studies in local climatology. Prevailing winds in early summer and bending shaoes of Persimmon trees at Akako Fan, Nagano Pref. Japan. Tokyo Journal of Climatology, 2(1), March 1965: 13 25
 - 1965: Historical Data of Korean Rainfall. Japanese Progress in Climatology, Tokyo, Nov. 1965: 87 109
 - 1969: Historical dates of Japanese cherry festivals since the 8th century and her climatic changes. Japanese Progress in Climatology, Tokyo, Nov. 1970: 38 45
- SHITARA, H., 1954: The climate of the Shinjo basin viewed from rice-plant seeding season. Tokyo Journal of Climatology, 2(2), Nov. 1965: 71 79
 - 1966: Meso- and microclimatology in Japan. Tokyo Journal of Climatology, 3(1), Dec. 1966: 14 18
- WILLIAMS, G. D. V., 1969: Applying estimated temperature normal to the zonation of the Canadian Great Plains for wheat. Canadian Journal of Soil Science, 49: 263 - 276
 - 1971: Wheat phenology in relation to latitude, longitude and elevation on the Canadian Great Plains. Canadian Journal of Soil Science, 51: 1 12
 - 1972: Geographical variation in yield-weather relationships over a large wheat growing region. Agricultural Meteorology 9: 265 283

- YAMAMOTO, T., 1970: On the climatic change in XV and XVI centuries in Japan. Japanese Progress in Climatology, Nov. 1970: 1 -13
- YOSHINO, M., 1960: Local distribution of wind-shaped trees and usnea as indicators of microclimates in the sub-alpine zone. Tokyo Journal of Climatology, 2(1): 58 59
- YOSHINO, M., FUSUKI, K., 1956: An estimation of the local climate from the number of the Mulberry leaf development in Okuchichibu mountain region, Japan. Tokyo Journal of Climatology, 2(1), March 1965, S. 56

Adresse des Verfassers

François Jeanneret Geographisches Institut Hallerstrasse 12

CH - 3o12 BERN

ZUM PROBLEM DER SCHNEESICHERHEIT IM BERGLAND ZWISCHEN SENSE UND GUERBE

HEINZ WANNER UND HEINRICH SPECK

ZUSAMMENFASSUNG

Die Schneedeckenverhältnisse im Raum Höheres Mittelland - Voralpen werden mit drei neu festgelegten Kriterien der Schneesicherheit untersucht (vgl. S.2o). Eine detaillierte Untersuchung für die drei Winter 1971/72 bis 1973/74 zeigt, dass sowohl innerhalb der einzelnen Winter als auch regional markante Differenzen auftreten. Der Schneezuwachs erfolgt dabei grösstenteils bei zyklonalen Lagen mit einer 500mb-Strömungskomponente aus SW bis N. Die räumliche Analyse zeigt, dass gipfelnahe Nordhänge der Voralpen mit einer Meereshöhe über 1300 - 1500 m einigermassen schneesichere Verhältnisse aufweisen.

RESUME

Les conditions de couches de neige dans le secteur plateau supérieur préalpes sont contrôlées pour la sécurité de la neige selon trois critères nouvellement établis (voir p. 20). Un contrôle détaillé pour les trois hivers 1971/72 à 1973/74 révèle des différences marquées d'un hiver à l'autre aussi bien que d'une région à l'autre. L'accroissement des couches de neige s'effectue le plus souvent lors de situations cyclonales avec une composante de courants de 500mb du SO à N. L'analyse locale démontre que les versants nord des préalpes, proche des sommets, à une altitude de 1300 - 1500 m au-dessus de la mer, présentent des conditions de neige à peu près sûres.

SUMMARY

The snow surface conditions in the area Higher Midlands - pre-Alpine region are examined by three newly laid down criteria for snow frequency (p. 20). A detailed examination during the three winters 1971/72 to 1973/74 shows that marked differences appear within individual winters as well as also regionally. The increase of snow thereby ensues largely at cyclonic pressure conditions with a flow component of 500mb from SW to N. Spatial analysis shows that peak-proximity North slopes of the pre-Alpine region at a height of 1300 - 1500 above sea level (4,266 - 4,923 ft.) show reasonably reliable snow conditions.

1. PROBLEMSTELLUNG

Es ist eine wohlbekannte Tatsache, dass der Wintertourismus in den letzten Jahren vermehrt auch in die Voralpenregionen vorgestossen ist. Dabei sind wiederholt Stimmen laut geworden, die diesen Gebieten eine spezifische Eignung für wintertouristische Zwecke absprechen. Wollen wir diese Frage beantworten, so dürften kaum Zweifel bestehen, dass der Schnee im Falle der Eignungsbeurteilung eines Gebietes bezüglich Wintersport unter den klimatischen Faktoren an erster Stelle genannt sein muss. Gerade die extrem akzentuierten Verhältnisse des zu Ende gegangenen Winters 1974/75 haben gezeigt, wie stark gewisse Grenzregionen unter der Willkür des Witterungsverlaufes leiden müssen. Obschon in den Monaten November bis Februar Witterungsvorgänge mit genügender Feuchtzufuhr nicht ausblieben, wurden doch in den tieferen Regionen kaum Schneefälle registriert, da sich die Temperaturen sowohl während der Frontdurchgänge als auch in den für die Schneedecke entscheidenden Anschlussperioden (ZINGG 1966: 121, WINIGER 1973: 63) stets um sehr hohe Werte bewegten. Dies führte zu den Verhältnissen, wie wir sie in Fig. 1 für die Monate Dezember 1974 bis Februar 1975 für den Raum bernisches Mittelland - Voralpen - Simmental/Kandertalregion dargestellt finden.

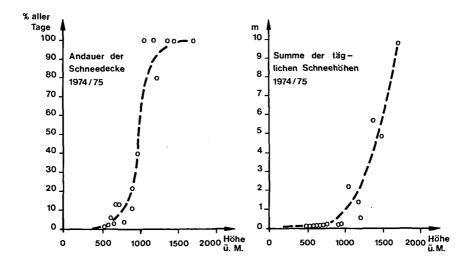


Fig. 1
Die Schneedeckenverhältnisse im Raum bernisches Mittelland Voralpen - Simmen-/Kandertalregion in den Monaten Dezember 1974
bis Februar 1975 (Kurven nicht gerechnet; Daten aus den Messnetzen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt und
des Geographischen Instituts der Universität Bern)

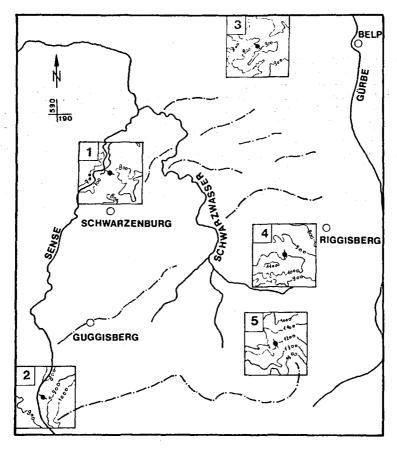


Fig. 2
Beobachtungsstationen im Untersuchungsgebiet (verkleinert nach LK 1 : 100 000, Blatt 36)

Antiklinalen

A. Verzeichnis der 5 Vergleichsstationen (Winter 1971/72 bis Winter 1973/74, vgl. Karte)

Stat.nr.	Ort	Höhe. ü. M.	Exposition
1	Moos (Lanzenhäusern)	770 m	NW
2	Plaffeien	850 m	NW
3	Witscheren (Oberulmiz)	860 m	NNW
4	Gibelegg (Riggisberg)	980 m	NNW
5 .	Gurnigelbad	1190 m	NNW

B. Messstellen der langjährigen Reihe (Gantrisch - Ottenleuebad)

	Ort	Jahre	Koordinaten	Höhe ü. M.
8	Ottenleuebad Burst Lischerli	1959/60 - 62/63	ca. 594 500/175 500 ca. 595 500/176 500 ca. 594 100/175 800	1430 m 1515 m 1495 m

Wir stellen dabei eindeutig fest, dass sowohl die Andauer der Schneedecke (ZINGG 1954: 849) als auch die Gesamtsumme der täglichen Schneehöhen mit steigender Meereshöhe in einem nichtlinearen Mass zunimmt. Im Höhenbereich um looo - 1300 m nehmen die beiden Funktionen einen steilen Verlauf. Wir dürften damit ein typisches Beispiel dafür vor uns haben, wie stark Einzeljahre vom langjährigen Mittel abweichen können (vgl. ROSHARDT 1946: 86, HASTENRATH 1960: 54ff).

Das gezeigte Verteilungsmuster der Schneedecke bedingte logischerweise eine längerdauernde Stilllegung vieler Voralpen-Skilifte während des Hochwinters. Die vorliegende Arbeit ist als bescheidener Beitrag zum Problem der Schneesicherheit eines derartigen Voralpengebietes aufzufassen, das wie alle andern seiner Art mit Beobachtungsstationen schlecht dotiert ist (Darstellung der verwendeten Stationen in Fig. 2). Wenn wir zusätzlich einige Fragen zum Problem der Schneeuntersuchung aufwerfen, so soll dies im Sinne einer Diskussion im Hinblick auf weitere Arbeiten im Alpengebiet aufgefasst werden.

ZUR FRAGE DER ZUSAMMENHAENGE ZWISCHEN SCHNEEZUWACHS UND SCHNEE-DECKENENTWICKLUNG

Bis heute wurden zahlreiche Untersuchungen über die raum-zeitliche Struktur der Schneedecke im Gebiet der Schweizer Alpen publiziert. Nach ZINGG (1954) haben sich in neuerer Zeit speziell ESCHER (1970) und MOSIMANN (1973) mit dem Problem der klimatischen Schneegrenze auseinandergesetzt, wobei wir mit LANG und DAVIDSON (1973: 158) einig gehen, dass uns bei derartigen Arbeiten die Inhomogenität des Datenmaterials (speziell bei Berücksichtigung grösserer Räume sowie Extrapolation in Höhenbereiche ohne Messwerte) grosse Probleme bringt. Die Unterschiede im Witterungsverlauf der einzelnen Jahre, die sich daraus ergebenden regionalen Differenzierungen (vgl. Fig. 4 und 5) sowie die häufig nichtlineare Zunahme von Andauer und Höhe der Schneedecke mit steigender Meereshöhe (Fig. 1) auch in eng begrenzten Untersuchungsräumen bedingen eine intensive Verfeinerung der Untersuchungstechnik. Verschiedene Autoren (u. a. ROSHARDT 1946, MOERIKOFER 1948, ZINGG 1956/62/63/67, KUHN 1962, FEDERER 1972) weisen auf diese bekannten Tatsachen hin. Aus unserer Sicht scheint sich in nächster Zeit eine ausgedehntere witterungsklimatologische Bearbeitung des Datenmaterials aufzudrängen, geht es doch, um mit FLIRI (1967: 220) zu sprechen, darum, ein "Gesamtkollektiv eines Klimaelementes sinnvoll in Teilkollektive grösserer Signifikanz zu zerlegen." Nach den Untersuchungen von PROHASKA (1943) wurde das Problem des Schneezuwachses und seiner Auswirkungen auf die Schneedeckenentwicklung bestimmter Regionen auch in neueren Arbeiten in den Zusammenhang mit dem Witterungsverlauf gestellt (FLIRI 1964, GENSLER 1968, LAUSCHER 1971).

3. BEMERKUNGEN ZUM BEGRIFF DER "SCHNEESICHERHEIT"

Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wollte man im Detail auf den Faktorenkomplex eintreten, durch welchen die raum-zeitliche Struktur der Schneedecke bestimmt wird. In unserem Fall stellt sich vielmehr die bereits oft diskutierte Frage, wie mit einem einfachen, allgemein verständlichem Kriterium eine Station bezüglich ihrer Schneesicherheit beurteilt werden kann. Im Fremdenverkehrs-Eignungskataster des Kantons Graubünden (RISCH et al. 1972: 145) wurden dabei strenge Massstäbe gesetzt. Für die Beurteilung unserer Stationen im Raume Höheres Mittelland - Voralpen (Fig. 2) schien es sinnvoll, die Klassen etwas anders abzugrenzen. Für den Wintertourismus bildet das Vorhandensein einer genügend mächtigen Schneedecke eine erste notwendige Voraussetzung. Zweitens ist eine Station sicher nur dann als attraktiv zu bezeichnen, wenn sie während einer längeren, zusammenhängenden Periode über eine Schneedecke der bereits genannten Mächtigkeit verfügt. Wir differenzieren deshalb in dieser Arbeit drei Stufen der Schneesicherheit (in der Folge auch Kriterien genannt

- 1. Stufe: ≥ 30 zusammenhängende Tage mit ≥ 30 cm Schneedecke
- 2. Stufe: ≥ 60 zusammenhängende Tage mit ≥ 30 cm Schneedecke
- 3. Stufe: ≥ 90 zusammenhängende Tage mit ≥ 30 cm Schneedecke

Diesen drei Stufen mag ergänzend die folgende Bedeutung beigemessen werden: Die erste Stufe stellt ein absolutes Minimum dar. Wird sie innerhalb von 10 Jahren mehrmals unterschritten, so dürften über die schlechte Eignung eines Raumes bezüglich Schneesicherheit kaum Zweifel bestehen. Ab Stufe zwei kann über die Eignung diskutiert werden, und als schneesicher dürfte ein Gebiet erst dann bezeichnet werden, wenn Kriterium drei grossflächig in mindestens 90 % der Winter erreicht wird.

4. VERSUCH EINER ANWENDUNG DER DREI KRITERIEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

4.1. Die Verhältnisse im Gantrischgebiet

Recht interessant wird es nun, wenn wir die drei Kriterien in unserem Untersuchungsgebiet anwenden, wobei gesagt werden muss, dass im Falle der wintertouristisch kaum attraktiven Stationen Witscheren, Moos und Plaffeien eine Eignungsbeurteilung zum vornherein nur aus Vergleichsgründen in die Untersuchung einbezogen wurde (Fig. 2).

In Fig. 3 erhalten wir Einblick in die Schneedeckenentwicklung der höchstgelegenen Station Gantrisch, wo während 21 Wintern an verschiedenen Stellen Schnee gemessen wurde.

Es lassen sich dabei die folgenden Charakteristiken herauslesen:

- Die Schneedeckenentwicklung weist innerhalb der verschiedenen Winte extreme Schwankungen auf (z. B. Winter 1962/63 und 1963/64).
- Eine gewisse Schneesicherheit tritt nur in der Phase vom lo. Januar bis zum 20. März zutage.

- In den 5oer Jahren stieg die Schneehöhe selten über 1 m (eventuell standortspezifische Entwicklung oder Inhomogenität?)
- Das Winterhalbjahr 1963/64 muss auch in den bernischen Voralpen als Extremjahr bezeichnet werden: nach einem zyklonal geprägten, sehr warmen November folgten zwei Monate mit extrem antizyklonalem Witterungsgepräge, wodurch reiche Schneefälle ausfielen.
- Die Winter zwischen 1965/66 und 1969/70 brachten wiederum beträchtliche Schneehöhen. Dieser Umstand brachte möglicherweise psychologische Auswirkungen bis in die Gegenwart, indem nämlich auf der Alpennordseite die Schneearmut in den Wintern der 70er Jahre besonders intensiv empfunden wurde.

Wenden wir nun die postulierten drei Stufen der Schneesicherheit auf die Messstellen der Station Gantrisch an, so ergibt sich das folgende Bild:

Tab. 1

Anwendung der drei Schneesicherheitsstufen im Raume Gantrisch (1949/50 1969/70, Messpegelstandorte gemäss untenstehender Liste)

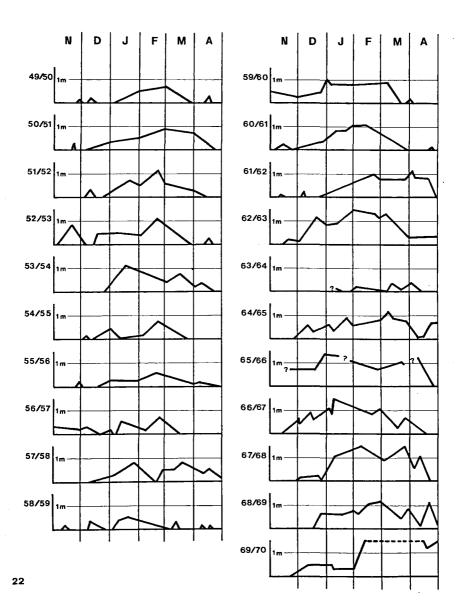
	erreicht	nicht erreicht
Stufe 1	2o Fälle	l Fall
Stufe 2	16 Fälle	5 Fälle
Stufe 3	13 Fälle	8 Fälle

Fig. 3 (nächste Seite)

Langjährige Schneedeckenverhältnisse im Bereiche der Stationen des Raumes Gantrisch (Ottenleuebad): Station des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos

Verzeichnis der Beobachtungsstellen:

Ort	Jahre	Koordinaten	Höhe ü.M.
Ottenleuebad	1949/50 - 58/59	ca. 594 500 / 175 500	1430 m
Burst	1959/60 - 62/63	ca. 595 500 / 176 500	1515 m
Lischerli	1963/64 - 69/70	ca. 594 100 / 175 800	1495 m



Obschon durch extreme topographische Verhältnisse oder besondere Untergrundverhältnisse grosse Unterschiede auftreten können, mag es erstaunen, dass in der bernischen Voralpenregion auch in Höhen über 1400 m die dritte Stufe nur in 13 von 21 Wintern erreicht wurde. Ein Vergleich mit inneralpinen Stationen dürfte dabei namhafte Unterschiede bringen , und eine witterungsklimatologische Charakterisierung drängt sich auch unter diesem Gesichtspunkt auf.

4.2. Regionale Differenzierung anhand der drei Beobachtungswinter 1971/72 - 1973/74

Wenn wir in der Folge die drei letzten Winterhalbjahre noch etwas näher betrachten, so geschieht dies deshalb, weil in diesen Jahren im Untersuchungsgebiet erstmals mehrere Stationen Schnee beobachteten, wobei leider die wichtigste Anschlussstation Richtung Alpen (Gantrisch) aufgegeben wurde. Dabei ist zu bemerken, dass ein Vergleich der Andauer der Schneedecke wesentlich begünstigt wird, da die sorgfältig ausgewählten fünf Stationen bei variabler Höhe sowohl gleiche Expositionen (NW bis N) als auch dieselbe Unterlage der Schneedecke aufweisen (Fig. 2). Das äusserst wichtige Problem der Expositionsunterschiede konnte leider nicht in die Untersuchung einbezogen werden (fehlende oder inhomogene Messreihen). Die Anwendung der drei Stufen zeigt dabei das folgende Bild:

Tab. 2
Beurteilung der Schneesicherheit an den übrigen Stationen des Untersuchungsgebietes (+ = Kriterium erfüllt / o = Kriterium nicht
erfüllt)

Sta	ition	Höhe ü. M. in m	19 K.1	71/72 K.2		19 K.1	72/73 K.2	к.3	19 K.1	73/74 K.2	
Gur	nigel	1190	0	0	0	+	+	0	0	0	0
Wit	scheren	980	0	0	0	+	0	0	0	0	0
Pla	ffeien	850	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mod	s	770	0	0	0	0	0	0	٥	0	0

Bei der synoptischen Betrachtung der drei Beobachtungswinter stellen wir fest, dass diese auf der Alpennordseite recht schneearm waren (vgl. 5.1.). Es erstaunt dennoch, dass Stufe drei in keinem der Fälle erreicht wurde! Eine eingehendere Untersuchung der witterungsmässigen Verhältnisse und deren Auswirkungen auf die lokalen Schneeverhältnisse dürfte auch aus dieser Sicht interessant sein.

5. WITTERUNGSKLIMATOLOGISCHE BEMERKUNGEN ZUR SCHNEEDECKENENT-WICKLUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

5.1. Charakteristische Merkmale der drei Beobachtungswinter 5.1.1. Zum Witterungsverlauf

Wie in Kap. 2 bereits erwähnt wurde, führen die sehr differenzierten Verhältnisse innerhalb der einzelnen Winterhalbjahre auch regional zu einem unterschiedlichen Verteilungsmuster der Schneedecke. Wir hielten ebenfalls fest, dass die drei Beobachtungswinter auf der Alpennordseite grossräumig ein Schneedefizit brachten. COURVOISIER (1975: 19) erwähnt im Zusammenhang mit der Schneefallwahrscheinlichkeit, dass nach dem Kalender der Wetter- und Witterungslagen (SCHÜEPP 1968) für die Niederungen der Alpennordseite 528 - 530 Dm der relativen Topographie 500/1000 mb (als Indikator des Wärmegehaltes der unteren Troposphäre) eine markante Grenze zwischen Regen und Schneefall markieren. Wir stellen fest, dass dieser Schwellenwert in den drei betrachteten Wintern (Monate November - April) bei zyklonalen Lagen bloss 12 Mal erreicht wurde (nur zweimal im Winter 1974/75!). Betrachten wir den allgemeinen Witterungsverlauf, so zeigt sich das folgende Bild (teilweise nach GENSLER, KIRCHHOFER und MAEDER 1971 - 74)

- A. Winter 1971/72: Nach einem eher kühlen und feuchten November zeigte der Dezember ein eindeutig antizyklonales Gepräge mit vielen Inversionen. Die folgenden zweieinhalb Monate bis Mitte März waren gekennzeichnet durch Südföhn- und somit Südstaulagen, die der Alpennordseite mehrheitlich trockenes und mildes Wetter brachten. Der April wies erst wieder normale Niederschlagsbeträge auf.
- B. Winter 1972/73: Der schneereichste der drei verglichenen Winter wies einen nassen, milden November auf. Der Dezember blieb infolge stabiler Hochdruckgebiete zu trocken. Das gleiche gilt auch für den Januar, der zudem mildes Wetter brachte. Der Februar verzeichnete im Untersuchungsgebiet bei N- und NW-Lagen erstmals wieder ergiebigere Niederschläge, gefolgt von einem kühlen März, der bei Bise und Nordföhn spärlichere Niederschläge hervorrief als der April, welcher infolge eines Tiefdurchgangs und einer zyklonalen Nordlage wieder namhafte Niederschläge aufwies.
- C. Winter 1973/74: Einem der Norm entsprechenden November, der am Schluss Nordstau verzeichnete, folgte ein kalter und trockener Dezember. Der Januar blieb mild und sehr trocken, dagegen brachte der Februar wieder vereinzelte Niederschläge. März und erste Hälfte April blieben wiederum sehr warm und trocken.

5.1.2. Die schneebringenden Wetterlagen

Wir möchten in der Folge bloss diejenigen Wetterlagen betrachten, die im Voralpenraum für den Schneezuwachs verantwortlich zeichneten. PROHASKA (1943: 6 - 10) erwähnt als wichtigste Wetterlage, die spezifisch in Nordgraubünden (Landwassertal) zu Grossschneefällen führt, die Nordwestlage, welche besonders dann ihre Wirksamkeit zeigt, wenn der Alpenraum nach der Ueberflutung durch subtropisch-maritime Luftmassen des Warmsektors von der Kaltfront erreicht wird und durch seine Form noch zusätzlich orographische Staueffekte erzeugt. FLIRI (1964:

8 - 9) weist nach, dass im Sommer auf dem Säntis der meiste Schnee bei einer Höhenwindrichtung in München (Nachmittagsaufstiege, 3 km Höhe) von 270 fällt. Die grösste Schneebereitschaft sowie die höchsten Schneefälle sind hingegen bei meridionalen Winden zu verzeichnen. Auch GENSLER (1968: 5 - 7) stellt fest, dass vor allem Westlagen mit Aufgleitniederschlägen an Warmfronten und Okklusionen stärkere Niederschläge bringen, dass aber auf der Alpennordseite die grösste Ergiebigkeit bei Nordlagen registriert wird.

Um in unserem Untersuchungsgebiet einen Eindruck über die schneebringenden Wetterlagen zu erhalten, haben wir aus dem Wetterlagenkalender (SCHÜEPP 1968) die zwei Parameter Wettercharakter und Windrichtung im 500 mb-Niveau herausgegriffen und sie für den ganzen Winter in Verbindung mit den örtlich auftretenden Neuschneemengen dargestellt (Fig. 4).

Mit der gleichzeitigen Betrachtung einer voralpinen und einer inneralpinen Station auf ähnlicher Meereshöhe (Gurnigelbad und Kandersteg) konnten markante reliefbedingte Unterschiede zusätzlich erfasst werden. Richten wir unser Augenmerk vorerst auf die schneehäufigsten Lagen, so stellen wir fest, dass im Untersuchungsgebiet der grösste Teil des Schnees bei advektiven, zyklonalen Lagen mit einer 500 mb-Strömung (Wetterlagenkalender, SCHÜEPP 1968) aus SW, W oder NW fiel. Der Vergleich der Einzeljahre offenbart ebenfalls markante Differenzen:

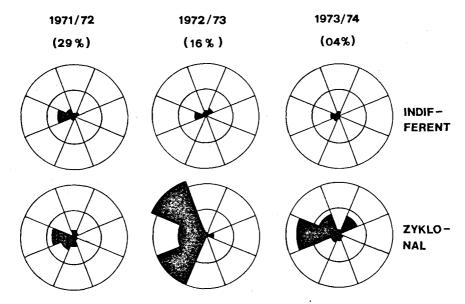
- Im Winter 1971/72 fiel Schnee vor allem bei zyklonalen West- bis Südwestlagen sowie vereinzelt bei Nord- oder sogar Südströmung. Gerade das Auftreten von Niederschlägen bei südlichen Strömungskomponenten konnte in diesem Raum nicht unbedingt erwartet werden. Im Zusammenhang mit dem Problem der zeitlichen und räumlichen Signifikanz des Wetterlagenkalenders müssen wir uns bewusst sein, dass derartige Schneefälle in Wirklichkeit ebenfalls auf eine SW-Strömung (Umströmen des Westalpenkörpers) zurückzuführen sind, da an ein Ueberlappen der Föhnbewölkung auf die Alpennordseite, wie dies beispielsweise im Gotthardgebiet beobachtet werden kann (ROSHARDT 1946: 39), in diesem Raum weniger gedacht werden kann.
- 1972/73 registrieren wir relativ grosse Schneefälle, welche nun vor allem bei zyklonalen Westlagen fallen. Vom 21. - 24. Februar fielen dabei auf dem Gurnigel 58 cm Neuschnee (zyklonale Nordwestlage).
- 1973/74 finden wir neben Schneefällen bei West- und Nordwestströmung im 500 mb-Niveau auch Fälle mit erheblichem Neuschneezuwachs bei Nordstau sowie einer zyklonalen Ostlage (22./23. Februar 1974).

Fassen wir die charakteristischen Erscheinungen an der Station Gurnigelbad zusammen: Dieser Voralpenraum erhält auf Grund seiner geographischen Situation vor allem bei westlichen Strömungskomponenten erhebliche Niederschläge. Zusätzlich erhält er bei Nordstau gerade im Vergleich zu den andern Gebieten des Alpenraumes erstaunlich viel Schneezuwachs.

Die Zusammenhänge sind noch etwas deutlicher erkennbar, wenn wir die beiden Stationen Kandersteg und Gurnigelbad vergleichen (Fig. 4):

GURNIGELBAD (1190m)

FIG. 4



KANDERSTEG (1176m)

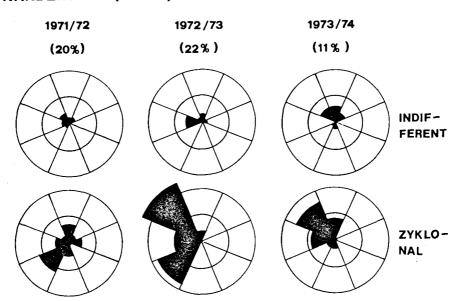
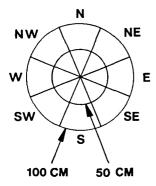


Fig. 4 (Seite links)

Der Neuschneezuwachs der Stationen Gurnigelbad und Kandersteg in seiner Abhängigkeit von Wettercharakter und Strömungsrichtung im 500mb-Niveau: advektiv-indifferente und advektiv-zyklonale Lagen (Kalender der Wetter- und Witterungslagen, SCHÜEPP 1968)



- -In Kreisdarstellung: Neuschneezuwachs bei advektiven Lagen mit zyklonalem oder indifferentem Wettercharakter
- -%-Angabe in Klammern unter der Jahrzahl: Anteil an der Neuschneemenge, der bei advektiv-antizyklonalen oder konvektiven Lagen registriert wurde (in % der Gesamtneuschneemenge)

Kandersteg weist sowohl bei westlichen als auch bei nördlichen Strömungsrichtungen Ueberschüsse im Neuschneezuwachs auf. (Ausnahme: Winter 1971/72). Eine Erklärung für diese beiden Phänomene könnte wohl gefunden werden:

- Im Falle der zyklonalen Westlagen mit ausgeprägten Warmfronten wird die Kaltluft am Alpennordhang zumeist wirksam ausgeräumt, währenddem sie in den inneralpinen Tälern überströmt wird, wodurch einerseits Regen und andererseits bereits Schnee fällt. Wird beim Eintreffen der Kaltfront ein Ausgleich der Verhältnisse geschaffen, so ist es auch denkbar, dass Kandersteg infolge von Leeffekten zuweilen geringeren Neuschneezuwachs erhält.
- Im Falle des Nordstaus sind es offensichtlich die orographischen Effekte, die gipfelnähere Gebiete begünstigen.

Ergänzend möchten wir noch festhalten, dass gerade der Vergleich der Schneezuwachsraten auf der Alpennord- und Alpensüdseite interessante Aspekte aufzeigt, können wir doch in letzter Zeit feststellen, dass in gewissen Wintern (z. B. 1970/71) ein Ueberwiegen der südlichen Strömungskomponente auftrat, was entgegen den bisherigen Mittelwerten zu einer Begünstigung der Wintersportgebiete auf der Alpensüdseite und des Wallis führte.

In unserem Fall möchten wir aber auf das eingangs gestellte Problem der Schneesicherheit zurückkommen, und wir müssen uns fragen, wie weit nun im Raume Höheres Mittelland - Voralpen signifikante Lokalunterschiede festgestellt werden können.

27

5.2. Lokale Unterschiede im Neuschneezuwachs

Fig. 5 zeigt die unterschiedliche Andauer der Schneedecke innerhalb der fünf Beobachtungsstationen.

Die Andauer in Tagen wird zudem in Tab. 3 noch zahlenmässig festgehalten:

Tab. 3

Andauer der winterlichen Schneedecke an den fünf Teststationen in den drei Beobachtungswintern (Monate November - April)

Station (Fig. 2)	Höhe ü. M.	Expo- sition	1971/72	1971/72	1973/74
Moos	770 m	N	65	120	20
Plaffeien	850 m	NW	72	129	62
Witscheren	860 m	N	20	130	39
Gibelegg	980 m	NNW	102	152	98
Gurnigelbad	1190 m	NNW	104	161	116

Wir stellen dabei einerseits markante Differenzen innerhalb der einzelnen Jahre und andererseits eine Zunahme der Schneedeckentage mit der Höhe fest, was zu erwarten war. Folgende Aspekte verdienen es, noch speziell erwähnt zu werden:

- Eine lineare Beziehung zwischen Meereshöhe und Andauer der Schneedecke lässt sich nur im Winter 1972/73 feststellen, welcher eine betont advektiv-zonale Strömungskomponente aufwies.
- Der Winter 1973/74 brachte den alpennahen Stationen (vgl. Plaffeiem

 Witscheren) eindeutige Schneeüberschüsse, was bei den häufig aufgetretenen Nordstaueffekten kaum überrascht.
- Recht erstaunliche Verhältnisse treffen wir 1971/72: Neben einer auffallend hohen Differenz innerhalb der auf gleicher Meereshöhe gelegenen Stationen Witscheren und Plaffeien stellen wir eine nichtlineare Zunahme der Tage mit steigender Meereshöhe fest.

Auf Grund der festgestellten Unterschiede im Jahre 1971/72 schien es uns wertvoll zu sein, die aufgetretenen Differenzen etwas näher zu analysieren. Wir sind uns dabei bewusst, dass wir mit dem Problem des Neuschneezuwachses nur die eine Komponente der Schneedeckenentwic lung erfasst haben, da den in den Zwischenphasen für die Abschmelzung verantwortlichen Witterungsvorgängen ebenfalls grosse Bedeutung zukommt! Die Fig. 6 und 7 zeigen uns für den genannten Winter den Schneezuwachs an den paarweise höhengleichen Stationen Kandersteg und Gurnigelbad sowie Plaffeien und Witscheren in Abhängigkeit der Temperatur und der Höhenwindrichtung des Nachtaufstieges in Payerne (850 mb-Niveau / ca. 1500 m ü. M.).

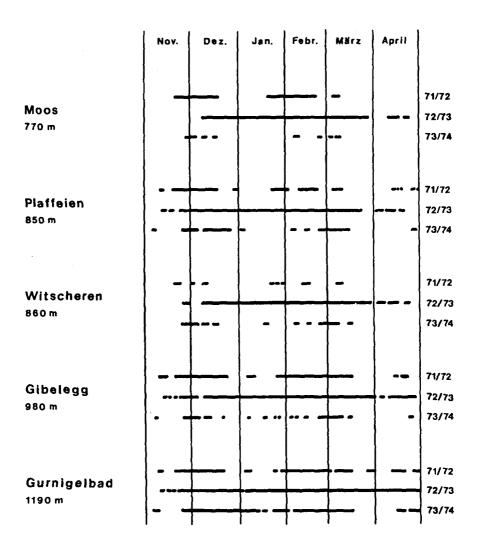


Fig. 5

Andauer der Schneedecke an den fünf Beobachtungsstationen in den Wintern 1971/72 - 1973/74 (Stationen siehe Fig. 2, vgl. auch Tab. 3)

In die vier abgegrenzten Quadranten wurde dabei der Anteil des Schneezuwachses in % der Gesamtneuschneemenge (oben rechts angegeben) eingetragen. Wir sind uns bewusst, dass damit die Verhältnisse nur angenähert erfasst werden können, möchten aber doch zwei charakteristische Erscheinungen erwähnen:

- 1. Der Grossteil der Schneefälle trat bei Temperaturen von +4 bis -4 C ein.
- 2. An allen Stationen zeichnet sich der Sektor von 21o bis 260° als dominant schneebringende Windrichtung ab.

Wertvolle Informationen liefern uns nun die Differenzen innerhalb der Stationsbeträge:

- Die höher gelegenen Stationen weisen erwartungsgemäss mehr Schneefälle bei hohen Temperaturen auf als die Tiefenstationen, wobei die Station Gurnigel erstaunlich viele Schneefälle bei Temperaturen über O C zu verzeichnen hat.
- Kandersteg konnte bei kalter Nordströmung zwei Fälle mit grossem Schneezuwachs registrieren (Stau!).
- Plaffeien erhielt seine Neuschneemenge mutmasslich bei SW- und NE-Strömungen mit Temperaturen, die teilweise klar über der Nullgradgrenze lagen.

Fig. 6 und 7 (folgende Seiten)

Winter 1971/72:

Täglicher Neuschneezuwachs an den paareweise höhengleichen Stationen Kandersteg und Gurnigelbad (Fig. 6) sowie Plaffeien und Witscheren (Fig. 7) in Abhängigkeit von Temperatur (T) und Windrichtung (WR) im 850mb-Niveau (ca. 1500 m, Nachtaufstiege der Station Payerne). Die täglichen Neuschneemengen wurden dabei in 4 Klassen eingeteilt (Rechtecke):

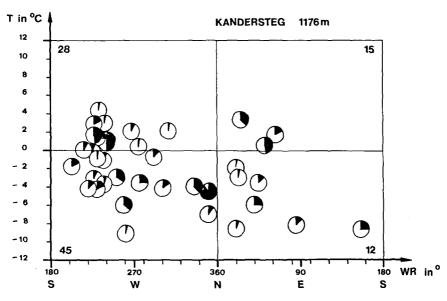
		Temperatur	Windrichtung
Klasse	1	> 0° C	180 - 360°
Klasse	2	≤ 0° C	180 - 360 ⁰
Klasse	3	> 0° C	0 - 180°
Klasse	4	$\leq 0^0 \text{ c}$	0 - 180 ⁰

Die 4 Zahlen in den Eckpunkten der einzelnen Rechtecke zeigen den Klassenanteil in % des gesamten Neuschneezuwachses.



Fig. 6
Täglicher Neuschneezuwachs der Stationen Kandersteg und Gurnigelbad in Abhängigkeit von Temperatur und Windrichtung im

850mb-Niveau



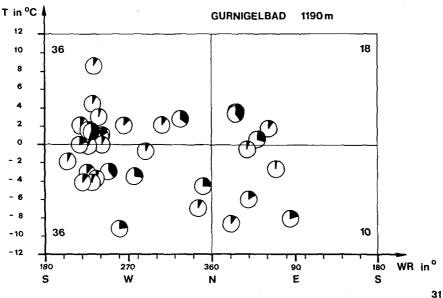
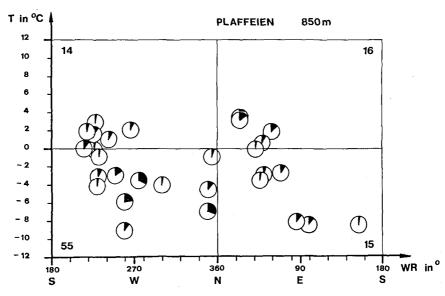
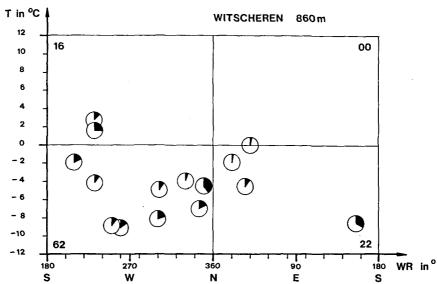


Fig. 7
Täglicher Neuschneezuwachs der Stationen Plaffeien und Witscheren in Abhängigkeit von Temperatur und Windrichtung im 850mb-Niveau





32

- Witscheren verzeichnete seine Schneefälle vor allem bei kälteren Strömungen aus dem Westsektor (aktive Kaltfront!). Es konnte lediglich zwei Schneefälle über der Nullgradgrenze registrieren (bei starker südwestlicher Höhenströmung im Zusammenhang mit einer Tiefdruckrinne Schottland - Westliches Mittelmeer).

Wir stellen gesamthaft fest, dass je nach Wetterlage spezifische Schneeverhältnisse registriert werden konnten. Am Beispiel des Schnees konnte gezeigt werden, dass uns die langjährigen Mittel wohl eine grobe Tendenz zeigen, dass aber nur durch verfeinerte Aufarbeitung und Zerlegung des Datenmaterials die interessanten Lokaleffekte erklärt werden können, wobei die geeignete Auswahl seriöser, homogener Beobachtungsreihen noch besondere Probleme bringt.

6. ABSCHLIESSENDE LAGEBEURTEILUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Wenn wir zum Schluss auf die anfangs gestellte Frage der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe zurückkommen, so müssen wir dabei die folgenden grundsätzlichen Feststellungen anbringen:

- Das Gebiet weist als Teil des Höheren Mittellandes und der Voralpen eine geringe Schneesicherheit auf.
- Die witterungsklimatischen Eigenheiten des Raumes könnten wie folgt charakterisiert werden:
 - Ein Schneezuwachs erfolgt grösstenteils bei zyklonalen Westlagen (frontale Vorgänge) sowie bei meridionalen Strömungsverhältnissen (vor allem Nordstau).
 - Je nach vorherrschender Witterung stellen wir ein unterschiedliches Verteilungsmuster der Schneedecke fest, wobei den gipfelnäheren Standorten der Vorzug zu geben ist (die vorrangige Bedeutung des Faktors Exposition konnte dabei wie oben erwähnt nicht untersucht werden.
- 3. Der Wintertourismus dürfte in den Voralpen an Gunststandorte gebunden sein: gipfelnahe Nordhänge in Höhenlagen über 1300 -1500 m. In jedem Fall muss eine Spezialuntersuchung der Schneeverhältnisse vorgenommen werden.

7. BIBLIOGRAPHIE

- COURVOISIER, H. W., 1975: Katalog objektiv-statistischer Wetterprognosen für die Alpensüdseite und das Oberengadin. Veröffentl. d. Schweiz. Met. Zentr. anstalt, Nr. 32, Zürich
- ESCHER, H., 1970: Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze in den Schweizer Alpen. Geogr. Helvetica, H. 1, 25. Jg.: 35 --
- FEDERER, B., 1971: Statistik der totalen Schneehöhen und Neuschneemengen in den Schweizer Alpen. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschg., Int. Ber. Nr. 521, Weissfluhjoch-Davos
- FLIRI, F., 1964: Zur Witterungsklimatologie sommerlicher Schneefälle in den Alpen. Wetter u. Leben, H. 1 2, 16. Jg.: 1
- " 1967: Einführung in das synoptische Klimadiagramm. Veröf fentl. d. Schweiz. Met. Zentr. anstalt, Nr. 4, Zürich
- GENSLER, G. A., 1968: Typische Schnee- und Witterungsverhältnisse im Winter in den Alpen. Sonderdr. "Die Alpen", H. 4
- GENSLER, G. A., KIRCHHOFER, W., MAEDER, F., 1971 74: Witterungsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Zürich
- HASTENRATH, S., 1960: Zur vertikalen Verteilung der Frostwechselund Schneedeckenverhältnisse in den Alpen. Diss. math.-nat., Bonn
- KUHN, W., 1962: Der Firnzuwachs pro 1961/62 in einigen schweizerist Firngebieten. Vierteljahrsschr. d. Nat. f. Ges. Zürich, Jg. 107: 243 - 251
- LANG, H., DAVIDSON, G., 1973: Beitrag zum Problem der klimatischen Schneegrenze. Verh. d. Schweiz. Nat. f. Ges., Wiss. Teil: 158 - 160
- LAUSCHER, A. und F., 1971: Der Aufbau und Abbau der Schneedecke auf dem Sonnblick im Wechselspiel der Wetterlagen. Sonderdr.

 "68. 69. Jahresber. d. Sonnblick-Vereins f. d. Jahre 1970 1971"
- MORIKOFER, W., 1948: The dependence on altitude of the snow cover in the alps. Extr. d. proc. verb. d. scéances d. l'Ass. Génd'Oslo (19. - 28.8.1948) de l'Union Géod. et Géoph. Int. : 161 - 170
- MOSIMANN, H. P., 1973: Die Abhängigkeit der Schneedauer von klimati Faktoren in den Berner und Walliser Alpen. Geogr. Helvetica H. 4, 28. Jg.: 218 - 224
- PROHASKA, F., 1943: Wetterlagen bei grossen Schneefällen im Graubünden. Sep. drck. "Jahresber. d. Nat. f. Ges. Graubünden", 78. Bd.
- RISCH et al., 1972: Fremdenverkehrs-Eignungskataster und Entwicklung programm für potentielle neue Fremdenverkehrsgebiete des Kantons Graubünden, Bern

- ROSHARDT, P. A., 1946: Der Winter in der Innerschweiz. Sonderdrck.
 "Mitt. d. Nat. f. Ges. Luzern"
- SCHÜEPP, M., 1968: Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955 bis 1967. Veröffentl. d. Schweiz. Met. Zentr. anstalt, Nr. 11, Zürich
- WINIGER, M., 1973: Die Schneedeckenverhältnisse des Raumes Bern (1920/21 1969/70). Jahrb. d. Geogr. Ges. Bern, Bd. 50: 63 66
- ZINGG, T., 1954: Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze auf klimatologischer Grundlage. Mitt. d. Eidg. Inst. f. Schneeund Lawinenforschg., Weissfluhjoch/Davos, Nr. 12
- " 1956: Die Schneeverhältnisse der Alpenstrassen. Verh. d. Schweiz. Nat. f. Ges. Basel : 93 95
- 1961: Uebersicht über die Schneeverhältnisse im Gebiet der Schweizer Alpen in der Periode 1951 - 1960. I. Teil: Mittlere und maximale Schneehöhen. Winterber. 1960/61, Nr. 25: 137 - 142
 - 1962: Uebersicht über die Schneeverhältnisse im Gebiet der Schweizer Alpen. II. Teil: Neuschneeverhältnisse 1950/51 1959/60 bzw. 1952/53 1961/62. Winterber. 1961/62, Nr. 26:
- " 1966: Schneeverhältnisse in den Schweizer Alpen. Einschneien Ausapern und Dauer der permanenten Winterschneedecke 1955/56 1964/65 und teils 1946/1965. Winterber. 1965/66, Nr. 30: 120 128
- 1967: Extreme Schneehöhen in der Schweiz im Niveau von 1600 m und 2000 m. Sep. abdruck aus Winterber.1966/67, Nr. 31

Adressen der Verfasser

Heinrich Speck und Heinz Wanner Geographisches Institut Hallerstrasse 12