

**Zeitschrift:** Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern  
**Herausgeber:** Geographische Gesellschaft Bern  
**Band:** 49 (1967-1969)

**Artikel:** Probleme und Methoden einer gesamtalpinen Klimatographie  
**Autor:** Fliri, Franz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-324130>

### **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:** 25.12.2025

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

# PROBLEME UND METHODEN EINER GESAMTALPINEN KLIMATOGRAPHIE

Franz Fliri<sup>1</sup>

## Einführung

Auf den ersten Blick mag es weder zeitgemäss noch wissenschaftlich fruchtbar erscheinen, sich gerade in jener Epoche mit einem Teilgebiet Europas klimatographisch zu befassen, in der der Mensch das Wettergeschehen auf der ganzen Erde bereits bis in Einzelheiten überwacht, der Schwerpunkt meteorologischer Forschung längst in der oberen Atmosphäre liegt und sogar die Atmosphären der Nachbarplaneten schon das besondere Interesse der Wissenschaft auf sich ziehen. So neigt man im Zeitalter der Satellitenmeteorologie auch für den Raum der Alpen wohl zur Annahme, dass hier nur Unwesentliches noch unbekannt sein kann, hat doch gerade die Erforschung des Alpenklimas bedeutende Beiträge zur Methodik der Klimatologie der gesamten Erde geliefert.

Dennoch gibt es auch heute noch keine *einheitliche* Klimabeschreibung der Alpen. Dieser Mangel wurde bereits früher unangenehm empfunden, doch sind die monographischen Bearbeitungen einzelner Klimaelemente, wie sie von KNOCH und REICHEL sowie besonders von EKHART<sup>2</sup> besorgt wurden, zwar sehr verdienstvolle, doch leider durch die Zeitereignisse bedingt nicht weiterverfolgte Ansätze geblieben. Inzwischen hat sich aber das *Beobachtungsnetz* in den Alpenländern vor allem wegen der Bedeutung der Ergebnisse als Grundlagen für die Planung und den Betrieb von Wasserkraftwerken überaus stark verdichtet, sodass man in Vergleich zu früher auch an Klimakarten grösseren Massstabs mit einer in den Strukturen weitergehenden Aussage denken kann.

Trotzdem erscheint es zunächst weiterhin wenig reiz- und nur sehr mühevoll, sich um eine gesamtalpine Klimatographie bemühen zu wollen. Dies hat seinen Grund vor allem darin, dass die am Alpenraum unmittelbar beteiligten 6 Staaten durch ihre verschiedenen öffentlichen Dienste ihre Territorien selbst betreuen. Dabei besteht aber weder für die Beobachtungen noch für ihre Bearbeitung und die Veröffentlichung von Ergebnissen jene *Einheitlichkeit* als Voraussetzung interalpiner Zusammenarbeit, die im weitmaschigeren Netz des Wetterdienstes längst unentbehrlich geworden ist<sup>3</sup>.

Wer bei dieser Lage trotzdem gesamtalpine Klimatographie betreiben will – und der Geograph ist wohl dazu gezwungen, wenn es niemand für ihn tut – hat sich folglich entweder mit den wenigen unmittelbar vergleichbaren Klimadaten zu begnügen oder sich

<sup>1</sup> Univ. Prof. Dr. FRANZ FLIRI, Vorstand des Geographischen Instituts und Instituts für Alpengeographie der Universität Innsbruck, A 6020 Innsbruck, Innrain.

<sup>2</sup> KNOCH E. und REICHEL E., Verteilung und jährlicher Gang der Niederschläge in den Alpen. Abh. d. Preuss. Met. Inst. IX. Nr. 6, Berlin 1930. – EKHART E., Das Temperaturfeld der Alpen und seine Jahresperiode. Geografiska Annaler 1950. S. 1–20. – Zur Bewölkungsklimatologie der Alpen. Ebenda S. 21–36. – Geographische und jahreszeitliche Verteilung der Gewitterhäufigkeit in den Alpen. Gerlands Beitr. z. Geophys. 46., 1936.

<sup>3</sup> Als Beispiele von Verschiedenheit seien hier genannt: Beobachtungstermine für Lufttemperatur- und Niederschlagsmessung usw., Formeln zur Berechnung der Tagesmittel aus Terminablesungen, Terminablesung und Extremthermometer, Stundenbegrenzung des Beobachtungstages als Einheit, Zuschreibung der täglich gemessenen Niederschlagsmengen zum Ablesetag oder Vortag, Vorschriften zur Behandlung besonderer Niederschläge (Starkregen), Beobachtung der Schneedecke, Windstatistik, Methoden der Reduzierung auf einheitliche Normalperiode, verschiedene Bezugsperioden in Klimatographien und Karten usw.

mit Hilfe geeigneter Methoden mehr und bessere Ergebnisse aus einem recht heterogenen Material selbst zu erarbeiten. Keinesfalls kann also leider die Summe der in Arbeit oder Veröffentlichung stehenden 6 staatlichen Klimatographien eine gesamtalpine Schau ergeben, vielmehr muss hierzu auf die Quellen selbst zurückgegriffen werden. Dabei bietet die moderne Rechentechnik eine entscheidende Hilfestellung, nicht zuletzt für die gegenseitige kritische Sichtung und Wertung aller verwendeten Daten.

Probleme und Methoden, Wege und Ziele einer gesamtalpinen Klimatographie ergeben sich letztlich aus dem jeder Klimaforschung wesenseigenen Bezug zu vier Dimensionen. So zeichnen sich die Alpen zunächst durch eine so grosse *Längserstreckung* aus, dass die Zunahme thermischer und hygrischer Kontinentalität von Westen nach Osten unverkennbar ist. Zweitens ist in den *Querprofilen* von Norden nach Süden ein Übergang vom mitteleuropäischen zum mediterranen Klima zu beobachten, der sich in jeweils besonders auffallenden Unstetigkeiten und in offensichtlicher Abhängigkeit vom Relief vollzieht. Drittens wirken sich in der vertikalen Erstreckung absolute und relative Höhen, kurz das *Relief*, so nachhaltig aus, dass sich fast alle Klimaelemente schon auf kurze Entfernung ändern können. Schliesslich muss als vierte Dimension die *Zeit* berücksichtigt werden. Abgesehen vom typischen tages- und jahreszeitlichen Gang ist das Klima der Alpen in kürzerem oder längerem Zeitmass Veränderungen unterworfen, die sich wiederum regional verschieden zu äussern pflegen<sup>4</sup>.

Wir stehen somit vor einem im ganzen überaus bunten Klimagefüge, in dem die drei grossen Klimaprovinzen Europas neben- und übereinander vertreten sind. Für die Erforschung dieses Gefüges und für die praktische Verwertung klimatographischer Kenntnisse bieten sich dabei mehrere methodische Wege an. Einige von ihnen sollen anhand von Beispielen erläutert werden.

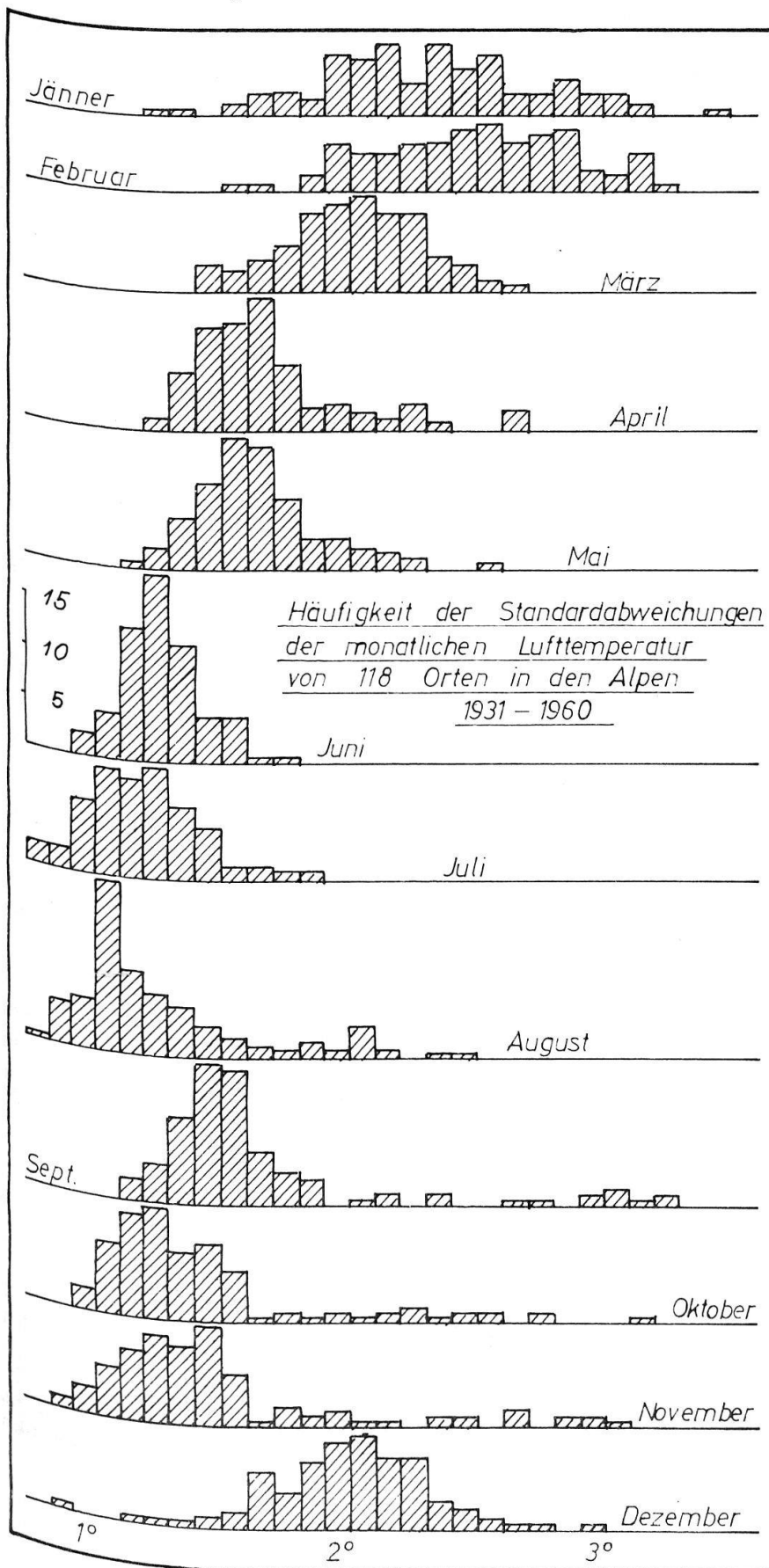
### Die Streuung klimatologischer Elemente

Überall in der Klimatologie ist es unentbehrlich, *Durchschnittswerte* einzelner Elemente (Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlagsmenge usw.) für einheitliche Zeiträume zu berechnen. Diesen Daten entspringen dann die gewohnten Klimakarten, etwa mit Isothermen oder Isohyeten. Mehr als bisher wird man jedoch in Hinkunft zusätzliche Angaben über die *Häufigkeitsverteilungen* der Beobachtungswerte selbst machen müssen, von denen man z.T. gemeinhin annahm, dass sie ziemlich wenig verschieden seien. Auch solche Charakteristiken von Häufigkeitsverteilungen sollte man in Karten darstellen und ihre Strukturen interpretieren.

So kann man etwa fragen, wie die Monatsmittel der *Lufttemperatur* um ihren gemeinsamen Durchschnitt in einer bestimmten Periode streuen, wie gross also die Veränderlichkeit dieser Monatsmittel ist. Für 118 Orte in den Alpen wurde dazu die *Standardabweichung*<sup>5</sup> berechnet und das Ergebnis in *Abb. 1* dargestellt.

4 Eine sich dabei ergebende besondere Schwierigkeit liegt in der nicht durch eine Veränderung des Grossklimas selbst, sondern durch Veränderung von Besiedlung und Wirtschaft (Stadtklima, Verlegung von Beobachtungsstationen) bedingten Inhomogenität von Beobachtungsreihen. Hiervon sind leider die z.T. schon mehr als 200 Jahre laufenden Reihen alter städtischer Observatorien betroffen, so dass auch die bisher weniger beachteten "ländlichen" Reihen mehr Gewicht in der Forschung erhalten.

Abb. 1: Häufigkeit der Standardabweichungen der monatlichen Lufttemperatur von 118 Orten in den Alpen im Zeitraum 1931–1960.



Wie zu erwarten unterscheiden sich die Standardabweichungen aller Orte im Sommer, wo sie auch viel geringer sind, viel weniger als im Winter. Es überrascht nicht, dass Reliefeinflüsse sich bei Klimapendelungen in der kühleren Jahreszeit offensichtlich stärker auswirken als in der wärmeren. Für die Jahreszeitenmittel der Temperatur und für Teilgebiete der Alpen sind die Werte in *Tab. 1* zusammengestellt.

*Tab. 1:* Mittlere Standardabweichungen der Lufttemperatur in °C (Jahreszeiten- und Jahresmittel) in verschiedenen Gebieten der Alpen (Periode 1931–1960)

Gebiet	Winter (XII–II)	Frühling (III–V)	Sommer (VI–VIII)	Herbst (IX–XI)	Jahr (XII–XI)
Schweizer Alpenrand und Vorland	1,26	1,19	0,98	0,89	0,61
Bayerischer Alpenrand und Vorland	1,43	1,30	0,83	1,03	0,65
Österreichischer Alpenrand und Vorland	1,61	1,28	0,90	1,03	0,68
Westalpen (Schweiz)	1,15	1,30	0,93	1,20	0,61
Mittlere Alpen (Tirol)	1,18	1,25	0,91	1,12	0,65
Östliche Alpen (Tauern)	1,30	1,22	0,78	1,06	0,58
Südliches Vorland (Italien)	1,17	1,08	0,95	0,93	0,62
Östliches Vorland (Österreich)	1,59	1,12	0,74	1,00	0,62

Im Winter ist die Zunahme der Veränderlichkeit von Westen nach Osten nördlich der Alpen, in ihnen und auch südlich überall zu beobachten. Sie ist bedingt durch die im Osten grössere Wechselhaftigkeit winterlicher Witterung in Zusammenhang mit den Einbrüchen kontinentaler Kaltluft. Im Sommer sind die Unterschiede sehr gering, doch nimmt die Veränderlichkeit zumindest in den Alpen selbst ostwärts etwas ab, bedingt durch das im Osten etwas geringere frontale Geschehen mit weniger Einbrüchen maritimer Luft aus dem Westen.

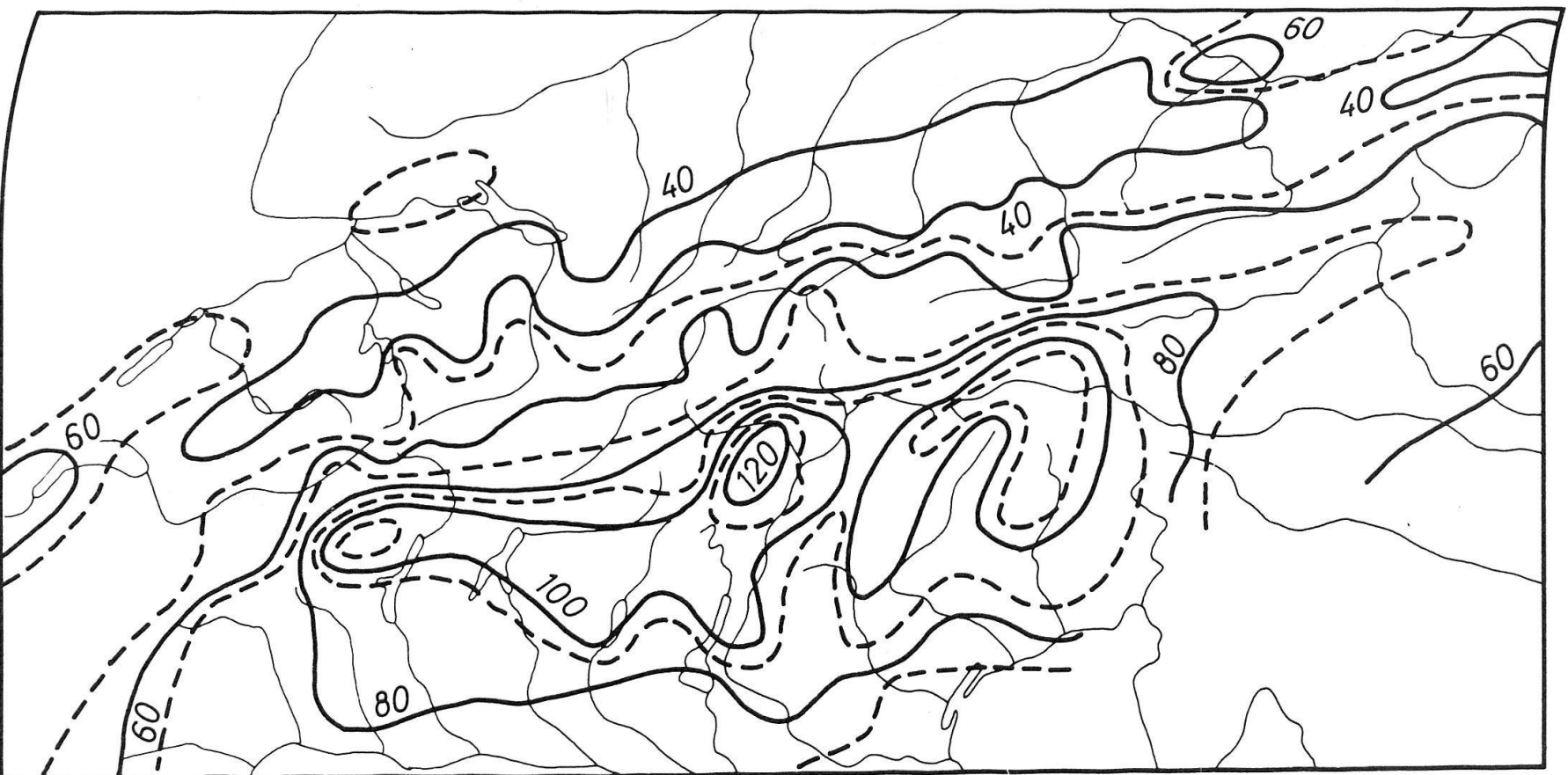
In *Abb. 1* erscheinen einige Werte der Standardabweichung vor allem im Herbst extrem hoch. Dies dürfte nicht durch Inhomogenitäten der Beobachtungsreihen bedingt, sondern reell sein: es betrifft besonders ostschweizerische Orte des nördlichen Alpenrandes, die im Herbst mit von Jahr zu Jahr wechselnder Häufigkeit der thermischen Wirkung des Südföhns ausgesetzt sind.

In ähnlicher Weise wurde auch für die Monatssummen des *Niederschlags* in derselben Periode die Standardabweichung bestimmt und zweckmässig in relativem Wert, d.h. in Prozent des langjährigen Durchschnitts selbst ausgedrückt (= *Variabilität*). Für *Abb. 2–4* wurden die Beobachtungen von über 400 Stationen verwendet<sup>6</sup>.

5 Die Berechnung der Standardabweichung  $s$  erfolgte nach der Formel  $s = \sqrt{(Sx^2 - \frac{S^2x}{N}) : (N-1)}$  in der  $x$  die einzelnen Werte der Reihe (z.B. die 30 Monatsmittel der Periode 1931–1960) und  $N$  die Reihengänge (hier 30) bedeutet.  $S$  ist das Summenzeichen. Eine Kartendarstellung für den Alpenraum wird vom Verf. dzt. veröffentlicht (Météorologie française – N° spéc. – X<sup>me</sup> Congr. Int. Mét. Alp. Grenoble 1968).

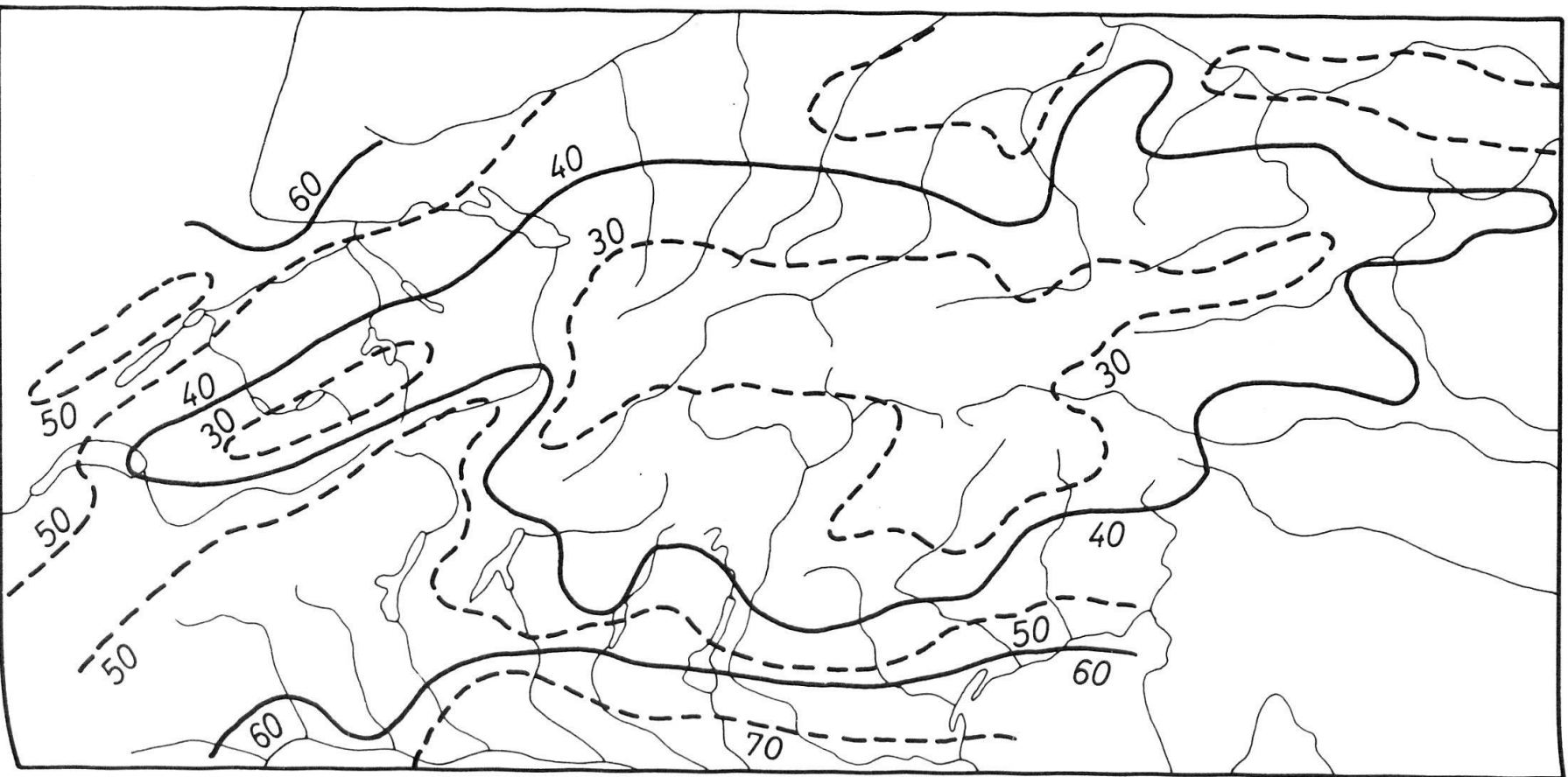
6 Eine umfassende Bearbeitung des gesamten Alpenraumes zwischen Lyon und Wien mit ca. 1300 Stationen wird derzeit in Innsbruck durch Frl. Ch. MÜLLER besorgt. Die *Abb. 2–4* wurden von Herrn P. HAIMAYER reingezeichnet.

Abb. 2: Variabilität der Niederschlagsmenge im Alpenraum im Januar (Periode 1931–1960).



Variabilität der Niederschlagsmenge im Jänner 1931- 1960 in %

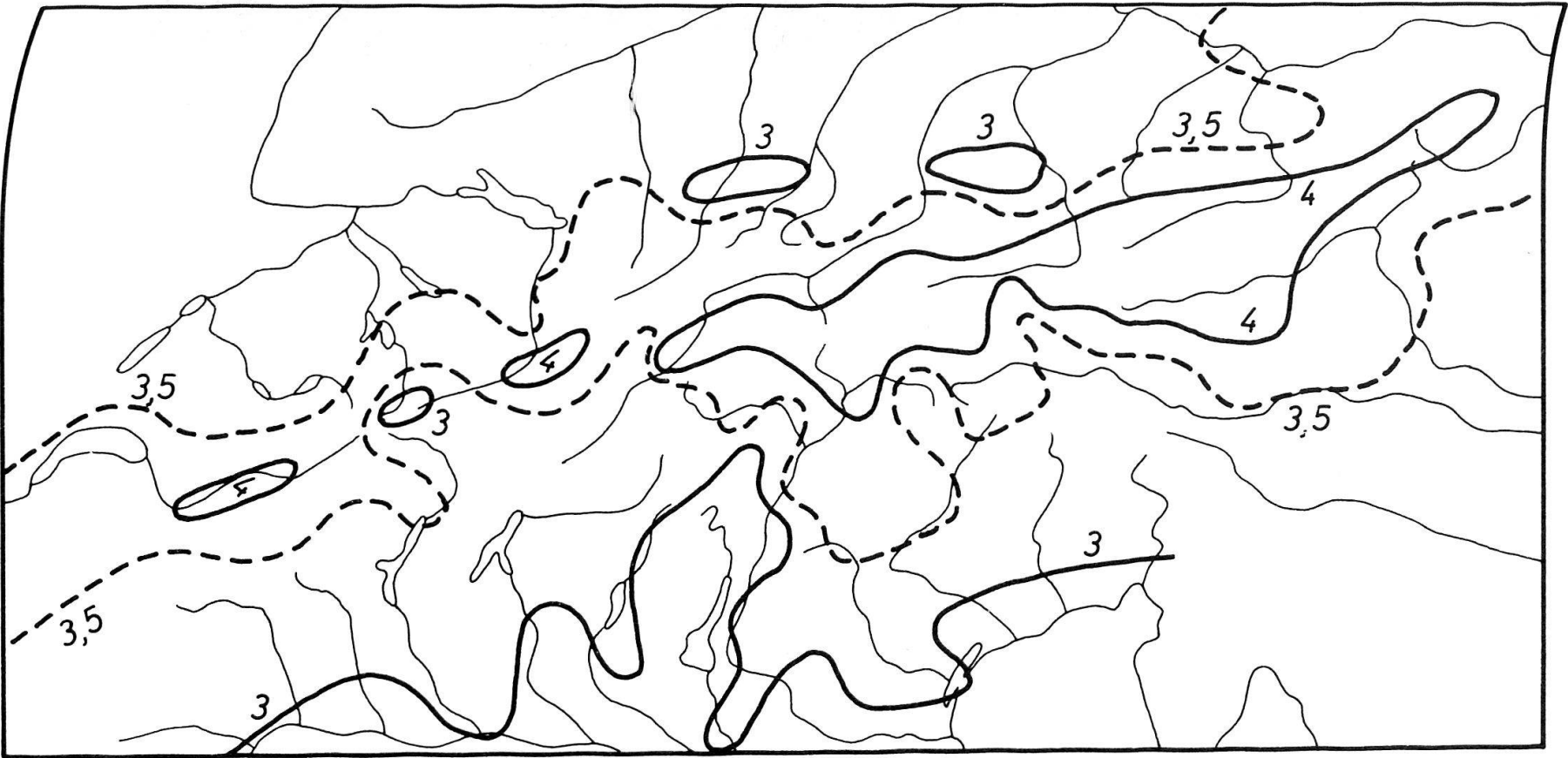
Abb. 3: Variabilität der Niederschlagsmenge im Alpenraum im Juli (Periode 1931–1960).



Variabilität der Niederschlagsmenge im Juli 1931 - 1960 in %



Abb. 4: Jahreszeitlicher Ausgleich der Niederschlagsmenge in der Periode 1931–1960, Erläuterung im Text.



Jahreszeitlicher Ausgleich der Niederschlagsmenge 1931 - 1960  $Q = \frac{\bar{v}_m}{v_J}$



*Abb. 2* zeigt die geringste Veränderlichkeit oder auch grösste Zuverlässigkeit der Mengen durchwegs am nördlichen Alpenrand. Dies ist durch das mehr oder weniger in allen Jahren im Winter auftretende Westwetter bedingt. Vom nördlichen Alpenrand südwärts nimmt die Veränderlichkeit rasch zu und erreicht am Alpenhauptkamm bereits 60 bis 80 %. Die grössten Werte kommen jedoch im süd-inneralpinen Bereich, im Tessin, Südtirol und Kärnten-Oberkärnten vor, wobei das absolute alpine Maximum im Vinschgau zu liegen scheint, der zugleich das wintertrockenste Gebiet der ganzen Alpen ist. Gerade in diesem Falle wird deutlich, wie wenig durchschnittliche Mengen (hier im Januar nur um 15 mm!) aussagen, wenn die Veränderlichkeit grösser ist als der Mittelwert selbst<sup>7</sup>).

Im typischen Sommermonat Juli ergibt sich nach *Abb. 3* eine ganz andere Struktur. Jetzt ist es der Alpenraum selbst, und zwar bevorzugt das Gebiet grösster Breitenstreckung in Tirol und den östlichen Ostalpen, das mit weniger als 30 % die geringste Veränderlichkeit hat. Im umliegenden Alpenvorland, besonders aber im Süden ist die Zuverlässigkeit weit geringer. Wahrscheinlich ist diese Tatsache dadurch bedingt, dass der Alpenraum im Sommer ausser durch die allgemein wirksamen Frontalvorgänge auch durch Konvektion besonders beeinflusst wird.

Nach der unter Fussnote 5 angegebenen Formel können sinngemäss auch die *Variabilitäten* für die Monatssummen der übrigen Monate, aber auch für die Summen im Gesamtjahr berechnet werden. Dabei zeigt es sich, dass die Variabilität der Jahressumme nicht so eng in Beziehung zu den Variabilitäten der Monate steht, wie man zunächst annehmen könnte. Ein Mass für diesen Zusammenhang erhält man, wenn man aus den für die einzelnen Monate berechneten Variabilitäten  $v_m$  einen Gesamtdurchschnitt  $\bar{v}_m = \frac{\sum v_m}{12}$  berechnet und dann einen Quotienten aus dieser durchschnittlichen Monatsvariabilität und der aus den Jahressummen unmittelbar gewonnenen Variabilität  $v_j$  berechnet:  $Q = \bar{v}_m : \bar{v}_j$ . Ein grosser Quotient bedeutet, dass z.B. trotz grossen Monatsdurchschnittes der Jahreswert gering ist, dass also ein grosser Ausgleich der Niederschlagsmenge innerhalb des Jahres erfolgt sein muss. Umgekehrt weisen kleine Quotienten auf geringen Ausgleich hin. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung für den Alpenraum ist in *Abb. 4* dargestellt.

Der grösste Ausgleich findet demnach in den Ostalpen statt und zwar zunehmend mit der Höhe. In den Westalpen scheinen die tief eingeschnittenen inneralpinen Talschaften im Wallis und am Alpenrhein – aber wahrscheinlich aus anderen Gründen – ebenfalls einen hohen Ausgleich zu besitzen. Im nördlichen, aber noch mehr im südlichen Vorland ist der Ausgleich wesentlich geringer<sup>8</sup>. Letzlich müssen auch diese Strukturen durch die verschiedene Auswirkung bestimmter Witterungslagen erklärt werden.

### Reichweite der Gültigkeit meteorologischer Beobachtungen

Da die Zahl von Beobachtungsreihen langer Dauer im Alpenraum sehr beschränkt ist, ja keine einzige Station mit 200-jährigen Beobachtungen in den Alpen liegt, ist die Frage nach der *Reichweite* der Gültigkeit von Beobachtungen sehr aktuell, insbesondere für alle

7 In der Bearbeitung des Niederschlags in der Klimatologie der Schweiz verwendet H. UTTINGER anstelle der Standardabweichung die sog. Quartilstatistik, die methodisch der Sache besser gerecht wird, zur Darstellung aber mehr Karten erfordert.

8 Eine Neubearbeitung der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung für den gesamten Alpenraum zwischen Lyon und Wien wird derzeit in Innsbruck durch H.O. KUBAT besorgt.

Fragen der *Klimaschwankungen* in den Hochalpen selbst. Die statistische Untersuchung kann in allen diesen Fällen mit Hilfe der Korrelationsrechnung erfolgen, wobei die Ergebnisse in *Isokorrelatenkarten* dargestellt werden. Vor allem für die Niederschlagsmenge wurde eine recht beschränkte Gültigkeit im Umkreis vom Beobachtungsort ermittelt, die ausserdem einem jahreszeitlichen Wechsel unterworfen ist. Die Frage wird noch dadurch kompliziert, dass auch die für die Korrelationsrechnung gewählte Zeiteinheit (Tag, Pentade, Monat, Jahreszeit, Gesamtjahr) jeweils zu ganz verschiedenen Korrelationskoeffizienten führen kann. Auf diesem Gebiet wären weitere Untersuchungen erwünscht, da die entsprechenden Regressionsrechnungen zur optimalen Schliessung von Beobachtungslücken sowie zu Extrapolationen vor oder nach der beobachteten Zeit verwendet werden könnten. Bei Einsatz leistungsfähiger Rechenanlagen und Zeichenautomaten bestehen hier kaum Hindernisse, sobald das Datenmaterial erst rechenfertig vorliegt.

Im Gegensatz zum Niederschlag ist die Reichweite der Gültigkeit von Temperaturbeobachtungen wesentlich grösser, wie *Tab. 2* zeigt.

*Tab. 2* Korrelationskoeffizienten jahreszeitlicher und jährlicher Temperaturmittel von Basel und Genf (obere und untere Zeile) nach anderen Orten im Alpenraum, Periode 1931–1960

Station	Winter (XII–II)	Frühling (III–V)	Sommer (VI–VIII)	Herbst (IX–XI)	Jahr (XII–XI)
Genf und Basel gegenseitig	0,96	0,97	0,94	0,96	0,96
Gr. St. Bernhard	0,77	0,93	0,93	0,67	0,82
	0,77	0,93	0,90	0,69	0,79
Lugano	0,87	0,88	0,85	0,73	0,80
	0,83	0,88	0,88	0,79	0,83
Innsbruck	0,90	0,87	0,81	0,89	0,90
	0,87	0,84	0,75	0,83	0,84
Wien	0,90	0,75	0,67	0,82	0,84
	0,81	0,69	0,63	0,83	0,77
Belluno	0,81	0,86	0,78	0,83	0,82
	0,76	0,86	0,76	0,85	0,83

Als besonders günstig hat sich die hohe Korrelation zwischen St. Bernhard und anderen Höhenstationen herausgestellt, so etwa mit immer über 0,9 in allen Jahreszeiten zum Säntis und St. Gotthard sowie mit wenig unter und über 0,9 zur Zugspitze. Im Ganzen besteht also gute Aussicht zur *Rekonstruktion* von Temperaturreihen, doch muss auch dazu die statistische Rolle der zu wählenden Zeiteinheit noch geklärt werden<sup>9</sup>.

Hinsichtlich der Reichweite von Niederschlagsbeobachtungen wird auf die vom Verfasser an anderer Stelle, z.B. für Genf, Basel und Zürich veröffentlichten Korrelationskarten verwiesen<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Eine von H.E. WALCH in Innsbruck derzeit in Arbeit stehende Untersuchung dient diesem Zweck.

<sup>10</sup> F. FLIRI, Beiträge zur Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Niederschlags in den Alpen in der Periode 1931–1960. Wetter u. Leben 19., 1967 und Veröff. Schweiz. Met. Z.A. Nr. 4, Zürich 1967.

## Korrelation von Temperatur und Niederschlag

Man erwartet allgemein, dass z.B. feuchte Januare zugleich relativ warm, kalte zu trocken sein werden, dass also eine positive Korrelation besteht. Umgekehrt wäre etwa für den Juli eine negative anzunehmen. Auch diese Frage wurde hinsichtlich der regionalen Unterschiede untersucht. Abb. 5 bietet eine Übersicht der Häufigkeit der Koeffizienten in allen Monaten für 122 Orte im gesamten Alpenraum.

Wie man sieht, ist zwar der jahreszeitliche Wechsel von positiv im Winter zu negativ im Sommer eindeutig sichtbar, doch besteht doch zwischen den Orten eine beträchtliche Streuung. Über die regionalen Unterschiede unterrichtet *Tab. 3*.

*Tab. 3:* Mittlere Korrelationskoeffizienten zwischen Lufttemperatur und Niederschlagsmenge in den Jahreszeiten und im Jahr in verschiedenen Gebieten der Alpen (Periode 1931–1960).

Gebiet	Winter (XII–II)	Frühling (III–V)	Sommer (VI–VIII)	Herbst (IX–XI)	Jahr (XII–XI)
Schweizer Alpenrand und Vorland	+0,33	–0,40	–0,65	–0,16	–0,39
Bayerischer Alpenrand und Vorland	+0,20	–0,41	–0,59	–0,36	–0,41
Österreichischer Alpenrand und Vorland	+0,12	–0,45	–0,54	–0,32	–0,32
Westalpen (Schweiz)	+0,19	–0,25	–0,57	–0,14	–0,31
Mittlere Alpen (Tirol)	+0,17	–0,13	–0,28	–0,14	–0,17
Östliche Alpen (Tauern)	+0,19	–0,35	–0,29	–0,18	–0,22
Südliches Vorland (Italien)	+0,30	–0,22	–0,41	–0,12	–0,15
Östliches Vorland (Österreich)	+0,13	–0,28	–0,30	–0,09	–0,02

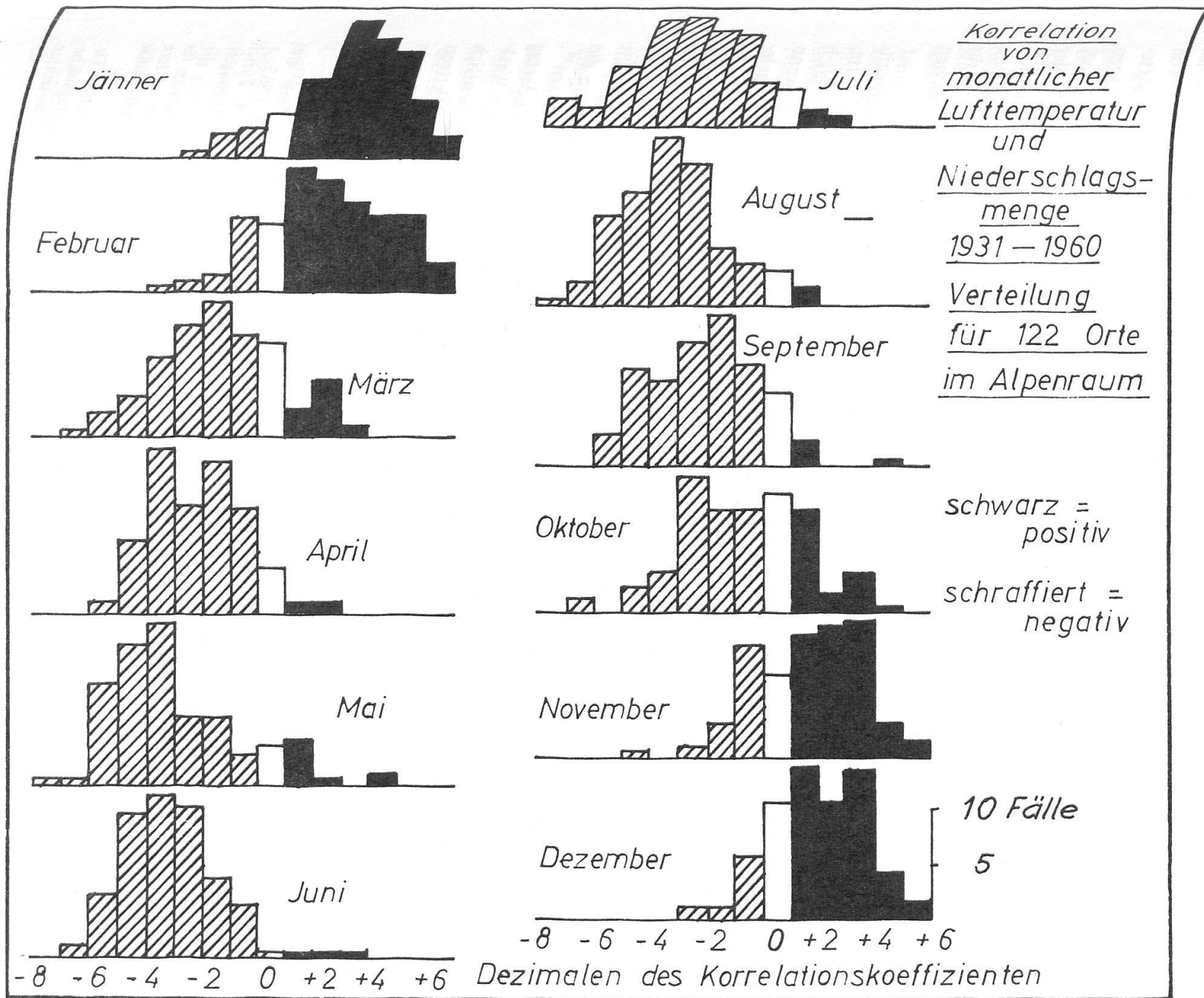
Die winterlich positive Korrelation nimmt im nördlichen und südlichen Vorland ostwärts deutlich ab, während in den Alpen selbst keine Änderung erfolgt. Hier ist der Wert viel geringer, was leicht verständlich ist, da in Höhenlagen milde Winter viel eher mit trockenem Hochdruckwetter als mit Maritimluft einbrüchen aus Westen korreliert sind. Mehr Beachtung findet die im Sommer gegen Osten allgemein, aber besonders im Alpenkörper selbst ostwärts abnehmende negative Korrelation. Sie ist sicher Ausdruck der in dieser Richtung zunehmenden Kontinentalität und einer grösseren Rolle der Konvektion beim Niederschlag und sollte z.B. bei dem zuweilen verschiedenen Verhalten west- und ostalpinen Gletscher berücksichtigt werden<sup>11</sup>.

## Synoptische Klimatographie

Neben den oben an Beispielen beschriebenen Methoden der Berechnung von Durchschnitts- und Streuungsklimatologie sowie deren Korrelationen ("Mittelwerts- und Streuungsklimatologie") hat eine andere Betrachtungsweise als Ergänzung,

<sup>11</sup> Der Verf. hat diese Strukturen vorläufig kartographisch dargestellt. Die Veröffentlichung ist im Gange (Mét. franç. X<sup>me</sup> Congr. Int. Mét. Alp. Grenoble 1968). Eine Untersuchung anhand einer grösseren Zahl von Stationen und längeren Reihen, auch unter Berücksichtigung anderer Zeiteinheiten, ist erwünscht.

Abb. 5 Korrelation von monatlicher Lufttemperatur und Niederschlagsmenge für 122 Orte im Alpenraum (1931–1960).



aber nicht als Ersatz, Eingang gefunden, in der die charakteristische Witterung, ihre Häufigkeit, ihr Ablauf usw. in der regionalen verschiedenen Ausprägung untersucht wird. Gerade in einem Gebirgsland kann die Witterung bei grossräumig gleicher Witterungslage im meteorologischen Sinne doch reliefbedingt schon auf kurze Entfernung völlig verschieden sein. Insbesondere sind hier die Stau-Föhn-Erscheinungen bei einheitlicher Gesamtströmung zu nennen. Eine vollständige synoptische Klimatographie sollte von einer wohldefinierten physikalisch begründeten *Klassifikation* der Wetter- oder Witterungslagen ausgehen und die topographische Verteilung des Wetters bei allen Lagen dartun. Im statistischen Sinne wäre dann etwa ein übliches Klimamittel, z.B. die mittlere Januartemperatur als "gewogenes" arithmetisches Mittel der "synoptischen Mittel" aller Wetterlagen aufzufassen, wobei die Gewichte gleich der Wetterlagenhäufigkeit sind<sup>12</sup>. Zweifellos wäre dieser Zweig der Klimatologie wie kein anderer befähigt, die vorhandene stark reliefbedingt-kleinräumige Wetterdifferenzierung aufzuhellen und die Ergebnisse für die *Wettervorhersage* dort nutzbar zu machen, wo das Auflösungsvermögen der üblichen Satellitenbilder nicht ausreicht.

Leider leidet die praktische synoptische Klimatographie an einer grossen Schwierigkeit. Beim Aufgliedern der gesamten Beobachtungsmasse nach Jahresabschnitten und Witterungslagen entsteht wiederum eine so *grosse Zahl* von Durchschnitten (und womöglich auch Streuungswerten), dass die Zusammenschau schwer wird. Überdies sollen aber, wenn diese Klimatologie wirklich eine synoptische sein soll, auch die verschiedenen Klimaelemente "zusammengeschaufelt" werden. Zu diesem Zwecke hat der Verfasser "*synoptische Klimadiagramme*" entworfen, die die Aussage für die wichtigsten Elemente vereint enthalten, aber naturgemäss nicht auf den ersten Blick lesbar sind und einige Ansprüche an den Benutzer stellen<sup>13</sup>.

Sollen nur die synoptischen Durchschnitte für ein einzelnes Klimaelement dargestellt werden und ist dieses an genügend viel Orten beobachtet worden, so ist wiederum die *kartographische* Bearbeitung am besten geeignet, die Strukturen hervortreten zu lassen<sup>14</sup>. Es sei noch darauf verwiesen, dass eine *einheitliche* Klassifikation für jeden Kalendertag im ganzen Alpenraum *nicht* möglich ist, dass also sehr wohl am gleichen Tag in den West- und Ostalpen eine verschiedene Witterungslage definiert werden kann. Wesentlich erscheint dagegen, dass die *Klassifikation* selbst nach einheitlichen und objektiven Kriterien erfolgt. Hierfür empfiehlt sich vor allem das System von M. SCHÜEPP, dessen Kalendarien für jedes Jahr in den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen

12 Eine kurze Einführung in die besonderen alpinen Probleme bieten: M. SCHÜEPP, Ziele und Aufgaben der Witterungsklimatologie. Viertelj. Schr. d. Naturf. Ges. Zürich, 10. H. 3, 1965. – M. SCHÜEPP u. F. FLIRI, Witterungsklimatologie. Veröff. d. Schweiz. Met. Z.A. Nr. 4, Zürich 1967. – F. LAUSCHER, Wissenschaftliche Ergebnisse der alpin-meteorologischen Tagungen. Geofisica e Meteorologia, XI, 1963.

13 Ausser den vom Verf. (Veröff. d. Schweiz. Met. Z.A. Nr. 4, S. 229). erwähnten Diagrammen für Zugspitze, Innsbruck, Sonnblick, Säntis, Altdorf, Bever und Graz wurden inzwischen weitere Diagramme für Innsbruck (F. FLIRI u. B. DIMAI-FEUCHT) sowie Bozen, Trient und Padua (E. GÖTZL) fertiggestellt, aber nicht veröffentlicht.

14 z.B. für den Niederschlag im mittleren Alpenraum: F. FLIRI, Wetterlagenkunde von Tirol (= Tir. Wirtsch. Stud. 13), Innsbruck 1962. Das Werk enthält hauptsächlich Karten der Niederschlagswahrscheinlichkeit und der Mengenverteilung bei den verschiedenen Wetterlagen in den vier Jahreszeiten (Periode 1948–1957).



Zentralanstalt veröffentlicht werden. Je länger die Jahresreihen dieser Kalendarien werden, umso leichter wird auch die Frage der Klimapendelungen im Alpenraum unmittelbar in Bezug zu Zirkulationsänderungen zu untersuchen sein.

### Ein klimatologisches Idealprofil der mittleren Alpen in Tirol

Klimatologische Nord-Südprofile der Alpen finden sich wiederholt in der klimatologischen und ökologischen Literatur. Soweit sie dem Verfasser bekannt sind, erfüllen sie alle durchaus nicht die Ansprüche, die an ein Profil zu stellen sind. Es müssen nämlich die Klimawerte sowohl im *Meridian* als auch in den *Höhenstufen* in diskreten Schritten auf Grund der Beobachtungen an zahlreichen Stationen berechnet worden sein. Nach mehrjähriger Arbeit hat der Verfasser für den mittleren Alpenraum zwischen dem Meridianen des Arlberg und Hohen Sonnblick dieses Nord-Süd-Profil zwischen nördlichem und südlichem Alpenvorland für eine grössere Zahl von Klimawerten (Jahreszeiten- und Jahresniederschlag und ihre Variabilität, Tagesextreme des Niederschlags; Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins einer Schneedecke an ausgewählten Tagen des Jahres, Schneehöhen und ihre Extreme; Mittlere, absolute und äusserste Extreme der Lufttemperatur usw.) berechnet, wobei in der Periode 1931–1960 die Beobachtungen von 1200 Niederschlags- sowie einigen hundert Temperatur- und Schneemessstellen ausgewertet wurden. Neben den zeitraubenden *Reduktionsrechnungen* war auch eine gegenseitige *Überprüfung* aller Rechenergebnisse unentbehrlich, die graphisch durchgeführt wurde<sup>15</sup>. Aus diesem grossen Material konnte schliesslich für ein Idealprofil mit Abständen von 30 zu 30 km sowie in Höhenstufen von 250 zu 250 m eine grosse Zahl von durchschnittlichen Normalwerten berechnet werden.

Eine starke Vereinfachung wesentlicher Inhalte und zugleich Zusammenschau vor allem für Zwecke des Ökologen und Biologen enthält *Abb. 6*<sup>16</sup>.

Im Diagramm ist zunächst die durchschnittliche untere und obere Begrenzung des *Reliefs* mit einer dicken Linie gekennzeichnet. Die Abszisse trägt die Entfernungseinteilung von 30 zu 30 km, wobei vom nördlichen und südlichen Rand zugleich gegen die Mitte gezählt wird, die knapp südlich des Alpenhauptkammes liegt. Die Ordinate enthält die Höhenstufen.

Mit ausgezogener Linie ist im Querprofil die durchschnittliche tägliche *Maximaltemperatur* des Juli in Isothermen von 5° Abstand dargestellt. Somit werden vier thermische Höhenstufen unterschieden, die vom Grunde der Täler bis in die grössten Höhen mit A, B, C und D bezeichnet werden. Man erkennt deutlich die bedeutende *Aufwölbung* der 15°-Isotherme. Sie liegt im Raume der Zentralalpen um rund 500 m höher als am Nordalpen- und um 250 m höher als am Südalpenrand. In grösseren Höhen ist eine solche Aufwölbung nicht mehr nachweisbar, doch reichen in dieser Stufe die wenigen Stationen für eine sichere Aussage keineswegs aus.

<sup>15</sup> Die Endergebnisse aller Stationen wurden in Abhängigkeit von der Seehöhe dargestellt, wodurch grössere Fehler rasch und sicher erkannt werden konnten. Für die in mehreren Jahren bewährte Hilfe von Seite des Institutes für Rechentechnik der Universität Innsbruck (Z 23 + Graphomat) sei hier nachdrücklich gedankt, besonders den Herren Prof. Dr. H. KNAPP (jetzt Linz a.D.), Dr. B. BUCHBERGER, E. WALCH, H. MÜLLER und ihren Mitarbeitern.

<sup>16</sup> Die Reinzeichnung von *Abb. 6* besorgte Herr R. HORNSTEINER.

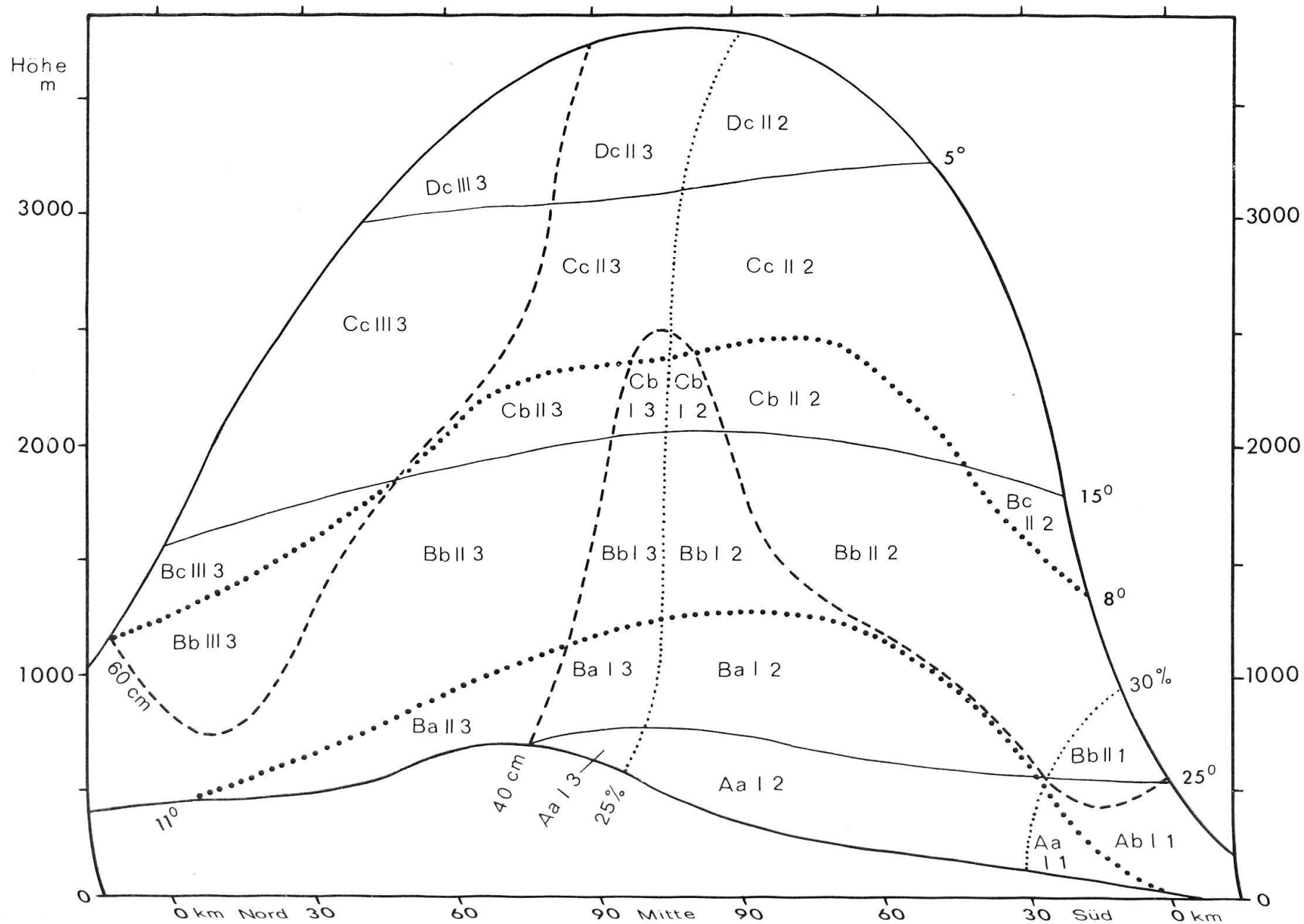


Abb. 6: Durchschnittliches Klimaprofil der Alpen in Tirol für den Sommer (Periode 1931–1960) vom nördlichen bis zum südlichen Alpenvorland. Erklärung im Text.



Mit stark punktierter Linie wurde ferner die durchschnittliche *Tagesschwankung* im Juli gekennzeichnet, die für die Netto-Assimilation der Pflanzen eine Rolle spielt. Hier wurden nur die Linien für 11° und 8° eingetragen, doch ist die starke Abnahme der Tagesschwankung mit der Höhe genügend sichtbar. Besonders fällt hier eine noch viel mehr ausgeprägte Aufwölbung auf. Eine Tagesschwankung von 11° wird am Nordalpenrand in 500 m Seehöhe, im Zentralraum erst um 1250 m, am Alpensüdrand aber schon in Meeresspiegelhöhe beobachtet. Noch mehr ist die 8°-Isarithme gebogen. Sie liegt im Norden bei 1200 m, in der Mitte um fast 2500 m und im Süden bei 1300 m. Von den beiden Linien werden drei Zonen getrennt, die mit a, b und c bezeichnet wurden.

Die weitere Klimacharakteristik erfolgt nach dem *Niederschlag*, wobei die Mengen des ganzen Sommers (Juni–August) verwendet wurden. Zur Vereinfachung wurden nur die 40-cm und 60-cm-Isohyeten eingetragen (gestrichelte Linien). Man erkennt, dass die Niederschlagsmenge nur sehr wenig von der Höhenlage, jedoch ganz entscheidend von der Entfernung von den Gebirgsrändern abhängt. Das bedeutet, dass die Isohyeten bis zu einem gewissen Grade *reliefparallel* verlaufen, sodass im Zentralraum ein *Trockengebiet* bis in grössere Höhe reicht. Die verhältnismässig geringe Menge von 40 cm Sommerniederschlag kommt am Nordrand in keiner Höhe vor, in der Mitte aber fast bis 2500 m und am Südrand um 500 m Höhe. Das sommerfeuchteste Gebiet des ganzen Profils liegt dabei mit über 60 cm in einer relativ schmalen Zone von ca. 30 km reliefparallel im Norden. Die drei Intensitätsstufen des Sommerniederschlags werden mit I, II und III bezeichnet. Es sei bemerkt, dass dieser Verlauf der Isohyeten *nur* für den Sommer charakteristisch ist, während z.B. im Herbst die überaus grosse Überregnung im Südstau dominiert.

Mit einer dünn punktierten Linie wurde schliesslich eine Abstufung der *Veränderlichkeit* (Variabilität) der sommerlichen Niederschlagsmenge gekennzeichnet. Bekanntlich ist die Niederschlagsstruktur im Querprofil nicht konstant. Gleiche Mengen fallen im Süden an weniger, im Norden an mehr Tagen und gleichzeitig nimmt die Veränderlichkeit gegen Süden zu. Nördlich des Alpenhauptkammes beträgt diese Veränderlichkeit (relative Standardabweichung) weniger als 25 %, südlich davon mehr, wobei die höchsten Werte über 30 % in den Südalpen nahe dem Rand und mit weiterer Zunahme südwärts beobachtet werden. Das Gebiet grösster Veränderlichkeit wurde mit 1, jenes mit mittlerer mit 2 und jenes geringerer mit 3 bezeichnet.

Die *Kombination* von 4 Temperaturstufen mit je 3 Stufen der Tagesschwankung, der Niederschlagsmenge und Niederschlagsveränderlichkeit ergibt 108 theoretisch mögliche *Klimatypen*, von denen jedoch tatsächlich nur rund 26 vorkommen. Die Kennzeichnung für den Bereich des Auftretens einer bestimmten Kombination fällt durch Aneinanderfügen der Kennzeichen leicht. So würde etwa das *zentralalpine Trockengebiet* des oberen Vinschgau mit B b I 2 beschrieben werden.

Vorstehende Charakteristik will *keine* Klimaklassifikation der Alpen sein, aber zeigen, in welcher Weise sie angestrebt werden kann. Es muss dem Urteil des Ökologen überlassen bleiben, ob die hier verwendeten Schwellenwerte sinnvoll sind oder ob andere, vielleicht nicht äquidistante verwendet werden sollen. Immerhin soll dieses Idealprofil noch einmal die *Buntheit* der klimatischen Struktur des Alpenraumes ausdrücken, von der am Eingang dieses Beitrages als einer der Rechtfertigungen zu weiterer klimatographischer Arbeit in den Alpen die Rede war.

