

Beiträge zum Klima der Region Bern / Beitrag No. 4

Niederschlag Hagel Schnee
Die Niederschlagsverhältnisse in der Region Bern

Roland Maurer, Stefan Kunz, Urs Witmer



GEOGRAPHICA BERNENSIA

Herausgeber:

Dozentinnen und Dozenten des Geographischen Instituts der Universität Bern

Reihen:

Reihe A African Studies

Reihe B Berichte über Exkursionen, Studienlager und Seminarveranstaltungen

Reihe E Berichte zu Entwicklung und Umwelt

Reihe G Grundlagenforschung

Reihe P Geographie für die Praxis

Reihe S Geographie für die Schule

Reihe U Skripten für den Unterricht

G104

MAURER, Roland, KUNZ, Stefan, WITMER, Urs

Beiträge zum Klima der Region Bern / Beitrag No. 4

Niederschlag Hagel Schnee. Die Niederschlagsverhältnisse in der Region Bern

Geographisches Institut der Universität Bern 1975

Print Version: vergriffen

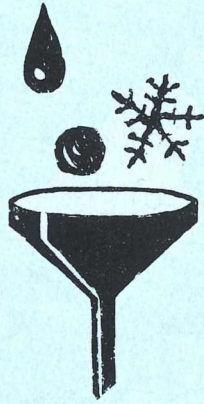
Geographica Bernensia: G104/4

DOI: 10.4480/GB2023.G104.04

© 2023 GEOGRAPHICA BERNENSIA



Creative Commons Licences



**Beiträge zum Klima
der Region Bern**

Beitrag No.4

Niederschlag Hagel Schnee

Die Niederschlagsverhältnisse in der Region Bern

Roland Maurer

Stefan Kunz

Urs Witmer

Geographisches Institut der Universität Bern 1975

Dieser Beitrag gehört zu der Reihe der "Beiträge zum Klima der Region Bern" des Geographischen Institutes der Universität Bern und entstand mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Leiter des Forschungsprogrammes	Prof. Dr. B. Messerli
Bearbeiter des Beitrages 4	Roland Maurer, Niederschlag Stefan Kunz, Hagel Urs Witmer, Schnee
Mitarbeiter bei der Messnetzbetreuung	Hans Mathys

Die in der Region Bern durchgeführten Niederschlagsuntersuchungen wurden von folgenden Personen und Institutionen durch Ausleihe von Geräten wie auch durch Erhebung von Daten entscheidend unterstützt:

Meteorologisches Observatorium der Universität Bern unter Leitung von Prof. M. Schürer, MZA Daten Bern

Abt. Prof. Oeschger des Physikalischen Institutes der Universität Bern, Anschaffung und Ausleihe von Messgeräten

Privatklimastation Uecht bei Niedermuhlern, Herrn Dr. h. c. W. Schae-
rer und Herrn Vögeli, Betreuung des Tagestotalisators

Wetterdienst und Office-Personal des Flugplatzes Belpmoos unter Lei-
tung von Herrn F. Stämpfli, Betreuung des Tagestotalisators und Pro-
benentnahmen

Schweiz. Landwirtschaftstechnikum Zollikofen, Frau Baier, Betreuung
des Tagestotalisators und Probenentnahmen

Tiefbauamt der Stadt Bern, Abt. Abwasseranlagen, Herren Ing. Raz
und Ing. Würgler

Betreuung der Pluviographen Matzenried und Oberwangen

Diesen Mitarbeitern sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Das Datenmaterial dieses Beitrages ist im Geographischen Institut
der Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern, aufbewahrt.

INHALTSUEBERSICHT

I.	EINLEITUNG	4
1.1.	Problemstellung	5
1.2.	Die entscheidenden Niederschlagstypen in unserer Region	7
1.3.	Problematik der Niederschlagsmessung	9
II.	LANGJAEHRIGE NIEDERSCHLAGSMESSUNGEN DES METEOROLOGISCHEN OBSERVATORIUMS DER UNIVERSITAET BERN (MZA STATION BERN)	12
2.1.	Jahresniederschläge	13
2.2.	Monatsniederschläge	15
2.3.	Extreme Tagesniederschläge	22
2.4.	Vergleich mit benachbarten Regionen und Zusammenfassung der langjährigen Niederschlagsmessergebnisse	24
III.	KURZFRISTIGE NIEDERSCHLAGSMESSUNGEN IN DER REGION BERN	30
3.1.	Das regionale Niederschlagsmessnetz 1972 - 1974	31
3.2.	Messkampagnen	34
3.3.	Charakterisierung der Hauptmesskampagnen 1972 - 1974	36
3.4.	Jahresniederschlag 1973 an acht Stationen	38
3.5.	Vergleichsmesskampagne mit 20 Messstationen August - November 1973	45
3.6.	Niederschlagsdifferenzen zwischen Stadtgebiet und Umland	51
3.6.1.	Vergleich Bern - Matzenried	54
3.6.2.	Vergleich Bern - Oberwangen	56
3.6.3.	Vergleich Matzenried - Oberwangen	57
3.6.4.	Interpretation der Vergleiche	57
IV.	ANALYSE DES NIEDERSCHLAGSGESCHEHENS IN DER REGION BERN	59
4.1.	Struktur der Niederschläge	60
4.1.1.	Häufigkeitsverteilung der Tagesniederschlagsmengen	60
4.1.2.	Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsdauer	60
4.1.3.	Tagesgang der Niederschlagshäufigkeit	62
4.1.4.	Niederschlagsintensitäten	63
4.2.	Das Niederschlagsgeschehen in Abhängigkeit der Wetterlagen	66
4.2.1.	Die Niederschlagstätigkeit in Abhängigkeit der Frontendurchgänge	66
4.2.2.	Das Niederschlagsgeschehen in Abhängigkeit der Windlage	72
4.3.	Schlussbetrachtungen zum Teil Niederschlag	79

V.	HAGELGEFAHR IN DER REGION BERN	80
<hr/>		
5.1.	Problemstellung	81
5.2.	Das Datenmaterial und dessen Aussagefähigkeit	81
5.3.	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und Umfang der Daten	82
5.4.	Auswertungsprobleme - Quantitative Charakterisierung des Datenmaterials	84
5.5.	Gefahrenkarte	87
5.5.1.	Allgemeine Idee und Aussagemöglichkeiten	87
5.5.2.	Erstellung und Interpretation der Hagel-Gefahrenkarte	89
VI.	DER SCHNEE IN DER REGION BERN	92
<hr/>		
6.1.	Einleitung	93
6.1.1.	Problemstellung und Zielsetzung	93
6.1.2.	Der Schnee in der Region Bern	94
6.1.3.	Das Beobachternetz für die Region Bern	95
6.2.	Die Schneeverhältnisse der Winter 1970/71 bis 1974/75	98
6.2.1.	Die Schneedeckenzeit	98
6.2.2.	Die Einschnei- und Ausaperungsereignisse	101
6.2.3.	Der Einfluss von Föhnlagen und Luftmassen auf das Bestehen einer Schneedecke	103
6.2.4.	Die Tage mit Schneedecke	113
6.2.4.1.	Die mittlere Länge der Perioden mit Schneedecke	113
6.2.4.2.	Die Anzahl Tage mit Schneedecke - Meereshöhe - Exposition	114
6.2.4.3.	Die Darstellung der fünf Winter mit den Regressionsgeraden	116
6.2.4.4.	Die mittlere Regression der fünf Beobachtungswinter	121
6.2.5.	Die Karte der Anzahl Tage mit Schneedecke	122
6.2.6.	Die Beobachtungen der Station Bern MZA	124
6.2.6.1.	Die Anzahl der Tage mit Schneedecke	124
6.2.7.	Die Schneehöhen	126
6.3.	Ausblick	126
VII.	ZUSAMMENFASSUNG - ANHANG	129
<hr/>		
	Zusammenfassung	130
	Résumé	132
	Literaturverzeichnis	134
	Verzeichnis der Abbildungen	137
	Verzeichnis der Figuren	137
	Verzeichnis der Tabellen	140
	Uebersicht über die weiteren Beiträge zum Klima der Region Bern	142
	Anhang: Tabellen und Figuren, Schneelagenkarte	143

I. EINLEITUNG

1.1. Problemstellung

Im Herbst 1972 begann die Arbeitsgruppe "KLIMUS" (Klima und Umweltschutz) des Geographischen Institutes der Universität Bern unter Leitung von Prof. B. Messerli eine ausgedehnte klimatologisch-lufthygienische Untersuchung in der Region Bern.

Hauptziel dieser, vom Schweizerischen Nationalfonds finanzierten Arbeit ist es, am Beispiel der Region Bern die entscheidenden regional-klimatisch - lufthygienischen Elemente derart aufzuarbeiten, dass sie den mit Planungsfragen und praktischen Anwendungen beauftragten Behörden und Institutionen zugänglich werden.

In diesem Sinne soll der vorliegende Bericht Aufschluss geben über die regionale Ausprägung des Klimatelementes Niederschlag, ergänzt durch die Teilbeiträge über Hagel und Schnee.

Ausgehend von den Kenntnissen der langjährigen Niederschlagsmessungen des Meteorologischen Observatoriums der Universität Bern (MZA Station Bern) wurde der Versuch unternommen, mit erweitertem Messnetz in kurzen Messkampagnen detaillierte Angaben über

- regionale Differenzen in der Niederschlagsverteilung
- Ausprägung und Ablauf des Niederschlagsgeschehens
- Witterungsbedingungen bei Niederschlag in unserer Region

zu erhalten.

Dem Einfluss der relativ grossen Höhenstufung in unserem Raum (über 500 m Höhendifferenz) sowie einer allfälligen Differenz zwischen Stadtgebiet und Umland wurde dabei besondere Beachtung geschenkt.

Aufgrund des differenziert vorliegenden Datenmaterials und der relativ beschränkten Möglichkeit, kurzfristig umfassende Messungen durchzuführen, stellte sich die Frage, welche Niederschlagsgrössen denn von besonderem Interesse seien. Aus den mit verschiedenen Interessengruppen geführten Gesprächen zur Abklärung dieses Problems seien folgende Spezialinteressen aufgezählt:

Siedlungsplaner und Lufthygienier: Niederschlagsverteilung und allfälliger Einfluss der städtischen Emissionen auf das Niederschlags-

geschehen.

Abwasserfachleute: Häufigkeit, Intensität und Struktur der Starkregen zur Dimensionierung der Abwasserleitungen.

Hochbaufachleute: Stärke und Herkunftsrichtung der Schlagregen zur Berechnung des Niederschlagsdruckes auf exponierte Hochbaufassaden.

Raumplaner: Verteilung und Häufigkeit von Niederschlägen in der Region, insbesondere von Gewitterregen, Hagel und Schnee zur Planung der Siedlungen und Erholungsräume.

Physiker: Herkunft der niederschlagsbringenden Luftmassen sowie Höhenwind- und Witterungsbedingungen bei Niederschlag zur Analyse der Isotopenverhältnisse im Niederschlag.

Es dürfte verständlich sein, dass ein vertieftes Eintreten auf all diese Spezialprobleme den Rahmen dieses Berichtes sprengen würde.

Im Kap. 2 wurde vorerst versucht, anhand langjähriger Niederschlagsmessungen allgemein gültige Aussagen aufzuarbeiten, um dann im Kap. 3 regionale Differenzen und im Kap. 4 das Niederschlagsgeschehen allgemein genauer zu analysieren. In den Kap. 5 und 6 werden Hagel und Schnee als wichtige Elemente des Niederschlagsgeschehens separat behandelt. Im Rahmen dieser Stoffaufteilung konnten verschiedene Fragen der interessierten Fachkreise tangiert werden.

Der vorliegende Bericht stellt in diesem Sinne keine endgültig abgeschlossene Arbeit dar, wird doch in einzelnen Abschnitten Datenmaterial präsentiert, das für weitere Untersuchungen lufthygienischer oder physikalischer Art als Ausgangsmaterial dienen kann.

1.2. Die entscheidenden Niederschlagstypen in unserer Region

Als kurze Einführung in die Problematik des Niederschlagsgeschehens seien die wichtigsten Niederschlagstypen, die in unserer Region auftreten, kurz umschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf der Niederschlagstypisierung nach BLUETHGEN (1964).

A. Feste Niederschläge

1. Schneefall Eiskristallniederschlag der kalten Jahreszeit
2. Graupeln Niederschlagsform kurzfristiger Schauer aus hohen Cumulonimbuswolken
3. Hagel an sommerliche Gewitterwolken geknüpfter Niederschlag mehrschichtiger Eiskörner

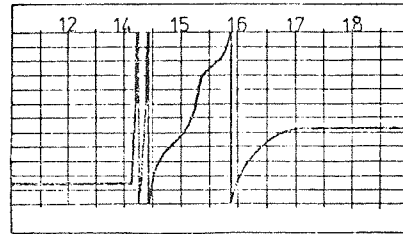
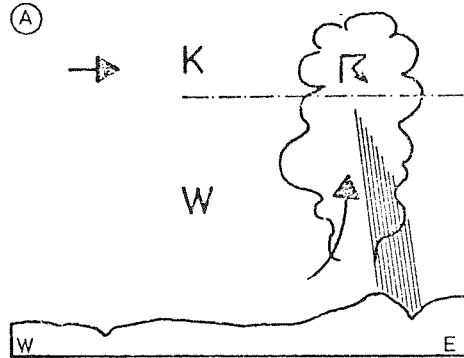
B. Flüssige Niederschläge

1. Konvektionsniederschläge (siehe Fig. 1 A)
Thermisch bedingte, meist lokal begrenzte, kurze und heftige Niederschläge der wärmeren Jahreszeit. Oft in frühen Nachmittagsstunden bei windschwachen Flachdrucklagen, häufig als Gewitter mit Hagelschlag
2. Zyklonale Aufgleitniederschläge (siehe Fig. 1 B)
An zyklonale Frontalerscheinungen gebunden, flächenhafte und meist lang andauernde, aber oft wenig intensive Dauerregen ("Landregen")
3. Zyklonale Einbruchschauer (siehe Fig. 1 C)
Dynamisch bedingte, meist heftige und mit turbulenten Winden auftretende, rasch wechselnde Serienschauer. Oft mit Gewitter verbunden, von nicht allzugrosser Ausbreitung und relativ kurzer Dauer. Besonders häufig bei Kaltluftseinbrüchen.
4. Steigungsniederschläge
Orographisch bedingte, meist lokale Regen, die

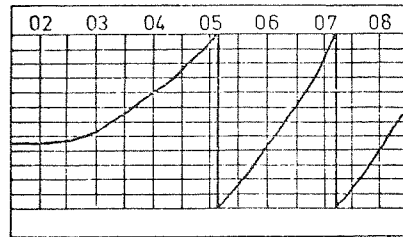
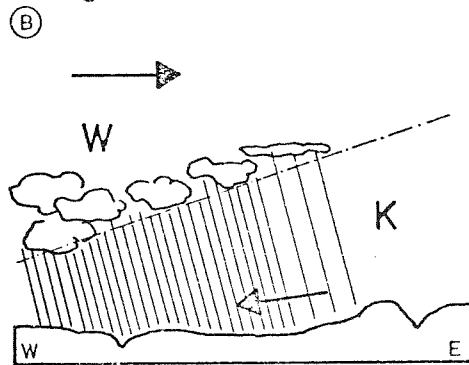
HAUPTNIEDERSCHLAGSARTEN IM RAUM BERN

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG
Konvektionsniederschlag

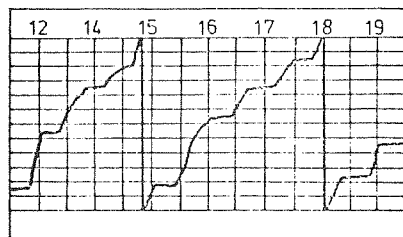
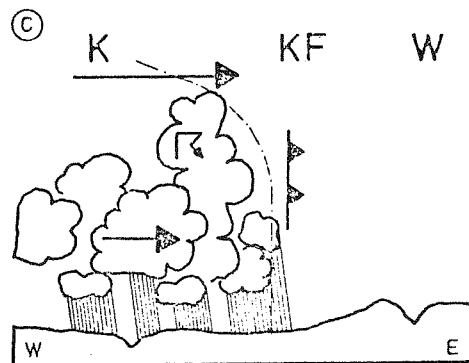
BEISPIEL EINER PLUVIOGRAPHEN-
REGISTRIERUNG



Aufgleitniederschlag



Einbruchschauer



NIEDERSCHLAGSARTEN NACH BLÜTHGEN (1964)

Fig. 1

bei bestimmten Hauptwindrichtungen an Geburgs- und Hügelszügen Niederschlagsdifferenzen zwischen Luv- und Leelagen bringen. Die Aufzeichnungen auf dem Pluviographenstreifen sind denjenigen der Aufgleitniederschläge (Fig. 1 B) sehr ähnlich.

Wie die nachfolgenden Untersuchungen zeigen, machen diese vier Hauptniederschlagstypen in unserer Region häufigkeitsmässig den grössten, mengenmässig fast den gesamten Anteil der Niederschläge aus.

Als weiterer Niederschlagstyp kommt noch in Frage:

5. Nebelniederschläge

Durch Luftmassenmischung in Bodennähe bedingte, oft lang anhaltende, aber wenig ergiebige Niederschläge aus Nebellagen, die oft mengenmässig kaum erfasst werden können.

1.3. Problematik der Niederschlagsmessung

Die Niederschlagsmessung ist leider mit einer recht belastenden Problematik behaftet. Bei allen in diesem Bericht bearbeiteten Daten muss man sich bewusst sein, dass ein gewisser Unsicherheitsfaktor vorhanden ist.

Obwohl Wert darauf gelegt wurde, durch Parallelmessungen, periodische Kontrollen, persönliche Datenüberprüfung und Geräteaustausch systematische Fehler möglichst auszuschliessen, können einzelne Daten nicht als absolut sicher bezeichnet werden.

Aufgrund der Erfahrungen bei der Niederschlagsmessung wie auch bei der Datenauswertung im Regionalnetz Bern seien folgende Faktoren als mögliche Unsicherheitsquelle aufgezählt:

- Differenzen in den MZA Messreihen zwischen homogenisierten und nicht-homogenisierten Datenreihen (UTTINGER 1970)
- Problematik des Messstandortes und Einfluss der näheren Umgebung, vor allem in stark überbauten Stadtgebieten (RODDA 1971)

- Messproblematik mit Totalisatoren (SEVRUK 1973)
- Problem des Einfrierens der Niederschlagsproben im Winterhalbjahr
- Verdunstung bei Wochenproben im Hochsommer
- Technische Anfälligkeit der Regenschreiber (Pluviographen), insbesondere Ausfall des mechanischen Uhrwerkes und Verstopfung des Trichterabflussröhrchens
- Unterschiedlich erhobene Tageswerte, Messungen zum Teil zwischen 0000 und 2400, zum Teil von 0700 bis 0700
- Unsichere Interpretation der Streifenzeichnungen im unteren und oberen Grenzbereich des Pluviographenstreifens
- Differenzen zwischen Gerätetypen verschiedenartiger Bauart

Besonders der Unterschied zwischen unserem selbst hergestellten und im Berner Messnetz eingesetzten Regensammler (siehe Kap. 3) mit den Hellmann-Totalisatoren verursachte uns einige Schwierigkeiten.

Die erfassten Niederschlagsmengen konnten nicht direkt mit den Auf-
fangflächen korreliert werden, da ungleiche Benetzungsflächen vorhan-
den waren. In längeren Parallelmessungen mussten daher Korrelations-
faktoren ermittelt werden.

Als sehr problematisch erwies sich zudem die Messung von festen Nie-
derschlägen und die Niederschlagsmessung an windexponierten Stellen.
Die während dem Winter 1972/73 durchgeführten Messungen auf dem Fern-
sehturm Bantiger (siehe Messnetzübersicht Fig. 11) in rund 50 m
Höhe über Grund konnten trotz Konstruktion eines speziellen Wind-
schutzringes kaum verwendet werden.

Als weitere kritische Grösse muss im vorliegenden Bericht der für die
Messkampagnen aufgewendete Zeitfaktor beurteilt werden. Es ist ver-
ständlich, dass mit einigen Wochen- und Monatsmessungen keine end-
gültigen Gesetzmässigkeiten festgehalten werden können. Dennoch muss
der Versuch unternommen werden, auch mit relativ kurzfristigen Mes-
sungen, kombiniert mit Langzeitmessungen einer benachbarten MZA Station,
Resultate zu erhalten, die bestimmte Trends aufzeigen und Hinweise
auf noch zu bearbeitende Probleme geben.

In Anbetracht der hier aufgezeigten Schwierigkeiten bei Niederschlags-
messungen stellt sich die Frage nach der Brauchbarkeit der Nieder-
schlagsdaten überhaupt. Trotz vorhandener Unsicherheiten haben gemesse-

ne Daten doch ihre Bedeutung als zeitliche und regionale Vergleichswerte. Dies umso mehr, als vorläufig allen Messungen und Auswertungen dieselbe Problematik anhaftet. Vielleicht werden die Bestrebungen der WMO (World Meteorological Organization) Geräte und Methoden zu vereinheitlichen, in Zukunft gewisse Verbesserungen bringen.

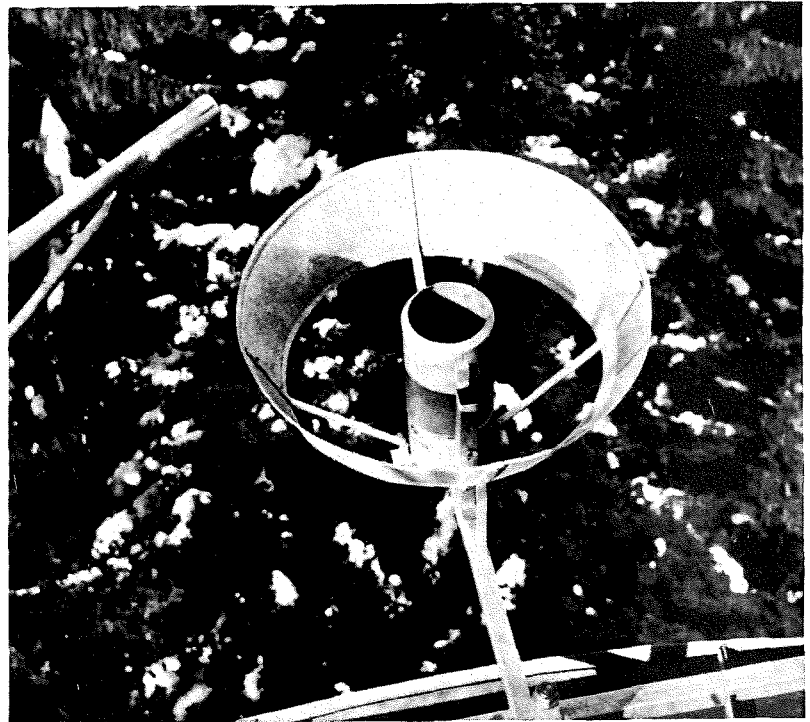


Abb. 1 Niederschlagsmesser auf dem Fernseh-
——— turm Bantiger mit Windschutzring

II. LANGJAEHRIGE NIEDERSCHLAGSMESSUNGEN DES METEOROLOGISCHEN
OBSERVATORIUMS DER UNIVERSITAET BERN

2.1. Jahresniederschläge

Tab.1 Die wichtigsten Jahresniederschlagsdaten der MZA Station Bern aus den Niederschlagsmessungen 1901 - 1970.

Mittlere Jahresniederschlagsmenge	1000,34	mm
Höchste Jahresniederschlagsmenge (1965)	1372	mm
Niedrigste Jahresniederschlagsmenge (1949)	634	mm
Standardabweichung	159	mm
Mittlere Anzahl Niederschlagstage *	127	Tage
Höchste Anzahl Niederschlagstage (1965)	166	Tage
Niedrigste Anzahl Niederschlagstage (1971)	91	Tage

* als Niederschlagstage wurden Tage mit einer Niederschlagsmenge von mindestens 1 mm Niederschlag gewertet.

Die Verteilung der Jahresniederschlagsmengen von Bern der Jahre 1901 - 1970 weist Merkmale einer Normalverteilung auf (Fig. 2). Etwas mehr als zwei Drittel aller Werte liegen zwischen 830 mm und 1170 mm. Die überraschend grosse Anzahl Mengenwerte im Bereich 750 - 799 mm N ist durch die Trockenperiode der 40er Jahre begründet (siehe Fig. 3).

VERTEILUNG DER JAHRESNIEDERSCHLAGSMENGEN BERN 1901 - 1970

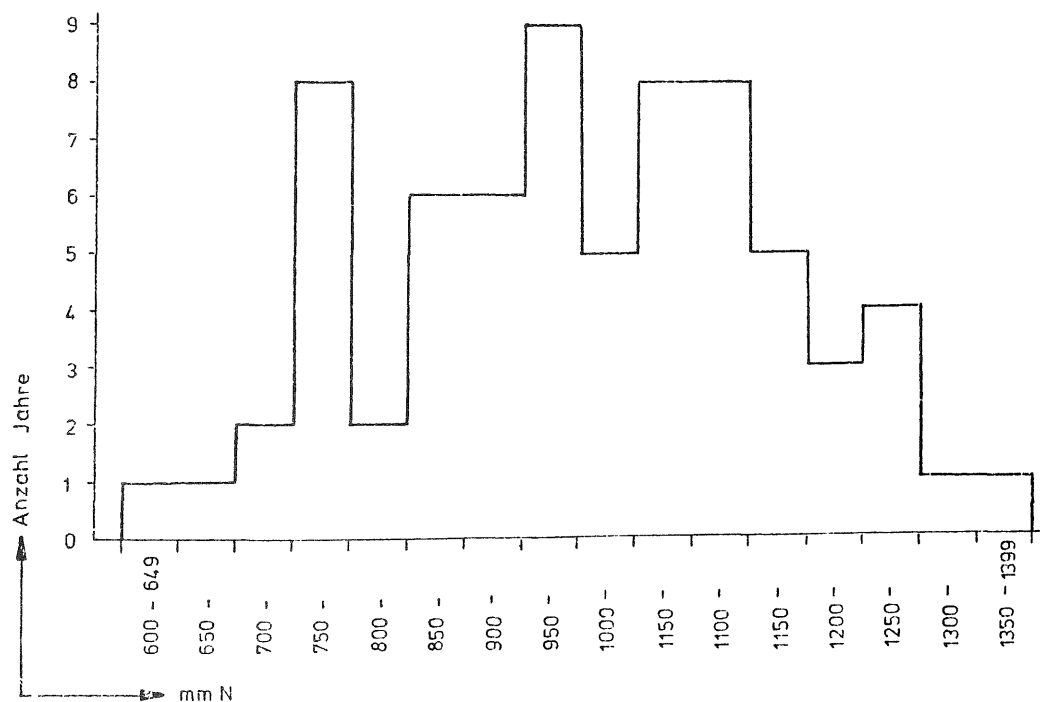
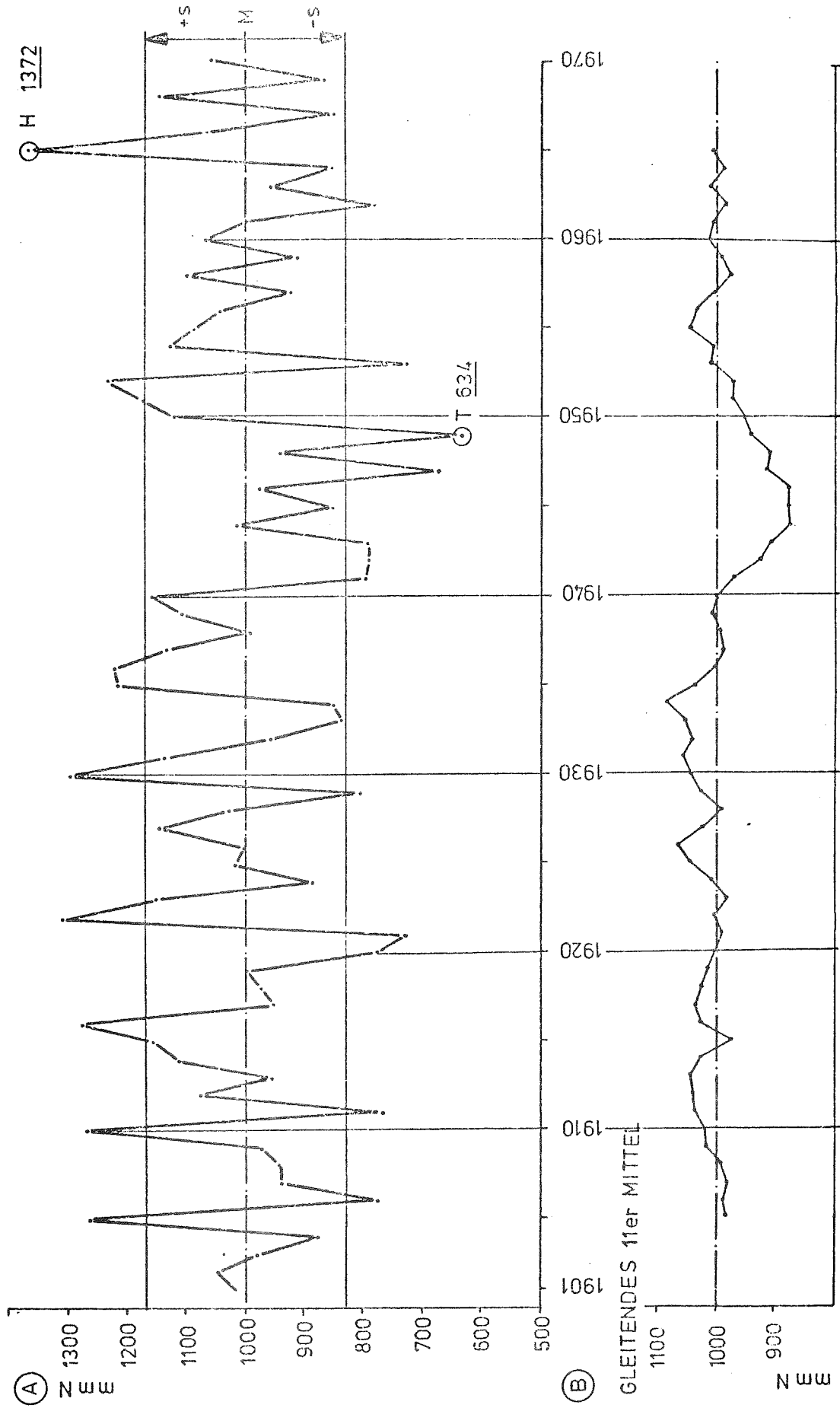


Fig. 2

JAHRESNIEDERSCHLAG MZA BERN 1901 - 1970



diese trockenen Jahre zwischen 1940 und 1949 fallen in dem in Fig. 3 dargestellten chronologischen Ablauf der Jahresniederschlagsmengen seit 1901 sofort auf. Die Fig. 3 A veranschaulicht die grosse Schwankungsbreite der Jahresniederschlagsmengen in Bern. In Fig. 3 B wird mit dem gleitenden 11er-Mittel aufgezeigt, dass abgesehen von der bereits erwähnten Trockenperiode der 40er Jahre kein eigentlicher Trend zur Niederschlagszu- oder abnahme festgestellt werden kann. In den letzten 70 Jahren lagen 35 Jahresniederschlagsmengen über dem Mittel von 1000 mm, ebensoviele unter diesem Wert. In dieser Zeitspanne lagen aber auch 10 Werte über dem Band von Mittelwert \pm Standardabweichung und 12 Werte darunter.

2.2. Monatsniederschläge

Tab.2 Monatsniederschlagsmengen der MZA Station Bern 1901 - 1970 in mm.

Monat	Mittel	Höchstwert	Tiefstwert	Standardabweichung
Januar	57	174	10	32
Februar	54	153	1	39
März	66	178	5	37
April	78	185	19	36
Mai	98	191	17	38
Juni	115	208	40	39
Juli	114	241	1	54
August	117	268	17	55
September	93	238	15	45
Oktober	71	215	3	48
November	72	271	3	45
Dezember	66	149	0	41

Die Verteilung der Monatsniederschlagsmengen weist zum Teil stark von der Normalverteilung abweichende Kurven auf. Die in Tab. 2 angegebenen Standardabweichungen müssen daher mit Vorsicht interpretiert werden. Die Problematik der Verwendung von Standardabweichungen bei schiefen Verteilungen ist in UTTINGER (1966) und FLIRI (1974) ausführlich umschrieben.

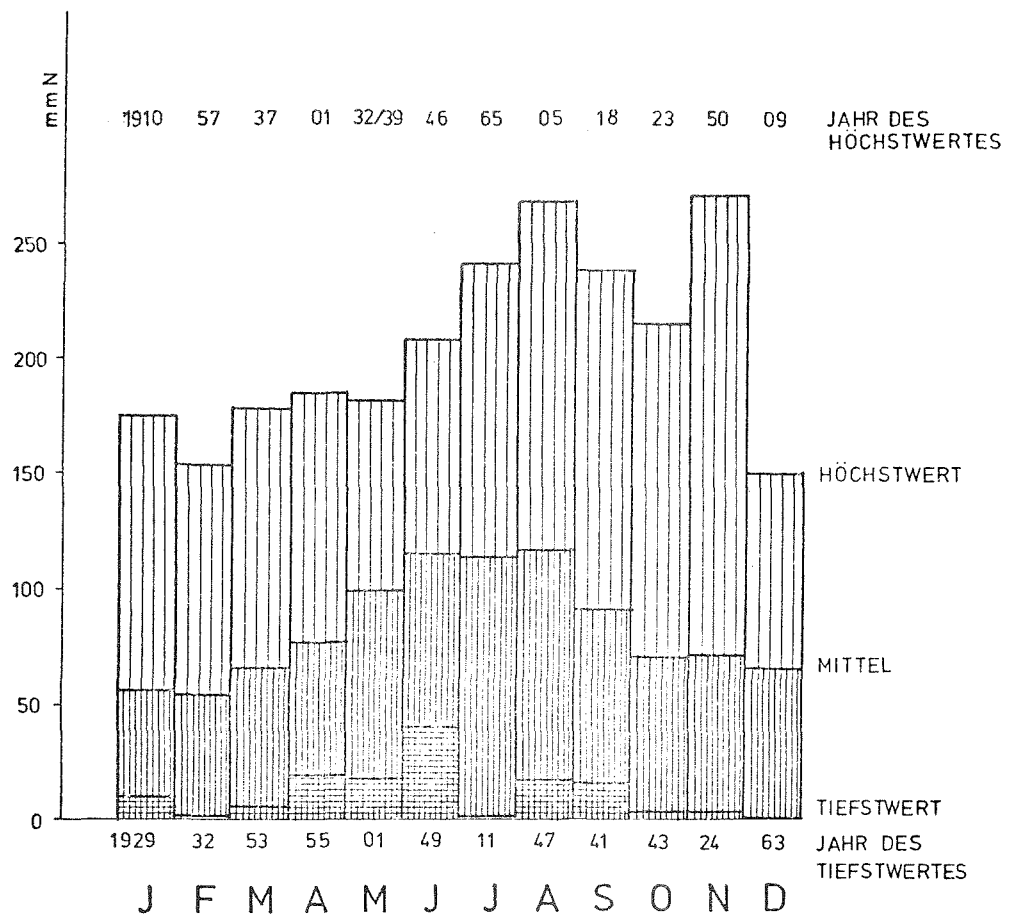


Fig. 4

Aus Fig. 4 lässt sich erkennen, dass in Bern der Monat August im Mittel der niederschlagsreichste Monat ist. Sein Mittelwert liegt jedoch nur wenig über den Mittelwerten der Monate Juni und Juli, was unterstreicht, dass in unserer Region die Sommerniederschläge das Niederschlagsgeschehen entscheidend prägen. Am wenigsten Niederschlag fällt im Mittel im Januar. Der Monat Februar weist zwar durchschnittlich 5,3 % weniger Niederschlag auf als der Januar, hat aber im Mittel auch 9,7 % weniger Tage.

Vom Jahresmittel von 1000 mm fallen im Mittel im August 11,7 % und im Januar 5,7 %.

Der jahreszeitliche Anteil beträgt im Mittel:

Winter	(Dez - Feb)	17,7 %
Frühling	(Mrz - Mai)	24,2 %
Sommer	(Jun - Aug)	34,6 %
Herbst	(Sep - Nov)	23,6 %

Für die gleiche Jahreszeiteinteilung hat FLIRI (1974) für das Gebiet Rhein - Aare folgende durchschnittliche Jahreszeitenmittelwerte errechnet:

Winter	20,3 %
Frühling	21,6 %
Sommer	35,0 %
Herbst	23,1 %

Die Region Bern weist gegenüber diesen Gebietsmittelwerten etwas höhere Frühlingsniederschläge und tiefere Winterniederschläge auf. Neben den monatlichen Niederschlagsmengen ist auch die Anzahl der Niederschlagstage pro Monat interessant:

Tab.3 Monatliche Zahl der Niederschlagstage mit mindestens 1 mm Niederschlag für Bern 1901 - 1970.

Monat	Mittel	Hochstwert		Tiefstwert	
	Tage	Tage	Jahr	Tage	Jahr
Januar	9.5	21	1915	3	29/64
Februar	9.0	19	1970	1	32/59
März	10.0	18	02/50	1	1929
April	11.6	21	22/65/70	4	1955
Mai	12.2	20	1930	5	1922
Juni	12.7	19	1926	5	1962
Juli	11.1	21	1936	1	1911
August	11.5	22	1921	3	1947
September	9.8	20	1932	3	1947
Oktober	9.1	20	03/39	1	08/43/69
November	9.8	23	1910	1	20/24
Dezember	10.3	21	08/55	0	1963

Die graphische Darstellung der Daten aus Tab. 3 in Fig. 5 zeigt, dass die Mittelwerte auch bei den Niederschlagstagen einen deutlichen Jahresgang mit Häufigkeitsmaximum im Frühsommer aufweisen. Die Maximalwerte dagegen sind recht ausgeglichen. Bei den Minimalwerten fällt der Dezember 1963 auf, der keinen einzigen Niederschlagstag mit mindestens 1 mm Niederschlag aufwies.

MONATLICHE ANZAHL NIEDERSCHLAGSTAGE

BERN 1901-1970

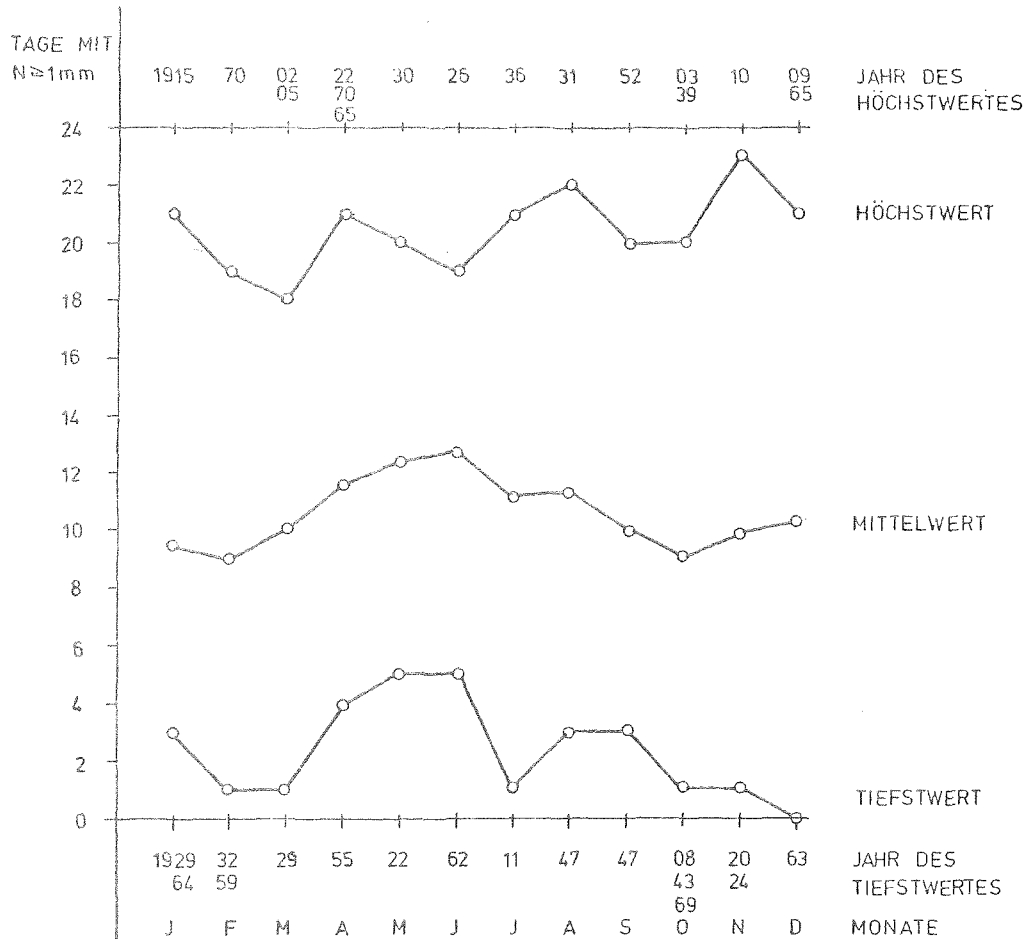


Fig. 5

Im Mittel über die untersuchten 70 Jahre verzeichnete Bern alle drei Tage einen Tagesniederschlag von mindestens einem Millimeter. In jedem Monat des Jahres hat es in dieser Zeitspanne schon einmal mehr als 18 Tage geregnet. In den Monaten April, Mai und Juni wurden dagegen nie weniger als vier Niederschlagstage registriert.

Im Zusammenhang mit den Monatsniederschlägen seien noch die beiden Fragen, welcher Monat in Bern der niederschlagssicherste ist und wie sich der Jahresgang der Monatsniederschläge in den beiden extremsten Niederschlagsjahren seit 1901 in Bern präsentierte, behandelt.

Welches ist der niederschlagssicherste Monat des Jahres in Bern?
Die relativ starke Asymmetrie der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Monatsniederschlagsmengen führt dazu, dass Mittelwert und Standardabweichung (vgl. Tab. 2) allein noch nicht sehr viel über die Charakteristik des Niederschlagsgeschehens einzelner Monate aussagen. Es ist daher üblich, die Monatssummen-Häufigkeitsverteilung in Quartile einzuteilen und zum Mittelwert auch den Zentralwert mitzubestimmen (FLIRI 1969). Die Differenz zwischen Zentralwert Z und Mittelwert \bar{x}

gibt dann an, ob das Häufigkeitsmaximum der Verteilung auf der Seite der niedrigeren ($Z < \bar{x}$) oder der höheren ($Z > \bar{x}$) Beobachtungswerte liegt (UTTINGER 1966).

Diese zusätzliche Aussage erlaubt es, die Monate auf ihre Niederschlagsbereitschaft hin zu überprüfen und die Monatsniederschlagssummen qualitativ einzuordnen. In Fig. 6 ist die Differenz $Z - \bar{x}$ für alle Monate des Jahres dargestellt, Tab. 4 erlaubt aufgrund der Quartileinteilung das aktuelle Niederschlagsgeschehen einzuordnen.

MONATSNIEDERSCHLÄGE BERN 1901-1970
DIFFERENZ ZWISCHEN MITTELWERT \bar{x} und ZENTRALWERT Z

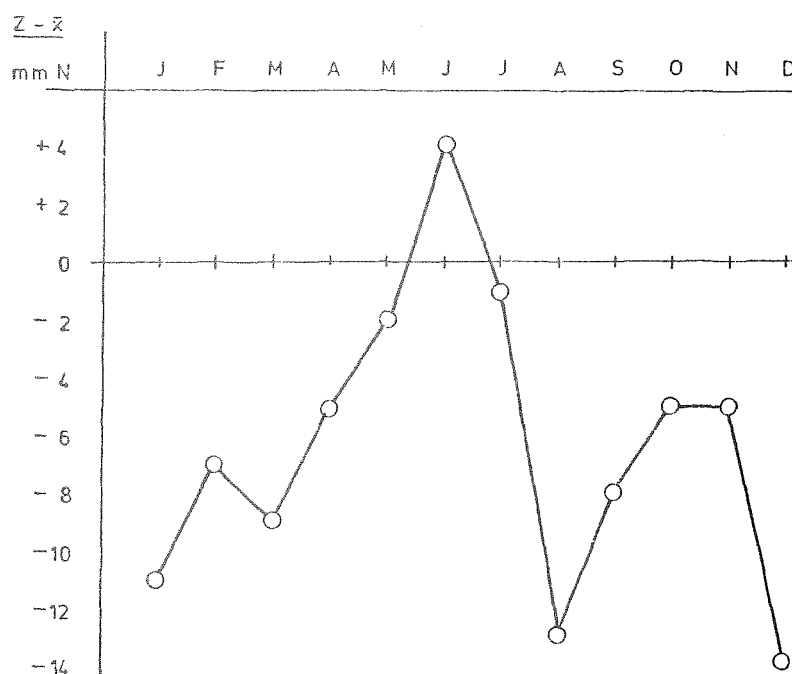


Fig. 6

Obwohl absolut gesehen der Monat August im langjährigen Mittel die grösste Niederschlagsmenge aufweist, muss für Bern der Monat Juni als der niederschlagssicherste Monat bezeichnet werden. Aus Fig. 6 geht eindeutig hervor, dass nur im Juni das Häufigkeitsmaximum etwas über dem Mittelwert liegt. Der Juni weist zudem im Mittel am meisten Niederschlagstage auf (Fig. 5) und hat sowohl bei den monatlichen Niederschlagsmengen (Fig. 4) wie auch bei den Niederschlagstagen (Fig. 5) den höchsten Tiefstwert.

Tab.4 BEURTEILUNG DES JAHRES -- und MONATSNIEDERSCHLAGES IN BERN

nach Duodezsilbewertung aus UTTINGER (1966) für 1901 - 1960

Jahr	Jan		Feb		Mrz		Apr		Mai		Jun		Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Dez			
	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J		
sehr trocken bis	760	5	25	6	7	5	15	5	32	6	44	6	66	9	40	6	49	5	41	5	19	7	22	7	19	6
trocken von	761	14	26	10	8	11	16	33	33	11	45	15	67	10	41	14	50	12	42	17	20	12	23	10	20	11
trocken bis	882	33	33	10	19	36	52	52	52	73	73	87	87	90	90	74	74	61	61	35	35	37	37	10	36	11
trockennormal von	883	17	34	16	20	17	37	53	53	18	74	15	88	18	91	17	75	15	52	16	36	19	38	18	37	16
trockennormal bis	1000	46	46	16	47	57	73	73	73	96	96	119	119	113	113	104	104	85	85	66	66	57	57	18	52	16
nassnormal von	1000	16	45	19	47	19	57	73	73	15	96	17	119	17	113	17	104	19	85	14	66	16	57	16	52	19
nassnormal bis	1130	70	70	19	82	87	92	92	92	124	124	146	146	149	149	148	148	123	123	99	99	99	99	16	99	19
nass von	1131	12	71	12	83	11	88	93	93	13	125	11	147	11	150	10	149	12	124	11	100	11	100	14	100	11
nass bis	1250	94	94	12	109	124	125	125	125	162	162	170	170	190	190	202	202	146	146	158	158	152	152	14	134	11
sehr nass über	1251	6	95	7	110	7	125	6	126	7	163	6	171	5	191	6	203	7	147	7	159	5	153	5	135	7

Legende : N = Niederschlagsmenge in mm

J = Anzahl Jahre bezw. Monate von 1901 bis 1970 mit Niederschlagsmengen in diesem Bereich.

Wie verlief der Jahresgang der Monatsniederschläge in den beiden Jahren mit den extremsten Jahresniederschlagsmengen seit 1901 in Bern?

Der höchste seit 1901 gemessene Jahresniederschlag betrug 1372 mm im Jahre 1965, der niedrigste 634 mm 1949. PFISTER (1975) weist nach, dass die Jahresniederschlagsmengen für Bern im 18. Jahrhundert nicht stark von diesen Extremwerten abweichende Werte, die Monatsniederschläge jedoch zum Teil erheblich extremere Abweichungen aufwiesen als dies in den letzten 70 Jahren der Fall war.

Die in Fig. 7 aufgezeigten Monatsniederschläge der beiden Extremjahre 1949 und 1965 zeigen im Vergleich zum langjährigen Mittel, wie sehr das Niederschlagsgeschehen in unserer Region variieren kann.

MONATSNIEDERSCHLAG IN BERN IN DEN EXTREMJAHREN 1949 UND 1965

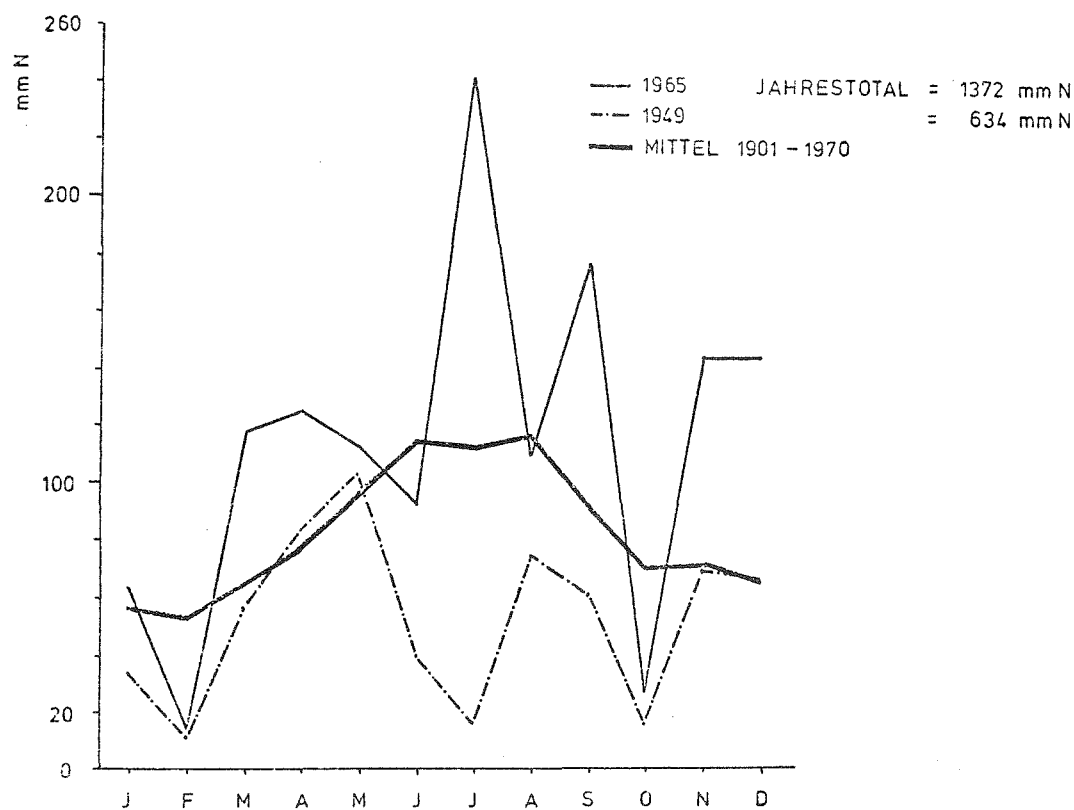


Fig. 7

1965 war der Frühling etwas zu nass, der Juli und September dann extrem nass und auch die Monate November und Dezember wiesen Niederschläge auf, die erheblich über dem langjährigen Mittel lagen. 1949 dagegen folgte einem normal verlaufenden Frühjahr ein sehr trockener Sommer mit fünf Monaten, die nacheinander unterdurchschnittliche Niederschläge aufwiesen. Erst im Winter setzten wieder normale Niederschlagsverhältnisse ein.

Abschliessend seien die extremsten Monatsniederschläge noch etwas genauer umschrieben. Die Monate Mai und Juni weisen Höchstwerte auf, die weniger als das Doppelte des Mittels betragen. Alle übrigen Monate dagegen haben Höchstniederschlagsmengen, die über dem doppelten langjährigen Mittel liegen. Die grössten Abweichungen vom Mittel weisen die Monate Januar, Oktober und November auf. Der Höchstwert beträgt in diesen Monaten mehr als das dreifache Mittel (vgl. Tab. 2). Bei den Tiefstwerten liegen die grössten Abweichungen in den Monaten Februar, Juli, Oktober, November und Dezember. In diesen Monaten wurden schon Niederschlagsmengen von weniger als fünf Millimeter registriert. Im Dezember fiel überhaupt kein Niederschlag.

Im Zusammenhang mit diesen Abweichungen vom langjährigen Mittel stellt sich die Frage, welcher Monatsniederschlag seit 1901 die extremste Abweichung überhaupt darstellte. Sowohl in Tab. 2 wie auch in Fig. 4 fällt der Monat November auf. Das Monatsmittel beträgt im November 72 mm. 1950 fielen 271 mm Niederschlag. Dies ist der höchste seit 1901 in Bern gemessene Monatsniederschlag. Er liegt um 276 % über dem langjährigen Novembermittel.

2.3. Extreme Tagesniederschläge

Neben den Jahres- und Monatsniederschlägen interessieren vor allem für Fragen der Entwässerungsplanung einer Region auch die zu erwartenden höchsten Tagesniederschlagsmengen. Die Abwasserfachleute gehen dabei soweit, das Niederschlagsgeschehen bis auf die Intensität in Minuten-Intervallen zu analysieren (HOERLER und RHEIN 1962).

Eine derart präzise Analyse der Niederschläge über mehrere Jahre ist sehr aufwendig. Das Meteorologische Observatorium der Universität Bern führt daher lediglich eine Liste der Tagesniederschläge von mindestens 40 mm Niederschlag (BEOBACHTUNGSPROTOKOLLE der MZA Station Bern).

Ein derartiger Tagesniederschlag tritt in Bern im Mittel einmal pro Jahr auf und führt erfahrungsgemäss zu örtlichen Ueberschwemmungen oder Schäden an Kulturen und Verkehrsträgern (Rutschungen, Unterspülungen).

Aus den in Bern vorhandenen Beobachtungsprotokollen konnten zwischen 1920 und 1974 die in Tab. 5 enthaltenen extremen Tagesniederschläge entnommen werden.

Tabelle 5 Tagesniederschläge mit mindestens 40 mm Niederschlag in Bern (1920 - 1974)

Jahr	Monat	Tag	N in mm	Jahr	Monat	Tag	N in mm
1921	Mai	17.	42.7	1950	November	25.	42.6
1922	August	1.	46.1			26.	50.5
1923	Oktober	13.	43.1	1952	August	16.	41.8
		22.	47.1		Oktober	25.	42.6
1924	Mai	24.	50.9	1954	August	21.	42.3
1928	Juli	17.	59.0		September	28.	40.5
	September	30.	56.4	1955	Juni	7.	41.6
1930	Juli	6.	43.3			26.	42.5
		18.	60.7		Juli	11.	41.5
	Oktober	9.	45.5			14.	40.4
1934	Juni	20.	43.5	1957	Februar	24.	40.0
		28.	42.6	1958	Mai	28.	40.5
	August	3.	52.7		August	6.	42.3
1935	Oktober	1.	46.7	1964	August	29.	55.6
1936	Mai	20.	48.7		Oktober	8.	48.2
1937	Juni	28.	42.2	1965	Juli	8.	52.6
1938	Juli	15.	43.1	1968	August	2.	41.5
1940	September	15.	40.2		September	15.	42.9
1942	Juni	12.	41.7			21.	45.2
1944	Juli	21.	50.6	1969	Juli	25.	52.1
	September	1.	60.7	1971	Mai	6.	41.0
	Dezember	8.	42.5		Juni	5.	46.0
1946	Juni	13.	55.1		Juli	17.	44.0
		22.	40.2		August	3.	56.0
1948	Juli	6.	43.1	1972	November	22.	57.2
				1973	Juni	23.	58.0

In den Jahren 1955 und 1971 wurden im gleichen Jahr vier dieser hohen Tagesniederschlagswerte registriert, von 1958 bis 1964 dagegen während sechs Jahren kein einziger. Eine Häufung dieser extremen Tagesniederschlagsmengen ist eindeutig (Gewittertätigkeit). Bemerkenswert ist aber auch die Tatsache, dass seit 1920 in Bern in den Monaten Januar bis April noch nie ein Tagesniederschlag von mehr als 40 mm gemessen wurde.

HÄUFIGKEIT DER TAGESNIEDERSCHLÄGE MIT MEHR ALS 40 mm N
BERN 1920 - 1974

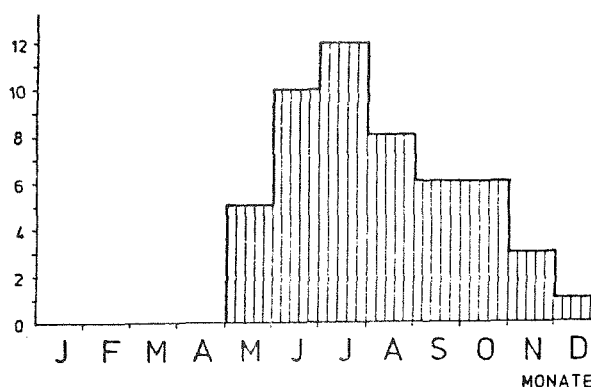


Fig. 8

2.4. Vergleich mit benachbarten Regionen und Zusammenfassung der langjährigen Niederschlagsmessergebnisse

Da Bern sowohl im Einflussbereich polarmaritimer, tropischmaritimer wie auch kontinentaler Luftmassen liegt und zudem vom Alpennordstau wie von Fallwinden aus dem Alpengebiet beeinflusst wird, weist das Niederschlagsgeschehen in unserer Region eine grosse Veränderlichkeit auf (Standardabweichung der Jahresniederschläge 169 mm).

Das langjährige Mittel von 1000 mm Niederschlag liegt deutlich unter dem von FLIRI (1974) errechneten durchschnittlichen Jahresmittelwert der Niederschlagsmengen von 1318 mm für das Rhein - Aare - Gebiet. Das Bernerbecken darf somit nicht mehr zur relativ feuchten Alpen-nordrandzone gezählt werden, in der nach FLIRI (1974) im östlichen Teil, im Bregenzer Wald, Allgäu und Salzkammergut, Jahresniederschlagswerte von über 2000 mm nicht selten sind. Das westliche Schweizer Mittelland, zu dem auch die Region um Bern gezählt werden darf, scheint vom Jura und den Westalpen etwas abgeschirmt zu einer relativ trockenen Zone im Alpennordrandgebiet zu gehören.

Die Niederschlagsverhältnisse in der Region Bern im Vergleich zu der gesamtschweizerischen geographischen Verteilung der mittleren Jahresniederschläge sind auf Blatt 12 des ATLAS DER SCHWEIZ ersichtlich (UTTINGER 1967). Da bei FLIRI (1974) wie auch bei UTTINGER (1967) die Region um Bern zu wenig genau differenziert werden kann, wurde der zusätzliche Versuch unternommen, durch Bearbeitung von Daten einer Auswahl von Niederschlagsmessstationen der Westschweiz genauere Angaben über die Niederschlagsverteilungen im Voralpengebiet zu erhalten. Die dabei aufgearbeiteten Daten entstammen der homogenisierten Messreihe der Niederschlagsmessungen 1901 - 1970 der MZA Datenbank in Zürich. Die ausgewählten Niederschlagsstationen sind in Tab. 6 enthalten. Sie wurden innerhalb des wie folgt abgegrenzten Gebietes ausgewählt: Südlich Jurasüdfuss, westlich Napfgebiet, nördlich Alpenhauptkamm und östlich Genfersee. Um möglichst brauchbare Aussagen für das Gebiet Mittelland - Aaretal - Oberland zu erhalten, wurden Stationen des Juras, des Wallis und der Hochalpen bewusst nicht mitberücksichtigt.

Tab.6 Jahres- und Monatsniederschlagsmengen einer Auswahl von Niederschlagsmessstationen der westlichen Schweiz.

Messdaten 1901 - 1970

MZA	NIEDERSCHLAGSTATIONEN WESTSCHWEIZ	HÜM	WI	FR	SO	HE	JAHR
400	GUTTANEN	1058	357.	442.	492.	404.	1675.
401	GADMEN	1210	357.	389.	549.	379.	1674.
402	WEIRINGEN	604	259.	305.	463.	302.	1330.
403	FRIBIZ (KIENHOLZ)	575	241.	296.	449.	291.	1276.
404	GRINDELWALD	1040	237.	304.	433.	292.	1259.
405	LAUTERBRUNNEN	797	224.	267.	402.	262.	1155.
406	INTERLAKEN (UNTERSEEN)	568	235.	279.	420.	273.	1206.
407	BEATENBERG	1183	287.	361.	508.	324.	1479.
410	KANDERSTEG	1176	266.	267.	398.	257.	1128.
411	ADELSBÖDEN	1340	174.	309.	455.	294.	1231.
412	FRUTIGEN	890	226.	271.	422.	260.	1179.
413	KIENTAL	967	221.	306.	459.	272.	1258.
414	ZWEISIMMEN	955	287.	292.	416.	290.	1285.
415	PÖLTIGEN	855	284.	297.	426.	305.	1313.
416	WIMMIS	635	236.	313.	448.	276.	1274.
420	HEILIGENSCHWENDI	1126	179.	296.	462.	259.	1197.
421	THUN	567	128.	229.	392.	211.	950.
422	SCHWARZENEGG	920	173.	290.	452.	257.	1172.
423	GRÖSSHÖCHSTETTEN	743	191.	285.	438.	256.	1171.
424	BFLP	520	193.	270.	372.	255.	1094.
425	BERN	572	167.	242.	346.	239.	994.
430	LAUENEN BEI GSTAAD	1200	284.	293.	436.	293.	1304.
431	GSTEIG BEI GSTAAD	1188	296.	285.	451.	313.	1345.
432	CHATLAU D'OUX	994	273.	287.	429.	312.	1301.
433	JAUN	1020	347.	376.	536.	391.	1640.
434	LA VALSEINTE	1015	296.	383.	548.	377.	1609.
435	MARSENS	721	229.	300.	401.	309.	1239.
440	ROMONT	764	208.	254.	340.	279.	1094.
441	FRIBOURG	677	162.	242.	344.	246.	994.
442	GAUGLERA BEI PLAFFEIEN	921	182.	290.	444.	294.	1210.
443	SCHWARZENBURG	795	204.	297.	414.	278.	1193.
444	AARBERG	450	202.	224.	307.	247.	980.
445	MOUDON	515	140.	242.	306.	276.	954.
446	PAYERNE	450	165.	204.	282.	240.	897.
447	AVENCHES	474	154.	202.	290.	232.	879.
454	ECHALFENS	618	228.	247.	327.	294.	1095.
455	YVERDON	433	180.	201.	288.	249.	917.
456	CORCELLES SUR CHAVORNAY	560	197.	215.	303.	258.	978.
464	NEUCHÂTEL	487	218.	213.	291.	253.	976.
468	BIEL = BIENNE	436	261.	234.	312.	275.	1081.
469	SOLOTHURN	470	293.	267.	381.	303.	1249.
473	MARBACH	875	285.	401.	577.	353.	1617.
474	ESCHLIMMATT	910	273.	381.	535.	337.	1526.
475	LANGJAU IM EMENTAL	692	220.	309.	457.	278.	1264.
476	WASEN IM EMENTAL	755	224.	319.	447.	287.	1276.
477	KURZENBIALP BEI SUMISWALD	894	306.	401.	519.	346.	1373.
478	KUTTELBAD BEI SUMISWALD	1055	313.	337.	510.	350.	1564.
479	BURGDORF	525	179.	243.	341.	234.	907.
480	HERZGENBUCHSEE	464	139.	244.	243.	244.	1020.
481	AFFOLTERN IM EMENTAL	796	203.	280.	396.	260.	1144.
540	MONTREUX - CLARENS	413	208.	257.	402.	284.	1151.
541	VEVEY	386	202.	245.	377.	278.	1131.
542	LAUSANNE	558	211.	239.	332.	288.	1061.
544	CUSSONAY	565	198.	217.	278.	253.	935.
545	MORGES	390	148.	223.	282.	269.	921.
550	LONGJumeau	883	192.	276.	330.	340.	1138.
551	NYON	397	231.	225.	278.	230.	1014.
552	CELIGNY	432	250.	240.	285.	292.	1067.
553	GENÈVE (VILLE)	405	173.	199.	252.	252.	875.
556	GENÈVE (COINTVIN)	430	197.	207.	253.	272.	929.

Legende : HÜM Meereshöhe in m
 WI Winterniederschläge in mm (WI = Dez - Feb)
 FR Frühlingsniederschläge in mm (FR = Mrz - Mai)
 SO Sommerniederschläge in mm (SO = Jun - Jul)
 HE Herbstniederschläge in mm (HE = Aug - Sep)
 JAHR Jahresniederschläge in mm

Im Anhang in den Tab. A 1 - A 6 sowie in den Fig. A 1 - A 4 sind die bearbeiteten Daten sowie die jahreszeitlichen Niederschläge in Abhängigkeit der Meereshöhe dargestellt.

In Fig. 9 ist die Abhängigkeit der Jahresniederschlagsmengen von der Meereshöhe für das umrissene Gebiet und für die Jahre 1901 bis 1970 dargestellt. Die Korrelation zwischen Niederschlagsmenge und Meereshöhe beträgt 0,7046. Eine etwas bessere Korrelation (0,7444) ergibt sich für die Sommerniederschläge (siehe Fig. A 3, Anhang), die schlechteste Korrelation zwischen Meereshöhe und Niederschlagsmenge (0,4972) weisen die Winterniederschläge auf (Fig. A 1, Anhang).

Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, sind die Streuungen besonders in höheren Lagen ausserordentlich gross. Die extremsten Abweichungen sind dabei mit ihren Stationsnummern gemäss Tab. 6 gekennzeichnet.

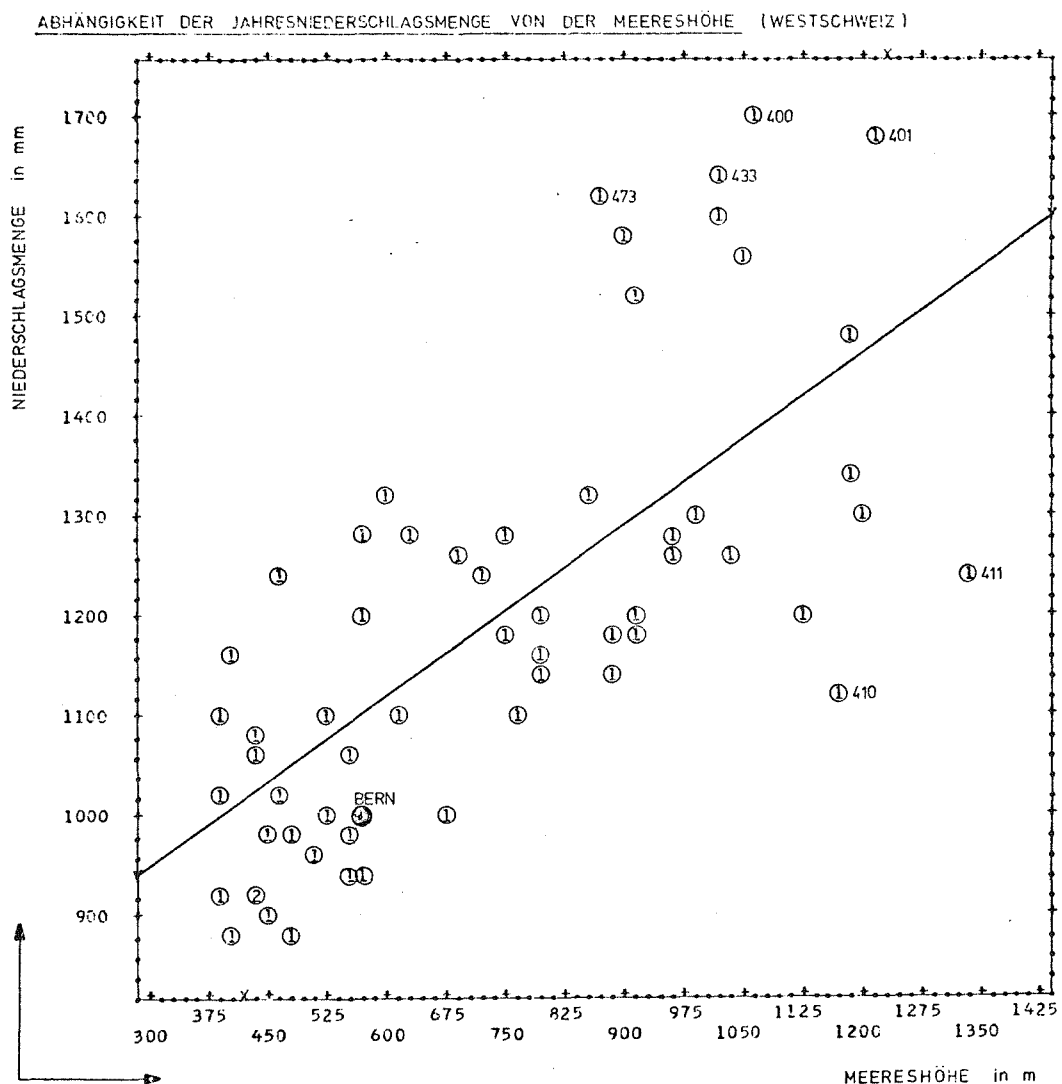


Fig. 9

Die grössten Abweichungen von der Korrelationsgeraden weisen die relativ trockenen Orte Adelboden (411 mm) und Kandersteg (410 mm) auf, beides Ortschaften in stark windgeschützten Talkesseln. Die Stationen Marbach (473 mm), Guttannen (400 mm) und Jaun (433 mm) dagegen fallen durch überdurchschnittlich hohe Jahresniederschlagsmengen auf. Die beiden Orte Marbach und Jaun liegen im Staubereich der West- bis Südwestwinde am Nordwestrand der Alpen. Die hohen Niederschlagswerte können sich dadurch erklären lassen. Etwas schwieriger ist der hohe Jahresniederschlag von Guttannen, einer Ortschaft in tief eingeschnittenem Alpental, zu verstehen. Zur Interpretation der Niederschlagsverhältnisse in diesem obersten Teil des Aaretals müssten die regionalen Zirkulationsverhältnisse genauer analysiert werden.

Die im umschriebenen Untersuchungsgebiet ermittelte mittlere Zunahme der Jahresniederschlagsmenge beträgt 5,71 mm auf 100 m Höhenzunahme. Als Vergleich dazu sei eine im Mittelteil der Alpen (Raum Tirol) durchgeführte Untersuchung angegeben, die eine Erhöhung der Jahresniederschläge pro 100 m Höhenzunahme von 20 mm ergab (FLIRI 1974). Unser, nach Westen hin doch recht offenes Gebiet im Bereich des Alpennordstaus scheint wesentlich ausgeglichene Niederschlagsverhältnisse aufzuweisen.

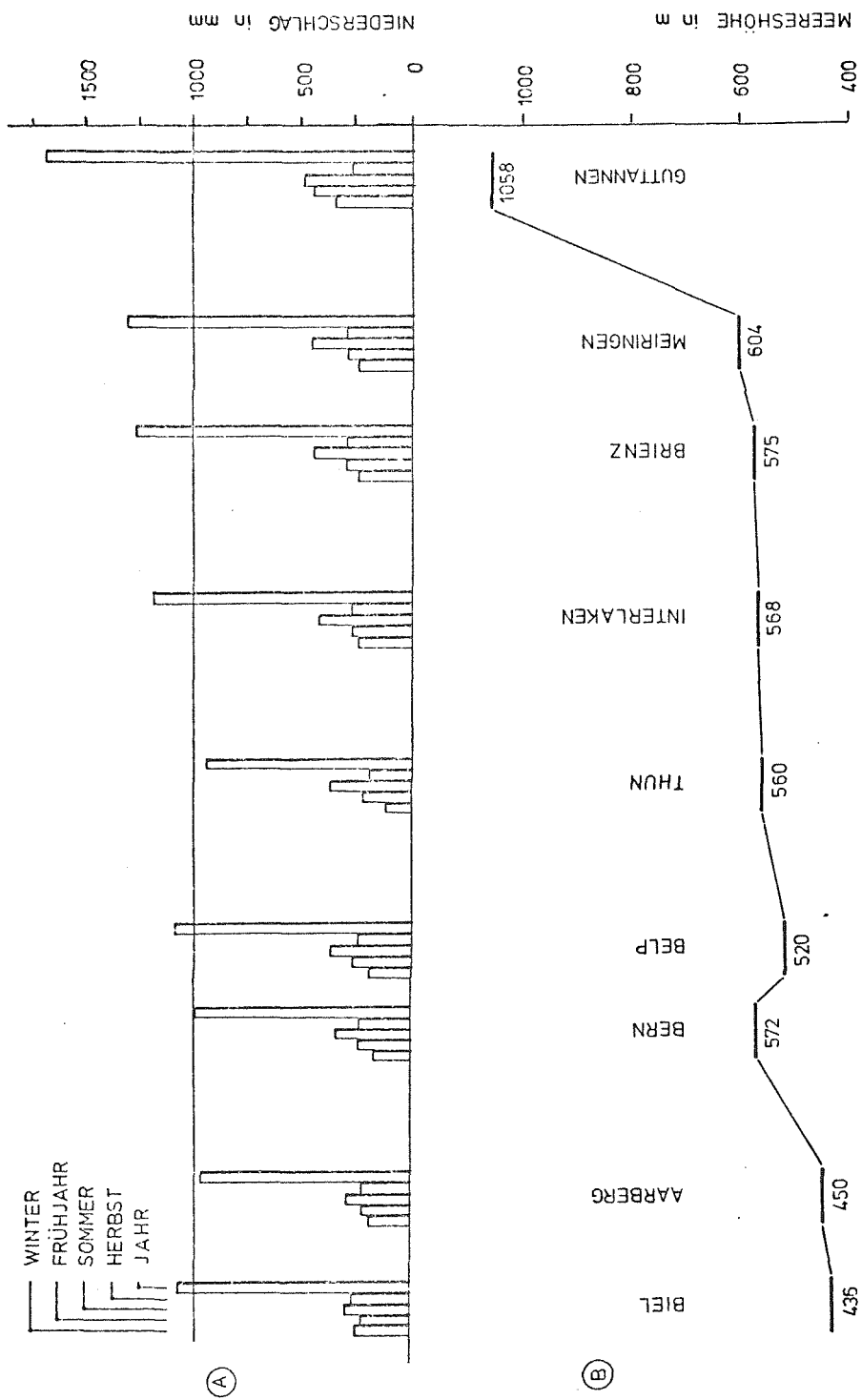
Dies geht auch aus Fig. 10 hervor, in der in einem Nord-Süd-Profil durch das Aaretal vom Jurasüdfuss bis zur Grimsel dargestellt wird, wie stark die Jahresniederschlagsmengen von der Höhenzunahme abhängen. Kleine Abweichungen von der mittleren Mengenzunahme lassen sich erkennen: Bern und Thun erhalten im Verhältnis zu ihrer Meereshöhe etwas zu wenig Niederschlag, Biel am Jurasüdfuss weist als einzige Station relativ hohe Winterniederschläge auf (EGLI 1975).

Die wichtigsten Ergebnisse der langjährigen Niederschlagsmessungen in Bern seien abschliessend kurz zusammengefasst:

Grosse Variabilität der Jahresniederschlagsmengen, wobei der Tiefstwert 60 % des Mittels von 1000 mm betragen kann, der Höchstwert aber um 70 % über diesem Mittel liegen kann. Eindeutig dominierend die Sommerniederschläge, höchste Niederschlagswerte und Anzahl Niederschlagstage in den Monaten Juni bis August. Keine Monatsniederschlags-

Fig. 10

NIEDERSCHLAG DER MZA STATIONEN AARETAL IM MITTEL ÜBER 70 JAHRE (1901 - 1970)



mengen über 300 mm, aber Monate ohne Niederschlag möglich. Im Mittel alle Monate 10 Niederschlagstage mit mindestens einem Millimeter Niederschlag, in allen Monaten des Jahres können aber auch mehr als 18 Niederschlagstage vorkommen. Niederschlagsicherster Monat ist der Juni, extremster Niederschlagsmonat der November. Tagesniederschläge von mehr als 40 mm selten, im Mittel höchstens einmal pro Jahr.

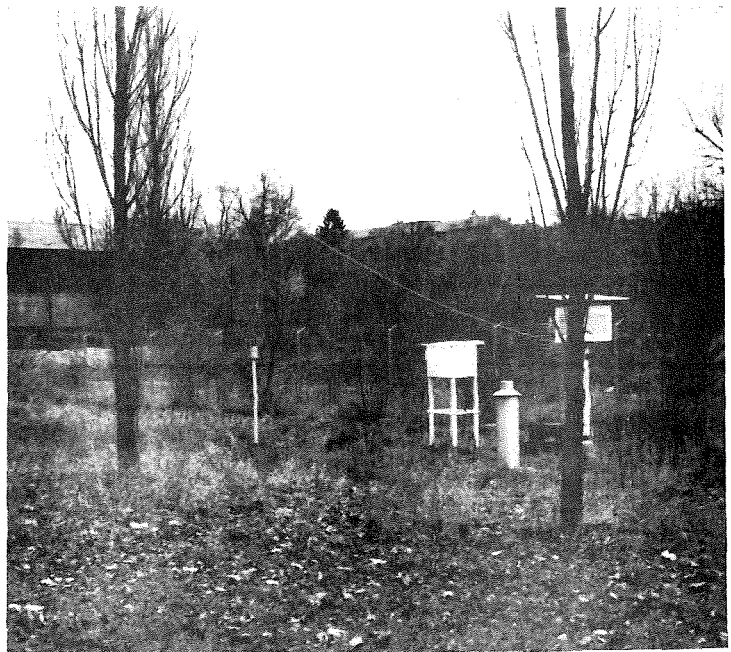


Abb. 2 Regionale Messstation Gaswerk Bern

III. KURZFRISTIGE NIEDERSCHLAGSMESSUNGEN IN DER REGION BERN

3.1. Das regionale Niederschlagsmessnetz 1972 - 1974

In der Region Bern wird vom Meteorologischen Observatorium der Universität Niederschlag seit längerer Zeit mit schreibendem Regensmesser registriert. Von dieser Basisstation ausgehend wurde vom Geographischen Institut im Winter 1972/73 ein regionales Niederschlagsmessnetz mit folgenden Prioritäten aufgebaut:

1. Integrierung bestehender Einrichtungen von Institutionen oder Privaten, zum Teil durch Uebernahme und Betreuung von Geräten, zum Teil durch Auswertung des gelieferten Datenmaterials.
 2. Montage der im Rahmen unseres Forschungskredites angeschafften Hellmann-Totalisatoren.
 3. Erweiterung des Messnetzes durch den Bau einfacher Regensammler.
- Die im Messnetz eingesetzten Geräte sind in Abb. 3 ersichtlich.

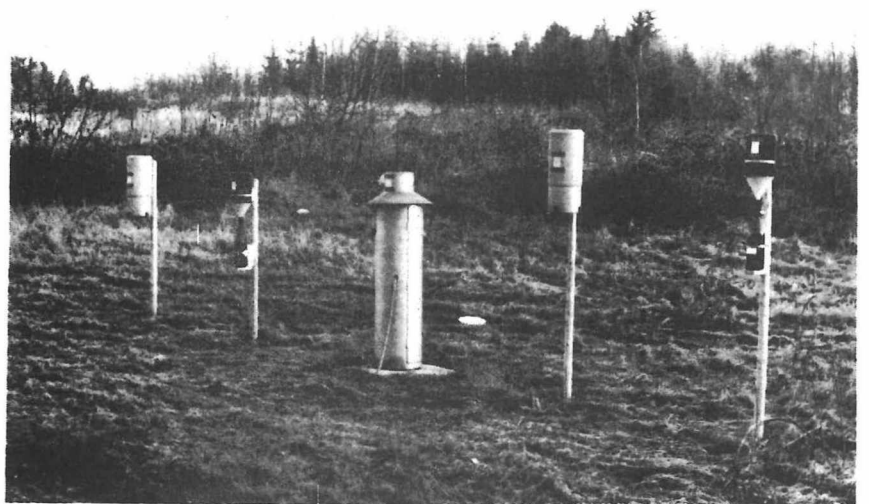
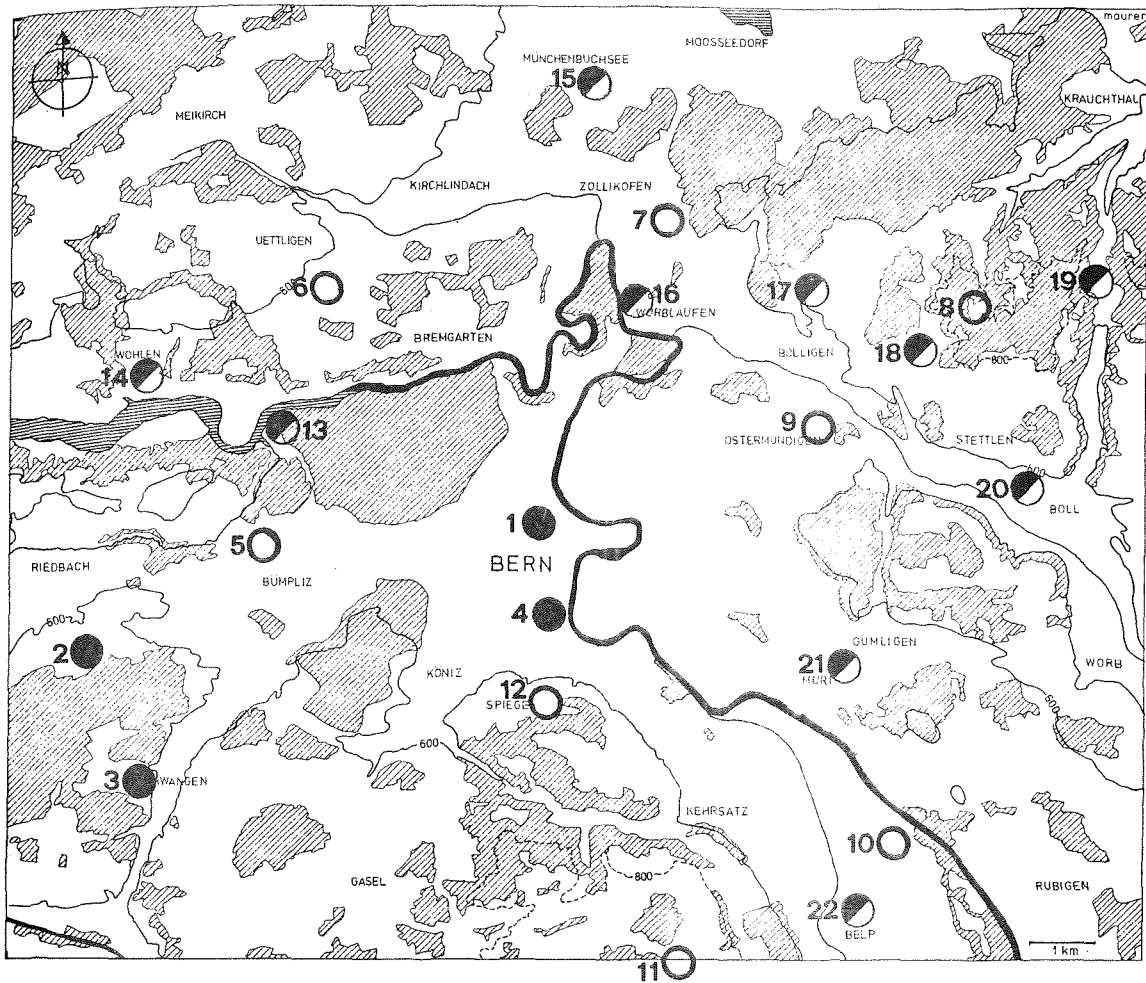


Abb. 3 Im regionalen Messnetz eingesetzte Niederschlagsgeräte

NIEDERSCHLAGSMESSNETZ BERN

Fig. 11



GERÄTE :

● PLUVIOGRAPHEN

STATIONEN :

1 MZA Bern Universität

2 Matzenried

3 Oberwangen

4 Gaswerk Marzili

○ TAGESTOTALISATOREN
HELLMANN

5 Brünnen Anstalt

6 Uetligen Schulhaus

7 Zollikofen Landw. Techn.

8 Bantiger Betriebsgebäude

9 Rörswil Gutsbetrieb Waldau

10 Belpmoos Flugplatz

11 Uecht Sternwarte Dr. Schaerer

12 Spiegel Reservoir

◐ REGENSAMMLER "KLIMUS"
EIGENBAU

13 Eymatt Bauernhof

14 Wohlen Landw. Genossenschaft

15 Münchenbuchsee Radio Schweiz

16 Worblaufen ARA Worblental

17 Bolligen Dorfzentrum

18 Bantigen Löschgerätemagazin

19 Lindenthal

20 Sinneringen Gärtnerei

21 Gümligen Tannacker

22 Belp Schiessstand

Bemerkungen zu den einzelnen Niederschlagsmessstellen:

Nr.*	Eingesetztes Gerät, Standortbeschreibung, Betreuung, Daten
1	Pluviograph im Garten des Romanischen Seminars der Universität Bern (MZA Station Bern), Betreuung durch Meteorologisches Observatorium, Streifen, Tageswerte von 0000 - 2400 Uhr**
2, 3	Pluviographen des städtischen Tiefbauamtes, Streifen, Tageswerte 0000 - 2400 Uhr
4	Pluviograph des Geographischen Institutes, Areal Gaspumpwerk Schönau (Abb. 1), Betreuung durch KLIMUS, zahlreiche Ausfälle durch technische Defekte, Streifen, Tageswerte 0000 - 2400 Uhr
5, 6, 9, 12	Totalisatoren Hellmann, Betreuung KLIMUS, Wochenwerte Montag - Montag, im Winter Proben mehrmals gefroren
7	Tagestotalisator Hellmann des Schweizerischen Landwirtschaftlichen Technikums Zollikofen, Tageswerte 0730 - 0730, während Ferien und über Festtage unsichere Messungen
8, 8a	Tagestotalisator Hellmann auf Dach Betriebsgebäude PTT der Fernsehanlage Bantiger, Betreuung durch KLIMUS, Wochenwerte Montag - Montag. Parallel dazu im Winter 1972/73 Tagestotalisator mit Windschutzring am Fernsehturm in ca. 50 m Höhe. Schwierigkeiten wegen Wind und Vereisung.
10	Tagestotalisator Hellmann, Betreuung durch Personal Flugplatz Belp. Tageswerte 0730 - 0730, sehr zuverlässige Messungen (Abb. 3).
11	Tagestotalisator Hellmann, Betreuung durch Herrn Vögeli unter Anleitung von Herrn Dr. h. c. W. Schaerer, Privatklimastation Uecht. Tageswerte 0730 - 0730, sehr zuverlässige Messungen.
13 - 22	Eigenbau Regensammler, Betreuung durch KLIMUS, Wochenwerte Montag - Montag

Bemerkungen:

- * Die Stationsnummern beziehen sich auf die Nummern im Messnetzübersichtsplan Fig. 11
- ** Verlegung der MZA Niederschlagsmessstation Bern:
Bis 1958 neben dem Meteorologischen Observatorium auf der Grossen Schanze. Vom 24.9.1958 bis 29.12.1961 im Garten des Geographischen Institutes, Falkenplatz 18. Vom 29.12.1961 bis 18.11.1970 vor dem Physikalischen Institut auf der Schanze. Ab 18.11.1970 am heutigen Standort im Garten des Romanischen Seminars an der Sidlerstrasse.

3.2. Messkampagnen

Fig. 12 gibt eine Uebersicht über den Messeinsatz der einzelnen Niederschlagsmessgeräte.

Ausgangspunkt für die Niederschlagsuntersuchung war die langjährige Messreihe der MZA Station Bern (A).

Die drei Pluviographen Bern, Matzenried und Oberwangen mit täglichen Messwerten wurden in einer 18-monatigen Vergleichsmessung zur Analyse der Witterungsbedingungen bei Niederschlag und der Niederschlagsstruktur verwendet. Durch technische Defekte ergaben sich bei allen drei Messgeräten leider Unterbrüche in den Messkampagnen (B).

Um eine erste Aussage über regionale Differenzen zu gewinnen, wurden mit einem Messnetz von acht Stationen 1973 während einem Jahr Wochenwerte gemessen (C). Die Erweiterung dieses Messnetzes auf 20 Stationen sollte während der Hauptniederschlagszeit Sommer 1973 weitere Anhaltspunkte über lokale Differenzen bringen (D).

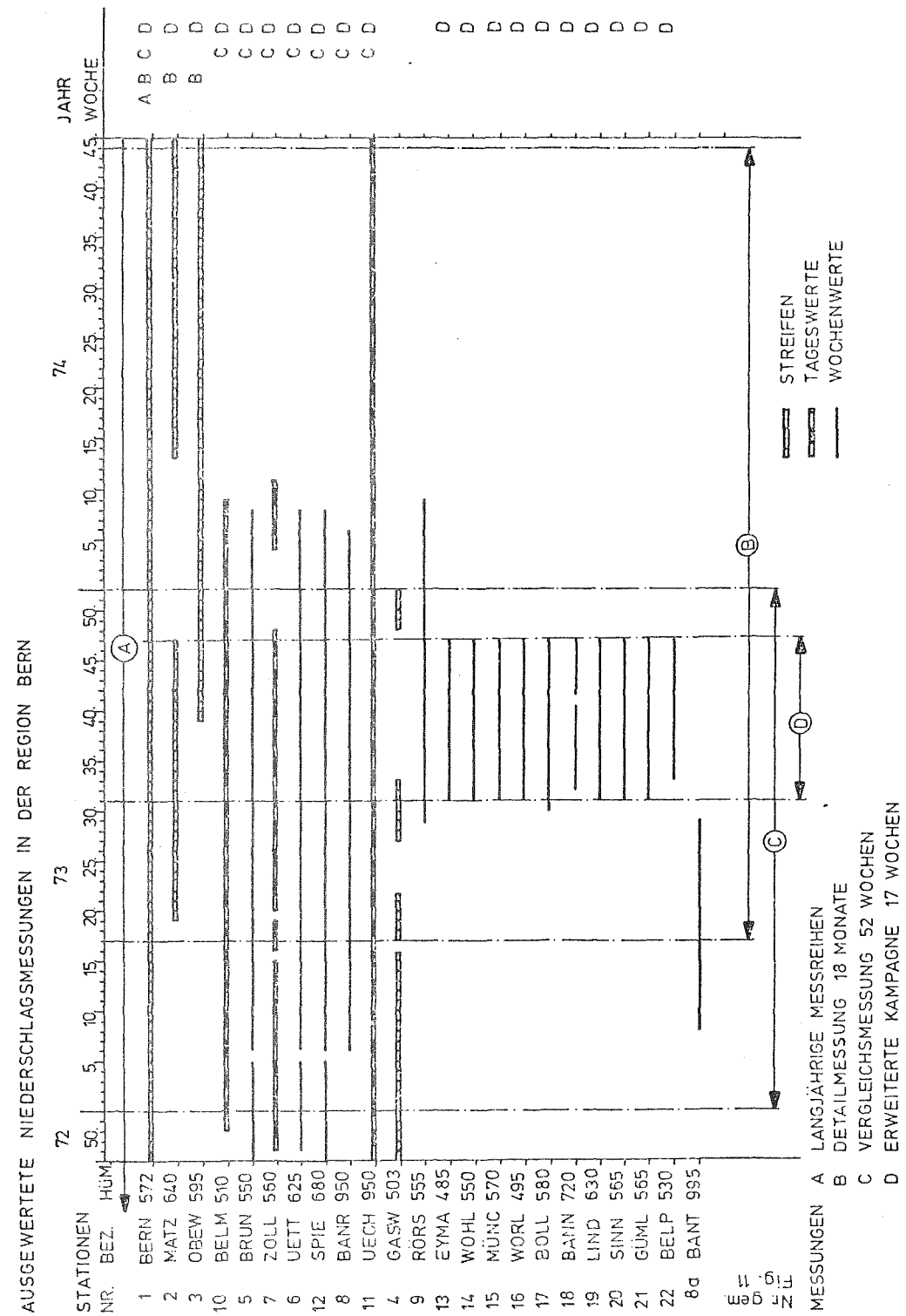


Fig. 12

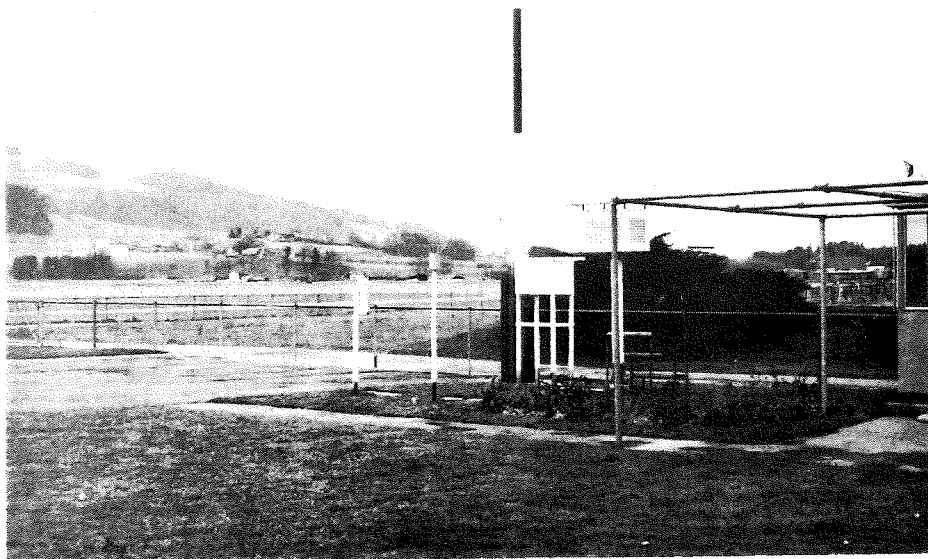


Abb. 4 Regionale Messstation Flugplatz Belpmoos

3.3. Charakterisierung der Hauptmessperiode 1972 - 1974

Um die in den nachfolgenden Kapiteln folgenden Ergebnisse einordnen und besser interpretieren zu können, müssen wir uns vorerst Rechenschaft über den Niederschlagsverlauf während dieser Messperiode geben.

In Fig. 13 ist das nachgeführte 50-jährige Mittel (1925 - 1974) der Monatsniederschläge in Bern dargestellt. Der effektive Verlauf des Niederschlagsgeschehens während der Messperiode ist als Ueberschuss oder Defizit zu diesem Mittel angegeben.

Anhand der Bewertungstabelle (Tab. 4) kann der Niederschlagsverlauf wie folgt beurteilt werden:

MONATSNIEDERSCHLAG MZA BERN NOV.73 - DEZ.74 IM VERGLEICH MIT DEM 50-JÄHRIGEN MITTEL (1925-1974)

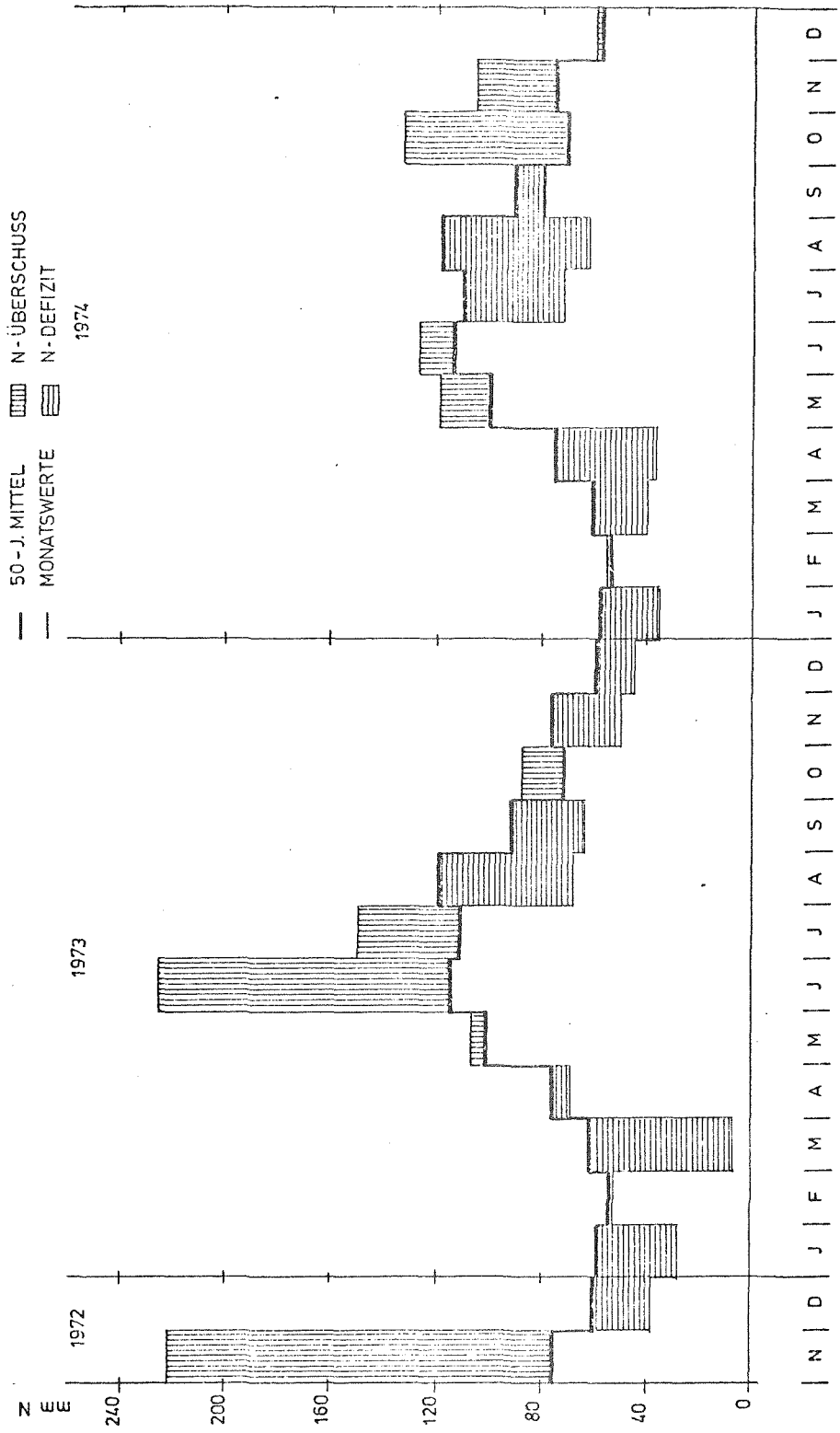


Fig. 13

sehr nass	November 1972 und <u>Juni 1973</u> mit neuem Monatsmengen- höchstwert für Bern seit 1901!
nass	Juli 1973, Oktober - November 1974
normal	Dezember 1972, Februar, April - Mai, September - Dezember 1973, Januar - März, Mai, Juni, Septem- ber und Dezember 1974
trocken	Januar und August 1973, April, Juli und August 1974
sehr trocken	März 1973

Von den 26 Monaten der Niederschlagsmessperioden waren somit 15 normal, 5 zu nass und 6 zu trocken.

3.4. Jahresniederschlag 1973 an 8 Stationen

1973 wurde während 52 Wochen an 8 Stationen des regionalen Messnetzes der Wochenniederschlag registriert (vgl. Messnetzübersicht Fig. 11, Stationen Nr. 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12). Diese Messungen sind mit der in Fig. 12 dargestellten Messkampagne C identisch. Die einzelnen Wochenwerte sind in Tab. A 7 im Anhang ersichtlich.

Fig. 15 gibt einen Ueberblick über das Niederschlagsgeschehen in unserer Region während dem Jahr 1973. Die Bedeutung der Sommerniederschläge lässt sich auch hier klar erkennen. Die 25. Woche (18. - 24. Juni 1973) fällt mit ausserordentlich hohen Niederschlagswerten auf. In dieser einzigen Woche fiel mehr Niederschlag als in den ersten 16 Wochen des Jahres zusammen. In Fig. 14 sind in den einzelnen Wochen gemessene Höchst- und Tiefstwerte sowie gleichzeitig im Messnetz registrierten absoluten Differenzen aufgetragen.

Die grösste Differenz innerhalb der Messphase 1973 tritt in der 25. Woche (18. - 24.6.1973) auf. Da in dieser Woche sehr hohe Niederschlagswerte registriert wurden, kommt diesem Betrag der absoluten Differenz keine allzugrosse Bedeutung zu. Abgesehen von dieser Spitze weisen die 15., 31. und 49. Woche Differenzen innerhalb des Messnetzes von mehr als 30 mm in der Woche auf.

JAHRESGANG DER WÖCHENTLICHEN N-MAXIMA, -MINIMA, -DIFFERENZEN IM MESSNETZ REGION BERN

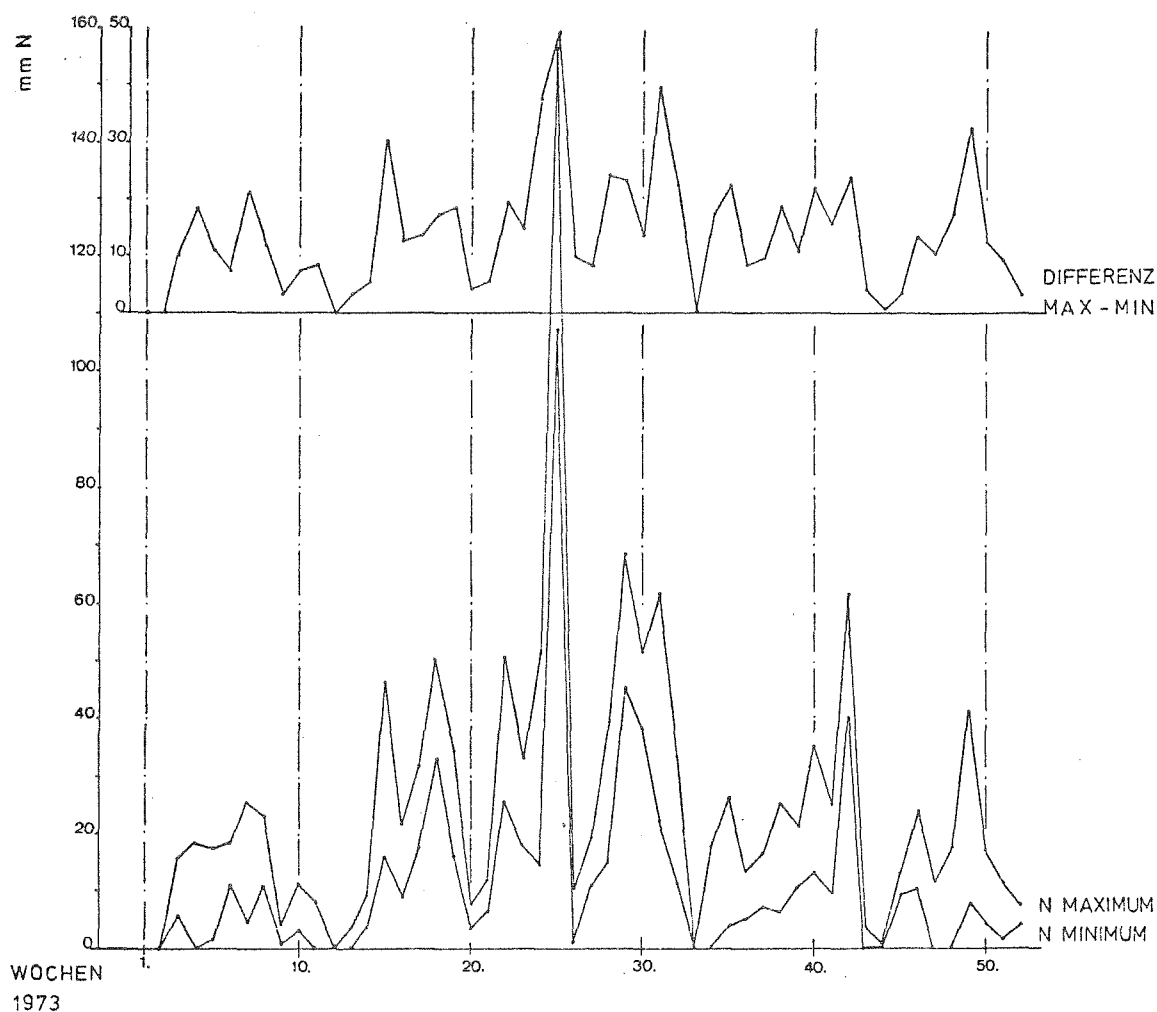


Fig. 14

In der 15. Woche (9. - 15.4.) fiel in der Region Bern während fast der ganzen Woche eine beträchtliche Schneemenge aus labiler Nordostlage. Die grosse Differenz innerhalb der Region ist darauf zurückzuführen, dass die Höhenstationen Bantiger, Uecht und Spiegel erheblich mehr Schnee erhielten als die tiefer gelegenen Stationen (vgl. auch Kap. 6, Schneelagenkarte).

In der 31. Woche fiel das heftige Gewitter vom 1. August 1973 mit massiven Niederschlägen im Nordwesten der Stadt Bern, die lokal zu beträchtlichen Schäden führten (Ueberschwemmungen im Raum Bethle-

WOCHEN-NIEDERSCHLAGSSUMMEN

1.- 52.WO 1973

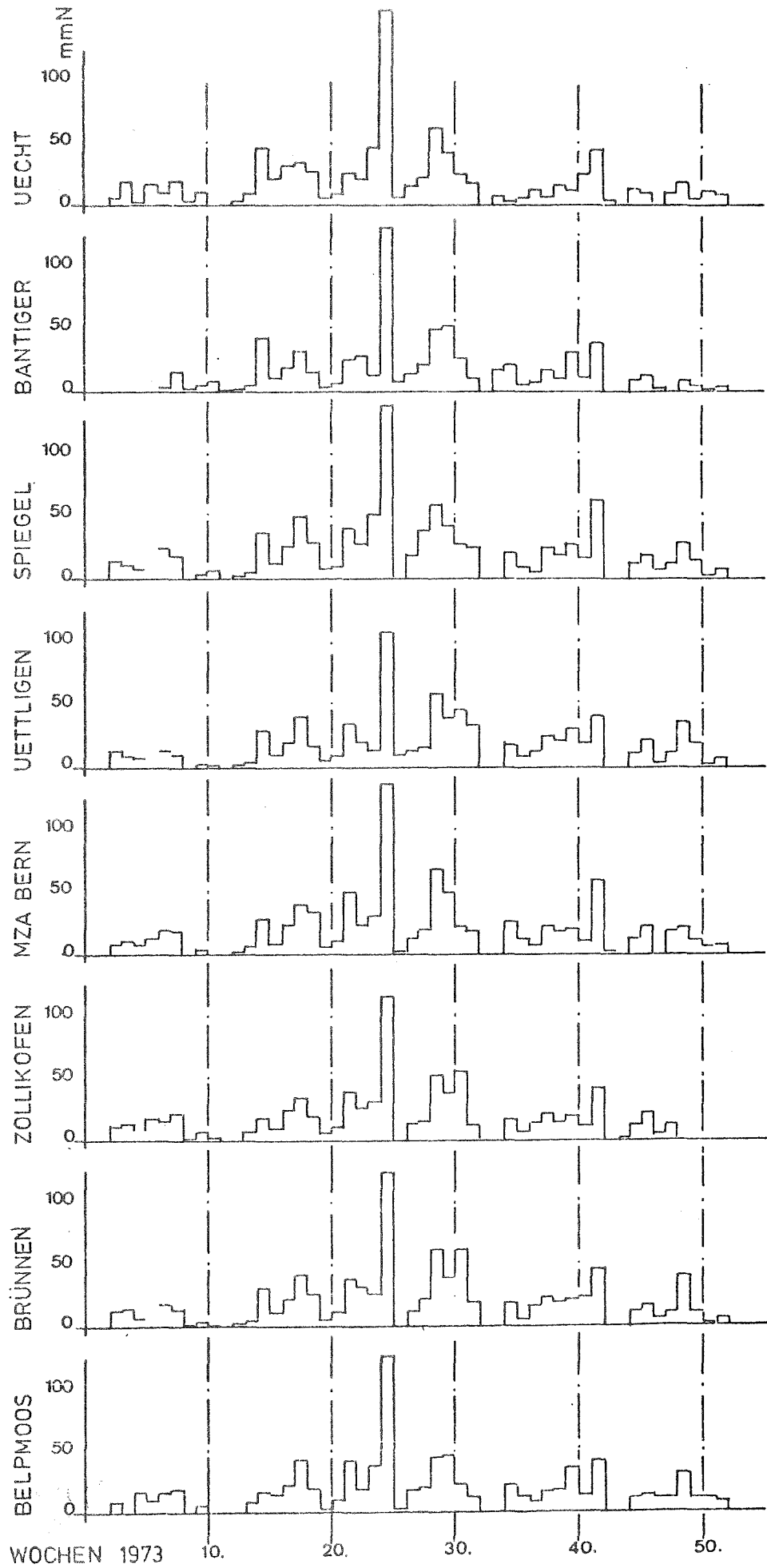


Fig. 15

hem - Stöckacker - Bümpliz). In dieser Woche sind die Differenzen zwischen den nordwestlich und südöstlich der Stadt gelegenen Stationen besonders gross (vgl. Fig. 20).

Die 49. Woche war geprägt durch den mit böigen Winden begleiteten Durchzug heftiger Einbruchschauer (3. - 9.12.). Dies führte dazu, dass die Höhenstationen Uecht und Bantiger in ihrer Kammlage wesentlich weniger Niederschlag registrierten als die übrigen Stationen.

Diese drei Beispiele grosser Differenzen der Wochenniederschläge in der Region Bern lassen erste Hinweise auf Verteilungsgesetzmässigkeiten erkennen:

1. Bei Schneefall erhalten die Höhenstationen über 800 m erheblich mehr Niederschlag als die Stationen in der Ebene oder im Talgrund. Im Messnetz tritt eine positiv vertikale Differenz auf.
2. Heftige Gewitter an den Hügeln am Rande des Berner Beckens führen dazu, dass auch zwischen tief gelegenen Stationen beachtliche Differenzen auftreten. Im Messnetz treten horizontale Differenzen auf.
3. Heftige Schauer in Begleitung böiger Winde führen dazu, dass in Kammlagen weniger Niederschlag registriert wird. Im Messnetz tritt eine negativ vertikale Differenz auf.

Die Fälle 1 und 2 dürften für die Berner Region typisch sein. Fall 3 dagegen ist eher ein Problem der Niederschlagsmessung. Die Differenzen in diesem Falle dürften darauf zurückzuführen sein, dass die Totalisatoren der Stationen in Kammlage bei starkem Wind weniger Niederschlag auffangen.

In Fig. 16 sind für die einzelnen Wochen die relativen Differenzen zur Niederschlagsmenge der MZA Station Bern aufgetragen. Die jeweilige Niederschlagsmenge der Stadt ist dabei mit 100 % eingesetzt. Tab. 7 gibt eine Uebersicht über die Grössenordnung der wöchentlichen Abweichungen der einzelnen Stationen vom Wochenniederschlagswert der Stadt Bern.

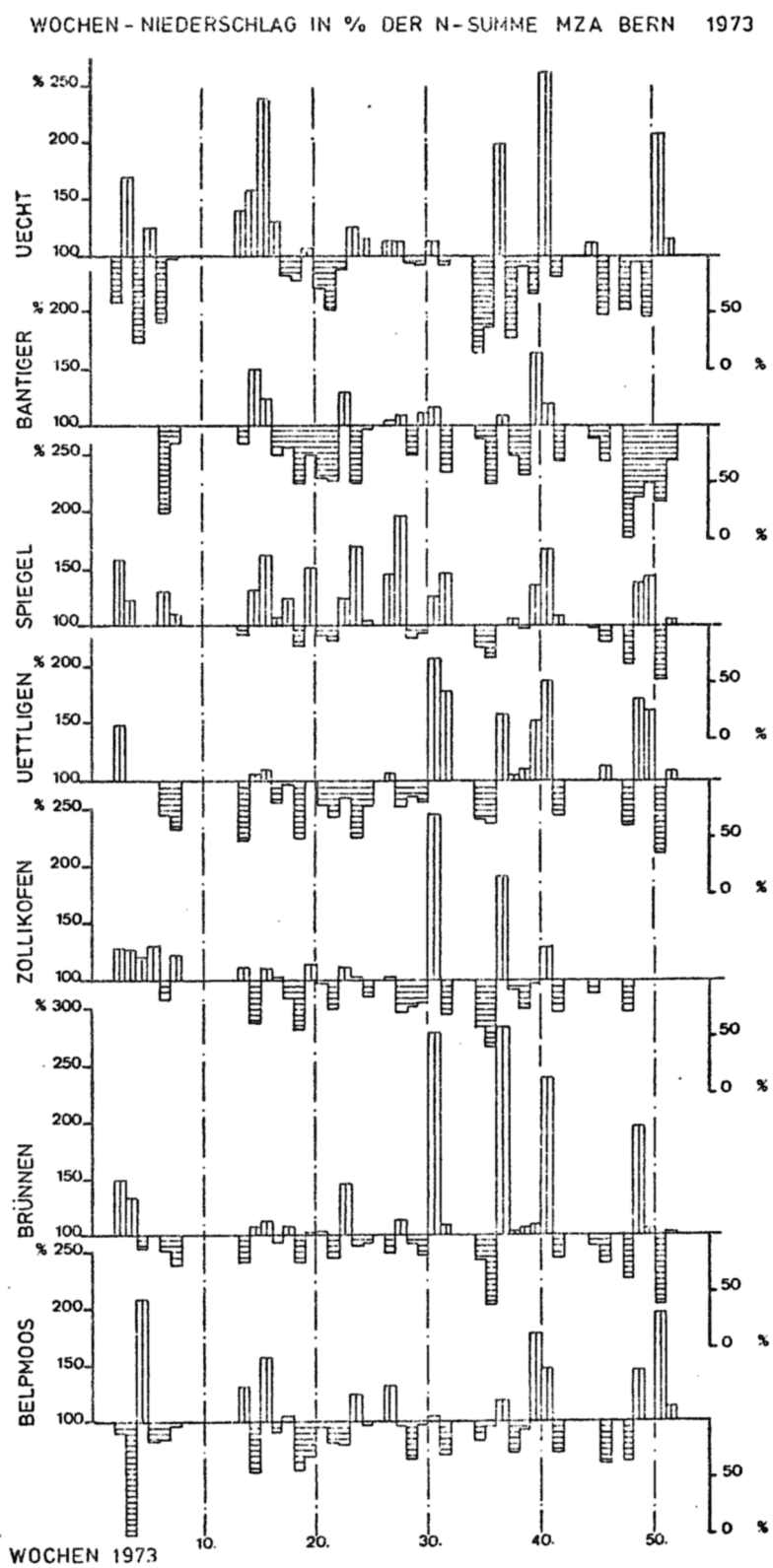


Fig. 16

Tab.7 Zusammenstellung der Abweichungen der wöchentlichen Niederschlagsmengen einzelner Stationen der Region Bern im Verhältnis zum Wochenniederschlag der MZA Station Bern (1973).

Anzahl Wochen mit Abweichungen von :		Stationen : (Nr gemäss Messnetzübersicht Fig.11)						
		8 Bantiger	11 Uecht	6 Uetligen	7 Zollikofen	5 Brünnen	10 Belpmoos	12 Spiegel
innerhalb	+ 10 %	23	22	24	25	29	26	28
kleiner als	- 10 %	23	15	18	16	14	15	7
kleiner als	- 50 %	7	7	3	1	2	1	0
grösser als	+ 10 %	6	15	10	11	9	11	17
grösser als	+ 50 %	1	6	7	2	4	4	6

Die beiden Höhenstationen Bantiger (8) und Uecht (11) weisen unterschiedliche Verhältnisse auf. Beide haben etwa gleichviel Wochenwerte mit nur geringer Abweichung von den Stadtniederschlägen. Der Bantiger weist dann aber entschieden mehr tiefe Wochenwerte auf als Uecht. Eine Interpretation dieser Differenz ist schwierig, da bei der Messstelle Bantiger messtechnische Schwierigkeiten (Kammlage, Windeinfluss) mitspielen dürften.

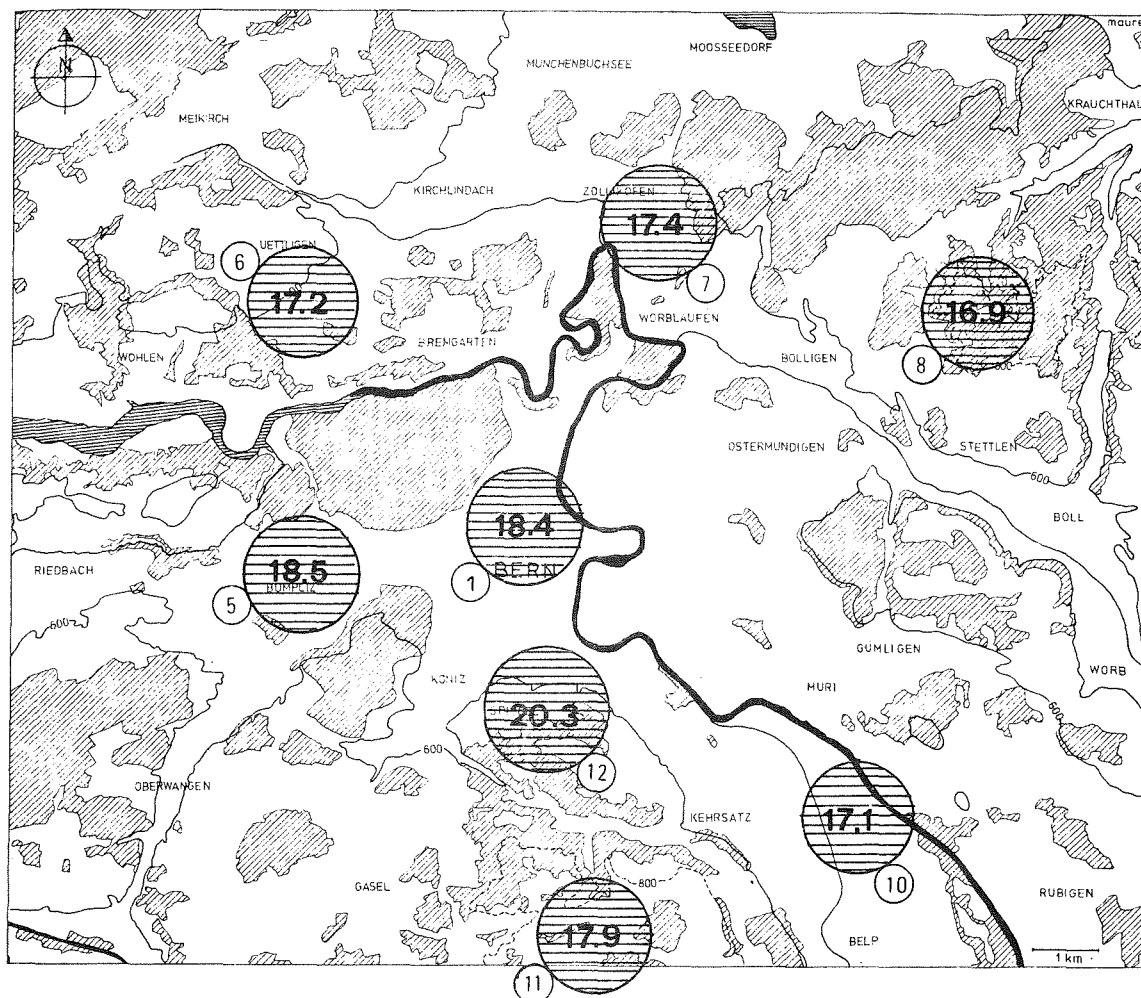
Uetligen (6) weist 18 Wochenwerte im Grössenbereich der städtischen Niederschläge auf. Während 16 Wochen bleiben die Werte deutlich unter denjenigen der Stadt. Aus dieser Zusammenstellung lässt sich bereits erkennen, dass Uetligen gesamthaft gesehen doch merklich weniger Niederschlag als das Stadtgebiet erhält.

Die drei peripheren Stationen Zollikofen (7) im Nordosten, Brünnen (5) im Westen und Belpmoos (10) im Südosten des Stadtgebietes weisen sehr ähnliche Beziehungen zu den Stadtniederschlägen auf. Sowohl bei den Werten gleicher Grössenordnung (+, - 10%), wie auch bei den tieferen und höheren Werten zeigen diese drei Stationen vergleichbare Wochenzahlen.

Gesamthaft gesehen zeigen auch diese drei Stationen eher eine Tendenz zu geringeren Niederschlagswerten im Vergleich zur Stadtstation, die Differenzen sind aber doch weniger ausgeprägt als dies bei Uetligen der Fall ist. Die Tatsache der leicht überhöhten Niederschlagsmengen im Stadtgebiet gegenüber dem Umland wird in Kap. 3.6. noch genauer analysiert. Am ausgeglichensten gegenüber der Stadt ist das

MITTLERER WOCHENNIEDERSCHLAG in mm

REGION BERN 1973



⑲ STATIONSNUMMER (gemäss Messnetzübersicht Fig. 11)

Fig. 17

Niederschlagsgeschehen erwartungsgemäss in Brünnen, das nur wenige Kilometer westlich der MZA Station auf praktisch demselben Höhen-niveau liegt (vgl. Fig. 17).

3.5. Vergleichsmesskampagne mit 20 Messstationen August - November 1973

Um zusätzliche Informationen über regionale Differenzen in der Niederschlagsverteilung zu erhalten, wurde im Spätsommer 1973 mit 20 Niederschlagsmessgeräten während 17 Wochen der Wochenniederschlag gemessen.

Diese Messungen entsprechen der Messkampagne D in Fig. 12 (vgl. auch Messnetzübersicht Fig. 11). Die einzelnen Wochenwerte sind im Anhang in Tab. A 8 ersichtlich.

Die graphische Darstellung der gemessenen Niederschlagswerte in Fig. 18 zeigt, dass die Mittelwerte der Wochenniederschläge über die Messperiode relativ ausgeglichen sind, wogegen bei den Maximalwerten erhebliche Unterschiede festgestellt werden können.

Der tiefste Mittelwert wurde in Gümligen mit 10,4 mm, der höchste in Uettligen mit 17,4 mm registriert. Die Standardabweichung der 20 Mittelwerte beträgt 2,4 mm, der höchste Mittelwert liegt um 7 mm über dem tiefsten Mittelwert.

Bei den Maximal-Wochenniederschlägen beträgt die Standardabweichung 9,9 mm, hier liegt der Höchstwert um 31,4 mm über dem tiefsten Maximum. Dies zeigt an, dass über mehrere Wochen betrachtet, das Niederschlagsgeschehen in unserer Region relativ ausgeglichen ist. Bei bestimmten Niederschlägen können aber auf engstem Raum ganz erhebliche Differenzen auftreten. Dies ist vor allem bei heftigen Gewitterniederschlägen der Fall. In Fig. 20 ist ein derartiges Beispiel dargestellt.

Die hier erwähnten Ergebnisse konnten zum Teil bereits bei der Auswertung der Jahreswerte in Kap. 3,4 erkannt werden. Die Darstellung der geographischen Verteilung der Wochen-Mittelwerte in Fig. 9 verdeutlicht die Niederschlagsverteilung in unserer Region und lässt zusätzliche Details erkennen.

17 WOCHEN - MESSKAMPAGNE 73
1.8. - 25.11.73

VERGLEICH DER NIEDERSCHLAGSMENGEN REGION BERN

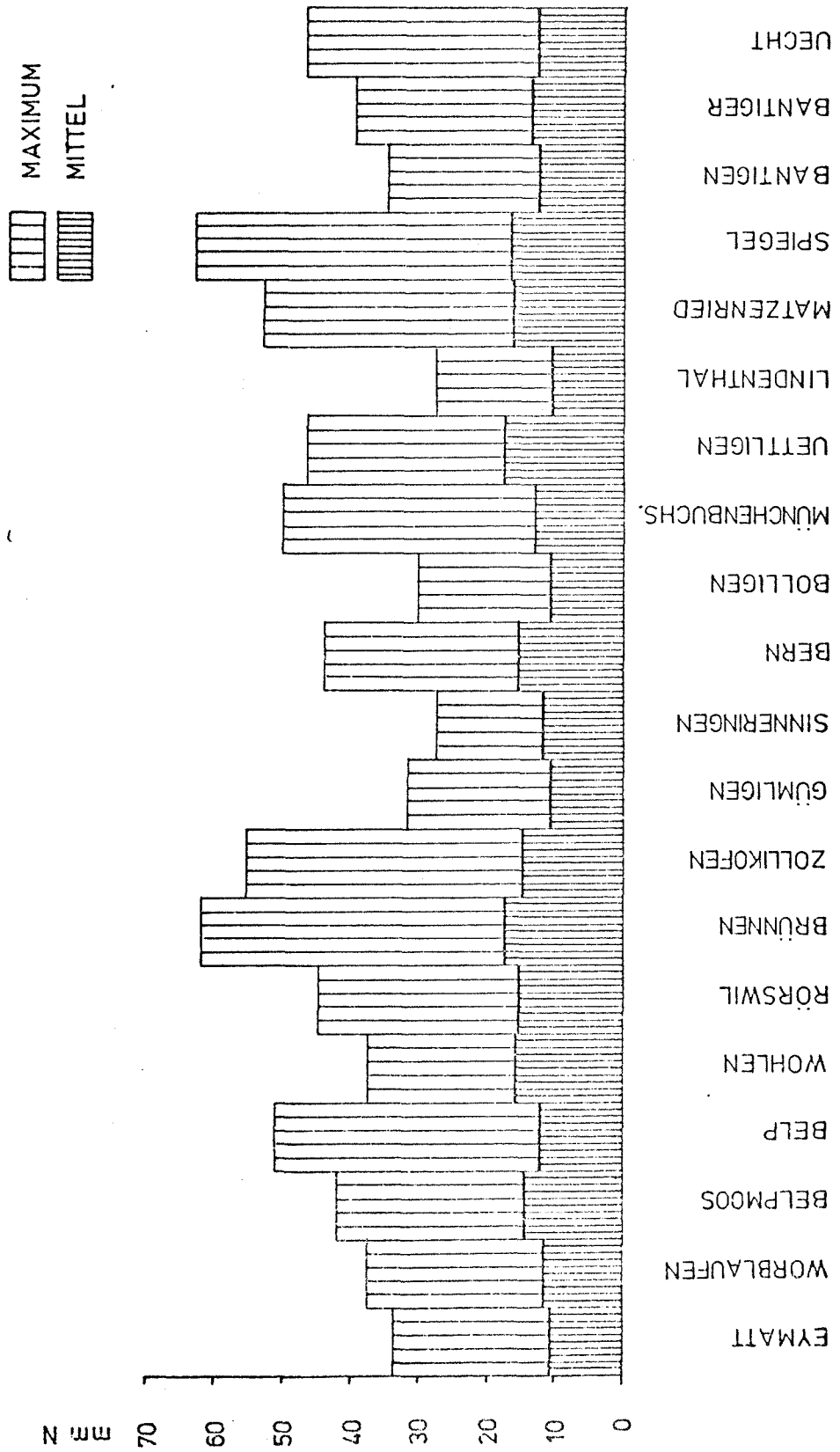
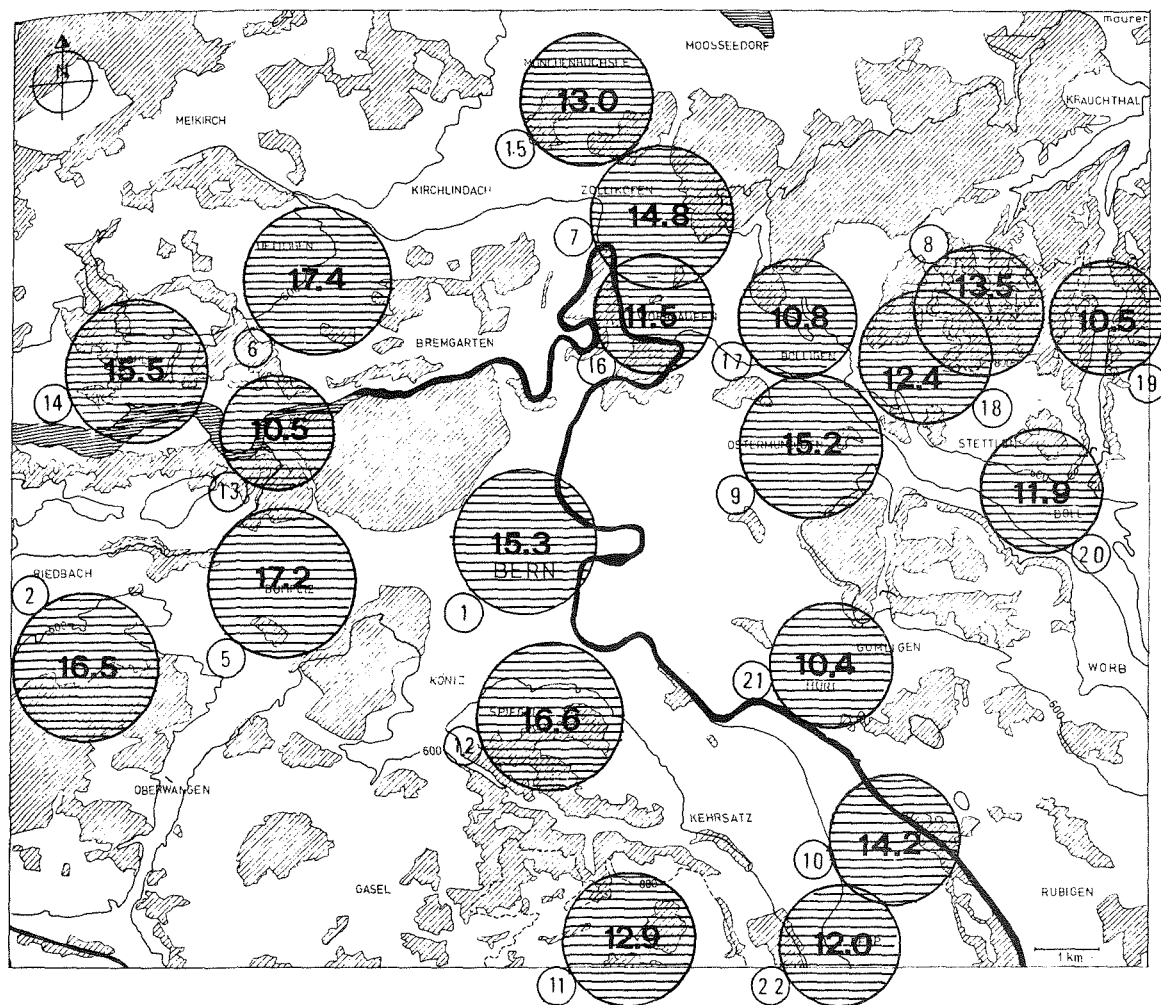


Fig. 18

MITTLERE WOCHENNIEDERSCHLAGSMENGE in mm

REGION BERN – 1.8. – 25.11.73



⑲ STATIONSNUMMER (gemäss Messnetzübersicht Fig.11)

Während der 17-wöchigen Messkampagne vom 1.8. – 25.11.1973 wurden an der MZA Station Bern 254,5 mm Niederschlag gemessen. Die Monate August (67,4 mm) und September (63,7 mm) waren gegenüber dem langjährigen Mittel (vgl. Tab. 4) zu trocken, der Monat Oktober (89,6 mm) etwas zu nass und der November (50,5 mm) fast normal.

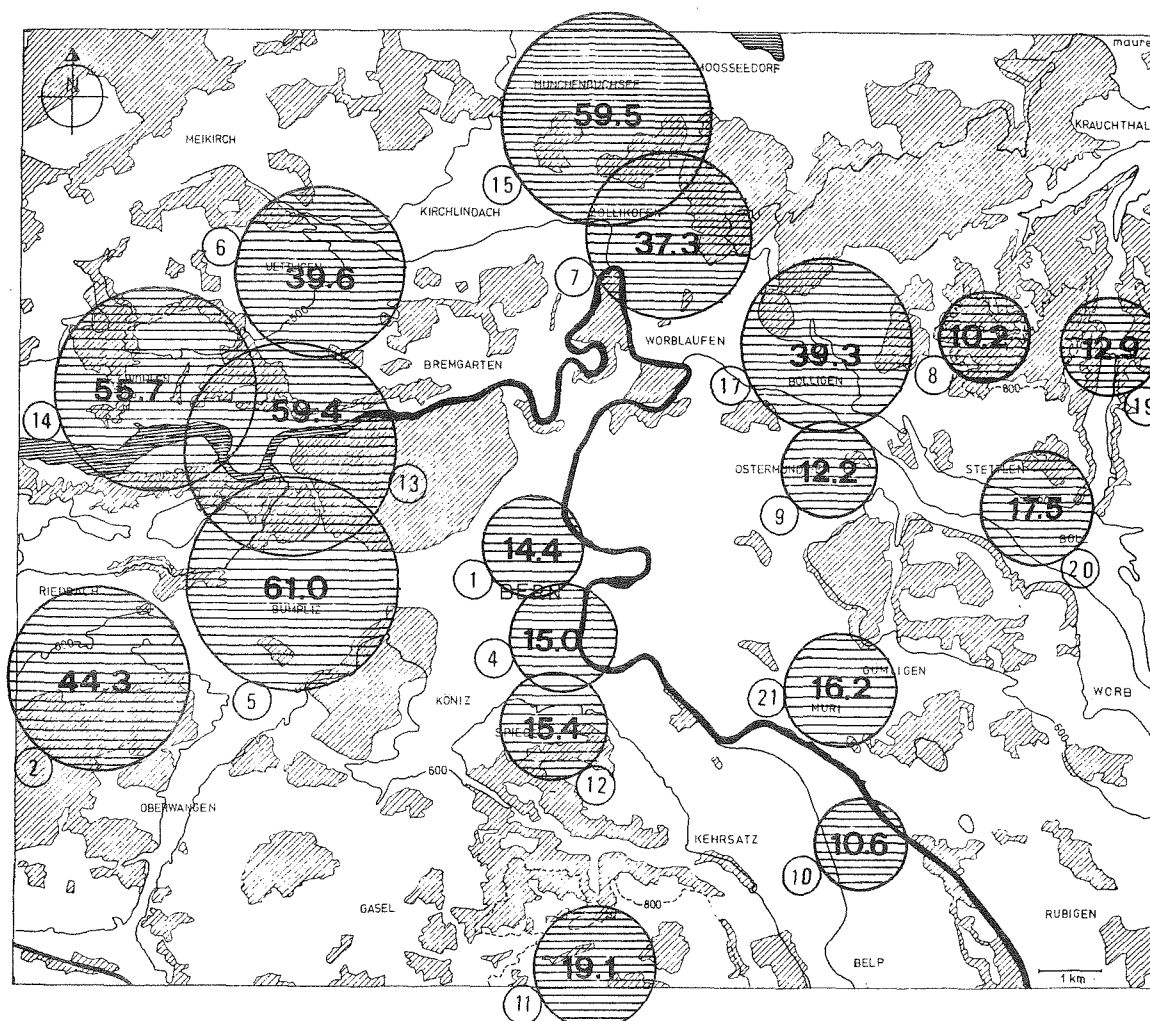
Während der Messperiode wurden in der Region Bern acht Gewitterniederschläge registriert. Das Gewitter vom 1. August 1973 war dabei im Westen der Stadt besonders heftig. (vgl. Fig. 20). Am 6. November (45. Messwoche in Tab. A 7) fiel in Bern der erste Schnee.

Die in Fig. 19 dargestellten Verhältnisse dürften daher ein recht gutes Bild der Herbstniederschlagsverhältnisse in unserer Region geben. Zwei Zonen fallen durch relativ hohe Niederschlagswerte auf:

1. Südhang des Frienisbergplateaus im Nordwesten des Stadtgebietes mit den Stationen Wohlen (14), Uettligen (6), Zollikofen (7) und Münchenbuchsee (15).
2. Fusszone der Hügelzüge im Süden und Südwesten der Stadt einschliesslich Stadtgebiet mit den Stationen Matzenried (2), Brünnen (5), Bern (1) und Spiegel (12).

Im Raum Bantiger im Nordosten der Stadt lässt sich ein Luv-Lee-Effekt erkennen. Bei einem Höhenunterschied von nur 70 m beträgt die mittlere Niederschlagsdifferenz zwischen den Stationen Rörswil (9, 555 müM) und Lindenthal (19, 630 müM) im Osten der fast 1000 m hohen Erhebung des Bantigers um 50 %.

NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG BEIM GEWITTER VOM 1.8.1973 in mm



(29) STATIONSNUMMER (gemäss Messnetzübersicht Fig. 11)

Fig. 20

Als relativ trockene Gebiete zeichnen sich das Aaretal im Raum Muri - Gümligen (Station Gümligen, 21), das Worblental (Station Sinneringen, 20) und der unterste Teil des Gürbetals (Station Belp, 22) ab.

Die beiden tief gelegenen Messstellen Eymatt (13) und Worblaufen (16) an der Aare weisen überraschend tiefe Werte auf.

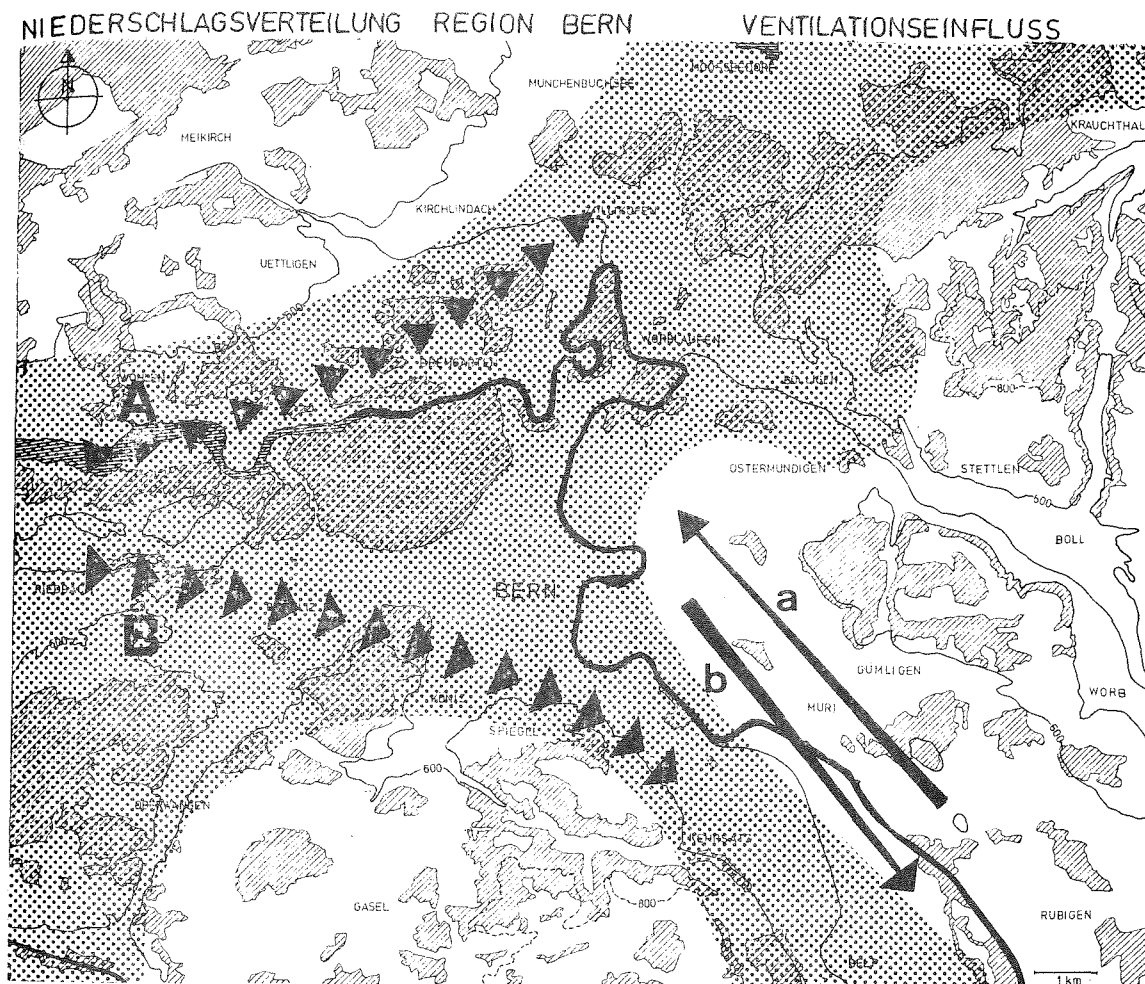


Fig. 21

Fig. 21 stellt einen Versuch zur Interpretation der in den Fig. 18 und 19 dargestellten regionalen Verteilungen dar.

Zum besseren Verständnis der Verhältnisse sei dabei auf die im Beitrag 2 (BEITRÄGE ZUM KLIMA DER REGION BERN) dargestellten Ventilation der Region Bern hingewiesen.

Die in Fig. 18 dargestellten Verteilungsverhältnisse beziehen sich vorwiegend auf zyklonale Einbruchschauer und zyklonale Aufgleitniederschläge aus Richtung Südwest bis West (vgl. Kap. 4) sowie Gewitterniederschläge.

Die aus den Richtungen West-Südwest aus der Wohlenseesenke oder dem Gebiet Forst - Wangental einfallenden Niederschlagsfronten treffen im Westen des Stadtgebietes auf die Aareventilation. Durch die im Aaretal herrschende, quer zur Mittellandzirkulation stehenden Windsituation, werden die niederschlagsbringenden Luftmassen im Stadtgebiet oft aus ihrer Südwest-Nordost-Richtung abgedrängt. Bei schwachem Talwind oder gar Bergwind im Aaretal (a in Fig. 21) ziehen die Niederschlagsfronten oft im Nordwesten der Stadt vorbei (A in Fig. 21). Durch die vor allem im späteren Nachmittag oft recht heftigen Talwinde im Aaretal (b in Fig. 21) werden die Niederschlagsfronten und auch die sich oft an den Hügelzügen im Südwesten der Stadt (Ulmizberg, Gurten) bildenden Gewitter ins untere Aaretal hineingezogen (B in Fig. 21). Im Gebiet Spiegel - Kehrsatz - Belpmoos entladen sich dadurch häufig heftige Niederschläge.

Die sich abbildenden relativ trockenen Gebiete im östlichen Aaretal, Worblental und am Ausgang des Gürbetals lassen sich durch Abschirmungseffekte der im Südwesten dieser Gebiete liegenden Höhenzüge erklären (Höhenrücken Ulmizberg - Gurten - Längenberg im Süden der Stadt, Höhenrücken Ostermundigenberg - Dentenberg zwischen Aaretal und Worblental).

Wie weit sich die überraschend tiefen Werte der am Aarelauf im relativ tief eingeschnittenen Aaregraben gelegenen Stationen Eymatt und Worblaufen ebenfalls durch Abschirmungswirkungen erklären lassen, kann aufgrund des vorhandenen Datenmaterials nicht einwandfrei erklärt werden.

Sowohl die mit nur acht Stationen durchgeführten Jahresmessungen (Kap. 3.4.) wie auch die in diesem Kapitel dargestellten Messergebnisse zeigen an, dass in der Region Bern die das Berner Becken umrandenden Höhenzüge doch einen recht wesentlichen Einfluss auf die Niederschlagsverteilung haben. Die besonderen Windverhältnisse des im Raum Bern ins Mittelland ausmündenden Aaretals dürften ebenfalls von erheblicher Bedeutung sein.

3.6. Niederschlagsdifferenzen zwischen Stadtgebiet und Umland

Lassen sich mittels kurzfristiger Niederschlagsuntersuchungen Differenzen in der Niederschlagsverteilung zwischen Stadtgebiet und Umland nachweisen? Diese Frage, auf die Stadtregion Bern bezogen, bildet den Ausgangspunkt zu den nachfolgenden Ueberlegungen.

Vorerst sei die Frage näher untersucht, welchen Einfluss die Stadt als überbautes Gebiet überhaupt auf die Niederschläge haben kann. Im "Report of the Study of man's Impact on Climate" (WILSON, MATTHEWS 1971) werden als mögliche Beeinflussungsgrössen aufgezeigt:

- grössere Rauigkeit der Bodenoberfläche durch Ueberbauungen
- erhöhte Thermik im Stadtgebiet durch grosse Beton- und Asphaltflächen
- Ausbreitung einer Wärmeglocke über dem Stadtgebiet
- veränderte Feuchtigkeitsverhältnisse durch Asphaltierung des Bodens und Ableitung der Niederschläge
- veränderte Strahlungsverhältnisse durch Trübungseffekte über der Stadt
- Belastung der Luftmassen durch Verschmutzungen aller Art, insbesondere durch Aerosole, Gase und Schwebestaub

LANDSBERG (1970) gibt als Mittelmass für den Einfluss städtischer Gebiete auf das Niederschlagsgeschehen an:

- Zunahme der Niederschlagsmenge um 5 - 10 %
- Zunahme der Tage mit weniger als 5 mm Niederschlag um 10 %
- Zunahme des Schneefalls um 5 %

HUFF, CHANGON (1973) zeigen am Beispiel mehrerer nordamerikanischer Städte, dass die Sommerniederschläge durch Stadteinflüsse sogar um 17 % zunehmen können (erhöhte Gewittertätigkeit). MALKOWSKI (1962) dagegen hat in Berlin festgestellt, dass durch Stadteinfluss bedingte Konvektionsniederschläge nur bei ganz bestimmten Wetterlagen auftreten können und nicht von allzugrosser Bedeutung sind. KALB (1961) zeigt am Beispiel Kölns, dass Gewitterregen und starke Schauer über dem Stadtgebiet andere Verteilungen aufweisen als schwache Schauer und Aufgleitniederschläge.

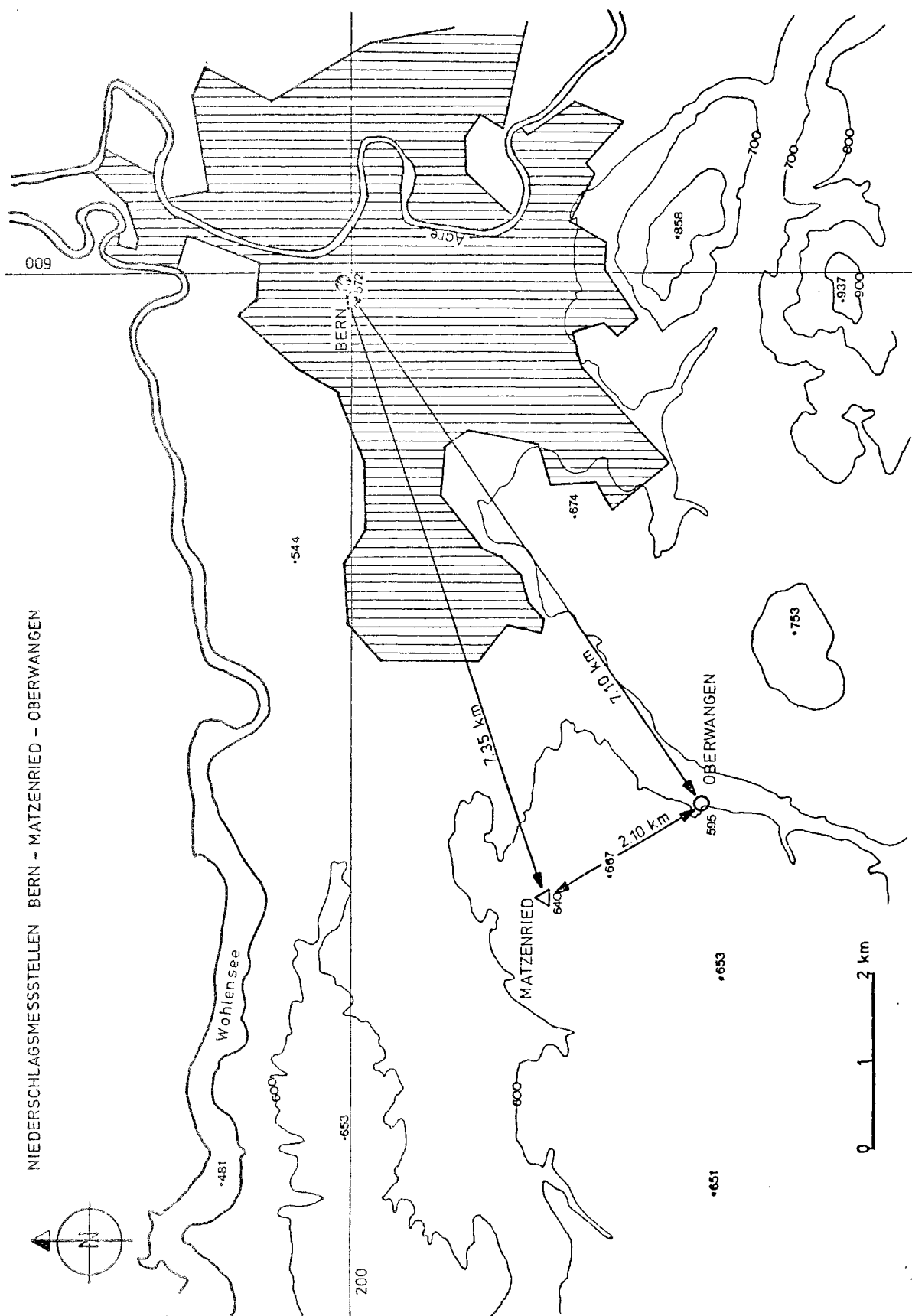


Fig. 22

Wie weit lassen sich ähnliche Aussagen auch für unsere Stadtregion erkennen? Die nachfolgenden Untersuchungen, die diese Frage zum Thema haben, wurden mit folgendem Datenmaterial durchgeführt:

- Streifen der täglichen Niederschlagsregistrierungen des Meteorologischen Observatoriums der Universität Bern während 18 Monaten (1.5. - 31.11.1974)
- Monatsstreifen des Pluviographen Matzenried während 14 Monaten (1.5. - 31.11.1973 und 1.4. - 31.10.1974)
- Monatsstreifen des Pluviographen Oberwangen während 12 Monaten (1.10. - 31.11.1973 und 1.1. - 31.10.1974)

Tabelle 8

Auswertung der täglichen Niederschlagsmengen der Stationen Bern, Matzenried und Oberwangen

Mai 73 - Oktober 74

Monat	Bern						Matzenried						Oberwangen					
	E	D	DE	M	ME	MI	E	D	DE	M	ME	MI	E	D	DE	M	ME	MI
Mai 73	27	5045	187	98.0	3.6	0.019	29	4520	156	94.6	3.3	0.021						
Jun	15	4965	331	222.4	14.8	0.045	16	5000	313	184.6	11.5	0.037						
Juli	31	3895	126	147.3	4.8	0.038	30	3550	118	135.8	4.5	0.038						
Aug	14	1610	115	64.0	4.6	0.040	15	1430	95	101.6	6.8	0.071						
Sep	12	2050	171	63.3	5.3	0.031	15	1670	111	64.9	4.3	0.039						
Okt	18	2795	155	80.5	4.5	0.029	20	2695	135	90.8	4.5	0.034	19	3210	169	79.1	4.5	0.025
Nov	17	3965	233	47.2	2.8	0.012	12	2670	223	28.9	2.4	0.011	15	2905	194	35.6	2.4	0.012
Dez	18	2630	146	37.2	2.1	0.014												
Jan 74	12	2115	176	24.6	2.1	0.012							24	3360	140	47.7	2.0	0.014
Feb	16	3050	191	41.1	2.6	0.013							20	5495	275	56.2	2.8	0.010
März	15	2945	196	35.5	2.4	0.012							11	3540	331	36.3	3.3	0.010
Apr	12	2110	176	33.2	2.8	0.012	17	2974	175	36.5	2.1	0.012	14	2975	213	38.2	2.7	0.013
Mai	20	5695	285	116.6	5.8	0.026	20	7079	354	109.7	5.5	0.015	25	6890	276	125.6	5.0	0.018
Jun	29	4580	158	126.4	4.4	0.027	28	4710	168	126.9	4.5	0.027	30	4730	158	128.9	4.3	0.027
Juli	24	2815	117	74.2	3.1	0.026	17	1970	116	66.5	3.9	0.034	20	2105	105	87.0	4.4	0.041
Aug	16	4055	253	54.1	3.4	0.013	19	2290	121	49.1	2.6	0.021	19	2355	124	64.8	3.4	0.028
Sep	25	3755	150	75.5	3.0	0.020	15	6755	451	72.9	4.9	0.011	26	4000	154	88.1	3.4	0.022
Okt	41	5415	132	113.2	2.8	0.021	38	5025	132	92.7	2.4	0.018	39	7080	182	132.3	3.4	0.019

Legende :

- E = Anzahl Niederschlagsereignisse pro Monat
- D = Niederschlagsdauer pro Monat in min (Auswertung auf 5 min genau)
- DE = Durchschnittliche Dauer pro Niederschlagsereignis in min
- M = Niederschlagsmenge pro Monat in mm
- ME = Durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Ereignis in mm
- MI = Durchschnittliche Niederschlagsintensität pro Monat in mm/min

ämtliche Niederschläge wurden mit einer Genauigkeit von 5 min in der Dauer und 0,1 mm in der Niederschlagsmenge ausgewertet. Die ursprünglich für alle Stationen über 18 Monate vorgesehene Messkampagne wurde durch technische Ausfälle der Pluviographen im Winter 1973/74 mit Unterbrüchen belastet.

Fig. 22 gibt einen Ueberblick über die Standorte der drei Messstellen. In Tab. 8 sind die monatlichen Werte der ermittelten Daten festgehalten.

Bedingt durch die ungleichen Messintervalle werden in der Folge je zwei Messstationen über gleiche Messzeiten miteinander verglichen.

3.6.1. Vergleich Bern - Matzenried

Vergleichsperiode 14 Monate: Mai - November 1973 und April - Oktober 1974

	<u>Bern</u>	<u>Matzenried</u>
Anzahl Einzelniederschläge*	301	291
mittl. Anzahl Einzelniederschläge pro Monat	21,5	20,8
Niederschlagsdauer in min	52 750	52 388
mittl. Niederschlagsdauer pro Monat in min	3 768	3 742
Niederschlagsmenge in mm	1 315,9	1 255,4
mittl. Niederschlagsintensität pro Monat in mm/min	0,026	0,028

In Bern wurden 3,4 % mehr Niederschlagsereignisse als in Matzenried registriert. Die totale Niederschlagsdauer dagegen differiert um weniger als 1 %. Bei der totalen Niederschlagsmenge weist Bern 4,8 % mehr Niederschlag auf.

Fig. 23 zeigt, dass diese Differenzen aber je nach Monat sehr verschieden ausfallen. Es ist dabei die Tendenz erkennbar, dass das Stadtgebiet dann höhere Niederschlagsmengen aufweist, wenn die Niederschlagsdauer hoch ist. Von den in Fig. 23 aufgetragenen 14 Monaten

NIEDERSCHLAGSVERGLEICH BERN-MATZENRIED

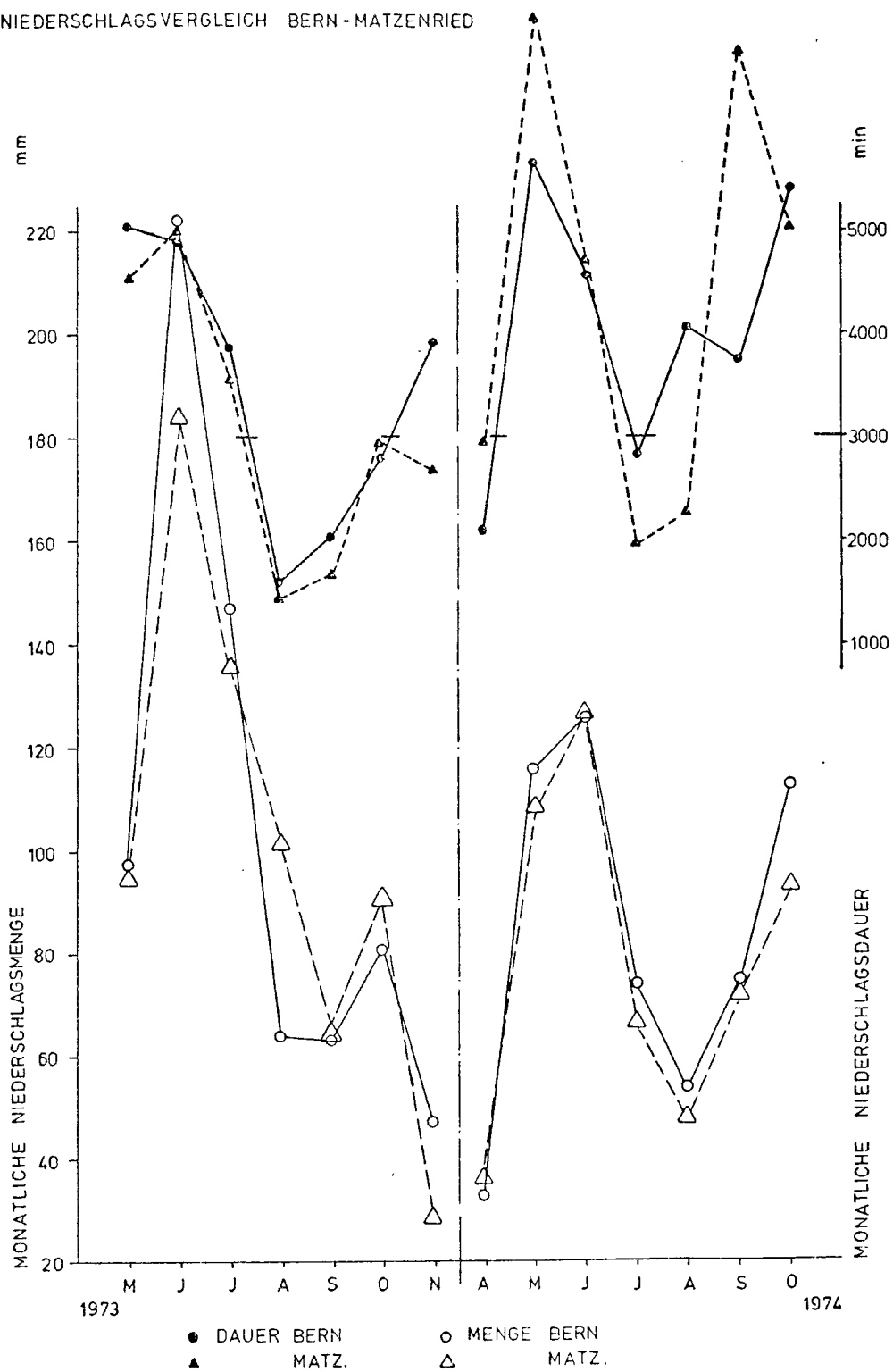


Fig. 23

weisen fünf eine Niederschlagsdauer von weniger als 3000 min über dem Stadtgebiet auf (MZA Dauer). Bei vier dieser Monate (August bis Oktober 1973 und April 1974) liegen die monatlichen Niederschlagsmengen der Station MZA tiefer als bei Matzenried. Beim Monat Juli 1974, der ebenfalls eine Niederschlagsdauer über der Stadt von etwas weniger als 3000 min aufweist, stimmt dieses Verhältnis nicht. Die beiden Monatsniederschlagswerte weichen jedoch nur um einige mm voneinander ab.

Die Interpretation der hier dargestellten Ergebnisse folgt in Abschnitt 3.6.4.

3.6.2. Vergleich Bern - Oberwangen

Vergleichsperiode 12 Monate: Oktober - November 1973 und Januar - Oktober 1974

	<u>Bern</u>	<u>Oberwangen</u>
Anzahl Einzelniederschläge	245	262
mittl. Anzahl Einzelniederschläge pro Monat	20,4	21,8
Niederschlagsdauer in min	43 295	48 745
mittl. Niederschlagsdauer pro Monat in min	3 608	4 062
Niederschlagsmenge in mm	822,1	919,8
mittl. Niederschlagsmenge pro Monat in mm	68,5	76,7
mittl. Niederschlagsintensität pro Monat in mm/min	0,019	0,039

Oberwangen weist 6,9 % mehr Niederschlagsereignisse, eine um 12,6 % längere Niederschlagsdauer, 11,9 % mehr Niederschlagsmenge und die doppelte Niederschlagsintensität gegenüber Bern auf.

3.6.3. Vergleich Matzenried - Oberwangen

Vergleichsperiode neun Monate: Oktober - November 1973 und April
bis Oktober 1974

	<u>Matzenried</u>	<u>Oberwangen</u>
Anzahl Einzelniederschläge	186	207
mittl. Anzahl Einzelniederschläge pro Monat	20,7	23,0
Niederschlagsdauer in min	36 178	36 250
mittl. Niederschlagsdauer pro Monat in min	4 019	4 027
Niederschlagsmenge in mm	674,0	779,6
mittl. Niederschlagsmenge pro Monat in mm	74,9	86,6
mittl. Niederschlagsintensität pro Monat in mm/min	0,020	0,023

Auch gegenüber Matzenried weist Oberwangen 11,3 % mehr Einzelniederschläge, eine um 15,7 % grössere Niederschlagsmenge und eine um über 10 % höhere Niederschlagsintensität auf. Einzig die Niederschlagsdauer differiert um nur 0,2 %.

3.6.4. Interpretation der Vergleiche

Die Station Oberwangen, am Südostrand des Forst-Plateaus im Wangental gelegen, weist sowohl gegenüber Bern als auch gegenüber der nur zwei Kilometer nordwestlich gelegenen Station Matzenried in allen untersuchten Grössen höhere Werte auf. Die Niederschlagsmenge liegt in beiden Vergleichen über 10 % höher als diejenige der Vergleichsstationen.

Wie lässt sich diese eindeutig erhöhte Niederschlagstätigkeit erklären? Oberwangen liegt an der Fusszone der Höhenzüge im Süden des Stadtgebietes und dürfte bei West- bis Nordwestwinden im Niederschlagsstaubbereich dieser Höhen liegen. Die erhöhte Niederschlagsmenge und Niederschlagsdauer liesse sich dadurch erklären. Das stark coupierete Gelände zudem dürfte zu erhöhter Gewittertätigkeit führen, was die

erhöhte Niederschlagsintensität und die grössere Anzahl Einzelniederschläge erklären könnte.

Die Verhältnisse zwischen der Stadtstation Bern und Matzenried sind etwas schwieriger zu interpretieren. Matzenried liegt um 70 m höher als die MTA Station Bern und wird im Umkreis von ca. 7 km von keiner wesentlichen Ueberhöhung beeinflusst. Gehen wir davon aus, dass unsere Region die Niederschläge vorwiegend bei Winden aus SW bis NW und in geringerem Ausmass auch noch aus NE erhält (vgl. Kap. 4.2.2.), so liegt kein offensichtlicher Grund vor, der erklärt, warum Matzenried weniger Niederschlag als das Stadtgebiet erhalten sollte.

Es bleibt daher zu untersuchen, wie weit die von LANDSBERG (1970) ermittelten Beeinflussungswerte der Stadtgebiete auf das Niederschlagsgeschehen auch in Bern erkennbar sind.

Eine erhöhte Gewittertätigkeit über der Stadt kann nicht festgestellt werden. Vielmehr weisen die das Berner Becken umrandenden Hügelzüge erhöhte Gewittertätigkeit auf, was sich aus der deutlich höheren Niederschlagsintensität erkennen lässt.

Eine Zunahme der schwachen Niederschläge kann mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht eindeutig nachgewiesen werden. Sie ist aber auf Grund verschiedener Hinweise wahrscheinlich und müsste in Messkampagnen über die Wintermonate nochmals überprüft werden.

Die Niederschlagsmenge dagegen liegt über dem Stadtgebiet höher als über dem Umland. Dies geht sowohl aus dem Messvergleich mit Matzenried (Bern + 4,8 %) wie auch aus der Jahresmessung (Kap. 3.4.) hervor, bei der die beiden Stadt-Stationen Bern (1*) und Brünnen (5) im Mittel um 7 % mehr Niederschlag aufweisen als die vergleichbaren Umlandstationen Uettiligen (6), Zollikofen (7) und Belpmoos (10). (Die Nummern beziehen sich auf die Stationsnummern Fig. 17). Ein Einfluss des Stadtgebietes auf das Niederschlagsgeschehen ist damit angezeigt. Wie weit aber auch hier noch Einflüsse des Reliefs mitspielen, müsste in langjährigen Untersuchungen noch weiter abgeklärt werden.

* Stationsnummer gemäss Fig. 11

IV. ANALYSE DES NIEDERSCHLAGSGESCHEHENS IN DER REGION BERN

4.1. Struktur der Niederschläge

Die nachfolgenden Ergebnisse über das Niederschlagsgeschehen in Bern basieren auf der Auswertung der Pluviographenstreifen des Meteorologischen Observatoriums der Universität Bern vom 1.5.1973 bis 31.10.1974.

Folgende Fragen wurden dabei näher untersucht:

- Wie häufig treten Tagesniederschläge von einer bestimmten Menge auf?
- Wie häufig treten Niederschläge einer bestimmten Dauer auf?
- Zu welcher Tageszeit regnet es in Bern am häufigsten?
- Mit welcher Häufigkeit treten bestimmte Niederschlagsintensitäten auf?

4.1.1. Häufigkeitsverteilung der Tagesniederschlagsmengen

Die in Fig. 24 dargestellte Häufigkeitsverteilung zeigt, dass geringe Tagesniederschlagsmengen häufig sind. Fast zwei Drittel aller registrierten Tagesniederschläge in Bern weisen weniger als 5 mm Niederschlag auf, 92 % weniger als 15 mm. Während den 271 ausgewerteten Tagen wurde ein einziger Tagesniederschlag von über 40 mm registriert (23.6.1973 - 58 mm).

4.1.2. Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsdauer

Etwas weniger extrem ist die Verteilung der in Fig. 25 dargestellten Niederschlagsdauer. In den 549 Tagen der Untersuchungszeit wurden 361 einzelne Niederschläge ausgezählt. Die gesamte Niederschlagsdauer betrug 1058 Std 10 Min, was 8,03 % der gesamten Zeitdauer (total 13'176 Std) ausmacht.

Die grösste Niederschlagsdauer wies der Monat Mai 1974 mit über 94 Stunden auf, die geringste der August 1973 mit knapp 25 Stunden.

Die Verteilung der Niederschlagsdauer zeigt, dass weniger als ein Viertel aller Niederschläge kürzer als 30 Min dauern. Etwa die Hälfte dauert weniger als 90 Min und 85 % sind kürzer als 5 Stunden.

Interessant ist die Tatsache, dass doch gegen 5 % aller Niederschläge über 10 Stunden andauern. Der längste in die Untersuchungsperiode fallende Niederschlag dauerte mehr als 2 Tage (22. - 24.6.1973 - 49 Std 10 Min).

Fig. 24

TAGESNIEDERSCHLAGSMENGEN

STATION MZA BERN
15.73 - 31.10.74

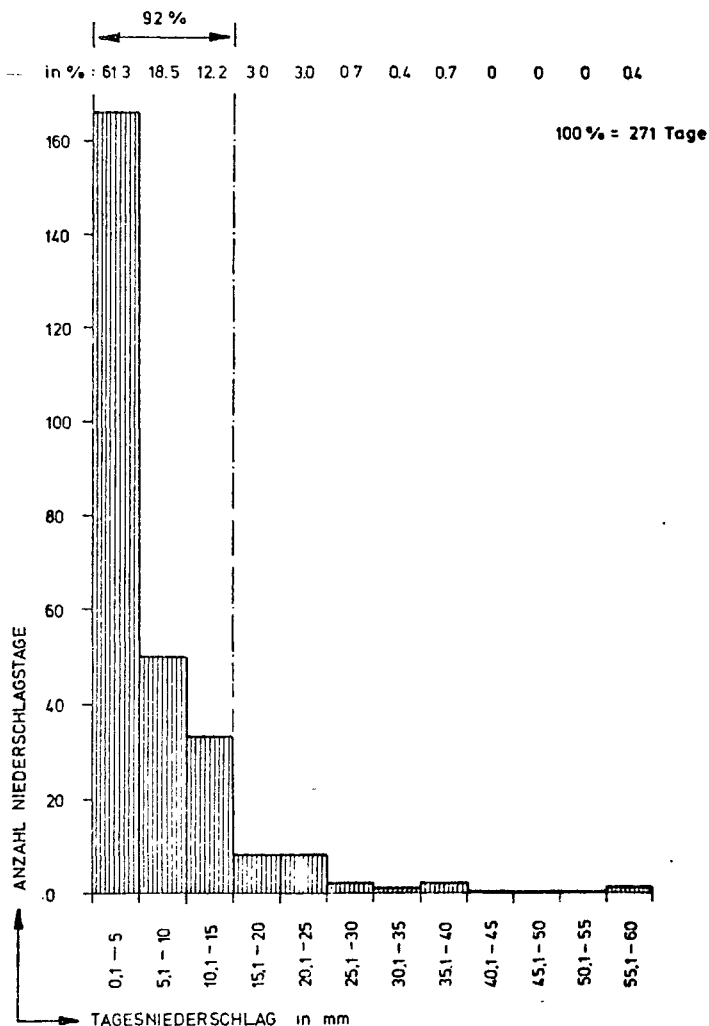
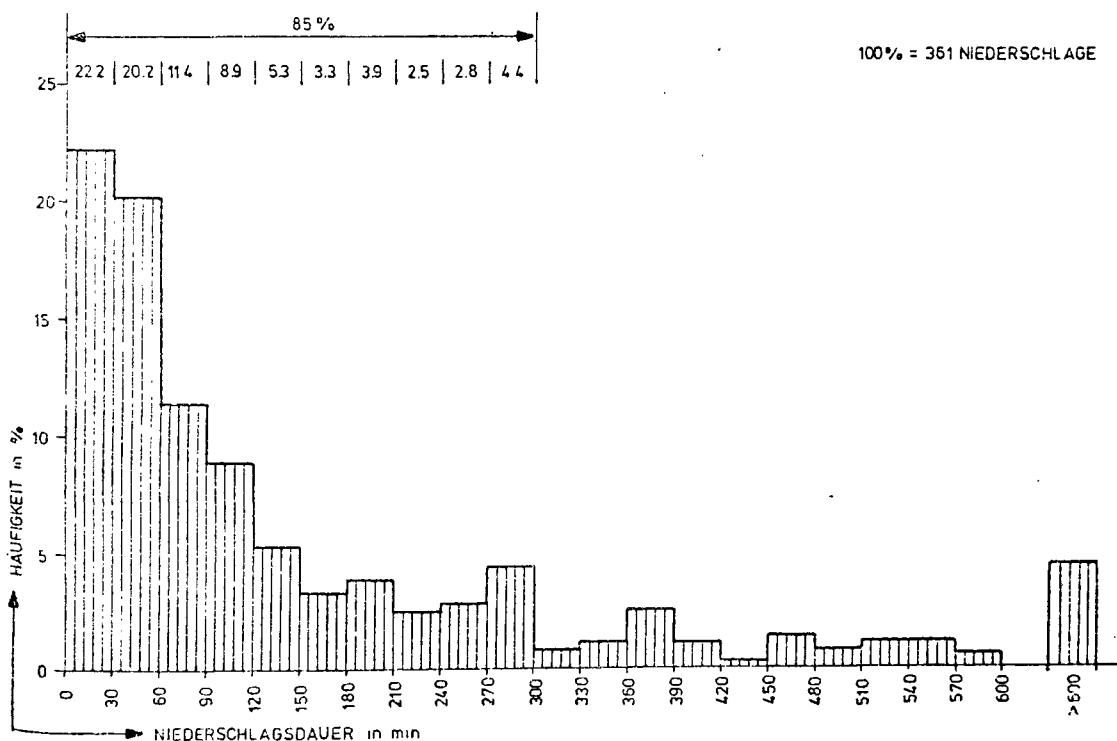


Fig. 25

VERTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSDAUER MZA BERN

Mai 73 - Okt 74



4.1.3. Tagesgang der Niederschlagshäufigkeit

Die meisten Niederschläge fallen im Raum Bern in der Nacht. Die in Fig. 26 dargestellte Häufigkeit der Stunden, während denen ein Niederschlag von mindestens 10 Min Dauer registriert wurde, zeigt, dass das Maximum zwischen 19 und 21 Uhr liegt. Am wenigsten Niederschläge fallen um die Mittagszeit. Am frühen Nachmittag nimmt die Niederschlagsbereitschaft rasch zu. Die Spitze am frühen Nachmittag (Fig. 26) dürfte den sommerlichen Konvektionsgewittern zuzuschreiben sein.

Die Wahrscheinlichkeit, dass es um 20 Uhr in Bern regnet, ist um 55 % höher als diejenige für Mittagsniederschläge.

TAGESGANG DER NIEDERSCHLAGSHÄUFIGKEIT MZA BERN
MESSPERIODE 1.5.73 – 31.10.74

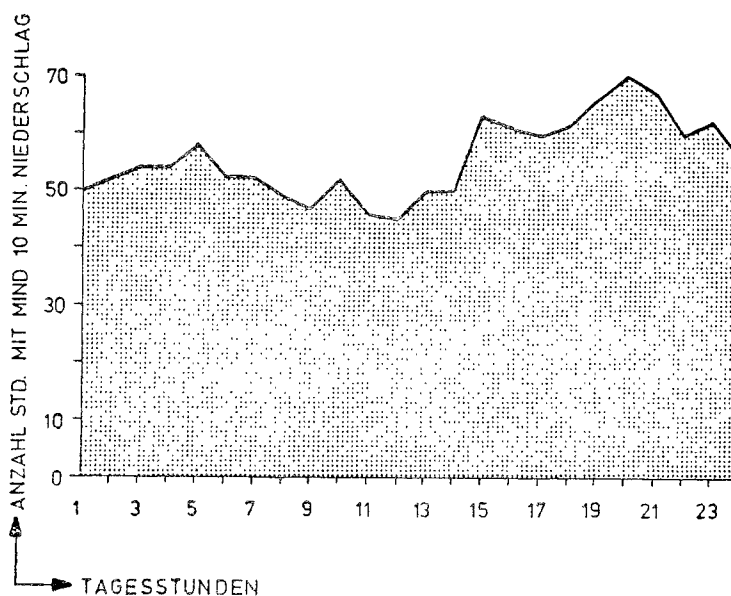


Fig. 26

4.1.4. Niederschlagsintensitäten

Der heftigste in die Untersuchungsperiode fallende Gewitterniederschlag war derjenige vom 1. August 1973, der im Westen Bern erhebliche Ueberschwemmungen verursachte (vgl. Kap. 3.4., Fig. 20).

Fig. 27 zeigt die Aufzeichnung auf dem Pluviographenstreifen der Messstation Matzenried, die den heftigen Niederschlag nahe am Gewitterzentrum registrierte.

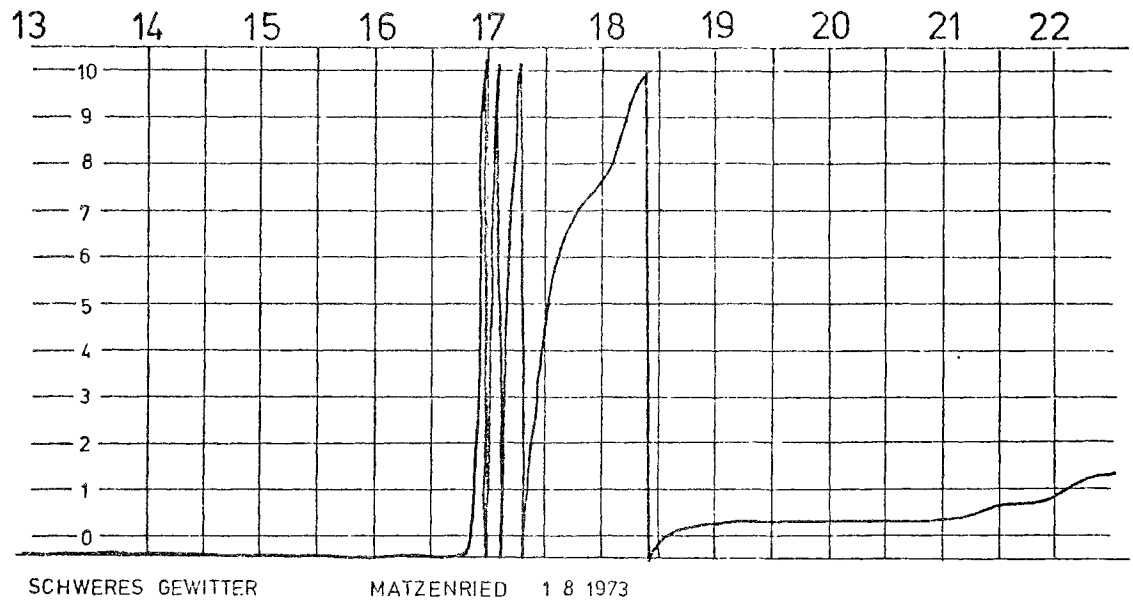


Fig. 27

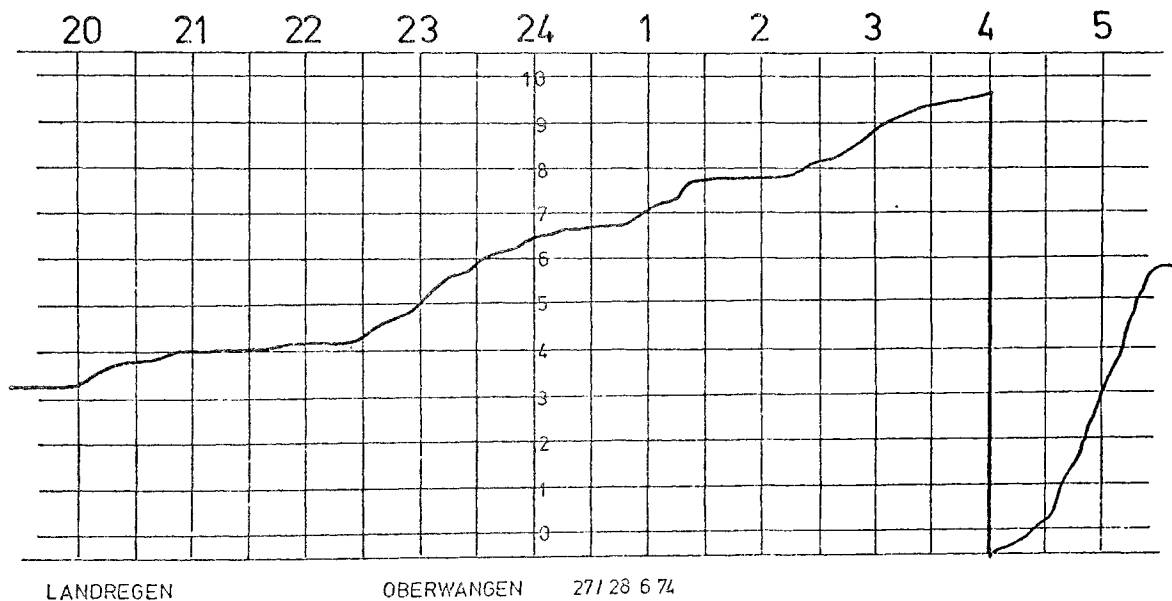


Fig. 28

Typisch für Gewitterregen ist das schlagartige Einsetzen des Niederschlages. Der Regen setzte um 1650 Uhr ein und dauerte bis gegen 1900 Uhr. In diesen 130 Min fielen in Matzenried 43,2 mm Niederschlag. Dies ergibt eine durchschnittliche Niederschlagsintensität von 0,322 mm/Min oder 55,3 l/sec ha mit einer Regenspende von 431'340 l Wasser pro ha. Entscheidend für die Entstehung von Schäden war die hohe Niederschlagsintensität während der ersten Gewitterhälfte. In den ersten 30 Min fielen 32 mm Niederschlag, was einer Intensität von 1,07 mm/min oder 178,2 l/sec ha entspricht. In einer halben Stunde fiel bereits rund 80 % der gesamten Wassermenge von über 430'000 l/ha. Diese gewaltige Intensität über eine verhältnismässig grosse Zeitspanne führte zur Ueberforderung der Ableitkapazität des Leitungsnetzes im Westen der Stadt und dadurch zu lokalen Ueberschwemmungen in tiefgelegenen Quartieren, Eine Niederschlagsintensität von 1,07 mm/Min über eine Zeitspanne von 30 Min wird nach HOERLER, RHEIN (1962) in Bern etwa alle 8 Jahre registriert. Alle übrigen während der Untersuchungsperiode vom 1.5.1973 bis 31.10.1974 ausgewerteten Niederschläge in Bern wiesen wesentlich geringere Intensitäten auf.

Als Vergleichsbeispiel zum Gewitterregen vom 1.8.1973 mag der in Fig. 28 aufgezeichnete Landregen der Station Oberwangen vom 27./28.6.1974 dienen. Bei diesem Aufgleitniederschlag setzt der Regen allmählich ein und dauert bei wenig variierender Intensität über mehrere Stunden an.

Die Zahlen für dieses Beispiel lauten: Dauer 570 Min, Menge 12,8 mm Niederschlag, mittlere Intensität somit 0,022 mm/Min oder 3,7 l/sec ha, was einer gesamten Regenspende von 126,540 l/ha entspricht. Obwohl die Intensität sehr gering ist, fällt durch die lange Niederschlagsdauer eine doch recht beachtliche Wassermenge pro Hektare.

Diese beiden Beispiele mögen die in Tab. 9 enthaltenen Zahlen etwas verständlicher machen.

Tabelle 9

Niederschlagsintensitäten Bern

1.5.73 - 31.10.74

A		<u>Monatsniederschläge</u>			
		in mm/min		in l/sec·ha	
Monat		M	H	M	H
Mai	1973	0.019	0.144	3.2	24.0
Juni		0.045	0.280	7.5	46.7
Juli		0.038	0.149	6.3	24.8
August		0.040	0.191	6.7	31.8
September		0.031	0.433	5.2	72.2
Oktober		0.029	0.075	4.8	12.5
November		0.012	0.024	2.0	4.0
Dezember		0.014	0.070	2.3	11.7
Januar	1974	0.012	0.105	2.0	17.5
Februar		0.013	0.030	2.2	5.0
März		0.012	0.061	2.0	10.2
April		0.012	0.064	2.0	10.7
Mai		0.026	0.255	4.3	37.5
Juni		0.027	0.260	4.5	43.3
Juli		0.026	0.108	4.3	18.0
August		0.013	0.087	2.2	14.5
September		0.020	0.075	3.3	12.5
Oktober		0.021	0.046	3.5	7.7

M = Monatsmittelwert (Mittel aller Niederschlagsintensitäten des Monates)
H = Höchstwert (Höchste registrierte Intensität in diesem Monat)

B		<u>Intensitäten von mehr als 0.1 mm/min während der Messperiode</u>			
		Intensität in		Dauer	Niederschlagsspende
		mm/min	l/sec·ha	in min	in l/ha
Mai	1973	0.144	24.0	55	79'200
Juni		0.248	41.3	90	233'020
		0.190	31.7	100	190'200
		0.280	46.7	5	14'010
Juli		0.100	16.7	10	10'200
		0.149	24.8	70	104'160
		0.140	23.3	10	13'980
August		0.113	18.8	130	146'640
		0.104	17.3	25	29'950
		0.191	31.8	55	104'940
		0.100	15.7	45	45'090
September		0.180	30.0	5	9'000
		0.433	72.2	30	129'960
Januar	1974	0.105	17.5	20	21'000
Mai		0.225	37.5	40	90'000
Juni		0.125	20.8	105	131'040
		0.260	43.3	30	77'940
		0.113	18.8	40	45'120
Juli		0.108	18.0	25	27'000

4.2. Das Niederschlagsgeschehen in Abhängigkeit der Wetterlagen

Mit den nachfolgenden Ausführungen soll dargestellt werden, bei welchen Wetterlagen im Raum Bern besonders häufig und viel Niederschlag zu erwarten ist.

Als Datenmaterial wurde dazu verwendet:

1. Tägliche Niederschlagsmessungen des Meteorologischen Observatoriums der Universität Bern
2. Monatlicher Witterungskalender der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich, aus dem besonders die Kolonnen DDF und AAI der Wetterlagenstatistik verwendet wurden (vgl. ANNALEN der Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt)

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Messperiode 1.5.1973 bis 31.10.1974 (vgl. Fig. 12).

Das Niederschlagsgeschehen in unserer Region wird in einem ersten Abschnitt mit der Häufigkeit der Frontendurchgänge in Beziehung gebracht, im zweiten Abschnitt werden die Windverhältnisse als Vergleichsgrößen beigezogen.

4.2.1. Niederschlagstätigkeit in Abhängigkeit der Frontendurchgänge

Die nachfolgend verwendeten Begriffe der Fronten beziehen sich auf die Legende zu den Monatsübersichten über den Witterungsverlauf in der Schweiz aus dem Anhang zu den ANNALEN der Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt.

Während der Untersuchungsperiode vom 1.5.1973 - 31.10.1974 mit total 549 Tagen wurden registriert:

Total Frontendurchgänge	256	
davon Kaltfronten (KF)	146	57,0 %
Warmfronten (WF)	78	30,5 %
Okklusionen (OK)	32	12,5 %

Eine detaillierte Uebersicht über das monatliche Geschehen ist in Tab. 1c enthalten.

Tabelle 10

NIEDERSCHLAGSGESCHEHEN IN BERN IN ABHÄNGIGKEIT DER TAGE MIT FRONTENDURCHGANG 1.5.73 - 31.10.74

Monat	Anzahl Tage pro Monat	Anzahl Nieder-schlagstage *	Anzahl Tage ohne Niederschlag	Kaltfronten			Warmfronten			Okklusionen			MF		OF	
				A	T	N	A	T	N	A	T	N	T	N	T	N
Mai 1973	31	19	12	8	7	7	5	4	2	2	2	2	1	1	17	7
Jun	30	13	17	10	10	6	2	2	0	0	0	0	0	0	18	7
Jul	31	17	14	8	7	7	4	4	1	1	1	1	0	0	19	8
Aug	31	10	21	7	7	4	2	2	0	1	1	0	0	0	21	6
Sep	30	11	19	7	5	5	5	4	2	0	0	0	1	1	20	3
Okt	31	11	20	10	7	5	4	2	0	1	1	1	2	1	19	4
Nov	30	13	17	11	5	4	8	4	0	1	1	1	4	4	17	4
Dez	31	16	15	9	6	5	6	4	2	1	1	1	2	2	18	6
Jan 1974	31	16	15	8	7	6	4	3	2	4	4	4	1	1	16	3
Feb	28	14	14	7	5	2	3	1	1	2	1	1	2	2	19	8
Mrz	31	12	19	5	4	1	4	2	0	6	5	2	2	2	18	7
Apr	30	11	19	9	8	2	1	1	0	2	2	2	0	0	19	7
Mai	31	18	15	6	5	3	5	4	2	3	3	2	1	1	18	8
Jun	30	17	13	7	5	3	6	4	3	2	2	2	2	2	17	8
Jul	31	17	14	8	7	7	4	3	0	1	1	1	1	1	19	8
Aug	31	16	15	6	5	4	3	2	0	0	0	0	1	1	23	11
Sep	30	16	14	11	8	6	5	4	0	2	1	1	2	2	15	7
Okt	31	26	5	9	5	4	7	4	3	3	3	2	3	2	16	15

Legende : A : Anzahl (Fronten)
T : Anzahl Tage mit nur dieser Frontart
N : Anzahl Niederschlagstage pro Monat mit nur dieser Frontart
MF : Mehrere Frontendurchgänge verschiedener Art am gleichen Tag
OF : Tage ohne Frontdurchgang.

Bemerkungen : * Bei dieser Untersuchung wurden als Niederschlagstage Tage mit mindestens 0.1 mm N gewertet.

Frontendurchgänge

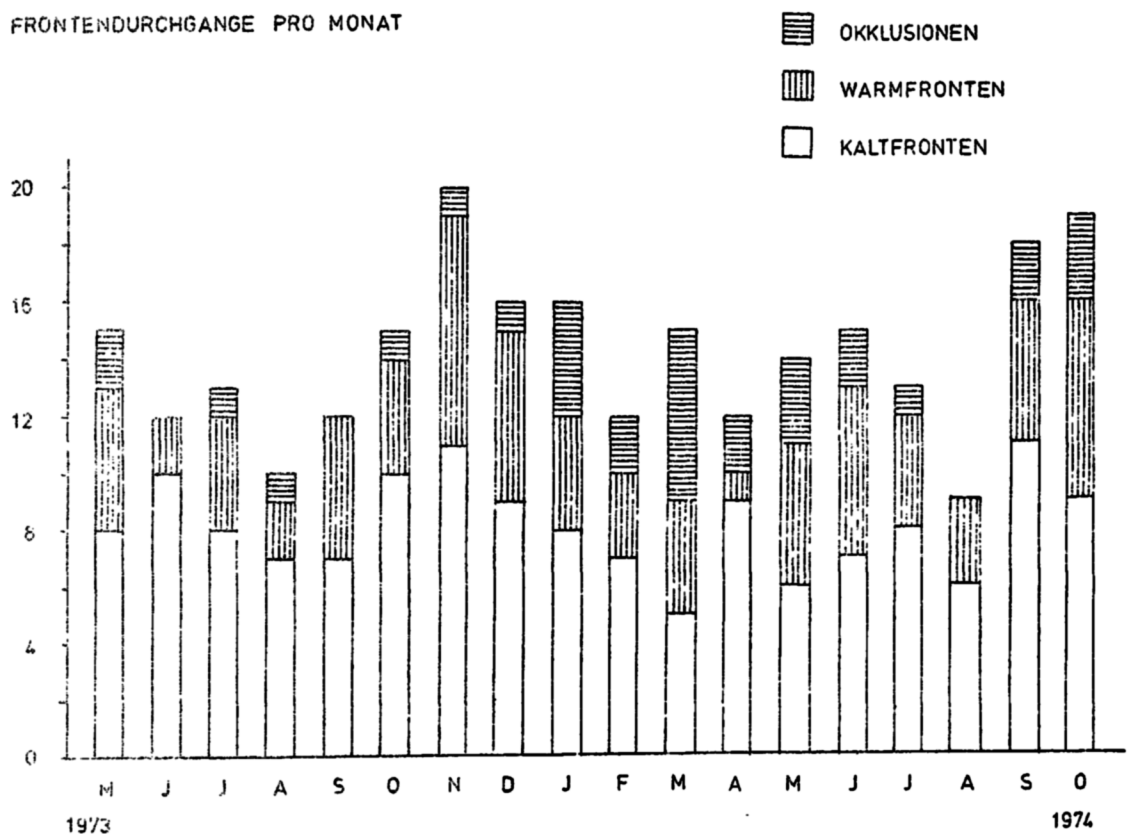
Die monatliche Anzahl Frontendurchgänge (Fig. 29) zeigt einen deutlichen Jahresgang. In den Herbst- und Wintermonaten ist die Frontenhäufigkeit erhöht, was dem allgemeinen zyklonalen Witterungsverlauf in unseren Breiten entspricht (BLUETHGEN 1964). Die monatliche Verteilung der Frontendurchgänge weicht vom Jahresgang der langjährigen Mittel der Monatsniederschlagsmengen ab (vgl. Fig. 4).

Die beiden Augustmonate in Fig. 29 fallen durch eine niedrige Anzahl Frontendurchgänge auf. Da beide Monate gegenüber dem langjährigen Mittel zu trocken waren (vgl. Fig. 13), darf angenommen werden, dass im Normalfall auch in diesen Monaten mit mehr Fronten gerechnet werden darf. Es bleibt jedoch die interessante Tatsache, dass sich das Sommer-Niederschlagsmaximum offenbar nicht durch die Häufigkeit der Frontendurchgänge direkt erklären lässt.

In den nachfolgenden Untersuchungen soll daher auch abgeklärt werden, welche Bedeutung den Gewitterniederschlägen zukommt.

Im Zusammenhang mit der monatlichen Anzahl Frontendurchgänge darf festgehalten werden, dass in unserer Region auch in Monaten geringer Frontentätigkeit im Mittel alle drei Tage mit einem Frontdurchgang gerechnet werden muss.

FRONTENDURCHGÄNGE PRO MONAT



Niederschlagstage

Von den 549 Tagen der Untersuchungsperiode wurde in Bern an 271 Tagen (49,9 %) Niederschlag von mindestens 0,1 mm gemessen.

Fig. 30 gibt einen Ueberblick über den Anteil der Niederschlags- tage sowie die Verteilung der Tage mit und ohne Frontdurchgang.

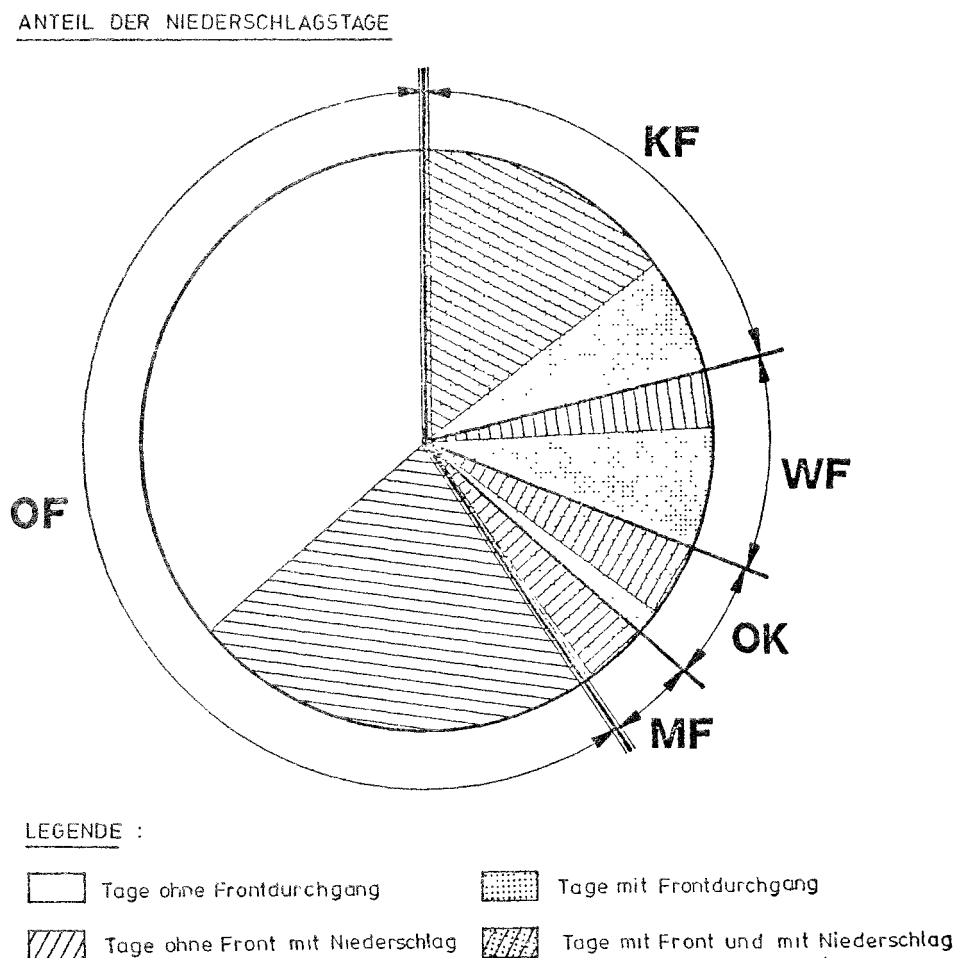


Fig. 30

Total aller Tage der Messperiode : 549 = 100 %

Total Niederschlagstage in dieser Zeit : 271

OF	Tage ohne Frontdurchgang	59,9 %	davon	38,3 %	mit Niederschlag
KF	Tage mit Kaltfrontdurchgang	20,6 %	"	71,7 %	" "
WF	Tage mit Warmfrontdurchgang	9,8 %	"	33,3 %	" "
OK	Tage mit Okklusionsdurchgang	5,3 %	"	79,3 %	" "
MF	Tage mit mehreren verschie- denen Fronten	4,6 %	"	92,0 %	" "

Rund 60 % aller Tage weisen keinen Frontdurchgang auf. Bei den Tagen mit Frontdurchgang sind die Kaltfronttage doppelt so häufig wie die Warmfronttage. Die Tage mit Durchgang mehrerer verschiedener Fronten oder einer Okklusion sind relativ selten (um 5 %).

Die Niederschlagstage verteilen sich wie folgt: Tage ohne Frontdurchgang weisen nur 38,8 % Niederschlagstage auf. Dagegen ist der Anteil der Niederschlagstage bei Tagen mit Kaltfrontdurchgang, Okklusionsdurchgang oder mehreren Fronten über 70 %. Warmfronttage weisen den niedrigsten Anteil an Niederschlagstagen auf (genau ein Drittel).

Es darf somit für unsere Region festgehalten werden, dass Kaltfronttage sehr häufig, Tage mit Durchgang einer Okklusion meistens, und Tage, an denen mehrere verschiedene Fronten durchziehen, fast immer auch Niederschlag bringen.

Tabelle 11

ANTEIL DER NIEDERSCHLAGSMENGEN UND GEWITTERNIEDERSCHLÄGE AN DEN TAGEN VERSCHIEDENER FRONTTYPART.

Tagestypen	Anzahl Tage	% des Tages- totals (100% = 549 Tage)	Niederschlag in mm	% des Nieder- schlagtotals (100% = 1562mm)
<u>Niederschlagsmengen total</u>				
Tage mit Kaltfrontdurchgang	113	20.6	616.3	39.5
Tage mit Warmfrontdurchgang	54	9.8	64.4	4.1
Tage mit Okklusionsdurchgang	29	5.3	144.6	9.3
Tage mit mehreren versch. Frontdurchgängen	25	4.6	158.7	10.2
Tage ohne Frontdurchgang	329	59.9	577.7	37.0
Total	549	100.0	1562.0	100.0
<u>Gewitterniederschlagsmengen</u>				
Kaltfronttage mit Gewitter	23	4.2	313.9	20.1
Warmfronttage mit Gewitter	3	0.6	16.7	1.1
Okklusionstage mit Gewitter	1	0.2	3.2	0.2
Mehrfachfronten-Tage mit Gewitter	6	1.1	70.5	4.5
Gewittertage ohne Frontdurchgang	12	2.2	114.4	7.3
Total	45	8.2	518.7	33.2

Tabelle 12

MITTLERE NIEDERSCHLAGSSPENDE DER VERSCHIEDENEN NIEDERSCHLAGSTAGESTYPEN

Niederschlagstage ohne Gewitter :

pro Kaltfront - Niederschlagstag	7.61 mm N
pro Warmfront - Niederschlagstag	3.58 mm N
pro Okklusions - Niederschlagstag	6.29 mm N
pro Mehrfachfronten - Niederschlagstag	6.90 mm N
pro Niederschlagstag ohne Frontdurchgang	4.59 mm N

Niederschlagstage mit Gewitter :

pro Kaltfront - Gewittertag	13.65 mm N
pro Warmfront - Gewittertag	5.57 mm N
pro Okklusions - Gewittertag	3.20 mm N
pro Mehrfachfronten - Gewittertag	11.75 mm N
pro Gewittertag ohne Frontdurchgang	9.53 mm N

Niederschlagswirksamkeit

Neben dem Anteil der Niederschlagstage interessiert auch die Verteilung der Niederschlagsmengen auf die Tage verschiedener Fronttypen. Diese in der Tab. 11 und Tab. 12 sowie in Fig. 31 dargestellten Beziehungen ergeben folgende Aussage:

Den grössten Anteil an der gesamten Niederschlagsmenge weisen die Tage mit Kaltfrontdurchgang auf (39,5 %), an zweiter Stelle folgen die Tage ohne Frontdurchgang (37,0 %), gefolgt von den Tagen mit mehreren Fronten und den Tagen mit Okklusion, die beide um 10 % der Gesamtniederschlagsmenge erbringen. Der Niederschlagsanteil der Tage mit Warmfrontdurchgang beträgt weniger als 5 %.

Interessant ist der Anteil der Gewitterniederschläge. Von den 39,5 % Niederschlagsanteil der Kaltfronttage entfällt rund die Hälfte auf Gewitterniederschläge. Gesamthaft machen die Gewitterniederschläge doch ziemlich genau einen Drittel der totalen Niederschlagsmenge aus.

Zusammenfassung

Die Analyse des Niederschlagsgeschehens im Zusammenhang mit der Häufigkeit von Frontdurchgängen durch unsere Region zeigt, dass der Jahresgang der monatlichen Niederschlagsmengen (Fig. 4) nicht direkt durch das Frontengeschehen erklärt werden kann. Die Untersuchung zeigt, dass die Kaltfronten und damit auch die Okklusionen und Tage mit mehreren verschiedenen Fronten besonders niederschlagswirksam sind (Tab. 11). Diese Fronttypen treten in den Sommermonaten eher weniger auf (Fig. 29), weisen aber einen entscheidenden Anteil Gewitterniederschläge auf. Obwohl die gesamte Anzahl Gewittertage nur 8,2 % der untersuchten Zeitspanne ausmacht, ist die mittlere Niederschlagsmenge pro Gewittertag doch beachtlich (Tab. 12).

Währendem die Winter- und Frühjahrsniederschläge zum grössten Teil direkt der zyklonalen Fronttätigkeit zuzuschreiben sind, ist der hohe Anteil der Sommer- und Herbstniederschläge zu einem wesentlichen Teil durch die in diesen Monaten erhöhte Gewittertätigkeit zu erklären. Die im Zusammenhang mit Kaltfronten sowie durch Konvektion entstehenden Sommergewitter führen mit ihrer hohen Niederschlagsspende zu den hohen Monatsniederschlägen in den Monaten Juni bis August.

4.2.2. Das Niederschlagsgeschehen in Abhängigkeit der Windlage

Bei den nachfolgenden Betrachtungen wurde das Niederschlagsgeschehen im Raum Bern mit den Daten der in der Wetterkarte enthaltenen Bodenwindrichtungen und Höhenwinde im 500 mb Niveau verglichen.

Die Untersuchung soll darüber Aufschluss geben, welche Grosswetterlagen wie oft und mit welcher Ergiebigkeit am Niederschlagsgeschehen in unserem Raum beteiligt sind.

Derartige Auskünfte sind für die Niederschlagsprognose und für die Analyse der Isotopenverhältnisse im Niederschlag von Bedeutung. Den Darlegungen haftet insofern eine gewisse Ungenauigkeit an, als die zum Vergleich beigezogenen Winddaten einer recht grossräumigen Wetterlage entsprechen und lokale Einflüsse dadurch nicht detailliert zur Geltung kommen. Das lokale Niederschlagsgeschehen in Bern wird verglichen mit einer Wetterlage über dem Raum Nordwest- bis Nordostschweiz (SCHUEPP 1974). In einem ersten Abschnitt wird die Häufigkeit

BERN 1.5.73 - 31.10.74

NIEDERSCHLAGSWIRKSAMKEIT DER FRONTDURCHGÄNGE

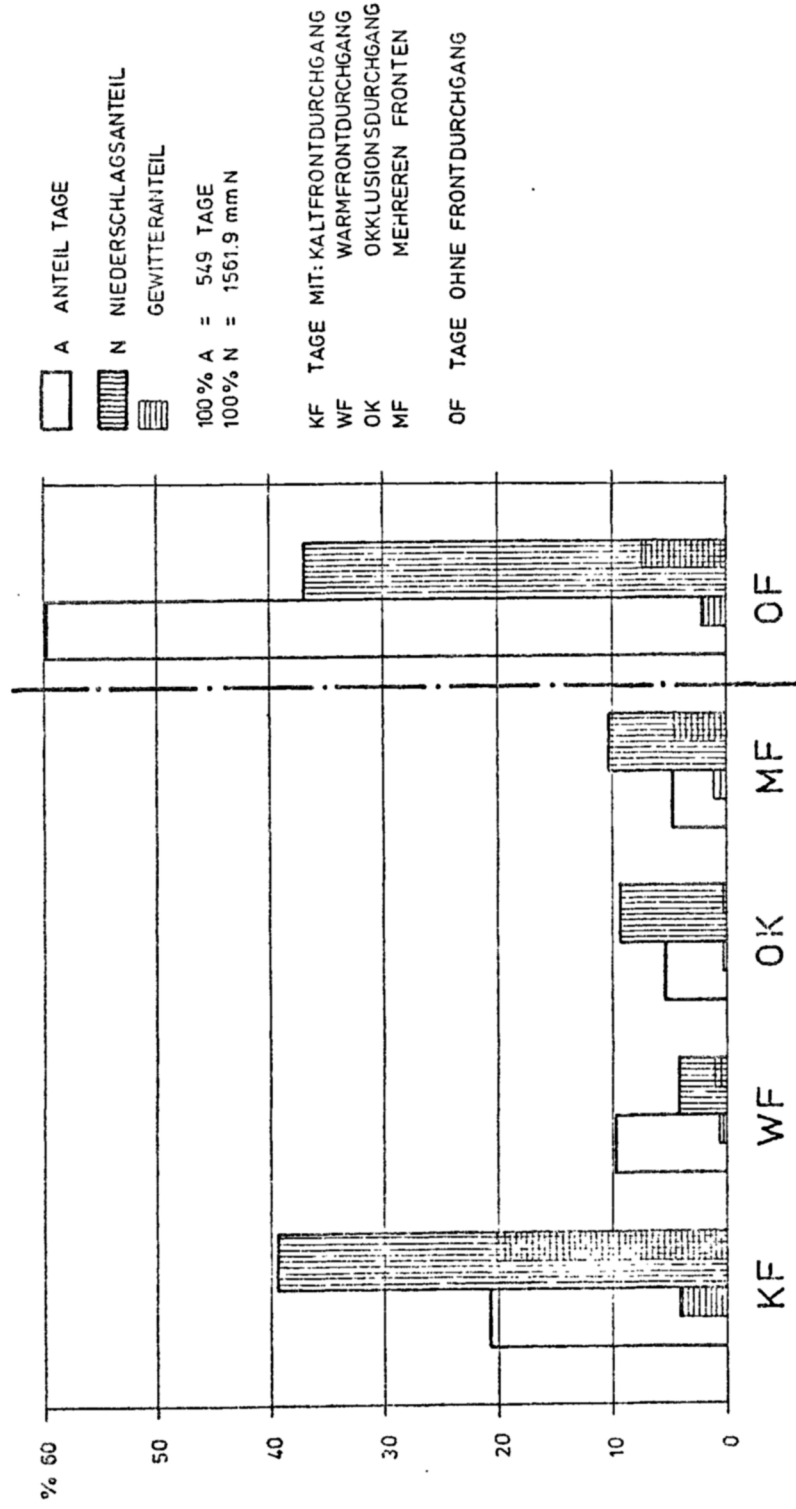


Fig. 31

der Niederschlagstage mit dieser Wetterlage in Bezug gebracht, im zweiten Abschnitt erfolgt ein ähnlicher Vergleich mit den Niederschlagsmengen.

Der Vergleich der Niederschlagstage sowie der Tage ohne Niederschlag mit den geostrophischen Winden der Bodenwetterkarte zeigt voneinander entscheidend abweichende Verhältnisse (Fig. 32 A und B). Bei Niederschlagstagen können rund 40 %, bei Tagen ohne Niederschlag dagegen über 60 % der Winde keiner Richtung zugeordnet werden, da der Druckgradient im Untersuchungsgebiet zu klein ist und daher die Windströmung zu schwach wird. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Bodenwinde bei Niederschlag kräftiger sind.

Bei Niederschlagstagen zeigt die Bodenwetterkarte 13,7 % Wind aus NE und insgesamt rund 30 % Wind aus SW bis NW (Fig. 32 A). An Tagen ohne Niederschlag (Fig. 32 B) dagegen fehlt die West-Nordwestwindkomponente fast vollständig. Die Ostwinde dagegen sind stark ausgeprägt. Etwas differenziert liegen die Verhältnisse beim Vergleich mit den Höhenwinden vor (Fig. 32 C und D). Hier zeigt sich ein Unterschied beim Anteil der schwachen Winde (Windstärken unter 15 Knoten). Bei Niederschlagstagen (Fig. 32 C) fallen 14 %, bei Tagen ohne Niederschlag (Fig. 32 D) fast 30 % in diesen Bereich. Die Verteilung auf Windrichtungssektoren ist aber in beiden Fällen sehr ähnlich.

Nordwestwinde bis Südwestwinde dominieren ganz eindeutig. Bei Niederschlag kann einzig eine schwache Verschiebung der Achse nach Südwest festgestellt werden.

Auch bei den Windgeschwindigkeiten (Fig. 33) ist der Unterschied augenfällig. Bei Niederschlagstagen (Fig. 33 A) liegt der Medianwert (M) um 33 Knoten, bei Tagen ohne Niederschlag (Fig. 33 B) dagegen um 21 Knoten. (1 Knoten = 1,85 km/h = 0,51 m/s)

Diese erste Untersuchung ergibt somit folgendes:

Grosse Unterschiede zwischen Niederschlagstagen und Tagen ohne Niederschlag bei den Bodenwindverhältnissen. Unterschiede auch bei den Höhenwindstärken. Dagegen kaum signifikante Differenzen in der Strömungsrichtung der Höhenwinde.

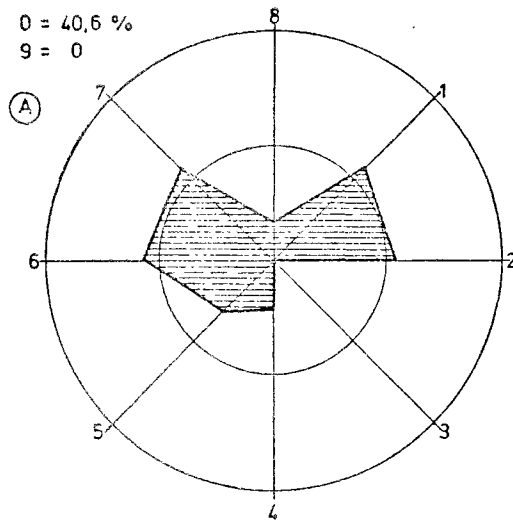
In Bern regnet es am häufigsten bei relativ starken Höhenwinden aus

GEOSTROPHISCHER WIND DER BODENWETTERKARTE

1.5.73 - 31.10.74

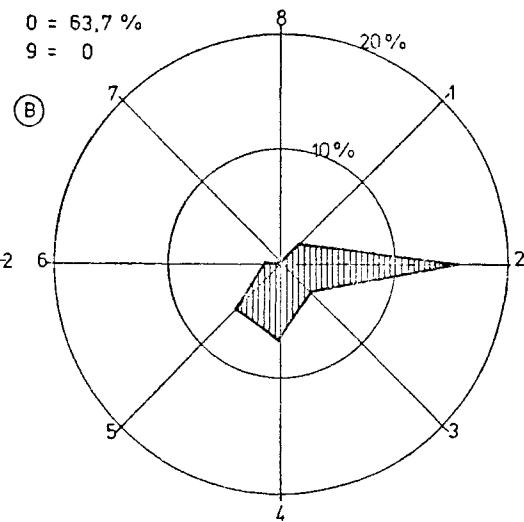
NIEDERSCHLAGSTAGE

0 = 40,6 %
9 = 0



TAGE OHNE NIEDERSCHLAG

0 = 63,7 %
9 = 0

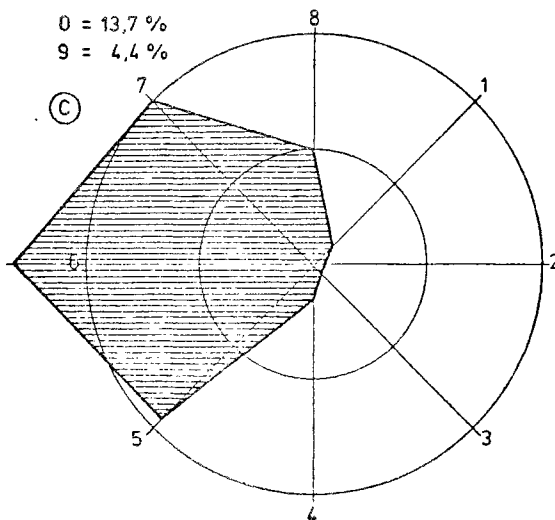


0 = WINDSCHWACH 1 = NE 5 = SW
9 = UNEINHEITLICH 2 = E 6 = W
3 = SE 7 = NW
4 = S 8 = N

STRÖMUNGSRICHTUNG IM 500 mb-NIVEAU

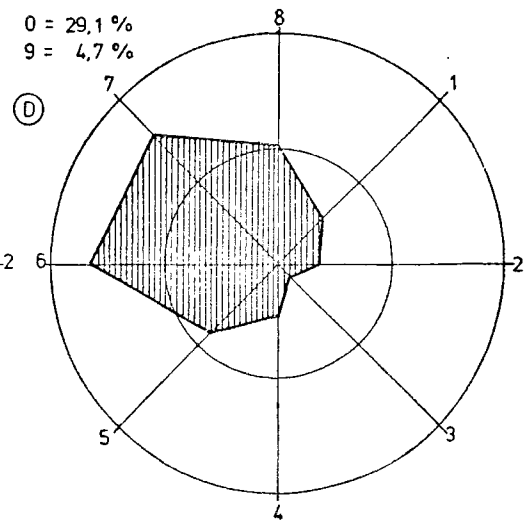
NIEDERSCHLAGSTAGE

0 = 13,7 %
9 = 4,4 %



TAGE OHNE NIEDERSCHLAG

0 = 29,1 %
9 = 4,7 %



0 = WINDGESCHW. ≤ 15 kn
9 = UNEINHEITLICH

Fig. 32

südwest bis West und zugleich Bodenwinden aus West- bis Nordwest (Frontendurchgang) oder aber Bodenwinden aus Ost- bis Nordost (Gegenströmung bei Aufgleitniederschlägen).

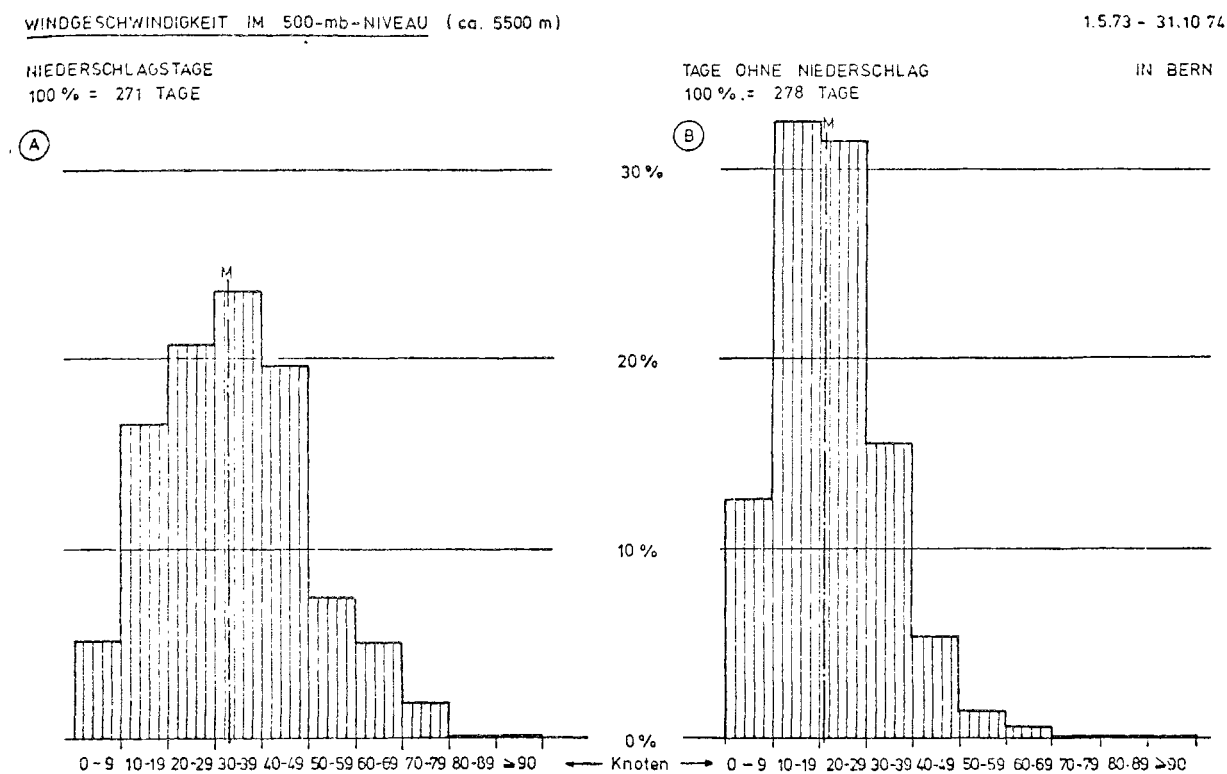


Fig. 33

Gehen wir von den Niederschlagsmengen aus, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Beim Vergleich mit den Bodenwindverhältnissen (Fig. 34 A) fallen 38,2 % der registrierten Niederschläge bei Schwachwindlagen. 14,8 % der Niederschläge werden bei NE-Winden und über 30 % bei SW- bis NW-Winden registriert. Diese Darstellung deckt sich weitgehend mit der Windverteilung bei Niederschlagstagen (Fig. 32 A). Niederschlags-häufigkeit und Niederschlagsmenge weisen somit keine entscheidende Differenz auf.

Im Vergleich mit den Höhenwinden dagegen ist ein Unterschied zu erkennen. Die Nordwestkomponente in Fig. 34 B ist gegenüber der Nordwestkomponente in Fig. 32 B um mehr als 5 % reduziert. Dies deutet darauf hin, dass Niederschläge aus NW zwar relativ häufig sind, meist aber geringe Niederschlagsmengen bringen.

Die Verteilung der Niederschlagsmengen auf Geschwindigkeitsklassen der Höhenwinde (Fig. 34 C) ist praktisch identisch mit derjenigen der Niederschlagstage (Fig. 33 A).

Tabelle 13

Das Niederschlagsgeschehen in Bern im Vergleich zur Boden- und Höhenwindlage 1.5.73 - 31.10.74

	NT	NT%	N	N%	N/NT	ToN	ToN%	Bemerkungen
<u>D Geostrophischer Bodenwind</u>								
0	106	39.1	596.9	<u>38.2</u>	5.63	177	63.7	windschwach
1	37	13.7	231.0	14.8	6.24	9	3.2	Nordost
2	29	10.7	121.7	7.8	4.20	42	15.1	Ost
3	1	0.4	1.2	0.1	1.20	10	3.6	Südost
4	12	4.4	72.7	4.7	6.06	19	6.8	Süd
5	17	6.3	97.1	6.2	5.71	16	5.8	Südwest
6	31	11.4	215.0	13.8	6.94	3	1.1	West
7	30	11.1	168.4	10.8	5.61	1	0.4	Nordwest
8	8	3.0	58.0	3.7	7.25	1	0.4	Nord
9	0	0	0	0	0	0	0	uneinheitlich
<u>d Strömungsrichtung im 500 mb Niveau</u>								
0	36	13.3	158.5	10.2	4.40	81	29.1	weniger als 15 Knoten
1	6	2.2	20.9	1.3	3.48	15	5.4	Nordost
2	4	1.5	0.4	0.0	0.10	10	3.6	Ost
3	2	0.7	24.8	1.6	12.40	4	1.4	Südost
4	8	3.0	19.5	1.3	2.44	12	4.3	Süd
5	51	18.8	413.0	26.4	8.10	24	8.6	Südwest
6	71	26.2	443.8	<u>28.4</u>	6.25	46	16.5	West
7	53	19.6	235.4	15.1	4.44	44	15.8	Nordwest
8	28	10.3	127.5	8.2	4.55	29	10.4	Nord
9	12	4.4	118.2	7.6	9.85	13	4.7	uneinheitlich
<u>f Windgeschwindigkeit im 500 mb Niveau</u>								
0	14	5.2	50.4	3.2	3.60	35	12.6	0 - 9 kn
1	45	16.6	284.3	18.2	6.32	91	32.7	10 - 19 kn
2	56	20.7	303.4	19.4	5.42	88	31.7	20 - 29 kn
3	64	23.6	359.7	<u>23.0</u>	5.62	43	15.5	30 - 39 kn
4	53	19.6	300.6	19.2	5.67	15	5.4	40 - 49 kn
5	20	7.4	132.6	8.5	6.63	4	1.4	50 - 59 kn
6	14	5.2	86.4	5.5	6.17	2	0.7	60 - 69 kn
7	5	1.9	43.6	2.8	8.72	0	0	70 - 79 kn
8	0	0	0	0	0	0	0	80 - 89 kn
9	0	0	0	0	0	0	0	mehr als 90 Knoten

Legende : b,d,f gemäss Bemerkungen

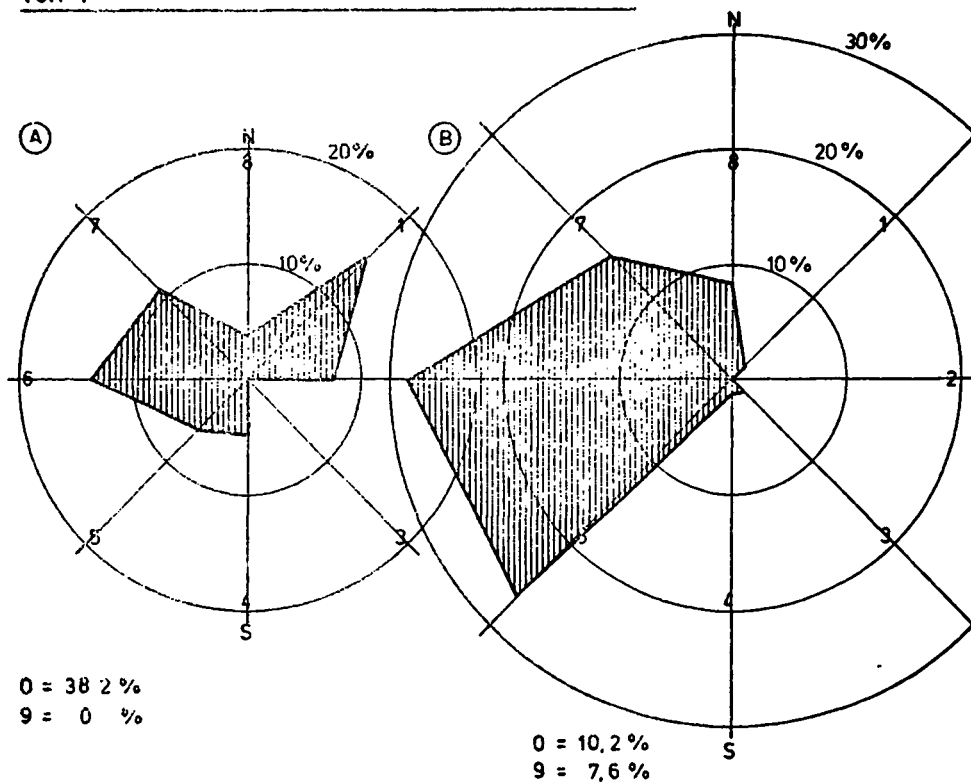
- nT = Anzahl Niederschlagstage
 nT% = Prozentanteil der Niederschlagstage (100% = 271 N-Tage)
 N = Niederschlag in mm
 N% = Prozentanteil am Gesamtniederschlag (100% = 1562 mm N)
 N/NT = mittlerer Niederschlag pro Niederschlagstag in mm
 ToN = Anzahl Tage ohne Niederschlag
 ToN% = Prozentanteil der Tage ohne Niederschlag (100% = 278 Tage)

Niederschlagsdaten nach MZA Station Bern

Winddaten aus Wetterlagenkalender der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich

NIEDERSCHLAGMENGENVERTEILUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON :

BERN 1.573-31.10.74



- BODENWINDRICHTUNG

- HOHENWINDRICHTUNG

Bem.: 0 = windschwach
 9 = uneinheitlich
 1-8 Windrichtung NE - N

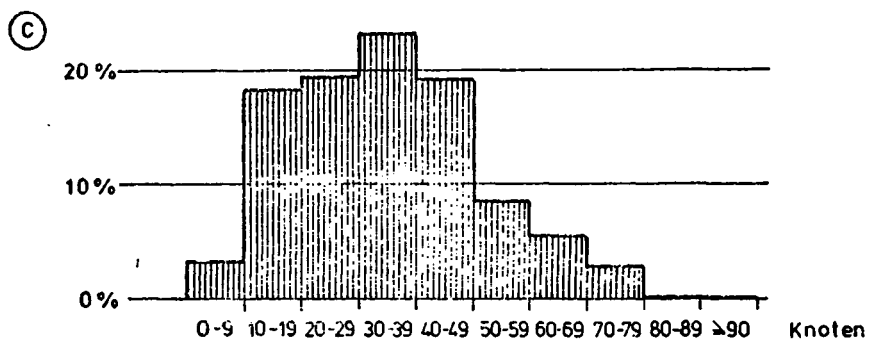


Fig. 34

dieser zweite Abschnitt der Untersuchung bestätigt die beim Vergleich mit den Niederschlagstagen erhaltenen Ergebnisse. Rund 30 % der Niederschläge fallen bei Bodenwinden aus SW bis NW und gleichzeitigen Höhenwinden aus SW bis W. Beachtliche 15 % der gesamten Niederschlagsmenge fallen bei Bodenwinden aus NE und gleichzeitigen Höhenwinden aus W bis NW.

4.3. Schlussbetrachtung zum Teil Niederschlag

Wenn in der Problemstellung die Interessen verschiedener Fachspezialisten am Wissen über das Niederschlagsgeschehen unserer Region aufgezeigt wurde, so soll hier kurz darüber Bilanz gezogen werden, was behandelt werden konnte und was noch näher zu untersuchen bleibt.

Die Aufarbeitung der langjährigen Niederschlagsdaten von Bern dürfte bestimmt von vielseitigem Interesse sein. Viele dieser Mittel- und Extremwerte vermitteln interessante Grössenordnungen des Niederschlagsgeschehens in unserer Region.

Die regionalen Messungen zeigen trotz der beschränkten Aussagekraft infolge der relativ kurzen Messdauer beachtenswerte Verteilungsdifferenzen auf, die Planungsinstanzen doch einige Hinweise liefern dürften.

Die Analyse der Gewittertätigkeit und der extremen Niederschlagsintensitäten konnte aufgrund des vorhandenen Materials und des im Rahmen dieses Beitrages verantwortbaren Aufwandes nicht detaillierter ausgeführt werden. Die Abwasserfachleute dürften damit noch mehrere Fragen nicht beantwortet finden.

Fragen des Niederschlages im Zusammenhang mit Winden und Probleme der Schlagregen werden im Beitrag 2 (Ventilation) dargestellt.

Die Niederschlagsvergleiche mit Elementen der Wetterlagen zeigen interessante Details auf, die im Rahmen der Wetterlagenuntersuchung in unserer Region noch näher untersucht werden müssen. Schliesslich soll im Beitrag 7 auch noch der Einfluss der Niederschläge auf Elemente der Luftverschmutzung analysiert werden.

V. HAGELGEFAHR IN DER REGION BERN

Auszug aus einer Proseminararbeit

5.1. Problemstellung

Als Teilaspekt der Niederschlagsbetrachtung in der Region Bern wurde auch eine Hageluntersuchung durchgeführt. Das Ziel war, die räumliche Verteilung von Hagelniederschlag festzustellen, was aber vom Beobachtungsmaterial her recht problematisch ist.

Hagel ist ein in unserer Region recht seltenes, von Jahr zu Jahr mit stark ändernder Häufigkeit eintreffendes Ereignis. Daher war es nicht möglich, kurzzeitig ein dichtes Beobachtungsnetz aufzuziehen, um dadurch gültige Aussagen über Hagelverteilung in der Region Bern zu gewinnen. Es musste auf vorhandenes, möglichst langfristiges Datenmaterial zurückgegriffen werden. Um eine grosse räumliche Beobachtungsdichte zu erhalten, war es auch nicht möglich, nur auf Daten der Beobachtungsstationen der Meteorologischen Zentralanstalt zu basieren. Es zeigte sich aber, dass die Schweizerische Hagel-Versicherungsgesellschaft mit ihren jährlichen Hageltage-Statistiken Material anbot, das eine nähere Betrachtung zulies. BLUETHGEN (1966) weist aber auf die Gefahr solcher Untersuchungen hin:

"... jedoch ist Vorsicht am Platz bei der diesbezüglichen Auswertung der, der Natur der Sache nach, unvollständigen und auch kritikwürdigen Hagelstatistik der Hagelversicherungen."

5.2. Das Datenmaterial und dessen Aussagefähigkeit

Das vorliegende Datenmaterial bestimmte die weitere Arbeit und Zielsetzung. Die Schweizerische Hagel-Versicherungsgesellschaft (in der Folge mit HV bezeichnet) versichert ausschliesslich Kulturpflanzen, wie Getreide, Hackfrüchte, Obstbäume, Blumen etc. Der Versicherungsnehmer bestimmt von Jahr zu Jahr neu, was er an versicherbaren Kulturen überhaupt versichern will. Die Hageltage-Statistik, auf die sich die vorliegende Untersuchung bezieht, gibt für jede Gemeinde der Schweiz an, an welchen Tagen auf ihrem Gebiet bei der HV versicherte Kulturen wesentliche Schäden durch Hagelschlag erfahren haben. "Wesentlich" bedeutet, dass der Schaden mehr als 8 % des Versicherungswertes der betreffenden Kultur beträgt.

Die oben genannten Eigenschaften bedeuten für die Auswertung folgendes:

- die Daten sind nicht punkt-, sondern flächenbezogen, im Gegensatz zu beispielsweise Niederschlagsdaten
- die Grösse und Lage der Bezugsflächen variiert innerhalb der Gemeindegrenzen von Jahr zu Jahr und zwar durch den jährlichen Wechsel der versicherbaren und tatsächlich versicherten Flächen in den Gemeinden
- die Bezugsflächen variieren innerhalb eines Jahres durch Variation der Empfindlichkeit der versicherten Kulturen gegenüber Hagelschlag

Bei der Interpretation der Daten muss man sich dieser Problematik bewusst sein. Um sie aber möglichst vernachlässigen zu können, wurde bei der Auswertung auf detailliertere Untersuchungen, wie etwa jahreszeitlichen Gang der Hagelschläge oder Trend im untersuchten Zeitraum, verzichtet.

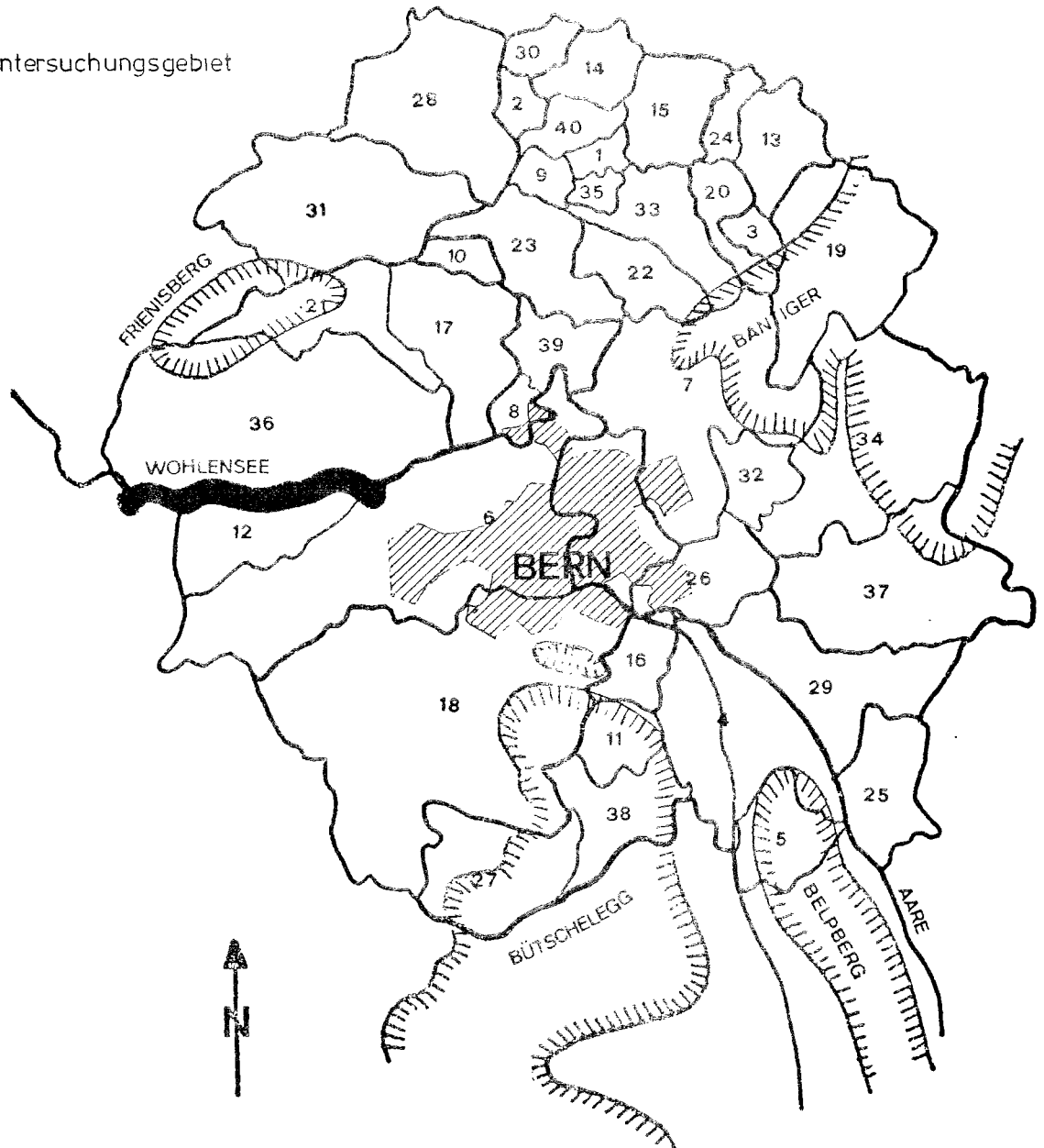
5.3. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und Umfang der Daten

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Gebiet gewählt, das sich einerseits gut mit der offiziellen Planungsregion Bern decken sollte, andererseits geographisch "sinnvoll" erschien. Das Gebiet besteht aus 40 Gemeinden um Bern (vgl. Tab. 14) und überdeckt die offiziellen kantonalen Planungsregionen Münchenbuchsee und Bern. Es umfasst die Senken des Aare- und Gürbetales und die Höhenzüge im Raume Oberbalm, Belpberg, Worbbberg, Bantiger, Grauholz und Frienisberg (vgl. Uebersichtskarte Fig. 35). Auf der Karte Hagelgefahr in der Schweiz (SCHWEIZERISCHE HAGELVERSICHERUNGS-GESELLSCHAFT 1970) liegt das umschriebene Gebiet in der Uebergangszone von sehr starker Hagelgefahr im Süden zur leicht erhöhten Hagelgefahr im Norden.

Die Daten umfassen einen Zeitraum von 35 Jahren: 1925 - 1929, 1932, 1934 - 1936, 1947 - 1972. Dies sind diejenigen Jahre, von denen bei der HV die Hageltagestatistik auffindbar war.

Fig. 35

Übersichtskarte Untersuchungsgebiet
Region Bern



1 : 200 000

0 1 2 3 4 km

Tabelle 14

Übersicht über die Gemeinden des Untersuchungsgebietes Hagel

Nr Gemeinde	F(1)	HH(2)	Nr Gemeinde	F(1)	HH(2)	Nr Gemeinde	F(1)	HH(2)
1 Ballmoos	1.45	0.31	15 Jepensdorf	7.47	0.37	29 Rubigen	14.37	0.83
2 Bangerten	2.18	0.26	16 Kehrsatz	4.49	0.31	30 Scheunen	2.17	0.14
3 Bäriswil	2.73	0.14	17 Kirchlindach	11.96	0.71	31 Schüpfen	19.63	0.80
4 Belp	17.50	1.26	18 Köniz	51.26	1.46	32 Stettlen	3.45	0.34
5 Belpberg	5.70	1.00	19 Krauchthal	19.43	0.66	33 Untenen	7.22	0.40
6 Bern	51.49	1.11	20 Mattstetten	3.74	0.29	34 Vechigen	24.83	1.23
7 Bolligen	26.80	1.03	21 Meikirch	10.22	0.37	35 Wiggiswil	1.44	0.31
8 Bremgarten	1.75	0.31	22 Moosseedorf	6.39	0.17	36 Wohlten	36.61	0.74
9 Deisswil b.M.	2.14	0.31	23 Münchenbuchsee	8.81	0.53	37 Worb	21.07	1.20
10 Diemerswil	2.85	0.40	24 Münchringen	2.38	0.54	38 Zimmerwald	9.01	0.74
11 Englisberg	4.36	0.40	25 Münsingen	8.48	1.20	39 Zollikofen	5.37	0.40
12 Frauenkappelen	9.37	0.34	26 Muri	7.63	0.43	40 Zuzwil	3.49	0.43
13 Hindelbank	6.75	0.29	27 Oberbalm	12.38	0.71			
14 Iffwil	5.05	0.17	28 Rapperswil	18.25	0.63			

Bemerkungen : (1) F = Gemeindefläche in km²

(2) HH = Hagelhäufigkeit pro Gemeinde / Jahr (Mittel über 35 Jahre)

Für diesen Zeitraum liegen aus der erwähnten Hageltage-Statistik über die untersuchten Gemeinden 819 Daten vor (also 819 Meldungen von Hagelschäden in bestimmten Gemeinden). Alle Auswertungen beziehen sich auf den gesamten Zeitraum von 35 Jahren.

5.4. Auswertungsprobleme - quantitative Charakterisierung des Datenmaterials

Es stellt sich bei den vorliegenden Daten die Frage, wie man Aussagen über räumliche Hagelverteilung machen kann. Ein gutes Mass für die "Hagelintensität" wäre sicher die Häufigkeit der Hagelschläge oder Hagelschäden pro Einheitsfläche und Zeit. Was vorliegt, ist aber die Häufigkeit pro Gemeindefläche und Zeit. Da die Gemeindeflächen stark variieren, ist aus diesen Daten kein eindeutiges Mass für die Hagelintensität im obigen Sinn zu gewinnen.

Ein Beispiel mag dies veranschaulichen:

Gegeben sei die Fläche $A = 2 \text{ km}^2$ und zwei gleich grosse Teilflächen von A, nämlich B und C, je 1 km^2 gross. Gegeben sei ebenfalls für einen bestimmten Zeitraum die Häufigkeit der Hagelschäden, je für die Gebiete A, B und C.



Gebiet	Fläche in km ²	Hagelschaden- Häufigkeit
A	2	10
B	1	7
C	1	9

Von den 10 Hagelschäden im Totalgebiet A haben 6 B und C gleichzeitig getroffen und 1 B beziehungsweise 3 C allein. Wenn man ohne die Kenntnis der Häufigkeit für B und C für die Fläche A die Häufigkeit pro km² berechnet, kommt man auf eine Intensität von 5 Hagelschläge/km², was offensichtlich ein Widerspruch zu den Werten für B und C ist.

Die so berechneten Hagelintensitäten sind also abhängig von der Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Beobachtungseinheiten oder,

auf unser Problem zurückkommend, vom Verlauf der Gemeindegrenzen. sie sind somit nur beschränkt brauchbar.

Das Problem liegt darin, dass Gebiete, die von Hagelschäden betroffen werden, ähnliche Form und Flächenverhältnisse aufweisen wie die "Beobachtungseinheiten", die Gemeinden. Es lohnt sich, diesen Sachverhalt näher zu prüfen. Die Frage nach den Grössenverhältnissen der an einem Tag gleichzeitig geschädigten Gebiete klärt Fig. 36.

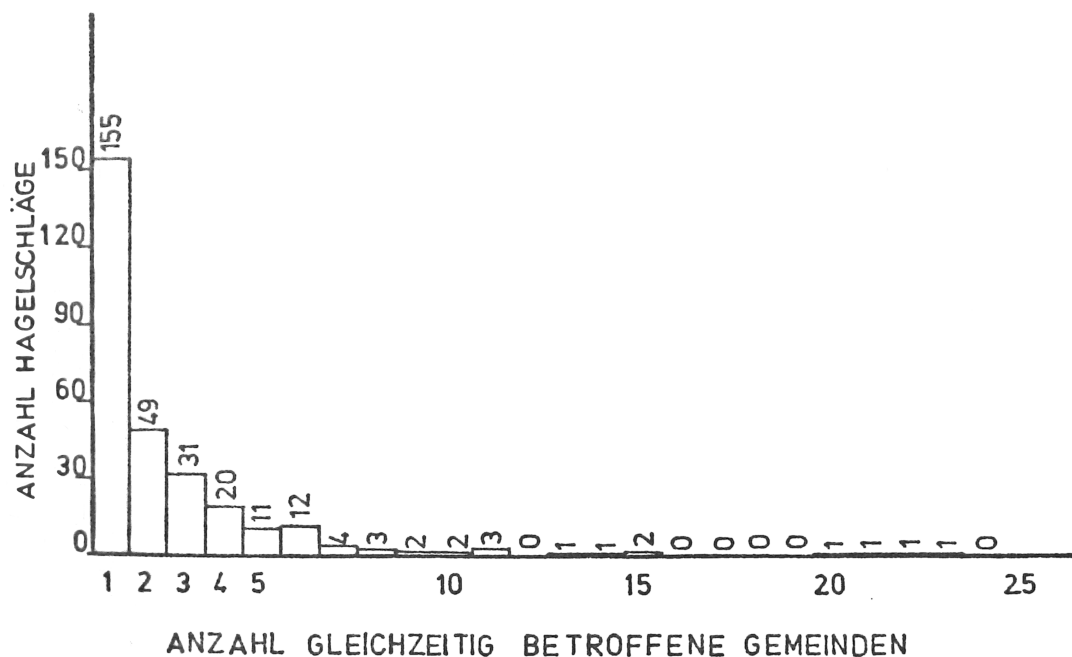


Fig. 36

Im untersuchten Gebiet ist es während den 35 Jahren an 300 Tagen zu Hagelschäden gekommen. Fig. 36 zeigt, wieviele Gemeinden an den einzelnen Tagen gleichzeitig betroffen wurden. An 155 Tagen waren die Schäden auf einzelne Gemeinden beschränkt, 111 mal wurden 2 - 5 Gemeinden gleichzeitig betroffen und nur 3 Mal in 35 Jahren kam es in der untersuchten Region am gleichen Tag zu Hagelschäden in mehr als 20 Gemeinden.

Es taucht weiter die Frage auf, wie stark die Zusammenhänge zwischen Gemeindeflächen und Häufigkeit von Hagelschäden sind. Fig. 37 ver-

anschaulicht diese Zusammenhänge und gibt gleichzeitig Einblick in die grosse Variation der Gemeindeflächen, eine Tatsache, die die Untersuchung ungemein erschwert. Es zeigt sich, dass wohl ein gewisser Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, dass aber die Häufigkeit der Hagelschläge in einer Gemeinde keineswegs auch nur annähernd durch die Gemeindefläche erklärt werden kann, dass also Faktoren wie Lage, aber auch landwirtschaftliche Nutzung, einen entscheidenden Einfluss ausüben können.

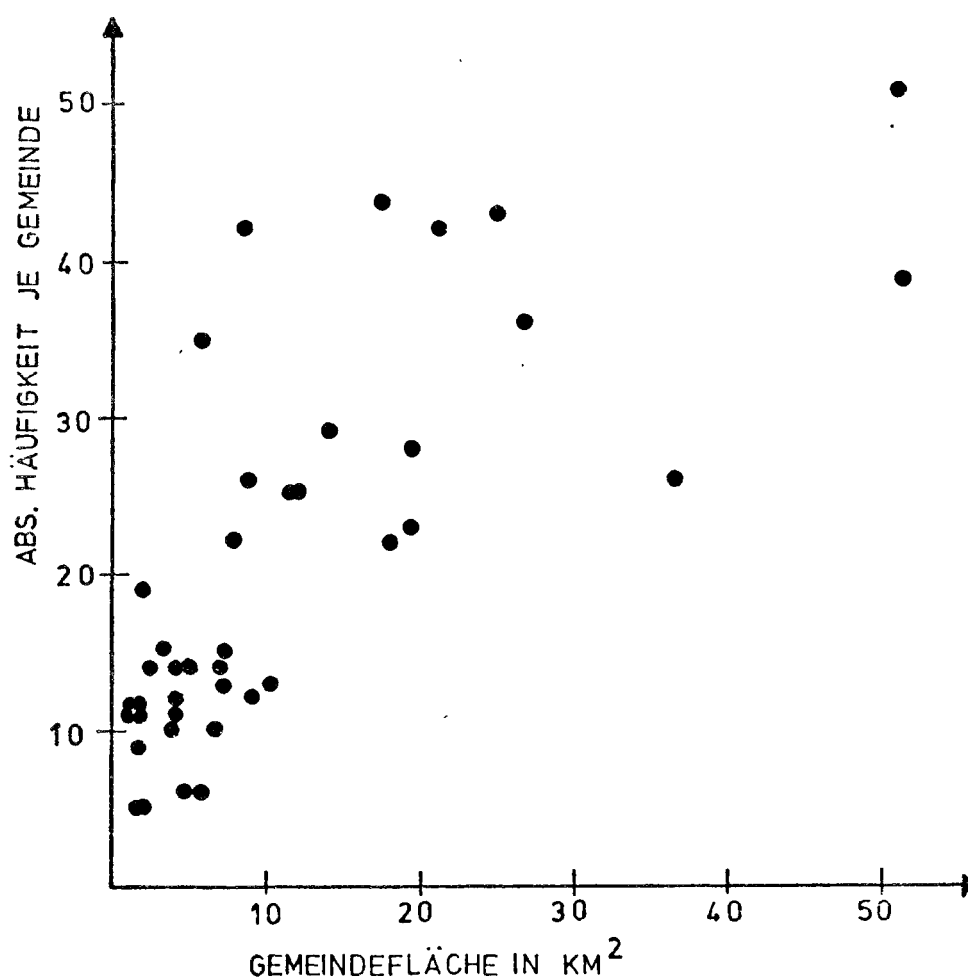


Fig. 37

Im weiteren stellt sich die Frage nach der Form der Hagelschläge, die man oft gerne als Hagelzug bezeichnet. Sie scheint sehr vielfältig zu sein und muss keineswegs ein zusammenhängendes Gebilde darstellen.

Es ist recht schwierig, mit Hilfe des recht grob strukturierten Beobachtungsmaterials, den Gemeindeflächen, feine Strukturen wie einzelne Hagelzüge zu erkennen. Wenn man aber untersucht, welche Gemeinden oft gleichzeitig betroffen werden, so scheinen sich doch lineare Strukturen der Hagelschläge in Richtung SW - NE abzuzeichnen. Anhand von Computerkarten wurde für alle 40 untersuchten Gemeinden dargestellt, wie oft andere Gemeinden gleichzeitig wie die Referenzgemeinde von Hagelschäden betroffen wurden (KUNZ 1974). Aus dieser Vielzahl von Darstellungen sei am Beispiel der Gemeinde Wiggerswil (Fig. 40) aufgezeigt, dass besonders im Norden des Untersuchungsgebietes lineare SW - NE Strukturen erkennbar sind. In diesem Gebiet zeigt sich deutlich, wie oft kleinere Gemeinden, die auf der SW - NE Achse durch Wiggerswil liegen, gleichzeitig von Hagelschäden mitbetroffen werden. Die grösseren Gemeinden, die nicht auf dieser Achse liegen, werden sehr selten gleichzeitig mit Wiggerswil geschädigt.

Diese Betrachtungen weisen ganz allgemein auf die Schwierigkeiten der Interpretation des Zahlenmaterials hin, die auftreten, wenn man eine detaillierte räumliche Verteilung feststellen will.

5.5. Gefahrenkarte

5.5.1. Allgemeine Idee und Aussagemöglichkeiten

Da die Daten der HV nicht den Hagelschlag selber charakterisieren, sondern seine Schadenwirkung auf Kulturpflanzen, liegt es nahe, nicht von Hagelverteilung, sondern von Schadenverteilung zu sprechen. In der Folge ist es dann logisch, die Schadenverteilung als allgemeine Hagelgefahrenverteilung für Kulturpflanzen zu interpretieren.

Wie soll aber die Gefahr charakterisiert werden? Es besteht die Möglichkeit, sie als Wahrscheinlichkeit in der Art von Anzahl Hagelschläge pro Gemeinde und Jahr anzugeben (Fig. 38). Dies ist nicht sinnvoll, da mehr die Anzahl der Hagelschäden pro Einheitsflächen (praktisch: Gartenbeet) als pro Gemeindeflächen, die stark variieren, interessieren. Diese Gefahr ist aber nicht als Wahrscheinlichkeit im statistischen Sinne einer Dichte (wie bei Regendaten) quantifizierbar,

Fig. 38

Häufigkeit der Hagelschläge in jeder Gemeinde pro Jahr (Mittel über 35 Jahre).

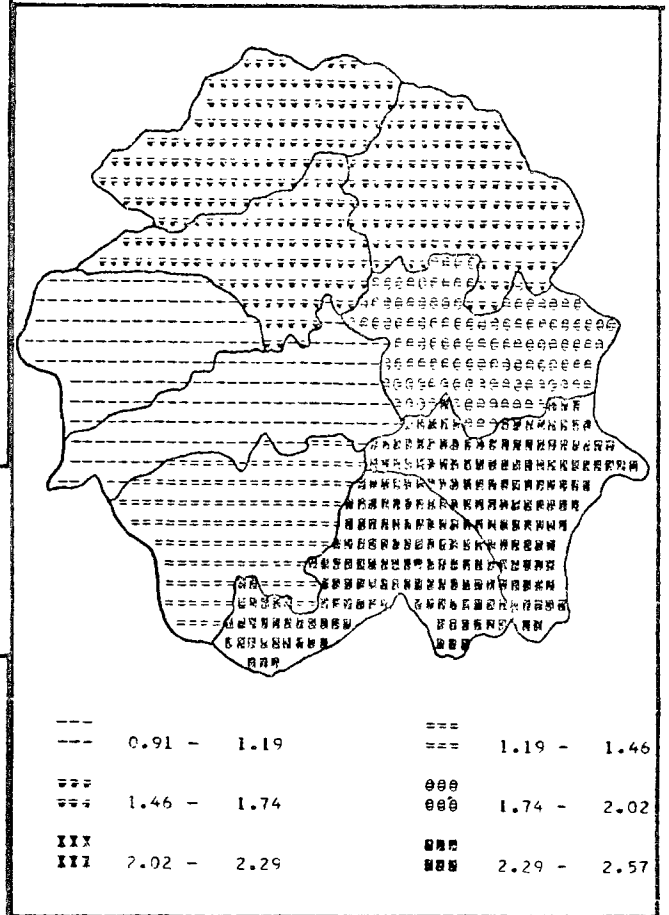
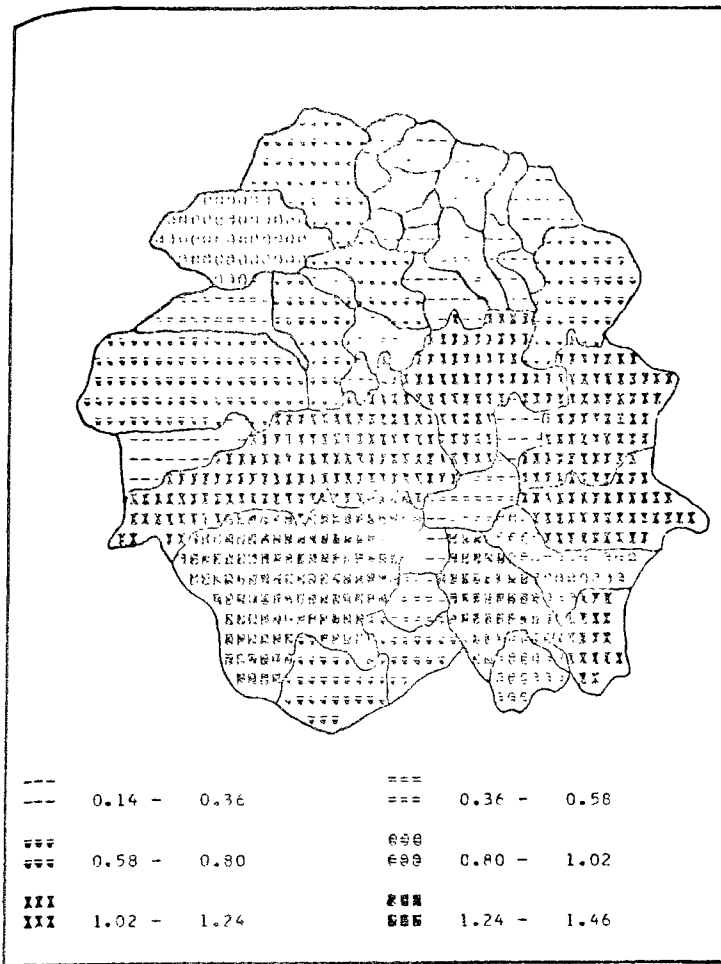
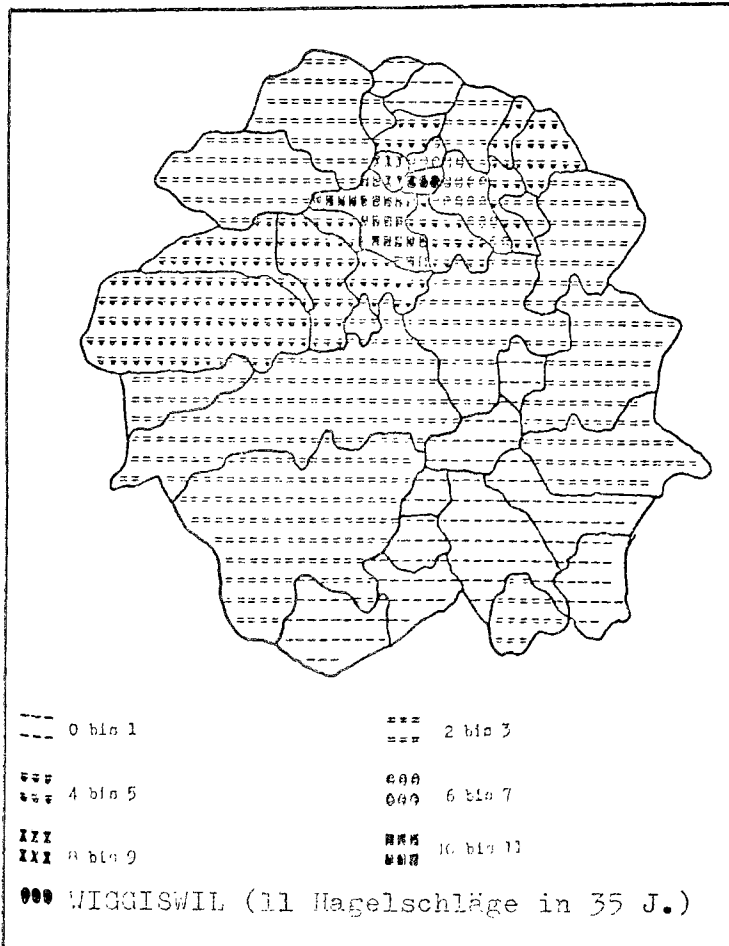


Fig. 39

Häufigkeit der Hagelschläge in jeder Region pro Jahr (Mittel über 35 Jahre).



Anzahl des gleichzeitigen Eintreffens von Hagelschlägen in der Gemeinde WIGGISWIL und den restlichen Gemeinden (Summe über 35 Jahre)

Fig. 40

wie aus Kap. 5.4. ersichtlich ist. Sie kann aber qualitativ geschätzt werden und soll daher eher mit Tendenz oder Hageltendenz als mit Wahrscheinlichkeit bezeichnet werden, um damit nicht einen Begriff mit fester Bedeutung zu missbrauchen.

5.5.2. Erstellung und Interpretation der Hagel-Gefahrenkarte

Bei der Erstellung der Gefahrenkarte wurde einzig auf die Hageltagehäufigkeit pro Gemeinde oder pro Region (Region = Zusammenfassung einiger Gemeinden) während 35 Jahren basiert. Dabei sind die Häufigkeiten verschiedener, annähernd gleich grosser Gebiete oder Regionen direkt im Sinne von Gefahren vergleichbar. Hat von zwei Regionen gleicher Grösse die eine eine grössere Hagelhäufigkeit, so hat sie im Mittel gesehen eine höhere Hageltendenz. Fig. 39 zeigt das Resultat einer solchen Regionalisierung. Dabei wurden die 40 Gemeinden in neun annähernd gleich grosse Regionen zusammengefasst und in diesen die Häufigkeit von Hagelschäden pro Jahr bestimmt. Die Bildung gleich grosser Regionen zur Erleichterung des Vergleichs von Hagelhäufigkeiten bringt aber auch Nachteile. Bei der Regionalisierung, die schon direkt Angaben über Hagelgefahren liefert, geht viel Information verloren, die noch im Datenmaterial steckt. Die Detailangaben über die Gemeinden in den Regionen werden nicht ausgewertet.

Mit verschiedenen Methoden, die in dieser Zusammenfassung nicht speziell erläutert werden, sind aber Häufigkeiten in verschieden grossen Gebieten paarweise vergleichbar, so dass man die Hageltendenzen für verschiedene Gebiete weitgehend ordnen kann. Es sind aber nicht alle 40 Gemeinden einzeln ihrer Hagelgefahr nach einzuordnen.

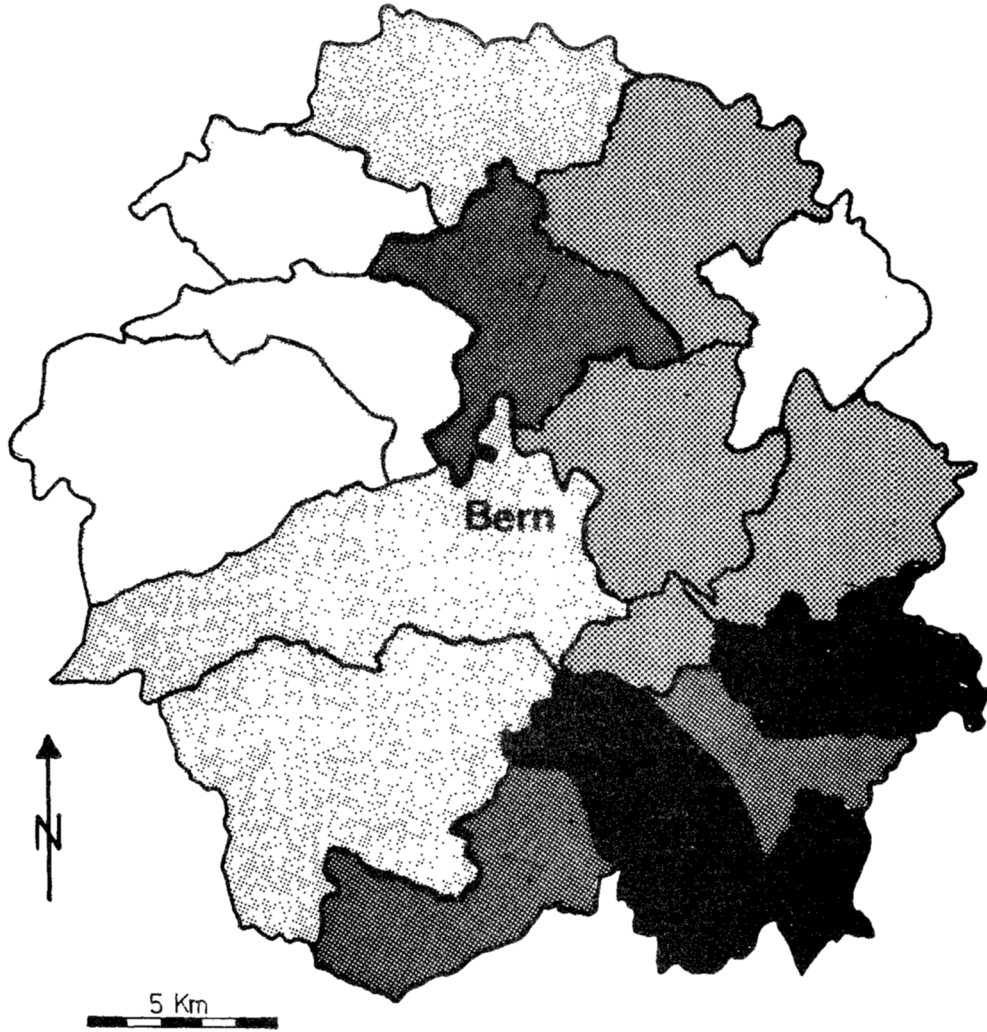
Letztlich konnte mit zwei Regionalisierungen, sowie weiteren Vergleichsmethoden, wie sie oben angedeutet wurden, eine Hagel-Gefahrenkarte mit 18 verschiedenen Regionen oder Gebieten erstellt werden. In der vorliegenden Darstellung (Fig. 41) wurden die Hageltendenzen in fünf Gefahrenklassen zusammengefasst.

Jeder Interpretation dieser Karte muss vorausgeschickt werden, dass die Klassierung der Tendenzen willkürlich ist. Es ist möglich, dass Gebiete mit fast gleichen Tendenzen in verschiedene Gefahrenklassen eingeteilt wurden. Dies daher, weil man wohl eine qualitative, nicht

Fig. 41

HAGELGEFAHR REGION BERN

zur Orientierung vergl. mit Karte Fig. 35



LEGENDE :	BEMERKUNGEN
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; background-color: white; margin-right: 10px;"></div> <div>sehr schwache Hagel-Tendenz</div> </div>	minimal 0.8 Hagelschläge/Jahr im Gebiet Krauchthal+Bäriswil: 22.16 Quadratkilometer
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; background-color: #e0e0e0; margin-right: 10px;"></div> <div>schwache " "</div> </div>	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; background-color: #a0a0a0; margin-right: 10px;"></div> <div>mittlere " "</div> </div>	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; background-color: #606060; margin-right: 10px;"></div> <div>starke " "</div> </div>	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; background-color: #303030; margin-right: 10px;"></div> <div>sehr starke " "</div> </div>	maximal 1.2 Hagelschläge/Jahr in der Gemeinde Münsingen: 8.48 Quadratkilometer

aber eine quantitative Ordnung der Tendenzen aufstellen kann. Die Skala der Tendenzen ist nur ordinal. Es ist unmöglich, aus dem vorhandenen Material eine Hageltendenz oder Hagelintensität im gleichen Sinn wie Niederschlagstendenz oder Niederschlagsintensität quantitativ zu bestimmen.

Die Gefahrenkarte (Fig. 41) setzt deutliche Schwerpunkte im Aare- und Gürbetal südlich von Bern, sowie den Gemeinden Belpberg und Worb. Aus der gleichmässigen Abnahme der Hagelgefahr von SE nach NW fällt die erhöhte Hageltendenz in den im Gebiet Moosseedorf - Münchenbuchsee und die schwache Tendenz im Gebiet Bärswil - Krauchthal auf. Während die erhöhte Tendenz im Süden und Osten durch das verstärkte Relief erklärbar ist, taucht die Frage auf, ob im Gebiet Moosseedorf - Münchenbuchsee die erhöhte Tendenz durch den im Westen vorgelagerten Frienisberg oder gar die im Südwesten liegende Stadt- agglomeration bedingt ist. Eventuell wirkt sich aber auch die bedeutende landwirtschaftliche Nutzung noch verstärkend auf das Datenmaterial aus, so dass eine Interpretation dadurch kompliziert wird. Welche Effekte im Gebiet Krauchthal - Bärswil die Hageltendenz herabsetzen, lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht erklären.

Zusammenfassend gesehen deckt sich das Untersuchungsergebnis mit der grossräumigen Annahme einer Erhöhung der Hagelgefahr vom Mittelland gegen den Alpennordrand zu. Ein verstärktes Relief wirkt sich deutlich Hagel-Tendenz-fördernd aus. Detaillierte Strukturen der Hagelgefahr entziehen sich aber der Untersuchung, bedingt durch die grobe Struktur des Datenmaterials.

VI. DER SCHNEE IN DER REGION BERN

6.1. Einleitung

6.1.1. Problemstellung und Zielsetzung

Im Rahmen des kantonalen Klimabeobachtungsprogrammes des Geographischen Institutes der Universität Bern werden unter anderem im Winter auch die Schneedaten erfasst. Es war naheliegend, in einer ersten Untersuchung die Region Bern als Beispiel eines Gebietes zwischen höherem und tieferem Mittelland zu bearbeiten. Der Schnee hat in diesem Bereich zwar nur eine relativ untergeordnete winter-touristische Bedeutung, doch für die Räumung von Verkehrswegen z. B. kann die Anzahl der Tage mit Schneedecke, die Anzahl der Tage mit Schneefall und die Anzahl der Einschneiereignisse immerhin interessant sein.

Das untersuchte Gebiet umfasst einen Höhenbereich von 490 - 900 m ü. M. In dieser geringen Meereshöhe muss mit einem mehrmaligen Einschneien und Ausapern jeden Winter gerechnet werden, wobei selten grössere Schneedeckenmächtigkeiten erreicht werden. Unter 700 m ü. M. besteht sogar keine sichere Schneedecke mehr, mit deren Vorhandensein jedes Jahr zur selben Zeit gerechnet werden könnte. Jeder Tag des Jahres kann in diesen Höhenlagen einmal ohne Schnee sein (ZINGG 1954 : 851).

Um kleinräumige, durch lokalklimatische Einflüsse bedingte Unterschiede in den Schneeelementen innerhalb der Region festzustellen, reicht die vorhandene Beobachtungsdichte nicht aus, da das Netz nicht im Hinblick auf diese Fragestellung aufgebaut wurde. Dagegen spricht auch die Genauigkeit der Beobachtungen (Lücken durch Abwesenheit oder Krankheit der freiwilligen Mitarbeiter). Oft hat zudem ein Beobachter aus verschiedenen Gründen seine Probestfläche im Laufe der Jahre verschoben oder hat seine Beobachtertätigkeit aufgegeben, so dass lückenlose Beobachtungen eines Punktes selten sind, und ein genauer Vergleich auch von dieser Seite her in Frage gestellt ist.

Deshalb wurde vereinfachend der gesamte Raum in seiner horizontalen Ausdehnung, was den Schnee betrifft, als witterungsmässig homogen angesehen, und die durch geländeklimatische Effekte hervorgerufenen kleineren Schwankungen bewusst als Fehler in Kauf genommen. Diese

dürften sich wohl nicht stärker als die Fehler bei den Beobachtungen selbst auswirken. Diese Vereinfachung erscheint umso mehr berechtigt, als PRIMAULT (1969 : 5) das ganze Mittelland als eine Region behandelt. Besonnung, Niederschläge, Föhneinbrüche, Temperatur etc. zeigen also für das ganze Gebiet eine in der horizontalen Ausdehnung ähnliche, mit wechselnder Höhenlage sich gleichmässig verändernde expositionsabhängige Charakteristik.

Wie ZINGG (1954, 1966) und HERRMANN (1973) schon gezeigt haben, sollte nun versucht werden, die Höhe über Meer und die Exposition mit den Schneeelementen, insbesondere den Tagen mit Schneedecke, in eine Beziehung zueinander zu bringen und eine geeignete Darstellungsart für die erhaltenen Resultate zu suchen. So würden auch die durch die Höhenstufung bedingten Klimaelemente wie Niederschlagsmenge und -häufigkeit, Temperaturgradient und Sonneneinstrahlung zum Teil wenigstens mitberücksichtigt.

6.1.2. Der Schnee in der Region Bern

Zu Beginn der Beobachtungen im Rahmen des kantonalen Klimabeobachternetzes im Winter 1970/71 wurden die drei Phänomene Reif, Nebel und Schnee als Standardprogramm registriert. Im erweiterten Programm war als zusätzliche Angabe die Höhe der Gesamtschneedecke erwünscht. Diese wurde jedoch nur alle 10 Tage, d. h. am 1., 11. und 21. des Monats gemessen. Seit dem Winter 1971/72 werden die Schneehöhen (nicht der Neuschneezuwachs) jeden Tag gemessen. Vergleichbare Beobachtungen stehen also für die Tage mit Schneedecke seit dem Winter 1970/71 und für die Schneehöhe seit dem Winter 1971/72 zur Verfügung.

Für die Schneebeobachtungen werden Koordinaten, Meereshöhe, Hangneigung und Exposition jeder Testfläche bestimmt. Jeder Beobachter sollte mindestens drei Probeflächen ausscheiden: horizontal (0 - 8 % Neigung), Nordexposition und Südexposition. Die Fläche soll der mittleren Hangneigung des umliegenden Gebietes entsprechen und 10 x 10 Meter gross sein. Nach Möglichkeit sollte jedes Jahr auf denselben Testflächen beobachtet werden, was bisher leider nicht häufig der Fall war. Die Beobachtung der Schneedecke innerhalb der Beobachtungsfläche erfolgt am Vormittag zwischen 0700 und 0800 Uhr. Sind mehr als 50 % der Fläche schneebedeckt, so gilt der Tag als "Tag mit Schnee-

decke". Die Schneehöhe wird mit einem Pegel oder mit einem Doppelmeter lotrecht gemessen. Um auch den Untergrund für die Schneedecke immer gleich zu haben, soll die Fläche im Gartenrasen oder in einer Wiese angelegt werden (kein Acker).

Für den Schnee erhalten wir also folgende Angaben:

PLZ und eine Kennziffer	-	Wohnort und Code für Beobachter
Koordinate, Höhe ü. M., Exposition und Hangneigung	-	Probefläche
	-	Tage mit Schneedecke und die täglich gemessene Mächtigkeit der Schneedecke (Monate Oktober - April)

Aus den Differenzen der Schneehöhen zweier aufeinanderfolgender Tage kann unter Umständen der Abschmelzbetrag und näherungsweise auch der Neuschneezuwachs innerhalb von 24 Stunden festgestellt werden. So können z. B. in der Nähe der MZA Station, wo die Neuschneefälle registriert werden, die Tage, an denen kein Schnee gefallen ist, auf das kantonale Netz übertragen werden. Das erlaubt die reinen Abschmelzbeträge zu errechnen.

Neben den bekannten Problemen, die das Messen der Schneehöhe mit sich bringt, seien auch kurz diejenigen der Unterlage des Schnees angeführt. Der Schnee setzt auf kurzem Rasen oder Gras anders an als auf langem Gras. Weiter ist von entscheidender Bedeutung für die ersten Schneefälle, ob der Boden schon gefroren ist oder nicht, oder ob der Neuschnee auf noch apere Oberfläche fällt oder auf eine schon bestehende Schneedecke zu liegen kommt. Je nachdem kann der Neuschneezuwachs (und damit die Gesamtschneedecke) unterschiedliche Beträge bei derselben Menge Schneefall erreichen. Auch Verwehungen, Nähe von Wald oder von einzelnen Gebäuden können das Bild von Schneehöhe und Anzahl Tagen mit Schneedecke beeinflussen.

6.1.3. Das Beobachternetz für die Region Bern

Einige Stationen des kantonalen Klimabeobachtungsnetzes befinden sich in Bern und der näheren Umgebung. Davon wurden diejenigen berücksichtigt, die in einem Radius von 10 km um die Stadt liegen. In diesem

Gebiet von ca. 300 km² wurde von Jahr zu Jahr folgende Anzahl von Beobachtern und Probeflächen registriert:

Jahr	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
Beobachter	26	9	12	14	11
Testflächen	74	30	34	40	29

Das Gebiet lässt sich durch folgende Eckpunkte abgrenzen:

Neuenegg - Säriswil - Münchenbuchsee - Stettlen - Vechigen - Belpberg - Gasel. Die einzelnen Beobachter wurden darauf in Gebieten mit ähnlicher Topographie in Gruppen zusammengefasst. So konnten fehlende Beobachtungen durch den Vergleich mit den Nachbarstationen in einer engeren Umgebung ergänzt werden.

Je nach Winter weisen ungefähr 20 - 50 % der Testflächen Beobachtungslücken auf, die wenige Tage bis Monate (vor allem die Randmonate Oktober und April) ausmachen können.

Die Teilgebiete sind folgende:

1. Aare- und Gürbetal
2. Belpberg
3. Längenberg - Schwarzenburgerland
4. Stadtgebiet Bern
5. Frienisberg und Gebiet westlich von Bern
6. Moosseegebiet
7. Worblental und östlich angrenzende Gebiete

Die Tabelle 15 zeigt die Verteilung der Beobachter und der Beobachtungsorte in den verschiedenen Gebieten für die fünf Winter: In der bearbeiteten Region, die, wie schon erwähnt, einen Höhenbereich von 500 - 900 m ü. M. umfasst, liegen die meisten Stationen zwischen 500 und 700 m ü. M., nämlich (für flache Exposition)

	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
zwischen 500 - 700 m	29	9	14	11	10
700 - 900 m	5	3	2	3	3

Tabelle 15 : Gebietsweise Uebersicht der Beobachtungsorte für die einzelnen Winter.

Gebiet	Station	Jahr	Beobachtungsorte in den Jahren :				
			70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
1	Muri		x	x	x	x	x
	Rüfenacht		-	-	-	x	x
	Rubigen		x	-	-	-	-
	Belp		x	x	x	x	x
2	Belp (Eggenhorn)		-	-	-	x	x
	Belpberg		x	-	-	-	-
	Münsingen (Chutze)		x	-	-	-	-
3	Schlern		x	x	x	x	-
	Vorderfulligen		x	-	-	-	-
	Belp (Zimmerwald)		x	x	x	x	x
	Gasel		x	x	x	x	x
4	Bern (Viererfeld)		x	-	-	-	-
	Bern (Brückfeld)		x	-	-	-	-
	Bern (Rosengarten)		x	-	-	-	-
	Bern (Bümpliz)		x	-	-	-	x
	Bern (Bümpliz)		x	-	x	x	-
	Worblaufen		x	-	-	-	-
	Köniz		x	x	x	-	-
5	Herrenschwanden		x	-	-	-	-
	Hinterkappelen		-	-	x	x	x
	Hinterkappelen(Unterdettigen)		-	-	x	x	x
	Uetligen		-	-	-	x	-
	Särswil		x	x	-	x	x
	Neuenegg		x	-	x	x	x
6	Zollikofen (Häberlimatte)		x	-	-	x	-
	Zollikofen (Landgarben)		-	-	-	x	x
	Münchenbuchsee(Hofwil)		x	-	x	-	x
	Münchenbuchsee		x	-	-	-	-
	Münchenbuchsee(Moospinte)		x	x	-	-	-
	Urtenen		-	x	x	-	-
7	Ittigen		x	-	-	-	-
	Bolligen		x	-	-	-	-
	Stettlen		x	-	-	-	-
	Vechigen		x	x	x	x	-
	Worb		-	-	-	-	x

Station : Wohnort des Beobachters für die Probefläche im betreffenden Gebiet.

x : Fläche beobachtet.

- : Keine Beobachtungen

() : Genauere Umschreibung des Beobachtungsortes, wenn mehr als ein Beobachter in einer Ortschaft beobachtet, oder wenn der Wohnort nicht dem Ort der Beobachtung entspricht

Wenn wir also in der horizontalen Verteilung eine gleichmässige Dichte vorweisen können, so ist dies in der Vertikalen nicht möglich. Der Umstand, dass einzelne Beobachter ihre Testflächen von Winter zu Winter kleinräumig verschoben haben, was z. T. auch geringe Aenderungen der Meereshöhe mit sich brachte, sollte keinen feststellbaren Einfluss auf die Auswertung des ganzen Gebietes mit sich bringen.

6.2. Die Schneeverhältnisse der Winter 1970/71 bis 1974/75

6.2.1. Die Schneedeckenzeit

Unter Schneedeckenzeit verstehen wir nach UTTINGER (1963 : 416) die Zeitspanne zwischen dem Tag, an dem die Schneedecke sich zum ersten Mal festsetzt und dem Tag, an dem die letzte Schneedecke wegschmilzt. Dabei wird keine Rücksicht darauf genommen, wie oft es in der dazwischenliegenden Zeit einschneit und wieder ausapert. Für die Station der MZA in Bern sind die Werte für Einschnei- und Ausaperungsdatum und für die Schneedeckenzeit in der Tab. 16 festgehalten. (Die 50-jährigen Mittelwerte für den Beginn und das Ende der Schneedecke wurden nicht errechnet). Die Werte für die einzelnen Beobachtungsflächen des kantonalen Messnetzes können der Tab. 17 entnommen werden (nur flache Exposition).

Es ist auffällig, dass das Datum der ersten Schneedecke (vgl. Tab. 17) in den einzelnen Wintern (mit einigen Ausnahmen) über einen grossen Höhenbereich gleich bleibt. Wie ZINGG (1954 : 850) bemerkt, werden in den verschiedenen Jahren Höhenbereiche von mehreren hundert Metern gleichzeitig von einem Einschneiereignis erfasst. So z. B. die Höhenlagen von 700 - 1300 m, die besonders oft gleichzeitig miteinander einschneien.

Tabelle 16 : Schneedeckenzeit, Einschnei- und Ausaperungsdaten.

Station Bern MZA 560 m ü. M.	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	Mittel 5 J.	Mittel 20/21- 69/70	Zürich MZA 475 m ü. M. 1890-1950
Beginn Schneedecke	23.12.	20.11.	25.11.	27.11.	30.10.	24.11.	-	25.11.
Ende Schneedecke	15. 3.	14. 2.	21. 4.	16. 3.	11. 4.	21. 3.	-	30. 3.
Schneedeckenzeit	83	87	148	110	164	119	112	127
Muri Muttengut 545 m ü. M.	85	87	148	111	172	120		

Inwieweit bei den Ausnahmen die Schneemenge, der Untergrund oder andere Faktoren bestimmend waren, wurde nicht abgeklärt. In den beobachteten Jahren können wir in den folgenden Höhenlagen einen mehr oder weniger deutlichen Sprung für die Daten des ersten Einschneiens feststellen:

	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
zwischen	7-800 m	ausser- halb	um 800 m	um 800 m	um 800 m

Für das Datum des letzten Ausaperns, das durch verschiedene Faktoren wie die allgemeine Erwärmung, Inversionslagen, Föhneinbrüche, Schneehöhe, den letzten späten Schneefall, Sonneneinstrahlung, Regenfälle etc. bedingt sein kann, lassen sich ebenfalls bestimmte Höhengrenzen für gleiche (oder annähernd gleiche) Daten ziehen:

	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
zwischen	600 - 650 m	um 650 m um 800 m	um 670 m (schwach)	750 - 800 m	ausser- halb

die Schneedeckenzeit, die zwischen diesen beiden Extremwerten liegt, ist demzufolge ebenfalls über einen bestimmten Höhenbereich von gleichbleibend langer Dauer und nimmt mit der Höhenveränderung sprunghaft zu oder ab. Wenn wir als mittlere "Sprunggrenze" für erstes Einschneien und letztes Ausapern 700 m annehmen wollen, so erhalten wir für unsere Stationen die folgenden mittleren Schneedeckenzeiten (gerundet):

	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	5-jähriges Mittel	
490 - 700 m	85	88	138	107	166	117	Tage
über 700 m	137	133	181	161	182	159	Tage

Ausser im Winter 1972/73 weichen die Werte von 490 - 700 m nicht wesentlich von denen der Station Bern MZA ab. (vgl. Tab. 16). Doch selbst in diesem Winter liegt die Abweichung unter 10 %.

Wenn wir die fünf Winter in Bezug auf die Schneedeckenzeit miteinander vergleichen, so stellen wir fest, dass sie sich im 1972/73 und im 1974/75 überdurchschnittlich in die Länge gezogen haben (siehe auch Fig. 42 - 46: Die Beobachtungsstationen sind mit allen weiteren Angaben auf Tab. 17 für jedes Jahr aufgeführt. Sie sind der Höhenlage nach geordnet, so dass sich die Identifikation der Stationen durch einfaches Abzählen auf der Figur und durch Vergleichen mit der Tabelle erreichen lässt). Im 1972/73 war daran das späte letzte Ausapern, im 1974/75 waren sowohl das frühe erstmalige Einschneien (30.10.) als auch das späte letztmalige Ausapern beteiligt. Etwa um einen Monat zu kurz ist die Schneedeckenzeit 1970/71 und 1971/72 geraten. (1970/71 spätes Einschneien, 1971/72 frühes Ausapern). Einzig das Jahr 1973/74 bewegt sich mit den Daten der ersten und letzten Schneedecke nahe beim 5-Jahresmittelwert und mit der Schneedeckenzeit sogar in unmittelbarer Nähe des Mittels von 1920/21 - 1969/70.

Die Schneedeckenzeit allein sagt über die Charakteristik eines bestimmten Winters in unseren Höhenlagen recht wenig aus. Beginn und Ende sind allzuoft durch Einzelereignisse bedingt, die z. B. früh Schnee

bringen können, der aber sofort wieder wegschmilzt. Der eigentliche Schneewinter (wenn man hier überhaupt davon sprechen darf) beginnt erst einen Monat oder noch später nach einem solchen Einzelereignis. Für eine genauere Charakterisierung sollten noch die Anzahl Einschnei- und Ausaperungsereignisse innerhalb dieser Periode berücksichtigt werden.

6.2.2. Die Einschnei- und Ausaperungsereignisse

Im Höhenbereich der Region Bern bis ungefähr 700 - 800 m Meereshöhe besteht, wie schon erwähnt, keine sichere Schneedecke. Die Schneehöhe ist in der Regel zu gering, als dass die Schneedecke einen in allen Wintermonaten zu gewärtigenden Warmlufteinbruch überdauern könnte. Andererseits sind bei länger anhaltenden Hochdrucklagen mit den dazugehörigen tiefen Temperaturen keine Schneefälle zu erwarten (WINIGER 1973 : 63).

Die Vermutung, dass in der Region Bern mit zunehmender Meereshöhe eine abnehmende Tendenz in der Anzahl der Einschnei- und Ausaperungsereignisse festzustellen sein sollte, hat sich als nicht zutreffend erwiesen. Wie es scheint, liegen die Stationen um 800 - 900 m noch zu wenig hoch, um stabilere Verhältnisse aufzuweisen, d. h. solche mit einer nur noch geringen Anzahl an Einschnei- und Ausaperungsereignissen (vgl. Tab. 18). Eine spätere Untersuchung für höher gelegene Stationen im kantonalen Netz könnte vielleicht eher darüber Aufschluss geben, ob und in welcher Höhe eine Abnahme festzustellen ist.

Die Zusammenstellung in der Tab. 18 zeigt die Anzahl Einschnei- und Ausaperungsereignisse für die fünf Beobachtungsjahre von 100 zu 100 m gemittelt und als Vergleich die Einzelwerte der Station Bern der MZA in 560 m Höhe.

Tab. 18 : Die Anzahl der Einschnei- und Ausaperungsereignisse. Mittelwerte in Stufen von 100 zu 100 m.

Jahr /Höhenstufe						Station MZA
	4-500	5-600	6-700	7-800	8-900	560 m
70/71	-	6.3	7.3	7	8.3	7
71/72	-	4	4.7	5	6	4
72/73	10.5	11.3	4	9	8	11
73/74	7	9.8	5.5	10	10	8
74/75	8.5	10	9	11	10	9
5 j.Mittel	8.7	8.3	6.1	8.4	8.5	7.8

Auffällig ist der im Mittel leichte Rückgang um 600 - 700 m, der sich vielleicht folgendermassen erklären lässt: Die ersten Schneefälle im Spätherbst und im Frühwinter reichen, wie die Daten des ersten Einschneiens zeigen, meist nur auf 800 - 700 m hinunter, so dass sich darunter zu diesem Zeitpunkt gar keine Schneedecke bildet. Die erste Schneedecke in den höheren Lagen kann sich meist nicht halten. Das würde einmal die grössere Anzahl Ereignisse in Höhen über 600 - 700 m erklären. Wie auch in den Fig. 42-46 und in Tab. 17 ersichtlich ist, erhalten in der Höhe die Randmonate mehr Schneefälle, die, wenn sie sich festsetzen können, durch die noch oder schon wieder hohen Temperaturen bedingt, bald wieder wegschmelzen. Im Hochwinter dagegen scheinen Warmlufteinbrüche der (weniger mächtigen) Schneedecke unter 600 m mehr zuzusetzen als in grösseren Höhen. Die Decke schmilzt so innert kürzester Zeit ab, und erneut fallender Schnee setzt sich auf aperer Oberfläche fest. Beispiele für frühes Einschneien in den höheren Lagen sehen wir in den Fig. 42/43 für das mehrmalige Abschmelzen unter 600 m auf den Fig. 42, 43, 46.

6.2.3. Der Einfluss von Föhnlagen und Luftmassen auf das Bestehen einer Schneedecke

Die Fig. 42 - 46 zeigen den Verlauf der letzten fünf Winter in der Region Bern. Eingetragen sind die Beobachtungsstationen in ihrer Höhenlage und die Tage mit Schneedecke in ihrer winterlichen Verteilung.

Die Tagesmitteltemperaturkurve der Station Bern MZA vermittelt wertvolle Hinweise für das Abschmelzen oder Liegenbleiben einer Schneedecke in 560 m Höhe. Die Kurve des Winters 1974/75 zeigt einen selten die Null Grad-Grenze unterschreitenden Gang, so dass sich auch bei reichlicheren Schneefällen kaum eine Decke über längere Zeit in dieser Höhenlage gehalten hätte. Im Winter 1973/74 hat es sich mit der Temperatur, abgesehen von einem Arktiklufteinbruch Ende November Anfang Dezember 1973, ähnlich verhalten. Im "normaleren" Winter 1970/71 sinkt die Temperaturkurve von Ende Dezember bis Mitte Januar deutlich unter die Null Grad-Grenze, was der Schneedecke ein Bestehen von fast einem Monat gestattet.

Die Angabe der Schneefalltage oder -perioden (ebenfalls für Bern MZA) zeigt, wie Schneefälle im Spätherbst oder im Vorfrühling wohl bis in die Niederungen fallen, sich aber nicht festsetzen können oder nach kurzer Zeit wieder verschwinden.

Die Angabe der Luftdruckverhältnisse nördlich und südlich der Alpen, und vor allem die Angaben über Föhnlagen nördlich der Alpen in Verbindung mit den Luftmassen liefern uns Erklärungen für das häufige Ausapern der geringmächtigen Schneedecke mitten im Winter. So wird die besprochene lange Periode mit Schneedecke im Januar 1971 durch ein Föhnereignis verbunden mit einem starken Temperaturanstieg bis auf über 700 m hinauf abgeschlossen. Ein zweites Föhnereignis vermag die Schneedecke zum Teil bis über 800 m hinauf abzuschmelzen. Im Winter 1971/72 bringt um den 20. Dezember herum marine Tropikluft ohne ausgeprägtes Föhnereignis die Schneedecke zum Verschwinden. Anders um den 10. Februar 1972, wo drei aufeinanderfolgende Föhnereignisse die Schneedecke bis über 800 m hinauf verschwinden lassen.

Erstaunlich scheint im Winter 1972/73 die Konstanz der Schneedecke über 600 m ü. M. Ein Beobachter (H. Kienholz, Schliern) misst vom

14. Dezember bis zum 15. Januar eine gleichbleibende Schneehöhe von nur 2 cm und bemerkt dazu, dass auf dem Schnee eine Rauhrefauf-
lage von 3 cm liegt, die die ganze Zeit über erhalten bleibt! Die
Schneefälle vom 16. Januar lassen dann die Schneedecke wieder vor-
übergehend auf 8 cm anwachsen. Wie der Verlauf der Temperaturkurve
zeigt, steigt trotz eines Föhnereignisses Ende Dezember die Tempera-
turkurve für Bern MZA nicht über Null Grad an. Auch der Einbruch
von maritimer Tropikluft Anfang Januar lässt die Temperatur nicht
über Null Grad ansteigen. So kann sich diese geringmächtige Schnee-
decke über 650 m halten.

Zusammenfassend lässt sich folgendes sagen: Die meist sehr geringe
Mächtigkeit der Schneedecke (vgl. auch Kap. 6.2.7.) in den unteren
Höhenlagen der Region Bern ermöglicht es, dass auch durch einen
relativ kurzfristigen Temperaturanstieg über Null Grad, der durch
Föhn oder andere warme Luftmassen verursacht wird, diese abschmilzt.
Dabei ist es oft möglich bei wiederholten Ereignissen das Verschwin-
den der Schneedecke in der Höhe gestaffelt zu verfolgen. Steigt ander-
erseits die Temperatur nicht über Null Grad, so vermag sich auch
eine sehr dünne Schneedecke im Kern des Winters zu halten.

Legende zu den Figuren 42-46 :

Beobachtungsstation : Anzahl der Tage mit Schneedecke und ihre Verteilung von Oktober bis
April für die einzelnen Beobachtungsflächen (Daten : Kantonales Netz).

Temperatur : Kurve der Tagesmittel der Station Bern MZA.

Schneefall : Tage oder Perioden mit Schneefall beobachtet durch die Station Bern MZA.

Luftdruck : Luftdruckunterschied Nordseite-Südseite der Alpen (zwischen den Punkten
47° 30' und 45° 30' n.B. auf dem 9. östl. Längengrad), 0 - 10 auf Ordinate der Fig.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
-10.5	-7.5	-4.5	-1.5	1.5	4.5	7.5	10.5	Millibar
tieferer Druck auf der Alpennordseite (Föhn)			ausgeglichene Druckverteilung			hoherer Druck auf der Alpennordseite (Stau)		

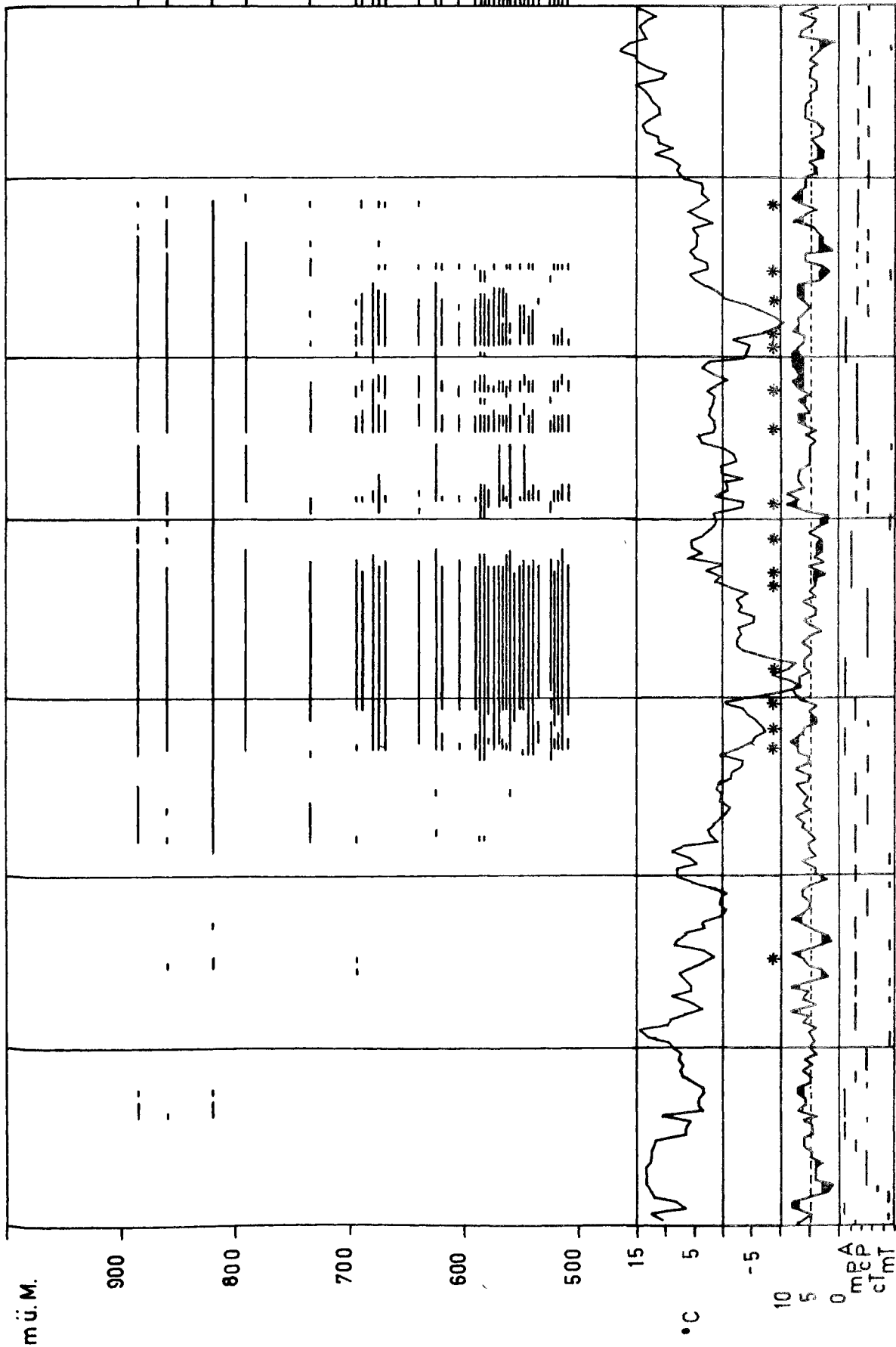
Luftmassen : Luftmassen auf der Alpennordseite im Gebiet von Zürich um Mittag.

- A - arktische Polarluft
- mP - maritime Polarluft (oder gealterte Polarluft)
- cP - kontinentale " " " "
- mT - maritime Tropikluft (oder gealterte Tropikluft)
- cT - kontinentale " " " "

(Daten und Angaben : ANNALEN der MZA , z. T. unveröffentlicht)

WINTER 70/71

BEOBACHTUNGSSATION



OKTOBER NOVEMBER DEZEMBER JANUAR FEBRUAR MÄRZ APRIL
 Fig. 42 : Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhenlage (s. auch Tab. 17); Tagesmitteltemperaturen Station Bern MZA; Schneefall Station Bern MZA; Luftdruckunterschiede N - S - Seite der Alpen mit Angabe von Föhn - und Staulagen nördlich der Alpen (schwarze Flächen); Luftmassen.

Tabelle 17 :

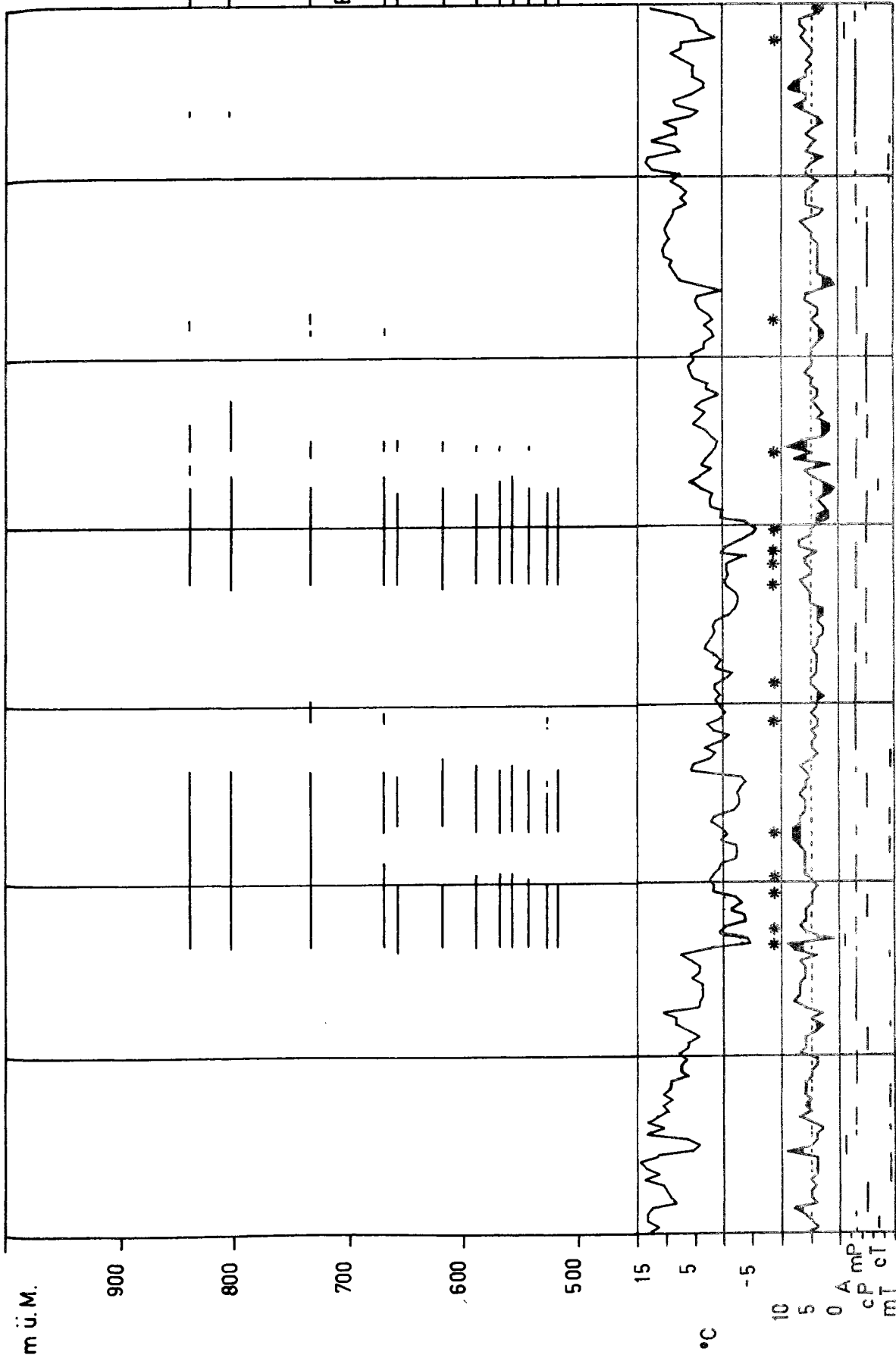
Verzeichnis der Beobachtungsstationen mit der Zahl der Tage mit Schneedecke, Beginn, Ende und Dauer der Schneedeckenzelt. Neigung 0 - 3 %.

W I N T E R 70/71 :

Station	PLZ	Koordinate	Höhe	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Summe			letzte Zeit	
											XIII	Total	erste		
Riedlweacher	3122.1	605.75/104.15	515	-	-	5	23	8	2	-	26	38	23.XII	16.III	84
Viehweide	3123.1	606.75/192.85	515	-	-	9	26	8	4	-	47	47	23.XII	16.III	84
Steinbach	3123.1	604.40/193.85	518	-	-	6	24	7	3	-	40	40	23.XII	16.III	84
Hunzigenbrücke	3123.1	607.45/193.15	519	-	-	7	22	7	3	-	39	39	28.XII	16.III	84
Moospitze	3053.2	601.60/208.70	525	-	-	9	23	5	1	-	38	38	21.XII	14.III	84
Bolligen Pt. 539	3065.2	604.40/202.10	539	-	-	4	23	2	1	-	30	30	24.XII	10.III	77
Schulhausplatz	3063.1	603.10/202.75	540	-	-	10	24	9	7	-	50	50	22.XII	16.III	85
Multengut	3074.2	603.20/197.80	544	-	-	10	23	7	6	-	46	46	22.XII	15.III	85
Eyfeld	3048.1	602.65/202.20	555	-	-	3	24	14	5	-	46	46	23.XII	9.III	77
Hofwil-Seminar	3053.1	601.82/207.70	555	-	-	2	23	6	8	-	39	39	30.XII	16.III	77
Ischlag	3113.1	608.50/194.10	560	-	-	4	22	-	-	-	26	26	28.XII	22.I	26
Boll(Moos)	3067.2	608.07/200.10	560	-	-	10	26	17	4	-	57	57	15.XII	16.III	92
Kleefeld	3018.2	595.90/198.50	565	-	-	3	25	6	10	-	44	44	23.XII	16.III	84
Viererfeld	3004.1	600.17/201.62	566	-	-	4	23	7	9	-	43	43	23.XII	12.III	80
Bottigenstr.	3018.1	595.50/198.50	570	-	-	8	23	16	10	-	57	57	24.XII	12.III	79
Herrenschwanden	3004.1	598.07/202.85	575	-	-	9	25	5	11	-	50	50	23.XII	16.III	84
Vorder Rehak	3018.1	595.55/198.45	580	-	-	4	23	7	8	-	42	42	24.XII	10.III	77
Oberdorf	3053.3	600.10/207.35	580	-	-	12	25	13	12	-	62	62	7.XII	15.III	99
Weiermatte	3053.3	599.75/207.40	580	-	-	12	25	13	12	-	62	62	7.XII	15.III	99
Schulhaus	3098.1	598.10/196.50	590	-	-	5	23	6	9	-	43	43	23.XII	16.III	84
Rehak-Höhe	3018.2	595.65/198.10	604	-	-	3	24	6	6	-	39	39	23.XII	16.III	84
Blinzern	3098.1	598.60/196.70	620	-	-	5	23	6	9	-	43	43	23.XII	16.III	84
Lindental	3067.2	609.10/203.37	621	-	-	11	26	20	14	-	71	71	8.XII	16.III	99
Landstuel	3176.1	591.15/194.75	640	-	-	8	24	10	10	-	52	52	24.XII	27.III	94
Blindenmoos	3090.2	597.90/195.00	670	-	-	9	24	9	11	-	53	53	23.XII	27.III	95
Schüpbberg	3053.2	596.60/208.10	675	-	-	9	25	15	13	-	62	62	23.XII	27.III	95
Utzigem	3067.2	609.47/200.82	677	-	-	9	25	12	13	-	59	59	23.XII	13.III	81
Schlatt	3144.1	598.67/193.63	690	-	-	2	22	7	10	-	41	41	30.XII	27.III	88
Stockerenhöchi	3065.2	605.30/204.30	690	-	2	4	24	6	5	-	39	41	14.XI	10.III	107
Horbismatt	3044.1	590.45/205.12	735	-	-	12	24	12	7	-	55	55	7.XII	27.III	111
Niederhäuseren	3123.1	603.25/191.60	790	-	-	9	26	23	21	-	79	79	23.XII	27.III	95
Luterbach	3067.2	610.85/203.65	820	4	3	27	31	25	27	-	113	120	20.X	27.111	159
Witscheren	3144.1	599.75/193.45	860	1	1	11	25	17	25	-	78	80	20.X	28.111	150
Wald	3123.1	601.95/192.25	885	4	-	20	29	25	23	-	97	101	20.X	27.111	159

WINTER 71/72

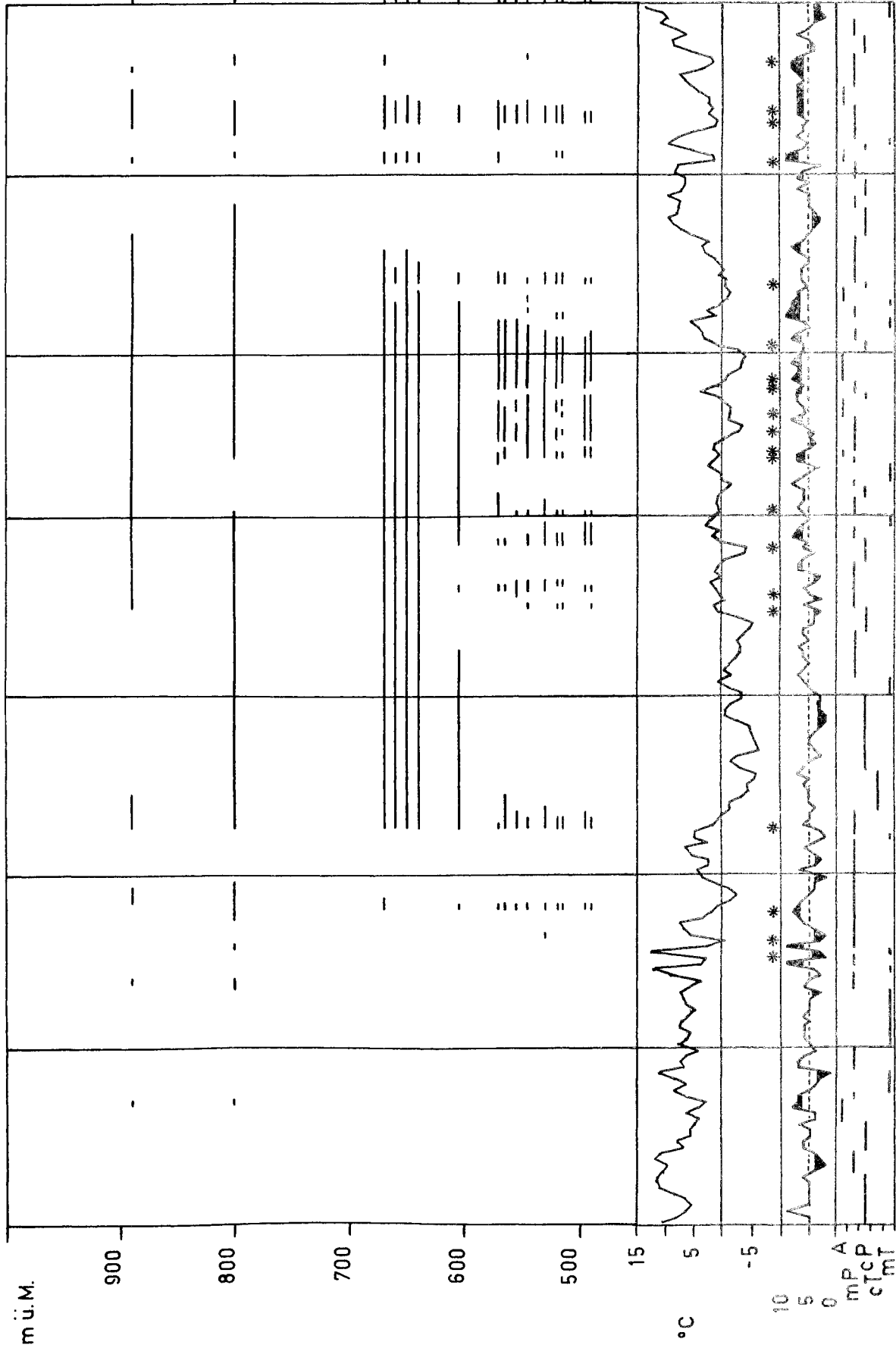
BEOBACHTUNGSSTATION



OKTOBER NOVEMBER DEZEMBER JANUAR FEBRUAR MÄRZ APRIL
 Fig. 43: Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhenlage (s. auch Tab. 17); Tagesmitteltemperaturen Station Bern MZA; Schneefall Station Bern MZA; Luftdruckunterschiede N - S - Seite der Alpen mit Angabe von Föhn - und Staulagen nördlich der Alpen (schwarze Flächen); Luftmassen.

WINTER 72/73

BEOBACHTUNGSSTATION



OKTOBER NOVEMBER DEZEMBER JANUAR FEBRUAR MÄRZ APRIL
 Fig. 44 : Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhenlage (s. auch Tab. 17); Tagesmitteltemperaturen Station Bern MZA; Schneefall Station Bern MZA; Luftdruckunterschiede N - S - Seite der Alpen mit Angabe von Föhn - und Staulagen nördlich der Alpen (schwarze Flächen); Luftmassen.

Tabelle 17 : Verzeichnis der Beobachtungsstationen mit der Zahl der Tage mit Schneedecke, Beginn, Ende und Dauer der Schneedeckenzzeit. Neigung 0 - 8 %.

W I N T E R 71/72 :

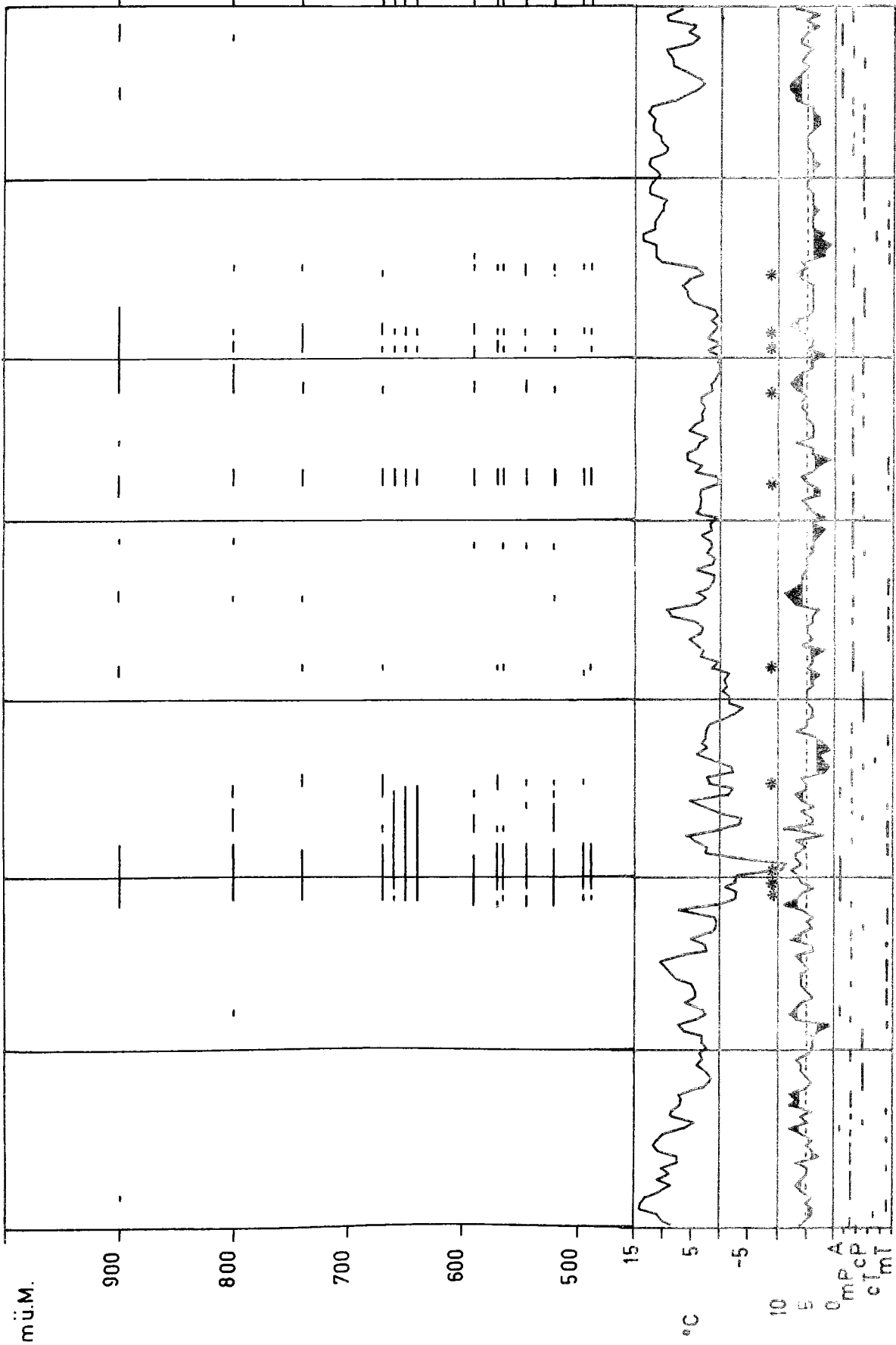
Station	PLZ	Koordinate	Höhe	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Summe		erste	letzte	Zeit
											XII-III	Total			
Mühlematt	3123.1	604.90/192.60	520	-	11	11	10	8	-	-	29	40	20.XI	14.II	87
Urtenen	3322.4	604.70/208.40	530	-	11	9	10	6	-	-	25	35	20.XI	6.II	79
Multengut	3074.2	603.20/197.80	545	-	11	12	10	8	-	-	30	41	20.XI	14.II	87
Boll	3067.2	608.45/200.05	560	-	11	14	10	9	-	-	33	44	20.XI	9.II	82
Friedhof	3098.1	598.40/196.65	570	-	11	13	10	9	-	-	32	43	20.XI	14.II	87
Vechigen	3067.2	609.15/199.60	590	-	11	14	10	7	-	-	31	42	20.XI	14.II	87
Vechigen	3067.2	609.45/199.50	620	-	11	12	11	9	-	-	32	43	20.XI	15.II	88
Lindental	3067.2	609.12/202.87	660	-	12	9	10	8	-	-	27	39	19.XI	15.II	89
Blindenmoos	3098.2	597.90/195.00	670	-	11	17	10	11	1	-	39	50	20.XI	5.III	107
Särtswil	3044.1	590.45/205.12	735	-	11	23	11	10	3	-	47	58	20.XI	8.III	110
Niederhäusern	3123.1	602.90/191.90	805	-	11	20	11	18	-	1	49	61	20.XI	12.IV	145
Zimmerwald	3123.1	602.60/192.20	840	-	11	20	10	14	2	1	46	58	20.XI	12.IV	145

W I N T E R 72/73 :

Hinterkappelen	3032.1	595.94/201.84	490	-	1	2	6	16	5	2	29	32	25.XI	11.IV	138
Unterdettigen	3032.2	596.40/201.90	494	-	1	3	5	18	4	2	30	33	25.XI	11.IV	138
Fareggien	3123.1	606.70/193.60	515	-	1	2	4	10	6	4	22	27	25.XI	12.IV	139
Belp	3123.1	604.80/192.60	520	-	1	2	4	12	6	4	24	29	25.XI	12.IV	139
Urtenen	3322.4	604.70/208.40	530	-	2	4	6	21	6	3	37	42	20.XI	12.IV	144
Multengut	3074.2	603.20/197.80	545	-	1	2	5	18	8	5	33	39	25.XI	21.IV	148
Hofwil	3053.1	601.82/207.70	555	-	1	3	3	12	6	3	24	28	25.XI	12.IV	139
Kleeefeld	3018.2	595.90/198.50	564	-	1	6	2	14	8	3	30	34	25.XI	12.IV	139
Friedhof	3098.1	598.40/196.65	570	-	1	1	2	19	8	7	30	38	25.XI	13.IV	140
Ob dem Wald	3018.2	595.65/198.10	604	-	1	23	14	28	11	3	76	80	25.XI	12.IV	139
Landstuel	3176.1	591.20/194.80	643	-	-	23	31	28	15	6	97	103	9.XII	13.IV	125
Landstuel	3176.1	591.40/194.60	650	-	-	23	31	28	18	7	100	107	9.XII	14.IV	127
Neuriedern	3176.1	590.75/195.10	658	-	-	23	31	28	12	6	94	100	9.XII	13.IV	126
Blindenmoos	3098.2	597.90/195.00	670	-	2	23	31	28	18	10	109	112	25.XI	21.IV	146
Zimmerwald	3123.1	603.00/191.30	800	1	10	23	31	19	26	9	99	119	22.X	21.IV	182
Zinggloch	3144.1	599.25/192.50	890	1	4	6	16	28	21	9	71	85	22.X	19.IV	179

WINTER 73/74

BEOBACHTUNGSSATION



OKTOBER NOVEMBER DEZEMBER JANUAR FEBRUAR MÄRZ APRIL
 Fig. 45 : Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhenlagen (s. auch Tab. 17); Tagesmittelttemperaturen Station Bern MZ4;
 Schneefall Station Bern MZA; Luftdruckunterschiede N - S = Seite der Alpen mit Angabe von Föhn - und Stauffagen nördlich
 der Alpen (schwarze Flächen); Luftmassen.

WINTER 74/75

BEOBSCHTUNGSSTATION

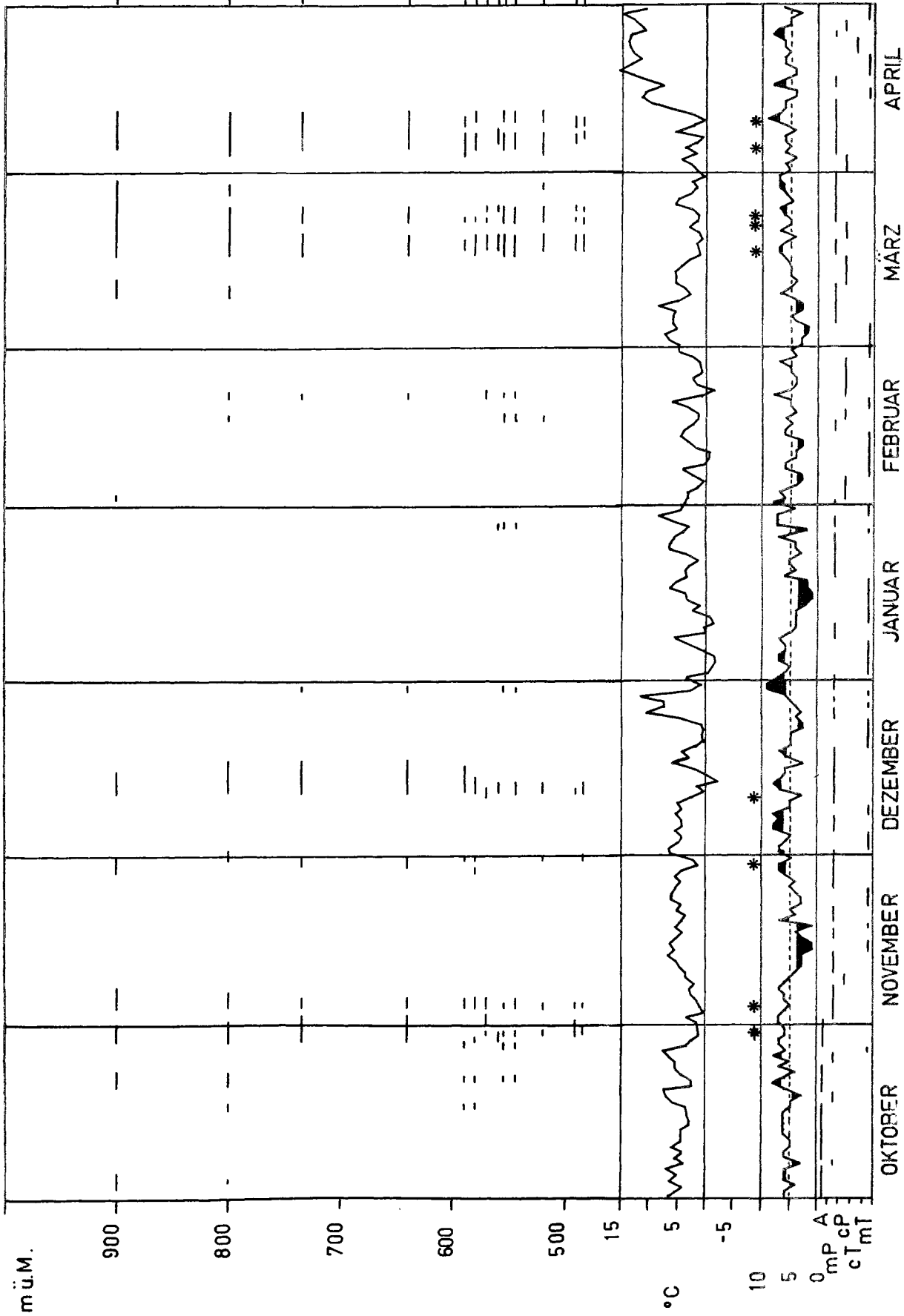


Fig. 46 : Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhenlage (s. auch Tab. 17); Tagesmitteltemperaturen Station Bern MZA; Schneefall Station Bern MZA; Luftdruckunterschiede N - S - Seite der Alpen mit Angabe von Föhn - und Staulagen nördlich der Alpen (schwarze Flächen); Luftmassen.

Table 17 : Verzeichnis der Beobachtungsstationen mit der Zahl der Tage mit Schneedecke, Beginn, Ende und Dauer der Schneedeckzeit. Neigung 0 - 8 %.

W I N T E R 73/74 :

Station	PLZ	Koordinate	Höhe	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Summe		erste	letzte	Zeit
											XII-III	Total			
Unterdöttigen	3032.2	596.47/201.87	490	-	3	6	1	3	3	-	13	16	27.XI	16.III	110
Hinterkappelen	3032.1	595.94/201.84	490	-	3	7	1	3	2	-	13	16	27.XI	16.III	110
Mühlennatt	3123.1	604.80/192.60	522	-	5	12	2	4	3	-	21	26	26.XI	16.III	111
Multengut	3074.2	603.20/197.80	545	-	4	8	1	5	4	-	18	22	26.XI	16.III	111
Zollkofen	3052.1	601.10/205.15	565	-	3	7	2	3	3	-	15	18	27.XI	16.III	110
Landgarben	3052.2	600.25/205.20	570	-	3	10	1	3	4	-	18	21	26.XI	16.III	111
Rüfenacht	3075.1	607.00/197.80	590	-	5	8	1	5	6	-	20	25	26.XI	18.III	113
Landstuel	3176.1	591.20/194.80	643	-	4	16	-	3	2	-	21	25	27.XI	5.III	99
Landstuel	3176.1	591.40/194.60	650	-	4	16	-	3	2	-	21	25	27.XI	5.III	99
Neuriedern	3176.1	590.75/195.10	658	-	3	15	-	3	2	-	20	23	27.XI	5.III	99
Blindenmoos	3098.2	597.90/197.00	670	-	4	11	1	4	4	-	20	24	27.XI	15.III	109
Innerberg	3044.1	590.45/205.12	740	-	4	7	2	5	6	-	20	24	27.XI	16.III	110
Zimmerwald	3123.1	603.00/191.30	800	-	5	12	2	8	4	1	26	32	7.XI	25.IV	170
Zingghöch	3144.1	599.25/192.50	900	1	5	5	5	11	9	5	30	41	6.X	27.IV	204

W I N T E R 74/75 :

Hinterkappelen	3032.1	595.94/201.84	490	2	2	2	-	-	5	3	7	14	30.X	10.IV	163
Unterdöttigen	3032.2	596.47/201.87	490	2	2	1	-	-	5	4	6	14	30.X	10.IV	163
Beip	3123.1	604.90/192.70	520	1	2	2	-	1	7	6	10	19	30.X	11.IV	164
Multengut	3074.2	603.20/197.80	545	3	2	1	1	2	7	5	11	21	22.X	11.IV	172
Muri Kirche	3074.2	603.90/197.70	560	3	1	1	1	2	7	5	11	20	22.X	11.IV	172
Hofwil	3053.1	601.80/207.70	561	2	-	2	1	-	4	3	7	12	29.X	8.IV	162
Landgarben	3052.2	600.25/205.20	570	1	4	2	-	1	5	-	8	13	30.X	25.III	147
Rüfenacht	3075.1	607.00/197.80	580	3	4	3	-	-	5	5	8	20	17.X	11.IV	177
Widen	3076.1	609.97/197.15	591	3	3	5	-	-	3	6	8	20	17.X	10.IV	176
Wetermatt	3044.1	590.10/204.10	640	3	6	7	-	1	7	7	15	31	29.X	11.IV	165
Säriswil	3044.1	590.45/205.12	735	3	6	7	-	1	7	7	15	31	29.X	11.IV	165
Zimmerwald	3123.1	603.00/191.20	800	8	5	7	-	2	13	8	22	43	4.X	11.IV	190
Zingghöch	3144.1	599.25/192.50	900	9	7	4	-	1	17	7	22	45	3.X	11.IV	191

6.2.4. Die Tage mit Schneedecke

6.2.4.1. Die mittlere Länge der Perioden mit Schneedecke

Wie wir gesehen haben, kann den ganzen Winter über die Schneedecke durch Warmlufteinbrüche zum Verschwinden gebracht werden. Es hängt stark vom Witterungsablauf ab, ob und wie lange eine Schneedecke liegenbleibt. Für unser Gebiet lässt sich deshalb auch keine Zeitspanne umschreiben, in der jedes Jahr mit 100 %iger Wahrscheinlichkeit Schnee liegt. Trotzdem soll eine Aussage über die mittlere Länge einer zusammenhängenden Schneedeckenperiode versucht werden. Dies gestattet einen Vergleich der Beobachtungswinter und der verschiedenen Höhenstufen.

Im winterlichen Durchschnitt bleibt die Schneedecke ohne Unterbruch in Bern (Station MZA, WINIGER 1973 : 63) nach den Messungen von 1920/21 bis 1970/71 während 6,6 Tagen liegen. Die Werte für 1970/71 bis 1974/75 können der Tab.19 entnommen werden, wo auch die Höhenstufenmittelwerte des Netzes festgehalten sind.

Tabelle 19 : Mittlere ununterbrochene Schneeperiodenlänge in Tagen.

Jahr / Höhenstufung	4-500	5-600	6-700	7-800	8-900	Bern MZA 560 m
70/71	-	7.1	7.7	9.9	22.6	7.9
71/72	-	10.9	9.6	9.7	12.5	10.8
72/73	3.1	3.2	22.7	-	12.8	3.8
73/74	2.3	2.3	5	2.9	4.1	2.3
74/75	1.7	1.8	3.4	3.4	13.3	1.6
5 j.Mittelwert	(2.4)	5.1	9.7	(6.5)	13.1	5.3

Bei einigen Werten finden wir das zu erwartende kontinuierliche Ansteigen mit zunehmender Höhenlage. Auch hier sind wieder einzelne Sprünge festzustellen. So bei den Wintern 1970/71, 1971/72 und 1974/75 um 800 m ü. M. Deutlich sehen wir, dass der unter 800 m klar unternormale Winter 1974/75 sich über 800 m stark dem Mittelwert nähert,

während für 1973/74 die selbe Feststellung über 800 m nicht gemacht werden kann. In diesem Winter dagegen kann für den Sprung um 600 - 700 m die selbe Erklärung herangezogen werden wie für den Fall der Einschnei- und Ausaperungsereignisse (vgl. Tab.18). Wiederum im Winter 1972/73 fällt der Spitzenwert von 22,7 Tagen (der den 5-Jahresmittelwert stark nach oben verfälscht) auf, der durch die bis drei Monate liegenbleibende, wenige Zentimeter mächtige Schneedecke bedingt ist. Dieses in den fünf Beobachtungsjahren einmalige Ereignis muss im Vergleich mit anderen Mittellandstationen mit ähnlicher Höhenlage in einer späteren Arbeit untersucht werden.

Interessant sind auch noch die maximalen Längen der ununterbrochenen Perioden mit Schneedecke in den einzelnen Jahren (siehe Fig.42-46). Für die Station Bern MZA ergeben sich folgende Werte:

	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75
Tage	27	18	22	6	4

Obwohl wir im Winter 1972/73 eine längere maximale Periode vorfinden als 1970/71, liegt doch die Länge der mittleren Schneeperiode dieses Winters deutlich über derjenigen des andern. Das wird verursacht durch die vielen Einschnei- und Ausaperungsereignisse in den Randmonaten des Winters 1972/73, während der Winter 1971/72 drei lange Schneeperioden aufzuweisen hat.

6.2.4.2. Die Anzahl Tage mit Schneedecke - Meereshöhe - Exposition

Das Messnetz des Geographischen Institutes der Universität Bern erlaubt es, durch seine relativ grosse Dichte für einen bestimmten Raum (in dem Fall für die Region Bern), sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ausdehnung, auf konventionellem Wege mehr Daten zu erhalten, als das bisher auch für die Tage mit Schneedecke der Fall gewesen ist.

Wenn wir die Anzahl der Tage mit Schneedecke und die dazugehörige Meereshöhe für die Beobachtungsstationen expositionsweise in einer Graphik auftragen und dann den Punkteschwarm betrachten, so lässt sich folgendes sagen: Die Werte nehmen mit zunehmender Höhe ebenfalls zu. Die Punkte scheinen mehr oder weniger auf einer Geraden zu lie-

gen, die von links unten gegen rechts oben verläuft. Die Beziehung zwischen den beiden Variablen scheint mittels einer einfachen linearen Regression ausgedrückt werden zu können. Dies umso mehr, als auch andere Autoren schon dasselbe, wenn auch für andere Höhenstufen, versucht (SPECK 1974) oder den Verlauf ihrer Kurven für das hier in Frage kommende Teilstück von 500 - 900 m annähernd gerade dargestellt haben (PRIMAULT 1969, WANNER 1975 : 17). Den Nachweis, dass in erster Näherung alle Schneedeckencharakteristika, also auch die Anzahl der Tage mit Schneedecke, normalverteilt sind, hat CEHAK (1974 : 307) erbracht, so dass wir mit der einfachen linearen Regression arbeiten dürfen.

Die Unterscheidung in Expositionen wird schon durch die Anlage der Datenerhebung möglich. Theoretisch sollte jeder Mitarbeiter drei Expositionen beobachten (flach, N und S). Somit erhielten wir für alle Expositionen in ähnlicher Höhe Angaben und könnten so die Unterschiede gut erkennen.

Eine weitere Aufsplitterung der Beobachtungen in Hangneigungsklassen durfte bei der Nord- und Südexposition jedoch nicht mehr vorgenommen werden. Dies hätte das Datenmaterial in unzulässiger Weise weiter verdünnt. Die Werte für flache Testflächen umfassen die Hangneigungen von 0 - 8 %. Die Werte für Nord- und Südexposition umfassen alle Neigungen von 8 - 100 %, doch wird selten an Hängen beobachtet, die 40 % überschreiten. Ein Mittelwert der Beobachtungen für die Nord- bzw. die Südexposition liegt bei zirka 20 % Hangneigung.

Es kann vorkommen, dass einzelne Beobachter keinen eindeutigen Nord- oder Südhang zur Verfügung haben und deshalb von diesen Expositionsrichtungen abweichen. Diese Beobachtungen wurden ohne Korrektur der jeweiligen Hauptrichtung zugeschlagen (z. B. NW = N, SE = S).

Diejenigen Stationen, die sich eindeutig als falsch oder unzuverlässig beobachtet herausstellten, wurden bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Stationen hingegen, bei denen ein oder zwei Beobachtungstage durch Abwesenheit des Mitarbeiters ausgefallen sind, sind wenn möglich anhand von benachbarten Stationen ergänzt worden. (Sei es einerseits durch Vergleiche der Beobachtungen im fraglichen Zeitabschnitt und andererseits anhand des parallelen Verhaltens der beiden Vergleichsstationen).

Der Tab. 20 können die näheren Angaben und die Resultate zu den ausgeführten Regressionsrechnungen entnommen werden. In den Fig. 47 - 51 sind die Resultate für die einzelnen Winterhalbjahre dargestellt. Auf die Wiedergabe der einzelnen Punkte wurde bewusst verzichtet, da die Punkteschwärme der einzelnen Expositionen in ein und derselben Darstellung der Uebersicht nicht zuträglich gewesen wären. Die Steigerung aller berechneten Geraden sind signifikant von Null verschieden. In jedem Beobachtungsjahr bedeutet also Höhenzunahme auch zugleich Zunahme der Anzahl Schneetage.

Für die Berechnung der Geraden für flache Expositionen sind im ersten Beobachtungswinter sehr viele Werte zur Verfügung gestanden. In den darauffolgenden Wintern hat sich das Netz auf eine konstante Grösse von 12 - 16 Beobachtungsflächen für flache Exposition reduziert. (In der Fig. 42 sind wegen der Uebersichtlichkeit nur 34 von 39 dargestellt). Aehnlich ist es den Nord- und Südexpositionen ergangen, wo wir heute in jedem Jahr mit sieben bis neun Beobachtungen rechnen können.

Die Regressionsgeraden sollten in ihrem Geltungsbereich in der Meereshöhe nicht wesentlich über die begrenzenden Beobachtungswerte hinaus interpretiert werden, da unter 500 m und über 900 m Höhe ein anderer Verlauf der Kurve zu erwarten ist (PRIMAULT 1969), der mit einer Regressionsgeraden nicht mehr hinreichend genau dargestellt werden kann.

6.2.4.3. Die Darstellung der fünf Winter mit den Regressionsgeraden

- Winter 1970/71 (Tab. 20, Fig. 47)

Für die Berechnung stehen von allen Wintern die meisten Werte zur Verfügung. Der Korrelationskoeffizient für die Südexposition ist in diesem Jahr der schlechteste aller Einzeljahreskorrelationskoeffizienten, doch ist er mit 0,689 immer noch hoch. Die Standardabweichung macht in Höhenmetern ausgedrückt für alle drei Expositionen zirka 100 m aus. Die Geraden zeigen einen "idealen" Verlauf untereinander. In der selben Höhenlage weist nämlich die Nordexposition vor der flachen und der Südexposition die meisten Tage mit Schneedecke auf. Mit zunehmender Höhe entfernen sich die Nord- und Südexposition von der flachen Exposition.

Tab. 2b : Ergänzende Angaben zu den Regressionsgeraden der Fig. 47 - 52.

Jahr	Exposition	Anzahl Werte für die Berechnung	mit den Werten erfasster Höhenbereich in m ü.M.	Gleichung für die Regressionsgerade	Standardabweichung der Einzelwerte vor der Regressionsgeraden in Tagen	Korrelationskoeffizient
70/71	flach	39	515 - 885	$y = -41,93 + 0,15 x$	12,4	0,765
	Nord	15	530 - 620	$y = -41,70 + 0,15 x$	16,1	0,819
	Süd	17	565 - 900	$y = - 8,88 + 0,08 x$	10,1	0,689
71/72	flach	12	520 - 840	$y = + 0,73 + 0,07 x$	4,2	0,886
	Nord	8	560 - 690	$y = -18,97 + 0,11 x$	5,6	0,743
	Süd	7	560 - 910	$y = - 7,67 + 0,08 x$	3,4	0,949
72/73	flach	16	490 - 890	$y = -87,42 + 0,25 x$	23,9	0,766
	Nord	8	490 - 870	$y = -55,17 + 0,22 x$	25,6	0,758
	Süd	9	505 - 900	$y = -103,50 + 0,23 x$	13,0	0,918
73/74	flach	14	490 - 900	$y = - 5,55 + 0,05 x$	3,3	0,871
	Nord	9	490 - 860	$y = -14,52 + 0,06 x$	4,1	0,904
	Süd	7	565 - 760	$y = -15,74 + 0,06 x$	2,8	0,930
74/75	flach	13	490 - 900	$y = -27,32 + 0,08 x$	4,0	0,935
	Nord	8	490 - 860	$y = -25,58 + 0,08 x$	1,9	0,989
	Süd	7	505 - 900	$y = -41,26 + 0,10 x$	3,9	0,972
5 Jahre	flach	67	490 - 900	$y = -40,20 + 0,13 x$	22,1	0,575
	Nord	42	490 - 890	$y = -20,05 + 0,11 x$	25,6	0,423
	Süd	39	505 - 910	$y = -41,68 + 0,12 x$	13,9	0,737

Fig. 47 - 49 : Tage mit Schneedecke.
 Die Regressionsgeraden der Winter 70/71 bis 72/73.
 untere bzw. obere Grenze der Einzelbeobachtungen.
 1 = flach, 2 = Nordexposition, 3 = Südexposition.

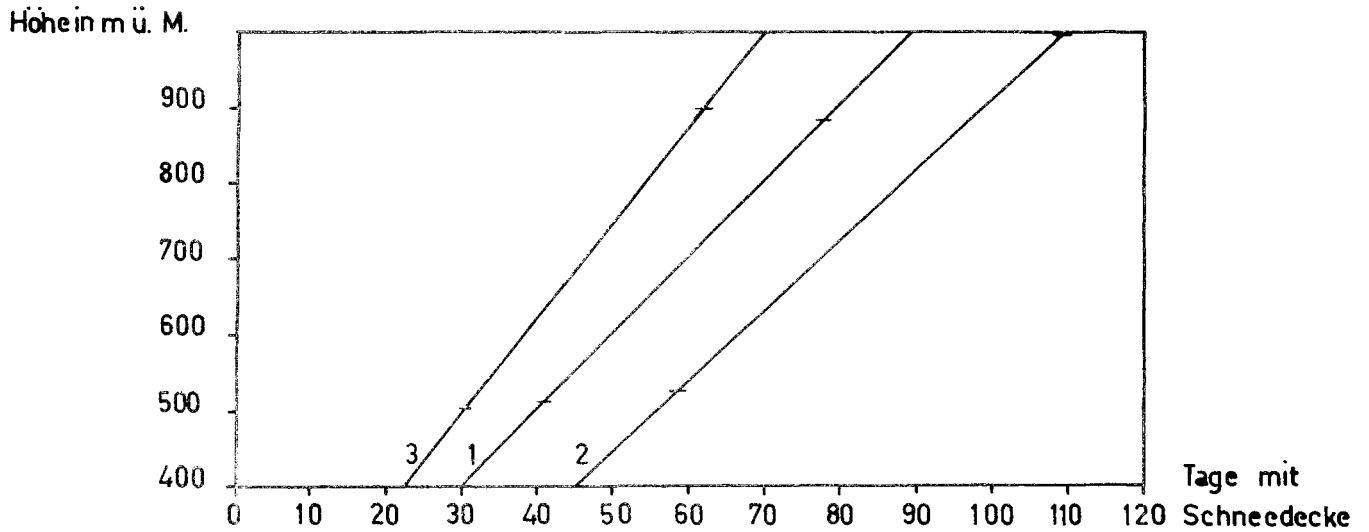


Fig. 47 : Winter 70/71

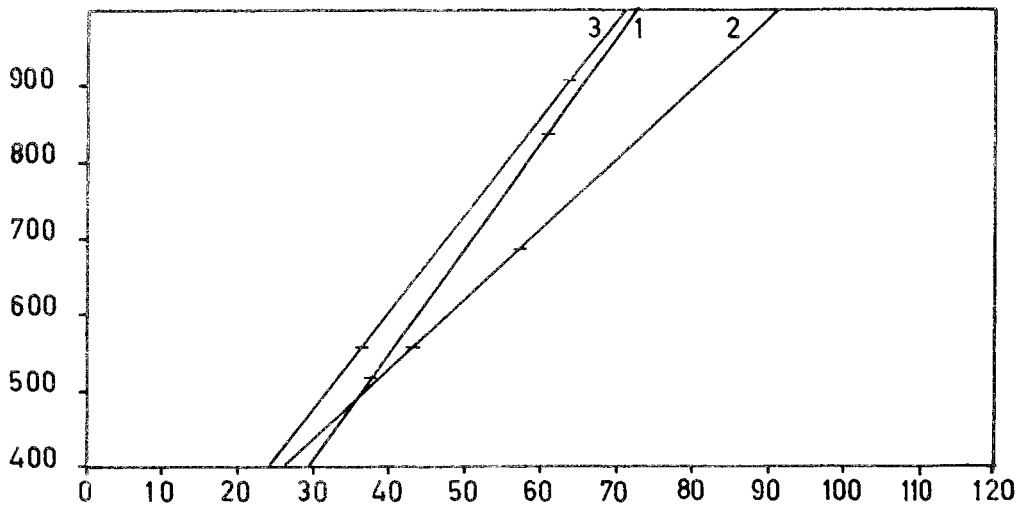


Fig. 48 : Winter 71/72

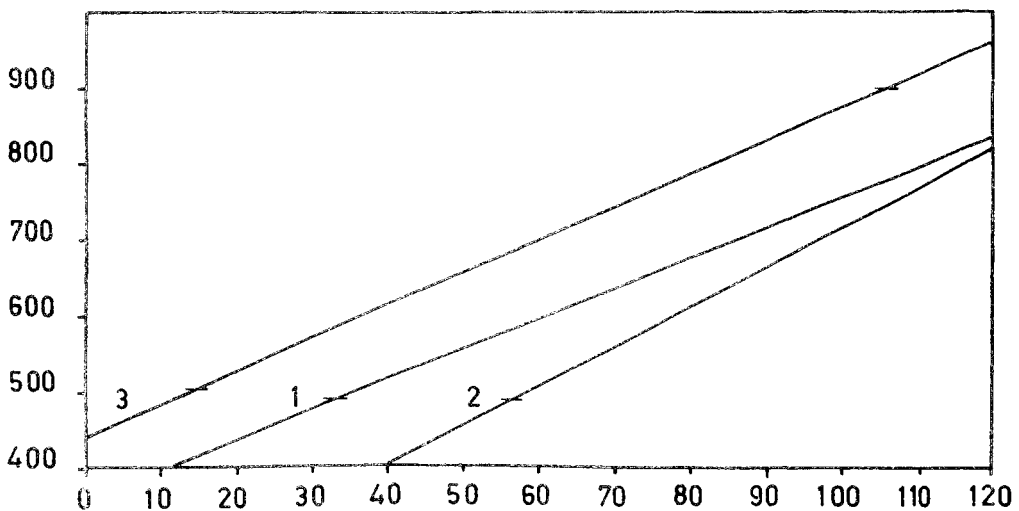


Fig. 49 : Winter 72/73

- Winter 1971/72 (Tab. 20, Fig. 48)

Wir erhalten überall hohe Korrelationskoeffizienten, wobei allerdings für die Nordexposition ein etwas knapper Bereich mit Daten erfasst ist. Die Standardabweichung macht zirka 50 Höhenmeter aus. Die Geraden 1 und 3 (flach und Süd) verlaufen in der erwarteten Reihenfolge aber nahe beieinander. 2 (Nord) um 500 m sehr nahe bei 1, entfernt sich dann aber rasch, da sie eine deutlich verschiedene Steigung aufweist. Der Verlauf der Geraden für 2 scheint etwas fragwürdig, vor allem auch bedingt durch den geringen Höhenbereich der Beobachtungsdaten.

- Winter 1972/73 (Tab. 20, Fig. 49)

Für 100 m Höhenzunahme haben wir in diesem Winter die höchsten Werte für die Zunahme der Anzahl Tage mit Schneedecke in den fünf Beobachtungsjahren. Für Nord- und flache Exposition macht die Standardabweichung in Höhenmetern zirka 100, für die Südexposition zirka 60 aus. Die Geraden zeigen einen flachen Verlauf (wenig Höhenzunahme bringt eine relativ grosse Zunahme der Tage mit Schneedecke). Ueber 800 m nähert sich 1 der Geraden 2.

- Winter 1973/74 (Tab. 20, Fig. 50)

Für alle Expositionen erhalten wir ähnlich hohe Korrelationskoeffizienten. Die Standardabweichung macht zirka 50 - 60 m aus. Die Gerade für die flache Exposition weist eine differente Steigerung auf und schneidet (allerdings ausserhalb des beobachteten Bereiches) die beiden anderen Geraden. Die drei Geraden verlaufen allgemein steil. Wir stellen eine geringe Zunahme der Anzahl Tage mit Schneedecke für 100 m Höhenzunahme fest.

- Winter 1974/75 (Tab. 20, Fig. 51).

Für alle Expositionen stellen wir die bisher höchsten Korrelationskoeffizienten fest. Die Standardabweichung macht nur 20 - 50 m in der Höhenstufung aus. Die Gerade 3 (Südexposition) schneidet 1 und erreicht beinahe 2 innerhalb des Beobachtungsbereiches. 1 und 2 laufen fast parallel mit geringem Abstand.

Es besteht die Möglichkeit, für irgendeinen der fünf Winter mit Hilfe der graphischen Darstellung und der Standardabweichung der jeweiligen Geraden die Tage mit Schneedecke zwischen 500 und 900 m abzule-

Fig. 50 - 52 : Tage mit Schneedecke.

Die Regressionsgeraden der Winter 73/74 und 74/75. Die Regressionsgeraden aller 5 Jahre aus den Werten von 70/71 bis 74/75.

untere bzw. obere Grenze der Einzelbeobachtungen.

1 = flach, 2 = Nordexposition, 3 = Südexposition.

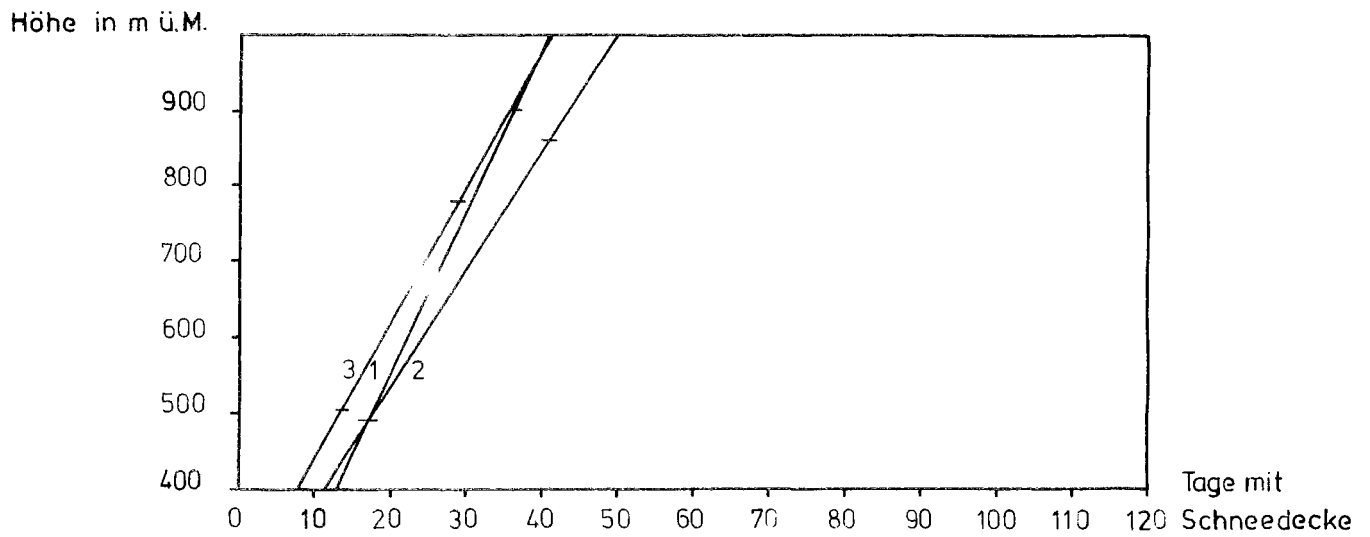


Fig. 50 : Winter 73/74

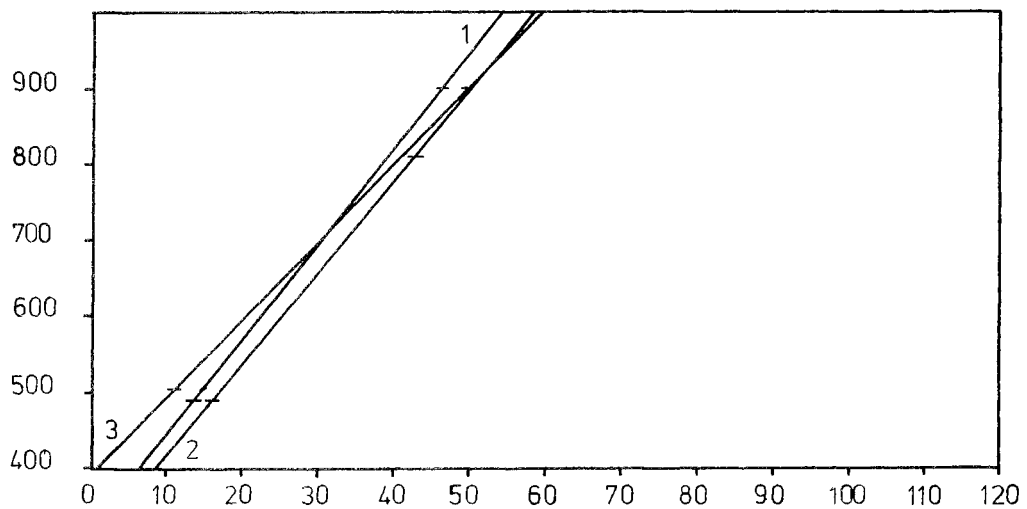


Fig. 51 : Winter 74/75

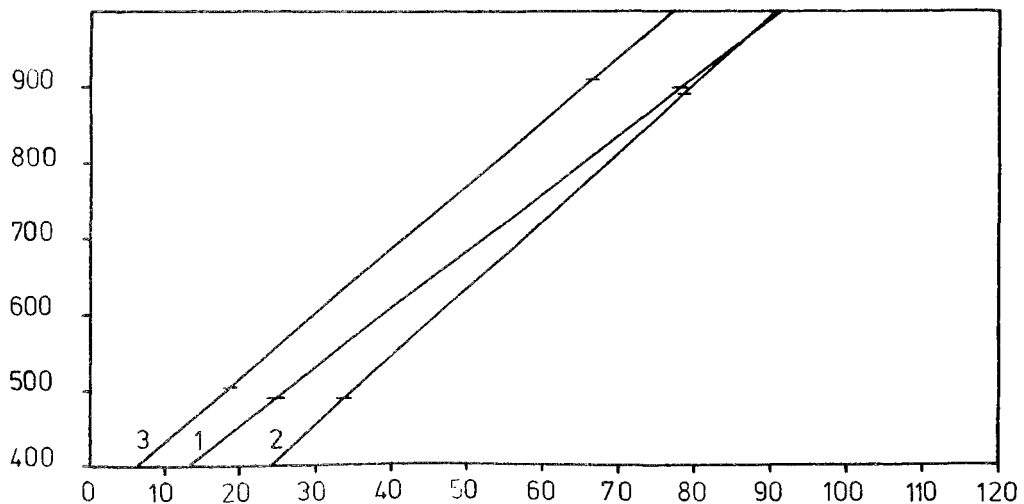


Fig. 52 : Winter 70/71 bis 74/75

sen. Dasselbe kann auch rechnerisch mit der Gleichung der entsprechenden Regressionsgeraden geschehen. Die Werte der Tab.17 können so auf ihre Abweichungen hin untersucht werden.

Zum Gesamtbild eines Winters lässt sich folgendes sagen: Je steiler der Verlauf einer Geraden, desto geringer ist die Zunahme der Anzahl Tage mit Schneedecke pro Höheneinheit. Je mehr die Geraden in der Figur sich rechts befinden, desto grösser ist die absolute Anzahl der Tage mit Schneedecke im betreffenden Winter.

6.2.4.4. Die mittlere Regression der fünf Beobachtungswinter

Mit den Wertepaaren der fünf Winter wurde erneut die Regression für jede Exposition errechnet, um so für die Periode von 1970/71 bis 1974/75 einen mittleren Winter zu erhalten. Es muss dabei deutlich festgehalten werden, dass es sich dabei nicht um den mittleren Winter der Region Bern handelt. Dazu ist die Beobachtungsreihe zu kurz. Im weiteren enthält die Periode zu viele Ausnahmewinter (vgl. Kap. 6.2.6.1.). Jeder neu hinzukommende Winter wird das Bild wieder etwas modifizieren. Trotz dieser Bedenken wurde der Versuch mit diesen fünf Wintern gewagt.

Im Einzelnen wurde wie folgt vorgegangen: Es musste darauf Rücksicht genommen werden, dass für den Winter 1970/71 doppelt bis dreimal so viele Beobachtungen vorliegen wie für die folgenden Winter. Deshalb wurde die Anzahl der Werte dieses Winters für die Berechnung auf die ungefähre Zahl der übrigen Winter reduziert, um ein Übergewicht des Winters 1970/71 zu verhindern. Die Eliminierung der überzähligen Werte erfolgte dabei in Höhenstufen von 100 zu 100 m mit Hilfe von Zufallszahlen. So sollte das zufällige Ausfallen einer Höhenstufe verhindert werden, da bekanntlich vor allem der Bereich von 700 bis 900 m nicht so stark vertreten ist. Dieses Verfahren ergab dann für den Winter 1970/71 folgende Anzahl Werte:

Exposition	flach	N	S
Anzahl Werte	12	9	9

Für die Berechnung ergab das dann eine beträchtlich grössere Anzahl von Wertepaaren als für die Einzeljahre. So ist es denn auch nicht

weiter erstaunlich, dass, bei einer so grossen Anzahl von Werten von so unterschiedlichen Wintern, die Korrelationskoeffizienten schlechter ausfallen als für die Einzeljahre. Erstaunlich ist der hohe Korrelationskoeffizient für die Südexposition, die auch eine relativ günstige Standardabweichung aufweist (Tab. 20 , Fig. 52), nämlich etwas mehr als 100 Höhenmeter. Vergleichen wir die Nord- und Südexposition, so müssen wir feststellen, dass, für die Nordexposition wohl eher als für die Südexposition, in den vergangenen fünf Wintern noch andere Faktoren als die Meereshöhe einen bestimmten Einfluss auf die Anzahl der Schneetage gehabt haben müssen. Diese Einflüsse scheinen je nach Winter stärker oder schwächer zu sein (verschiedene Korrelationskoeffizienten für die selbe Exposition von Winter zu Winter).

Das Bild der Regressionsgeraden (Fig. 52) zeigt, durch die grössere Steigung der Geraden 1 (flach) bedingt, eine Annäherung von 1 an 2 (Nord) mit zunehmender Höhe. Jedenfalls überschneiden sie sich nicht innerhalb des beobachteten Bereiches und zeigen eine "normale" Abfolge. (Anzahl Schneetage bei gleicher Höhenlage: 2 mehr als 1, 1 mehr als 3). Es wird interessant sein, die folgenden Winter mit diesen Geraden zu vergleichen und die Rechnung mit ihnen zu erweitern.

6.2.5. Die Karte der Anzahl Tage mit Schneedecke

Nachdem nun mittlere Regressionen über fünf Jahre vorlagen, stellte sich die Frage wie man die Resultate kartographisch darstellen könnte. Durch verschiedene Versuche musste die Art einer möglichst optimalen Darstellung abgeklärt werden. Der Entscheid fiel zugunsten einer flächendeckenden Rasterkarte, mit der die Anzahl der Schneetage versuchsweise dargestellt werden sollte.

Es stellten sich noch verschiedene Probleme: Man musste sich fragen, ob eine Karte der Mittel der letzten fünf Jahre nicht erst recht dazu verleiten würde, die dargestellten Verhältnisse als typisch für die Region Bern anzusehen. Andererseits erschien es weniger sinnvoll, den Aufwand dieser Darstellung für ein einzelnes abgeschlossenes Jahr zu betreiben. Die Karte in ihrer jetzigen Form erlaubt es, Vergleiche mit den kommenden Wintern anzustellen:

Einige ungelöste oder noch nicht bearbeitete (und mit unserem Material

nicht zu bearbeitende) Probleme mussten ausgeklammert werden. So sind das Stadtgebiet und die Wälder ausgelassen, da sie eine andere Charakteristik als das Freiland aufweisen (HERRMANN 1973). Im weiteren werden auf der Karte klare Ost- und Westexpositionen der flachen Exposition gleichgestellt, da unser Netz darüber keine Angaben liefert.

Für die Erstellung der Karte wurde wie folgt vorgegangen: Als Grundlage dient die Landeskarte 1 : 50 000 mit einer Aequidistanz von 20 m. Zuerst wurden nach diesen Höhenkurven die Expositionen abgegrenzt und bei eventuellen Unklarheiten die Karte 1 : 25 000 beigezogen. Die Isohypsen blieben aber für die Grenzziehung bestimmend, so dass manchmal etwas eckige Formen entstanden sind, die sich im Gelände vielleicht etwas harmonischer präsentieren. Durch die Wahl dieser Karte als Grundlage werden geringe Erhebungen unter 20 m Höhe, die vielleicht zufälligerweise zwischen zwei Höhenkurven liegen, nicht berücksichtigt. Ebenfalls besteht eine Ungenauigkeit bei Abhängen, die nicht genau mit einer 20 m Höhenkurve beginnen oder enden.

Danach wurden sieben Abstufungen gewählt, in denen immer Intervalle von 10 Tagen unter einer Rastersignatur zusammengefasst werden. Der dazugehörige expositionsabhängige Höhenbereich wird von den entsprechenden Regressionsgeraden umschrieben. Die expositionsweise Zusammenstellung der Höhenbereiche und die zugehörige Anzahl Tage mit Schneedecke befindet sich in Tab. 21. Auf der Karte wurden die Trennungslinien zwischen den verschiedenen Expositionen dort weggelassen, wo die selben Rasterkategorien aneinanderstossen.

Tabelle 21 : Expositionsabhängige Höhenverteilung der Tage mit Schneedecke

Tage mit Schneedecke	Höhenbereich nach Exposition		
	flach	Nord	Süd
16 - 25	- 490	-	480 - 560
26 - 35	490 - 570	- 500	560 - 650
36 - 45	570 - 650	500 - 590	650 - 730
46 - 55	650 - 720	590 - 680	730 - 810
56 - 65	720 - 800	680 - 770	810 - 900
66 - 75	800 - 870	770 - 860	(900 - 980)
76 - 85	870 - 950	860 - 950	-

Auf der Tab.22 werden die berechneten Mittelwerte von vier Stationen mit den Werten der Karte verglichen.

Die vier möglichst über alle Jahre vollständigen Stationen zeigen, dass ihre Mittelwerte der Anzahl Tage mit Schneedecke auf der Karte in den Bereich fallen, den sie aufgrund ihrer Höhenlage einnehmen sollten. Sogar die Stadtstation Bern MZA erfüllt die Bedingungen.

Tabelle 22 : Anzahl Tage mit Schneedecke. Die 5 - Jahresmittel einiger ausgewählter Stationen im Vergleich mit den Angaben der Karte.

	Anzahl Tage mit Schneedecke (Mittel 5 Jahre)	Höhe der Station	Bereich nach Karte (Tage)
Mühlentatt	28.5 (4 Jahre)	520	26 - 35
Moltangut	33.2	545	26 - 35
MZA Bern	34.4	560	26 - 35
Blindemoos	52.4 (*)	670	46 - 55

(*) Der Wert für 1974/75 konnte nur hier berücksichtigt werden, da das Beobachtungsblatt erst nach den Berechnungen eingetroffen ist.

Für kommende Winter wird es interessant sein, wieder die Mittel bei vollständigen Stationen zu bilden und zu sehen, ob die Karte weiterhin angewendet werden kann, oder ob sie für die längere Periode modifiziert werden soll.

Die Beobachtungsreihe ist zu kurz, um jetzt schon Regeln aufzustellen, umso mehr als die letzten beiden Winter ein so grosses Gewicht erhalten haben, das ihnen in einer längeren Reihe sicher nicht zukommen würde.

6.2.6. Die Beobachtungen der Station Bern MZA

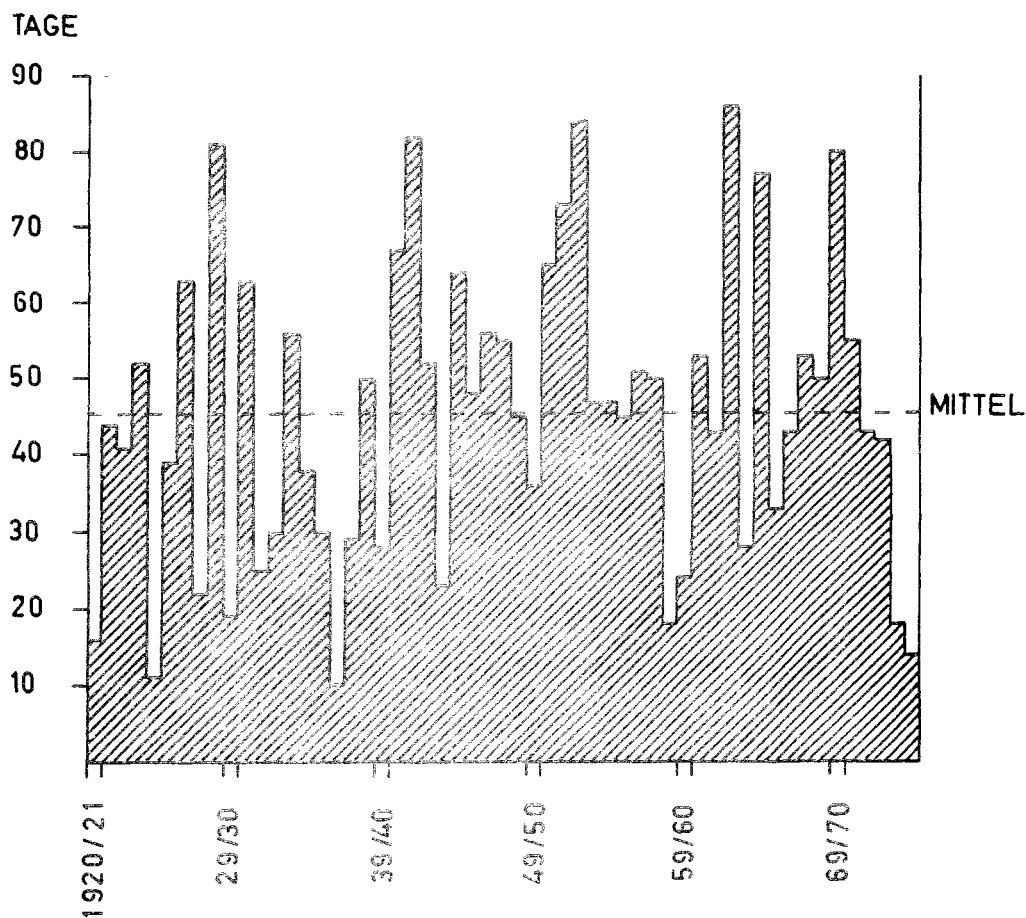
6.2.6.1. Die Anzahl der Tage mit Schneedecke

Um das Gewicht der beiden letzten Winter etwas abschätzen zu können, erscheinen die Beobachtungen der Station Bern MZA für die Anzahl der Tage mit Schneedecke geeignet, da wir auf eine längere Reihe von Beobachtungen abstützen können (vgl. Fig. 53).

In der Beobachtungsreihe von 1920/21 bis 1969/70 sind bisher erst fünf Winter zu verzeichnen, die weniger als 20 Tage mit Schneedecke aufweisen. Von 1970/71 bis 1974/75 finden sich davon gleich deren 2

(1973/74 : 18 Tage, 1974/75 : 14 Tage).

Fig. 53 : Anzahl Tage mit Schneedecke im Winter für die Periode von 1920/21 bis 1974/75 (Station Bern MZA).
(nach Winiger 1972, ergänzt)



Für die 50-jährige Reihe ergibt das einen Mittelwert von 46,5 Tagen mit einer Standardabweichung von 19,9 Tagen.

Mit den letzten fünf Jahren ergibt es für die 55-jährige Reihe einen Mittelwert von 45,4 Tagen mit derselben Standardabweichung.

Die Werte für die letzten fünf Jahre allein ergeben 34,4 Tage als Mittelwert und eine Standardabweichung von 17,6 Tagen (Angaben: ANNALEN der MZA, z. T. unveröff., WINIGER 1973). Wie wir sehen, liegt das Mittel der letzten fünf Jahre für die Station Bern 11 Tage unter dem 55-jährigen Mittel.

6.2.7. Die Schneehöhen

Die Schneehöhen werden im Berner Netz erst seit Winter 1971/72 täglich gemessen. Deshalb liegen im günstigsten Fall Beobachtungen über einen Zeitraum von vier Jahren vor. Im untersuchten Gebiet ist bei keiner Station über die ganze Zeit die Schneehöhe lückenlos vorhanden. Im weiteren sind die Untersuchungen bisher nicht so weit gediehen, dass im Rahmen dieser Arbeit umfassend über die Schneehöhen Auskunft gegeben werden könnte. Um jedoch die geringe Mächtigkeit der Schneedecke im Raum Bern in den letzten vier Jahren zu zeigen, sollen die Werte der Station Bern MZA als Beispiel kurz besprochen werden (vgl. Tab. 23).

Die maximale gemessene Schneehöhe beträgt 13 cm im Februar 1973. Im letzten Winter beträgt das Maximum mit 6 cm etwas weniger als die Hälfte. Wenn wir die Summe aller täglich gemessenen Schneehöhen durch die Anzahl Tage des betreffenden Monats oder Jahres dividieren, so erhalten wir die durchschnittliche Schneehöhe pro Monatstag oder pro Wintertag (Monatsmittel nach ZINGG 1960 : 3). Den höchsten Monatswert erreicht wieder der Februar 1973. Die Tabelle zeigt, dass kein Wintermittel einen Zentimeter pro Tag erreicht.

Als Vergleich zur Station Bern MZA seien die Werte der Station 3711.2 Elsigbach in 1320 m (612.860/153.240) angeführt (vgl. Tab.23). Die Unterschiede sind in allen Bereichen gewaltig und dazu geeignet, den je nach Höhenlage unterschiedlichen Winter 1974/75 zu erkennen.

6.3. Ausblick

Trotz der geringen Schneehöhen und der Unsicherheit in der Anzahl und im Auftreten von Tagen mit Schneedecke kann der Region Bern auch im Winter ein gewisser Naherholungswert für die Agglomeration zugebilligt werden. So sind z. B. Gurten und Längenberg rasch zu erreichen, wenn dort, dank ihrer höheren Lage, einmal genügend Schnee vorhanden ist. Für Wintersportarten, die kaum oder nur vergleichsweise geringe infrastrukturelle Aufwendungen verlangen (Skilanglauf) ist die Region nicht ohne Bedeutung.

Tabelle 23 : Die Schneehöhen der Station Bern MZA und der Station Elsigbach.

Station Bern MZA

Jahr	Monat	Tage mit Schneedecke	Schneehöhen in cm		
			Max	Min	Mittel

71/72		43	11	1	0.87
	Oktober	-	-	-	-
	November	11	9	2	1.73
	Dezember	13	6	1	0.77
	Januar	10	11	2	2.06
	Februar	9	11	1	1.55
	März	-	-	-	-
	April	-	-	-	-

72/73		42	13	1	0.76
	Oktober	-	-	-	-
	November	1	1	1	0.03
	Dezember	1	3	3	0.1
	Januar	5	2	1	0.26
	Februar	22	13	1	3.82
	März	6	8	1	0.81
	April	7	8	1	0.5

73/74		18	9	1	0.34
	Oktober	-	-	-	-
	November	3	6	1	0.37
	Dezember	7	9	1	1.26
	Januar	1	1	1	0.03
	Februar	4	9	1	0.61
	März	3	2	1	0.13
	April	-	-	-	-

74/75		14	6	1	0.14
	Oktober	1	1	1	0.03
	November	2	1	1	0.06
	Dezember	2	1	1	0.06
	Januar	-	-	-	-
	Februar	-	-	-	-
	März	6	6	1	0.61
	April	3	2	1	0.17

Mittel für 4 Jahre		29.25	9.75	1	0.53
--------------------	--	-------	------	---	------

Station Elsigbach

Tage mit Schneedecke	Schneehöhen in cm		
	Max	Min	Mittel
183	75	2	22.13
21	58	5	13.65
25	43	5	19.27
28	45	2	14.26
31	41	4	19.55
28	36	14	20.57
31	65	11	35.52
20	75	10	32.23

Neben den in diesem kurzen Bericht behandelten Problemen werden andere, die z. T. schon erwähnt worden sind (Schneehöhen im Zusammenhang mit der Meereshöhe) noch bearbeitet werden müssen. So z. B. die Verteilung der Tage mit Schneedecke auf die verschiedenen Wintermonate oder der Zeitraum der schneereichsten Perioden usw. Vielleicht muss ein für diese Probleme ergiebigerer Raum ausgeschieden werden.

Ein weiterer Schritt wird sein, die Daten der Tage mit Schneedecke mit dem Hektarraster für Höhe, Hangneigung und Exposition zu kombinieren und als Computerkarte auszudrucken. Dies würde es gestatten mit unserer Messnetzdichte die Karte alljährlich auf den neuesten Stand zu bringen.

Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass der selbe Autor ähnliche Schneeprobleme für den ganzen Kanton Bern bearbeitet (Erscheinungsdatum 1976).

VII. ZUSAMMENFASSUNG

ZUSAMMENFASSUNG

Der Niederschlag ist wohl das Klimaelement, das den Menschen in seiner Tätigkeit am unmittelbarsten trifft. Es scheint daher angebracht, diesem Element im Rahmen planerischer Ueberlegungen seinen Platz einzuräumen. Der Untersuchung der Verteilung und der Gesetzmässigkeiten des Niederschlagsgeschehens sind jedoch wegen der komplexen Erscheinungsform der Niederschläge und der Schwierigkeiten bei der Messung gewisse Grenzen gesetzt.

Anhand der Auswertung langjähriger Niederschlagsmessungen (1901 - 1970) der MZA Station Bern lässt sich das Niederschlagsgeschehen für das Stadtgebiet Bern wie folgt umschreiben: Relativ grosse Schwankungen der Jahresniederschlagsmengen zwischen 634 mm (1949) und 1372 mm (1965) mit einem 70-jährigen Mittel von 1000.34 mm. Ueberragende Bedeutung der Sommerniederschläge (Juni - August), die im Mittel 35 % der Gesamtjahresniederschläge ausmachen und in den Monaten Juni - August die höchsten Monatsmittelwerte aufweisen. Niederschlagsreichster Monat ist der Juni, extremster Niederschlagsmonat der November, der in Bern Werte zwischen 3 mm und 271 mm Niederschlag aufweisen kann. Tagesniederschläge von über 40 mm sind relativ selten, sie werden im Mittel nur einmal pro Jahr registriert. Interessanterweise treten diese extremen Tagesniederschläge nie in den Monaten Januar - April auf, was die Wichtigkeit der sommerlichen Schauer unterstreicht. Mit einem regionalen Messnetz, bestehend aus 22 Messstellen, wurden anhand von Wochenwerten zusätzliche Informationen über die zum Teil recht beachtlichen Einflüsse des ausgeprägten Reliefs um Bern auf das Niederschlagsgeschehen gewonnen: Ventilations- und Staueinflüsse sowie die im coupierten Gelände wechselhafte Thermik einerseits wie auch die durch das überbaute Stadtgebiet angedeuteten Einflüsse andererseits helfen mit, in der Region kurzfristig beachtliche Niederschlagsdifferenzen hervorzurufen. Diese Differenzen heben sich aber durch gegenseitige Ueberlagerung der Effekte über längere Zeit weitgehend wieder auf. Im Vergleich zu übrigen Regionen der Alpen-nordseite erweist sich die Region Bern zusammen mit Teilen der Westschweiz als relativ trockenes Gebiet im Niederschlagsschatten der Westalpen.

Eine detaillierte Analyse des Niederschlagsgeschehens zeigt weiter, dass in unserer Region über 90 % der Tagesniederschläge weniger als 15 mm Niederschlag bringen und dass rund 50 % der Niederschläge weniger als 90 min dauern. Die Wahrscheinlichkeit, dass es in Bern in der Nacht regnet, ist um 50 % höher als diejenige für Tagesniederschläge.

Das Niederschlagsgeschehen wird ganz besonders vom Durchgang zyklonaler Fronten beeinflusst. Nicht weniger als 40 % aller Niederschläge fallen in direktem Zusammenhang mit dem Durchgang einer Front. Kaltfronten weisen dabei den höchsten Prozentsatz an Niederschlagstagen auf und bringen im Zusammenhang mit Frontgewittern auch die höchsten Einzelniederschlagsmengen.

Die höchsten Niederschläge treten zudem bei Höhenwinden aus West- bis Südwest auf.

Die Analyse von Schadenmeldungen der Schweizerischen Hagelversicherungsgesellschaft über 35 Jahre erlaubte trotz zahlreicher, durch das Datenmaterial bedingter Probleme, eine Unterteilung des Untersuchungsgebietes um Bern in Regionen mit verschieden stark ausgeprägter Hagelgefahr. Der Verlauf zusammenhängender Hagelzüge von Südwest nach Nordost sowie eine allgemeine Zunahme der Hagelgefahr von Nord nach Süd lässt sich dabei klar erkennen.

Dank der in der Region Bern seit fünf Jahren durchgeführten Schneebeobachtungen im Rahmen des kantonalen Klimabeobachternetzes war es möglich, Aussagen über die Schneelagenverteilung in unserem Gebiet zu erhalten. Das untersuchte Gebiet mit einer Fläche von rund 300 km² und Höhen zwischen 490 m und 900 m wurde in den Wintern 1970/71 bis 1974/75 pro Winter von 9 bis 24 Beobachtern mit insgesamt 29 - 74 Testflächen überwacht. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen erlaubten die Kartierung der expositionsabhängigen Höhenverteilung der Tage mit Schneedecke. Von der Stadtstation Bern seien folgende Daten aus langjährigen Beobachtungen hervorgehoben: Im Mittel dauert die Zeit von ersten Einschnei- bis zum letzten Ausaperungsereignis vom 24. November bis zum 21. März, also 119 Tage. Die mittlere ununterbrochene Anzahl Tage mit einer Schneedecke beträgt jedoch nur 5,3, die gesamte Anzahl Tage mit Schneedecke in Bern im Mittel 34,4 Tage.

RESUME

Les précipitations sont probablement les événements climatiques les plus importants pour les activités de l'homme. Il semble donc indispensable d'inclure cet élément aux considérations l'aménagement du territoire. Les analyses de la répartition et des régularités du régime pluviométrique sont limitées par l'apparence complexe des précipitations et par les difficultés qui surviennent lors des mesures.

Par une analyse des mesures des précipitations de longue durée (1901 - 1970) de la station de l'ISM à Berne, le régime pluviométrique peut être résumé pour le territoire de la ville comme suit: De relativement grandes différences entre les extrêmes des quantités annuelles de 634 mm (en 1949) à 1372 mm (en 1965) avec une moyenne sur 70 ans de 1000.34 mm. Grande importance des précipitations d'été (juin à août) qui forment déjà 35 % des précipitations annuelles et qui comportent le maximum mensuel entre le mois de juin et le mois d'août. Le mois de juin est le plus riche en précipitations, le mois de novembre est le plus extrême, puisque l'on peut enregistrer à Berne entre 3 et 271 mm de précipitations. Des précipitations journalières de plus de 40 mm sont relativement rares, elles ne sont enregistrées en moyenne qu'une fois par an. Il est intéressant de retenir que ces précipitations extrêmes n'apparaissent jamais durant les mois de janvier à avril, ce qui souligne l'importance des averses estivales. Avec un réseau de mesures régional de 22 stations, l'on obtient avec les résultats hebdomadaires des informations supplémentaires concernant les influences en partie assez considérables sur le régime pluviométrique, causées par le relief prononcé des environs de Berne: d'une part des influences de ventilation et de barrage ainsi qu'un régime thermique changeant dans un terrain mouvementé et d'autre part des influences indiquées par la surface bâtie aident à créer à courte échéance des variations de précipitations importantes dans la région. Ces différences sont cependant éliminées par une superposition réciproque des effets au cours d'une certaine période. Si l'on compare la région de Berne avec d'autres régions du versant nord des Alpes, elle s'avère ensemble

avec des parties de la Suisse occidentale comme une région relativement sèche à l'ombre pluviométrique des alpes occidentales.

Une analyse détaillée du régime pluviométrique montre par ailleurs que dans notre région plus de 90 % des précipitations journalières apportent moins de 15 mm et que 50 % des précipitations durent moins que 90 minutes. La probabilité de pluies nocturnes est de 50 % plus élevée que la probabilité de pluies durant la journée.

Le régime pluviométrique est spécialement influencé par le passage de fronts cyclonaux. Pas moins de 40 % de toutes les précipitations tombent en rapport direct avec le passage de fronts. Les fronts froids ont le pourcentage le plus considérable des jours de pluie et apportent en relation avec les orages frontaux aussi les quantités les plus élevées par averse. Des précipitations maxima sont observées lorsque les courants en grandes altitudes proviennent du secteur ouest et sudouest.

L'analyse des rapports des dégâts de la Société Suisse d'assurance contre la grêle sur 35 ans permet de dégager dans les environs de Berne des régions de danger de grêle différenciées. On peut reconnaître clairement le tracé continu de la grêle du sudouest au nord-est ainsi qu'une augmentation générale du danger de grêle du nord au sud.

Grâce aux observations de neige effectuées depuis cinq ans dans la région de Berne, par le réseau climatologique cantonal, il fut possible d'obtenir un aperçu de la répartition des situations concernant la neige. La région analysée a une surface d'environ 300 km² et des altitudes varient de 490 à 900 m. Elle fut surveillée durant les hivers de 1970/71 à 1974/75 par 9 à 24 observateurs sur 29 à 74 champs d'observations. Les résultats de ces observations permettent le dessin d'une carte de la répartition en des jours avec couverture de neige rapport avec l'altitude et l'exposition. Il faut aussi souligner les observations de longue durée suivantes, effectuées à la station de la ville de Berne: en moyenne, la période entre la première et la dernière couche de neige dure du 24 novembre au 21 mars, donc 119 jours. Le nombre moyen des jours avec une couverture de neige ininterrompue n'est que de 5,3 jours. On compte à Berne en moyenne un nombre total de 34,4 jours avec couche de neige.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANNALEN der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Zürich, jährlich. (Schneedaten 1970 - 1972: unveröff. Daten der Station Bern MZA bis April 1975, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Herrn Dr. F. Mäder, MZA)
- BEOBACHTUNGSPROTOKOLLE des Meteorologischen Observatoriums der Universität Bern (MZA Station Nr. 348 Bern), monatlich
- BLUETHGEN, J., 1964: Allgemeine Klimageographie, de Gruyter, Berlin
- CEHAK, K., 1974: Statistische Schneekarte für Oesterreich. ZBORNIK meteoroloskih i hidrololoskih radova Broj 5 : 307 - 310, Belgrad
- COURVOISIER, H. W., 1973: Die Niederschlagswirksamkeit markanter, hochreichender Kaltlufteinbrüche im Sommer in der Schweiz. Veröff. der Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt, Nr. 29
- EGLI, H. R., 1975: Klima und Wetter von Biel. Geogr. Inst. d. Uni Bern, Proseminararbeit, unveröff.
- FLIRI, F., 1969: Statistik und Diagramm. Westermann, Braunschweig
- " 1974: Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. Wissenschaftl. Alpenvereinshefte, H. 24, Innsbruck
- GENSLER, G. A., KIRCHHOFER, W., MAEDER, F., 1970 - 1975: Witterungsberichte der Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt, Zürich
- HERRMANN, A., 1973: Entwicklung der winterlichen Schneedecke in einem nordalpinen Raum. Schneedeckenparameter in Abhängigkeit von Höhe ü. NN., Exposition und Vegetation im Hirschbachtal bei Lenggries im Winter 1970/71. Münchner Geogr. Abh., Bd. 10
- HOERLER, A., RHEIN, H. R., 1962: Die Intensität der Starkregen in der Schweiz. Schweiz. Z. f. Hydrologie, Vol. XXIV, Fasc. 2
- HUFF, F. A., CHANGON, S. A., jr., 1973: Precipitation modification by major urban areas. Bull. of the Americ. Meteorol. Soc., Vol. 54, Nr. 13
- JEANNERET, F., 1970: Anleitung für klimatologische Beobachtungen im Winter. Geogr. Inst. d. Uni Bern
- KALB, M., 1962: Einige Beiträge zum Stadtklima von Köln. Meteorol. Rundschau, 15. Jg., H. 4
- KUNZ, S., 1974: Die Hagelgefahr in der Region Bern. Geogr. Inst. d. Uni Bern, Proseminararbeit, unveröff.
- LANDSBERG, H. E., 1970: Climates and urban planning. Urban climates. WMO Bull.Nr. 254
- LAUSCHER, F., 1965: Die globale Verteilung der Zahl der Tage mit Niederschlag. Wetter und Leben, 17. Jg., : 197 - 203

- LAUSCHER, F., 1973: Hagel im Lande Salzburg. Wetter und Leben, 25. Jg., S. 234 - 239
- " 1974: Winterniederschlag in Wien - Wetterlagen, Chronistik, Vorhersage. Bonner Meteorol. Abh., H. 17 : 435 - 441
- MALKOWSKI, G., 1964: Analyse des Stadteinflusses auf die Niederschlagstätigkeit nach mehrjährigen Wetterradarbeobachtungen in Berlin. Wetter und Leben, 16. Jg., H. 7 - 8
- PRIMAULT, B., 1969: Essai de détermination de la durée de l'enneigement dans le canton de Vaud. Documents de l'aménagement Régional No 6, Office Cantonal Vaudois de l'Urbanisme, Lausanne
- RODDA, J. C., 1971: The precipitation measurement paradox - The instrument accuracy problem. WMO/IHO Report No 16 (WMO No 316)
- SCHMEISS, L. R., 1974: Wind, Nebel und Niederschlag im oberösterreichischen Zentralraum. Schriftenreihe d. Amtes d. ö. Landesregierung, Linz
- SCHUEPP, M., 1974: Witterungslagenstatistik, Monatsblätter der MZA Zürich, unveröff.
- SCHWEIZERISCHE HAGELVERSICHERUNGS-GESELLSCHAFT, 1970: Karte der Hagelgefahr in der Schweiz, Zürich
- SEVRUK, B., 1973: Erfahrungen mit Totalisatoren mit schiefen, geneigten und bodenebenen Auffangflächen im Einzugsgebiet der Baye de Montreux. Veröff. d. Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt Nr. 30
- SPECK, H., 1974: Probleme der Schneesicherheit im Raum zwischen Sense und Gürbe. Geogr. Inst. d. Uni Bern, Seminararb., unveröff.
- URFER-HENNEBERGER, Ch., 1970: Die Sommerniederschläge im Dischmatal bei Davos. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. forstl. Versuchswesen, Bd. 46, H. 2
- UTTINGER, H., 1963: Die Dauer der Schneedecke in Zürich. Arch. f. Met., Geophysik und Biok. Bd. 12 : 404 - 421, Wien
- " 1964: Niederschlag 1. - 3. Teil. Beih. z. d. Ann. d. Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt, 1964
- " 1965: Niederschlag 4. Teil. Beih. z. d. Ann. d. Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt, 1965
- " 1967: Klima und Wetter II. Atlas der Schweiz, Blatt 12
- " 1970: Niederschlag 5. - 8. Teil. Beih. z. d. Ann. d. Schweiz. Meteorol. Zentr. anstalt, 1970
- WANNER, H., SPECK, H., 1975: Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe. Informationen und Beiträge zur Klimaforschung, Nr. 14 : 16 - 35
- WILSON, C. L., MATTHEWS, W. H., 1971: Report of the Study of Man's Impact on Climate (SMIC). MIT Press, Massachusetts USA
- WINIGER, M., 1972: Die Schneedeckenverhältnisse des Raumes Bern (1920/21 bis 1969/70). Jber. d. Geogr. Ges. Bern, Bd. 50, 1970/72 : 63 - 66

ZINGG, T., 1954: Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze auf klimatologischer Grundlage. Mitt. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch/Davos, Nr. 12 : 848 - 854

" 1966: Schneverhältnisse in den Schweizer Alpen. Einschneien, Ausapern und Dauer der permanenten Winterschneedecke 1955/56 - 1964/65 und teils 1946/65. Winterber. 1965/66, Nr. 30 : 120 - 128

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Nr.	Abbildung, Quelle
1	Niederschlagsmesser auf dem Fernsehturm Bantiger mit Windschutzring, KLIMUS
2	Regionale Messstation Gaswerk Bern, KLIMUS
3	Im regionalen Messnetz eingesetzte Niederschlagsmessgeräte, KLIMUS
4	Regionale Messstation Flugplatz Belpmoos, KLIMUS

VERZEICHNIS DER FIGUREN

Niederschlag

1	Hauptniederschlagsarten im Raum Bern
2	Verteilung der Jahresniederschlagsmengen Bern 1901 - 1970
3	Jahresniederschlag MZA Bern 1901 - 1970
4	Monatliche Mittel und Extremwerte. Niederschlagsmengen Bern 1901 - 1970
5	Monatliche Anzahl Niederschlagstage
6	Monatsniederschläge Bern. Differenz zwischen Mittelwert und Zentralwert Z.
7	Monatsniederschlag in den Extremjahren 1949 und 1965
8	Häufigkeit der Tagesniederschläge mit mehr als 40 mm Niederschlag Bern 1920 - 1974
9	Abhängigkeit der Jahresniederschlagsmenge von der Meereshöhe
10	Niederschlag der MZA Station Aaretal im Mittel über 70 Jahre
11	Niederschlagsmessnetz Bern
12	Ausgewertete Niederschlagsmessungen in der Region Bern
13	Monatsniederschlag MZA Bern November 1973 bis Dezember 1974 im Vergleich mit dem 50-jährigen Mittel (1925 - 1974)
14	Jahresgang der wöchentlichen N-Maxima, -Minima, -Differenzen im Messnetz der Region Bern
15	Wochenniederschlagssummen 1. - 52. Woche 1973
16	Wochenniederschlag in Prozent der N-Summe MZA Bern 1973
17	Mittlerer Wochenniederschlag in Millimeter, Region Bern 1973

- 18 Vergleich der Niederschlagsmengen Region Bern,
17 Wochen-Messkampagnen 1973
- 19 Mittlere Wochenniederschlagsmenge in Millimeter,
Region Bern 1.8. - 25.11.1973
- 20 Niederschlagsverteilung beim Gewitter vom 1.8.1973
in Millimeter
- 21 Niederschlagsverteilung in der Region Bern, Ventilations-
einfluss
- 22 Niederschlagsmessstellen Bern - Matzenried - Oberwan-
gen
- 23 Niederschlagsvergleich Bern - Matzenried
- 24 Tagesniederschlagsmengen Station MZA Bern
- 25 Verteilung der Niederschlagsdauer MZA Bern
- 26 Tagesgang der Niederschlagshäufigkeit MZA Bern
- 27 Schweres Gewitter Matzenried 1.8.1973
- 28 Landregen Oberwangen 27./28.6.1974
- 29 Frontendurchgänge pro Monat
- 30 Anteil der Niederschlagstage
- 31 Niederschlagswirksamkeit der Frontendurchgänge
- 32 Geostrophischer Wind der Bodenwetterkarte und Ström-
ungsrichtung im 500 mb Niveau
- 33 Windgeschwindigkeit im 500 mb Niveau
- 34 Niederschlagsverteilung in Abhängigkeit von Boden-
windrichtung, Höhenwindrichtung und Höhenwindge-
schwindigkeit

Hagel

- 35 Uebersichtskarte Untersuchungsgebiet Region Bern
- 36 Verbreitung der 300 Hagelschläge in der Region Bern (35
Jahre)
- 37 Vergleich der Hagelschadenhäufigkeit zur Gemeindeflä-
che der 40 untersuchten Gemeinden
- 38 Häufigkeit der Hagelschläge in jeder Gemeinde pro Jahr
- 39 Häufigkeit der Hagelschläge in jeder Region pro Jahr
- 40 Anzahl des gleichzeitigen Eintreffens von Hagelschlägen
in der Gemeinde Wigerswil und den restlichen Gemeinden
- 41 Hagelgefahr in der Region Bern

Schnee

- Tage mit Schneedecke für Stationen verschiedener Höhen-
lage
- 42 für den Winter 1970/71

43 für den Winter 1971/72
44 " " " 1972/73
45 " " " 1973/74
46 " " " 1974/75

Die Regressionsgeraden für die einzelnen Winter

47 für 1970/71
48 " 1971/72
49 " 1972/73
50 " 1973/74
51 " 1974/75

52 Die mittleren Regressionsgeraden der fünf Jahre für
die Werte der Winter von 1970/71 bis 1974/75

53 Anzahl Tage mit Schneedecke pro Winter für die Periode
von 1920/21 bis 1974/75 (Station Bern MZA)

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Niederschlag

- | | |
|----|--|
| 1 | Die wichtigsten Jahresniederschlagsdaten der MZA Station Bern aus den Niederschlagsmessungen 1901 - 1970 |
| 2 | Monatsniederschlagsmengen der MZA Station Bern 1901 - 1970 |
| 3 | Monatliche Zahl der Niederschlagstage mit mindestens 1 mm Niederschlag für Bern 1901 - 1970 |
| 4 | Beurteilung des Jahres- und Monatsniederschlages in Bern |
| 5 | Tagesniederschläge mit mindestens 40 mm Niederschlag in Bern |
| 6 | Jahres- und Monatsniederschlagsmengen einer Auswahl von Niederschlagsmessstationen der westlichen Schweiz |
| 7 | Zusammenstellung der Abweichungen der wöchentlichen Niederschlagsmengen einzelner Stationen der Region Bern im Verhältnis zum Wochenniederschlag der MZA Station Bern (1973) |
| 8 | Auswertung der täglichen Niederschlagsmengen der Stationen Bern, Matzenried und Oberwangen, Mai 1973 bis Oktober 1974 |
| 9 | Niederschlagsintensitäten Bern 1.5.1973 - 31.10.1974 |
| 10 | Niederschlagsgeschehen in Bern in Abhängigkeit der Tage mit Frontdurchgang |
| 11 | Anteil der Niederschlagsmengen und Gewitterniederschläge an den Tagen verschiedener Fronttypen |
| 12 | Mittlere Niederschlagsspende der verschiedenen Niederschlagstypen |
| 13 | Das Niederschlagsgeschehen in Bern im Vergleich zur Boden- und Höhenwindlage |

Hagel

- | | |
|----|---|
| 14 | Uebersicht über die Gemeinden des Untersuchungsgebietes |
|----|---|

Schnee

- | | |
|----|--|
| 15 | Gebietsweise Uebersicht der Beobachtungsorte für die einzelnen Winter |
| 16 | Schneedeckenzeit, Einschnei- und Ausaperungsdaten |
| 17 | Verzeichnis der Beobachtungsstationen mit der Zahl der Tage mit Schneedecke, Beginn, Ende und Dauer der Schneedeckenzeit |

- 18 Die Anzahl der Einschnei- und Ausaperungereignisse
- 19 Mittlere ununterbrochene Schneeperiodenlänge in Tagen
- 20 Ergänzende Angaben zu den Regressionsgeraden der
Fig. 47 - 52
- 21 Expositionsabhängige Höhenverteilung der Tage mit
Schneedecke
- 22 Anzahl Tage mit Schneedecke. Die Fünfjahresmittel einiger
ausgewählter Stationen im Vergleich mit den Angaben
der Karte
- 23 Die Schneehöhen der Station Bern MZA und der Station
Elsigbach

"BEITRÄGE ZUM KLIMA DER REGION BERN"

Übersicht über die im Rahmen dieser Reihe durch das Geographische Institut der Universität Bern vorgesehenen Beiträge

- | | | |
|---------|----|--|
| Beitrag | 1 | Das Messnetz der Region Bern: Grundlagen und Probleme |
| Beitrag | 2 | Das regionale Windgeschehen |
| Beitrag | 3 | Die Temperaturverhältnisse in der Region Bern |
| Beitrag | 4 | Niederschlag, Schnee, Hagel
(erscheint im September 1975) |
| Beitrag | 5 | Sonnenscheindauer, Nebel und Bewölkung
(erscheint im September 1975) |
| Beitrag | 6 | Spätfrostkartierung
Kartierung des Einzelereignisses im April 1974
am Beispiel des Nussbaumes
(erschiene im Mai 1975) |
| Beitrag | 7 | Ausgewählte lufthygienische Elemente |
| Beitrag | 8 | Der Aaregraben nördlich von Bern.
Eine klimatische Untersuchung als Planungsgrundlage
(erschiene im Oktober 1974) |
| Beitrag | 9 | Die Bedeutung von städtischen Hochbausiedlungen
im Zusammenhang mit Fragen der Lufthygiene und
Ventilation |
| Beitrag | 10 | Die Kleinwetterlagen der Region Bern |
| Beitrag | 11 | Mikroklimatische Analyse einer bestimmten Siedlungsstruktur
am Beispiel des Tscharnergutes |
| Beitrag | 12 | Zusammenfassung und ungelöste Probleme |

Ergänzungen und Änderungen dieser Aufstellung bleiben vorbehalten

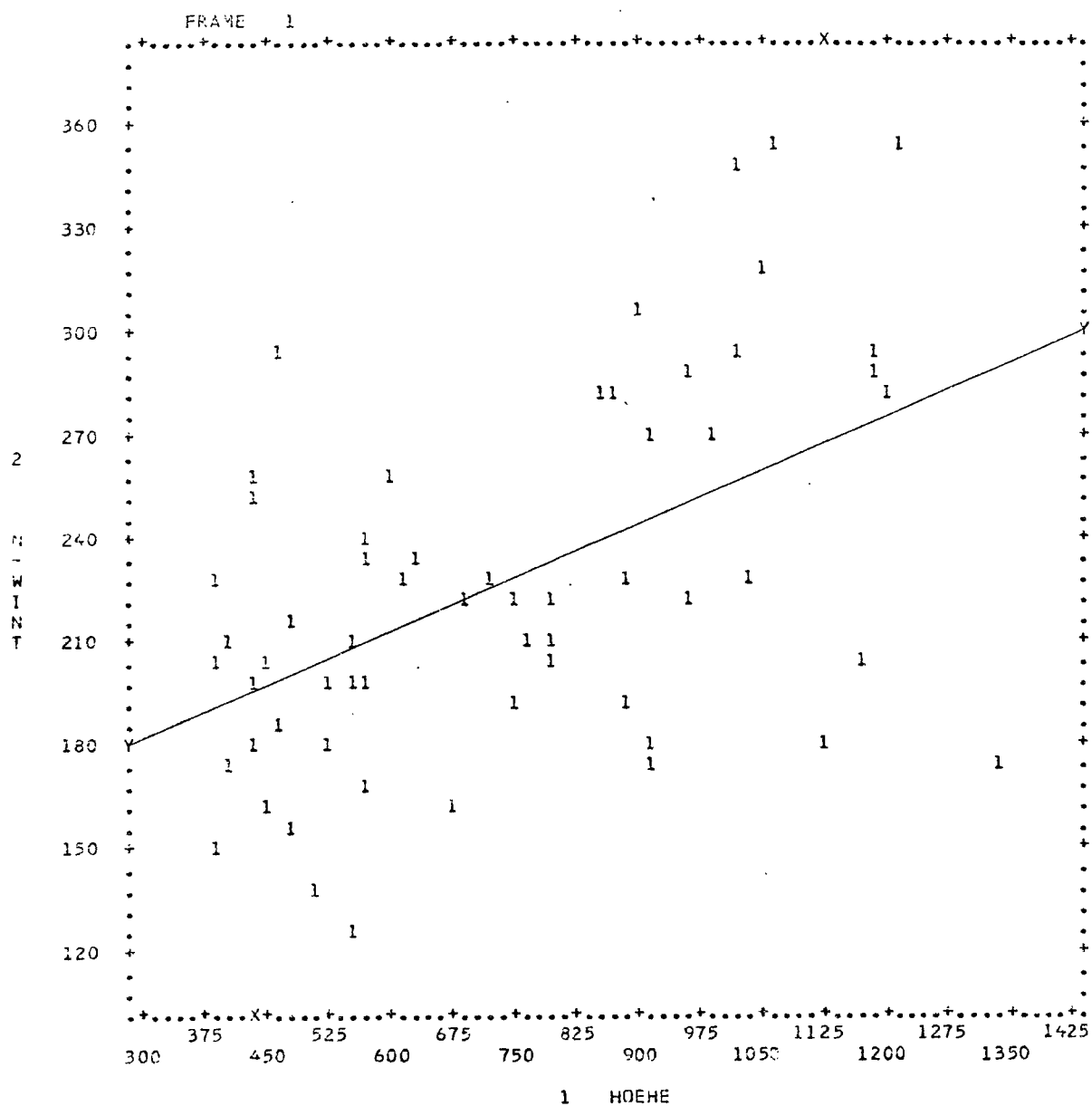
ANHANG

Niederschlagsstationen der Westschweiz

1901 - 1970

Korrelation zwischen Winterniederschlag (N-WINT in mm) und Meereshöhe (HOEHE in m)

Beschreibung dazu in Kap.2.4.

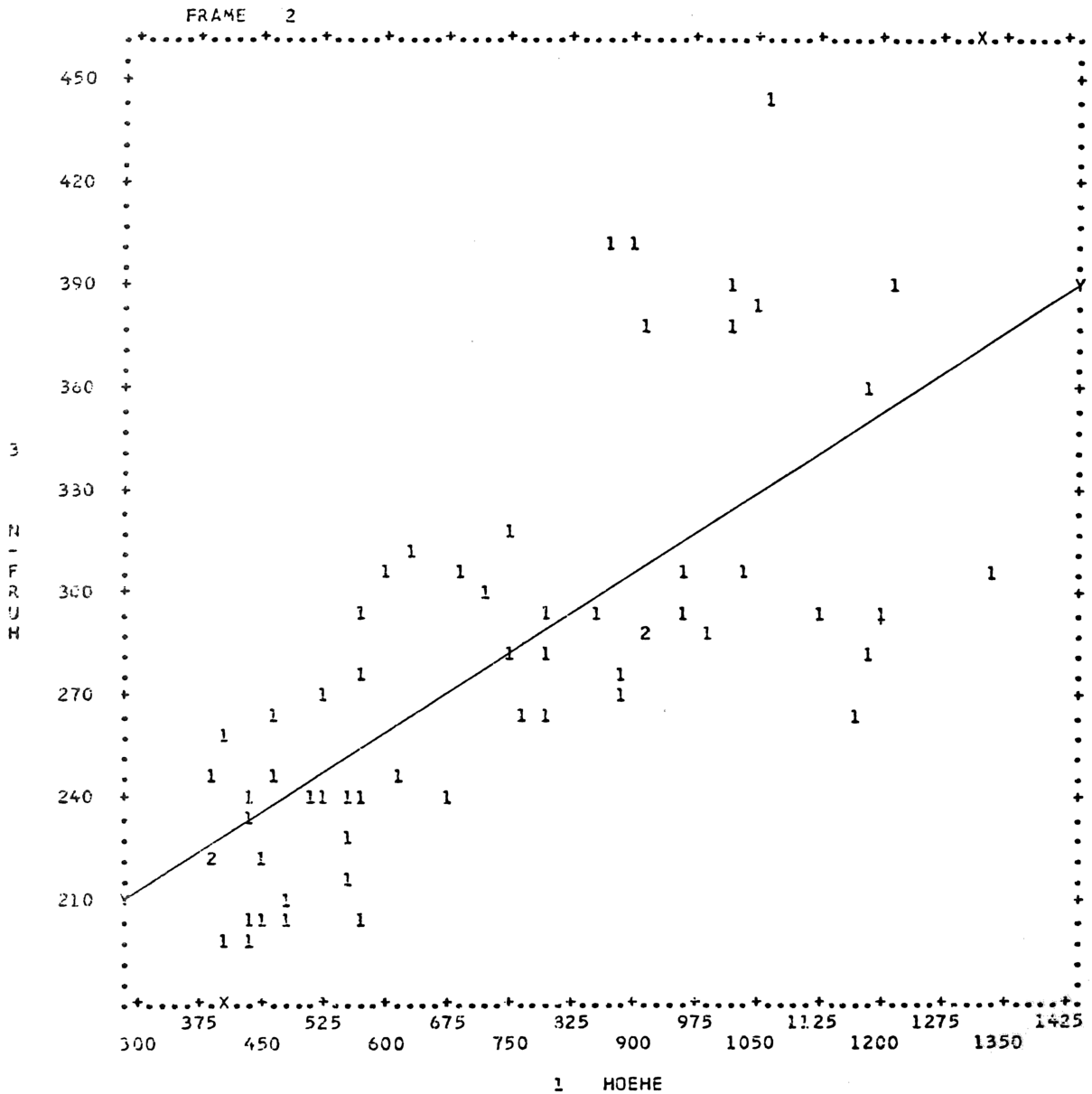


MEAN OF X 738.0136
 MEAN OF Y 226.4996
 VARIANCE OF X 70605
 VARIANCE OF Y 2884.3504
 CORRELATION .4972
 $Y = 152.3291 + .1005 * X$
 $X = 180.7956 + 2.4601 * Y$

Niederschlagsstationen der Westschweiz

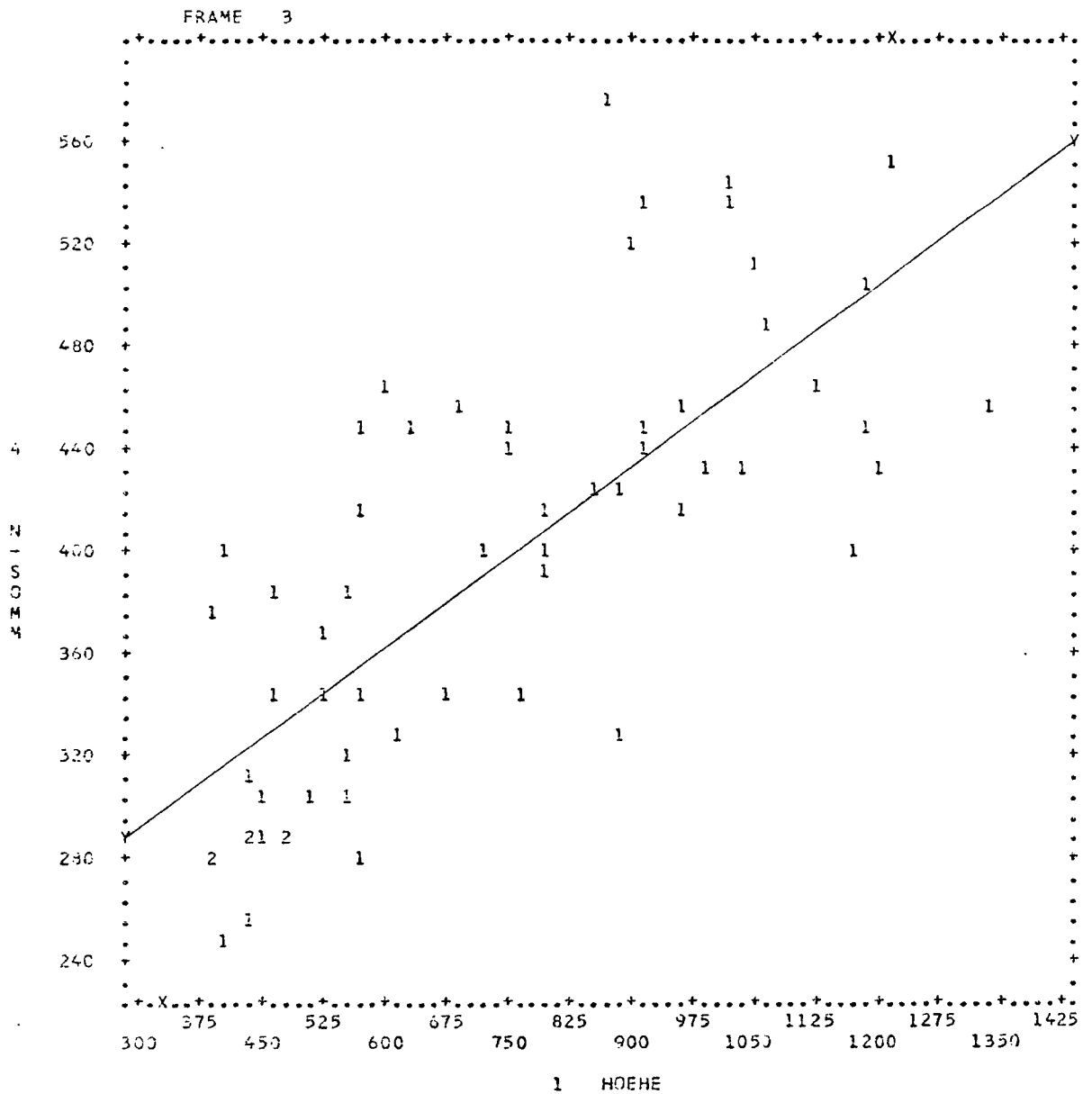
Korrelation zwischen Frühlingsniederschlag (N-FRUH in mm) und Meereshöhe (HOEHE in m)

Beschreibung dazu in Kap.2.4.



Korrelation zwischen Sommerniederschlag (N-SOMM in mm) und Meereshöhe (HOEHE in m)

Beschreibung dazu in Kap.2.4.

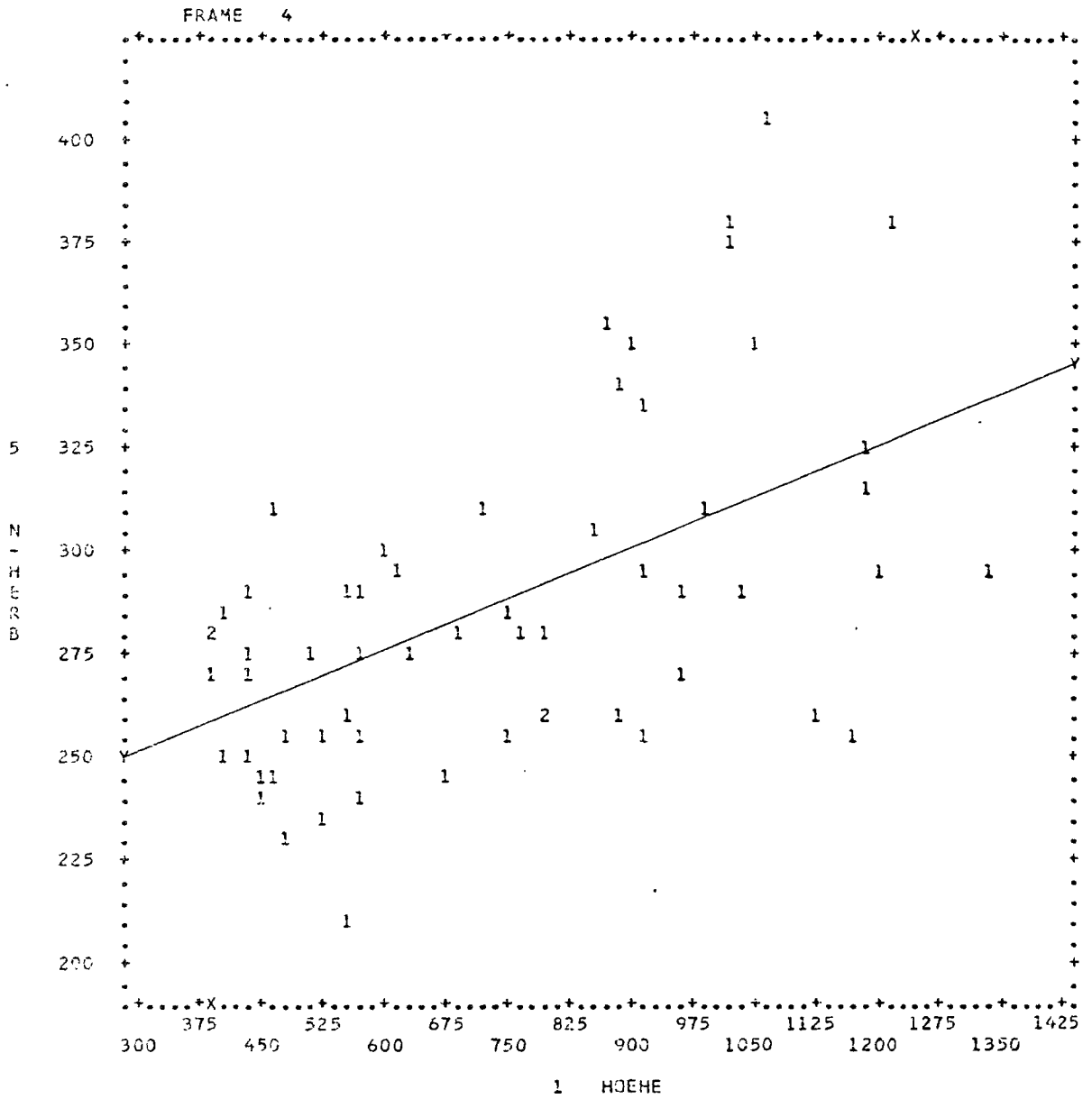


MEAN OF X 738.0136
 MEAN OF Y 396.9908
 VARIANCE OF X 70605
 VARIANCE OF Y 7016.296
 CORRELATION .7444
 $Y=223.8190+.2347*X$
 $X=-199.426+2.3613*Y$

Niederschlagsstationen der Westschweiz

Korrelation zwischen Herbstniederschlag (N-HERB in mm) und Meereshöhe (HOEHE in m)

Beschreibung dazu in Kap.2.4.



MZA Stationen der WestschweizHistogramm der Winter-Niederschlagsmengen Variable in mm N

VARIABLE	2 N-WINT			CELL		CUMM	
UPPER ENDPOINT	5	10	15	FREQ	PCT	FREQ	PCT
+.....+.....+						
134.99992	+X			1	1.7	1	1.7
	-XX						
149.99992	-XX			2	3.3	3	5.0
	+XX						
164.99992	+XX			2	3.3	5	8.3
	-XXXXXXXX						
179.99934	-XXXXXXXX			7	11.7	12	20.0
	+XXXXX						
194.99934	+XXXXX			5	8.3	17	28.3
	-XXXXXXXXXXXX						
209.99934	-XXXXXXXXXXXX			11	18.3	28	46.7
	+XXXXXX						
224.99934	+XXXXXX			6	10.0	34	56.7
	-XXXXXXXX						
239.99934	-XXXXXXXX			7	11.7	41	68.3
	+XX						
254.99934	+XX			2	3.3	43	71.7
	-XX						
269.99934	-XX			2	3.3	45	75.0
	+XXXX						
284.99968	+XXXX			4	6.7	49	81.7
	-XXXXXX						
299.99968	-XXXXXX			6	10.0	55	91.7
	+X						
314.99968	+X			1	1.7	56	93.3
	-X						
329.99968	-X			1	1.7	57	95.0
	+						
344.99968	+			0	0.0	57	95.0
	-XXX						
360	-XXX			3	5.0	60	100.0
	+						
	+			0	0.0	60	100.0
+.....+.....+						
	5	10	15				
	N		60.0000				
	MEAN		226.5000				
	VARIANCE		2884.4067				
	ST. DEV.		53.7067				

Beschreibung siehe in Kap.2.4.

MZA Stationen der WestschweizHistogramm der Frühlings-Niederschlagsmengen Variable in mm N

VARIABLE	3 N-FRUM			CELL		CUMM	
UPPER ENDPOINT	5	10	15	FREQ	PCT	FREQ	PCT
+.....+.....+						
219.99934	+XXXXXX			6	10.0	6	10.0
	+XXXXXX						
	-XXXX						
224.99934	-XXXX			4	6.7	10	16.7
	+XXXX						
239.99984	+XXXX			4	6.7	14	23.3
	-XXXXXXXX						
254.99934	-XXXXXXXX			8	13.3	22	36.7
	+XXXXX						
269.99968	+XXXXX			5	8.3	27	45.0
	-XXXXX						
284.99968	-XXXXX			5	8.3	32	53.3
	+XXXXXXXXXX						
279.99968	+XXXXXXXXXX			11	18.3	43	71.7
	-XXXXXXXX						
314.99968	-XXXXXXXX			7	11.7	50	83.3
	+X						
329.99968	+X			1	1.7	51	85.0
	-						
344.99968	-			0	0.0	51	85.0
	+						
359.99968	+			0	0.0	51	85.0
	-X						
374.99968	-X			1	1.7	52	86.7
	+XXXXX						
389.99968	+XXXXX			5	8.3	57	95.0
	-XX						
404.99968	-XX			2	3.3	59	98.3
	+						
419.99968	+			0	0.0	59	98.3
	-						
435	-			0	0.0	59	98.3
	+X						
	+X			1	1.7	60	100.0
+.....+.....+						
	5	10	15				
N				60	100.000		
MEAN				281.0498			
VARIANCE				3334.9150			
ST. DEV.				57.7487			

Beschreibung siehe in Kap.2.4.

MZA Stationen der WestschweizHistogramm der Herbst-Niederschlagsmengen Variable in mm N

VARIABLE	5 N-HERB			CELL		CUMM	
UPPER ENDPOINT	5	10	15	FREQ	PCT	FREQ	PCT
+.....+.....+						
194.99934	+			0	0.0	0	0.0
	-						
209.99934	-			0	0.0	0	0.0
	+X						
224.99934	+X			1	1.7	1	1.7
	-XXX						
239.99934	-XXX			3	5.0	4	6.7
	+XXXXXXXX						
254.99934	+XXXXXXXX			8	13.3	12	20.0
	-XXXXXXXXXX						
269.99934	-XXXXXXXXXX			10	16.7	22	36.7
	+XXXXXXXXXX						
284.99934	+XXXXXXXXXX			12	20.0	34	56.7
	-XXXXXXXXXX						
299.99934	-XXXXXXXXXX			10	16.7	44	73.3
	+XXXXXX						
314.99934	+XXXXXX			6	10.0	50	83.3
	-X						
329.99934	-X			1	1.7	51	85.0
	+XX						
344.99934	+XX			2	3.3	53	88.3
	-XXX						
359.99934	-XXX			3	5.0	56	93.3
	+						
374.99934	+			0	0.0	56	93.3
	-XXX						
389.99934	-XXX			3	5.0	59	98.3
	+X						
404.99934	+X			1	1.7	60	100.0
	-						
420	-			0	0.0	60	100.0
	+						
	+			0	0.0	60	100.0
+.....+.....+						
	5	10	15				
	N			60.0000			
	MEAN			285.1665			
	VARIANCE			1632.7456			
	ST. DEV.			40.4072			

Beschreibung siehe in Kap.2.4.

MZA Stationen der WestschweizHistogramm der Jahres-Niederschlagsmengen Variable in mm N

VARIABLE	6 N-JAHR	CELL		CUMM	
		FREQ	PCT	FREQ	PCT
	UPPER				
	ENDPOINT				
		5	10		
+.....+				
	+XXX				
900.00015	+XXX	3	5.0	3	5.0
	-XXXXX				
950.00015	-XXXXX	5	8.3	8	13.3
	+XXXXXXXX				
1000.00016	+XXXXXXXX	7	11.7	15	25.0
	-XX				
1050.00016	-XX	2	3.3	17	28.3
	+XXXXXXXX				
1100.00016	+XXXXXXXX	6	10.0	23	38.3
	-XXXXX				
1150.00016	-XXXXX	4	6.7	27	45.0
	+XXXXXXXX				
1200.00016	+XXXXXXXX	7	11.7	34	56.7
	-XXXXX				
1250.00016	-XXXXX	5	8.3	39	65.0
	+XXXXXXXX				
1300.00016	+XXXXXXXX	7	11.7	46	76.7
	-XXXXX				
1350.00016	-XXXXX	5	8.3	51	85.0
	+				
1400.00016	+	0	0.0	51	85.0
	-				
1450.00016	-	0	0.0	51	85.0
	+X				
1500.00016	+X	1	1.7	52	86.7
	-X				
1550.00016	-X	1	1.7	53	88.3
	+XX				
1600.00016	+XX	2	3.3	55	91.7
	-XXX				
1650.00048	-XXX	3	5.0	58	96.7
	+XX				
	+XX	2	3.3	60	100.0
+.....+				
	5 10				
	N	60.0000			
	MEAN	1190.6665			
	VARIANCE	46460.2031			
	ST. DEV.	215.5463			

Beschreibung siehe in Kap.2.4.

Niederschlagsmessungen Regionalmessnetz Bern

Wochenniederschläge 1973 in mm

Woche	Station Nr	Bern 1	Brünnen 5	Uetligen 6	Zollikofen 7	Bantiger 8	Belpmoos 10	Uecht 11	Spiegel 12
1		0.	0.	0.	0.		0.	0.	0.
2		0.	0.	0.	0.		0.	0.	0.
3		9.8	14.6	14.7	12.5		8.8	5.8	15.8
4		10.8	15.0	10.7	13.7		0.	18.4	13.0
5		8.4	7.3	8.3	10.1		17.6	1.9	8.3
6		13.4			18.2		11.1	16.7	
7		20.0	17.7	14.2	16.6	4.5	16.8	8.6	25.6
8		19.2	14.2	11.3	23.3	16.1	18.4	18.7	20.9
9		1.0	1.2	1.1	1.9	2.5	1.7	4.1	1.9
10		3.6	4.3	4.2	6.7	5.2	7.7	11.4	4.6
11		1.0	2.2	2.4	2.0	8.2	2.4	0.	7.4
12		0	0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13		1.2	1.8	2.5	0.5	1.9	0.3	3.7	2.0
14		6.6	5.0	4.2	7.4	5.4	8.6	9.3	6.0
15		29.1	31.0	30.8	18.3	43.3	16.0	46.2	38.1
16		9.0	10.2	10.0		11.1	14.0	21.7	14.4
17		24.4	22.9	20.0	25.0	18.0	21.9	31.7	26.0
18		41.2	43.6	40.4	35.1	33.1	43.3	34.3	50.3
19		34.6	26.0	17.4		16.1	19.8	36.5	28.2
20		5.2	5.3	5.2	6.0	3.8	3.6	5.5	7.8
21		11.5	11.9	9.2	11.1	6.2	10.9	8.2	10.4
22		50.4	39.9	35.0	37.7	26.0	40.6	26.5	43.3
23		22.9	33.1	19.7	25.7	29.5	18.3	20.0	28.1
24		30.5	27.6	14.4	31.3	14.4	37.8	38.2	51.5
25		135.8	124.3	107.1	116.2	131.0	125.1	156.7	139.5
26		1.5	1.0	10.5	0.4	9.0	2.4	6.6	1.0
27		13.5	11.2	14.5	14.0	14.1	17.7	15.4	19.6
28		20.6	23.2	16.0	15.0	22.5	19.5	23.5	39.2
29		68.6	62.9	59.7	52.7	50.9	45.2	64.7	60.3
30		47.3	39.0	39.0	38.2	51.9	45.5	43.9	43.7
31		22.3	62.0	46.2	55.1	25.6	23.3	25.2	27.7
32		18.8	20.3	33.7	13.0	11.1	13.3	17.1	26.3
33		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
34		0.	0.	0.	0.5	18.0	0.	7.5	0.
35		26.3	19.9	17.8	15.8	23.0	21.8	3.9	21.2
36		13.7	5.1	8.8	6.0	6.4	13.0	5.3	9.8
37		7.2	16.7	11.8	13.8	7.8	8.4	14.3	7.4
38		23.7	24.0	25.2	21.8	17.5	16.8	6.5	25.0
39		19.1	20.4	21.2	14.4	10.7	17.6	17.4	18.8
40		20.0	21.6	30.5	19.3	32.5	35.1	13.1	27.0
41		9.6	23.0	18.0	12.4	11.3	14.0	25.2	15.9
42		58.1	46.0	41.5	41.9	39.4	41.9	46.8	63.0
43		1.9	0.3	0.2	0.	0.2	0.	4.0	0.5
44		0.	0.3	0.8	0.8	0.1	0.	0.	0.3
45		11.8	10.6	11.9	10.5	9.8	11.7	13.1	11.7
46		21.3	16.0	24.2	21.6	14.5	13.4	10.5	18.2
47		0.7	4.9	4.3	5.1	2.4	11.4	0.	8.8
48		17.9	10.9	11.1	13.3	0.5	11.5	9.6	11.9
49		20.9	41.0	36.1		8.0	30.3	19.9	28.5
50		10.5	11.0	17.2		5.3	10.6	4.8	15.0
51		5.4	2.1	2.0		1.8	10.6	11.3	2.8
52		6.8	6.9	7.5		4.6	7.7	7.8	7.2

Beschreibung dieser Werte in Kap. 3.4.

Wochenniederschläge des erweiterten Messnetzes in mm
1.8. - 25.11.1973

Niederschlagsmessungen Regionalmessnetz Bern

Station/Woche:	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	Total	Mittel	Maximum
1 Bern	22.3	18.8	0.	0.2	26.1	17.6	3.3	25.8	17.0	24.4	21.7	43.3	0.2	3.4	8.4	21.3	6.2	250.0	15.3	43.3
2 Matzenried	53.0	22.4	0.	2.8	16.4	10.6	5.7	27.3	22.2	23.0	23.2	42.9	0.	9.1	9.	15.1	5.3	281.0	15.5	53.0
5 Brünlen	62.0	20.3	0.	0.	19.9	5.1	16.7	24.0	20.4	21.6	23.0	46.0	0.4	0.3	10.6	16.0	4.9	291.2	17.2	62.0
6 Uetligen	46.2	33.7	0.	0.	17.8	8.8	11.8	25.2	21.2	30.5	16.0	41.5	0.2	6.8	11.9	24.2	4.3	296.1	17.4	46.2
7 Zolllikofen	55.1	13.0	0.	0.5	15.6	6.9	13.9	21.8	14.4	19.3	12.4	41.9	0.	0.9	16.5	21.6	5.1	252.0	14.8	55.1
8 Bantiger	25.6	11.1	0.	18.0	23.0	6.4	7.8	17.5	10.7	32.5	11.3	35.4	0.2	0.1	9.0	14.5	2.4	230.3	13.5	38.4
9 Rörwil	27.7	14.1	0.	0.9	31.9	6.7	9.2	20.5	14.8	31.1	18.8	44.5	0.7	0.	13.3	15.0	6.2	258.6	15.2	44.5
10 Balmeos	23.3	13.3	0.	0.	21.8	13.0	8.4	15.8	17.5	35.1	14.0	41.9	0.4	0.	11.7	13.4	11.4	242.1	14.2	41.9
11 Uecht	25.2	17.1	0.	7.5	3.9	5.2	14.3	6.5	17.4	13.1	35.3	46.8	4.0	0.	13.1	10.5	0.	219.9	12.9	46.8
12 Spiegel	27.7	26.3	0.	0.	21.2	9.8	7.4	25.0	18.8	27.0	15.9	63.0	0.5	0.3	11.7	18.2	8.8	281.6	15.6	63.0
13 Eymatt	33.6	13.9	0.	0.	11.0	2.6	7.8	15.6	12.7	13.1	14.6	26.0	0.2	0.2	7.7	16.4	3.2	178.6	10.5	33.6
14 Wohlen	29.5	26.2	0.	0.	19.5	6.1	9.3	23.1	19.0	20.8	19.2	37.3	0.2	0.2	14.0	33.7	5.2	263.3	15.5	37.3
15 Münchenbuchsee	50.0	11.7	0.	0.	17.7	7.7	10.3	15.8	12.7	11.1	11.2	31.6	0.4	0.5	15.2	24.4	5.2	220.5	13.0	50.0
16 Worblaufen	26.2	13.7	0.	0.4	12.2	4.4	5.8	15.6	13.3	15.5	14.4	37.3	0.2	0.1	9.9	21.5	5.2	195.7	11.5	37.3
17 Bolligen	25.9	9.7	0.	3.7	12.9	7.3	5.8	15.4	11.9	18.7	13.9	30.0	0.3	0.2	10.1	14.4	4.8	184.0	10.8	30.0
18 Bantigen	-	9.6	0.	9.2	20.2	4.5	3.5	14.2	11.0	25.1	18.5	34.9	0.5	0.2	12.7	26.2	8.5	*198.8	12.4	34.9
19 Lindenthal	15.2	7.6	0.	4.3	16.6	4.3	2.5	11.8	9.4	25.5	14.4	27.3	0.7	0.2	10.4	19.1	9.0	178.3	10.5	27.3
20 Sinneringen	19.9	9.1	0.	0.4	14.7	8.7	4.5	13.2	11.7	26.0	19.1	37.3	0.3	0.1	11.7	17.2	8.0	201.9	11.9	37.3
21 Gmligen	17.0	6.3	0.	0.	11.5	8.0	4.4	13.0	9.4	25.4	11.3	31.6	0.4	0.8	11.3	14.1	10.9	177.4	10.4	31.5
22 Belp	-	-	0.	1.5	13.8	9.6	10.1	10.5	9.3	28.2	-	50.3	0.6	0.3	11.9	11.4	9.9	**167.4	12.0	41.9

Nummerierung der Stationen gemäss Messnetzübersicht Fig.11

Beschreibung der Werte in Kap.3.5.

** nur 14 Wochen

* nur 16 Wochen