

Zeitschrift: Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern
Band: 50 (1970-1972)

Artikel: Beiträge zum Klima des Raumes Bern : ausgewählte Probleme und vorläufige Ergebnisse
Autor: Messerli, B. / Krummen, A. / Mathys, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-324165>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.11.2024

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

BEITRÄGE ZUM KLIMA DES RAUMES BERN

Ausgewählte Probleme und vorläufige Ergebnisse

Messerli B.¹, Krummen A., Mathys H., Maurer R., Messerli P., Wanner H. und Winiger M.

1. Problemstellung

(Messerli B.)

In der Schweiz wohnten 1930 rund 36 % der Bevölkerung in städtischen Gebieten, 1950 bereits 43 % und bei der letzten Volkszählung 1970 sogar 58 %. Ein gewaltiger Strukturwandel ist mit diesen wenigen Zahlen angedeutet. Heute leben also 58 % oder 3,6 Mio Menschen in Städten und Agglomerationen (Daten und Definitionen nach ESTA, 1972), d.h., 58 % der Bevölkerung wohnen auf nur 9 % oder 3587 km² des gesamten schweizerischen Areals. Für die Agglomeration Bern bedeutet das 285 000 Menschen auf 273 km² Fläche, und die gewaltigen Bauvorhaben der nächsten Jahre weisen darauf hin, dass dieser Prozess der zunehmenden Urbanisierung noch lange nicht abgeschlossen ist. Daraus sind unsere künftigen Aufgaben abzuleiten: Zunehmende Konzentration der Bevölkerung an wenigen Orten verlangt auch eine zunehmende Konzentration unserer Arbeit und unserer Verantwortung an diesen Orten. Vor allem aber sollten wir in unseren Denk- und Planungsprozessen endlich verstehen, dass ein urbaner Raum nicht nur aus Gebäuden, Strassen und wirtschaftlichen Funktionen besteht, sondern vor allem aus Menschen, die noch irgendwie einen Bezug zur Natur haben müssen (vgl. SPIEGELBERG 1972). Grundlegende Fragen sind gestellt: Wie haben sich die weitreichenden Strukturwandlungen in unseren Agglomerationsräumen auf die natürlichen Umweltbedingungen ausgewirkt und wie müssten die natürlichen Umweltbedingungen in künftigen Strukturwandlungen berücksichtigt werden?

Wir haben uns auf ein Teilgebiet dieses Fragenkomplexes konzentriert: Die klimatologisch-lufthygienischen Verhältnisse in angewandtem Sinne, d.h. mit ihren Bezügen zur Stadt und ihrer Umgebung, zum Menschen und seinen Bedürfnissen. Fig. 1 zeigt mit aller Deutlichkeit diesen Zusammenhang auf, er wird in den folgenden Abschnitten unter verschiedensten Aspekten zur Diskussion kommen. Vor allem aber sollten wir bedenken, dass ohne ein Verstehen der thermischen Verhältnisse und der Zirkulationsmechanismen auch die lufthygienischen Vorgänge nicht erfasst und prognostiziert werden können. Die globale Aussage, dass Heizöl und Benzin die wichtigsten Luftverschmutzer sind, macht

1 Prof. Dr. phil. BRUNO MESSERLI und Mitarbeiter: Geographisches Institut der Universität Bern, Falkenplatz 18, 3000 Bern.

Wir danken zahlreichen freiwilligen Beobachtern für ihre Mitarbeit im Untersuchungsprogramm "Kanton Bern" und dem Schweizerischen Nationalfonds für die Unterstützung des Untersuchungsprogrammes "Agglomeration Bern".

Dem Städtischen Lufthygieneamt danken wir für die freundschaftliche Zusammenarbeit.

FIG. 1 DIE VERÄNDERUNG DER OBERFLÄCHE DURCH DEN MENSCHEN UND IHRE KLIMATISCHEN AUSWIRKUNGEN (Ryd 1970, Landsberg 1970, MIT 1971)

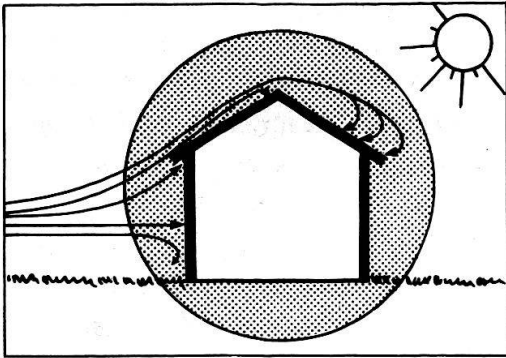


Fig. 1a: Der klimatologische Effekt eines Einzelobjektes

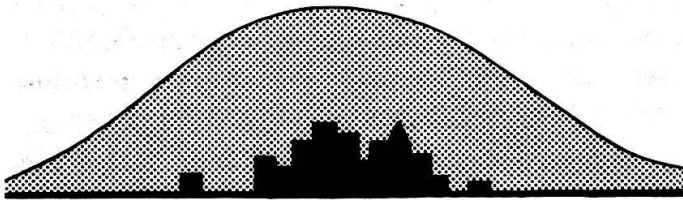


Fig. 1b: «Wärmeinsel» über einer Stadt bei windstiller Lage

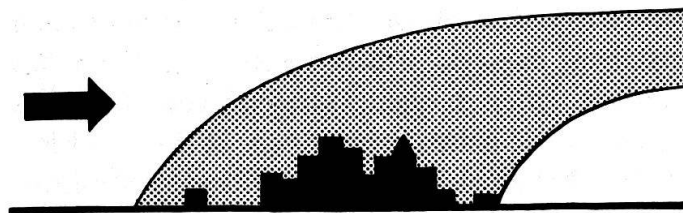


Fig. 1c: Die Verlagerung der «Wärmeinsel» und der Luftverschmutzung bei regionaler Windwirkung

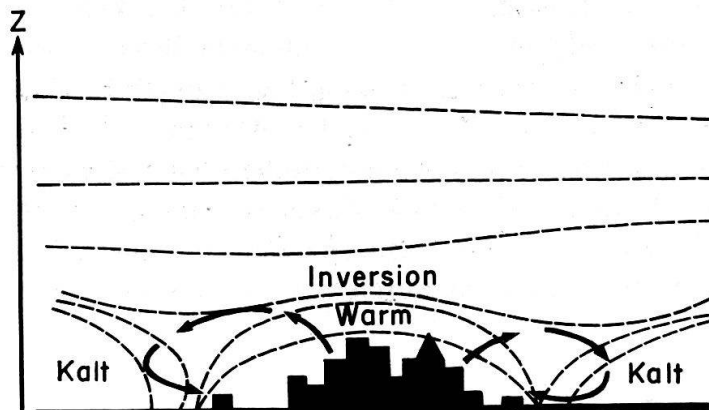


Fig. 1d: Die Entstehung einer eigengesetzlichen Zirkulation bei besonderer Witterungslage

nicht den gleichen Eindruck, wie wenn wir sagen, dass in den USA die Immissionen in einem Jahr an Staub und Russ 16,9 Mio t, an Schwefeldioxyd 29,5 Mio t und an Kohlenmonoxyd 75,5 Mio t betragen haben. Wenn wir aber gerade die beiden letzten Schadstoffe nehmen, so zeigt z.B. Zürich im Verhältnis zu seiner Einwohnerzahl Immissionsmengen, die den Städten Washington, Philadelphia und Chicago entsprechen (MÜLLER 1969; GRANDJEAN 1972). Aber auch Berns höchste SO₂-Tages- und Stundenmittel lassen sich mit Grossstädten anderer Industriestaaten ohne weiteres vergleichen (STÄDT. GESUNDHEITSDIREKTION 1971) und an einigen stark befahrenen Strassen unserer Stadt wurden die tolerierbaren CO-Werte zeitweise überschritten. Nehmen wir diese Probleme zur Kenntnis und werden sie in unserer Planung berücksichtigt? Was passiert in der stark inversionsgefährdeten Muldenlage des Eigerplatzes, wenn das Südquartier heute schon täglich 110 000 Fahrten mit Privatautos und 110 000 Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln produzieren soll (AREGGER 1972)? Kennen wir die thermische Luftschichtung über der Stadt und die Durchlüftungsprozesse bei verschiedenen Wetterlagen und haben wir bei der Standortwahl von Geruchs-, Schmutz- und Schadstoffemittenten darauf Rücksicht genommen (Abwasserreinigung, Kehrlichtverbrennung, Autobahnen in Wohnquartieren, Industrieanlagen usw.)? Wird die Lage künftiger Wohn-, Erholungs-, Industrie- und Verkehrsflächen ausschliesslich von wirtschaftlichen und politischen Faktoren bestimmt oder sind wir gewillt und imstande, andere Prioritäten zu setzen?

Zahlreiche Fragen sind gestellt, wir wollen uns auf die klimatologischen Aspekte beschränken. Ein Teil unseres Untersuchungsprogrammes steht erst am Anfang, der Aufbau eines umfassenden Messnetzes ist soeben abgeschlossen worden. Die eingegangenen Resultate sind für eine signifikante Auswertung noch nicht genügend. Deshalb die Formulierung in unserem Titel: Ausgewählte Probleme und vorläufige Ergebnisse.

2. Sonnenscheindauer, Bewölkung und Nebel im Raum Bern SE (Beilage: Plan 1) (Wanner H. und Krummen A.)

2.1. Die Bedeutung der Besonnung als klimatologisches Element

Die Besonnung nimmt unter den klimatologischen Faktoren, die bei der Bewertung eines bestimmten Raumes relevant werden, eine besonders wichtige Stellung ein. GEIGER (1961: 5) meint dazu: "Unter allen meteorologischen Elementen nimmt unzweifelhaft die Strahlung den ersten Rang ein, weil die Sonnenstrahlung unsere Lebensgrundlage, für die Atmosphäre der treibende Motor ist, und weil die Erde allein durch die Strahlung im Energieaustausch mit dem Kosmos steht."

Genauere Strahlungsmessungen verlangen einen grossen instrumentellen und wissenschaftlichen Aufwand, doch können auch mit Hilfe der Sonnenscheindauermessungen gültige Antworten auf die Frage nach der Besonnung gefunden werden. Heutige raumplanerische und bioklimatische Arbeiten weisen mit aller Deutlichkeit auf die Bedeutung solcher Fragestellungen hin. Auch MÄDER (1970: 8) stellt für die Bewertung der "Klimaeignungskarte für Siedlung und Erholung" des ORL-Institutes die Besonnung an die erste Stelle der verwendeten Klimadaten.

Da auch in unserem Fall kaum Zeit und Mittel zur Verfügung standen, um Strahlungsuntersuchungen durchzuführen, entschlossen wir uns, näher auf die Frage nach der Sonnenscheindauer einzutreten, um so für den untersuchten Raum eine Grundlage für die Klimabewertung zu liefern. Es schien uns im weiteren sinnvoll, auch die Probleme des Nebels und der Bewölkung einzubeziehen, da diese Klimaelemente die Dauer der Sonneneinwirkung direkt beeinflussen.

2.2. Erklärung der verwendeten Begriffe

Das Ziel aller Messungen ist die Information, wie viele Sonnenscheinstunden wir an verschiedenen Punkten des bearbeiteten Raumes erwarten können, also die Kenntnis der *tatsächlichen Sonnenscheindauer* pro Jahr. Wir müssen deshalb die drei Faktoren genau kennen, welche für die Zahl der Jahressonnenscheinstunden entscheidend sind:

- a) Geographische Breite des Untersuchungsgebietes
- b) Abdeckung durch den umliegenden Horizont
- c) Verminderung der Sonnenscheindauer durch Bewölkung und Nebel

Die Faktoren a und b bleiben für einen bestimmten Ort im Normalfall konstant (Ausnahme: Waldrodungen, Häuserbau usw.). Im Falle des Punktes c hingegen treten recht grosse Schwankungen auf. Da für Bern lediglich vom Meteorologischen Observatorium der Universität (Station Bern der MZA) ausreichende Messreihen der Sonnenscheindauer (die Normalperiode umfasst 30 Jahre) vorliegen, mussten wir für unsere Arbeit nach einer Methode suchen, die in kürzester Zeit Schlüsse zulässt. Wir vermessen deshalb die *effektiv mögliche Sonnenscheindauer*, welche uns angibt, wie lange die Sonne im Verlaufe eines bestimmten Zeitraumes bei völliger Wolken- und Nebelfreiheit scheinen würde. Diese Methode wird u.a. auch von KNOCH, (1963: 17) in seiner Anleitung zur Landesklimateilnahme empfohlen.

Interessant gestaltete sich ein Vergleich mit dem Wert, der für Bern (47° N) gilt, wenn man die völlige Ebenheit des Geländes ohne jegliche Einschränkung durch umliegende erhöhte Horizonte annimmt: Wir bezeichnen ihn als *astronomisch mögliche Sonnenscheindauer*.

Wie erwähnt werden am Meteorologischen Observatorium Sonnenscheindauermessungen durchgeführt (seit 1886). Man ist deshalb in der Lage, für diesen Punkt die Bewölkungs- und Nebelverhältnisse abzuschätzen (SCHÜEPP 1962: 1 + 13). Dies geschieht mit der Angabe der *relativen Sonnenscheindauer*, welche uns in Prozenten der effektiv möglichen Sonnenscheindauer eines gegebenen Zeitraumes angibt, wie lange die Sonne im Mittel tatsächlich scheint. Die Differenz von dieser Zahl bis zu 100 % liefert in diesem Falle die Auskunft, wie gross der Anteil der Bewölkung und des Nebels ist.

Kommen wir schliesslich zum Begriff *Nebeltag*. Wir sprechen dann von Nebel, wenn die horizontale Sichtweite infolge schwebender Wassertröpfchen weniger als 1 km beträgt. Als Nebeltag bezeichnet man jeden Tag, an dem zu irgend einem Zeitpunkt Nebel registriert werden konnte.

2.3. Angewandte Messmethodik

Im Falle der relativen Sonnenscheindauer dienten uns die Berechnungen der MZA als Grundlage (SCHÜEPP 1962: 34). Für die Kartierung der effektiv möglichen Sonnenscheindauer mussten wir ein Gerät wählen, das in möglichst rationeller Weise gestattet, sowohl die monatlichen als auch die jährlichen Sonnenscheinstunden zu berechnen. Wir entschieden uns deshalb für den Tagbogenschreiber nach DE QUERVAIN (1957), welcher vom Autor wie folgt charakterisiert wird: "Es handelt sich um einen schreibenden Theodoliten. Indem das Fernrohr dem Horizont nachgeführt wird, zeichnet der Apparat das gesamte von dem Tagbogen bestrichene Feld in derart transformierter Form als Diagramm auf, dass die Tagbogen als äquidistante Gerade erscheinen. Zur Bestimmung der möglichen Sonnenscheinsummen beliebiger Zeitabschnitte ist nur noch eine Planimetrierung nötig."

Trotz des kleinen Untersuchungsgebietes (49 km²), dessen Topographie zudem keine überaus starke Gliederung aufweist, erwies es sich im Hinblick auf die Genauigkeit der vorgesehenen Kartierung als nützlich, pro km² 2–3 Punkte zu vermessen, was zu einer Gesamtzahl von 128 Messpunkten führte und einen grossen Zeitaufwand verlangte. Bei der Horizontaufnahme stellte sich vor allem die Frage nach dem Genauigkeitsmass:

- Da jeder Messpunkt für eine bestimmte Fläche als repräsentativ gelten musste, wurden einzelne nahe gelegene Häuser und Bäume, die den weiteren Horizont verdeckten, zugunsten eines Allgemeinwertes eliminiert.
- Sehr schwierig gestaltete sich die Aufnahme im dicht bebauten Gebiet: Es schien nur sinnvoll, auf den Dächern Messungen durchzuführen, um in dieser Weise die Sonnenscheindauer für eine gedachte ebene Fläche, die zirka 20 m über dem Erdboden liegt, umso genauer zu ermitteln.
- Ein besonderes Problem bildeten die Wälder: Da hier nicht gemessen werden konnte, wurden sie in der Karte nicht bewertet. Je nach Lage des Waldrandes und der Neigung des Geländes nehmen die Werte gegen den Waldrand rasch ab. Es war sowohl aus zeitlichen als auch aus kartentechnischen Gründen nicht möglich, bei all den Waldrändern die Veränderungen der Sonnenscheindauer auszumessen.
- Bei extremen Geländeänderungen ist oft festzustellen, dass die Sonnenscheindauer auf kleinstem Raum stark variiert. Diese Feinheiten konnten nicht genau dargestellt werden. Sie sind auf der Karte höchstens auf Grund des Farbwechsels erkennbar (vgl. Plan 1).
- Bei Tagbogenmessung und Planimetrierung wurde eine Genauigkeit von $\pm 2\%$ erreicht.

Im Falle des Nebels ergaben sich durch das uneinheitliche Datenmaterial recht gravierende Probleme. Längere Messreihen existieren hier nur vom Meteorologischen Observatorium und vom Flugplatz Belp. Dazu treten die beim Nebel nicht zu vermeidenden Schätzungsfehler und die prägnanten lokalen Differenzen der Nebelverteilung, welche je nach Wetterlage ein äusserst komplexes Bild vermitteln. Die genannten Messreihen wurden ergänzt durch die 2-jährigen Beobachtungen des Netzes der Klimaforschung am Geographischen Institut. Schliesslich mussten letzte Lücken durch zahlreiche Eigenbeobachtungen und Befragungen geschlossen werden.

2.4. Kommentar zur Karte (Plan 1 der Beilagen)

2.4.1. Effektiv mögliche Sonnenscheindauer

Die Karte der effektiv möglichen Sonnenscheindauer zeigt uns in Farben vorerst die räumliche Verteilung der Jahreswerte. Die rote Farbe markiert Gebiete mit hohen Jahresstundenzahlen, die blaue dagegen weist auf Ungunstlagen hin.

Für repräsentative Messpunkte konnte mit Hilfe eines Zifferncodes eine weitere Differenzierung erreicht werden. Zu diesem Zweck wurde die Zahl der effektiv möglichen Sonnenscheinstunden für die Vormittage und Nachmittage des Sommer- und Winterhalbjahres ermittelt. Der Wert jeder dieser vier Teilsummen des Jahrestotals wurde alsdann in Prozent der jeweiligen astronomisch möglichen Dauer angegeben (Beispiel: 9.8.6.5. – Die 5 an 4. Stelle zeigt uns, dass die effektiv mögliche Dauer an den Nachmittagen des Winterhalbjahres zwischen 50 und 60 % der astronomisch möglichen Dauer liegen muss).

Bei der planimetrischen Bearbeitung wurde für die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer ein Näherungswert von 4440 Stunden ermittelt (genauer Wert: 4472 Std.). Aufgeteilt in die verwendeten 4 Zeitabschnitte ergibt dies folgende Zahlen:

– Vormittage des Sommerhalbjahres	1240 Std.
– Nachmittage des Sommerhalbjahres	1430 Std.
– Vormittage des Winterhalbjahres	790 Std.
– Nachmittage des Winterhalbjahres	980 Std.

2.4.2. Relative Sonnenscheindauer

Die Isoplethendarstellung zeigt uns die tageszeitliche Verteilung der relativen Sonnenscheindauer im Jahresverlauf. Wir können näherungsweise ablesen, wie das mittlere Mass der Bewölkung für einen bestimmten Zeitpunkt ausfallen kann (stark bewölkt: blau; schwach bewölkt: rot). Selbstverständlich sind die Nebelzeiten in den Angaben der relativen Sonnenscheindauer ebenfalls enthalten, da es sich hier um Auswertungen des Sonnenscheinautographen handelt. Es stellt sich stets die Frage, für welche Fläche die Angaben der relativen Sonnenscheindauer als repräsentativ gelten können. Im Falle des Untersuchungsgebietes treten bereits durch den Nebel klare Differenzen auf. Wir werden in Zukunft aufschlussreiche Resultate erhalten, wenn wir an verschiedenen Punkten der Stadt die Sonnenscheindauer messen (vgl. Plan 2).

2.4.3. Nebel

In der Form von Richtwerten wurden vorerst 5 Zonen mit unterschiedlichem Nebelregime abgegrenzt (rot: wenig Nebel, blau: nebelreiche Zonen). Anschliessend ging es darum, für jede Zone die Häufigkeit des Auftretens der 3 wichtigsten Nebelarten abzuschätzen. Dabei muss man sich bewusst sein, dass klare Grenzen im Gelände selten auftreten und dass oft spezifische Witterungsverhältnisse für die Ausbildung bestimmter

Nebellagen verantwortlich sind. Als grosse methodische Hilfe erwiesen sich vor allem die Angaben von SCHIRMER (1970: 135), der in ähnlicher Weise die 3 häufigsten Nebelarten abgrenzt.

Bodennebel (Strahlungsnebel mit Bodeninversion)

Die Bodennebel bilden sich vor allem im Herbst und Winter bei einsetzenden Hochdruckwetterlagen: In klaren und windstillen Nächten kühlen sich die tiefliegenden Luftschichten stark ab. Die kühlen und dadurch schweren Luftmassen fließen in die feuchten Muldenlagen des Mittellandes (z.B. Belpmoos) ab, wo es im Verlaufe der Abendstunden zur Kondensation kommt (Bodeninversion: siehe Fig. 2).

Beispiel: Strahlungsnacht vom 21.2.1972, Messung 22.00 Uhr

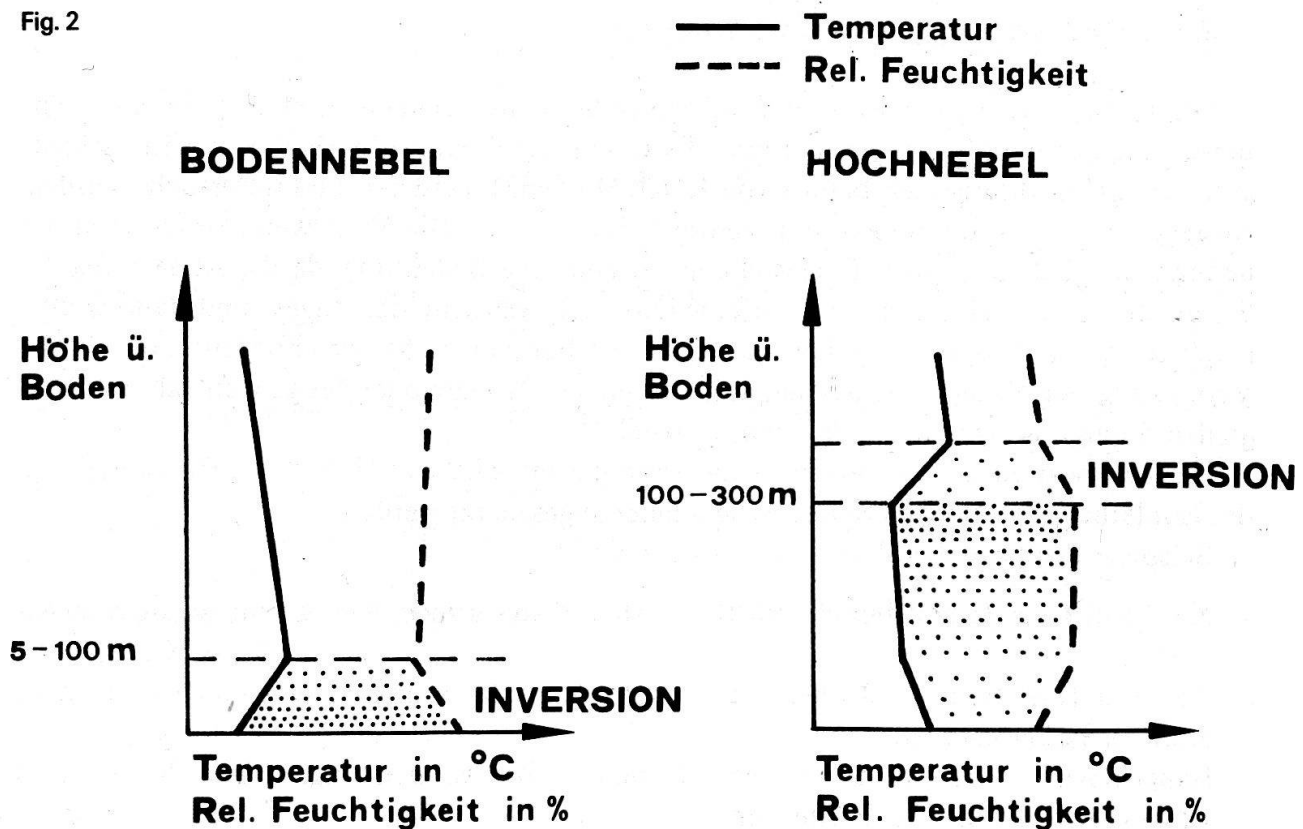
- Gurtendörfli: 3,2° C - 83 % Luftfeuchtigkeit - klar
- Belpmoos: - 0,8° C - 94 % Luftfeuchtigkeit - leichter Nebel

Hochnebel (Strahlungsnebel mit Inversion in der Höhe)

Die Hochnebel treten im Spätherbst und vor allem im Winter auf. Ihr Erscheinen ist ebenfalls an Hochdruckwetterlagen gebunden. Die Bildung kann bei uns hauptsächlich aus 2 Gründen erfolgen:

- Durch Kondensation an der Grenzfläche zwischen feuchter, dunstiger Kaltluft im Tal und wärmeren, höheren Luftschichten (meist ist eine deutliche Dunstoberfläche

Fig. 2



erkennbar) bildet sich eine Schicht, an der das Sonnenlicht reflektiert wird (Bildung der Höheninversion)

- Durch Abheben der dichten Bodennebeldecke entsteht infolge Erwärmung im Verlaufe des Tages ebenfalls eine Höheninversion. Die Dichte des Hochnebels nimmt im Gegensatz zum Bodennebel gegen oben zu (Fig. 2). Bei anhaltendem Hochdruck und Windstille kann die lästige Hochnebeldecke tagelang über dem Mittelland liegen ("Nebelmeer").

Hangnebel

Diese Nebelart, auch etwa als Wolken- oder Schlechtwetternebel bezeichnet, tritt in den Niederungen nur selten auf. Es sind dies tiefliegende Wolken, die bei schlechtem Wetter und konvektiver Luftbewegung den Boden erreichen. Die Hangnebel können zu allen Jahreszeiten auftreten, doch ist mit ihnen in den tieferen Lagen vermehrt im Winterhalbjahr zu rechnen.

Abschliessend sei bemerkt, dass selten auch entlang des Aarelaufes dichte Nebelschwaden zu beobachten sind, deren Entstehung noch genauer untersucht werden müsste.

2.5. Aussagewert der Karte

2.5.1. Die Bewertung der Sonnenscheindauer

Die Farbgliederung der Karte der effektiven Sonnenscheindauer gestattet vor allem eine Bewertung der räumlichen Verhältnisse. Es treten dabei expositionsbedingte Unterschiede auf, deren Charakteristiken bereits von KNOCH (1963) registriert und untersucht wurden. Aussagekräftig sind die hohen und niedrigen Jahreswerte. Die Mittelwerte orientieren nur bedingt und haben je nach Fragestellung verschiedene Bedeutung, da die Abdeckung der Sonne durch den Horizont auf verschiedene Art während der Tages- und Jahreszeiten möglich ist. Für den Menschen ist es zum Beispiel nicht gleichbedeutend, ob die Verkürzung der Sonnenscheindauer während einiger Monate oder des ganzen Jahres, ob sie an den Sommermorgen oder -abenden stattfindet.

Die zu erwartende Sonneneinwirkung kann darum lokal mit Hilfe des Zifferncodes und der Isoplethen der relativen Sonnenscheindauer abgeschätzt werden.

Beispiele von typischen Resultaten aus der Karte:

- Nord-Süd-Täler (Gümligental) erhalten während des ganzen Jahres sehr wenig Sonnenschein.
- West-Ost-Täler (Gurtentäli) liegen günstiger, wobei die Sonnenscheindauer vor allem im Sommer viel grösser ist.
- Hangrippen verbessern die Sonnenscheindauer bei an sich ungünstigen Nordhängen wesentlich (Beispiele bei Niederulmiz).

2.5.2. Beurteilung der Nebelsituation

Im Falle des Nebels offenbart sich eine deutliche Reliefabhängigkeit, wobei die Zahl der Nebeltage mit zunehmender Höhe abnimmt (Einfluss des Bodennebels, sprunghafte Abnahme oberhalb der Hochnebeldecke). Unterschiede auf gleichem Höhengniveau treffen wir auf Grund des sich auswirkenden Stadtklimas: Höhere Temperaturen (Wärmeimmisionen!) und abnehmende relative Luftfeuchtigkeit bewirken, dass die Nebeldichte in den zentralen Stadträumen abnimmt. Die Nebeldecke dürfte über diesen Gebieten infolge der thermischen Verhältnisse oft wesentlich abgehoben werden, und es wäre interessant, wenn diese Tatsache sowohl numerisch als auch photographisch untersucht werden könnte (siehe Fig. 1).

2.6. Anwendungsmöglichkeiten der Karte

Eine sinnvolle Verwendung kann die Karte dann finden, wenn alle 3 Darstellungen genau studiert und in Beziehung gebracht werden. Nur so erkennen wir beispielsweise, dass die Niederungen mit ihren günstigen Sonnenscheinwerten auf Grund der Nebelverhältnisse wieder entwertet werden. Absolute Vorteilhaftigkeit treffen wir bei diesem Vorgehen auf den sonnenscheingünstigen Höhenlagen an, die normalerweise noch über der Obergrenze des Nebelmeeres zu liegen kommen. Diese Räume werden denn auch von vielen Autoren als "warme Hangzone" bezeichnet.

Zum Schluss sei noch eine Bemerkung zur Auswertung eines derartigen klimatologischen Elementes im Hinblick auf die planerische Verwendung angefügt: Die Sonnenscheindauer dürfte vor allem bei der Ausscheidung von Wohnräumen und bei der Suche nach Erholungs- und Kurzonen eine bedeutende Rolle spielen. Auch unter den Eignungskriterien, die für die Landwirtschaft wichtig werden, nimmt sie neben Temperatur- und Niederschlagsfragen eine massgebende Stellung ein. In jedem Fall stellt sich bei solchen Erhebungen die Frage nach dem Zeitaufwand. Wir haben in einem kleinen Untersuchungsgebiet einen bescheidenen klimatologischen Problemkreis zu bearbeiten versucht und dafür etliche Wochen verwendet. Denken wir auch daran, wie viele Arbeitsstunden notwendig sein müssen, wenn der gesamt-klimatische Summationseffekt in einem grösseren Gebiet erfasst werden soll, wie dies u.a. von PRIMAULT (1972) für den Kanton Waadt getan wurde. Die Frage nach der Rationalisierung drängt sich geradezu auf. Wenn wir uns bereits im Falle der Sonnenscheindauer damit beschäftigt haben, ob und wie die tatsächliche Sonnenscheindauer aus einer beschränkten Zahl von Messungen für eine gegebene Fläche durch Digitalisierung mit dem Computer ermittelt werden kann, so dürften sich ähnliche Problemstellungen erst recht für komplexere Klimafragen ergeben. Es wäre durchaus denkbar, dass mit Hilfe eines Flächenrasters gearbeitet würde, in der Art, wie er kürzlich in unserem Land für wirtschaftsgeographische Fragestellungen angewendet wurde (KILCHENMANN, STEINER, MATT, GÄCHTER 1972).

3. Windverhältnisse im Raum Bern (Messerli P. und Maurer R.)

3.1. Probleme des Stadtklimas

Die ausserordentliche Bedeutung der Windverhältnisse für die Ausbildung eines siedlungseigenen Klimas, meist als Stadtklima bezeichnet, und seine Ausdehnung auf die unbebaute Umgebung ist durch verschiedene Untersuchungen bestätigt worden (BAND 1969; BERG 1957; TOPITZ 1956 und vgl. Fig. 1). Insbesondere haben diese Untersuchungen gezeigt, dass sich ein eigenes Stadtklima, das sich vom Klima der weniger dicht besiedelten ländlichen Umgebung durch ein verändertes Verhalten einer Reihe von meteorologischen Grössen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Aerosol, Windstärke) unterscheidet, nur bei windschwachem Wetter (= 3–4 m/sec) in typischer Weise ausbilden kann (BERG 1957; BAND 1969). Modellmässig lässt sich diese Feststellung etwa wie folgt deuten:

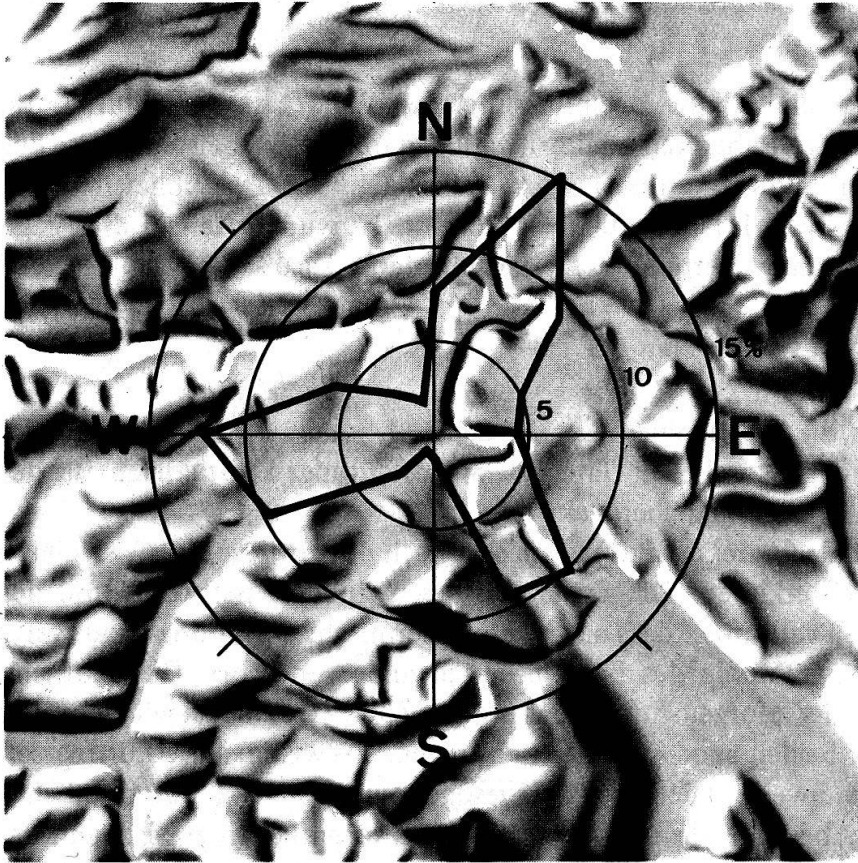
Bei einer Ausdehnung des Stadtgebietes von angenommen 7 km und einer mittleren Windgeschwindigkeit von beispielsweise 7 m/sec (Beaufort 4) kann ein Luftquantum während knapp 17 Minuten im Kontakt mit der Stadt "infiziert" werden. Von dieser Kontaktzeit hängt es ab, ob eine messbare Veränderung der physikalischen Grössen der Luftmassen zustandekommt und somit die im Stadtgebiet und im Lee der Siedlung gemessenen Klimadaten von jenen im Luv abweichen. Die Beeinflussung gerade des Leegebietes durch die über der Siedlung erwärmten, eventuell angefeuchteten und mit trüben Medien angereicherten Luft hängt ausser von der Art und Grösse der Siedlung ganz wesentlich von der Windstärke ab – der Einfluss ist auch hier am ausgeprägtesten bei Geschwindigkeiten von 2–3 m/sec – wie das BAND (1969) an 31 Ortschaften der Kölnerbucht unter Berücksichtigung verschiedener Siedlungstypen (Dörfer, kleine Industriestädte, eine Grossstadt) nachweisen konnte.

Für die Ausbildung und Ausbreitung des jeweiligen Siedlungsklimas spielt also der Wind die massgebliche Rolle. Dabei hängt es von den dominanten Windrichtungen ab, welche Gebiete mit zunehmender Grösse der Siedlung mehr und mehr gerade die negativen Einflüsse des Stadtklimas (Luftverschmutzung, ungenügende Belüftung bei windschwachem Wetter) zu spüren bekommen. Raumplanung ohne eine genügende Berücksichtigung der Windverhältnisse kann deshalb katastrophale Folgen haben. Diese Feststellung musste leider in zahlreichen Grossstädten gemacht werden. So ergab beispielsweise eine kritische Durcharbeitung der Pläne einiger deutscher Grossstädte, dass die klimatischen Gegebenheiten bei der gegenseitigen Anordnung der Wohn- und Industrieviertel kaum berücksichtigt worden waren. Die Industrie- und Bahnhofviertel liegen im Luv der vorherrschenden Winde und die durch sie verursachte Luftverschmutzung wird somit über die ganze Stadt hinweggetragen (CASPAR 1946 in KNOCH 1963).

Eine Untersuchung über die Windstruktur im Raum Basel (SCHÜEPP 1971) ergab, dass bei Schönwetterlagen mit geringen Windstärken die nachts weggeführte, verschmutzte Luft tagsüber wieder ins Stadtgebiet einströmt und dann starke Belästigungen verursacht.

Diese Beispiele zeigen deutlich, welche Bedeutung einer detaillierten Untersuchung der Windverhältnisse im Bereich unserer Siedlungen zukommt.

Fig. 3 Mittlere jährliche Häufigkeiten der Hauptwindrichtungen 1965–69 (Einteilung in 16 Sektoren)



3.2. Windmessungen der klimatologischen Station Bern 1965–1969 (Fig. 3)

Mit dem Ziel, die Windverhältnisse der Stadt Bern aufgrund der Registrierungen der klimatologischen Station möglichst genau zu erfassen, wurden die Stundenwerte der Windrichtungen und Geschwindigkeiten (soweit sie vorlagen, vgl. Lit. MZA), sowie die zusätzlich ermittelten Böenspitzen häufigkeitsstatistisch ausgewertet. Dieses Datenmaterial ermöglichte es, über die jahreszeitliche Verteilung der gemessenen Grössen hinaus den tageszeitlichen Wechsel solcher Verteilungen aufzuzeigen.

Am Beispiel der Windrichtung soll das im folgenden erläutert werden.

Fig. 3 zeigt die mittleren jährlichen Häufigkeiten der Hauptwindrichtungen 1965–69. Die drei dominanten Richtungen entsprechen den reliefbedingten Windgassen – für die Westwinde das Wangental und der Wohlenseeegraben, für die NE-Winde der Korridor von Moosseedorf und Zollikofen und für die Südwinde das Aaretal – durch welche die Luft-

massen ins Stadtgebiet einströmen. Dabei ergeben sich für die 3 Hauptsektoren etwa folgende mittleren relativen Häufigkeiten:

N – NE	: 32 %
WSW – WNW	: 28 %
SE – SSE	: 19 %

total 79 %

Dieses Resultat bestätigt die starke Beeinflussung der Windrichtungen durch die topographischen Verhältnisse, gibt aber keinerlei Aufschluss darüber, wie beispielsweise der erstaunlich hohe Anteil der Südwinde (es handelt sich dabei fast ausschliesslich um Windstärken ≤ 4 m/sec, MESSERLI 1972) zustande kommt. Es wurde deshalb die Frage geprüft, wie weit die vorliegende Verteilung für verschiedene Tages- und Jahreszeiten typisch ist.

Tagesgang der Windrichtung (Fig. 4)

Dieser Auswertung liegen die Stundenwerte von 7–8, 13–14 und 19–20 Uhr zugrunde. Deutlich zeigt sich, dass ein tageszeitlicher Gang der Windrichtungen vorhanden ist, der einen kaum erkennbaren jahreszeitlichen überdeckt.

Die Häufigkeit der Südwinde (Aaretalwinde) liesse sich nach der vorliegenden Verteilung durch einen "Talwindeneffekt" erklären. Die erwähnte Geschwindigkeitsstruktur und der Tagesgang dieser Winde lassen vermuten, dass nachts eine thermische Strömung talauswärts erfolgt, die tagsüber nach dem Prinzip des Berg- und Talwindes umkehrt. Die deutliche Dominanz der Südwinde in der Morgenstunde, das starke Zurücktreten derselben in der Mittagsstunde zugunsten der beiden anderen Hauptrichtungen, aus welchen die Luftmassen je nach Wetterlage möglicherweise talaufwärts angesogen werden und ein deutliches Anheben wiederum in der Abendstunde liesse eine solche Interpretation zu. Erwähnenswert bleibt zudem das Auftreten schwacher (unter 2 m/sec) Nordwinde in der Abendstunde. Wie weit die Wärmeinsel der Stadt eine solche thermische Strömung beeinflussen könnte, bleibt eine offene Frage. In diesem über das ganze Jahr ziemlich gleichbleibenden tageszeitlichen Rhythmus der dominanten Winde (Fig. 4), die das Stadtgebiet über die topographisch vorgezeichneten Zutrittsstellen erreichen, zeichnet sich möglicherweise ein für Bern wichtiger Belüftungsmechanismus ab. Wie weit das hier vermutete System, das für eine genügende Lufterneuerung gerade im Stadttinnern wesentlich sein kann, tatsächlich spielt, wird erst eine feinere Analyse des Tagesganges der Windrichtungen und Geschwindigkeiten bei verschiedenen Wetterlagen ergeben.

Immerhin gibt diese einfache Auswertung bereits erste Hinweise auf ungeeignete Standorte für neue Industriezonen, weil sie am Eingang eines solchen Belüftungskanals die Wirksamkeit der "Frischluftezufuhr" für die Stadt wesentlich beschneiden könnten.

3.3. Ergebnisse einer 80-tägigen Vergleichsmessung Bantiger–Bolligen (Fig. 5)

In gezielten und zeitlich begrenzten Vergleichsmessungen müssen die lokalen Ventilationseffekte in horizontaler und vertikaler Differenzierung abgeklärt werden. Als ein Beispiel legen wir einen 80-tägigen Versuch vor (12.2.–2.5.1972). Er wurde mit

Fig. 4 Tagesgang der Windrichtungen für die vier Jahreszeiten (1965-69)

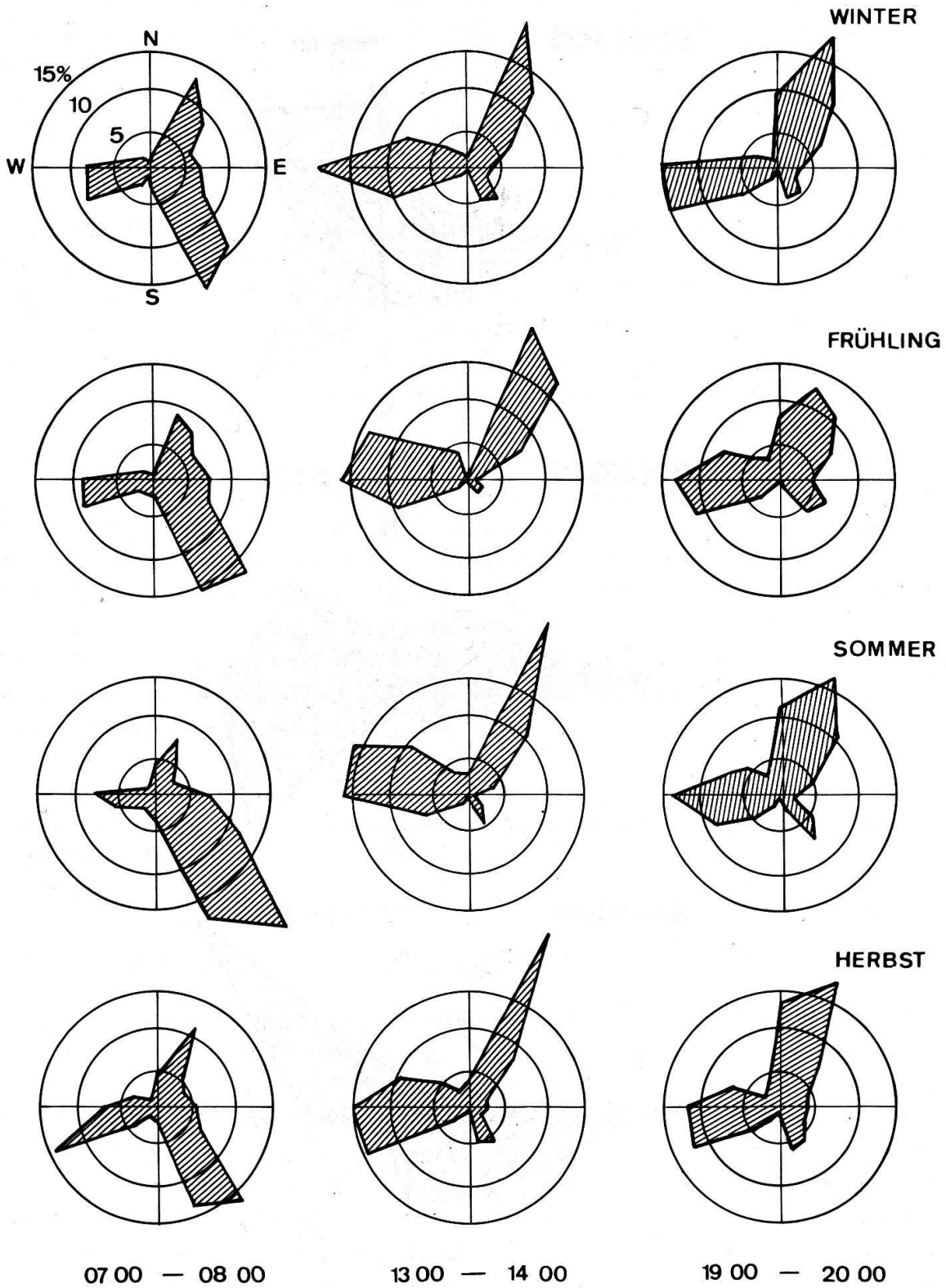
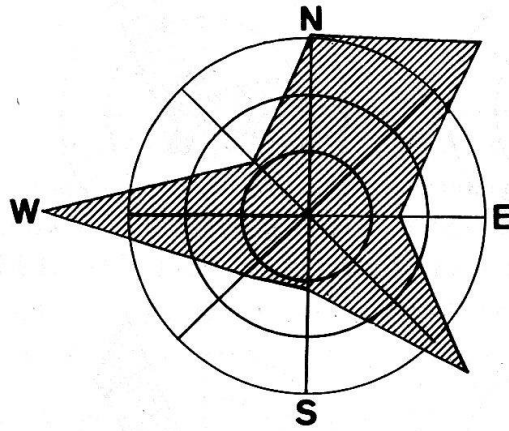


Fig. 5 **Windrichtungsvergleiche**

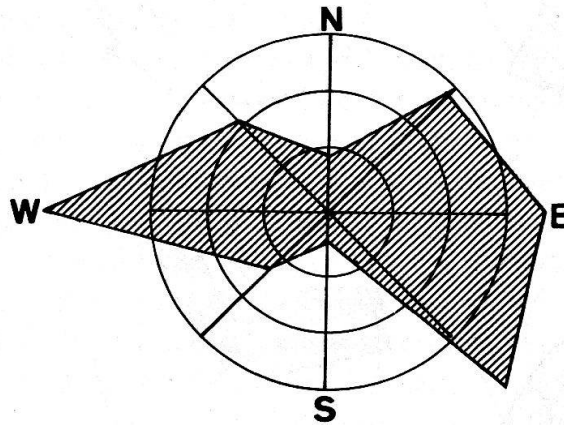
BERN MZA

1965-69



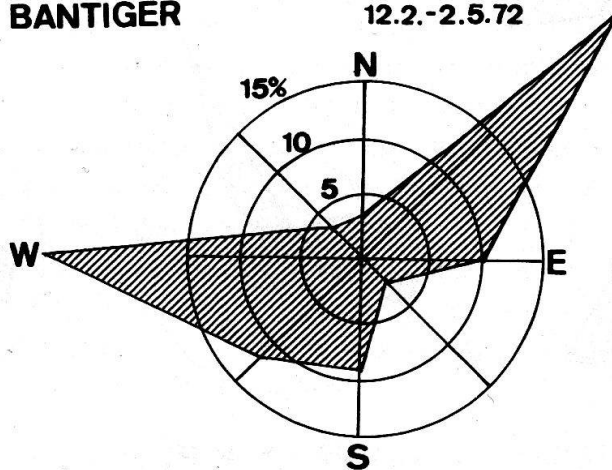
BOLLIGEN

12.2.-2.5.72



BANTIGER

12.2.-2.5.72



elektrischen Windmessgeräten durchgeführt, die im Geographischen Institut entwickelt wurden (Windmess-System WRDS Maurer). Diese Instrumente erlaubten eine genaue Erfassung der mittleren Stundengeschwindigkeit und der Windrichtungsdauer in 8 Sekunden, verlangten aber eine tägliche Ablesung und Wartung.

Die Ergebnisse zeigten folgenden Sachverhalt (Fig. 5): Die Windverhältnisse auf dem Bantiger sind vom Relief weitgehend unabhängig. Ein Vergleich der Resultate mit den Windmessungen der Ballonaufstiege in Payerne in der Höhe 850 mb (zirka 1450 m.ü.M.) ergibt, dass rund 75 % aller Winde über Payerne und am Bantiger direkt miteinander verglichen werden können. Als einzige wesentliche Abweichung fällt die Rechtsdrehung der vorherrschenden SW-Winde im Raum Payerne auf Westrichtung am Bantiger auf (Einfluss Wohlenseegraben?). Die Luftströmung durch das Aaretal tritt auf der Höhe des Bantigers kaum mehr in Erscheinung. Da die Messungen bei der MZA-Station Bern durch relativ schwache Winde im Vergleich mit anderen Mittellandstationen auffallen (Stationsstandort? Grossüberbauungen im W der Stadt? Relief?) und deshalb nicht direkt mit Payerne oder Oeschberg verglichen werden können, ist uns auf dem Bantiger eine ideale Anschluss- und Kontrollstation in sozusagen freier Atmosphäre über der Stadt gegeben.

Die Winde im Raum Bolligen dagegen sind deutlich durch das Relief geprägt. Die Abschirmung durch den Bantiger im N und die Kanalwirkung des Worblentales sind die entscheidenden Faktoren. Besonders der hohe Anteil von Luftzufuhr aus dem Worblental ist interessant und müsste eigentlich bei der Standortbeurteilung für Industrie- und Wohngebiete in diesem Raum berücksichtigt werden.

Mit diesem Beispiel sind weitreichende Probleme aufgedeckt, sie sollen in der nächsten Zeit an mehreren Orten in einem umfassenden klimatologisch-lufthygienischen Forschungsprogramm weiterverfolgt werden.

4. Zum Problem der langjährigen Temperaturreihen und der Temperaturdifferenzierung im Raum Bern

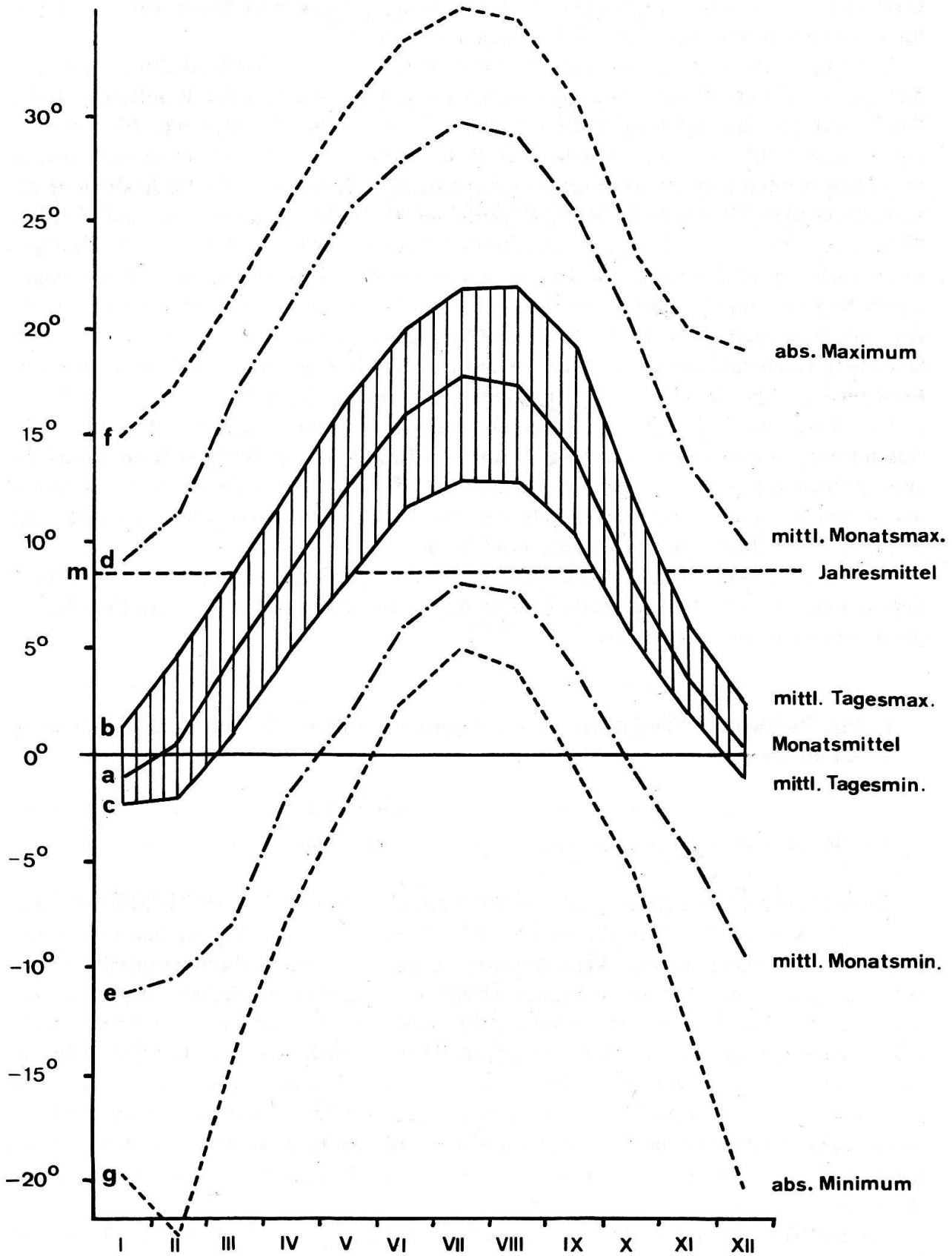
(Mathys H.)

4.1. Die langjährigen Temperaturwerte der MZA-Station Bern (Fig. 6)

Die mittlere Jahrestemperatur 1931–1960 beträgt für Bern 8,5° C (SCHÜEPP 1961 und 1968, vgl. Fig. 6). Die Monatsmittel (1931–1960; Kurve a in Fig. 6) bedeuten einen ausgesprochen rechnerischen Wert, mit dem wohl Klimapendelungen ermittelt werden können, doch eine Aussage über das effektive Temperaturgeschehen ist gering. Die mittleren täglichen Maxima und Minima (1898–1957; Kurve b und c in Fig. 6) zeigen den Schwankungsbereich auf, in dem wir uns im Mittel täglich bewegen. Deutlich geht aus dieser Darstellung hervor, dass die Amplituden im Sommer bedeutend grösser sind (Juli/August bis 9°) als im Winter (Dezember/Januar 3°). Dieser Sachverhalt dürfte für das menschliche Empfinden äusserst interessant sein und müsste in Kombination mit anderen Klimaelementen, z.B. Luftfeuchtigkeit (Schwülewerte, feuchte Kälte usw.) noch genauer ausgewertet werden.

Die mittleren absoluten Monatsmaxima und -minima (1901–1960; Kurven d und e in Fig. 6) zeigen den monatlich einmaligen thermischen Schwankungsbereich auf. Bedeutend

Fig. 6 Temperaturen der MZA - Station Bern 1901-60



grösser wird die Amplitude bei der Auftragung der absoluten Spitzenwerte (1901–1960; Kurven f und g in Fig. 6), die je einmal während 60 Jahren gemessen wurden. Häufigkeit, Verteilung und Konsequenz extremer Werte müssten in Zukunft noch genauer untersucht werden.

Die kurze Analyse dieser Datenreihen lässt aber die Frage offen, wie weit die Werte einer Station für einen engeren Umkreis oder sogar für eine Region signifikant sind. Genügt dieses langjährige und äusserst wertvolle Grundlagenmaterial zur thermischen Beurteilung einer Innenstadt, eines Agglomerationsraumes und eines reliefintensiveren Erholungsgebietes? Das nachfolgende Beispiel des Monats November 1972 aus dem neuen Messnetz Bern (Beil. Plan 2) soll einen ersten Einblick in dieses Problem geben.

4.2. Maxima und Minima der täglichen Temperaturen während des Monates November 1972 in der Region Bern (Fig. 7)

Im Monat November wurden in Bern (MZA-Station) $4,8^{\circ}$ als Monatsmittel errechnet. Selbst wenn wir nach einem der üblichen Verfahren die Tagesmittel ausrechnen, bleibt diese Zahl ein mathematischer Wert, eine rein rechnerische Vergleichszahl. Was wir Menschen fühlen sind die Maxima- und Minimatemperaturen oder allenfalls extreme Schwankungen. Aus der nachstehenden Fig. 7 geht deutlich hervor, dass sich der Monat November in drei Teile gliedert:

- 1.–10. November Inversionslage: Nebelmeer bis zirka 700 m, über Mittag sich auflösend.
- 11.–20. November: Sturmartiger Westwindeinbruch mit extremer Kälte und Wärme.
- 21.–30. November: Langsame Abkühlung mit anschliessender Erwärmung.

Wie vorsichtig aber eine errechnete Zahl von $4,8^{\circ}$ für die *Region* Bern aufzufassen ist, zeigen Fig. 7 und die nachstehenden Vergleiche, welche alle aus der Stadt Bern oder ihrer Umgebung stammen. Hierbei ergibt sich eine reiche Differenzierung. Dafür 2 Beispiele:

- Zum ersten ein Vergleich zwischen der Station Bantiger 990 m.ü.M. und der Station Gaswerk 502 m.ü.M.:

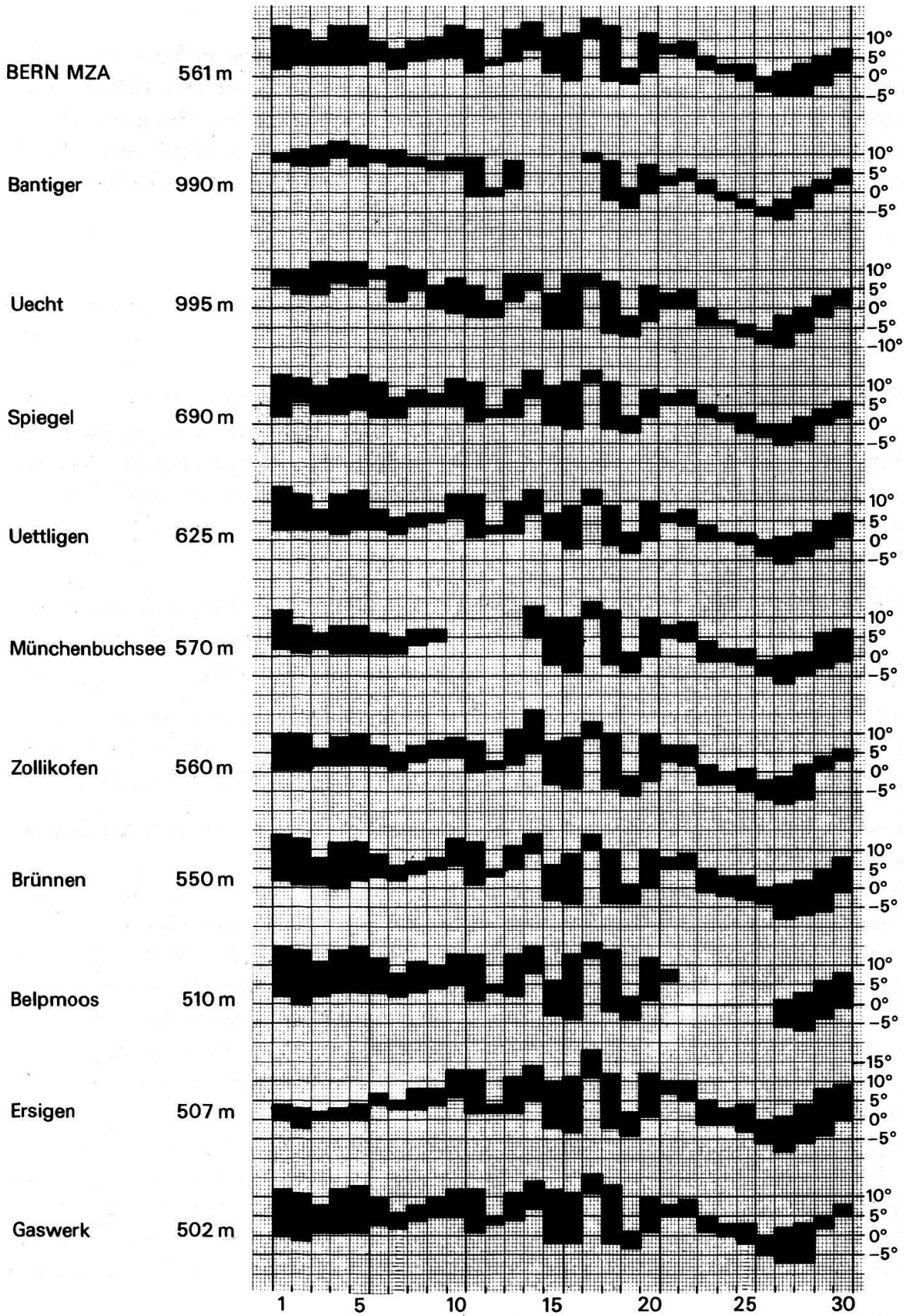
An 5 Tagen liegt das Maximum auf dem Bantiger höher als unten an der Aare; zudem liegt das Minimum auf dem Bantiger oben sogar an 9 Tagen höher als im Kältesee unten. Wir haben die typische herbstliche Inversionslage. Während der Westwindperiode gleichen sich die beiden Stationen an. In der letzten Phase gehen die Temperaturen parallel, wenn auch kleine Unterschiede in der Amplitude festzustellen sind. Die Bedeutung der Höhenlage kommt in diesem Beispiel sehr schön zur Darstellung.

- Zum zweiten ein Vergleich zwischen der Station Zollikofen in ländlicher Umgebung 560 m.ü.M. und der Station MZA Bern 561 m.ü.M.:

In der Stadt liegt das Maximum durchschnittlich an 29 Tagen um $1,9$ Grad höher als in der "Landstation" Zollikofen. Das Minimum der Stadt liegt im Schnitt sogar um $2,0$ Grad höher als dasjenige von Zollikofen. Wir vermuten, dass in diesem Vergleich die Wärmeinsel der Stadt eine entscheidende Rolle spielt, was im laufenden Messprogramm noch genauer analysiert und vor allem mit anderen Klimaelementen kombiniert werden soll.

Fig. 7

TAGESAMPLITUDEN DER TEMPERATUR IN DER REGION BERN WÄHREND DES MONATS NOVEMBER 1972



5. Die Schneedeckenverhältnisse des Raumes Bern (1920/21–1969/70) (Winiger M.)

Über die Schneeverhältnisse der Alpen sind bis heute zahlreiche Arbeiten erschienen (u.a. ZINGG 1954; ESCHER 1970; MOSIMANN 1972), während sich erst wenige Autoren mit der Auswertung der Beobachtungen mittelländischer Stationen beschäftigt haben. Die Gründe dürften wohl darin zu suchen sein, dass in *höheren Lagen der Schnee ein mit Regelmässigkeit auftretendes Phänomen ist*, für das sich Forstleute, Ökologen, Lawinenfachleute, Klimatologen und Kurdirektoren interessieren. *Im tieferen Mittelland dagegen bestimmt in erster Linie die momentane Witterung, ob eine Schneedecke sich überhaupt bilden und über längere Zeit andauern kann.*

Trotzdem sind langjährige charakteristische Verteilungen und Gesetzmässigkeiten auch in tiefen Lagen zu erkennen. Für die Station BERN MZA (ANNALEN MZA, 1920–1970) schwankt die Zahl der Schneetage pro Winter im 50 Jahre umfassenden Zeitraum 1920/21 bis 1969/70 zwischen 10 (1936/37) und 86 (1962/63). Im Mittel waren in jedem Winterhalbjahr 47 Schneetage zu verzeichnen, wobei als Schneetag definitionsgemäss ein Tag mit mehr als 50 % Schneebedeckung in Stationsumgebung am Beobachtungstermin (07.30 Uhr) verstanden wird (Fig. 8).

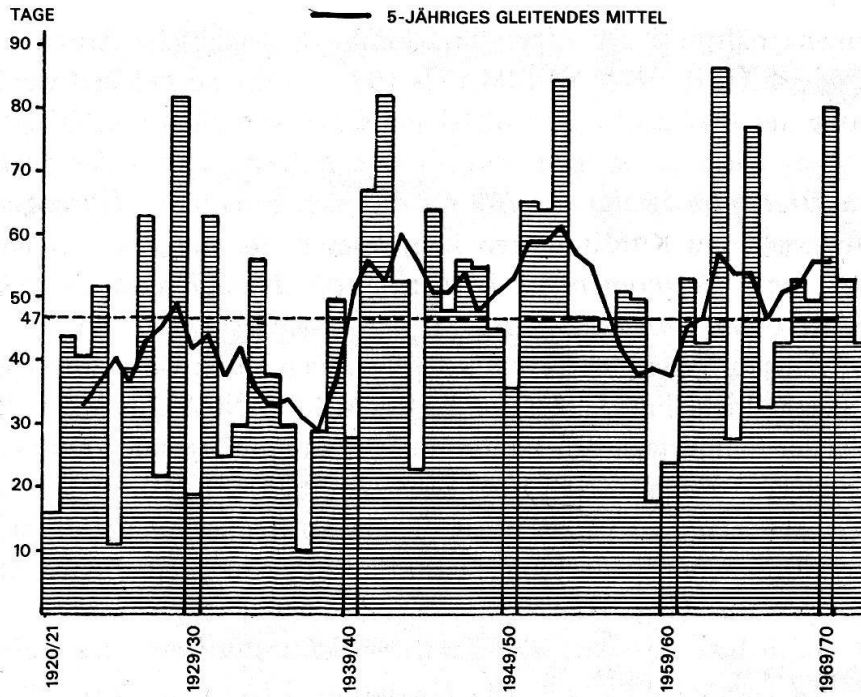
Aus Fig. 9 ist ersichtlich, dass sich die *Zahl der Schneetage* auf eine Zeitspanne von durchschnittlich 112 Tagen (Minimum 18, Maximum 192 Tage) zwischen dem ersten Schneefall mit Schneedeckenbildung und dem letzten Ausapern verteilt. Aber auch diese Daten sind grossen Schwankungen unterworfen. So war bereits am 9. Oktober 1920 der Boden zum ersten Mal schneebedeckt, während dies 1926 erst am 24. Januar geschah. Andererseits bildete sich nach dem 21. Januar 1959 keine Schneedecke mehr, ein Zeitpunkt, der 1965 erst am 21. April erreicht wurde.

In den Übergangsjahreszeiten ist die Schneedecke meist von kurzer Dauer und häufig nach ein bis zwei Tagen wieder weggeschmolzen. Im winterlichen Durchschnitt bleibt der Schnee aber jeweils während 6,6 Tagen liegen. Die längste ununterbrochene Schneedecke wurde im Winter 1962/63 mit 82 Tagen beobachtet. Der Fig. 9 kann ferner entnommen werden, dass nur gerade während 20 Tagen im Januar mit über 50 %iger Wahrscheinlichkeit mit schneebedecktem Boden gerechnet werden kann. Ebenfalls in diesen Monat fällt die im Durchschnitt längste ununterbrochene Schneebedeckung pro Winter mit 24 Tagen (Minimum 3 Tage, 1936/37).

Wo sind die *Ursachen für diese ganz ausserordentlichen Schwankungen* zu suchen? Niederschläge in Form von Schnee sind an Durchgänge von Fronten gebunden, wobei die Luft- und Bodentemperatur generell nicht über 0° C steigen sollte, damit eine Schneedecke sich bilden und andauern kann. Für Bern als einer typisch mittelländischen Station sind diese Voraussetzungen nur in höchst wechselhaftem Mass erfüllt. Im Vergleich zu höher gelegenen Stationen ist die Schneetiefe in der Regel zu gering, als dass die Schneedecke einen in allen Wintermonaten zu gewärtigenden Warmlufteinbruch überdauern könnte, während andererseits bei länger anhaltenden winterlichen Hochdrucklagen, mit den zugehörigen tiefen Temperaturen, keine Schneefälle zu erwarten sind. Als optimal günstige Voraussetzungen für die längere Andauer einer Schneedecke müssen in tieferen Lagen ergiebige Schneefälle mit unmittelbar anschliessender Hochdruckwetterlage (Inversion mit

ANZAHL SCHNEETAGE PRO WINTER (1920/21 BIS 1971/72) BERN MZA

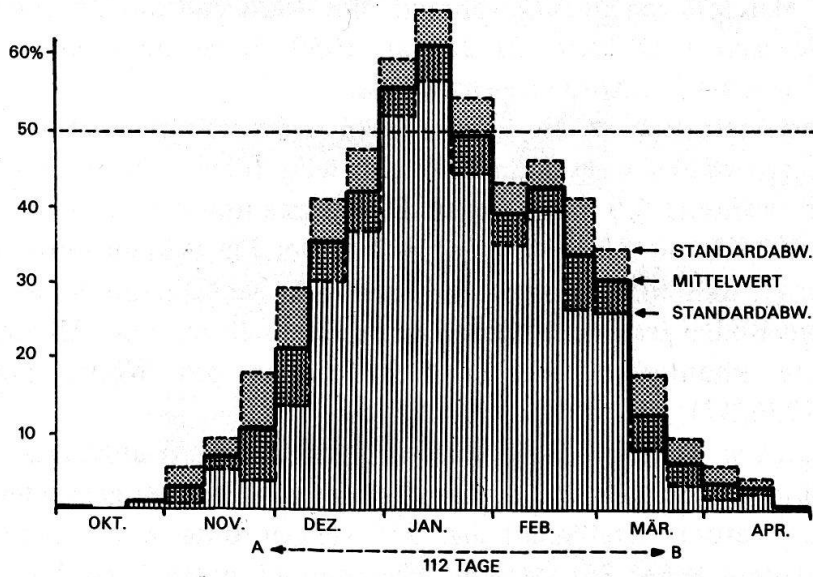
Fig. 8



MITTLERE JÄHRLICHE SCHNEEVERTEILUNG IN BERN MZA

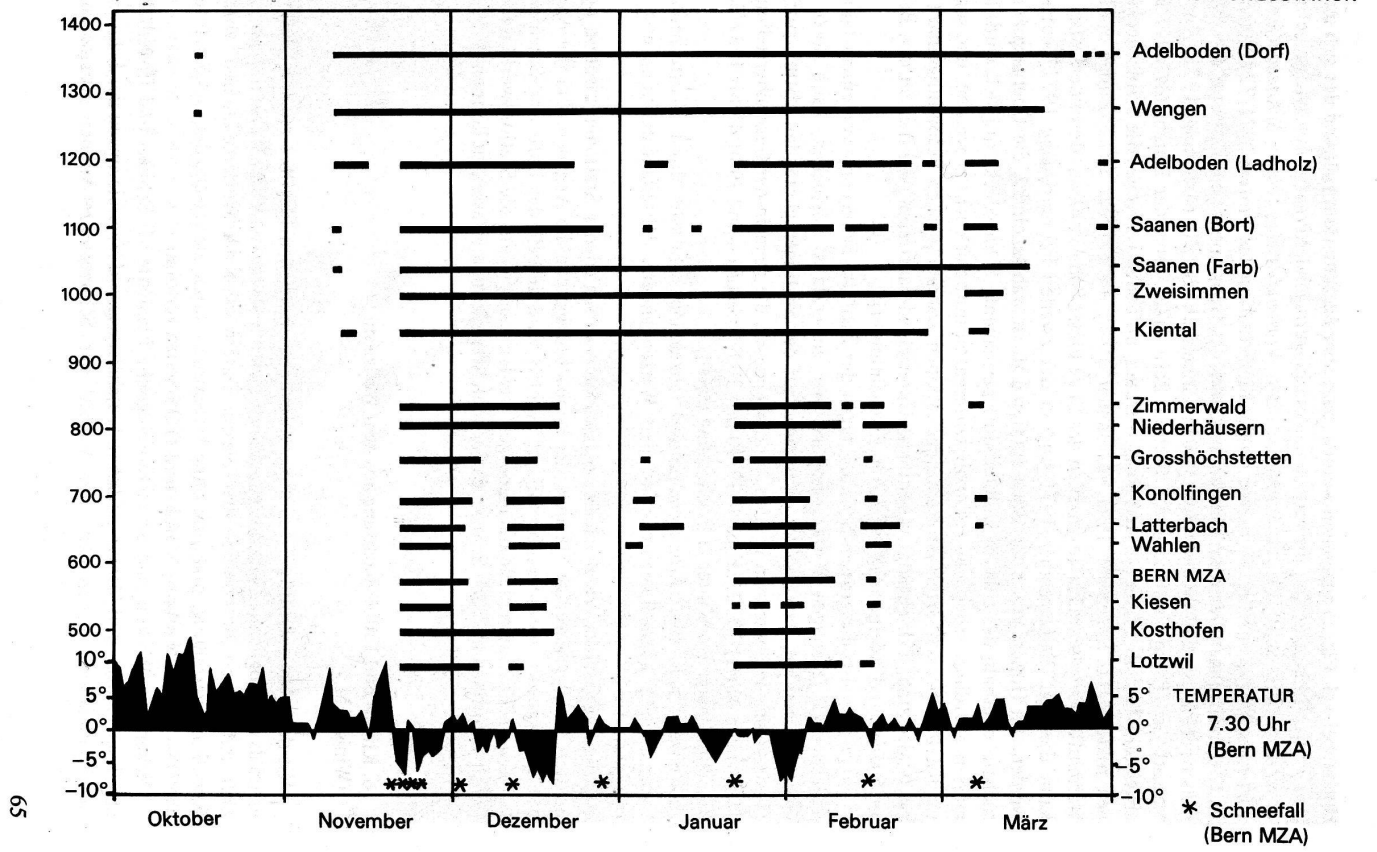
Fig. 9

MITTL. REL. HÄUFIGKEIT DES VORHANDENSEINS EINER SCHNEEDECKE (07.30 UHR)
IM 50-JÄHRIGEN MITTEL DER WINTER 1920/21 BIS 1969/70 (BERN MZA)



A-B: MITTLERE ZEITSPANNE ZWISCHEN ERSTMALIGEM EINSCHNEIEN UND LETZTEM AUSAPERN.
IM DURCHSCHNITT MIT 47 SCHNEETAGEN

Fig. 10
TAGE MIT SCHNEEBEBECKUNG IM WINTER 1971/72 FÜR STATIONEN MIT VERSCHIEDENEN HÖHENLAGEN (HORIZONTALE FLÄCHE)
STATIONSHÖHE (M)



Hochnebel, vgl. Fig. 2) angesehen werden, oder aber die Situation, während der sich die Station während längerer Zeit im Bereich niederschlagbringender Polarfrontvorstöße befindet.

Anschaulich geht die *Abhängigkeit des Vorhandenseins einer Schneedecke vom Witterungsablauf* aus Fig. 10 hervor, in der die Situation des Winters 1971/72 festgehalten ist (Beobachtungen des Klimabeobachternetzes des Geographischen Instituts). Der Tag des Einschneiens ist für Höhen unter 900 m einheitlich der 20. November 1971. Aus dem Verlauf der Temperaturkurve der Station Bern MZA kann der Durchgang einer Front abgelesen werden, ebenso an den übrigen Daten, an denen verbreitet die Schneedecke sich neu bildete: 10. Dezember 1971, 22. Januar 1972, 14. Februar 1972. Einige markante Warmlufteinbrüche bedeuten jeweils das Ende dieser Schneephasen. Besonders ausgeprägt kann dies am 20. Dezember 1971 und in der zweiten Februarwoche 1972 beobachtet werden. Im Höhenbereich um 850–1000 m.ü.M. ist wahrscheinlich die Übergangszone zu suchen, oberhalb der eine im Durchschnitt permanente Schneedecke möglich wird. Dabei müssen allerdings erhebliche regionale Differenzen mitberücksichtigt werden, und sogar in unmittelbar benachbarten Beobachtungsstationen können je nach Besonnungsgrad (Horizontabdeckung, Talrichtung) wesentliche Unterschiede auftreten, wie dies an den Beispielen Saanen und Adelboden (Fig. 10) in Erscheinung tritt.

Wenn wir also die grossen Schwankungen der Zahl der Schneetage von einem Jahr zum andern vom jeweiligen Witterungsablauf her zu erklären versuchen, kann doch nicht übersehen werden, dass aus dem Kurvenverlauf des 5-jährigen gleitenden Mittels auffällige Pendelungen herausgelesen werden können (Fig. 8), die auch in der Gegenüberstellung der 18-jährigen Mittel 1922/23 bis 1939/40 mit 39 Schneetagen und 1940/41 bis 1957/58 mit 55 Schneetagen pro Winter in Erscheinung treten.

Wieweit sich hier *Klimapendelungen* abzeichnen, müsste durch Korrelation mit verschiedenen Klimaelementen und den Werten anderer Mittellandstationen erst noch belegt werden.

Allerdings ist der Vergleich der Schneedaten verschiedener Stationen insofern problematisch, als der jeweilige Standort der Beobachtungsstelle die Angaben über die Andauer der Schneedecke wesentlich beeinflusst. Künftig wird deshalb das Luft- und Satellitenbild als zusätzliche Datenquelle herangezogen werden müssen, um die Stationswerte im Raum richtig einordnen und den Schnee als flächenhaftes Element erfassen zu können.

6. Klima- und Erdbeobachtung aus dem Weltraum (Winiger M.)

Mit dem Abschuss des ersten meteorologischen Satelliten TIROS-1 am 1.4.1960 wurde erstmals die Möglichkeit geschaffen, ein fast lückenloses *raum-zeitliches Bild unserer ganzen Erde* aufnehmen zu können. Seit diesem Datum wird das Wettergeschehen, vorab die Bewölkungsverteilung, praktisch ohne Unterbruch durch die verschiedensten Satelliten der TIROS-, ESSA-, Nimbus-, NOAA- und ITOS-Serien verfolgt.

Neben den Wolken sind als meteorologische Elemente die Schnee- und Eisverhältnisse über Kontinenten und Meeren erfassbar. Lokalisierung und Veränderungen der Schneedecke in Flachländern, insbesondere der Verlauf der Schneegrenze können grossräumig auf

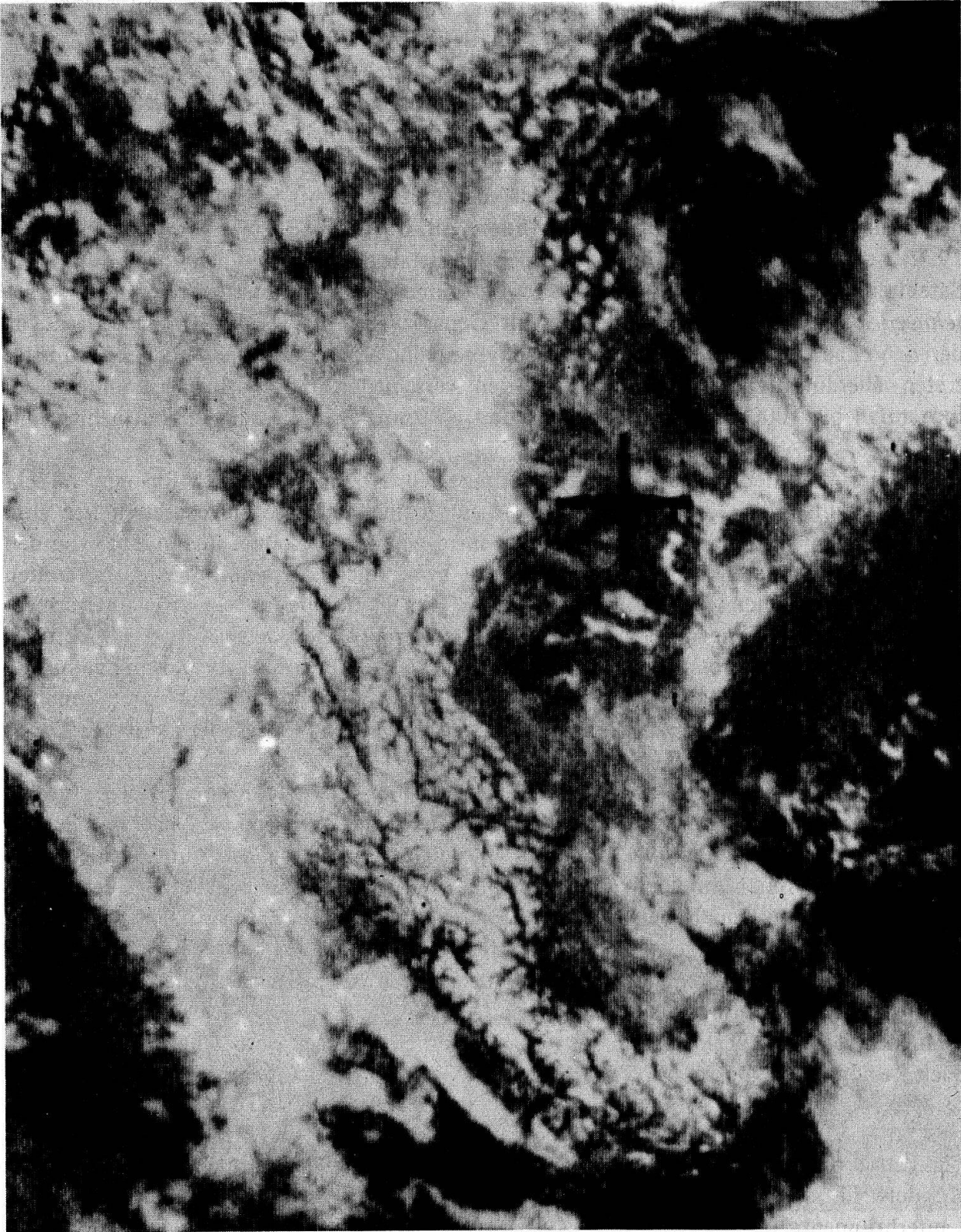


Foto 1: Wettersatellitenbild Mitteleuropas (aus 1440 km Höhe). Der Bildausschnitt erstreckt sich vom Massif Central bis in die Ungarische Tiefebene, von Rom bis Frankfurt. Deutlich heben sich von den verschneiten Alpen die grösseren Täler ab. Das Schweizerische Mittelland und Süddeutschland liegen unter einer Nebeldecke, der Apennin und Österreich sind bewölkt.
Aufnahme (Ausschnitt): ESSA 8, 20. September 1972, 9.42 Uhr, Ref. Nr. 17258/2
(APT-Aufnahme der Sternwarte der Stadt Bochum)

wenige Kilometer Genauigkeit angegeben werden, ebenso die Eisverhältnisse auf Meeren und grösseren Binnenseen (vgl. dazu etwa BARNES, BOWLEY 1969; KAMINSKI 1970).

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die *Schneegrenzbestimmung in Gebirgsräumen* (vgl. Foto 1), da innerhalb kleiner Horizontalabstände bereits grosse Höhendifferenzen auftreten können, die klimatische Aussagekraft der Schneegrenzlage also im wesentlichen von der Genauigkeit der Bestimmungsmethode abhängt. Trotz des relativ geringen räumlichen Auflösungsvermögens der Satellitensensoren, das zwischen 1 bis 5 km schwankt, sind auch hier brauchbare Verfahren entwickelt worden, z.B. durch ITTEN (1970; siehe auch WMO, 1972), dessen Prinzip auf dem Vergleich massstabgleicher Isohypsenkarten mit dem Satellitenbild beruht. Die höhenmässige Bestimmung der mittleren Grenze einer *Neuschneedecke* dürfte dabei grossräumig mit Genauigkeiten bis ± 250 m möglich sein, da deren Verlauf regional einigermaßen isohypsenparallel ist. Während einer *Abbauphase* treten allerdings Differenzen zwischen den verschiedenen Expositionen auf, die im Extremfall bis 1000 m betragen können und eine mittlere Höhenangabe nurmehr wenig aussagt.

Mit der Inbetriebnahme des Experimentiersatelliten ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) am 23.7.1972 wurde eine entscheidende Phase eingeleitet, indem zum ersten Mal die Möglichkeit gegeben wurde, in regelmässigen Zeitabständen auch von den mittleren und höheren Breiten Aufnahmen zu bekommen, die qualitativ den bekannten Apollo-Erdaufnahmen ebenbürtig sind. Aus 920 km Höhe übermitteln zwei unterschiedliche Aufnahmesysteme in 3, bzw. 4 verschiedenen Bereichen des sichtbaren Spektrums und des "Nahen Infrarots" Bilder (imageries), die mit einem linearen Auflösungsvermögen von unter 100 m eine ausserordentlich differenzierte geographische Interpretation und damit auch die *Bestimmung der Schneegrenze nach den verschiedenen Expositionen* ermöglichen.

Foto 2 zeigt das erste von ERTS-1 übermittelte Bild der Berner Alpen. In den Spektralbereichen 500–600 μm , sowie 600–700 μm heben sich Wolken, Nebel und Schnee stark vom Untergrund ab, wobei in der hier gezeigten Aufnahme Wald- und Weidepartien auch an Schattenhängen noch gut erkennbar sind. Schwierigkeiten sind bei der Unterscheidung von Wolken, Nebel, Schnee und allenfalls im Bereich felsiger Schattseiten zu erwarten. Doch unter Berücksichtigung anderer Spektralbereiche können Unsicherheiten zu einem grossen Teil eliminiert werden. So heben sich beispielsweise Wolkenschatten im Infrarot als schwarze Bildstellen ganz klar ab.

In der folgenden Tabelle sind für einige Alpentäler die aus Foto 2 bestimmbaren und nach Region und Exposition differierenden Schneegrenzhöhen zusammengestellt.

Haslital	1650–1800 m
Gadmental	1600–1700 m
Grindelwald	1700–1800 m
Lauterbrunnental	1800–1900 m
Goms	1550–1650 m
Bedretto	1750–1850 m
Engelberg	1550–1600 m
Vorderrheintal (nicht abgebildet)	1600–1800 m
Simplon (nicht abgebildet)	2200 m



Foto 2: Schnee, Wolken, Nebel im Satellitenbild (aus 920 km Entfernung). In den Hochalpen liegt eine Neuschneedecke bis zirka 1800 m Meereshöhe. Thuner- und Brienersee, das Aaretal und Emmental sind wolkenfrei, Konvektionsbewölkung bildet sich entlang der Voralpenkämme, das Mittelland ist in Nebel gehüllt.

Aufnahme (Ausschnitt): ERTS-1, 20. September 1972, Ref. Nr. 1059-09493-4, MSS 4.
(NASA, Goddard Space Flight Center).

Die Höhenunterschiede der Schneegrenzlage zwischen den verschiedenen Expositionen bewegen sich innerhalb weniger 100 m, da noch am Tage vorher bis 1600 m, stellenweise bis 1450 m Schnee fiel. Die Schneetiefe betrug unterhalb 2000 m nur einige Zentimeter, darüber z.T. mehr als 20 cm. Wieweit auch solche Unterschiede mit einiger Sicherheit aus dem Satellitenbild entnommen werden können, kann hier nicht abschliessend gesagt werden, gilt es doch, alle vorkommenden feinen Grauabstufungen in den Bildern der verschiedenen Spektralbereiche nach verschiedensten orographischen und physikalischen Eigenschaften der betreffenden Geländestelle zu interpretieren. Der Einsatz weiterer Sensoren (z.B. Thermal-Infrarot, Mikrowellen, Radar) dürfte in Zukunft die Interpretationsmöglichkeiten beträchtlich ausweiten.

In der gleichen Foto 2 ist als zweites grossräumig auftretendes meteorologisches Element eine in Auflösung begriffene *Nebeldecke* über dem Mittelland erkennbar, deren Obergrenze sich am Jurarand (nicht mehr abgebildet) auf 900–1000 m befindet. Radiosondenaufstiege in Payerne (aus Wetterkarte) bestätigen diese Interpretation, indem in 1000 m Meereshöhe ein ausgeprägtes Luftfeuchtigkeitsmaximum gemessen wurde. Dass die Nebeldecke nicht weiter ins Aaretal hineinreicht, ist auf den Umstrukturierungsprozess in der Wetterlage zurückzuführen und auf die grossräumigen Windverhältnisse, die nur bedingt aus dem Satellitenbild selber interpretiert werden können (Wolkenstrukturen). Einen Überblick der Wettersituation gibt Foto 1.

Fotos 3 und 4 geben den faszinierenden Blick auf das wolkenlose Mittelland frei, während Jura und Voralpen an diesem 9. Oktober 1972 reliefbedingte Steigungsbewölkung aufweisen. Was im Infrarotbereich, der sich vorzüglich für das Studium geologischer Strukturen und der Gewässerverteilung eignet, nicht klar genug hervortritt, ist der Dunstschleier über allen tiefern Regionen, mit einer ausgeprägten Verdichtung zwischen den drei Juraseen, eine Erscheinung, die sich vor allem im roten (Foto 4) und grünen Spektralbereich stark abhebt. Wieweit sich hier die Industrialisierung des Raumes auf den *Feuchtigkeits- und Schwebepartikelgehalt der Luft* auswirkt, wird noch zu untersuchen sein.

Ob die weissen Spuren im Murtensee (Foto 3) schliesslich auf *Wasserverunreinigungen* zurückzuführen sind, sei als Frage ebenfalls offen gelassen. Mit diesen beiden Hinweisen auf Luft- und Gewässerverschmutzung ist aber die Möglichkeit angetönt, dass in Zukunft unsere Umweltbedingungen auch aus der Luft und dem Weltraum mit geeigneten Sensoren und Methoden überwacht und so alle lokalen Beobachtungen in den grösseren Rahmen der atmosphärischen Zirkulation und der räumlichen Zusammenhänge eingeordnet werden können.



Foto 3: Teile des Schweizerischen Mittellandes und des Jura. Deutlich heben sich in dieser Infrarot-Aufnahme ($700\text{--}800\ \mu\text{m}$) die Gewässer, geologischen Strukturen und Wälder, aber auch die grösseren Agglomerationen (Bern, Freiburg, Burgdorf, Biel) ab.

Aufnahme (Ausschnitt): ERTS-1, 9. Oktober 1972, Ref. Nr. 1078-09553-6, MSS 6.
(NASA, Goddard Space Flight Center).



Foto 4: Das gleiche Gebiet wie in Abb. 3, aber im roten Spektralbereich ($600-700 \mu\text{m}$) aufgenommen. Wälder und Bewölkung treten verstärkt hervor. Auffallend ist die Luftrübung (ev. Dunst) dem Jura entlang, mit einer merklichen Verdichtung im Zentrum der drei Seen. Wird dieser Prozess durch Industriekonzentrationen in diesem Raum verstärkt? Aufnahme (Ausschnitt): ERTS-1, 9. Oktober 1972, Ref. Nr. 1078-09553-5, MSS 5. (NASA, Goddard Space Flight Center).

7. Das klimatologisch-lufthygienische Messnetz Bern und unsere zukünftigen Aufgaben (Beilage: Plan 2) (Maurer R. und Messerli B.)

Seit einigen Jahren betreibt das Städtische Lufthygieneamt ein innerstädtisches Messnetz zur Erfassung des SO₂-Gehaltes der Luft und des Staubniederschlages (STÄDT. GESUNDHEITSDIREKTION 1971). Dieses wurde im Laufe des Jahres 1972 durch das Geographische Institut zu einem klimatologisch-lufthygienischen Messnetz (Beilage 2) mit folgender Zielsetzung ausgebaut:

- Zum ersten: Erarbeitung von klimatisch-lufthygienischen Grundlagen als Basis für Planungsfragen. Auch wenn das Schwergewicht der Arbeit auf der Erfassung der gelände- und stadtklimatologischen Prozesse und Funktionen liegt (Besonnung, Ventilation, Thermik, Niederschläge usw.), so muss doch die Wechselbeziehung zur lufthygienischen Grundbelastung miteinbezogen werden (Luftverschmutzung, Verkehrsemissionen, Standortprobleme usw.).
- Zum zweiten: Entwicklung von Methoden, die künftighin die Bewältigung solcher komplexer Probleme in vorgegebenen zeitlichen Begrenzungen ermöglichen sollen. Eine Fragestellung zielt auf die Auswertemethodik, eine andere auf die Messmethodik. In der Auswertemethodik werden wir immer vor der Frage stehen, wie weit eine langjährige Datenreihe einer Station mit einer kurzfristigen Messkampagne einer Vielzahl von Stationen korreliert werden kann, mit andern Worten: Das Problem der zeitlichen Signifikanz. Dazu kommt die Frage, wie weit eine Station oder ein Messnetz für eine bestimmte Region repräsentativ ist und mit welcher Gültigkeit modellartig erarbeitete Vorstellungen von einem Raum auf einen andern übertragen werden dürfen, mit andern Worten: Das Problem der regionalen Signifikanz.

In der Messmethodik zeichnet sich in unseren Agglomerationsräumen ein Trend zur Errichtung vollautomatischer Mess- und Kontrollsysteme mit elektronischer Datenverarbeitung ab. Gelingt es uns, durch eine umfassende klimatologisch-lufthygienische Untersuchung die repräsentativsten Stationsstandorte zu ermitteln, so könnten wir mit einigen wenigen automatischen Stationen den gesamten "Luftraum" unserer Umwelt unter Kontrolle bekommen. Im Blick auf solche Entwicklungen haben wir Ende 1972 die erste solche Anlage mit einer Zentrale im Geographischen Institut und einer Aussenstation auf dem Eigerplatz in Betrieb genommen (System Ott, Kempton). Dadurch sollten die Prozesse und Wechselbeziehungen "Stadtklima – Luftverschmutzung – Planungsmassnahmen" durch beliebig wählbare Messintervalle und rasche Auswertung bewältigt werden können.

Zum Schluss aber möchten wir doch zusammenfassend auf ein Problem hinweisen, das weit über unsere Arbeit hinauszielt und die eingangs aufgeworfenen Fragen noch einmal aufnimmt. Mit unserem terrestrischen und aerischen Messprogramm liessen sich wohl alle klimatisch-lufthygienischen Werte unserer lebensnahen Umwelt quantifizieren. Aber mit solchen Daten allein können wir das subjektive Empfinden des Menschen ("quality of life") nicht erfassen. Deshalb müssten wir auch die Auswirkungen der Umwelt auf den Menschen kennen, um daraus die künftigen Einwirkungen des Menschen auf die Umwelt zu planen.

Diese Probleme aber werden eine neue Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen, Instanzen und Behörden verlangen. Könnte die Agglomeration Bern dafür nicht ein Modellfall werden?

Zusammenfassung

1. Problemstellung

Wie haben sich die weitreichenden Strukturwandlungen in unseren Agglomerationsräumen (58 % der Bevölkerung auf 9 % der Fläche) auf die natürlichen Bedingungen ausgewirkt und wie müssten die natürlichen Umweltbedingungen in künftigen Planungsprozessen berücksichtigt werden? Wir haben uns auf das Teilgebiet der klimatischen-lufthygienischen Probleme und Prozesse im Raum Bern konzentriert. Beim heutigen Stand unserer Arbeiten müssen wir uns auf einige ausgewählte Probleme und vorläufige Ergebnisse beschränken.

2. Sonnenscheindauer, Bewölkung und Nebel im Raum Bern SW (Beil. 1)

Das bioklimatisch und raumplanerisch wichtige Element der Besonnung wurde auf einer Testfläche von 49 km² bearbeitet. Die Jahreswerte der effektiv möglichen Sonnenscheindauer sind auf einer Karte (Beil. 1) dargestellt. Ein Zifferncode liefert die lokalen Angaben über die Auswirkung der Horizontalabdeckung auf die jahres- und tageszeitlichen Sonnenscheindauer-Stundenzahlen. Die Abdeckung der Sonne durch Bewölkung und Nebel kann mit Hilfe einer Isoplethendarstellung abgeschätzt werden. Da der Nebel in Häufigkeit und Art des Auftretens schon kleinräumig bedeutenden Änderungen unterworfen und für den Menschen von grosser Bedeutung ist, wurde seine Verteilung auf einer besonderen Karte dargestellt.

3. Windverhältnisse im Raum Bern

Zur Beurteilung der lufthygienischen Verhältnisse ist nicht nur die Kenntnis der vorherrschenden Winde, sondern auch die Häufigkeit und Geschwindigkeit zu verschiedenen Tageszeiten von Bedeutung. Stündliche Winddaten der klimatologischen Station Bern zeigen einen ganzjährigen typischen Tagesgang. Während nachts die Luftzufuhr hauptsächlich vom Aaretal her erfolgt, treten tagsüber W- und NE-Winde vorherrschend auf, wobei auch hier die topographisch vorgezeichneten Öffnungen ins Stadtgebiet (Wangental, Wohlenseegraben und Korridor von Zollikofen) als Hauptbelüftungskanäle funktionieren. Besonders an einer Vergleichsmessung Bantiger – Bolligen wird die Bedeutung des Reliefs für die Ventilation und damit für Standortfragen (Emissionen und Immissionen) gezeigt.

4. Langjährige Temperaturreihen und regionale Temperaturdifferenzierung

Für Bern (MZA-Station) werden die langjährigen Jahresmittel, Monatsmittel, mittlere Minima und Maxima und absolute Minima und Maxima dargestellt. Diese Daten sind aber kaum für die thermische Differenzierung einer Stadttagglomeration signifikant. Am Beispiel des Monats November wird gezeigt, welche Probleme in der Vertikalen (Inversion: Stationen Bantiger – Aarelauf) und in der Horizontalen (Wärmeinsel: Stationen Zollikofen – Bern MZA) auftreten können. Die "Wärmeinsel" der Stadt zeichnet sich mit zirka 2^o Temperaturdifferenz ab, sie soll aber unter besonderer Berücksichtigung der Wetterlagen und verschiedener klimatischer und lufthygienischer Elemente noch genauer untersucht werden.

5. Schneedeckenverhältnisse

Die Schneebedeckung des Schweizerischen Mittellandes ist im langjährigen Mittel nicht gewährleistet und schwankt zwischen 10 und 86 Schneetagen (durchschnittlich 47), wie am Beispiel der Station Bern

MZA für den Zeitraum 1920 bis 1970 gezeigt wird. Nur während 20 Tagen pro Winter ist mit über 50 % Wahrscheinlichkeit mit einer Schneedecke zu rechnen. Der Bereich zwischen 800–1000 m Meereshöhe dürfte die Übergangszone bilden von der vorwiegend witterungsbedingten Schneebedeckung des tieferen Mittellandes zu einer im langjährigen Mittel gewährleisteten permanenten Schneedecke in den höheren Lagen.

6. Erdbeobachtung aus dem Weltraum

Künftig werden auch im regionalen Rahmen Klima-Untersuchungen teilweise mit Hilfe der Daten von Satellitensensoren möglich sein, wie am Beispiel von Bildern des Erdforschungssatelliten ERTS-1 gezeigt wird. Schneegrenzen, Bewölkung und Nebelmeerobergrenzen können auf ± 50 – 100 m genau angegeben werden, ebenso sind im geeigneten Spektralbereich grossräumig Lufttrübungen und ihre Ausbreitung zu bestimmen.

7. Klimatologisch-lufthygienisches Messnetz (Beil. 2)

Auch wenn das Schwergewicht der Arbeit auf gelände- und stadtklimatologischen Problemen liegt, so muss doch die Wechselbeziehung zur lufthygienischen Grundbelastung miteinbezogen werden. Besondere Aufmerksamkeit soll methodischen Fragen gewidmet sein, insbesondere der zeitlichen Signifikanz (Korrelation langjähriger Reihen mit kurzfristigen Messkampagnen) und der regionalen Signifikanz (Übertragung von Daten oder Modellen auf andere Räume). Mit vollautomatischen Stationen und elektronischer Datenverarbeitung (beliebige Messintervalle, rasche Auswertung) sollten künftighin Stadtklima und Luftverschmutzung kontrollierbar und bis zu einem gewissen Grade prognostizierbar werden. Sie müssen in unseren Planungsmassnahmen berücksichtigt werden.

Résumé

1. Situation du problème

Quels ont été les effets des grands changements de structures à l'intérieur de nos aires d'agglomération (58 % de la population sur 9 % de la surface) sur les conditions naturelles, et comment les données naturelles de l'environnement devraient-elles être prises en considération dans les futurs travaux de planification? Nous nous sommes concentrés sur les problèmes et processus concernant la climatologie et la pollution de l'air dans le domaine de la ville de Berne. A l'état actuel de nos travaux, nous devons nous limiter à quelques problèmes sélectionnés et à quelques résultats provisoires.

2. Durée d'insolation, nébulosité et brouillard dans le domaine de Berne sud-ouest

L'élément d'insolation, important du point de vue bioclimatologique et de celui de la planification, a été étudié sur un espace modèle de 49 km^2 . Les résultats annuels de la durée effectivement possible d'insolation sont représentés sur une carte (suppl. 1). Un code chiffré donne les indications locales pour l'effet de la réduction de l'horizon sur le nombre d'heures d'insolation annuelle et quotidienne. La dissimulation du soleil par nébulosité et brouillard peut être estimée à l'aide d'une représentation d'isoplèthes. Comme le brouillard fait l'objet de changements importants dans sa fréquence et sa durée même à l'intérieur de petits espaces, et comme il est de très grande importance pour l'homme, sa répartition a été représentée sur une carte spéciale.

3. Les vents dans la région de Berne

Pour juger des données de la pollution de l'air, il n'est pas seulement important de connaître les vents dominants, mais aussi leur fréquence et vitesse au cours de différentes heures de la journée. Les données du vent mesurées chaque heure à la station climatologique de Berne montrent une courbe quotidienne typique au courant de toute l'année. Tandis que pendant la nuit l'air apporté vient particulièrement de

la vallée de l'Aar, au courant de la journée les vents d'ouest et de nord-ouest dominant; il faut encore ajouter que les dépressions topographiques dans l'agglomération (vallée de Wangen, lac de Wohlen, corridor de Zollikofen) fonctionnent comme canaux d'aération principaux. L'importance du relief pour la ventilation et donc pour des questions d'emplacement (émissions et immissions) est spécialement documentée par une mensuration comparative Bantiger – Bolligen.

4. Séries de températures durant de longues années et différenciation régionale des températures

Pour Berne (station ISM), nous représentons pour de longues années les moyennes annuelles, les moyennes mensuelles, les minimums et maximums moyens et les minimums et maximums absolus. Ces données ne sont pourtant guère significatives pour la différenciation thermique d'une agglomération urbaine. L'exemple du mois de novembre montre quels problèmes peuvent apparaître à la verticale (inversions: stations Bantiger et niveau de l'Aar) et à l'horizontale (îlot de chaleur: stations Zollikofen–Berne ISM). L' "îlot de chaleur" qu'est la ville se dessine avec environ 2° de différence des températures, mais il devra encore être étudié de plus près, en considérant spécialement les situations météorologiques générales et différents éléments du climat et de la pollution.

5. Couverture de neige

La couverture de neige du Plateau suisse n'est pas assurée dans la moyenne de longues années, elle varie entre 10 et 86 jours de neige (en moyenne 47) comme le montre l'exemple de la station de Berne ISM durant les années 1920–1970. Ce n'est que pendant 20 jours par hiver qu'il y a une certitude de plus de 50 % pour une couverture de neige. Le domaine entre 800 et 1000 m d'altitude semble être la zone de transition entre la couverture de neige déterminée principalement par la situation météorologique du bas Plateau et une couverture de neige assurée par les longues moyennes annuelles dans les régions plus élevées.

6. Observation spatiale de la terre

A l'avenir, il sera possible de se servir des résultats des senseurs de satellites même pour des études climatologiques de cadre régional, comme le démontre l'exemple des images du satellite de recherche terrestre ERTS-1. Lignes des neiges, nébulosité et limite supérieure de la mer de brouillard peuvent être déterminées à $\pm 50-100$ m près, et de même des grandes masses d'air pollué.

7. Réseau de mensuration climatologique et de pollution

Une attention particulière est vouée aux questions méthodiques, spécialement statistiques (corrélation d'une station de longue durée avec une campagne de courte durée) ou concernant l'étendue significative (transposition de résultats ou de modèles dans d'autres régions). Les stations entièrement automatisées et le traitement de l'information électronique (intervalles de mensuration désirés, exploitation rapide) devraient désormais permettre de contrôler le climat urbain ainsi que la pollution de l'air et même – jusqu'à un certain degré – de donner des prévisions. Il faudrait en tenir compte dans nos futurs travaux de planification.

Literaturverzeichnis

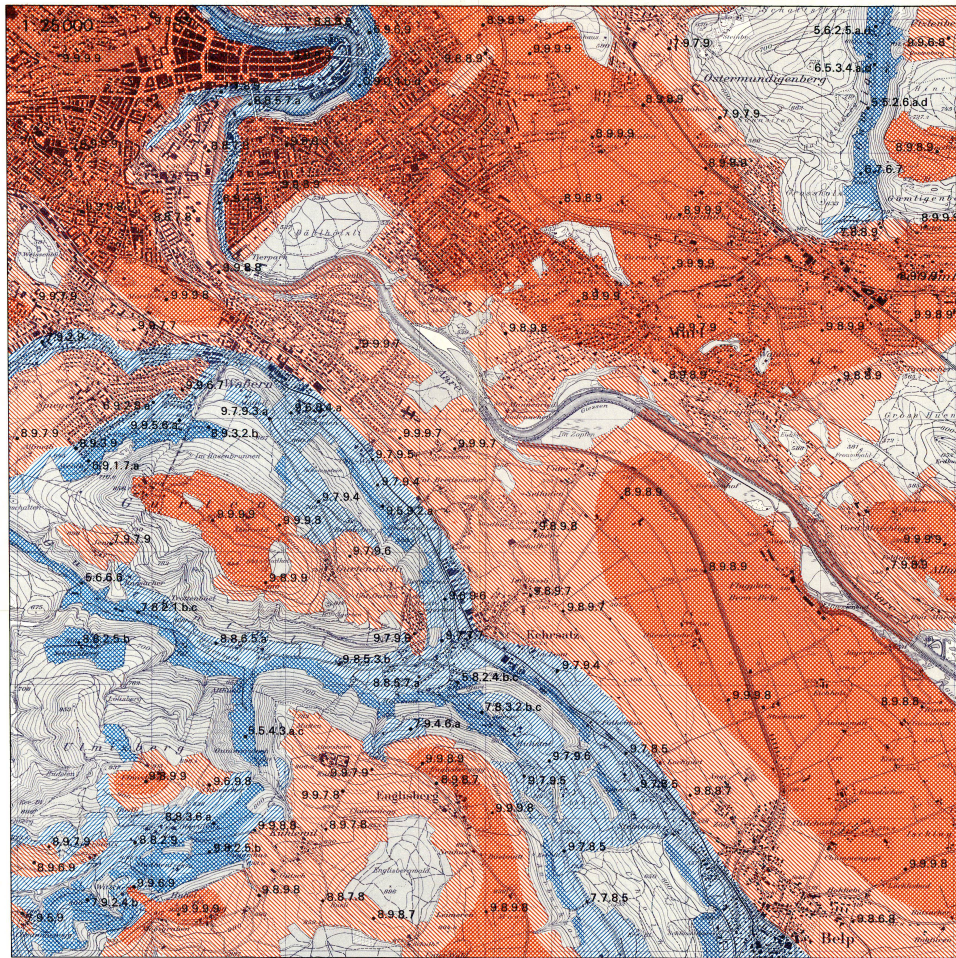
- ANNALEN DER SCHWEIZERISCHEN METEOROLOGISCHEN ZENTRALANSTALT, 1920–1970:
City-Druck, Zürich
- AREGGER, H., 1972: Was soll aus dem Mattenhofquartier werden? Der BUND 6.12.1972, Nr. 287 : 9
- BAND, G., 1969: Der Einfluss der Siedlung auf das Freiklima. Mitt. aus dem Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität Köln, H 9
- BARNES, J. C., BOWLEY, C. J., 1969: Operational Snow Mapping from Satellite Photography, Eastern Snow Conference, Portland, Maine : 24
- BERG, H., 1957: Die Stadt und ihr Klima aus "Grün und Wasser in der Stadt". Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz VDG, r. 2 : 28–35
- CASPAR, W., 1946: Kritische Bemerkungen zur Städteplanung in: Knoch, K., die Landesklimaaufnahme: Wesen und Methodik. Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 85: 64
- EIDG. STATISTISCHES AMT, 1972: Städte und Agglomerationen 1970. Die Volkswirtschaft, H 4: 211–220
- ESCHER, H., 1970: Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze in den Schweizer Alpen. Geographica Helvetica 25, H 1: 35–48
- FRANKFURTER ARBEITSBERICHT, 1971: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchungen in der Region Untermain. Regionale Planungsgemeinschaft Untermain, Frankfurt a.M.
- GEIGER, R., 1961: Das Klima der bondennahen Luftschicht, Braunschweig: 646
- GRANDJEAN, E., 1972: Die Luftverunreinigung. Ursachen, Ausmass und Massnahmen. NZZ, 123/72: 25–27
- ITTEN, K., 1970: The determination of Snow-Lines from weather satellite pictures. Bericht des 3. Internationalen Symposium für Photointerpretation, Dresden: 455–465
- KAMINSKI, H., 1970: Eis und Schnee in Satellitenphotos. UMSCHAU 70, Heft 6: 163–169
- KILCHENMANN, A., STEINER, D., MATT, O., GAECHTER, E., 1972: Computer-Atlas der Schweiz. Eine Anwendung des GEOMAP-Systems für thematische Karten, Bern: 72
- KNOCH, K., 1963: Die Landesklimaaufnahme. Wesen und Methodik, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 85, Bd. 12: 64, Offenbach
- LAAGE, G., 1971: Stadt und Regionalplanung als Teil der Umweltplanung. UMSCHAU, Nr. 15: 552–556
- LANDSBERG, H. E., 1970: Climates and urban planning, Urban Climates, Secr. of the WMO, Geneva: 372
- MAEDER, F., 1970: Hinweise und Quellenangaben zu den Klimaeignungskarten: 23, ORL-Institut, Zürich
- MESSERLI, P., 1972: Windstatistik der klimatologischen Station Bern (1965–69). Man., Geographisches Institut, Bern
- MIT, 1971: Inadvertent Climate Modification, Report of the Study of Man's Impact on Climate, MIT Press: 308
- MOSIMANN, H. P., 1972: Die Abhängigkeit der Schneedecke von klimatischen Faktoren in den Berner- und Walliser Alpen. Man., Geographisches Institut, Bern: 111
- MUELLER, Th., 1969: Lufthygienische Untersuchungen in Siedlungsgebieten der Region Zürich. Diss. ETH, Zürich
- MZA: Stundenwerte der Windrichtung und Geschwindigkeit 1965–69, unveröffentlicht
- PRIMAULT, B., 1972: Etude méso-climatique du Canton de Vaud, Cahiers de l'aménagement régional, Lausanne: 105
- QUERVAIN, de, M., 1957: Ein neuer Tagbogenschreiber, La Météorologie Janvier–Juillet 1957, Paris: 371–377
- SCHIRMER, H., 1970: Beitrag zur Methodik der Erfassung der regionalen Nebelstruktur, Abhandlungen des 1. Geographischen Instituts der Freien Universität Berlin, Berlin: 135–146
- SCHÜEPP, M., 1961: Lufttemperatur. Beiheft zu den Annalen der MZA, C 2, Zürich
- 1962: Sonnenscheindauer. Beiheft zu den Annalen der MZA, Zürich: 36
- 1968: Lufttemperatur. Beiheft zu den Annalen der MZA, C 5–8, Zürich
- SCHÜEPP, W., 1971: Meteorologisches zur Lufthygiene. Chemische Rundschau, Nr. 11: 199
- 1971: Regionalplanung als meteorologisches Problem. Regio Basiliensis, XII, Nr. 1: 189–201
- SPIEGELBERG, U., 1972: Psychiatrische Probleme der Grossstadt: UMSCHAU 11: 356–357
- STÄDTISCHE GESUNDHEITSDIREKTION, 1970 und 1971: Tätigkeitsberichte 1970 und 1971. Lufthygien. Labor und Lebensmittelinspektorat der Stadt Bern
- TOPITZ, A., 1956: Zur Bedeutung der Windverhältnisse für die Raumplanung. Wetter und Leben: 206–213

- WANNER, H., 1972: Die Nebelverhältnisse im Winter 1970/71 (Oktober bis März), Geographisches Institut, Bern: 1-35
- WANNER, H. U., 1972: Grenzwerte der Luftverunreinigungen. NZZ 123: 27-28
- WINIGER, M., 1972: Luft- und Satellitenbilder als mögliche Datenquellen bei der Schneekartierung. Geographisches Institut, Bern: 9-22
- WMO, 1972: Snow survey from Earth Satellites (A Technical Review of Methods). Preliminary report, Geneva: 45
- ZINGG, Th., 1954: Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze auf klimatologischer Grundlage. In "Angewandte Pflanzensoziologie", Bd. II: 848-854

95 x 121 (50)
 2

SONNENSCHENDAUER, BEWÖLKUNG UND NEBEL IM RAUM BERN SE

EFFEKTIV MÖGLICHE SONNENSCHENDAUER



EFFEKTIV MÖGLICHE SONNENSCHENDAUER

RÄUMLICHE VERTEILUNG DER JAHRESWERTE

- über 4000 Stunden
- 3600-4000 Stunden
- 3200-3600 Stunden
- unter 3200 Stunden

Astronomisch mögliche Sonnenscheindauer für Bern (47° nördliche Breite): 4472 Stunden

ZIFFERNCODE:
 ANGABEN FÜR AUSGEWÄHLTE MESSORTE

Reihenfolge der Zahlen:
 Aufteilung des Jahreswertes
 1. Zahl: Vormittage des Sommerhalbjahres
 2. Zahl: Nachmittage des Sommerhalbjahres
 3. Zahl: Vormittage des Winterhalbjahres
 4. Zahl: Nachmittage des Winterhalbjahres

Wert der Zahlen: Angabe in % der astronomisch möglichen Dauer

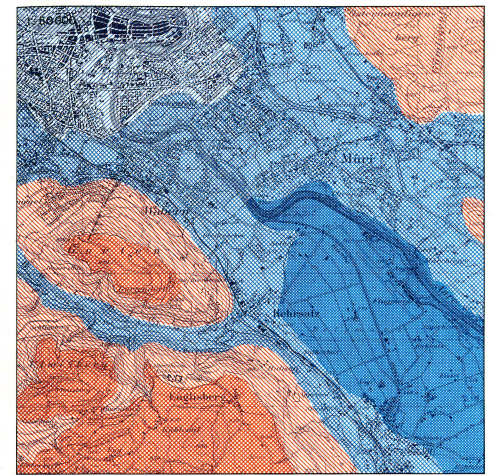
9: 90-100%	4: 40-50%
8: 80-90%	3: 30-40%
7: 70-80%	2: 20-30%
6: 60-70%	1: 10-20%
5: 50-60%	0: 0-10%

Buchstaben: Extremwerte

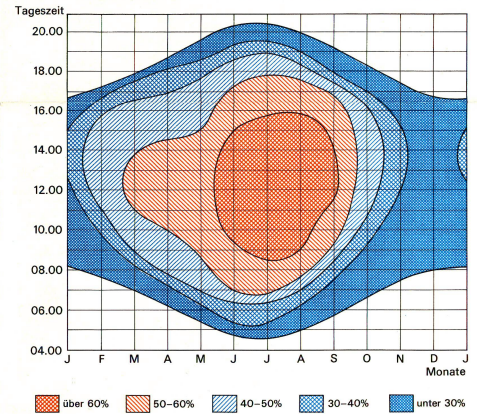
a: effektiv mögliche Sonnenscheindauer während mindestens einem Monat weniger als 4 Stunden pro Tag
 b: effektiv mögliche Sonnenscheindauer während mindestens einem Monat 0 Stunden pro Tag
 c: Jahreswert der effektiv möglichen Sonnenscheindauer zwischen 2400 und 2800 Stunden
 d: Jahreswert der effektiv möglichen Sonnenscheindauer unter 2400 Stunden

Bearbeitung: Andreas Krummen/Heinz Wanner
 Kartographie: Th. Baumann
 Druck: Kümmerly & Frey
 © Geographisches Institut der Universität Bern

NEBEL



1921-50, Station Bern MZA RELATIVE SONNENSCHENDAUER



über 60% 50-60% 40-50% 30-40% unter 30%

LEGENDE NEBELKARTE

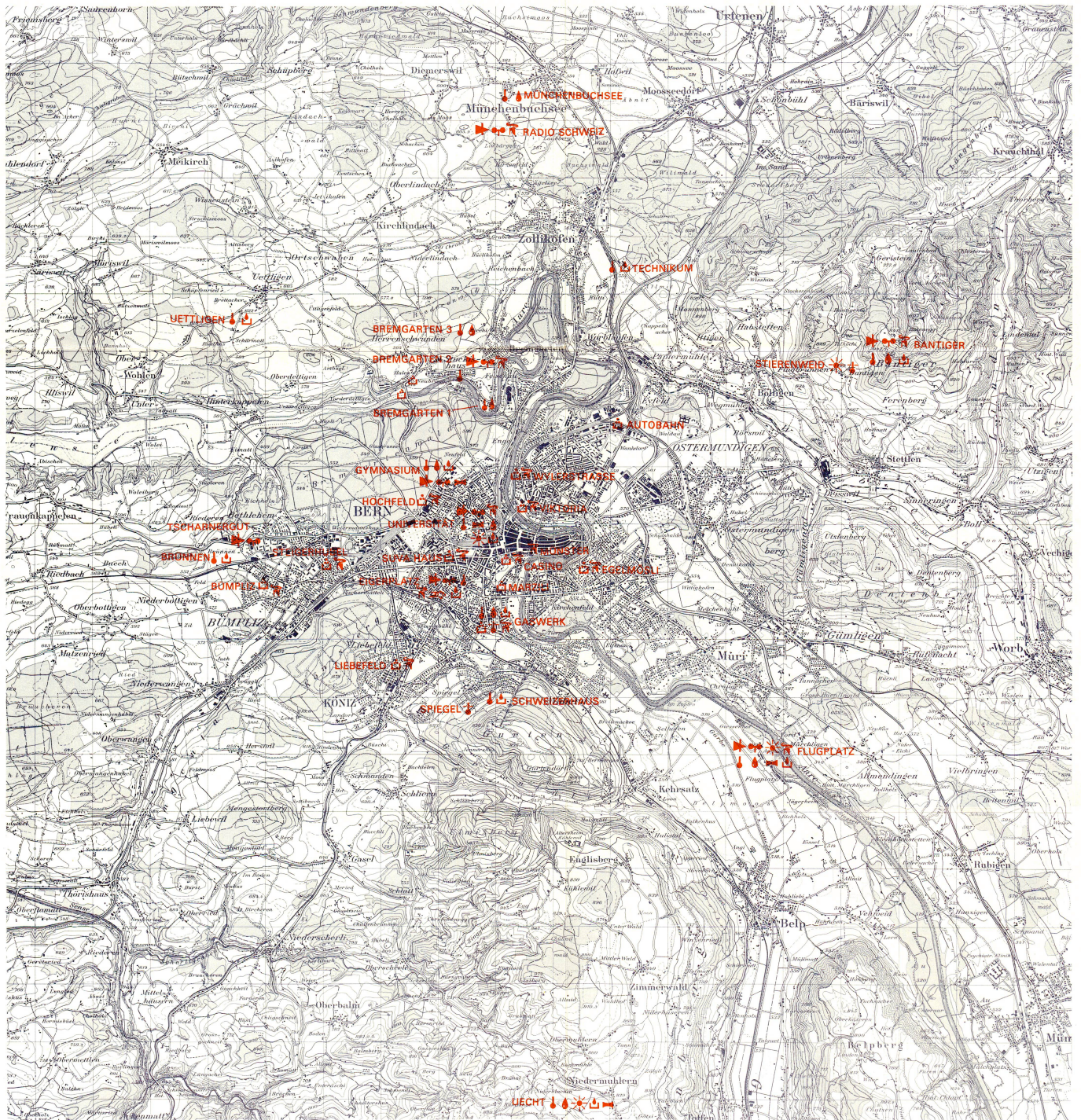
Nebeltage pro Jahr (Richtwerte)	Nebelarten	
 Höhenlagen 10-25	BO s HO s HA p	BO Bodennebel (bei Hochdrucklagen im Herbst auftretend)
 Hanglagen 15-30	BO s HO h HA s	HO Hochnebel (bei Hochdrucklagen in Herbst und Winter auftretend)
 Stadtzone 20-35	BO p HO h HA s	HA Hangnebel (bei Tiefdrucklagen in allen Jahreszeiten auftretend)
 Terrassenlagen 25-40	BO p HO h HA s	s selten auftretend
 Talboden 30-45	BO h HO h HA s	p phasenweise auftretend h häufig auftretend

Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 8.12.72

KLIMATOLOGISCH – LUFTHYGIENISCHES MESSNETZ BERN UNIVERSITÄT BERN UMWELTSCHUTZ STADT BERN

GEOGRAPHISCHE
 GESELLSCHAFT
 BERN

95x172:50
 ①



ERFASSTE KOMPONENTEN

- ↓ LUFTTEMPERATUR
- ☀ SONNENSCHEINDAUER
- 🌀 WINDGESCHWINDIGKEIT
- 🌡 BODENTEMPERATUR
- 💧 LUFTFEUCHTIGKEIT
- 🌫 SCHWEFELDIOXYD
- ➡ WINDRICHTUNG
- ☁ STAUBNIEDERSCHLAG
- 📏 LUFTDRUCK
- ☔ NIEDERSCHLAG
- 🔥 KOHLENMONOXYD

MESSNETZ STAND JANUAR 1973

1 : 50000

Roland Maurer
 © Geographisches Institut der Universität Bern

Druck: Kümmerly & Frey
 Reproduziert mit Bewilligung der
 Eidg. Landestopographie vom 6.12.72