

Die Nebelverhältnisse der Kantone Bern und Solothurn

Autor(en): **Wanner, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): **52 (1975)**

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-960253>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

4. Die Nebelverhältnisse der Kantone Bern und Solothurn

Heinz Wanner*

4.1. Probleme und Ziele

Der Nebel darf unzweifelhaft als eines der auffälligsten Wetterelemente bezeichnet werden. Diese Tatsache kann auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden: Zum ersten wird der gesamte Fahrzeugverkehr am Boden und in der Luft durch die Herabsetzung der Sichtweite bei Nebel ganz wesentlich behindert. Zum zweiten kann der Nebel im Winterhalbjahr in den Niederungen des Alpenvorlandes für die massive Verminderung der Sonnenscheindauer bei Hochdruckwetterlagen verantwortlich gemacht werden. Zum dritten müssen diese "Schönwetternebel" vor allem in bioklimatischer Hinsicht als negative Wettererscheinungen gedeutet werden, da sie infolge ihrer engen Korrelation mit inversen Höhengradienten der Lufttemperatur auch den Luftaustausch ganz massiv herabsetzen; sie werden dadurch zum eigentlichen "Speicher" der innerhalb des Nebelkörpers anfallenden Emissionen.

Nicht zuletzt aus diesem Grund wurden im Jahr 1970 die Nebelbeobachtungen in das Kantonale Klimaprogramm aufgenommen. Dabei sind wir uns voll und ganz bewusst, dass die Nebelbeobachtung mit zahlreichen Problemen behaftet ist, und wir möchten in Kapitel 4.3. ganz kurz auf diese Probleme hinweisen. Im weiteren müssen wir auf den Nachteil hinweisen, dass sich ein Teil der in der Folge gezeigten Ergebnisse bloss auf eine fünfjährige Beobachtungsreihe abstützt. Dieser Nachteil kann erstens durch geeignete Auswertetechniken (Studium der Wetterlagen, Herbeizug von zusätzlichen Hilfsmitteln wie Satellitenbilder, Zeitrafferfilme, Umfragen usw.) teilweise kompensiert werden. Zweitens soll die fünfjährige Reihe ausgewählter Stationen mit einer 20jährigen Reihe des gleichen Standortes verglichen werden (Kap. 4.7.2.).

In der vorliegenden Arbeit sollen grundsätzlich die folgenden Zielsetzungen realisiert werden:

1. Charakterisierung der typischen Nebelsituationen (räumliche Verteilung) sowie Darstellung der Häufigkeit des Auftretens
2. Kartographische Darstellung der Nebelverhältnisse im gesamten Untersuchungsgebiet (räumliche Gliederung auf Grund der beiden Kriterien Nebelart und Nebelhäufigkeit)
3. Regionale Beschreibung sowie Interpretation der Ergebnisse in ihrer Bedeutung für die Verwendung bei raumplanerischen Entscheiden.

* Dr. Heinz Wanner, Assistent, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstr. 12, CH-3012 Bern

4.2. Datenmaterial und Datenverarbeitung

In Kapitel 4.5. wird eine Statistik der Nebelverteilung quer durch die Schweiz gezeigt. Sie wird ergänzt durch zwei Darstellungen, welche uns über das jahreszeitliche Auftreten geschlossener Nebeldecken sowie über die Häufigkeitsverteilung der Nebelobergrenzen Aufschluss geben. Diese Auswertungen wurden mit Hilfe der folgenden Informationsquellen erstellt:

- Beobachtungsergebnisse der klimatologischen und synoptischen Stationen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (tabelliert)
- Ausgewählte Wetterregistrierungen der Regenmessstationen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
- Beobachtungen der Stationen der Berner und Solothurner Netze
- Sondagergebnisse der Sonde von Payerne
- Satellitenphotos
- Luftbilder
- Ergebnisse von Messfahrten

Für die Herstellung der in Kapitel 4.7. kommentierten Nebelkarte wurden sämtliche brauchbaren Stationsbeobachtungen des Untersuchungsgebietes benützt. Tabelle 4.1 gibt uns eine Übersicht über dieses Datenmaterial:

Die Beobachtungen der Berner und Solothurner Netze wiesen zum Teil beträchtliche Lücken auf. Da sich in der räumlichen Nebelverteilung sehr oft auf kürzeste Distanz grosse Unterschiede in Form von Dichte- und Auflösungszonen (z.B. Taleingänge der Alpen) feststellen lassen, wurde darauf verzichtet, diese Daten mit Hilfe von Nachbarstationen zu ergänzen. Die lückenhaften Datenreihen konnten somit nur in Perioden mit vollständigen Beobachtungen zum Vergleich herangezogen werden. Bei der kartographischen Darstellung der Nebelverhältnisse wurden zusätzlich folgende Hilfsmittel benützt:

- Bereits vorliegende Nebelkarten (WANNER 1971, PRIMAULT 1972, BALZLI 1974, SCHACHER 1974)

Tabelle 4.1: Übersicht über die bei der Kartierung benützten Nebelbeobachtungen (MZA: Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt)

| Beobachternetz | Anzahl Stationen |
|---|------------------|
| Synoptische Stationen der MZA | 1 |
| Klimatologische Stationen der MZA | 33 |
| Regenmessstationen der MZA | 81 |
| Nebelbeobachtungen Berner Netz | 437 |
| Nebelbeobachtungen Solothurner Netz | 41 |
| Total | 593 Stationen |

- Geeignete Literatur (ZINGG 1945, SCHÜEPP 1955, SCHÜEPP 1963, WINIGER 1974, WEBER 1975, WANNER 1976)
- Ergebnisse von Messfahrten
- Zeitrafferfilme von Nebelmeeren (FRIEDERICH und HÄUSELMANN 1976, BERLINCOURT und HEIM 1978)
- Ergebnisse einer Umfrage über typische Nebelgrenzen
- Fotodokumente von Beobachtern des Berner Netzes

Die Daten der synoptischen und klimatologischen Stationen der MZA wurden den Monatstabellen derselben entnommen. Jene der Regenmessstationen mussten aus den Originalaufzeichnungen ermittelt werden. Die Aufzeichnungen der Berner und Solothurner Netze wurden zuerst von Hand kontrolliert, dann abgelocht und schliesslich auf dem Computer mit Hilfe von Plausibilitätstests erneut kontrolliert und korrigiert. Der grösste Teil der Daten wurde ab Magnetband auf der Rechenanlage der Berner Universität verarbeitet (IBM 370/158). Kleinere Auswertungen wurden am Geographischen Institut mit einem Tischcomputer vorgenommen (COMPUCORP 325 SCIENTIST). Eine tabellarische Zusammenstellung wichtigster Daten findet sich in WANNER (1978).

4.3. Bemerkungen zur Definition des Nebels

Wir gehen aus von der international gültigen *Definition des Begriffes "Nebel"*: Wir sprechen von Nebel, wenn die horizontale Sicht infolge schwebender Wassertröpfchen oder Eiskristalle weniger als 1000 m beträgt (Symbol: ≡).

Die Verminderung der Sichtweite tritt dann ein, wenn die Grösse der in der Luft schwebenden Wassertröpfchen oder Eiskristalle die Wellenlänge des sichtbaren Lichts ($\approx 0,4 - 0,8\mu\text{m}$) überschreitet. Das Licht wird dadurch gestreut. Da die spektrale Zusammensetzung des gestreuten Lichts in diesem Falle gleich bleibt wie jene des einfallenden Lichts, sprechen wir von diffuser Reflexion.

Die Nebeldefinition hat immer wieder zu grossen Diskussionen Anlass gegeben: Erstens kann die Herabsetzung der Sichtweite auch durch Lithometeore (trockene Luftpartikel wie Staub und Rauch) oder grosse Hydrometeore (Regen, Schnee, Hagel) erfolgen. Zweitens treten bei den von Auge durchgeführten Sichtweitebeobachtungen von Beobachter zu Beobachter gewisse Streubeträge auf. Der Grund liegt einerseits darin, dass geeignete Sichtmarken für Tag und Nacht oft nicht gefunden werden können. Andererseits neigen verschiedene Beobachter immer wieder dazu, auch in der Nähe des Beobachtungsortes oder bloss in einer Richtung kurz auftretende Sichtweiteminderungen als Nebel zu registrieren. Ein geeigneter Ersatz kann im Moment nicht gefunden werden, da die Anschaffungskosten der im Handel erhältlichen Transmissometer oder Nebeldetektoren viel zu hoch ausfallen würden.

Schliesslich möchten wir noch eine Definition erwähnen, die in der Klimatologie sehr oft verwendet wird. Es handelt sich um den *Begriff des "Nebeltages"*; Wir sprechen von Nebeltag, wenn im Verlaufe eines Kalendertages zu irgend einem Zeitpunkt Nebel beobachtet werden kann.

Diese Definition birgt jedoch die Gefahr in sich, dass kurzzeitige Nebelereignisse, welche im Frühherbst in den Tiefenregionen häufig gegen Ende der Nacht auftreten, überhaupt nicht registriert werden. Bei den bereits erwähnten Nebelbeobachtungen in den Kantonen Bern und Solothurn wurde der Nebelbegriff deshalb, aber auch aus Rationalisierungsgründen modifiziert: Es wurden nur jene Tage als Nebeltage gezählt, an denen am Morgen zwischen 07.00 und 08.00 Uhr MEZ Nebel registriert werden konnte. Dieser Zeitraum liegt bei den entscheidenden, länger andauernden Nebelereignissen praktisch immer in der täglichen Nebelperiode (SCHÜEPP 1974: 506).

4.4. Die häufigsten Nebelarten und ihre Abhängigkeit von bestimmten Wettersituationen

4.4.1. Der Kondensationsvorgang und die wichtigsten Faktoren der Nebelbildung

Zuerst möchten wir uns ganz kurz mit dem Prozess der Nebelbildung oder anders ausgedrückt, mit dem Kondensationsvorgang beschäftigen. Dabei müssen wir von der Tatsache ausgehen, dass die Luft nur eine ganz bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen kann, deren Wert durch die bestehenden Temperaturverhältnisse bestimmt wird. Dieser sogenannte Sättigungswert nimmt mit steigender Temperatur zu. Wird er plötzlich überschritten, so tritt in der Regel Kondensation ein. Diese Kondensation kann in der Natur nur dann stattfinden, wenn sich in der Luft genügend schwebende Kondensationskerne in der Form wasseranziehender Aerosolteilchen befinden. Der überschüssige Wasserdampf bildet zunächst um diese Kerne ein feines Wasserhäutchen, das in der Folge immer mehr anwachsen kann. Zeitweise wachsen die Nebeltropfen derart stark an, dass auch ihre Fallgeschwindigkeit grösser wird, und wir nehmen diese Tropfen als Nieselregen oder Nebelnässen wahr.

Betrachten wir kurz jene Faktoren, welche den Sättigungsvorgang auslösen. Sämtliche Kondensationsprozesse können auf zwei Vorgänge zurückgeführt werden, die jedoch in der Natur normalerweise kombiniert auftreten:

1. Abkühlung der Luft
2. Zufuhr von zusätzlichem Wasserdampf

Dabei muss betont werden, dass verschiedene Ursachen für die Auslösung der beiden Vorgänge verantwortlich sein können (z.B. Abkühlung der Luft durch Strahlungsverlust, Überströmen einer kalten Unterlage oder adiabatische Prozesse).

4.4.2. Häufigste Nebelarten und zugehörige Wettersituationen

Wir wollen an dieser Stelle kurz jene drei Nebelarten charakterisieren, welche das räumliche Erscheinungsbild des Nebels im Untersuchungsgebiet ganz massgeblich bestimmen. Tabelle 4.2 gibt uns den Überblick über diese räumliche Nebelklassifikation. Die letzte Spalte zeigt uns zusätzlich jene Wettersituation, welche sehr häufig für die betreffende Nebelverteilung verantwortlich gemacht werden kann.

Tabelle 4.2: Nebelklassifikation nach räumlichen Gesichtspunkten

| Nebelart | Charakteristisches Erscheinungsbild | Zugehörige Wettersituation |
|---|---|--|
| <i>Bodennebel</i> (oder: Talnebel) | Muldenlagen und Senken sind durch eine dem Boden aufliegende, dichte Nebeldecke vollständig verhüllt. | Flache Hochdrucklage oder Hochdrucklage mit südlicher bis westlicher Höhenströmung |
| <i>Hochnebel</i> | Über Mulden und Senken breitet sich eine geschlossene Nebeldecke aus, die vom Boden abgehoben ist. Gipfellagen bleiben nebelfrei. | Flache Hochdrucklage mit leichter Bise oder Hochdrucklage mit östlicher Höhenströmung |
| <i>Hangnebel</i> (oder: Wolkennebel) | Die Tiefenlagen bleiben total nebelfrei. Viele Hang- und Gipfellagen sind durch Nebel eingehüllt. | Tiefdrucklagen mit südwestlichen bis nordwestlichen Höhenströmungen und stärkeren Winden |

- *Der Hang- oder Wolkennebel* darf eindeutig als “Schlechtwetternebel” bezeichnet werden. Er entsteht vor allem im Zusammenhang mit Frontal- und Hebungserscheinungen und kann bei einer genetischen Betrachtungsweise als Mischungsnebel oder auch als orographischer Nebel in Erscheinung treten. Da seine Bildung zumeist mit starken Winden und Regenfällen verknüpft ist, welche grossräumig das Wetter bestimmen und den Luftaustausch vertikal und horizontal ohne Einschränkung gewährleisten, darf seine bioklimatische Wirkung nur bedingt als negativ bezeichnet werden.

Ganz anders präsentieren sich die Verhältnisse im Falle von

- *Tal- oder Bodennebel und Hochnebel*: Diese beiden Nebelarten treten vor allem bei schönem Wetter mit stark eingeschränktem Luftaustausch innerhalb der Grundschicht auf (SCHNEIDER-CARIUS 1953: 17–26). Ihr bioklimatischer Einfluss muss im Blick auf die Lufthygiene und das Angebot an Sonnenstrahlung als sehr negativ eingestuft werden, und wir möchten uns in der Folge noch kurz mit diesen beiden Nebelarten beschäftigen.

4.4.3. Zum Erscheinungsbild von Boden- und Hochnebel

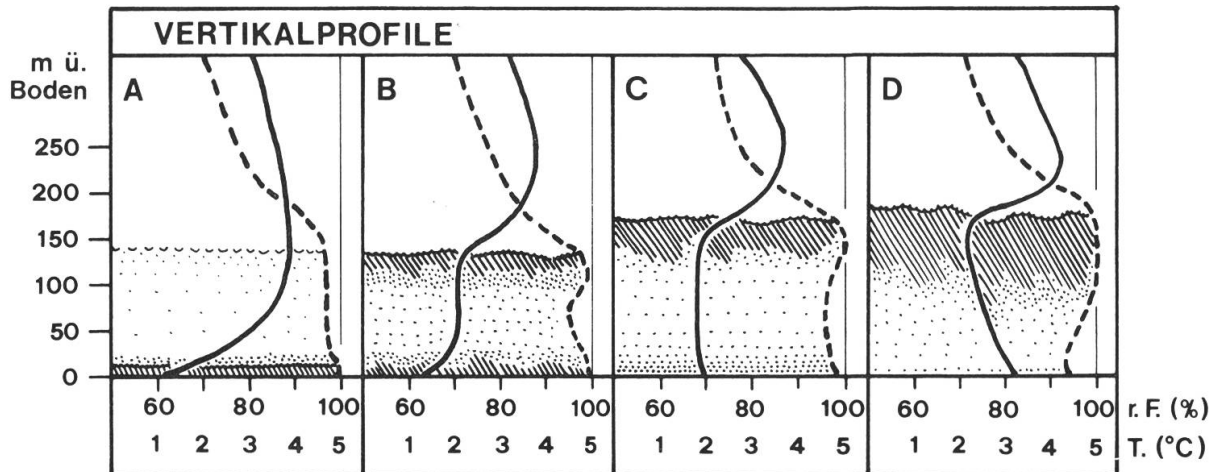
Boden- und Hochnebel treten vor allem dann auf, wenn sich der Erdboden oder eine höherliegende Dunstschicht im Winterhalbjahr bei klarem Nachthimmel infolge langwelliger Ausstrahlung (Wärmeausstrahlung) in den Weltraum stark abkühlt. Genetisch gesehen handelt es sich bei beiden Nebelarten sehr häufig um Strahlungsnebel. In einer Vielzahl von Fällen können wir im Verlauf einer Herbst- oder Winternacht oder auch längerer Zeitabschnitte einen Umstrukturierungsprozess vom Boden- zum Hochnebel beobachten, welcher weltweit in drei typische Phasen eingeteilt werden kann. Figur 4.1 zeigt uns die Temperatur- und Feuchteprofile im Verlaufe dieses Vorganges.

Figur 4.1: Vertikalverteilung von Temperatur (geschlossene Linie) und relativer Luftfeuchtigkeit (gestrichelte Linie) während der drei Phasen der Strahlungsnebelbildung (nach WANNER 1978)

Bild A: Strahlungsnebel mit Bodeninversion

Bilder B und C: Umstrukturierungsphase (Aufsteigen der Bodeninversion)

Bild D: Strahlungsnebel mit Höheninversion



Wir möchten die drei Phasen in der Folge kurz charakterisieren:

- *Phase I (Bild A):* Die bodennahen Luftschichten kühlen sich stark ab; es stellt sich eine Temperaturumkehr mit steigenden Temperaturen in der Höhe (Temperaturinversion) ein. Die relative Luftfeuchtigkeit nimmt in der gesamten Dunstschicht hohe Werte an, und bald kommt es in der bodennahen Luftschicht zu Kondensation und Nebelbildung (Bodennebel).
- *Phase II (Bilder B und C):* Durch die in Bodennähe frei werdende Kondensationswärme, vor allem jedoch durch leichte Brisen, setzt von unten her eine leichte Turbulenz ein, und die Nebelschicht kann auf einige 10 m anwachsen. Oft übernimmt sogar die ehemalige Dunstobergrenze vom Erdboden die Funktion der Oberfläche mit der stärksten Ausstrahlung, und infolge Turbulenz (Absinken kalter und Aufsteigen wärmerer Luftpakete) ändert sich die Struktur des vertikalen Temperaturverlaufes, indem sich in der Dunst- und Nebelschicht praktisch durchwegs gleichbleibende Temperaturverhältnisse einstellen (Isothermie).
- *Phase III (Bild D):* Die hochliegende Stratus- oder Nebeldecke (Hochnebel) wächst in der Regel nach unten an, und bald können wir innerhalb dieser Nebelschicht feuchtadiabatische Temperaturverhältnisse (Temperaturabnahme mit der Höhe von $0,5^\circ \text{C}$ pro 100 m) registrieren. Die Temperaturinversion liegt nun oberhalb der Nebelobergrenze, und das ganze System erweist sich bei tiefen Sonnenständen als recht stabil (z.B. hartnäckige Nebelmeere des schweizerischen Mittellandes oder der Poebene).

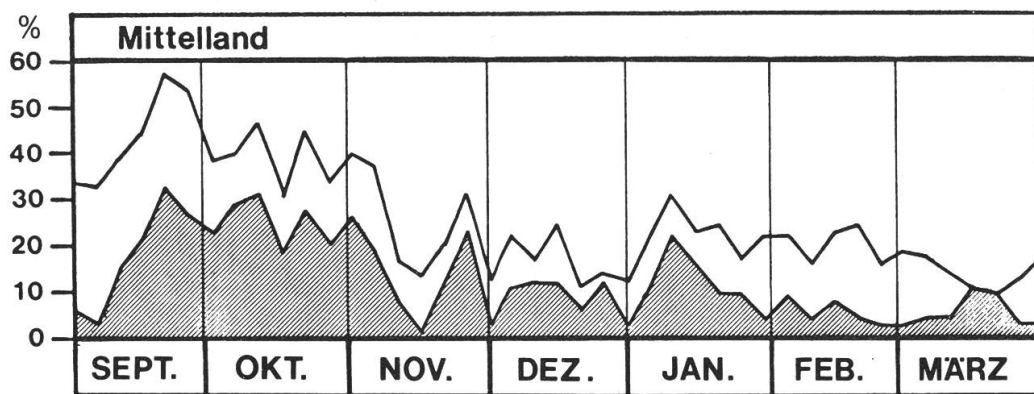
4.4.4. Das jahreszeitliche Auftreten der drei Nebelarten

Das jahreszeitliche Auftreten der drei Nebelarten wird einerseits durch den Ablauf der Wetterlagen, andererseits jedoch durch die jahreszeitlichen Einflüsse des wechselnden Sonnenstandes bestimmt.

- *Bodennebel*: Figur 4.2 zeigt uns die Pentadenwerte (über 5 Tage gemittelte Werte) der Bodennebelhäufigkeit im bernischen Mittelland. Die Figur entstammt einer detaillierten Analyse der Nebelverhältnisse im Querschnitt durch die Schweiz (WANNER 1978), in welcher auch das der Kurve zugrunde liegende Auswerteverfahren beschrieben wird.

Figur 4.2: Pentadenwerte der prozentualen Häufigkeit von Bodennebel im bernischen Mittelland (1961/62–1973/74, September – März, 07.00 MEZ)

schraffierte Fläche: Häufigkeit geschlossener Bodennebeldecken
obere Kurve: Summe geschlossener und lokal begrenzter Bodennebeldecken



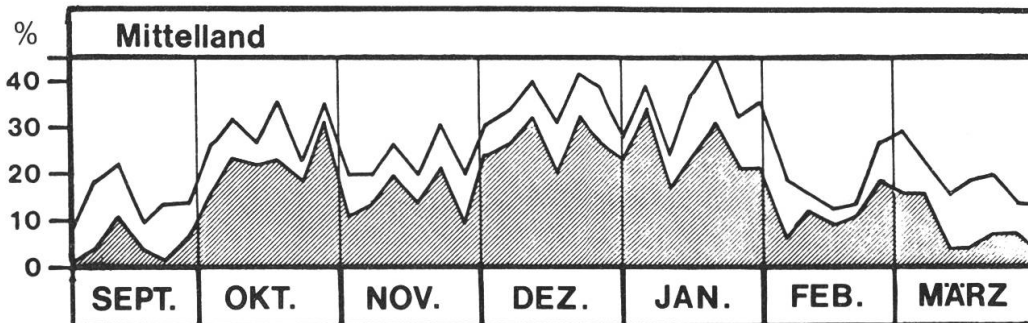
Wir erkennen generell ein Häufigkeitsmaximum, welches in die Zeit der Monate September und Oktober fällt. Diese Tatsache mag wie folgt begründet werden: Zum ersten zeigt uns die Kurve bloss die Morgennebelverhältnisse. Im Frühherbst lösen sich die Nebel tagsüber regelmässig auf, und die Entwicklung innerhalb der Nebeldecke wird in der Regel nach der 1. Phase des oben gezeigten Zyklus unterbrochen. Zum zweiten häufen sich zu dieser Jahreszeit die Wetterlagen (flache Hoch- und Flachdrucklagen, Hochdrucklagen mit südlicher bis westlicher Höhenströmung), welche die Bildung einer bodennahen Inversion begünstigen, den Aufbau einer Höheninversion infolge fehlender Luftbewegung jedoch verhindern oder aber die über dem Mittelland lagernde Kaltluftschicht von oben her abbauen. Sehr oft wird die Bildung einer Nebelschicht durch die Zufuhr feuchtwarmer Luftmassen aus westlicher Richtung zusätzlich begünstigt.

- *Hochnebel*: Figur 4.3 vermittelt uns die Pentadenwerte der Hochnebelhäufigkeit, ebenfalls bestimmt für die Region des bernischen Mittellandes. Wir entnehmen der Figur, dass sich das Häufigkeitsmaximum gegenüber dem Bodennebel eindeutig Richtung Winter (Dezember, Januar) verschoben hat. Auch für diese Tatsache lässt sich eine Begründung finden: Erstens wird das

Figur 4.3: Pentadenwerte (Mittel über 5 Tage) der prozentualen Häufigkeit von Hochnebel im bernischen Mittelland (1961/62–1973/74, September – März, 07.00 MEZ)

schraffierte Fläche: Häufigkeit geschlossener Bodennebeldecken

obere Kurve: Summe geschlossener und lokal begrenzter Hochnebeldecken



Strahlungsbilanzdefizit zu dieser Jahreszeit derart gross, dass sich häufig der in Figur 4.1 gezeigte Nebelzyklus verfolgen lässt, wobei die Hochnebeldecke bei anhaltendem Hochdruckwetter ohne weiteres über eine Zeitdauer von fünf bis acht Tagen bestehen bleiben kann! Zweitens macht sich in den genannten Monaten vermehrt der Einfluss des sibirischen Hochdruckgebietes bemerkbar, welches in der Form der Bise in den tieferen Luftschichten kalte Luftmassen in unser Gebiet steuert. Diese Kaltluft verstärkt die Nebelbildungsprozesse oder verhilft bestehenden Hochnebeldecken zu vermehrter Stabilität.

- *Hangnebel:* Die vor allem im Hochgebirge häufig zu beobachtenden Hangnebel weisen kein deutliches Jahreszeitenmaximum auf. Gipfelstationen zeigen häufig in den Monaten April oder Mai die grösste Nebelhäufigkeit (siehe Stationsdiagramme der beiliegenden Nebelkarte).

4.5. Zur Verbreitung der Boden- und Hochnebel quer durch die Schweiz

Bevor wir die regionalen Nebelverhältnisse anhand der Nebelkarte besprechen, fügen wir einige Bemerkungen zur allgemeinen Verbreitung der Boden- und Hochnebel an.

4.5.1. Regionale Mittelwerte des Auftretens von Boden- und Hochnebel im Winterhalbjahr

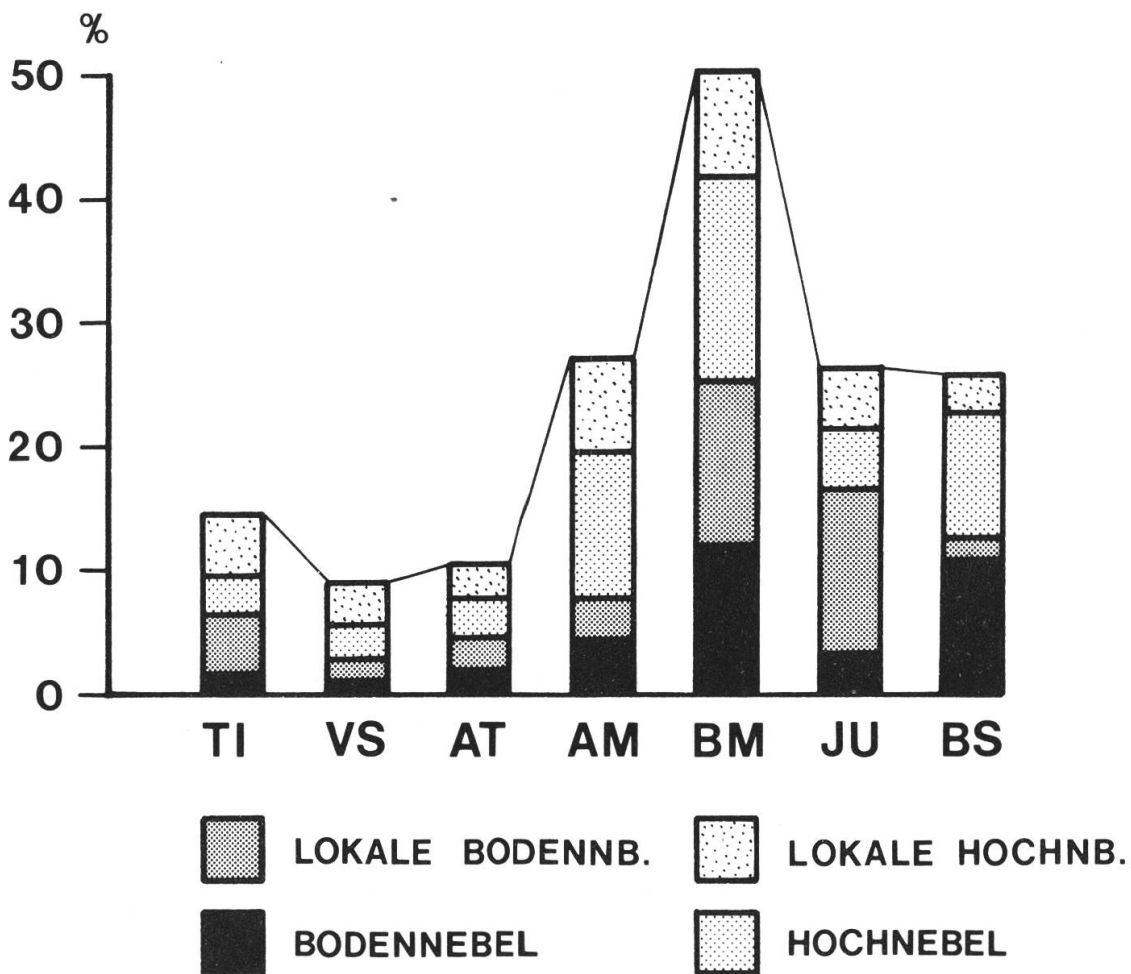
In einer ersten Darstellung möchten wir die Boden- und Hochnebelhäufigkeiten für sieben ausgewählte Regionen darstellen. Von der Idee des Querschnittes durch die Schweiz ausgehend, wurden die folgenden Testgebiete bestimmt (die Abkürzungen beziehen sich auf Fig. 4.4):

1. Tessin (Räume des Luganer- und Langensees innerhalb der Schweiz): TI
2. Wallis (Raum Martigny – Brig): VS
3. Alpentäler (Simmental und Kandertal): AT
4. Aaretal (Raum Bern – Thun – Meiringen): AM

5. Berner und Solothurner Mittelland: BM
6. Juratäler (Täler von St. Imier, Moutier sowie Delsberger Becken): JU
7. Raum der Stadt Basel und nähere Umgebung: BS

Figur 4.4 zeigt uns die über 13 Winterhalbjahre gemittelten Werte der Boden- und Hochnebelhäufigkeit für die genannten sieben Regionen. Dabei handelt es sich um Morgennebelereignisse der Monate September bis März. Für beide Nebelarten wurde eine Unterscheidung in raumdeckende und lokale Nebelereignisse vorgenommen.

Figur 4.4: Regionale Mittelwerte der prozentualen Häufigkeit von Boden- und Hochnebel (1961/62–1973/74, September – März, 07.00 MEZ)



Aus der Figur lassen sich die folgenden Merkmale herausgreifen:

- Die Region des bernisch-solothurnischen Mittellandes steht mit einer relativen Häufigkeit von 50 % klar an der Spitze, was uns kaum überrascht.
- Die drei Regionen Basel, Jura und Aaretal zwischen Bern und Meiringen weisen bei stark schwankenden Anteilen der einzelnen Nebelarten etwa gleich hohe Gesamtwerte von rund 25–27 % auf. Diese Schwankung muss teilweise auch auf fehlendes Beobachtungsmaterial zurückgeführt werden (z.B. Raum Basel).

- An 5. Stelle folgen die Testregionen des Tessins mit rund 15 %.
- Die beiden Regionen Wallis und Alpentäler weisen mit etwa 10 % eindeutig die geringsten Boden- und Hochnebelhäufigkeiten auf.

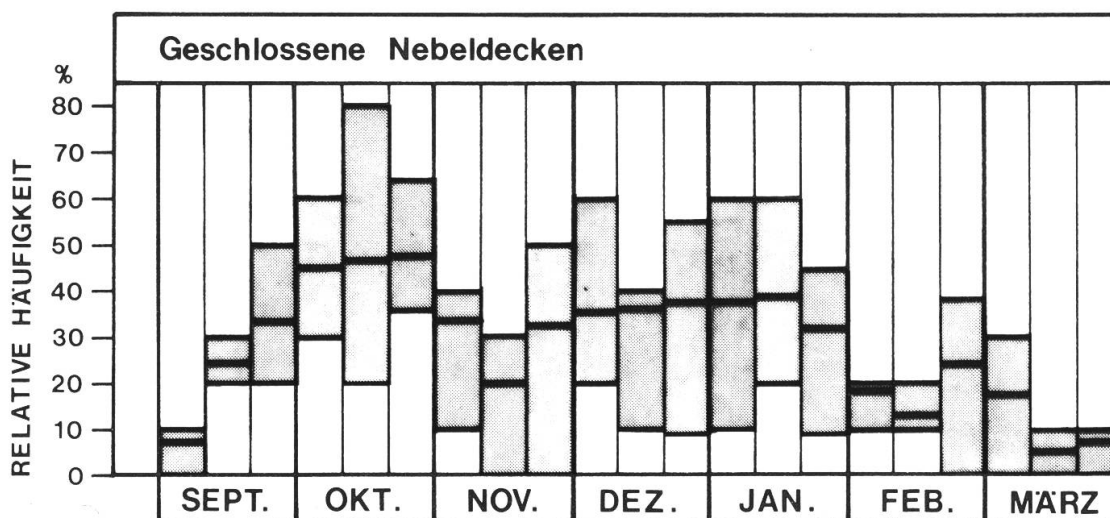
Die grossen Nebelhäufigkeiten des bernisch-solothurnischen Mittellandes, welche auch gesamtschweizerisch zu den Spitzenergebnissen zählen, haben uns veranlasst, Häufigkeit und Höhenverteilung der geschlossenen Nebeldecken für diesen Raum zu ermitteln.

4.5.2. Die Häufigkeit geschlossener Bodennebeldecken im bernisch-solothurnischen Mittelland

Die in Figur 4.5 gezeigte Auszählung der Häufigkeit geschlossener Nebeldecken dürfte für die Mittellandsenke entlang des Jurasüdfusses repräsentativ sein. Die Ergebnisse zeigen uns deutlich, wie oft die Sonne in den frühen Morgenstunden durch eine Nebeldecke verhüllt wird. Dabei wird nichts gesagt über die Auflösungszeiten dieser Nebel, doch dürfte sich die Nebeldecke in den Monaten Dezember und Januar in der Mehrzahl der Fälle tagsüber kaum auflösen.

Generell lässt sich zum gezeigten Verlauf folgendes sagen: Der Höchstwert wird in der letzten Oktoberdekade erreicht, in welcher auch die Streuung gering ausfällt. Ein Nebenmaximum, in welches wohl ein Grossteil der bereits erwähnten hartnäckigen Nebelmeersituationen fallen mag, registrieren wir für die Zeit von Ende November bis Ende Januar. Im weiteren erkennen wir sehr klar die Hauptnebelperiode des Winterhalbjahres (3. Septemberdekade – 3. Januardekade).

Figur 4.5: Dekadenwerte (Mittel über 10 Tage) der prozentualen Häufigkeit geschlossener Boden- oder Hochnebeldecken im bernisch-solothurnischen Mittelland (1961/62–1973/74, Monate September – März, 07.00 MEZ). Neben dem Mittelwert wurde die Streuung anhand der 25 %- und 75 %-Quantile angegeben; die *graue Fläche* grenzt somit den Bereich der beiden mittleren Quartile ab.

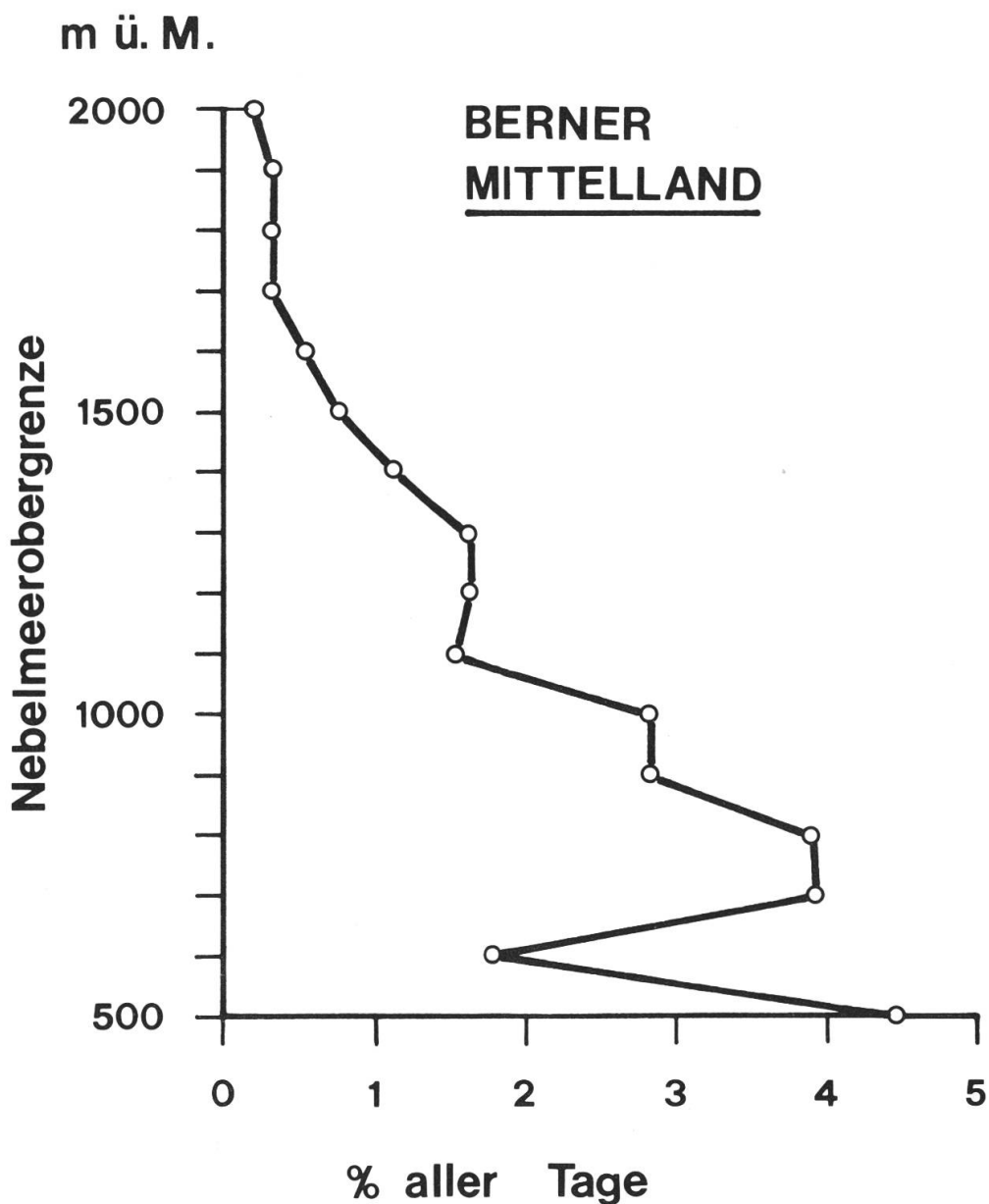


4.5.3. Die Höhenverteilung der Nebelobergrenzen im Winterhalbjahr

Mit Hilfe von zahlreichen Referenzdaten (Stationsbeobachtungen, Sondagenwerte, Satellitenbilder usw.) wurde der Versuch unternommen, die Nebelobergrenze im Berner Mittelland zu bestimmen. Dabei dürften die Resultate in Figur 4.6 auch für das angrenzende Gebiet Gültigkeit besitzen.

Die Höhenverteilung der Morgennebelobergrenzen zeigt uns sehr deutlich zwei Maxima: Das erste Kollektiv schliesst jene Fälle ein, wo eine geschlossene, tiefliegende Bodennebeldecke bloss die tiefsten Regionen des Mittellandes bedeckt

Figur 4.6: Höhenverteilung der prozentualen Häufigkeit bestimmter Nebelobergrenzen bei geschlossener Nebeldecke im bernischen Mittelland (1961/62–1973/74, September – März, 07.00 MEZ).



(Obergrenze häufig bei ca. 500 m). Ein zweites Maximum registrieren wir im Bereich zwischen 700 und 1000 m. Auf dieser Höhe liegt sehr oft die Obergrenze der ausgedehnten Nebelmeere des Mittellandes. Auf Grund der gezeigten Verteilung ergeben sich ebenfalls zwei Minimumzonen: Zwischen der häufigen Bodennebelobergrenze und dem Bereich zahlreicher Hochnebelobergrenzen liegt bei 600 m eine erste Minimumzone, welche von SCHIRMER (1974: 278) in Deutschland als nebelarme Hangzone bezeichnet wird. Die zweite, für unser Gebiet bedeutendere Minimumzone liegt oberhalb etwa 1000 m, von wo an die Zahl registrierter Hochnebelobergrenzen stark absinkt. Die darüber liegenden Gebiete weisen deshalb bei Schönwetterlagen nur selten Nebel auf.

Wir werden uns in Kapitel 4.7. über die räumliche Verteilung des Nebels noch recht oft mit der gezeigten Höhenverteilung zu befassen haben.

4.6. Tages- und Jahresgang der Nebelhäufigkeit

Sowohl die bisher diskutierten Ergebnisse als auch die im nächsten Kapitel beschriebene Nebelkarte stützen sich lediglich auf Beobachtungen der Morgennebel im Winterhalbjahr ab (07.00–08.00 Uhr). Damit muss der Nachteil in Kauf genommen werden, dass über die genaue Zahl der Nebelstunden keine Aussage gemacht werden kann. Wir möchten deshalb versuchen, diesen Nachteil mit Hilfe ausgewählter Stationsauswertungen zu korrigieren. Figur 4.7 gibt uns eine Übersicht über den Tages- und Jahresgang der Nebelhäufigkeit anhand der Stationen Bern-MZA und Belpmoos-Flugplatz. Leider fehlen uns genauere Angaben über das Gebiet der Nebelmaxima im Grossen Moos und im Raum Olten.

Die Werte der Stationen Belpmoos dürfen als einigermassen repräsentativ für die Verhältnisse im kaltluftgefährdeten Aaretal angesehen werden, das bezüglich der Nebel- und Ventilationsverhältnisse sozusagen als Bindeglied zwischen Alpenraum und tieferem Mittelland angesehen werden darf. Wir können der Figur die folgenden Tatsachen entnehmen: Jahresgang und Hauptnebelzeiten sind sehr schön abzugrenzen. Wie bereits ZINGG (1945: 8) und SCHNEIDER (1954: 2) in Dübendorf und Zürich festgestellt haben, tritt sowohl im Belpmoos als auch in der Stadt Bern in der Zeit von Ende September bis Anfang November ein Nebelmaximum auf, welches darauf hinweist, dass beide Stationen der Bodennebelzone (siehe beiliegende Nebelkarte) zuzuordnen sind. Eine zweite Häufung derartiger Morgennebelfälle registrieren wir im Januar. Dabei dürfte es sich sehr oft um Fälle handeln, wo bei höher liegenden Nebelobergrenzen die Nebeldecke dennoch bis zum Boden anwachsen konnte. Wir stellen fest, dass die Monate April bis August nur sehr selten Nebel aufweisen, womit die Auswahl der in dieser Arbeit verwendeten Untersuchungsperiode erneut gerechtfertigt erscheint. Legen wir unser Augenmerk auch auf den Tagesgang, so zeigt sich klar die grosse Nebelhäufigkeit in den frühen Morgenstunden bis etwa acht Uhr, wobei sich die feuchte, kaltluftgefährdete Mulde des Belpmooses als eindeutig ungünstiger erweist als der erhöhte wärmere Stadtraum. Schliesslich darf die Zeit des tiefsten Sonnenstandes und somit der schwächsten Einstrahlung (Ende November bis Mitte Januar) vom Tagesgang des Nebels her eindeutig als ungünstiger Zeitraum angesprochen werden.

Figur 4.7: Bern MZA (1964–62) und Bern-Belpmoos (1961–68): Isoplethen der Nebelhäufigkeit (Daten aus SCHÜEPP 1963 und Aufzeichnungen der Wetterbeobachtungen des Flugplatzes Bern-Belpmoos, vgl. deshalb die ungleichen Beobachtungszeiten).

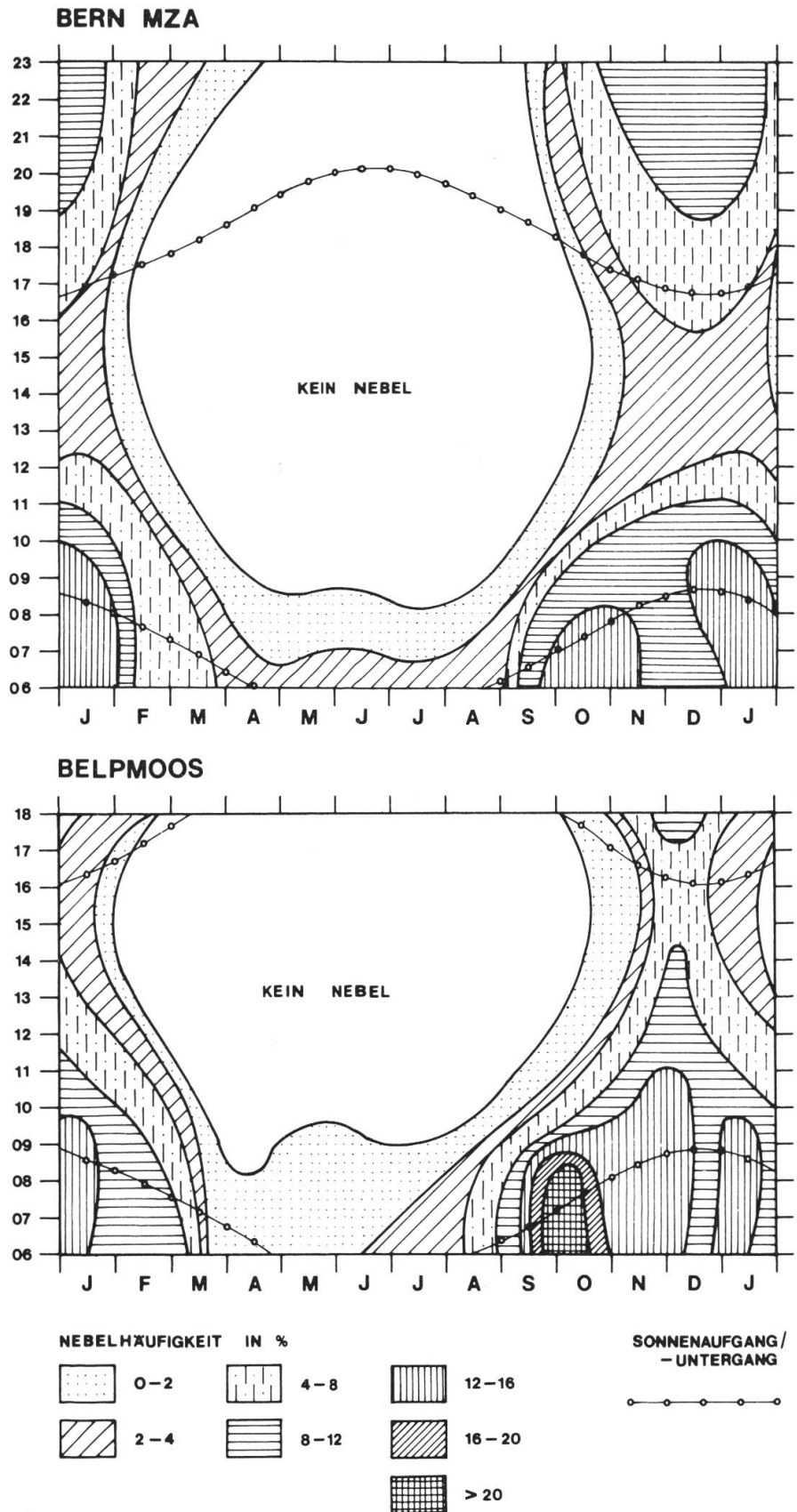


Tabelle 4.3: Winter 1972/73 (Monate Oktober bis März): Nebelstunden, mittlere monatliche Nebelauflösungszeiten sowie Zahl der Tage ohne Nebelauflösung für 25 ausgewählte Stationen des Untersuchungsgebietes

| ORT | KOORDINATEN | HOEHE ü. M. | NEBELSTUNDEN | | | | | | Jahr |
|------------------------------|----------------|----------------|--------------|-----|-----|-----|-----|----|------|
| | | | O | N | D | J | F | M | |
| Courrendlin | 595050//243000 | 434 | 147 | 108 | 141 | 131 | 26 | 22 | 575 |
| Lengnau b. Biel | 594900//285000 | 440 | 153 | 133 | 169 | 97 | 43 | 62 | 657 |
| Erlach | 574200//209800 | 432 | 119 | 214 | 439 | 288 | 13 | 0 | 1073 |
| Bundkofen (Schüpfen) | 594400//210300 | 510 | 135 | 125 | 76 | 19 | 11 | 18 | 384 |
| Jegenstorf | 605050//211125 | 528 | 43 | 151 | 153 | 33 | 30 | - | 410 |
| Gründen bei Ersigen | 611950//215350 | 501 | 151 | 136 | 406 | 98 | 9 | 14 | 814 |
| Kräiligen | 607225//221800 | 465 | 114 | 158 | 194 | 32 | 13 | 27 | 538 |
| Schwarzhäusern | 625300//235000 | 434 | 153 | 212 | 366 | 94 | 10 | 48 | 883 |
| Langenthal | 626700//228900 | 485 | 161 | 203 | 336 | 118 | 10 | - | 828 |
| Wyssachen Dorf | 629600//214200 | 710 | 75 | - | 22 | 67 | 22 | 14 | 200 |
| Rüegsauschachen | 616575//207975 | 640 | 71 | 29 | 67 | 46 | 31 | - | 244 |
| Biglen | 614250//197200 | 720 | 68 | 22 | 26 | 20 | 26 | - | 162 |
| Konolfingen | 614200//192340 | 695 | 62 | 59 | 130 | 59 | 28 | - | 338 |
| Kiesen | 610600//185500 | 539 | 101 | 83 | 262 | 30 | 24 | - | 500 |
| Thun | 613725//176400 | 563 | 24 | 54 | 225 | 48 | 13 | - | 364 |
| Beatenberg | 627650//172250 | 1180 | 38 | 20 | 8 | 119 | 70 | 96 | 351 |
| Brienzwiler | 650625//177900 | 680 | 19 | 68 | 24 | 119 | 10 | 9 | 249 |
| Erlenbach | 608850//167850 | 720 | 17 | 13 | 24 | 68 | - | - | 122 |
| Zweisimmen | 594725//155325 | 990 | 63 | - | - | 9 | - | - | 72 |
| Antishubel bei Zweisimmen | 594700//153825 | 1287 | 48 | 81 | 24 | 95 | 127 | 43 | 418 |
| Gstaad | 591800//147550 | 1340 | 10 | - | - | - | - | - | 10 |
| Kien | 619000//162700 | 725 | 30 | 9 | 26 | 20 | 10 | - | 95 |
| Frutigen | 615950//159960 | 810 | 20 | 8 | 12 | - | 11 | - | 51 |
| Adelboden | 609080//148980 | 1360 | 28 | 57 | 23 | 38 | 81 | 50 | 277 |
| Wengen | 637050//162000 | 1280 | 69 | - | - | 24 | 48 | 48 | 189 |

| MITTLERE AUFLOESUNGSZEIT | | | | | | TAGE OHNE AUF- LOESUNG |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| O | N | D | J | F | M | |
| 10.30 | 10.45 | 14.10 | 16.20 | 13.00 | 11.00 | 5 |
| 10.15 | 12.00 | 17.00 | 13.50 | 10.45 | 8.50 | 11 |
| 10.45 | 21.45 | 22.00 | 24.00 | 13.00 | 0 | 38 |
| 10.15 | 17.50 | 10.50 | 9.30 | 11.00 | 9.00 | 4 |
| 10.45 | 16.45 | 10.55 | 11.00 | 10.00 | 0 | 4 |
| 13.75 | 15.15 | 22.30 | 14.00 | 9.00 | 7.00 | 21 |
| 10.20 | 14.20 | 17.35 | 10.35 | 13.00 | 9.00 | 7 |
| 11.45 | 17.40 | 19.15 | 10.25 | 10.00 | 9.35 | 19 |
| 12.20 | 16.55 | 24.00 | 19.35 | 10.00 | 0 | 24 |
| 15.00 | 0 | 11.00 | 16.45 | 11.00 | 14.00 | 3 |
| 10.10 | 9.40 | 9.35 | 9.10 | 10.20 | 0 | 0 |
| 11.20 | 11.00 | 8.40 | 10.00 | 13.00 | 0 | 0 |
| 15.30 | 11.50 | 21.40 | 14.45 | 14.00 | 0 | 6 |
| 14.25 | 10.25 | 17.30 | 10.00 | 24.00 | 0 | 11 |
| 24.00 | 9.00 | 20.25 | 24.00 | 13.00 | 0 | 9 |
| 12.40 | 10.00 | 8.00 | 17.00 | 17.30 | 13.40 | 7 |
| 9.30 | 17.00 | 12.00 | 13.15 | 10.00 | 9.00 | 4 |
| 8.30 | 6.30 | 24.00 | 17.00 | 0 | 0 | 3 |
| 21.00 | 0 | 0 | 9.00 | 0 | 0 | 2 |
| 24.00 | 20.15 | 24.00 | 19.00 | 18.10 | 14.20 | 13 |
| 10.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.00 | 0 |
| 10.00 | 9.00 | 13.00 | 5.00 | 10.00 | 0 | 0 |
| 10.00 | 8.00 | 12.00 | 0 | 10.30 | 0 | 0 |
| 9.20 | 11.25 | 11.30 | 12.40 | 16.10 | 10.00 | 0 |
| 17.15 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 7 |

Die in der Legende der beiliegenden Nebelkarte dargestellten Stationsdiagramme mit der Zahl der Nebeltage zeigen bereits deutlich, dass das jahreszeitliche Nebelmaximum je nach Region sehr unterschiedlich auftritt. Grundsätzlich möchten wir zur Häufigkeit der Morgennebelbeobachtungen im Winterhalbjahr noch folgendes festhalten:

1. Stationen, welche in der Bodennebelzone liegen (Juranordfuss, Mittelland), weisen im Oktober (selten im November) die grösste Zahl an Nebeltagen auf.
2. In den Hochnebelgebieten und zum grossen Teil auch im Gebiet zwischen Boden- und Hochnebel (Nebelarme Zwischenzone: Jurasüdrand, höheres Mittelland, Alpennordrand) liegen die Maxima in den Wintermonaten Dezember oder Januar, wenn vor allem hartnäckige Stratusdecken (Nebelmeere) die Tiefregionen überdecken.
3. In den Tälern des Juras und der Alpen fallen die Maxima in der Regel auf den Monat März. Der Grund liegt möglicherweise darin, dass in den geschlossenen Talkesseln infolge der Verstärkung der Thermik sowie der zunehmenden Bodenerwärmung und Verdunstung erst im Frühling innerhalb der bodennahen Luftschichten ein genügend grosses Feuchteangebot auftritt, welches eine Nebelbildung hervorrufen kann.

Etwas anders präsentieren sich die Zahlen dann, wenn wir die gesamte Zahl der Nebelstunden während eines Winterhalbjahres auszählen. Tabelle 4.3 zeigt uns die Zahl der Nebelstunden, die mittleren monatlichen Nebelauflösungszeiten sowie die Zahl der Tage ohne Nebelauflösung im Winter 1972/73 anhand von 25 ausgewählten Stationen quer durch das Untersuchungsgebiet.

Die Nebelstunden wurden mit Hilfe der durch die Beobachter erhobenen Nebelauflösungszeiten bestimmt, indem der Auflösungsstermin (z.B. 10 Uhr) mit der Zahl der Nebelstunden gleichgesetzt wurde. Dieses Vorgehen bringt uns eine gewisse Ungenauigkeit, indem die Nebelstunden vor Mitternacht oder auch kurzzeitige Nebelereignisse vor oder nach der Morgenbeobachtung nicht miteinbezogen wurden. Die mittleren Auflösungszeiten stellen den Quotienten aus der Zahl der Nebelstunden und der Zahl der Morgennebeltermine dar. Die Tabelle liefert uns die folgenden Erkenntnisse:

- Das Nebelmaximum (Monat mit der grössten Anzahl Nebelstunden) hat sich auch im Bereiche der Tiefenstationen in vielen Fällen gegen die Zeit der schwächsten Einstrahlung (Dezember, Januar) verschoben. Eine Ausnahme bilden höchstens jene tiefliegenden Stationen, welche am Rand des Nebelkörpers im Bereiche von höheren Erhebungen mit einer verstärkten Thermik liegen (Courrendlin, Bundkofen bei Schüpfen, Wyssachen, Rüegsausachen, Biglen).
- Als eindeutige Ungunsthonen dürfen die Gebiete um Lengnau, Erlach, Gründen bei Ersigen, Schwarzhäusern und Langenthal bezeichnet werden.
- Mit Hilfe der mittleren Auflösungszeiten und der Zahl der ganzen Nebeltage lässt sich eindeutig nachweisen, dass sich ein einmal gebildeter Morgennebel in den genannten Ungunsthonen im Monat Dezember kaum mehr aufzulösen vermag. Dagegen lösen sich im Monat März die tiefliegenden Nebelfelder meistens bereits am Vormittag auf.

Zum Tages- und Jahresgang der Nebelhäufigkeiten darf abschliessend festgehalten werden, dass sich die in der Nebelkarte gezeigten Strukturen weitgehend bestätigt haben. Was uns erstaunen mag, ist die auch von KÜNG (1977) festgestellte Tatsache, wonach die Gebiete des Grossen Mooses noch stärker unter der Last langandauernder Nebeldecken zu leiden haben als das klassische Nebelgebiet im Bereiche der Stationen Langenthal – Schwarzhäusern. Der kurze Blick auf das Winterhalbjahr 1972/73 hat uns auch gezeigt, dass am Jurasüdfuss sehr oft längere Perioden ohne Auflösung der Nebeldecke auftreten können. Nach dem verfügbaren Beobachtungsmaterial zu schliessen, hat sich Nebeldecke in Teilen des Grossen Mooses während 14 Tagen (13. bis 26. Dezember 1973) nicht aufgelöst. Diese Zahl liegt sogar höher als jene längste Nebelperiode von 12 Tagen, welche COURVOISIER (1962 : 5) in einer Untersuchungsperiode von 1949 bis 1960 auf dem Flughafen Zürich-Kloten gefunden hat!

4.7. Regionale Bearbeitung der Nebelverhältnisse in den Kantonen Bern und Solothurn (siehe beiliegende Karte)

4.7.1. Probleme und Methoden der Nebelkartierung

Obschon der Nebel zu jenen Wetterelementen gehört, welche optisch sehr deutlich wahrgenommen werden, stellen sich uns bei der Kartierung immer wieder grösste Probleme entgegen. Die beiden wichtigsten seien hier aufgezählt:

1. Zuerst muss auf das unzulängliche Beobachtungsmaterial hingewiesen werden. Wir haben uns in Kapitel 4.3. mit den Problemen der Nebelbeobachtung näher auseinandergesetzt. An dieser Stelle sei lediglich festgestellt, dass oft nur der geländekundige und erfahrene Klimatologe das Beobachtungsmaterial kritisch begutachten kann. Der Grund liegt darin, dass in vielen Fällen kaum zwischen lokalen Besonderheiten und inhomogenen Datenreihen unterschieden werden kann.
2. Auf das zweite Problem hat bereits SCHIRMER (1970 : 136–137) hingewiesen: Das Höhenprofil der Nebelhäufigkeit zeigt keine mehr oder weniger stetige Zu- oder Abnahme, wie wir sie bei andern Klimatelementen (z.B. Niederschlag und Temperatur) beobachten können: Die weiter vorne gezeigte Höhenverteilung der Nebelmeerobergrenzen (Fig. 4.6) lässt erkennen, dass sogar im langjährigen Mittel deutliche Sprungschichten oder “Unstetigkeitsflächen” (SCHIRMER 1974 : 277) auftreten können. Dazu gesellt sich zusätzlich der in Figur 4.9 gezeigte Umstand, wonach die Minimumzone des Nebels irgendwo in der steileren Hangregion zu finden ist, was natürlich die räumliche Darstellung gravierend erschwert (WANNER 1971 : 10). Schliesslich darf nicht vergessen werden, dass sich auch in der horizontalen Ausdehnung des Nebels klare Diskontinuitäten in der Form regelmässig auftretender Nebelgrenzen ergeben, welche nicht allein auf die Orographie zurückzuführen sind. Wir denken dabei vor allem an die Fälle, wo die geschlossene Nebeldecke an Taleingängen (z.B. Emmental bei Burgdorf, Simmental bei Wimmis usw.) plötzlich abbricht.

Aus den genannten Gründen führte die Anwendung der Isolinienkartierung immer wieder zu grösseren Schwierigkeiten, welche den Bearbeiter von Karten im Mesoklimabereich meist dazu bewogen, eine andere Darstellung zu wählen. SCHÜEPP (1974 : 506) schlägt vor, an Stelle der Zahl der Nebeltage lediglich prozentuale Nebelhäufigkeiten anzugeben. In Übereinstimmung mit ZINGG (1945 : 3) stellt er fest, dass im weiteren der Vergleich der Häufigkeiten einzelner Stationen erst dann vorgenommen werden darf, wenn es sich um klar festgelegte Terminbeobachtungen handelt. In PRIMAULT (1972: 49–51) sowie WANNER und KRUMMEN (1973) wird die Isoliniendarstellung umgangen, indem typische Regionen abgegrenzt werden, für die in der Legende eine einfache Beschreibung gegeben wird.

Einen wesentlichen Beitrag zur Methodik der Nebelkartierung in Gebirgsgebieten verdanken wir SCHIRMER (1970 und 1974). Er gliedert die Gesamtheit der Nebelereignisse in die in dieser Arbeit bereits mehrmals verwendeten drei Arten der räumlichen Nebelklassifikation (Bodennebel – Hochnebel – Wolkennebel). Dabei betont er deutlich, dass eine derartige Unterscheidung nur dann vorgenommen werden kann, wenn die Beobachtungen der klimatologischen Stationen durch regionale Sondernetze und lokale Umfragen ergänzt werden. Für die Verwendung in der Landesplanung schlägt er Kartenmassstäbe von 1 : 200 000 bis 1 : 2 000 000 vor und stellt die Nebelverhältnisse in zwei verschiedenen Karten dar: Die erste Karte gibt einen Überblick über die Nebelstruktur, d.h. die räumliche Verteilung der drei oben genannten Nebelarten. Dabei werden diese drei Nebelarten mit Hilfe markanter Grenzlinien (Obergrenze des Bodennebels, Untergrenze des Hochnebels, Untergrenze des Wolkennebels) dargestellt. Die zweite Karte zeigt uns die Nebelhäufigkeit (Abstufung: 15 – 30 – 50 – 70 – 100 Tage). Dabei wird für die einzelnen Zonen farblich unterschieden, ob es sich vor allem um Bodennebel oder um Hoch- oder Wolkennebel handelt.

SCHÜEPP (1974: 507) äussert die Ansicht, dass die Methode von SCHIRMER in der Schweiz kaum erfolgversprechend angewendet werden kann. Stehen uns bloss die Daten des klimatologischen Netzes der Meteorologischen Zentralanstalt zur Verfügung, so trifft diese Tatsache zweifellos zu. In Anbetracht des wesentlich dichteren Stationsnetzes und auch der zahlreichen verfügbaren Zusatzinformationen (z.B. Messfahrten, Umfragen, Satellitenbilder usw.) haben wir uns entschlossen, eine Kartierungsmethodik zu entwickeln, welche sich dennoch an das Vorgehen von SCHIRMER (1970 und 1974) anlehnt.

4.7.2. Zur Signifikanz des verwendeten Datenmaterials

Bevor wir näher auf das Kartierungsverfahren eintreten, möchten wir einige kurze Bemerkungen zum Datenmaterial anbringen. In Kapitel 4.2. finden wir eine Liste der verwendeten Informationsträger. Als wichtigster Eckpfeiler der Kartierung wurden sämtliche brauchbaren Stationsbeobachtungen des Untersuchungsgebietes benützt. Tabelle 4.1 zeigt uns die Übersicht über dieses Datenmaterial:

Wie wir erkennen können, bilden die Daten des Berner Netzes auf Grund ihrer grossen Zahl eindeutig die wichtigste Grundlage der vorliegenden Nebelkarte. Über die durchgeführten Datenkontrollen und deren Problematik haben wir uns ebenfalls in Kapitel 4.2. geäussert.

Zudem wurde in der Einleitung erwähnt, dass die verwendeten Stationen lediglich eine drei- bis fünfjährige Beobachtungsreihe aufweisen, und wir müssen uns mit Recht die Frage stellen, ob die Daten einer derart kurzen Reihe als signifikant angesprochen werden dürfen.

Wir möchten in der Folge versuchen, auf diese Frage eine gültige Antwort zu geben. Wir tun dies, indem wir die Daten dieser fünfjährigen Reihe (Winterhalbjahre 1970/71–1974/75) zuerst mit jenen der 20jährigen Reihe von 1955/56 bis 1974/75 vergleichen. Dabei greifen wir drei mehr oder weniger typische Stationen des Untersuchungsgebietes heraus, welche die drei Hauptnebelzonen repräsentieren sollen. Immerhin muss auf zwei Probleme dieser Auswahl hingewiesen werden: Die Station Langenbruck liegt leider nicht direkt am Jurasüdhang und dürfte bei Hochnebelsituationen teilweise nebelfrei bleiben, da die Nebeldecke des Mittellandes nicht in allen Fällen bis in das Gebiet des Oberen Hauensteins vordringt. Bei der Station Olten haben im 20jährigen Zeitabschnitt mehrere Standortverlegungen und Beobachterwechsel stattgefunden, wodurch nicht zum vornherein auf eine vollständige Homogenität dieser Reihe geschlossen werden kann.

Figur 4.8 zeigt uns den Verlauf der Nebelhäufigkeiten während 20 Beobachtungswintern.

Dabei lässt sich bereits optisch erkennen, dass die Daten der fünf Winterhalbjahre, welche in der Nebelkarte verarbeitet wurden, erfreulicherweise nur unwesentlich von denjenigen des vorherigen, 15jährigen Zeitabschnittes abweichen. Diese Erkenntnis wird durch die in der Figur ebenfalls dargestellten Masszahlen (arithmetisches Mittel und Schwankungsbreite) zusätzlich gestützt. Lediglich in Langenbruck registrieren wir einen recht deutlichen Anstieg der Nebelhäufigkeit, wobei wir uns allerdings fragen müssen, ob derselbe nicht eher auf inhomogene Daten als auf eine nur kurzzeitige Anomalie des Wetterverlaufes zurückgeführt werden muss.

Prinzipiell gehen wir mit SCHIRMER (1974: 277–279) einig, wonach die Obergrenze des Nebels und der frostgefährdenden Kaltluft höhenmässig in der Regel recht konstant bleibt. Da wir in der Nebelkarte den Schwerpunkt ohnehin auf die räumlichen Strukturen und nicht auf die Häufigkeiten legen, dürfen wir annehmen, dass das Datenmaterial der benützten 5jährigen Reihe als brauchbar angesehen werden darf.

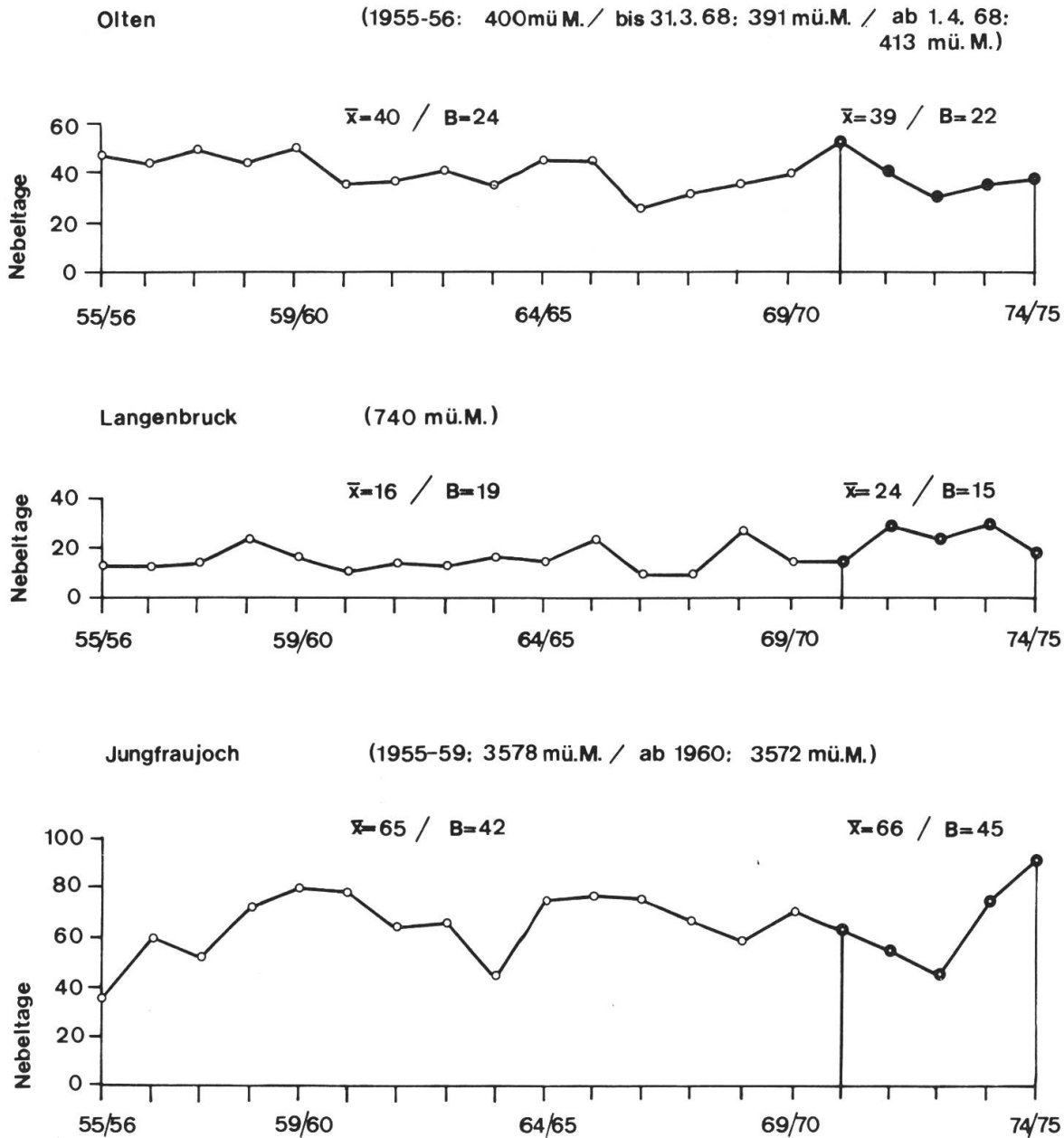
Zur Genauigkeit der Abgrenzung der in der Karte dargestellten Nebelzonen sei schliesslich nochmals darauf hingewiesen, dass neben den oben erwähnten Stationsdaten eine grosse Zahl weiterer Informationsquellen (vgl. Kap. 4.2.) verarbeitet wurden.

4.7.3. Beschreibung des angewendeten Kartierungsverfahrens

Wie bereits erwähnt, suchten wir bei der Kartierung nach einer Darstellungsart, welche sich an jene von SCHIRMER (1970 und 1974) anlehnt. Allerdings haben wir uns entschlossen, die gesamte Information in einer einzigen Karte darzustellen. Es handelt sich dabei um die folgenden drei Elemente:

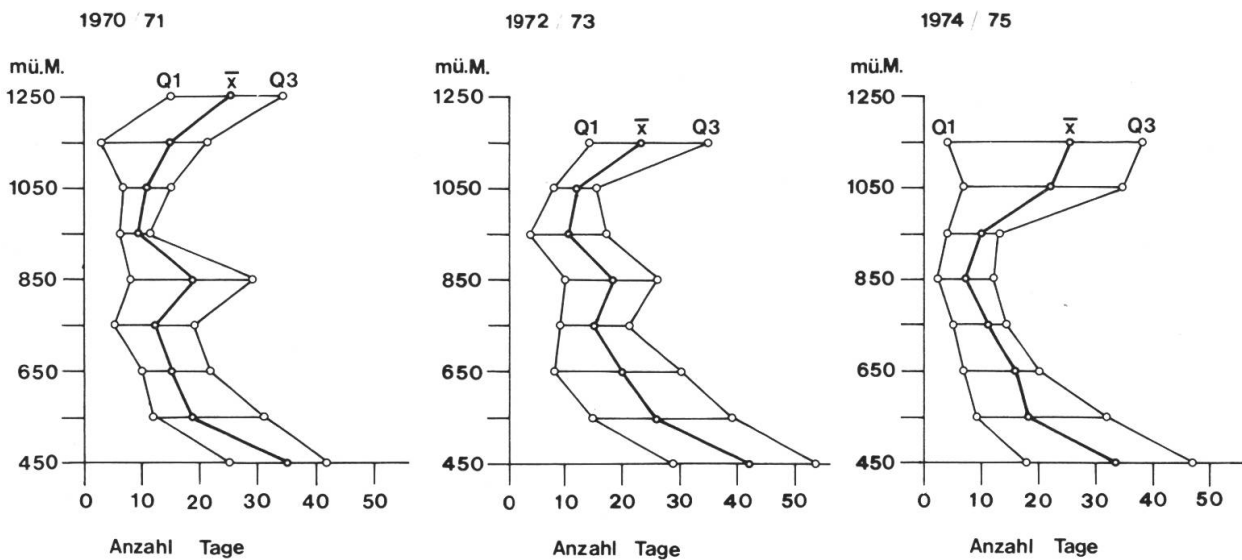
1. Darstellung der räumlichen Struktur anhand der drei Nebelarten
2. Räumliche Darstellung der Nebelhäufigkeit
3. Punktuelle Angabe der Nebelhäufigkeit an allen verfügbaren Stationen

Figur 4.8: Vergleich der bei der Nebelkartierung benützten 5jährigen Beobachtungsreihe (1970/71–1974/75) mit der 20jährigen Reihe (1955/56–1974/75) anhand von drei ausgewählten Stationen: Olten (Bodennebelzone), Langenbruck (Hochnebelzone), Jungfrauoch (Hangnebelzone). Daten des Winterhalbjahres: Monate Oktober bis März, Morgentermin (1955–1970: 07.30 Uhr, 1971–1975: 07.00 Uhr; Quelle: SCHÜEPP 1963).
 \bar{x} : arithmetisches Mittel / B: Schwankungsbreite



Das Vorgehen wurde von Anfang an darauf ausgerichtet, die Nebelart und die Nebelhäufigkeit kombiniert zur Darstellung zu bringen. Zu diesem Zweck wurden vorerst die Nebelhäufigkeiten der einzelnen Jahre in Abhängigkeit von der Meereshöhe berechnet. Figur 4.9 zeigt uns die Verteilungsmuster von drei ausgewählten Jahren des Untersuchungszeitraumes.

Figur 4.9: Höhenverteilung der Nebelhäufigkeit im gesamten Untersuchungsgebiet in drei verschiedenen Winterhalbjahren (Monate Oktober bis März, 07.00 MEZ). Für Intervalle von 100 zu 100 m wurden der Mittelwert (\bar{x}) sowie das 1. und 3. Quartil (Q 1 und Q 3) dargestellt.



Die Darstellungen links und in der Mitte lassen uns erkennen, dass sich die drei Nebelarten Boden-, Hoch- und Hangnebel auch dann abgrenzen lassen, wenn wir das Datenmaterial sämtlicher Regionen zu einer Mitteldarstellung verarbeiten. Dabei können wir erfreulicherweise in grossen Teilen des Untersuchungsgebietes auch im mehrjährigen Mittel eine typische Verteilung feststellen, wie wir sie sehr schön in den Winterhalbjahren 1970/71 und 1972/73 vorfinden:

1. In den Tiefenzonen registrieren wir ein Nebelmaximum, welches auf die häufigen *Tal- und Boden*nebel zurückgeführt werden darf.
2. Darüber folgt eine erste Zone mit einer Abnahme der Nebelhäufigkeit, da bekannterweise der Nebelkörper abgehobener Hochnebeldecken in der Mehrzahl der Fälle nicht bis zum Boden anwachsen kann. Wir möchten diese Zone in der Folge als *nebelarme Zwischenzone* bezeichnen.
3. Im Höhenbereich um 850 m bemerken wir einen Anstieg der Zahl der Nebeltage, der in einzelnen Regionen sogar wesentlich deutlicher hervortritt als in der hier gezeigten Mitteldarstellung. Vergleichen wir diese Tatsache mit der in Figur 4.6 gezeigten Höhenverteilung der Nebelmeerobergrenzen, so dürfen wir diesen Bereich eindeutig als *Hochnebelzone* ansprechen.
4. Über der Hochnebelzone liegt die eigentliche Zone des Nebelminimums, die wir in der Folge als *nebelarme Hangzone* bezeichnen möchten. SCHIRMER (1970: 139–140) verwendet diesen Begriff allerdings für die nebelarme Zone zwischen den Maxima von Boden- und Hochnebel (in dieser Arbeit als nebelarme Zwischenzone bezeichnet). Die in Figur 4.9 gezeigte Struktur der Nebelverteilung, welche immerhin für weite Gebiete nördlich des schweizerischen Hauptalpenkammes als typisch bezeichnet werden dürfte, lässt es jedoch als sinnvoll erscheinen, den Begriff der nebelarmen Hangzone für jene Gebiete zu

verwenden, welche im Winterhalbjahr meistens über die Nebelmeere hinausragen (siehe beiliegende Nebelkarte).

5. Mit zunehmender Höhe registrieren wir schliesslich die dritte Zone mit grossen Nebelhäufigkeiten, welche wir als *Hangnebelzone* ausscheiden möchten. Leider fehlen uns in vielen Höhenbereichen signifikante Datenangaben. Wir dürfen jedoch auf Grund der verfügbaren Einzelstationen annehmen, dass diese Hangnebelhäufigkeit mit zunehmender Höhe weiter ansteigt.

Wenn wir die gezeigte Höhenverteilung in der Folge als Grundlage der räumlichen Gliederung verwenden wollen, so muss immerhin auf ein Problem dieses Vorgehens hingewiesen werden: Wie wir in Figur 4.9 anhand des Winterhalbjahres 1974/75 feststellen können, so treten Einzeljahre auf, bei denen sich zumindest in der Mitteldarstellung keine Hochnebelzone ausscheiden lässt. Damit ist ebenfalls angedeutet, dass lokal sehr beträchtliche Abweichungen vom gezeigten Mittel auftreten, auf die wir in der regionalen Beschreibung der Karte näher eintreten müssen.

Wir möchten nun zeigen, in welcher Form die zur Verfügung stehenden Informationen in das Kartenbild umgesetzt wurden. Tabelle 4.4 zeigt uns schematisch dieses Vorgehen.

Zu den drei ersten Schritten möchten wir folgende Bemerkungen anbringen:

- *Schritt 1:* Die mittlere Zahl der Nebeltage bildete eindeutig die wichtigste Grundlage zur Abgrenzung der einzelnen Zonen. Grosse Schwankungsbreiten liessen oft den Hinweis zu, dass die Station in einem Grenzbereich zwischen zwei Nebelzonen liegt. Als sehr praktisch erwies sich ebenfalls die Angabe des nebelhäufigsten Monats, welche klare Rückschlüsse auf die zu kartierende Nebelzone zulies (Herbstmaximum: Bodennebelzone, Maximum im Hochwinter: Hochnebelzone, kein ausgeprägtes Maximum: Hangnebelzone).
- *Schritt 2:* Mit diesem Schritt gelang es uns, eine differenzierte Information über die lokale Ausprägung der Höhenlage der nebelarmen Hangzone zu erhalten. Das dabei benötigte Datenmaterial konnte einer Wetterlagenanalyse der regionalen Nebelhäufigkeiten (WANNER 1978) entnommen werden.
- *Schritt 3:* Die Benützung zusätzlicher Hilfsmittel verhalf uns zu unzähligen Angaben über lokale Besonderheiten. Dabei erwies sich das zur Verfügung stehende Foto- und Filmmaterial als ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Ermittlung häufig auftretender Nebelgrenzen, konnten doch beispielsweise mit Hilfe der zahlreichen Satellitenbilder sehr schön jene Regionen abgegrenzt werden, welche in der Regel auch bei Nebelmeersituationen mit höher liegenden Obergrenzen total nebelfrei bleiben. Als sehr zweckdienlich zeigten sich auch die Resultate einer breit angelegten Umfrage über markante, lokale Nebelgrenzen, welche im gesamten Untersuchungsgebiet durchgeführt wurde. Der an alle Mitarbeiter des Berner Netzes sowie an weitere Interessenten versandte Fragebogen mit einer geographischen Karte (Massstab 1 : 300 000) forderte die Mitarbeiter zur Eintragung der folgenden, markanten Nebelgrenzen auf (die einzelnen Nebelarten wurden dabei genau beschrieben):
 1. Mittlere Obergrenze oder Begrenzung der Zone mit dichtem Bodennebel
 2. Mittlere Untergrenze der Hochnebeldecken (“Nebelmeer”).

Jahreszeit häufig auftretenden "Schönwetternebel" gelegt haben. Mit der Wahl des Morgentermins haben wir die Gewähr, dass ein Grossteil dieser sich vor allem nachts bildenden Nebel erfasst werden kann (STEINHAUSER 1969: 7, SCHÜEPP 1974: 506). Im weiteren kann die Zahl der Nebeltage mit Hilfe der Terminbeobachtung eindeutig definiert werden. Schliesslich sei nicht verschwiegen, dass damit der Nachteil in Kauf genommen wird, dass keine Aussage über die mittlere Dauer der Nebelereignisse gemacht werden kann. Wir haben uns zum Problem der Auflösungszeiten in Kapitel 4.6. geäussert.

4.7.4.2. Massstab

Unsere Wahl fiel auf einen Massstab von 1 : 200 000. Dieser Massstab gewährte eine recht schöne Darstellung der regionalen Nebelstruktur, wobei natürlich lokale Nebellöcher oder Auflösungszone in der Grössenordnung von 300–400 m kaum berücksichtigt werden konnten. Grundsätzlich erlaubte uns dieser Massstab jedoch eine angemessene Verarbeitung des sehr reichhaltigen Informationsmaterials, das mit Ausnahme bestimmter Regionen des Juras (Pruntrutzipfel, Freiberge) praktisch überall ausreichende Entscheidungsgrundlagen liefern konnte. Als Grundlage diente uns ein Ausschnitt der neuen Landeskarte der Eidgenössischen Landestopographie im Massstab 1 : 200 000.

4.7.4.3. Regionale Darstellung der Nebelstruktur und Nebelhäufigkeit

Wie bereits erwähnt, stellen wir die Nebelstruktur (räumliche Verteilung der Nebelarten) kombiniert mit den zugehörigen Nebelhäufigkeiten dar. Dies geschieht mit Hilfe eines rechtwinkligen, zweidimensionalen Koordinatensystems. Auf der Ordinate wird die bereits gezeigte Höhenverteilung des Nebels in Form der daraus abgeleiteten Nebelzonen aufgetragen. Dabei erwies es sich nach dem Studium der räumlichen Verhältnisse als sinnvoll, sowohl bei der Bodennebel- als auch bei der Hangnebelzone eine Zweiteilung vorzunehmen.

Auf der Abszisse gelangt die Nebelhäufigkeit in Tagen pro Winterhalbjahr zur Darstellung. Damit können wir mit Hilfe farbiger Vierecke jeder Nebelzone ein Intervall (Zahl der Nebeltage) zuordnen, in das der Grossteil (angestrebt wurden zwei Drittel) der beobachteten Nebelhäufigkeiten der Stationen dieser Zone zu liegen kommt. Mit andern Worten: Wir können mit Hilfe der Farbangabe abschätzen, bei welchen Nebelereignissen (tiefliegende Bodennebel, abgehobene Hochnebeldecken oder Hangnebel-situationen) in der betreffenden Nebelzone die Sichtweite häufig unter 1000 m absinkt. Anschliessend lässt sich auf der Abszisse grob die Zahl der Nebeltage abschätzen, welche wir an einem bestimmten Ort der Zone am Morgen des Winterhalbjahres zu erwarten haben, falls dieser Ort nicht speziellen Lokaleinflüssen unterworfen ist. Überblicken wir das gesamte Diagramm, so zeichnet sich deutlich die in Figur 4.9 dargestellte Höhenverteilung ab. Auf eine Angabe mittlerer Höhenquoten pro Nebelzone wurde jedoch absichtlich verzichtet, da die regionalen Schwankungen sehr gross sind.

Zum gewählten Farbspektrum sei bloss folgendes gesagt: Für die meist an Inversionen und starke Ausstrahlung mit Wärmeverlust gebundenen Boden- und Hochnebelzonen wurden kalte Farben gewählt. Den nebelarmen Zonen wurden warme Farben zugeordnet, wobei für die zumeist über den Inversionsnebeln gelegene

nebelarme Hangzone ein warmes Orange ausgewählt wurde. Die violette Farbe der Hangnebelzone nimmt sozusagen eine Mittelstellung zwischen warmen und kalten Farbtönen ein. Dieser Effekt wurde angestrebt, da die hochgelegenen Hangnebelgebiete beim Auftreten von Boden- oder Hochnebel im Normalfall ebenfalls bewölkungsfrei sind. Schliesslich wurden mit einer dicken, roten und strichpunktieren Linie noch jene Gebiete abgegrenzt, welche nur selten in die Nebelkörper der Nebelmeere bei Hochdrucklagen zu liegen kommen.

4.7.4.4. Lokale Nebelhäufigkeiten

Wir betrachten es als angemessen, dass aus dem reichen Informations- und Datenmaterial zumindest die Stationsdaten in der Karte dargestellt werden. Dabei lehnen wir uns an die Intervalle der betreffenden Nebelzone an und zeigen mit Hilfe von drei Signaturen, ob die Zahl der Nebeltage am betreffenden Stationsstandort im Intervall liegt oder nicht. Damit können wir speziell gewisse Lokalitäten mit besonderer Nebelhäufigkeit (rote Punkte) oder besonderer Nebelarmut (rote Kreise) darstellen. Wie bereits erwähnt, können viele lokale Abweichungen kaum erfasst und kartiert werden. Aus diesem Grunde geben wir eine tabellarische Übersicht besonderer, lokaler Abweichungen, welche sich im Untersuchungsgebiet immer wieder beobachten lassen.

4.7.4.5. Jahrgang des Nebels an ausgewählten Stationen

In der Kartenlegende haben wir im Sinne eines Querschnitts durch das Untersuchungsgebiet den Jahrgang einiger Stationen dargestellt, welche über längere Zeitabschnitte eine lückenlose Beobachtungsreihe aufweisen. Die Daten entnehmen wir SCHÜEPP (1963: 57–62). Die Reihen konnten aus bereits genannten Gründen (grosse Lokalunterschiede) nicht speziell geprüft und korrigiert werden. Die einzelnen Häufigkeitspolygone wurden mit der Farbe der entsprechenden Nebelzone versehen. Folgende Tatsachen lassen sich klar herauslesen:

- Die Region Rheintal/Basel und Mittelland (Stationen Olten und Bern) weisen grosse Nebelhäufigkeiten auf. In Basel und Olten ist wohl die Mehrzahl der Ereignisse den herbstlichen Bodennebeln zuzuschreiben (Oktobermaximum). Bern liegt mit seiner Höhenlage teilweise über den flachen Bodennebeldecken des tieferen Mittellandes.
- Langenbruck registriert vor allem bei Hochnebel eine Einschränkung der Sichtweite. Die geringen Häufigkeiten weisen auf den Umstand hin, dass die Nebeldecke des Mittellandes nicht immer über den Roggen vordringt.
- Sehr schön zeigt sich die Nebelarmut der beiden Gunstzonen anhand der Stationen La Chaux-de-Fonds, Heiligenschwendi, Interlaken und Meiringen. In Heiligenschwendi dürften allerdings bei tiefliegendem Kondensationsniveau vereinzelt auch Hangnebelereignisse auftreten.
- Schliesslich sei auf die Hangnebelsituationen des Juras (Mont Soleil) und der Alpen (Adelboden, Grimsel-Hospiz, Jungfrauoch) verwiesen. Liegt Adelboden im Grenzbereich zwischen nebelarmer Hangzone und Hangnebelzone, so zeigt sich bei den höher liegenden Stationen Grimsel und Jungfrauoch der grosse Einfluss der Hangnebel ganz deutlich.

Mit diesen letzten Bemerkungen zur Kartenlegende möchten wir zur Besprechung des Kartenbildes übergehen.

4.7.5. Regionale Beschreibung der Nebelverhältnisse im Untersuchungsgebiet

4.7.5.1. Allgemeine Bemerkungen zum Kartenbild

Beim ersten Anblick der Karte lässt sich die in Figur 4.9 erkennbare Zone der tiefliegenden Bodennebeldecken (blaue Farbe) sowie der abgehobenen Nebelmeere (Abgrenzung durch die rote, strichpunktierte Linie) recht schön erkennen. Südlich des Juras handelt es sich um das grosse Nebelmeer, das oft das ganze Mittelland einzuhüllen vermag. Nördlich des Juras reicht der Nebelkörper des Rheintalgrabens zeitweise ebenfalls in die nördlichen Juraregionen hinein (vgl. SCHACHER 1974, COENDET und LEISER 1978). Wie die rote strichpunktierte Grenzlinie entlang der normalerweise nebelfreien Gebiete vermuten lässt, vereinigen sich die beiden Nebeldecken normalerweise im Gebiet des abtauchenden Faltenjuras nördlich des Gebietes Aarau – Olten. Wenn wir den dünnen Grenzlinien der einzelnen Nebelzonen folgen, so stellen wir fest, dass sich diese nur bedingt der Geländeform angleichen. Dies hat eigentlich zwei Gründe: Zum ersten passt sich auch die Nebeldecke nur sehr bedingt dem Gelände an, und speziell Luv- und Leeffekte der Strömung können grosse Abweichungen von der reliefmässig zu erwartenden Nebelverteilung verursachen. Zum zweiten haben wir eine Anpassung an die Topographie nur dort vorgenommen, wo dieselbe auf Grund des Informationsmaterials bestätigt oder mit guten Gründen vermutet werden konnte. Schliesslich möchten wir betonen, dass die Trennungslinien zwischen zwei Zonen nur bedingt als markante, im Gelände sichtbare Grenzlinien erkannt werden können. Vor allem der Übergang von der Hangnebelzone zur Zone häufiger Hangnebel dürfte sich kaum klar abzeichnen. Da uns in den Höhenregionen kein signifikantes Datenkollektiv zur Verfügung steht, haben wir grob die Isohypse von 2000 m als Grenzlinie zur Zone häufiger Hangnebel gewählt. Im weiteren zeigt natürlich der 23jährige Mittelwert der Station Jungfraujoch mit 210 Nebeltagen ganz deutlich, dass die Skala der Hangnebelzone zum Teil weit über das angegebene Mass von 60 Tagen hinaus verlängert werden müsste.

4.7.5.2. Die Nebelverhältnisse des Juras

- *Ajoie*: Die Ajoie weist kaum grosse Nebelhäufigkeiten auf. Immerhin dürfte sich das Tal der Allaine als Sammelort der bodennahen Kaltluft in Strahlungsnächten anbieten, doch bleibt die Zahl der Nebeltage allgemein recht gering. Als nebelreich erweist sich das Gebiet von Les Rangiers, welches sowohl bei antizyklonalen Wetterverhältnissen (Hochnebel) als auch bei zyklonalem Wetter (Hangnebel) Nebel aufweisen kann.
- *Clos du Doubs*: Im Clos du Doubs erkennen wir zwei nebelhäufige Zonen: Entlang des Flusslaufes bilden sich bei strömungsarmen Wetterlagen häufig Bodennebel, der Höhenzug zwischen Epiquez und Epauvillers reicht dagegen bei Hochnebel meistens in die Nebelzone hinein. Dazwischen liegt eine allerdings nur wenig günstigere, nebelärmere Zwischenzone.
- *Delsberger Becken, Laufental*: Diese Regionen liegen sehr oft unter einer ausgeprägten Bodennebeldecke. Dabei scheint sich vor allem im gut abgeschlos-

senen Delsberger Becken sehr oft ein hartnäckiger Kältesee zu bilden, der die Bildung jener kompakten Nebeldecken hervorruft, die sich immer wieder auf Satellitenbildern verfolgen lassen. Oft reichen auch die ausgedehnten Hochnebeldecken vom Rheintal her bis an die Nordhänge der Vellerat- und Raimeuxkette hinein.

- *Freiberge und Berner Faltenjura*: Sowohl auf dem Plateau der Freiberge als auch in den Tälern des Faltenjuras treten nur selten Boden- oder Hochnebel auf, weshalb wir von einer Nebelgunstzone sprechen dürfen. Der Grund dürfte dabei in der Tatsache zu suchen sein, wonach sich speziell in den Jura- und Alpentälern in windstillen Nächten infolge der fehlenden Turbulenz in Bodennähe nur selten mehrere Meter mächtige Bodennebelschichten bilden können (WANNER 1978). Einzig das Becken von Moutier – Grandval scheint von seiner Orographie und seiner Grösse her für die Bildung bodennaher oder abgehobener Nebeldecken prädestiniert zu sein. Dies jedenfalls lassen die vorhandenen Stationswerte und Umfrageergebnisse vermuten. Die beiden Täler von St. Imier und Tavannes weisen zeitweise ebenfalls tiefliegende Bodennebeldecken auf.

Zahlreiche Bergrücken des Faltenjuras reichen bereits in die Zone der Hangnebel hinein.

An den Südhängen der südlichsten Juraketten lässt sich wiederum sehr schön eine Hochnebelzone ausscheiden, welche sich nordwestlich des Bielersees häufig bis auf das Plateau von Diesse erstreckt.

- *Solothurner Jura*: Da die Ketten des Solothurner Juras gegen Osten allmählich abtauchen, können wir in dieser Region nur noch eine schmale, nebelfreie Gunstzone ausscheiden (Gebiet Sonceboz – Passwang). Wie an der Nord- und Südgrenze des Berner Juras wären auch im Gebiet des Solothurner Juras häufig die strömungsmässigen Voraussetzungen für ein Einfließen der grossen Kaltluft- und Nebelmassen des Mittellandes oder des Rheintals bei Basel Richtung zentrale Juratäler geschaffen. In der Regel sind jedoch die Leeffekte bei Süd- und Nordströmungen so stark, dass die adiabatische Erwärmung die ins Tal eintauchende Nebelmasse kurz nach Überfließen des Kulminationspunktes aufzulösen vermag. Einzig durch die Klus von Balsthal dringen die Nebeldecken des Mittellandes bisweilen sogar bis ins Guldental vor, weshalb der Raum Balsthal – Matzendorf vom Nebelgeschehen her eher dem Mittelland zugeordnet werden muss.

4.7.5.3. Die Nebelverhältnisse des Mittellandes

- *Tieferes Mittelland*: Dieses Gebiet muss eindeutig als Ungunstregion bezeichnet werden, da es sowohl im Herbst als auch im Winter sehr häufig unter dichtem Bodennebel zu leiden hat. Dabei sind jene Situationen, bei welchen ein stagnierendes Nebelmeer das Mittelland bedeckt, häufig nicht mitgezählt worden, da in derartigen Situationen die Sichtweite an den tiefgelegenen Stationen nicht selten 1000 m übersteigt. Als besondere Häufigkeitszone muss das Gebiet entlang des Jurasüdfusses bezeichnet werden. Innerhalb dieses Raumes zeichnet sich der vielzitierte Raum des Aarelaufes zwischen Solothurn und Olten als Maximumzone aus. SCHÜEPP (1974: 509) spricht sogar vom

Tieflandmaximum der Gesamtschweiz, und es verwundert uns nicht, wenn der Raum der Autobahn zwischen Kriegstetten und Rothrist regelmässig in den Nebelwarnungen der Radio-Verkehrsmeldungen erscheint! Eine zweite Häufigkeitszone liegt in der Gegend des grossen Moores zwischen den drei Seen. Nach den Untersuchungen von STUCKI (1977: 41) kann wahrscheinlich der Raum innerhalb der Grenze Marin – Gampelen – Ins – Kerzers – Galmiz – Witzwil – Marin als das eigentliche Bildungszentrum dieser Bodennebel bezeichnet werden, von wo sich dann in den Stunden vor Sonnenaufgang der Nebel nach SW und NE ausbreitet. Immerhin lassen sich auch in dieser Zone mit grossen Bodennebelhäufigkeiten positive Anomalien beobachten:

Zum ersten bestätigt sich in dicht überbauten Siedlungsgebieten (z.B. Gerlafingen) die Tatsache, wonach sich der Nebel infolge stärkerer Erwärmung und tieferer Luftfeuchtigkeit aufzulösen vermag. Dieser Effekt wird trotz des verstärkten Inputs von Kondensationskernen an mehreren Orten sichtbar. Allerdings müssen wir uns fragen, ob die Nebeldecke in Industrie- und Agglomerationsräumen lediglich abgehoben wird, wodurch sich dann in den höheren Hangregionen eine verstärkte Nebelbildung beobachten lässt. STUCKI (1977: 53) erwähnt als Beispiel den Raum des Industriegebietes bei Cressier, dessen Aufwölbung in der Nebeldecke sich sehr schön in den Zeitrafferfilmen unseres Instituts (Kamerastandort: Chasseral) verfolgen lässt (BERLINCOURT und HEIM 1978). Von ähnlichen Effekten spricht man auch in den Städten Biel und Bern. So könnte vielleicht das erstaunliche Häufigkeitsmaximum in Evillard (unterhalb Magglingen) auf ein derartiges Phänomen hinweisen (?).

Zum zweiten finden sich rund um den Bielersee vier Stationen mit sehr kleinen Nebelhäufigkeiten. Hier dürfte es sich um den auch von SCHÜEPP (1974: 507) beschriebenen Vorgang handeln, wonach warme Seeflächen im Herbst die Nebelbildung eindeutig hemmen können. Derartige Einflüsse konnten bei Messfahrten quer durch den Kanton Bern wiederholt festgestellt werden.

Im weitern dürfen wir nicht vergessen, dass sich auch im tieferen Mittelland topographisch bedingte Gunstzonen finden lassen. Neben den kleineren Hügelzügen entlang des Jurasüdfusses (u.a. Mont Vully, Jolimont und Büttenberg im Westen, Born und Engelberg im Osten des Untersuchungsgebietes) sind es vor allem die grösseren Erhebungen wie Bucheggberg, Rapperswiler Plateau, Frienisberg und Forst, welche im Frühherbst recht oft aus der flachen Bodennebelschicht herausragen.

Abschliessend können wir feststellen, dass innerhalb der Nebeldecken der Mittellandsenke nur selten topographisch bedingte Auflösungseffekte zu beobachten sind. Das mag folgende Gründe haben:

Im Strömungsfeld des Mittellandes lassen sich innerhalb der Grundsicht selten Strömungen quer zur Streichrichtung des Juras feststellen (EGLI 1975 : 9–10). Wir gehen deshalb mit COURVOISIER (1976 : 7) einig, wonach am Jurasüdfuss nur vereinzelt Leeffekte auftreten, wie wir sie beispielsweise am Juranordfuss bei südlichen bis südwestlichen Winden beobachten können (BIDER und WINTER 1964, COENDET und LEISER 1977). Diese Tatsache wird zusätzlich verstärkt durch den Umstand, dass der Jura im Gegensatz zu den Alpen keine markanten Quertäler aufweist, an deren Mündung Auflösungsvorgänge eintreten können. Die Gebiete des Jurasüdhangs erweisen sich nur

insofern als Gunstlage, als dass die Kaltluft in die Senke des Mittellandes abfließen kann (Bildung einer warmen, nebelarmen Hangzone).

- *Höheres Mittelland und Voralpen*: Innerhalb der Gebiete des höheren Mittellandes und der Voralpen lassen sich höchstens in abgeschlossenen Kaltluftmulden lokale Bodennebelfelder feststellen. In der Regel sind es die Hanglagen um etwa 750 bis 850 m ü.M., welche häufiger Nebel aufweisen, da sie bei Hochnebelsituationen in den dichten Bereich der abgehobenen Stratusschicht zu liegen kommen. Da diese Hochnebel im Normalfall an eine verstärkte Turbulenz gebunden sind, erzeugen diese Strömungen eindeutig feststellbare, orographische Effekte. So können wir feststellen, dass die markanten Grenzlinien der Nebelzonen (z.B. die häufige Obergrenze des Hochnebels) mit zunehmender Reliefenergie ebenfalls leicht ansteigen. Wir haben bereits erwähnt, daß die Hochnebelereignisse in der Mehrzahl der Fälle mit mittelstarken Bisenströmungen verknüpft sind. Diese zumeist aus Nordosten wehenden Winde führen erwartungsgemäss im Bereiche des nördlichen Alpenrandes zu Luv- und Leerscheinungen. Wir werden auf derartige Effekte auch bei der Besprechung des Alpenraumes eintreten. An dieser Stelle sei speziell auf die Verhältnisse im südwestlichen Napfgebiet hingewiesen, das infolge von Leewirkungen bei Bise nur selten Boden- oder Hochnebel aufweist. Da die Nebeldecke auf Grund dieser Leerscheinungen auch vom Mittelland her kaum gegen Osten vordringen kann, dürfen die Gebiete des unteren und oberen Emmentals eindeutig als Nebel-Gunstzone angesprochen werden.

4.7.5.4. Die Nebelverhältnisse des Berner Oberlandes

Bei der Besprechung der regionalen Nebelverhältnisse im Berner Oberland müssen wir eine klare Unterscheidung zwischen dem Aaretal von Bern bis Meiringen (inklusive Thuner- und Brienersee) einerseits und den Alpentälern andererseits vornehmen. Obschon das Aaretal Bern – Thun – Interlaken – Meiringen im Gegensatz zum tieferen Mittelland zeitweise nebelfrei bleibt, muss es eindeutig als Bodennebelzone angesprochen werden. Vor allem in den Wintermonaten reicht die Nebeldecke sehr oft bis in die Gegend von Meiringen. Allerdings zeigt sie sich nur selten als homogen, und vor allem in den späteren Morgenstunden lassen sich Auflösungszone feststellen. So gelangen wir auf der Fahrt von Bern nach Thun im Raum Allmendingen nicht selten in eine auffällig nebelfreie Zone. Auch bei Hochnebel und Bise reicht die Nebeldecke sehr oft in das Aaretal hinein, und wir können bei diesen Wettersituationen die bereits genannten orographischen Effekte feststellen. BALZLI (1974: 15–16) spricht in diesem Zusammenhang von Stauwirkungen an den Ketten von Stockhorn und Niesen, und WINIGER (1974: 25) beschreibt einen schön sichtbaren Leeffekt, indem sich die bei Bise über den Brünigpass vorgeschobene Hochnebeldecke im Raum Brienersee aufzulösen vermag. Eine Darstellung der Höhenverteilung des Nebels im Raume der beiden Oberländer Seen findet sich in WANNER (1976: 58).

Die Alpentäler erweisen sich bekanntlich ebenfalls als ausgesprochene Gunstregionen. Wie wir in Kap. 4.5.1. bereits gesehen haben, dringen auch Hochnebeldecken nur selten in diese Regionen ein (WANNER 1976: 54–57). Dabei fällt uns immer wieder auf, dass höher liegende Nebeldecken bei gewissen Taleingängen oder

-engnissen auch beim Fehlen einer markanten Geländestufe scharf begrenzt werden. Obschon uns genauere mikroklimatische Untersuchungen über dieses Phänomen fehlen, dürfte es auf folgende Gründe zurückgeführt werden: In vielen Alpentälern kann sich nachts infolge der fehlenden Turbulenz sowie der tiefen Temperaturen (Übergang zu Eisnebel und Absinken der Eiskristalle) kaum eine mehrere Meter mächtige Nebelschicht bilden, und allenfalls aufkommende Winde strömen als Berg- oder Hangwinde talabwärts, was den Nebelbildungsprozess zumindest verzögern mag (adiabatische Erwärmung, Turbulenzeffekte). Obschon tagsüber die strömungsdynamischen Voraussetzungen für ein Einfließen der Nebelmasse in die Alpentäler häufig erfüllt wären (Talwindeneffekt), vermag sich die durch ein Engnis in das Alpental vordringende Nebelmasse sogleich aufzulösen. Dabei dürfte der thermische Einfluss der nachts nebelfreien und tagsüber erwärmten Talhänge ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Schliesslich muss noch auf ein Phänomen hingewiesen werden, das uns beim Eindringen von Hochnebeldecken in enge Alpentäler immer wieder auffällt: Sowohl die Ober- als auch die Untergrenze der Hochnebeldecke folgen nicht einer bestimmten Höhenkurve, sondern steigen parallel zur Talsohle an. Diese Feststellung gilt allerdings nur für geringe Neigungen der Talachse, und in der Regel können wir talaufwärts ebenfalls eine Verjüngung der vertikalen Schichtdicke des Nebels registrieren.

Betrachten wir kurz die Nebelverhältnisse der bernischen Alpentäler: Das Simmental weist ausgesprochen günstige Verhältnisse auf. Als häufige Nebelgrenze treffen wir den Talriegel der Burgflue bei Wimmis. Dringt die Nebeldecke ins Simmental ein, so erweist sich die Talumbiegung im Raum Boltigen als weitere, deutliche Nebelgrenze (BALZLI 1974 : 23). Die Nebel-Gunstzone des Kantons Bern liegt eindeutig im Raum Saanen – Gstaad, der auch im Talbodenbereich nur äusserst selten Nebel aufweist. Dabei dürfte es sich häufig um den oben beschriebenen Effekt handeln, wonach sich in abgeschlossenen, windstillen Talkesseln nur selten Nebel bilden kann. Im Kandertal reichen die Nebeldecken meistens bis in die Gegend von Mülenen. Bei höher liegenden Nebeldecken treten als Grenzen die Gegend von Kien oder ganz selten sogar die Talstufe gegen Kandersteg (Raum Mitholz) oder Adelboden (Grenze knapp oberhalb Frutigen) deutlich hervor. DESCHWANDEN (1974) hat in Adelboden mit Hilfe eines dichten Beobachtungsnetzes die auch für die Kurortplanung bedeutenden Unterschiede in der Morgennebelhäufigkeit ermittelt. Obschon es sich bloss um die Beobachtungen aus acht Wintermonaten handelt, dürfen wir annehmen, dass der Raum des Dorfes als Nebelgunstzone angesprochen werden darf. Die Beobachtungsergebnisse im Lütchental lassen darauf schliessen, dass dieses Gebiet ähnliche Nebelhäufigkeiten aufweist wie das Kandertal. Bereits im südlichen Teil der Gemeinde Interlaken stellen wir günstigere Nebelverhältnisse fest, und auch hartnäckige Hochnebeldecken dringen nur selten durch den Taleingang bei Wilderswil vor. Als ebenso vorteilhaft dürfen wir die Nebelsituation des Haslitals oberhalb Meiringen bezeichnen, und einzig in Guttannen kann lokal eine gewisse Zunahme registriert werden, wobei nur schwer zu entscheiden ist, ob dieses Phänomen vor allem auf die Nebel bei antizyklonalem Wetterverlauf oder auf Hangnebel zurückgeführt werden muss.

Zum Schluss sei noch eine kurze Bemerkung zur Verteilung der Hangnebelereignisse angebracht: Wie wir bei der Besprechung der Kartenlegende bereits angedeutet haben, nimmt die Hangnebelhäufigkeit mit der Höhe stark zu. Wir haben jedenfalls

keine Anzeichen dafür gefunden, dass die Zahl der Hangnebeltage oberhalb eines bestimmten Niveaus wieder zurückgeht. Hingegen kann mit Bestimmtheit festgestellt werden, dass die Verhältnisse im Hochgebirge lokal sehr stark abweichen, und speziell Pass- und Gipfelregionen (z.B. Grimsel-Hospiz und Jungfrauojoch) erweisen sich als sehr nebelreich.

Damit schliessen wir die regionale Beschreibung der Nebelverteilung ab und stellen fest, dass viele lokale Eigenheiten nicht oder nur am Rande erwähnt werden konnten. In einem nächsten Abschnitt möchten wir uns kurz über die raumplanerische Bedeutung der Karte aussprechen und hernach einige Ratschläge zu deren Verwendung vermitteln.

4.8. Die Verwendung der Nebelkarte in der Raumplanung

Ohne Zweifel gehört der Nebel zu jenen Klimaelementen, welche häufig bei raumplanerischen Entscheiden mitberücksichtigt werden müssen. Hauptsächlich zwei Gründe können für diese Tatsache verantwortlich gemacht werden:

1. Die "Schönwetternebel" (Boden- und Hochnebel), welche genetisch zum grossen Teil auf Ausstrahlungseffekte zurückzuführen sind, zeigen eine sehr hohe Korrelation zur mittleren Verteilung der Inversionen und der Kälteseen. Sie eignen sich somit als Indikatoren austauscharmer Verhältnisse bei konvektiv-antizyklonalen Wetterlagen.
2. Die Nebelverteilung lässt Rückschlüsse auf die Sonnenscheindauer während des ohnehin sonnenscheinarmen Winterhalbjahres zu.

TSCHIRHART (1974 : 1) erwähnt deshalb, dass der Nebel im Zusammenhang mit diversen menschlichen Aktivitäten berücksichtigt werden muss: Gesundheit, Landwirtschaft, Behinderung von zahlreichen Arbeiten, Verkehr in der Luft und am Boden. Sehr wertvolle Hinweise auf die praktische Verwendung von Nebelkarten verdanken wir SCHIRMER (1974 und 1976). Wir stützen uns deshalb in unseren Aussagen sehr stark auf seine Ergebnisse ab.

Bei der Benützung der vorliegenden Nebelkarte muss erneut auf die Einschränkung hingewiesen werden, dass diese Karte einerseits nur für das Winterhalbjahr und andererseits nur für den Morgentermin (07.00 bis 08.00 Uhr) Gültigkeit besitzt.

4.8.1. Industriestandorte

Die Zone häufiger Bodennebel dürfte praktisch mit jenen Räumen übereinstimmen, welche die grösste Inversionsgefährdung aufweisen. Diese zumeist flachen und verkehrsreichen Gebiete eignen sich somit für den Standort von Grosseinstallationen nur sehr schlecht, und grössere Industriensammlungen in der Zone häufiger Bodennebel können bei langandauernden Hochdrucklagen zu hohen lufthygienischen Belastungswerten führen. Da diese Gebiete auch bei Hochnebellagen (Nebelmeere mit Höheninversionen) unter der Nebeldecke liegen, nützen oft auch grosszügige Kamindimensionierungen nur sehr wenig, und es bleibt abzuklären, wie weit sich auch der Bau von Kühltürmen in derartigen Regionen (z.B. Gösgen) negativ

auswirken kann. Wir müssen uns deshalb ernsthaft fragen, ob sich der vermehrte Aufwand lohnen würde, wenn wir derartige Bauwerke in eine Zone grösseren Luftaustausches (z.B. nebelarme Hangzone oder Hangnebelzone) verlegen.

Schliesslich möchten wir noch auf den Nebelfrost oder Rauhreif hinweisen, welcher innerhalb der Hoch- und Hangnebelzone sehr oft technische Einrichtungen befallen kann (Freileitungen, Sendemaste usw.). Speziell in der Hochnebelzone finden sich zudem grosse Ansammlungen von Schadstoffen, die gravierende Schäden hervorrufen können. Aus diesen Gründen dürfte sich vor allem die nebelarme Hangzone für den Bau derartiger Einrichtungen anbieten.

4.8.2. *Verkehr*

Dichter Nebel bedeutet sowohl für den Verkehr auf dem Boden als auch in der Luft eine grosse Behinderung. WEBER (1975: 6) macht den Vorschlag, dass für den Strassenverkehr Nebelkarten gezeichnet werden müssen, welche die Zahl jener Nebeltage zeigen, an denen die horizontale Sicht unter 200 m sinkt. Da der Bodennebel auch für den Luftverkehr eine grosse Gefahr bedeutet, muss die Zone häufiger Bodennebel für den Verkehr als ungünstig bezeichnet werden. Weil in den Messnetzen der Kantone Bern und Solothurn eine Unterscheidung in Nebel mit Sichtweite von 200 bis 1000 m und dichte Nebel mit Sichtweite 0 bis 200 m vorgenommen wird, konnte die Zahl der Tage mit dichtem Nebel ohne Schwierigkeiten ausgezählt werden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass auch bei dieser Betrachtungsweise die Zone häufiger Bodennebel mit grossen Nebelhäufigkeiten negativ in Erscheinung tritt. Immerhin muss erwähnt werden, dass auch im Bereich der Hochnebelzone oft geringe Sichtweiten auftreten können. Schliesslich erinnern wir an die Wirkungen des Glatteises, welches in Nebelzonen im Winter sehr regelmässig beobachtet werden kann. Grundsätzlich können die nebelarme Zwischenzone und die nebelarme Hangzone als optimale Gebiete für die Anlage von Verkehrsachsen und Flugplätzen angesprochen werden. In jedem Fall empfiehlt es sich, dass zusätzlich lokale Nebeluntersuchungen vorgenommen werden.

4.8.3. *Landwirtschaft*

Die Zone des intensiven Gemüse- und Ackerbaus deckt sich in vielen Bereichen des Untersuchungsgebietes mit der Zone häufiger Bodennebel. Da der Bodennebel als eindeutiger Indikator für eine grössere Kaltluftgefährdung angesprochen werden darf, muss beim Anbau empfindlicher Kulturen speziell auf mikroklimatische Besonderheiten Rücksicht genommen werden (Kaltluftströme, Frostlöcher usw.). Kulturen, welche sehr stark der Spätfrostgefährdung unterliegen (z.B. Obstbau), sollten nach Möglichkeit oberhalb der Kaltluftobergrenze in der nebelarmen Zwischenzone angebaut werden. Für Spezialkulturen, welche durch Treibhäuser vor der Kälte geschützt werden, dürfte sich auch die im Winter sonnenscheinreiche nebelarme Hangzone sehr gut eignen.

4.8.4. *Tourismus / Gesundheits- und Siedlungswesen*

DESCHWANDEN (1974: 3) erwähnt, dass sich der Nebel auf Grund seiner Tropfenspektren und seiner hohen Luftfeuchtigkeit ausgezeichnet als Transportmittel für Mikroorganismen eignet. Diese Effekte dürften vor allem in der Bodennebelzone auftreten. Die Ergebnisse von BECKER, UNDT und DAUBERT (zit. in SCHULZ 1963: 22) sowie AESCHBACHER und MELI (1977: 49–53) lassen jedoch den Schluss zu, dass in dicht besiedelten Gebieten auch die Hochnebelzone zu den bioklimatisch ungünstigen Zonen gezählt werden muss.

Die Figuren 4.6 und 4.9 zeigen uns deutlich, dass im Höhenbereich ab 950 bis 1000 m nur noch selten derart belastende "Schönwetternebel" auftreten. Damit sei gezeigt, dass die nebelarme Hangzone eindeutig als bioklimatische Gunstzone angesprochen werden kann, welche sich für die Anlage von Spitälern, Sanatorien, Alters- und Erholungsheimen sowie überhaupt von Siedlungen aller Art speziell gut eignet. BALZLI (1974: 55) erwähnt die Möglichkeit, dass die nebelarme Hangzone sowie die nebelarmen Alpentäler als eigentliche Gunstzonen des Herbsttourismus ausgeschieden werden können, da sich diese Gebiete bei Nebel in den tieferen Regionen meist noch durch sommerliche Wärme auszeichnen. Schliesslich muss erwähnt werden, dass auch die Hangnebelgebiete eine ausgezeichnete Eignung für den Wintertourismus aufweisen, da sie bei langandauernden Boden- oder Hochnebel-situationen ebenfalls vom reichhaltigen Angebot an Sonnenscheindauer und Strahlung profitieren können.

4.8.5. *Forstwirtschaft*

Für die Belange der Forstwirtschaft sei lediglich angetönt, dass im Bereiche des Hoch- und speziell des Hangnebels beträchtliche Mengen von Nebelniederschlag (z.T. in der Form des Rauhreif) auftreten, welche unter Umständen für die Vegetation von Bedeutung sein können. SCHIRMER (1970: 145) erwähnt, dass sich die Hangnebellagen im Hunsrück aus diesem Grund sehr gut für die Aufzucht der Sitka-Fichte eignen.

Am Schluss bleibt uns noch festzustellen, dass sich die gegebenen Hinweise allesamt auf die isolierte Betrachtung des Nebels als raumplanerisches Element beziehen. Wir sind uns jedoch voll und ganz bewusst, dass viele Entscheide der Raumplanung durch andere Faktoren oder gar Sachzwänge bestimmt werden.

4.9. **Zukünftige Fragestellungen**

Wir haben uns in der vorliegenden Arbeit das Ziel gesteckt, die räumliche Nebelstruktur des Untersuchungsgebietes möglichst genau zu erfassen. Dabei mussten wir unsere Untersuchungen in doppelter Hinsicht einschränken: Zum ersten betrafen viele der gemachten Aussagen lediglich die lufthygienisch bedeutende Gruppe der "Schönwetternebel". Zum zweiten bezog sich ein Grossteil der graphisch und kartographisch dargestellten Resultate bloss auf den Zeitpunkt der maximalen Nebelausdehnung am frühen Morgen (07.00 bis 08.00 Uhr). Wir haben damit

angedeutet, dass in Zukunft einerseits der Beobachtung der Hangnebel in höheren Gebirgsregionen und andererseits der Registrierung des Nebelgeschehens rund um die Uhr in Muldenlagen mit schlechten Austauschverhältnissen grössere Beachtung geschenkt werden muss. Mit diesem Wunsch nach weiteren Nebeluntersuchungen, welchem nach unserer Ansicht entsprochen werden könnte, verbinden wir eine Forderung, deren Erfüllung uns trotz des erforderlichen Aufwandes als wünschenswert erscheint:

Der Nebelreichtum entlang der Jurasüdfusslinie lässt nämlich die bereits erwähnte Frage aufkommen, ob sich in den Nebelkörpern dieser Gebiete im Winter derart grosse Schadstoffmengen ansammeln können, dass bereits Schäden an Mensch, Tier und Pflanze auftreten. Aus diesem Grund sollten wir unbedingt Mittel bereitstellen, um in diesen Gebieten sowohl luftchemische als auch mikrometeorologische Messungen (Messfahrten, Feinsondagen) durchzuführen!

4.10. Literaturverzeichnis

- AESCHBACHER, R. und MELI, R., 1977: Die Schwefeldioxyd-Belastung der Bieler Stadtluft. Unveröff. Hausarbeit, Geogr. Institut, Bern, 56 S.
- BALZLI, M., 1974: Die Nebelarmut im Berner Oberland. Unveröff. Prosem. arbeit, Geogr. Institut, Bern, 61 S.
- BERLINCOURT, P. und HEIM, M., 1978: Zur Dynamik der Nebelmeere im Schweizerischen Mittelland. Film, Geogr. Institut, Bern, Ausführungszeit: ca. 20 Min.
- BIDER, M. und WINTER, H., 1964: Untersuchungen über die Nebelverhältnisse bei Basel. Verhandl. d. Sz. Naturforsch. Ges., 144. Jahresvers.: 106–108
- COENDET, M. und LEISER, F., 1977: Nebelverteilung im Raum Basel aus Satellitenbildern. Unveröff. Sem. arbeit, Geogr. Institut, Bern, 70 S.
- COURVOISIER, H. W., 1962: Nebelperioden und ganztägige Nebel in Zürich – Kloten und deren Prognose. Unveröff. Bericht, Flugwetterzent. Zürich-Flughafen, 13 S.
- 1976: Die Abhängigkeit der Sonnenscheindauer vom kleinräumigen Druckgradienten in den Niederungen bei winterlichen Inversionslagen. Arbeitsber. d. Sz. Met. Zentralanstalt, Nr. 62, 9 S.
- DESCHWANDEN, P. von, 1974: Nebelbeobachtung und Kurortplanung. Inform. u. Beiträge z. Klimaforschung, Nr. 12: 21–23
- EGLI, H. R., 1975: Klima und Wetter von Biel. Unveröff. Prosem. arbeit, Geogr. Institut, Bern, 35 S.
- FRIEDERICH, R. und HÄUSELMANN, F., 1976: Die Ventilation im Becken von Bern – Bericht zum Meteofilm. Unveröff. Hausarbeit, Geogr. Institut, Bern, 131 S.
- KUENG, P., 1977: Zum Problem der Nebelauflösung im Dezember. Unveröff. Prakt. bericht, Geogr. Institut, Bern, 3 S.
- MATHYS, H. und WANNER, H., 1975: Sonnenscheindauer, Bewölkung und Nebel. Beitr. z. Klima d. Region Bern, Nr. 5, 117 S.
- PRIMAULT, B., 1972: Etude méso-climatique du Canton de Vaud. Cah. de l'aménagement régional, Nr. 14, 186 S.
- SCHACHER, F., 1974: Nebelkarte der Schweiz. Unveröff. Diplomarbeit, Geogr. Institut, Zürich, 61 S.
- SCHIRMER, H., 1970: Beitrag zur Methodik der Erfassung der regionalen Nebelstruktur. Abhandl. d. 1. Geogr. Instituts der FU Berlin, Bd. 13: 135–146

- 1974: Methodischer Beitrag zur Kartierung der Nebelverhältnisse in Gebirgsgebieten. Zbornik meteor. i. hidrol. radova, Nr. 5: 277–281
 - 1976: Klimadaten. Dt. Planungsatlas, Bd. I: Nordrhein-Westfalen, Lieferung 7. Veröffentl. d. Akad. f. Raumforschung u. Landesplanung, 22 S.
- SCHNEIDER-CARIUS, K., 1953: Die Grundschicht der Troposphäre. Probleme d. kosm. Physik, Bd. 26, 168 S.
- SCHNEIDER, R., 1954: Brouillard et Stratus bas (brouillards élevés) à l'Aéroport de Zürich-Kloten. Annalen d. Sz. Met. Zentralanstalt, 90. Jg.: Anhang
- SCHÜEPP, M., 1955: Die Nebelverhältnisse im schweizerischen Voralpengebiet. Annalen d. Sz. Ges. f. Balneologie u. Klimatologie, 44./45. Heft: 37–44
- 1963: Bewölkung und Nebel. Beiheft z. d. Annalen d. Sz. Met. Zentralanstalt, Heft H, 68 S.
 - 1974: Die klimatologische Bearbeitung der Nebelhäufigkeit. Bonner Meteorol. Abhandl., Heft 17: 505–511
- SCHULZ, L., 1963: Die winterliche Hochdrucklage und ihre Auswirkung auf den Menschen. Ber. d. Dt. Wetterd., Nr. 88, 28 S.
- STEINHAUSER, F., 1969: Der Tagesgang der Bewölkung und der Nebelhäufigkeit in Österreich. Arb. a. d. Zentralanstalt f. Met. u. Geodyn., Wien, Heft 6, 14 S.
- STUCKI, H., 1977: Nebel im Seeland. Unveröff. Hausarbeit, Geogr. Institut, Bern, 71 S.
- TSCHIRHART, G., 1974: Caractéristiques physique générales des brouillards. Mon. d. 1. Météorologie Nat. d. France, Nr. 92, 48 S.
- WANNER, H., 1971: Die Nebelverhältnisse im Winter 1970/71 (Oktober–März). Beitr. z. klimatol. Grundlagenforschung, Nr. 6, 36 S.
- WANNER, H. und KRUMMEN, A., 1973: Sonnenscheindauer, Bewölkung und Nebel im Raum Bern SE. Jahrbuch d. Geogr. Gesellschaft Bern, Bd. 50/1970–72: 47–53
- WANNER, H., 1976: Zur Nebelhäufigkeit im Raum Thuner- und Brienersee. Jahrbuch v. Thuner- u. Brienersee: 47–59
- 1978: Zur Bildung, Verteilung und Vorhersage winterlicher Nebel im Querschnitt Jura-Alpen. Diss. phil. nat., Bern, 225 S.
- WEBER, O., 1975: Nebel/Sichtweiten. Arbeitsber. d. Sz. Met. Zentralanstalt, Nr. 50, 16 S.
- WINIGER, M., 1974: Die raum-zeitliche Dynamik der Nebeldecke aus Boden- und Satellitenbeobachtungen. Inform. u. Beiträge z. Klimaforschung. Nr. 12: 24–30
- ZINGG, T., 1945: Die Nebel- und Hochnebelhäufigkeiten in Dübendorf in den Jahren 1938/1944. Annalen d. Sz. Met. Zentralanstalt, 81. Jg.: Anhang

4. 11. Verzeichnis der Figuren und Tabellen

4.11.1. Verzeichnis der Figuren

| | |
|---|-----|
| 4.1 Vertikalverteilung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit während der drei Phasen der Strahlungsnebelbildung | 118 |
| 4.2 Pentadenwerte der prozentualen Häufigkeit von Bodennebel im bernischen Mittelland . | 119 |
| 4.3 Pentadenwerte der prozentualen Häufigkeit von Hochnebel im bernischen Mittelland . . | 120 |
| 4.4 Regionale Mittelwerte der prozentualen Häufigkeit von Boden- und Hochnebel | 121 |
| 4.5 Dekadenwerte der prozentualen Häufigkeit geschlossener Boden- und Hochnebeldecken im bernisch-solothurnischen Mittelland | 122 |
| 4.6 Höhenverteilung der prozentualen Häufigkeit bestimmter Nebelobergrenzen bei geschlossener Nebeldecke im bernischen Mittelland | 123 |
| 4.7 Bern MZA und Bern-Belpmoos: Isoplethen der Nebelhäufigkeit | 125 |
| 4.8 Vergleich der bei der Nebelkartierung benützten 5jährigen Beobachtungsreihe mit einer 20jährigen Reihe anhand von drei ausgewählten Stationen | 132 |
| 4.9 Höhenverteilung der Nebelhäufigkeit im gesamten Untersuchungsgebiet in drei verschiedenen Winterhalbjahren | 133 |

4.11.2. Verzeichnis der Tabellen

| | |
|--|-----|
| 4.1 Übersicht über die bei der Kartierung benützten Nebelbeobachtungen | 114 |
| 4.2 Nebelklassifikation nach räumlichen Gesichtspunkten | 117 |
| 4.3 Winter 1972/73: Nebelstunden, mittlere monatliche Nebelauflösungszeiten sowie Zahl der Tage ohne Nebelauflösung für 25 ausgewählte Stationen | 126 |
| 4.4 Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Nebelkartierung | 135 |