Mitt. Pollichia	63	10-44	11 Abb.	7 Tab.	Bad Dürkheim 1975

Michael GEIGER

Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz

Kurzfassung

GEIGER, M. (1975): Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz. — Mitt. Pollichia, **63**: 10—44, 11 Abb., 7 Tab., Bad Dürkheim/Pfalz

Die Arbeit beruht auf Geländeuntersuchungen vor allem im Weinbaugebiet zwischen Neustadt/Wstr. und Edenkoben. Sie stellt verschiedene Methoden mesoklimatischer Forschung an jeweils einem Beispiel dar. Die Untersuchungen stützen sich auf Beobachtungen der Nebelverbreitung und auf phänologischen Beobachtungen der Spätfrostschäden, der Blütenbildung, des Rebenertrags und des Laubfalls der Weinrebe. Ferner werden Meßergebnisse stationär aufgestellter Thermohygrographen und Minima-Maxima-Thermometer beschrieben. Es wird eine Isothermenkarte bei nächtlicher Inversionslage erläutert, die mit Hilfe mobiler Meßgeräte entwickelt wurde. Schließlich dienen Infrarot-Photos der mesoklimatischen Interpretation.

Die Untersuchungen greifen aus dem Komplex Klima den Faktor Temperatur heraus, wobei es vor allem auf die reliefbedingte Temperaturverteilung bei Strahlungswetterlagen, bei geringer advektiver Luftbewegung also, ankommt. Die Notwendigkeit solcher Geländeuntersuchungen für verschiedene Bereiche wie der landesökologischen Grundlagenforschung, der Umweltforschung, der Raumordnung und der Landespflege werden herausgestellt.

Abstract

GEIGER, M. (1975): Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz [Methods, results and consequences of mesoclimatical studies in the eastern Palatinate]. — Mitt. Pollichia, **63**: 10—44, 11 fig., 7 tab., Bad Dürkheim/Pfalz.

This study is based on field work in the wine-growing area between Neustadt a. d. W. and Edenkoben. It discusses various methods of mesoclimatical research, each method being demonstrated by an example. The study is based on observations of the distribution of fog and phenological observations of late-frost damage, formation of flowers, of the vintage and the fall of the leaves of the wine. Furthermore on test results of stationary thermo-hygrographs and minima-maxima thermometers are described. A map of isotherms, which was produced using mobile instruments, is discussed. Finally infra-red images are used in the mesoclimatical interpretation.

The study takes the temperature factor out of the whole complex of the climate and concentrates on the surface-bound distribution of temperatures during strong irradiation. The necessity of mesoclimatical research is emphasized for various fields like ecology, environmental studies and land management.

Résumé

GEIGER, M. (1975): Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz [Méthodes, résultats et conséquences des études mésoclimatiques dans la partie orientale du Palatinat]. — Mitt. Pollichia, **63**: 10—44, 11 fig., 7 tab., Bad Dürkheim/Pfalz.

Cette étude est basée sur des recherches de terrain entreprises specialement dans la région vinicole entre Neustadt/Wstr. et Edenkoben. Elle présente des méthodes différentes de recherches mésoclimatiques en utilisant un seul exemple pour chaque méthode. Ces recherches s'appuient sur des observations de la diffusion du brouillard ainsi que sur des observations phénologiques sur la champlure, l'inflorescence, le rendement des vignes et la défeuillaison des ceps de vignes. A cela s'ajoute la description des résultats mesurés par thermo-hygrographes et sur des thermomètres à minima et maxima en place sur le terrain. Cette étude analyse une carte isothermique dressée selon des observations nocturnes d'inversion de températures et à l'aide d'instruments de mesure transportables. En outre quelques photos à l'infrarouge servent à l'interprétation mésoclimatique.

Ces recherches mettent le facteur température en relief par rapport aux données climatiques générales et en particulier la répartition de la température en relation avec le relief, en fonction de la réverbération par temps clair et faible mouvement horizontal de l'air. Elles font également ressortir la nécessité de telles observations sur le terrain dans des domaines variés comme par exemple: les recherches fondamentales d'écologie régionale, l'étude sur l'environnement et l'aménagement du territoire ainsi que la protection du cadre naturel.

1. Einleitung 11

2. Untersuchungsmethoden und Ergebnisse 13
2.1. Beobachtung der Nebelverbreitung 14
2.2. Phänologische Beobachtungen und Kartierungen im Weinbaugebiet . 17
2.2.1. Beobachtung und Kartierung von Spätfrostschäden der Weinrebe . 17
2.2.2. Beobachtung des Austriebs und der Blütenbildung der Weinrebe . . 19
2.2.3. Bestimmung des Rebenertrags 21
2.2.4. Beobachtung und Kartierung der Laubverfärbung und des Laubfalls bei Weinreben 23
2.3. Ergebnisse stationärer Meßgeräte 26
2.4. Ergebnisse mobiler Meßgeräte 33
2.5. Auswertung von Infrarot-Luftaufnahmen 34
2.5.1. Interpretation eines Thermalluftbildes 34
2.5.2. Interpretation eines Infrarot-Satellitenbildes 36

3. Zusammenschau, Folgerungen und Ausblick 38
3.1. Die mesoklimatische Kartierung im Rahmen landschaftsökologischer Raumgliederung 38
3.2. Mesoklimatische Fallstudien im Dienst des Umweltschutzes und der Geomedizin 39
3.3. Mesoklimatische Untersuchungen und Aufgaben der Raumordnung, Landesplanung und Landespflege 40

4. Nachbemerkungen 42

5. Literaturverzeichnis 42

1. Einleitung

Die langjährigen Beobachtungen der Wetterstationen bilden die Grundlage unserer klimatischen Karten (Wetterkarte, klimatische Übersichtskarten der Atlanten). Diese Kartensammlungen, wie etwa der Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz oder die Atlanten anderer Bundesländer, geben uns einen

anschaulichen Überblick der Klimaelemente in Abhängigkeit ihrer geographischen Lage. In der Zusammenschau der einzelnen Klimafaktoren lassen sich großräumige Klimazonen, Klimabereiche und Klimabezirke eines Landes abgrenzen. So gesehen gehört die Vorderpfalz zu folgenden Klimagebieten:

Klimazone: Gemäßigte Zone
Klimabereich: südwestdeutscher Klimabereich
Klimabezirk: nördliches Oberrhein-Tiefland

Beim Studium makroklimatischer Karten muß man sich allerdings bewußt sein, daß sie in zweifacher Hinsicht kein reales Bild des Klimas widerspiegeln. Einerseits nämlich liegen die Wetterstationen in einem weitmaschigen Netz. So beträgt die Anzahl der Klimastationen in Rheinland-Pfalz (19 837 km²) 35, d. h. eine Klimastation je 567 km². Für den Raum um dieses punktuelle Beobachtungsnetz täuschen die makroklimatischen Karten einen nicht vorhandenen Kenntnisstand vor. Die stadt- und geländeklimatische Forschung beweist wie wechselhaft z. B. Temperaturen und Niederschläge auf kürzesten Entfernungen sind.

Andererseits lassen die langjährigen Mittelwerte, die den makroklimatischen Karten zugrunde liegen, die auftretenden Extremwerte oder Anomalitäten nicht in Erscheinung treten. Ein Beispiel möge dies unterstreichen:

Auf Grund der Jahresmittel- oder Monatsmitteltemperaturen zeigt sich die thermische Begünstigung der vorderpfälzischen Rheinebene gegenüber dem angrenzenden Bergland des Pfälzerwaldes:

Wetterstation Neustadt 10,05 °C — Weinbiet 7,7 °C — Kaiserslautern 8,65 °C (Jahresmittelwert der Jahre 1951—1970). Für die überwiegende Zahl der Tage eines Jahres trifft auch zu, daß sich die Rheinebene stärker erwärmt als das angrenzende Bergland. Bei bestimmten Wetterlagen beobachtet der Bewohner der Rheinebene aber genau das Gegenteil (siehe Abb. 1 u. 11 u. Tabelle 1). Kühler Nebel bedeckt dann die Rheinebene, während die Berge im strahlenden Sonnenschein sich erwärmen. Solche Temperatur-Inversionen treten relativ häufig, überwiegend nachts und in den Morgenstunden bei aufklarendem Strahlungswetter, auf.

So gesehen genügen die auf dem Grobraster der Wetterstationen beruhenden makroklimatischen Mittelwertskarten nicht allen Ansprüchen, z. B. der Raumplanung, der Umweltforschung, der Geomedizin, der Landwirtschaft, des Landschaftsschutzes u. a. Hierzu ist eine genauere Differenzierung der Klimafaktoren im Vergleich nahbenachbarter Standorte sehr bedeutsam. Für diese speziellen Erfordernisse wären großmaßstäbige Klimakarten notwendig, die auch auftretende Extremwerte darstellen. Die klimatische Bewertung kleinerer Landschaftsräume macht die Ergänzung der „Mittelwertsklimatologie" durch die „Extremwertklimatologie" erforderlich.

Dementprechend muß man von der großräumigen Betrachtung des Klimas zu differenzierteren Formen klimatischer Untersuchungen übergehen. Ohne an dieser Stelle verschiedene terminologische Auffassungen zu erläutern (siehe Eriksen 1975, Weischet 1972), sollen den einzelnen Raumeinheiten hier folgende Begriffe zugeordnet werden:

Raumeinheit	Klimabegriff
Kontinent, Land, Landschaft	Makroklima oder Regionalklima
Bergland, Hügelland, Stadtlandschaft	Mesoklima oder Subregionalklima mit Unterformen: Gelände- und Stadtklima
Tal, Berghang, Höhenrücken	Lokalklima
bodennahe Grenzschicht unter 2 m	Mikroklima

Der Wert mesoklimatischer Untersuchungen liegt wohl vor allem darin, klimatische Kennwerte eines Raumes zu erbringen. Hier erfüllt die klimatische Forschung eine wichtige Aufgabe im Rahmen der landschaftsökologischen Umweltforschung. Die Ergebnisse stellen eine wichtige Grundlage raumplanerischer Tätigkeit dar.

Neben anderen Fragestellungen gilt es hierbei, vor allem Ergebnisse zu folgenden Aufgabenfeldern durch Beobachtung und Messungen zu ermitteln.

1. Zusammenhang zwischen der Oberflächengestaltung und den klimatischen Parametern Temperatur, Wind, Niederschlag u. a.
2. Beschreibung mesoklimatischer Systeme
3. Unterschiedliche Einwirkung des Mesoklimas auf die Umwelt, speziell auf die Wirtschaftslandschaft und auf das Wohlbefinden des Menschen
4. Beeinflussung und Veränderung des Mesoklimas durch die raumgestaltende Tätigkeit des Menschen

Im Rahmen dieser Aufgabenfelder laufen verschiedene Untersuchungen des Verfassers, wobei die klimatischen Parameter Temperatur und Wind eine besondere Beachtung finden. Über die Methoden und über einige Ergebnisse dieser Untersuchungen soll hier berichtet werden. Weitere spezielle Untersuchungen zu den genannten Aufgabenfeldern befinden sich in Vorbereitung.

2. Untersuchungsmethoden und Ergebnisse

Das Beobachtungsmaterial makroklimatischer Untersuchungen wird in der Regel mittels stationärer Beobachtungsstellen über lange Zeiträume hin gewonnen. Ähnliches kann von mesoklimatischen Studien nicht gefordert werden. Hier kommt es wesentlich darauf an, an möglichst vielen Orten des Untersuchungsraumes möglichst zu gleicher Zeit Messungen vorzunehmen. Das bedingt den Einsatz mobiler Meßgeräte, deren Ergebnisse durch stationäre Basisstationen abgesichert werden. Daneben kommt der Geländebeobachtung eine erhöhte Bedeutung zu. Die folgende Übersicht stellt die Untersuchungsmethoden einander gegenüber:

Mesoklimatische Untersuchungsmethoden

Beobachtungen im Gelände	**Messungen im Gelände**
Kartierung von Bodennebel	stationäre Messung
phänologische Beobachtungen	Wetterhütten mit
Frostschäden	Thermohygrographen
Austrieb und Blütenbildung	Minima-Maxima-Thermometer

Laubverfärbung und Laubfall	mobile Messungen
Ertrag	Meßfahrten oder Meßgänge mit Widerstands- oder Halbleiterthermometer
	Infrarot-Photographie
	Thermalbilder mit Radiometermessungen

An je einem Beispiel soll nun über diese Untersuchungsmethoden im einzelnen berichtet werden. Die phänologischen Beobachtungen beziehen sich auf die Weinrebe, da sich der Weinbau in der westlichen Vorderpfalz nahezu monokulturartig ausdehnt.

2.1 Beobachtung der Nebelverbreitung

Nicht selten blickt man im Herbst von hochgelegenen Aussichtspunkten des Pfälzerwaldes über nebelerfüllte Täler und über die Nebelschicht der Rheinebene. Man schwebt scheinbar über der am Boden liegenden „Wolkendecke", die die menschlichen Siedlungen einhüllt. Inselartig ragen die höheren Berggipfel aus dem Nebelmeer (siehe Abb. 1 und 11).

Solche Talnebel sind an die Ausbildung von Temperaturinversionen gebunden, die sich vor allem bei windstillen, wolkenarmen Hochdrucklagen einstellen. Die erhöhte Ausstrahlung in klaren Nächten führt zum stärkeren Absinken der Temperaturen in der bodennahen Zone und dort, nach Erreichen des Taupunktes, zur Entstehung von Strahlungsnebel. Kann sich der Nebel innerhalb der Inversionsschicht bis zum Boden durchsetzen, spricht man von Boden-Nebel siehe Abb. 1). Reicht die Inversion hoch hinauf, dann kann sich über dem Boden eine wärmere und damit nebelfreie Schicht erhalten, dann bildet sich eine Hochnebeldecke aus. Hochnebel beobachtet man ebenfalls nicht selten, sie können den ganzen Rheingraben ausfüllen (siehe Abb. 11). Diese wird dann nur von den höheren Lagen der Randgebirge überragt. Gewöhnlich löst sich der Talnebel im Laufe des Vormittags auf, hier handelt es sich um den Typ der „Morgeninversion". Die Hochnebel im Rheingraben halten sich oft länger am Tag oder überdauern sogar einige Tage. Havlik (1970 : 134) spricht in diesem Zusammenhang von „Tagen mit Morgeninversionen", „Tagen mit mittäglicher Inversionsauflösung" und „Tagen mit ganztägiger Temperaturinversion". Auf die Häufigkeit solcher Inversionslagen in der Vorderpfalz wird in einer späteren Arbeit einzugehen sein.

Die recht scharfe Obergrenze der Nebelschicht fällt mit der Grenzschicht der Inversion zusammen. Interessant ist es, den Temperaturgang bei solchen Inversionslagen am Beispiel der Wetterstationen Neustadt/Weinstr. (163 m) und Weinbiet (553 m) miteinander zu vergleichen, die der Luftlinie nach nur 2,5 km voneinander entfernt sind (Tab. 1):

An Hand der Temperaturdifferenzen und der Mittelwerte gewinnt man sehr rasch einen Überblick des sehr unterschiedlichen Temperaturgangs während dieser 5 Tage bei beiden Meßstationen. Die negativen Differenzwerte verweisen auf eine vorherrschende Temperaturinversion. Bei dem

Tabelle 1

Temperaturgang der Talstation Neustadt (163 m) und der Bergstation Weinbiet (553 m) am 1.— 5. 10. 1973

	Zeit	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	Summe	Mittel
1. 10.	Neustadt °C	10,0	10,3	10,1	9,8	9,4	9,8	10,6	13,8	13,2	12,4	11,4	10,3	131,1	10,93
	Weinbiet °C	6,5	6,8	6,9	6,9	7,6	8,1	8,0	9,8	10,5	10,1	9,0	7,8	98,0	8,17
	Differenz °C	3,5	3,5	3,2	2,9	1,8	1,7	2,6	4,0	2,7	2,3	2,4	2,5	33,1	2,76
2. 10.	Neustadt °C	7,5	6,4	7,4	8,4	10,9	13,7	16,5	18,4	17,8	15,0	14,6	13,8	150,4	12,53
	Weinbiet °C	7,6	6,8	6,5	6,3	7,5	10,0	12,4	14,7	14,8	13,5	12,2	11,5	123,8	10,32
	Differenz °C	- 0,1	- 0,4	0,9	2,1	3,4	3,7	4,1	3,7	3,0	1,5	2,4	2,3	26,6	2,21
3. 10.	Neustadt °C	12,2	11,3	10,3	10,0	12,4	14,4	18,7	20,6	19,7	16,4	13,3	11,9	171,2	14,27
	Weinbiet °C	10,1	9,4	8,5	7,9	8,3	10,4	14,0	16,5	16,4	14,6	14,4	13,6	144,1	12,01
	Differenz °C	2,1	1,9	1,8	2,1	4,1	4,0	4,7	4,1	3,3	1,8	- 1,1	- 1,7	27,1	2,26
4. 10.	Neustadt °C	10,7	9,1	7,7	7,0	10,6	14,7	16,9	18,1	17,6	14,8	12,7	10,9	150,8	12,57
	Weinbiet °C	12,4	10,6	10,2	9,5	9,4	11,7	13,6	15,2	15,0	14,0	13,9	13,2	148,7	12,39
	Differenz °C	- 1,7	- 1,5	- 2,5	- 2,5	1,2	3,0	3,3	2,9	2,6	0,8	- 1,2	- 2,3	2,1	0,18
5. 10.	Neustadt °C	9,7	8,3	7,4	7,2	8,9	11,7	13,2	15,7	15,9	13,8	12,3	11,3	135,4	11,28
	Weinbiet °C	13,0	13,1	12,1	11,8	12,1	14,2	17,0	17,6	17,7	15,1	13,1	13,1	169,9	14.16
	Differenz °C	- 3,3	- 4,8	- 4,7	- 4,6	- 3,2	- 2,5	- 3,8	- 1,9	- 1,8	- 1,3	- 0,8	- 1,8	- 34,5	- 2.88

bestehenden Höhenunterschied beider Meßstellen von 390 m und bei einem Temperaturgradienten von 0,6 °C/100 m müßten die Temperaturen der Wetterstation Neustadt um 2,34 °C über den entsprechenden Temperaturen der Wetterstation Weinbiet liegen. Die Tabelle zeigt, daß unter dem Einfluß der makroklimatischen Wetterlage und unter dem Einfluß der lokalen Gegebenheiten dies nicht ständig zutrifft. Innerhalb dieser 5 Tage schwankt der Temperaturgradient zwischen + 1,21 °C/100 m und — 1,23 °C/100 m.

Bei dem austauschreicheren Wetter am 1. — 3. 10. 1973 stellten sich ähnliche Temperaturdifferenzen ein, wobei die starke Sonneneinstrahlung am 3. 10. 1973 bei der sonnenexponierten Talstation zu einer erhöhten Erwärmung führte. Das austauscharme Wetter vom 3. — 5. 10. 1973 bei wolkenlosem Himmel bewirkte eine recht starke tägliche Einstrahlung und eine starke nächtliche Ausstrahlung. An den Temperatur-Amplituden erkennt man dies sehr gut. Am 4. 10. 1973 bildete sich noch keine Nebeldecke aus, die nächtliche Inversion löste sich in den Mittagsstunden wieder auf. In der folgenden Nacht verursachte die starke Ausstrahlung die Entstehung eines Talnebels, der sich am 5. 10. 1973 bis gegen 13.00 Uhr hielt. Deshalb bildete sich an diesem Tag eine andauernde Inversion aus, die sich erst am 6. 10. 1973 gegen 6.00 Uhr wieder auflöste.

Inwieweit die Beobachtung der Bodennebel die mesoklimatischen Untersuchungen ergänzen können, soll hier noch herausgestellt werden. In einmalig deutlicher Weise kennzeichnet die Nebelobergrenze zugleich auch den Verlauf und die Mächtigkeit von Kaltluftströmen. Innerhalb der Tallandschaft des Pfälzerwaldes werden die „Pässe" sichtbar, über die Kaltluft aus dem einen in das andere Talsystem überfließt.



Abb. 1 Herbstlicher Talnebel im Kaiserbachtal. Blick von der Madenburg oberhalb von Eschbach/Wstr. nach WSW auf den Hundsfelsen (links) und den Gr. Hahnstein (rechts)

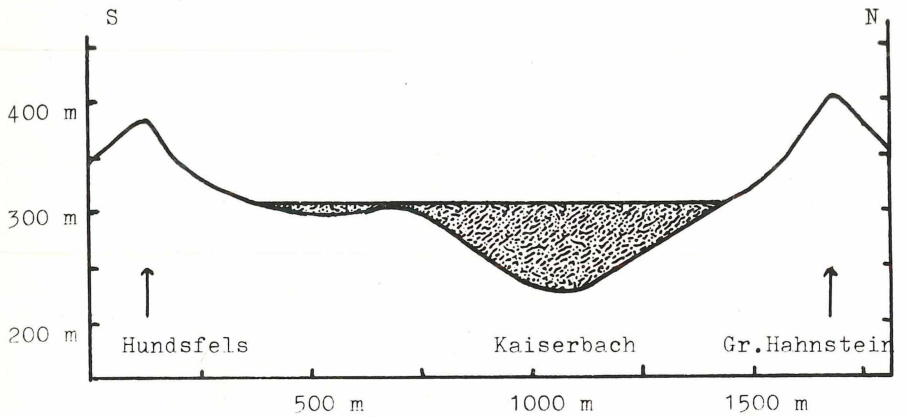


Abb. 2 Querprofil des Kaiserbachtals mit herbstlichem Talnebel (siehe Abb. 1)

Unter Verwendung der Topographischen Karte und der Abbildung 1 gelangt man zu der Abb. 2. Aus dieser kann die Kaltluftmasse, nach einer Methode wie sie FEZER (1975: 5 f.) vorschlägt, wie folgt abschätzen:

max. Breite	Mächtigkeit	Querschnitt	Geschwindigkeit	Abfluß
1 000 m	80 m	31 000 m²	ca. 0,5 m/s	15 500 m³/s

Die Windgeschwindigkeit wird mit einem Schalenkreuzanemometer (Anlaufgeschwindigkeit 1 m/s) im Tal bestimmt. In dem vorliegenden Fall war diese um 8.00 Uhr allerdings sehr gering, so daß das verwendete Anemometer nicht ansprach. Die angegebene Windgeschwindigkeit beruht auf einer Schätzung mit Hilfe von in der Luft schwebender Seifenblasen (siehe WEISE 1957 : 332).

In vergleichender Betrachtung wären in einem N-S-Längsschnitt die Talausgänge des Pfälzerwaldes eingehender daraufhin zu untersuchen, wieviel Kaltluft bei Strahlungswetter aus dem Pfälzerwald in den dicht besiedelten Rheingraben einfließt und wie weit diese Belüftung der Rheinebene reicht. Diese Frage soll in einer weiteren Untersuchung des Verfassers unter Verwendung verschiedener Kartierungsmethoden geklärt werden.

2.2 Phänologische Beobachtungen und Kartierungen im Weinbaugebiet

2.2.1 Beobachtung und Kartierung von Spätfrostschäden der Weinrebe

Sehr weit in das Frühjahr hinein können die Reben noch vom Frost geschädigt werden. Erhebliche Ertragseinbußen mußten die Winzer der Vorderpfalz als Folge der Spätfrostschäden vom 10./11. 5. 1953 und vom 5. — 9. 5. 1957 hinnehmen. Diese Schadensfälle wurden von der Agrarmeteorologischen Versuchs- und Beratungsstelle in Neustadt/Weinstraße unter der Leitung der Herren H. BURCKHARDT und A. VAUPEL kartiert (s. BURCKHARDT 1953, 1958). Mit dem Schadensfall von 1953 befaßt sich TICHY (1954) unter geländeklimatologischen Gesichtspunkten sehr ausführlich. Um einen direkten Vergleich mit Abb. 6 zu ermöglichen, wird hier ein Ausschnitt aus der Frostschadenskarte von TICHY (s. Abb. 3) wiedergegeben.

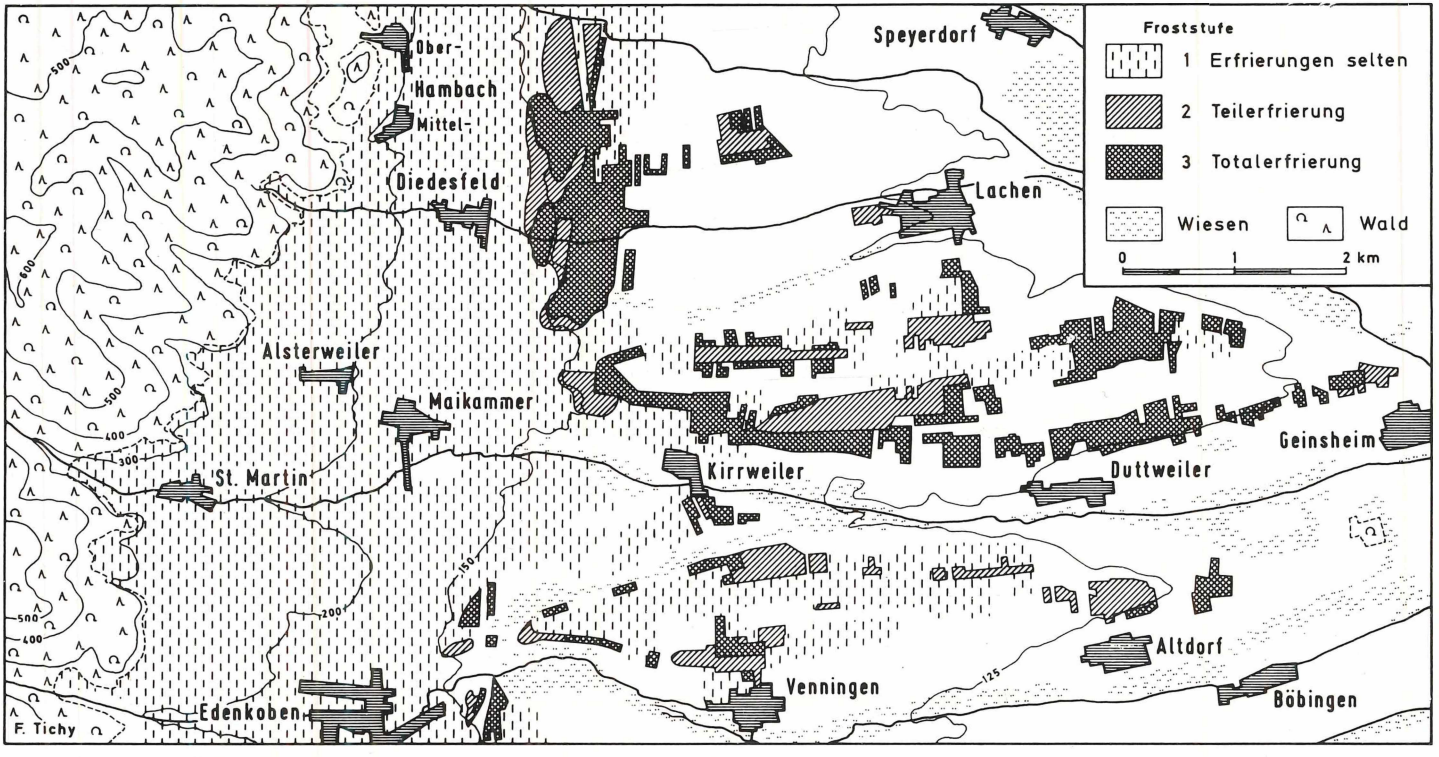


Abb. 3 Spätfrostschadenskarte im vorderpfälzischen Weinbaugebiet vom 10./11. 5. 1953 (umgezeichneter Kartenausschnitt der Übersichtskarte von TICHY 1954)

Wie es von VAUPEL (1959) an vielen Beispielen verdeutlicht wird, sind die Spätfrostschäden auf verschiedene Weise zu erklären. Durch herannahende Kaltluftfronten kommt es zu Advektivfrösten (wie vorwiegend 1957). Dabei sind die höheren Lagen stärker betroffen. Bei starker nächtlicher Ausstrahlung kann es zur Entstehung von Strahlungsfrost kommen (wie 1953 und z. T. 1959). Bei diesem modifiziert das Relief die Stärke oder das Auftreten des Frostes.

Für mesoklimatische Studien ist vor allem die Beobachtung der Strahlungsfrostschäden von Bedeutung, da sich hier der Einfluß des Geländes deutlich abzeichnet. An diesem Grenzfall wird ähnlich wie bei der Nebel- oder Dunstverbreitung die Verteilung der Kaltluft im Gelände selbst sichtbar. Die geländeklimatische Interpretation der Schadenskartierung gibt in vorbildlicher Weise die Arbeit von TICHY (1954), auf die hier weiter verwiesen wird.

2.2.2 Beobachtung des Austriebs und der Blütenbildung der Weinrebe

Der Austrieb und die Blütenbildung der Reben erfolgen nicht gleichmäßig im vorderpfälzischen Weinbaugebiet. Hier kommen vor allem sortenspezifische Unterschiede zum Ausdruck. Aber auch bei der selben Rebsorte beobachtet man je nach der klimatischen Standortsgunst unterschiedliche Austriebszeiten. Vergleicht man die Größe der jungen Triebe aus verschiedenen Weinbergen miteinander, so kann man allerdings nicht unmittelbar auf den Faktor Lokalklima rückschließen, da das Wachstum der Rebe von recht vielen Parametern den endogenen (Pflanze) und den exogenen (Umwelt, Mensch) beeinflußt wird. Lokalklimatische Einflüsse kann man eigentlich nur innerhalb einer Rebenanlage erkennen, weil dann mit einiger Sicherheit die Einwirkung der von der Pflanze und vom Menschen abhängigen Parameter als ziemlich gleich anzusehen sind. Unterschiedliche Triebläng en und verschieden große Blütenstände bzw. Gescheine kann man dann als durch unterschiedliche Einwirkung der Umweltfaktoren bedingt ansehen.

Bei dem nun zu beschreibenden Beispiel treffen diese Voraussetzungen zu. Der 6-jährige Müller-Thurgau-Bestand des Weingutes W. Müller, Ilbesheim, quert eine Langdelle und zieht sich über eine Länge von 250 m jeweils bis zur halben Riedelhöhe (s. Profil in Abb. 5 von Meßpunkt 1 bis 5). Die

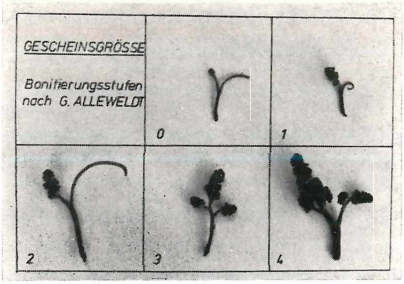


Abb. 4 Müller-Thurgau-Gescheine nach dem Bonitierungsvorschlag von ALLEWELDT (1964)

Mulde senkt sich gegenüber seinem Nordrand um 5,8 m ein. Der Riedelrücken im S überragt die Talachse um 11,6 m.

Im Frühjahr 1975 war ein späteres Austreiben und ein langsameres Wachsen der Triebe im Bereich der Talsohle gegenüber den Talhängen zu beobachten. Das veranlaßte, die Größe der Gescheine nach dem Bonitierungsvorschlag von ALLEWELDT (1964: 243) zu untersuchen (siehe Abb. 4). Dazu wurde am 27. 5. 1975 in einer Rebzeile bei jedem 4. Rebstock an einer Rute die Zahl der Triebe und die Anzahl der Gescheine je Bonitätsstufe ausgezählt.

Die Tabelle 2 stellt das Untersuchungsergebnis dar. Die Rebstöcke sind darin zu 7 Gruppen verschiedener Hangneigungsstufen zusammengefaßt. Auf dem oberen Abschnitt des nach S exponierten Nordhanges waren die Gescheine am weitesten entwickelt (Maximum der Bonitätsklasse 4). Auf der halben Höhe des Nordhanges wie auch auf dem Südhang besaßen die Ruten überwiegend Gescheine der Bonitätsklasse 3. Dagegen waren die Gescheine der Rebstöcke im Bereich der Muldenachse am wenigsten entwickelt (Bonitätsklasse 2).

Tabelle 2

Gescheinsgrößenbonitierung am 27. 5. 1975 in einem Müller-Thurgau-Bestand in Bezug zur Hangneigung

Hangneigung °C	Anzahl der Rebstöcke	Durchschnittliche Zahl der Triebe je Rute	Durchschnittliche Zahl der Gescheine je Rute und Bonitätsklasse			
			1	2	3	4
— 3—4°	5	9,4	2 8	6,0	7,0	8,0
— 1—3°	6	9,5	3,8	7,2	8,5	3,5
± 0°	3	10,0	5,0	11,0	3,3	0,3
1—3°	3	10,7	4,0	6,3	8,3	4,3
3—5°	2	9,0	2,0	4,5	8,5	4,0
5—7°	2	10,5	4,5	6,0	10,5	4,0

Für die Deutung dieses Ergebnisses kommen hauptsächlich lokalklimatische Unterschiede in Betracht. Denn die mit einem Bohrstock (Länge 1 m) gewonnenen Bodenproben wiesen bei einer visuellen Prüfung keine wesentlichen Unterschiede des erbohrten Lößlehms auf. Hier prägt offensichtlich das Kleinrelief der einzelnen Abschnitte des Talquerprofils jeweils eigene lokalklimatische Besonderheiten. In der Muldenachse sammelt sich bei Strahlungswetter die kalte Luft, die von den Talhängen abfließt und in der Muldenachse, durch das geringe Gefälle und die quer gezogenen Rebzeilen bedingt, nur langsam abzieht. Zum Beobachtungszeitpunkt bildeten die noch schwach belaubten Rebzeilen zwar noch kein bedeutendes Hindernis, man muß jedoch bedenken, daß die „Determination der Inflorescenzanlagen in den Monaten Juli/August" des vorhergehenden Jahres erfolgt, also zur Zeit der vollen Laubentfaltung (ALLEWELDT 1964: 258).

Wie in einem anderen Zusammenhang bereits mitgeteilt (GEIGER 1975 : 136), wurden mit Hilfe von Six-Thermometern die täglichen Maxima und Minima an drei Standorten zwischen dem 7. 11. — 15. 11. 1974 bestimmt. Damals sanken die Minima in der Talmulde in Strahlungsnächten (Minima bei advektiver Luftbewegung) im Durchschnitt auf — 0,8 °C (1,8 °C) ab. Die entsprechenden Werte betragen für die Mitte des Talhanges (Nordexposition) 1,4 °C (1,7 °C) und für den Riedelrücken 2,1 °C (1,5 °C). Die Maxima differieren dagegen nicht so stark: Talsohle 11,3 °C (7,6 °C) — Talhang 11,3 °C (7,9 °C) — Riedelrücken 12,4 °C (7,7 °C).

Während die Minima und Maxima bei austauschgünstigen Wetterlagen nur unwesentlich voneinander abweichen (nachts unten wärmer als oben), führen durch bodennahe Inversionen verursachte Kaltluftströme, bzw. -seen zum relativ starken Absinken der Minima im Talsohlenbereich. So gewinnt die Höhenlage über dem Talgrund eine entscheidende Bedeutung für den Austrieb und die Gescheinsgrößen.

ALLEWELDT (1964: 244 ff.) berichtet von einer positiven Korrelation zwischen der Gescheinsausbildung und den Temperaturbedingungen vor allem in der letzten Juni- und der ersten Julidekade. Die thermischen Verhältnisse im Sohlenbereich der Talmulden, die Sammeladern oder Sammelbecken von Kaltluft sind, weisen in den Strahlungsnächten ungünstigere thermische Bedingungen auf. Selbst bei relativ geringen Höhenunterschieden wie im vorliegenden Beispiel, bilden sich solche lokalklimatisch differenzierte Gebiete aus, in denen die Wechselbeziehungen Lokalklima und Rebenwachstum sichtbar werden. So machen der zurückgebliebene Entwicklungsstand der Triebe und der Gescheine auf lokalklimatische Eigenarten aufmerksam. Umgekehrt kann man wohl aus der Kenntnis der Kaltluftgebiete auf ungünstigere Wachstumsbedingungen und damit auf geringere Rebenerträge schließen.

2.2.3 Bestimmung des Rebenertrags

Die positive Korrelation der Lufttemperatur und der Gescheinsgrößen deutet bereits auf eine Temperaturabhängigkeit des Rebenertrages hin. Diesen Zusammenhang untersuchte der Verfasser bereits in einer anderen Arbeit (GEIGER 1975). So können hier in aller Kürze die wichtigsten Ergebnisse wiederholt werden.

Der Autor (l. c.) konnte zeigen, inwieweit der Rebenertrag, durch die meßbaren Parameter Erntemenge, Mostgewicht und Säuregehalt erfaßt, von verschiedenen Faktorenfeldern beeinflußt wird. In einer Müller-Thurgau-Rebanlage an der Straße Landau—Wollmesheim wurde im Herbst 1974 der Rebenertrag an 5 Standorten von jeweils 4 Rebstöcken gemessen. Die Meßergebnisse der einzelnen Rebstöcke ergaben die Mittelwerte, die der Tabelle 3 und der Abbildung 5 zugrundeliegen.

Die bei Strahlungswetter in der Talsohle abfließende Kaltluft beeinflußt das Wachstum der Reben das ganze Jahr über. Verzögerungen in der Entwicklung und Hemmungen im Wachstum bewirken dort die geringeren Erntemengen. Ferner fördert die erhöhte Luftfeuchtigkeit in den Kaltluft-

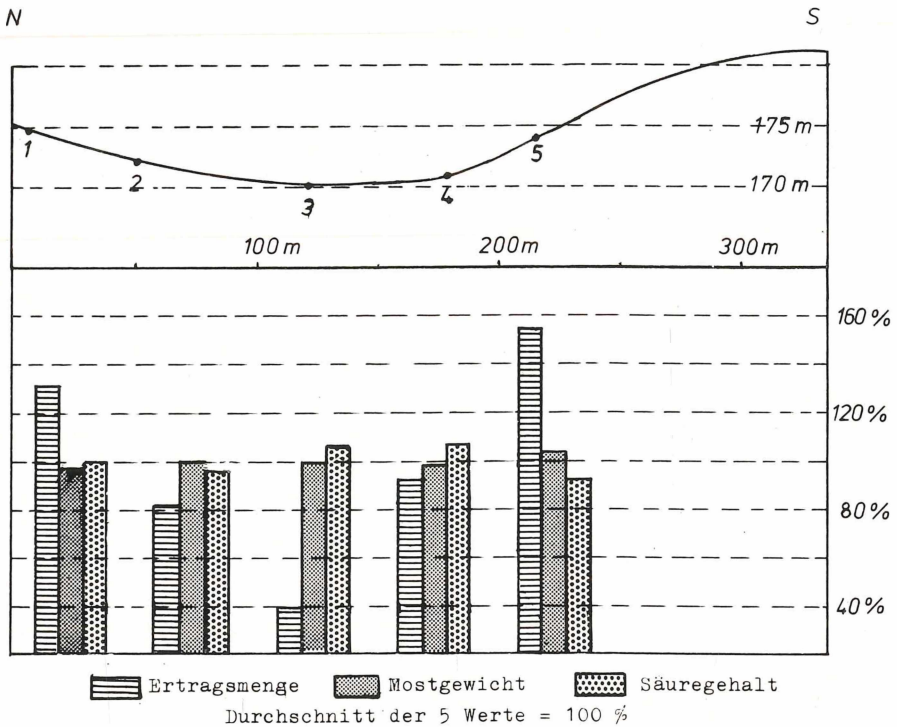


Abb. 5 Der Traubenertrag in einer Delle südwestlich von Landau

Tabelle 3

Der Traubenertrag in einer Delle südwestlich von Landau

Meßpunkt	1	2	3	4	5	6
Höhe über der Talsohle m	5,5	1,8	0	2,0	5,0	11,6
Hangneigung	4,5 °	2 °	±1 °	—5 °	—9 °	±1 °
Temperatur-Minima bei Strahlungswetter			— 0,8 °		1,4 °	2,1 °
Ertragsmenge kg	4,43	2,78	1,35	3,18	5,25	
Mostgewicht ° Oechsle	70,5	72	72	70	74	
Säuregehalt g/l	8,9	8,6	9,4	9,4	8,3	

gebieten die größere Anfälligkeit gegenüber Pflanzenkrankheiten, vor allem der Pilzkrankheiten wie Peronospora.

Die Untersuchung von 116 Müller-Thurgau-Rebstöcken und 32 Sylvaner-Rebstöcken im Weinbaugebiet von Mörzheim, St. Martin und Geinsheim bestätigen den Rückgang der Erntemenge mit geringerer Höhenlage über dem Talgrund (Geiger 1975: 140).

Die Meßergebnisse beweisen auch einen direkten Zusammenhang zwischen dem Säuregehalt des Traubensaftes und der Lage in Kaltluftgebieten

(je kälter, desto höherer Säuregehalt). Dagegen werden die Mostgewichte offenbar nicht direkt von der Kaltluft beeinträchtigt.

In diesem Zusammenhang erscheint vor allem die Abhängigkeit der Erntemenge vom Lokalklima wichtig, denn unterschiedliche Erntemengen innerhalb einer Rebanlage lassen sich nach einiger Übung durch Beobachtung erkennen. Bei vorsichtiger Interpretation können die ertragsärmeren Teile eines Weinbergs auf Kaltluftgebiete hinweisen.

2.2.4 Beobachtung und Kartierung der Laubverfärbung und des Laubfalls bei Weinreben

Auch hierüber ist in einer früheren Arbeit des Verfassers bereits berichtet worden (GEIGER 1973). Deshalb sollen hier nur Ergänzungen mitgeteilt und eine neue Kartierung im Gebiet der Abbildungen 3 und 9 erläutert werden, um Vergleiche zwischen diesen 3 Karten zu ermöglichen.

In diesem Zusammenhang interessiert, wie die Rebstöcke ihr Laub verlieren. Dabei muß man zwei verschiedene Prozesse unterscheiden:

1. ohne Frosteinwirkung:

   grünes Laub ⟶ verfärbtes Laub ⟶ welkes Laub ⟶ Laubfall

2. mit Frosteinwirkung:

   grünes Laub ⟶ erfrorenes, braunes Laub ⟶ Laubfall

Der erste Vorgang kann sich über Wochen hinziehen bis totaler Laubverlust eingetreten ist, der zweite Vorgang führt innerhalb weniger Tage zum vollständigen Laubfall. Beide Prozesse werden durch Erreichen bestimmter Minimaltemperaturen ausgelöst (SCHNELLE 1952 und WEISE 1954). Beide Vorgänge können sich auch überlagern, insofern als bereits verfärbtes oder welkes Laub durch Frosteinwirkung rascher fällt.

Im Herbst 1974 konnten diese Vorgänge im engeren Untersuchungsgebiet (siehe Abb. 3, 6 u. 9) näher studiert werden. Hierzu wurde der Laubzustand bei den 3 Meßhütten (Maikammer I u. II, Geinsheim, siehe S. 27) genau verfolgt. Beim wöchentlichen Ablesetermin der Meßgeräte wurden die benachbarten Rebstöcke photographiert. So entstanden 3 Bildreihen, die die Veränderung des Laubzustandes vom 2. 9. — 11. 11. 1974 sichtbar machen. Die Tab. 4 stellt die Beobachtungen dar.

Am längsten erhielt sich das Weinlaub in der höchsten, am kürzesten in der tiefsten Lage. Der Verfärbungsprozeß des Weinlaubes setzte aber in den beiden höheren Lagen früher, am intensivsten in der mittleren Station, ein. An das Verfärben der Blätter schloß sich in den höheren Lagen auch ein früheres Welken und ein teilweiser Laubfall, vor allem der älteren Blätter, an. Dagegen erhielt sich das Laub in der tiefsten Lage erheblich länger frisch grün. Die erste Frostnacht (Strahlungsfrost am 16./17. 10. 1974) ergab folgende Meßwerte (Minima):

Maikammer I: — 0,2 °C — Maikammer II: — 2,2 °C — Geinsheim: — 1,7 °C.

In Folge dieses ersten Frostes setzte der Laubfall am stärksten in der tiefsten Lage ein, wobei die jüngsten Blätter am schnellsten fielen. Inner-

Tabelle 4

Laubzustand von Sylvaner-Rebstöcken bei Maikammer und Geinsheim vom 2. 9. —11. 11. 1974

Meßstation	Zeit		2. 9.	9. 9.	16. 9.	23. 9.	30. 9.	7. 10.	14. 10.	21. 10.	28. 10.	4. 11.	11. 11.
	Belaubung		100 %	100 %	100 %	100 %	95 %	90 %	90 %	90 %	50 %	10 %	5 %
Maikammer I		grün	100 %	100 %	95 %	85 %	80 %	75 %	70 %	60 %	45 %	10 %	5 %
245 m	davon	verfärbt	0	0	5 %	15 %	15 %	15 %	20 %	25 %	5 %	0	0
		welk	0	0	0	0	0	0	0	5 %	0	0	0
	Belaubung		100 %	100 %	100 %	100 %	95 %	90 %	85 %	70 %	25 %	5 %	0
Maikammer II		grün	100 %	100 %	80 %	75 %	60 %	55 %	50 %	35 %	20 %	5 %	0
184 m	davon	verfärbt	0	0	20 %	25 %	35 %	35 %	35 %	15 %	5 %	0	0
		welk	0	0	0	0	0	0	0	20 %	0	0	0
	Belaubung		100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	60 %	5 %	0	0
Geinsheim		grün	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	30 %	5 %	0	0
126 m	davon	verfärbt	0	0	0	0	0	0	0	5 %	0	0	0
		welk	0	0	0	0	0	0	0	25 %	0	0	0

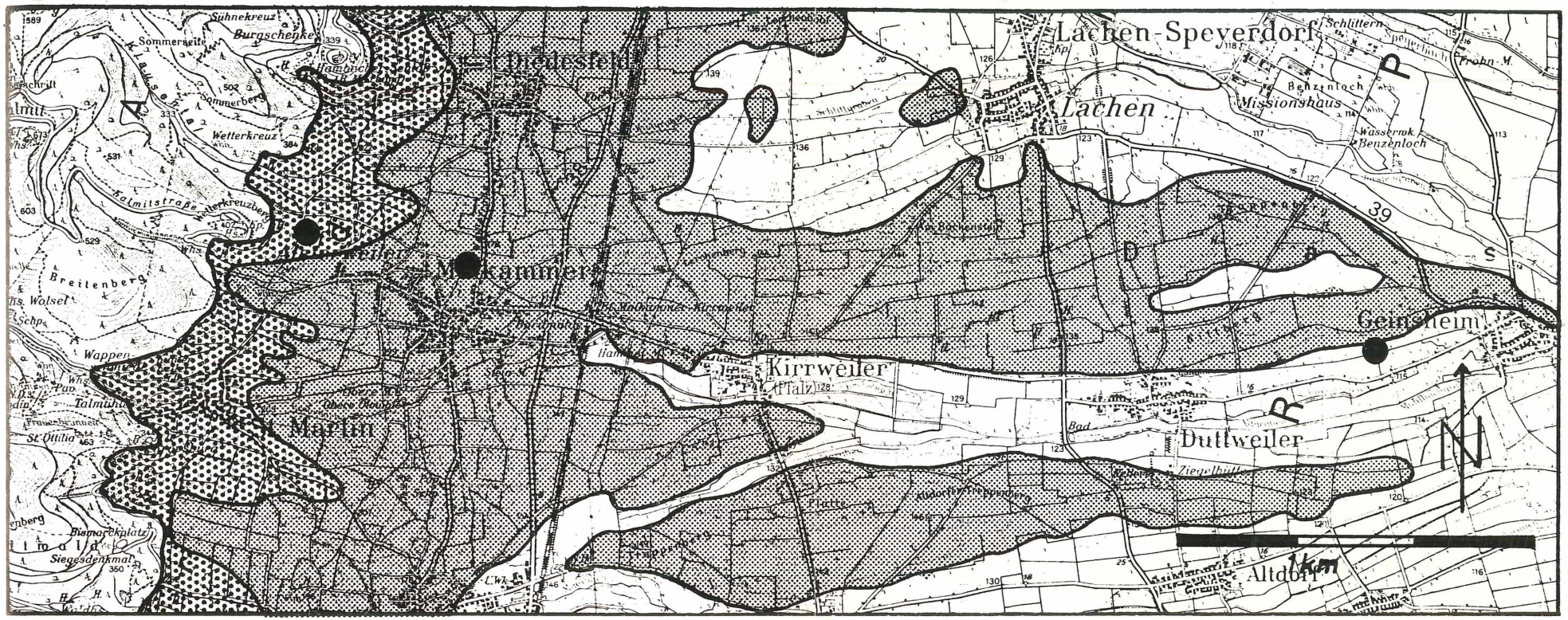


Abb. 6 Laubzustand im Weinbaugebiet der Vorderpfalz am 9. 11. 1974. Entwurf und Zeichnung: M. Geiger

halb von nur 10—12 Tagen waren die Rebstöcke in der tiefsten Lage entlaubt. Auffallend verhielten sich die Rebstöcke in der mittleren Lage; trotz einem tieferen Absinken der Temperaturen erhielt sich das Laub zum Teil noch länger als in der tiefsten Lage. In dieser ersten Frostnacht nahm das Laub in der höchsten Lage noch keinen sichtbaren Schaden, vermutlich deshalb nicht, weil die Temperatur nur für knapp 2 Stunden nur mäßig unter 0 °C absank. Erst als Folge der nächsten Frostnächte am 31. 10./1. 11. und am 7./8. 11. waren auch dort die Rebstöcke entlaubt.

Zur Erklärung dieser Beobachtungen dienen die Temperaturmessungen der Thermohygrographen (Tab. 5 und 6, sowie Abb. 7 und 8).

Offensichtlich wird die Blattverfärbung stärker durch die Tagestemperaturen als durch die Nachttemperaturen beeinflußt. Die intensivste Blattverfärbung setzt nämlich dort am ehesten ein, wo die Tagestemperatursummen und die Temperatur-Maxima am niedrigsten liegen (Maikammer II). Da der Verfärbungsprozeß durch den Abbau des Chlorophylls in den Blattzellen verursacht wird, mögen auch die Lichtverhältnisse von Bedeutung für die Auslösung der Blattfärbung sein. In dieser Hinsicht erscheint die flache Ebene begünstigter als die Hangfußlagen der Haardtzone, die verhältnismäßig früh im Schatten liegt.

Der Laubfall des verfärbten, welken oder grünen Laubes wird durch das Erreichen bestimmter Temperatur-Minima, insbesondere durch das Absinken der Temperaturen unter 0 °C, eingeleitet. Da die Temperaturminima weitgehend von der absinkenden Kaltluft geprägt werden, schreitet der Laubfall von den tieferen zu den höheren Lagen fort (siehe Tab. 5 und 6, sowie Abb. 7 und 8). So gesehen vermittelt die Abb. 6 indirekt ein Bild der nächtlichen Kaltluftverteilung. Stufe 2 in der Karte kennzeichnet zugleich die Gebiete mit relativ niedrigeren nächtlichen Temperatursummen oder Minima. Stufe 1 weist dagegen auf die nachts wärmeren Hangzonen am Fuß des Pfälzer Waldes hin. Die Zugbahnen kalter Luft verraten sich ebenso im Laubzustand der Reben.

Die Beobachtung des Laubfalls erlaubt auch bei kleineren Raumdimensionen interessante Schlußfolgerungen und lokalklimatische Differenzierungen. Dies zeigte sich auch bei den Befliegungen am 26. 10., am 3. 11. und am 10. 11. 1974. An drei Beispielen soll dies dargelegt werden:

1. In der oben bereits erwähnten Langdelle (Abb. 5) zwischen Landau und Wollmesheim zeichnete sich nach der ersten Frostnacht am 16./17. 10. 1974 an einer deutlichen Braunfärbung das Kaltluftgebiet im Talsohlenbereich ab. Während die Rebstöcke auf den oberen Talhängen noch voll belaubt waren, hatten die Reben in der Talsohle schon über die Hälfte ihres Laubes verloren.

2. In den Riedelrücken des Neubergs zwischen Landau-Wollmesheim und Landau-Mörzheim schnitt sich seitlich eine breite Hangdelle ein, der „Kuhwinkel". In dieser Mulde erfror ebenfalls in der ersten Frostnacht am 16./17. 10. 1974 das Reblaub und fiel bereits 4 Tage danach weitgehend ab. Dagegeben waren die umgebenden Reben auf dem Riedel und auf den Riedelhängen noch voll belaubt.

3. Nördlich von Edenkoben fällt die Vorhügelzone der Mittelhaardt (über 200 m hoch) beim Heiligenberg über eine Geländestufe zum Vorderpfälzischen Tiefland (unter 160 m) ab. Diese Geländestufe von ca. 40 m Höhe wirkt sich auch klimatisch aus, wie der Laubzustand der Reben es sehr deutlich zeigte. Die Reben auf der Mittelhaardt waren noch voll belaubt, während die Rebstöcke im unmittelbar angrenzenden Vorderpfälzer Tiefland bereits total entlaubt waren. Bodenbegehungen erbrachten, daß der Übergang von voll belaubten Rebstöcken zu total entlaubten Rebstöcken sich innerhalb der Weinberge auf der ca. 150 m langen Hangstufe östlich der Weinstraße Edenkoben—Maikammer vollzog. In der Abb. 6 tritt diese Beobachtung nicht in Erscheinung, da zum Zeitpunkt der Kartierung die Grenze der Stufen 1/2 bereits weiter nach W über den Rand der Vorhügelzone gerückt war (s. auch Tab. 7).

Dieses Beispiel macht zugleich deutlich, daß der Laubfall kaum von sortenspezifischen Unterschieden abhängt. Denn unterhalb und oberhalb der Geländestufe werden eine Vielzahl verschiedener Rebsorten angebaut. Bei der Laubverfärbung muß allerdings mit sorteneigenen Unterschieden gerechnet werden.

Insgesamt ergaben die Untersuchungen des herbstlichen Blattfalles sehr aufschlußreiche mesoklimatische Hinweise, die bei vergleichender Beobachtung und ergänzenden Messungen zu einer klimatischen Differenzierung und Bewertung eines Raumes führen können. Beim Vergleich mit den Spätfrostschadenskarten zeigt sich, daß die Stellen, die im Herbst ihr Laub früher durch die Frosteinwirkung verlieren auch im Frühjahr stärker frostgefährdet sind (siehe auch Weise 154 : 325, Geiger 1973 : 160). Diese Beobachtungen unterstreichen das reliefbedingte Auftreten der Strahlungsfröste.

2.3 Ergebnisse stationärer Meßgeräte

Kontinuierliche Temperaturmessungen sollten die phänologischen Beobachtungen abstützen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Meßfahrten oder den Infrarot-Luftaufnahmen, die das momentane Verteilungsbild der Lufttemperatur aufzeigen, zeichneten die *Thermohygrographen* die Veränderungen der Lufttemperatur im zeitlichen Längsschnitt. An drei Standorten des engeren Untersuchungsgebietes baute der Verfasser Wetterhütten mit Thermohygrographen auf, die vom 9. 9. — 10. 11. 1974 über 9 Wochen in Betrieb waren. Die Meßhütten befanden sich in 1,2 m Höhe in der Laubwand von Sylvaner-Rebzeilen, um die Messungen mit den Beobachtungen des Weinlaubes vergleichen zu können. Dabei entschied die Höhenlage über den Standort, die Höhenunterschiede zwischen den 3 Wetterhütten sollten etwa gleich groß sein (siehe Abb. 9).

Die topographische Lage der Meßstationen soll nun stichwortartig beschrieben werden:

Maikammer I: Lage auf dem Hangfuß des Pfälzerwaldes in 245 m Höhe — nach E exponierter Hang von 8 ° Gefälle — 300 m unterhalb der 300 m hohen Waldgrenze — zwischen 2 kürzeren ca. 40 m tief in den Hangfuß eingeschnittenen Kerbtälern.

Maikammer II: Lage auf dem flachen, nur ganz schwach eingedellten Übergangsraum der Vorhügelzone zum Riedelland in 184 m Höhe — nach E exponierter Hang von 1° Gefälle — ca. 300 m nördlich vom Ortsrand Maikammer entfernt.

Geinsheim: Lage am Südrand des Riedelrückens, ca. 1,5 km westlich von Geinsheim in 126 m Höhe — der in der Mitte schwach eingemuldete Riedel (122 m) erhebt sich am Nordrand bis 138 m — sehr ebene Lage mit Hangneigungen unter 1° — ca. 700 m südlich der Wetterhütte verläuft der 113 m hohe Mühlbachgraben.

Tabelle 5

Temperatursummen (°C) von 46 Tagen zwischen dem 10. 9. und dem 10. 11. 1974 in der Umgebung von Neustadt/Weinstr.

	Wetterstation (2 m über Grund)		Wetterhütten (1,2 m über Grund)		
Meßstation Höhe in m / Temperatursummen in °C zur Ablesezeit	Weinbiet 553 m	Neustadt 163 m	Maikammer I 245 m	Maikammer II 184 m	Geinsheim 126 m
0.00	265,4	358,1	350,2	305,0	309,6
2.00	253,6	342,7	334,8	288,4	296,0
4.00	245,8	331,7	323,8	280,2	280,9
6.00	241,1	329,6	319,8	277,4	280,8
8.00	255,1	371,0	352,4	289,9	320,2
10.00	296,0	425,4	440,5	376,2	399,8
12.00	348,6	491,0	497,0	444,5	474,3
14.00	369,5	533,8	526,9	485,7	530,3
16.00	357,4	508,1	513,0	483,3	519,5
18.00	312,5	443,9	433,3	413,2	453,0
20.00	290,3	400,2	383,8	353,4	375,9
22.00	271,3	357,1	359,5	317,4	334,4
Summe nachts 20.00 — 6.00 °C	1568	2119	2072	1822	1877
%	74,0 %	100 %	97,8 %	86,0 %	88,6 %
Summe tags 8.00 — 18.00 °C	1939	2774	2769	2493	2698
%	69,9 %	100 %	99,8 %	89,8 %	97,3 %
Summe der Minima °C	195,4	278,0	287,8	241,1	245,3
Durchschnitt °C	4,25	6,04	6,26	5,24	5,33
Summe der Maxima °C	413,1	569,4	551,3	524,5	562,1
Durchschnitt °C	8,98	12,38	11,99	11,40	12,22

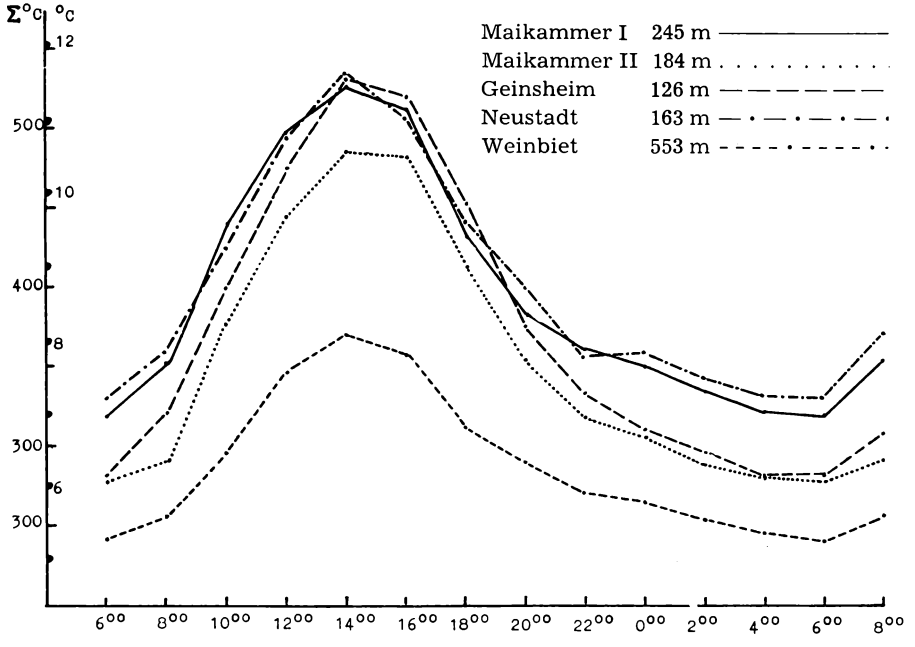


Abb. 7 Zweistündige Temperatursummen und Durchschnittstemperaturen an 46 Tagen zwischen dem 10. 9. und dem 10. 11. 1974 in der Umgebung von Neustadt/Wstr.

Die Tabelle 5 und 6 sowie die Abbildungen 7 und 8 stellen die Meßergebnisse der drei Wetterstationen dar. Zum Vergleich enthält die Tabelle 5 auch Angaben der benachbarten amtlichen Wetterstationen Neustadt und Weinbiet. Durch den Ausfall eines Gerätes beruht die Tabelle 5 nicht auf dem gesamten Beobachtungszeitraum zwischen dem 10. 9. und dem 10. 11. 1974. In der Tabelle 6 und der Abbildung 8 sind die fehlenden Werte durch Interpolation berechnet worden.

Die Temperatur-Registrierstreifen wurden für alle 2 Stunden abgelesen und diese Temperaturen zu Summenwerten addiert. Der Tabelle 5 und der Abbildung 7 liegen Tageszeitensummen, der Tabelle 6 und der Abbildung 8 Wochensummen der Nacht- und der Tageswerte zu Grunde. Im ersten Fall erkennen wir den mittleren täglichen Temperaturgang, im zweiten Fall den Temperaturgang während der Beobachtungszeit.

Die Tabelle 5 und die Abbildung 7 belegen deutlich wie verschieden der durchschnittliche tägliche Temperaturgang der 5 benachbarten Stationen verlief. Auf einige bemerkenswerte Beobachtungen sei hier hingewiesen:

1. die Höhenlage der Station beeinflußt die Temperatur-Messungen in großem Maß, aber nicht der einfachen Regel je höher, desto kälter folgend, sondern in differenzierterer Form. Innerhalb einer bodennahen Luftschicht bestimmen reliefgebundene Faktoren die Höhe der Lufttemperatur: Exposition — Hangneigung — Hang- oder Tallage — Lage mit günstigem oder ungünstigem Abfluß nächtlicher Kaltluft. So erscheint es nicht sinnvoll beim Vergleich verschieden hoch gelegener Stationen, Temperaturen mit Hilfe des mittleren Temperaturgradienten abzuschätzen.

Tabelle 6

Wöchentliche Temperatursummen (2-stündige tägliche Ablesung) von 3 Meßstationen im Weinbaugebiet von Maikammer und Geinsheim zwischen dem 9. 9. — 11. 11. 1974

Meßstation	Zeit	9. 9.—	16. 9.—	23. 9.—	30. 9.—	7. 10.—	14. 10.—	21. 10.—	28. 10.—	4. 11.—	Summe	%
Höhe m		15. 9.	22. 9.	29. 9.	6. 10.	13. 10.	20. 10.	27. 10.	3. 11.	10. 11.		
Maikammer I 245 m	nachts 20.00—6.00	623,9	600,3	352,1	235,7	234,8	178,9	272,8	133,8	130,0	2762,3	100 %
	tags 8.00—18.00	876,6	766,6	462,2	338,6	330,2	251,5	313,0	196,2	163,8	3698,7	100 %
Maikammer II 184 m	nachts 20.00—6.00	593,2	566,0	334,0	177,5	200,1	128,0	240,9	126,5	68,3	2434,5	88,1 %
	tags 8.00—18.00	819,6	713,9	450,0	328,6	295,4	212,1	289,9	183,4	109,4	3402,3	92,0 %
Geinsheim 126 m	nachts 20.00—6.00	558,9	543,6	348,7	210,9	231,5	161,5	265,1	153,3	66,9	2540,4	92,0 %
	tags 8.00—18.00	846,2	759,0	478,6	355,0	323,9	244,4	329,9	235,7	116,2	3688,9	99,7 %

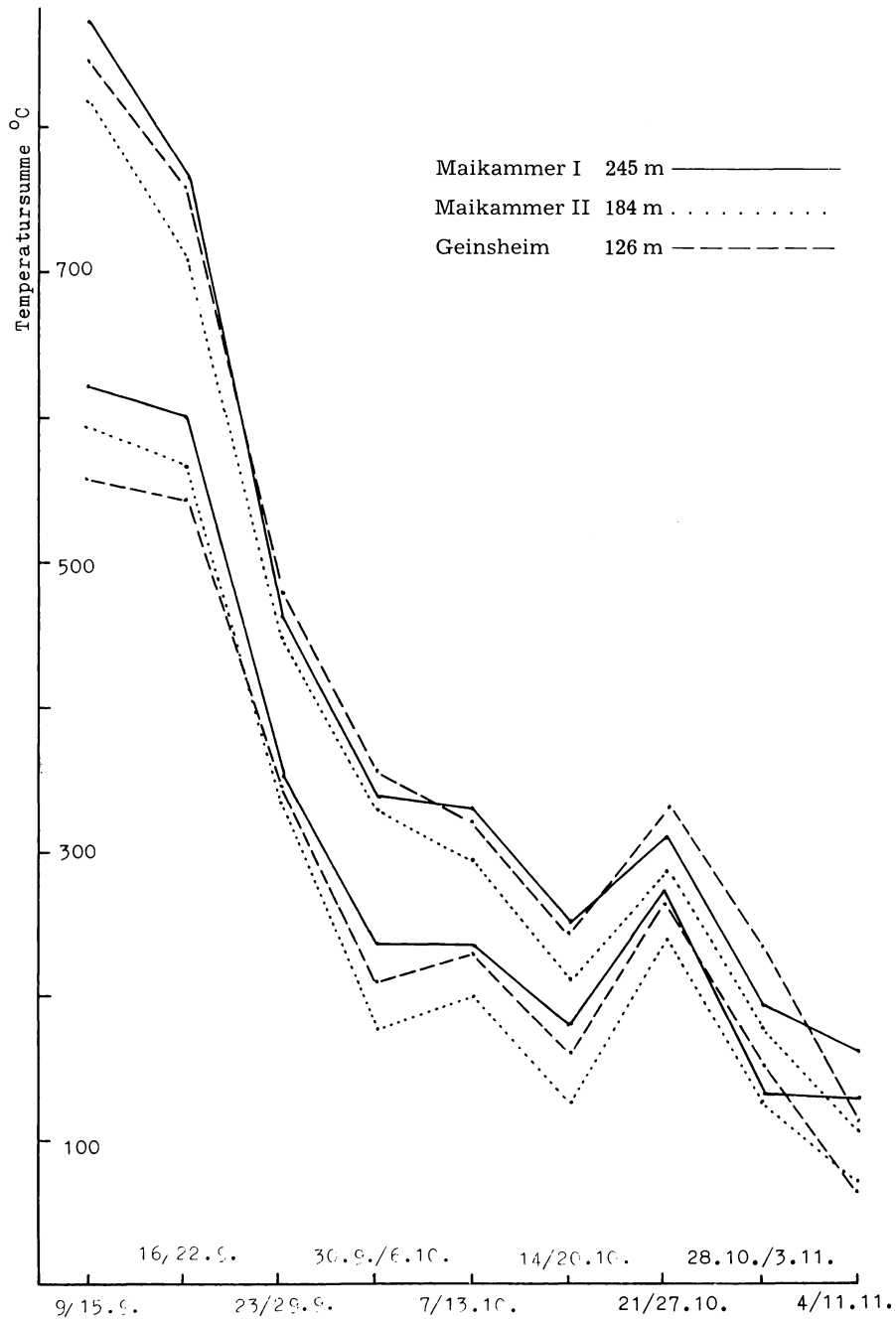


Abb. 8 Wöchentliche Temperatursummen tags (8 h — 18 h) und nachts (20 h — 6 h) bei zweistündiger Auswertung der Thermographenstreifen vom 9. 9. — 11. 11. 1974

2. Die Reihenfolge der 5 Stationen bei den Tages- und Nachtsummenwerte, bzw. bei den Maxima- und Minima-Summenwerten ist nicht gleich:

Station	Weinbiet	Maikammer I	Maikammer II	Neustadt	Geinsheim
Höhenlage m	553 m	245 m	184 m	163 m	126 m
Rangfolge der Höhenlage:	5	4	3	2	1
Rangfolge bei den Maximasummen:	5	3 (2)	4	1	2 (3)
Rangfolge bei den Minimasummen:	5	1 (2)	4	2 (1)	3

(in Klammern abweichende Reihenfolge bei Tages- oder Nachtsummen)

Bei den Tageswerten entspricht die Reihenfolge am ehesten der Regel Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe. Hier zeigt sich jedoch die Begünstigung der Hangfußlagen der Haardtzone, die durch eine größere Hangneigung vor allem am Vormittag in einen höheren Strahlungsgewinn kommt. Bei Neustadt begünstigt die südliche Exposition zusätzlich die Tagessummenwerte.

Bei den Nachtwerten erkennt man die Ausbildung einer „warmen Hangzone" (siehe GEIGER 1961, KOCH 1961) am Fuß des Pfälzerwaldes. Deutlich liegt die Station Maikammer I über dem nächtlichen Kaltluftsee in der Rheinebene. Nur an 2 Tagen innerhalb der Beobachtungszeit lag das Temperatur-Minimum der Station Maikammer I unter dem der Station Maikammer II. Es bilden sich also in den Nachtstunden regelmäßig flache Inversionen aus, die sich im Laufe des Vormittags rasch auflösen.

Die tiefer gelegene Station Neustadt zeigt ebenfalls ähnlich hohe nächtliche Temperatursummen wie die Meßstelle Maikammer I. Neben der Hanglage wirkt sich hier hauptsächlich die Lage am Rand der „Wärmeinsel" der Stadt Neustadt aus.

3. Die besseren Abflußmöglichkeiten der Kaltluft sind vermutlich trotz der niedrigen Lage die Hauptursache für die etwas höheren nächtlichen Temperatursummen der Station Geinsheim gegenüber der Meßstelle Maikammer II. Über die stärker geneigten Flanken der Riedel fließt die Kaltluft in die Muldentäler ab, so daß manche Riedelhöhen inselartig aus der seichten Inversionsschicht herausragen (siehe Abb. 9). Dagegen bietet das sehr flache und ebene Gelände nördlich von Maikammer keine natürlichen Abflußbahnen an, so daß sich die Kaltluft aus dem Pfälzerwald hier aufstaut.

4. Aus den Karten der jährlichen mittleren Bewölkung und der jährlichen Niederschläge im Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz (1957, S. 30 und 51) geht hervor, daß die Föhnwirkung der Westwinde nicht unmittelbar am Gebirgsfuß, an der Weinstraße also, sondern einige Kilometer östlich am stärksten spürbar ist. Diese Beobachtung trägt ebenfalls zur Erklärung der deutlich höheren Temperatursummen bei Geinsheim im Vergleich zu Maikammer II bei.

Die Tabelle 6 und die Abbildung 8 zeigen den Temperaturverlauf während 9 Wochen im September, Oktober und November 1974 der 3 Stationen an. Auch im zeitlichen Längsschnitt bestätigen sich die eben

beschriebenen Beobachtungen. Die Tageswochensummen der Station Maikammer II liegen ständig am niedrigsten. Dagegen entsprechen sich die Werte der Stationen Geinsheim und Maikammer I, was sich auch in dem häufigeren Rangwechsel der beiden Meßstellen ausdrückt. Das sehr starke Absinken des Summenwertes von Geinsheim in der Woche 4./11. 11. 1974, sogar unter den Nachtsummenwert der Station Maikammer I, ist auf eine vom 7. 11. bis zum 9. 11. anhaltende Inversion mit Ausbildung einer Bodennebeldecke zurückzuführen, über der die Station Weinbiet deutlich höhere Temperaturen aufwies als die Stationen in der Rheinebene (ähnliche Verhältnisse in Tabelle 1).

Die nächtlichen Summenwerte der Station Maikammer I liegen fast durchwegs über den entsprechenden Daten der beiden anderen Meßstationen. Bei den hochreichenden Inversionslagen (Weinbiet wärmer als Rheinebene) zwischen dem 11. 9. und dem 21. 9. sowie zwischen dem 7. 11. und dem 9. 11. sanken die Temperaturen der tiefsten Station am stärksten ab.

Die Meßergebnisse, im gesamten gesehen, bestätigen die Existenz einer „warmen Hangzone" am Fuß des Pfälzerwaldes und über der Rheinebene. Die höheren Nacht- und Vormittagstemperaturen begünstigen in der Haardt das Wachstum subtropischer Gewächse. Pemöller (1975: 61) weist auf die besondere thermische Bevorzugung dieser Zone am Beispiel von Bad Gleisweiler (270—320 m) hin. Hier verstärken sich mehrere Effekte: Lage in der „warmen Hangzone", günstige SE-SW-Exposition und abgeschirmte Lage gegenüber den Kaltluftströmen aus dem Pfälzerwald.

Neben der Verwendung von Thermohygrographen können auch strahlungsgeschützte *Minima-Maxima-Thermometer* wichtige Aufschlüsse geben. So wurden die klimatischen Kennwerte in der Delle zwischen Landau und Wollmesheim (siehe Tab. 3) mit Hilfe von solchen Six-Thermometern ermittelt. Zu dem oben beschriebenen Beispiel vom Heiligenberg bei Edenkoben sollen die zugehörigen Messungen in der Tabelle 7 mitgeteilt werden:

Tabelle 7

Temperatur-Minima und Maxima an der Geländestufe des Heiligenbergs nördlich von Edenkoben am 22. 12. 1975

Meßstelle	1	2	3
Höhenlage	183 m	163 m	145 m
Hangneigung	2 °	9 °	1 °
Temperatur-Maximum	5,5 ° C	4,9 °C	6,1 °C
Temperatur-Minimum	—1,8 °C	—2,2 °C	—3,5 °C

In der Strahlungsnacht sammelte sich die Kaltluft in der Rheinebene unterhalb der Geländestufe. Der 500 m östlich gelegene Bahndamm verhinderte den unmittelbaren Kaltluftabfluß in den Riedgraben oder das Mühlbachtal. Die Maxima differieren nicht so stark, der Stufenhang erhält durch seine E-Exposition am Nachmittag keinen so hohen Strahlungsgewinn.

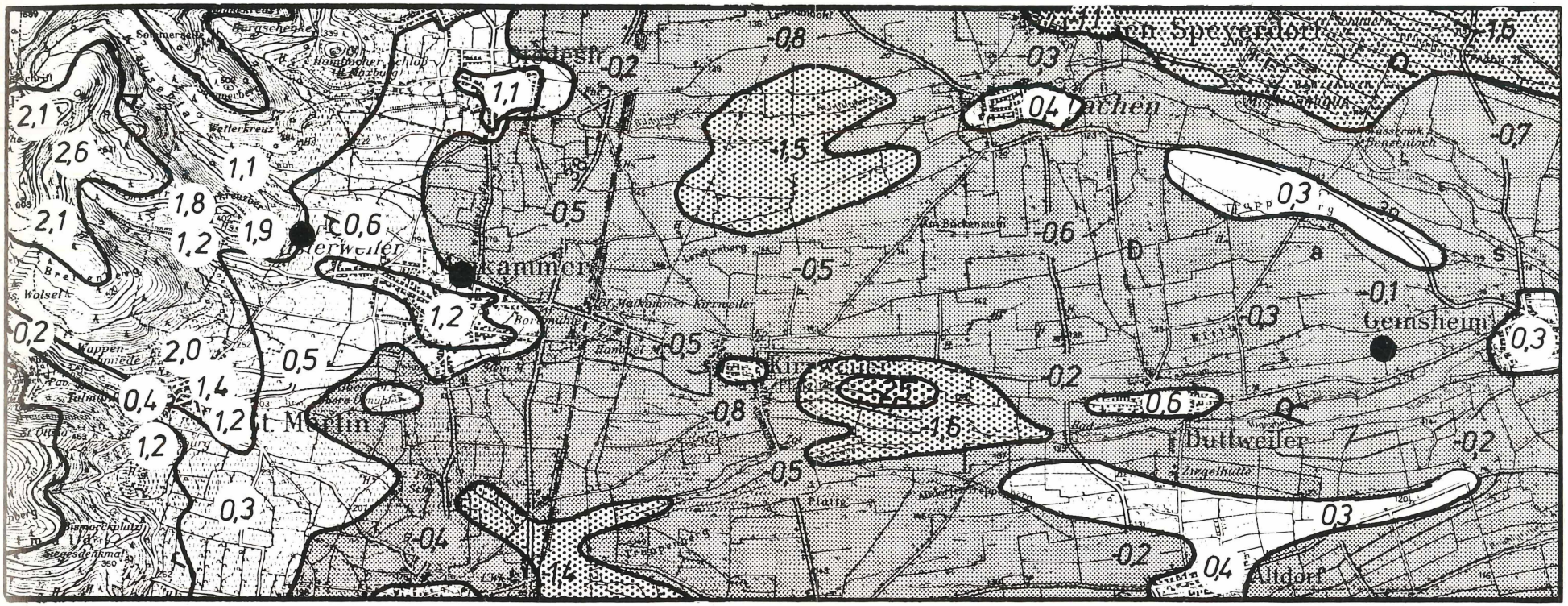


Abb. 9 Isothermenkarte bei Inversionslage am 26. 1. 1975 um 21.00 h. Kartengrundlage Top.Karte L 6714 Neustadt — Wiedergabe mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz, Koblenz

2.4 Ergebnisse mobiler Meßgeräte

Im Vergleich zu den stationären Meßgeräten bieten mobile die Möglichkeit, nicht nur an einer Stelle, sondern in kurzem Zeitabstand versetzt, an zahlreichen Orten Messungen vorzunehmen. Damit kann man in relativ kurzer Zeit Gebietskartierungen durchführen (siehe Abb. 9). Allerdings haben diese Meßgeräte auch den Nachteil, daß sie nur die momentane Temperatur, nicht aber den Temperaturverlauf aufzeichnen. Deshalb ist es günstig, für die Zeitdauer der Messungen eine stationäre Meßstelle einzurichten. Mit deren Hilfe kann die Reduzierung der zeitversetzten mobilen Meßwerte auf einen bestimmten Zeitpunkt hin vorgenommen werden.

Bei den diesen Untersuchungen zu Grunde liegenden Temperaturmessungen wurden zwei mobile Meßgeräte eingesetzt. Beim ersten handelt es sich um ein Widerstandsthermometer (Meßgenauigkeit 0,1 °C, ca. 7 Sekunden Einstellzeit), das an der vorderen Stoßstange eines Autos in 90 cm Höhe befestigt wird. Ein Ventilator belüftet das trockene und feuchte Thermometer. Die zugehörige Stromquelle, das Umspanngerät und der Temperaturschreiber befinden sich im Wageninnern. Das zweite Meßgerät ist tragbar und eignet sich für unwegsames Gelände. Es besitzt zwei belüftete Halbleiterfühler, um die Trocken- und Feuchttemperaturen zu ermitteln. Die Temperaturanzeige läßt sich auf 0,1 °C gut abschätzen. Die Windmessungen erfolgen mit einem Hand-Anemometer (Anlaufgeschwindigkeit 1 m/s), einer Windfahne und einem Kompaß.

Die Abb. 9 stellt die Temperaturverteilung bei einer hochreichenden Inversion am 26./27. 1. 1975 dar. Die zwischen 21.00 und 4.10 Uhr gemessenen Temperaturen wurden auf 21.00 Uhr bezogen. Während der Meßzeit herrschten sehr ruhige Windverhältnisse, so daß das Handanemometer (Anlaufgeschwindigkeit 1 m/s) in den meisten Fällen nicht reagierte. Nur in den Talausgängen konnten Windgeschwindigkeiten westlicher Richtung zwischen 1 und 2 m/s festgestellt werden. Einige Feststellungen zur Karte sollen hervorgehoben werden:

1. Die unterschiedliche Verteilung der Temperatur bei dieser Inversionslage wird weitestgehend vom Relief bestimmt. Die höchsten Temperaturen von 2,6 °C stellten sich auf den Höhen des Pfälzerwaldes im Bereich der Gr. Kalmit (673 m) ein, die tiefsten Temperaturen in der Rheinebene im Krebsbachtal östlich von Kirrweiler mit — 2,5 °C in 128 m Höhe.

2. Das Relief wirkt auch bei den Kleinformen bestimmend auf die Temperaturverteilung ein. In der Regel nimmt die Temperatur in den Mulden ab und auf den Riedelrücken zu. Diese feineren Temperaturunterschiede prägen sich jedoch nur zum Teil in der Karte 3 durch, da diese zwischen Talmulde und Riedelhang meist oft unter 1 °C bleiben. Im Riedelland heben sich höhere Rücken als „Wärmeinseln" aus dem Kaltluftsee heraus, z. B. der Trappberg (138 m) im NW von Geinsheim oder der Altdorfer Treppenberg (146 m). Dagegen stellen sich in den wiesenreichen Niederungen die tiefsten Temperaturen ein, z. B. im Krebsbachtal, im Mühlbachtal, im Gebiet des Schlittgrabens oder im Speyerbach-Schwemmfächer.

3. Die Temperatur-Inversion ist so deutlich ausgeprägt, daß die Hänge des Pfälzerwaldes bis zu den höchsten Höhen wärmer waren als die Rhein-

ebene. Selbst in den kühleren Talniederungen des Pfälzerwaldes herrschten noch höhere Temperaturen als in der Rheinebene.

4. Die Siedlungskerne erkennt man in der Karte als „Wärmeinseln". Selbst bei kleinen Siedlungen ist die Erwärmung noch deutlich spürbar. Allerdings beträgt der Temperaturunterschied zum freien Umland bei diesen kleinen ländlichen Siedlungen nur etwa 1 °C.

Der besondere Wert dieser Karte besteht vor allem darin, daß die augenblickliche Temperaturverteilung im Raum zur Darstellung kommt. Ein Ergebnis, das selbst durch eine sehr große Anzahl genau geeichter stationärer Meßgeräte nur mit Einschränkung möglich wäre, da die Meßgenauigkeit dieser Thermographen nicht vergleichbar gut ist.

2.5 Auswertung von Infrarot-Luftaufnahmen

Die Interpretation von Luftaufnahmen erfolgt bereits seit einigen Jahrzehnten in den verschiedensten Bereichen der Geowissenschaften. Für die Klimageographie stellt die Entwicklung neuer Aufnahmetechniken und neuer Filmemulsionen (siehe hierzu SCHNEIDER 1974) in den letzten Jahren eine Methodenbereicherung dar. Vor allem Infrarot-Luftaufnahmen leisten hier wertvolle Dienste. Die unsichtbare Wärmeausstrahlung der Erde kann so auf Bildern festgehalten werden. Dabei handelt es sich um Bilder eines Scanners (Abtastgerät) und nicht um Photographien. Die aufgenommene Strahlung wird durch einen rotierenden Spiegel auf einen Detektor gerichtet, der diese Strahlung in elektrische Impulse verwandelt, die in einer Kathodenröhre ein optisches Bild ergeben. Von diesem „Fernsehbild" gewinnt man die Infrarot- oder Thermalluftbilder.

Der rotierende Spiegel erfaßt durch seine Drehung jeweils nur einen profilartigen Geländeausschnitt quer zur Flugrichtung. Durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges bzw. des Satelliten entstehen Bildstreifen in der Flugrichtung. Je nach der Flughöhe stellt das Luftbild einen breiten, aber verkleinerten (Abb. 11) oder einen schmalen, aber größeren (Abb. 10) Landschaftsausschnitt dar. An Hand der zwei Beispiele der Abbildungen 10 und 11 soll hier auf die Möglichkeiten einer klimatischen Interpretation hingewiesen werden.

2.5.1 Interpretation eines Thermalluftbildes

Im Gebiet des Raumordnungsverbandes Rhein-Neckar liegen dem Verfasser Infrarot-Bilder vor, die in E-W- und N-S-Parallelstreifen das Gesamtgebiet flächendeckend darstellen. Um Vergleiche mit den Abb. 3, 6 u. 9 zu ermöglichen, wurde ein Ausschnitt von der Gr. Kalmit (673 m) nach Maikammer (ca. 180 m) gewählt. Leider müssen bei diesem Bild einige technische Mängel, Längs- und Querstreifen, in Kauf genommen werden. Auf Grund der Aufnahmetechnik wird der obere und untere Bildrand nicht genau wiedergegeben, die Interpretation soll sich auf den Mittelteil des Bildes beziehen. Die wärmeren Teile der Erdoberfläche erscheinen heller als die kälteren.

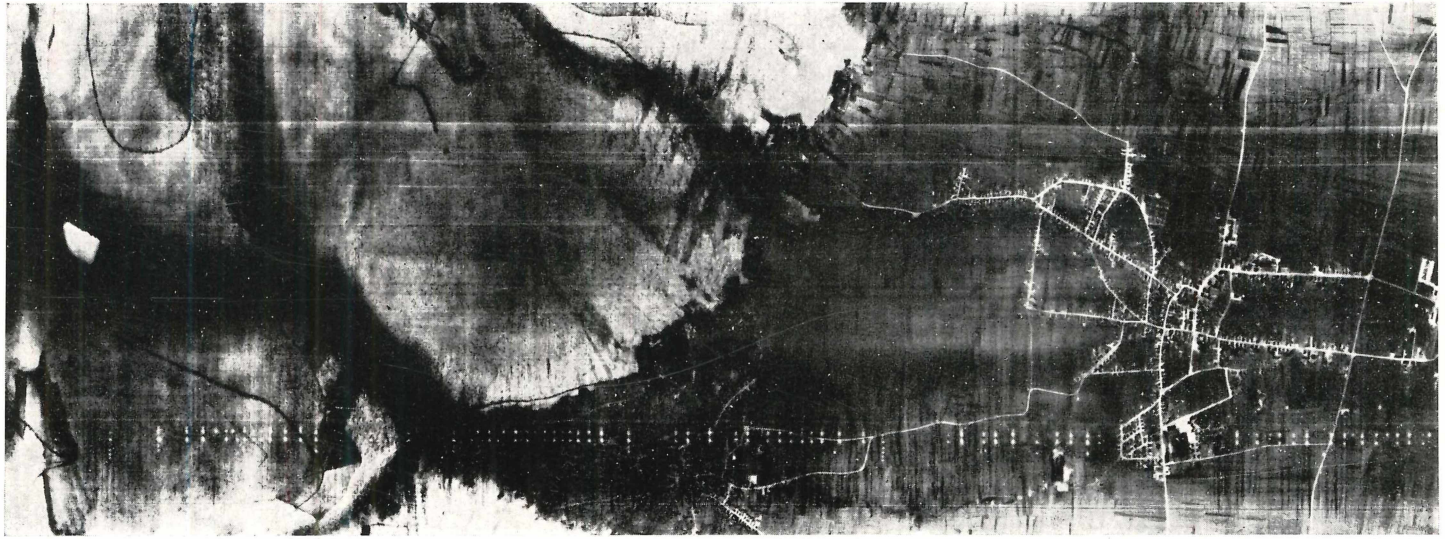


Abb. 10 Ausschnitt eines Infrarot-Scan-Streifens (W links, E rechts) mit Gr. Kalmit (673 m), dem Krebsbachtal und den Orten St. Martin und Maikammer. Die Aufnahme entstand aus ca. 1 000 m Höhe am 10. 8. 1973 um 20 h im Spektralbereich 8—13 µm (fernes Infrarot — je dunkler, desto kühler) — Freigegeben vom Regierungspräsidium Nordbaden Nr. 0/5732-0/5736.

In der Strahlungsnacht vom 10. 8. 1973 bildete sich eine hochreichende Inversion aus, wie an den Vergleichswerten der Wetterstationen Neustadt und Weinbiet erkennbar ist:

	19.00	20.00	21.00	22.00	Uhr
Neustadt 163 m:	25,1 °	22,2 °	20,4 °	19,7 °	
Weinbiet 553 m:	17,9 °	22,4 °	22,3 °	22,7 °	

Im Thermalbild bestätigt sich die Reihenfolge der Temperaturen verschiedener Oberflächen, die FEZER (1975: 153) in einem Diagramm für 20.00 Uhr angibt: Asphalt und Beton sind am wärmsten, Seen wärmer als Wald, dieser wärmer als Rebflächen und Gras und Lichtungen am kältesten.

Auf den Steilhängen des Pfälzerwaldes fließt die Kaltluft in die Täler ab, in denen sie sich sammelt. Da die Kaltluft nach oben scharf abgegrenzt ist, kann man ihre Mächtigkeit (im Krebsbachtal ca. 50 m) durch einen Kartenvergleich bestimmen. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit im Gelände gemessen wurde, kann auch die Abflußmenge berechnet werden (siehe FEZER 1975: 156 und Abb. 1 und 2).

Durch die engen Kerbtäler des Pfälzerwaldes wird die Kaltluft der Rheinebene zugeführt. Dort verteilt sie sich deltaartig und fließt in den Muldentälern zwischen den Riedeln weiter nach E, so zum Beispiel nördlich der Straße St. Martin—Maikammer oder südlich von Maikammer—Alsterweiler (Mächtigkeit ca. 10 m). Beim Übergang der Haardt in die flache Rheinebene staut sich die Kaltluft am Ostrand von Maikammer. Im Riedelland erkennt man die Weinbau-Parzellen mit grasbewachsenem Boden an der dunkleren Tönung. Der Hangfuß unter dem Waldrand des Wetterkreuzberges (oberer Bildrand, Standort der Wetterhütte Maikammer I, siehe oben) erscheint im Thermalbild wärmer als die tiefere Rheinebene nördlich von Maikammer (Wetterhütte Maikammer II). Die große, nahezu quadratische Hangparzelle nördlich von St. Martin wird nicht mehr bewirtschaftet, der üppige Graswuchs zwischen den Rebzeilen führt zu einer starken Abkühlung.

Der Kaltluftstrom des Krebstals verschiebt die Wärmeinsel von St. Martin nach SE und kühlt den Ortsteil im Taltrichter so stark ab, daß sich die Häuser und Straßen im Thermalbild kaum abbilden. Im Vergleich zu St. Martin erkennt man die Überwärmung von Maikammer sehr deutlich.

2.5.2 Interpretation eines Infrarot-Satellitenbildes

Bei der Abbildung 11 überrascht zunächst das sehr detailreiche und klare Bild. Es handelt sich dabei um eine Aufnahme im nahen Infrarot. Sie stellt das selektiv reflektierte Sonnenlicht der Erdoberfläche dar, dabei ergeben sich keine prinzipiellen Unterschiede zur normalen Photographie. Wolken reflektieren die einfallende Sonnenstrahlung am stärksten (weiß), Nadelwälder (dunkel) reflektieren weniger als Laubwälder, Wiesen oder Ackerland (grau). Am wenigsten reflektieren Siedlungsgebiete oder Gewässer (schwarz).

Auf eine allgemeine Interpretation soll hier verzichtet werden (siehe hierzu GLASAUER 1973: 54 ff.). Vielmehr interessiert hier die klimatische

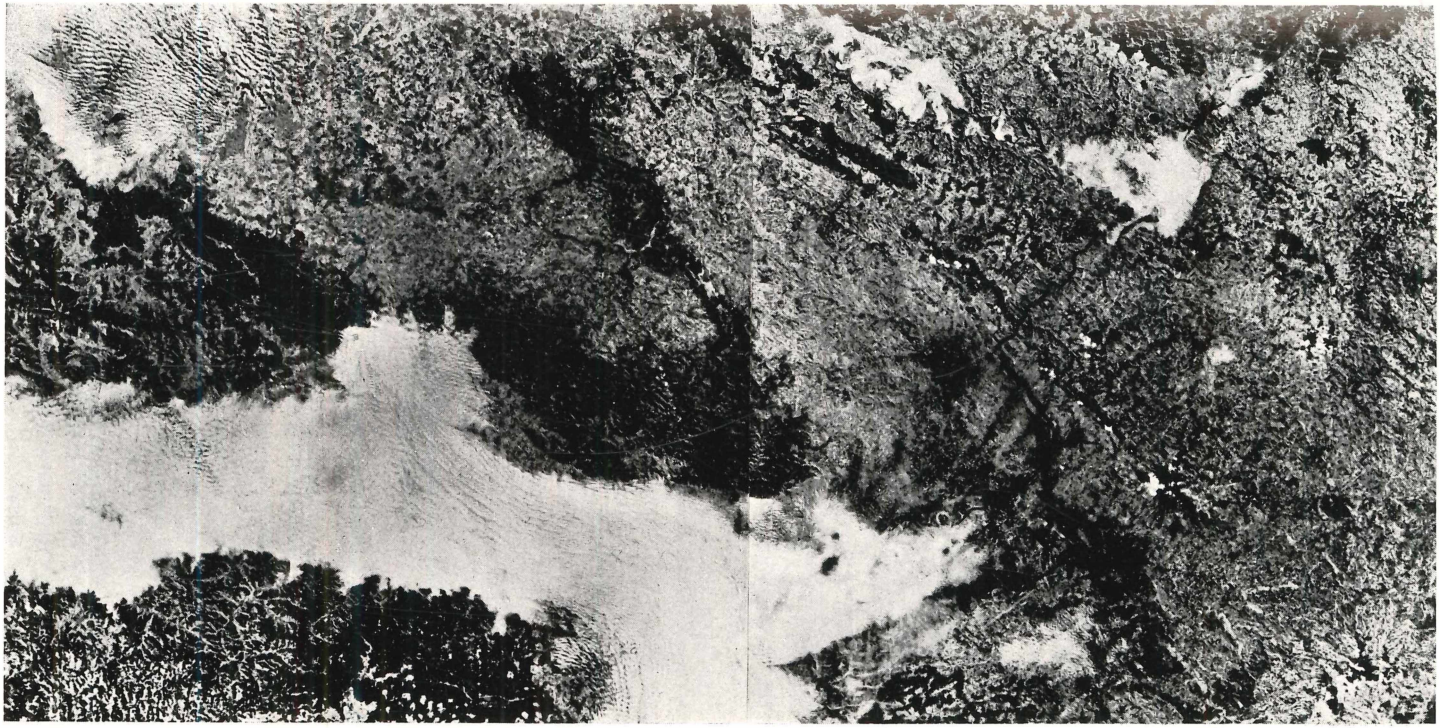


Abb. 11 Scan-Bild der Oberrheinebene mit den Randgebirgen, des Rheinischen Schiefergebirges mit dem Mittelrheintal bis Bonn (dunkler Fleck am linken oberen Bildrand). Das Satellitenbild (ERTS-1) entstand aus ca. 900 km Höhe am 21. 9. 1972 um 9.54 MEZ im Spektralbereich 0,8—1,1 μm (nahes Infrarot, Kanal 7). Wolken reflektieren die Sonnenstrahlung am stärksten (weiß), Nadelwälder (dunkel) reflektieren weniger als Laubwälder, Wiesen oder Ackerland (grau). Am wenigsten reflektieren Siedlungsgebiete oder Gewässer (schwarz). Aufnahme Nr. NASA ERTS E-1060-09543 und 1060-09545 — Wiedergabe mit Genehmigung der NASA.

Deutung. Makroklimatisch gesehen, macht die Aufnahme in sehr eindrucksvoller Weise deutlich, wie die ausgedehnte Nebeldecke während einer Inversionslage die gesamte Oberrheinebene einhüllt. Der Hochnebel reicht auch in die tektonischen Mulden der Zaberner Senke und des Kraichgaus. Im rheinhessischen Hügelland hat sich die Nebeldecke wohl unter dem Einfluß der ENE-Winde nicht ausgebildet. Auch über dem Neuwieder Becken, über der Mosellandschaft, der Ahrmündung und dem Limburger Becken bildeten sich solche Nebelfelder. Die Bergkuppen des Vogelsbergs, des Taunus und des Hunsrücks werden von Cumuluswolken bekrönt, sogar deren Schatten kann man auf der Erdoberfläche erkennen.

Aus mesoklimatischer Sicht sind einige Details der Aufnahme im vorderpfälzer Raum interessant. Die Überwärmung über den Städten macht sich im Aufreißen der Nebeldecke bemerkbar. Als dunkle Flecke erkennt man die Städte: Mannheim-Ludwigshafen, Frankenthal, Neustadt, Gernsheim, Pfungstadt. Über dem vorderpfälzischen Riedelland der Mittel- und Unterhaardt und über dem Wald des Speyerbach-Schwemmfächers begann sich die Wolkendecke vermutlich durch die hier stärkere Sonneneinstrahlung aufzulösen. Dagegen befindet sich die Bergstraße zum Aufnahmezeitpunkt noch im Schlagschatten des Odenwalds, der Nebel war dort noch dicht geschlossen.

3. Zusammenschau, Folgerungen und Ausblick

Die bisherigen Ausführungen belegen einerseits in welcher methodischen Vielfalt eine mesoklimatische Differenzierung des Raumes möglich ist. Neben der direkten Beobachtung und Messung kann eine Kartierung mesoklimatischer Parameter auch an deren unterschiedlichen Auswirkungen im Pflanzenbild indirekt festgestellt werden. Andererseits wird deutlich, daß diese Untersuchungen selbst bei kleinen Raumeinheiten nur mit einem erhöhten technischen Aufwand und nur durch sehr zeitraubende Geländearbeit möglich ist.

Daher ist es gewiß nicht sinnvoll, mesoklimatische Untersuchungen als Selbstzweck zu unternehmen. Es ist die Absicht des Verfassers mit Hilfe der dargestellten Untersuchungsmethoden praxisorientierte Fallstudien zu erarbeiten. Neben dem reinen wissenschaftlichen Erkenntniswert, soll hier aufgezeigt werden, in welcher Weise mesoklimatische Untersuchungen für das Leben in unserer Umwelt und die Gestaltung unseres Lebensraumes bedeutungsvoll sein können.

3.1 Die mesoklimatische Kartierung im Rahmen landschaftsökologischer Raumgliederung

Physiogeographische Geländeuntersuchungen decken einen wichtigen Teil der Umweltforschung ab. Die ‚naturwissenschaftlich-geographische Umweltforschung, Landschaftsökologie oder Geoökologie' (Leser 1976: 25) hat das „Studium des gesamten, in einem bestimmten Landschaftsausschnitt herrschenden komplexen Wirkungsgefüges zwischen den Lebensgemeinschaften (Biozönosen) und ihren Umweltbedingungen" (Troll 1968) zum Ziel. In diesen Rahmen sieht sich auch die nicht zum Selbstzweck betriebene mesoklimatische Forschung gestellt. Bei der Erforschung des komplexen

Wirkungsgefüges der Geofaktoren greift sie den Faktor Klima in seinen Wechselbeziehungen heraus.

Bei den hier dargelegten Beobachtungen und Messungen zeigten sich vor allem Zusammenhänge zwischen verschiedenen Faktoren des Reliefs (z. B. absolute und relative Höhe, Hangneigung, Exposition) und der Vegetation. Innerhalb des Gebietes der Abb. 3, 6 u. 9 können somit kleinste bis große geländeklimatische Einheiten ausgeschieden werden. So unterscheiden sich zum Beispiel innerhalb einer Langdelle (Abb. 5) der Sohlenbereich, die stärker geneigten Talhänge und der Riedelrücken nicht nur aus morphographischer, sondern auch aus lokalklimatischer Sicht. In ähnlicher Weise, nun jedoch in erheblich vergrößerter Dimension, heben sich die „warme Hangzone" der Haardt, die thermisch weniger begünstigten Talausgänge am Rheingrabenrand oder das kaltluftbeeinträchtigte Riedelland als eigenständige Klimabereiche heraus.

Landschaftsausschnitte, die sich durch ihr gleichartiges geländeklimatisches Verhalten auszeichnen, werden im Rahmen landschaftsökologischer Raumgliederungen als Klimatope gekennzeichnet (u. a. LESER im Druck). Diese erfassen jeweils die klimatische Dimension innerhalb eines Ökotops. Für die klimatische Ausprägung innerhalb der Mikro-, Meso- oder Makrochoren wären dann analoge Begriffe zu verwenden. Der Verfasser beabsichtigt, die im Gebiet der Abb. 3, 6 u. 9 zusammengetragenen Meßergebnisse und Beobachtungen in einer mesoklimatischen Karte darzustellen, um damit einen Beitrag zur landschaftsökologischen Grundlagenforschung zu leisten.

3.2 Mesoklimatische Fallstudien im Dienst des Umweltschutzes und der Geomedizin

Wir überblicken heute eine „Kultur"landschaft, die ihre entscheidende Ausprägung dem raschen Bevölkerungswachstum, dem industriellen und dem technischen Fortschritt im wesentlichen innerhalb der letzten 150 Jahre verdankt. Geleitet wurde diese Entwicklung weitgehend mehr durch ökonomische oder technische Interessen als durch landschaftsökologische Überlegungen. Diese Tatsache konfrontiert uns heute vor allem in den Ballungsräumen wie dem Rhein-Neckarraum mit zu schnell gewachsenen Siedlungs-, Verkehrs- und Wirtschaftslandschaften. Vor allem weil dort die Lebensbedingungen durch die menschlichen Eingriffe in den Naturhaushalt sich entscheidend verschlechterten, verstärkte sich in der jüngsten Vergangenheit der Ruf nach dem Schutz unserer Umwelt und das Bestreben, das Ausmaß der ökologischen Wirkungen menschlicher Aktivitäten im Raum zu erkennen.

Gerade auch innerhalb der bodennahen Atmosphäre, dem Forschungsfeld der Klimageographie, äußern sich solche Einflüsse in vielfältiger Weise. Emissionen, Immissionen, Smog und Abfallwärme beeinträchtigen das Klima und damit die menschlichen Lebensbedingungen. Da diese Auswirkungen nur in lokalen Fallstudien erkannt werden können, leistet die mesoklimatische Forschung wertvolle Dienste in der Erkennung und eventuellen Verhütung solcher Umweltschäden. Damit dient sie ebenfalls der geomedizinischen Forschung.

Auf einige Beispiele und Probleme im vorderpfälzischen Raum sei hier verwiesen:

1. Das Smog-Problem stellt sich vor allem in industriellen Ballungsräumen wie dem Großraum Rhein-Neckar bei langandauernden Inversionslagen. Die thermische Sperrschicht verhindert dann einen vertikalen Luftaustausch, die Aerosole reichern sich unter dieser an (Abb. 11). Hier interessiert die Häufigkeit solcher Wetterlagen (makroklimatischer Ansatz, siehe HAVLIK 1970, MAYER 1972, GOSSMANN 1975) und die Zirkulationssysteme im bodennahen Raum der Atmosphäre, die eine Durchmischung der Luft herbeiführen (mesoklimatischer Ansatz, siehe FEZER/SEITZ 1973).

2. Die Siedlungen, vor allem die größeren Städte, prägen ihr eigenes „Stadtklima" aus. Unter der häufig zu beobachtenden Dunstglocke ergibt sich ein veränderter Strahlungshaushalt, eine Überwärmung gegenüber dem Umland, eine größere Austrocknung und eine erhöhte Schwülehäufigkeit (u. a. ERIKSEN 1971, 1975). Aufgaben der mesoklimatischen Studien bestehen darin, eine klimatische Bestandsaufnahme (z. B. SEITZ 1975 — NÜBLER 1975) zu entwickeln und Möglichkeiten einer Sanierung des Stadtklimas vorzuschlagen und zu überprüfen (u. a. MATHÉ 1972, BERNATZKY 1972).

3. Die Schwüle wird gerade im Rheingraben als besondere Belastung empfunden (DAMMANN 1963). Linderung bringen die Frischluftströme aus dem angrenzenden Bergland oder aus den Wäldern der Rheinebene. Hier beabsichtigt die mesoklimatische Forschung den Verlauf, die Mächtigkeit und die Reichweite dieser Kaltluftströme zu erkennen. Diese Ergebnisse können in den Raumordnungsplänen und Bauleitplänen berücksichtigt werden.

4. Bei der Planung von Infrastruktureinrichtungen sollten durch mesoklimatische Fallstudien daraus zu erwartende Umweltschäden abgeschätzt und Alternativvorschläge entwickelt werden. Zum Beispiel können quer durch Täler aufgeschüttete Straßendämme die Frischluftzufuhr von Siedlungen teilweise unterbinden und durch Aufstau der Kaltluft Schäden der benachbarten Rebanlagen hervorrufen.

5. Bei der Planung von Industriewerken oder von Kraftwerken, die einen hohen Wärmeabfall an die Luft abgeben, sind mesoklimatische Vorstudien unentbehrlich. Dies gilt umso mehr, wenn es zu einer Konzentration solcher Betriebe innerhalb von Entwicklungsachsen wie der Rheinniederung kommt. Auf die Umweltgefahren durch Kraftwerke weist GOSSMANN (1974) hin.

3.3 Mesoklimatische Untersuchungen und Aufgaben der Raumordnung, Landesplanung und Landespflege

Raumordnung mit dem Ziel der optimalen Gestaltung einer Landschaft erfordert landschaftsökologische Raumgliederungskarten als eine unentbehrliche Grundlage. Nur aus der Kenntnis und Berücksichtigung des natürlichen Landschaftshaushaltes können Maßnahmen der Raumplanung und der Landschaftspflege ohne schwerwiegende Umweltschäden eingeleitet werden. Auch hier sollen einige Perspektiven anklingen, die die Bedeutung mesoklimatischer Studien als notwendig erscheinen lassen:

1. Der vorderpfälzische Raum ist stark durch den Weinanbau geprägt. Hinsichtlich einer optimalen Nutzung des Raumes durch den Weinanbau kommt der klimatischen Gütebewertung und Standortkartierung eine große Bedeutung zu. In unserem Raum stellt vor allem die Empfindlichkeit gegenüber der Kaltluft dem Weinanbau bestimmte Grenzen. Eine obere Begrenzung ist durch die Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe, eine untere Begrenzung durch die Kaltluftgefährdung bei Temperatur-Inversionen gegeben. Hier zeigt sich jedoch, daß die untere Begrenzung nicht in einer absoluten Höhenabgrenzung gegeben werden kann, wie es Tichy (1954: 27) feststellt, sondern stärker von der relativen Höhenlage über dem Talgrund abhängt. Deshalb müssen klimatische Kartierungen die ungünstigen Gebiete ausgrenzen. Dies geschah und geschieht vorwiegend durch die Agrarmeteorologische Abteilung des Deutschen Wetterdienstes in Trier. Bei den nicht seltenen Streitfällen um die Anerkennung weinbauwürdiger Flächen nützen lokalklimatische Spezialuntersuchungen als wesentliche Entscheidungshilfe.

2. Unsere Siedlungen haben sich in den letzten Jahrzehnten sehr stark ausgedehnt. Wurde diese räumliche Erweiterung früher mehr von den Gemeinden aus angestrebt, so sind diese Bauleitpläne heute in die Regionalentwicklungspläne der Raumordnungsbehörden eingebettet. Damit wird beabsichtigt, einer ungeplanten Zersiedlung der Landschaft entgegenzuwirken. Aus klimatischer Sicht erscheint es bei diesen Planungen notwendig, im Siedlungsraum der Vorderpfalz bestimmte Frischluftschneisen nicht durch Bebauung zu versperren.

Dies gilt einerseits für den Gesamtraum, in dem eine Entwicklung ähnlich der an der Bergstraße vermieden werden soll. Das fast ununterbrochene Siedlungsband zwischen Heidelberg und Darmstadt quert die Kaltluftströme aus dem Odenwald, die für die Belüftung der Rheinebene vor allem bei austauscharmen Wetterlagen sehr bedeutsam sind. Fezer/Seitz (1973: 82) kommen zu Vorstellungen inwieweit künftig Frischluftschneisen von einer Bebauung freizuhalten sind, um eine weitere klimatische Beeinträchtigung zu vermeiden. An der Weinstraße ist die bauliche Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten. Hier ist die mesoklimatische Untersuchung dieser Kaltluftströme eine wichtige Grundlage regionaler Raumplanungen.

Auch bei den für kleinere Landschaftsausschnitte gültigen Bauleit- und Bebauungsplänen sollen mesoklimatische Untersuchungen in die Planungen miteinbezogen werden. Zum Beispiel konnte der Verfasser bei Neustadt-Hambach nachweisen, daß durch die städtische Besiedlung eine Veränderung der Hangluftzirkulation erfolgte, worauf in einer eigenen Studie eingegangen wird.

3. Im Hinblick auf Ausweisung von Erholungsflächen, Erholungsorten oder Luftkurorten innerhalb der Regionalen Raumordnungspläne können mesoklimatische Untersuchungen wertvolle Dienste leisten. In diesem Zusammenhang wäre auch zu überlegen, inwieweit die notwendigen Frischluftschneisen zugleich auch als Naherholungsräume die benachbarten Siedlungsräume ergänzen. Gerade hier erscheint der „Regionale Raumordnungsplan Südpfalz" (1971) in der Ausweisung solcher W-E-gerichteter Frischluft-Erholungsschneisen zwischen den größeren Siedlungen der Haardt ergänzungsbedürftig.

4. Nachbemerkungen

Bei diesen Arbeiten durfte ich Hilfe von verschiedenen Seiten in Anspruch nehmen, für die ich mich auch an dieser Stelle verpflichtet fühle, herzlichst zu danken. Neben reger Anteilnahme, interessanter Gespräche und wertvoller Anregungen bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. F. Fezer (Heidelberg) auch für die Bereitstellung von Meßgeräten und der Infrarotbilder. Über die sehr hilfreiche Einführung in die Arbeit mit dem fahrbaren Temperaturmeßgerät und -schreiber durch Herrn Dr. R. Seitz (Mannheim) freute ich mich besonders. Herrn Prof. Dr. F. Tichy (Erlangen) darf ich für die eigens angefertigte Umzeichnung seiner Frostschadenskarte und für deren Druckerlaubnis danken. Den Herren Dr. N. Beran und Porsch, Landeslehr- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau in Neustadt, danke ich für die Bereitstellung der benötigten Thermohygrographen. Herrn J. Foeller (Landau-Mörzheim) danke ich für die freundschaftliche Hilfe beim Anfertigen der Photographien. Nicht zuletzt möchte ich die Herren vom Deutschen Wetterdienst Wetterstation Neustadt und des Weinbauamts Neustadt für die zuvorkommenden Auskünfte dankend erwähnen.

Diese Untersuchungen konnten in dieser Form nur durch die finanzielle Unterstützung des Forschungsringes des Deutschen Weinbaues durchgeführt werden, wofür mein herzlichster Dank auch Herrn Geiermann, Ministerium für Landwirtschaft und Umweltschutz in Mainz, für die Vermittlung dieses Zuschusses gilt.

5. Literaturverzeichnis

Aichele, H. (1968): Über die Verwendung fahrbarer Temperaturschreiber bei geländeklimatischen Untersuchungen. — Angew. Meteorol., **5** : 267 — 276, Berlin.

Alleweldt, G. (1964): Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben (Vitis-Specius) III. Blütenbildung. — Vitis, **4** : 240—261, Siebeldingen b. Landau.

Andreas, G. (1968): Geländebedingte Kaltluftverteilung in Strahlungsnächten im Elbsandsteingebirge — eine Diskussion der Methode von Schüepp und Uhlig. — Petermann geogr. Mitt. Erg. H. Nr. 271: 185—198, Gotha.

Becker, N. J. (1970): Beiträge zur Standortforschung an Reben (*Vitis vifera* L.) — Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung im Rheingau. — Die Weinwissenschaft, Jg. **25** : 63—116, Wiesbaden.

— (1971): Zur kleinklimatischen Gütebewertung von Weinbaulagen. — Weinberg und Keller, Jg. **18**: 475—478, Traben-Trarbach.

Bernatzky, A. (1972): Großstadtklima und Schutzpflanzungen. — Natur u. Museum, Jg. **102**: 425—431, Frankfurt a. M.

Bluskowa, D. (1965): Über den Einfluß des Reliefs auf die Lufttemperatur. — Angew. Meteorol., **2** : 65—72, Berlin.

Burckhardt, H. (1953): Frostschäden im pfälzischen Weinbau in der Nacht 10./11. Mai 1953. — Manuskript Weinbauamt Neustadt a. d. W.

— (1956): Probleme und Möglichkeiten zur Kartierung der Frostgefährdung. — Meteorol. Rundschau, 92—98, Stuttgart.

Burckhardt, H. - Rettig, H. - Vaupel, A. (1958): Die Spätfrostschäden vom Mai 1957 im pfälzischen Weinbau. — Manuskript Weinbauamt Neustadt a. d. W.

Dammann, W. (1960): Die Windverhältnisse im Rhein-Main-Gebiet. Eine Studie zur dynamischen Klimatologie der Mittelgebirge. — Erdkunde, **14** : 10—29, Bonn.

— (1963): Die Schwüle als Klimafaktor im Heidelberger Raum. — In: Heidelberg und die Rhein-Neckar-Lande. — Festschrift zum 34. Dt. Geogr. Tag: 177—192, Heidelberg.

DEUTSCHER WETTERDIENST: Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz. — Bad Kissingen 1957.

DIEM, M. (1971): Windschichtung und Temperaturgradient in den untersten Atmosphärenschichten der Rheinebene. — Meteorol. Rundschau, Jg. **24** : 11—19, Stuttgart.

ERIKSEN, W. (1971): Die stadtklimatischen Konsequenzen städtebaulicher Entwicklung. — Stadthygiene, Jg. **11** : 259—262.

— (1975): Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie. — 114 S., Darmstadt.

FEZER, F. (1975): Lokalklimatische Interpretation von Thermalluftbildern. — Bildmessung und Luftbildwesen, 152—158, Karlsruhe.

FEZER, F. - SEITZ, R. (1973): Klimatologie und Regionalplanung — Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Teil 1: Kaltluftströme in den Tälern des Odenwalds, an der Bergstraße und in der Randniederung. — Heidelberger geogr. Arb., Heidelberg (in Vorber.).

GEIGER, M. (1973): Beobachtung und Kartierung der Weinlaubverfärbung im Herbst — eine geländeklimatische Studie im Weinbaugebiet nördlich von Landau in der Pfalz. — Mitt. Pollichia, III, **20** : 145—163, Bad Dürkheim.

— (1975): Der Einfluß von Kaltluftströmen auf den Ertrag von Reben — eine Studie im Weinbaugebiet zwischen Landau und Neustadt in der Pfalz. — Die Wein-Wissenschaft, Jg. **30** : 129—143, Wiesbaden.

GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. — 4. Aufl., 646 S., Braunschweig.

GERICKE, M. (1971): Zur Einbeziehung großräumiger atmosphärischer Eigenschaften in mesometeorologische Modelle. — Z. Meteorol., 332—347, Berlin.

GLASAUER, G. (1973): Mitteleuropa im Satellitenbild — Nutzungsperspektiven am Beispiel der ERTS — 1 — Bilder. — Manuskript Geogr. Inst. Heidelberg, 116 S., Heidelberg.

GOSSMANN, H. (1974): Umweltgefahren durch Kernkraftwerke — Problematik der Abwärme großer Kraftwerke und ihres Einflusses auf die Atmosphäre am Beispiel des geplanten Kernkraftwerkes Breisach bzw. Wyhl. — Geogr. Rundschau, 81—92, Braunschweig.

— (1975): Erfassung vertikaler Temperatur- und Feuchteprofile mit Hilfe der Schauinslandseilbahn als Beitrag zur Bewertung von Inversionswetterlagen in der südlichen Oberrheinebene. — Daten und Dokumente zum Umweltschutz Nr. 14 : 67—81, Hohenheim.

HAVLIK, D. (1970): Inversionswetterlagen im südlichen Oberrheingebiet. — Meteorol. Rundschau, 129—134, Stuttgart.

HORNEY, G. (1969): Wettererscheinungen in ausströmender Kaltluft (ein Beitrag zur Frage des Kaltluftflusses in Strahlungsnächten im orographisch gegliederten Gelände). — Meteorol. Rundschau, 106—113, Stuttgart.

KESSLER, A. (1971): Über den Tagesgang von Oberflächentemperaturen in der Bonner Innenstadt an einem sommerlichen Strahlungstag. — Erdkunde, 13—20, Bonn.

KNOCH, K. (1963): Die Landesklimaaufnahme. — Ber. dt. Wetterdienst, Nr. 85: 5—64, Offenbach.

KOCH, H. G. (1961): Die warme Hangzone — neue Anschauung zur nächtlichen Kaltluftschichtung in Tälern und an Hängen. — Z. Meteorol., **15**: 151—171, Berlin.

KREUTZ, W. - SCHUBACH, K. (1952): Lokalklimatische Geländekartierung der südlichen Bergstraße unter besonderer Berücksichtigung der Gemarkung Heidelberg. — Mitt. dt. Wetterdienst in der US-Zone, 3—11, Offenbach.

— (1961): Beiträge zur Methodik der Geländeklimauntersuchung für Zwecke der Raumforschung, dargestellt an vier Beispielen. — Inf. z. Raumforschung, Jg. **11** : 299—318, Bad Godesberg.

LEHMANN, P. (1952): Abkühlung und Erwärmung im nächtlichen Kaltluftfluß. — Ber. dt. Wetterdienst in der US-Zone, Nr. 38 : 113—116, Offenbach.

LESER, H.: (1973): Physiogeographische Untersuchungen als Planungsgrundlagen für die Gemarkung Esslingen am Neckar. — Geogr. Rundschau, 308—318, Braunschweig.

— (1975 a): Naturräumliche und landschaftsökologische Gliederung der Pfalz — Landschaftsgliederungskarten im Vergleich. — Pfälzer Heimat, Jg. **26** : 58—62, Speyer.

— (1975 b): Karte der naturräumlichen Gliederung. — Textband zum Pfalzatlas, H. 26 : 1035—1040, Speyer.
— (im Druck): Landschaftsökologie. — 432 S., Stuttgart.
MANIG, M. (1960): Über eine auf der Belastung des Menschen beruhende Klimaeinteilung. — Meteorol. Rundschau, 153—156, Stuttgart.
MATHE, P. (1972): Die Bedeutung von Grünräumen und Pflanzen in der Stadt für die Gesundheit des Menschen. — Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst — Schriftenreihe Ver. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene Stuttgart, 285—298.
MAYER, H. (1972): Inversionen in der bodennahmen Atmosphäre über Karlsruhe. — Meteorol. Rundschau, Jg. 25: 153—161, Stuttgart.
MIESS, M. (1974): Planungsrelevante und kausalanalytische Aspekte der Stadtklimatologie. — Landschaft und Stadt, Jg. 6 : 9—16, Stuttgart.
NÜTLER, W. (1975): Lokalklimatische Untersuchungen als Beitrag zur ökologisch-wertenden Differenzierung des Stadtgebietes von Freiburg. — Daten und Dokumente zum Umweltschutz, Nr. 14 : 83—94, Hohenheim.
PEMÖLLER, A. (1975): Landkreis Landau-Bad Bergzabern. — Die Landkreise in Rheinland-Pfalz, Bd. 8, 494 S., Landau.
PLANUNGSGEMEINSCHAFT SÜDPFALZ (1971): Regionaler Raumordnungsplan Südpfalz. — Germersheim.
SCHMIDT, W. (1930): Kleinklimatische Aufnahmen durch Temperaturfahrten. — Meteorol. Z., 92—106, Berlin.
SCHNEIDER, M. (1965): Zur praktischen Durchführung geländeklimatologischer Arbeiten. — Mitt. dt. Wetterdienst, Nr. 34 : 1—32, Offenbach.
SCHNEIDER, S. (1974): Luftbild und Luftbildinterpretation. — 530 S., Berlin.
SCHNELLE, F. (1969): Regionale Unterschiede der Schwülebedingungen im Odenwald und im Rheintal. — Meteorol. Rundschau, 50—51, Stuttgart.
— (1952): Über die Abhängigkeit der Laubverfärbung von der Temperatur. — Ber. dt. Wetterdienst der US-Zone, Nr. 38 : 227—228, Offenbach.
SEITZ, R. (1975): Stadtklima Mannheim—Ludwigshafen. — Diss. Fak. f. Geowissenschaften, Heidelberg.
TICHY, F. (1954): An den Grenzen des Weinbaues innerhalb der Pfalz — eine gelände-klimatologische Studie. — Mitt. Pollichia III, 2 : 7—35, Bad Dürkheim.
TROLL, C. (1968): Landschaftsökologie. — Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie, 1—21, Den Haag.
VAUPEL, A. (1959): Advektivfrost und Strahlungsfrost. — Mitt. dt. Wetterdienst, Nr. 17 : 5—31, Offenbach.
WEINBAUAMT NEUSTADT: Klimakartierung auf Rebflächen der Pfalz. — Manuskript Weinbauamt Neustadt a. d. W.
WEISCHET, W. (1956): Die räumliche Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen. Ein Vorschlag zur Gliederung der Klimatologie und zu ihrer Nomenklatur. — Erdkunde, 109—122, Bonn.
— (1972): Übersicht über die wissenschaftlichen Arbeiten im Geographischen Institut I. — Freiburger geogr. Mitt., 1: 155—159, Freiburg i. Br.
WEISE, R. (1952): Mikroklimatische Geländestudien an der Laubverfärbung der Reben im Herbst 1951 und ihre Folgerungen für den fränkischen Weinbau. — Ber. dt. Wetterdienst in der US-Zone, Nr. 38: 237—240, Offenbach.
— (1953): Kaltluftstraßen im Weinberg und ihre Auswirkungen. — Dt. Weinbau, 348—349.
— (1954): Die Brauchbarkeit der herbstlichen Reblaubverfärbung zur Beurteilung des Weinbergklimas. — Weinberg u. Keller, 324—326, Traben-Trarbach.
— (1957): Nächtliche Luftzirkulation im Weinberg. — Weinberg u. Keller, 329—339, Traben-Trarbach.
WEISE, R. - WITTMANN, O. (1971): Boden und Klima fränkischer Weinberge. — Atlas des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.
ZENKER, H. (1970): Der Einfluß einer Talkessellage auf die Schwüleempfindung. — Abh. Meteorol. Dienst. DDR, 199—206, Berlin.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Michael Geiger, 6740 Landau 22, Raiffeisenstraße 25

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 63

Autor(en)/Author(s): Geiger Michael

Artikel/Article: Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz 10-44