

- KOAZE, T.: „Verteilung rezenter und fossiler Periglazialformen in Japan“ (japanisch), Meiji. Univ. Tokyo, unveröff. Manusk., 1958.
- : The patterned grounds on the Daisetsu Volcanic Group, Central Hokkaido (japanisch mit engl. summ.), in: Geogr. Rev. of Japan 38, 1965, S. 179–199.
- KOBAYASHI, K.: Periglacial morphology in Japan, in: Biul. perygl. 4, 1956, S. 15–46.
- MIYAWAKI, A., T. OHBA et al.: „Die Vegetation von Japan im Vergleich zu anderen Gebieten der Erde“ (japanisch), Enc. of Sci. and Techn. 3, Tokyo, 1967.
- NICHOLS, R. L. and F. NICHOLS: Polygonboden on Mt. Desert Island, Maine, in: Science, New. Ser. 83, 1936, S. 161.
- OHBA, T.: Über die Serpentin-Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe Japans (japanisch mit dt. Zus.), in: Bull. of the Kanagawa Pref. Museum 1/1, 1968, S. 37–64.
- POSER, H.: Die Periglazialerscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler Alpen), in: Gött. Geogr. Abhdlgn. 15, 1954, S. 125–180.
- RATHJENS, C.: Ein Beitrag zur Frage der Solifluktionsgrenze in den Gebirgen Vorderasiens, in: Z. Geomorph. N. F. 9, 1965, S. 35–49.
- SCHWIND, M.: Das japanische Inselreich, Bd. 1, Die Naturlandschaft, Berlin, 1967.
- SIGAFUSS, R. S. and D. M. HOPKINS: Frost-heaved tussocks in Massachusetts, in: Am. Jour. Sci. 249, 1951, S. 312–317.
- SMITH, H. T. U.: Periglacial frost features and related phenomena in the United States, in: Biul. perygl. 11, 1962, S. 325–342.
- TROLL, C.: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde, in: Geol. Rdsch. 34, 1944, S. 545–694.
- : Rasenabschälung (Turf Exfoliation) als periglaziales Phänomen der subpolaren Zonen und der Hochgebirge, in: Z. Geomorph. N. F., Suppl. Bd. 17, 1973, S. 1–32.
- WASHBURN, A. L., D. D. SMITH and R. H. GODDARD: Frost cracking in a middlelatitude climate, in: Biul. perygl. 12, 1963, S. 175–189.
- WILHELMY, H.: Geomorphologie in Stichworten, Teil 4, Kiel, 1974.

VERÄNDERUNGEN DES MESOKLIMAS DURCH SIEDLUNGEN IM RAUM NEUSTADT/WEINSTRASSE

Mit 4 Abbildungen, 2 Photos und 2 Tabellen

MICHAEL GEIGER

Summary: Meso-climatic changes in the Weinstrasse region south of Neustadt.

This study covering a rurally-structured area is intended to complement what have become fairly numerous investigations of urban climates within cities and agglomeration areas.

Making use of mobile instruments for measuring temperatures, minima and maxima thermometers and infra-red aerial photography, an investigation was carried out into the meso-climatic changes in the Weinstrasse region south of Neustadt. Corresponding with the size of settlement temperature rises of between 0.5 °C and 5 °C were registered. Settlements lying within and in front of the valley funnels of the Pfälzerwald alter the natural circulation of air. They block the fresh air on arrival, and warm it up so that it no longer proceeds to the Rhine Plain. This interference with the bioclimatically highly significant local wind systems ought to be taken account of adequately in future measures adopted by regional and town planners. In this regard meso-climatic mapping represents a necessary investigation of underlying factors.

I. Problemstellung

Die Erweiterung unserer Siedlungen, das krebsartige Auswuchern unserer Städte brachte vielen Menschen früher nie gekannte individuelle Wohnverhältnisse und Erholungsmöglichkeiten. Mit diesen Vorzügen

ergaben sich auch eine Reihe verschiedener Probleme. In manchen Gebieten schritt die Zersiedlung der Landschaft schon soweit fort, daß das ökologische Gleichgewicht der Naturlandschaft einschneidend gestört wurde.

Zu diesen Auswirkungen gehören auch die Veränderungen des Mesoklimas durch die menschliche Siedlungstätigkeit. Solche Veränderungen stellen sich meist erst allmählich ein. Die langsame Gewöhnung an die veränderten klimatischen Verhältnisse läßt uns die auslösenden Ursachen nicht sicher erkennen. Überdies glaubt man, solche Veränderungen der unberechenbaren langfristigen Wetterentwicklung zuschreiben zu können.

Seit einiger Zeit befaßt sich die Stadtklimatologie mit den Fragen der Beeinflussung des Klimas durch städtische Siedlungen (siehe u. a. BACH 1970, ERIKSEN 1971, 1975, FEZER 1975 b, KRATZER 1956, MIESS 1974, NÜBLER 1975, SEITZ 1975)¹⁾.

ERIKSEN (1971 s. 259ff.) führt die wesentlichsten anthropogen bedingten klimatischen Veränderungen in den Städten auf:

¹⁾ Die Literaturangaben beschränken sich hier auf einige Autoren, ein ausführliches Schriften-Verzeichnis findet der Interessierte bei ERIKSEN 1975, der auch die nichtdeutsche Literatur auswertet.

- Veränderung des Strahlungshaushalts
- Überwärmung der Innenstädte („Wärmeinseln“, „heat-islands“)
- erhöhte Austrocknung
- Ausbildung von stadttinneren Zirkulationssystemen („Flurwind“, „country breeze“)
- verringerte Nebelhäufigkeit
- größere Schwülehäufigkeit
- Smog-Gefahr

Für diese klimatischen Veränderungen wird allgemein folgender Ursachenkomplex verantwortlich gemacht:

- Die andersartige Oberflächenstruktur und breitflächige Verwendung von Steinmaterial und Asphalt im Stadtkörper hat gegenüber dem Umland eine verringerte Albedo und damit ein höheres Wärmespeichervermögen zur Folge.
- Die durch verstärkte Luftverunreinigungen entstandene Dunstglocke vermindert die langwellige Ausstrahlung.
- Die anthropogen verursachte Abwärme der Industrieanlagen, des Verkehrs und der Heizungen wärmt die unterste Lufthülle auf.

Aus der Sicht der Stadtbewohner summieren sich alle Veränderungen zu bioklimatischen Belastungen. Deshalb sind die aus dem Umland in die Innenstädte gerichteten, kühleren „Flurwinde“ für das menschliche Wohlbefinden sehr wichtig. Sie finden darum in zunehmendem Maß Beachtung bei der Gestaltung der Landschaftsrahmenpläne und Stadtentwicklungspläne.

Bisher wurden die beschriebenen stadtklimatischen Aspekte vor allem innerhalb von Großstädten oder Ballungszentren beobachtet und kartiert (neben anderen siehe BACH 1970, FEZER 1975 b, KRATZER 1956, NÜBLER 1975, SEITZ 1975). Hier stellen sich deshalb Fragen, inwieweit sich ähnliche Beobachtungen mesoklimatischer Veränderungen durch kleinere Siedlungen im ländlich strukturierten Raum ergeben.

Neben der städtischen Überwärmung wurde die dadurch verursachte stadttinnere Luftzirkulation, der sogenannte Flurwind, bisher intensiver untersucht. Inwieweit jedoch vorher bereits bestehende Windsysteme durch Ansiedlungen beeinflusst wurden, läßt sich in den großen Siedlungsagglomerationen nicht mehr feststellen. Bei kleineren, überschaubareren Siedlungen kann eher auf solche mesoklimatische Veränderungen geschlossen werden.

Von diesen Überlegungen ausgehend, ergeben sich die folgenden Fragestellungen:

1. Sind die genannten mesoklimatischen Veränderungen nur innerhalb dicht bebauter städtischer Agglomerationen einer gewissen Mindestgröße zu beobachten?
2. Bis zu welcher minimalen Ausdehnung menschlicher Ansiedlungen lassen sich diese Veränderungen feststellen?

3. Inwieweit kommt es bei menschlichen Ansiedlungen zu Veränderungen von bestehenden Luftzirkulationssystemen?

II. Untersuchungsmethoden

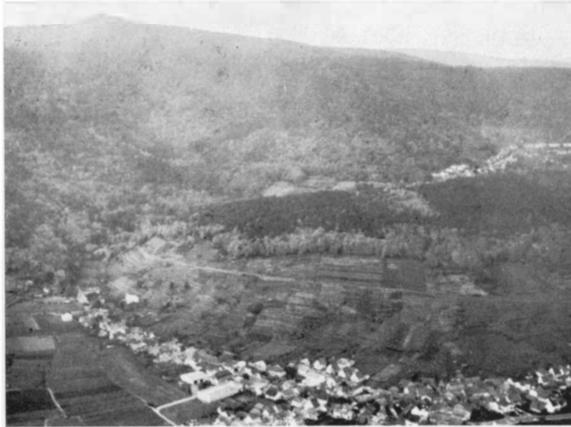
Im Rahmen eines umfangreicheren Untersuchungsprogramms des Verfassers „Mesoklimatische Studien in der Vorderpfalz“ konnte diesen Fragestellungen nachgegangen werden. Im einzelnen wurden dabei folgende Meß- und Untersuchungsmethoden angewandt:

- a) Interpretation von Infrarot-Luftaufnahmen aus ca. 1000 m Höhe. Dabei handelt es sich um Line-Scanner-Aufnahmen im thermalen Infrarot (8–14 μ).
- b) Messung der Lufttemperatur mit einem belüfteten Widerstandsthermometer (Meßgenauigkeit 0,1 °C). Das Meßgerät wurde am Auto in 90 cm Höhe befestigt und mit einem Temperaturschreiber im Wageninneren verbunden. Entlang ausgewählter schleifenartiger Routen konnte so die Lufttemperatur von dem Schreibgerät registriert werden.
- c) Messung der Lufttemperatur im unwegsamen Gelände mit einem tragbaren belüfteten Halbleitertemperaturfühler (Meßgenauigkeit 0,2 °C).
- d) Bestimmung der Temperatur-Minima und -Maxima mit Hilfe von Six-Thermometern.
- e) Messung der Windstärke und der Windrichtung mit Hilfe eines Handanemometers, einer Windfahne und eines Kompasses.
- f) Phänologische Beobachtungen des Laubfalles, der Blütenbildung und des Rebenertrages im Weinbaugbiet der Weinstraßenlandschaft.
- g) Phänologische Auswertung von Farb-Luftbildern und von Infrarot-Farbluftbildern aus geringer Höhe im Weinbaugbiet.

Die in dieser Studie vorgestellten Ergebnisse wurden vornehmlich mit Hilfe der Methoden a–e gewonnen.

III. Das Untersuchungsgebiet

Die Landschaft entlang der Weinstraße eignet sich als Untersuchungsgebiet für die Beantwortung der oben genannten Fragen in besonderer Weise. Vom Aussiedlerhof, über Klein- und Großdörfer bis zu Mittelstädten trifft man die verschiedensten Ansiedlungen an. Die Art der Bebauung variiert dort zwischen sehr eng und dicht bebauten Siedlungskernen (Photo 1) und lockerer, stark durchgrünter Bebauung (Photo 2 Mittelgrund). Bemerkenswert ist auch der Wechsel topographischer Siedlungslagen: Lage in der offenen Rheinebene, Lage in den Muldentälern der Vorhügellzone der Haardt, Lage in den Kerbtal-Einschnitten des Pfälzer Waldes, Lage auf dem Fußhang des Pfälzer Waldes. Ferner fehlen dieser Landschaft Großbetriebe der Industrie, die durch ihre Emissionen und Ab-



1



2

Photo 1: Schrägluftbild des Taltrichters westlich von Neustadt-Unterhambach/Wstr. vom 3. 11. 1974 (Freigabe-Nr. 37496-5, Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz)

Oblique air photo of the valley funnel west of Neustadt-Unterhambach/Wstr., taken on 3. 11. 1974

Photo 2: Schrägluftbild des Taltrichters mit den Ortsteilen Neustadt-Oberhambach und Neustadt-Mittelhambach (im Vordergrund) vom 3. 11. 1974 (Freigabe-Nr. 37495-5, Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz)

Oblique air photo of the valley funnel with the Neustadt-Oberhambach and Neustadt-Mittelhambach (in foreground) urban sub-districts, taken on 3. 11. 1974

wärme die Atmosphäre belasten könnten. Somit kann man erwarten, daß zu beobachtende mesoklimatische Veränderungen in diesem ländlichen Raum durch die menschlichen Ansiedlungen verursacht sind.

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich im wesentlichen auf Neustadt/Wstr. und seinen südlichen Ortsrand (Photo 1 u. 2 und Abb. 1–3) sowie auf einen Geländeausschnitt vom Pfälzer Wald zur Rheinebene südlich von Neustadt/Wstr. (Abb. 4).

Der Neustadter Ortsteil Hambach liegt am Rheingrabenrand. Der Pfälzer Wald senkt sich von seinen Erhebungen um 500 m (Rittersberg 532 m, Nollenkopf 490 m) über eine vorgelagerte Randscholle (Hambacher Schloßberg bzw. Kästenberg 379 m, Heidelberg 313 m, Häuselberg 321 m und Nollensattel 326 m) zur Vorhügelzone der Haardt um 200 m ab. In die Rheinebene führende Kerbtäler gliedern diese Randscholle auf. Diese Taleinschnitte trennen den Kästenberg vom Heidelberg (Taltrichter 1), den Heidelberg vom Häuslerberg (Taltrichter 2), und den Häuselberg vom Nollensattel (Taltrichter 3). Sie erweitern sich im W zu 3 Talkesseln. Wie die Abb. 3 und 4 zeigen, geht die Vorhügelzone mit den Ortsteilen Neustadt-Mittelhambach (ca. 200 m), Neustadt-Unterhambach (ca. 195 m) und Neustadt-Diedesfeld (ca. 170 m) und den Orten Maikammer (ca. 180 m) und St. Martin (ca. 230 m) nach E über in die Lößriedelplatten (ca. 140 m) und in den Speyerbach-Schwemmfächer (ca. 120 m).

IV. Beobachtungen und Meßergebnisse

a) Interpretation des Thermalbildes (Abb. 1):

Zur Aufnahmezeit (20³⁰) sind die Wälder noch relativ warm (hell), die grasbedeckten Freiflächen im Wald kühlen stark aus (vgl. FEZER 1975, S. 153, KESSLER 1971, S. 15). Die durch die Ausstrahlung entstandene Kaltluft fließt in die Talungen ab. Die Kerbtäler sind dann die Leitbahnen für die Kaltluftströme, die der Rheinebene Frischluft aus dem Pfälzerwald zuführen.

An der ziemlich scharfen Hell-Dunkel-Grenze im Thermalbild kann die Obergrenze des Kaltluftstroms festgestellt werden. Nach einem Vergleich mit der Topographischen Karte ergeben sich seine Breite und seine Mächtigkeit. Zum Beispiel beträgt die Mächtigkeit des Kaltluftstroms im Speyerbachtal beim Schwimmbad westlich von Neustadt 115 m bei einer oberen Breite von etwa 1000 m. Die kleineren Kaltluftströme südlich und nördlich vom Hambacher Schloß sind nur 40 m mächtig und 200 m breit. Zusammen mit den am Boden durchgeführten Windstärkenmessungen kann die Abflußmenge der Kaltluftströme ermittelt werden (siehe FEZER 1975, S. 155f.). Solche Berechnungen ergeben Abflußmengen für das Speyerbachtal von ca. 290 000 m³/sec und für die Kerbtälchen nördlich und südlich vom Hambacher Schloß von ca. 10 000 m³/sec. Das Relief prägt also weitgehend den Verlauf dieser Luftströme vor, während deren Mächtigkeit und Abflußmenge vor allem durch die Größe des Einzugsgebietes bestimmt wird. In der Vorhügelzone der Haardt verteilt sich die Kaltluft, weil hier die enge Talführung fehlt.

Am wärmsten zeichnen sich die Siedlungen und die Asphaltstraßen ab. An der dicht bebauten Kernstadt von Neustadt erkennt man die Überwärmung gegenüber dem Umland am deutlichsten. Durch die hohe

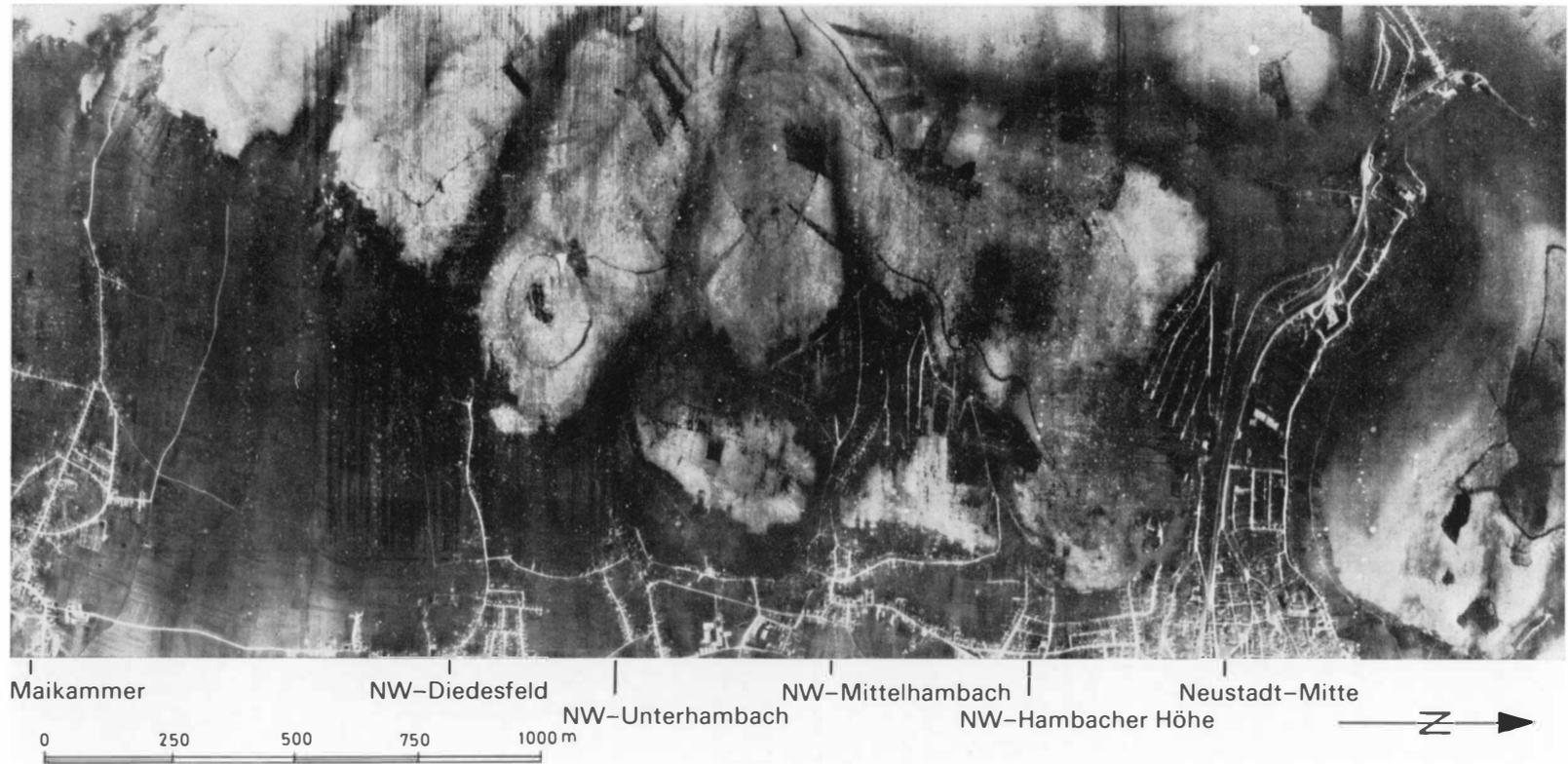


Abb. 1: Ausschnitt eines Infrarot-Scan-Streifens zwischen Neustadt/Wstr. und Maikammer. Die Aufnahme entstand aus ca. 800 m Höhe über Grund am 10. 8. 1973 um 20⁰⁰ im Spektralbereich 8–14 μ . Windverhältnisse: Wetterstation Weinbiet (550 m) E-Wind 3 m/s und Wetterstation Neustadt (163 m) WSW-Wind 1 m/s

(Freigabe-Nr. 0/5740, Regierungspräsidium Nordbaden vom 3. 11. 1974)

Section from an infra-red scanning strip between Neustadt/Wstr. and Maikammer. The exposure was made from an altitude of about 800 m. above ground-level on 10. 8. 1973, at about 2030 in the spectral region 8–14 μ . Wind conditions: Weinbiet weather station (550 m) – wind easterly 3 m/s, and Neustadt weather station (163 m) – wind W. S. W. 1 m/s.

Wärmeabstrahlung der Steingebäude und der Straßen zeichnen sich jedoch alle Siedlungen bis hin zu einzelnen Gebäuden im Thermalbild ab. Deutlich erkennt man am Westen von Neustadt, bei Mittel- und Unterhambach (!) und bei Diedesfeld die abkühlende Wirkung der aus dem Pfälzerwald strömenden Kaltluft innerhalb der Siedlungen.

b) Ergebnisse von Meßfahrten (zu Abb. 2, 3 und 4)

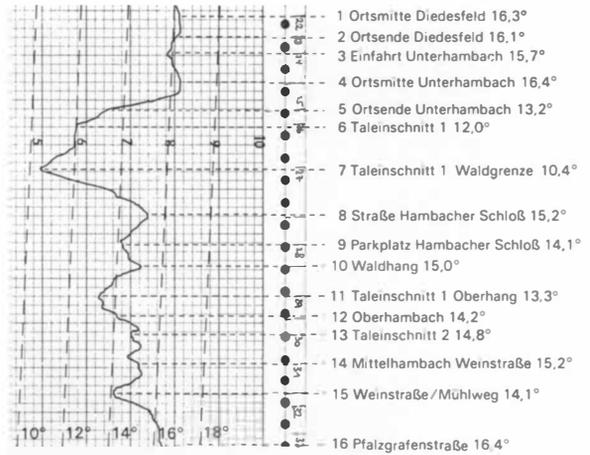
Bei vorherrschender advektiver Luftbewegung gleichen sich die Temperaturverhältnisse durch den Boden- und Gradientwind aus. Ein ausgeprägtes eigenes Lokalklima entwickelt sich dann nicht. Bei Strahlungswetterlagen und ruhiger Luftbewegung erfolgt der Luftmassenaustausch verstärkt in vertikaler Richtung. Nachts fließt die kältere und schwerere Luft von den höheren Lagen ab und sammelt sich in den Niederungen. Vor allem prägen das Relief und die Beschaffenheit der Erdoberfläche dann ein spezifisches Lokalklima. Bei diesen Strahlungswetterlagen bilden sich dann Inversionen aus, die nicht selten hoch hinaufreichen. Dies spiegelt sich in den Temperatur-Aufzeichnungen der amtlichen Wetterstation Neustadt/Wstr. und Weinbiet, die nur 3 km voneinander entfernt liegen, wider:

Tabelle 1:

		Temperaturen am 3. 4. 74 21 ⁰⁰	4. 4. 74 3 ⁰⁰	Minimum
Neustadt/Wstr.	163 m	13,1 °C	6,4 °C	5,4 °C
Weinbiet	550 m	13,2 °C	9,8 °C	8,7 °C

Bei solchen Inversionslagen durchgeführte Meßfahrten ergaben die in den Abbildungen 2, 3 und 4 dargestellten Temperaturverteilungen. Der Ausschnitt des Meßstreifens vom 3. 4. 1974 gibt die Temperaturen entlang der Route (Streckenverlauf siehe Abb. 3) während der Zeit von 20⁴⁵–21¹⁵ an. In dieser Meßzeit betrug der allgemeine Temperatur-Rückgang 1,0 °C. Die aufgezeichneten Temperaturen wurden auf die Ausgangszeit bezogen. Die gemessene Temperatur von 14,4 °C bei der Station 14 (Mittelhambach/Weinstraße) erhöht sich dann auf 15,2 °C. Erstaunlich hohe Temperaturdifferenzen bildeten sich im Untersuchungsgebiet aus:

- 6 °C zwischen dem dicht bebauten Unterhambach (190 m) und dem nur 1 km entfernten Meßpunkt 7 im südlichen Talkessel (240 m),
- 4,4 °C zwischen den beiden Taleinschnitten nördlich und südlich von Heidelberg (siehe Abb. 3).



Die Temperaturangaben sind auf 20⁴⁵ Uhr bezogen

Abb. 2: Ausschnitt eines Temperatur-Meßstreifens bei Strahlungswetter vom 3. 4. 1974 um 20⁴⁵–21¹⁵ in Neustadt-Hambach/Wstr. Windverhältnisse: Wetterstation Weinbiet (550 m) NE-Wind 4 m/s und Wetterstation Neustadt (163 m) W-Wind 1 m/s.

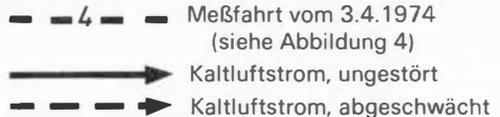
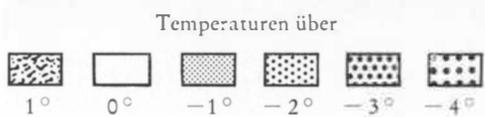
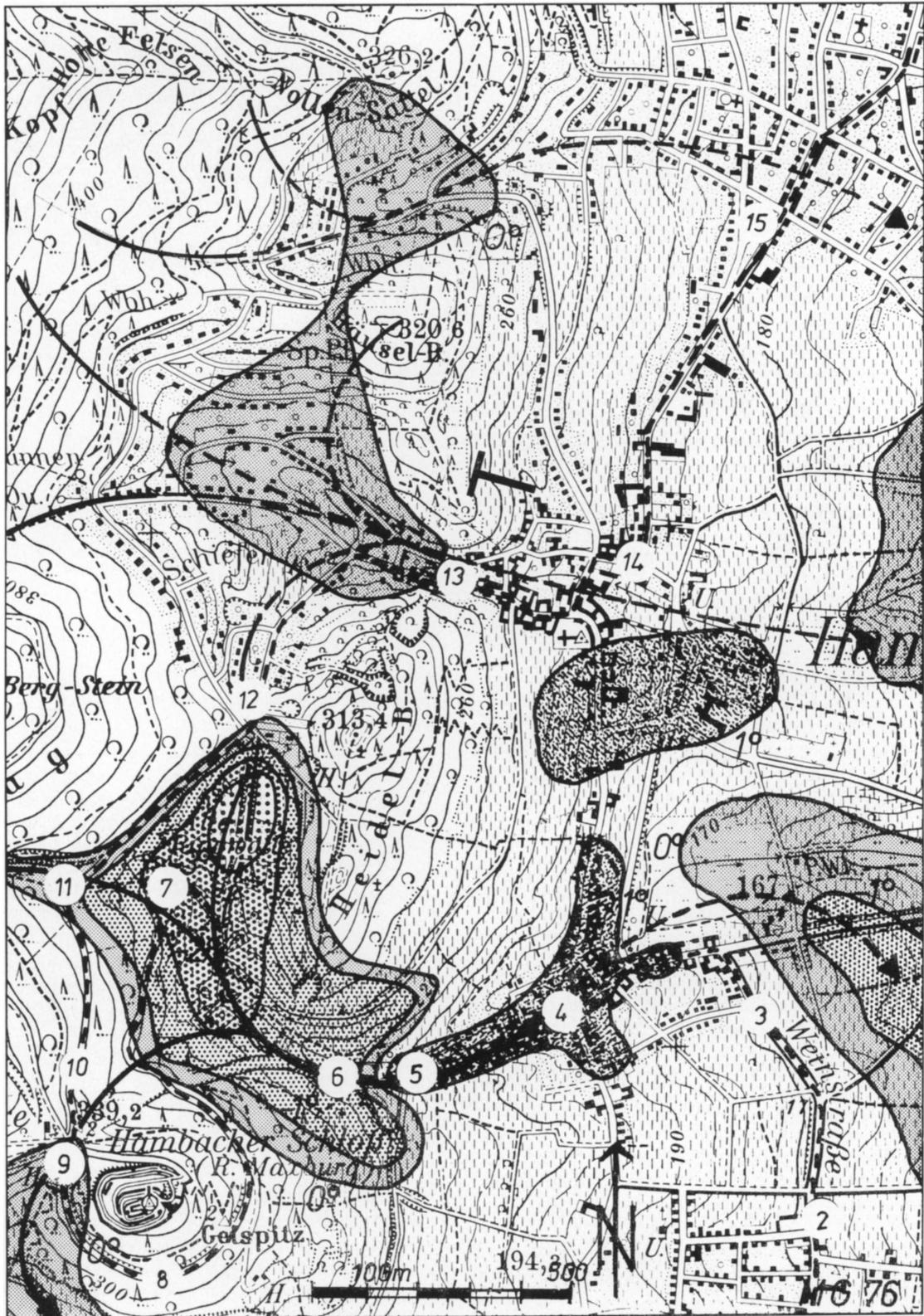
Section from a temperature measuring strip during radiation weather at Neustadt-Hambach/Wstr. on 3. 4. 1974 between 2045 and 2115. Wind conditions: Weinbiet weather station (550 m) – wind N.E. 4 m/s, and Neustadt weather station (163 m) – wind W. 1 m/s.

Der Isothermenkarte der Abbildung 3 liegen Messungen vom 28. 2. 75 zwischen 1⁰⁰ und 3¹⁵ zugrunde. Die niedrigsten Temperaturen stellten sich im südlichen Talkessel westlich von Unterhambach ein (–3,1 °C), während in den beiden locker bebauten Talkesseln nördlich davon Temperaturen zwischen 0 °C und –1 °C herrschten. Auch in den tiefer gelegenen Muldentälern der Rheinebene sanken die Temperaturen unter –1 °C ab. Die höchsten Temperaturen wurden im sehr eng bebauten Ortsteil Unterhambach (+1,4 °C) gemessen. Die entsprechende „Wärmeinsel“ über Mittelhambach ist wohl durch den Talabwind²⁾ aus dem Oberhambacher Talkessel nach SE verschoben worden. Innerhalb der lockeren Bebauung von Neustadt-Hambacher Höhe bildete sich keine Wärmezelle aus, hier sorgt der Talabwind aus dem Speyerbachtal für kühlere Temperaturen (siehe Abb. 1).

²⁾ Hier könnte auch von einem Hangabwind bzw. Bergwind im Sinne von R. GEIGER (1961, S. 427ff.) gesprochen werden. Dennoch soll hier weiterhin von Talabwinden gesprochen werden, weil die Kaltluft aus dem Pfälzerwald vor allem aus den Tälern in die Vorhügelzone der Haardt fließt (siehe Abb. 3).

Abb. 3: Isothermenkarte bei Strahlungswetter am südlichen Ortsrand von Neustadt/Wstr. vom 28. 2. 1975 um 3⁰⁰ (Kartengrundlage Vergrößerung 1:10 000 TK 6614 (Neustadt/Wstr.) mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz)

Isothermal map during radiation weather along the southern fringe of settlement at Neustadt/Wstr. on 28. 2. 1975 at 0300.



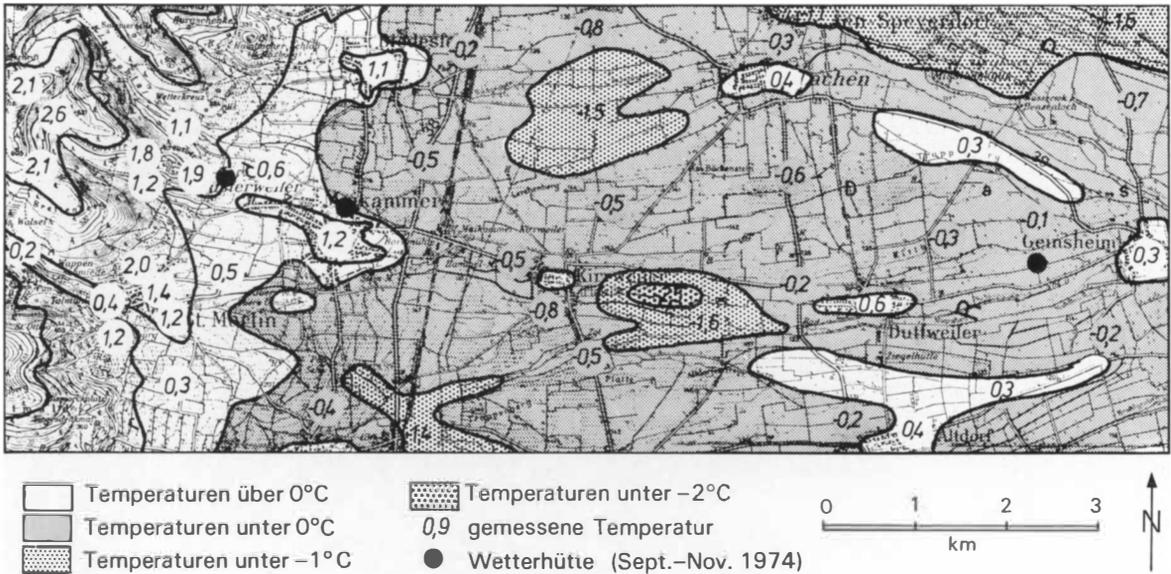


Abb. 4: Temperaturverteilung im Pfälzerwald, an der Weinstraße und in der Rheinebene südlich von Neustadt bei Strahlungswetter am 26. 1. 1975 um 21⁰⁰
(Kartengrundlage TK 1:50 000 Blatt L 6714 [Neustadt/Wstr.] mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz)

Temperature distribution in the Pfälzerwald, on the Weinstraße and in the Rhine Plain south of Neustadt during radiation weather on 26. 1. 1975 at 2100.

Nicht mehr in der Karte erkennbar ist die Wärmeinsel über der Kernstadt von Neustadt (+2,2 °C). Von dort aus zum offenen Speyerbachtal ergab sich ein Temperaturgefälle bis zu -2,8 °C vor der Sauloog-Siedlung. Verglichen damit beträgt die gesamte Überwärmung der Mittelstadt Neustadt +5 °C.

Die Isothermenkarte vom 26. 1. 1975 der Abbildung 4 zeigt ein ähnliches Verteilungsbild der Temperaturen: die Temperaturminima in den Talmulden, die Temperaturmaxima entsprechend der hohen Inversion im Bergland. Innerhalb des Kaltluftsees der Rheinebene heben sich die höheren Riedelrücken und die Ortschaften als Wärmeinseln deutlich heraus. Die Überwärmung beträgt je nach der Größe der Siedlungen und der Bebauungsdichte 0,6 °-1,5 °C³⁾.

c) Ergebnisse der Minima-Maxima-Thermometer

Während der Zeit vom 28. 3.-2. 4. 1975 wurden zum Vergleich die nächtlichen Minima in den beiden Taleinschnitten nördlich und südlich des Heidelbergs mit Hilfe von Six-fix-Thermometern bestimmt (siehe Photo 1 und 2). Die Thermometer befanden sich 0,9 m über dem Grasboden. Die folgende Tabelle stellt diesen Meßergebnissen diejenigen der beiden Wetterstationen Neustadt/Wstr. und Weinbiet gegenüber:

Tabelle 2: Temperaturminima im Untersuchungsgebiet vom 28. 3.-2. 4. 1975

Datum	Unterhambach (220 m; 0,9 m) °C	Oberhambach (230 m; 0,9 m) °C	Differenz °C	Neustadt (163 m; 2 m) °C	Weinbiet (550 m; 2 m) °C	Differenz °C
28. 3.	0,2	1,1	0,9	0,7	-2,1	2,8
29. 3.	-2,0	-1,1	0,9	0,0	-3,8	3,8
30. 3.	-2,8	-1,8	1,0	-2,3	-3,0	0,7
31. 3.	-3,1	-2,2	0,9	-2,3	-2,2	-0,1
1. 4.	-1,6	-0,6	1,0	-0,3	-1,3	1,0
2. 4.	-1,0	1,1	2,1	0,1	-1,6	1,7
Mittel	-1,7	-0,6	1,1	-0,7	-2,3	1,7

Wie die Tabelle verdeutlicht, sank die Temperatur im südlichen Taleinschnitt bei Unterhambach durchschnittlich um 1,1 °C tiefer als im nördlichen bei Oberhambach. Dies geschah sowohl bei advektiver Luftbewegung wie auch bei konvektiver. Wie die Abbildungen 2 und 3 zeigen, betrug die Temperaturdifferenzen der beiden Talkessel bei hohen Inversionen sogar 4,4 °C bzw. 3,0 °C.

³⁾ Eine weiterführende Interpretation dieser Karte findet der Interessierte bei M. GEIGER (1975).

V. Diskussion der Meßergebnisse

Die vorgestellten Meßergebnisse gestatten die Beantwortung der eingangs gestellten Fragen.

Zu Fragen 1 und 2:

Hier muß man von den Untersuchungsergebnissen über die Temperaturen verschiedener Oberflächen ausgehen, über die KESSLER (1971, Diagramm S. 15) und FEZER (1975 a, Diagramm S. 153) berichten. Beide Diagramme veranschaulichen das unterschiedliche Temperaturverhalten von verschiedenen Oberflächen: Asphalt und Stein erwärmen sich tagsüber erheblich stärker als Oberflächen mit natürlichem Bewuchs (Reben, Gras, Getreide, Wald). Deshalb stellen sich über Asphaltstraßen und bebauten Flächen höhere Temperaturen tagsüber und auf Grund der Wärmeabstrahlung auch nachts ein.

Diesen Effekt beobachtet man im kleinen bereits innerhalb einer geschützten Hausecke, in der abends über der Steinterrasse erheblich höhere Temperaturen gemessen werden als über dem nur wenige Meter davon entfernten Rasen. In etwas größerer Dimension kann man dies bei einem Steinbruch beobachten, dessen Aufwärmung zur Ausbildung einer Thermik führt, in der sich Vögel und Segelflieger hochtragen lassen. In unseren Siedlungen, die weitestgehend aus Stein und Asphalt bestehen, wirkt sich dieser Effekt noch viel stärker aus.

Vergleicht man die Jahresmitteltemperaturen von Städten mit denen des freien Umlandes, so ergeben sich dabei Unterschiede von 0,5–1,6 °C (LANDSBERG 1970, S. 1271, ERIKSEN 1975, S. 54). Bei den momentanen Messungen (Abbildungen 1, 2, 3, 4) konnten solche Unterschiede auch bei kleinen Siedlungen im ländlichen Raum festgestellt werden⁴⁾.

Da die Wärmeausstrahlung von physikalischen Konstanten abhängt, kann dies in kleinen Siedlungen prinzipiell zu ähnlich hohen Überwärmungsbeträgen führen wie in Großstädten. Der Überwärmungsbetrag wird zunächst mehr beeinflusst vom Verhältnis bebaute Fläche: Grünflächen. Indirekt wirkt sich allerdings die größere Ausdehnung der Wärmeinseln von Großstädten auch auf eine höhere Überwärmung aus: Im Zentrum kann sich nämlich ein nach außen stärker isolierter Wärmekern ausbilden, als es bei den Wärmeinseln kleinerer Ausdehnung möglich ist. Berücksichtigt man ferner die Ausbildung von Dunstglocken und die mit steigender Einwohnerzahl größere Wärmeabgabe durch Verbrennungsprozesse, so werden nächtliche Überwärmungsbeträge von 8°–10° in Großstädten verständlich. Dennoch zeigt das Beispiel von Neustadt, einer Mittelstadt von insgesamt 51 000 Einwohn-

nern, daß die Überwärmung auch beim Fehlen größerer industrieller Betriebe und verhältnismäßig dunstfreier Atmosphäre immerhin 5 °C betragen kann.

Der Überwärmungsgrad in den randlichen Siedlungsbereichen liegt auf Grund der stärkeren Durchgrünung deutlich unter dem im Kernbereich. Andererseits stellt man vom Siedlungsrand zum freien Umland einen sehr deutlichen, abrupten Temperaturfall fest (siehe Abb. 2, 3 und 4).

Die eingangs erwähnten mesoklimatischen Auswirkungen kann man, mit Ausnahme der erhöhten Smog-Gefahr und deren Folgen, auch in den kleinen ländlichen Siedlungen feststellen. Hinsichtlich der Ausdehnung der Wärmeinsel und ihres Überwärmungsgrades ergeben sich im Vergleich zu Großstädten nur graduelle Unterschiede. FEZER (1976) bezieht den Überwärmungsgrad auf die Einwohnerzahl, als Parameter für die Größe der Siedlungen. In dieses Diagramm ordnen sich die gefundenen Werte für Neustadt (51 000, davon ca. 30 000 Einwohner in der Kernstadt / 5 °C Überwärmung) und für die Ortschaften Edenkoben (6700 Einwohner / 2,4 °C), Maikammer (3500 Einwohner / 1,7 °C), Kirrweiler 1600 Einwohner / 1,3 °C) und Altdorf (650 Einwohner / 0,6 °C) gut ein.

Zu Frage 3:

Im siedlungsfreien Umland des Untersuchungsgebietes wird die Temperatur-Verteilung bei Strahlungswetter weitestgehend durch das Relief bestimmt (GEIGER 1975). Dies zeigt sich sehr deutlich auch in der Abbildung 1, wo zur Aufnahmezeit in größerer Höhe E-Wind herrschte und innerhalb der Inversionsschicht an das Relief angepaßte, gegenläufige Luftbewegungen beobachtet wurden, so z. B. bei Neustadt WSW-Wind. Die dichtere Kaltluft sammelt sich in den Tälern und fließt in die Rheinebene ab. So erscheint es berechtigt, insbesondere auch nach den Überlegungen zur Durchlüftungszahl D von Tälern im Mittelgebirge, die KAPS (1955) anstellte, vom Relief auszugehen, um Aussagen über den Kaltluftabfluß eines Tales zu machen.

Von der Größe und der Geländeform her ähneln sich die Taltrichter 1 bei Unterhambach und Taltrichter 2 bei Mittelhambach/Oberhambach (siehe Photol u. 2, Abb. 3). Beide weisen in der Paßhöhe (285 m) eine Weite von ca. 1,7 km in N-S- und ebenso in E-W-Richtung auf. Daher wäre zu erwarten, daß sich die klimatischen Verhältnisse bei nächtlichem Strahlungswetter ebenfalls stark gleichen und daß durch die beiden Taleinschnitte sich entsprechende Kaltluftströme in die Rheinebene einfließen.

Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Meßfahrten (Abb. 2 und 3) und die Temperatur-Minima (Tabelle 2) zeigen, daß aus dem Taltrichter 1 ein deutlich kühlerer Talabwind weht als aus dem Taltrichter 2. Auch die gemessenen Windgeschwindigkeiten sind verschieden: Im Taltrichter 1 herrschten, im Vergleich zu Taltrichter 2, abends und nachts westliche Windströmungen doppelter Stärke.

⁴⁾ Jedoch liegt die Jahresmitteltemperatur kleinerer Siedlungen nur um einen geschätzten Wert von 0,2–0,5 °C über dem entsprechenden Wert des freien Umlandes.

In der Abbildung 1 zeigt sich, daß dieser kräftige Kaltluftstrom aus dem Taltrichter 1 zu einer intensiven Abkühlung des westlichen Teiles von Unterhambach führt. Dagegen ist die Überwärmung von Mittelhambach vor dem Taltrichter 2 sehr auffällig.

Offensichtlich sind die Kaltluftströme aus den beiden Taltrichtern nicht lagestabil. Denn beim Vergleich der Abbildungen 1 und 3 ergeben sich unterschiedliche Beobachtungen: Am 28. 2. 1975 erstreckt sich die Wärmeinsel auch über den westlichen Teil Unterhambachs. Ferner ist die Wärmeinsel von Mittelhambach etwas nach SE verschoben. Dies kann, was im Rahmen dieser Untersuchung nicht geprüft werden konnte, eventuell mit einer anderen Windrichtung in der Oberströmung zusammenhängen⁵⁾.

Für die unterschiedliche Abkühlung und Stärke der Kaltluftströme in beiden Taltrichtern kann m. E. nur die Umgestaltung der Oberfläche als Ursache angenommen werden. Die lockere Bebauung des Taltrichters 2 reicht völlig aus, um die Veränderung der lokalen Luftzirkulation zu bewirken. Anstelle eines vor der Bebauung wohl vorhandenen kräftigeren und 3° bis 4° kühleren Kaltluftstroms fließen heute bei Strahlungswetter nur schwache, bereits aufgewärmte Luftmassen der Rheinebene zu.

In ähnlicher Weise, jedoch in wesentlich größerer Dimension, kann man auf der Abbildung 1 die Aufwärmung des Speyerbach-Talwindes beobachten. Die Kernstadt von Neustadt, wie ein Flaschenpfropfen im Taltrichter gelegen, bewirkt diese Aufwärmung. Im westlichen Stadtbereich verzahnen sich der Kaltluftstrom und die Wärmeinsel über der Kernstadt. Deutlich erkennt man, wie die in das Speyerbachtal hineinreichende Weststadt an diesem Sommerabend in den Genuß der abkühlenden Frischluft aus dem Pfälzerwald kommt, während die Kernstadt und der Oststrand nicht mehr davon begünstigt sind.

VI. Landesplanerische und städtebauliche Konsequenzen

Die Beispiele stellen deutlich heraus, daß auch die kleinen und mittelgroßen Siedlungen Veränderungen des Lokalklimas innerhalb der Siedlungen und in ihrer Umgebung bewirken. Erfolgt die Besiedlung entlang einer bedeutenden Landschaftsgrenze wie der Haardtzone, so ergeben sich daraus Konsequenzen für künftige Siedlungserweiterungen. Konsequenzen also, die in den entsprechenden Landschaftsrahmenplänen und Raumordnungsplänen berücksichtigt werden müssen.

Innerhalb der Siedlungen müssen die Bemühungen auf eine Verringerung der Überwärmung gerichtet sein:

- Durch aufgelockerte Bauweise mit Einbeziehung von ausgedehnten Grünflächen kann die Überwärmung stark vermindert werden.
- Durch entsprechende Grünordnungspläne können Grüngürtel und -streifen die Überwärmung der Siedlungskerne verringern.

Die Veränderung der Luftzirkulationen in der Haardtrandzone durch die Ansiedlungen in die Täler hinein und vor die Talmündungen beeinflusst auch das Lokalklima in einem weiteren Umkreis. In der Weinstraßenlandschaft, der ehemals dichtest besiedelte Teil der Pfalz, sind inzwischen von der Gesamtlänge (62 km) von Neuleiningen bis zur französischen Grenze 27 km (= 43,5%) bandartig zugebaut. Im Stadtgebiet von Neustadt beträgt die Länge der durchgehenden Besiedlung 8,5 km. Damit wird die Belüftung der Rheinebene durch die Kaltluftströme aus dem Pfälzerwald abgeriegelt (siehe oben).

Die erforderlichen landesplanerischen Maßnahmen müßten darauf abzielen:

- Eine Bebauung in die Taltrichter hinein soll vermieden werden.
- Die Verriegelung der Talausgänge durch die Bebauung soll durch das Freihalten von Frischluftschneisen verhindert werden.

Die letztgenannten Maßnahmen haben nicht nur lokale, sondern regionale Bedeutung. Sie erscheinen deshalb besonders beachtenswert.

In diesem Zusammenhang wird deutlich, welcher Wert der stadt- und geländeklimatischen Kartierung zukommt. Erhöhte Bedeutung haben solche Kartierungen auf den Abhängen und auf den Fußregionen der Mittelgebirge (z. B. Schwarzwaldrand, Odenwald-Bergstraße, Pfälzerwald-Weinstraße, Taunus mit Vorland, Sauerland-Ruhrzone u. a.). Für die häufig dicht besiedelten Fußregionen sind die aus den Mittelgebirgen stammenden Frischluftströme sehr wertvoll für den Luftaustausch. Gerade bei den belastenden Wirkungen der Schwüle oder der langanhaltender Inversionen erscheint die bioklimatische Bedeutung der Kaltluftströme besonders beachtenswert.

Literatur

- BACH, W.: „Strahlungshaushalt und lufthygienische Verhältnisse in Groß-Cincinnati, USA“ Tag. ber. u. wiss. Abh. Dt. Geogr.-tag, Kiel 1969, S. 272-282.
- ERIKSEN, W.: „Die stadtklimatischen Konsequenzen städtebaulicher Entwicklung“ Städtehygiene, Jg. 11, 1971, S. 259/262.
- : „Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie“ Darmstadt 1975, 114 S.
- FEZER, F.: „Lokalklimatologische Interpretation von Thermalluftbildern“ Bildmessung u. Luftbildwesen H. 4, 1975 a, S. 152-158.

⁵⁾ Da die Wetterstation Weinbiet 1975 zeitweise nicht besetzt war, können keine Angaben über den Höhenwind gemacht werden.

- : „Infrarotbilder für die ökologische Standortbewertung und für den Städtebau“ in: Symposium Erderkundung vom 7.-11. 4. 1975 in Köln-Porz, Deutsche Forschungs- u. Versuchsanstalt für Luft- u. Raumfahrt / Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, 1975 b, S. 429-435.
- : „Wie weit verbessern Grünflächen das Stadtklima?“ in: Ruperto carola, Heidelberg 1976.
- FEZER, F. u. Mitarb.: „Klimatologie und Regionalplanung“ Heidelberger Geogr. Arbeiten (in Vorbereitung).
- GEIGER, M.: „Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz“ Mitt. d. Pollichia, Jg. 63, Bad Dürkheim/Pfalz 1975, S. 10-44.
- : „Der Einfluß von Kaltluftströmen auf den Ertrag von Reben – eine Studie im Weinbaugebiet zwischen Landau und Neustadt in der Pfalz“ Wein-Wissenschaft Jg. 30, 1975, S. 129-143.
- GEIGER, R.: „Das Klima der bodennahen Luftschicht“ 4. Aufl., Braunschweig 1961, 646 S.
- KAPS, E.: „Zur Frage der Durchlüftung von Tälern im Mittelgebirge“ Meteorologische Rundschau, Jg. 8, 1975, S. 61 bis 65.
- KESSLER, A.: „Über den Tagesgang von Oberflächentemperaturen in der Bonner Innenstadt an einem sommerlichen Strahlungstag“ Erdkunde XXV, 1971, S. 13-20.
- KRATZER, P. A.: „Das Stadtklima“ Die Wissenschaft, Bd. 90 Braunschweig 1956, 2. Aufl.
- LANDSBERG, H. E.: „Man-Made Climatic Changes“ Science Vol. 170 Nr. 3964, S. 1265-1274, Washington 1970.
- MIESS, M.: „Planungsrelevante und kausalanalytische Aspekte der Stadtklimatologie“ Landschaft und Stadt, Jg. 6, 1974, S. 9-16.
- NÜBLER, W.: „Lokalklimatische Untersuchungen als Beitrag zur ökologisch-wertenden Differenzierung des Stadtgebietes von Freiburg“ Daten und Dokumente zum Umweltschutz Nr. 14, Hohenheim 1975, S. 83-94.
- SEITZ, R.: „Kaltluftströme in den Tälern des Odenwaldes, an der Bergstraße und in der Randniederung“ Manuskript, Geogr. Inst. Univ. Heidelberg 1973, 114 S.
- : „Stadtklima Mannheim-Ludwigshafen“ Diss. Fak. f. Geowiss. Heidelberg 1975, 97 S.

WALDDEGRADATION UND WALDSANIERUNG IM RAUM VON GARMISCH-PARTENKIRCHEN

Mit 7 Abbildungen, 5 Tabellen und 2 Kartenbeilagen (I + II)

FRIEDRICH REINER EHRIG

Summary: Forest degradation and restoration of forest lands in the Garmisch-Partenkirchen area.

Intensive grazing of forest lands until 1918, which has since decreased, combined with an increasingly excessive wildlife density resulted in extensive degradation of sub-alpine mountainous forests as well as in considerable disturbance of lower mixed-stand forests in the upland mountainous landscape of southern Bavaria in the area of Garmisch-Partenkirchen. The substantial decline in the protective function of forest lands for valley areas was expressed by increasing soil erosion and uncontrolled mountain stream activity. Until now the efforts to control mountain torrents along with local reforestation, in order to stabilize this landscape, have been limited to objectoriented protection measures. Further degradation of forests due to recently increasing use of these areas for sheep grazing, while maintaining high wildlife densities can only be prevented by consistent application of so called „integral restoration“ of forest lands on a broad regional basis.

Problemstellung

Im gesamten Alpengebiet befindet sich die traditionelle Wirtschaftsform der Bergbauern in einem raschen Wandel, hauptsächlich verursacht durch den sich sprunghaft entwickelnden Fremdenverkehr. Damit erfährt auch der Wald dieser alten Kulturlandschaft einen Funktionswandel. War bislang die Nutzungsform eine deutliche Vorrangfunktion des Waldes, so

wird heute zunehmend die Schutzfunktion gegenüber den Talräumen gefordert. Da aber bekanntlich nur ein naturnaher Wald bei pfleglicher Bewirtschaftung diese Schutzfunktion erfüllen kann, andererseits bislang fast reine Nutzwälder vorliegen, muß erwartet werden, daß die heutigen Waldbestände der oberbayerischen Gebirgslandschaft nicht den Ansprüchen unserer Gesellschaft entsprechen.

Am Beispiel des alpinen Landschaftsraumes Garmisch-Partenkirchen, ehemals Bergbauerngebiet und heute internationales Fremdenverkehrszentrum, wird die gegenwärtige Situation der Wälder auf ihre Schutzauglichkeit untersucht. Wichtig erscheint hierbei die Erfassung der Hauptnutzung in Gestalt des Weidewiehs und der Jagdnutzung. Im Anschluß an die Analyse des Waldzustandes wird auf die Notwendigkeit und Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen in diesem Raum einzugehen sein.

Bedeutungswechsel der Waldweide und Problematik des Wildbestandes

Wie in allen Bergbauerngebieten der Alpen wurde auch im Raum Garmisch-Partenkirchen die Waldweide lange Zeit intensiv ausgeübt. Landläufig gilt die Waldweide als ein Gewohnheitsrecht, tatsächlich aber han-