

Wilhelm KUTTLER, Bochum

## Neuere Arbeiten zur angewandten Klimageographie in der Bundesrepublik Deutschland\*

### 1. VORBEMERKUNGEN

Die nachfolgende Übersicht über Arbeiten aus dem Gebiet der angewandten Klimatologie trägt der Tatsache Rechnung, daß mit verbesserten Methoden insbesondere in den letzten Jahren ein rasanter Aufschwung klimatologisch-ökologisch orientierter Fragestellungen zu verzeichnen ist. Bei der Auswahl der Literatur für den folgenden Beitrag wurde neben der räumlichen Beschränkung auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland auch eine zeitliche vorgenommen. Wegen des nur begrenzt zur Verfügung stehenden Raumes wurden im wesentlichen nur Arbeiten der letzten eineinhalb Jahrzehnte berücksichtigt. Im Vordergrund der Betrachtung stehen Ergebnisse angewandter klimatologischer Untersuchungen aus dem Bereich der Verdichtungsräume, der Regional- und Landschaftsplanung sowie aus dem Gebiet der potentiellen Nutzung regenerativer Energien. Prioritäten besaßen Veröffentlichungen, die umfängliche Sekundärliteratur aufweisen. Die hier vorgenommene Auswahl ist nicht als Wertung zu verstehen.

### 2. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der Begriff „Klima“ wurde von Alexander von HUMBOLDT (1845, Bd. I, 340) in einer zwar sehr alten und für heutige Verhältnisse nicht mehr ausreichenden, dennoch aber zum Teil sehr aktuellen Weise definiert als . . . „Ausdruck, (der)

\* Überarbeitete und erweiterte Fassung eines unter dem Titel „Applied Climatology in the Federal Republic of Germany since 1970“ erschienenen Beitrags in: KLINK, H.-J. u. H. LIEDTKE (eds.) (1984): Physical Geography in the Federal Republic of Germany. – In: Bochumer Geographische Arbeiten, H. 44, S. 20–30.

in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre (bezeichnet), die unsere Organe merklich affizieren... (und) die (nicht nur) wichtig (sind) für die organische Entwicklung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und die ganze Seelenstimmung des Menschen.“ Die zahlreichen geographisch ausgerichteten Klimadefinitionen aus der Zeit nach HUMBOLDT (vgl. Zusammenstellungen bei HEYER 1981 und BLÜTHGEN u. WEISCHET 1980) setzen andere Schwerpunkte wie zum Beispiel die Hervorhebung der Klimamittelwerte zur Charakterisierung eines Raumes durch KÖPPEN (1931) und CONRAD (1936) (Mittelwertklimatologie) bzw. die bereits von KNOCH (1942) geforderte und von SCHNEIDER-CARIUS (1961) realisierte Auflösung der Mittelwerte und Hinführung zu einer stärkeren Berücksichtigung der charakteristischen Häufigkeitsverteilung des gemessenen Datenmaterials mit mehr oder weniger starker regionaler Einbindung (BLÜTHGEN u. WEISCHET 1980 in Anlehnung an SEKIGUTI 1951). Im Gegensatz zu den vorgenannten Klimadefinitionen war die von HUMBOLDT allgemeinere und umfassendere, gleichzeitig wurde auch durch die von ihm gesehene Auswirkung des Klimas auf die Lebewesen ein Anwendungsbezug hergestellt, der sich im Wissenschaftsverständnis des 20. Jahrhunderts als Fachgebiet der Bioklimatologie bzw. Biometeorologie durchsetzte (BERG 1947; FAUST 1977; FLACH 1981; HENTSCHEL 1982). Eine angewandte Klimageographie sollte das gesamte Spektrum des wirtschaftenden Menschen wissenschaftlich abdecken und sich nur von ihrem Anwendungsbezug leiten lassen, unabhängig von ihrer Stellung in den verschiedenen Landschaftsräumen, die ja zum Beispiel als Grundlage für die Einteilungskriterien der gesamten Klimatologie dienen (WEISCHET 1956; ERIKSEN 1975). Unter angewandter Klimageographie wird deshalb eine Zweckforschung verstanden, die sich im weitesten Sinne sowohl mit den Auswirkungen des Klimas auf den wirtschaftenden Menschen beschäftigt als auch mit den gewollten und ungewollten anthropogenen Einflußnahmen auf das Klima selbst. Letztgenannte Einflußnahmen, die insbesondere in zahlreichen Arbeiten von FLOHN (z. B. 1973) enthalten sind, werden hier nicht behandelt. Die die Anwendung berücksichtigende Betrachtungsweise der Klimageographie beinhaltet eine starke Anbindung an ihre wichtigsten Nachbarwissenschaften, die Meteorologie und die Geophysik. Trotz dieser Verflechtung und Abhängigkeit wird mit THORNTWHAITE (1962) die Auffassung vertreten, daß es insbesondere Aufgabe der physischen, nicht deskriptiv naturwissenschaftlich arbeitenden Geographie ist, angewandt klimatologisch zu arbeiten, da nur sie das gesamte Raumkontinuum wissenschaftlich erfassen kann. Eine kurzgefaßte, zum Teil tabellarische Darstellung der Arbeitsgebiete der angewandten Klimatologie enthält das Lehrbuch von BLÜTHGEN u. WEISCHET (1980).

### 3. ANGEWANDT-KLIMATOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN STÄDTISCHEN VERDICHTUNGSRÄUMEN

Anwendungsbezogene klimatologische Arbeiten aus dem Bereich städtischer und industrieller Agglomerationen sollten im Hinblick auf die Planungsrelevanz die Problemfelder Strahlungs- und Wärmehaushalt („heat-island“-Effekt), Schadstoffbelastung und deren Verminderung, sowie die klein- und großräumige, wetterlagenabhängige Durchlüftung der Siedlungskörper berücksichtigen. Allgemeine Ausführungen, insbesondere zur städtisch modifizierten Strahlungs- und Energiebilanz, zu den Schichtungsverhältnissen der Atmosphäre und zum städtischen Windfeld macht zum Beispiel STEIN (1979). Bei der Diskussion der „heat-island“-Effekte wird von verschiedenen Bearbeitern völlig zu Recht – so zum Beispiel von GEHRKE et al. (1977); WEISCHET (1979); ERIKSEN (1980) – wiederholt darauf hingewiesen, daß in den Stadtgebieten die monozentrischen Wärmeinseln den polyzentrischen, bestimmt durch die Baukörperstruktur, weichen müssen. Die physikalischen Zusammenhänge der „Veränderung des thermischen Mikroklimas“ durch die Bebauung werden kurz bei GERTIS u. WOLFSEHER (1977) erläutert. Grundlegende Arbeiten mit Aussagen zur Statistik und Dynamik städtischer Überwärmungsgebiete liegen bereits für eine ganze Reihe von Städten vor, so zum Beispiel für Kiel (ERIKSEN 1964), Bonn (KESSLER 1971; EMONDS 1972), München (THIELE 1974; BAUMGARTNER et al. 1983), Stuttgart (HAMM 1969), Freiburg im Breisgau (WEISCHET 1974; NÜBLER 1979; AHRENS 1983), Gießen (HERRMANN et al. 1973), Berlin (SCHULZE 1969; ZACHARIAS 1972), Köln (KALB 1962), Hannover (WILMERS 1981), Regensburg (DITTMANN 1982), Duisburg (GEHRKE 1982), Mannheim-Ludwigshafen (SEITZ 1975), Nürnberg (GREUPNER et al. 1982), Bochum (KUTTLER 1984b) und für zwei Städte im südlichen Münsterland außerhalb der Kernzone des Rheinisch-Westfälischen Industriegebietes, nämlich Recklinghausen (SCHREIBER 1984) und Lünen (KUTTLER 1984a). Der meist planungsbezogene Anwendungsbereich verlangt aussagekräftiges Datenmaterial, das entweder auf Meßfahrten gesammelt oder an festen, kontinuierlich betriebenen Stationen gewonnen wurde. Aus Zeitmangel und zur besseren Abschätzung der wichtigen dynamischen Prozesse werden bei bestimmten, meist autochthonen Wetterlagen Meßfahrten vorgezogen. Diese haben jedoch den Nachteil einer mehr exemplarischen Bewertung der Stadtklimaverhältnisse. Auf langfristig gewonnenes Datenmaterial zurückgreifen zu können ist deshalb ein Glücksfall, der eine Stadtklimaanalyse optimal werden lassen kann. Arbeiten, die sich auf sehr umfangreiches Datenmaterial stützen, sind die vom Deutschen Wetterdienst herausgegebenen und sukzessive weitergeführten Klimamonographien „ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland“. Abhandlungen über Hamburg (CAPPEL u. KALB 1976), Hannover (KALB u. SCHMIDT 1977) und München (SCHÄFER 1982) sind bereits erschienen. Ein Nachteil dieser Monographien ist jedoch, daß das Datenmaterial meist nur von einer Station eines Stadtgebietes ausgewertet werden konnte



und somit ein Vergleich zwischen Stadt und Land unter Berücksichtigung der Auswertung mehrerer Stationen nicht möglich ist. Trotz vielversprechender methodischer Ansätze auf den verschiedensten Gebieten der angewandten Stadtklimaforschung ist zum Beispiel die Frage nach der Größe und dem Ablauf urbaner Austausch- und Durchlüftungsprozesse im Hinblick auf eine entscheidende Verbesserung der Luftqualität bei kritischen Wetterlagen noch nicht in allen Einzelheiten geklärt. Da sich diese Prozesse im Schwachwindbereich abspielen, ist nicht nur ihre horizontale Quantifizierung schwierig, sondern erst recht deren vertikale. In diesem Zusammenhang wird der Frage nach der klimaorientierten Wirksamkeit zum Beispiel von Grünflächen zu Recht große Bedeutung geschenkt (vgl. hierzu z. B. die Arbeiten von PRINZ (1973); BRAHE (1974); SPERBER (1974); WILMERS (1975); FEZER (1976); FINKE (1976); EICK (1979); SUKOPP (1979); MIESS u. MIESS (1980); BERNATZKY (1982); GÖDDE (1982); HORBERT u. KIRCHGEORG (1982); KUTTLER (1982); SUKOPP u. WERNER (1983); Literaturübersicht von POLL u. WELDER (1982) über Grün im Stadtbereich).

Als problematisch und noch nicht hinreichend geklärt gilt die Tatsache, daß es für den Anwendungsbereich außerordentlich wichtig ist, nachzuweisen, wie groß eine Grünfläche zum Beispiel sein muß, um mesoklimaverändernd sein zu können, in welcher Stärke sie wirksam ist und vor allen Dingen wie weit ihr luft- und klimaqualitätserhöhender Einfluß in die bebaute Siedlungsfläche hineinreicht. Arbeiten zu diesem Problemfeld werden von den verschiedensten Institutionen verfolgt; es dürfte jedoch schwierig sein, hierüber allgemeine Aussagen zu machen, da die zahlreichen Faktoren, die in diesem Zusammenhang einzeln bzw. synergistisch wirken, stadttypisch sein können und deshalb stadtspezifische Untersuchungen notwendig machen. Modelluntersuchungen und -berechnungen, wie sie hierzu verschiedentlich durchgeführt wurden (vgl. z. B. BECKRÖGE 1980), sind eine weitere Möglichkeit, wirkungsbezogene stadtrünspezifische Aussagen zu machen. Messungen und Berechnungen zur bodennahen Aerodynamik wurden unter anderem von WOLFSEHER u. GERTIS (1978) und PLATE (1974) durchgeführt. Untersuchungen zu Einzelfragen der Auswirkung von kleinen Grünflächen auf ihre nähere Umgebung sind mehrfach aufgegriffen worden. So zeigen zum Beispiel Messungen über die klimatische Auswirkung von Dachbegrünungen nicht nur eine deutliche Reduzierung der Oberflächen-, sondern auch der maximalen Außentemperaturen. Innerhalb von Räumen konnte ein Temperaturrückgang bei geschlossenen Fenstern um 1 bis 2 K festgestellt werden. Gegenüber einem Kiedach wurde durch die Bepflanzung der Staubgehalt um 10 bis 20 Prozent am leeseitigen Ende herabgesetzt (HÖSCHELE u. SCHMIDT 1974). Darüber hinaus führte MINKE (1983) zahlreiche weitere Auswirkungen von Fassaden- und Dachbegrünungen auf das Innenraum- und Stadtklima an. Hierzu zählen unter anderem die Feuchtigkeitsanreicherung der Luft, die ökonomische Weise der Wärmedämmung, der Schallschutz für Gebäude und die wesentlich niedrigeren Oberflächentemperaturen von Hauswänden und Dächern. Ob-

wohl eigentlich die Schaffung neuen Stadtgrüns prinzipiell zu begrüßen ist, ist es andererseits fraglich, ob nicht durch die Dachbegrünung und die sich dadurch einstellenden niedrigeren Lufttemperaturen eine gewünschte Konvektion für das bioklimatische Umfeld verhindert wird (BAUMGARTNER et al. 1983). Ein weiteres Problem, das man insbesondere bei Meßfahrten in Städten häufig beobachtet, ist die meist aus praktischen und technischen Erwägungen resultierende nicht genügende Berücksichtigung der Klimamessung in Hinterhöfen oder anderen Freiräumen zwischen den Häuserzeilen. Dabei weisen gerade diese Bereiche eine zu den Straßenklimaten zum Teil völlig unterschiedliche Wertigkeit auf (NYC 1978).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß als wichtiges Hilfsmittel seit Jahren die Infrarotfotographie angesehen wird (HIRT u. KELLERMANN 1972; FEZER u. SEITZ 1977; MAHLER u. STOCK 1977; ROBEL et al. 1978; STOCK u. PLÜCKER 1978; GOSSMANN et al. 1981; STOCK 1982), deren Ergebnisse zu Planungsentscheidungen und -empfehlungen für den städtisch-industriellen Raum herangezogen werden. Die Anwendung dieses Hilfsmittels ist jedoch nicht ganz unproblematisch, da man von den ermittelten Ausstrahlungstemperaturen weder exakt auf die entsprechenden Oberflächentemperaturen noch auf die über dem Meßobjekt herrschenden Lufttemperaturen schließen kann. Um dies zu erreichen, sind begleitende Feldmessungen notwendig. Bei relativen Vergleichen unter Ausschluß der Absolutwerte leistet die Infrarotfotographie dagegen gute Dienste.

In den letzten Jahren haben als Folge der städtischen Verdichtungsprozesse Untersuchungen zur klimatischen Steuerung der Transmission und Immission gas- und partikelförmiger Schadstoffe an Bedeutung gewonnen (GEORGII 1972). Dabei geht es nicht nur um die Berücksichtigung von Spitzenbelastungen (WEISCHET 1973; KUTTLER 1979a, b; FETT 1982; AHRENS 1983), sondern auch um die bioklimatischen Auswirkungen hoher und mittlerer Konzentrationen (NEUWIRTH 1976; KUTTLER 1979a; KARRASCH 1983); zu diesem Thema sind zahlreiche weitere Arbeiten in der Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) des Landes Nordrhein-Westfalen in Essen erschienen. Modelle, mit denen die Ausbreitung der Spurenstoffe unter verschiedenen Gesichtspunkten quantifiziert werden kann, wurden öfter vorgestellt (z. B. FORTAK 1972, 1973; WILLNER 1977). Darüber hinaus ermöglichen auf statistischem Wege vorgenommene Klassifizierungen der Immissionsstruktur lufthygienisch verschieden stark belasteter Städte abgesicherte Vergleiche, wie es die Arbeiten von FRÄNZLE u. KILLISCH (1979) zeigen.

Städte üben

- durch verschiedene strömungsphysikalische Veränderungen, hervorgerufen zu-
- meist durch eine größere Rauigkeit der Oberfläche
- durch eine verstärkte Thermik, verursacht durch eine erhöhte Strahlungs-
- absorption

und

– durch die erhöhte Konzentration an Luftverunreinigungen einen zumeist erhöhenden Einfluß auf die Niederschlagstätigkeit aus. Im allgemeinen läßt sich ein Anstieg der Starkregenfälle und der Anzahl der Gewitter feststellen (REIDAT 1971; ERIKSEN 1972; SCHLAAK 1972, 1976; LINDENBEIN u. MALBERG 1972; STAHLMANN 1976; HAVLIK 1981), die in Einzelfällen um bis zu 20 Prozent über den Werten des unbeeinflussten Umlandes liegen. Allerdings zeigt die Arbeit von MALKOWSKI (1964), daß es außerordentlich schwierig ist, eine Beeinflussung der Niederschläge durch Städte nachzuweisen. Nach seinen Untersuchungen in Berlin kommt es nur an etwa einem Prozent aller Tage im Jahr vor, daß eine Beteiligung des Stadteffektes an Zelleniederschlägen, und nur an solchen, nachgewiesen werden kann. Die von ihm ausgewerteten Fälle, in denen stadtgebundene Niederschläge auftraten, wurden erwartungsgemäß in den Abendstunden beobachtet. Das Auftreten von nur in der Stadt beobachteten Niederschlägen ist deshalb so selten, weil zu ihrer Bildung von synoptischer Seite sechs Faktoren gleichzeitig auftreten müssen. Es handelt sich hierbei um folgende Bedingungen:

1. Geringe Luftdruckgegensätze am Boden, das heißt geringe und variable Bodenwinde, möglichst sogar Windstille
2. Schwache Strömungen in der unteren Troposphäre (etwa bis 500 hPa)
3. Hohe absolute und relative Luftfeuchtigkeit am Boden
4. Tagsüber kräftige Einstrahlung, das heißt möglichst geringe tiefe Bewölkung oder sogar heiter und wolkenlos
5. Abnahme der pseudopotentiellen Temperatur mit der Höhe bzw. latent-labile Schichtung der Luft in der unteren Troposphäre
6. Gegen Abend Bewölkungsrückgang über der Stadt und deren weiterer Umgebung.

Neben Untersuchungen über die Veränderung der Quantität städtischer Niederschläge wird in den letzten Jahren auch besonderes Augenmerk auf die Qualität der Niederschläge gelegt (GEORGII u. PANKRATH 1982; KUTTLER 1983a, b), deren Spurenstoffkonzentrationen sich in Abhängigkeit von der Niederschlagsintensität verändern (KINS 1982) und die zusammen mit dem Regenwasserabfluß den Verschmutzungsgrad städtischer Abwässer bestimmen (PECHER 1974). Das Verhältnis von Schmutzwasser zu Regenwasser wird im allgemeinen mit 1:100 angegeben. ALBRECHT u. REHBERG (1983, 73) bemängeln zu Recht, daß „ein hoher technischer Aufwand ‚vor allem‘ aus der Ableitung der Niederschläge entsteht“.

Gewonnene Erkenntnisse für die Praxis nutzbar zu machen, sollte oberstes Gebot anwendungsbezogener Arbeiten sein. Bedauerlicherweise werden vielfach fachwissenschaftliche Untersuchungen, die zum Teil mit hohem materiellen, technischen und finanziellen Aufwand gewonnen werden, noch nicht hinreichend genutzt; das liegt sowohl daran, daß Planer nicht genügend für die Interpretation und Anwendung der Ergebnisse ausgebildet sind als auch daran, daß die Wissenschaftler nicht planungsbezogen genug ihre Meßwerte darstellen. Eini-

ge Ansätze hierzu sind jedoch schon erfreulicherweise vorhanden (ERIKSEN 1971; MIESS 1972, 1974; LORENZ 1973; BAUMÜLLER 1975; BARTELS et. al. 1978; JURKSCH 1982; WEISCHET 1980; DEUTSCHER WETTERDIENST 1980; BITAN 1982; GREUPNER u. ZEUNER 1983) sowie weitere Beispiele in FRANKE (1977) und ADAM u. GROHE (1984). Allerdings – und darauf muß abschließend hingewiesen werden – bedarf es einer noch stärkeren Einbindung der Bewertung des Stadtklimas in Planungsentscheidungen als es bisher geschah (ROTH 1979). Zahlreiche Arbeiten zur angewandten Stadtklimatologie liegen in Form unveröffentlichter Manuskripte bei den einzelnen Wetterämtern des Deutschen Wetterdienstes in der Bundesrepublik Deutschland vor. Eine Zusammenstellung von Kurzfassungen eines Kolloquiums über Probleme der angewandten Stadtklimatologie findet sich ferner in FETT (1978).

#### 4. ANGEWANDTE KLIMATOLOGIE IN DER REGIONAL- UND LANDSCHAFTSPLANUNG

KLINK (1982, 93 ff.) weist zu Recht darauf hin, daß nach der Fertigstellung der Klimaatlantent für die Länder der Bundesrepublik Deutschland durch den Deutschen Wetterdienst „der Beitrag der Klimatologie zur deutschen Landeskunde vor allem im Ausbau und der methodischen Weiterentwicklung der Landesklimaforschung zu erblicken ist“ und – an anderer Stelle der gleichen Arbeit – daß die Landschaftsökologie, deren integrativer Bestandteil die angewandte Klimatologie ist . . . „zu einer prognostischen Wissenschaft ausgebaut werden (muß)“. Zur Erfüllung dieser Zielvorgaben für den Bereich der Regional- und Landschaftsplanung kann das aus dem Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes gewonnene Daten- und Kartenmaterial nur bedingt in der Regionalplanung Verwendung finden, da die für die Kartendarstellung verwendeten Maßstäbe in den meisten Fällen zu klein sind (eine Auflistung der vom Deutschen Wetterdienst herausgegebenen Karten im Maßstab von 1:500000 bis 1:10 Millionen findet sich in KALB 1979).

Wenn unter klimagerechtem Planen mit HADER (1980, 42) „jegliche Aktivität zur Erhaltung optimaler Klimagunst . . . durch wohlüberlegte Eingriffe in die jeweiligen landschaftlichen Gegebenheiten durch zeitgerechtes Erkennen des klimabedingten Risikos“ verstanden wird, dann ist zur Erfüllung planerischer Wünsche (z. B. für die Bauleitplanung bzw. die Erstellung von Karten über lokale Luftströmungen) die Erhebung von Datenmaterial im kleinen räumlichen „scale“ unter Berücksichtigung (jahres-) zeitlicher und wetterlagenbedingter Parameter notwendig (BAUMÜLLER 1975). Der größenordnungsmäßig zu betrachtende „scale“ für angewandte klimatologische Arbeiten der Regional- und Landschaftsplanung wird von SCHIRMER (1981) auf 100 m bis 50 km festgelegt. Nach WILMERS (1979, 111) sollte eine Aussage zum Landschaftsklima „mit einem



möglichst geringen Aufwand“ erreicht werden. Neben der Schätzung im Gelände unter Verwendung topographischer und orographischer Gegebenheiten ist es jedoch notwendig, exaktes Datenmaterial einer möglichst großen Bandbreite der klimatischen Einzelemente in ihrer kleinräumigen und zeitlichen Verteilung zu erfassen. Wo direkte Meßmethoden nicht angewandt werden können, schlägt er vor, wichtige Klimatelemente wie die Lufttemperatur und die Strahlungseinwirkung indirekt, zum Beispiel mit Hilfe der phänologischen Methode, zu bewerten. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß der Phänologie in den letzten Jahren immer differenziertere Aufgaben nicht nur in der angewandten Klimatologie zufallen; so werden von FREITAG (1983) die folgenden vier Anwendungsbereiche genannt, die ohne größeren Meßaufwand aus der Bestimmung der unterschiedlichen Phaseintrittszeiten der Pflanzen Aussagen erlauben über

- die Begünstigung bestimmter Hanglagen durch die Strahlung
- die unterschiedliche Erwärmung einer Großstadt
- die Benachteiligung bestimmter Tallagen durch Kaltluftfluß und
- die Ertragsunterschiede, die durch Abweichungen im Bodenklima verursacht werden.

Über die „phänologische Entwicklung der Pflanzendecke als Bioindikator für natürliche und anthropogen bedingte Differenzierungen der Wärmeverhältnisse in Stadt und Land“ berichtet K.-F. SCHREIBER (1983a, b). Er konnte an Beispielen im südlichen Münsterland und im Ruhrgebiet anhand phänologischer Untersuchungen sieben relative Wärmestufen (von ziemlich kühl bis sehr mild) unterscheiden, die für die Regional- und Landschaftsplanung aufgrund der Kartendarstellung einen raschen Zugriff auf die – allerdings subjektiv klassifizierten – thermischen Verhältnisse ermöglichen. Grundlegende Arbeiten über dieses sehr wichtige und interessante Gebiet angewandter Klimaforschung sind von SCHNELLE (u. a. 1981) verschiedentlich vorgelegt worden; über die „Bedeutung und Aufgaben des Phänologischen Dienstes“ informiert WITTERSTEIN (1978).

Kaltluftproduktionen und -bewegungen eines Raumes werden unter anderem bestimmt durch den Bewuchs und die Beschaffenheit der Oberfläche sowie durch deren Einzugsgebiet, Höhenlage, Neigung und Exposition. Einen direkten Einfluß auf die Ausstrahlungsdauer und -intensität hat über die Strahlungs- und Energiebilanz die Größe der Albedo. Die Rückstrahlungsfähigkeit der verschiedenen Oberflächen gewinnt natürlich insbesondere bei Strahlungswetterlagen im Hinblick auf die entstehende, durch die unterschiedliche Bodenerwärmung induzierte Zirkulation an großer Bedeutung. Eine genaue, möglichst kleinräumig gefaßte Ermittlung der verschiedenen großen Albeden ist deshalb eine wichtige Größe bei der Entstehung bodennaher Kaltluftströme. MAYER (1980) hat hierzu für kleine Rasterflächen die Oberflächenalbeden zweier Beispielräume im Oberrheingraben anhand der Auswertung topographischer Karten hinsichtlich ihrer Oberflächenstrukturen und deren Umsetzung in strukturspezifische Albedowerte vorgelegt.

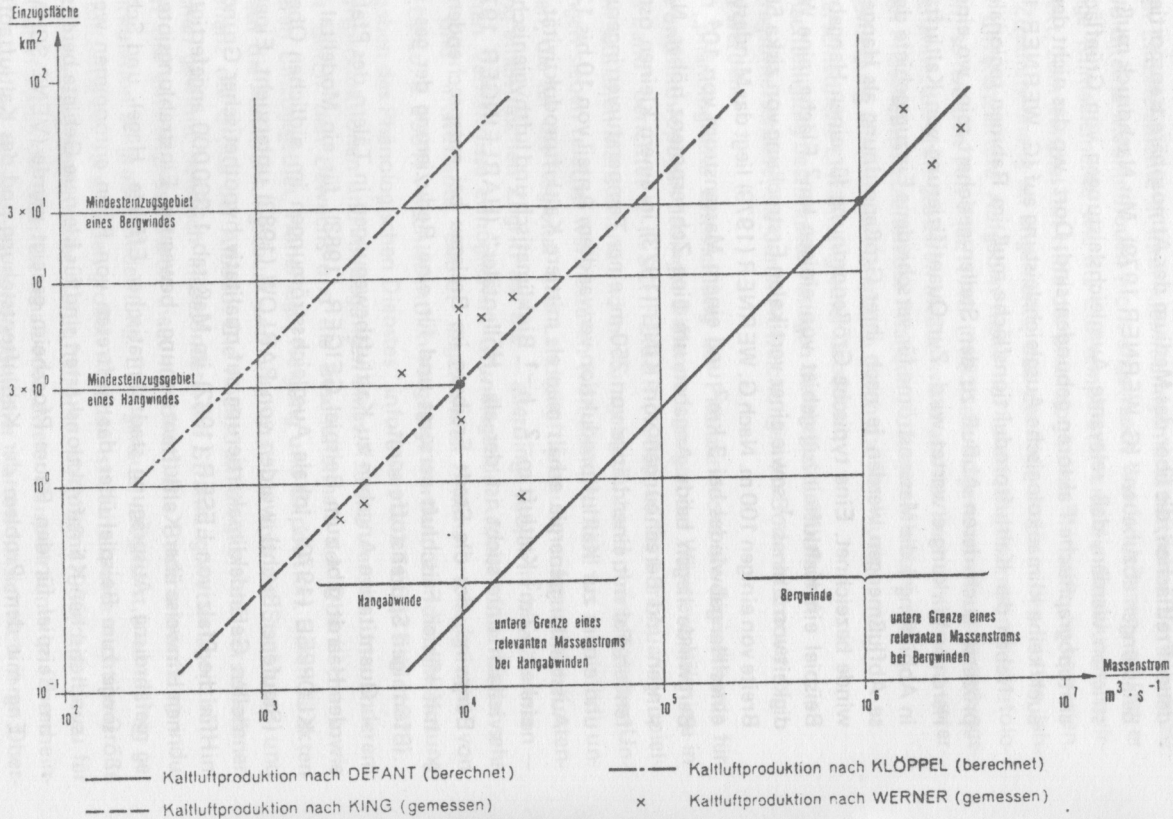
Im Rahmen regionaler Luftaustauschprozesse spielen Freiräume – in den mei-

sten Fällen Grünflächen – schlechthin eine wesentliche Rolle. Ihnen kann bei optimaler geländeklimatologischer Eignung eine „klimaökologische Ausgleichsleistung“ zukommen. Darunter versteht man „die Eigenschaft vegetationsbestandener Freiflächen, die über das Medium der Atmosphäre transportierten Umweltbelastungen abzubauen“ (G. WERNER 1979). Mit Nachdruck muß jedoch unterstrichen werden, daß relevante Ausgleichsleistungen von Grünflächen sehr eng an topographische Faktoren gebunden sind. Dort, wo das nicht der Fall ist, tritt auch keine klimaökologische Ausgleichsleistung auf (G. WERNER 1980).

Neben der Kaltluftproduktionsfläche muß im Rahmen regionaler Austauschprozesse auch deren Abfluß zu den Stellen gesichert sein, wo eine klimameliorierende Wirkung erwartet wird. Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen sind in Abbildung 1 die Massenströme für verschiedene Einzugsgebiete dargestellt. Diese Abflußmengen werden je nach ihrer Größenordnung als Hangab- oder Bergwinde bezeichnet. Eine typische Größenordnung für einen Hangabwind ist zum Beispiel ein Kaltlufteinzugsgebiet von einigen km<sup>2</sup> Fläche, eine Windgeschwindigkeit von 2 m · s<sup>-1</sup> sowie einer vertikalen Erstreckung von zirka 50 m und einer Breite von einigen 100 m. Nach G. WERNER (1979) liegt das Mindesteinzugsgebiet eines Hangabwindes bei 3 km<sup>2</sup> und einem Massenstrom von 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Für Bergwinde liegen beide Angaben um eine Zehnerpotenz höher. Nach den Messungen und Berechnungen von KING (1973) in einem kleinen ostwärts verlaufenden Tal mit einer Länge von 250 m, einer Temperaturverringerung von 1,8 K und einem zur Kaltluftproduktion verwandtem Anteil von 10 bis 12 Prozent der Ausstrahlungsenergie erhält man als mittlere Kaltluftproduktivität pro Flächeneinheit 12 m<sup>3</sup> Kaltluft m<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>. Bioklimatisch und lufthygienisch wirksam und vielfach untersucht ist der als „Höllentäler“ (HARLFINGER 1976) bekannte Bergwind, der die Stadt Freiburg im Breisgau bei entsprechenden Wetterlagen mit kühler Frischluft versorgt und für eine Reduzierung der gas- und partikel-förmigen Spurenstoffe sorgt.

Quantitative Angaben zu Kaltluftbewegungen in Tälern des Pfälzer Waldes in der Haardt gibt zum Beispiel GEIGER (1983), für ein Modelltal an der Mosel KLÖPPEL (1970); lokale Ausgleichsströmungen im südlichen Oberrheingraben (Staufener Bucht) wurden von PARLOW (1983) untersucht. Einer multifaktoriellen Geländeklimakartierung auf qualitativ hypothetischer Grundlage, wie sie für die Pfalz von LESER (1982) im Maßstab 1:300000 angefertigt wurde, können Hinweise über Kaltluftentstehung, -bewegung, Einstrahlungsintensität, Frostgefährdung, Ausprägung stadtklimatischer Effekte, Hagel- und Schwüleneigung sowie zum Beispiel über das Auftreten von Föhn entnommen werden. Solche synthetischen Klimafunktionskarten sind für kleinere Gebiete bereits erstellt, wie am Beispiel für den Raum Pforzheim gezeigt wurde (VENT-SCHMIDT 1981). Eng mit dem Problem der Kaltluftentstehung und des Kaltluftabflusses, insbesondere in den Übergangsjahreszeiten, ist die Nebelbildung verbunden. Sobald der Taupunkt der zu betrachtenden Luftmasse erreicht ist, läßt sich die Kaltluftmächtigkeit durch die Bildung von Nebel in den meist mit Kaltluft erfüll-

Abb. 1: Die Abhängigkeit der Kaltluftproduktivität von der Größe des Ausgleichsraums  
(nach WERNER 1979, verändert)





ten Tälern erkennen. Karten über „die Verteilung der durchschnittlichen Lage der Obergrenze des Talnebels“ sowie die „mittlere jährliche Zahl der Nebeltage“, wie sie zum Beispiel für den deutschen Planungsatlas von SCHIRMER (1976) bearbeitet wurden, sind als wichtige Planungsinstrumente insbesondere für den Straßenbau (SCHNEIDER 1972) und wegen der negativen Auswirkungen des Nebels auf die menschliche Gesundheit für die Ausweisung von Erholungsgebieten anzusehen. Besonders differenzierte Untersuchungen, wie sie SCHIRMER (1970) für Bad Kissingen vorlegte, geben sogar Aufschluß über den Beginn und das Ende von Nebellagen, eine für den Straßenverkehr höchst wichtige Information. Eine genaue Kenntnis über das räumliche Auftreten von Nebel kann aber auch für die Wasserwirtschaft wichtig sein. SCHIRMER (1970) weist zum Beispiel darauf hin, daß die Wasserbilanz mittlerer Höhenlagen (450–500 m ü. NN), in denen der Wolkennebel ein besonders häufig beobachtetes Phänomen ist, um 20 bis 30 Prozent erhöht wird, wenn nebelliebende Baumarten wie die Sitke angebaut werden. Exaktes Datenmaterial zum Auftreten und zur Dauer von Nebel ist insbesondere in der letzten Zeit im Zusammenhang mit dem „Waldsterben“ sehr gefragt; Wolken- und Nebelwasseruntersuchungen, durchgeführt zur Ermittlung der Spurenstoffgehalte, zeigten höhere Konzentrationen als im Regenwasser. Die Vegetation der montanen Zone, in denen Nebel häufiger auftritt (Peplopause), ist höheren Belastungen durch anthropogene Spurenstoffdepositionen ausgesetzt als die nebelärmeren Lagen.

Mit der Bestimmung der lokalklimatischen Besonderheiten hängt auch eng die Naturpark-, Kur- und Erholungsgebietsplanung zusammen (NEUWIRTH 1968). Zu diesem Zweck wurden von BECKER (1972) in seiner weithin bekannt gewordenen Karte über „das Bioklima in der Bundesrepublik Deutschland“ die bioklimatischen Belastungs-, Schon- und Reizstufen für die gesamte Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Verschiedene Schwellenwerte, die durch den Akkord der bioklimatischen Wirkungskomplexe bestimmt werden, ermöglichen eine flächenmäßige Darstellung des in seiner Gesamtheit auf den Menschen einwirkenden Bioklimas. Den Menschen belastende Klimate, insbesondere durch Schwüle, finden sich danach bevorzugt in Tiefebene, Gebirgstälern, Mulden und Beckenlandschaften bis 250 m ü. NN außerhalb des Seen- und Küstenklimas. In der BECKERschen Karte sind jedoch nur Durchschnittswerte enthalten, denen man keine Auskünfte über die Verhältnisse der einzelnen Jahreszeiten oder gar Monate entnehmen kann. Mit SCHIRMER (1982) wäre es wünschenswert, solche Karten auf Monatsbasis der Medizinmeteorologie und der Bioklimatologie zur Verfügung stellen zu können. Neue Wege werden in diesem Zusammenhang von JENDRITZKY (1984) aufgezeigt, der ein auf Monatswerten basierendes Bewertungsschema für Kurorte entwickelte. Darüber hinaus müßte meines Erachtens bei einer Neubearbeitung auch der Änderung der Emissionssituation Rechnung getragen werden. Zur Darstellung gerade dieser Sachverhalte wäre zumindest eine Bearbeitung nach den Jahreszeiten von Nutzen. Neu konzipierte Bioklimakarten mit Hinweisen auf die Immissionsstruktur der wichtigsten

heutzutage gemessenen Komponenten ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ) sollten berücksichtigen, daß sich in den letzten Jahren durch eine Verstärkung des Ferntransportes die Immissionsituation auch der Reinluftgebiete zum Teil negativ verändert hat; dies zeigen insbesondere neue Untersuchungen über den Ozontransport als auch die bereits seit Jahren gemessenen  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen in Reinluftgebieten (UMWELTBUNDESAMT 1982). Der Informationsgehalt bioklimatischer Karten sollte weiter noch dadurch erhöht werden, daß der Bevölkerung auch wetterlagenabhängige Reinluft- und Erholungsgebiete angeboten werden. Dies gilt insbesondere für Räume mit solchen Wetterlagen, die eine extreme Austausch- armut verursachen (hochdruckbestimmte Inversionslagen) und gleichzeitig einen von der Höhenlage abhängigen ausgeprägten Zweischichtencharakter der Witterung aufweisen mit nebelreicher, verschmutzter Kaltluft und oberliegender sauberer, relativ warmer Luft. Hierzu wurden bereits detaillierte Planungsvorschläge gemacht. So wurden am Beispiel eines industriearmen Reinluftgebietes für extreme Smogwittersituationen Räume kartiert, die von der Bevölkerung als Erholungsgebiete kurzfristig aufgesucht werden können (KUTTLER 1984c). Für Nordrhein-Westfalen hat FAUST (1979) zwei Karten über das Bioklima vorgelegt, von denen eine den thermischen, eine andere den aktinischen Wirkungskomplex darstellt. Auch FAUST bedauert, die lufthygienische Situation in seinen Karten nicht gebührend berücksichtigen zu können, weil es an einer hohen räumlichen Auflösung, wie sie für die Darstellung des „Aerosolklimas“ zwingend notwendig ist, immer noch mangelt. Diese Karten sind nicht nur für die Planung von Kur- und Erholungsgebieten, sondern auch für die Naherholung und den Tourismus außerordentlich hilfreich. Ein weiteres Arbeitsgebiet der angewandten Klimatologie sind Untersuchungen zum Wind- und Frostschutz. Windschutzanlagen werden zum Beispiel im Hinblick auf eine Ertragssteigerung in der Landwirtschaft errichtet und dienen (OLSCHOWY 1978)

- der Vermeidung von Spätfrostschäden an Kulturpflanzen (bei Pflanzungen von Hecken gegen nächtlichen Kaltluftabfluß),
- der Verminderung der Evapotranspiration,
- der Erhöhung des Tauabsatzes, der Bodenfeuchte und der Lufttemperatur,
- der Verhinderung mechanischer Windschäden und des Bodenabtrags sowie als Schutz gegen staub- und gasförmige Schadstoffe.

Aber auch im Bereich menschlicher Siedlungen kann gezielt angebrachter Windschutz zu ökonomischem Vorteil führen. So zeigten Messungen an 1,2 m breiten und etwa haushohen Hausschutzhecken *Fagus sylvatica* im Monschauer Land (Eifel), daß hohe Windgeschwindigkeiten im Mittel bis zu 50 Prozent reduziert werden, die Lufttemperatur im Lee der Hecken – je nach Wetterlage – um mehrere Kelvin höher ist als davor und die Schlagregenbelastung der leeseitigen Hauswand um bis zu 80 Prozent vermindert wird (BECKMANN 1982).

Schutzmaßnahmen vor Frost genießen insbesondere im Obst- und Weinbau große Priorität im Bereich angewandter klimatologischer Forschungen (vgl. hierzu insbesondere die Arbeiten von AICHELE 1965 und WEGER 1955). So zeigt

zum Beispiel ausführliche linien- und flächenhafte klimatologische Untersuchungen nach der Flurbereinigung an Rebflächen im Kaiserstuhl, daß durch die Umwandlung kleinterrasierter Flächen in Großterrassen („Ebenen am Hang“) auf einigen von ihnen die produzierte Kaltluft nicht abfließen kann. Das liegt daran, daß auf Terrassen mit Flächengrößen von zirka 5 ha zuviel Kaltluft entstehen kann, und diese bei Terrassentiefen von mehreren 10 Metern aufgrund des „bergwärtigen Einfallens“ von 2 bis 4 Prozent nicht abzufließen vermag. ENDLICHER (1980), der diese sehr differenzierten Untersuchungen mit Meßwagen, Feststationen und der Auswertung von Thermalbildern durchführte, hat darüber hinaus zu dieser Problematik eine ausführliche Literaturauswertung vorgenommen, bei der nicht weniger als 320 Einzelarbeiten berücksichtigt wurden.

Angewandte klimatologische Untersuchungen aus dem Bereich „Pflanze und Witterung“ sind schon seit Jahrzehnten Gegenstand der Forschung. Einen außerordentlich umfassenden Überblick über die auf diesem Gebiet durchgeführten Arbeiten gibt die jährlich erscheinende „Agrarmeteorologische Bibliographie“ des Deutschen Wetterdienstes, in der Hunderte von Arbeiten zu folgenden Themen bibliographiert und besprochen werden: „Atmosphärische Verhältnisse und Boden, Pflanze, Landwirtschaft, Pflanzenkrankheiten bzw. Schädlinge und Tiere“. Für den Zeitraum von 1950 bis 1982 liegen, von verschiedenen Herausgebern bereits bearbeitet (JUNG 1983), Bibliographien vor. Von klimageographischer Seite sind unlängst von FRANKENBERG (1983) Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Witterung und deren Auswirkung auf landwirtschaftliche Erträge in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt worden. Die auf Kreisebene erfolgten Berechnungen am Beispiel der Erträge von Winterweizen und Zuckerrüben zeigen die räumlichen Ertragsdifferenzen, wie sie nach einem trockenen Sommer (1976) auftraten. Mit den Problemen der Ermittlung der Wasserbilanz in der Bundesrepublik Deutschland befaßten sich unter anderen KELLER (1978) sowie FRANKENBERG u. LAUER (1981). J. WERNER (1980; 1984) beschäftigte sich in diesem Zusammenhang mit der Einschätzung der aktuellen Evapotranspiration von Waldbeständen und der Berechnung der Evaporation von Binnenseen. D. SCHREIBER (1973) hat darüber hinaus die Abhängigkeit des landwirtschaftlichen Anbaus von der Wasserversorgung und von den fotoaktinischen Umweltbedingungen untersucht. Für den Bereich des Stallbaus in der Landwirtschaft innerhalb der Bundesrepublik Deutschland entwickelte D. SCHREIBER (1982) aus einer bereits zu einem früheren Zeitpunkt von ihm vorgestellten Karte für die DIN 18910 eine „Sommer- und Wintertemperaturzonenkarte“. Als Einteilungskriterium wurde die Anzahl winterlicher Eistage gewählt, die eine räumlich sehr differenzierte Darstellung der Winterstrenge in der Bundesrepublik Deutschland erlauben. Mit Hilfe dieser Kartendarstellung ist es möglich, Hinweise für die Wärmedämmung im Hochbau und eine Orientierung über die Gebäudeheizungsintensität zu geben. In einer anderen Arbeit entwickelte er zusammen mit HEINZE eine Karte der „Winterhärtezonen für Gehölze“ für die



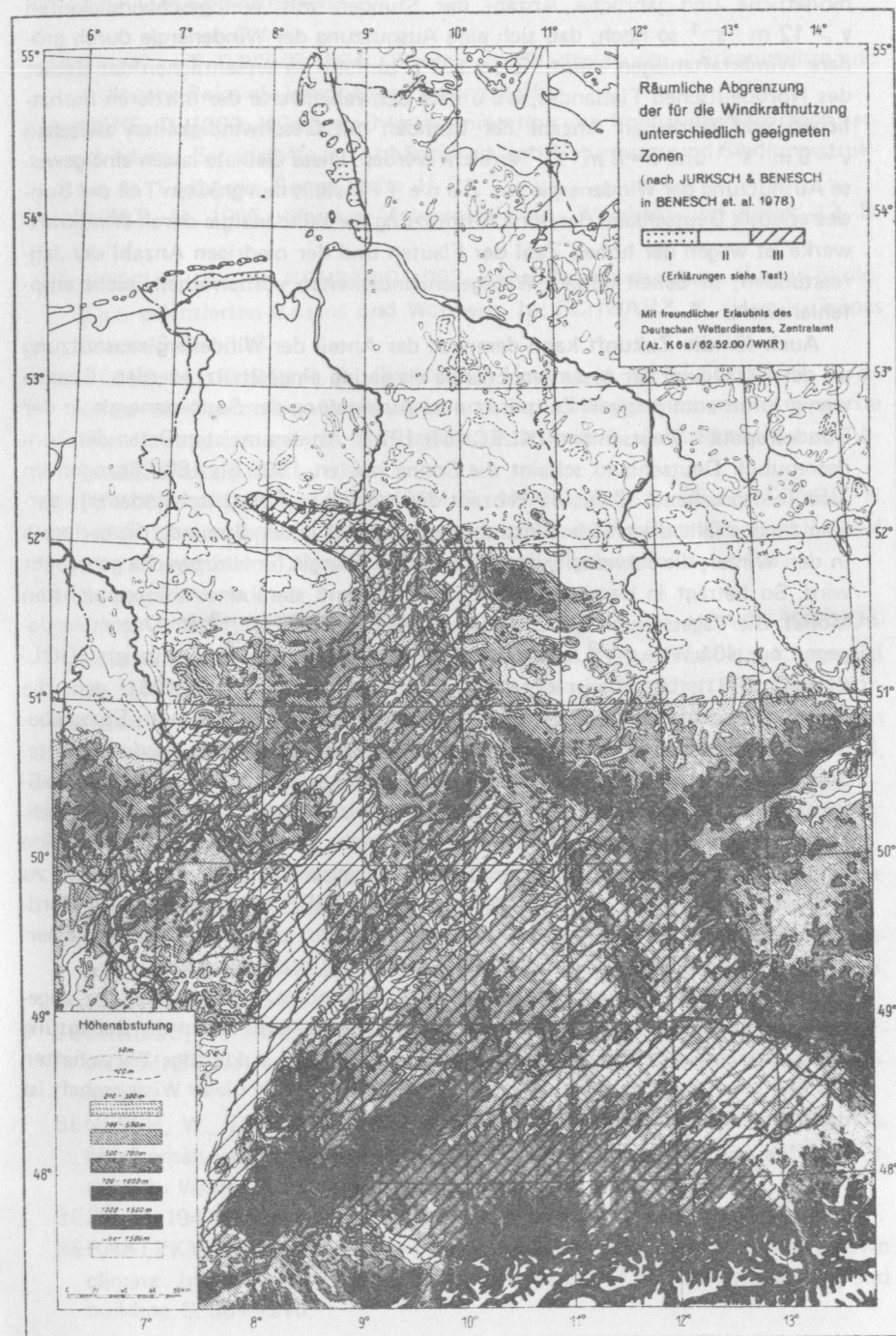
Bundesrepublik Deutschland und Europa (HEINZE u. D. SCHREIBER 1984). Die Darstellung beruht auf einer Auswertung der mittleren Jahresminima der Lufttemperatur. Elf verschiedene Temperaturzonen werden denjenigen Baumarten zugeordnet, die von der Winterstrenge her einen Anbau erlauben (dies ist zum Beispiel wichtig für die Anpflanzung teurer Gehölze und gepfropfter Pflanzen). Ein relativ junger Zweig der angewandten Klimatologie entstand in NRW, wo seit einigen Jahren vom Deutschen Wetterdienst Pollenflug-Vorhersagen durchgeführt werden. Diese Messungen stellen insofern für Allergiker ein außerordentlich wichtiges Instrument der gezielten Prophylaxe dar, als kurzfristig Hinweise auf das Auftreten der wichtigsten Pollen gemacht werden können. Eine Orientierung am jährlich erscheinenden Pollenkalender läßt hingegen nur eine geringe Aussagekraft zu, weil in ihm lediglich mittlere Blühphasenbeginne enthalten sind, diese jedoch witterungsbedingt von Jahr zu Jahr um etwa 6 Wochen schwanken können. Die Prognosenprüfung der Gräserpollen traf im Gesamtdurchschnitt zu 71 Prozent zu, was als recht gut zu bewerten ist (PULS 1983).

Für die Planung neuer Kraftwerksstandorte sind angewandte klimatologische Untersuchungen im Hinblick auf die Einschätzung und Abgrenzung der bei Kraftwerken auftretenden Abwärmeprobleme dringend notwendig. Hierzu wurden zwei großräumig angelegte Arbeiten durchgeführt; eine im Gebiet Hochrhein/Oberrhein (Projekt CLIMOD = climate modification, begonnen 1975; WINIGER 1982), eine andere in der Region Oberrhein (BARTELS et al. 1982; SÜSSENGUTH et al. 1983). Im Rahmen dieser Projekte konnten durch Messungen und Berechnungen der für die Diskussion dieses Problems notwendigen Parameter, wie Strahlungsbilanz sowie latente und sensible Wärmeflüsse, Räume abgegrenzt werden, die aufgrund des klimatologischen Ist-Zustandes gegenüber zusätzlichen Wärmequellen empfindlich sind. SCHMIDT (1980) behandelt in seiner Arbeit über „die klimatischen Aspekte des Kraftwerksbaus“ allgemeine Probleme, die durch den Kraftwerksbau entstehen; so die regionale Veränderung des Energiehaushaltes und der Durchlüftungsverhältnisse, die mögliche Veränderung des regionalen Klimas (Strahlungshaushalt und Konvektionsbewölkung) und prognostiziert die klimatischen Veränderungen mit Hilfe des Einsatzes von Modellberechnungen. J. WERNER (1977) beschäftigt sich in seiner Arbeit über „die Kraftwerksabwärme in der Hydrosphäre“ mit der künstlichen Wärmebelastung von Oberflächengewässern in der Bundesrepublik Deutschland.

Untersuchungen, die im Zusammenhang mit der Nutzung „regenerativer Energiequellen“ (z. B. der Wind- und Sonnenenergie) stehen, beschreiben BENESCH et al. (1978) und JURKSCH (1980). Von den Verfassern wurden „Eignungskarten“ im Hinblick auf die Nutzung der Windenergie in der Bundesrepublik Deutschland entworfen, von denen eine Abbildung 2 enthält. Das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland ist hierin nach dem Potential der Windenergieausnutzung in drei Zonen eingeteilt worden:

**Zone I** beschränkt sich im wesentlichen auf die windreichen Küstengebiete. Hier herrschen relativ hohe Windgeschwindigkeiten vor; auch ist die mittlere

ADD. 2



monatliche und jährliche Anzahl der Stunden mit Windgeschwindigkeiten  $v > 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  so hoch, daß sich eine Ausnutzung der Windenergie durch größere Windkraftanlagen lohnt. Zone II umfaßt im wesentlichen das Gebiet des Norddeutschen Tieflandes, wo untere Schwellenwerte der mittleren monatlichen und jährlichen Anzahl der Stunden mit Geschwindigkeiten zwischen  $v = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  und  $v = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  erreicht werden. Diese Gebiete lassen eine gewisse Ausnutzung der Windenergie zu. Zone III stellt den größten Teil der Bundesrepublik Deutschland dar; eine Ausnutzung der Windenergie durch Windkraftwerke ist wegen der hohen Zahl der Flauten und der niedrigen Anzahl der Jahresstunden, in denen höhere Windgeschwindigkeiten vorherrschen, nicht empfehlenswert.

Auch für die Zukunft kann demnach der Anteil der Windenergieausnutzung an der Erzeugung der gesamten Energie als gering eingeschätzt werden. Ebenso wenig lohnt zum jetzigen Zeitpunkt eine Ausnutzung der Sonnenenergie in der Bundesrepublik Deutschland (KLECKER 1979). An den meisten Orten der Bundesrepublik Deutschland scheint die Sonne nur an 1300 bis 1800 Stunden im Jahr (entsprechend 30 bis 40 Prozent der möglichen Sonnenscheindauer): darüber hinaus fällt die größte Einstrahlungsintensität in den Sommer, die geringste in den Winter, die Jahreszeit, in der die meiste Energie für Heizzwecke gebraucht wird. So beträgt in Hamburg zum Beispiel im Juni, dem einstrahlungsreichsten Monat, die Tagessumme der Globalstrahlung  $5,437 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-2}$ , im Dezember dagegen nur  $401 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-2}$ , was einem Verhältnis von etwa 13:1 entspricht (GOLCHERT 1981). Unter sehr optimistischen Annahmen (DELHI 1981) geht die Energiewirtschaft davon aus, daß maximal 20 Prozent des gesamten Energiebedarfs in Mitteleuropa durch Sonnenenergie in Zukunft gedeckt werden könnte. Sowohl eine optimale Wind- als auch Sonnenenergieausnutzung ist jedoch maßgeblich von einer Verfeinerung und Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten abhängig. Dennoch sollte zukünftig mehr daran gedacht werden, eine Koppelung von Luft-Wärmepumpen mit gleichzeitiger Sonnenenergienutzung zu realisieren, denn nach den Arbeiten von J. WERNER (1981) können in Nordrhein-Westfalen allein aus der Umgebungsluft über Luft-Wärmepumpen Energiegewinne zwischen  $400$  und  $500 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  erzielt werden.

Die angeführten Beispiele aus dem weitgespannten Arbeitsbereich der angewandten Klimatologie in der Bundesrepublik Deutschland lassen die Bedeutung der angewandten Klimageographie für das jetzige und zukünftige Wirtschaften des Menschen deutlich werden. Eine Intensivierung gerade dieser Wissenschaft ist deshalb dringend wünschenswert und notwendig.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ADAM, K. u. T. GROHE 1984: Ökologie und Stadtplanung. – Erkenntnisse und praktische Beispiele integrierter Planung. Köln.
- AHRENS, D. 1983: Klimagerechte Interpretation von Immissionsmessungen verschiedener Schadstoffe in Abhängigkeit von Naturraum und Siedlungsstruktur. In: Freiburger Geogr. Hefte, H. 21.
- AICHELE, H. 1965: Weinbau-Meteorologie. In: Weinberg und Keller 12, S. 1–14.
- ALBRECHT, R. u. S. REHBERG 1983: Der volkswirtschaftliche Nutzen ökologisch orientierten Bauens und Wohnens. In: SCHWARZ, K. (Hrsg.): Grünes Bauen, S. 69–119.
- BARTELS, H., RUDOLF, B., SWANTES, H. J. u. V. VENT-SCHMIDT 1978: Klima als Faktor der Regionalplanung. In: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchungen in der Region Untermain, 6. Arbeitsbericht und Abschlußbericht, Frankfurt/M.
- BARTELS, H., FUCHS, H., JURKSCH, G., MELCHIOR, J. u. G. SÜSSENGUTH 1982: Klimatologische Beschreibung des Oberrheingebietes im Hinblick auf Abwärmeprobleme. Abwärmeprojekt Oberrheingebiet Teil I. In: Ber. Deutsch. Wetterdienst, Nr. 160.
- BAUMGARTNER, A., MAYER, H., BRÜNDL, W. u. E.-M. NOACK 1983: Untersuchungen des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayrischen Großstädten. Forschungsvorhaben Nr. 8272–VI/46–7106 im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen. Kurzmittenberichte Nr. 5 und Nr. 6, München.
- BAUMÜLLER, J. 1975: Ein Beitrag der Meteorologie zur Raumplanung. In: Baupraxis 1, S. 11–14.
- BECKER, F. 1972: Die Bedeutung der Orographie in der medizinischen Klimatologie. In: Geogr. Taschenb., S. 342–356.
- BECKMANN, R. 1982: Die Hausschutzhecken im Monschauer Land unter besonderer Berücksichtigung ihrer klimatischen Auswirkungen. Arb. z. Rhein. Landeskunde, Nr. 49.
- BECKRÖGE, W. 1980: Auswirkungen von Parkanlagen auf die städtische Wärmeinsel. Dipl.-Arbeit am Inst. f. Meteorologie u. Klimatologie d. Univ. Hannover.
- BENESCH, W., DUENSING, G., JURKSCH, G. u. R. ZÖLLNER 1978: Die Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Nutzung der Windkraft. In: Ber. Deutsch. Wetterdienst, Nr. 147.
- BERG, H. 1947: Einführung in die Bioklimatologie. Bonn.
- BERNATZKY, A. 1982: The contribution of trees and green spaces to a town climate. In: BITAN, A. (ed.) 1982: The impact of climate on planning and building, S. 301–310.



- BITAN, A. (ed.) 1982: The impact of climate on planning and building. Lausanne.
- BLÜTHGEN, J. u. W. WEISCHET 1980: Allgemeine Klimageographie, 3. Aufl., Lehrbuch der allgemeinen Geographie 2, Berlin.
- BRAHE, P. 1974: Klimatische Auswirkungen von Gehölzen auf umbauten Stadtplätzen. In: Das Gartenamt 23, S. 61–70.
- CAPPEL, A. u. M. KALB 1976: Das Klima von Hamburg. Analyse für Zwecke der angewandten Klimatologie mit Datenkatalog. In: Ber. Deutsch. Wetterdienst, Nr. 141.
- CONRAD, V. 1936: Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. In: Handb. d. Klimatologie von W. KÖPPEN u. R. GEIGER, Berlin.
- DELHI, M. 1981: Energie von der Sonne. Hrsg. v. d. Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e. V., Bonn.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.) 1980: Klima und Planung. I. Meteorologische Fortbildung. In: promet H. 3 und H. 4.
- DITTMANN, Ch. 1982: Regensburg – Stadtklima und Luftverunreinigung. In: Acta Albertina Ratis bonensia Naturw. Vereins Bd. 41.
- EICK, K. 1979: Ökologische Funktion von Grünflächen. In: Landestagung 1979, Feuchtgebiete und ihre ökologische „Bedeutung“, LÖLF, NRW, S. 55–65.
- EMONDS, H. 1972: Das Bonner Stadtklima. In: Arb. z. Rhein. Landeskd., Nr. 7.
- ENDLICHER, W. 1980: Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls. Ber. Deutsch. Wetterdienst, Nr. 150.
- ERIKSEN, W. 1964: Beiträge zum Stadtklima von Kiel. Schriften Geogr. Inst. Univ. Kiel, Bd. 22, H. 1.
- ERIKSEN, W. 1971: Die stadtklimatologischen Konsequenzen städtebaulicher Entwicklung. In: Städtehygiene 11, S. 259–262.
- ERIKSEN, W. 1972: Zur Niederschlagsmodifikation im Bereich von Großstädten. In: Städtehygiene 23, Nr. 7, S. 164–166.
- ERIKSEN, W. 1975: Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie, Darmstadt.
- ERIKSEN, W. 1980: Klimamodifikationen im Bereich von Städten. In: Veröff. Joachim Jungius – Ges. Wiss. Hamburg 44, S. 161–175.
- FAUST, R. 1979: Das Bioklima in Nordrhein-Westfalen. Verein z. Förd. d. Kurortklimadienstes u. d. Kurortklimaforschung i. Lande NRW, Bad Salzuflen.
- FAUST, V. 1977: Biometeorologie. Der Einfluß von Wetter und Klima auf Gesunde und Kranke. Stuttgart.
- FETT, V. (Hrsg.) 1978: Angewandte Stadtklimatologie. Stand der Fragen und Antworten bei der Anwendung meteorologischer Erkenntnisse in der Stadt- und Grünflächenplanung. Deutsche Meteorologische Gesellschaft, AKUMET, Berlin.
- FETT, V. 1982: Meteorologische Studien zur Lufthygiene. In: Wasser-Boden-Luft-Berichte 2.
- FEZER, F. 1976: Wieweit verbessern Grünflächen das Siedlungsklima? In: Ruperta Carola 55, S. 77–79.
- FEZER, F. u. R. SEITZ (Hrsg.) 1977: Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Studien für die Regional- und Siedlungsplanung. Heidelberger Geogr. Arb., H. 47.
- FINKE, L. 1976: Zuordnung und Mischung von bebauten und begrüneten Flächen. Schriften. „Städtebaul. Forschungen“ des Bundesministers f. Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 03.044.
- FLACH, E. 1981: Human Bioclimatology. In: H. E. LANDSBERG: World Survey of Climatology. Vol. 3, Amsterdam.
- FLOHN, H. 1973: Geographische Aspekte der anthropogenen Klimamodifikation. In: Hamburger Geogr. Stud. 28, S. 13–30.
- FORTAK, H. 1972: Anwendungsmöglichkeiten von mathematisch-meteorologischen Diffusionsmodellen zur Lösung von Fragen der Luftreinhaltung. Hrsg. v. Minister f. Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW, Düsseldorf.
- FORTAK, H. 1973: Anwendungsmöglichkeiten von immissionsklimatologischen Ausbreitungsmodellen. In: VDI-Berichte Nr. 200, S. 173–188.
- FRANKE, E. (Hrsg.) 1977: Stadtklima, Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung. Stuttgart.
- FRANKENBERG, R. 1983: Der „trockene“ Sommer des Jahres 1976 in seiner Auswirkung auf die Erträge an Winterweizen und Zuckerrüben in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift f. Agrargeogr., H. 2, S. 144–162.
- FRANKENBERG, R. u. W. LAUER 1981: Wasser und Raum in der Bundesrepublik Deutschland. In: Erdkunde 35, S. 231–234.
- FRÄNZLE, O. u. W. KILLISCH 1979: Untersuchungen zur städtischen Belastungsstruktur der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe der Biplot-Technik und numerischer Klassifikationsverfahren. Ein Beitrag zur angewandten Statistik. Kieler Geogr. Schriften, Bd. 50, S. 211–245.
- FREITAG, E. 1983: Phänologie – ein Arbeitsgebiet des Deutschen Wetterdienstes. In: Mitt. Dtsch. Meteorol. Gesell. 3/83, S. 3–22.
- GEHRKE, A. 1982: Klimaanalyse Stadt Duisburg. Kommunalverband Ruhrgebiet, Essen.
- GEHRKE, A., NÜBLER, W. u. W. WEISCHET 1977: Oberflächen- und Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Baukörperstruktur (Beispiel Freiburg i. Br.). In: Annal. Meteorol. (N. F.), Nr. 12, S. 193–196.
- GEIGER, M. 1983: Geländeklima – Untersuchungen für die Landschaftsplanung an der Weinstraße. In: Mannheimer Geogr. Arb., Heft 14, S. 25–42.
- GEORGII, H. W. 1972: Die lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung im Untermaingebiet. In: Umwelt-Report, S. 216–221.
- GEORGII, H. W. u. J. PANKRATH (eds.) 1982: Deposition of atmospheric pollutants. Dordrecht, Holland.
- GERTIS, K. u. U. WOLFSEHER 1977: Veränderungen des thermischen Mikroklimas durch Bebauung. In: Gesundheits-Ingenieur 11 (2), S. 1–10.

- GÖDDE, M. 1982: Veränderung der ruderalen Flora des engeren Stadtgebietes von Münster im Zeitraum von 35 Jahren. In: *Natur und Heimat* 42, S. 109–112.
- GOLCHERT, H. J. 1981: Mittlere monatliche Globalstrahlungsverteilungen in der Bundesrepublik Deutschland. In: *Meteorol. Rdsch.* 34, S. 143–151.
- GOSSMANN, H., LEHNER, M. u. P. STOCK 1981: Wärmekarten des Ruhrgebietes. In: *Geogr. Rdsch.* 33, H. 12, S. 556–563.
- GREUPNER, P., ZEUNER, G. u. U. HAMMEL 1982: Die flächendeckende bioklimatische Belastungskartierung für die Stadt Nürnberg. *Inst. f. Umweltschutz, Dortmund.*
- GREUPNER, P. u. G. ZEUNER 1983: Klimaökologische Bewertung innerstädtischer Freiflächen und ihre Bedeutung für die Stadtplanung am Beispiel der Stadt Nürnberg. In: *INFU, Werkstattreihe*, H. 11, S. 35–58.
- HADER, F. 1980: Klimagerechtes Planen. In: *Klima und Planung '79*, Geogr. Inst. Bern, Nr. 6, S. 42–45.
- HAMM, J. M. 1969: Untersuchungen zum Stadtklima von Stuttgart. In: *Tübinger Geogr. Studien*, H. 29.
- HARLFINGER, O. 1976: Die bioklimatische Bedeutung des „Höllentälers“ für Freiburg. In: *Meteorol. Rdsch.* 29, S. 15–18.
- HAVLIK, D. 1981: Großstädtische Wärmeinsel und Gewitterbildung – ein Beispiel anthropogener Klimamodifikation. In: *Festschrift für Felix Monheim zum 65. Geburtstag*. Geogr. Inst. RWTH Aachen, S. 91–109.
- HEINZE, W. u. D. SCHREIBER 1984: Eine neue Kartierung der Winterhärtezonen für Gehölze in Europa. In: *Mitt. der deutschen dendrologischen Gesellschaft*, Bd. 74.
- HENTSCHEL, G. 1982: *Das Bioklima des Menschen*. Berlin.
- HERRMANN, R. u. B. MEISER 1973: Untersuchungen über die zeitliche und räumliche Änderung des Temperaturfeldes im Stadtgebiet von Gießen. In: *Die Erde* 104, S. 226–246.
- HEYER, E. 1981: *Witterung und Klima*. Leipzig.
- HIRT, F.-H. u. H. KELLERSMANN 1972: Luftaufnahmen. Wärme-Infrarotmessungen als neue Informationsquelle für Planungszwecke. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen.
- HÖSCHELE, K. u. H. SCHMIDT 1974: Klimatische Wirkungen einer Dachbegrünung. In: *Garten und Landschaft* 84, S. 334–337.
- HORBERT, M. u. A. KIRCHGEORG 1982: Climatic and airhygienic aspects in the planning of inner-city open spaces: Berlin Großer Tiergarten. In: BITAN, A. (ed.) 1982: *The impact of climate on planning and building*, S. 311–322.
- HUMBOLDT, A. von 1845: *Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Bd. 1, Stuttgart.
- JENDRITZKY, G. 1984: Die Bewertung der thermischen Reizstärke in heilklimatischen Kurorten. In: *Z. Physik. Med.*, S. 304–314.
- JUNG, E. (Hrsg.) 1983: *Agrarmeteorologische Bibliographie 1982*. Offenbach/M.

- JURKSCH, G. 1980: Regenerative Energiequellen. In: *promet* 4/80, S. 12–15.
- JURKSCH, G. 1982: Problems of urban and regional planning described by meteorological investigations in the Upper Rhine Area. In: BITAN, A. (ed.) 1982: *The impact of climate on planning and building*; S. 11–14.
- KALB, M. 1962: Einige Beiträge zum Stadtklima von Köln. In: *Meteorol. Rdschau.*, H. 4, S. 92–99.
- KALB, M. 1979: Klimakarten des Deutschen Wetterdienstes für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland. In: *Natur und Landschaft* 54, Nr. 7/8, S. 250–252.
- KALB, M. u. H. SCHMIDT 1977: *Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland*. Hannover. Statistische Auswertungen und Erläuterungen für Zwecke der angewandten Klimatologie. In: *Ber. Deutsch. Wetterdienst*, Nr. 143.
- KARRASCH, H. 1983: Die Luftqualität im nördlichen Oberrheingebiet in vergleichender Sicht. In: DÖRRER, J. u. F. FEZER 1983: *Umweltprobleme im Rhein-Neckar-Raum*. Mannheimer Geogr. Arbeiten H. 14, S. 63–100.
- KELLER, R. 1978: *Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland*. Hrsg. von U. de HAAR.
- KESSLER, A. 1971: Über den Tagesgang von Oberflächentemperaturen in der Bonner Innenstadt an einem sommerlichen Strahlungstag. In: *Erdkunde* 15, S. 13–20.
- KING, E. 1973: Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenverkehr. In: *Ber. Deutsch. Wetterdienst*, Nr. 130.
- KINS, L. 1982: Temporal variation of chemical composition of rainwater during individual precipitation events. In: GEORGII, H.-W. u. J. PANKRATH (eds.): *Deposition of Atmospheric Pollutants*, S. 87–96.
- KLECKER, P. M. 1979: Sonnenscheindauer und Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Systemen zur Nutzung der Sonnenenergie. *Dipl.-Arbeit, unveröff.*, Geogr. Inst. Ruhr-Univ. Bochum.
- KLINK, H.-J. 1982: Physisch-geographische und geoökologische Landesforschung – Stand und Weiterentwicklung als Aufgabe der Landeskunde. In: *Ber. z. dt. Landeskunde* Bd. 56, H. 1, S. 87–112.
- KLÖPPEL, P. 1970: Versuch einer Berechnung der Kaltluftbewegung am Modell des Schadbachtals bei Graach/Mosel. In: *Landschaft u. Stadt* 3, S. 122–132.
- KNOCH, K. 1942: *Weltklimatologie und Heimatklimakunde*. In: *Meteorol. Z.* 59, S. 245–249.
- KÖPPEN, W. 1931: *Grundriß der Klimakunde*. 2. Auflage, Berlin und Leipzig.
- KUTTLER, W. 1979a: Einflußgrößen gesundheitsgefährdender Wetterlagen und deren bioklimatische Auswirkungen auf potentielle Erholungsgebiete – darge-



stellt am Beispiel des Ruhrgebiets und des Sauerlandes. In: Bochumer Geogr. Arb., H. 36.

KUTTLER, W. 1979b: London-Smog und Los-Angeles-Smog. In: Erdkunde, Bd. 33, S. 236–240.

KUTTLER, W. 1982: The role of evergreen vegetation in industrial agglomeration areas. In: Energy and Buildings Vol. 5, S. 23–30.

KUTTLER, W. 1983a: Trockene und nasse Schwefeldepositionen im Mittleren Ruhrgebiet. In: Verh. Ges. f. Ökologie, Bd. X, S. 457–472.

KUTTLER, W. 1983b: Anthropogenes Schwefelproblem und saure Niederschläge. In: Wohnbauforschung in Österreich, H. 1/2, S. 1–8.

KUTTLER, W. 1984a: Stadtklimatologische Untersuchungen in Lünen. In: KUTTLER, W. u. D. SCHREIBER: Stadt- und geländeklimatische Untersuchungen im südlichen Münsterland. In: Materialien zur Raumordnung aus d. Geogr. Inst. d. Ruhr-Univ. Bochum Bd. XXV, S. 15–76.

KUTTLER, W. 1984b: Untersuchungen zum Bochumer Stadtklima. In: Jahrbuch der Freunde der Ruhr-Universität Bochum 1984, S. 99–114.

KUTTLER, W. 1984c: Peripheral clean air areas near industrial regions during smog weather conditions – contribution to planning of industrial nearby clean air areas. In: Energy and Buildings, Vol. 7, No. 3, S. 181–194.

LESER, H. 1982: Gelände- und Stadtklima der Pfalz. In: Pfalzatlas, Textband III, H. 33, S. 1298–1306.

LINDENBEIN, B. u. H. MALBERG 1972: Die Verteilung lokaler Regenfälle im Westberliner Stadtgebiet. In: Meteorol. Abhdl. 140, Nr. 2, III.

LORENZ, D. 1973: Meteorologische Probleme bei der Stadtplanung. In: Bau-praxis 9, S. 57–62.

MAHLER, G. u. P. STOCK 1977: Oberflächentemperaturverhalten städtischer Flächen, ermittelt aus Infrarotaufnahmen. In: Stadtbauwelt, 55, 36, S. 212–215.

MALKOWSKI, G. 1964: Analyse des Stadteinflusses auf die Niederschlagstätigkeit nach mehrjährigen Wetterradarbeobachtungen in Berlin. In: Wetter und Leben, 16, S. 147–152.

MAYER, H. 1980: Problematik bei der Kartierung der Oberflächenalbedo in einem mesoskaligen Gebiet. In: Ann. Meteorol. (N. F.), Nr. 16, S. 8–84.

MIESS, M. 1972: Klimaökologische Aspekte der Stadtentwicklung. In: Das Gartenamt 21. (3), S. 115–120.

MIESS, M. 1974: Planungsrelevante und kausalanalytische Aspekte der Stadtklimatologie. In: Landschaft und Stadt, 6, S. 9–17.

MIESS, M. u. B. MIESS 1980: Klimaanalyse regionaler Grünzug D. Grenzbereich der Städte Bochum – Gelsenkirchen, Herne – Herten. Im Auftrag des Kommunverbandes Ruhrgebiet.

MINKE, G. 1983: Fassaden- und Dachbegrünung. Ein ökonomischer Beitrag zum ökologischen Bauen. In: SCHWARZ, U. (Hrsg.): Grünes Bauen, Hamburg.

NEUWIRTH, R. 1968: Medizin-meteorologische Untersuchungen als Beitrag zur Planung von Naturparks. In: Natur und Landschaft 43, S. 292–294.

NEUWIRTH, R. 1976: Der Einfluß der Wetterlagen auf die Luftreinheit von Städten. In: Z. f. phys. Med. 4, S. 154–160.

NÜBLER, W. 1979: Konfiguration und Genese der Wärmeinsel der Stadt Freiburg. In: Freiburger Geogr. Hefte, H. 16.

NYC, J. 1978: Grundlagen und Aspekte des Mikroklimas von Wohnhöfen. In: Meteorol. Abhdl. N. F., Serie A, m Bd. 3, H. 2.

OLSCHOWY, G. 1978: Landespflegerische Mittel zur Lenkung des örtlichen Klimas. In OLSCHOWY, G. (Hrsg.): Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Hamburg und Berlin. S. 234–245.

PARLOW, E. 1983: Geländeklimatische Untersuchungen im Bereich der Staufener Bucht unter besonderer Berücksichtigung lokaler Ausgleichsströmungen. In: Freiburger Geogr. Hefte, H. 20.

PECHER, R. 1974: Der jährliche Regenwasserabfluß von bebauten Gebieten und seine Verschmutzung. In: Abwasser 21, S. 113–120.

PLATE, E. J. 1974: Der Wind als Faktor der Bauwerks- und Städteplanung. In: Der Bauingenieur, 49, S. 457–466.

POLL, R. u. U. WELDER (Hrsg.) 1982: Grün im Stadtbereich. Ein Literaturkatalog zur Grünplanung und Freiraumplanung. Schriften der Univ. Erlangen-Nürnberg Nr. 14.

PRINZ, B. 1973: Freizonen als Frischluftreservoir. In: Umwelt, 5, S. 62–65.

PULS, K. E. 1983: Pollenflugvorhersage in Nordrhein-Westfalen – ein Feldversuch. In: Ann. Meteorol. (N. F.), Nr. 20, S. 141–142.

REIDAT, R. 1971: Über den Einfluß der Stadt auf die Niederschlagsverteilung bei starken Regenfällen in Hamburg. In: Wetter und Leben 23, S. 1–6.

ROBEL, F., HOFFMANN, U. u. A. RIECKERT 1978: Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot-Thermographie. Beitr. z. Stadtentwicklung, 15.

ROTH, D. 1979: Klimahygienische Aspekte des Stadtklimas. In: Landschaft und Stadt 11 (1), S. 13–17.

SCHÄFER, P.-J. 1982: Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland. München. In: Ber. Deutsch. Wetterdst., 159.

SCHIRMER, H. 1970: Beitrag zur Methodik der Erfassung der regionalen Nebelstruktur. In: Aktuelle Probleme Geographischer Forschung, Abh. d. 1. Geogr. Inst. d. Freien Univ. Berlin, Bd. 13, S. 135–146.

SCHIRMER, H. 1976: Deutscher Planungsatlas. Klimadaten, Bd. 1, Nordrhein-Westfalen, Lieferung 7, Hannover.

SCHIRMER, H. 1981: Die klimatologischen Wirkungsfaktoren und ihre Bedeutung für die Planung. In: Jahrbuch für Regionalwissenschaft, S. 140–148.

SCHIRMER, H. 1982: Bioklimatische Stufen für eine Raumbewertung zu Kur- und Erholungszwecken in Niedersachsen. In: N. Arch. Nds., 2, S. 188–194.

- SCHLAAK, R. 1972: Mittlere und extreme Niederschlagsverhältnisse in Berlin. In: Beil. z. Berl. Wetterkarte 8/72, 13. 1. 1972.
- SCHLAAK, R. 1976: Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse im Gebiet von Berlin und ihre Auswirkungen auf die Vegetation. In: Berliner Naturschutzbl. 20, Nr. 59, S. 231–241.
- SCHMIDT, H. 1980: Kraftwerke und andere Industrieanlagen. In: *promet*, 4/80, S. 1–4.
- SCHNEIDER, M. 1972: Kaltluftstau an Straßendämmen? – Nicht immer! In: *Meteorol. Rdschau* 25, 6, S. 187–188.
- SCHNEIDER-CARIUS, K. 1961: Das Klima, seine Definition und Darstellung. In: *Veröff. Geophys. Inst. Univ. Leipzig*, 2. Ser., 17.
- SCHNELLE, P. 1981: Beiträge zur Phänologie Europas IV. Lange phänologische Beobachtungsreihen in West-, Mittel- und Osteuropa. *Ber. Deutsch. Wetterdienst*, Nr. 158.
- SCHREIBER, D. 1973: Entwurf einer Klimaeinteilung für landwirtschaftliche Belange. *Bochumer Geogr. Arb., Sonderreihe Bd. 3*.
- SCHREIBER, D. 1982: A scientifically-founded measurement for winter cold load on structure parts and their mapping for the Federal Republic of Germany. In: BITAN, A. (ed.) 1982: *The impact of climate on planning and building*; S. 205–213.
- SCHREIBER, D. 1984: Stadtklimatologische Untersuchungen in Recklinghausen. In: KUTTLER, W. u. D. SCHREIBER: *Stadt- und geländeklimatische Untersuchungen im südlichen Münsterland*. In: *Materialien zur Raumordnung aus d. Geogr. Inst. d. Ruhr-Univ. Bochum*. Bd. XXV, S. 77–102.
- SCHREIBER, K.-F. 1983a: Die thermischen Verhältnisse des Ruhrgebiets und angrenzender Räume – dargestellt mit Hilfe der phänologischen Entwicklung der Pflanzendecke. In: WEBER, P. u. K.-F. SCHREIBER (Hrsg.): *Westfalen und angrenzende Regionen*. *Festschrift zum 44. Deutsch. Geographentag in Münster*, Teil I, S. 307–319.
- SCHREIBER, K.-F. 1983b: Die phänologische Entwicklung der Pflanzendecke als Bioindikator für natürliche und anthropogen bedingte Differenzierungen der Wärmeverhältnisse in Stadt und Land. In: *Verh. Ges. Ökologie*, Bd. XI, S. 385–396.
- SCHULZE, P. 1969: Die horizontale Temperaturverteilung in Großstädten, insbesondere die West-Berlins in winterlichen Strahlungsnächten. In: *Meteorol. Abhd.*, Bd. 91, H. 2.
- SEITZ, R. 1975: *Stadtklima Mannheim-Ludwigshafen*. Diss., Heidelberg.
- SEKIGUTI, R. 1951: On the representation of climate. In: *Geophys. Mag.* 22, 1, Tokyo, S. 29–33.
- SPERBER, H. 1974: *Mikroklimatisch-ökologische Untersuchungen an Grünanlagen in Bonn*. Diss. Bonn.
- STAHLMANN, V. 1976: Starkregenhäufigkeit im Emscher- und Lippegebiet. In: *Wasser und Boden*, 1, S. 3.

- STEIN, N. 1979: Zentrale Forschungsfelder einer ökologisch orientierten Stadtklimatologie: Strahlungs-, Energie- und Wärmehaushalt. In: *Landschaft und Stadt*, 11, (3), S. 99–110.
- STOCK, P. 1982: Beispiele des Einsatzes von Thermaldaten im Ruhrgebiet. *Beitr. Akad. Raumforsch. u. Landespl.* 62, S. 49–67.
- STOCK, P. u. K. PLÜCKER 1978: Wärmeaufnahmen des Ruhrgebietes für die regionale und städtische Umweltplanung. *Intern Jahrbuch f. Kartographie* Vol. XVIII.
- SÜSSENGUTH, G., BARTELS, H. u. G. JURKSCH 1983: Beitrag zur Klassifikation abwärmebezogener Wetterlagen mit Hilfe der thermischen Schichtung. *Modellgebiet Oberrheingraben, Abwärmeprojekt Oberrheingraben Teil II*. *Ber. Deutsch. Wetterdienst*, Nr. 163.
- SUKOPP, H. 1979: Ökologische Grundlagen für die Stadtplanung. In: *Landschaft und Stadt* 11, (4), S. 173–181.
- SUKOPP, H. u. P. WERNER 1983: Urban environments and vegetation. In: HOLZNER, W., WERGER, M. J. A. u. I. IKUSIMA: *Man's impact on vegetation*. London.
- THIELE, A. 1974: Luftverunreinigung und Stadtklima im Großraum München. *Bonner Geogr. Abh.*, H. 49.
- THORNTHWAITE, C. W. 1962: The geographer's role in climatology. In: LEIDLMAIR, A.: *Hermann von Wissman-Festschrift*, Tübingen, S. 81–88.
- UMWELTBUNDESAMT 1982: *Großräumige Luftverunreinigungen in der Bundesrepublik Deutschland*. *Texte 33/82*, Berlin.
- VENT-SCHMIDT, V. 1981: Eine synthetische Karte der lokalklimatischen Struktur im Großraum Pforzheim. In: *Natur und Landschaft* 56, Nr. 1, S. 8–11.
- WEGER, N. 1955: Zur Methodik der Kleinklimakartierung im Weinbau. In: *Mitt. Dt. Wetterd.* Nr. 14, Bd. 2.
- WEISCHET, W. 1956: Die räumliche Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen. Ein Vorschlag zur Gliederung der Klimatologie und zu ihrer Nomenklatur. In: *Erdkunde* 10, S. 109–122.
- WEISCHET, W. 1973: Notwendigkeit und Möglichkeit einer raum- und klimagerechten Fassung der „Technischen Anleitung Luft“ (TA-Luft). In: *Verh. Ges. Ökologie*, S. 329–349.
- WEISCHET, W. 1974: Innerstädtische Klimadifferenzierung aufgrund von thermischen und hygienischen Meßwerten. Das thermische Verhalten der Oberflächen bei unterschiedlicher Baukörperstruktur mit A. GEHRKE. In: *Untersuchungen der stadtklimatischen und lufthygienischen Verhältnisse der Stadt Freiburg im Breisgau*. *Arbeitsbericht einer interdisziplinären Arbeitsgruppe*. Hrsg. v. Stadtplanungsamt, Freiburg.
- WEISCHET, W. 1979: Problematisches über die städtische Wärmeinsel und die Notwendigkeit einer Baukörperklimatologie. In: *Siedlungsgeographische Studien*.



- WEISCHET, W. 1980: Stadtklimatologie und Stadtplanung. In: Klima und Planung '79. Tagung am Geogr. Inst. d. Univ. Bern 19./20. Sept. 1979, Bern, S. 73–95.
- WERNER, G. 1979: Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. In: Landschaft und Stadt 11, (1), S. 17–25.
- WERNER, G. 1980: Ein Modellansatz zur Bewertung der klimaökologischen Nutzungsverträglichkeit. In: Werkstattreihe, H. 6, INFU, Dortmund.
- WERNER, J. 1977: Kraftwerksabwärme in der Hydrosphäre. In: Westfälische Geographische Studien, Nr. 34.
- WERNER, J. 1980: Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration (aET) von Waldbeständen. In: Wasserwirtschaft 70, S. 270–274.
- WERNER, J. 1981: Sonnenstrahlung und Luftwärme als Energiequellen in Westfalen. In: Westfälische Geogr. Studien, Nr. 37, S. 55–67.
- WERNER, J. 1984: Zur Verdunstungsberechnung für Binnenseen aus Monatsmittelwerten meteorologischer Parameter bei gemessener Wassertemperatur. In: Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 28, H. 2, S. 41–44.
- WILLNER, L. 1977: Immissionsprognosen – Vergleich verschiedener Verfahren. In: Staub.-Reinh. Luft 7, S. 260–266.
- WILMERS, F. 1975: Klimatologische Überlegungen zur Bebauung von Freiflächen in Stadtgebieten – besonders am Rande von Flußniederungen. In: N. Arch. Nds. 24, S. 259–277.
- WILMERS, F. 1979: Grundfragen zu einer Kartierung des Landschaftsklimas. In: Ver. Ges. Ökologie Bd. VII, S. 111–119.
- WILMERS, F. 1981: Temperaturmessungen in der City als Beitrag zum Bioklima von Hannover. In: Ges. f. Ökologie, Bd. IX, S. 343–347.
- WINIGER, M. 1982: Klimatische Aspekte des Kernkraftwerkbaues (Studie CLIMOD). In: Geogr. Rdschau, 34, H. 5, S. 218–227.
- WITTERSTEIN, F. 1978: Bedeutung und Aufgaben des phänologischen Dienstes. In: Mitt. Dt. Wetterdienst Nr. 19.
- WOLFSEHER, U. u. K. GERTIS 1978: Bodennahe Aerodynamik. In: Gesundheits-Ingenieur H. 9, S. 259–274, H. 11, S. 321–332.
- ZACHARIAS, F. 1972: Blühphaseneintritt an Straßenbäumen (insb. *Tilia x enchlora* KOCH) und Temperaturverteilung in Westberlin. Diss. Berlin.