GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK 42 1990 ČÍSLO 1

HEINZ KARRASCH*

WETTER UND KLIMA, IHR EINFLUSS AUF KRANKHEIT UND TOD

Heinz Karrasch: Weather and Climate, Their Influence on Illness and Death. Geogr. Čas., *42*, 1990, 1; 7 figs, 24 refs.

The paper describes the fields and research approaches in human bioclimatology and focuses on the aggravation of stress factors in urban environments. An acute health and life risk exists with respect to heat waves and extreme smog episodes, especially for infirmed persons. The impact of smog episodes has, however, decreased in the past 20 years due to air quality improvements. A reliable assessment of chronic stresses needs much more sophisticated methods. Some new discomfort indexes (PMV = prediced mean vote, PET = physiologic equivalent temperature) have been developed which cover the complete heat exchange of man and which are of high physiologic relevance. Research deficiencies still to be overcome with regard to a sufficient monitoring and selection of representative air contaminants and a correlation of these data with more detailed morbidity and mortality inventories.

1 AUFGABEN DER HUMANBIOMETEOROLOGIE/-KLIMATOLOGIE

„Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels, welcher nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens, die organische Entwicklung der Gevächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und ganze Seelenstimmung des Menschen".

Die einleitende Klimadefinition stammt von Alexander von HUMBOLDT (1844, S. 233). Sie zeichnet sich dadurch aus, daß nicht allein von der atmosphärischen Dynamik die Rede ist, sondern auch von den Wirkungen auf den Menschen. Damit ist der Gegenstand der Humanbioklimatologie angesprochen, und zwar in einem so umfassenden Sinne, daß auch aus heutiger Sicht alle relevanten Forschungsgebiete erfaßt werden (vgl. Abb. 1). Man kann zwischen Grundlagenforschung und Angewandter Forschung unterscheiden, zwischen

* Prof. Dr. Heinz Karrasch, Geographisches Institut der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 348, 6900 Heidelberg, BRD.

denen allerdings eine enge Wechselbeziehung besteht. Es sind sowohl kurzfristige als auch langfristige Merkmale zu beachten, was in der Differenzierung von Wetter und Klima rsp. Humanbiometeorologie und Humanbioklimatologie zum Ausdruck kommt. Je nach Teildisziplin verschieben sich die Gewichtungen. Bei der biometeorologischen Prognostik (Wetterbericht für Ärzte = Bioprog) geht es, allein um die Beurteilung der aktuellen Wettersituation, während

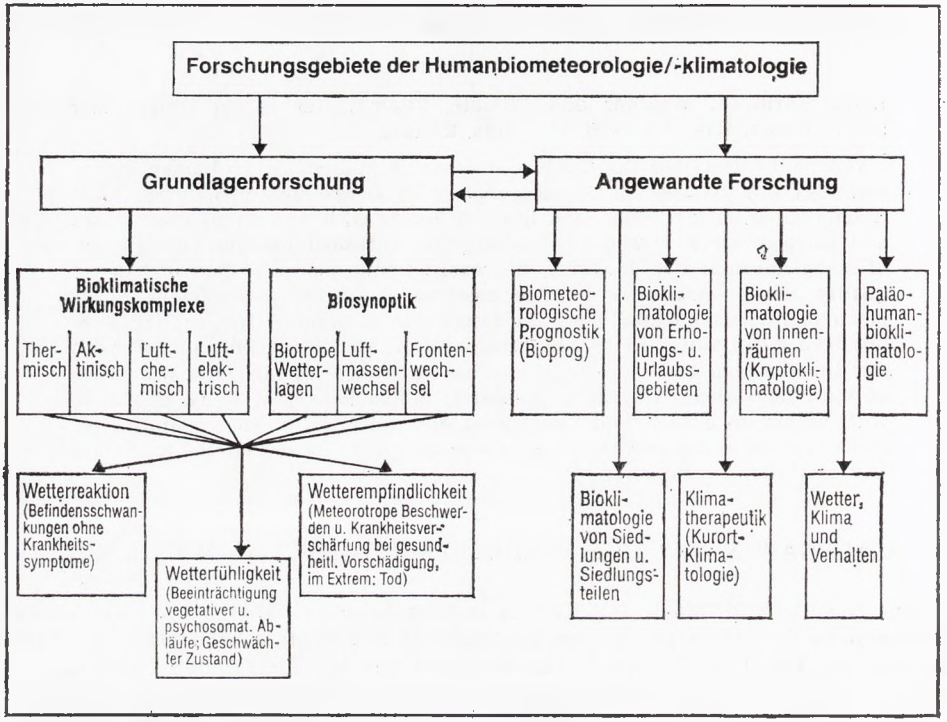

Abb. 1: Aufgaben der Humanbiometeorologie/-klimatologie.

z. B. bei der Bewertung der atmosphärischen Umweltfaktoren von Erholungs- und Urlaubsgebieten der typische Jahresablauf, d. h. die Klimacharakteristika, betrachtet werden.

An dem Forschungsgebiet „Wetter, Klima und Verhalten" ersieht man, wie vielfältig das interdisziplinäre Spektrum ist. Zu den wesentlichen Aufgaben dieses Gebietes gehört es, die meteorologischen Zusammenhänge mit der Häufigkeit von Unfällen, Suiziden und Verbrechen aufzudecken. Dabei fehlt es zuweilen nicht an spekulativen Aussagen, die aus 2 Gründen resultieren: primär der außerordentlichen Komplexität der Materie und sekundär auch manchmal einer „Grenzüberschreitung" der betreffenden Wissenschaftler. Mit der letzten Bemerkung sollen Defizite angedeutet werden, die es in der interdisziplinären Zusammenarbeit noch gibt.

2 BIOSYNOPTIK UND WIRKUNGSKOMPLEXE

Der Einfluß von Wetter und Klima auf das Befinden der Menschen ist keineswegs einheitlich, sondern — je nach Konstitution — abgestuft. Entsprechend einem Vorschlag von HELLPACH (1917) unterscheidet man zwischen *Wetterreaktion, Wetterfühligkeit* und *Wetterempfindlichkeit* (vgl. Abb. 1). Auch der gesunde Mensch spricht durchaus auf Wettererscheinungen an, die er als angenehm oder unangenehm empfindet; aber für diese *Wetterreaktion* ist kennzeichnend, daß Krankheitssymptome ausbleiben. Die *Wetterfühligkeit* betrifft Personen mit einer erniedrigten Reizschwelle des vegetativen Nervensystems. Die Leistungsfähigkeit kann merklich reduziert sein; der Diskomfort vermag sich in Symptomen wie Nervosität, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Schwindelattacken etc. zu äußern, wobei die Beeinträchtigungen jedoch nur kurzfristig bestehen. An der *Wetterempfindlichkeit* leiden Personen, die bereits eine gesundheitliche Vorschädigung aufweisen. Es kann zu Verschärfungen des Krankheitszustandes kommen, im Extremfall zum Tode. Die Mortalität ist also nicht gleichmäßig, sondern bei bestimmten Wetterbedingungen erhöht oder erniedrigt.

Wie die Abb. 2a am Beispiel von Berlin (Ost) illustriert, weist die Mortalität der Krankheiten der Atmungsorgane und in etwas abgeschwächter Weise auch der Krankheiten des Kreislaufsystems einen markanten Wintergipfel auf. Für

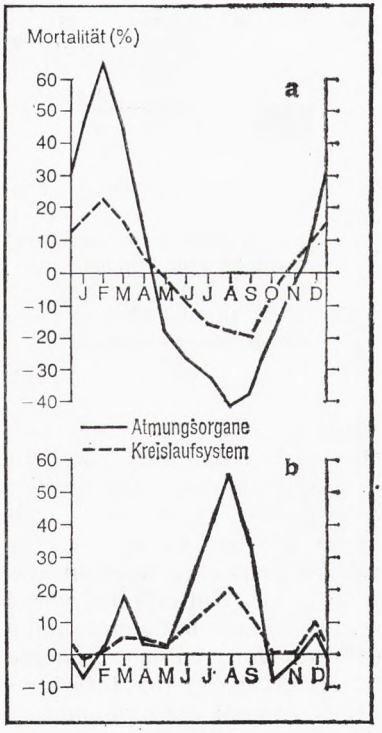

Abb. 2: Jahresgang der Mortalität für ausgewählte Todesursachen in Berlin (Ost) von 1958—1967. a) Gesamtdarstellung, b) für Tage mit Maximaltemperaturen. Die Mortalität wird im Diagramm a) angegeben als prozentuale Abweichung vom Monatsdurchschmitt, im Diagramm b) als prozentuale Abweichung vom monatlichen Erwartungswert. Datenquelle: HENTSCHEL et al. (1978, Abb. 1, 2, 10, 11).

das Sommerminimum ergibt sich bei feinerer zeitlicher Auflösung, daß an Tagen mit Maximaltemperaturen ebenfalls eine signifikante Zunahme der Mortalität zu verzeichnen ist (vgl. Abb. 2b). Die Saisonalität von Morbidität und Mortalität betrifft vor allem die Altersklassen über 65 Jahre, die zu den sog. Risikogruppen zählen, d. h. auf Grund einer verminderten Adaptionsfähigkeit verstärkt gefährdet sind.

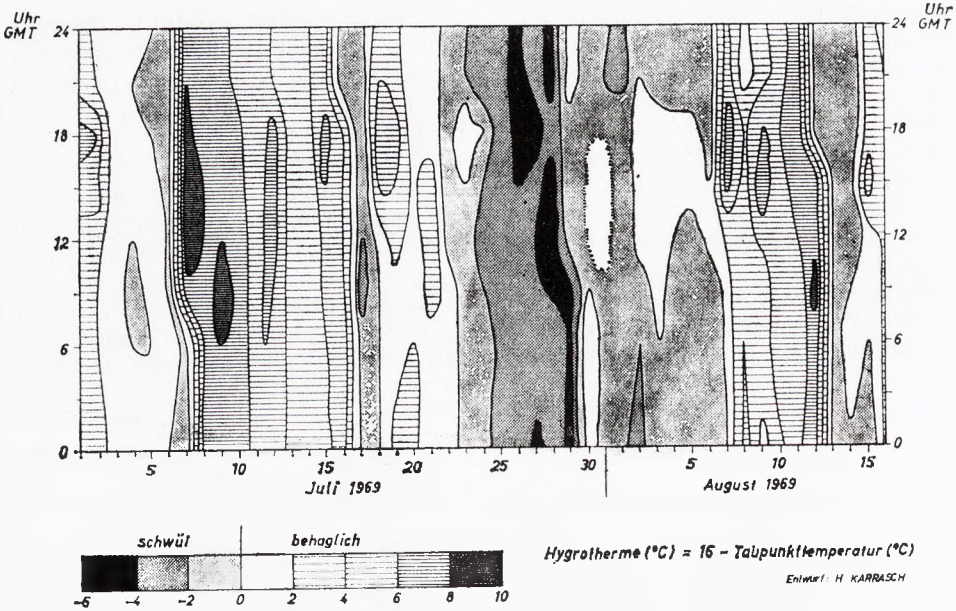

Abb. 3: Schwüleisoplethendiagramm von Mannheim für die Zeit vom 1. Juli — 16. August 1969. Als Schwülegrenze ist ein Taupunkt von 16 °C zugrundegelegt. Man erkennt, daß Schwüleereignisse an bestimmte Großwetterlagen geknüpft sind. Es handelt sich zumeist um Großwetterlagen der meridionalen Zirkulationsform, die durch das Vordringen warmer, feuchter Tropikluft gekennzeichnet sind. Das tageszeitliche Eintreten des Schwülemaximums ist abhängig von der Schichtung der bodennahen Luft.

Um zu einer Bewertung zu gelangen, mit welchen Wetterphänomenen rsp. Klimamerkmalen sich solche Gefährdungen verbinden, bedient man sich zweier Forschungsansätze: der *Biosynoptik* und der *bioklimatischen Wirkungskomplexe* (vgl. Abb. 1). In der *Biosynoptik* wird der Ausbruch der jeweiligen Krankheiten mit dem Wechsel von Luftmassen und Fronten in Verbindung gebracht. Auf der Basis einer solchen Korrelationsstatistik kann man auch eine Einteilung in biotrope Wetterlagen vornehmen. Eine hohe gesundheitliche Gefährdung besteht danach bei meridionalen Wetterlagen des tropischen Typs, die u. a. mit Anfällen von Asthma bronchiale, Herz- und Kreislaufstörungen und speziell der Häufung von Herzinfarkten verknüpft sind. Eine analytische Betrachtungsweise zeichnet die *bioklimatischen Wirkungskomplexe* aus. Man unterscheidet:

2.1 Thermischer Wirkungskomplex

Das Wohlbefinden des Menschen hängt entscheidend von der Wärmeregulation ab. Die Außentemperaturen bewirken Erwärmungs- oder Abkühlungsreize, wobei auch die Luftfeuchtikeit und die herrschenden Windverhältnisse zu berücksichtigen sind. Mit Hilfe dieser Klimaelemente lassen sich Komfort- rsp. Diskomfortindexe ausrechnen. Früher sprach man von Schwüle, deren Intensität z. B. über den Taupunkt (vgl. Abb. 3) oder durch die Äquivalenttemperatur (Maß fü sensible + latente Wärme) ausgedrückt wurde. Über die Auswahl seiner Bekleidung besitzt der Mensch gewisse Steuerungsmöglichkeiten, die in die Kalkulation der Indexe einbezogen werden können.

2.2 Photoaktinischer Wirkungskomplex

Beim photoaktinischen Wirkungskomplex geht es um die humanbiologischen Einflüsse der verschiedenen Komponenten des Strahlungshaushaltes, die nach ihrer Wellenlänge in den Bereich der UV-Strahlung, des sichtbaren Licht sowie der Infrarotstrahlung fallen. Es lassen sich sowohl Wärmewirkungen als auch chemisch-physiologische Wirkungen nachweisen. Eine große Bedeutung kommt der UV-Strahlung (UV-A: 315—400 nm, UV-B: 280—315 nm) zu, obwohl ihr energetischer Anteil verhältnismäßig gering ist. Zu den spezifischen Wirkungen zählen die Pigmentierung und Erythembildung (Sonnenbrand) ebenso wie die Bakterienabtötung und die mögliche Hautkrebsinzidenz. Unspezifische Wirkungen sind der vermehrte Eiweißabbau, die Vertiefung der Atmung, die Blutdrucksenkung bzw. ganz allgemein eine Steigerung der Leistungsfähigkeit und des Wohlbefindens. Die wegen ihrer zellzerstörenden Wirkung gefährliche UV-C-Strahlung (100—280 nm) wird derzeit (!) noch vollständig in der Ozonschicht der Stratosphäre herausgefiltert.

2.3 Luftchemischer Wirkungskomplex

Beim luftchemischen Wirkungskomplex sind die chemischen Bestandteile der Atmosphäre auf ihre positiven, neutralen bzw. negativen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit zu beurteilen. Dabei hat sich der Schwerpunkt der Betrachtungen heute fast ganz auf die Grenzwerte der Tolerierbarkeit von anthropogenen Schadstoffen verschoben.

2.4 Luftelektrischer Wirkungskomplex

Beim luftelektrischen Wirkungskomplex werden 3 potentielle Einflüsse betrachtet: die Atmospherics, die Luftionen sowie das luftelektrische Feld. Unter den Atmospherics, die auch abgekürzt einfach Sferics genannt werden, versteht man elektromagnetische Impulse von relativ niedriger Frequenz, die aus elektrischen Entladungen zwischen Wolkenteilchen oder zwischen Wolken und Erdoberfläche resultieren. Im Unterschied zu den 3 erstgenannten Wirkungskomplexen bestehen über die medizinische Relevanz elektroklimatischer Fak-

toren außerordentlich kontroverse Auffassungen, die von extremer Befürwortung bis zur totalen Ablehnung reichen.

3 DAS BIOKLIMA DER STADT

Im Rahmen dieses Beitrages kann auf die angewandte Forschung nur exemplarisch eingegangen werden. Es liegt nahe, dafür die Bereiche von höchster Aktualität und Bedeutung auszuwählen: das Wohnumfeld und das Arbeitsmilieu, in denen der Mensch die längste Zeit verbringt und die zugleich gegenüber dem natürlichen Zustand am stärksten verändert sind. Die nachhaltigsten Veränderungen sind der Wärmeinseleffekt und die Luftverunreinigung. Die Frage ist oft gestellt worden, ob aus diesen Faktoren eine Übermortalität resultiert. BUECHLEY et al. (1972) haben die Antwort „heat island = death island" gegeben, was in der Verallgemeinerung gewiß eine Übertreibung ist. Die Aussage bezieht sich auf die Hitzewellen, die vor allem aus amerikanischen Großstädten wie z. B. St. Louis, New York oder Dallas immer wieder beschrieben werden und bei denen die anthropogene Verstärkung (bei Millionenstädten > 10 °C) von fataler Konsequenz ist.

In Abb. 4 ist die Übermortalität von 2 Hitzewellen in Los Angeles dargestellt. Bei der Hitzewelle von Anfang September 1955 wurden an 7 aufeinander folgenden Tagen maximale Lufttemperaturen zwischen 37,8 und 43,3 °C gemessen. Die Ozonkonzentrationen erreichten an einigen Tagen Spitzenwerte von mehr als 0,5 ppm, so daß man an einen Synergismus denken könnte. Allerdings

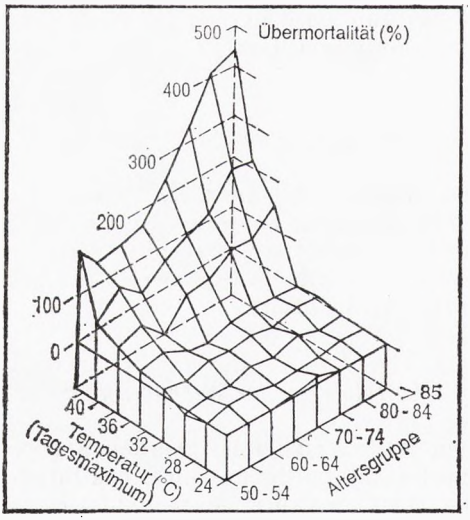

Abb. 4: Übermortalität in der Agglomeration von Los Angeles (Los Angeles und Orange County) während 7-tägiger Hitzewellen im September 1939 und 1955, differenziert nach Altersgruppen. Quelle: GOLDSMITH (1986, Fig. 3) nach OECHSLI & BUECHLEY (1970, Fig. 1) verändert.

ließen sich nur klare Beziehungen zu den Temperaturen nachweisen (vgl. GOLDSMITH 1986, S. 75), was in Abb. 4 eindrucksvoll zum Ausdruck kommt. Aus der Altersabhängigkeit der Übermortalität läßt sich wiederum die besondere Gefährdung der Risikogruppen ablesen. Die Überzahl an Toten, d. h. über der zu erwartenden Rate, betrug 1939 nicht weniger als 546, 1955 sogar 946 Personen. Natürlich kann der Hitzetod auch die Bewohner europäischer Städte treffen, speziell im Mediterrangebiet. Man denke an den Sommer 1988 in Athen. Letztlich gehören auch die bereits erörterten Befunde aus Berlin-Ost (vgl. Abb. 2b) in diesen Zusammenhang.

Übermortalität ist ebenso zu verzeichnen als Folge extremer Smogepisoden. In Abb. 5 findet man eine Auswertung der bekanntesten Ereignisse. Aus der zeitlichen Aufreihung ist zugleich der Abwärtstrend ersichtlich. Allerdings vollzieht er sich nicht geradlinig, sondern in Schleifen, was die Bedeutung der meteorologischen Austauschbedingungen unterstreicht. Eine *akute* Gefährdung bleibt also auch zukünftig bei weiterer Reduzierung der Staub- und SO_2-Emissionen bestehen.

Weitaus schwieriger ist es, über *chronische* Beeinträchtigungen durch Luftverunreinigungen zuverlässige Ergebnisse zu gewinnen. Einen Ansatz bietet die Analyse der räumlichen Verteilung von Mortalitätsdaten. Es fällt z. B. auf, daß in Berlin (West) nicht nur eine relativ schlechte Luftqualität herrscht, sondern

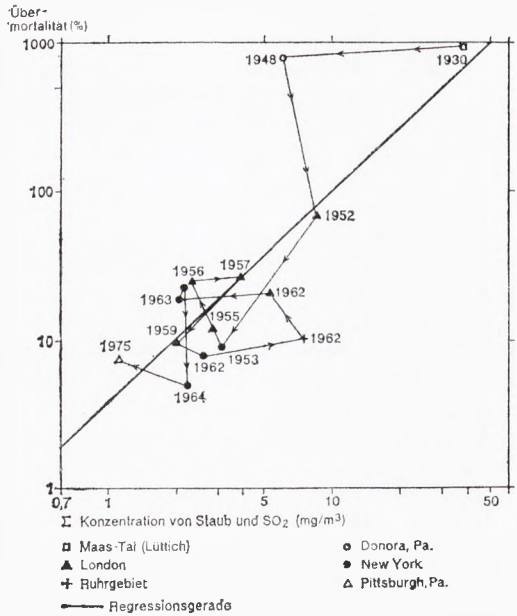

Abb. 5: Übermortalität bei extremen Smogepisoden. Die Erfolge von Luftreinhaltemaßnahmen (Reduzierung der lokalen Belastung) spiegeln sich im zeitlichen Abwärtstrend wider. Bei sehr ungünstigen meteorologischen Austauschbedingungen kann es trotzdem zu „Rückschlägen" kommen, wie aus den Schleifen der Trendkurve ersichtlich ist.

daß die Stadt auch sehr hohe Mortalitätsraten aufweist. Dabei werden sogar noch die Werte im Ruhrgebiet übertroffen, wobei selbstverständlich von altersstandardisierten Daten ausgegangen wird. In der Altersgruppe der 35—75-Jährigen ist in Berlin (West) gegenüber dem Bundesdurchschnitt eine Übermortalität von 27 % bei den Männern und 28 % bei den Frauen zu registrieren (vgl. KARRASCH 1985, Tab. 2). Allerdings besteht innerhalb Berlins eine erhebliche Differenzierung, wie Abb. 6 zu entnehmen ist. In der betreffenden Karte werden für die Berliner Bezirke Luftbelastung und Mortalität einander gegenübergestellt. Bei der Mortalität sind die 3 Todesursachengruppen berücksichtigt, bei denen ein vermeintlich auslösender oder verstärkender Einfluß von Luftverunreinigungen ausgehen könnte: 1) bösartige Neubildungen der Luftröhre, Bronchien und Lunge, 2) Krankheiten des Kreislaufsystems sowie 3) chronische Bronchitis, Emphysem und Asthma. Die Auswahl der Luftqualitätsparameter ist durch die Datenverfügbarkeit vorgegeben. Es wurden verwendet: 1) Staubniederschlagsmittel, 2) SO_2-Langzeitimmissionswert (arithmetisches Jahresmittel) sowie 3) SO_2-Kurzzeitimmissionswert (95-Perzentil). Die Bewertung erfolgt derart, daß eine Rangfolge der Bezirke für jedes Einzelmerkmal aufgestellt wird, und zwar angefangen mit dem niedrigsten Wert (Platzziffer 1) und endend mit dem Maximum (Platzziffer 12). Durch Addition der 3 zugehörigen Platzziffern von M und L erhält man die Bewertungsziffern, die direkt miteinander vergleichbar sind. Die Ausweisung von positiven Anomalien (relative Gunstgebiete) und negativen Anomalien (relative Ungunstgebiete) orientiert sich an dem Berliner Gesamtmittel, das auch für die Bevölkerungsdichte in der Kartenlegende ersichtlich ist.

Bemerkenswert sind die weitgehenden Übereinstimmungen von beiden Bewertungsziffern. Das gilt vor allem für die Bezirke, die sich durch Extreme auszeichnen: die dicht besiedelten Innenbezirke Wedding, Tiergarten, Kreuzberg und Schöneberg mit hoher Luftbelastung und Sterblichkeit einerseits und die dünner besiedelten Außenbezirke Zehlendorf, Steglitz, Tempelhof und Reinickendorf mit relativ geringer Luftbelastung und Sterblichkeit andrerseits. Es gibt nur 2 Ausreißer (Spandau, Charlottenburg), was bei der begrenzten Datenbasis überrascht. In manchen Bezirken wäre eine engere Korrelation zu erwarten, wenn man der heteorogenen Struktur durch eine weitere Aufgliederung Rechnung trüge. Das trifft z. B. für Neukölln zu, wo der Norden — das eigentliche Neukölln — noch zu den Innenbezirken gehört, während der Außenbezirkscharakter erst im Süden zur Geltung kommt.

Der präsentierte Ansatz, der an anderer Stelle (vgl. KARRASCH 1985) ausführlicher dokumentiert und diskutiert wird, vermag keine Wirkungsuntersuchungen am Menschen zu ersetzen, die etwa im Rahmen der Luftreinhaltepläne in Nordrhein-Westfalen durchgeführt worden sind und die dort signifikante Korrelationen mit der Luftbelastung ergeben haben (vgl. MAGS 1977, 1985). Auch bei solchen Untersuchungen gilt freilich, daß der Erwartungshorizont viel zu hoch angesetzt wird und strikte Beweise anvisiert werden, die mit Bezug auf den Menschen bei der Vielfältigkeit und Wechselhaftigkeit seiner natürlichen, sozialen und persönlichen Umwelt gar nicht zu erlangen sind. Ziel der Forschung muß es sein, Störvariable zu eliminieren rsp. ihren Einfluß zu gewichten. Einige Defizite seien abschließend angesprochen.

1. Die physiologische Relevanz der benutzten Bewertungsparameter muß gesichert sein. Bei einigen früher verwendeten Schwülemaßen gab es Diskrepan-

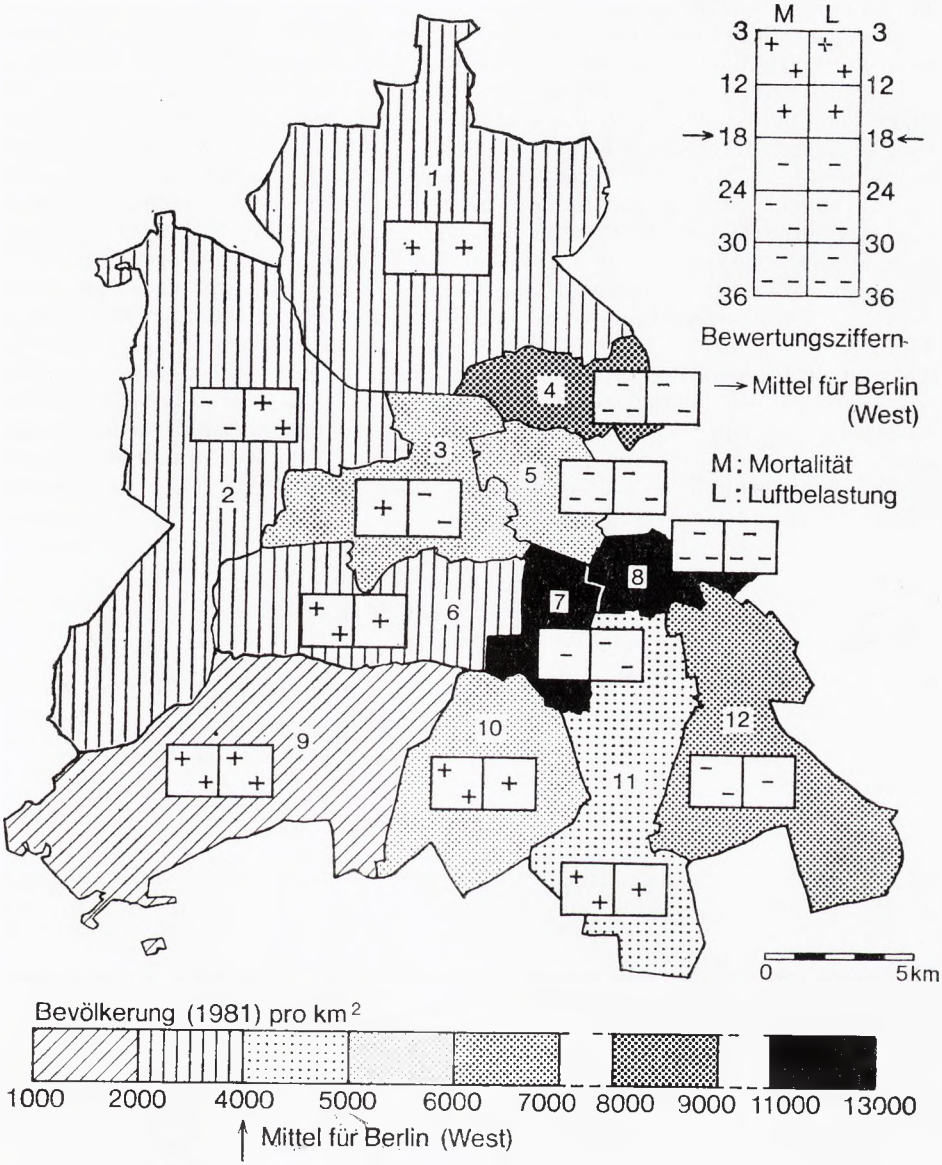

Abb. 6: Bevölkerungsdichte sowie relative Bewertung der Mortalität und der Luftbelastung in den Bezirken von Berlin (West) 1979—81. Die Bezirke sind durch Ziffern gekennzeichnet: 1 = Reinickendorf, 2 = Spandau, 3 = Charlottenburg, 4 = Wedding, 5 = Tiergarten, 6 = Wilmersdorf, 7 = Schöneberg, 8 = Kreuzberg, 9 = Zehlendorf, 10 = Steglitz, 11 = Tempelhof, 12 = Neukölln. Die negativ bewerteten Innenbezirke (Wedding, Tiergarten, Schöneberg, Kreuzberg) sind zugleich diejenigen Bezirke mit der größten Bevölkerungsdichte. Quelle: KARRASCH (1985, Abb. 12) verändert.

zen. So kam es vor, daß das Waldmilieu als bioklimatisch ungünstiger erschien als städtische Standorte (vgl. MAYER & GIETL 1976, Abb. 3 u. S. 330) oder aber keine deutliche Differenzierung zu erkennen war (vgl. in Abb. 7 die Darstellung der Äquivalenttemperatur). Diese Schwierigkeiten können als überwunden gelten, seitdem man sämtliche Komponenten des Wärmeaustausches mit der Umgebung berücksichtigt. Ein solches Maß ist z. B. die „Physiologisch Äquivalente Temperatur" (PET), die von HÖPPE (1986) benutzt wird und die in Abb. 7 für den Vergleich von 3 städtischen Standorten mit einem Fichtenhochwald an einem heißen Sommertag dient. Bei der Berechnung der PET wird das angetroffene Umgebungsklima in ein adäquates Raumklima transferiert. Die PET kann dann als Raumlufttemperatur interpretiert werden, was auch dem Laien eine sofortige Beurteilung der thermophysiologischen Belastung ermöglicht — etwa der 46 °C, die am 13. 8. 1985 in München erreicht wurden (vgl. Abb. 7). Vergleichbare Ergebnisse erhält man mit einem anderen Index, dem sog. „Predicted Mean Vote" (PMV), der von FANGER (1972) für Innenräume eingeführt worden ist und von JENDRITZKY et al. (1979) auf das Außenklima übertragen wurde. Mit beiden Verfahren ist ein nachhaltiger Fortschritt erzielt worden. Er besteht in der Abkehr von den „einfachen Komplexgrößen" (z. B. der Äquiva-

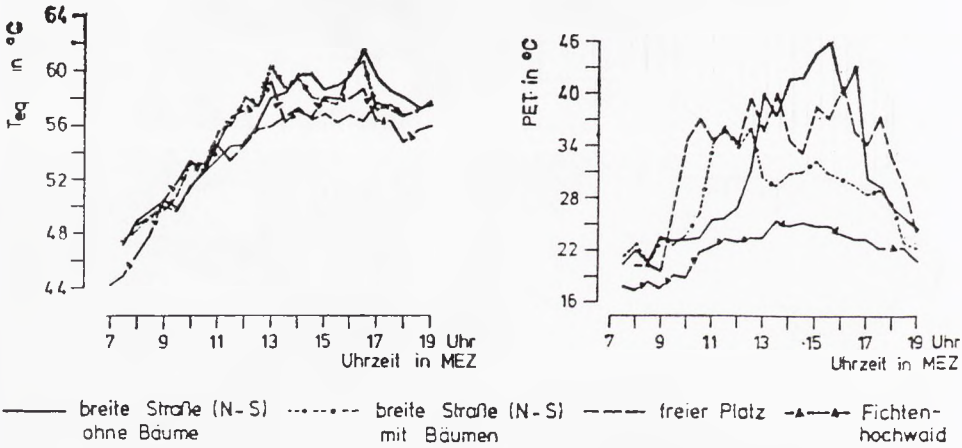

Abb. 7: Vergleich der thermischen „Behaglichkeit" an 3 ausgewählten städtischen Standorten in München sowie in einem Fichtenhochwald (Ebersberger Forst) während eines heißen Sommertages (13. August 1985). Linkes Diagramm: Bewertung durch die Äquivalenttemperatur Teq. Als belastend gilt Teq > 49 °C. Dieser Wert wird gegen 9 Uhr vormittags an allen Meßstellen überschritten. Eine deutliche Differenzierung der Standorte ist nicht erkennbar, was die Anwendung dieses Indexes stark einschränkt. Rechtes Diagramm: Bewertung durch die „Physiologisch Äquivalente Temperatur" (PET). Als Optimalwert gilt PET = 20 °C. Durch PET > 20 °C wird eine zunehmende Wärmebelastung, durch PET < 20 °C eine wachsende Kältebelastung angezeigt. Diese thermophysiologische Summengröße auf der Grundlage der menschlichen Energiebilanz bringt die unterschiedliche Belastung der verschiedenen Standorte deutlich zum Ausdruck und ist daher gut geeignet für eine Beurteilung urbaner Mikroklimate. Quelle: HÖPPE & MAYER (1987, Abb. 3 u. 7).

lenttemperatur) und in der vollständigen Berücksichtigung des Wärmehaushalts (vgl. JENDRITZKY 1988, S. 416).

Ein besonderes Problem stellen die luftchemischen Parameter dar, bei denen man auf die gemessenen Indikatorluftverunreinigungen angewiesen ist. Ihre Verwendung basiert auf der Annahme, daß sie mit den pathogenen oder kanzerogenen Schadstoffen — beispielsweise den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen — eng korreliert sind. Diese Prämisse wird aber zunehmend fragwürdiger, weil die Luftreinhaltemaßnahmen einseitig auf eine nachhaltige SO_2-Reduzierung angelegt sind und daraus keine generelle Absenkung abgeleitet werden darf.

2. Die ermittelten Bewertungsparameter müssen realitätsbezogen sein, d. h. Milieus kennzeichnen, in denen der Mensch sich auch tatsächlich aufhält. Um dieser Forderung zu entsprechen, ist eine mikroskalige Analytik notwendig, die einen enormen Meßaufwand nach sich zieht. Zur Problemlösung können numerische Modelle beitragen. Erste Forschungsansätze liegen bereits vor, z. B. MUKLIMO, das *m*ikroskalige *u*rbane *Kli*ma-*Mo*dell (vgl. SIEVERS & JENDRITZKY 1986). Schwierigkeiten bereitet auch hier die lufthygienische Beurteilung. Abgesehen von einer Verbesserung der bisher aus bioklimatischer Sicht unbefriedigenden Außenluftmessungen, kommt es verstärkt auf eine Erfassung der Immissionsbelastung in Innenräumen an.

3. Es genügt nicht, die bioklimatischen Wirkungskomplexe isoliert zu betrachten, sondern sie müssen in ihrer Zusammenschau und gegenseitigen Gewichtung beurteilbar sein.

4. Medizinische Vergleichsuntersuchungen von großen Bevölkerungsgruppen in Gebieten mit unterschiedlicher Belastung sind unentbehrlich. Einer wesentlichen Erweiterung bedürfen die Morbiditäts- und Mortalitätsstatistiken, insbesondere mit einer Aufschlüsselung von Informationen über das Lebens- und Arbeitsmilieu der erfaßten Personen. Die erhobenen Daten müssen für den Forscher zugänglich sein, und zwar in der feinstmöglichen räumlichen Auflösung. Falsch verstandener Datenschutz darf keine Barriere sein.

Die Humanbiometeorologie/-klimatologie befindet sich in einem verheißungsvollen Aufschwung; aber sie steht auch — wie angedeutet — noch vor großen Herausforderungen.

LITERATUR

1. BUECHLEY, R. W., VAN BRUGGEN, J., TRUPPI, L. E.: Heat Island = Death Island? In: Environmental Research, *5*, 1972, S. 85—92. — 2. BULLRICH, K.: Atmosphäre und Mensch. Frankfurt/M. 1981. — 3. DAMMAN, W.: Die Schwüle als Klimafaktor im Heidelberger Raum. In: PFEIFER, G.: GRAUL, H., OVERBECK, H. (Hrsg): Heidelberg und die Rhein-Neckar-Lande. Festschrift zum 34. Deutschen Geographentag. Heidelberg 1963, S. 177—192. — 4. FANGER, P. O.: Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York 1972. — 5. FAUST, V.: Biometeorologie. Der Einfluß von Wetter und Klima auf Gesunde und Kranke. Stuttgart 1976. — 6. FAUST, V. (Hrsg.): Wetter — Klima — menschliche Gesundheit. Stuttgart 1986. — 7. GOLDSMITH, J. R.: Three Los Angeles Heat Waves. In: GOLDSMITH, J. R. (Ed.): Environmental Epidemiology: Epidemiological Investigation of Community Environmental Health Problems. Boca Raton, Florida 1986, S. 73—81. — 8. HELLPACH, W.: Geopsyche. Leipzig 1917. — 9. HENTSCHEL, G. unter Mitarbeit von HAASE, C., KLINKER, L., TUROWSKI, E. & ZENKER, H.: Die maßgebenden Einflüsse der atmosphärischen Umwelt auf den

Menschen und ihre Nutzung für Kur und Erholung. In: Zeitschrift für Physiotherapie, *30*, 1978, S. 397—445. — 10. HÖPPE, P.: Die Energiebilanz des Menschen. Wissenschaftliche Mitteilungen, Meteorologisches Institut, Universität München 49, 1984.

11. HÖPPE, P.: Die thermische Komponente des Stadtklimas. In: Wissenschaftliche Mitteilungen, Meteorologisches Institut, Universität München, *53*, 1986, S. 94—108. — 12. HÖPPE, P. & MAYER, H.. Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. In: Landschaft + Stadt, *19*, 1987, S. 22—30. — 13. HUMBOLDT, A. VON: Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Bd. 1, Stuttgart 1844. — 14. JENDRITZKY, G., SÖNNING, W., SWANTES, H. J.: Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung ("Klima-Michel-Modell"). Beiträge Akademie für Raumforschung und Landesplanung, *28*, 1979. — 15. JENDRITZKY, G.: Bioklima. In: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft: Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin-Heidelberg 1988, S. 411—426. — 16. JOKL, M. V.: Theory of the Physical Environment: An Introduction. In: Environmental Management, *5*, 1981, S. 295—299. — 17. KARRASCH, H.: Luftqualität und Mortalität in Berlin (West). In: HOFMEISTER, B. et al. (Hrsg.): Berlin — Beiträge zur Geographie eines Großstadtraumes. Festschrift zum 45. Deutschen Geographentag in Berlin. Berlin 1985, S. 169—197. — 18. KARRASCH. H.: Wetter und Mensch: Übermortalität in Städten. In: Praxis Geographie, *19*, 6: 1989, S. 36—39. — 19. MAGS (Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen): Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West 1978—1982. Düsseldorf 1977. — 20. MAGS (= Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen): Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West. 1. Fortschreibung 1984—1988. Düsseldorf 1985.

21. MAYER, H. & GIETL, G.: Bioklimatische Unterschiede zwischen einer Stadt- und einer Waldatmosphäre. In: International Journal of Biometeorology, *20*, 1976, S. 325—332. — 22. OECHSLI, F. W. & BUECHLEY, R. W.: Excess Mortality Associated with Three Los Angeles September Hot Spells. In: Environmental Research, *3*, 1970, S. 277—284. — 23. SIEVERS, U. & JENDRITZKY, G.: Numerical Simulation of Heat Exchange Conditions of Man in Urban Canopy Layers. In: Freiburger Geographische Hefte 26 (= International Symposium on Urban and Local Climatology), 1986, S. 30—41. — 24. WILMERS, F.: Ansprüche des Menschen an seine Klima-Umwelt. In: Landschaft + Stadt, *17*, 1985, S. 30—42.

Хейнц Карраш

ПОГОДА И КЛИМАТ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И СМЕРТНОСТЬ

В биоклиматологии человека подтвердилось учитывание т. наз. комплекса влияний в качестве предпочтительного исследовательского подхода, хотя большинство исследований занимается лишь комплексом термических влияний или же влияний химизма атмосферы. Оба эти комплексы влияний обостряются в городском климате. При высоких температурах атмосферного воздуха и смоговых обстановках существует острая опасность для здоровья и жизни. Сверхсмертность касается, прежде всего, возрастной группы 65 лет и старше, относящейся наряду с заболевшими людьми к группам, подверженным опасности (в силу понижения адаптационной способности). Что касается смоговых обстановок, за последние два десятилетия наблюдается их понижающая тенденция, рассматривающаяся как успешный результат проведенных мероприятий в целях сохранения чистого атмосферного воздуха в городских агломерациях.

Однако, намного труднее и с достаточной уверенностью доказываются хронические повреждения здоровья, что зависит от разнообразности природной и со-

циальной среды человека, а также от его личного жизненного стиля. В этой статье мы обращаем внимание на некоторый прогресс, но также на проигрыш в исследованиях. В качестве решающего исследовательского прогресса можно отметить то, что в настоящее время при обозначении комплекса термических влияний применяется мера „неудобства", включающая в себя все компоненты температурного режима человеческого тела в процессе обмена со средой. Значительные проблемы возникают при химических параметрах воздуха, когда мы зависим от измерения индикатора загрязнения (например, двуокиси серы). Предположение, что они тесно связаны с патогенными и канцерогенными вредными веществами в атмосферном воздухе, является все волше спорным в связи с односторонне определяемыми мероприятиями по содержанию чистоты атмосферного воздуха. Не меньшей проблемой является недостаточная биоклиматическая (с точки зрения человека) репрезентативность сравнительно небольшой численности измерительных станций. Существенного расширения требуют также статистические данные о заболеваемости и смертности, особенно что касается наличия данных о жилой и рабочей среде учитываемых лиц.

Рис. 1. Задачи биометеорологии и климатологии человека.

Рис. 2. Годовой ход избранных причин смертности в Берлине (ГДР) в 1958—1967 гг. а — сводные данные, б — для дней с максимальными температурами; смертность в диаграмме приводится; а — как процентное отклонение от среднемесячных данных, б — как процентное отклонение от ежемесячно предполагаемых данных.
Источник: Г. Хентшель и др. (1978, рис. 1, 2, 10, 11).

Рис. 3. Диаграмма изолиний духоты в Маннгейме для периода с 1 июля по 16 августа 1969 г. В качестве границы духоты принимается точка росы 16 °C. Можно наблюдать, что события связанные с духотой приурочены к определенным глобальным атмосферным обстановкам. Дело касается, главным образом, глобальных погодных обстановок меридиональных форм циркуляции, отличающихся вторжением более теплого и влажного тропического воздуха. Начало максимума духоты в течение дня зависит от расслоения приземного атмосферного воздуха.

Рис. 4. Сверхсмертность в агломерации Лос Анжелос (Лос Анжелос и Оранджа Каунты) в течение семидневно продолжающейся жары в сентябре 1939 и 1955 гг., подразделенная по возрастным группам.
Источник: Й. Р. Голдсмит (1986, рис. 3), далее Ф. В. Эшли и Р. В. Бюшли (1970, рис. 1), изменено.

Рис. 5. Сверхсмертность при экстремальных смоговых обстановках. Успехи мероприятий по сохранению чистоты воздуха (редукция местной загрузки) отражаются в тенденции понижения во зремени. При очень неблагоприятных метеорологических условиях обмена, однако, может иметь место „свертывание", как это можно наблюдать на ходе кривой тенденции.

Рис. 6. Плотность населения и относительные значения смертности и загрузки воздуха в городских районах Западного Берлина в 1979—1981 гг. Районы обозначены цифрами: *1* — Рейниккендорф, *2* — Шпандау, *3* — Шарлоттенбург, *4* — Веггинг, *5* — Тиргартен, *6* — Вильмерсдорф, *7* — Шёнеберг, *8* — Кройцберг, *9* — Целендорф, *10* — Штеглиц, *11* — Темпельхоф, *12* — Нейкёльн. В негативно оцениваемых внутренних городских районах (Веддинг, Тиргартен, Шёнеберг, Кройцберг) наблюдается, одновременно, максимальная плотность населения. Источник: Х. Карраш (1985, рис. 12), изменено.

Рис. 7. Сравнение термического „удобства", отмеченного на трех избранных городских наблюдательных пунктах в Мюнхене, а также во взрослом еловом лесу (Эберсбергер Форст) в течение жаркого летнего дня (13 августа 1985 г.). Левая диаграмма: оценка с помощью эквивалентной температуры Teq.

В качестве загрузки отмечается Teq > 49 °C. Эта величина превышается около 9 часов утра на всех измерительных пунктах. Явная дифференциация измерительных пунктов не наблюдается, что сильно ограничивает применение этого индекса. Правая диаграмма: оценка с помощью „физиологически эквивалентной температуры" (PET). В качестве оптимального значения принято PET = 20 °C. PET > 20 °C означает повышающуюся температурную загрузку, PET < 20 °C означает повышение загрузки холодом. Данная термофизиологическая величина сумм, основанная на человеческом энергетическом балансе, отчетливо показывает разную загрузку разных измерительных пунктов и, поэтому, является очень подходящей для оценивания урбанного микроклимата. Источник: П. Хэппе и Х. Майер (1987, рис. 3 и 7).

Перевод: Л. Правдова

Heinz Karrasch

POČASIE A KLÍMA, ICH VPLYV NA CHOROBNOSŤ A SMRŤ

V humánnej bioklimatológii sa potvrdilo uplatňovanie tzv. komplexu vplyvov ako uprednostňovanie výskumného prístupu, hoci väčšina štúdií sa zaoberá len komplexom termických vplyvov alebo vplyvov chemizmu ovzdušia. Obidva komplexy vplyvov sa zostrujú v mestskej klíme. Pri vysokých teplotách ovzdušia a smogových situáciách sa vyskytuje akútne ohrozenie zdravia a života. Nadúmrtnosť sa týka predovšetkým vekovej skupiny nad 65 rokov, ktorá popri chorých ľuďoch patrí k rizikovým skupinám, ktoré sú na základe zmenšenej adaptačnej schopnosti silnejšie ohrozené. V posledných dvoch desaťročiach pozorujeme ustupujúci trend smogových situácií, čo možno hodnotiť ako úspech uskutočnených opatrení na udržanie čistoty ovzdušia v aglomeráciách.

Omnoho ťažšie je však s dostatočnou istotou dokázať chronické poškodenia, čo súvisí s rozmanitosťou prírodného a sociálneho prostredia človeka, ako aj s jeho osobným životným štýlom. V tomto príspevku upozorňujeme na niektoré pokroky, ale aj prehry vo výskume. Za rozhodujúci výskumný pokrok možno považovať, že dnes sa v označovaní komplexu termických vplyvov používa miera „nepohodlia", ktorá zohľadňuje všetky komponenty teplotného režimu ľudského tela vo výmene s prostredím. Problém vzniká pri chemických parametroch ovzdušia, pri ktorých sme odkázaní na zmeraný indikátor znečistenia ovzdušia (napr. SO_2). Domnienka, že tieto parametre korelujú s patogénnymi a karcerogénnymi škodlivými látkami v ovzduší sa preukazuje ako stále viac otázna vzhľadom na jednostranne stanovené opatrenia na udržanie čistoty ovzdušia. Nie nepatrnejším problémom je tiež nedostatočná humánnobioklimatická reprezentatívnosť porovnateľne malého počtu meracích staníc. Podstatnejšie rozšírenie by si vyžadovali aj štatistiky o morbidite a mortalite, ktoré by obsahovali predovšetkým informácie o obytnom a pracovnom prostredí uvažovaných osôb.

Obr. 1. Úlohy humánnej biometeorológie a klimatológie.

Obr. 2. Ročný chod mortality vybraných príčin úmrtia v Berlíne (NDR) 1958—1967. *a* — celkový údaj, *b* — pre dni s maximálnymi teplotami, mortalita je v diagrame uvedená a) ako percentuálna odchýlka od mesačného priemeru, b) ako percentuálna odchýlka od mesačnej očakávanej hodnoty. Podľa: G. Hentschel et al. (1978, obr. 1, 2, 10, 11).

Obr. 3. Diagram izoplet dusnosti v Mannheime pre obdobie 1. júl — 16. august 1969. Za hranicu dusnosti sa považuje rosný bod 16 °C. Možno pozorovať, že udalosti spojené s dusnosťou sa viažu na určité globálne poveternostné situácie. Ide

väčšinou o globálne poveternostné situácie meridionálnych cirkulačných foriem, ktoré sa vyznačujú prenikaním teplejšieho a vlhkejšieho tropického vzduchu. Nástup maxima dusnosti v priebehu dňa závisí od zvrstvenia prízemného ovzdušia.

Obr. 4. Nadúmrtnosť v aglomerácii Los Angeles (Los Angeles a Orange County) počas 7-dňovej vlny horúčav v septembri 1939 a 1955, diferencovaná podľa vekových skupín. Podľa: J. R. Goldsmith (1986, obr. 3) a F. W. Oechsli a R. W. Buechley (1970, obr. 1), pozmenené.

Obr. 5. Nadúmrtnosť pri extrémnych smogových situáciách. Úspechy opatrení na udržanie čistoty ovzdušia (redukcia lokálneho zaťaženia) sa odzrkadľujú v časovom trende zmenšovania. Pri veľmi nepriaznivých meteorologických podmienkach výmeny môže napriek tomu dôjsť k „zvratom", ako možno pozorovať na priebehu krivky trendu.

Obr. 6. Hustota obyvateľstva, ako aj relatívna hodnota mortality a zaťaženia ovzdušia v okresoch Západného Berlína v rokoch 1979—1981. Okresy sú označené číslami: *1* — Reinickendorf, *2* — Spandau, *3* — Charlottenburg, *4* — Wedding, *5* — Tiergarten, *6* — Wilmersdorf, *7* — Schöneberg, *8* — Kreuzberg, *9* — Zehlendorf, *10* — Steglitz, *11* — Tempelhof, *12* — Neukölln. Negatívne hodnotené vnútorné okresy (Wedding, Tiergarten, Schöneberg, Kreuzberg) majú zároveň najväčšiu hustotu obyvateľstva. Podľa: H. Karrasch (1985, obr. 12), pozmenené.

Obr. 7. Porovnanie termického „pohodlia" na 3 vybraných mestských stanovištiach v Mníchove, ako aj v dospelom smrekovom lese (Ebersberger Forst) počas horúceho letného dňa (13 .august 1985). Ľavý diagram: hodnotenie pomocou ekvivalentnej teploty Teq. Ako zaťažujúce platí Teq > 49 °C. Táto hodnota sa prekračuje okolo 9 hod. ráno na všetkých meracích stanovištiach. Zreteľná diferenciácia stanovíšť je nerozoznateľná, čo silne ohraničuje použitie tohto indexu. Prvý diagram: hodnotenie pomocou „fyziologicky ekvivalentnej teploty" (PET). Ako optimálna hodnota platí PET = 20 °C. PET > 20 °C poukazuje na stúpajúce teplotné zaťaženie, PET < 20 °C na rastúce chladové zaťaženie. Táto termofyziologická veličina súm na základe ľudskej energetickej bilancie zreteľne ukazuje rozdielne zaťaženie rôznych stanovíšť, a je preto veľmi vhodná na posudzovanie urbánnej mikroklímy. Podľa: P. Höppe a H. Mayer (1987, obr. 3 a 7).