

## DAS STADTKLIMA, seine Stellung in der Klimatologie und Beiträge zu einer witterungsklimatologischen Betrachtungsweise

Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

WOLFGANG ERIKSEN

*Summary: The urban climate, its place within climatology and contributions towards a weather-climatological approach.*

After an investigation of the ways in which the concept "urban climate" has been defined the paper points out the necessity of applying in agreement with the modern concept of climate the weather-climatological point of view also in respect of local climatical, in this case, urban climatical phenomena. By arranging the climatological data according to differing weather periods, precisely identifiable by co-ordinating them with major weather conditions, the climatic means of a local order may be analysed more precisely and results of urban climatical research gained so far enriched. The method allows, according to the complexity of the weather, the elucidation of the interrelationship of different climatic elements. Diagrams are able to illustrate both the role played by single elements on the formation of an urban climate and by the terrain on the spatial distribution of the climatic elements in different weather conditions; furthermore they can visualise the reflexion of these influences in phenological respects.

### A. Zur Problematik der räumlichen und begrifflichen Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen

Untersuchungen zur Landschaftsökologie (u. a. TROLL 1950; PAFFEN 1953) haben den Blick des Geographen in verstärktem Maße auf ein Problem gelenkt, das in der Klimatologie seit langem Gegenstand der Erörterung ist<sup>1)</sup>, das jedoch trotz aller Bemühungen bis auf den heutigen Tag keine Lösung gefunden hat (KNOCH 1963, p. 59). Ich meine die umstrittene Frage nach der Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen in räumlicher und begrifflicher Hinsicht, also etwa nach der Unterscheidung von Kleinklima, Lokalklima, Regionalklima und deren Bereichen.

Es wird allgemein anerkannt, daß die jeweilige Größenordnung und dingliche Erfüllung eines zu untersuchenden Raumes charakteristische und zur treffenden Beurteilung des Zusammenklangs aller Geofaktoren bedeutsame Abwandlungen jener klimatischen Verhältnisse bedingen, die mit Hilfe des weitmaschigen meteorologischen Beobachtungsnetzes ermittelt werden. Weiterhin ist man — mit wenigen Ausnahmen<sup>2)</sup> — einer Meinung, daß es eine dreifach abgestufte Hierarchie der Klimaeinteilungen gibt, die sich an eine größenmäßige Gliederung der zu betrachtenden Räume anlehnt. So wird allgemein das Klima einer Raumeinheit

mittlerer Größenordnung, dessen Untersuchung schon „seit langem als Bedürfnis empfunden“ wurde (GEIGER 1961, p. 477), zwischen dem Klima des großen und des kleinsten Raumes eingestuft.

Die Übereinstimmung in den Auffassungen endet in der Regel in dem Punkt, wo es darum geht, diese Klimate in ihrer Abstufung (SCHMITHÜSEN 1953, p. 1) zu benennen und die von ihnen erfüllten Räume in ihrer horizontalen wie vertikalen Erstreckung zu begrenzen. Die Schwierigkeiten für eine Übereinkunft lassen sich auf folgende Gründe zurückführen: Eine allgemein anerkannte, in Lehrbüchern festgelegte Nomenklatur gibt es trotz aller bisherigen Klärungsversuche (Lit. vgl. Anm. 1) noch nicht und wird es nach Auffassung von KNOCH (1963, p. 59) „nur durch weiteres Eindringen in die Probleme“ geben. Die dadurch hervorgerufene Unsicherheit und gelegentliche Verwirrung (WEISCHET 1956, p. 110) führte dazu, daß je nach Forschungsrichtung (Geographie, Agrarmeteorologie, Bioklimatologie, Botanik u. a.) und mit wechselndem Betrachtungsgegenstand jeweils eine besondere Nomenklatur benutzt wurde. Man übernahm teils vorhandene Begriffe, die nicht selten inhaltlich etwas Neues erfassen sollten, so daß es zu Mißverständnissen kommen mußte. Treffendstes Beispiel hierfür ist die von KOCH (1956) scharf zurückgewiesene Verwendung des Begriffes „Geländeklima“ bei WEISCHET (1955) zur Kennzeichnung der einzel- und kleinlandschaftlichen Klimadifferenzierung<sup>3)</sup>. Begriffe wurden synonym verwendet, die nach üblichem Gebrauch nicht gleichzusetzen sind (z. B. Mikroklima — Lokalklima, Makroklima — Regionalklima, Mesoklima — Kleinraumklima — Menschenklima). Endlich sah man sich genötigt, mangels treffenderer Ausdrücke neue Begriffe zu prägen. Selbst WEISCHET (1955 u. 1956) kann nicht umhin, eine neue Bezeichnung einzuführen („Subregionalklima“), obwohl nach eigenen Worten eine Bereinigung der Begriffe „ohne eine Vermehrung der vielen schon vorhandenen Wortprägungen mit Hilfe bereits gebrauchter Termini“ versucht werden soll (1956, p. 111).

In Tab. 1 (S. 258) ist aus umfangreicher Literatur eine Reihe wiederholt gebrauchter Begriffe zusammengestellt und nach ihrer Anwendung in ausgewählten Arbeiten in die oben erwähnte dreifache Stufengliederung klimatologischer Betrachtungsweise eingeordnet: I: Klima eines großen Raumes, II: Klima eines mittleren Raumes, III: Klima eines kleinen Raumes. Zu berücksichtigen ist dabei, daß etwa DROSDOW (1956) nur eine Zweigliederung in Makro- und Mikroklima befürwortet, daß WEISCHET (1955) nach fälschlicher Gleichsetzung von Makro- und Regionalklima

<sup>1)</sup> Vgl. GEIGER 1929, GEIGER u. SCHMIDT 1934, SCAETTA 1935, WEISCHET 1955 u. 1956 und BÖER 1959.

<sup>2)</sup> Z. B. ALISSOW, DROSDOW, RUBINSTEIN 1956, WEISCHET 1955 und 1956.

<sup>3)</sup> WEISCHET selbst verzichtet später (1956, p. 119) auf den Begriff, um Meinungsverschiedenheiten und Mißverständnisse zu vermeiden.

Tab. 1: Begriffliche Differenzierungen in der dreifachen Stufengliederung klimatologischer Betrachtungsweise  
(nach ausgewählten Autoren)

I	II	III
Makroklima (GEIGER 1929, WEISCHET 1955)	Mesoklima (SCAETTA 1935, PAFFEN 1953)	Mikroklima (GEIGER 1961)
Großklima (PAFFEN 1953, GEIGER 1950)	Lokalklima (TROLL 1950, BÖER 1959)	Lokalklima (GEIGER 1950)
Großraumklima (KRATZER 1956)	Geländeklima (KNOCH 1949, TROLL 1950)	Sonderklima (GEIGER 1950)
Landschaftsklima (TROLL 1950)	Topoklima (THORNTHWAITE 1953)	Ortsklima (GEIGER 1950)
Menschenklima (GEIGER 1961)	Topographisches Klima (TROLL 1950)	Kleinklima (GEIGER 1950)
Regionalklima (WEISCHET 1955)	Ortsklima (zit. b. WEISCHET 1955)	Kleinstklima (TROLL 1950)
Weltklima (KNOCH 1942)	Sonderklima (zit. bei WEISCHET 1955)	Klima d. bodennahen Luftschicht (GEIGER 1927)
	Kleinklima (GEIGER 1934)	Piccoloklima (zit. b. WEISCHET 1955)
	Kleinlandschaftsklima (PAFFEN 1953)	Miniatürklima (zit. b. WEISCHET 1955)
	Landschaftsklima (GEIGER 1929, FLOHN 1957)	Pflanzenklima (GEIGER 1950)
	Regionalklima (FLOHN 1957)	Standortsklima (GEIGER 1961)
	Heimatklima (KNOCH 1942)	Bestandsklima (PAFFEN 1953)
	Ökoklima (PAFFEN 1953)	Ökoklima (GEIGER 1961)
	Zwischenklima (KRATZER 1956)	Stammraumklima u. ä. (GEIGER 1961, TROLL 1950)
	Kleinraumklima (KRATZER 1956)	
	Menschenklima (KRATZER 1956)	

(vgl. FLOHN 1957, p. 173) eine Sonderstufe zwischen der I. und II. Stufe einfügt (Gelände- oder Subregionalklima) und daß TROLL (1950, p. 172/3) etwa das Mikroklima eines Ökotoptops noch weiter aufgegliedert in ein Kronenraumklima, Stammraumklima und bodennahes Klima<sup>4)</sup>.

Natürlich hat man die Begriffe einer einzelnen Stufe nicht als vollkommen synonyme Wortprägungen aufzufassen. Wirklich synonym sind lediglich Ausdrücke wie Makro- und Großklima, Meso- und Zwischenklima, Orts- und Lokalklima. Die anderen Begriffe sind nur auf Grund der relativen Vergleichbarkeit der zugeordneten Raumeinheiten der gleichen Stufe zugewiesen.

Man muß sich die oben aufgezählten Gründe vor Augen halten, um die Vielfalt der Nomenklatur, die Zuordnung einzelner Begriffe zu unterschiedlichen Stufen (z. B. Menschenklima, Kleinklima, Lokalklima, Landschaftsklima, Regionalklima) und die besondere Art der Wortprägungen zu verstehen. Eine Klärung oder Bereinigung der Nomenklatur, die auch auf Grund dieser Zusammenstellung erforderlich zu sein scheint, der jedoch eine eigene Untersuchung gewidmet sein müßte, kann nur dann Erfolg haben, wenn man sich über das Prinzip der jeweiligen Wortbildung (Übersetzung, Kennzeichnung der Größe des untersuchten Raumes, Benennung des zu betrachtenden Raumes oder Objektes) sowie über das Verhältnis der Begriffe zueinander (Synonyme, Unterordnung — Überordnung) jeweils volle Klarheit verschafft. Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß dem Verfasser eine stärkere Benutzung „konkreter“, d. h. den Raum klar kennzeichnender Begriffe wie Uferklima, Hanglagenklima, Furchenklima, Waldklima u. v. a. (vgl. GEIGER 1961) statt der in der Tabelle aufgezählten „allgemeinen“ Begriffe, von denen viele ganz aufgegeben werden sollten, ein möglicher Weg zur Überwindung der begrifflichen Schwierigkeiten zu sein scheint.

Solange eine allgemein anerkannte Klärung nicht erfolgt ist, sollte in klimatologischen Untersuchungen zur Vermeidung von Mißverständnissen auf eine kurze Erörterung dieser Probleme nicht verzichtet werden.

<sup>4)</sup> Vgl. dazu die Kritik von PAFFEN (1953, p. 75).

## B. Zur Stellung des Stadtklimas in der Klimatologie

Im Rahmen einer Untersuchung des Stadtklimas von Kiel (ERIKSEN 1964) wurde entsprechend der oben aufgestellten Forderung einleitend die Frage nach der Einordnung des Stadtklimas in das Gesamtgebäude der Klimatologie erörtert, da es sich bei der Durchsicht der vorhandenen Literatur ergab, daß der Begriff sehr unterschiedlich gebraucht wird.

Es findet im Schrifttum allgemeine Anerkennung, daß das Stadtklima, auch Polisklima genannt<sup>5)</sup>, als das Klima eines relativ beschränkten Raumes zwar in das Makro- oder Großklima eingebettet ist, aber nicht als solches bezeichnet werden kann. Die Weitmaschigkeit des meteorologischen Stationsnetzes, das die Daten für das Makroklima einer Landschaft liefert, verhindert es, die durch die Stadtlandschaft hervorgerufenen Abwandlungen der großräumigen klimatischen Verhältnisse zu erfassen, selbst wenn bei einer bestimmten Größe der Stadt zwei oder mehr Stationen aufgebaut sind.

Folgen wir DROSDOW (1956, p. 219), so müßten wir das Stadtklima dem Mikroklima zuweisen, weil er unter „Mikroklima“ alle lokalen Besonderheiten des Klimas zusammenfaßt, „die durch die ungleichartige Struktur der Unterlage überhaupt verursacht werden“<sup>6)</sup>. Eine Verwendung von Begriffen, die eine Mittelstellung einnehmen würden (z. B. Lokal- oder Mesoklima), lehnt er ab, da es an der Möglichkeit einer klaren Scheidung zwischen den Größenordnungen fehle<sup>7)</sup>. Nun hat sich jedoch — vor allem durch Arbeiten von GEIGER — die Anwendung des Begriffs Mikroklima für das Klima der bodennahen Luftschicht, d. h. der Luftschicht unterhalb der Höhe von rund 2 Metern<sup>8)</sup>, international durchgesetzt, so daß an ihr unbedingt festge-

<sup>5)</sup> GEIGER 1961. SCHERHAG (1960, p. 110) spricht von „Großstadtklima“.

<sup>6)</sup> Auch bei GEIGER 1961 wird das Stadtklima im Kapitel „Die Beziehung von Mensch und Tier zum Mikroklima“ behandelt.

<sup>7)</sup> Vgl. dazu die kritischen Bemerkungen von BÖER (1959), der den Gebrauch des Begriffes „Lokalklima“ verteidigt.

<sup>8)</sup> Vgl. PAFFEN 1953, p. 74; SCHERHAG 1960, p. 15; GEIGER 1961, p. 1.

halten werden sollte. Begriffe, die das Klima kleinerer und kleinster Räume kennzeichnen, sollten diese Sonderstellung durch die jeweilige Wortprägung zum Ausdruck bringen (z. B. „Kronenraumklima“ oder „Furchenklima“).

KRATZER, dessen großes Verdienst es ist, das in den letzten Jahren stark ausgeweitete Schrifttum zum Stadtklima zusammengefaßt und die gewonnenen Erkenntnisse übersichtlich dargestellt zu haben, benutzt den Begriff auch im Sinne GEIGERS, zieht jedoch einen falschen Schluß, wenn er sagt, daß man das Stadtklima nicht dem Mikroklima zuweisen könne, da seine Klimawerte aus der für das Großklima maßgeblichen Wetterhütte stammten (1956, p. 1 f.). Für ihn ist das Stadtklima ein nicht näher definiertes „typisches Mesoklima“ oder „Menschenklima<sup>9)</sup> innerhalb eines begrenzten Raumes“, das lediglich Beziehungen zum Makro- und Mikroklima aufweist. Aus der Arbeit KRATZERS geht jedoch hervor, daß die Meßwerte, auf die sich die Stadtklimaforschung stützt, keineswegs allein aus der Wetterhütte stammen, sondern unter Einbeziehung der bodennahen Luftschicht als dem eigentlichen Lebensraum des Menschen durch die verschiedensten Arbeitsmethoden mikroklimatischer Forschung gewonnen werden. Man sollte deshalb unter Stadtklima ein Mesoklima (= Lokalklima<sup>10)</sup> verstehen, das die unter dem Einfluß der örtlichen Besonderheiten der vor allem von städtischer Bebauung geformten Erdoberfläche stehende lokale Ausprägung des Klimas unter- und oberhalb einer Höhe der Luftschicht von 2 Metern darstellt. Damit geht der Begriff des Mikroklimas im Sinne GEIGERS in den Begriff „Stadtklima“ ein, und GEIGER (1961, p. 512) kann u. E. mit Recht von einer „Untersuchung des Mikroklimas der großen Städte“ sprechen.

Das Schema (Abb. 1) veranschaulicht die innige Verzahnung der verschiedenen Klimabereiche im Stadtgebiet, die, wie BÖER (1959, p. 9) in einer der letzten Arbeiten zur Frage der Differenzierung

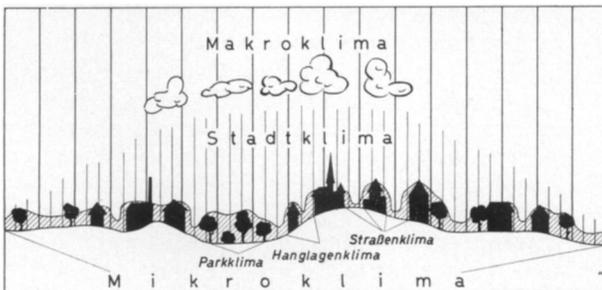


Abb. 1: Schema der Verzahnung von Makro-, Stadt- und Mikroklima im Stadtgebiet.

<sup>9)</sup> GEIGER (1961) setzt das „Menschenklima“ dem „Makroklima“ gleich, ein Gegensatz, an dem die Schwierigkeiten bei der Verwendung wenig präziser Ausdrücke deutlich werden.

<sup>10)</sup> Beide Begriffe sind als gleichwertige, allgemeine und übergeordnete Begriffe aufzufassen.

klimatischer Bereiche richtig betont, im Einzelfalle mit zeitlich und räumlich wechselnden Grenzen ineinander übergehen und wechselseitige Wirkungen aufeinander ausüben.

Stadtklima und Mikroklima sind beide in das Makroklima eingebettet, dessen Einfluß stets in mehr oder weniger abgeschwächter Form bis auf die Erdoberfläche hinabreicht. Der mikroklimatische Bereich (unterhalb 2 m) zeichnet die Konturen des Untergrundes kontinuierlich nach und läßt sich in bestimmten Ausschnitten der Stadtlandschaft etwa als „Straßen-“, „Hanglagen-“ oder „Parkklima“ genauer ermitteln, da hier jeweils besondere Austauschvorgänge und Strahlungsverhältnisse herrschen. Indem die Stadtklimatologen sich im wesentlichen der Methoden der Geländeklimaforschung bedienen (GEIGER 1961, p. 477 f.; KNOCH 1963) und Messungen sowohl im makro- wie im mikroklimatischen Bereich durchführen, stoßen sie regelmäßig auf die auffällige Tatsache, daß die Stadt — unabhängig von ihrer Größe — in beiden Bereichen den gleichen klimamodifizierenden Effekt ausübt, der das Stadtklima als völlig eigenständig gegenüber Makro- und Mikroklima hervortreten läßt.

Da der Effekt ohne stärkere Einwirkung des „Geländes“ im Sinne GEIGERS (1950, p. 198 ff.) oder SCHMITHÜSENS (1953, p. 15; 17) zu beobachten ist, fällt es schwer, das Stadtklima mit dem „Geländeklima“ bei KNOCH (1949) oder GEIGER (1961, p. 477) zu parallelisieren. Allenfalls gelingt dies, wenn man von einem besonderen „Stadtgelände“, den von städtischer Bebauung geprägten Oberflächenformen, spricht. Auch eine Gleichsetzung mit dem Begriff „Lokalklima“ bei TROLL (1950, p. 174) und WEISCHET (1955, p. 9), die bemüht sind, die Klimabereiche mit der Landschaftsgliederung in Verbindung zu bringen und eine Begriffsverknüpfung zwischen der methodischen Kennzeichnung der klimatologischen Arbeitsweise und der Raumdimension, auf die diese Arbeitsweise anzuwenden ist, herzustellen (vgl. WEISCHET 1956, p. 112), ist kaum möglich.

Die Stadt, die über zahlreiche Kleinstformen bis zur Millionenstadt die verschiedensten Größenklassen durchläuft, fügt sich nicht in eine naturräumliche Gliederung ein, obwohl sie sich in horizontaler Erstreckung im Naturraum ausdehnt. Als kulturgeographische Erscheinung ist sie — bedingt durch den künstlich gestalteten Untergrund — mit einem durchaus individuellen „Kulturklima“ ausgestattet, das am treffendsten nur als „Stadtklima“ bezeichnet werden kann. Lediglich die räumliche Ausdehnung in vertikaler und horizontaler Richtung läßt es zu, vom Stadtklima als einer Sonderform des Meso- oder Lokalklimas zu sprechen, da es sich wie dieses größenordnungsmäßig zwischen Makro- und Mikroklima einfügt und mit ihnen in ständiger Wechselwirkung steht, ohne daß sich klare Grenzen der jeweiligen Klimabereiche festlegen ließen. In vertikaler Richtung übt die Stadt durch turbulente Mischungsvorgänge in der Grundsicht einen um so stärkeren Einfluß auf

das Makroklima aus, je ausgedehnter ihre horizontale Erstreckung ist. So wird etwa durch den Wärme- und Feuchtigkeitsumsatz, der im wesentlichen in kleinsten Räumen erfolgt (vgl. BÖER 1959, p. 7), nur bei einer großen Stadt der Einfluß auf die Atmosphäre noch in einer Häufung von Quellwolken und einer Erhöhung der Niederschlagsmenge über dem Häusermeer erkennbar sein (vgl. Abb. 1)<sup>11</sup>). Eine klare Obergrenze des Stadtklimabereiches, wie sie bei besonderen meteorologischen Verhältnissen durch die Oberfläche einer „Dunsthäube“ über der Stadt festgelegt werden kann, ist nur selten zu beobachten. In den meisten Fällen ist der Klimabereich nach oben offen oder geht kontinuierlich in den Bereich des Makroklimas über. Von einer Anordnung der Klimate in einem deutlich abgestuften dreidimensionalen Stockwerkbau, wie er in der Landschaftsgliederung herausgestellt wurde (vgl. TROLL 1950, p. 172 f. und PAFFEN 1953, p. 74 ff.), kann somit nur unter Einschränkungen gesprochen werden.

### C. Witterungsklimatologische Betrachtung des Stadtklimas

BÖER (1959, p. 5) weist darauf hin, daß Definitionsfragen zwar keine große Attraktivität besäßen, daß sie jedoch notwendig seien, um über den Inhalt häufig benutzter Begriffe eine Verständigung zu erzielen. Ferner seien sie dann von Nutzen, wenn weniger auf die Wortausdeutung als vielmehr auf den Begriffsinhalt selbst, also auf die Tatsachen, Wert gelegt werde. Er macht im Zusammenhang der Erörterung des Lokalklimas, dem wir oben das Stadtklima als eine Sonderform zugeordnet haben, darauf aufmerksam, daß Untersuchungen zum Lokalklima im Sinne moderner Klimadefinitionen noch vielfach fehlen (p. 5 u. 10).

In der Tat läßt gerade eine Durchsicht der Literatur zum Stadtklima (vgl. KRATZER 1956) diese Lücke erkennen, indem sich zwar zahlreiche Untersuchungen über die mittleren Verhältnisse des Stadtklimas oder allenfalls über die Abhängigkeit des Stadteinflusses von charakteristischen momentanen Wetterverhältnissen und der Wechselwirkung der Elemente untereinander finden (vgl. BIDER 1940, SUNDBORG 1951, EMONDS 1954), keine jedoch, die das Stadtklima unter dem Gesichtspunkt der Definition von Klima als „Aufeinanderfolge, Häufigkeit und örtliche Ausbildung der kennzeichnenden Witterungen“ (FLOHN 1954, p. 17) oder als „Gesamtcharakter der Witterungserscheinungen einer Örtlichkeit“ (*Fischer-Lexikon*, Geographie, 1959, p. 204) analysiert.

Diese Betrachtungsweise erscheint jedoch besonders dann sinnvoll, wenn man sich die in den vor-

angegangenen begriffskritischen Ausführungen dargestellte innige Verzahnung der verschiedenen klimatischen Bereiche und die feste Einbettung des Stadtklimas in das Makroklima vor Augen führt (vgl. Abb. 1).

Es war eine Aufgabe der vom Winter 1960 bis zum Frühjahr 1962 in Kiel durchgeführten Untersuchungen, zur Schließung der aufgezeigten Lücke beizutragen und auf diese Weise die Erkenntnisse der Stadtklimaforschung zu erweitern.

Wesentliches Ziel mußte es sein, sich vom Mittelwert zu lösen, in den die Meßdaten der unterschiedlichsten Wetterlagen eingehen, und die Betrachtung des Klimas auf eine Zuordnung der Elemente zu bestimmten, im typischen jährlichen Verlauf sich wiederholenden Witterungsabschnitten auszuweiten.

Die Kürze der Beobachtungszeit läßt sich dadurch rechtfertigen, daß es bei meso- und mikroklimatischen Untersuchungen weniger darauf ankommt, langjährige mittlere Verhältnisse zu erkennen, als vielmehr darauf, der jeweiligen Verteilung der Elemente im Raum, dem Wechselspiel der Elemente und Faktoren untereinander und den Auswirkungen auf Landschaft, Pflanzenwelt und Mensch nachzuspüren. Überdies sind die Witterungen als die in ähnlicher Form stets wiederkehrenden „Bausteine des Klimas einer Landschaft“ (KELLER 1944, p. 238) anzusehen.

Die Aufgliederung nach Witterungsabschnitten bietet insofern große Schwierigkeiten, als keine brauchbare kennzeichnende Gliederung der Witterungen mit ihrer jeweiligen charakteristischen Komplexität des Wettergeschehens vorliegt. Mit der Kennzeichnung einer Folge von Wetterlagen etwa als „unbeständig“ oder „Schönwetterlage“ ist wenig gedient und noch keine ausreichende Beschreibung einer bestimmten Witterung gegeben.

Diese Schwierigkeit kann umgangen werden, indem man an Stelle der Witterung ihre Ursache, das ist die klar definierte „Großwetterlage“ (BAUR 1951, p. 903) zur Aufgliederung des Materials benutzt. Witterung und Großwetterlage sind zwar nicht identisch, jedoch stark voneinander abhängig, da die Großwetterlage den Charakter der Witterung prägt. Indem die einzelnen Großwetterlagen (GWL)<sup>12</sup>) außer durch eine charakteristische Witterung zugleich durch bestimmte Luftmassen und Luftkörper sowie meist durch eine vorherrschende Windrichtung gekennzeichnet sind, eignen sie sich auch für kleinräumige Klimauntersuchungen, selbst wenn die Typisierung der Lagen auf ganz Europa bezogen ist. Da die GWL klar definiert ist, bleibt die Lage des untersuchten Raumes, in diesem Falle der Stadt, im Verhältnis zu den steuernden Druckzentren stets konstant, so daß am jeweiligen Orte beim Auftreten gleicher Großwet-

<sup>11</sup>) Beides wurde in Kiel festgestellt. Die Niederschlagssteigerung über der Stadt (im Lee etwa 10 %) bedingte zugleich eine Verringerung der Niederschlagsmenge des im Regenschatten der Stadt gelegenen Gebietes, so daß auch hier eine Beeinflussung des makroklimatischen Bereichs durch die Klimabereiche niederer Ordnung zu erkennen ist.

<sup>12</sup>) Vgl. dazu HESS-BREZOWSKY (1952), wo die seit 1881 festgestellten Großwetterlagen zusammengetragen sind und an Hand von Beispielen beschrieben werden.

terlagen immer mit einer sehr ähnlichen Witterung gerechnet werden muß.

Man stellt sich mit diesen Überlegungen in einen Gegensatz zu FLOHN (1954, p. 34), der ausführt, daß die Großwetterlagen wegen ihrer bewußt großräumigen Einteilung für lokale Klimauntersuchungen in kleinen Räumen nicht geeignet seien. Dieser Gegensatz ist nur dadurch zu lösen, daß man die am jeweiligen Beobachtungsort durch ihre besonderen regelhaften Arten und Reihenfolgen von Witterungsvorgängen wahrgenommenen Großwetterlagen nur als geeignetste Hilfsmittel zur Unterscheidung und Benennung verschiedener Witterungsabschnitte auffaßt. Die Vielfalt des Wetters, das auch während einer GWL wechseln kann (FLOHN 1954, p. 28), gestattet diese Aufgliederung nicht, da sich die einzelnen Klimatelemente im Wetterablauf sehr unterschiedlich wandeln. Man könnte hier das Material höchstens nach einzelnen Elementen (z. B. Bewölkung oder Wind) aufschlüsseln, wobei dann alle anderen Elemente notwendig unberücksichtigt bleiben müßten. Für die Ausbildung des Stadtklimas ist es aber z. B. nicht gleichgültig, ob bei wolkenlosem Himmel die Luft mehr oder weniger feucht ist und der Wind schwach oder stark und aus wechselnden Richtungen bläst. Bei der Aufarbeitung des Materials nach GWL berücksichtigt man jedoch zugleich die Abhängigkeit, gleichzeitige Wirksamkeit und auch den ständigen Wandel aller Klimatelemente.

Schon KRATZER (1956, p. 71) deutet mit dem Satz „Bei gewissen Großwetterlagen kann sich der Unterschied Stadt—Land voll entfalten, während er bei anderen Witterungsverhältnissen unterdrückt wird“ indirekt an, daß unter Verwendung der Großwetterlagen auch in der Stadtklimatologie tiefere Einsichten in die klimatischen Zusammenhänge gewonnen werden können. Welche bestimmten, klar definierten Lagen sich in diesem oder jenem Sinne auswirken, wird allerdings nicht gesagt, da es an entsprechenden Untersuchungen bisher noch fehlt<sup>13)</sup>.

a) Zur Methode

Das der Untersuchung zugrunde liegende Material wird durch eine Arbeitsweise gewonnen, die sich in der Stadtklimaforschung als zweckmäßig erwiesen hat (vgl. KRATZER 1956, p. 2 f). Meßreihen einer festen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes werden ergänzt durch Sondermessungen, indem einerseits für eine befristete Zeit ein Netz von Wetterhütten mit registrierenden und ständig kontrollierten Meßgeräten im Stadtgebiet aufgebaut wird (vgl. Abb. 2), und andererseits Meßfahrten (mit Kraftwagen oder Fahrrad) bei charakteristischen Wetterlagen durchgeführt werden. Das durch die Messungen zusammengetragene Material wird in der Weise aufgearbeitet, daß die Daten der Einzeltage den jeweiligen GWL<sup>14)</sup> zu-

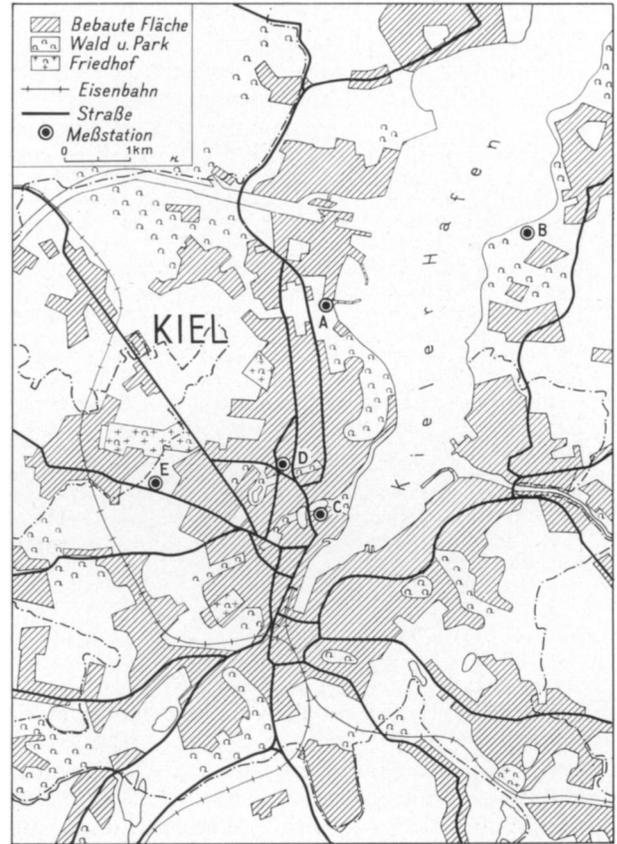


Abb. 2: Das Stadtgebiet von Kiel mit Meßstationen

geordnet und (evtl. für eine bestimmte Jahreszeit) zu einem Großwetterlagenmittel zusammengefaßt werden. Beispiel:

Datum:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
GWL:	A	A	A	B	B	A	A	A	C
Klimadaten:	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Mittel:	}			x		}			y

Die Zahl der Tage, die zu dem Mittel vereinigt werden, variiert stark entsprechend der sehr unterschiedlichen Länge und Häufigkeit der GWL in einer Jahreszeit. Die errechneten Mittelwerte unterscheiden sich von denen der „klassischen“ Klimatologie dadurch, daß sie nicht für einen willkürlich gewählten Zeitraum (z. B. Dekade oder Monat) gelten, sondern in sinnvoller Weise nur für die Gesamtheit aller Tage mit gleicher Witterung.

Um den Ursachen der erkennbaren Temperaturunterschiede innerhalb der Stadt und im Vergleich Stadt—Freiland während der jeweiligen Witterungsperiode nachzuspüren, werden ebenso andere Klimatelemente (z. B. Wind, Bewölkung, Luftfeuchtigkeit) den GWL zugeordnet. Ein Beweis

<sup>13)</sup> BÜRGER (1953 u. 1958) untersucht z. B. nur die makroklimatischen Verhältnisse einzelner deutscher Städte.

<sup>14)</sup> Zu entnehmen den regelmäßig erscheinenden Veröffentlichungen: „Die Großwetterlagen Mitteleuropas“ und „Klima-Schnellmeldedienst“, Amtsblätter des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M.

für die Brauchbarkeit der Methode der Mittelwertauflösung nach Großwetterlagen oder Witterungsperioden ist dann erbracht, wenn es gelingt zu zeigen, daß in den Daten nicht nur die Wirkung eines Elementes, sondern — der Witterungskomplexität entsprechend — die mehrerer Elemente gleichzeitig zum Ausdruck kommt.

Korrelationsrechnungen zur Ermittlung der Abhängigkeit der Stadt-Land-Temperaturdifferenz von anderen Klimaelementen, wie sie etwa von SUNDBORG (1951) und EMONDS (1954) durchgeführt wurden, werden vom Verfasser für wenig geeignet gehalten, da es nicht die Stadtstation gibt, die repräsentative Werte für die ganze Stadt liefert, da Bewölkung und Wind fortwährend ihre Stärke ändern und nur schwer exakt zu messen sind. In gleicher Weise müßten ständig wechselnde Luftfeuchtigkeits-, Temperatur-, Niederschlags-, Luftverunreinigungs- und Geländeverhältnisse (Jahreszeiten) berücksichtigt werden. Dem Geographen kommt es zudem weniger auf eine mathematische Erfassung der klimatischen Verhältnisse an Einzelpunkten, als vielmehr darauf an, festzustellen, welche Beziehungen zwischen dem Klima eines Geländeausschnittes und der jeweiligen Geländegestaltung bestehen und wie sich der Raum zwischen den Stationen füllt.

b) Ergebnisse

Die Messungen im Herbst 1961 werden zur Veranschaulichung der Anwendung der Methode herangezogen. In einer graphischen Darstellung (Abb. 3) sind die täglichen Temperaturdifferenzen Stadt-Freiland (Mitteltemperatur, Schwankung, Maximum, Minimum) den Großwetterlagen (nach HESS-BREZOWSKY 1952) und den jeweils an der Wetterwarte registrierten Klimaelementen (Bewölkung, Windstärke, Dampfdruck) gegenübergestellt.

Die Darstellung vermittelt zunächst eine Vorstellung von der Aufeinanderfolge und unterschiedlichen Dauer der einzelnen Witterungsab-

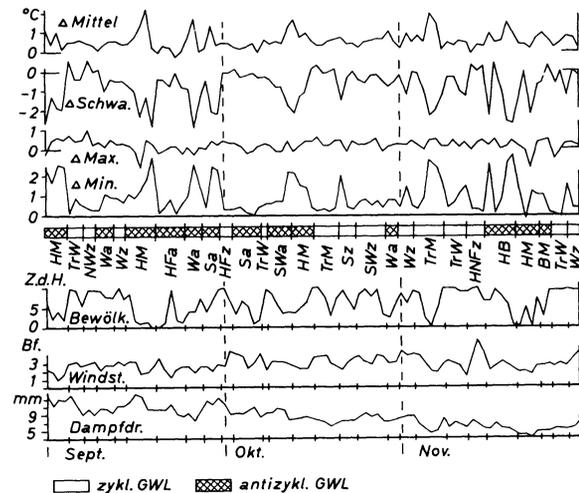


Abb. 3: Die tägliche Temperaturdifferenz Stadt-Land in Abhängigkeit von der Großwetterlage und einzelnen Klimaelementen (Herbst 1961).

schnitte sowie von dem parallellaufenden rhythmischen Wechsel des Stadtklimas (hier nur Temperatur). Der Unterschied der Meßwerte ist von Tag zu Tag bei allen Elementen recht erheblich. Es läßt sich jedoch bereits eine Häufung besonders hoher bzw. tiefer Werte während bestimmter Großwetterlagen sowie eine Beziehung zwischen den Werten der Temperatur und der anderen Klimaelemente erkennen. Sehr häufig ist an der Grenze zwischen zwei Großwetterlagen ein markanter sprunghafter Wandel der Temperaturverhältnisse der Stadt zu beobachten, der darauf hinweist, daß der Witterungswandel diese Erscheinung hervorruft.

Um das Bild zu vereinfachen und übersichtlicher zu gestalten, werden die Klimawerte sämtlicher Tage mit gleicher Großwetterlage zu einem Mittelwert zusammengefaßt (vgl. oben) und in Jahreszeitendiagrammen (Abb. 4) dargestellt. Es lassen sich zusammenfassend folgende Erkenntnisse aus den Darstellungen entnehmen:

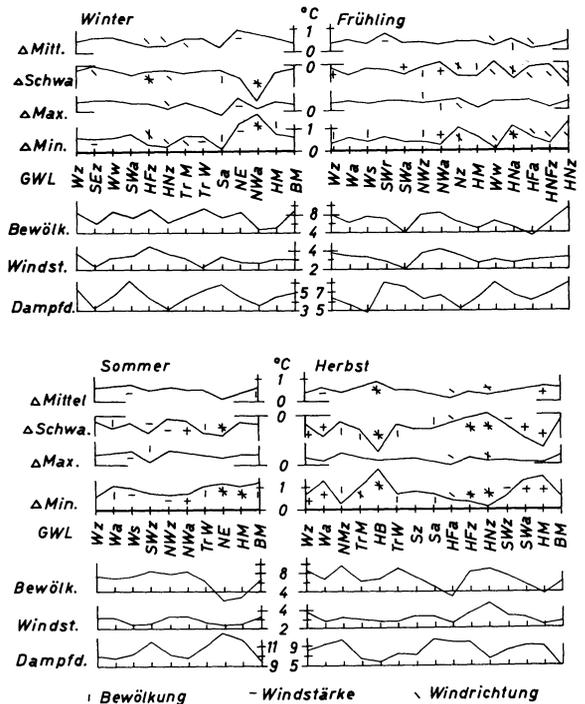


Abb. 4: Die Temperaturdifferenz Stadt-Land bei verschiedenen Großwetterlagen (Dez. 1960 - Nov. 1961) in Abhängigkeit von Bewölkung, Windstärke und Windrichtung.

Trotz einer durchschnittlich recht starken und stetigen Luftbewegung über Kiel<sup>15)</sup> treten bei allen Großwetterlagen oder Witterungen im Mesoklima des Kieler Raumes Temperaturunter-

<sup>15)</sup> Calmenterminie 1955—1958: Kiel 200, Hildesheim 630, Göttingen 1005, Frankfurt 610.

schiede auf. Sie sind am kleinsten bei den Maxima, am größten bei den Minima (Dämpfung der Ausstrahlung durch die Stadt). Ein gleichzeitig durchgeführter Vergleich der Meßdaten der Kieler und der etwa 30 km südlicher gelegenen Neumünsteraner Wetterwarten ergab, daß nicht selten die mesoklimatischen Differenzen größer sind als die makroklimatischen.

Tabelle 2:

	GWL	Differenz Stadt-Land	Differenz Kiel-Neumünster
<i>Winter</i>			
Minima	Wz	0,7	0,2
	HFz	0,7	0,0
	NE	1,3	0,2
Mitteltemp.	SEz	0,7	0,2
	Ww	0,9	0,5
	NE	1,1	0,8
<i>Sommer</i>			
Minima	Wz	0,9	0,5
	zWs	1,2	0,8
	NE	1,4	0,1
Mitteltemp.	Wz	0,8	0,1
	zWs	0,9	0,0
	Wa	0,9	0,3

Im Gang der Jahreszeiten unterscheidet sich das Ausmaß der Differenzen nicht erheblich. Es scheint jedoch in den kalten Jahreszeiten eine stärkere Neigung zur Entwicklung extremer stadtklimatischer Verhältnisse zu bestehen.

Wie im Makroklima wirken sich bei antizyklonalen Lagen die lokalen Faktoren in der Regel stärker auf die Modifizierung der Temperaturverhältnisse im Raume aus, so daß bei den entsprechenden Witterungen die Tendenz zur Ausbildung von Stadt-Land-Temperaturdifferenzen größer ist als bei zyklonalen Lagen. Die reine Hochdrucklage HM hat jedoch meist eine geringere Bedeutung für die Ausbildung besonderer lokaler Temperaturverhältnisse als verschiedene andere Lagen mit antizyklonaler Witterung. Besonders der bei Hochdrucklagen in der kalten Jahreszeit häufig zu beobachtende Nebel wirkt sich hinderlich auf die Entwicklung von Temperaturunterschieden im Raume aus. Die Stadttemperaturen — vor allem die Minima — liegen bei allen Witterungen über, die Schwankungen unter denen des Freilandes, so daß selbst bei zyklonalen Lagen die Stadt-Land-Differenz fast nie völlig unterdrückt wird, ja oft sogar größer ist als bei antizyklonalen Lagen (vgl. Abb. 3 u. 4). Die Behauptung, das Stadtklima sei ein „Schönwetterphänomen“ (LINKE 1940, p. 75; KRATZER 1956, p. 71), wird also den wirklichen Verhältnissen nicht vollkommen gerecht. Ein Stadtklima nach der oben gegebenen Definition

gibt es bei *jeder* Wetterlage und Witterung. Schönwetterlagen begünstigen lediglich die Ausbildung überdurchschnittlicher lokaler Temperaturunterschiede. Aus dem Verlauf der Kurven (Abb. 4) sind in allen Jahreszeiten bei der Mehrzahl der Lagen enge Beziehungen zwischen den Minimum- und Schwankungsdifferenzen einerseits und den übrigen Klimaelementen andererseits zu ersehen. Bei den Mittel- und Höchsttemperaturen ist nur gelegentlich eine Abhängigkeit zu beobachten, wie sich auch umgekehrt ein Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Temperaturdifferenz aus dem Kurvenverlauf nicht ablesen läßt. Die Herbstwerte zeigen am deutlichsten den Einfluß der einzelnen Elemente. Die Bewölkung, die abhängig ist von den Luftdruckverhältnissen, erweist sich in der Regel als das wirkungsvollste Element, da durch die wechselnde Himmelsbedeckung die Ausstrahlung — und damit die im Vergleich zur Stadt stärkere Abkühlung des Freilandes — begünstigt oder herabgesetzt wird. Fast spiegelbildlich verlaufen die Bewölkungskurve und die Kurve der Minimumdifferenz. Die Windstärke ist in keinem Falle der vorwiegend wirksame Faktor; da sie jedoch — bedingt durch die Witterung — in ihrem Gang der Bewölkung teilweise parallel läuft, ergänzt sie die Wirksamkeit dieses Elementes, indem sie die Entwicklung der Temperaturdifferenzen entweder hemmt oder fördert. Gelegentlich wird der Einfluß von Bewölkung und Windstärke von der Wirkung der Windrichtung überlagert. So wird etwa bei Ostwinden (z. B. HFa-Lage) die Ausbildung der Differenz verhindert (die Freilandstation im Westen der Stadt wurde von wärmerer „städtischer“ Luft überweht), während sich bei Nordlagen (z. B. HB im Herbst und Nz, HNa u. HNZ im Frühjahr) eine größere Differenz entwickelt, als es der Bewölkung und Windstärke entspricht. Hierin spiegelt sich die Tatsache wider, daß die Luft sich auch bei trübem Wetter auf ihrem Weg über den langgestreckten und dicht bebauten Norden Kiels (vgl. Abb. 2) stark erwärmt. Extreme Verhältnisse treten auf, wenn alle drei Elemente gleichsinnig wirksam werden. So verursachte eine Großwetterlage mit Nordwind, geringer Windstärke und relativ schwacher Bewölkung (HB im Herbst) die größten Differenzen; die kleinste Differenz wurde ermittelt für einen Witterungsabschnitt mit Ostwind, starker Bewölkung und sehr großer Windstärke (HNFz im Herbst).

Dieser Überblick zeigt in ausreichendem Maße, daß in den errechneten Daten die Wirkung verschiedener Element gleichzeitig zum Ausdruck kommt. Meist läßt sich in den einzelnen Fällen sagen, ob ein Element die anderen in seiner Wirkung überdeckt oder ob mehrere Elemente in gleichem Sinne wirksam werden.

## D. Witterungsklimatologie und Stadtgelände

Da das für witterungsklimatologische Untersuchungen des Stadtklimas erforderliche Stationsnetz nur selten dicht genug sein kann, um mit den Meßdaten flächendeckend Karten der Verteilung bestimmter Klimaelemente im Gelände zeichnen zu können, müssen weitere Methoden der Messung bzw. Darstellung zur Anwendung kommen.

Meßfahrten mit registrierenden Geräten am Kraftwagen, wie sie seit langem in der Stadtklimaforschung durchgeführt werden (vgl. KRATZER 1956), liefern am ehesten Daten, die die flächenhafte Verteilung des Klimaelementes im Raum erkennen lassen. Derartige Fahrten wurden auch in Kiel durchgeführt. Sie erbrachten im wesentlichen Ergebnisse, die schon durch zahlreiche vorhergehende Untersuchungen gewonnen werden konnten, so daß auf ihre Darstellung hier verzichtet werden kann. Das ist in diesem Zusammenhang um so eher möglich, als es sich bei derartigen Messungen tatsächlich jeweils nur um Stichprobenmessungen handelt, die bei einzelnen Wetterlagen — in der Regel nur bei ruhigem Strahlungswetter — und zu bestimmten Tageszeiten mit Erfolg durchgeführt werden können, so daß nur ein Momentanzustand erfaßt wird.

Um sich eine Vorstellung von der Raumbezogenheit des Klimaelementes auch im kontinuierlichen Ablauf der Witterung verschaffen zu können, muß sich der Geograph doch der Messungen des relativ weitmaschigen Stationsnetzes sowie des Diagramms als Darstellungsmittel bedienen. Ein gutes methodisches Hilfsmittel stellt dabei das von KELLER 1944 entwickelte und zur Untersuchung eines größeren Raumes benutzte Topothermogramm dar, in dem Raum, Klima und Zeit zueinander in Beziehung gesetzt sind. Die Stationen sind zur Vereinfachung mit gleichem Abstand voneinander auf eine Profilinie projiziert (KELLER 1944, p. 234). Die übersichtliche Darstellungsweise, die man zu Unrecht nur selten, in der Stadtklimatologie noch in keinem Falle angewendet findet, kann gerade bei kleinräumigeren Aufnahmen, zu denen auch die Messungen in einem Stadtgebiet zu zählen sind, wertvolle Einblicke und Erkenntnisse vermitteln, zumal wenn die Zahl der Meßstationen nur klein ist.

Abb. 5, in der Meßwerte von fünf Stationen im Stadtgebiet verarbeitet sind (E: Freiland, D: Stadtrandzone, C: Innenstadt, A: Westufer, B: Ostufer der Förde; vgl. Abb. 2), veranschaulicht die Einheitlichkeit der Temperaturentwicklung im Stadtgebiet an zwei Tagen mit gleicher Großwetterlage (NE). Hier wird die prägende Kraft der Witterung auch im mesoklimatischen Bereich offenkundig. An beiden Tagen werden tags wie nachts ähnliche Höchst- bzw. Tiefsttemperaturen erreicht, die Wasserfläche der Förde dämpft morgens den Temperaturanstieg an den Uferstationen, die Innenstadt erreicht die höchsten Werte, das Freiland kühlt nachts am stärksten aus, und die

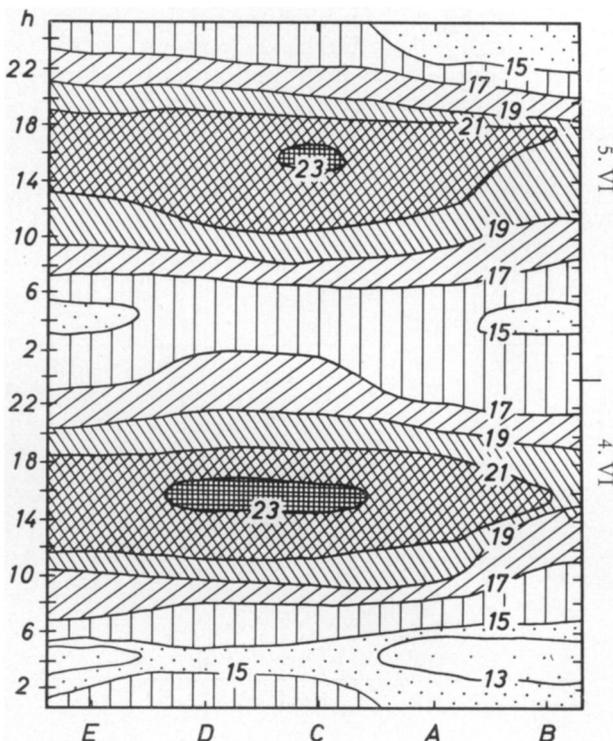


Abb. 5: Topothermogramm der Temperaturverteilung im Stadtgebiet von Kiel (Stat. E–B) am 4. und 5. Juni 1961 bei NE-Lage, leichter Bewölkung, Wind NE 2–3.

Wärmeträgheit der Stadt verzögert die Auskühlung des Häusermeeres (D und C) während der Nacht.

Ganz anders gestalten sich die stadtklimatischen Temperaturverhältnisse beim Wechsel der Großwetterlagen und damit der Witterungen. Abb. 6 veranschaulicht den Übergang von einer E-Lage (HNFz) zu einer N-Lage (HB) im November. Durch Luftmassenwechsel werden die Höchst- und Tiefsttemperaturen nicht zu den im Mittel üblichen Tageszeiten gemessen. Die wechselnde Bewölkung bedingt einen raschen Wandel der Temperaturverteilung im Raum. In den Stunden stärkerer Bewölkung sind die Meßwerte im wesentlichen ausgeglichen; sie variieren räumlich jedoch in den wenigen Stunden der Aufheiterung. Nur hier hebt sich das Stadtgebiet in der Nacht und am Morgen durch ein kräftig ausgebildetes Warmluftpolster ab, während die Temperaturen im Freiland unter den Gefrierpunkt absinken. Es handelt sich hier um ein gutes Beispiel für die Frostschutzwirkung der Stadt. Die an den Wechsel der Großwetterlagen gebundene Winddrehung (von E auf NW) verursacht durch die Zufuhr wärmerer Luft aus Richtung der Förde auf dem Ostufer (B) ein um vier Stunden verfrühtes Ansteigen der Temperatur nach Erreichen der Tiefstwerte.

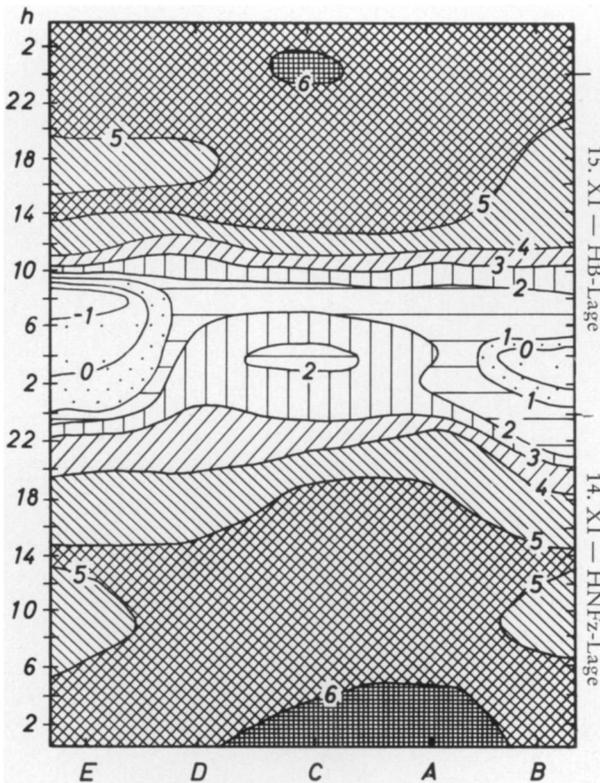


Abb. 6: Topothermogramm der Temperaturverteilung im Stadtgebiet von Kiel (Stat. E-B). 14. 11. 1961 HNFz-Lage, stark bewölkt, Wind E 4-5, abends abflauend und aufheiternd; 15. 11. 1961 HB-Lage, nachts Winddrehung auf NW, tags Wind um W 2-3, morgens heiter, tags zunehmend Eintrübung.

### E. Stadtklima und Phänologie

Die oben erwähnte Frostschutzwirkung der Stadt — die in Kiel durch flächendeckende Kartierung der Frostschäden genauer untersucht werden konnte — ist ein erstes Indiz dafür, daß durch die Witterung und ihren Wechsel lokalklimatisch bestimmte Wirkungen hervorgerufen werden können.

Nachdem die allgemeine Pflanzenentwicklung seit langem auch in der Geländeklimatologie mit gutem Erfolg als Klimaanzeiger benutzt wird (vgl. UHLIG 1952), kann geprüft werden, ob sich etwa an den Wachstumsphasen der Stadtpflanzen die Auswirkungen der witterungsbedingten Eigenart der Temperaturverteilung und -entwicklung im Stadtraum erkennen und so mit „vergleichend-beobachtendem Auge... im Bild der Landschaft klimatisch bedingte Tönungen“ (WEISCHET 1955, p. 5) unmittelbar erschauen lassen.

Im Zusammenhang mit anderen klimatologischen Messungen wurden vom Verfasser im Jahre 1961 regelmäßige Beobachtungen an Pflanzen im Stadtgebiet durchgeführt. Die Ergebnisse dieser phänologischen Aufnahme belegten einerseits die

bekannte Tatsache, daß die Pflanzen innerhalb der Stadt in ihren Entwicklungsphasen im Mittel um drei bis vier Tage den Pflanzen des Freilandes vorausseilen (vgl. HOLM 1949, p. 64 f, FRANKEN 1955, BERG 1957, p. 114), andererseits ließen sich deutlich witterungsbedingte Abweichungen von diesem Mittelwert erkennen. In Abb. 7 sind die phänologischen Phasen von jeweils mehreren Repräsentativpflanzen aus der näheren Umgebung der Stationen an den entsprechenden Kurven der Stundentemperatursumme (vgl. SCHNELLE 1955, p. 206 f) gekennzeichnet. Die Darstellung zeigt, daß der beobachtete mittlere Entwicklungsunterschied von drei bis vier Tagen bei fast allen Pflanzen und Phasen beinahe vollkommen dem Abstand der Kurven voneinander entspricht. Gleiche Wachstumsphasen werden bei annähernd gleicher Temperatursumme erreicht. Man kann somit den Schluß ziehen, daß der Wachstumsvorsprung der Stadtpflanzen im wesentlichen auf den Wärmeüberschuß der Stadt zurückzuführen ist (vgl. SCHNELLE 1955, p. 189). Bemerkenswert ist jedoch, daß bei Schwankungen der Witterung, die sich im unterschiedlich steilen Anstieg und im wechselnden Abstand der Kurven voneinander widerspiegeln, auch die erkennbaren Wachstumsunterschiede sich wandeln. In Wärmeperioden, in denen die Kurven rasch ansteigen und sich einander nähern, ist der zeitliche Entwicklungsunterschied geringer als in kälteren Perioden, in denen die Kurven teilweise gar nicht ansteigen, dafür je-

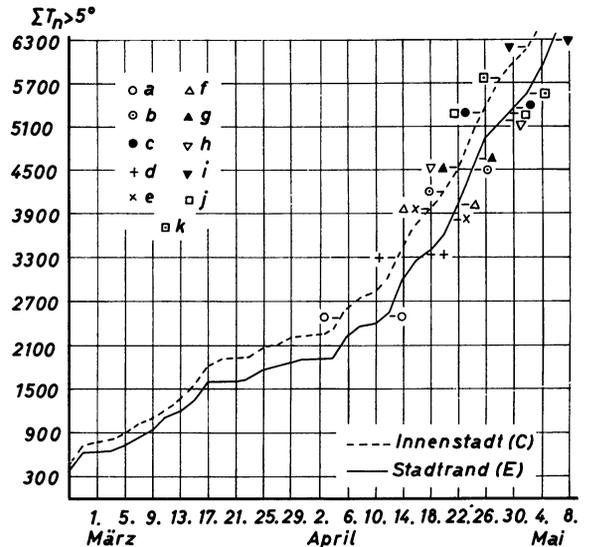


Abb. 7: Temperatursumme (Summe aller Stundentemperaturen über 5° C) und phänologische Phasen. a Kastanie, Blattknospe aufbrechend; b Kastanie, Blühbeginn; c Kastanie, Vollblüte; d Süßkirsche, Blühbeginn; e Süßkirsche, Vollblüte; f Birne, Blühbeginn; g Birne, Vollblüte; h Apfel, Vollblüte; i Rotdorn, Blühbeginn; j Flieder, Blühbeginn; k Flieder, Vollblüte. — Temperatur der Stat. C und E.

doch einen größeren Abstand voneinander gewinnen (vgl. dazu VAN EIMERN und KAPS 1954, p. 103). — Es läßt sich somit im Bild der Landschaft selbst ein Rhythmus wiedererkennen, der schon bei der Betrachtung des witterungsgebundenen rhythmischen Wechsels des Stadt-Land-Temperaturunterschiedes (vgl. Abb. 3 und 4) auffiel und der diesem parallel läuft.

#### F. Zusammenfassung

Ziel der Ausführungen war es, im Anschluß an eine definitorische Untersuchung zum Begriff „Stadtlima“ auf die vom modernen Klimabegriff her notwendige, bisher jedoch meist vernachlässigte witterungsklimatologische Betrachtungsweise lokalklimatischer, hier speziell stadtklimatischer Phänomene hinzuweisen. Die klar erkenn- und benennbaren Großwetterlagen werden als ein nützliches Hilfsmittel für die Bestimmung unterschiedlicher Witterungsperioden angesehen. Unter Zugrundelegung dieser Witterungsabschnitte können die mittleren Klimawerte genauer analysiert und die bisher gewonnenen Ergebnisse der Stadtklimatologie bereichert werden. Die Methode gestattet es, die Meßergebnisse nicht nur, wie es meist in vorangehenden Arbeiten geschah, nach der Wirksamkeit einzelner Elemente oder nach allgemeinen Wettertypen („Schönwetter“) zu analysieren, sondern der Witterungskomplexität entsprechend den ineinandergreifenden Einfluß verschiedener Klimatelemente herauszuarbeiten. In der Regel kann mit dem Mittel der graphischen Darstellung festgelegt werden, welches Element bei einer bestimmten Witterung den entscheidenden und prägenden Einfluß auf die Ausbildung des jeweiligen Sonderklimas der Stadt ausübt. Umgekehrt kann zugleich herausgestellt werden, in welcher Weise das Gelände bei unterschiedlichen Witterungen die Verteilung der Elemente im Raume bedingt. Die Methode, die stets ergänzt werden sollte durch einzelne flächendeckende Meßfahrten, bietet somit die Möglichkeit, auch in stadtklimatische Temperaturverhältnisse relativ differenzierte Einblicke zu gewinnen. Diese können sowohl für eine „Landesklimaaufnahme“ (KNOCH 1963) wie für die „Klimatechnik des Städtebaues“ (EMONDS 1954, p. 55) von großer Bedeutung sein.

#### Literaturverzeichnis

- ALISSOW, B. P., DROSDOW, O. A., RUBINSTEIN, E. S.: Lehrbuch der Klimatologie. Leningrad 1952, übers. Berlin 1956
- BAUR, F.: Die Erscheinungen des Großwetters. In: Hann-Süring, Lehrbuch der Meteorologie. 2. Bd., 5. Aufl., Leipzig 1951, 903—976
- BERG, H.: Das Stadtklima. Medizin und Städtebau. 2. Bd. 1957, 101—118
- BIDER, M.: Temperaturunterschiede zwischen Stadt- und Freilandstationen. Helv. Phys. Acta, Basel 1940, 5—7
- BÖER, W.: Zum Begriff des Lokalklimas. Ztschr. f. Met. 13. 1959, 5—11
- BÜRGER, K.: Klimatologische Studie über die Temperaturverhältnisse der Großwetterlagen Mitteleuropas (am Beispiel von Karlsruhe und Bremen). Ber. d. Dt. Wett. 6. Bd. Kissingen 1953
- : Zur Klimatologie der Großwetterlagen. Ber. d. Dt. Wett. 45. Bd. 6, Offenbach/M. 1958
- EIMERN, J. v. u. KAPS, E.: Lokalklimatische Untersuchungen im Raum der Harburger Berge und der benachbarten Elbniederung, Hilstrup/Münster 1954
- EMONDS, H.: Das Bonner Stadtklima. Arb. zur Rhein. Ldk. 7, Bonn 1954
- ERIKSEN, W.: Beiträge zum Stadtklima von Kiel. Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel. Bd. XXII. H. 1, Kiel 1964
- FLOHN, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forsch. z. dt. Ldk. 78, 2. Aufl., Stuttg. 1954
- : Zur Frage der Einteilung der Klimazonen. Erdkunde 1957, 161—175
- FRANKEN, E.: Der Beginn der Forsythienblüte 1955 in Hamburg. Met. Rdsch. 8. Jg. 1955, 113—114.
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig 1927<sup>1</sup>, 1950<sup>2</sup>, 1961<sup>4</sup>.
- : Die vier Stufen der Klimatologie. Met. Ztschr. 1929, 7—10
- GEIGER, R. u. SCHMIDT, W.: Einheitliche Bezeichnungen in der kleinklimatologischen und mikroklimatologischen Forschung. Biokl. Beibl. Bd. I 1934, 153—156
- HESS, P. u. BREZOWSKY, H.: Katalog der Großwetterlagen Europas. Ber. d. Dt. Wett. US-Zone 33. Bad Kissingen 1952
- HOLM, K. F.: Klimatische Untersuchungen im Stadtgebiet Flensburgs. Diss. Kiel 1949
- KELLER, R.: Die Darstellung der topographischen Temperaturverteilung im zeitlichen Ablauf der Witterung (Topo-chronothermen). Pet. Mitt. 1944, 233—238
- KNOCH, K.: Weltklimatologie und Heimatklimakunde. Met. Ztschr. 59. 1942, 245—249
- : Die Geländeklimatologie, ein wichtiger Zweig der angewandten Klimatologie. Ber. z. dt. Ldk. 7. 1949, 115—123
- : Die Landesklimaaufnahme. Wesen und Methodik. Ber. d. Dt. Wett. 85, 1963
- KOCH, H. G.: Besprechung zu WEISCHET 1955. Pet. Mitt. 1956, 300
- KRATZER, P. A.: Das Stadtklima. 2. Aufl., Braunschweig 1956
- LINKE, F.: Das Klima der Großstadt. In: Biol. der Großstadt, hrsgg. v. B. de Rudder u. F. Linke. Dresden, Leipzig 1940, 75—90
- PAFFEN, K. H.: Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. Forsch. z. dt. Ldk. 68, 1953
- SCAETTA, H.: Terminologie climatique, bioclimatique et microclimatique. La Mét. 11. 1935, 342—347
- SCHERHAG, R.: Einführung in die Klimatologie. Das Geogr. Seminar, Braunschweig 1960
- SCHMITHÜSEN, J.: Grundsätzliches und Methodisches. In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. 1. Lief. Remagen 1953
- SCHNELLE, F.: Pflanzen — Phänologie, Leipz. 1955
- SUNDBORG, Å.: Climatological Studies in Uppsala. Geogr. Inst. Graphica Nr. 22, 1951
- THORNTHWAITTE, C. W.: Topoclimatology. The Johns Hopkins Univ. Labor. of Climate, Seabrook 1953
- TROLL, C.: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Stud. Generale. 1950, 163—181
- UHLIG, S.: Die Phänologie als Hilfsmittel bei der kleinklimatologischen Geländeaufnahme. Ber. d. Dt. Wett. US-Zone 42. Bd. Kissingen 1952. 238—243
- WEISCHET, W.: Die Geländeklimate der Niederrheinischen Bucht und ihrer Rahmenlandschaften. Münchner Geogr. Hefte 8, 1955
- : Die räumliche Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen. Erdkunde 1956, 109—122