

# Das Stadtklima zwischen Wärmeinsel und Smogbelastung

Alfred Helbig

## 1 Düsseldorf Häufigkeit verschiedener Intensitätsstufen der städtischen Überwärmung ( $\Delta T_{S-U}$ ) 12.1.1993-11.1.1994

Flächen- nutzungstyp	$\Delta T_{S-U}$	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Stufe IV
		$\leq 0K$	$>0K$ bis $\leq 2K$	$>2K$ bis $\leq 4K$	$>4K$
Innenstadtbereich (Versiegelung 95-100%)		13,7	72,1	10,1	4,1
Innerstädtische Grünfläche		16,5	76,0	6,5	1,0
Gewerbestandort (Versiegelung 60-65%, äußeres Stadtgebiet)		48,9	50,2	0,9	0,0

in % der Jahresstunden

© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

nach KUTTLER 1997

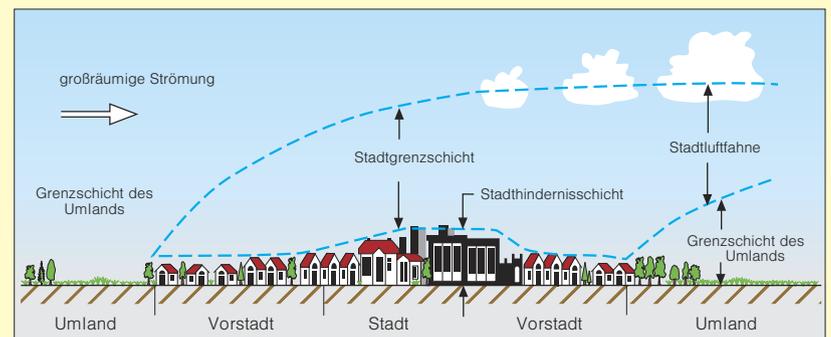
Über 80% der Bevölkerung in Deutschland leben in Siedlungen und Städten. Die Besonderheiten des Stadtklimas prägen somit die Lebensbedingungen sehr vieler Menschen, aber auch der Tier- und Pflanzenwelt innerhalb der bebauten Gebiete.

Die klimatischen Bedingungen in den unteren zwei Metern der Atmosphäre, dem üblichen Aufenthaltsbereich der Menschen, werden allgemein durch die Gestalt und die Eigenschaften der Erd-

oberfläche, die Art der Vegetation, die chemische Zusammensetzung der Luft und ihren Gehalt an flüssigen und festen Partikeln sowie durch die Strahlungsverhältnisse bestimmt. Zu den für das **Mikroklima** wichtigen Eigenschaften der Stadtlandschaft zählen die Versiegelung der Böden, die Ableitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation, die Ansammlung von Bausubstanz mit hohem Wärmespeichervermögen, die Gebäude als Barrieren für den Wind, die Verringerung der Vegetationsfläche, die Verkleinerung der Wasserflächen, die Freisetzung von Abwärme sowie die **Emission** von Stäuben und Abgasen. Die daraus folgenden Veränderungen der atmosphärischen Zustandsgrößen, wie z.B. der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, der Globalstrahlung oder der Luftbewegung sind in der Stadt gegenüber dem Umland umso stärker ausgebildet, je geringer der Austausch zwischen den unteren bodennahen Schichten der Atmosphäre und dem Stadtareal ist **2**. Ferner spielt die Lage der Stadt – in der Ebene, in einem Flusstal, in einem Talkessel oder an der Küste – eine modifizierende Rolle.

Die Untersuchungen des Stadtklimas zeigen eine Reihe von Gemeinsamkeiten: Die Globalstrahlung, bestehend aus

## 2 Aufbau der Atmosphäre über Stadt und Umland Schema



© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

nach Oke 1978

der direkten Sonnenstrahlung und der diffus gestreuten Himmelsstrahlung, weist in Abhängigkeit von der Lufttrübung in der Stadt um 10-15% geringere Werte auf als das Umland, die Lufttemperatur etwa 1-2 K höhere. Diese Wärmeinsel ist das bekannteste Phänomen des Stadtklimas. Die erhöhten Lufttemperaturen verlängern die Vegetationsperiode in der Stadt und verringern den Anteil von Schneefällen am Gesamtniederschlag. Im **Lee** größerer Städte und industrialisierter Areale findet man dagegen lokale Erhöhungen der Niederschlagsmengen.

Die Windverhältnisse in den Straßenzügen sind weitgehend vom großräumigen Strömungsfeld entkoppelt. Allgemein sind die Windgeschwindigkeiten geringer als im Umland. Während schwachwindiger und wolkenarmer Wetterlagen kann die Wärmeinsel den Flurwind verursachen. Diese vom Umland zum Stadtkern gerichtete Luftbewegung trägt sowohl zum Luftaustausch als auch zur nächtlichen Lufttemperaturabsenkung bei **3**.

Die Luftfeuchte in der Stadt wird zunächst durch den Wasserdampfgehalt der Luft bestimmt, der bei hohen Lufttemperaturen vor allem in der Nähe verdunstender Flächen (Flüsse, Seen, Vegetation) oder industrieller Quellen (Kühltürme, Trocknungs- und Verdampfungsanlagen) hohe Werte erreichen kann. Die relative Luftfeuchte dagegen ist wegen ihrer Abhängigkeit von der Lufttemperatur in der Stadt im Mittel häufig geringer als im Umland.

Die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur unterscheiden sich zwischen Stadt und Umland häufig im Sommer stärker als im Winter **5**. Der Kern der städtischen Wärmeinsel ist im Bereich der höchsten Bebauungsdichte zu finden. Im Stadtareal von Berlin zeigen sich gleich mehrere Wärmeinseln, die mit den Gebieten hoher Bebauungsdichte übereinstimmen **6**. Bei wolken-

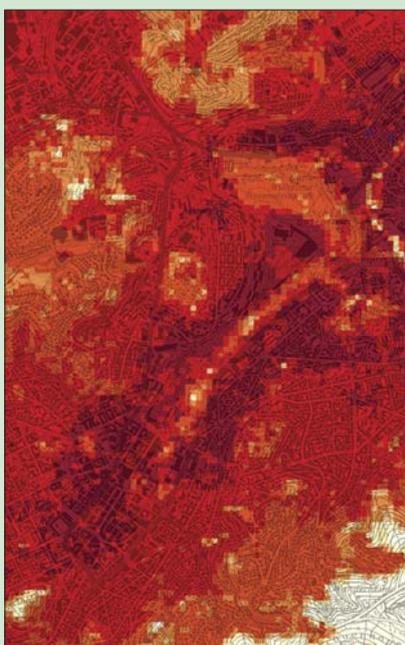
losem Wetter und geringen Windgeschwindigkeiten erreicht der Wärmeinselleffekt kurz vor Sonnenaufgang die höchsten Werte von bis zu 6 K **4**.

Neben den vielen Quellen von Wärme – Abwärme aus Raumheizungen, Klimatisierung, Krafterzeugung und -anwendung, chemischen Prozessen sowie Beleuchtung –, von Wasserdampf und von Stäuben spielen die Emittenten gasförmiger Luftbeimengungen eine wesentliche Rolle in den bioklimatischen Wirkungen der Stadtatmosphäre. Die **Immissionskonzentrationen** der verkehrsbedingten und der von Feuerungsanlagen emittierten Stäube und Luftschadstoffe Schwefeldioxid  $SO_2$ , Stickoxide  $NO_x$ , Kohlenmonoxid  $CO$  und Ozon  $O_3$  werden in den Luftgüte-Messnetzen der Länder kontinuierlich überwacht und der Öffentlichkeit aktuell zugänglich gemacht. Außerdem kann bei starker Sonnenstrahlung im Sommer das troposphärische Ozon entstehen (**Beitrag Kappas u.a., S. 80**). Wegen der Herkunft dieser Gase aus den Kfz-Abgasen gibt es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen und dem Grad sowie der Art der Luftverunreinigung.

Für die Ausbreitung und Verdünnung von Luftschadstoffen in der Stadtatmosphäre (Stadtgrenzschicht) und im Umland sind die Intensität des vertikalen turbulenten Luftaustauschs und der horizontale Transport durch das Windfeld entscheidend **2**. Luftschichten mit einer vertikalen Temperaturabnahme von weniger als 1 K pro 100 m oder sogar einer Temperaturzunahme im Falle einer Temperaturinversion bremsen oder unterbinden diesen Austausch. Bei stärkerem Relief wird die Inversionshäufigkeit und -intensität in Tallagen verstärkt und -intensität in Höhenlagen abgeschwächt **1** (**Beitrag Goßmann/Thamm, S. 68**).

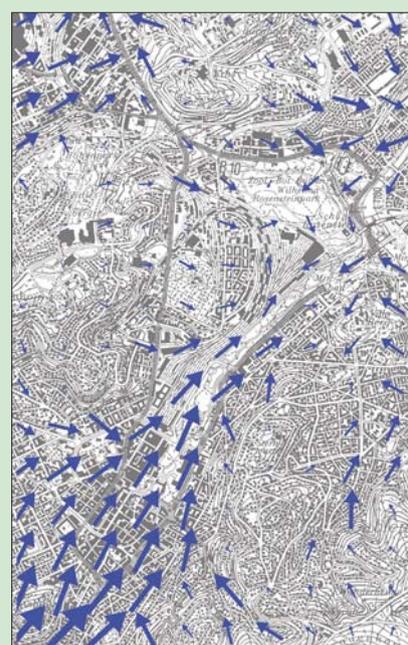
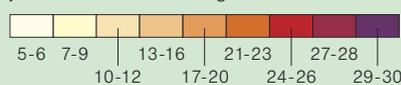
Die unterhalb des mittleren Dachniveaus am stärksten ausgeprägte und darüber sich mit der Höhe abschwä-

## 3 Stuttgart Stadtklimakarten Beispiele



Hitzestress

jährliche Anzahl der Tage



Kaltluftvolumenstrom

berechnet für die Luftschicht 0-50 m ü. Gr.

in  $m^3/sm$



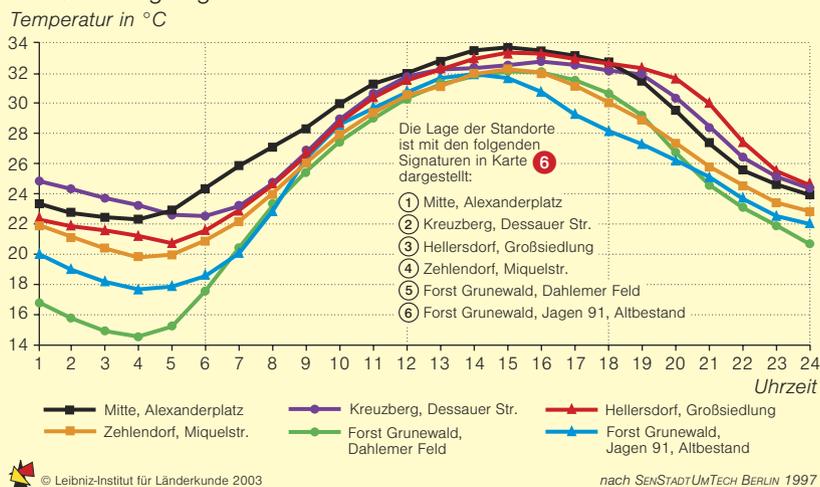
0 500 1000 m  
Maßstab 1: 70000

© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

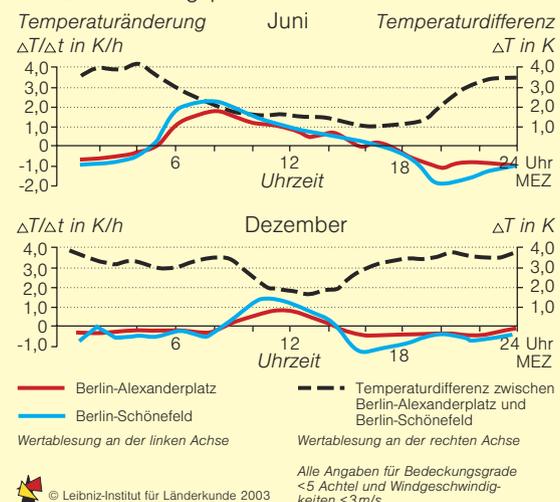
nach LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2000

chende Wärmeinsel bewirkt eine Verstärkung des vertikalen Luftaustauschs und fördert so die Ausbreitung und die Verdünnung der Luftschadstoffe. Nachts und vor allem im Winter können jedoch bei austauscharmen Wetterlagen in der bodennahen Luftschicht Bodeninversionen entstehen. Wenn zudem die horizontale Luftbewegung fehlt, sind die Bedingungen für eine Wintersmoglage gegeben, bei der im Fall unveränderter Emission von Luftschadstoffen deren Konzentrationen in der Stadtatmosphäre rasch ansteigen. In den Sommermonaten führen der wachsende Kfz-Bestand und die damit zunehmenden Emissionen von Stickoxiden und organischen Verbindungen in den Kfz-Abgasen zu einem Ansteigen der bodennahen Ozonkonzentration und zum Sommersmog. ♦

**4** Berlin – verschiedene Messstandorte  
**Tagesgang der Lufttemperatur am 8. Juli 1991**  
 Gemessen in 2 m Höhe an einem heißen austauscharmen Strahlungstag



**5** Berlin  
**Mittlerer Tagesgang der Lufttemperaturänderung im Juni und Dezember**  
 Beobachtungsperiode 1975-1979



**6** Berlin  
**Langjähriges Mittel der Lufttemperatur 1961-2000**

