

### 3.1.1 Wie verändert sich das Stadtklima?

JÜRGEN BAUMÜLLER

*Wie verändert sich das Stadtklima? – Städte haben ein zum Umland verändertes Klima. Die Städte sind wärmer, trockener, windstillter und schmutziger. Mehr als 50 % aller Menschen leben inzwischen in Städten. In Europa sind es über 80%. Durch veränderte Klimabedingungen in der Zukunft sind die Städte besonders betroffen. Die Gefahren liegen zum einen bei Hochwasserereignissen wie z.B. im Frühjahr 2013 in Deutschland und Nachbarländern, zum zweiten aber auch bei Hitzewellen wie im Sommer 2003 in Europa. Da heute schon im Sommer durch den Wärmeinseleffekt in großen Städten Gesundheitsprobleme auftreten und in Zukunft sich verstärken werden, ist es notwendig, neben Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgase, auch Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu ergreifen.*

*How does the urban climate changes? - Burdens on the environment typically go hand in hand with the demands on land areas for intense land use. It therefore makes sense to use the means of regional and urban development to pursue a precautionary planning towards the aim of environmental protection. Zoning and planning at the municipal level thus serves as an important instrument that contributes significantly to the protection of global and local climate as well as the preservation of air quality. Local development plans allow the examination and assessment of climatic effects on the surrounding area resulting from different forms of built structures. This is relevant for ventilation, sunlight, lighting, possibilities for solar energy, and bioclimatic conditions. Urban development plans can also be used as goal-setting plans for the implementation of climate-protecting measures along the lines of the Federal »Agenda 21« program. In view of worldwide efforts to protect the earth's atmosphere, one can conclude, based on altered appraisals in favour of environmental protection – especially in favour of air quality and climate –, that the value of these factors is no longer limited to aspects of local climate. Large-scale climate protection is to be taken into consideration in zoning and planning as a public interest.*

Die Verbreitung traditioneller Bauformen ist ein Spiegelbild der unterschiedlichen Klimaverhältnisse auf der Erde. In den Klimaregionen finden sich gewisse Unzuträglichkeiten für das Leben ihrer Bewohner, die sich durch gewisse meist elementare Maßnahmen im Haus- und Städtebau mildern lassen. Aufgrund der fortschreitenden Technisierung sind heute jedoch auch nicht klimagerechte Bauformen anzutreffen, wobei die Behaglichkeit mit technischen Mitteln (z.B. Klimaanlage) und einem in der Regel hohen Energieaufwand künstlich hergestellt wird. Städte stellen mit ihrem Verkehr, der Industrie, den Hausheizungen und Klimatisierungen eine der Hauptquellen der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen dar.

Zum weiteren ist eine Tendenz der Bevölkerung vorhanden, sich in Städten niederzulassen. So leben heute schon über 50% der Weltbevölkerung in Städten. Die UNO schätzt, dass es noch in diesem Jahrhundert 70% der Weltbevölkerung sein werden. Während es im Jahr 2000 30 Städte mit über 8 Millionen Einwohner gab, rechnet man im Jahr 2010 mit 60 solcher Städte. (Abb. 3.1.1-1).

Mit dem Vertragswerk der Konferenz von Rio haben sich die Unterzeichnerstaaten, so auch Deutschland, für eine zukunftsfähige nachhaltige Entwicklung ausgesprochen. Sie haben sich ausdrücklich verpflichtet,

auch auf kommunaler Ebene eine »lokale Agenda 21« anzustoßen. Lokale Agenda 21 bedeutet frei übersetzt: Was zu tun ist auf lokaler Ebene, um im 21. Jahrhundert die Zukunft unserer Kinder zu sichern.

Folglich sind Städte und Gemeinden mit ihren Bürgerinnen und Bürgern aufgerufen, der Bedrohung durch den Treibhauseffekt entgegenzutreten. Das weitere Ansteigen der klimaschädlichen Emissionen, die zum Großteil durch Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, muss verhindert werden. Städte und ihre Einwohner spielen bei der Reduzierung der Treibhausgase eine bedeutende Rolle. Hier gibt es erhebliche Potentiale, diese Gase zu mindern. Dies betrifft insbesondere den Raumwärmebereich und den Verkehrssektor.

#### Stadtklima

Seit langem ist bekannt, dass Städte sich in ihrem Klima vom Umland z.T. erheblich unterscheiden (KRATZER 1937), man spricht deshalb auch vom eigenen Stadtklima. Während das Klima in der freien Landschaft weitgehend von natürlichen Gegebenheiten abhängig ist, bildet sich in Stadtlandschaften ein durch Bauwerke beeinflusstes Klima aus (Abb. 3.1.1-1). Zusammengefasst kann man sagen, dass die Städte wärmer, windschwächer und stärker mit Luftschadstoffen belastet sind. Nach der WMO ist das Stadtklima definiert als

das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich der Abwärme und den Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima (HUPFER & KUTTLER 2006) (KUTTLER 2010).

Zwischen dem Außenklima und dem Innenraumklima bestehen in der Regel enge Wechselwirkungen. Die Veränderung des Klimas in den Häusern, z.B. durch deren Ausstattung mit Heizungen, ist meist gewünscht. Durch zunehmende bauliche Verdichtung in den Städten und immer größer werdenden Städten treten jedoch auch unerwünschte Klimaveränderungen auf (HELBIG et al. 1999), die sich im Wesentlichen auf die Bereiche Luftreinhaltung und Bioklima beziehen. Infolge der globalen Klimaveränderung werden sich die Probleme in den großen Städten noch verstärken. Im Einzelnen können sich auch positive Effekte ergeben (BRANDT 2006).

Jede Bebauung beeinflusst die einzelnen Klimaelemente. Große Baugebiete setzen sich in klimatischer Hinsicht deutlich von der sie umgebenden Landschaft ab. Die wesentlichen Ursachen, die zur Ausbildung eines eigenen Stadtklimas führen, liegen in der weit reichenden Veränderung des Wärmehaushaltes (Abb. 3.1.1-2) und des örtlichen Windfeldes (OKE 2003). Hinzu kommt eine starke Anreicherung der Stadtluft mit Schadstoffen aus den Quellen von Hausbrand, Verkehr, Industrie und Kraftwerken. Die Ausprägung eines typischen Stadtklimas ist in erster Linie abhängig von der Stadtgröße, aber auch von der Geländeform, der Bauungsstruktur und dem Freiflächenanteil.

Während es in den Städten Klimaelemente gibt, die sich stadtteilbezogen nur wenig unterscheiden (z.B. Sonnenstrahlung, Niederschlag), weisen andere Klimaelemente, bedingt durch das Wärmespeichervermögen

der Baustoffe, die Versiegelung des Bodens, durch veränderten Wasserhaushalt sowie durch Abwärme, zum Teil recht große räumliche Unterschiede auf (z.B. Temperatur, Windverhältnisse). Recht kleinräumliche Unterschiede sind im Bereich von Gebäuden, Straßenzügen und Grünanlagen zu finden.

## Städte sind wärmer

Typisch für Städte ist der Wärmeinseleffekt, gekennzeichnet durch gegenüber der Umgebung höhere Lufttemperatur. Dieser Effekt ist gut dokumentiert und stellt eine Erscheinung dar, die sich nicht auf Großstädte beschränkt. Die größten Temperaturunterschiede ergeben sich jedoch nicht am Tage sondern jeweils in der Nacht. Sie können in Megastädten mehr als 10 Grad betragen (Abb. 3.1.1-3).

Dieser Effekt beschränkt sich auch nicht nur auf den Sommer sondern tritt auch im Winter auf. In Sommernächten ist die Überwärmung infolge der Wärmebelastung für den Menschen besonders negativ zu beurteilen, vor allem im Zusammenhang mit Hitzewellen, wie im Sommer 2003, als in Europa mehr als 50 000 Menschen infolge der Hitze starben.

In Tokyo hat die Jahresmitteltemperatur seit 1900 um ca. 3 Grad zugenommen (Abb. 3.1.1-4). Das ist weit mehr als das globale Mittel der Erwärmung (0,6 Grad). Die Anzahl tropischer Nächte ( $T_{\min} > 25\text{ °C}$ ) stieg dort von 10 auf über 30 pro Jahr (MURAKAMI 2006). Auch Temperaturzeitreihen von Hongkong (Abb. 3.1.1-5), zeigen einem Anstieg der nächtlichen Minimumtemperaturen (LAM CY 2006) von 0,28 Grad pro Dekade seit 1947. In Prag hat die Jahresmitteltemperatur seit 1850 um 1,7 Grad zugenommen. Der Grund für die in den Städten höheren Temperaturen ergibt sich durch die geänderte Wärmebilanz durch die Bauwerke und Oberflä-



Abb. 3.1.1-1: Dichte Bebauung in Hongkong (ca. 7 Mio. Einwohner).

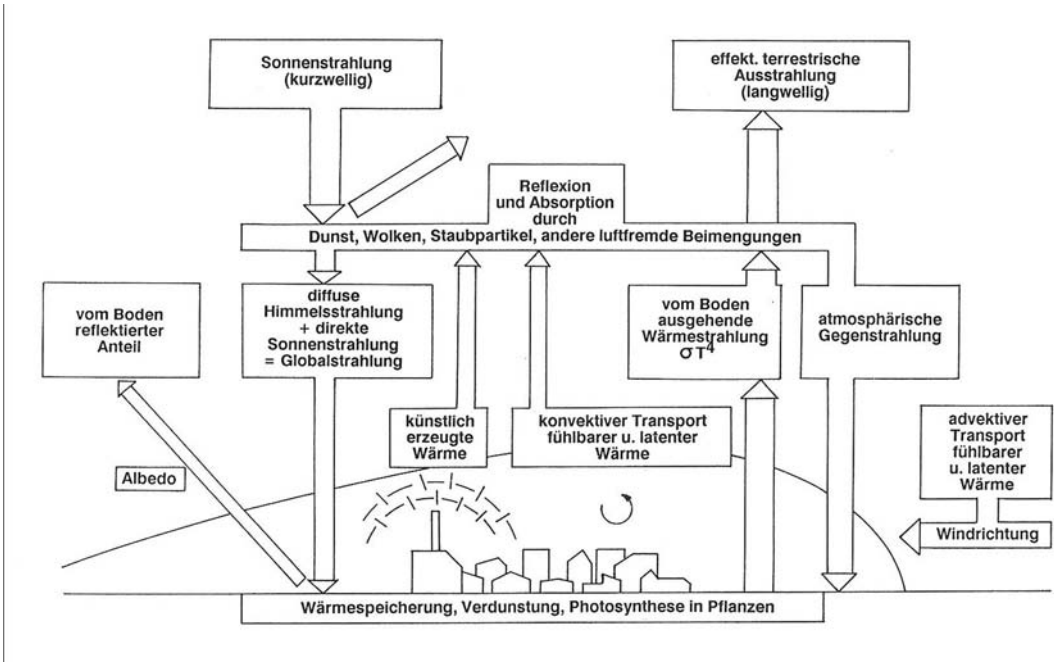


Abb. 3.1.1-2: Einflussgrößen des urbanen Wärmehaushalts (ROBEL et al 1978).

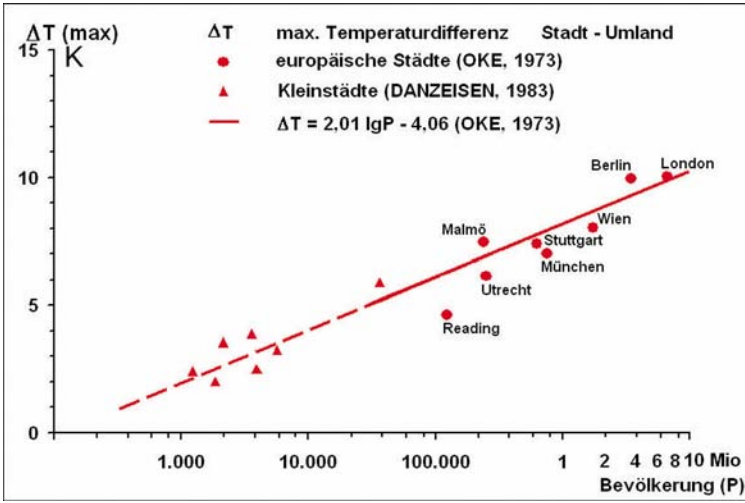


Abb. 3.1.1-3: Maximale nächtliche Temperaturunterschiede für europäische Städte unterschiedlicher Größe.

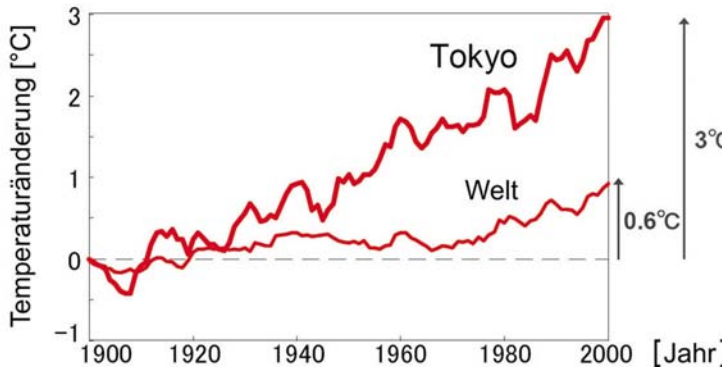


Abb. 3.1.1-4: Temperaturzunahme in Tokyo seit 1900 (MURAKAMI 2006).

chen aber auch durch Abwärme (Abb. 3.1.1-2).

Die vom Menschen empfundene bzw. gefühlte Temperatur (s.a. Kap. LASCHEWSKI und Kap. TINZ et al) hängt außer von der Lufttemperatur auch stark von der Luftfeuchtigkeit, Strahlung und dem Wind ab. Die in den Städten vorhandenen höheren Temperaturen in Verbindung mit einer starken thermischen Infrarot Strahlung von den Oberflächen führen im Sommer zu ungesunden thermischen Belastungen für die Stadtbewohner. Im Süden von Deutschland muss man derzeit in den Städten an 30–35 Tagen im Jahr mit solchen Situationen rechnen. Nach den Projektionen für die Globale Klimaänderung auf regionaler Ebene (WetReg, REMO) wird sich die Anzahl dieser Tage bis zum Ende dieses Jahrhunderts verdoppeln. Für die Region Stuttgart bedeutet dies z.B., dass derzeit auf 6% der Fläche an mehr als 30 Tagen im Jahr Hitzebelastungen auftreten, um 2100 jedoch auf 57% der Fläche. Wie das Rheintal gehört die Region Stuttgart bedingt durch die Lage und das Relief zu den stärker betroffenen Gebieten.

### Städte sind trockener

Die Luft in den Städten ist was die relative Feuchtigkeit betrifft trockener als die des Umlands, was sich besonders in der Nacht in den Städten durch weniger Tau und Nebel bemerkbar macht. Der Grund ist die in der Stadt höhere Lufttemperatur. Betrachtet man jedoch die absolute Feuchtigkeit, sind die Unterschiede zwischen Stadt und Land nur gering. Der geringeren Verdunstung

in der Stadt stehen die Wasserdampf-Emissionen aus Verbrennungsprozessen gegenüber.

Relativ wenige Untersuchungen gibt es in Bezug auf die Niederschlagsverhältnisse in den Städten. In der Tendenz scheint eine gewisse Niederschlags-erhöhung im Lee der Städte (<http://earthobservatory.nasa.gov/Study/UrbanRain/urbanrain.html>) aufzutreten. Dies ist sowohl großflächig zu beobachten (Abb. 3.1.1-6) aber auch innerhalb der Städte, wo es in den Lee-Bereichen mehr regnet als im Luv.

Probleme treten in den Städten bei Starkniederschlägen auf, da das Wasser infolge von wenig Vegetationsflächen und somit geringer Regenrückhaltung sehr rasch abfließt. Das Ergebnis sind u.a. lokale Überschwemmungen. Die Globale Klimaveränderung wird nach den Projektionen zwar für Deutschland keine starken Veränderungen des Gesamtniederschlags bewirken, wohl werden sich aber im Sommer die kurzfristigen Niederschlagsmengen verstärken. Probleme stellen dann weniger die großen Flüsse dar, sondern kleine Bäche, welche die Wassermengen nicht mehr fassen können. Auswirkungen auf die Dimensionierung der Kanalisation mit Regenrückhaltungsbauwerken und der Ausweisung von Siedlungsflächen in den Städten sind zu erwarten. Auch finden derzeit Diskussionen über Kurzfristprognosen des Niederschlags in Verbindung mit kleinräumigen auf der Basis von hochauflösenden Niederschlagsradarmessungen entwickelten Abflussmodellen statt.

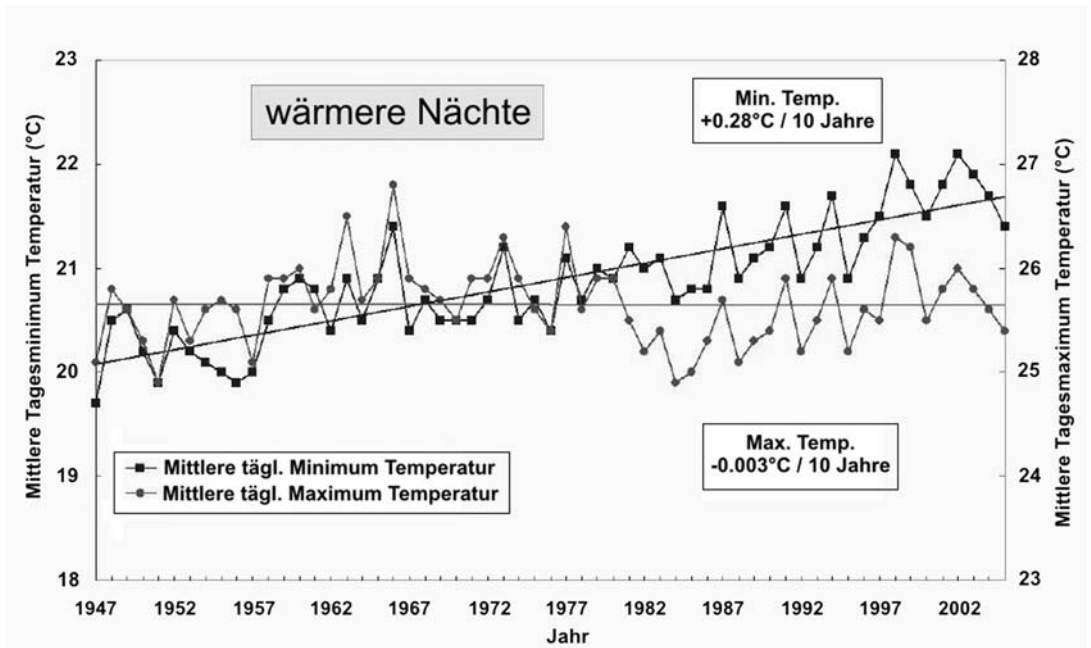


Abb. 3.1.1-5: Mittlere Tagesmaxima und Tagesminima der Lufttemperatur in Hongkong (Observatorium) 1947–2005 (LAM CY 2006).

## Städte sind windärmer

Die Gebäude der Stadt bewirken eine Veränderung des Windfeldes, sowohl der Windrichtung als auch der Windgeschwindigkeit. Durch die Rauigkeit reduziert sich die Windgeschwindigkeit in den Städten, was sich auch noch oberhalb der Gebäude bemerkbar macht (Abb. 3.1.1-7) und somit für den Abtransport von Schadstoffen negativ ist.

In Hongkong hat z.B. die mittlere Windgeschwindigkeit an der Station Kings Park von 1968 bis 2003 um

0,6 m/s pro Dekade abgenommen (LAM CY 2006). Ferner hat die Windgeschwindigkeit einen großen Einfluss auf die »Gefühlte Temperatur« (s.a. Kap. LASCHEWSKI). Eine gute Durchlüftung der Stadt hat also sowohl bioklimatische als auch lufthygienische Vorteile.

An vielen Orten haben lokale Windsysteme (Berg-Talwind, Land-Seewind, Flurwind), die sich aufgrund der Oberflächenstruktur und des Reliefs einstellen können eine besondere Bedeutung für die Stadtplanung, wie z.B. in Stuttgart mit seiner Kessellage. Diese Windsysteme können von überregionalen Winden teil-

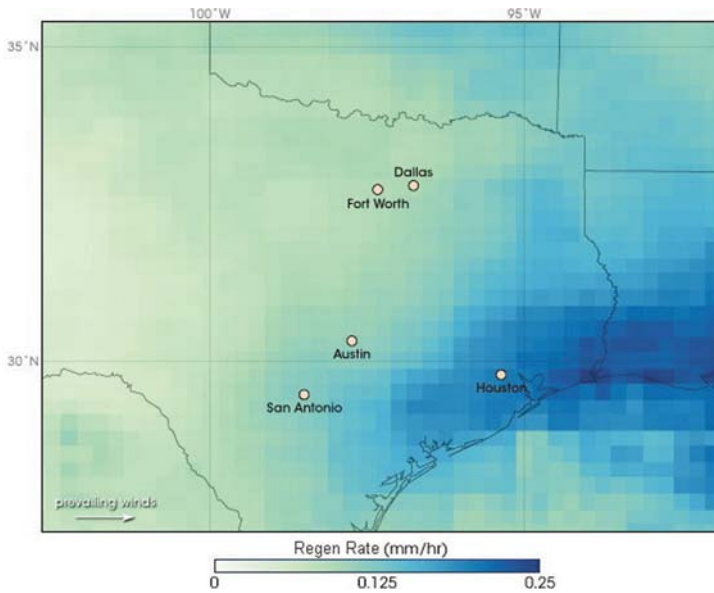


Abb. 3.1.1-6: Lee-Niederschlag in Houston (Texas), Juli, August, September 1989–2006 (<http://www.dwd.de/de/WundK/Warnungen/Hitzewarnung/index.htm>).

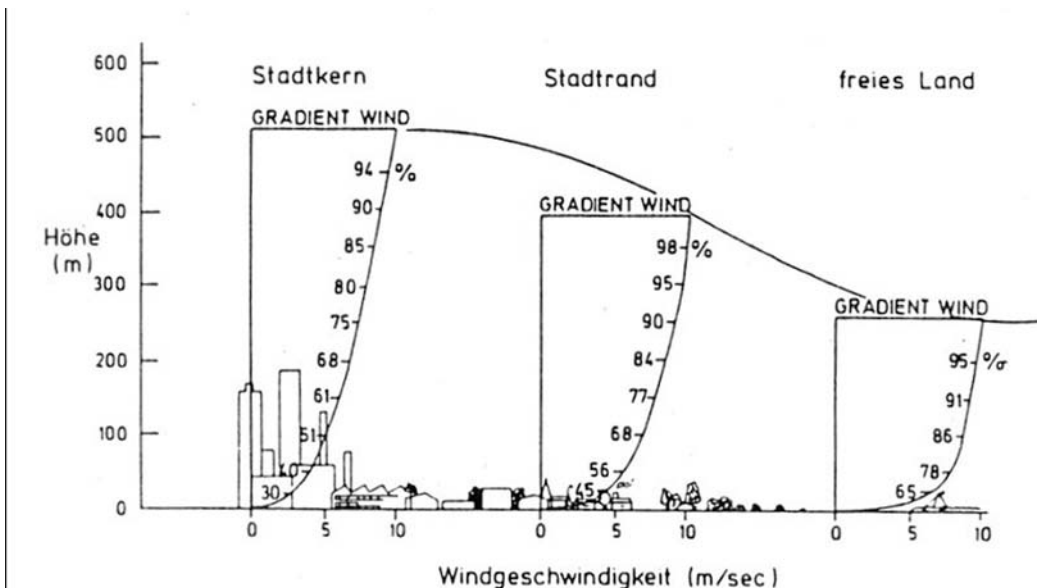


Abb. 3.1.1-7: Vertikales Windprofil über Innenstadt, Stadtrand und Freiland (ROBEL et al. 1978).

weise völlig entkoppelt sein. Da diese Winde in der Regel überwiegend bodennah auftreten, werden sie durch Baumaßnahmen besonders stark beeinflusst. Tagsüber kann es durch hohe Oberflächentemperaturen oder an Hochhäusern zu thermischen Aufwinden kommen.

### Städte sind schadstoffbelastet

Während in Deutschland die Luftbelastung in den Städten in den letzten Jahren sehr stark zurückgegangen ist, liegen die Luftbelastungen in vielen großen Städten weltweit noch auf einem gesundheitlich bedenklichen Niveau, wenn man die Richtwerte der WHO heranzieht. Beispiele hierzu gab es in Paris und Beijing Anfang 2014. Insbesondere in Verbindung mit starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen kann sich im Sommer ein photochemischer Smog ausbilden.

Die Hauptschadstoffquellen haben sich im Laufe der Zeit verändert (Tab. 3.1.1-1), wobei der Autoverkehr in Europa aber zunehmend weltweit im Vordergrund steht, wenn man die Schadstoffe Stickoxide und Feinstaub betrachtet.

### Anpassung an den Klimawandel in Städten

Seit 1976 verlangt das Baugesetz (Bundesbaugesetz (BBauG 2013) heute Baugesetzbuch (BauGB) die Belange Luft und Klima in der Bauleitplanung zu berücksichtigen. Früher ging man davon aus, dass das Klima eines Ortes mehr oder weniger eine konstante Größe ist. Inzwischen weiß man jedoch, dass sich das Klima z.T. erheblich verändert hat und sich weiter verändern wird (IPCC 2014). Der Gesetzgeber hat deshalb 2011 im BauGB (§1) festgeschrieben, außer dem Klimaschutz (Mitigation) die Anpassung an den Klimawandel bei Planungen ebenfalls zu berücksichtigen. Man muss sich deshalb bei Planungen und somit auch im Umweltbericht mit den Auswirkungen des zukünftigen

Klimas befassen. Nach § 171 BauGB (Stadtumbaumaßnahmen) können bei Nichterfüllung der Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung Stadtumbaumaßnahmen eingeleitet werden. Schon im Jahr 2008 hatte das Bundeskabinett die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS 2008) erlassen mit einem Aktionsplan 2011.

### Stadtklimauntersuchungen

Um stadtklimatische Aspekte bei Planungen und Anpassungen an Klimaveränderungen berücksichtigen zu können ist es erforderlich die lokale Klimasituation heute und zukünftig kleinräumig zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden in den letzten Jahren in vielen Städten und Regionen der Bundesrepublik sogenannte Stadtklimauntersuchungen und Stadtklimaatlant (BAUMÜLLER et al. 2008) erstellt. Durch die Anforderung im Baugesetzbuch 2004, bei Planungen eigene Umweltberichte zu erstellen, hat dies an Bedeutung gewonnen

### Maßnahmen gegen den Klimawandel in Städten

Welche Auswirkungen thermische Belastungen während Hitzewellen auftreten können, war im Sommer 2003 erkennbar. Ein Resultat dieser Erkenntnisse war die Installation von Hitzewarnsystemen in Europa, so auch durch den DWD in Deutschland) bei »Gefühlten Temperaturen« über 32 °C (<http://www.dwd.de/de/WundK/Warnungen/Hitzewarnung/index.htm>).

### Grün in die Stadt

In der freien Landschaft wird ein erheblicher Teil der Strahlung zum Verdunsten des im Boden und im Bewuchs gespeicherten Wassers verwandt. Dieser Anteil ist wesentlich höher als der durch die Schattenwirkung von Gebäuden auf die Temperatur bewirkte Effekt. Die Vegetation, insbesondere der Wald, übt zudem eine

Tab. 3.1.1-1: Hauptschadstoffquellen, Maßnahmen und gesetzliche Grundlagen in Deutschland im zeitlichen Rückblick.

Jahr	Schadstoff-Quellen	Schadstoffe	Maßnahmen	Gesetze etc.
1700	Müll Fäkalien	Gerüche		
1800	Müll Fäkalien	Gerüche		Kehrwoche
1900	Hausbrand Industrie	SO <sub>2</sub> , CO, Staub		Gewerbeordnung
1950	Hausbrand Industrie	SO <sub>2</sub> , CO, Staub	Kohle-Öl-Erdgas Überwachung	§ 16 Gewerbeordnung
1970	Hausbrand Industrie, Kfz	SO <sub>2</sub> , CO, Staub, NO <sub>x</sub>	Kohle-Öl-Erdgas, Verbrennungsverbote, Stand der Technik	BlmschG + BlmschV
1980	Hausbrand Industrie, Kfz	SO <sub>2</sub> , CO, Staub, NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> im Heizöl Katalysator	Smogverordnung
1990	Kfz Hausbrand	SO <sub>2</sub> , CO, Staub NO <sub>x</sub>	Euronormen	Luftreinhalteplan
2000	Kfz	NO <sub>x</sub> , Benzol, Russ, PM10	Euronormen besserer »Sprit«	EU-Richtlinien 23. BImSchV
2005	Kfz insb. Lkw	NO <sub>x</sub> PM10 / PM2.5	Motorentwicklung Rußfilter	22. BImSchV Luftreinhalte-/Aktionsplan

große Filterwirkung aus. So hat die Waldluft 200 bis 1.000 mal weniger Staub und Rußpartikel als die Luft in Städten. Auch zeigen sich in innerstädtischen Parkanlagen deutlich geringere Staubbelastungen als in den Bauquartieren. Dies unterstreicht die hohe stadtklimatische Bedeutung von innerstädtischen Grünflächen.

Gemeinsame Eigenschaft sämtlicher Grünflächen ist, dass es sich um Flächen mit nicht versiegeltem Boden handelt, einem Umstand, dem sich konkrete klimatische Auswirkungen zuordnen lassen. Über bebauten, versiegelten Oberflächen verdunsten nur kleinere Wassermengen. Dies ist ein sehr wesentlicher Faktor für den Temperaturüberschuss bebauter Gebiete. Die Abflussbeiwerte der versiegelten Flächen liegen bei über 90% des Niederschlagswassers. Der Einfluss der zur Verdunstung nicht zur Verfügung stehenden Wassermengen auf die Lufterwärmung wird durch folgenden

Vergleich deutlich: Zur Verdampfung von 1 l Wasser sind bei normalem Luftdruck ca. 2.250 kJ erforderlich. Mit dieser entzogenen Wärmemenge können aber 100 m<sup>3</sup> Luft um 18 Grad abgekühlt werden.

Vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels ist es notwendig in den Städten geeignete Maßnahmen zur Anpassung und zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ergreifen. Für den Stadtplanung bedeutet dies, dass man den Grünanteil in den Städten verstärken sollte, dies kann geschehen durch öffentliche Grünflächen und Parks, Straßenbäume und anderes Straßenbegleitgrün sowie begrünte Gleisanlagen (Abb. 3.1.1-8), aber auch durch Festsetzungen in den Bebauungsplänen, die sicherstellen, dass der Grünanteil auf privaten Grundstücken erhöht wird. Beispiele hierzu sind Dachbegrünungen bei Flachdächern und Garagen (Abb. 3.1.1-9), Rasensteine bei Parkplätzen sowie Pflanzzwang und



Abb. 3.1.1-8: Begrünte Gleisanlagen der Stadtbahn in Stuttgart.



Abb. 3.1.1-9: Dachbegrünung in Stuttgart.

Pflanzbindung von Bäumen. Ein hoher Anteil von Vegetation wirkt nicht nur dem Wärmeinseleffekt entgegen, sondern bindet auch Niederschlagswasser und ist deshalb ein praktizierter Hochwasserschutz. Der ästhetische Effekt von Grünflächen in der Stadt ist ein weiterer positiver Gesichtspunkt (BAUMÜLLER et.al. 2007).

Mit Blick auf den planerischen Handlungsbedarf sollten folgende Ziele klimagerechter Planung verfolgt werden:

- Verbesserung der Aufenthaltsbedingungen bzgl. des Behaglichkeitsklimas / Bioklimas
- Verbesserung der Siedlungsdurchlüftung
- Förderung der Frischluftzufuhr durch lokale Windsysteme
- Verminderung der Freisetzung von Luftschadstoffen und Treibhausgasen
- Ermittlung und sachgerechte Bewertung vorhandener oder zu erwartender Belastungen und
- Sachgerechte Reaktion auf Belastungssituationen durch Anpassung von Nutzungskonzepten

Da die Ausbildung des Stadtklimas überwiegend auf der Umwandlung von Vegetationsflächen zur gebauten Stadt beruht, liegt in der Erhaltung und Wiedergewinnung der natürlichen Vegetation ein Schwerpunkt klimagerechter Stadtplanung.

Die Ventilation der Städte muss ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Stadtplanung werden, sowohl im Hinblick auf das Bioklima, als auch auf die Lufthygiene. Ventilationsbahnen in Bezug auf die Hauptwindrichtungen sind deshalb zu erhalten oder zu schaffen. Beim Vorhandensein lokaler Windsysteme wie Berg-Talwind- oder Land-Seewind-Zirkulation müssen diese eine wichtige Planungsgrundlage sein.

Die Luftqualität in unseren Städten ist zum Teil immer noch zu schlecht. Maßnahmen zur Luftreinhaltung bieten die Möglichkeit, als Synergieeffekt auch CO<sub>2</sub> einzusparen. Hierzu gehören Maßnahmen wie der Ausbau des Öffentlichen Nahverkehrs und Reduktion des Autoverkehrs evtl. unterstützt durch eine City-Maut, wie in London und Stockholm schon praktiziert, Verflüssigung des Autoverkehrs in Verbindung mit Geschwindigkeitsbeschränkungen, Sanierung von Gebäuden mit dem Ziel den Energiestandard zu verbessern und somit neben Energie auch Emissionen einzusparen.

Zahlreiche Städte haben in den vergangenen Jahren Klimaschutzkonzepte erarbeitet mit dem Ziel die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Mit Bezug zur Stadtplanung sind insbesondere zu nennen:

- verkehrsreduzierende Bauleitplanung
- Förderung des Radverkehrs
- Städtische Parkraumkonzepte
- Siedlungsstrukturelle Maßnahmen
- Energiebewusste Bauleitplanung

- Förderung der Niedrigenergiehausbauweise
- Förderung der Nahwärmeversorgung aus Blockheizkraftwerken
- Planung von Standorten für Windenergieanlagen

Anpassungsstrategien an den Klimawandel sind in den Städten derzeit nur ansatzweise vorhanden. Unterstützung durch die Ministerien fand u.a. statt in KlimaMORO und KlimaExwost Projekten und Handlungsleitfäden wie HANDBUCH STADTKLIMA (2011).

### **Energiesparende Bauten**

Durch die ansteigenden Temperaturen in den Städten wird auch in Europa die Klimatisierung in Gebäuden zunehmen, wie sie z.B. in anderen warmen Ländern schon üblich ist. Die Kühlung der Räume wird derzeit überwiegend mit elektrischer Energie betrieben. Bei dem in Bezug auf die eingesetzte Primärenergie schlechte Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung, verstärkt dies beim Einsatz von fossilen Brennstoffen den CO<sub>2</sub> Ausstoß. Es muss deshalb gelingen, die Klimatisierung (Heizung und Kühlung) möglichst mit regenerativ erzeugter Energie bzw. Strom zu leisten. Noch besser ist es durch intelligente Gebäudeplanung den erforderlichen Energieverbrauch zu minimieren beispielsweise durch erhöhte Wärmedämmung und geschickter Solararchitektur (z.B. Passivhaus) und Sonnenschutz im Sommer. Der noch notwendige Energiebedarf kann dann leichter alternativ gedeckt werden.

### **Schlussbetrachtung**

Da sehr viele Menschen in den Städten leben, wird die Betroffenheit durch den Klimawandel dort besonders spürbar werden. Im Vordergrund stehen hier die bioklimatischen Auswirkungen, die sowohl bezüglich der Planung von Gebäuden aber auch der gesamten Stadt neue angepasste Konzepte erfordern. Daneben sollten aber in Städten, als eine der Hauptquellen für CO<sub>2</sub>-Emissionen, auch Maßnahmen zur Reduktion von CO<sub>2</sub> mit hoher Priorität vollzogen werden.

Wirksamer Klimaschutz verlangt von allen Beteiligten Anstrengungen, auch in finanzieller Hinsicht, Maßnahmenkonzepte nicht nur zu entwickeln sondern auch umzusetzen. Hier besteht noch ein erheblicher Nachholbedarf, wobei man sich im Klaren sein muss, dass ein Klimaschutz in den Städten nicht zum Nulltarif zu haben ist.

### **Literatur**

- BauGB (2013): Baugesetzbuch in der Fassung von 2004 zuletzt geändert durch Art 1 G v. 11.6.2013 1548.  
BAUMÜLLER J., REUTER U. HOFFMANN U. & H. ESSWEIN (2008): Klimaatlas Region Stuttgart, Hrsg.: Verband Region Stuttgart, Schriftenreihe Nr. 26.



- BAUMÜLLER J., HOFFMANN U., REUTER U. (2007): Städtebauliche Klimafibel – Hinweise für die Bauleitplanung – (Hrsg. Innenministerium Baden-Württemberg), <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de>.
- BRANDT K. (2006): Die ökonomische Bewertung des Stadtklimas am Beispiel der Stadt Essen, Essener Ökologische Schriften, Band 25. 112 S.
- DAS (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bundesregierung Deutschland.
- HANDBUCH STADTKLIMA (2011): Hrsg.: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- HUPFER P. & W. KUTTTLER (Hrsg.) (2006): Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie, 12. Auflage. 371-432, Teubner Verlag Wiesbaden. 554 S.
- HELBIG A., BAUMÜLLER J. & M. J. KERSCHGENS (Hrsg) (1999): Stadtklima und Luftreinhaltung, Springer Verlag. 467 S.
- IPCC (2013/14): Intergovernmental Panel on Climate Change, 5th Assessment Report (AR5), <http://www.ipcc.ch/>
- KRATZER P. A. (1937): Das Stadtklima, 2.Auflage 1956. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig. 184 S.
- KUTTLER W. (2010): Urbanes Klima Teil 1+2, Gefahrstoffe-Reinhalte der Luft Nr. 7,8,9.
- LAM CY. (2006), On climate changes brought about by urban living, Vortrag im PGBC Symposium Urban Climate & Urban Greenery, Hongkong.
- MURAKAMI S., (2006) Technology and Policy Instruments for Mitigating the Heat-Island Effect. In: Proceedings von International Workshop on Countermeasures of Urban Heat Islands, Tokio. 280 S.
- OKE T. R. (2003): Boundary Layer Climates, Second edition, Routledge. 435 S.
- ROBEL F., HOFFMANN U. & A. RIEKERT (1978), Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot-Thermographie, Beiträge zur Stadtentwicklung Nr. 15, Landeshauptstadt Stuttgart. 260 S.
- WHO (Hrsg.) (2004): Heatwaves risk and responses, Health and Global Environmental Change Series, No.2. 123 S.
- WHO (1987) Air Quality Guidelines. Global update. 2005. 426 S.

**Kontakt:**

Prof. Dr. Jürgen Baumüller

Universität Stuttgart

[juergen.baumueller@web.de](mailto:juergen.baumueller@web.de)

*Baumüller, J. (2014): Wie verändert sich das Stadtklima. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 3.1.1) - [www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de).*