

# Stadtgrün und Stadtklima

## Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken

Klima und Luftqualität in Städten unterscheiden sich zumeist erheblich von den durchschnittlichen regionalen Bedingungen – und sind zum größten Teil selbst gemacht. Das EU-Forschungsprojekt Benefits of Urban Green Space (BUGS) untersucht mit Hilfe von Modellsimulationen und mittels Messungen, wie man mit Hilfe von innerstädtischem Grün das Kleinklima verbessern kann.



*Sigma-Depositionssammler, aufgestellt in der Mitte des Essener Stadtgartens zur Ermittlung der trockenen Schadstoffdeposition.*  
Foto: AG Klimaforschung

**G**roßräumige Veränderungen in der Energiebilanz unseres Planeten führen zu Verschiebungen und Modifikationen in der atmosphärischen Zirkulation, die unter den Schlagworten Klimawandel oder gar Klimakatastrophe Einzug in unser Bewusstsein gehalten haben. Im Gegensatz zu diesen teilweise zwar sehr drastischen, aber größtenteils auch sehr langsam ablaufenden Prozessen ist der Mensch einem unmittelbaren lokalen Klimawandel ausgesetzt, der unser tägliches Leben begleitet: Durch die Veränderung unserer direkten Umwelt, vor allem in städtischen Verdichtungsräumen, bildet sich in den unteren Luftschichten ein lokal stark differenziertes Klimasystem aus, das als Stadtklima bezeichnet wird.

Typische Phänomene des Stadtklimas sind beispielsweise erhöhte Oberflächen- und Lufttemperaturen insbesondere während der Nachtstunden. Veränderungen der Windströmung durch Gebäude führen sowohl zu Bereichen mit sehr geringer Durchlüftung als auch zu Zonen mit erhöhter Windgeschwindigkeit, die durch Düsenwirkungen in engen Straßendurchschnitten bedingt sind. Erweitert man die rein klimatologische Betrachtung um lufthygienische Aspekte, so lässt sich feststellen, dass der städtische Raum durch erhebliche Konzentrationen von gas- und partikelförmigen Luftschadstoffen gekennzeichnet ist, die im Wesentlichen durch den Kfz-Verkehr hervorgerufen werden. Zusammenfassend lässt sich also feststellen,

dass die Lebensqualität in Städten, und hier vor allem in den dichter besiedelten Bereichen, durch diese Belastungsfaktoren deutlich gemindert wird. Das führt in letzter Konsequenz zu einem Rückzug der Bevölkerung aus diesen Gebieten. Hierdurch ergeben sich weitere Probleme, denn durch die räumliche Trennung von Wohnen und Arbeiten erhöhen sich die Verkehrsströme und die hierdurch erzeugten Emissionen abermals. Ferner machen sich die räumlichen Disparitäten in Form sozialer Clustertypbildung unangenehm bemerkbar.

Vor dem Hintergrund dieser Problematik untersucht das von der Europäischen Union geförderte Forschungsprojekt BUGS (*Benefits of Urban Green Space*, Laufzeit 3/2001 bis 2/2004), inwieweit innerstädtisches Grün als Planungsmittel geeignet ist, die Lebensqualität in Städten wieder herzustellen bzw. zu steigern.

## Das Klima in Städten

Von den vielen Faktoren, die den Lebensraum Stadt ausmachen, sind die hier besprochenen Parameter Klima und Luftqualität natürlich nur Teilaspekte eines viel größeren Gesamtproblems, dessen Betrachtung weit über fachliche und thematische Grenzen hinaus geht. Aus diesem Grund ist das Ziel von BUGS, ein interdisziplinäres Bewertungsschema zur Verfügung zu stellen, das trotz der vielen Teilaspekte vor allem die praktische Realisierbarkeit der Verbesserungsvorschläge in den Vordergrund stellt. Das gesamte Forschungsprojekt gliedert sich in zwei Phasen. In der ersten Phase (Jahr 1 und 2) erweitern die insgesamt 6 Projektpartner ihre fachspezifischen Methoden und passen diese der Fragestellung an. In der zweiten Phase (Jahr 3) werden die modifizierten Methoden anhand eines konkreten Fallbeispiels demonstriert. Es wird gezeigt, wie diese Methoden ineinander greifen und wie sie in die Planung integriert werden. Die unterschiedlichen Themenbereiche, die von BUGS angesprochen werden, umfassen neben dem Klein- und Großraumklima unter anderem auch Lärm, Verkehrsströme und damit verbundene Emissionen, Flächennutzung, soziale Aspekte und bürgernahe Planungsmethoden. Eine kom-

plette Übersicht findet sich im Internet unter [www.vito.be/bugs](http://www.vito.be/bugs).

Im vorliegenden Beitrag wird der Teilbereich „Mikroklima“ der Arbeitsgruppe Klimaforschung am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum (<http://klima.geographie.ruhr-uni-bochum.de>) vorgestellt, der sich mit den Auswirkungen von kleinskaliger (also im Bereich von wenigen 100 m) Begrünung auf das Mikroklima beschäftigt.

## Das Arbeitsprogramm „Mikroklima“

Um mehr Grün in den städtischen Raum zu bringen, kann man zwei grundsätzlich verschiedene Strategien verfolgen: zum einen das nachträgliche Anpflanzen von Bäumen oder Büschen innerhalb bereits bestehender Strukturen wie Straßen oder Plätzen, zum anderen das Anlegen von eigenständigen Grünbereichen in Form von Parks im weitesten Sinne. Beide Strategien sind nur sehr bedingt gegeneinander austauschbar und auch in ihrer Wirkung verschieden. Während die Begrünung von bestehenden Strukturen meist mit relativ geringem Aufwand zu bewerkstelligen ist, bedeutet die Anlage von Parks fast immer einen Nutzungswandel der betroffenen Fläche und kann zumeist nur im Rahmen einer großflächig und längerfristig anberaumten Planung realisiert werden. Da sich nur sehr bedingt Aussagen treffen lassen, die für beide Vorgehensweisen gleichermaßen zutreffen, werden im Projekt BUGS die Bereiche „Straßenbegrünung“ und „Park“ voneinander getrennt betrachtet. Im Bereich der Straßenbegrünung war zudem eine Beschränkung der Untersuchungen auf Bäume notwendig, obwohl hier auch andere interessante Alternativen wie z. B. Fassaden- oder Dachbegrünung in Frage kommen (siehe hierzu u. a. THÖNNESSEN & WERNER 1996, SKINNER & BRUSE 2000).

Das Arbeitsprogramm der Arbeitsgruppe Klimaforschung im BUGS-Projekt umfasst sowohl mikroskalige Klima- und Depositionsmessungen als auch numerische Computersimulationen, wobei die Messungen zur Qualitätssicherung des Computermodells ENVI-met ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com), BRUSE & FLEER 1998) herangezogen werden, da die anschließenden verallgemeinerten Aussagen ausschließlich aufgrund von Computersimulationen getroffen werden.

## Vegetation und Mikroklima in Städten

Wenn man die Auswirkungen von Vegetation auf das Mikroklima in Städten beschreiben möchte, ist es sinnvoll, zunächst einen Blick auf die ohnehin schon komplizierten physikalischen Zusammenhänge

des städtischen Mikroklimas ohne Vegetation zu werfen: Durch die fehlende Verdunstung und das gute Wärmespeichervermögen der Versiegelungsmaterialien wird ein großer Teil der Sonneneinstrahlung während des Tages in Wärmeenergie umgewandelt und im Inneren der Bausubstanz und Straßen gespeichert. Hierbei erwärmen sich die verschiedenen Oberflächen unterschiedlich stark und können durch ihre Wärmeabstrahlung, oft im Zusammenwirken mit relativ geringen Windgeschwindigkeiten, für ein Hitzegefühl sorgen. Allerdings liegt durch die Bebauung auch ein erheblicher Anteil des städtischen Bodens im Schatten, wodurch sich der Hauptenergieumsatz zum Dachniveau hin verschiebt. In der für den Menschen maßgeblichen Höhe von etwa 1,40 m unterscheidet sich dann die Lufttemperatur nicht erheblich von der Temperatur außerhalb von Städten, oft ist sie sogar niedriger. In der Nacht jedoch, insbesondere bei so genannten Strahlungswetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten, sieht das ganz anders aus: Die während des Tages in den Versiegelungsmaterialien gespeicherte Wärme wird nun langsam freigesetzt und verhindert das Abkühlen der Luft erheblich, man spricht bei diesem Effekt von der städtischen Wärmeinsel (vergleiche z. B. auch KUTTLER 1997). Erschwerend kommt hinzu, dass die dann ohnehin nur sehr schwachen Luftbewegungen durch die Bebauung weiter gebremst werden: Die Luft steht, und gerade bei hochsommerlichen Hitzeperioden wird es unter die-

sen Bedingungen schwer, ein akzeptables Schlafklima in den Häusern zu erreichen. Durch das Anpflanzen von Bäumen ergibt sich die Möglichkeit, an verschiedenen Stellen in diesen Wirkungskomplex einzugreifen. Der offensichtlichste und wirksamste Effekt liegt darin, dass das Kronendach tagsüber die darunter befindlichen Bereiche beschattet und so eine Überhitzung verhindert. Da die Blätter der Bäume so gut wie keine Speichermasse besitzen und zudem einen Teil der absorbierten Strahlung zur Verdunstung von Wasser verbrauchen, läuft man nicht Gefahr, die tagsüber abgefangene Energie nachts nachgeliefert zu bekommen. Im Fall von Parkanlagen kommt hinzu, dass anstelle einer versiegelten Oberfläche dort natürlicher Boden vorhanden ist, der, eine minimale Feuchtigkeit vorausgesetzt, durch die Verdunstungskühlung deutlich kühler bleibt als eine Straßenoberfläche.

Während der Nachtstunden ist die Wirkung der Bäume auf das Mikroklima wesentlich komplexer und das erzielbare Resultat hängt stark von den örtlichen Begebenheiten ab. Grundsätzlich kühlt aufgrund der bereits erwähnten geringen Speichermasse der Blätter verbunden mit der Transpiration das obere Kronendach relativ schnell aus und kühlt auch die umgebende Luft in diesem Bereich. Im Stammraum hingegen verhindert die Baumkrone je nach Baumart und Baumgröße die Auskühlung der Oberfläche und der Luft mehr oder minder stark. So sind beispielsweise Kastanien sehr beliebte Biergartenbäume,

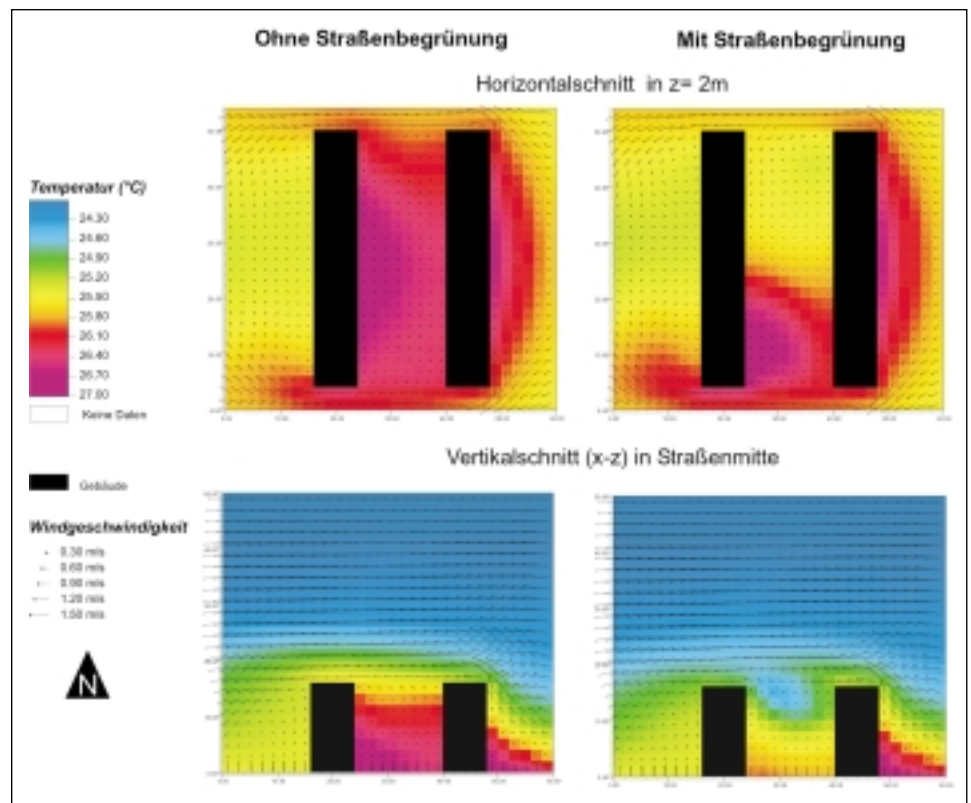


Abb. 1: Simulierte Lufttemperaturen und Windströmung für eine unbegrünte (links) und eine begrünte Straßenschlucht (rechts). Quelle: BRUSE 2002.

weil ihr dichtes Kronendach die Wärmestrahlung des Bodens fast komplett abfängt. Hieraus lässt sich allerdings nicht ableiten, dass es in einer Straße, mit Bäumen nachts grundsätzlich wärmer ist als in vergleichbaren baumlosen Strassen, denn schließlich haben die Bäume tagsüber durch ihre Beschattung die Aufwärmung des Bodens und der angrenzenden Bausubstanz deutlich reduziert. Hier spielen also viele weitere Faktoren eine Rolle, wie beispielsweise die Straßengeometrie und die Ausrichtung der Straßenachse, da hierdurch der maximale Energieeintrag durch die Sonnenstrahlung während des Tages festgelegt wird.

In Grünflächen und Parks ist hingegen zu meist keine wärmespeichernde Bausubstanz vorhanden und die Wärmespeicherung im Boden fällt durch die Verdunstung der Bodenoberfläche auch deutlich geringer aus als zum Beispiel bei einer Asphaltstraße. Hier kann also erwartet werden, dass sich die Luft merklich abkühlt. Computersimulationen und Messungen zeigen allerdings auch, dass der Einflussbereich dieser abgekühlten Luft sehr begrenzt ist und zumeist nicht viel weiter als 50 bis 100 Meter reicht, je nach Struktur der Umgebung. Wer also in den Genuss der kühlen Luft kommen möchte, der muss den Park selber aufsuchen.

## Auswirkungen von Grün auf Luftzirkulation und Luftqualität

Bei der Diskussion über den potentiellen Nutzen von Grün in Städten sind bislang die Auswirkungen auf die Luftzirkulation und damit auf die lokale Luftqualität unbeachtet geblieben. Hier zeichnet sich ein differenzierteres Bild zwischen den Auswirkungen einer Straßenraumbegrünung und den Effekten eines Parks ab. Grundsätzlich sind Bäume aufgrund ihrer relativ großen Blattoberfläche in der Lage Schadstoffe entweder direkt aufzunehmen oder an ihrer Oberfläche zu deponieren. Letzteres ist vor allem für partikelförmige Substanzen interessant, die auch nach den deutlichen Verbesserungen der Motortechnik und Abgasfilterung noch immer ein großes Problem darstellen (EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie 1 mit 1. Tochterrichtlinie, verbindlich ab 1. 1. 2005). Hier sind insbesondere die lungengängigen Partikelgrößen (< PM<sub>10</sub>, d. h. kleiner als 10 µm Durchmesser) zu erwähnen, die eine hohe ökotoxikologische Relevanz besitzen, da sie bis in die feinen Lungenverzweigungen vordringen können und dort potenziell Krebs erzeugend wirken (siehe auch BAUMBACH 1990). Im Gegensatz zu den gröberen Partikeln, deren Ausstoß deutlich zurückging, blieben die Emissionen von feinen Partikeln praktisch unverändert. Zum Teil wurde die Reduzierung der gröberen Partikel sogar mit einer Er-

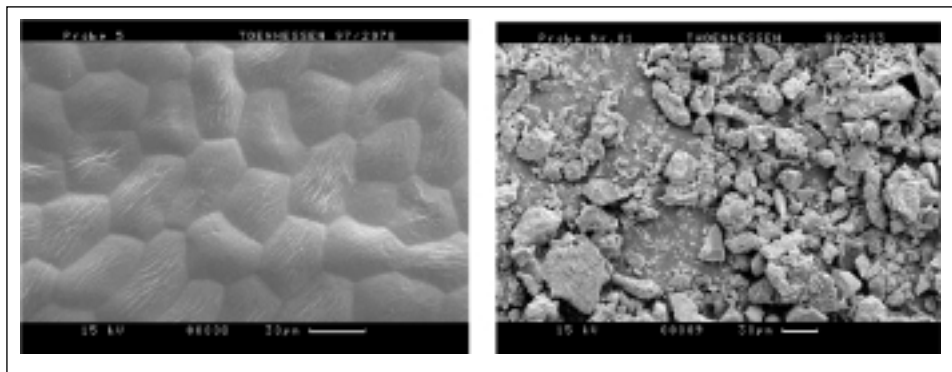


Abb. 2: Rasterelektronische Aufnahme der Blattoberfläche eines sauberen (links) und eines verunreinigten Blattes (rechts), Quelle: THÖNNESSEN 1998.

höhung der Feinstaubemissionen erkaufte (siehe hierzu UMWELTBUNDESAMT 2002).

Der Einfluss von Bäumen auf die Verteilung von gasförmigen Schadstoffen ist hingegen relativ gering und im Wesentlichen auf die Veränderung des Windfeldes durch die abschirmende Wirkung des Blattwerks zurückzuführen. Der aktive Gasaustausch durch die Spaltöffnungen der Blätter ist, mit Ausnahme des CO<sub>2</sub>, mengenmäßig unbedeutend. Abbildung 2 zeigt links die Oberfläche eines sauberen (gereinigten) Blattes und im Vergleich dazu die eines längere Zeit dem Verkehr ausgesetzten Blattes (rechts) aufgenommen von einem Elektronenrastermikroskop an der Universität Köln.

## Straßenbäume und Luftqualität: ein heikles Paar

Der Einfluss von Bäumen auf das lokale Windfeld ist ein kritischer Punkt, der näher betrachtet werden muss: Es ist zwar rich-

tig, dass durch die Blattoberflächen eine Filterung der Luft stattfindet. Allerdings stellt sich die Frage, in welcher Relation die hierdurch entfernte Schadstoffmenge zu der im Stammraum zu beobachtenden Konzentrationserhöhung steht, die durch den reduzierten Luftaustausch hervorgerufen wird.

Eine gute Belüftung, vor allem die vertikale Durchmischung der belasteten mit frischer Luft aus oberen Luftschichten, ist sicherlich die effektivste Methode, Schadstoffe aus dem Straßenraum und damit aus dem für den Menschen relevanten Aufenthaltsraum zu entfernen. Durch das Pflanzen von Straßenbäumen besteht die Gefahr, dass diese Durchlüftung behindert wird. Im Extremfall könnte man sich ein derart dichtes Kronendach vorstellen, dass die Austauschverhältnisse im darunter liegenden Straßenraum denen in einem Tunnel ähneln.

Beurteilt man die Immissionsituation nicht nur anhand der absoluten Belastung, sondern berücksichtigt zudem die Fre-



Querschnitt durch die Straße Nordring in Bochum, die im Projekt BUGS als Beispiel für eine unbegrünte Straßenschlucht untersucht wurde. Foto: AG Klimaforschung

quenz, mit der die lokalen Belastungen auf Fußgänger oder Anwohner wirken (Expositionszeit), so muss festgestellt werden, dass Straßenbäume die durchschnittliche Luftqualität nicht verbessern.

Im besten Fall sind die Baumkronen so vereinzelt, dass sich kein Effekt auf das Windfeld nachweisen lässt. Vor allem eine Verbesserung der lokalen Luftqualität wird sich nicht feststellen lassen. Die Tatsache, dass die emittierten Schadstoffe durch das Kronendach am Ort ihrer Entstehung konzentriert werden, bedeutet natürlich im Umkehrschluss auch, dass sie nicht weiter in die Umgebung abtransportiert werden. Während sich also durch die Begrünung im Straßenraum erhöhte Konzentrationen ergeben, sinkt die Immissionsbelastung abseits der Straße. Allerdings betrifft dieser Rückgang vor allem die höher gelegenen Luftschichten, da sich hier die Vermischung mit der belasteten bodennahen Luft verringert hat.

Die Frage, ob es aus lufthygienischer Sicht sinnvoller ist, die Schadstoffkonzentrationen eher auf wenige Punkte zu reduzieren und dabei lokal hohe Immissionswerte zu riskieren oder ob es besser ist, die Emissionen gleichmäßig zu verteilen, ist eine eher philosophische als eine umweltpolitische Diskussion.

In jedem Fall muss gewährleistet sein, dass die Schadstoffbelastungen an keinem Punkt die kritischen Grenzwerte überschreiten. Diese Prämisse zugunsten von mehr Grün zu ignorieren, wäre unvernünftig. Auf der anderen Seite gibt es natürlich zahlreiche Straßenabschnitte, bei denen die Durchlüftungssituation generell ausreichend ist und bei denen auch Baumreihen aus lufthygienischer Sicht völlig unbedenklich sind.

## Das wirkungsvollere Grün: Parks und andere Grünflächen

Die im vorangehenden Abschnitt dargestellten Bedenken gelten natürlich nur dann, wenn sich unterhalb der Baumkronen Emissionsquellen mit einer signifikanten Quellstärke befinden. Dieses ist auf Plätzen, in Fußgängerzonen und in Grünflächen im Allgemeinen nicht der Fall, so dass man hier zu einer anderen Beurteilung von städtischem Grün hinsichtlich der Luftqualität kommt. Durch eine Verringerung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit kann es hier zu einer erhöhten Sedimentation und Deposition von Partikeln kommen. Dabei unterstützt der unversiegelte Boden in Grünflächen durch seine erhöhte Rauigkeit (Gras, Lehm Boden) diesen Effekt, da einmal deponierte Partikel nicht ohne weiteres wieder freigesetzt werden können, wie es beispielsweise bei glatten Versiegelungsflächen der Fall ist.

Die bei den Straßenbäumen bereits angesprochene Filterwirkung des Blattwerks



*Detailansicht der Station Nordring. Unten sieht man den kombinierten Temperatur-Feuchtemessfühler und oben das Schalenkreuzanemometer und die Windfahne. In dem kleinen Kästchen befindet sich der Logger, in dem die Messdaten digital gespeichert werden.*

*Foto: AG Klimaforschung*

kommt in Parkanlagen aufgrund der größeren Masse besonders zum Tragen. Hier darf man von den Bäumen allerdings nicht zu viel verlangen. Die an den Blättern abgelagerte Masse ist im Vergleich zur durchschnittlich emittierten Gesamtmenge verschwindend gering. Das ist gut so, denn sonst müssten die Bäume bereits nach wenigen Wochen ihre Photosynthese einstellen und wären schwarz statt grün. Die bessere Luftqualität in Parks ist daher im Wesentlichen auf die Abwesenheit von bzw. den Abstand zu Emissionsquellen zurückzuführen.

## Modellsimulationen bei Planungsszenarien

Wie in den vorhergehenden Abschnitten angedeutet, sind Mikroklima und Lufthygiene in Städten ein komplexes Wirkungsgefüge mit zahlreichen Einflussfaktoren. Es ist deswegen nicht möglich, ad hoc zuverlässige Aussagen darüber zu machen, wie sich das Gesamtsystem durch die Veränderung von Komponenten wie zum Beispiel das Pflanzen von Bäumen verändern wird. Man kann zwar mit einer recht hohen Trefferquote generelle Aussagen der Form „ein Park reduziert die Lufttemperatur“ treffen, aber eine genaue Quantifizierung, etwa wie groß der Einfluss eines Parks auf die Lufttemperatur ist, ist nicht möglich.

Wie jedes System, so hat auch der Komplex Vegetation – Klima – Lufthygiene Bereiche, in denen Veränderungen einen hohen Wirkungsgrad erzielen und solche, in denen kaum noch Optimierungsmöglichkeiten bestehen. Eine ökonomisch und ökologisch effiziente Begrünung von städtischen Gebieten ist folglich nur möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht, und man außerdem abschätzen kann, mit welcher Strategie und welchem quantitativen Einsatz ein möglichst hoher Kosten-Nutzen-Quotient erreicht werden kann.

Eine Beurteilung des Handlungsbedarfs, also eine Status-quo-Analyse, ist theoretisch auch durch Messungen vor Ort möglich, wenngleich die Untersuchung größerer Gebiete mit einem erheblichen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden ist. Möchte man jedoch verschiedene Planungsszenarien miteinander und im Hinblick auf den Status-quo vergleichen, so wird der Einsatz numerischer Simulationsmodelle unumgänglich. Mit der Hilfe von Computermodellen ist es allerdings möglich, sehr komplexe Bebauungssituationen zu untersuchen, ohne dass hierfür das untersuchte Gebiet in der Realität existieren muss. Bei diesen Simulationen steht weniger das Berechnen von exakten Einzelwerten – wie zum Beispiel der Lufttemperatur zu einem bestimmten Zeitpunkt – im Vordergrund, sondern vor allem die Abschätzung von relativen Veränderungen zwischen unterschiedlichen Szenarien.

## Das Mikroklimamodell ENVI-met

Das in der Arbeitsgruppe Klimaforschung entwickelte Computermodell ENVI-met (BRUSE & FLEER 1998, [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)), ist ein solches Computermodell, mit dem das Mikroklima und die Luftqualität in städtischen Strukturen berechnet werden kann. Seine physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik (Windfeld), der Thermodynamik (Temperaturberechnungen) und der allgemeinen Atmosphärenphysik (zum Beispiel der Turbulenzprognose). Um eine Stadtstruktur im Modell untersuchen zu können, müssen alle Strukturelemente wie Gebäude, Vegetation oder die verschiedenen Oberflächenarten in einem rechtwinkligen Modellquader zusammengestellt werden. Ähnlich wie beim Bauen mit Legosteinen, werden komplexe Strukturen durch die Kombination von einfachen Bauelementen (z. B. Würfel) nachgestellt. Die so entstandene Modellwelt wird dann numerisch vom Wind durchströmt und von der Sonne beschienen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie durch die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien entwickeln sich im Laufe eines simulierten

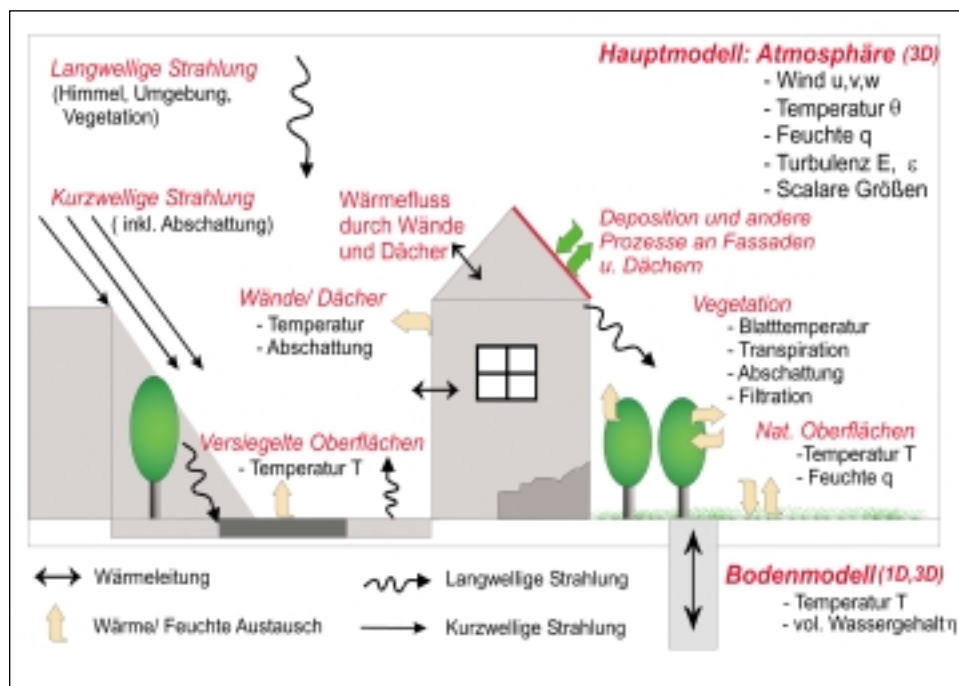


Abb. 3: Aufbau des numerischen Mikroklimamodells ENVI-met. Quelle: BRUSE 1998.

Tages im Modell unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihre Wärme in Abhängigkeit vom Windfeld mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Natürlich berechnet das Modell nicht nur die Temperaturverteilung, sondern auch weitere meteorologische Größen wie die Luftfeuchte, die Turbulenz und – nicht zu vergessen – die Verteilung von Schadstoffen. Ein besonderes Gewicht wird auch auf die Simulation der Vegetation gelegt: Um Wechselwirkungen zwischen der Vegetation und der Atmosphäre realitätsnah simulieren zu können, wird das physiologische Verhalten der Pflanzen einschließlich des Photosyntheszyklus und der  $\text{CO}_2$ -Atmung nachgebildet. Hierdurch kann nicht nur das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen zur Steuerung des Wasserdampfaustausches mit der Umwelt, sondern auch die Änderung der Blattoberflächentemperatur im Laufe des Tages oder die Aufnahme von Schadgasen durch die Pflanzen simuliert werden. Abbildung 3 zeigt schematisch den Aufbau des Modells mit den unterschiedlichen Teilmodulen und deren Zusammenwirken.

## Ein Beispiel für Modellergebnisse

Wenn man sich vor Augen hält, dass alleine im dreidimensionalen Modell der Atmosphäre der Tagesgang von 43 verschiedenen Variablen an jedem Punkt des Modells berechnet wird, ist es verständlich, dass man sich bei der Auswertung und Darstellung der Modellergebnisse auf einige Einzelaspekte beschränken muss. Im Folgenden soll daher an einem einfachen Beispiel illustriert werden, welche Daten

das Modell dem Anwender zur Verfügung stellen kann und welche Aussagen hieraus gezogen werden können.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Lufttemperatur (Farben) und des Windfeldes (schwarze Pfeile) in einer Nord-Süd ausgerichteten Straße ohne Bäume (links) und mit Bäumen (rechts), simuliert für den 23. Juni, 11 Uhr, in Bochum. Die Bäume sind 20 m hoch (übertagen also die 15 m hohen Gebäude), besitzen einen 2 m hohen blattfreien Stammraum und füllen im begrüneten Szenario die gesamte Straßenbreite bis kurz vor den Häuserfassaden aus. Die oberen Abbildungen zeigen eine Aufsicht auf die Straße aus der Vogelperspektive (Horizontalschnitt), wobei die Lufttemperatur

## Zusammenfassung

Mikroklima und Luftqualität in Städten können durch eine angemessene Stadtplanung in hohem Maße positiv beeinflusst werden. Vor allem durch die Planung von Grünanlagen kann hierbei die Lebensqualität in Städten gesteigert werden. Das EU Forschungsprojekt Benefits of Urban Green Space untersucht hierbei unter anderem die Auswirkungen von urbanem Grün auf das Klima und die Luftqualität. Hierbei kommen sowohl Messungen als auch Simulationen mit dem numerischen Modell ENVI-met zum Einsatz. Hierbei zeigt sich, dass mehr Grün in Städten nicht unbedingt auch lokal zu einer Verbesserung der Situation führen muss, wenn man die Betrachtung auf Einzelaspekte des Wirkungsgefüges Stadtklima wie die Luftqualität konzentriert.

und das Windfeld in zwei Meter Höhe eingezeichnet sind. Die unteren Abbildungen zeigen einen Vertikalschnitt durch die Straßenschlucht, positioniert auf der Hälfte der Straßenschlucht.

Deutlich sieht man im Horizontalschnitt die reduzierte Lufttemperatur (gelbe Bereiche) im nördlichen Bereich der Straße. Im Vertikalschnitt kann man besonders im Bereich der Baumkronen die Verringerung der Lufttemperatur (blaue Bereiche) beobachten, die sich, wenn auch weniger stark, bis zum Boden bemerkbar macht. Die Abschattung durch die Bäume macht sich vor allem auch in den bodennahen Bereichen auf der westlichen Straßenseite bemerkbar, wo die Lufttemperatur um ca. 2 Kelvin reduziert wird. Obwohl eine Reduzierung um 2 Kelvin auf den ersten Blick wenig erscheint, wird die Straßenschlucht für die Passanten subjektiv wesentlich kühler, da die direkte Sonnenstrahlung das Wärmeempfinden erheblich stärker beeinflusst, als die reine Lufttemperatur dieses zum Ausdruck bringt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der „gefühlten Temperatur“.

## Literatur

- BAUMBACH, G. (1990): Luftreinhaltung. Entstehung, Ausbreitung und Wirkung von Luftverunreinigungen – Messtechnik, Emissionsminderung und Vorschriften, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.
- BRUSE, M. & FLEER, H. (1998): Simulating surface-plant air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, Environmental Modelling and Software, 13, 373–384.
- SKINNER, C. & BRUSE, M. (2000): Rooftop greening and local climate: A case study in Melbourne, in: Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium, WMO, 21–25.
- THÖNNESSEN, M. & WERNER, W. (1996): Die fassadenbegrünende Dreispitzige Jungfernerbe als Akkumulationsindikator. Verteilung von Schwermetallen in Stadtstraßen unterschiedlicher Bebauungsstruktur. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56: 351–357.
- UMWELTBUNDESAMT (2002): Daten und Fakten zur Emissionssituation: Staub, [www.umweltbundesamt.de/luft/emissionen/situation-de/schadstoffe/staub/index.htm](http://www.umweltbundesamt.de/luft/emissionen/situation-de/schadstoffe/staub/index.htm).
- KUTTLER, W. (1997): Bewertungsmaßstäbe für Stadtklima und Lufthygiene, Geographische Rundschau, Heft 10, S. 576–582.

## Anschrift des Verfassers

Dr. Michael Bruse  
Geographisches Institut der  
Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstraße 150  
44780 Bochum  
E-Mail:  
[michael.bruse@ruhr-uni-bochum.de](mailto:michael.bruse@ruhr-uni-bochum.de)  
Internet:  
[www.geographie.ruhr-uni-bochum.de](http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de)