
VDI BERICHTE 1330

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

VDI-GESELLSCHAFT ENERGIETECHNIK

UMWELT- UND KLIMABEEINFLUSSUNG DURCH DEN MENSCHEN IV

Möglichkeiten der Einflußnahme auf das Stadtklima

Dr. rer. nat. **A.-B. Barlag**, Essen

1. Einleitung

Unter dem Begriff Stadtklima wird eine auf den lokalen bzw. regionalen Bereich bezogene anthropogene Klimabeeinflussung verstanden, durch die urban-industrielle Gebiete weltweit charakterisiert werden.

Eingebettet in die verschiedenen Makroklimata lassen sich - trotz modifizierender Prägung durch die globale klimatische Vielfalt - die grundsätzlichen stadtklimatischen Eigenschaften auf gemeinsam auftretende Ursachen zurückführen. Diese sind begründet in

- der Bebauung und Versiegelung der urbanen Erdoberfläche,
- der Reduzierung der mit Vegetation bestandenen Flächen sowie
- der physikochemischen Veränderung der Stadtatmosphäre.

Aus den genannten Faktoren können bevorzugt während austauscharmer Strahlungswetterlagen human-bioklimatische Belastungen resultieren, die sowohl den thermischen, als auch den lufthygienischen Wirkungskomplex betreffen.

Die stadtklimatischen Auswirkungen stehen in Abhängigkeit von der Klimazone in der sich eine Stadt befindet. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die mittleren Breiten.

Stadtklimatologen, Stadtplanern und Architekten kommt die Aufgabe zu, mit geeigneten Mitteln die negativen Eigenschaften des Stadtklimas über flächenbezogene, verkehrs- und objektorientierte Planungen zu minimieren.

Dabei kann auf gesetzliche Vorgaben zurückgegriffen werden. Maßnahmen der Flächenplanung werden z. B. durch das BAUGESETZBUCH /1/ und durch das UVP-GESETZ /2/ rechtlich gestützt. Klimaverbessernde und emissionsmindernde Maßnahmen bei Verkehrs- und Objektplanungen sind in entsprechenden Verordnungen wie z. B. der 23. BImSchV /3/ oder der 3. WÄRMESCHUTZVERORDNUNG /4/ verankert.

2. Handlungsfelder der anwendungsorientierten Stadtklimatologie

Die kompakt gestalteten Bebauungsstrukturen sowie die darin ablaufenden menschlichen Aktivitäten rufen im Vergleich zum unbebauten Umland vielseitige urbane Klimamodifikationen hervor, die in KUTTNER /5/ beschrieben werden. Aus den Ursachen, die zur Ausbildung des Stadtklimas führen, lassen sich stadtplanerische Ansätze zur Minimierung von Negativerscheinungen ableiten.

Ein Handlungsfeld der anwendungsorientierten Stadtklimatologie, das der indirekten klimatischen Einflußnahme zuzuordnen ist, liegt z. B. in der Auflockerung der Gebäudestruktur. Über flächenbezogene Maßnahmen kann durch Schaffung bzw. Sicherung von klimarelevanten Freiflächen diesem Ansatz entsprochen werden. Anforderungen an klimarelevante Freiflächen beziehen sich auf eine Angleichung der Strahlungs- und Energiebilanzen an diejenigen des Umlandes, auf die Verbesserung der Ventilationsverhältnisse sowie auf eine Reduzierung der urbanen Luftbelastung. Je nach Beschaffenheit eines nicht bebauten Areals in Hinblick auf Versiegelung, Rauigkeit, Vegetationsstruktur und Größe kommt derartigen Bereichen eine mehr oder minder ausgeprägte Klimarelevanz zu. Als Freiflächen mit einer vielseitigen Klimafunktion gelten vor allem Grünanlagen. Unversiegelte und mit Vegetation bestandene Areale weisen im Gegensatz zu anderen Oberflächentypen ein geringeres Wärmespeichervermögen sowie eine erhöhte Evapotranspiration auf und können somit ein günstiges Bioklima erzeugen sowie zur Kaltluftbildung beitragen. Die bei aufgelockerter Vegetationsstruktur bestehende geringe Rauigkeit dieser Freiflächen setzt dem bis zum Bodenniveau durchgreifenden Gradientwind sowie Kaltluftflüssen niedrige aerodynamische Strömungswiderstände entgegen, so daß die städtische Ventilation insbesondere während windschwacher Wetterlagen aufrechterhalten bleibt. Zusätzlich filtern Vegetationsstrukturen Spurenstoffe aus der Luft. Unter der Voraussetzung einer klimagerechten Gestaltung kann Grünflächen folglich eine hohe meliorierende Wirkung in bezug auf das Stadtklima zugesprochen werden.

Als Quellen anthropogener Luftverunreinigungen gelten Kfz-Verkehr, Hausbrand und Industrie. Insbesondere die erstgenannten Spurenstoffquellen treten konzentriert in Städten auf und sind als bodennahe Emittenten zum Hauptverursacher urbaner Luftbelastungen geworden. Hier bestehen Ansätze zu direkt gesteuerten stadtklimatologischen Handlungsfeldern, die sich auf Szenarien zur Lenkung des Kfz-Verkehrs sowie auf regulierende Eingriffe bei der Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden stützen.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf ein stadtplanerisches Instrumentarium, das die Steigerung der klimameliorierenden Effekte urbaner Grünflächen und die Möglichkeiten emissionsmindernder Maßnahmen im Bereich Kfz-Verkehr und Gebäudebetrieb zum Inhalt hat.

3. Zur Bedeutung urbaner Grünflächen für das Stadtklima

Grünflächenplanung erstreckt sich auf innerstädtische und am Stadtrand gelegene Areale, deren Wirkungen entweder auf die Fläche selbst beschränkt bleiben oder über das Areal hinaus gehen können (Fernwirkung). Aus stadtklimatischer Sicht sind vor allem Grünflächen mit Auswirkungen auf die umgebende Bebauung von Interesse.

Innerstädtische Grünflächen

Nach HORBERT et al. /6/ wird die Fernwirkung einer innerstädtischen Grünanlage in die Bebauung hinein durch die Zusammensetzung des Vegetationsbestandes, durch die Übergangsstrukturen und durch die Größe der Grünanlage bestimmt. In Hinblick auf die vielfältigen Klimafunktionen, die eine urbane Grünfläche erfüllen kann, ist eine Vegetationsstruktur mit kurzgehaltener Wiese, einzelnen großkronigen Baumgruppen im Innenbereich und nicht zu dicht gesetzter Strauchvegetation am Außenrand zu empfehlen. Diese Vegetationsstruktur ("Savannentyp") weist zwei Vorteile auf: Tagsüber erfolgt eine Beschattung durch Bäume, die für Abkühlung sorgt. Nachts werden über den Grasflächen durch maximale Ausstrahlung niedrige Temperaturen erreicht, so daß Kaltluft gebildet wird. Die locker besetzte Randzone ermöglicht nachts das Übertreten von Kaltluft in die wärmere Umgebung und erschwert am Tage das Eindringen von spurenstoffbelasteter Luft in die Grünanlage hinein. Als ungünstige Standorte für Grünflächen erweisen sich Muldenlagen, da die nachts gebildete Kaltluft nicht ohne gradientbedingten Antrieb in die höher gelegene Umgebung transportiert wird.

HORBERT /7/ schreibt innerstädtischen Grünanlagen, die kleiner als 50 ha sind, keine Fernwirkung zu. Es muß daher nach Möglichkeiten gesucht werden, dem Mangel an stadtklimarelevanten Freiflächen innerhalb urbaner Räume entgegenzutreten.

Vernetzung innerstädtischer Grünflächen

Der durch urbane Verdichtung hervorgerufenen Verkleinerung und Verinselung innerstädtischer Grünflächen kann durch Vernetzung einzelner Freiflächen zu einem innerstädtischen Verbundsystem entgegengewirkt werden. Die Ausweisung von Nutzungstypen, die unter die Erde verlegt werden können (Sammelgaragen, Straßen) sowie die Identifizierung von Flä-

chen, deren Nutzungsintensität sich im Laufe der Zeit verändert hat und somit deren bisherige Oberflächenbedeckung nicht mehr benötigt wird, bilden ein großes Potential an begrünungsfähigen Arealen. Industriebrachen und ungenutzte Bahnlinien stellen großflächige Rückbaumöglichkeiten dar, wobei auch Wasserflächen wegen ihrer günstigen Auswirkungen auf das Umgebungsklima mit in die Planung der Vernetzung klimawirksamer Freiflächen einbezogen werden sollten /8/.

Aber auch im kleinräumigen Bereich kann der städtische Grünflächenanteil erhöht werden. Innerhalb dichter Wohnbebauung (vorrangig Zeilen- und Randbebauung) bieten überdimensionierte Aufenthaltsplätze, starke Innenhofversiegelungen, hohe Kfz-Stellplatzanteile und verkehrstechnische "Übererschließungen" eine Vielzahl von Rückbaumöglichkeiten, die mit Hilfe verschiedener Maßnahmen erfolgen können /9/. Durch Abschattungen großkroniger Bäume wird z. B. die strahlungsbedingte Erhitzung von Oberflächen wärmespeichernder Materialien verringert. Wo durch die Gebäudekonfiguration Baumanpflanzungen die Belüftungsverhältnisse zu sehr einschränken würden (z. B. in engen Straßen oder Innenhöfen), bieten sich Hausbegrünungen an. Hausbegrünungen können sowohl für Fassaden als auch für Dächer mit einer Neigung bis zu 35° empfohlen werden. Mit geeigneten Pflanzen kann ein Gebäudebewuchs erzielt werden, dessen Gesamtblattoberfläche etwa ein 10-faches der entsprechenden Hauswand einnimmt und die Blattoberfläche spezieller Gräser für Dachbegrünungssysteme 100mal so groß ist wie das Dach selbst. Unter Verwendung derartiger Vegetationsstrukturen sind positive Auswirkungen auf das Stadtklima bereits bei einem begrünten Anteil von 5 % bis 10 % aller vertikalen, geneigten und horizontalen Gebäudeflächen eines Siedlungsraumes nachweisbar /10/.

Grünflächen in Stadtrandlage

Da innerstädtischen Grünflächen in Hinblick auf Größe und Lage zwischen kompakten Gebäudestrukturen eine stadtklimarelevante Fernwirkung eher selten zugeschrieben werden kann, müssen Anstrengungen unternommen werden, das Stadtklima auch von außen zu steuern. Grünflächen am Stadtrand kommen während das Stadtklima belastender windschwacher Strahlungswetterlagen insbesondere als Kaltluftproduktionsgebiete große Bedeutung zu, wobei die Flächennutzung für die Erfüllung dieser Klimafunktion ausschlaggebend ist. Wiesen- und Weidenareale stellen gute Kaltluftproduzenten dar /11/, darüber hinaus weisen auch Waldareale ein hohes Kaltluftbildungspotential auf /12/.

Die von diesen Flächen abfließenden Kaltluftströme können vom übergeordneten Strömungsregime abgekoppelte Zirkulationssysteme im mikro- und mesoskaligen Bereich her-

vorrufen, deren Belüftungsfunktion für urbane Bereiche während Zeiten schwacher, nicht mehr bis ins Bodenniveau durchgreifender Gradientwinde, seit längerem erforscht werden. In Städten mit reliefiertem Terrain werden Kaltluftflüsse gravitativ erzeugt, deren Auswirkungen auf das Stadtklima u. a. von BARLAG /13/ untersucht wurden. Flurwinde, hervorgerufen durch den Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland, steuern dagegen die Kaltluftdynamik in Städten mit ebenem Gelände /14/.

Je nach Größe des Kaltluftvolumens können urbane Bereiche unterschiedlichster Ausdehnung durch diese Zirkulationssysteme ventiliert werden. Abb. 1 stellt - zeitlich differenziert - indirekt die Wirkung von Kaltluftabflüssen auf den nächtlichen Wärmeinseleffekt einer Mittelstadt in Tallage dar. In der ersten Nachthälfte kommt die starke Beeinflussung der Bebauung auf das bodennahe Temperaturfeld zum Ausdruck, wie der steile Anstieg der Regressionsfläche mit zunehmender Versiegelung belegt. In der zweiten Nachthälfte ist dagegen der auf der Talsohle (160 m bis 190 m NN) gelegene hochversiegelte Stadtkern wesentlich kühler als die Lufttemperatur auf den unversiegelten Talhängen.



