

Bedeutung eines stadtklimatologischen Gutachtens für die Stadtplanung und Stadtentwicklung

J. Jacobeit

Lehrstuhl für Physische Geographie der Universität Augsburg

Importance of an Expertise on Urban Climatology for Town Planning and Development

Aspects of urban climatology relevant to urban planning are given in respect of quality of the atmosphere and urban climate modification. This paper deals with the spatial evaluation of emission and incidence of air pollution, local conditions of air flow and diffusion, climatic effects of different surface types and conditions of urban ventilation.

Key words

Quality of the atmosphere – Diffusion – Surface types – Ventilation

Zusammenfassung

Planungsrelevante Aspekte der Stadtklimatologie ergeben sich auf den Gebieten der Lufthygiene und der urbanen Klimamodifikation. Es wird eingegangen auf die räumlich differenzierte Erfassung von Emissionen und Immissionen, auf ortsspezifische Wind- und Ausbreitungsverhältnisse, die klimatische Wirksamkeit unterschiedlicher Oberflächenbedeckungsarten und stadtspezifische Ventilationsbedingungen.

1. Einleitung

Die planerische Gestaltung und Weiterentwicklung unserer städtischen Lebensräume hat in jüngerer Zeit auch Aspekte einzubeziehen begonnen, die schon seit längerem im Rahmen der sog. Stadtklimatologie behandelt und grundlegend erforscht werden. Es handelt sich dabei um zwei umweltrelevante und für unsere Lebensqualität bedeutsame Themenbereiche, nämlich zum einen um lufthygienische Aspekte, die aus der anthropogenen Freisetzung von Schadstoffen und der dadurch veränderten Zusammensetzung der Stadtluft erwachsen, zum anderen um Aspekte der urbanen Klimamodifikation, also der vielfach differenzierten Abwandlung des natürlichen Klimas unter dem Einfluß städtischer Baukörperstrukturen. Beiden Bereichen gebührt ein angemessener Stellenwert im politischen Handeln (etwa in der Standort- und Flächennutzungsplanung), der in gutachterlichen Tätigkeiten auch verstärkt geltend gemacht wird. Einige der wichtigsten anwendungsbezogenen Gesichtspunkte sollen im folgenden kurz erläutert werden.

2. Lufthygienische Bedeutung

Erster Schritt einer lufthygienischen Beurteilung städtischer Lebensräume wird die quantitative Erfassung des Schadstoffausstoßes in sog. Emissionskatastern sein, wobei dreierlei Zielvorgaben maßgeblich sind: i) Eine möglichst

umfangreiche Erfassung emittierter Substanzen, die neben verbreiteten Leitschadstoffen wie Schwefeldioxid oder Stickoxiden auch branchenspezifische Verbindungen beinhalten sollte, denen oftmals selbst bei geringen Absolutmengen und räumlich begrenzter Ausstoßverbreitung großes Gewicht für die Luftqualität zukommt (z. B. kanzerogene Kohlenwasserstoffe oder Nickelverbindungen). ii) Möglichst adäquate Quantifizierungen bei den verschiedenen Verursachergruppen; so sind bei großbetriebsspezifischen Ausstoßbedingungen Messungen der tatsächlichen Emissionsmassenströme angezeigt, während in Bereichen zahlreicher Einzelverursacher (Verkehr, Hausbrand) mit rechnerischen Näherungen über sog. Emissionsfaktoren gearbeitet werden muß. iii) Eine möglichst hohe räumliche Auflösung aller Emissionen, da gerade für stadtplanerische Belange nicht nur der Einzelvergleich mit Ausstoßgrenzwerten von Bedeutung ist, wie sie z. B. in der Großfeuerungsanlagenverordnung niedergelegt sind, sondern vor allem auch die räumliche Emissionsverteilung in ihrer Ausweisung besonderer Schwerpunktgebiete; dabei erweisen sich differenzierende Raumeinheiten als vorteilhaft, die nicht auf schematischen Rasterquadraten beruhen, sondern auf planungsbezogenen Einteilungen z. B. in einzelne Baublöcke (Jacobeit 1986).

Vom initialen Schadstoffausstoß, der Emission, zu unterscheiden ist die sog. Immission, das direkte Schadstoffeinwirken auf die (belebte und unbelebte) Umwelt. Dabei sind nun nicht nur emittierte Schadstoffe wirksam, sondern auch solche, die sich erst in Wechselwirkung anderer Substanzen sekundär bilden. Bekanntestes Beispiel dafür ist

Tab. 1 Prozentuale Auftretshäufigkeiten von Winden aus den Sektoren „SW“ (230–270 °) und „NE“ (50–90 °), differenziert nach Ausbreitungsklassen von *Klug/Manier* (Wetterdienststation Augsburg-Mühlhausen, Zeitraum 1980–1988)

	sehr stabil	stabil	indifferent, leicht stabil	indifferent, leicht labil	labil	sehr labil
SW	0,92	2,66	13,05	2,80	1,00	0,57
NE	2,33	2,51	2,99	1,76	0,93	0,68

das bodennahe Ozon, das bevorzugt in den Sommermonaten bei starker Sonneneinstrahlung unter Beteiligung von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen photochemisch entsteht. Die Immissionsituation wird von den für Umweltschutz zuständigen Landesbehörden meßtechnisch kontinuierlich erfaßt, wobei die in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) niedergelegten allgemeinen Verwaltungsvorschriften zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vereinheitlichte Verfahren zur Ermittlung von Immissionskenngrößen und Immissions(grenz)werte zum Schutz vor Gesundheitsgefahren bzw. erheblichen Nachteilen und Belästigungen festlegen. Abgesehen davon, daß es bei der Interaktion vielfältiger Schadstoffe prinzipiell problemhaft bleibt, verlässliche Grenzwerte der Risikofreiheit für einzelne Komponenten zu bestimmen, erscheint vor allem der Grenzwert für kurzzeitige Belastungen in Gestalt eines 98%-Summenhäufigkeitswertes als unzureichend, erlaubt er doch im Laufe eines längeren Zeitraums immer noch bei bis zu 2% aller Einzelmessungen sogar ein beliebiges Überschreiten des angegebenen Wertes, das impliziert auf Jahresbasis selbst eine 1wöchige Smogperiode extrem gesteigerter Immissionskonzentrationen. Die besonderen Verhältnisse bei Spitzenbelastungen sind jedoch lufthygienisch von höchster Bedeutsamkeit und detailliert untersuchungsbedürftig (*Reinhold und Pfannkuch* 1988).

Weiterhin besteht gerade für stadtplanerische Belange die Notwendigkeit, genauere räumliche Verteilungen der Immissionsbelastung zu kennen, als sie durch meist nur wenige punktuelle Meßstationen geliefert werden können. Hierbei steht dem Stadtklimatologen neben Methoden der Bioindikation (z. B. epiphytischer Flechtenbewuchs als indirektes Maß der Luftgüte) vor allem die Möglichkeit der Modellsimulation in sog. Ausbreitungsberechnungen zur Verfügung. Die zwischen Emission und Immission stattfindende Ausbreitung hängt neben verschiedenen Ausstoßgrößen wie Quellhöhe und Rauchfahnenüberhöhung vor allem von den Wind- und Durchmischungsverhältnissen ab und gestattet bei Kenntnis der emittierten Schadstoffmengen eine flächendeckende Bestimmung der resultierenden Immissionskonzentration in räumlicher Verteilungsdifferenzierung. Dabei werden nicht nur relative Belastungsschwerpunkte erkennbar, sondern im Vergleich mit den teils abweichenden Emissionsverteilungen auch bevorzugte Verfrachtungsbahnen der freigesetzten Schadstoffe (*Jacobeit* 1986).

Allerdings sollten bei planerischen Standortentscheidungen nicht nur die mittleren oder häufigsten Ausbreitungsbedingungen Berücksichtigung finden, sondern gerade auch solche zwar eher weniger häufiger, aber lufthygienisch um so bedeutenderer Witterungsverhältnisse. Allgemein muß dabei zwischen folgenden Zustandsbedingungen unterschieden werden: bei vorwiegend stabiler vertikaler Temperaturschichtung in der unteren Atmosphäre wird die turbulente Durchmischung der betreffenden Luftschicht sub-

stantiell beeinträchtigt oder ganz unterbunden; im Verein mit den ganz überwiegend damit einhergehenden geringen horizontalen Windgeschwindigkeiten führt dies zu einer lufthygienisch besonders ungünstigen Anreicherung emittierter Schadstoffe in den unteren Luftschichten. Bei vorwiegend labiler vertikaler Temperaturschichtung in der unteren Atmosphäre erfolgt dagegen ihre turbulente Durchmischung, wodurch allerdings aufgrund der ebenfalls vorwiegend geringen Windgeschwindigkeiten eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der Herabmischung von Rauchgasfahnen in größerer Nähe eines Emittentenstandortes entsteht. Erst bei indifferenten vertikalen Temperaturschichtung in der unteren Atmosphäre herrschen wegen der meist höheren Windgeschwindigkeiten lufthygienisch günstige Ausbreitungsverhältnisse vor (*Schultz* 1986).

Ein Beispiel aus dem Augsburger Raum soll die Bedeutung dieser Differenzierung verdeutlichen (*Jacobeit* 1990): Vergleicht man die Auftretshäufigkeiten derartiger Ausbreitungsklassen zwischen dem Hauptwindrichtungssektor „SW“ (230–270 °) und dem entgegengesetzt liegenden Sektor „NE“ (50–90 °), so zeigt sich sehr klar (Tab. 1), daß nur bei den günstigen Ausbreitungsklassen die Hauptwindrichtung dominiert, hingegen bei labilen Bedingungen SW und NE etwa gleich stark vertreten sind und bei sehr stabilen Verhältnissen sogar der nordöstliche Sektor rd. 2,5mal häufiger auftritt als der südwestliche. Insgesamt erweist sich damit der Nordosten als ein denkbar ungeeigneter Großemittentenstandort, da gerade bei relativ ungünstigen Ausbreitungsverhältnissen von dort stadteinwärts gerichtete Strömungen vergleichbar häufig oder sogar wesentlich häufiger auftreten als stadtauswärts gerichtete. Insofern muß der vorgesehene Standort einer Müllverbrennungsanlage im Nordosten von Augsburg unter stadtklimatologischen Gesichtspunkten als planerische Fehlentscheidung eingestuft werden.

Weitere planungsrelevante Aspekte erwachsen aus dem Vorhandensein lokaler Windsysteme, die bei überörtlich schwachen Strömungsverhältnissen in Gestalt topographisch gebundener Luftbewegungen (z. B. nächtliche hang- oder talabwärts gerichtete Strömungen) und thermisch induzierter Flurwinde entstehen (Ausgleichswinde vom kühleren Umland in überwärmte urbane Bereiche). Die bevorzugten Bahnen dieser lokalen Schwachwindssysteme besitzen gerade bei fehlendem überörtlichen Austausch große Bedeutung für die städtische Lufterneuerung und sollten keinesfalls mit größeren Emissionsquellen durchsetzt werden.

Letztlich bedeuten jedoch auch standörtliche Rücksichtnahmen nur eine Schadstoffumverteilung, solange keine eigentliche Emissionsreduktion stattfindet. Diese aber ist als wirksamste Verbesserungsmaßnahme lufthygienischer Art anzusehen und umfaßt das breite Feld von Rauchgasreinigung, Partikelfilterung, Produktionsumstellungen, Katalysatorteknik, Verwendung schadstoffärmerer Brennstoffe. Er-

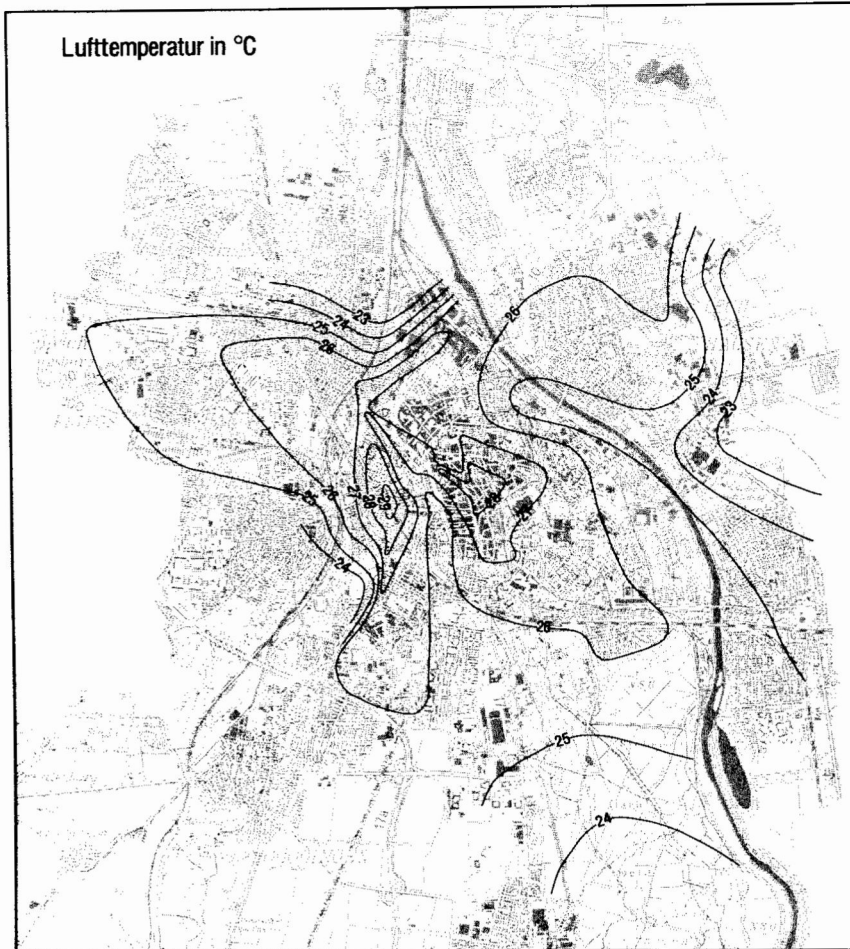


Abb. 1 Temperaturverteilung in Augsburg an einem sommerlichen Strahlungswettertag kurz nach Sonnenuntergang.

zielung höherer Wirkungsgrade, Ausbau der Fernwärmeversorgung bis hin zu einer nachhaltigen Eindämmung des innerstädtischen Individualverkehrs.

3. Klimatische Bedeutung

Unter der Vielzahl der urban modifizierten Klimaerscheinungen sind die Temperatur-, Feuchtigkeits- und Durchlüftungsverhältnisse am wichtigsten. Abb. 1 zeigt ein charakteristisches Beispiel der abendlichen Temperaturverteilung in Augsburg an einem sommerlichen Strahlungswettertag, das die Aufgliederung der sog. städtischen Wärmeinsel (erkennbar an bis zu 5–6 °C höheren Temperaturen gegenüber der Peripherie) in zwei Kernbereiche um das Bahnhofsgelände und im südlichen Teil der Altstadt dokumentiert, wobei die dazwischengelegene Zunge etwas niedrigerer Temperaturen im wesentlichen einem stärker durchgrünten Streifen in der Innenstadt folgt. Stärkere Kontraste sind überdies dort zu finden, wo markante Veränderungen in Bebauungsdichte oder Durchgrünungsgrad auftreten. Wir haben also das integrierte Gesamtergebnis der thermischen Wirksamkeit eines variablen Mosaiks unterschiedlicher Oberflächenbedeckungsarten vor uns, die sich in generalisierter Form folgendermaßen charakterisieren lassen: städtische Baumaterialien besitzen die Eigenschaft, tagsüber gespeicherte Wärmeenergie abends und nachts sukzessive wieder an ihre unmittelbare Umgebung abzugeben und so zu deren Überwärmung beizutragen; gleichzeitig bewirkt der meist hohe

Versiegelungsgrad einen raschen Abfluß von Niederschlagswasser in die Kanalisation und damit eine stark reduzierte Verdunstung, wobei dadurch nicht benötigte Energiemengen zusätzlich für die direkte Erwärmung der Luft bereitstehen. Grünflächen dagegen vermögen nur wenig Wärme zu speichern und verbrauchen für die Transpiration erhebliche Energiebeiträge, die nicht mehr zur direkten Lufterwärmung verfügbar sind. Insgesamt ergibt sich daraus in größeren Städten allgemein und insbesondere in Stadtteilen besonders hoher Versiegelungsgrade eine signifikante Überwärmung, die gerade in sommerlichen Abend- und Nachtstunden ihr Maximum findet (Kuttler 1985), wenn entlastende Abkühlung besonders bedürftigkeitsverspürt wird.

Nach Messungen im Raum Augsburg würde bereits eine 10%ige Steigerung des Versiegelungsgrades bei gleicher Reduzierung des Grünflächenanteils eine mittlere Erhöhung der sommerlichen Lufttemperaturen um 0,3 °C, in den Abendstunden sogar um 0,5 °C ergeben. Wie sehr Begründermaßnahmen positiv zu wirken vermögen, verdeutlicht das Beispiel des Augsburger Universitätsviertels, in dem nach Luftbildauswertungen zwischen 1981 und 1989 der Versiegelungsgrad zwar durch neue Siedlungsflächen um knapp 7% zugenommen hat, aber durch gleichzeitige Erhöhung des Baum- und Gebüschanteils um mehr als 4% zumindest die mittäglichen Sommertemperaturen konstant gehalten werden konnten.

So sehr transpirative Abkühlung im städtischen Klima erwünscht ist, vermag sie doch erst in Kombination mit ausreichender turbulenter Durchmischung ihre Wohlfahrtswirkungen zu entfalten. Bloße Verdunstung nämlich bedeutet auch eine Zunahme im atmosphärischen Wasserdampfgehalt, der eine der wesentlichsten Bestimmungsgrößen für das menschliche Schwüleempfinden ist. Tatsächlich wurden vereinzelt in schlechter durchlüfteten Grünanlagen bereits schwüle Verhältnisse festgestellt, während dies etwa auf freien versiegelten Plätzen zur gleichen Zeit noch bei weitem nicht der Fall war. Wesentlich ist also die Möglichkeit für weitgehend unbehinderte Luftbewegung, mit der selbst bei horizontaler Windstille über thermisch induzierten Vertikalaustausch die erforderliche Durchmischung bewerkstelligt werden kann. So liegt etwa den größten Teil eines Sommertages der schwülebestimmende Wasserdampfgehalt der Luft über freien Rasenflächen niedriger als in dicht bebauten Gebieten (Jacobeit 1990), wo er weder über Horizontalventilation noch über Vertikalaustausch wirksam abgeführt werden kann. Auch eine nächtliche Tauausfällung wie an stärker abkühlenden Grünflächen ist wegen des nur zögernden Temperaturrückgangs, der durch die ausstrahlungsreduzierende Horizontaleinengung der dichten Bebauung noch weiter retardiert wird, in aller Regel nicht zu erwarten.

Ausreichende Ventilation spielt jedoch nicht nur standortspezifisch eine maßgebliche Rolle, sondern auch für die generelle Lüfterneuerung einer ganzen Stadt. Hierbei kommt hinreichend breiten Luftleitbahnen etwa in Gestalt unbebauter Schneisen oder größerer Grünkorridore eine hohe Bedeutsamkeit zu, insbesondere dort, wo die bereits erwähnten lokalen Windsysteme bei geringer Intensität sogar gesteigerte Ausgleichsfunktionen (etwa im Überwärmungsabbau) zu übernehmen haben.

Insgesamt ergeben sich zahlreiche Informationen über befindlichkeitsrelevante Klimaeigenschaften und -funktionen verschiedener Raumeinheiten, die häufig in sog. synthetischen Klimafunktionskarten (Beckröge et al. 1988) zusammengefaßt werden und trotz fortbestehender Grundsatz-einschränkungen (Bründl et al. (1986) 286ff) als aufschlußreiche Planungsgrundlage instrumentalisiert werden können.

4. Gesamtbedeutung

Zusammenfassend vermag die angewandte Stadtklimatologie der kommunalen Planungspraxis folgende Entscheidungs- und Gestaltungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen:

- Überblick über Größenordnung und räumliche Verteilung von Emissionen und Immissionen und damit über Beschaffenheit und Anordnung lufthygienischer Problemgebiete.
- Erkenntnisse über die ortsspezifischen Wind- und Ausbreitungsverhältnisse und damit über sachgemäße Standortentscheidungen insbesondere bei potentiellen Großemittenten.
- Informationen über die klimatische Wirksamkeit konkreter Oberflächenveränderungen und damit Hinweise auf eine klimatisch ausgewogene Flächennutzung und -zusammensetzung.
- Informationen über die städtischen Lüfterneuerungs- und Ventilationsbedingungen und damit Hinweise auf wichtige Luftleitbahnen und günstige Baukörperstrukturen.

Im Interesse des Wohlergehens aller urbanen Bewohner ist auf verstärkte Berücksichtigung dieser Grundlagen auch gegenüber konkurrierenden Zielvorstellungen hinzuwirken, um die Stadt auch langfristig als intakten Lebensraum zu erhalten.

Literatur

- Beckröge, W., O. Kiese, G. Otto, P. Stock: Klimaanalyse Stadt Recklinghausen. Münster 1988
- Bründl, W., H. Mayer, A. Baumgartner: Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten. Abschlußbericht zum Teilprogramm „Klimamessungen München“ (1986)
- Jacobeit, J.: Stadtklimatologie von Augsburg unter besonderer Berücksichtigung der lufthygienischen Situation sowie des Lärms. Augsburger Geographische Hefte 6 (1986) 171
- Jacobeit, J.: Neuere Daten und Fakten zum Stadtklima von Augsburg. In: Augsburger Geographische Hefte 8 (1990) 1–28
- Kuttler, W.: Stadtklima – Struktur und Möglichkeiten zu seiner Verbesserung. In: Geographische Rundschau 37 (5) (1985) 226–233
- Reinhold, M., L. Pfannkuch: Alle Jahre wieder – SMOG – ein Phänomen. Analyse der Periode hoher Schadstoffkonzentration im Kasseler Becken im Januar 1987. Arbeitsberichte des Fachbereichs Stadtplanung und Landschaftsplanung der Gesamthochschule Kassel, Heft 76 (1988)
- Schultz, H.: Grundzüge der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre. Köln 1986

Priv.-Doz. Dr. rer. nat. habil. J. Jacobeit

Lehrstuhl für Physische Geographie der
Universität Augsburg
Universitätsstr. 2
8900 Augsburg