

04.07 Klimafunktionen (Ausgabe 1993)

Problemstellung

Die im Rahmen der Klima-Untersuchungen für den Umweltatlas Berlin gewonnenen Ergebnisse haben zu einer umfassenden Bestandsaufnahme der klimatischen Situation im Stadtgebiet und im näheren Umland geführt. Die Karten 04.02 – 04.06 (SenStadtUm 1993 und 1993d-e) enthalten dazu neben einer Vielzahl von Grundlagen, wie Luft-, Oberflächentemperatur, Feuchtegehalt der Atmosphäre und bodennahe Windgeschwindigkeiten auch abgeleitete Aussagen zum bioklimatischen Belastungspotential.

Die Bestandsaufnahme belegt den auch in vielen anderen Untersuchungen bestätigten Zusammenhang zwischen dem Klima verschiedener Stadtgebiete und ihrer Bau-, Freiflächen- und Vegetationsstruktur. Das typische Lokalklima entsteht aber nicht nur durch die Struktur eines Stadtgebietes sondern auch durch seine Lage innerhalb der Stadt. So können verschiedene Räume einer Stadt untereinander oder mit dem Umland in Wechselwirkung stehen. Von entscheidender Bedeutung für den klimatischen Austausch sind dabei die Temperaturunterschiede benachbarter Gebiete. Eine Reduzierung dieser Unterschiede, z. B. durch Erhöhung der Baudichte oder Angleichung der Strukturen verschlechtert das Stadtklima.



Ziel der vorliegenden Karte ist es, Stadtgebiete nach ihrer **klimatischen Funktion**, d. h. ihrer Wirkung auf andere Räume abzugrenzen und die **Empfindlichkeit** dieser Funktion gegenüber strukturellen Veränderungen zu bewerten. Auf dieser Grundlage ergeben sich **Maßnahmen** zum Erhalt bzw. zur Verbesserung der klimatischen Situation.

Den Rahmen für die Ausbildung des örtlichen Klimas bildet immer die übergeordnete **Großwetterlage**. Austauschreiche Wetterlagen mit Windgeschwindigkeiten über 4 m/s wirken in der Regel auch im dicht bebauten Innenstadtbereich klimatisch und lufthygienisch ausgleichend. Problematische Wetterlagen treten dagegen vorrangig bei geringen Windgeschwindigkeiten (unter 4 m/s), hoher Strahlungsintensität und Bewölkungsgrad unter 4/8 auf. Auch die mit den großräumig einströmenden Luftmassen herangeführten Wärme- und Feuchtegehalte der Atmosphäre beeinflussen die Ausbildung der lokalen Klimazustände.

Tabelle 1 enthält – differenziert für den Sommer und die übrigen Jahreszeiten – den prozentualen Anteil einzelner Wetterlagen für die Jahre 1991 bis Februar 1993.

Tab.1: Häufigkeit einzelner Wetterlagen nach Austausch- und Einstrahlungsbedingungen von Januar 1991 bis Februar 1993

Windgeschwindigkeit (m/s)	Bewölkungsgrad (1/8)									
	0-1		2-3		4-5		6-7		≥ 8	
< 2	8,0	6,7	5,9	2,0	2,6	1,4	7,9	5,4	3,2	6,3
2 – < 4	15,4	14,8	8,8	4,5	6,5	3,2	18,3	13,0	5,3	14,2
4 – < 6	3,0	3,5	2,5	2,1	2,6	2,0	7,1	7,9	1,6	7,9
≥ 6	–	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	2,0	0,3	1,8

Sommer  übrige Jahreszeiten  hohes Potential für die Ausbildung lokalklimatischer Effekte

Angaben in Prozent der Auftrittshäufigkeit der Wetterlagen, bezogen auf 3-Stunden-Werte am Meßpunkt Dahlem
Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel) gemessen in ca. 16 m über Gebäudehöhe
(Quelle: Auswertungen des Institutes für Meteorologie der Freien Universität Berlin)

Tab.1: Häufigkeit einzelner Wetterlagen nach Austausch- und Einstrahlungsbedingungen von Januar 1991 bis Februar 1993

Grundsätzlich ist zu jeder Jahreszeit eine zweigipflige Verteilung anzutreffen. Ein Gipfel repräsentiert Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten und relativ starker Bewölkung. Der andere Gipfel repräsentiert die sowohl klimatisch als auch lufthygienisch problematischen Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten und hoher Strahlungsintensität. In den Wintermonaten neigen diese Wetterlagen zu austauscharmen Situationen mit hohem Schadstoffanteil in der Atmosphäre. Im Sommer werden sie zumeist durch stationäre Hochdruckgebiete verursacht, in deren Verlauf sich lokal ein erhebliches bioklimatisches Belastungspotential entwickeln kann. In den Sommern der Untersuchungsjahre traten diese Wetterlagen in mehr als 38 % aller Beobachtungsfälle auf.

Vor allem vor dem Hintergrund dieser großräumig bedingten problematischen Wetterlagen sind klimatisch günstig und entlastend wirkende Strukturen von Bedeutung. Dies sind zum einen die an der **Peripherie** der Städte gelegenen **großflächigen Freiräume** mit ihren zum Teil bis in den Stadtkern reichenden Ausläufern. Ausschlaggebend für ihre Wirksamkeit sind Reliefverhältnisse, Vegetationsstrukturen und die Bebauungsdichte in den Übergangsbereichen zwischen Stadtkern und Umland. Selbst schwach geneigte Täler oder ebene **Belüftungsbahnen**, die in Richtung Stadt verlaufen, können klimatisch und lufthygienisch entlastend wirken, wenn diese Bereiche offen strukturiert sind.

Mit zunehmender Entfernung vom Stadtrand und nachlassender Verbindung zu den klimatischen Ausgleichsflächen des Umlands gewinnen kleinräumige Windsysteme zwischen **innerstädtischen Freiräumen** und ihrer unmittelbaren Umgebung an Bedeutung. Die über der bebauten erwärmten Fläche aufsteigenden Luftmassen werden durch kühlere Luft aus den benachbarten Freiflächen ersetzt (Flurwindeffekt). Innerhalb der Grünflächen selbst ist je nach Vegetationsstruktur eine starke Verminderung der Belüftung zu erwarten. Bei austauscharmen Wetterlagen führt die dort gebildete bodennahe Kaltluft zu einer zusätzlichen Stabilisierung der bodennahen Luftschicht. Die Immissionsgefährdung von Grünflächen muß daher als sehr hoch eingestuft werden. Dies verdeutlicht, daß die positiven Wirkungen von Freiräumen auf die Umgebung nur dann voll entfaltet werden können, wenn klimatische Ausgleichsräume nicht durch bodennahe Emittenten belastet werden. Die räumliche Ausdehnung des Wirkungsbereiches wird durch die Struktur der Randbebauung bestimmt.

Untersuchungen und Messungen im **Großen Tiergarten** belegen die beschriebenen Zusammenhänge. Die gemessenen Temperaturdifferenzen zwischen dem inneren Bereich des Großen Tiergartens und den südwestlich und nördlich angrenzenden dicht bebauten Gebieten betragen bis zu 7 °C. Die breit angelegten Straßen innerhalb dieses Freiraumes führen zu einer Aufteilung der Kälteinsel in mehrere Teilbereiche (Horbert und Kirchgeorg 1980). Die in Hochlage geführte S- und Fernbahntrasse behindert den Austausch der Luft zwischen dem Großen Tiergarten und der Umgebung nach Norden und Nordwesten. An den Unterführungen im Süden und Osten konnten dagegen erhebliche Reichweiten festgestellt werden. Nach Westen reichen die Auswirkungen entlang der Straße des 17. Juni noch über den Ernst-Reuter-Platz hinaus, nach Südwesten bis zum Breitscheidplatz (v. Stülpnagel 1987).

Aufgrund der begrenzten Reichweite von Freiflächen sind für die Entlastung von Ballungsgebieten auch Maßnahmen im bebauten und verdichteten Gebiet selbst erforderlich. Von großer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die Begrünung von Stadtplätzen, Straßen, Gebäuden und Innenhöfen. Die Überwärmung kann so vermindert, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöht und Staub gebunden werden.

Die Erwärmung von Dächern hängt sehr stark von ihrer Farbe und ihrem Material ab (vgl. Karte 04.06, SenStadtUm 1993f). Am günstigsten verhalten sich begrünte Dächer, wobei die Art der Pflanzen eine große Rolle spielt. Jedoch muß die positive Auswirkung von hoch gelegenen Dächern auf den stärker belasteten Straßenraum als begrenzt angesehen werden. Insgesamt dürfte die Begrünung von Fassaden klimatisch wirksamer ausfallen. Umfangreiche Untersuchungen zur Bedeutung von **Fassaden- und Dachbegrünungen** für das Mikroklima wurden von Bartfelder und Köhler (1987) in Berlin durchgeführt.

Zur klimatisch-lufthygienischen Verbesserung des Wohnumfeldes gehört auch die Gestaltung bzw. die Vegetationsausstattung von Innenhofbereichen (Horbert, v. Stülpnagel, Welsch 1986, Horbert 1992). Enge geschlossene Höfe zeichnen sich durch eine Verminderung der Tagestemperaturen und eine geringe Abkühlung in den Abend- und Nachtstunden aus. Die Besonnung ist stark eingeschränkt. Dies gilt auch für den Luftaustausch, woraus sich eine hohe Immissionsgefährdung ergibt. Die Begrünung dieser Höfe verbessert die klimatischen Bedingungen, wobei zur Förderung des Luftaustausches eine Wandbegrünung günstiger ist als das Pflanzen von Bäumen. Größere Hofanlagen erreichen gegenüber engen Höfen und gegenüber dem Straßenraum deutlich günstigere klimatische Eigenschaften, vor allem, wenn der Versiegelungsgrad gering und die Begrünung locker

strukturiert ist. Die Abkühlungsrate in den Abend- und Nachtstunden ist hoch. Der Luftaustausch gilt als sehr gut. Eine Verbindung mit benachbarten kleineren Höfen über Baulücken fördert deren Be- und Entlüftung.

Datengrundlage

Die Ableitung und Abgrenzung von Räumen nach ihrer klimatischen Funktion erforderte die Zusammenführung verschiedener Grundlageninformationen. Neben Klimaparametern wurden Nutzungs- und Oberflächenstrukturen sowie Versiegelungsdaten ausgewertet:

- Jahresmittel der Lufttemperatur 1991/92 in 2 m Höhe (SenStadtUm 1993c)
- Bodennahe Windgeschwindigkeiten (Karte 04.03, SenStadtUm 1994)
- Temperatur- und Feuchteverhältnisse in mäßig austauscharmen Strahlungsnächten (Karte 04.04, SenStadtUm 1993d)
- Stadtklimatische Zonen (Karte 04.05, SenStadtUm 1993e)
- Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht (Karte 04.06, SenStadtUm 1993f)
- Versiegelung (Karte 01.02, SenStadtUm 1995a)
- Reale Nutzung der bebauten Flächen (Karte 06.01, SenStadtUm 1995b)
- Grün- und Freiflächenbestand (Karte 06.02, SenStadtUm 1995c)
- Klimawirksame Stadtstrukturtypen (SenStadtUm 1993b)
- Baudichte (SenStadtUm 1993a)
- Reliefkarte des Deutschen Planungsatlasses (Akademie für Raumordnung und Landesplanung 1949)

Für einige Gebiete von Berlin konnten darüberhinaus Klima-Gutachten hinzugezogen werden, so für:

- den Großen Tiergarten (Sukopp et al. 1979)
- den ehemaligen "Zentralen Bereich" von West-Berlin (Bezirk Tiergarten und Gleisdreieck) (Sukopp et al. 1982)
- den Volkspark Rehberge (Sukopp et al. 1984)
- das Südgelände (Gleisdreieck/Kleingärten Priesterweg) (Horbert et al. 1982) und
- den Lehrter Stadtbahnhof (Horbert 1991).

Methode

Ein wesentliches Problem bei der Definition klimatisch begründeter Ziele und Methoden besteht darin, daß konkrete Grenz- und Richtwerte etwa in einer der Technischen Anleitung-(TA-)Luft vergleichbaren Verordnung zur Bewertung nicht herangezogen werden können. Die Kommission "Reinhaltung der Luft" des Vereins Deutscher Ingenieure und des Deutschen Instituts für Normung arbeitet zwar an einer Richtlinie über die Erstellung von Klima- und Lufthygienekarten auch für städtische Räume, ihr Erscheinen ist jedoch frühestens 1994 zu erwarten.

Es war daher notwendig, für die Karte der Klimafunktionen eigene Kriterien und Ziele zu definieren. Die Leitlinien der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (1989) geben dafür einen groben Rahmen vor, indem sie als Idealzustand ein Stadtklima anstreben, das weitgehend frei von Schadstoffen ist und den Stadtbewohnern eine möglichst große Vielfalt an Atmosphärenzuständen unter Vermeidung von Extremen bietet.

Grundlage vorhandener Klimafunktionskarten (z. B. Stadtdirektor der Stadt Münster 1992, Nachbarschaftsverband Stuttgart 1992, Kommunalverband Ruhrgebiet (KVR) 1992) ist die Bestimmung sogenannter **Klimatope**, räumlicher Einheiten, die wesentlich durch die Faktoren Relief und Nutzung bestimmt sind und deren Mikroklima als relativ homogen angenommen wird. Die Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet, Teil Dortmund des KVR etwa definiert für den städtischen Bereich ein Villen-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt-, City-, Industrie- und Gewerbeklima. Ihre Erfassung läßt sich relativ leicht für große Räume über die Interpretation von Wärmebildern der Oberflächentemperaturen, topographischen Karten und Flächennutzungserhebungen umsetzen. Auf

der Basis dieser Klimatope werden klimatische Funktionsbereiche ausgegrenzt und Planungshinweise erarbeitet.

In der vorliegenden Karte wird ein Ansatz verfolgt, der sich wesentlich stärker auf die Messungen von Klimaparametern stützt und auch weitere Kriterien, wie Flächengröße, Lage der Fläche im Stadtgebiet bzw. Umland sowie die Wechselwirkungen der Flächen untereinander berücksichtigt. Im Ergebnis wäre somit z. B. dieselbe Fläche im innerstädtischen Belastungsgebiet anders zu beurteilen als bei Lage am Stadtrand, da die Einflußfaktoren auf die Fläche bzw. der Einfluß, den die Fläche auf andere ausübt, sehr unterschiedlich sein können. Im Falle einer nur auf Strukturtypen bezogenen Bewertung würde es sich dagegen in beiden Fällen um eine einheitliche Bewertung (z. B. Typ "Villenklima") handeln.

Die so abzugrenzenden Funktionsräume sollten Aussagen darüber liefern, in welchen Gebieten

- einerseits ein Potential zur Entlastung anderer (angrenzender und auch weiter entfernter) Räume vorhanden ist (Bereiche 1a und 1b) und
- andererseits über den großräumigen Einfluß hinaus die stärksten Zusatzbelastungen zu erwarten sind (Bereiche 4a und 4b).

Zwischen diesen beiden Polen wurden Räume definiert,

- in denen die klimatischen Bedingungen günstig sind, d. h. keine klimatische Belastung vorliegt (Entlasteter Bereich 2)
- die in ihren Strukturen und Funktionen Übergänge zwischen den belasteten und entlasteten Bereichen darstellen (Bereich 3).

Außerdem sollten Flächen gekennzeichnet werden, die bevorzugt als **Luftaustauschbereiche** anzunehmen sind, d.h. eine wichtige Rolle für den bodennahen Frischlufttransport spielen.

Für diese klimatischen Funktionsbereiche wurde die **Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen** abgeschätzt. Diese Empfindlichkeit wurde als hoch bewertet, wenn eine Nutzungsintensivierung eine Neueinstufung in einen ungünstigeren Funktionsbereich wahrscheinlich werden ließe. Unter Nutzungsintensivierung wird eine Erhöhung des bebauten gegenüber dem unbebauten Flächenanteil verstanden. "Hierzu zählen die Umwandlung der natürlichen Bodenoberfläche in einen überwiegend aus künstlichen Materialien bestehenden und dreidimensional gestalteten Raum, die Reduzierung der mit Vegetation bedeckten Oberfläche sowie die Beeinflussung durch technische Einrichtungen, die Abwärme und Schadstoffemissionen verursachen" (Kuttler 1993).

Die wichtigsten Ausgleichswirkungen gehen von den **Entlastungsbereichen** aus. Ihr geringer Versiegelungsgrad (< 20 %) und hoher Vegetationsanteil ermöglichen eine niedrige Mitteltemperatur sowie hohe Abkühlungsraten in den Abend- und Nachtstunden, so daß diese Flächen als Kaltluftentstehungsgebiete wirken. Die Wind- und Austauschverhältnisse können über offenen Flächen tagsüber als sehr gut gelten, verschlechtern sich aber in baumbestandenen Parkanlagen und besonders in Wäldern rapide. Vor allem nachts entstehen – besonders in Abhängigkeit vom Anteil offener Flächen – durch die Stabilisierung der bodennahen Luftschicht zeitweise hohe Immissionsgefährdungen, was besonders im Einflußbereich von Emittenten zu einer wesentlichen Minderung des klimatischen Ausgleichspotentials dieser Flächen führen kann.

Als klimatische **Entlastungsbereiche 1a** wurden alle Freiflächen definiert, die innerhalb der Belastungsgebiete 4a/4b liegen oder direkt an diese angrenzen. Die Flächen stehen räumlich in direktem Bezug zu dicht bebauten Gebieten und stellen in ihrer Funktion als Kaltluftentstehungsgebiete ein wesentliches Potential zur Entlastung dieser Siedlungsräume dar. Inwieweit dieses Potential auf der Einzelfläche zum Tragen kommt, kann nur durch detaillierte Untersuchungen geklärt werden. Neben der Flächengröße und -geometrie spielen vor allem die Randstrukturen der Fläche bzw. der Umgebungsbebauung eine wichtige Rolle. Von Stülpnagel (1987) gibt als Orientierungsmaß für eine größere Außenwirkung eine Flächengröße von ca. 10 ha an, stellt jedoch heraus, daß auch kleinere Flächen bei geeigneten örtlichen Bedingungen Ausgleichsfunktionen wahrnehmen können.

Für die Flächen des Bereiches 1a gilt die höchste Empfindlichkeit gegenüber Bebauung und Versiegelung; sie sind im Gegenteil in ihrer Funktion nachhaltig zu unterstützen, d.h. vor allem durch Vermeidung jeglicher Schadstoffemissionen innerhalb dieser Flächen.

Die Flächen des **Bereiches 1b** sind am Stadtrand und im Umland gelegene Freiräume. Sie liegen damit zwar nicht in direkter Nachbarschaft zu den Belastungsgebieten, üben aber aufgrund ihrer Großflächigkeit ebenfalls eine wichtige Entlastungsfunktion aus. Hier besteht größtenteils eine hohe Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen. Gerade die Großflächigkeit und

größtenteils bis an den Stadtrand reichende Ausdehnung dieser Gebiete ist für den Erhalt ihrer Funktion von entscheidender Bedeutung.

Von diesen Flächen zu unterscheiden sind bebaute Gebiete, die zwar wesentlich von der Entlastungsfunktion der 1b-Flächen profitieren, jedoch durch ihren Bebauungs- und Versiegelungsgrad im Durchschnitt höhere Temperaturmittel und geringere Abkühlungsraten als die Entlastungsbereiche selber zeigen. Aufgrund dieser noch günstigen klimatischen Struktur bietet der **Entlastete Bereich (Bereich 2)** von allen Funktionsräumen am ehesten ein Potential zur baulichen Verdichtung. Nach derzeitigen Erkenntnissen würde eine behutsame Verdichtung dieser Flächen keine Neueinstufung in einen klimatisch ungünstigeren Bereich zur Folge haben. In welchen Größenordnungen im einzelnen die Grenzen für eine bauliche Verdichtung liegen, kann pauschal nicht angegeben werden; in jedem Falle sind am Ort selbst die Möglichkeiten zu überprüfen, mit Maßnahmen wie Dach- oder Fassadenbegrünung negative klimatische Effekte zu kompensieren.

Der klimatische **Übergangsbereich (Bereich 3)** umfaßt Flächen sehr heterogener Nutzungen mit unterschiedlichen Versiegelungsgraden und Vegetationsanteilen; entsprechend differieren die Klimaparameter zwischen den Werten des Bereiches 2 und des Belastungsbereiches 4a.

In der Karte der Stadtklimatischen Zonen (Karte 04.05, SenStadtUm 1993e) entspricht der Übergangsbereich in weiten Teilen der Klimazone 3, d. h. mäßiger stadtklimatischer Veränderung. In den Gebieten direkter Nachbarschaft und damit unmittelbarer Wechselwirkung mit entlasteten (Bereich 2) oder belasteten (Bereiche 4a/4b) Stadträumen liegt eine hohe Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen vor, da bei einer baulichen Verdichtung eine klimatisch ungünstige Auswirkung auf diese Wechselwirkungsfunktion zu erwarten ist. Die genaue Abgrenzung der Empfindlichkeitsbereiche setzt jedoch weitergehende Untersuchungen voraus.

Als **Belastungsbereiche** wurden Gebiete hohen Versiegelungs- (> 60 %) und Überbauungsgrades (zumeist > 50 %) ausgewiesen, in denen Messungen hohe Mitteltemperaturen, eine geringe Abkühlung in den Abend- und Nachtstunden sowie eine hohe Schwülegefährdung ergaben. Die z. T. schlechten Wind- und Austauschverhältnisse führen lokal zu hohen Immissionsbelastungen (vgl. Karte 04.03, SenStadtUm 1994).

Je nach Stärke der klimatisch negativ zu beurteilenden Veränderungen wird der Belastungsbereich in Gebiete mit hoher Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen (Bereich 4a) und Gebiete mit sehr hoher Empfindlichkeit und dringender Notwendigkeit zur Umsetzung geeigneter Sanierungsmaßnahmen eingeteilt (Bereich 4b). Hier sind alle, auch kleinste Freiflächen zu erhalten.

Der Nachweis lokaler bzw. regionaler **Windsysteme** mit Funktion für den Luftaustausch zwischen Grün- und bebauten Flächen (Flurwindeffekt) bzw. dem Umland und der Innenstadt gelingt in der Regel nicht ohne aufwendige gezielte Messungen im Gelände oder im Modellversuch. In der vorliegenden Karte werden daher einerseits Gebiete ausgewiesen, die aufgrund ihrer Struktur bevorzugte Flächen für den bodennahen Frischlufttransport darstellen bzw. daraufhin zu überprüfen sind. Kriterien für ihre Eignung sind vor allem eine geringe Rauigkeit der Oberfläche, eine ausreichende Breite (möglichst mehr als das 10-fache der Höhe der umgebenden Randstrukturen) sowie überwiegend schwache Immissionsbelastungen (Kuttler 1993, Mayer und Matzarakis 1992). Gute **Luftleitbahnen** werden daher z. B. durch breite Flußläufe, Bahntrassen und Grünzüge mit niedriger Vegetation gebildet. Andererseits wird ein kleinräumiger Luftaustausch zwischen Ausgleichs- und Belastungsräumen für Freiräume innerhalb oder in direkter Nachbarschaft zu den Bereichen 4a und 4b dargestellt. Hier sind **Flurwindströmungen** aufgrund des großen Temperaturgradienten zu den überwärmten Nachbarbebauungen während austauscharmer Strahlungswetterlagen bevorzugt zu erwarten. Die Reichweite der Entlastungswirkungen oder die Existenz möglicher Austauschhindernisse kann jedoch nur durch genauere Untersuchungen im Nahbereich oder Modellversuche festgestellt werden.

Für Berlin liegen erste modellhafte Untersuchungen zu Flurwindeffekten inzwischen durch das BMFT-Vorhaben "Wirkung regionaler Klimaänderungen in urbanen Ballungsräumen am Beispiel Berlin" vor (Wagner 1993). Hier wurden für ein 7 x 7 km² großes Gebiet im Innenstadtbereich Temperatur und Strömungen auf der Grundlage verschiedener Landnutzungsparameter simuliert. Abbildung 1 zeigt eine Sommersimulation, die mit den für diese Jahreszeit typischen Randwerten angetrieben wurde: In den Grünflächen Großer Tiergarten und Volkspark Rehberge liegen die Temperaturen deutlich niedriger als in den aufgeheizten stark versiegelten Gebieten. Im Bereich der Grünflächen zeigt sich auch eine Beschleunigung der Strömung, während diese in den dicht bebauten Gebieten aufgrund der Reibung reduziert ist. Der damit einhergehende erhöhte Luftaustausch ist im Hinblick auf die lufthygienische Situation in Berlin von Bedeutung.

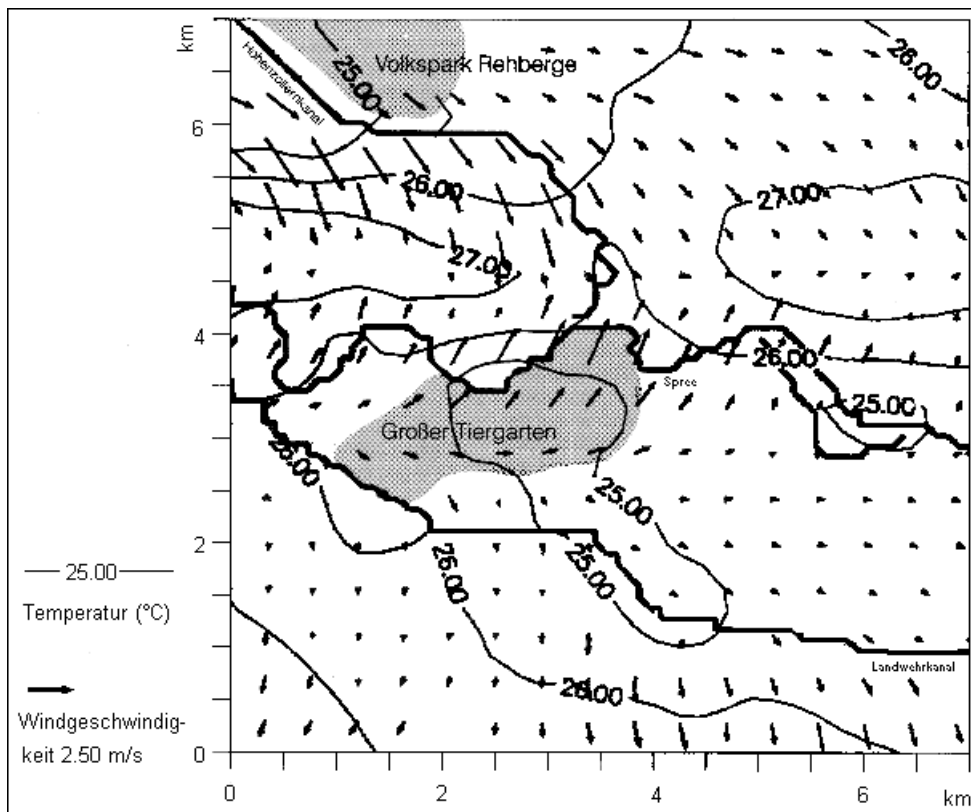


Abb. 1: Simulation des Temperatur- und Windfeldes in 10 m Höhe im Innenstadtbereich von Berlin während einer sommerlichen Strahlungswetterlage um 14.00 Uhr MEZ unter Berücksichtigung der heutigen Flächennutzung.

Auf der Basis der Funktionsräume ergeben sich die aus klimatischen Gründen notwendigen Maßnahmen, um die lokal vorhandenen Belastungen zu minimieren, die vorhandenen klimatisch günstigen Räume zu erhalten und den Luftaustausch zwischen belasteten und ausgleichend wirkenden Räumen zu optimieren.

Kartenbeschreibung

Eine klimatisch entlastende Funktion geht von zwei verschiedenen Freiraumtypen aus:

Im **Bereich 1a** sind Inselflächen innerhalb des klimatischen Belastungsbereiches zusammengefaßt, durch die bisher die Ausbildung einer geschlossenen innerstädtischen Wärmeinsel in Berlin verhindert werden konnte. Von besonderer Bedeutung sind in dieser Hinsicht die Räume

- Großer Tiergarten/Zoologischer Garten
- Flughafen Tempelhof/Hasenheide/Friedhöfe Bergmannstraße und
- Gleisdreieck nördlich und südlich der Yorckstraße.

Beispiele für weitere bedeutende Freiräume sind der Schloßpark Charlottenburg und die Ruderal- und Brachflächen in Marzahn und im Industriegebiet Hohenschönhausen. Neben einer Vielzahl kleinerer Flächen, wie der Kleistpark in Schöneberg oder der Volkspark in Mitte sind hier auch einzelne Kleinstflächen einzuordnen, die im vorliegenden Maßstab nicht mehr darstellbar sind, für die die beschriebenen Funktionen und Eigenschaften grundsätzlich jedoch auch gelten.

Der **Bereich 1b** umfaßt weitgehend unbebaute Grünbereiche am Stadtrand und im Umland. Vor allem in Weißensee und Pankow ragen sie über die ehemaligen Riesel- und landwirtschaftlichen Flächen weit in das Stadtgebiet hinein. Ein weiterer bedeutender Ausgleichsraum im Stadtgebiet wird von den bisher nur gering bebauten Einfamilienhaus-Siedlungen in Mahlsdorf- und Kaulsdorf-Süd gemeinsam mit der angrenzenden Krummendammer Heide gebildet. Auch die übrigen innerstädtischen Wälder sind hier einzuordnen. Weiträumige Entlastungsflächen liegen außerhalb des Stadtgebietes. Aufgrund des ehemaligen Mauerstreifens grenzen sie hier z.T. unmittelbar an die Siedlungsgebiete der Stadt (z. B. Großsiedlung Gropiusstadt oder Hochhausbebauung am Tirschenreuther Ring in Marienfelde).

Klimatisch **entlastete Bereiche** (Bereich 2) unterliegen entweder dem Einfluß des Entlastungsbereiches 1b oder sind aufgrund ihres geringen Versiegelungsgrades und hohen Vegetationsanteils derzeit klimatisch kaum belastet. Im Stadtgebiet selbst sind nur relativ wenige Flächen, wie Kladow, Lichtenrade, Rahnsdorf und Schmöckwitz hier einzuordnen. Der weit überwiegende Teil der Flächen liegt im Umland bei Zepernick, Neuenhagen, Schöneiche, Eichwalde/Zeuthen, Blankenfelde, Teltow, Falkensee, Stolpe und Schildow.

Klimatische **Übergangsbereiche** (Bereich 3) bilden innerstädtisch den flächenmäßig größten Anteil. Neben allen größeren Gewässern umfassen sie vor allem Gebiete am Stadtrand, soweit sie einer stärkeren Bebauung, aber noch keiner Verdichtung unterliegen (z. B. Staaken, Heiligensee, Buchholz, Karow, Mahlsdorf, Rudow, Buckow, Marienfelde, Zehlendorf). Im Nordosten und Osten der Stadt ragt der Übergangsbereich bis nahe an das Stadtzentrum heran (Prenzlauer Berg, Rummelsburger Bucht).

Eine meist sehr dichte Bebauung, verbunden mit einem hohen Versiegelungsgrad und ein nur geringer Vegetationsanteil kennzeichnen den klimatischen **Belastungsbereich**. Hierzu gehören die Kernbereiche der Stadt, wobei der Ostteil bis auf den Bezirk Mitte geringer belastet ist, da hier derzeit stadtkernnah noch großflächige nicht überbaute Bereiche liegen. Als belastet einzustufen sind auch einige Verdichtungsgebiete außerhalb der Innenstadt wie zum Beispiel die Altstadt Spandau oder der Raum Niederschöneweide. Nach dem Grad der klimatischen Belastung können zwei Bereiche unterschieden werden.

Bereich 4a umfaßt unterschiedlich dicht bebaute Areale, zum Teil auch klimatisch überlagerte kleinere Freiflächen, Industrie- und Gewerbegebiete, die mäßige bis hohe stadtklimatische Ausprägung aufweisen. In der Regel umgrenzen diese Flächen den am stärksten belasteten Bereich 4b, in bestimmten Räumen jedoch stellen sie selbst die am stärksten belasteten Gebiete dar. Dies ist vor allem in den stärker verdichteten, aber in Stadtrandnähe gelegenen Stadtteilen (Zehlendorf, Friedrichshagen, Hellersdorf, Buch) und im Umland der Fall (Potsdamer Stadtrandsiedlung, Teile von Babelsberg, Schönefeld und Hennigsdorf). In diesem Bereich ist nicht nur die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen hoch, vielmehr müssen im Rahmen von Bau- und Sanierungsmaßnahmen klimatische Verbesserungen getroffen werden. Dies betrifft die Verbesserung der Belüftung und die Erhöhung des meist zu geringen Vegetationsanteils gleichermaßen.

Bereich 4b grenzt die Stadtgebiete ab, in denen mit den höchsten negativen Veränderungen im Strahlungs- und Wärmehaushalt sowie der Luftaustauschbedingungen zu rechnen ist. Große Teile der Innenstadtbezirke Tiergarten, Wedding, Prenzlauer Berg, Mitte, Friedrichshagen, Kreuzberg, Tempelhof, Schöneberg und Charlottenburg bilden eine städtische Wärmeinsel, die lediglich von den großen Grün- und Freiflächen des Entlastungsbereiches 1a aufgelockert wird. Die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen ist durchgehend sehr hoch. Der Verbesserung der klimatischen Situation muß bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen höchste Priorität zugeordnet werden.

Reliefbeeinflusste **Luftleitbahnen** sind aufgrund der geringen Reliefunterschiede in Berlin nur vereinzelt zu erwarten. Entscheidender als das Relief sind hier z. B. die Rauigkeit des Geländes und das Verhältnis von Höhe zu Breite. Gute Wirkungen als Luftleitbahn wurden daher den breiten Flußläufen der Havel- und Spreeniederung, aber auch weniger ausgeprägten Fließgewässern wie dem Wuhletal, dem Teltow- und Landwehrkanal zugeordnet. Auch von den Trassen der S- und Fernbahn sowie von einzelnen Grünzügen sind ähnliche Leitbahnfunktionen zu erwarten, während das für Berlin typische breite Straßennetz aufgrund der hohen Immissionsbelastung für diese Zwecke ungeeignet ist. Geeignete und gegebenenfalls örtlich überprüfte Luftleitbahnen sollten von Verdichtung, Riegelbebauung und Emissionen freigehalten werden. Auch die im Einflußbereich der Leitbahnen liegenden Grünflächen sollten möglichst offen strukturiert werden.

Flächenhaft auftretende Kaltluftbewegungen (Flurwinde) können grundsätzlich im Wirkungsbereich von allen größeren Grünflächen vorkommen. In der vorliegenden Karte ist diese Luftbewegung jedoch nur für Grünflächen innerhalb bzw. in direkter Nachbarschaft zu den Belastungsgebieten dargestellt. Wie bereits ausgeführt, handelt es sich nicht um im Einzelfall nachgewiesene, sondern angenommene Bewegungen.

Literatur

- [1] **Bartfelder, F., Köhler, M. 1987:**
Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen, Diss. am Fachbereich 14 der Technischen Universität Berlin, Berlin.

- [2] **Deutsche Meteorologische Gesellschaft e.V. 1989:**
 Fachausschuß BIOMET, in: Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, 3, S.51-53.
- [3] **Horbert, M. 1991:**
 Klimauntersuchungen zum Eisenbahnkonzept Berlin, in: Dubach, H., Kohlbrenner, U.: Eisenbahnkonzeption Berlin, Vertiefte Bewertung von Bahnkonzepten für Berlin aus stadt- und landschaftsplanerischer Sicht, im Auftrag der Senatsverwaltung für Verkehr und Betriebe Berlin, unveröffentlicht.
- [4] **Horbert, M. 1992:**
 Das Stadtklima, in: Deutscher Rat für Landespflege, 61, S. 64-73.
- [5] **Horbert, M. 1992:**
 Klimatologische Untersuchungen im Rahmen der stadttökologischen Begleitforschung im Block 103 in Berlin-Kreuzberg, im Auftrag der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- [6] **Horbert, M., Kirchgeorg, A. 1980:**
 Stadtklima und innerstädtische Freiräume am Beispiel des Großen Tiergartens in Berlin, in: Bauwelt, 36, S. 270-276, Berlin.
- [7] **Horbert, M., Kirchgeorg, A., von Stülpnagel, A. 1982:**
 Klimatisches Gutachten zum Bau des Südgüterbahnhofs auf dem Südgelände in Berlin-West, im Auftrag des Senators für Bau- und Wohnungswesen Berlin, unveröffentlicht.
- [8] **Horbert, M., Mertens, E. 1990:**
 Klimatologisches Gutachten zur Überbauung des Halenseegrabens, in: Gehrmann, M. E. et al.: Vorbereitende Untersuchungen zur geplanten Bebauung "Güterbahnhof Halensee", im Auftrag der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, unveröffentlicht.
- [9] **Horbert, M., von Stülpnagel, A., Welsch, J. 1986:**
 Klimatisch-lufthygienisches Gutachten zur IBA, Planungsbereich Lübbener Straße 27-29 (Block 129) in Berlin-Kreuzberg, im Auftrag der IBA-Berlin, unveröffentlicht.
- [10] **Kuttler, W. 1993:**
 Planungsorientierte Stadtklimatologie, Sonderdruck aus: Geographische Rundschau 45. Jg., 2, S. 95-106. KVR (Kommunalverband Ruhrgebiet) (Hrsg.) 1992: Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet, Essen.
- [11] **Mayer, H., Matzarakis, A. 1992:**
 Stadtklimarelevante Luftströmungen im Münchener Stadtgebiet, Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltschutzreferates der Landeshauptstadt München, München.
- [12] **Nachbarschaftsverband Stuttgart 1992:**
 Klimauntersuchung für den Nachbarschaftsverband Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart (Klimaatlas), Stuttgart.
- [13] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993:**
 Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993, Karte 04.02 Langjähriges Mittel der Lufttemperatur 1961-1990, 1:50 000.
- [14] **Stadtdirektor der Stadt Münster 1992:**
 Stadtklima Münster - Werkstattberichte zum Umweltschutz, 1, Münster.
- [15] **Stülpnagel, A. von 1987:**
 Klimatische Veränderungen in Ballungsgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Ausgleichswirkung von Grünflächen, dargestellt am Beispiel von Berlin (West), Diss. am Fachbereich 14 der Technischen Universität Berlin, Berlin.
- [16] **Sukopp, H. et al. 1979:**
 Ökologisches Gutachten über die Auswirkungen von Bau und Betrieb der BAB Berlin (West) auf den Großen Tiergarten, im Auftrag des Senators für Bau- und Wohnungswesen Berlin, Berlin.
- [17] **Sukopp, H. et al. 1982:**
 Freiräume im "Zentralen Bereich" Berlin (West), Landschaftsplanerisches Gutachten im Auftrag des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, unveröffentlicht.

- [18] **Sukopp, H. et al. 1984:**
Ökologisches Gutachten Rehberge Berlin, in: Landschaftsentwicklung und Umweltschutz, Schriftenreihe der Technischen Universität Berlin, 24, Berlin.
- [19] **Sukopp, H. (Hrsg.) 1990:**
Stadtökologie, Das Beispiel Berlin, Reimer Verlag, Berlin.
- [20] **VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 1993:**
Richtlinie VDI 3787, Blatt1, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Vorentwurf, Stand August 1992, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- [21] **Wagner, D. 1993:**
F&E-Vorhaben "Wirkung regionaler Klimaänderungen in urbanen Ballungsräumen am Beispiel Berlin", gefördert durch den Bundesminister für Forschung und Technologie, 4. Zwischenbericht, unveröffentlicht.

Karten

- [22] **Akademie für Raumordnung und Landesplanung Hannover (Hrsg.) 1949:**
Deutscher Planungsatlas, Atlas von Berlin, Karte Relief, Hannover.
- [23] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt. III 1993a:**
Ökologische Planungsgrundlagen, Arbeitskarte Baudichte, 1:50 000, unveröffentlicht.
- [24] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt. III 1993b:**
Ökologische Planungsgrundlagen, Arbeitskarte Klimawirksame Stadtstrukturen, 1:50 000, unveröffentlicht.
- [25] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt. III 1993c:**
Ökologische Planungsgrundlagen, Arbeitskarte Mittel der Lufttemperatur 1991/91 in 2 m Höhe, 1:50 000, unveröffentlicht.
- [26] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993d:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993, Karte 04.04 Temperatur- und Feuchteverhältnisse in mäßig austauscharmen Strahlungsnächten, 1:125 000.
- [27] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993e:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993, Karte 04.05 Stadtklimatische Zonen, 1:50 000, Berlin.
- [28] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993f:**
Umweltatlas Berlin, Ausgabe 1993, Karte 04.06 Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht, 1:85 000, Berlin.
- [29] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1994:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Karte 04.03 Bodennahe Windgeschwindigkeiten, 1:75 000.
- [30] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1995a:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993, Karte 01.02 Versiegelung, 1:50 000.
- [31] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1995b:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Karte 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, 1:50 000.
- [32] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1995c:**
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Karte 06.02 Bestand an Grün- und Freiflächen, 1:50 000.

- [33] Technische Universität Berlin, Fachgebiet Photogrammetrie und Kartographie, Arbeitsgruppe Fernerkundung (Hrsg.) 1989:
Satelliten-Bildkarte von Berlin und Umgebung, 1:100 000, Berlin.