
Umweltbericht 1998

Stadtklima von Dresden

Impressum

Herausgeber:

Landeshauptstadt Dresden

Amt für Umweltschutz

Telefon (03 51) 4 88 62 00

und (03 51) 4 88 62 01

Telefax (03 51) 4 88 62 02

Amt für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Telefon (03 51) 4 88 23 90

und (03 51) 4 88 26 81

Telefax (03 51) 4 95 30 96

E-mail StadtDresden@compuserve.com

Postfach 120020

01001 Dresden

Redaktion: Dipl.-Meteorologin Brigitte Kirchner

Titelfotos: Amt für Umweltschutz, Grünflächenamt, Stadtplanungsamt

Gesamtherstellung: c-macs publishingservice dresden

gedruckt auf Recyclingpapier

September 1998

Schutzgebühr: 5,- DM

Dieses Informationsmaterial ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Landeshauptstadt Dresden. Es darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern zum Zweck der Wahlwerbung benutzt werden. Den Parteien ist es jedoch gestattet, Informationsmaterial zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Inhalt

Vorwort	4
1 Einleitung	5
2 Klima und Stadtklima	7
2.1 Klima	7
2.2 Stadtklima	7
3 Zum Klima des Dresdner Raumes	9
3.1 Einordnung des Dresdner Raumes in das Großklima	9
3.2 Topographische Gegebenheiten, Bebauungsstrukturen	9
3.3 Regionalklima Dresdens	9
4 Durchlüftung	11
4.1 Parameter zur Kennzeichnung der Durchlüftung	11
4.2 Wind	11
4.3 Nächtliche Kaltluftströmungen	14
4.4 Inversionen	16
5 Thermische Verhältnisse	19
5.1 Lufttemperatur	19
5.2 Wärmebelastung	23
6 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Stadtklima	27
6.1 Kartendarstellung wichtiger stadtklimatischer Erscheinungen (synthetische Klimafunktionskarte)	27
6.2 Stadtklimatische Verhältnisse einzelner Stadtteile	29
7 Schutz des Stadtklimas	33
7.1 Empfehlenswerte Vorgehensweise bei der Bewertung der Auswirkungen von Planungsvorhaben	33
7.2 Entwicklung von Planungsleitlinien zum Schutz des Stadtklimas	34
7.3 Planungshinweiskarte	35
7.4 Schutzansprüche einzelner Stadtteile	37
8 Literaturverzeichnis	38
9 Anhang	39

Vorwort

Die Landeshauptstadt Dresden hat von 1992 bis 1995 Untersuchungen zum Stadtklima von Dresden durchführen lassen. Diese Untersuchungen waren die Grundlage für die Erarbeitung von Arbeitsmaterialien für die Bauleitplanung der Stadt, die dazu dienen können, Planungen zum Wohle der jetzigen und der künftigen Stadtbewohner so zu gestalten, daß irreparable Schäden für die Stadt als Lebensraum ihrer Bürger vermieden werden. Schließlich tragen die klimatischen Verhältnisse einer Stadt wesentlich zum Wohlbefinden und zur Gesundheit der städtischen Bevölkerung bei.

Die Resultate der stadtklimatischen Untersuchungen sind bei der Erarbeitung des Flächennutzungsplanes von Dresden berücksichtigt worden und werden bei allen weiteren Bauleitplanverfahren unter dem Vorbehalt der Abwägung gegenüber anderen ökologischen sowie sozioökonomischen Belangen einbezogen. Der Stadtrat von Dresden hat in seinem Beschluß 1818-48-96 die Umsetzung der Anforderungen aus dem Stadtklimagutachten in die Bauleitplanung bekräftigt .

Die Broschüre stellt ausgewählte Ergebnisse zum Stadtklima von Dresden dar. Sie dient der Information der Dresdnerinnen und Dresdner. Die Broschüre ist so gestaltet, daß jeder Bürger neben einer Beschreibung allgemeiner stadtklimatischer Gesetzmäßigkeiten und typischer Dresdner Bedingungen auch die Verhältnisse in seinem Wohngebiet zusammengefaßt wiederfindet. Damit soll der Leser für die klimatologischen Empfindlichkeiten Dresdens sensibilisiert und zur Auseinandersetzung mit beabsichtigten Planungen angeregt werden.



Klaus Gaber
Beigeordneter für Umwelt und Kommunalwirtschaft
der Landeshauptstadt Dresden

1 Einleitung

Die Lage der Stadt Dresden im Elbtal macht ihren landschaftlichen Reiz aus, der zu ihrer kulturhistorischen Bedeutung beigetragen hat. Das erfordert aber einen sorgfältigen Umgang mit baulichen Vorhaben, um Beeinträchtigungen des Stadt-Landschaftsraumes möglichst gering zu halten. Die Kenntnis der klimatologischen Gegebenheiten liefert einen wesentlichen Baustein für eine Beurteilung der Auswirkungen von baulichen Umnutzungen.

In Verantwortung für den Erhalt und die Sicherung der natürlichen Potentiale und damit guter Lebensbedingungen für die Dresdner Bürger ließ die Landeshauptstadt Dresden eine umfassende Untersuchung der stadtklimatischen Verhältnisse durchführen. Die Chancen und Gefährdungen, die in der Lage der Stadt begründet sind, die natürlichen Potentiale für Regeneration und Ausgleich waren

zu benennen sowie die Möglichkeiten für den Erhalt des gegenwärtigen Zustandes, zur Vermeidung von Verschlechterungen und für Verbesserungen aufzuzeigen.

Das für die Durchführung verantwortliche Amt für Umweltschutz veranlaßte im Zeitraum 1992 bis 1995 Klimauntersuchungen sowohl für das Stadtgebiet als auch für Umlandgemeinden, die sich im klimatischen Einflußbereich Dresdens befanden. Diese Untersuchungen bestanden aus Messungen und Modellrechnungen.

Dabei ermöglichen Modellsimulationen auf der Grundlage von Höhen- und Landnutzungsdateien die Erarbeitung lokal-klimatischer Karten mit mathematisch-physikalischen Modellen.

Messungen ermöglichen quantitative Aussagen. Es wurden stationäre und mobile Messungen durchgeführt. Das stationäre Meßnetz bestand aus der langjähri-

gen Meteorologischen Station Dresden-Klotzsche, der langjährigen Klimastation Dresden-Pillnitz sowie zehn weiteren zeitweiligen Meßstellen. An ihnen wurden Messungen der Lufttemperatur und -feuchte vom 1.7.1992 bis 30.6.1994 und der Windgeschwindigkeit und -richtung vom 1.5.1993 bis 30.6.1994 vorgenommen.

Die Standorte für die temporären Meßstellen wurden so ausgewählt, daß verschiedene topographische Bedingungen (Hochfläche, Hang- und Tallage) und verschiedene Landnutzungsarten bzw. Bebauungsstrukturen mit Messungen belegt werden konnten.

In Tabelle 1 sind die einzelnen Stationen hinsichtlich ihrer Lage charakterisiert sowie die an ihnen gemessenen meteorologischen Parameter angegeben. Aus Karte 1 (Anhang) ist ihre Lage innerhalb der Stadt zu ersehen.

Nr.	Meßstelle	Höhe in m NN	Relief	Bebauung/Landnutzung	Gemessene Parameter*
1	Dresden-Pillnitz (Klimastation)	120	rechts der Elbe, Tallage am südöstlichen Stadtrand	ländliche, gärtnerische Nutzung an der Elbe	T, F, W
2	Großer Garten (Pflanzenschutzamt)	115	links der Elbe, Tal	große innerstädtische Parkanlage	T, F, W
3	Dresden-Mitte (Umweltministerium)	112	links der Elbe, Tal	relativ lockere innerstädtische Bebauung	T, F
4	Dresden-Kaditz (Klärwerk)	110	rechts der Elbe, Tallage am nordwestlichen Stadtrand	weitflächiges Klärwerksgelände in Elbnähe	T, F, W
5	Alaunplatz	120	rechts der Elbe, Tal	innerstädtische Parkanlage, Einmündung des Prießnitzgrundes	T, F, W
6	Feuerwache (Louisenstraße)	115	rechts der Elbe, Tal	innerstädtische Wohnbebauung, Hinterhof in der Neustadt	T, F
7	Heller (Deponie Radeburger Straße)	150	rechts der Elbe, sandige Hellerterrasse, Mittelhang	lockere Gewerbenutzung	T, F, W
8	Leutewitz (Sportplatz)	137	links der Elbe, Mittelhang	lockere Bebauung	T, F, W

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Nr.	Meßstelle	Höhe in m NN	Relief	Bebauung/Landnutzung	Gemessene Parameter*
9	Dresden-Wachwitz (Gelände Fernsehturm)	235	rechts der Elbe, Oberhang	Siedlungsrandlage am oberen Stadtrand	T, F, W
10	Nossener Bücke	121	links der Elbe, Unterhang	starke Versiegelung, Gewerbe, Einflußbereich des Weißeritztales	W
11	Dresden-Gostritz (Gärtnerei Schönert)	175	links der Elbe, Hochfläche	gut durchlüftete Randhöhenlage im Süden der Stadt	W
12	Dresden-Klotzsche (Meteorologische Station)	222	rechts der Elbe, Hochfläche	Flugplatzgelände, Höhenlage im Norden der Stadt	T, F, W

* T: Lufttemperatur, F: Luftfeuchtigkeit, W: Wind

Tabelle 1: Charakteristik der Meßstellen im Stadtgebiet

Mobile Messungen wurden während autochthoner Wetterlagen (das sind wind-schwache, bewölkungsarme Wetterlagen, bei denen sich lokalklimatische Besonderheiten besonders deutlich ausbilden können) während drei Zeitabschnitten im Herbst 1992, im Winter 1993 und im Sommer 1993 durchgeführt. Diese bestanden aus Messungen mit einem Meßfahrzeug auf festgelegten Routen sowie aus Vertikalsondierungen der Atmosphäre im Elbtal. Das Stadtgebiet wurde auf 5 Routen (vgl. Karte 1) während der Nachtstunden abgefahren, wobei Ausgangs- und Endpunkt jeder Meßroute „Am Schießplatz“ in Nähe der Meßstelle Dresden-Mitte war. Die Vertikalsondierungen von Lufttemperatur, -feuchte und Wind erfolgten am Johannstädter Elbufer mit einem Fesselballon bzw. mit freifliegenden sogenannten Pilotballonen.

Die gelben Flächen in Karte 1 geben die Untersuchungsgebiete für Detailgutachten an, die im Rahmen von Bebauungsplanungen (Dresden-Kemnitz, Pesterwitz–Altfranken–Gompitz, Südraum Dresdens, Dresden-Bühlau, -Rochwitz, Gönnsdorf, Pappritz) bzw. einer UVU zur Überhöhung und Erweiterung der Deponie Radeburger Straße angefertigt wurden.

Sämtliche Ergebnisse wurden nach Abschluß der Untersuchungen im Zusammenhang nach stadtklimatischen Gesichtspunkten ausgewertet.

Die gewonnenen Daten, die klimatische Analyse sowie die Bewertung gelten für den Erfassungszeitraum 1992 bis 1995 sowie die davor liegenden und nachfolgenden Jahre. Mit zunehmender Bebauung und Versiegelung sowohl im innerstädtischen als auch im Außenbereich, insbesondere durch Vorhaben, die die Belüftungsstruktur verändern, wird sich auch das Klima der Gesamtstadt bzw. betroffener Stadtteile ändern. Die klimatischen Untersuchungen sollten deshalb ggf. nach 10 bis 20 Jahren wiederholt werden.

2 Klima und Stadtklima

■ 2.1 Klima

Das Klima an einem bestimmten Ort ist die Gesamtheit aller meteorologischen Zustände und Vorgänge während eines längeren Zeitraumes. Dieser Zeitraum muß deshalb genügend lang sein, um die charakteristischen Gesamteigenschaften des Klimas abzubilden. Die Eigenschaften eines bestimmten Klimas sind die Synthese aus Mittel- und Extremwerten, Häufigkeits- und Andauerstatistiken der Klimatelemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Nebel u. a.

Das Klima eines Ortes ist außerdem stets die Summe aus den Einflüssen verschiedener Maßstabs- oder Skale-Bereiche, wobei der kleinere immer in den größeren Skale eingebettet ist. In die Einflüsse des Großklimas oder Makroklimas (mit einer horizontalen Erstreckung klimatologischer Erscheinungen über 2000 km) sind die des Regional- und des Stadtklimas oder Mesoklimas (mit einer horizontalen Erstreckung klimatologischer Erscheinungen von 2 km bis 2000 km) und in die wiederum die des Lokal- oder Mikroklimas (mit einer horizontalen Erstreckung klimatologischer Erscheinungen unter 2 km) eingeschlossen. So handelt es sich z. B. beim Stadtklima um ein recht komplexes Wirkungsgefüge, das sich aus den Einflüssen der einzelnen Bereiche zusammensetzt. Der bei einer bestimmten Wetterlage, an einem bestimmten Ort innerhalb eines Stadtgebietes und zu einer bestimmten Zeit gemessene Wert einer meteorologischen Größe ist die Summe aus

- dem Anteil des Großklimas (Beeinflussung durch z. B. geographische Breite und Länge, Höhenlage, Lage zum Meer und zu Gebirgszügen),
- dem Anteil des Regionalklimas (Beeinflussung durch Topographie und natürliche Bodenbedeckung),

- dem Anteil des Stadtklimas (Beeinflussung durch Bebauung, Versiegelung, Emission von Luftbeimengungen) sowie
- dem Anteil des Lokalklimas (Beeinflussung durch städtische Strukturen wie unterschiedlich dichte Bebauung, Grünanlagen, Höfe u. a.).

Um den Anteil des Stadtklimas genau benennen zu können, muß dieser durch Messungen und Vergleiche mit dem ländlichen Umland herausgearbeitet werden.

■ 2.2 Stadtklima

Unter Stadtklima versteht man ein durch die Wechselwirkungen der Atmosphäre mit der Bebauung, einschließlich der Emission von Luftverunreinigungen und Abwärme gegenüber dem Umland modifiziertes Klima. Die Modifikation entsteht, weil eine Stadt mit ihren spezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften einen Störfaktor in der atmosphärischen Grenzschicht (etwa unterste 1000 m der Atmosphäre) darstellt.

Die Gründe für diese Klimabeeinflussung lassen sich auf einige als wesentlich erkannte Faktoren zurückführen. Hierzu zählen:

- Die Stadt als Ganzes stellt eine Wärmeinsel gegenüber dem Umland dar (veränderte Strahlungsbilanz durch die Dunsthaube der Stadt zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns, erhöhte Wärmekapazität und erhöhtes Wärmespeichervermögen der Baumaterialien sowie anthropogen bedingte Energieumsetzungen).
Folgen: Höhere mittlere Lufttemperatur als im Umland, geringe nächtliche Abkühlung, an heißen Sommertagen hohe Wärme- bzw. bioklimatische Belastung für das Herz-Kreislauf-System des Menschen.

- In der Stadt ist die Verdunstung im allgemeinen geringer (hoher Versiegelungsgrad, direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation, die Vorflut oder das Grundwasser).

Folgen: Durch die verminderte Verdunstung steht die dafür nicht verbrauchte Wärmemenge zur zusätzlichen Erwärmung der Stadtatmosphäre zur Verfügung. Der geringere pflanzenverfügbare Wasservorrat im Boden verursacht Trockenstreß und geringere Vitalität der Restvegetation in der Stadt.

- Die Stadt ist ein Strömungshindernis mit erhöhter aerodynamischen Rauigkeit.
Folgen: Geringere mittlere Windgeschwindigkeit im Stadtgebiet, Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland bei windschwachen Situationen, Zug- und Böigkeitserscheinungen durch Kanalisierung der Luftströmung sowie Wirbelbildung an Gebäudekomplexen bei windstarken Situationen.
- Emission von Luftbeimengungen aus Verkehr, Haushalten und Industrie.
Folgen: In Verbindung mit der verminderten Durchlüftung ergeben sich lufthygienische Belastungen, die Atemwegserkrankungen verursachen können. Im Sommer besteht die Gefahr vermehrter Ozonbildung (Sommersmog).

Klimatische Veränderungen gegenüber dem Umland werden also vorwiegend verursacht durch Änderungen im Wärme-, Strahlungs- und Wasserhaushalt sowie der Durchlüftung der Stadt. Sie umfassen das gesamte Volumen der städtischen Grenzschicht. Innerhalb der städtischen Grenzschicht sind solche typischen stadtklimatischen Phänomene wie Wärmeinsel oder erhöhte Lufttrübung (Dunstglocke) angesiedelt.

Das Stadtklima als Ergebnis menschlicher Aktivitäten wird unterschiedlich bewertet. In der Regel negativ empfunden

werden Auswirkungen wie geringere UV-Strahlung, höhere Minimumtemperaturen besonders an Strahlungstagen, höhere Wärmebelastung im Sommer, höherer Bedeckungsgrad mit Wolken, geringere mittlere Windgeschwindigkeit (aber größere Böigkeit), deutlich mehr Luftverunreinigungen; als angenehm empfunden werden Auswirkungen wie z. B. milde Nächte (sofern sie nicht zu Wärmebelastung führen), geringere Andauer und Häufigkeit einer Schneedecke, geringere Anzahl von Frost- und Eistagen, raschere Nebelauflösung, geringerer Heizbedarf, längere Vegetationsperiode, zeitigeres Blühen von Pflanzen.

Die Charakteristiken des Stadtklimas lassen sich bei allen Wetterlagen und zu allen Jahreszeiten feststellen. Am deutlichsten prägen sie sich jedoch bei wind-schwachen und wolkenarmen Wetter-situationen, den autochthonen Wetter-lagen, aus. Dann sind die städtische Wärmeinsel, sowie orographisch und thermisch induzierte Windsysteme am kräftigsten ausgebildet. Bei windigem und bewölktem Wetter, den allochthonen Wetterlagen, treten die Besonderheiten des Stadtklimas dagegen weniger deutlich in Erscheinung.

3 Klima des Dresdner Raumes

■ 3.1 Einordnung des Dresdner Raumes in das Großklima

Der Dresdner Raum läßt sich durch die Begriffe „warmgemäßigtes Regenklima, immerfeucht, sommerwarm“ charakterisieren, wenn die Auswirkungen der großklimatischen Einflüsse betrachtet werden. Stellt man dagegen die atmosphärischen Vorgänge selbst in den Mittelpunkt der Betrachtung, ordnet sich Mitteleuropa dem „temperierten Zyklonalklima“ zu. Beide Einteilungen zusammen lassen bereits recht gut wesentliche Züge des herrschenden Klimas erkennen.

Das Klima im Dresdner Raum ist gekennzeichnet durch einen steten Wechsel von maritim und kontinental geprägten Witterungsabschnitten, verbunden mit der Zufuhr der entsprechenden Luftmassen. Dadurch wird die für Mitteleuropa typische Vielgestaltigkeit der meteorologischen Erscheinungen hervorgerufen. Insgesamt dominiert dabei der ozeanische Einfluß. Dennoch ist im Vergleich zu den westlichen Teilen Deutschlands eine stärkere Kontinentalität, erkennbar z.B. an der größeren Jahresschwankung der Lufttemperatur, zu verzeichnen.

■ 3.2 Topographische Gegebenheiten, Bebauungsstrukturen

Das Klima Dresdens wird maßgeblich von der Lage der Stadt in der Elbtalweitung sowie von den noch weitgehend unbauten Hängen und Randhöhen bestimmt.

Die Elbtalweitung ist länglich-oval mit relativ breiten Ein- und Ausgängen. Die Längsausdehnung beträgt nahezu 40 km, die Breite 5 bis 6 km. Entsprechend dem Verlauf der Elbe ist die Längsachse südost-nordwest-orientiert. Der ebene,

z.T. sehr breite Talboden ist durch alte Elbarme gegliedert und hat eine Höhenlage von etwa 105 bis 115 m ü. NN.

Die Randhöhen überragen die Elbtalwanne um etwa 150 bis 200 m, wobei die höchsten Erhebungen im Süden die Babisnauer Pappel mit 329 m ü. NN und im Nordosten der Borsberg mit 355 m ü. NN darstellen. Die Randhöhen werden durch einmündende Seitentäler gegliedert, die am rechten Elbufer, am Steilabfall der Lausitzer Platte zur Elbe, tief eingeschnitten sind. Die Südumrandung der Elbtalweitung fällt stetig zum Talboden hin ab und gliedert sich in die Gesamtabdachung des Erzgebirges ein. Das Gelände wird auch hier strukturiert durch zahlreiche Täler, wobei die Täler der Weißeritz und der Lockwitz am tiefsten eingesenkt sind.

Die Bebauung nimmt größtenteils den Talboden und die unteren Bereiche der Hänge ein. Nur kleinere Ortsteile und Klotzsche mit dem Flughafen befinden sich auf der Hochfläche. Das bebaute Gebiet wird geteilt durch den Verlauf der Elbe, die in großen Mäandern die Stadt durchfließt. An die Flußufer grenzen in weiten Bereichen beidseits unbebaute Elbauen an. Auch die vorwiegend landwirtschaftlich und z.T. für den Kiesabbau genutzten Elbaltarme gehören zum Erscheinungsbild der Landschaft. Im Norden wird die Stadt durch ein großes geschlossenes Waldgebiet, die Dresdner Heide, begrenzt, das sich über die Sandflächen des Heller bis zur Jungen Heide fortsetzt. Die unbewaldeten Freiflächen am Stadtrand und in den Hangbereichen werden vorwiegend landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzt.

Die Bebauung ist im allgemeinen aufgelockert und noch verhältnismäßig gut durchgrünt. Dicht bebaut und versiegelt sowie gering durchgrünt sind das historische Stadtzentrum der Altstadt und Neustadt sowie vorwiegend gewerbliche

Ansiedlungen an den Bahnverbindungen nach Leipzig (Pieschen), Heidenau und Tharandt.

Die Gesamtfläche der Stadt beträgt 22 575 Hektar. Grün- und Freiflächen (öffentliche Grünflächen, Kleingärten, Wasserflächen, Flächen für Landwirtschaft und Wald) haben daran einen Anteil von 56 % /Landeshauptstadt Dresden 1996 a/. Dresden hatte zum 31.12.1995 nach Angaben des Einwohneramtes eine Einwohnerzahl von 464 688 /Landeshauptstadt Dresden 1996 b/.

■ 3.3 Regionalklima Dresdens

Die Elbtalweitung ist thermisch begünstigt. Dadurch zählt der Raum Dresden gemeinsam mit dem Saale-Tal im Raum Jena zu den wärmsten Gegenden in den östlichen Bundesländern.

Grundlage für Erläuterungen zum Regionalklima ist die langjährige klimatologische Reihe (Normalwerte) von den meteorologischen Stationen Radebeul-Wahnsdorf/Dresden-Klotzsche, auf der Hochfläche gelegen, aus dem Zeitraum 1961 bis 1990. Ausgewählte Parameter sind in Tabelle 2 enthalten.

Eine Darstellung und stadtklimatische Interpretation der langjährigen Wind- und Temperaturverhältnisse erfolgt in Verbindung mit den Ergebnissen der zeitweiligen Meßstationen, die während des Untersuchungszeitraumes eingerichtet worden waren, in Kapitel 4 und 5.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Lufttemperatur – Mittelwert	–0,8	0,3	3,7	7,9	13,0	16,3	17,9	17,6	14,1	9,7	4,4	0,9	8,8 °C
– mittleres Monatsmaximum	9,0	10,1	17,0	22,3	26,5	30,0	31,7	31,4	27,1	22,0	14,8	11,6	32,8 °C
– mittleres Monatsminimum	–12,0	–10,0	–6,6	–2,1	1,9	6,2	8,7	8,0	5,0	–0,1	–4,5	–9,9	–15,3 °C
heiße Tage ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$)	–	–	–	0	0,1	1,1	2,9	2,2	0,1	–	–	–	6,4 Tage
Sommertage ($T_{\max} \geq 25\text{ °C}$)	–	–	–	0,4	2,9	7,5	12,0	11,0	3,2	0,2	–	–	37,2 Tage
Eistage ($T_{\max} < 0\text{ °C}$)	9,6	7,0	1,9	0,0	–	–	–	–	–	–	1,7	7,1	27,3 Tage
Frosttage ($T_{\min} < 0\text{ °C}$)	20,8	17,4	12,4	4,0	0,3	–	–	–	–	1,3	7,9	17,5	81,6 Tage
Relative Luftfeuchtigkeit	84	83	77	73	71	72	70	72	77	80	83	85	77 %
Dampfdruck	5,1	5,4	6,3	7,7	10,5	13,1	14,0	14,1	12,3	9,7	7,1	5,8	9,3 hPa
Bedeckungsgrad mit Wolken	5,9	5,6	5,5	5,2	4,9	5,0	4,9	4,6	4,8	4,8	5,8	6,0	5,3 Okta
Heitere Tage (Tagesmittel $\leq 1,6/8$)	2,4	3,1	2,8	3,0	3,1	3,0	3,3	4,1	4,0	4,9	2,1	2,3	38,1 Tage
Trübe Tage (Tagesmittel $\geq 6,4/8$)	16,6	14,3	13,6	11,5	10,4	10,4	10,0	8,0	9,3	10,6	14,8	17,9	147,4 Tage
Nebeltage	6,7	6,8	4,9	5,2	3,3	2,6	1,5	2,7	4,5	6,8	6,6	6,8	58,4 Tage
Sonnenscheindauer	55,6	74,5	111,6	147,1	201,6	200,1	208,5	197,8	149,5	124,3	58,3	45,7	1574,5 h
Niederschlag (N)	45	39	42	53	63	75	69	76	51	46	51	58	668 mm
Zahl der Tage mit – $N \geq 0,1\text{ mm}$	17,6	15,3	15,5	15,4	15,2	15,4	14,1	13,7	13,2	13,0	16,3	18,7	183,4 Tage
– $N \geq 10,0\text{ mm}$	0,5	0,5	0,7	1,3	1,7	2,3	2,1	2,2	1,4	1,2	0,9	1,1	15,9 Tage
– Schneefall $\geq 0,1\text{ mm}$	11,6	10,4	7,5	4,5	0,3	–	–	–	–	0,5	5,6	10,3	50,7 Tage
Windgeschwindigkeit (1981/1990)	4,1	3,5	3,7	2,9	2,5	2,7	2,6	2,5	2,8	3,3	3,6	3,9	3,2 m/s

Tabelle 2: Mittelwerte ausgewählter Klimaparameter an den Stationen Radebeul-Wahnsdorf/Dresden-Klotzsche (246/222 m ü. NN) für den Zeitraum 1961/1990

Interpretation weiterer meteorologischer Elemente:

Die Monatsmittel des Bedeckungsgrades des Himmels mit Wolken weisen das Minimum im August, das Maximum im Dezember und Januar auf. Ein deutlich ausgeprägter Jahresgang findet sich bei der Anzahl der Tage mit einem Tagesmittel des Bedeckungsgrades $\leq 1,6/8$ bzw. $\geq 6,4/8$ (den „heiteren“ bzw. „trüben Tagen“). Von August bis Oktober sind verhältnismäßig häufig wolkenarme Tage zu erwarten, während von November bis März häufig stark bewölkt oder bedeckter Himmel bzw. neblig-trübes Wetter anzutreffen ist.

Hinsichtlich der Sonnenscheindauer kann für das gesamte Stadtgebiet von 1550 bis 1600 Stunden pro Jahr ausgegangen werden, wobei große lokale Differenzen, bedingt durch unterschiedliche Exposition und Horizontfreiheit, normal sind.

Der Niederschlag (gemessen in mm, 1 mm entspricht 1 l/m^2) ist durch große Unterschiede auf engem Raum gekennzeichnet. Während auf der Hochfläche mittlere Jahressummen zwischen 650 und 680 mm gemessen werden (Dresden-Klotzsche 668 mm), bleibt im Elbtal die mittlere Jahressumme größtenteils unter oder bei 600 mm. Damit bildet die Dresd-

ner Elbtalweitung den südöstlichen Ausläufer eines relativen Trockengebietes, das sich von Nordsachsen (Raum Riesa/Torgau) längs der Elbe erstreckt. Diese Unterschiede treten bei Niederschlägen geringer Intensität zutage, dagegen sind bei stärkeren Niederschlägen (Tagessummen über 10 mm) weder in der Häufigkeit noch in der Menge Differenzen nachweisbar.

Die geringsten Niederschlagsmengen fallen im Herbst und Winter, die höchsten in den Sommermonaten. Während die Jahressummen etwa zwischen 431 mm und 970 mm schwanken, steht dem Juli 1954 – dem bei einer Monatssumme von 275 mm nassesten Monat – der fast niederschlagsfrei gebliebene September 1959 gegenüber.

Als jährlich höchste Tagessumme können im Mittel etwa 38 mm erwartet werden, während im Extremfall auch Tagessummen von etwa 100 mm auftreten können.

Statistisch kann an jedem zweiten Tag des Jahres meßbarer Niederschlag ($\geq 1\text{ mm}$) erwartet werden, wobei der September/Okttober die geringste und der Dezember/Januar die größte Niederschlagshäufigkeit (unabhängig von der Menge) aufweist. Dagegen konzentrieren

sich die Tage mit einer Niederschlags-höhe von mindestens 10 mm auf das Sommerhalbjahr mit seinen häufigen Gewitter- und Schauerniederschlägen.

Schneefälle sind von November bis April und noch Anfang Mai normal, ohne daß sich dabei eine Schneedecke ausbilden muß. Die Schneeverhältnisse entsprechen den Bedingungen im thermisch begünstigten Elbtalraum. Sie zeigen naturgemäß eine deutliche Höhenabhängigkeit. An nur 53 Tagen im Jahr ist im Mittel eine Schneedecke von mindestens 1 cm Höhe zu erwarten, wobei je nach Witterung die Schneedecke sich nur an einzelnen Tagen ausbildet, aber auch z. T. mehrwöchige Schneedeckenperioden vorkommen. Eine sogenannte „Winterdecke“, eine Schneedecke, die sich zu Beginn des Winters ausbildet und erst zu Frühlingsbeginn wieder verschwindet, kommt im Dresdner Raum in der Regel nicht vor. Während des Winters treten immer wieder mehr oder weniger lange schneedeckenfreie Perioden auf. Als bisher absoluter Höchstbetrag der Schneedecke wurden 43 cm gemessen.

Die mittlere Anzahl der Tage mit Nebel beträgt 59, die mittlere Anzahl der Gewittertage 28. Diese Daten stellen durchschnittliche Werte für Sachsen dar.

4 Durchlüftung

■ 4.1 Parameter zur Kennzeichnung der Durchlüftung

Die Durchlüftung ist von größter Bedeutung für die lufthygienische und klimatische Situation in einer Stadt. Infolge der Konzentration von Verkehr, Produktion und Bevölkerung werden vermehrt Luftverunreinigungen emittiert. Obwohl durch Energieträgerumstellungen und technische Verbesserungen von Produktionsprozessen bzw. Stilllegungen von Industrie- und Feuerungsanlagen die Emissionen der klassischen Schadstoffe zurückgehen, werden durch die Emissionen des zunehmenden motorisierten Individualverkehrs die positiven Entwicklungen teilweise zunichte gemacht.

Die Luftverunreinigungen müssen ausreichend mit frischer Luft verdünnt und abtransportiert werden, sollen nicht lufthygienische Belastungen mit ggf. nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen entstehen.

Auch für den Abbau unerwünschter Wärmebelastungen in innerstädtischen Gebieten spielt die Durchlüftung eine große Rolle. Sie bestimmt damit in entscheidendem Maße die Lebensqualität einer Stadt mit.

Die Durchlüftung erfolgt durch den Wind als bewegter Luft. Mit ihm werden mehr oder weniger gut die Inhaltsstoffe der Luft, wie Gase (z. B. Wasserdampf, Schadgase), feste oder gelöste Stoffe (z. B. Stäube, Pollen) und Eigenschaften (z. B. Wärmeinhalt) verfrachtet und verdünnt.

Beeinflußt und gekennzeichnet wird die Durchlüftung durch

- die Windrichtung (sie gibt an, wohin Luftverunreinigungen transportiert werden und welche möglicherweise empfindlichen Nutzungen betroffen sind),

- die Windgeschwindigkeit (sie bewirkt vor allem die horizontale Verdünnung der Luftverunreinigungen und ist ein Maß für die dynamische Turbulenz) und
- die vertikale Temperaturschichtung (sie beeinflußt die vertikale Verdünnung der Luftverunreinigungen und ist ein Maß für die thermisch bedingte Turbulenz). Besonders austauschhemmend wirken Inversionen (vgl. Kapitel 4.4).

Die Durchlüftungsverhältnisse sind außer von den oben genannten meteorologischen Größen von der topographischen und geographischen Lage sowie der Art der Landnutzung abhängig. Die städtische Bebauung bewirkt, daß die mittlere Windgeschwindigkeit geringer ist als im unbebauten Umland.

Durch Topographie und unterschiedliche Landnutzung bedingt, können thermische Windsysteme wirksam werden und für eine gewisse Mindestventilation sorgen. Für Dresden sind in Strahlungsnächten Kaltluftabflüsse von den Hängen bzw. Talabwinde in den Tälern daher von größter Bedeutung.

Durch stadtplanerische Maßnahmen kann auf die Durchlüftung Einfluß genommen werden, indem auf den Erhalt vorhandener Luftleitbahnen bzw. ihre Wiederherstellung durch Beseitigung von Hindernissen geachtet wird. Dazu ist es erforderlich, die Lage von Luftleitbahnen zu identifizieren. Luftleitbahnen sind Flächen mit niedriger aerodynamischer Rauigkeit. Sie sollten vom Stadtrand möglichst weit in das Stadttinnere reichen. Luftleitbahnen können z. B. größere Freiflächen mit niedrigem Bewuchs, größere Wasserflächen, breite Straßen und breite Gleisanlagen sein. Dabei ist die lufthygienische und klimatologische Qualität dieser Luftleitbahnen durchaus unterschiedlich, je nachdem ob auf ihnen Emissionen stattfinden (stark befahrene Straßen,

Gleisanlagen mit Diesellokbetrieb) oder Frisch- und Kaltluft transportiert werden (größere Grünflächen vor allem mit niedriger Vegetation, Wasserflächen).

Nachfolgend werden die oben genannten Einflußfaktoren und Kenngrößen für die Durchlüftung in Dresden beschrieben.

■ 4.2 Wind

Die mittlere jährliche **Windgeschwindigkeit** betrug während des zehnjährigen Meßzeitraumes 1981 bis 1990 in Dresden-Klotzsche 3,2 m/s (Tabelle 2). Der Meßstandort während dieser Zeit ist als windgeschützt einzuschätzen. Nach Verlegung der Meßstelle an einen windoffenen Standort ab 1. 7. 1993 betragen die Mittelwerte wie auch an anderen freien Lagen auf der Hochfläche um 4 m/s.

Während des einjährigen Meßzeitraumes (1. 5. 1993 bis 30. 6. 1994) wurden durch die Verteilung der neun Windmeßstandorte im Stadtgebiet die unterschiedlichen Einflußfaktoren auf das Windfeld wie Relief, Bewuchs und Bebauung untersucht.

Wie die in Tabelle 3 angegebene mittlere Windgeschwindigkeit zeigt, sind die Standorte auf den Hochflächen am windreichsten (Klotzsche und Gostritz). Relativ hohe Werte wurden auch in Kaditz, Pillnitz (beides Stationen im Elbtal, in unmittelbarer Flußnähe und relativ frei gelegen) und Nossener Brücke (zwar dicht bebaute Umgebung, doch erhöhter Standort auf der Böschung der Hochstraße) gemessen.

Die geringsten Werte traten im Großen Garten und auf dem Alaunplatz als typischen Innenstadtstationen auf (Windschutz durch Bäume und Häuser). Relativ niedrig waren auch die Windgeschwindigkeiten auf dem Heller (Windschutz durch die Orographie, Gebäude und Bewuchs) und in Leutewitz (Windschutz durch die Orographie).

Meßstelle und Nr. aus Tabelle 1	mittlere Windgeschwindigkeit in m/s	Häufigkeiten in % von		
		schwachen Winden		starken Winden
		< 1 m/s	≤ 2 m/s	≥ 5 m/s
(12) Klotzsche	4,3	5	19	31
(11) Gostritz	3,9	2	24	26
(4) Kaditz	3,2	7	36	18
(10) Nossener Brücke	3,0	2	35	11
(1) Pillnitz	3,0	4	36	14
(8) Leutewitz	2,8	7	38	10
(7) Heller	2,6	12	45	7
(2) Großer Garten	2,1	23	57	4
(5) Alaunplatz	2,1	22	60	5

Tabelle 3: Mittlere Windgeschwindigkeit und Häufigkeit starker und schwacher Winde (5/93 bis 6/94)

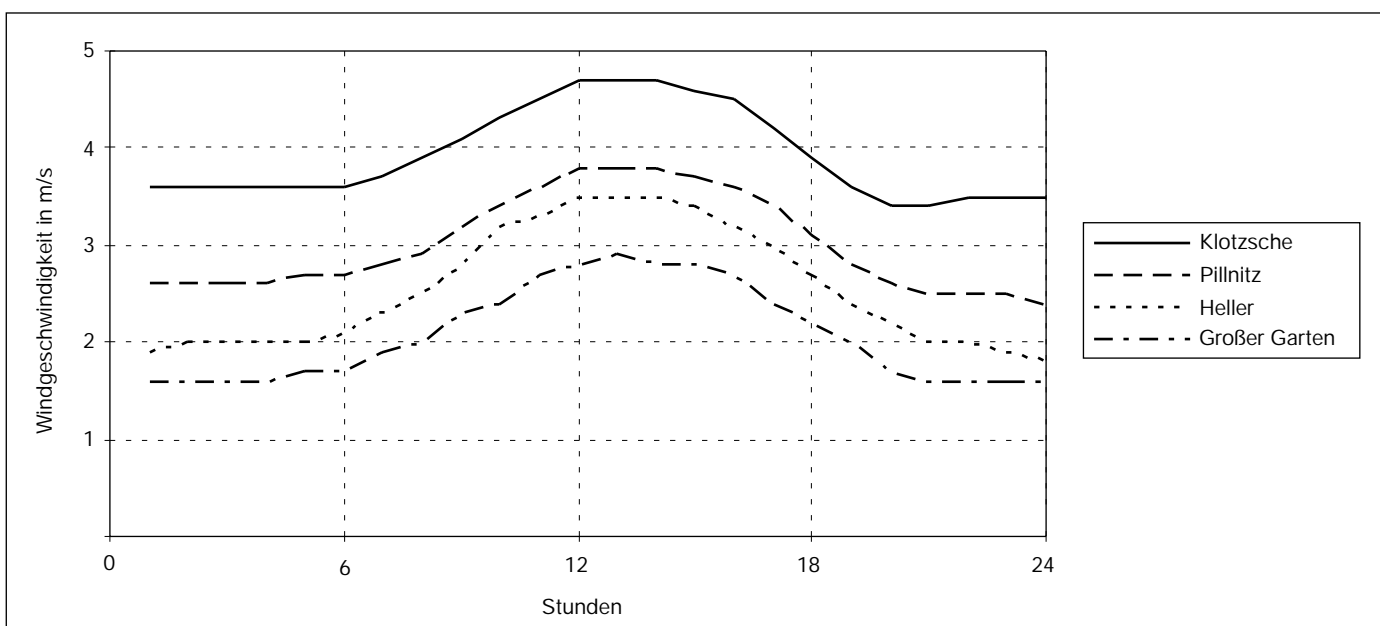


Abbildung 1: Mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit (5/93 bis 6/94)

Auch im Tagesverlauf (Abbildung 1) ergibt sich die gleiche Rangordnung der Meßstellen. Es heben sich die windgeschützten Stationen deutlich von den windexponierten ab. Tagsüber treten im Mittel höhere Windgeschwindigkeiten als nachts auf. Die Windmaxima werden im Mittel gegen 13 Uhr erreicht, in den Sommermonaten etwas später (gegen 15 Uhr). Sie liegen im Mittel an den windschwachen Stationen Großer Garten und Alaunplatz bei 2,8 m/s und erreichen bei den windreichen Stationen Gostritz und Klotzsche höhere Werte von 4,6 bzw. 4,7 m/s. Die nächtlichen Minima schwanken im Mittel zwischen 1,6 und 3,4 m/s.

Die flächenhafte Verteilung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit im Stadtgebiet ist in Karte 2 (Anhang) dargestellt. Sie ist das Ergebnis von Modellrechnungen.

Die aus Modellrechnungen ermittelten mittleren Windgeschwindigkeiten stimmen gut mit den Messungen überein.

Die geringsten mittleren Windgeschwindigkeiten besitzen die Stadtteile Altstadt, Neustadt, Südvorstadt und Striesen sowie Teile der großräumig bewaldeten Bereiche der Dresdner Heide. Mit Jahresmittelwerten um 1,5 m/s muß in den dicht bebauten Bereichen und in den Tälern gerechnet werden (u. a. Prießnitzgrund).

In Nähe der Elbe liegt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit um 2,8 m/s. Geringere Windgeschwindigkeiten treten nur an den Stellen auf, wo die Bebauung bis an die Elbufer heranreicht (z. B. Pieschen, Kemnitz/Briesnitz, östliche Stadtteile). Höhere Windgeschwindigkeiten (etwa 3,1 m/s) sind in den Bereichen Kaditz und Hosterwitz zu erwarten, was auf die freie Lage (kaum Hindernisse in Form von Bebauung oder Wald) zurückzuführen ist.

Die locker bebauten, von Parks und innerstädtischen Freiflächen durchsetzten Gebiete in den tieferen Lagen fallen

in den Windgeschwindigkeitsbereich zwischen 2,1 bis 2,6 m/s. Höhere Windgeschwindigkeiten im Stadtgebiet werden nur im Bereich der Bahnanlagen von Friedrichstadt, des Großen Gartens und der Elbaltarme erreicht.

Auf den Höhen im Norden, Westen, Süden und Osten der Stadt betragen die mittleren Windgeschwindigkeiten mehr als 3,6 m/s. Die bebauten Bereiche sind an der Verringerung der Windgeschwindigkeit zu erkennen. Höhenlage und freie Anströmung führen aber in den bebauten Ortsteilen zu einem wesentlich höheren Windgeschwindigkeitsniveau als in tiefer gelegenen Stadtteilen. Das Zusammenwirken von Landnutzung und topographischen Formen führt insbesondere im Süden zu einem differenzierten Bild zwischen niedrigen Windgeschwindigkeiten in Wald-, Siedlungsgebieten und in Tälern sowie erhöhten Windgeschwindigkeiten über Kuppen- und Kammlagen.

Neben der mittleren Windgeschwindigkeit sind für Durchlüftungsfragen die Häufigkeiten bestimmter Windgeschwindigkeitsklassen von Bedeutung. In Tabelle 3 sind die relativen Häufigkeiten der Stundenmittelwerte für drei Windgeschwindigkeitsklassen angegeben:

- < 1 m/s (sehr schwachwindig, fast windstill),
- ≤ 2 m/s (schwachwindig),
- ≥ 5 m/s (starkwindig).

- Die auf den Hochflächen gelegenen Meßstellen Gostritz und Klotzsche besitzen gegenüber den tiefer gelegenen Meßstellen die geringsten Anteile an Schwachwinden (≤ 2 m/s) und die größten Anteile an starken Winden.
- Die Häufigkeit sehr geringer Windgeschwindigkeiten (< 1 m/s) beträgt im Großen Garten bzw. am Alaunplatz fast ein Viertel aller Stunden, ist auch auf dem Heller mit 12% noch beträchtlich und liegt sonst zwischen 2 und 7%.
- Die Schwachwinde (≤ 2 m/s) sind am häufigsten an den geschützt liegenden Stadtstationen Alaunplatz (60%) und Großer Garten (57%). Auch die Station Heller weist einen Schwachwindanteil von 45% auf. Die Starkwindhäufigkeit

liegt an diesen Meßstellen zwischen 4 und 7%.

- Zwischen 35 und 38% liegen die Schwachwindhäufigkeiten (≤ 2 m/s) an den Stationen Pillnitz, Kaditz, Leutewitz und Nossener Brücke. Die Starkwindhäufigkeit beträgt hier 10 bis 18%.

Allen Stationen ist die größere Häufigkeit von Schwachwinden im Sommer gegenüber dem Winter und nachts gegenüber tags gemeinsam.

Windrichtung ist die Richtung, aus der der Wind weht. Die Richtungen sind in 30°-Sektoren angegeben. Dabei enthält Windrichtung 30° alle Winde aus den Richtungen 30 ± 15°, die Windrichtung 60° alle Winde aus den Richtungen 60 ± 15° usw. Es bezeichnen die Richtung 90°: Winde aus Osten, 180°: Winde aus Süden, 270°: Winde aus Westen und 360°: Winde aus Norden.

Bei umlaufenden Winden (U) ist eine Windrichtung nicht angebar. Die Häufigkeit von Calmen (C), d. h. Windstillen, hängt u. a. von der Mindestgeschwindigkeit ab, bei der das verwendete Meßsystem mit der Registrierung beginnt. Das ist auch die Ursache für die große Calmenhäufigkeit an der Station Klotzsche im Zeitraum 1981 bis 1990 (vgl. Abbildung 2).

Die mittleren Windrichtungsverteilungen im Stadtgebiet von Dresden setzen sich aus den Komponenten mehrerer Einflüsse zusammen. Entsprechend dem in Mitteleuropa vorherrschenden Strömungsmuster (Großwetterlagen) dominieren Windrichtungen aus dem Westquadranten (Abbildung 2). Mechanische Windleitwirkungen an der Topographie können diese Hauptwindrichtungen modifizieren. So sind im Nordwest-Südost orientierten Elbtal auch nordwestliche Windrichtungen häufig und das um so stärker, je mehr man sich dem Talboden nähert (Karte 3). Windführungen kleineren Ausmaßes finden darüber hinaus an Reliefeinschnitten (Tälern) und Hindernissen (Bewuchs, Bebauung) statt. In die mittlere Windrichtungsverteilung gehen zudem thermisch bedingte Windsysteme ein, die vor allem bei Strahlungswetterlagen wirken. In Dresden sind das regionale und lokale Tal- und Hangabwinde. Ihre Strömung verläuft talabwärts (Elbtal, Weißeritz, Prießnitz u. a.) und senkrecht zur Hangneigung.

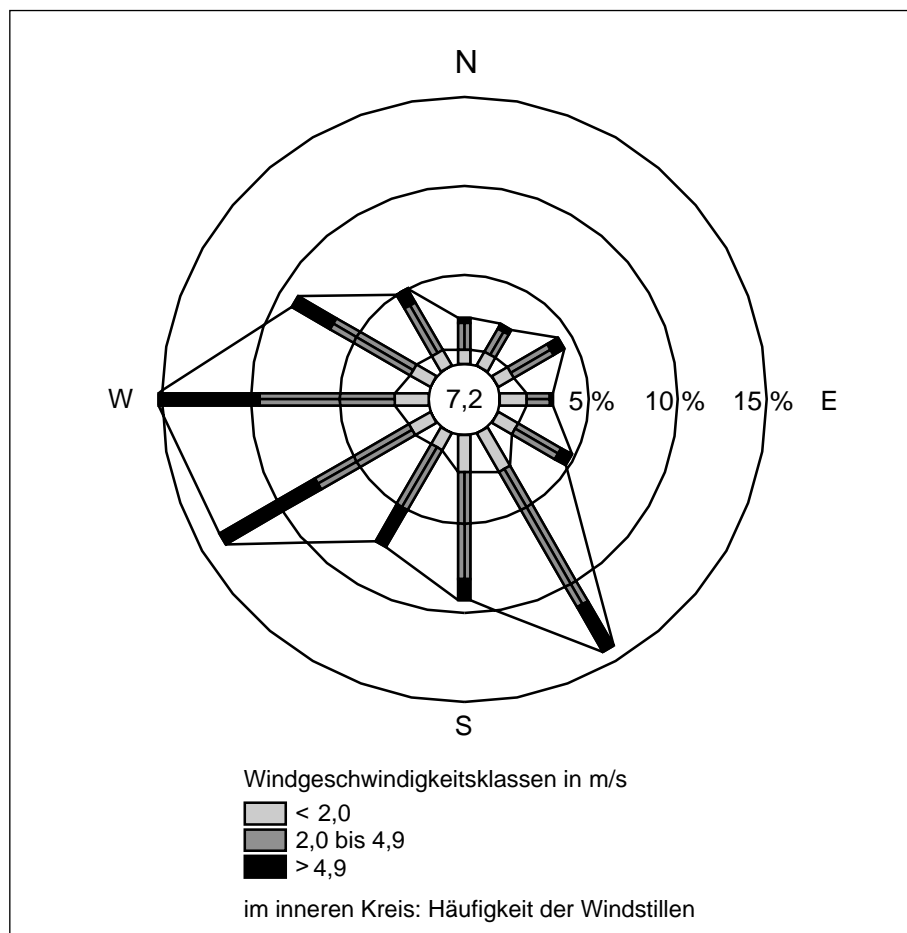
Aus dem oben Gesagten läßt sich die Zweigipfligkeit der langjährigen Windrichtungsverteilung von Dresden-Klotzsche (Abbildung 2) mit dem Hauptmaximum bei 240 bis 270° mit 29% Gesamthäufigkeit und dem Nebenmaximum bei 150° mit knapp 15% Häufigkeit erklären. Das sekundäre Maximum ist das ganze Jahr vorhanden und wird im Herbst und Winter sogar zum Hauptmaximum.

Es werden drei Ursachen für das zweite Häufigkeitsmaximum gesehen.

Zum einen ist es die mechanische Windleitwirkung des Elbtals bei Winden aus dem Süd- und Ostquadranten, die insbesondere im Winterhalbjahr häufig sind. Durch das Elbtal werden diese Winde in eine talparallele Strömung umgelenkt.

Zum zweiten tritt vorwiegend im Winterhalbjahr der sogenannte „Böhmische Wind“ auf. Er stellt eine regionale Besonderheit des Windfeldes im ostsächsischen Raum dar. Wenn bei entsprechender großräumiger Druckverteilung (hoher Druck über Ost- oder Südosteuropa, tiefer Druck über Nordwesteuropa) das ringsum von Gebirgen umgebene Böhmisches Becken mit Kaltluft gefüllt ist, die von einer Inversion in Höhe der Gebirgskämme bedeckt wird, fließt die Kaltluft längs vorhandener Strömungspforten des Erzgebirges und über den Kamm nach Norden bzw. Nordwesten ab. Der dabei auftretende kräftige Süd- bis Südostwind wird als kalt und unangenehm empfunden. Die Lufttemperatur kann im Vergleich mit Gebieten Westsachsens um mehrere Kelvin herabgesetzt sein. „Böhmischer Wind“ tritt im Mittel an etwa 2% aller Stunden im Jahr bzw. an 8 Tagen/Jahr auf.

Abbildung 2: Windrichtungsverteilung (in %) für 3 Windgeschwindigkeitsklassen, Dresden-Klotzsche (1981 bis 1990)



Die dritte Ursache stellt ein regionales thermisches Talabwindssystem dar, das vor allem bei Strahlungswetterlagen in Sommernächten wirksam ist. Es erhält seinen Antrieb aus den großflächigen Kaltluftabflüssen von der Nordabdachung des Osterzgebirges und wird im Elbtalbereich zu einem Elbtalabwind, der auch die Randhöhen (Dresden-Klotzsche) mit erfaßt.

Mittlere langjährige Windrosen sind in Karte 3 dargestellt. An den einzelnen Windrosen wird die bereits dargelegte Überlagerung verschiedener Ursachen für die Häufigkeitsverteilungen deutlich. Die Leitwirkung des Elbtals ist besonders an den talnahen Meßstellen (Kaditz, Alaunplatz, Großer Garten, Pillnitz) mit einer Bevorzugung nordwestlicher und südöstlicher Windrichtungen erkennbar. An den Stationen Großer Garten und Pillnitz werden die südöstlichen Komponenten sogar zur Hauptwindrichtung. Die Leitwirkung des Prießnitztales wird an der Station Alaunplatz durch die relative Bevorzugung der Windrichtung 60°, und die des Weißeritztales an der Station Nossener Brücke durch die Bevorzugung südlicher Windrichtungen deutlich.

Die thermisch verursachten Windsysteme treten vor allem nachts auf. Um diese thermisch verursachten Talabwinde und Kaltluftabflüsse aus den allgemeinen Windrichtungsverteilungen zu eliminieren, sind in Karte 4 die Windrichtungsverteilungen in Strahlungsnächten (das sind wind-schwache, bewölkungsarme Nächte) dargestellt.

Aus dem Vergleich von Karte 3 und 4 ergeben sich deutliche Unterschiede der Richtungsverteilungen zwischen den mittleren Verteilungen und denen in Strahlungsnächten:

- Die großen Häufigkeiten aus westlichen Richtungen gehen in Strahlungsnächten meist bis auf unbedeutende „Stümpfe“ zurück.
- Es dominieren in Strahlungsnächten an einigen Meßstellen Windrichtungen aus Südost bis Ost: Pillnitz, Gostritz, Großer Garten, Leutewitz, Kaditz, Klotzsche. Ursache dafür sind zum einen, daß Strahlungswetterlagen in der Regel mit Großwetterlagen verbunden sind, die eine südliche bis östliche Grundströmung haben, und zum anderen, daß diese Richtungen der des regionalen nächtlichen Talabwindes entlang dem Elbtal entsprechen.
- An Meßstellen, die am Ausgang von Elbseitentälern liegen, treten verstärkt die Richtungen dieser lokalen Talabwinde auf: Kaditz (Westwind aus dem Zschonergrund), Alaunplatz (nordöstliche Windrichtung aus dem Prießnitz-

grund), Nossener Brücke (südliche Windrichtung aus dem Weißeritztal).

- Der Einfluß lokaler Kaltluftströmungen auf die Windrichtungsverteilungen ist an den Meßstellen Heller (Kaltluftflüsse aus dem Ostsektor vom Hellergelände) und Alaunplatz (Kaltluftflüsse ebenfalls aus dem Ostsektor aus der Dresdner Heide) deutlich ersichtlich.

Aus den zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen oder den **Stärkewindrosen** (Karte 5) ist die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit von der Windrichtung erkennbar. Damit wird die Effektivität der Durchlüftung bei den einzelnen Windrichtungen deutlich.

Die Windgeschwindigkeiten sind in Karte 5 in drei Klassen dargestellt:

- Klasse 1: < 2 m/s,
- Klasse 2: 2,0 bis 4,9 m/s,
- Klasse 3: > 4,9 m/s.

Die Windgeschwindigkeitsklassen mit geringen und hohen Geschwindigkeiten verteilen sich auf die einzelnen Windrichtungen an den Meßstellen in folgender Weise:

- Klotzsche: Starke und schwache Winde besitzen Anteile bei allen Windrichtungen. Die Anteile der starken Winde sind bei Richtungen aus dem Westsektor (210 bis 300°), die der schwachen Winde aus dem Südostsektor (90 bis 180°) am höchsten.
- Gostritz: Es gilt das gleiche wie für Klotzsche.
- Kaditz: Ein hoher Schwachwindanteil (um 40%) ist bei Winden aus dem Südostsektor (90 bis 180°) vorhanden. Bei 210 bis 300° besteht neben einem hohen Anteil starker Winde auch ein beträchtlicher Schwachwindanteil, besonders bei 270 bis 300° (Überlagerung mit Kaltluftflüssen).
- Nossener Brücke: Der Schwachwindanteil ist bei den Richtungen 120 bis 240°, der Starkwindanteil bei den Richtungen 240 bis 300° hoch.
- Pillnitz: Es dominieren Schwachwinde, besonders aus den Richtungen 90 bis 180°, aber auch 300 bis 330°. Bei diesen Richtungen finden sich aber auch gewisse Anteile starker Winde.
- Leutewitz: Der Schwachwindanteil überwiegt bei fast allen Windrichtungen gegenüber den starken Winden, nur bei den Richtungen 240 bis 270° besteht ein nennenswerter Starkwindanteil.
- Heller: Der Schwachwindanteil überwiegt (360

bis 120°) und hat bei allen Richtungen erhebliche Anteile. Starke Winde treten mit geringen Anteilen vor allem bei 240 bis 270° auf.

- Großer Garten: Die Klasse der Schwachwinde macht den größten Anteil aus, besonders bei den Windrichtungen 90 bis 210°. Starke Winde treten mit geringen Anteilen bei 270 bis 300° auf.
- Alaunplatz: Die Klasse der Schwachwinde macht den überwiegenden Anteil aus, besonders bei 60 bis 90°. Starke Winde kommen mit geringen Anteilen bei 270 bis 300° vor.

Wie bereits ausgeführt, sind schwache Winde nachts häufiger als am Tage und im Sommer häufiger als im Winter. Sie charakterisieren also in größerem Maße die thermisch angeregten Windsysteme. Daneben stellen Schwachwindsituationen in Städten lufthygienisch immer kritische Situationen dar. Dabei sind nicht nur die stagnierenden nächtlichen Verhältnisse von Interesse, sondern wegen des Sommersmogs auch die Verhältnisse am Tage und im Sommer. Um eine ausreichende Durchlüftung zu gewährleisten, ist es wichtig, Belüftungsschneisen besonders aus den Richtungen zu erhalten bzw. in die Richtungen zu legen, aus denen mit großer Häufigkeit schwache Winde zu erwarten sind.

Von Interesse sind aber außerdem die Windrichtungen, die häufig mit hohen Windgeschwindigkeiten verbunden sind. Bei diesen Windrichtungen treten verstärkt Strömungskanalierungen und Geschwindigkeitserhöhungen an der Bebauung und in Straßenzügen auf. Dadurch kann die Aufenthaltsqualität an solchen Stellen beeinträchtigt sein.

■ 4.3 Nächtliche Kaltluftströmungen

Während städtische Räume bei genügend hohen Windgeschwindigkeiten ausreichend durchlüftet werden, ist das bei windschwachen Situationen kaum noch der Fall. Für einen gewissen Ausgleich können in Strahlungsnächten lokale Windsysteme sorgen. In orographisch gegliedertem Gelände wie Dresden handelt es sich um Ausgleichsströmungen (Kaltluftströmungen), die durch Temperatur- und dadurch bedingte Dichteunterschiede nebeneinander lagernder Luft ausgelöst werden.

Beginnend um Sonnenuntergang, wenn die Ausstrahlung gegenüber der Einstrahlung überwiegt, beginnt sich die Erdoberfläche abzukühlen. In nicht ebenem

Gelände entstehen dadurch Temperaturunterschiede zwischen der bodennahen Luft am Hang und derjenigen in gleicher Höhe weiter entfernt davon. Kalte und damit spezifisch schwerere Luft hat das Bestreben, sich unter wärmere Luft zu schieben und beginnt somit hangabwärts abzufließen. Sie füllt Mulden und Senken auf („Kälteseen“, „Frostlöcher“), staut sich an Hindernissen (wie Dämmen oder abriegelnder Bebauung), sammelt sich in Tälern, dringt in bebauten Gebiete ein bzw. bildet bei den entsprechenden Voraussetzungen Hangabwind- oder Talabwind-systeme. Ob Kaltluftströmungen nur von lokalem Einfluß sind oder regionalen Charakter haben, hängt von der Orographie (Größe der Kaltluftbildungsflächen im geneigten Gelände, Hangneigung, Länge des Hanges, Tiefe von Tälern oder Tal-systemen, der Neigung der Talsohle, den Abflußbedingungen) sowie den thermischen und mechanischen Eigenschaften des Untergrundes ab.

Der Nachweis der Kaltluftströmung ist auch mit einfachen Hilfsmitteln wie Zigarettenrauch oder Seifenblasen möglich. An dafür geeigneten Standorten kann so auch leicht die Abkopplung der bodennahen Kaltluftströmung von der darüber befindlichen großräumigen Strömung beobachtet werden.

Das nächtliche Abkühlungsverhalten unterschiedlicher Oberflächen ist abhängig von deren physikalischen Eigenschaften.

Auf nacktem Boden treten an der Bodenoberfläche tags die höchsten, nachts die tiefsten Temperaturen auf.

In einer Wiese sind die höchsten Temperaturen am Tage innerhalb des Bestandes zu finden, während der Boden kühl bleibt. Die abendliche Abkühlung beginnt an der Wiesenoberfläche, was an der Taubildung erkennbar ist.

In einem Wald erfolgt die nächtliche Ausstrahlung ausschließlich von der Oberfläche der Baumkronen. Dort ist es am kältesten, während im Stammraum nur geringe vertikale Temperaturunterschiede bestehen. Bei dichtem Kronendach bleibt die kalte Luft darüber liegen bzw. fließt in geneigtem Gelände in Wipfelniveau ab. In lichtigem Bestand kann die Kaltluft zwischen den Stämmen zu Boden sinken und gegebenenfalls auch dort abfließen.

Wiesen und mit landwirtschaftlichen Kulturen bestandene Ackerflächen weisen nachts die niedrigsten Oberflächentemperaturen auf.

Im Gegensatz zu einer natürlichen Oberfläche erwärmen sich die Steinmassen einer Großstadt nur langsam, kühlen sich aber auch nur langsam ab. Die Stadt folgt daher morgens zögernd der Erwärmung.

Abends bleibt die Wärme, besonders im Hochsommer, in den Straßen lange erhalten.

Im orographisch gegliederten Gelände Dresdens werden Kaltluftabflüsse von den großenteils noch unbebauten Hängen und Talabwinde in den Tälern wirksam. Auf den der Stadt zugeneigten Hängen und in den Tälern fließt die Kaltluft im Laufe der Nacht bodennah ab und füllt die Elbtalweitung fast völlig auf. Die Elbtalweitung stellt das Kaltluftsammelgebiet dar.

Von großer Bedeutung für den Luftaustausch zwischen Umland und Stadt ist die Menge an Kalt- bzw. Frischluft, die im Laufe einer Nacht der Stadt zugeführt wird. Die Kaltluftbildungsflächen (Äcker, Wiesen, Wälder) im Stadtgebiet und im Umland Dresdens, die für die Stadt klimatisch wirksam sind, betragen etwa 225 km². Wird eine Kaltluftbildungsrate von 12 m³/m²h zugrunde gelegt, können potentiell in einer achtstündigen Nacht etwa 22 km³ Kaltluft entstehen. Diese füllt das Elbtal im Stadtgebiet (angenähertes Volumen 24 km³) auf und kann entlang der Elbe langsam abfließen. Dadurch ist auch während austauscharmer Nächte eine gewisse Durchlüftung gewährleistet. Dies ist eine Ursache für die geringe Anfälligkeit Dresdens für Wintersmog.

Die Kaltluftflüsse ins Elbtal und ins Stadtgebiet sind für Dresden typisch und sowohl lufthygienisch als auch bioklimatisch von großer Bedeutung. Diese Strömungen transportieren die auf ihrem Weg angenommenen Luftmasseneigenschaften wie Temperatur und Schadstoffgehalt über größere Entfernungen. Da diese Luft sich in der Umgebung Dresdens hauptsächlich über Freiflächen bildet, ist sie meist gering mit Schadstoffen belastet und kann deshalb als Frischluft bezeichnet werden. Aber auch bodennahe Emissionen (z. B. von Mülldeponien, Kfz-Abgase) können durch Kaltluftflüsse transportiert werden.

Diese Luftzuflüsse wirken als Kaltluft abkühlend auf überwärmte städtische Räume, als Frischluft verdünnen sie die im Stadtgebiet stets vermehrt vorhandenen Luftverunreinigungen.

Die einfließende Kaltluft führt aber auch zu einer Stabilisierung der vertikalen Temperaturschichtung bzw. zur Bildung von Inversionen. Dadurch werden die Austauschverhältnisse in Kaltluft-sammelgebieten stark reduziert und der vertikale und horizontale Abtransport von Luftverunreinigungen behindert. Nur innerhalb der etwa 100 m mächtigen nächtlichen Stadtgrenzschicht herrscht infolge der Wirkung der städtischen Überwärmung relativ gute Durchmischung. Im Laufe des

Tages lösen sich stabile Temperaturschichtungen meist auf. Im Winterhalbjahr reicht die Sonneneinstrahlung am Tage aber oft nicht aus, um Kaltluft-sammelgebiete völlig aufzulösen, so daß höhere Immissionsbelastungen die Folge sein können.

Die Kaltluftströmungen wirken sich in Dresden deutlich auf die Windrichtungsverteilungen (vgl. Karte 4) und die Temperaturverteilung in Strahlungs-nächten (vgl. Karte 6) aus.

Die städtischen Randbereiche, bis zu denen im Mittel der abkühlende Einfluß der nächtlichen Kaltluftzuflüsse noch nachweisbar war, sind in der synthetischen Klimafunktionskarte (Karte 8) dargestellt. Dort sind auch die Kaltluftabflüsse von den Hängen und in den Tälern in das Stadtgebiet durch Pfeile abgebildet. Die wichtigsten Täler und Geländevertiefungen, die Luftleitbahnen für Kalt- und Frischluft sind, sind am deutlichsten in der Planungshinweiskarte (Karte 9) zu sehen.

Die Häufigkeit von Kaltluftabflüssen ins Elbtal läßt sich nur auf indirektem Wege erschließen. Üblicherweise wird sie über die Häufigkeit definierter meteorologischer Randbedingungen abgeschätzt. Ob relevante Flüsse dann wirklich auftreten, hängt von einer Reihe weiterer Faktoren wie z. B. Topographie und Landnutzung ab.

In Dresden sind in etwa 35% aller Stunden eines Jahres die meteorologischen Voraussetzungen zur Entstehung von Kaltluftflüssen gegeben. Diese hohen Häufigkeiten werden nur in Gebieten mit idealen Entstehungs- und Abflußbedingungen, also auf windgeschützten Freiflächen, erreicht, die am ehesten und auch kurzzeitig auf jede Möglichkeit der Kaltluftentstehung reagieren. Aber auch hier kommt es bei nicht so stetigen meteorologischen Bedingungen nur zu schwachen, z. T. auch nur pulsierenden Abflüssen. Erst wenn die Entstehungsbedingungen beständiger werden und länger anhalten, finden spürbare und permanente Flüsse statt. Die Häufigkeit dieser Situationen liegt bei 25 bis 30% aller Stunden eines Jahres. Sie gelten für die zahlreichen, locker oder kaum bebauten Hangflächen.

Erst wenn die geschilderten Bedingungen über mehrere Stunden andauern, kann sich ein vollständiges Talabwind-system in den Elbseitentälern ausbilden. Die Häufigkeiten betragen etwa 20%. In stark bebauten Tälern, wie dem Loschwitzgrund, liegen die Häufigkeiten darunter, etwa bei 15 bis 18%.

Für den Elbtalabwind gelten Häufigkeiten zwischen 15 und 18% aller Stunden eines Jahres.

4.4 Inversionen

Die vertikale Temperaturschichtung in der Atmosphäre bzw. der vertikale Temperaturgradient ist ein Maß für die vertikale Durchmischung der Atmosphäre.

Man unterscheidet:

- labile Schichtung (Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe $> 1,0^\circ\text{C}/100\text{ m}$),
- neutrale, indifferente oder adiabatische Schichtung (Temperaturabnahme etwa $0,7$ bis $1,0^\circ\text{C}/100\text{ m}$) und
- stabile Schichtung (Temperaturabnahme $< 0,7^\circ\text{C}/100\text{ m}$ einschließlich Temperaturzunahme).

Bei labiler Schichtung erfolgt eine starke vertikale Durchmischung. In der Luft enthaltene Schadstoffe verdünnen sich rasch.

Bei stabiler Schichtung ist je nach der Stärke der Stabilität zu unterscheiden zwischen

- Temperaturabnahme von $0,1$ bis $0,7^\circ\text{C}/100\text{ m}$,
- Isothermie (gleichbleibende Temperatur mit der Höhe d. h. $0^\circ\text{C}/100\text{ m}$) und
- Inversion (Temperaturzunahme mit der Höhe).

Mit wachsender Stabilität werden Vertikalbewegungen zunehmend gehemmt. Inversionen wirken als „Sperrschicht“ für den

vertikalen Austausch. In der Luft enthaltene Schadstoffe verdünnen sich wenig.

Die atmosphärische Schichtung wird durch Vertikalaufstiege (Radiosondaufstiege) ermittelt. Aber auch aus der Wolkenart oder der Form von Rauchfahnen aus Schornsteinen lassen sich Rückschlüsse auf die Schichtung ziehen. Cumulus- oder Haufenwolken und vertikal stark mäandrierende Rauchfahnen weisen auf labile Schichtung hin. Schichtwolken und kompakt bleibende Rauchfahnen zeigen stabile Schichtung an.

Den Inversionen als extremer Form einer stabilen Schichtung ist daher bei Betrachtung der Durchlüftungsverhältnisse in einer Stadt besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Inversionen können am Erdboden beginnend (Bodeninversionen), in der Höhe (Höhen- oder freie Inversionen) oder auch mehrfach geschichtet auftreten.

Die wichtigsten Ursachen für ihre Entstehung sind:

- Ausstrahlung von der Erdoberfläche (Bodeninversionen),
- Ausstrahlung von Dunst- oder Wolkenobergrenzen (freie Inversionen),
- Kaltluftzufuhr in Bodennähe,
- Warmluftzufuhr in der Höhe und
- Absinkvorgänge in Hochdruckgebieten.

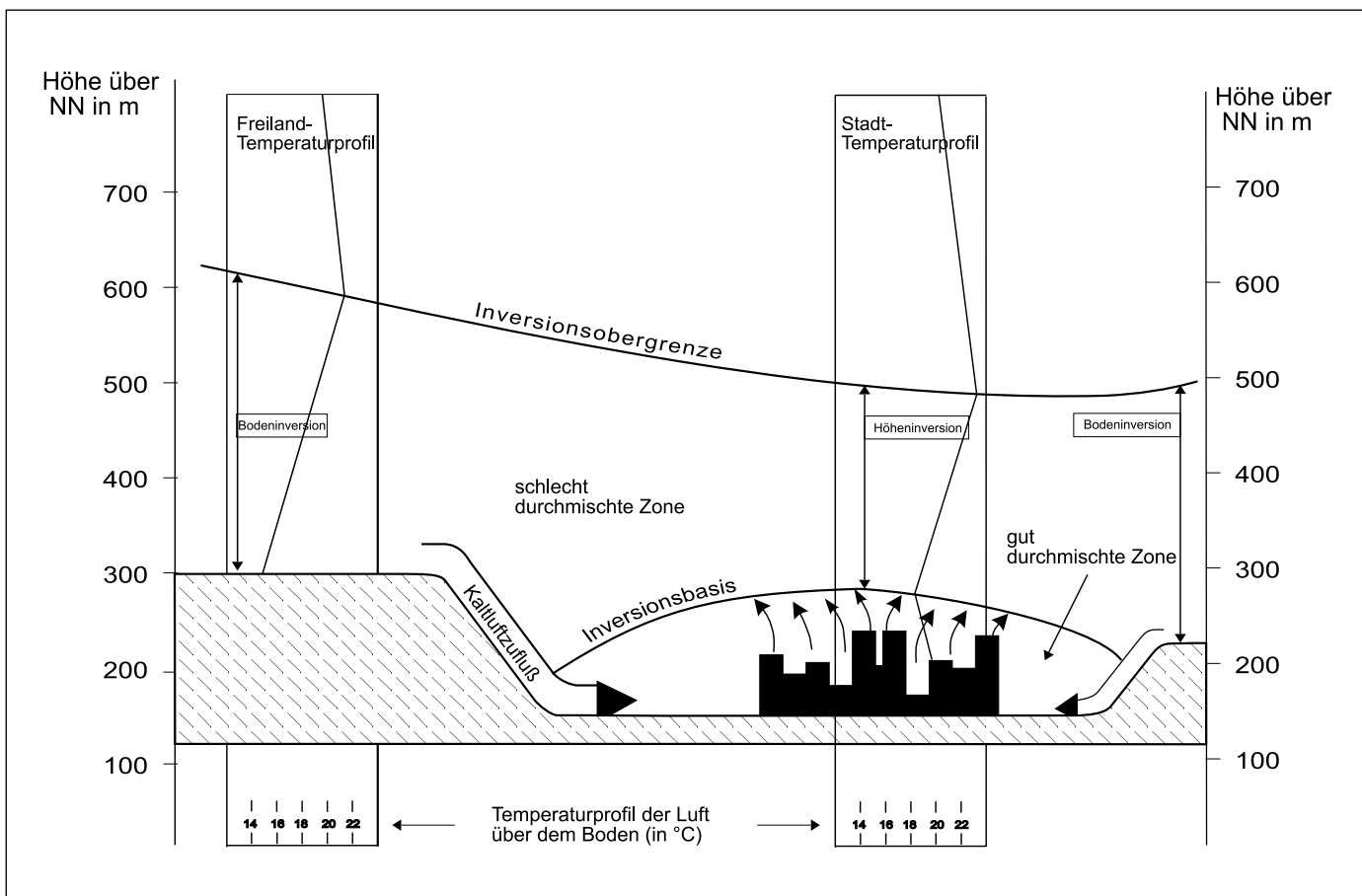
In Abbildung 3 ist schematisch die vertikale Temperaturschichtung über einer Stadt in Tallage und über dem Umland während einer Strahlungsnacht dargestellt.

Die Inversionsuntergrenze ist über dem bebauten Gebiet wegen der Abgabe von Wärme aus den Bebauungsstrukturen und aus anthropogenen Quellen angehoben. Die städtischen Luftverunreinigungen bleiben in der relativ gut durchmischten Zone unterhalb der Inversionsbasis eingeschlossen und können in vertikaler Richtung kaum verdünnt werden. An den Hängen finden Kaltluftabflüsse statt, die die Stadtrandbebauung abkühlen und Frischluft untermischen.

Aus den Vertikalaufstiegen in Dresden seien im folgenden einige Beispiele angeführt, die die schematische Darstellung der Abbildung 3 untersetzen sollen.

In Abbildung 4 ist der Aufstieg von 5.45 Uhr zusammen mit dem Routineaufstieg Radebeul-Wahnsdorf von 6.00 Uhr dargestellt. Diese Darstellung ermöglicht einen räumlichen Eindruck der Schichtungsverhältnisse über dem Stadtgebiet und über dem Umland. In Elbnähe befindet sich eine flache Bodeninversion, an die sich ein gut durchmischter, etwa neutral geschichteter Raum über der Stadt

Abbildung 3: Vertikale Temperaturverhältnisse und Belüftung über dem Freiland und über einer Stadt in Tallage während einer Strahlungsnacht (schematisch).



anschließt, der in diesem Fall über die Randhöhen des Elbtales hinausreicht. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Inversion oberhalb der Stadtgrenzschicht in Verbindung mit der Bodeninversion über dem Umland gebracht werden kann. Oberhalb der Inversion ist die Atmosphäre isotherm geschichtet.

Im Sommer werden diese Inversionen in der Regel tagsüber durch die Sonneneinstrahlung vom Erdboden beginnend aufgelöst. Aber im Winter reicht die Erwärmung zur Auflösung oft nicht aus, so daß Inversionen häufig auch am Tage erhalten bleiben. Bei Hochdruckwetterlagen entstehen dann kräftige Inversionen, die mehrere Tage andauern können. Nachts verbinden sich die stets neu gebildeten Bodeninversionen mit den darüberliegenden freien Inversionen. Abbildung 5 stellt ein solches Beispiel dar.

Oberhalb der gut durchmischten, neutral geschichteten Zone über dem Stadtgebiet schließt sich eine Inversion an, die weit über 400 m Höhe hinausreicht. In Wahnsdorf wurde auf einer Höhendifferenz von etwa 280 m eine vertikale Temperaturzunahme von etwa 14 K gemessen. Am Tage stieg die Inversionsuntergrenze dann auf etwa 400 m Höhe an, ohne daß die Inversion aufgelöst wurde.

Für die Schichtungsverhältnisse über dem Dresdner Stadtgebiet und dem Umland bei Strahlungswetterlagen während der Nacht gilt:

- Während sich gegen Abend auf den Randhöhen des Elbtales und im unbebauten Elbtal eine Bodeninversion bildet, ist die Atmosphäre über dem Stadtgebiet weniger stabil geschichtet.
- Diese Stadtgrenzschicht ist daher relativ gut durchmischt.
- Oberhalb der gut durchmischten Schicht befindet sich eine kräftige Inversion, die an die Bodeninversion der Umgebung anschließt.

Die Häufigkeit von Inversionen läßt sich anhand der aerologischen Messungen der Radiosondenaufstiegsstelle Radebeul-Wahnsdorf beurteilen. Die Häufigkeit von Inversionen hat einen Tages- und Jahresgang (Tabelle 4).

Im Jahresdurchschnitt sind Bodeninversionen nachts an 50 bis 60%, morgens an 40 bis 50% und mittags an etwa 5% der Tage vorhanden. Im Sommer treten sie nachts und morgens häufiger auf (August 6.00 Uhr 54%) als im Winter (im Januar und Februar 6.00 Uhr 32%). Dieser Jahresgang resultiert aus der Tatsache, daß im Sommer häufiger windschwache Nächte auftreten als im Winterhalbjahr. Mittags kommen in den Sommermonaten kaum Bodeninversionen vor, im Winter öfter (15% im Januar).

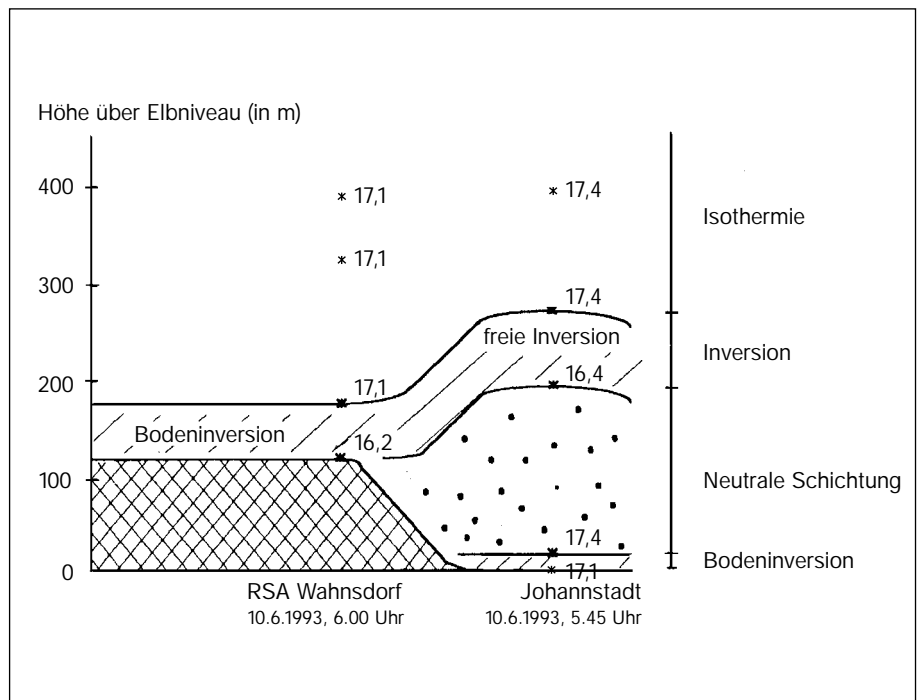


Abbildung 4: Temperaturschichtung über Dresden und dem Umland am 10.6.1993, morgens

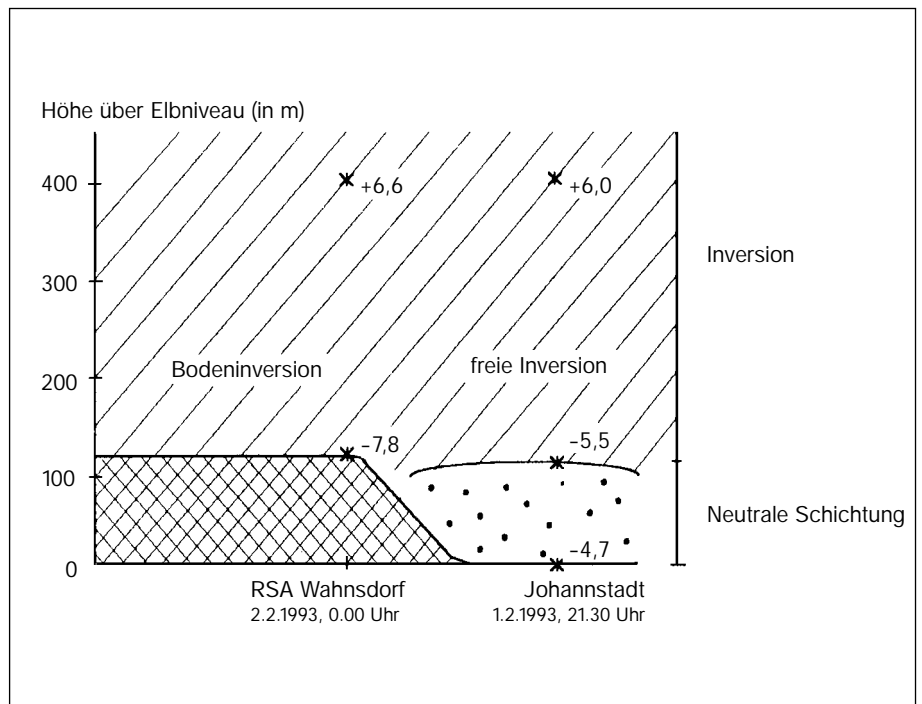


Abbildung 5: Temperaturschichtung über Dresden und dem Umland in der Nacht vom 1.2. zum 2.2.1993

Tabelle 4: Relative Häufigkeiten für das Auftreten von Inversionen in Wahnsdorf (1961/70 und 1981/90)

	0.00 Uhr	6.00 Uhr	12.00 Uhr	Mittel
Bodeninversion	51	41	4	27
Erste freie Inversion	53	50	51	50

In der Regel sind Bodeninversionen 200 bis 300 m hoch, häufig auch 300 bis 400 m. Wenn Bodeninversionen mittags vorkommen (im Winter, seltener im Herbst), haben sie eine relativ große Mächtigkeit, die im Winter bei über 1 000 m liegen kann.

Die Existenz niedriger freier Inversionen und ihre Höhenlage ist sowohl im Winter als auch im Sommer für die Entstehung von Smog von Bedeutung. Freie Inversionen kommen im Winterhalbjahr mit etwa 60% doppelt so häufig vor wie im Sommerhalbjahr (etwa 30%). Ihre Untergrenze ist im Mittel im Sommer höher als im Winter.

Die durchmischte Schicht unterhalb der Inversion steigt im Tagesverlauf an und zwar im Sommer höher als im Winter. Dadurch ist bei Sommersmogsituationen der durchmischte Raum unterhalb der Absinkinversion höher als bei Wintersmogsituationen.

5 Thermische Verhältnisse

■ 5.1 Lufttemperatur

Das **30jährige Mittel der Lufttemperatur** (vgl. Tabelle 2) beträgt in Dresden-Wahnsdorf/Klotzsche $8,8^{\circ}\text{C}$. Der im Mittel wärmste Monat ist der Juli mit $17,9^{\circ}\text{C}$, der kälteste der Januar mit $-0,8^{\circ}\text{C}$. Hohe Temperaturen werden außer im Juli auch im August gemessen, tiefe Temperaturen außer im Januar auch im Februar. Die normale jährliche Schwankungsbreite der Lufttemperatur liegt zwischen $-15,3$ und $32,8^{\circ}\text{C}$. Im Mittel sind 6 heiße Tage ($T_{\text{max}} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und 37 Sommertage ($T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$) zu erwarten. Die Anzahl der kalten Tage ($T_{\text{min}} < -10^{\circ}\text{C}$) beträgt 9, der Eistage ($T_{\text{max}} < 0,0^{\circ}\text{C}$) 27 und die der Frosttage ($T_{\text{min}} < 0,0^{\circ}\text{C}$) 82.

Fröste sind im Mittel zwischen 2. November und 19. April zu erwarten, wobei in dieser Zeit auch immer mehr oder weniger lange frostfreie Perioden zu verzeichnen sind. In Einzelfällen können bereits Anfang Oktober bzw. noch Ende Mai Fröste auftreten. Gänzlich frostfrei sind bisher die Monate Juni bis September geblieben.

Bei den Größen relative Luftfeuchte und Wasserdampfdruck besteht eine Gegenläufigkeit im Jahresgang der Monatsmittelwerte (vgl. Tabelle 2). Die hohen Dampfdruckwerte in den Sommermonaten beruhen auf der Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdruckes.

Aus dem Vergleich der Daten von Dresden-Wahnsdorf/Klotzsche, charakteristisch für den Großraum Dresden und die Randhöhen, den Werten der Klimastation Dresden-Pillnitz, gelegen am Talboden am Stadtrand, und den Stadtstationen Dresden-Strehlen und Dresden-Mitte, letztere aus dem Zeitraum 1951/1980, lassen sich typische stadtklimatische Besonderheiten ableiten.

Am Talboden am Stadtrand liegt das Jahresmittel der Lufttemperatur um $0,4\text{ K}$ höher als auf der Hochfläche. Diese Differenz ist etwas geringer als die mittlere Temperaturabnahme pro 100 m Höhenzuwachs von etwa $0,6\text{ K}$, eine Folge der leichten thermischen Begünstigung der Station Dresden-Klotzsche. Im Stadtkern dagegen liegt das Jahresmittel bei $9,9^{\circ}\text{C}$

und ist damit um $0,7\text{ K}$ höher als am Stadtrand.

Am Talboden am Stadtrand ist die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur deutlich größer als auf der Hochfläche: tieferen Minima (Folge der häufigen Kaltluftseebildung am Talboden) stehen höhere Maxima gegenüber. In der Innenstadt sind durch die städtische Überwärmung die Minima und Maxima erhöht. Mit der häufigen Kaltluftseebildung korrespondiert auch die Tatsache, daß am Talboden am Stadtrand fast so viele Frosttage zu erwarten sind wie auf der Hochfläche.

Die elbnahe Tallage ist auch prädestiniert für Spät- und Frühfröste, was dadurch zum Ausdruck kommt, daß die mittlere Andauer der frostfreien Zeit in Dresden-Pillnitz zwei Wochen kürzer ist als in Dresden-Klotzsche. Im Stadtzentrum ist dieser Nachteil dagegen nicht mehr spürbar.

Weitgehend erwartungsgemäßes Verhalten zeigen dagegen die den Sommer beschreibenden Parameter Anzahl der

Tabelle 5: Ausgewählte langjährige Meßdaten von Dresden-Klotzsche, Dresden-Pillnitz (jeweils 1961 bis 1990) und Dresden-Strehlen/Mitte 1951 bis 1980)

Parameter	Hochfläche	Talboden (Stadtrand)	Talboden (Stadtkern)
Jahresmittel Lufttemperatur	$8,8^{\circ}\text{C}$	$9,2^{\circ}\text{C}$	$9,9^{\circ}\text{C}$
mittl. Anzahl d. heißen Tage (Max. d. Temp. $\geq 30,0^{\circ}\text{C}$)	6,4	8,5	10
mittl. Anzahl d. Sommertage (Max. d. Temp. $\geq 25^{\circ}\text{C}$)	37,2	44,3	48
mittl. Anzahl d. Eistage (Max. d. Temp. $< 0,0^{\circ}\text{C}$)	27,3	19,8	15
mittl. Anzahl d. Frosttage (Min. d. Temp. $< 0,0^{\circ}\text{C}$)	81,6	77,6	70
mittl. Jahresextreme in $^{\circ}\text{C}$ und -schwankung	$-15,3$ $32,8$ $48,1\text{ K}$	$-16,5$ $33,5$ $50,0\text{ K}$	$-14,0$ $35,0$ $49,0\text{ K}$
mittl. Andauer d. frostfreien Zeit	196 Tage	183 Tage	200 Tage
mittl. Andauer d. Vegetationsperiode	166 Tage	169 Tage	180 Tage
mittl. Andauer d. Zeit ohne Schneedecke	244 Tage	261 Tage	270 Tage

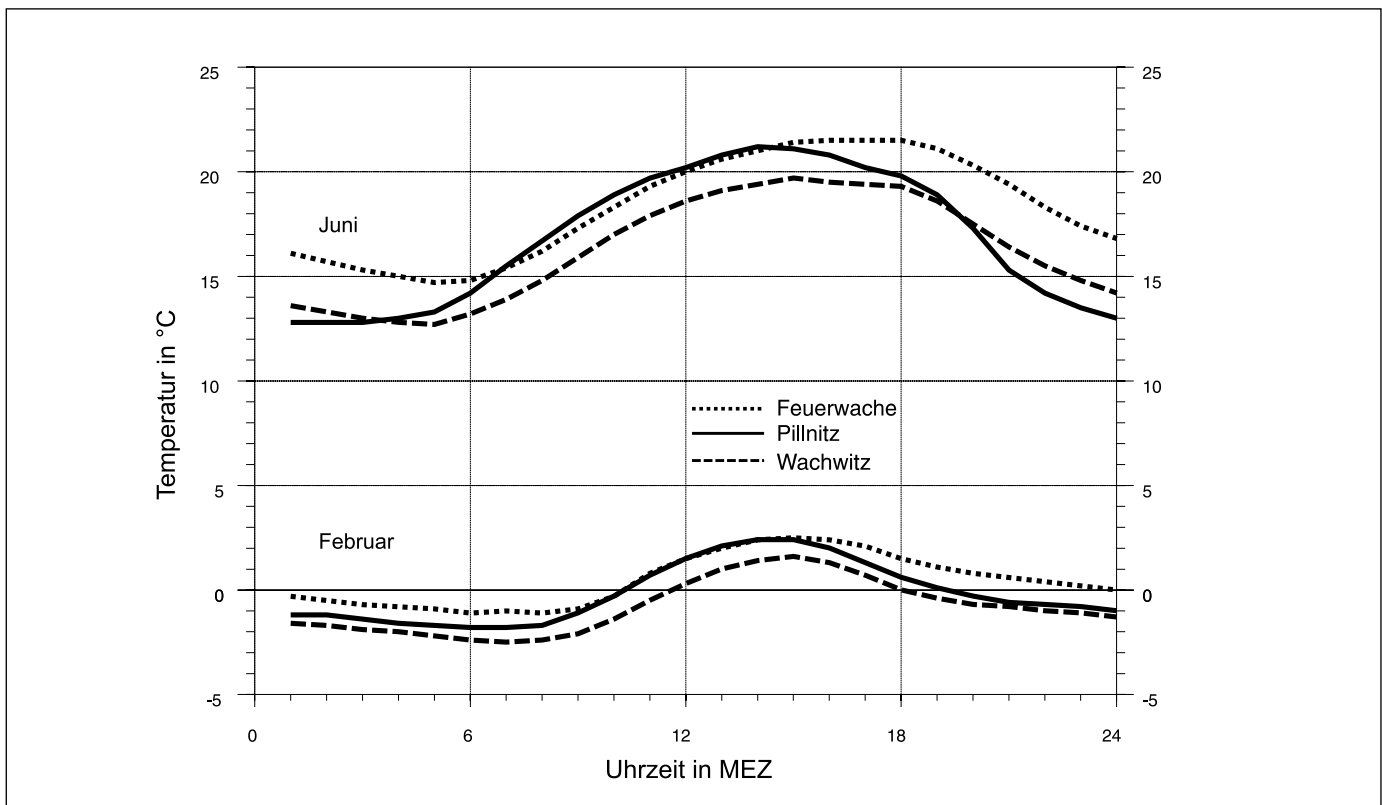


Abbildung 6: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur ausgewählter Stationen im Juni und Februar während des Meßzeitraumes 7/92 bis 6/94

heißen Tage und der Sommertage sowie die an den normalen Jahresgang der Temperatur gebundenen Andauern der Vegetationsperiode sowie der schneebedeckten Zeit. Letztere sind im Elbtal aufgrund der im Mittel höheren Lufttemperatur deutlich länger als auf der Hochfläche und sind im Stadtzentrum nochmals gegenüber dem Umland im Tal verlängert.

Die mittleren **Tagesgänge der Lufttemperatur** für einen Sommer- und einen Wintermonat für jeweils drei ausgewählte Stationen während des Untersuchungszeitraumes sind in Abbildung 6 dargestellt. Dabei steht die Station Feuerwache als Beispiel für die innerstädtischen Meßstellen (Feuerwache, Mitte), die Station Pillnitz für die windgeschützt liegenden Meßstellen mit guten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen (Pillnitz, Großer Garten, Alaunplatz, Heller) und die Station Wachwitz für die gut durchlüfteten Hang- und Hochflächenmeßstellen (Leutewitz, Wachwitz, Klotzsche).

Die tägliche Variation der Lufttemperatur ist bei gleicher Oberflächenbeschaffenheit abhängig vom Strahlungsangebot und der Durchlüftung. Dadurch ist die Tagesamplitude im Winter flacher und liegt auf niedrigerem Niveau als im Sommer.

Der mittlere tägliche Temperaturverlauf ist nicht symmetrisch. Sein Maximum liegt im Winter zwischen 13 und 15 Uhr, im

Sommer zwischen 13 und 18 Uhr. Das Minimum wird in der Regel zur Zeit des Sonnenaufgangs erreicht.

Die Innenstadtstation Feuerwache hat den flachsten Tagesgang. Die Werte liegen dabei fast durchweg über denen der anderen Stationen, jedoch setzt der tägliche Anstieg und Abfall der Temperaturen zeitlich verzögert ein. Einen ausgeprägten Tagesgang haben die Stationen, für die als Beispiel Pillnitz dargestellt ist. Sie liegen nachts am unteren Ende der Kurvenschar (besonders im Sommer), kreuzen diese morgens bzw. am Vormittag, erreichen nach Mittag ihr Maximum und fallen danach rasch wieder ab. Dieses schnelle Reagieren auf das Strahlungsangebot ist auf das geringe Wärmespeichervermögen der Unterlage bei gleichzeitig geringer Ventilation zurückzuführen. Die gut durchlüfteten Hang- bzw. Hochflächenstationen (Beispiel Wachwitz) haben hierzu einen vergleichsweise flachen Tagesgang, aber auf niedrigerem Niveau.

Am deutlichsten lassen sich die lokal-klimatischen Unterschiede anhand der mittleren täglichen Temperaturschwankungen (Maximum minus Minimum) demonstrieren.

Die mittlere Tagesschwankung ist am geringsten an der Innenstadtstation Feuerwache. Ursache ist die geringe Abkühlungsrate des versiegelten, bebauten und

schlecht durchlüfteten Standortes während der Nacht. Etwas größer, aber auch auf niedrigerem Niveau liegt die Tagesschwankung an den Hang- und Hochflächenstationen (Wachwitz). Ursache dafür ist aber hier die gute Durchlüftung. Am größten ist die Tagesschwankung an den windgeschützten, strahlungsoffenen und nicht versiegelten Talstationen (Pillnitz).

Im Winter sind die mittleren Tagesschwankungen kleiner und die Differenzen zwischen den Meßstellen weniger ausgeprägt als im Sommer.

Aus der Häufigkeit des Überschreitens von stündlichen Temperaturdifferenzen zwischen verschiedenen Meßstellen lassen sich Aussagen ableiten zur Häufigkeit des Auftretens von

- **Überwärmungen der Innenstadt** im Vergleich zum Stadtrand im Tal (Vergleich der Temperaturdifferenzen der Innenstadtstationen mit Pillnitz),
- **abkühlender Wirkung innerstädtischer Parkanlagen** im Vergleich zu bebauter Innenstadt (Vergleich der Temperaturdifferenzen zwischen den Innenstadtstationen Feuerwache und Mitte mit den innerstädtischen Parkanlagen Alaunplatz und Großer Garten).

Häufigkeit von Temperaturdifferenzen zwischen Innenstadt und Stadtrand (vgl. Tab. 6):

	Stadtstation wärmer um	Stadtstation kälter um
	≥ 0 K	> 0 K
Feuerwache–Pillnitz	75%	25%
Mitte–Pillnitz	60%	40%

Tabelle 6: Relative Häufigkeiten von Temperaturdifferenzen zwischen Innenstadtstationen und Stadtrandstation im Tal (7/92 bis 6/94)

	Stadtstation wärmer um	Stadtstation kälter um
	≥ 0 K	> 0 K
Feuerwache–Alaunplatz	85%	15%
Feuerwache–Großer Garten	89%	11%
Mitte–Alaunplatz	62%	38%
Mitte–Großer Garten	71%	29%

Tabelle 7: Relative Häufigkeiten von Temperaturdifferenzen zwischen Innenstadt und innerstädtischen Parkanlagen (7/92 bis 6/94)

Die erwartete Überwärmung von Mitte gegenüber Pillnitz (60% aller Stunden) ist im Sommer größer (mehr als 70%) als im Winter (etwa 50%) und im Jahresmittel nachts größer als am Tag (um Mitternacht mehr als 70% aller Stunden, mittags etwa 40%).

Der umgekehrte Fall, daß Pillnitz wärmer ist als Mitte, kommt in 40% und vorwiegend in den Vormittagsstunden vor. Pillnitz erwärmt sich vormittags wesentlich rascher als die Innenstadt. Das läßt

sich mit dem geringen Wärmespeichervermögen des Standorts im Vergleich mit dem der Innenstadt begründen. In den bebauten Stadträumen muß nach der nächtlichen Abkühlung erst ein großes Volumen erwärmt werden. Auch Abschattungseffekte und der geringere Wärmeaustausch infolge der schlechteren Durchlüftung spielen eine Rolle.

Für die am stärksten überwärmte Meßstelle Feuerwache gilt das entsprechende, nur auf höherem Niveau. In den

Sommernächten ist die Feuerwache mit 90 bis 100% wärmer als Pillnitz.

Häufigkeit von Temperaturdifferenzen zwischen Innenstadt und innerstädtischen Parkanlagen (vgl. Tab. 7):

Aus den Daten wird die große thermische Bedeutung der innerstädtischen Parkanlagen ersichtlich.

Die Überwärmung der Innenstadt gegenüber den Parkanlagen ist in den Sommernächten sehr groß und erreicht beim Vergleich Feuerwache–Alaunplatz fast durchweg 100%. Im Winter liegen die Häufigkeiten bei 70%. Im normalen Tagesgang kommt es aber auch relativ häufig vor, daß die Temperaturen in den innerstädtischen Parkanlagen höher als im bebauten Gebiet sind (30 bis 40%). Das ist vor allem in den Vormittags- und Mittagsstunden der Fall. Die Ursache ist die gleiche, wie die beim Vergleich Innenstadt–Pillnitz festgestellte.

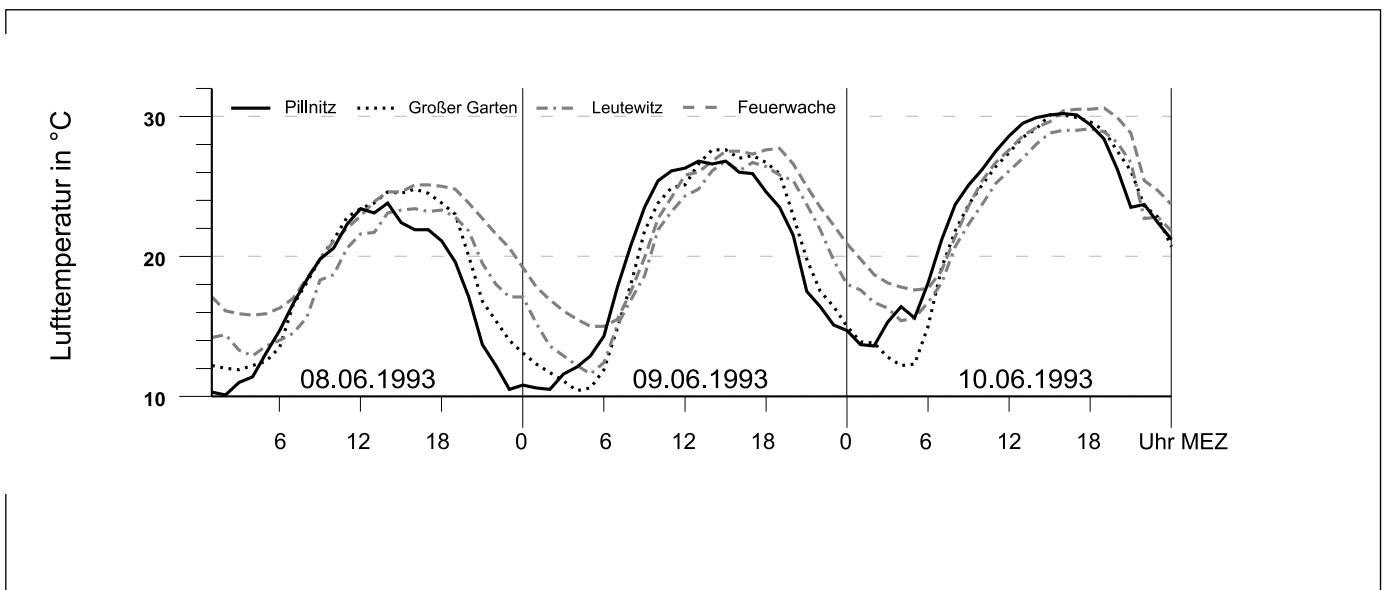
An „Strahlungstagen“ können sich die lokalklimatischen Wirkungen von Topographie und Landnutzung besonders deutlich ausprägen.

Diese Strahlungswetterlagen (autochthone Wetterlagen) sind gekennzeichnet durch geringen großräumigen Horizontalaustausch (geringe Windgeschwindigkeit) und ungehinderte Ein- und Ausstrahlung, d. h. großen Wärmeumsatz an der Erdoberfläche. Letzteres ist bei wolkenlosem Himmel am besten gewährleistet. Dadurch kann sich ein deutlicher Tagesgang der Lufttemperatur ausbilden.

Während des Untersuchungszeitraumes ergaben sich 141 Strahlungstage, das sind 19% der Tage.

Ein Beispiel für den ausgeprägten Tagesgang der Lufttemperatur an Strahlungstagen gibt die Abbildung 7 für eine mehrtägige sommerliche autochthone Wetterlage.

Abbildung 7: Tagesgänge der Lufttemperatur während einer sommerlichen Strahlungswetterlage



In dem Beispiel werden Tagesamplituden (Maximum minus Minimum) von 16 K erreicht.

Die Temperaturunterschiede zwischen den Stationen sind im Sommer um Mitternacht am größten. Diese Temperaturdifferenzen betragen im Mittel 4 bis 5 K, im Einzelfall sind Unterschiede von mehr als 10 K möglich.

Am Tag sind die Differenzen zwischen den Stationen geringer, weil konvektiver und dynamischer Austausch für eine bessere Vermischung der Luft sorgen.

Die thermisch entlastende Wirkung innerstädtischer Grünflächen ist an den niedrigen Temperaturen im Großen Garten während der Nacht gut erkennbar.

Auffällig ist ein Vorseilen der Temperatur an der Station Pillnitz, d. h. eine raschere Temperaturzunahme am Vormittag und eine raschere Temperaturabnahme am Nachmittag, wobei das Temperaturminimum teilweise bereits um Mitternacht erreicht wird. Erklären läßt sich dieses Verhalten mit der „thermisch dünneren“ aktiven Oberfläche in Pillnitz, d. h. dem geringeren Wärmespeichervermögen. Dadurch kommt es morgens zu rascher Erwärmung, nachmittags mit nachlassender Einstrahlung zu rascher Abkühlung.

Während autochthoner Wetterlagen wurden Intensivmeßkampagnen durchgeführt, zu denen auch mobile Abfahrmessungen auf festgelegten Routen durch das Stadtgebiet und in den Stadtrandbereichen gehörten (vgl. Karte 1).

Aus den zu verschiedenen Jahreszeiten jeweils über mehrere Nächte durchgeführten Meßfahrten wurden mittlere Temperaturdifferenzen zum Ausgangs-

punkt der Fahrten „Am Schießplatz“ im Stadtzentrum gebildet. Wegen des hohen Temperatureausgangsniveaus sind die Temperaturdifferenzen daher in der Mehrzahl negativ.

Aus den mittleren Profilen der Lufttemperaturdifferenzen im Stadtgebiet läßt sich ein Eindruck von der horizontalen Ausdehnung der städtischen Wärmeinsel und dem Einfluß unterschiedlicher städtischer Strukturen auf die Temperaturverteilung gewinnen.

Horizontal gliedert sich die Wärmeinsel am Boden in einzelne Wärmearchipele, die an Baustrukturen gebunden sind. Die höchsten Überwärmungen weisen dicht bebaute, stark versiegelte Flächen auf. Aufgelockerte Bebauung und insbesondere innerstädtische Grün- und Parkanlagen mindern die Überwärmung. Sie stellen lokale Senken in der städtischen Wärmeinsel mit eigenem Mikroklima dar.

Abbildung 8 gibt das mittlere Temperaturprofil vom Stadtrandgebiet Heller durch das dichtbebaute Pieschen, über die Elbe und weiter in die stark versiegelte Dresdner Altstadt wieder. In der Altstadt wurden die höchsten Überwärmungen dieser Meßroute festgestellt. Unter dem Einfluß des Großen Gartens, der in Richtung zum Pirnaischen Platz lockere Bebauung und breite Straßenzüge aufweist, die günstig für den Luftaustausch sind, wird dort die Überwärmung unterbrochen. Der Große Garten hat sowohl stadtklimatisch als auch bioklimatisch große Bedeutung für die Minderung der Wärmebelastung. Auch Kleingärten, Friedhöfe und andere Grünanlagen bewirken Absenkungen der Überwärmung. Der Einschnitt in der Temperaturkurve an

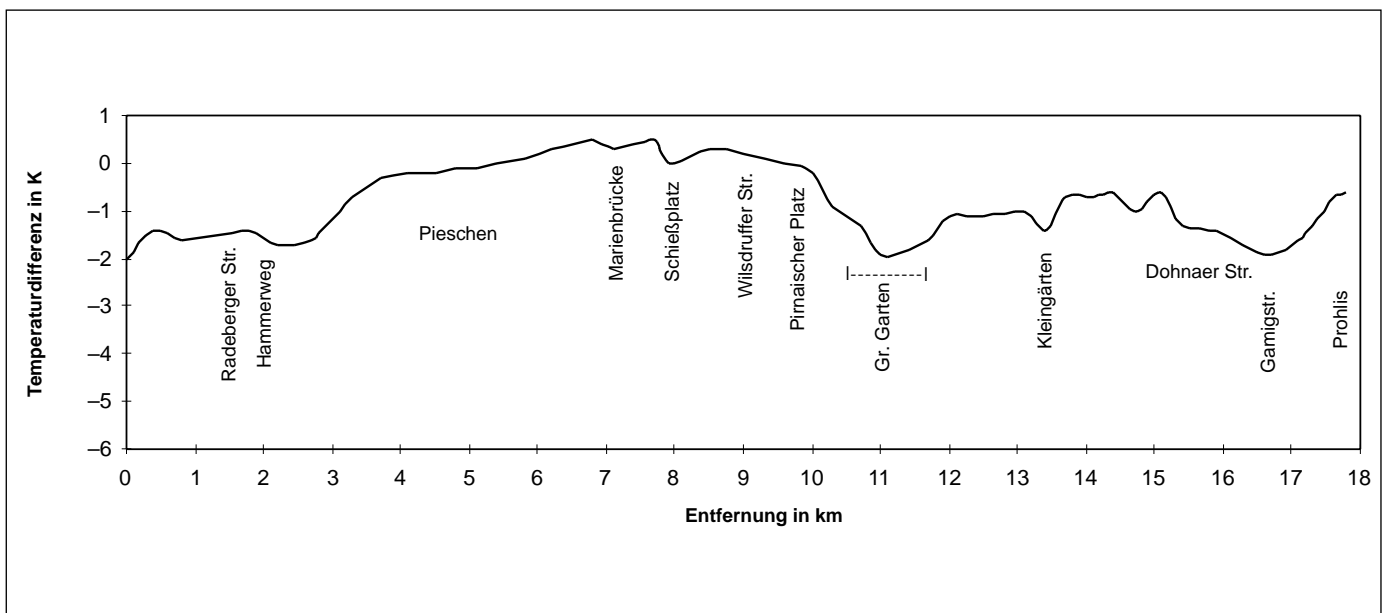
der Gamigstraße/Hauboldstraße ist auf Kaltluftzuflüsse von den südlichen Randhöhen zurückzuführen.

Bei dem Profil der Abbildung 9 sind die Temperatureinschnitte an der Stauffenbergallee (Kaltluftzuflüsse entlang der Prießnitz) und am Alaunplatz (innerstädtische Grünfläche mit Kaltluftzuflüssen entlang der Prießnitz) sowie das hohe Temperaturniveau in der Äußeren Neustadt und entlang der Blasewitzer Straße bemerkenswert. Die zweimalige Überquerung der Elbe führt zu keiner merklichen Temperaturabsenkung. Stärker ist dagegen der Einfluß des Waldparks. Die höchste gemessene Temperaturdifferenz von im Mittel -5 K wurde an der Grundstraße an der Einmündung des Bühlarochwitzer Grenzbachs festgestellt. Diese Luftzufuhr aus einem relativ kleinen Kaltluftzugsgebiet trägt deutlich zur Verdünnung der Luftschadstoffe auf der stark befahrenen Grundstraße bei.

Aus den bei autochthonen Wetterlagen vorgenommenen nächtlichen Abfahrmessungen wurde eine Karte der mittleren horizontalen Temperaturverteilung in Strahlungsnächten entwickelt (Karte 6).

Die Gebiete unterschiedlichen mittleren Temperaturverhaltens sind in Karte 6 in Stufen von 0,5 K abgegrenzt. Die Abgrenzung weist eine gewisse Unschärfe auf, deren Grad vom Kenntnisstand abhängig ist. So werden dort, wo Messungen stattgefunden haben, die Aussagen detaillierter und flächengenauer sein als auf den dazwischen liegenden Flächen, wo, um zu einer flächendeckenden Darstellung zu gelangen, manuell unter Berücksichtigung klima-

Abbildung 8: Mittleres Profil der Lufttemperaturdifferenzen längs eines Schnittes Nordwest-Südost durch Dresden in Strahlungsnächten



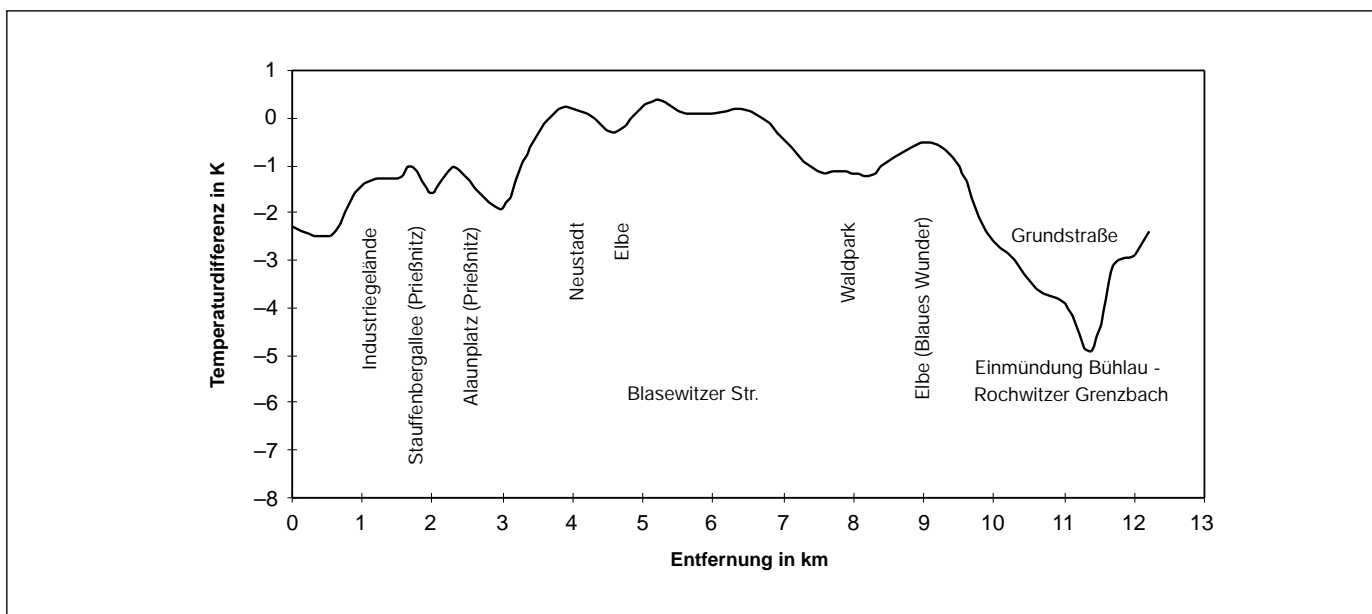


Abbildung 9: Mittleres Profil der Lufttemperaturdifferenzen längs eines Schnittes Nord-Elbtal-Nordost durch Dresden in Strahlungsnächten

relevanter Strukturtypen interpoliert wurde. Es besteht stets ein breiter Übergangssaum, in dem sich die meteorologischen Bedingungen an die des benachbarten Gebietes anpassen. Außerdem können in Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen die Verhältnisse von Tag zu Tag bis zu einem gewissen Maß schwanken.

Gebiete, in denen keine Messungen durchgeführt wurden, welche als Stützstellen hätten dienen können, wurden in die flächenhafte Darstellung nicht mit aufgenommen. Das gilt für Stadtteile im Nordwesten und Südosten.

Bei einer ersten Übersichtsbetrachtung der Karte fällt zunächst auf, daß das Elbtal im Nordosten und im Südwesten von kühleren Flächen eingerahmt wird, die mit einzelnen kühlen Zungen in das Stadtgebiet eingreifen. In diesen Richtungen sind die Hänge der Hochflächen zum Elbtal geneigt. Im Nordosten nimmt die Dresdner Heide große Flächen ein, im Südosten befinden sich vor allem landwirtschaftliche Flächen. Aus der Darstellung wird deutlich, welchen großen Einfluß die nächtlichen Kaltluftzuflüsse auf die Temperaturverteilung in der Stadt haben, wobei besonders die Talgründe, wenn sie nicht durch Bebauung abgeriegelt sind, ein weites Eindringen der Kaltluft in das Stadtgebiet gestatten.

Die am stärksten überwärmten Bereiche im Elbtal sind diejenigen, die einerseits hoch verdichtet und versiegelt sind und andererseits von der abkühlenden Wirkung der Kaltluft nicht mehr profitieren. Das ist auch eine Erklärung für die hohe Überwärmung in Teilen von Striesen, Johannstadt und Blasewitz, die zwar

relativ locker bebaut und gut durchgrünt sind, aber nicht mehr von der Kaltluft beeinflusst werden. Dagegen bilden sich die verdichteten Stadtstrukturen von Löbtal dank der Kaltluftzuflüsse vom Westhang nicht als überwärmte Gebiete ab.

Die stärker überwärmten Bereiche umfassen die Stadtteile Pieschen, Neustadt und Altstadt einschließlich Hauptbahnhof und Teilen der Friedrichstadt und erstrecken sich entlang einem Band, das zwischen Großem Garten und Elbe verläuft, bis nach Striesen. Auch an den ehemals industriell genutzten Flächen entlang der Bahnstrecke nach Heidenau ist eine solche Fläche nachgewiesen. Die Elbe selbst besitzt aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers keine deutlich abkühlende Wirkung, zumindest dort nicht, wo, wie im Stadtzentrum, die Versiegelung teilweise bis ans Ufer reicht. In den Bereichen, in denen die Elbe von breiten Auen begrenzt wird, findet dagegen auf den Wiesenflächen deutliche Abkühlung statt, erkennbar ggf. an Taubildung oder Wiesennebel.

Die überwärmten Flächen zerfallen in einzelne Wärmearchipele, die von innerstädtischen Grünflächen wirkungsvoll unterbrochen werden. Am deutlichsten sichtbar ist das am Großen Garten, dessen innere Bereiche um 2,4 K kühler sind als das Stadtzentrum. Dazu gehören auch die Pferderennbahn in Seidnitz sowie die Sportplätze im Ostragehege und die Friedhöfe an der Bremer Straße (letztere sind etwa 1 K kühler als die Innenstadt). Waldpark und Alaunplatz sind zusätzlich von den Kaltluftflüssen des gegenüberliegenden Elbhanges bzw. der Prießnitz beeinflusst. Auch weitere Ein- oder Ausbuch-

tungen der überwärmten Bereiche sind durch Grünanlagen wie beispielsweise Kleingärten bzw. verdichtete Baustrukturen zu erklären.

Sehr detailliert nachgewiesen ist der Kaltluftzufluß von Rochwitz und Bühlau über die Grundstraße nach Loschwitz. Hier treten Temperaturdifferenzen zur Innenstadt von über -5 K auf.

Die Höhe der hier dargestellten mittleren Temperaturdifferenzen gilt für Strahlungsnächte. Im langjährigen Mittel sind die Temperaturabweichungen geringer. Die örtlichen Relationen der Lage warmer und kühler Bereiche werden sich dagegen nicht wesentlich ändern.

Die Karte zeigt die mittleren Verhältnisse zum Zeitpunkt der Erhebung. Die Ergebnisse lassen in Verbindung mit beabsichtigten oder bereits erfolgten Umnutzungen Rückschlüsse auf die zukünftige Entwicklung sowie auch auf die Zeit vor der Erhebung zu. Änderungen der Flächennutzung bedingen zwangsläufig Änderungen der mittleren Lufttemperaturverteilung.

■ 5.2 Wärmebelastung

Die Wirkung des Klimas auf den Menschen, das Bioklima, hängt weniger von den einzelnen Klimaelementen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit u. a. ab, als vielmehr von einer Kombination mehrerer Klimaelemente. So sind hohe und tiefe Temperaturen bei trockener Luft für Menschen in einem weiten Spektrum verträglich. Bei gleichzeitig hoher Feuchte ist das nicht mehr der Fall.

Man unterscheidet in der Human-Bioklimatologie drei verschiedene Ursache-

Wirkungs-Beziehungen zwischen Atmosphäre und dem Befinden des Menschen.

Der thermische Wirkungskomplex verknüpft die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, kurz- und langwellige Strahlung sowie die Windgeschwindigkeit. Der gesundheitliche Einfluß ist durch die enge Verbindung von Thermoregulation und Kreislauf gegeben.

Der lufthygienische Wirkungskomplex umfaßt die festen, flüssigen und gasförmigen Luftbeimengungen, die gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen haben. Dabei wird die Immissionskonzentration an Luftbeimengungen außer von der Stärke der Emission auch von den Durchlüftungsbedingungen gesteuert, also von meteorologischen Parametern wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, vertikaler Temperaturschichtung.

Der aktinische Wirkungskomplex erfaßt die Komponenten der biologisch wirksamen Sonnenstrahlung.

Für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen in der Stadt sind vor allem der thermische und der lufthygienische Wirkungskomplex von Bedeutung. Diese lassen sich in gewissem Maße bei der Planung berücksichtigen und beeinflussen. Wir beschränken uns hier auf den thermischen Wirkungskomplex und hierbei wiederum vor allem auf die Wärmebelastung, weniger die Kältebelastung. Der Grund hierfür ist, daß die städtischen Strukturen zu einer wesentlichen Erhöhung der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung beitragen. Außerdem kann man sich gegen Kältebelastung im allgemeinen schützen, gegen Wärmebelastung ist das nur in beschränktem Maße möglich.

Neben hohen Lufttemperaturen und -feuchten spielen für die thermische Belastung außerdem die Windgeschwindigkeit (Erhöhung der Schweißverdunstung von der Haut) und vor allem die kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse eine große Rolle. Um die Wirkung der Abschattung durch Straßenbäume auf das thermische Empfinden von Menschen festzustellen, war bei einer Untersuchung in München an einem Strahlungstag im Hochsommer in zwei vergleichbaren Straßenschluchten, jedoch die eine ohne Bäume, die andere beidseitig mit Bäumen bestanden, alle für die Anwendung in Energiebilanzmodellen notwendigen meteorologischen Parameter gemessen worden. Während die Lufttemperaturen in beiden Straßenzügen sich nur geringfügig unterschieden, waren die Strahlungstemperaturen infolge der Abschattung unter den Bäumen erheblich geringer. Damit verbunden war eine Verminderung der extremen Wärmebelastung in der baumlosen Straße auf eine mäßige Wärmebelastung in der baumbestandenen Straße.

Grundlage für eine Bewertung des Empfindens auf die thermische Umgebung ist daher die Wärmebilanz des menschlichen Körpers. Dabei sind alle Mechanismen des Wärmeaustausches mit der Umgebung zu berücksichtigen, also die meteorologischen Größen Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, kurz- und langwellige Strahlung sowie die Wärmeisolation der Bekleidung und die von der Aktivität abhängige innere Wärmeproduktion des Menschen. Die quantitative Behandlung des Problems geschieht mit einem Modell, dem Klima-Michel-Modell. Dieses Modell wird in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2, Teil I als Regelanwendung empfohlen. Es gestattet eine Aussage über das subjektive Empfinden eines Durchschnittsmenschen auf das thermische Milieu. Bewertungsgröße ist der PMV-Wert (Predicted Mean Vote). Er gibt eine Einschätzung des thermischen Milieus durch ein großes Kollektiv von Menschen an (Tabelle 8).

Im Bereich $-0,5 < PMV < +0,5$ empfindet die Mehrzahl der Menschen die Umgebungsbedingungen als behaglich. In diesem Bereich treten minimale Anforderungen an das menschliche Thermoregulationssystem auf. Mit zunehmenden Abweichungen von diesem Bereich verstärken sich die Empfindungen des Discomforts, es treten zunehmend Wärmebelastung bzw. Kältebelastung auf. Der Körper muß wachsende Anpassungsleistungen erbringen, um seine Lebensfunktionen im Gleichgewicht zu erhalten. Während vom gesunden Menschen diese Anpassungsleistungen meist unbemerkt erbracht werden, treten bei empfindlichen Personen, älteren und kranken Menschen, Schwangeren und Kindern Beschwerden auf. Insbesondere im Bereich

des Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege werden bei entsprechender Prädisposition Beschwerden ausgelöst oder verstärkt.

Die Wirkung extremer Bedingungen von Kälte, Hitze, Luftverschmutzung aber auch Wetterwechsel auf Morbidität und Mortalität wird durch epidemiologische Untersuchungen bestätigt. Sowohl Wärme als auch Kältebelastung wirken als Streßfaktoren, die die Mortalitätsrate ansteigen lassen. Aber auch gesunde Personen werden in Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden bei extremen Bedingungen beeinträchtigt.

Die thermischen bioklimatischen Verhältnisse eines Ortes werden durch regionale und lokale Faktoren bestimmt.

Die regionalen Faktoren wie geographische Breite und Länge, Kontinentalität bzw. Maritimität, Topographie (Höhe, Geländeform, Geländeneigung) sind fest vorgegeben. Die Menschen der Region haben sich diesen Bedingungen angepaßt. Die durch die regionalen Faktoren bedingte Anzahl der Tage mit Wärmebelastung ist die Hintergrundbelastung. Sie beträgt in Dresden-Klotzsche in 222 m ü. NN, also auf der Hochfläche, 19 Tage, im Elbtal in 115 m ü. NN sind es mit 22 Tagen 3 Tage mehr. Sie gelten für den jeweiligen Ort ohne jegliche Bebauung. Dabei versteht man definitionsgemäß unter einem Tag mit Wärmebelastung einen Tag, an dem die thermischen Umgebungsbedingungen den Wert 2 PMV überschreiten.

Die lokalen Faktoren, die die bioklimatischen Verhältnisse beeinflussen, insbesondere die Flächennutzung, lassen sich in gewissem Maße durch den Stadtplaner gestalten. In diesem Zusammenhang inte-

Tabelle 8: Bewertungsgröße PMV, thermisches Empfinden und physiologische Belastungsstufe

PMV	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
-3,5	sehr kalt	extreme Kältebelastung
	kalt	starke Kältebelastung
-2,5	kühl	mäßige Kältebelastung
	leicht kühl	schwache Kältebelastung
-0,5	behaglich	keine Belastung
	leicht warm	schwache Wärmebelastung
1,5	warm	mäßige Wärmebelastung
	heiß	starke Wärmebelastung
3,5	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

ressieren im lokalen Bereich die Einflüsse einer Baukörperstruktur, einer Straße, eines Parks, eines Innenhofs auf die meteorologischen Felder in den unteren ein bis zwei Metern, dem Lebensraum des Menschen im Freien. Diese Einflüsse im lokalen Bereich erzeugen eine ausgeprägte räumliche und zeitliche Variabilität der atmosphärischen Bedingungen.

Auf der Grundlage der im Flächennutzungsplan (Bearbeitungsstand 1996) vorgesehenen Flächennutzung wurde eine Bewertung der thermischen bioklimatischen Verhältnisse im gesamten Stadtgebiet von Dresden vorgenommen.

Die Berechnung der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung in den einzelnen Strukturen erfolgte durch die Verknüpfung der Hintergrundwärmebelastung mit der durch die Flächennutzung modifizierten Wärmebelastung.

Der Einfluß der Flächennutzung auf die Wärmebelastung wurde mit dem Stadtklimamodell UBKLIM und dem darin integrierten Klima-Michel-Modell berechnet. Eingangsdaten sind die digitalisierte Höhe und die digitalisierte Flächennutzung in einem 10x10-m²-Raster. Die Flächennutzung wurde unterteilt in einzelne Nutzungstypen, wobei die bebauten Flächen außerdem durch ihre Bebauungsparameter charakterisiert wurden. Durch die 10-m-Auflösung der Flächennutzung lassen sich Unterschiede zwischen einzelnen Stadtstrukturen gut herausarbeiten, während eine Interpretation auf den Pixel genau nicht möglich ist. So läßt sich z. B. der Einfluß von Durchgrünung auf die räumliche Einheit eines solchen Gebietes untersuchen, nicht aber der Einfluß eines einzelnen Baumes an einem bestimmten Ort.

Um vergleichbare Aussagen hinsichtlich der Wirkung auf den Menschen zu erhalten, werden dabei Bekleidung und Aktivität des Menschen als konstant angenommen, und zwar Spazierengehen im leichten Straßenanzug.

Als Ergebnis der Berechnungen gibt Karte 7 die flächenhafte Verteilung der im Jahresmittel zu erwartenden Anzahl von Wärmebelastungstagen wieder.

Die thermischen bioklimatischen Verhältnisse in Dresden werden im wesentlichen durch drei Belastungsklassen geprägt:

- die häufig belasteten innerstädtischen Bereiche,
- die nur gelegentlich belasteten Waldareale nördlich der Elbe, insbesondere die Dresdner Heide, und
- die durch eine mittlere Belastung gekennzeichneten Stadtrandareale, die sich aus unbebauten Flächen (Wiesen, Felder) und Flächen mit eher lockerer

und durchgrünter Bebauung zusammensetzen.

Dabei treten große Unterschiede auf. So sind in der Dresdner Heide vielfach nur 10 Tage mit Wärmebelastung, in einigen Arealen der Innenstadt dagegen 31 Tage zu erwarten.

Der Belastung durch die lokale Nutzung ist die Hintergrundbelastung überlagert. Die hohe Belastung der Innenstadt setzt sich aus einer bereits ziemlich hohen Hintergrundbelastung im Elbtal und einer durch die dichte bauliche Nutzung verstärkten lokalen Belastung zusammen. Zum Stadtrand hin verbessert sich die Situation deutlich: mit zunehmender Höhe sinkt sowohl die Hintergrundbelastung als auch mit der lockeren Bebauung die lokale Belastung.

Innerhalb der Bebauung ist die Spannweite der vorkommenden Belastung groß; sie reicht von 19 Tagen in Bühlau bis zu 31 Tagen in den dicht bebauten Innenstadtbereichen.

Die am stärksten belasteten Stadtgebiete erstrecken sich in einem etwa 4 km breiten Streifen in der Elbniederung. Hier werden im Jahresdurchschnitt verbreitet 28 und mehr Tage mit Wärmebelastung erwartet. Die stärkere Belastung innerhalb der Bebauung ist zurückzuführen auf das stärkere Aufheizen der Luft in den Häuserschluchten und die zusätzlich geringere mittlere Windgeschwindigkeit. Zwar sind gleichzeitig die kurzweiligen Strahlungsflüsse durch die Abschattung und Horizont einschränkung vermindert, sie werden aber durch die erhöhten langweiligen Strahlungsflüsse vielfach kompensiert.

Einige Stadtgebiete fallen durch eine Konzentration besonders hoher Belastungen auf. In der Altstadt und der Neustadt sind einheitlich 30 Wärmebelastungstage zu erwarten. Die Bebauung ist hier am dichtesten. Der Versiegelungsgrad beträgt im Mittel 50 bis 60 % und der Anteil an überbauter Fläche 40 bis 45 %.

Auch das Gebiet zwischen Großem Garten und Waldpark bis Tolkewitz (Striesen) ist häufig wärmebelastet. Die Bebauung ist allerdings nicht ganz so kompakt wie in der Alt- oder Neustadt, dementsprechend wird im Mittel die Grenze zur Wärmebelastung zwei Tage seltener überschritten. Allerdings ist seine flächenmäßige Ausdehnung mit etwa 8 km² recht groß, wobei es kaum Ausgleichsflächen gibt. Nur vereinzelt sind kleine Grünflächen ohne Baumbestand integriert. Diese haben aber nur geringe entlastende Wirkung, da die kleinen Flächen von den Temperatur- und Windverhältnissen der umgebenden Bebauung stark beeinflusst werden. Bei Grünanlagen mit Bäumen ist

die Wirkung günstiger. So heben sich der Seidelpark und der Striesener Friedhof mit 22 zu erwartenden Wärmebelastungstagen deutlich von der angrenzenden Bebauung ab.

Auch im Bereich von Großschachwitz/Leuben und in Pieschen haben sich stark belastete Kerne entwickelt, in denen mit 28 bis 30 Wärmebelastungstagen zu rechnen ist. Ihre flächenmäßige Ausdehnung und Kompaktheit ist gegenüber den sich im Stadtzentrum konzentrierenden Flächen geringer. Die Strukturiertheit dieser Gebiete sollte unbedingt erhalten bleiben und durch das Anpflanzen von Bäumen verstärkt werden.

Im Bereich der Gleisanlagen kompensiert die höhere Windgeschwindigkeit bis zu einem gewissen Grad die belastende Wirkung der hohen Luft- und Strahlungstemperaturen. Auf den großen Bahnanlagen der Stadt wird an 26 Tagen Wärmebelastung erwartet. Diese Zahl verringert sich um etwa 4 Tage auf der Strecke durch die Dresdner Heide.

An der Elbe ist die Wahrscheinlichkeit für einen Wärmebelastungstag deutlich geringer als über der unversiegelten Freifläche und dementsprechend geringer als die Hintergrundbelastung. Dafür verantwortlich ist einerseits die höhere Windgeschwindigkeit über der glatten Wasserfläche und andererseits die kühlere Luft über der verdunstenden Wasserfläche. Der Verlauf der Elbe mitten durch die Bebauung verhindert das Zusammenwachsen der Innenstadt zu einem großen Belastungsgefüge, trennt die am stärksten belasteten Areale der Alt- und Neustadt und dient als bioklimatische Ausgleichsfläche. An wärmebelasteten Tagen bietet die Elbe mit ihren Uferbereichen in unmittelbarer Nähe eine gute Erholungsmöglichkeit. In Ufernähe wird nur an 17 Tagen Wärmebelastung erwartet, auf den Elbwiesen an 22 Tagen. Die Elbe wirkt entlastend in die ufernahe Bebauung hinein (z. B. am Elbufer bei Laubegast).

Die Parkanlage des Großen Gartens dominiert das Stadtbild, während die übrigen Parks eher vereinzelt als kleinere Flächen integriert sind. Der Große Garten besitzt für die bioklimatischen Verhältnisse in der Elbniederung wie auch der Fluß selbst eine wesentliche Bedeutung. Erstens ist hier bis zu 10 Tagen seltener mit Wärmebelastung zu rechnen als in der umliegenden Bebauung, zweitens verhindert der Große Garten die Entstehung eines sehr großen ausgedehnten Belastungskomplexes, drittens ist er durch seine zentrale Lage von allen Bezirken südlich der Elbe aus gut zu erreichen und bietet deshalb vor allem an Strahlungstagen der dortigen Bevölkerung eine wertvolle Ausweichmöglich-

keit in eine thermisch angenehmere Umgebung.

Aus bioklimatischer Sicht ebenfalls positiv zu beurteilen ist der „grüne Finger“ des Elbaltarms, der sich südlich von Kleinzschochwitz bis Tolkewitz erstreckt. Die erwartete Wärmebelastung entspricht etwa der Hintergrundbelastung und ist in den ufernahen Zonen auch deutlich geringer. Den Bewohnern von Großzschochwitz und Leuben, die häufig wärmebelastet sind, bietet sich hier eine nahegelegene Erholungsmöglichkeit.

Zum Stadtrand hin verbessert sich die bioklimatische Situation deutlich. In der Bebauung kommt im Mittel an 4 bis 6 Tagen weniger Wärmebelastung vor als in der Stadtmitte. Ursache dafür sind zum einen eine geringere Hintergrundbelastung auf dem ansteigenden Gelände, zum anderen die mit einem Versiegelungsgrad von 20 bis 30% und einem Anteil an überbauter Fläche von 5 bis 20% eher lockere Bebauung, die zusätzlich vielfach durchgrünt ist. Besonders begünstigt sind die Stadtteile Bühlau und Rochwitz im Osten, Coschütz und Gittersee im Süden und Omsewitz im Westen. Hier werden im Durchschnitt nur 19 bis 23 Wärmebelastungstage pro Jahr erwartet. Auf dem Gelände des Elektronikkonzerns AMD liegt die Wahrscheinlichkeit, thermischer Belastung ausgesetzt zu sein, mit 25 Tagen auf dem gleichen Niveau wie im benachbarten Wilschdorf. Günstig wirkt sich der dazwischen liegende Grünstreifen aus.

Aber auch der höhere Anteil an weniger bzw. gering belasteten Frei- und Waldflächen trägt zu der geringeren Belastung der Außenbezirke bei. Auf den unversiegelten Freiflächen werden aufgrund der völlig ungehinderten Sonneneinstrahlung mehr Wärmebelastungstage als in baumbestandenen Parks oder gar Waldflächen erwartet. Nur die vergleichsweise höhere Windgeschwindigkeit verhindert einen weiteren Anstieg der Wahrscheinlichkeit für Wärmebelastung.

In den Wäldern wird mit 10 bis 12 Tagen im Jahr nur gelegentlich Wärmebelastung erwartet. Aufgrund der Abschattung durch die Bäume bleiben auch bei wolkenlosem Himmel die Strahlungsflüsse gering und die Lufttemperatur im Stammraum relativ niedrig, so daß der Schwellenwert für einen Wärmebelastungstag etwa 10 Tage seltener überschritten wird als über unversiegelter Freifläche. Da die Wälder bevorzugt an der Peripherie liegen, besitzen sie für die bioklimatischen Verhältnisse der Innenstadt eine untergeordnete Bedeutung. Abweichend davon ist der Waldgürtel der Jungen Heide, der sich über den Heller bis zur Dresdener Heide erstreckt, in das besiedelte Gebiet integriert und

trennt die Ortsteile Klotzsche, Hellerau, Wilschdorf thermisch von den Ortsteilen der Niederung. Daraus resultiert eine wünschenswerte bioklimatische Vielfalt.

Park, Wald, Wasser – also Strukturen, die zu einem günstigen Bioklima beitragen – wirken eng begrenzt in die umliegende Bebauung hinein. Über Wechselwirkungen kommt es zu deutlichen Modifikationen. Im Modell ist der Einfluß der Nachbarstruktur nach maximal 100 m abgeklungen. Wechselwirkungen beschränken sich also auf einen schmalen Grenzbereich. Sie erweisen sich aber besonders dort als sehr effektiv, wo zahlreiche Grünanlagen bebauten Gebiet durchsetzen.

Als Quintessenz ergibt sich: Bei Planvorhaben, die im Elbtal liegen, muß besonders sensibel vorgegangen werden, da hier die Hintergrundbelastung bereits relativ hoch ist. Günstigerweise verhindern die Elbe und der Große Garten die Entstehung eines großen, geschlossenen Belastungsgefüges, indem sie die Innenstadt in drei Gebiete unterteilen, in denen am häufigsten mit Wärmebelastung zu rechnen ist: die Altstadt, die Neustadt und Striesen. Diese Bereiche stellen die bioklimatischen Problemzonen von Dresden dar. Ausweichmöglichkeiten in eine geringer belastete thermische Umgebung gibt es für die Bewohner nur an den Rändern, aber kaum innerhalb der Areale.

Zur Verbesserung der thermischen Situation in diesen Gebieten sollte generell das Anpflanzen großkroniger Bäume gefördert werden, und es sollten speziell die bereits bestehenden Grünflächen parkartig bepflanzt werden.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Stadtklima

6.1 Kartendarstellung wichtiger stadtklimatischer Erscheinungen (Synthetische Klimafunktionskarte)

Ziel der Untersuchungen zum Stadtklima von Dresden war es, Arbeits- und Entscheidungsgrundlagen für die Bauleitplanung bereitzustellen. Dabei ist das Klima nicht allgemein in die Planung einbeziehbar, sondern nur bestimmte Erscheinungsformen des Klimas sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabenstellung zu berücksichtigen. Eine Beschränkung auf einzelne planungsrelevante Sachverhalte ist erforderlich. Dazu müssen die für städtische Leit- und Rahmenplanungen relevanten klimatologischen Gegebenheiten in einer Karte dargestellt werden. Die kartographische Abbildung der dreidimensionalen klimatologischen Realität stellt notwendigerweise eine Vereinfachung dar. Eine solche Karte, die mehrere Parameter darstellt, die aber nicht zeitgleich in Erscheinung treten müssen, heißt synthetische Klimafunktionskarte /VDI 3787 Bl.1/.

Synthetische Klimafunktionskarten bieten im allgemeinen sowohl Informationen zum lufthygienischen Wirkungskomplex (Emissionen, Immissionen, Durchlüftungsverhältnisse) als auch zum thermischen Wirkungskomplex (Temperatur- und Durchlüftungsverhältnisse), da deren Zusammenwirken von besonderer Bedeutung für das Wohlbefinden und die Gesundheit der in der Stadt lebenden Menschen ist. Das sind auch die Komplexe, die sich bei städtebaulichen Planungen und Sanierungen am ehesten beeinflussen lassen.

In der synthetischen Klimafunktionskarte (Karte 8) sind die nachfolgenden klimatologischen Sachverhalte dargestellt:

- Bereiche thermischer stadtklimatischer Veränderung,
- bodennahe nächtliche Kaltluftströmungen,
- ausgewählte mittlere Windrichtungsverteilungen (vgl. dazu auch Karte 3),
- lufthygienische Belastungen durch Verkehr.

Stadtklimatische Veränderungen drücken sich in der Lufttemperatur am augenfällig-

sten aus. Deshalb wurde dieser Parameter verwendet, um die klimatische Modifikation des städtischen Raumes in vier Zonen zu charakterisieren. Grundlage waren insbesondere die zweijährigen Messungen an den zehn temporären Stationen, an denen Lufttemperaturen gemessen wurden. Nach der Auswertung der einzelnen Temperaturparameter erwies es sich als zweckmäßig, wegen des ähnlichen Temperaturverhaltens die Stationen zu Gruppen zusammenzufassen.

In Tabelle 9 sind gemittelt über die Stationen jeder Gruppe die Jahresmitteltemperaturen, mittleres Maximum und Minimum, die mittlere Tagesschwankung sowie die Summe der Sommer- und Frosttage während des zweijährigen Beobachtungszeitraumes angegeben.

- Aus dem unbebauten Dresdner Umland und der Dresdner Heide liegen keine Messungen vor. Es wurde angenommen, daß keine stadtklimatische Modifikation stattfindet.
- Die Meßstellen in geschützten Lagen mit freier Ausstrahlung (Pillnitz, Heller, Kaditz) sowie auch die innerstädti-

Tabelle 9: Zonen thermischer stadtklimatischer Veränderung (nach Messungen 7/92 bis 6/94)

Stadtklimat. Veränderung	Lage	T	T _{max}	T _{min}	T _{max} -T _{min}	Sommertage T _{max} ≥ 25 °C	Frosttage T _{min} < 0 °C
im Mittel der betreffenden Stationsgruppen							
hoch	Innenstadt	10,4	14,0	6,9	7,1	84	107
mäßig	gut durchlüftete Hang- und Hochflächenlage	9,4	13,2	5,8	7,4	67	132
gering	geschützte Lage mit freier Ausstrahlung	9,7	13,9	5,4	8,5	87	137
keine	unbebautes Umland, Heide						

schen Parkanlagen Großer Garten und Alaunplatz besitzen einerseits ebenfalls hohe Mitteltemperaturen und Maxima, andererseits aber die niedrigsten Minima und somit die höchste Tagesamplitude. Dieses Verhalten drückt sich auch in der großen Anzahl sowohl der Sommertage als auch der Frosttage aus. Derartige Standorte wurden der Zone mit geringer stadtklimatischer Veränderung zugeordnet.

- Die Meßstellen der gut durchlüfteten Hang- und Hochflächenlagen (Leutewitz, Wachwitz, Klotzsche) haben die niedrigsten Mitteltemperaturen und Maxima. Minima und Tagesschwankung liegen zwischen denen der hoch und gering thermisch veränderten Lagen. Standorte mit ähnlichem Verhalten wurden dem Bereich mit mäßiger stadtklimatischer Veränderung zugeordnet.
- Die Innenstadtmeßstellen (Feuerwache, Mitte) weisen die höchsten Mitteltemperaturen, die höchsten Maxima und Minima sowie die geringste Tagesschwankung auf. Sie wurden dem Bereich mit hoher stadtklimatischer Veränderung zugeordnet.

Den Gruppen von Meßstellen mit typischem Temperaturverhalten wurden nun Flächen zugeordnet, auf denen aufgrund ihrer Lage im Stadtgefüge, ihrer Bebauungs- und Versiegelungsstruktur ähnliche thermische Verhältnisse zu erwarten sind (vgl. Karte 8):

Zum Bereich **„ohne stadtklimatische Veränderung“** gehören Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil wie die Dresdner Heide und andere Waldflächen, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Brachland, aber auch Kleingärten im Stadtrandbereich.

Nächtliche Abkühlung, Durchlüftung und Windgeschwindigkeit können auf diesen Flächen in Abhängigkeit von Höhenlage, Relief und Flächennutzung sehr differenziert sein. So ist die nächtliche Abkühlung und damit die Frostgefährdung in den Kaltluftstaugebieten der Täler, in Talmulden und auf Brach- und Aufforstungsflächen der Dresdner Heide sehr hoch, während dort die Windgeschwindigkeit gering und somit auch die Durchlüftung beeinträchtigt sein kann. Auf den gut belüfteten Hang- und Hochflächen sind nächtliche Abkühlung und Frostgefährdung weniger hoch als in den geschützten Lagen. Die Wärmebelastung ist auf Flächen dieser Bereiche gering.

Zu den thermisch **„gering veränderten Bereichen“** gehören locker bebaute, gut durchgrünte Stadtrand-siedlungen, gewerbliche Nutzungen im Stadtrandbereich

(z. B. Start- und Landebahn des Flugplatzes, Deponiegelände auf dem Heller, Gewerbegebiet Nickern), Siedlungen im ländlichen Umland, aber auch größere Grünanlagen innerhalb der Stadt (Großer Garten, Waldpark), die Elbwiesen und die Elbaltarme.

Hier ist die thermische stadtklimatische Beeinflussung gering mit guter nächtlicher Abkühlung, einer hohen Temperaturschwankung zwischen Tag und Nacht und einer großen Anzahl von Frosttagen. Die Durchlüftung ist in den Stadtrandlagen, verbunden mit höheren Windgeschwindigkeiten, besser als auf den innerstädtischen Grünflächen. Die Wärmebelastung ist in den meisten Bereichen gering.

Der Bereich mit **„mäßiger thermischer Veränderung“** umfaßt vor allem die dichter bebauten und versiegelten Gebiete zwischen Innenstadt und locker bebauten Stadtrand-siedlungen. Auch dicht versiegelte Bereiche gehören dazu, sofern sie gut durchlüftet sind (Industriegelände), ebenso die stadtrandnahen Hochhaussiedlungen Prohlis und Teile von Gorbitz.

Die nächtliche Abkühlung bewegt sich zwischen gut (höher gelegene Stadtrandbereiche) und mäßig (nahe dem Stadtzentrum gelegene tiefere Lagen). Die Wärmebelastung ist im allgemeinen mäßig, wobei sie mit Annäherung an das Stadtzentrum anwächst. Die Reduzierung der Windgeschwindigkeit und die Verschlechterung der Durchlüftung reicht in Abhängigkeit von Höhenlage, Bebauungs- und Vegetationsstruktur von leicht bis stark. Örtlich kann es zu Windgeschwindigkeitsverstärkungen durch Strömungskanalierungen an großen Baukörpern kommen. Das gilt besonders für die Hochhaussiedlungen.

Zu den **„thermisch hoch veränderten Bereichen“** zählen die dichtversiegelten und -bebauten Innenstadtbereiche Pieschen, Neustadt, Altstadt, Teile von Friedrichstadt und Südvorstadt, aber auch die relativ gut durchgrünten Wohngebiete von Striesen und Gruna. An der Bahnstrecke nach Heidenau lassen sich ebenfalls derartige hochbelastete Flächen auf den dichtversiegelten ehemaligen Industrieflächen feststellen. Allen Gebieten dieser Bereiche ist gemeinsam, daß der abkühlende Einfluß der nächtlichen Kaltluft dort nicht mehr wirksam ist (vgl. mit Karte 6). Die mittlere Windgeschwindigkeit ist gering. Diese Flächen zählen zu den schlecht durchlüfteten Bereichen im Stadtgebiet.

Die nächtliche Abkühlung ist hier gegenüber den anderen Zonen am geringsten, gleichzeitig weist dieser Bereich die geringste Tagesschwankung der Lufttemperatur

sowie die geringste Anzahl von Frosttagen auf. Die Wärmebelastung ist hoch, wobei lokale Unterschiede zwischen eng bebauten Gebieten, besser durchlüfteten Plätzen und Grünanlagen auftreten.

Die bodennahen nächtlichen Kaltluftzuflüsse sind in Karte 8 getrennt dargestellt für flächenhaften Abfluß von geneigtem Gelände, verbunden mit geringen Geschwindigkeiten und geringen Schichtdicken, und für Kaltluftströmungen in Tälern mit größeren Geschwindigkeiten und größeren Schichtdicken.

Die nächtlichen Kaltluftzuflüsse sind vor allem im Nordosten und im Süden bis Südwesten für die Stadt wirksam. So beeinflussen die Zuflüsse vom Gebiet des Heller das Temperaturregime bis Trachenberge, aus der Dresdner Heide dringen sie im Prießnitztal in die dicht bebaute Neustadt ein, im Bereich der Elbschlösser reicht ihr Einfluß bis zur gegenüberliegenden Elbseite, ihnen sind die angenehmen thermischen Verhältnisse auf dem Weißen Hirsch zu verdanken. Die Kaltluftströmungen aus dem Schönfelder Hochland können in den Elbseitentälern nach Loschwitz und zu den anderen elbnahen Siedlungen vordringen.

Vom Süd- und Westhang dringen die Zuflüsse in den Talgründen teilweise weit in bebaute Bereiche vor, sofern keine Hindernisse den Abfluß beeinträchtigen. Der Einfluß des Zschonergrundes ist noch im Westen von Übigau feststellbar, im Omsewitzer Grund reichen die Flüsse in Verlängerung der Warthaer Straße bis Cotta. Auch Gorbitz- und Roßthaler Bach dringen in bebaute Bereiche ein. Die Strömung im Weißeritztal ist nachweisbar, hat aber geringere abkühlende Wirkung, da das Tal relativ dicht bebaut ist (Freital). Die Kaltluftflüsse des Kaitzbaches stauen sich vor Kaitz. In Verbindung mit dem hohen Verkehrsaufkommen auf der B170 ist daher die Immissionsgefährdung im „Kaitzer Loch“ hoch. Der flächenhafte Kaltluftabfluß von den Südhöhen und die Strömungen in den Tälern des Nöthnitzbaches, des Leubnitzbaches sowie an den ehemaligen Lehmgruben bei Torna beeinflussen das Temperaturregime im Süden der Stadt deutlich. Gebergrund und besonders das Lockwitztal haben ein sehr großes Kaltlufteinzugsgebiet. Die Strömung wird aber an der Bebauung von Nickern und Lockwitz gestaut, so daß die Luft z. T. nur oberhalb der Hindernisse dem Stadtgebiet zufließt. Auf den Freiflächen zwischen Lockwitz und Luga sind die abkühlenden Zuflüsse von den Hängen auch deutlich nachweisbar.

Die in Karte 8 angegebene Grenze des Einflußbereichs der abkühlenden Wirkung der Kaltluft wurde aus den Temperatur-

abfahrmessungen ermittelt. Aber auch aus den Ozonmessungen an der Lohrmanstraße ließen sich Rückschlüsse ziehen. Die sekundären nächtlichen Ozonmaxima, die dann auftreten, wenn die ozonreiche Luft aus dem Umland mit der Kaltluft in die Stadt geführt wird, waren nicht mit Temperaturerniedrigungen verbunden. Das wurde dahingehend interpretiert, daß die eingeflossene Luft aus dem Umland, erkennbar an dem Ozonpik, sich hinsichtlich der Temperatur an dieser Stelle derjenigen der städtischen Umgebung bereits angeglichen hatte. Die Grenze des Einflußbereichs der abkühlenden Wirkung der Kaltluft mußte also etwas weiter stadtauswärts liegen.

Sowohl hinsichtlich der Unschärfe der Grenzen der stadtklimatischen Temperaturbereiche als auch der Einflußbereiche der abkühlenden Wirkung der Kaltluft gilt, was bereits in Kapitel 5.1 zur Interpretation von Karte 6 ausgeführt wurde. Die eingezeichneten Grenzbereiche besitzen einen breiten Übergangssaum, der sowohl eine räumliche als auch eine zeitliche Schwankungsbreite aufweist. Das ist bei der Interpretation unbedingt zu berücksichtigen. Flächenscharfe Aussagen sind nicht möglich.

Um im Überblick die Häufigkeit der Windrichtungen zu sehen, aus denen die Durchlüftung im Mittel erfolgt, enthält Karte 8 einige mittlere Windrosen im Stadtgebiet. Bezüglich der Interpretation, besonders in Zusammenhang mit der Windgeschwindigkeit, wird auf Kapitel 4.2 verwiesen.

Die lufthygienischen Belastungen durch den Straßenverkehr sind in drei Klassen für geringe bis mäßige, hohe und sehr hohe Verkehrsbelegungen ausgewiesen. Gerade in den schlecht durchlüfteten, überwärmten Innenstadtbereichen ist durch die Bündelung des Verkehrs die Immissionsbelastung am höchsten.

■ 6.2 Stadtklimatische Verhältnisse einzelner Stadtteile

In diesem Abschnitt sind die Aussagen der vorangegangenen Kapitel (insbesondere von Kapitel 4, 5 und 6.1) sowie der dazugehörigen Karten stadtteilbezogen zusammengefaßt. Damit soll dem Leser eine rasche Information über die stadtklimatischen Verhältnisse in seiner Wohngegend möglich sein.

Am Hang bzw. auf der Hochfläche gelegene Stadtteile (z. B. Wilschdorf, Hellerau, Klotzsche; Dölzsch; Gittersee, Coschütz; Gostritz; Bühlau, Rochwitz, Weißer Hirsch):

Diese Stadtteile liegen am Stadtrand und sind meist gut durchgrünt. Deshalb treten höchstens geringe thermische stadtklimatische Veränderungen auf, nur bei flächenmäßig größerer Ausdehnung der Bebauung kommen auch mäßige Veränderungen vor. Sie weisen auf unbebauten Flächen die Charakteristiken der gut durchlüfteten Hang- und Hochflächenlagen auf (vgl. Tabelle 9). Mit Wärmebelastung ist je nach Höhenlage und Dichte der Bebauung an etwa 19 bis 25 Tagen zu rechnen.

Die Durchlüftung ist durchweg gut (mittlere Windgeschwindigkeit zwischen 3 bis mehr als 4 m/s).

Die Freiflächen in diesen Gebieten sind Kaltluftbildungsflächen und tragen, sofern Abflußmöglichkeiten zum Elbtal existieren, zur thermischen und lufthygienischen Entlastung der tiefer gelegenen Stadtteile bei.

Elbnahe Stadtteile am Stadtrand (zwischen Pillnitz und Loschwitz, zwischen Zschieren und Tolkewitz sowie Kaditz, Stetzsch, Kemnitz):

Diese Stadtteile weisen auf größeren unbebauten Flächen die Charakteristiken der geschützten Lagen mit freier Ausstrahlung auf (vgl. Tabelle 9). Die stadtklimatische Beeinflussung liegt dank der lockeren Bebauung je nach deren Ausdehnung zwischen gering bis mäßig. Die Wärmebelastung beträgt 22 Tage in freien elbnahe Lagen und reicht bis 28 Tage in einigen wenigen dichtbebauten Quartieren.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten betragen 2 bis 3 m/s, nur im Bereich von Kaditz sind sie höher (vgl. Karte 2). Obwohl die Stadtteile im Elbtal liegen, sind sie ausreichend durchlüftet. Das liegt zum einen daran, daß das Elbtal, in die Hauptwindrichtungen orientiert, gut durchlüftet ist (regionale Luftleitbahn) und zum anderen von den Kaltluftflüssen von den Hängen und in den Tälern ins Elbtal profitiert. Das gilt für die Bereiche Stetzsch, Kemnitz und insbesondere für die Abflüsse in den Elbseitentälern vom Schönfelder Hochland. In Zusammenhang mit beabsichtigter Bebauung auf der Freifläche zwischen Quohren und Rochwitz wurde das Kaltluftabflußverhalten in den beiden Tälern Loschwitzgrund (Grundstraße) und Wachwitzgrund untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Immissionsbelastungen auf der starkbefahrenen Grundstraße an den Stellen deutlich absinken, an denen unbelastete Kaltluft seitlich aus dem Tal des Bühlau-Rochwitzer-Grenzbaches eingemischt wird. Die klimatische Bedeutung der Freiflächen bei Rochwitz für die Kalt- und Frischluftversorgung vor allem von Loschwitz war

einer der Gründe, bei der Erarbeitung des Flächennutzungsplanes nur eine maßvolle abrundende Bebauung der Ortsteile Quohren und Rochwitz vorzusehen, eine Bebauung des größten Teils der Fläche aber auszuschließen.

Die Kaltluftflüsse aus dem Wachwitzgrund und dem benachbarten Helfenberger Grund reichen nach Modellrechnungen bis etwa 200 m auf das jenseitige Elbufer.

Stadtteile im Süden Dresdens (im Bereich zwischen Kaitz und Luga bis zwischen Strehlen und Niedersedlitz):

In diesen Bereichen wird die Stadt durch die Kaltluftflüsse von den südlichen Hängen beeinflusst. Dabei klingt die abkühlende Wirkung der Kaltluft in den stadtrandnahen Siedlungen bald ab, während die lufthygienisch entlastende Wirkung auch weiter stadteinwärts nachweisbar ist.

Aufgrund des hohen Freiflächenanteils findet schon kurz nach Sonnenuntergang eine intensive Kaltluftproduktion statt mit Abkühlungsraten bis über 3 K/h in den oberen Hangbereichen. Die Kaltluft fließt mit Geschwindigkeiten bis über 1,5 m/s entsprechend der Geländeneigung in die benachbarten Geländemulden. Am späten Abend sind die Abkühlungsraten in den Taleinschnitten und Geländesenken durch die zugeflossene Kaltluft am höchsten. Die Kaltluft beginnt nun, sich vor den Stadtrandbereichen aufzustauen, z. T. sickert sie in diese ein und kühlt sie ab. In der 2. Nachthälfte nimmt der Aufstau in den Tallagen und am Ortsrand von Dresden zu, verbunden mit einer Reduktion der Fließgeschwindigkeit auf unter 0,4 m/s. Am deutlichsten ist der Aufstau im Lockwitztal. Hier wurden stets die niedrigsten Temperaturen festgestellt mit Differenzen zu denen der Höhenlagen bzw. den städtischen Gebieten von 3 bis 8 K. Typische Stauerscheinungen wurden aber auch in anderen Stadtrandbereichen festgestellt, besonders am Kaitzbach („Kaitzer Loch“, Umgebung des Freibades Mockritz). Günstige Bedingungen zum Eindringen der Kaltluft in die Bebauung sind in der Umgebung der Tornaer Lehmgruben nach Prohlis, im Bereich des Leubnitzbaches nach Leubnitz und im Bereich des Nöthnitzbaches gegeben. Abbildung 10 stellt beispielhaft die flächenhafte Temperaturverteilung im Untersuchungsgebiet am 22.9.1994 um 22.00 Uhr dar. Die typischen Verhältnisse in einer Strahlungsnacht mit hohen Temperaturen auf den Hochflächen (die abgekühlte, abfließende Luft wird durch wärmere Luft aus höheren Schichten ersetzt) und in bebauten Bereichen und niedrigen Temperaturen in den Geländeinschnitten sind deutlich.

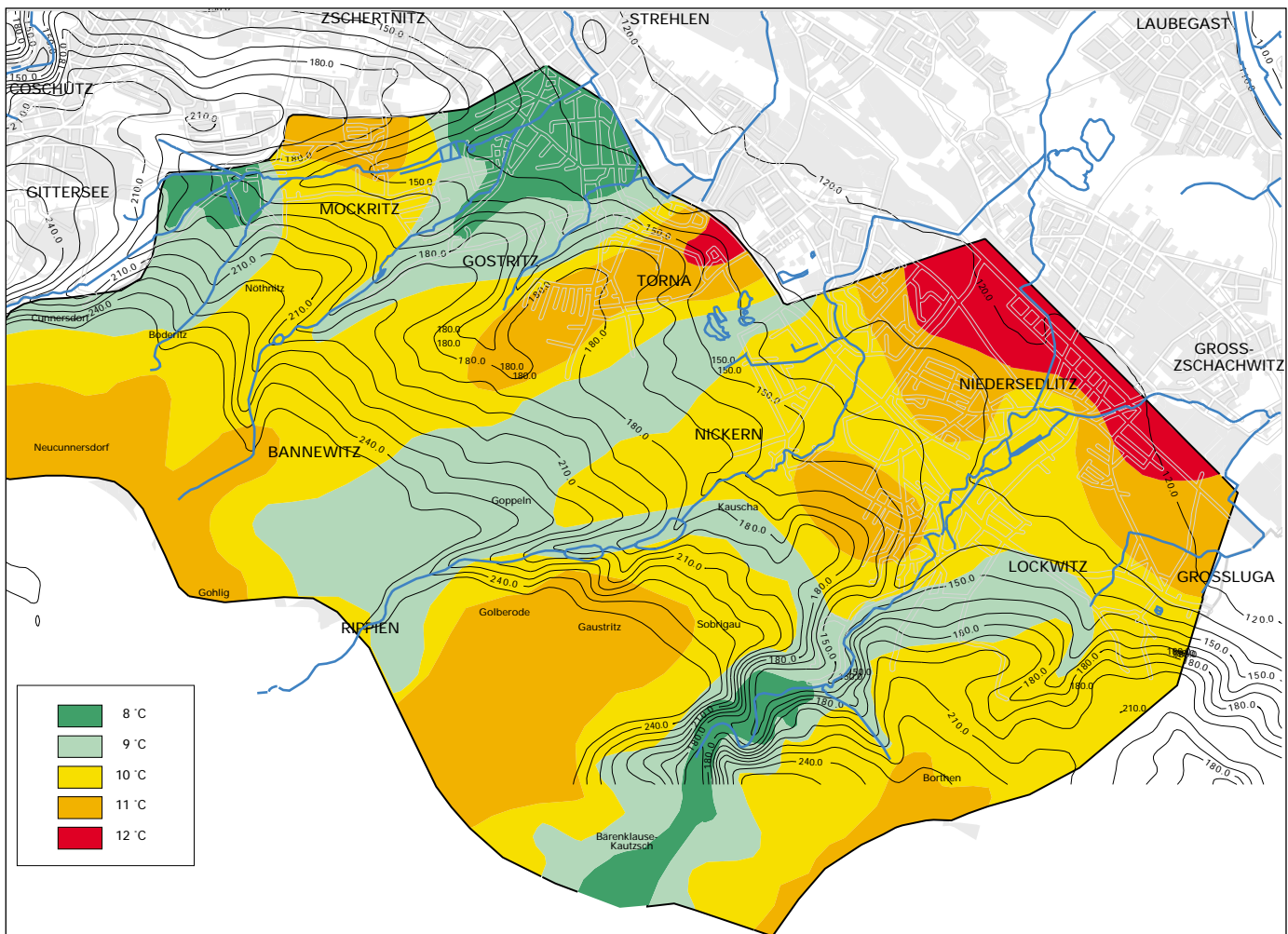


Abbildung 10: Temperaturverteilung am 22.9.1994, 22.00 Uhr

Die Mächtigkeit der Kaltluft ist abhängig von der Topographie. Sie ist in den oberen Hangbereichen nur gering, liegt in den mittleren Hangbereichen um 20 m und erreicht in den Staubereichen und Tälern Mächtigkeiten über 50 m.

Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in diesen Stadtteilen schwankt je nach Höhenlage und Dichte der Bebauung zwischen 2 und 3 m/s. Um die Belüftung bei windschwachen Situationen, die häufig mit Windrichtungen aus südöstlichen Windrichtungen verbunden sind, zu verbessern, sind Belüftungsbahnen (Grünschnitten, breite Straßenzüge) aus diesen Richtungen ins Stadttinnere wichtig.

Die thermische stadtklimatische Veränderung bewegt sich hauptsächlich zwischen gering bis mäßig, nur an der Bahnlinie nach Pirna sind auch hohe Veränderungen nachgewiesen. Dementsprechend bewegt sich die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung zwischen 22 in Stadtrandnähe und 30 in einigen Bereichen von Prohlis und Reick.

Die klimatischen Verhältnisse in der Neubauhochhaussiedlung Prohlis sind wegen der großen Einwohnerzahl von besonderem Interesse. Diese Siedlung liegt

in der Talniederung, jedoch unmittelbar an die zur Zeit der Errichtung noch unbauten südlichen Hänge angrenzend. Die Siedlung entstand in den 70er Jahren.

Die südlichen Hänge, in die das Tal des Gebergrundes eingebunden ist, versorgen die Stadtgebiete im Süden ausreichend mit Kalt- und Frischluft. Durch die Anordnung der neuen Baukörper am äußeren Rand quer zum Hang wird ein Eindringen der Kaltluft in das Neubaugebiet verhindert. Die Kaltluft konnte das Baugebiet nur beidseitig umfließen (Belüftungsbahn Tornaer Lehmgruben-Prohliser Schloßpark auf der einen und Belüftungsbahn Gebergrund-Langer Weg auf der anderen Seite).

Anfang der 90er Jahre entstand, südlich dem Wohngebiet vorgelagert, das Gewerbegebiet Nickern. Es schirmte die direkte Kaltluftzufuhr ab und verlegte die Belüftungsbahn Gebergrund. Die Kalt-/Frischluft kann nicht mehr bodennah sondern nur noch oberhalb der Bebauung dem Stadtgebiet zufließen. Einzig über die Verbindung der Tornaer Lehmgruben ist noch ein bodennaher Zufluß sowohl zum Neubaugebiet als auch zu anderen städtischen Gebieten möglich. Diese Be-

lüftungsbahn hat stadtklimatisch daher jetzt eine sehr hohe Wertigkeit.

Nachteilig auf die Qualität des Wohnumfeldes wirkt sich auch die sehr hohe Verkehrsbelegung von über 30 000 Kfz/24 h auf der nahe vorbei führenden Dohnaer Straße aus. Im Wohngebiet selbst sind die Gebäudeabstände ausreichend um im allgemeinen eine gute Belichtung der Wohnungen zu gewährleisten, großzügige Freiflächen sind vorhanden, wobei neben Flächen, die grünordnerisch gut gestaltet sind auch solche existieren, die noch völlig ungeordnet sind.

Stadtteile im Westen Dresdens (z. B. Omsewitz, Leutewitz, Cotta, Gorbitz, Naußlitz, Löbtau):

Der Westen der Stadt profitiert klimatisch von seiner Lage am Hang. Im Unterschied zu den Verhältnissen im Süden der Stadt, wo die auf den Freiflächen gebildete Kaltluft sich vielfach an der Stadtrandbebauung staut, kann sie im Westen weit in die angrenzenden Stadtteile eindringen. Die Stadtrandbebauung ist lockerer und die einmündenden Täler werden vielfach durch Straßenzüge fortgesetzt, die zum Stadttinneren führen.

Die markantesten Kaltluftflüsse mit Strömungsgeschwindigkeiten $> 1 \text{ m/s}$ und hohen Volumenströmen erfolgen über den Omsewitzer Grund (Temperaturdifferenzen zum Stadtgebiet bis zu $4,5 \text{ K}$), von den Freiflächen zwischen Ockerwitz und Gompitz nach Gorbitz und von den Hängen um Pesterwitz–Altfranken nach Naußlitz (Roßthaler Bach), nach Wölfnitz (Gorbitzbach) und nach Gorbitz (Gebiet zwischen Wilsdruffer und Wölfnitzer Ring). Die Abkühlungsraten der Stadtrandbereiche sind hoch und entsprechen vielfach denen der Freiflächen. Aufgrund sowohl dieser Tatsache als auch der großen Häufigkeit westlicher Windrichtungen, die einen hohen Anteil starkwindiger Situationen aufweisen, sind die westlichen Stadtteile gut durchlüftet. Die mittlere Windgeschwindigkeit reicht von 2 m/s und weniger in einzelnen Bereichen von Löbtau bis mehr als $3,3 \text{ m/s}$ am Stadtrand.

Die gute Durchlüftung wirkt sich auch auf die thermische stadtklimatische Veränderung aus, die mit „gering“ bis „mäßig“ im Vergleich zur Bebauungsdichte relativ niedrig ist sowie auf die Wärmebelastung von nur 22 bis vereinzelt 28 Tagen.

Die Neubauhochhausssiedlung Gorbitz liegt nicht wie Prohlis in der Talniederung sondern am Hang. Vor der Errichtung von Gorbitz wurden die Flächen landwirtschaftlich genutzt und waren Teil der Kaltluftbildungsflächen, die bis zur Hangoberkante bei Gompitz reichten. Durch die Bebauung, die ein Hindernis für die abfließende Kaltluft ist, hat sich auch die Größe der Kaltluftbildungsflächen verringert. Dieser Nachteil wird durch Einordnung der Bebauung zwischen vorhandene und neu geschaffene Belüftungskorridore (Kesselsdorfer Straße, Mittelachse, Nordtangente, Gompitzer Straße) gemindert. Allerdings sind Kesselsdorfer Straße und künftig auch die Nordtangente durch den Kfz-Verkehr vorbelastet, so daß die in die Stadt fließende Kaltluft keine Frischluft mehr ist. Infolge Strömungskanalisation treten auch relativ häufig Windverstärkungen sowie Böigkeit an Gebäudekanten auf. Trotz erfolgter Bebauung von Gorbitz sind die westlichen Stadtteile Wölfnitz und Löbtau wegen der günstigen Ausgangsbedingungen als klimatisch günstig einzuschätzen mit relativ guter Durchlüftung und nur mäßiger Wärmebelastung. Allerdings schränkt die in den letzten Jahren erfolgte Bebauung an der Kesselsdorfer Straße und in Gompitz die Kaltluftbildung weiter ein, was zunehmende klimatische Verschlechterungen befürchten läßt.

Innerhalb des Wohngebietes sind die Voraussetzungen für gute klimatische Be-

dingungen gegeben: Die Abstände der Gebäude betragen im allgemeinen 40 bis 50 m, die Belichtung der Wohnungen ist ausreichend, großzügige Freiflächen sind zugeordnet, es gibt keinen Durchgangsverkehr. Zur Verbesserung des Wohnumfeldes werden seit 1993 beträchtliche Anstrengungen unternommen. Fast 8 Millionen DM Fördergelder flossen seit 1994 in Maßnahmen zur Gestaltung von Freiflächen und Begrünung.

Trachenberge, Pieschen-Nord:

Diese beiden Stadtteile werden vom unmittelbar angrenzenden Hellergebiet beeinflusst. Obwohl die mittlere Windgeschwindigkeit nur im Bereich $2,1$ bis $2,6 \text{ m/s}$ liegt, ist dieses vorwiegend locker bebaute Gebiet ausreichend durchlüftet. Dazu tragen die Kaltluftflüsse aus dem Hellergelände bei. Diese wurden genauer untersucht, um eine Erklärung für die nächtlichen Geruchsbelästigungen zu erhalten, die von der Deponie auf dem Heller ausgehen und insbesondere die anliegenden Wohngebiete von Trachenberge beeinflussen. Trotz des geringen mittleren Gefälles des Heller von nur $0,9^\circ$ wurden Kaltluftströmungen mit Geschwindigkeiten von $0,2$ bis $0,4 \text{ m/s}$, an begünstigten Stellen 1 m/s , festgestellt. Die thermische stadtklimatische Veränderung ist nur gering. Es ist mit 22 bis 28 Wärmebelastungstagen zu rechnen.

Innenstadt (Pieschen-Süd, Neustadt, Altstadt, Striesen, Teile von Friedrichstadt und Südvorstadt, Teile von Johannstadt und Gruna, Teile von Leuben und Großzschochwitz):

Diese in Karte 8 rot gekennzeichneten Stadtteile sind die am schlechtesten durchlüfteten und am meisten überwärmten. Hier wohnen 27% der Dresdner Bevölkerung.

Die mittlere Windgeschwindigkeit ist durchweg $< 2,6 \text{ m/s}$, großteils $< 2,0 \text{ m/s}$. Der Anteil der Schwachwinde ($\leq 2 \text{ m/s}$) liegt bei 60% (vgl. Tabelle 3). Kaltluftflüsse können diese innerstädtischen und teilweise dicht überbauten und versiegelten Bereiche nicht mehr beeinflussen. Lediglich in den Teilen der Neustadt, die an die Dresdner Heide grenzen, ist das noch möglich.

Die klimatischen Verhältnisse werden durch die Innenstadtstationen Dresden-Mitte und Feuerwache (vgl. Tabelle 9) charakterisiert. Das Gebiet weist hohe thermische stadtklimatische Veränderung auf. Es treten große zusammenhängende Komplexe mit hoher Wärmebelastung auf, die nur selten durch weniger belastete Flächen unterbrochen werden. Bis zu 31 Tagen mit Wärmebelastung werden erreicht. Außerdem ist in der Innenstadt

die Immissionsbelastung durch Verkehr hoch (hohes Emissionsangebot und geringe Durchlüftung).

Daß im innerstädtischen Raum ein befriedigender Ausgleich für klimatisch-lufthygienische Belange nicht erfolgen kann, wird am Bebauungsplan 123 (Prager Straße/Wiener Platz) deutlich. Hier sind diese Ziele zugunsten der städtebaulichen Ziele abgewogen worden.

Ziel des Bebauungsplanes ist eine grundlegende städtebauliche Neugestaltung im Bereich Hauptbahnhof–Prager Straße. Es soll ein repräsentativer „Empfangsraum“ für Dresden geschaffen werden mit dem Charakter einer „Einkaufs- und Flaniermeile“, den das Gebiet vor seiner Zerstörung 1945 schon hatte.

Im Flächennutzungsplanentwurf ist das B-Plan-Areal als Kerngebiet ausgewiesen und somit künftig als hochverdichtete städtebaulich neu zu strukturierende Zone vorgesehen. Die bauliche Verdichtung und funktionale Aufwertung des Gebietes durch Kauf-, Wohn- und Geschäftshäuser mit unterirdischer Verkehrsführung für den Kfz-Verkehr und der Schaffung von Fußgängerbereichen wird angestrebt. Der Wiener Platz soll dabei in seiner historischen Dimension als Bahnhofsvorplatz eingefaßt werden und allein Fußgängern und der Straßenbahn zur Verfügung stehen. Im zentralen Bereich ist ein zweigeschossiger Tiefbau sowie ein Straßentunnel vorgesehen. Infolge der beabsichtigten Versiegelung, der veränderten Oberflächenstruktur und der veränderten Verkehrsführung sind klimatisch-lufthygienische Auswirkungen im Plangebiet zu erwarten. Diese betreffen die Wärmebelastung, die Durchlüftung und den Windkomfort, die lufthygienische Situation sowie die Besonnungs-/Verschattungsverhältnisse.

Die Wärmebelastung wird im gesamten Plangebiet nach Realisierung des Vorhabens zunehmen. Dabei tritt die größte Veränderung im Bereich des Wiener Platzes mit einer Zunahme um 10 Tage mit Wärmebelastung auf (Umwandlung einer begrünten Freifläche in eine versiegelte Fläche). Mindernd auf die Wärmebelastung wirkt Begrünung, wie sie im nördlichen Teil des B-Planes vorgesehen ist. Insbesondere sind intensive Begrünungsmaßnahmen im Umfeld von Gebäuden mit Wohnnutzung erforderlich. Ein Ausgleich kann durch diese Maßnahmen aber nicht erreicht werden. Dieser Bereich wies zwar schon vor 1945 dichte städtische Bebauung auf. Es ist aber anzunehmen, daß die Wärmebelastung damals geringer war, da durch die geringere Bebauung der südlichen Hänge der Einflußbereich der Kaltluft weiter in Richtung Stadtzentrum reichte.

Die Realisierung der vorgesehenen Bebauung führt zur Verringerung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Windböigkeit.

Verkehrsbedingte lufthygienische Beeinträchtigungen sind an den Tunnelportalen zu erwarten. Insbesondere am Tunnelportal Ost und im Bereich der St. Petersburger Straße erhöhen sich die Immissionen bis an die Prüfwerte der 23. BImSchV. Auch am Tunnelportal West bewegen sich die Immissionen auf hohem Niveau. Zusätzliche Emissionen entstehen durch die geplanten Stellplätze sowie von Verbrennungsanlagen für Heizung und Klimatisierung. Verbrennungsanlagen sollten deswegen ausgeschlossen und eine Versorgung mit Heizenergie über das Fernwärmenetz realisiert werden.

Infolge der Planung verändern sich auch die Besonnungsverhältnisse in den jetzt zu Wohnzwecken genutzten Gebäuden. Als Kriterium zur Beurteilung gesunder Wohnverhältnisse wurde eine mögliche Mindestbesonnung von mehr als 3,7 Stunden am 8. Februar in mindestens einem der Aufenthaltsräume einer Wohnung zugrunde gelegt. Durch die Neubebauung kommt es zu zusätzlichen Verschattungen in den unteren Etagen. Die Wohnungen, in denen das Kriterium nicht mehr erfüllt ist, sollten einer anderen Nutzung zugeführt werden.

7 Schutz des Stadtklimas

■ 7.1 Empfehlenswerte Vorgehensweise bei der Bewertung der Auswirkungen von Planungsvorhaben

Das Klima ist zunächst wertungsfrei. Es erhält seinen Wert erst aus den Lebensmöglichkeiten, die es Lebewesen und Pflanzen bietet. In einer Stadt, dem Lebensraum vor allem für Menschen, ist eine Bewertung anthropozentriert vorzunehmen, sie ist auf Wohlbefinden und Gesundheit der in der Stadt lebenden und arbeitenden Menschen auszurichten.

Bei einer Beurteilung der klimatischen Auswirkungen sowohl von Rahmenplanungen als auch von Einzelvorhaben sind der thermische und der lufthygienische Wirkungskomplex, also die thermischen Bedingungen, die lokalen Belüftungsverhältnisse und die lufthygienische Situation stets im Zusammenhang zu sehen und in Abhängigkeit von den jeweiligen Gegebenheiten auch unterschiedlich zu bewerten. So hängt die Immissionssituation stark von der Verteilung der Emissionsquellen, aber auch von den lokalen Belüftungsverhältnissen ab. Und die thermischen Bedingungen werden nicht nur von Oberflächennutzung und Versiegelung, sondern auch von den lokalen Windverhältnissen mitbestimmt.

Außerdem muß eine Bewertung klimatischer Auswirkungen in Zusammenhang mit der beabsichtigten Nutzung geschehen. Unterschiedliche Nutzungsarten haben meist auch unterschiedliche klimatische Ansprüche. Dabei sind wieder thermischer und lufthygienischer Wirkungskomplex in Zusammenhang zu sehen. Die Bewertung ist zudem zeitlich-räumlich differenziert vorzunehmen (z. B. Beachtung der Tages- und Jahreszeit von Auswirkungen, unterschiedliche Lage im Stadtgefüge). Einige Beispiele sollen im folgenden diese Zusammenhänge verdeutlichen:

- Eine Frisch-/Kaltluftbahn selbst geringer Intensität, in ein dicht besiedeltes Wohngebiet mündend, kann lufthygienisch und thermisch entlastend wirken und so stadtplanerisch von hohem Wert sein.
- Die Umnutzung einer Grünfläche im dichtversiegelten Stadtinnenbereich stellt einen größeren Konflikt dar als im gut durchgrüneten Stadtrandbereich.
- Die Beeinträchtigung einer Belüftungsbahn durch Baumaßnahmen kann eine Erhöhung der Immissionen auf einer dichtbefahrenen Straße, also dort, wo die Frischluft wirksam war, nach sich ziehen. Als Ausgleichsmaßnahme ist in diesem Fall eine Verkehrsreduktion erforderlich.
- Bei der Schließung von Baulücken verschlechtern sich gewöhnlich die Durchlüftungsbedingungen in den abgetrennten Bereichen. Werden die so entstandenen Höfe als Stellflächen genutzt, können die Immissionen nach der Baumaßnahme stark zunehmen. Hier ist die Umwandlung in einen begrünten Innenhof zu fordern.
- Bei der Planung von Wohngebieten ist im voraus z. B. die Anordnung von Balkonen, die Gewährleistung ausreichender Besonnung, die Anordnung von Spielplätzen, Sitzgruppen und Begrünung in Abhängigkeit von der Tages- und Jahreszeit des Aufenthalts sowie von den künftigen Nutzern zu bedenken.

Grundlage für eine Bewertung bilden in jedem Fall die bei den Untersuchungen festgestellten und in den Kapiteln 4 und 5 beschriebenen Sachverhalte. Bei einer Bewertung sind zwei verschiedene Maßstabsebenen zu unterscheiden.

Auf der Ebene des Flächennutzungsplanes sind Flächen hinsichtlich ihrer klimatologischen Empfindlichkeit auf Nutzungsänderungen, z. B. ihrer grundsätz-

lichen Bebaubarkeit, zu beurteilen. Ohne daß im Flächennutzungsplan konkrete Einzelheiten zu geplanten Umnutzungen vorliegen, sind also die klimatologischen Auswirkungen einzuschätzen, die für das unmittelbare Umfeld, benachbarte Stadtteile oder gegebenenfalls für die gesamte Stadt entstehen können, wenn z. B. Freiflächen für bauliche Vorhaben umgenutzt werden. Diese Empfindlichkeiten sind für das Stadtgebiet durch die Ausweisung von Schutz-, Übergangs- und Sanierungszonen mit entsprechenden allgemein gehaltenen Planungshinweisen in Kapitel 7.3 beschrieben und in Karte 9 dargestellt.

Sind dagegen, z. B. auf der Ebene eines Bebauungsplanes, konkrete Vorhaben beabsichtigt, müssen detaillierte Planungsempfehlungen für das Vorhaben erarbeitet werden. Dabei besteht die Schwierigkeit darin, daß für Stadtklima nicht wie für andere Umweltmedien, wie z. B. die Belastung der Luft mit Schadstoffen, Vorsorge-, Grenz- und Richtwerte für eine Bewertung zur Verfügung stehen. Lediglich für Teilbereiche existieren Bewertungsansätze:

- So kann bei Planungsvorhaben die Untersuchung von Varianten und Alternativen Grundlage für eine Bewertung sein.
- Im Bereich des thermischen Wirkungskomplexes schafft die VDI-Richtlinie 3787 Bl. 2 die Voraussetzungen für eine Bewertung durch den PMV-Wert (vgl. Kapitel 5.2).
- Zur Beurteilung der Windverhältnisse in Straßenräumen existieren Kriterien zur Bewertung der Aufenthaltsqualität.
- Grundlage zur Gewährleistung einer Mindestbesonnung in Wohnungen ist die DIN 5034 T. 1.
- Im unmittelbaren Wohnumfeld, also im Bereich des Lokalklimas, kann die von der Deutschen Meteorologischen

Gesellschaft erarbeitete Definition des „idealen Stadtklimas“, die auf den Menschen bezogen ist, Bewertungsgrundlage sein: Das „ideale Stadtklima“ ist ein räumlich und zeitlich variabler Zustand der Atmosphäre in urbanen Bereichen,

- bei dem sich möglichst keine anthropogen erzeugten Schadstoffe in der Luft befinden,
- und das den Stadtbewohnern in Gehnähe (charakteristische Länge etwa 150 m) eine möglichst große Vielfalt an Atmosphärenzuständen (Vielfalt der urbanen Mikroklimata) unter Vermeidung von Extremen bietet.

Bei allen stadtklimatischen Fragestellungen können keine „Patentrezepte“ angeboten werden. Es ist stets, besonders bei kleinräumigen Vorhaben, die klimatisch-lufthygienische Situation in Abhängigkeit von der Nutzung zu prüfen. Erst anschließend können Detaillösungen aus klimatischer Sicht erarbeitet werden.

In Bebauungsplänen, in Vorhaben- und Erschließungsplänen sowie bei Einzelbauvorhaben lassen sich diese Detaillösungen durch Festsetzungen bzw. durch Auflagen und Hinweise

- zum Bebauungs- und Versiegelungsgrad,
- zu Art und Umfang der Bepflanzung von Grundstücksfreiflächen und Grünflächen,
- zu Lage, Form und Höhenentwicklung von Baukörpern,
- zu Energieversorgung einschließlich Abwärmenerzeugung und Wärmedämmung sowie
- zu Verkehrsvermeidung, Verkehrsrückbau und Wahl der Verkehrsmittel

in Maßnahmen umsetzen.

Dabei können optimale Lösungen aus klimatologischer Sicht stets in Konkurrenz zu anderen ökologischen sowie sozio-ökonomischen Planungszielen (Urbanität, preiswerter Wohnraum, günstige Verkehrserschließung u. a.) stehen und müssen sachgerecht abgewogen werden.

■ 7.2 Entwicklung von Planungsleitlinien zum Schutz des Stadtklimas

Um Planungsempfehlungen formulieren zu können, wurden die Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich ihrer Planungsrelevanz analysiert und bewertet. Wie in Kapitel 7.1 festgestellt wurde, kann eine Bewertung nicht unabhängig von der geplanten Nutzung erfolgen. Im Rahmen des Flächennutzungsplanes, in dem lediglich die Art der Bodennutzung dargestellt ist, kann es sich also weniger um konkrete Planungshinweise handeln als vielmehr

um die Ausweisung der klimatologischen Empfindlichkeit von Flächen auf Nutzungsänderungen. Desgleichen ist auf Konflikte hinzuweisen, die bei Nutzungsänderungen hinsichtlich der Wirkung auf benachbarte Flächen und möglicherweise auf die Gesamtstadt entstehen.

Im folgenden sind planungsrelevante Ergebnisse und die daraus resultierenden stadtklimatischen Empfindlichkeiten sowie für bestimmte Nutzungen Planungshinweise zusammengestellt.

Während die **mittlere Windgeschwindigkeit** auf der Hochfläche etwa 4 m/s beträgt, sind es im Tal an offenen Standorten 3 m/s und innerhalb der Bebauung 2 m/s und weniger. Die Windgeschwindigkeit ist im Mittel nachts geringer als am Tage. Die Häufigkeit schwachwindiger Situationen (≤ 2 m/s) liegt auf der Hochfläche bei 20%, in bebauten Stadtgebieten bei 60%, nachts und im Sommer dort sogar bei 80%. Windrichtungen aus dem Westsektor (240° bis 300°) weisen die größten Häufigkeiten auf (etwa 30% bis mehr als 40% an den einzelnen Standorten). Sie haben relativ hohe Anteile an starken Winden (> 5 m/s). Auch südöstliche Windrichtungen sind häufig (etwa 22% bis 36%). Sie weisen einen hohen Anteil an Schwachwinden auf.

Schlussfolgerung: Während auf der Hochfläche die Windgeschwindigkeit meist ausreicht, eine gute horizontale Durchlüftung zu gewährleisten, die für den Abtransport von Luftverunreinigungen sorgt, ist das im Elbtal und vor allem innerhalb der Bebauung häufig nicht der Fall. Es ist deshalb erforderlich, Belüftungsbahnen zu erhalten oder anzulegen, die Frischluft so weit wie möglich in die Stadt hineinführen können. An die Belüftungsbahnen sollen sich stadteinwärts Grünzüge anschließen, die untereinander vernetzt sein sollen. Ganz besonders wichtig sind Belüftungsbahnen aus östlichen bis südlichen Richtungen auf die Stadt zu, um bei den mit diesen Windrichtungen häufig verbundenen schwachwindigen und stabilen Situationen eine gewisse Belüftung sicherzustellen. Das gilt für alle Stadtteile im Osten und Süden. Als Luftleitbahnen besonders geeignet sind Tal- und Geländeeinschnitte, aber auch wenig befahrene Straßen sowie Eisenbahntrassen. Die bestehenden Frischluftschneisen aus westlichen Richtungen (westliche Stadtteile) gewährleisten eine gute Durchlüftung der Stadt. Da westliche Windrichtungen aber relativ häufig in Verbindung mit hohen Windgeschwindigkeiten auftreten, sind örtliche Zug- und Böigkeitserscheinungen die Folge. Bei baulichen Umnutzungen innerhalb von Belüftungsbahnen ist die

Funktion der Luftleitbahn zu erhalten. Bei Sanierungen und Umnutzungen sind Barrierewirkungen durch bestehende Baustrukturen zu beseitigen.

Bei **autochthonen Wetterlagen** (schwachwindig, bewölkungsarm) sind die nächtlichen Kaltluftflüsse und Talabwinde von den noch unbebauten Hängen ins Elbtal wichtig. Sie wirken als Kaltluft abkühlend auf überwärmte städtische Gebiete und verdünnen als Frischluft städtische Luftverunreinigungen. Sie wirken sich deutlich auf die Temperaturverteilung in den Stadtrandbereichen und auf die Windverteilung im Einflußbereich der Täler aus. Die Häufigkeit der Kaltluftflüsse von den locker oder kaum bebauten Hangflächen beträgt etwa 25 bis 30%, die der Talabwinde in den Elbseitentälern etwa 20% und die des Elbtalabwindes etwa 15%.

Schlussfolgerung: Kaltluftströmungen sind im Elbtal planungsrelevant. Täler und Geländeeinschnitte, die Abflußbahnen für Kaltluft darstellen, sind durch bauliche Umnutzungen nicht zu zerstören oder einzuengen. Die Kaltluftbildungsflächen, die die Kaltluftabflußbahnen speisen, sind in ausreichender Größe zu erhalten. Die Stadtrandbebauung soll locker sein. Bei Nutzungsänderungen sind in jedem Fall Einzelbetrachtungen aus fachlicher Sicht erforderlich.

Die **langjährigen Mitteltemperaturen** sind im dichtbebauten Stadtgebiet um 0,7 K höher als am Stadtrand im Tal. Das Stadtgebiet ist gegenüber dem Stadtrand in 60% aller Stunden wärmer. Das ist im Sommer und nachts häufiger der Fall als im Winter und tagsüber. An Strahlungstagen erreichen die Unterschiede im Mittel 4 bis 5 K, in Einzelfällen 10 K. Die am stärksten überwärmten Stadtteile sind zugleich die am schlechtesten durchlüfteten: Altstadt, Neustadt, Friedrichstadt, Pieschen und Striesen. Die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung, die an das Herz-Kreislauf-System des Menschen hohe Anforderungen stellen, ist in diesen Stadtteilen um bis zu 10 Tage höher als in unbebauten Gebieten. Den Grünanlagen und Parks in der Stadt kommt unter diesen Bedingungen große Bedeutung zu. Sie mindern die Überwärmung, erhöhen die Verdunstung und stellen für die Bevölkerung bioklimatische Ausgleichsräume dar. Diese Grünanlagen sind in Sommernächten in fast 100% der Stunden kühler als die Innenstadt. (Der Große Garten ist in Strahlungsnächten im Mittel 2,4 K kühler). Allerdings ist die Wirkung einer Grünfläche in die angrenzende Bebauung nur gering. In Abhängigkeit von Größe und Aufbau der Grünfläche sowie der

Struktur der umgebenden Bebauung trägt der Einwirkungsbereich maximal 100 m.

Schlußfolgerung: Grünflächen sind ganz besonders im Innenstadtbereich in ihrer ursprünglichen Größe zu erhalten. Diese Flächen sind durch Umnutzungen, auch in Randbereichen, nicht zu verringern. Die umgebende Bebauung soll locker sein. Wo irgend möglich, sind ungenutzte Flächen sowie Höfe zu entsiegeln und anschließend zu begrünen. Dabei ist darauf zu achten, insbesondere bei der Begrünung von Straßen mit Bäumen, daß der Luftaustausch nicht eingeschränkt werden darf. Grünflächen sind untereinander und mit Grünzügen zu vernetzen.

Im **unbebauten Umland und im Elbtal** bilden sich nachts bei guten Ausstrahlungsbedingungen Bodeninversionen. Ihre Häufigkeit beträgt im Jahresmittel etwa 30% und ist im Sommer größer als im Winter. Oberhalb des bebauten und überwärmten Stadtgebietes ist die Temperaturschichtung weniger stabil, so daß in dieser städtischen Grenzschicht eine relativ gute Durchmischung der Luft und der in ihr enthaltenen Luftverunreinigungen stattfindet, ein Abtransport aber kaum möglich ist.

Schlußfolgerung: Die Errichtung stark emittierender Anlagen ist im Elbtal zu vermeiden (Industrie-, Ver- und Entsorgungsanlagen). Bestehende Anlagen sind nach dem Stand der Emissionsminderungstechnik aus- oder umzurüsten. Die Emissionen aus dem Kfz-Verkehr sind zu verringern.

Zusammenfassend läßt sich hinsichtlich der Durchlüftung in Dresden feststellen: Belüftungseinschränkend wirkt die Lage der Stadt im Elbtal verbunden mit geringerer mittlerer Windgeschwindigkeit, großer Häufigkeit von Schwachwinden und Inversionen. Belüftungsbegünstigend wirkt die Orientierung des Elbtals nahe zu den Hauptwindrichtungen sowie das Heranführen von Frischluft durch Kaltluftabflüsse und Talabwinde.

Hinsichtlich der Überwärmung ist festzustellen: Überwärmungsfördernd wirken die Lage der Stadt im Elbtal und die damit verbundene schlechtere Durchlüftung sowie Bebauung und Versiegelung. Überwärmungsmindernd wirken Kaltluftzuflüsse von den Hängen und in den Tälern sowie Grünflächen und Begrünung innerhalb der Bebauung und Entsiegelungsmaßnahmen mit anschließender Begrünung.

Aus den planungsrelevanten Ergebnissen und den daraus sich ergebenden stadtklimatischen Empfindlichkeiten des

Dresdner Raumes lassen sich vier stadtklimatische Planungsleitlinien ableiten, die negative stadtklimatische Auswirkungen der städtischen Entwicklung verhindern können.

■ Planungsleitlinie 1:

Ausgewiesene Luftleitbahnen, insbesondere solche mit hoher lufthygienischer und thermischer Entlastungswirkung, sind von Umnutzungen freizuhalten. Ganz besonders wichtig sind Luftleitbahnen aus den Richtungen Ost bis Süd. Im Anschluß an die Belüftungsbahnen sollen sich stadteinwärts Grünzüge anschließen.

■ Planungsleitlinie 2:

Kalt- und Frischluftentstehungsflächen sind als Quelle für die Speisung der Luftleitbahnen sowie des flächigen Abflusses in das Stadtgebiet zur Verbesserung der lufthygienischen und thermischen Situation zu erhalten.

■ Planungsleitlinie 3:

Eine Zunahme der sommerlichen städtischen Wärmebelastung ist zu verhindern.

■ Planungsleitlinie 4:

Die lufthygienische Situation ist zu verbessern.

■ 7.3 Planungshinweiskarte

Zur Beurteilung der klimatischen Empfindlichkeit städtischer Flächen und für Dresden klimarelevanter Flächen des Umlandes dient die Planungshinweiskarte (Karte 9). In sie sind die stadtklimatischen Planungsziele (vgl. Kapitel 7.2) und die Darstellungen der synthetischen Klimafunktionskarte (Karte 8) eingearbeitet worden.

Nach ihrer Empfindlichkeit auf Nutzungsänderungen wurden drei Schutz-zonen, in denen Umnutzungen ausgeschlossen bleiben sollten, drei Übergangszonen, in denen Umnutzungen aus stadtklimatischer Sicht möglich erscheinen, und eine Sanierungszone, in der gegensteuernde Maßnahmen ergriffen werden sollten, ausgewiesen.

Aus der stadtklimatischen Empfindlichkeit dieser Flächen ergeben sich für jede Zone orientierende Maßnahmen, die detailliert zu untersetzen sind, sobald konkrete Planungsvorhaben existieren. Diese Zonen sind in Karte 9, die im Maßstab 1:25 000 erarbeitet wurde, als umgrenzte Flächen dargestellt.

Die **Schutzzone „Luftleitbahnen“** ist von höchster Schutzwürdigkeit. Zu ihr gehören Talgründe im Außenbereich, die als Abflußbahnen für Kalt- und Frischluft dienen, sowie sich daran anschließende bebauten Bereiche, die von der Luft überströmt werden. Elbe, Elbauen und Elb-

altarme haben außer der lokalen auch eine regionale Belüpfungsfunktion. Hier können die Talabwinde vom Oberlauf des Flusses und von den Hängen des Erzgebirges kanalisiert abfließen.

Thermisch und lufthygienisch minderwertigere Luftleitbahnen, wie sie fast alle Einfallstraßen von den umgebenden Höhen ins Stadtgebiet darstellen sowie auch die in die Hauptwindrichtungen orientierten Straßen sind nicht gekennzeichnet. Eine Ausnahme bildet die stark befahrene Grundstraße, auf der der immissionsvermindernde Einfluß der seitlich einmündenden Belüftungsbahnen nachgewiesen ist.

Bei Sanierungen und Umnutzungen sollten Barrierewirkungen durch bestehende Baustrukturen beseitigt werden. An das stadtwärtige Ende der Luftleitbahn sollten sich Grünzüge und Grünverbindungen anschließen, um ein weites Eindringen der entlastenden Luft in die Stadt zu gewährleisten. Umnutzungen baulicher Art (z. B. Neubauten) sollten ausgeschlossen bleiben oder unter Berücksichtigung belüftungsstruktureller Gegebenheiten nur in Ausnahmefällen und unter strengsten Auflagen ermöglicht werden.

Die **Schutzzone „Kaltluftentstehungsgebiete“** stellt Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete mit landwirtschaftlicher Nutzung und Wald mit hohen Kaltluftproduktionsraten und intensivem stadtwärtigem Abfluß dar. Dabei wird unterschieden zwischen Flächen mit größerem Gefälle ($\geq 5^\circ$), die häufig in den Elbseitentälern auftreten, und Flächen mit geringerem Gefälle ($< 5^\circ$). Diese Flächen sind als Quellen für die Speisung der Kalt- und Frischluftbahnen und damit für die Belüftung der Stadt Dresden von größter Bedeutung.

Umnutzungen und Reduzierungen dieser Flächen sollten ausgeschlossen bleiben oder in Ausnahmefällen nicht zu einer wesentlichen Verkleinerung und Zerstückelung der Flächen führen. Die Stadtrandbebauung sollte locker sein, um eine hohe Eindringtiefe der Luft zu gewährleisten.

Flächen der **Schutzzone „innerstädtische Grünflächen“** gleichen dichter bebauten Überwärmungszonen thermisch aus und wirken für die Stadtbewohner als bioklimatische Behaglichkeits- und Entlastungsgebiete. Diese inselartigen Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete im innerstädtischen Raum (z. B. Parks, Friedhöfe, Kleingärten und Streuobstwiesen) haben insbesondere im Sommerhalbjahr eine positive, die innerstädtische Überwärmung mildernde Wirkung. Zwischen ihnen und der angrenzenden Bebauung finden kleinräumige turbulente Austauschvorgänge statt. Innerstädtische Grünflächen sollten untereinander und mit Grünzügen vernetzt

sein. Umnutzungen baulicher Art sollten ausgeschlossen bleiben.

In den Übergangszonen erscheinen Umnutzungen aus stadtklimatischer Sicht möglich, wobei jedoch stets eine Einzelfallprüfung und die Berücksichtigung der Belüftungsstruktur im Vorfeld der Planung erfolgen sollte.

Der **Übergangszone „Kaltluftentstehungsgebiete“** wurden überwiegend landwirtschaftliche Nutzflächen zugeordnet, die gegenüber der Schutzzone „Kaltluftentstehungsgebiete“ kaum einen stadtwärtigen Abfluß besitzen (fast ebenes Gelände, hügelige Landschaft im Norden der Stadt).

Teilbereiche dieser Flächen können nach Einzelfallprüfung unter Berücksichtigung der Belüftungsstruktur unter Auflagen (Gebäudeanordnung, -ausrichtung, höchstzulässige Grundflächenzahl u. a.) umgenutzt werden.

Die **Übergangszone „Grünflächen im Stadtrandbereich“** umfaßt Grünflächen, die im Stadtrandbereich thermisch ausgleichend wirken.

Teilbereiche dieser Flächen können nach Einzelfallprüfung unter Berücksichtigung der Belüftungsstruktur, der Rauigkeit, der Versiegelung unter Auflagen (Gebäudeanordnung, -ausrichtung, höchstzulässiger Grundflächenzahl u. a.) umgenutzt werden.

Die **Übergangszone „Überwärmungsbereiche unterschiedlicher Intensität“** enthält bebaute Stadträume, die durch unterschiedliche Überwärmungsintensitäten und lufthygienische Belastungen mit Primärschadstoffen geprägt sind. Dabei wird unterschieden in Gebiete geringer thermischer Überwärmung und geringer lufthygienischer Belastung (gut durchlüftete bebaute Kuppenlagen, Gebiete ohne Einfluß auf die klimatische Verschlechterung benachbarter Siedlungen) sowie in Gebiete mäßiger thermischer und/oder lufthygienischer Belastungen (Siedlungsränder, durchgrünte Siedlungen, gut durchlüftete, verdichtete Siedlungsbereiche). Infolge des hohen Verkehrsaufkommens auf der B 6 und der B 172 wurden hier auch die thermisch wenig beeinträchtigten Gebiete am Weißen Hirsch sowie in Lockwitz und Luga eingeordnet.

In Abhängigkeit von der Bebauungsdichte wirkt Durchgrünung überwärmungsmindernd und wirken Baustrukturen belüftungseinschränkend.

Umnutzungen werden unter Berücksichtigung der klimafunktionalen Belange und der lufthygienischen Situation für möglich erachtet. Die Durchströmbarkeit und die Abkühlungswirkung der Durchgrünung sollten nicht beeinträchtigt werden.

Die **Sanierungszone „Überwärmungsbereiche hoher Intensität“** stellt die intensiven innerstädtischen Wärmearchipele dar, die eine flächig ausgebildete Reduzierung der nächtlichen Abkühlung und/oder lufthygienische Belastungen aufweisen (schlecht durchlüftete, verdichtete Siedlungsbereiche wie z. B. das Altstadtzentrum, die Neustadt, Pieschen und Striesen). In diesen stark überwärmten Bereichen wohnen 27 % der Dresdner Bevölkerung.

Aus Gründen der stadtklimatischen Sanierung sollten gegensteuernde Maßnahmen erfolgen: zunächst Entsiegelung baulich nicht genutzter Flächen und anschließend intensive Begrünung bzw. Minderung der Emissionen und Verbesserung der Immissionssituation.

Bei der weiteren Verdichtung der Innenstadt soll den stadtklimatischen Aspekten eine hohe Wertigkeit im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung zukommen, um die Wohn- und Aufenthaltsqualität zu erhalten.

Aus Karte 9 sind ebensowenig wie auch aus den Karten 6 und 8 flurstücksgenaue Aussagen abzuleiten, obwohl die Abgrenzung der einzelnen Zonen, orientiert an Strukturtypen und Luftbilddaufnahmen, verhältnismäßig flächengenau vorgenommen wurde.

Nachfolgende Bilanz führt die Flächenanteile stadtklimatischer Zonen innerhalb des Stadtgebietes von Dresden auf:

Schutzzone	
„Kaltluftentstehungsgebiete“	37,5 %
Schutzzone	
„innerstädtische Grünflächen“	5,0 %
sämtliche Übergangszonen	46,5 %
Sanierungszone	
„Überwärmungsbereiche hoher Intensität“	9,1 %
übrige Flächen, z. B. Wasserflächen	1,9 %

Die wichtigste Schutzzone „Luftleitbahnen“ überlagert Teile der übrigen Zonen und weist somit Flächenanteile an allen diesen Zonen auf. Die Schutzzone „Luftleitbahnen“ ist wie auch die Schutzzone „Kaltluftentstehungsgebiete“ nicht auf das Stadtgebiet begrenzt. Durch der Lage Dresdens im Elbtal beeinflussen auch Flächen im Umland das Stadtklima von Dresden, die sich auf Hängen befinden, die sich der Stadt zuneigen.

Die Karte soll dem Planer Hinweise auf die stadtklimatische Empfindlichkeit von Flächen geben und auf mögliche Konflikte bei Nutzungsänderungen aufmerksam machen. Sie soll dazu beitragen, bei geplanten Eingriffen optimale Lösungen zu finden und Maßnahmen zur Minderung des Eingriffes vorzuschlagen.

Die Karte ist eine schematische Übersichtskarte. Für Detailplanungen, z. B. Bebauungspläne, sind standortgerechte Betrachtungen notwendig. Die Möglichkeit von Umnutzungen ist vom geplanten Vorhaben abhängig. So sollte im Einzelfall im Vorfeld der Planung eine Prüfung erfolgen, um festzustellen, ob eine Umnutzung ohne wesentliche Beeinträchtigung möglich erscheint, welche Nutzung zu empfehlen oder auszuschließen ist, welche bauliche Gestaltung das Vorhaben haben sollte.

Die Karte gibt den gegenwärtigen Zustand wieder. Mit der Errichtung neuer Siedlungen, neuer Stadtteile und einer Vielzahl einzelner Baumaßnahmen sind Umstufungen von Flächen in schlechter bewertete Zonen verbunden.

7.4 Schutzansprüche einzelner Stadtteile

Stadtteil (vgl. Kapitel 6.2)	Stadtklimatische Charakteristiken	Schutz-/Sanierungsziel	Konsequenzen für die Planung
Stadtteile am Hang und auf der Hochfläche	sehr gute Durchlüftung; Wärmebelastung: 19 bis 25 Tage	Kaltluftentstehungsflächen und Luftleitbahnen, die die Stadt entlasten können, schützen und erhalten; gute Durchgrünung erhalten	klimatologische Prüfung bei geplanter Umnutzung von Freiflächen; nur mäßige Verdichtung der Siedlungen
elbnahe Stadtteile am Stadtrand	gute bis ausreichende Durchlüftung; Wärmebelastung: 22 bis 28 Tage	Durchströmbarkeit des Elbtals erhalten; gute Durchgrünung und lockere Bebauung erhalten	keine Bebauung der Elbauen; nur mäßige Verdichtung der Siedlungen
Stadtteile im Süden	ausreichende Durchlüftung; Wärmebelastung: 22 bis 30 Tage	Durchlüftung erhalten und verbessern um Immissionsbelastung und Wärmebelastung zu mindern	keine Bebauung von Luftleitbahnen; Beseitigung baulicher Hindernisse in Belüftungsbahnen; bei baulichen Verdichtungen Belüftungsstruktur prüfen
Trachenberge, Pieschen-Nord	ausreichende Durchlüftung; Wärmebelastung: 22 bis 28 Tage	gute Durchlüftung erhalten	keine Bebauung von Belüftungsbahnen; bei baulichen Verdichtungen Belüftungsstruktur prüfen
Innenstadt	nicht ausreichende Durchlüftung; Wärmebelastung: 28 bis 31 Tage; hohe Immissionsbelastung durch Kfz-Verkehr	Verbesserung der Durchlüftung; Minderung der Wärme- und Immissionsbelastung	Minderung des Kfz-Verkehrs; Förderung des ÖPNV; Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen; bei Neuversiegelungen und Verdichtung der Bebauung Ausgleichsmaßnahmen, die in der Innenstadt wirksam werden

Tabelle 10: Stadtklimatische Charakteristiken, Schutzansprüche und Konsequenzen für die Planung für einzelne Stadtteile

8 Literaturverzeichnis

- Deutscher Wetterdienst 1995 a:
 Amtliches Gutachten zum Klima der Stadt Dresden. Teillieferung 1 (1992) bis Teillieferung 4 (1995). Unveröffentlicht
- Deutscher Wetterdienst 1995 b:
 Amtliches Gutachten zu den lokalklimatischen Auswirkungen eventueller Änderungen der Landnutzung durch Wohnbebauung im Gebiet Dresden-Bühlau, -Rochwitz, Gönsdorf und Pappritz. Unveröffentlicht
- Deutscher Wetterdienst 1995 c:
 Amtliches Gutachten zu den Kaltluftbedingungen an der Deponie Radeburger Straße. Unveröffentlicht
- Deutscher Wetterdienst 1997:
 Amtliches Gutachten über die bioklimatischen Verhältnisse von Dresden. Unveröffentlicht
- ECOPLAN Deutschland 1993:
 Gutachten über klimatologische Untersuchungen für den Raum Pesterwitz–Altfranken–Gompitz. Unveröffentlicht
- TÜV Energie und Umwelt GmbH 1994:
 Gutachten über klimatologische Untersuchungen für den Südraum Dresdens im Bereich zwischen Gittersee (W) bis Heidenau (O) sowie Leubnitz (N) bis Bärenklause-Kautzsch (S). Unveröffentlicht
- TÜV Sachsen GmbH 1993 a:
 Gutachten zu den Auswirkungen einer geplanten Bebauung in Dresden-Kemnitz auf den Kaltluftabfluß sowie Abschätzung der Autoabgas-Immissionen durch die A 4. Unveröffentlicht
- TÜV Sachsen GmbH 1993 b:
 Berechnung der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung beiderseits der Bundesautobahn A 4 im Raum Dresden-Kemnitz. Unveröffentlicht
- DIN 5034, T. 1, 1983:
 Tageslicht in Innenräumen (z. Zt. in Überarbeitung)
- INGENIEURBÜRO LOHMEYER, 1995:
 Luftbelastung an Straßen der Landeshauptstadt Dresden. Gutachten, unveröffentlicht
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 1994:
 Auswertung der Immissionsmessungen Dresden Lohrmannstraße. Unveröffentlicht
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN, DEZERNAT STADTENTWICKLUNG UND BAU, 1996:
 Flächennutzungsplan Dresden, Erläuterungsbericht, Entwurf, November 1996
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN, 1996:
 Statistische Informationen, Dresden in Zahlen 1995
- VDI-RICHTLINIE 3787 BL. 1 (E), 1994:
 Umweltmeteorologie: Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen
- VDI-RICHTLINIE 3787 Bl. 2, 1996:
 Umweltmeteorologie: Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil 1: Klima