

# Einführung

3., überarbeitete Auflage

Unter dem Begriff Stadtklima versteht man eine lokal begrenzte, anthropogen bedingte Klimamodifikation. Diese Veränderung wird durch die Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Stadt hervorgerufen, da diese mit ihren spezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften einen Störfaktor in der atmosphärischen Grenzschicht (etwa die unteren 1000 bis 2000 m der Atmosphäre) darstellt. Anthropogene Faktoren (z. B. Bebauungsstruktur, Flächenversiegelung, Emissionen verschiedenster Quellen), aber auch natürliche Gegebenheiten (geographische Lage, Relief) prägen das gegenüber dem unbauten Umland veränderte (Stadt-)Klima.

Der bei einer bestimmten Wetterlage, an einem bestimmten Ort innerhalb eines Stadtgebiets und zu einer bestimmten Zeit gemessene Wert einer meteorologischen Größe ist die Summe aus

- dem Anteil des Makroklimas (charakterisiert durch die geographische Lage - für Deutschland das Klima der Mittleren Breiten),
- dem Anteil des Mesoklimas (bestimmt durch z. B. die Lage zum Meer oder zu Gebirgszügen),
- dem Anteil des Lokalklimas (geprägt durch das Klima eines Tales oder Stadtgebietes mit der spezifischen Bodenbedeckung, Bebauung, Versiegelung, Emission von Luftbeimengungen) sowie
- dem Anteil des Mikroklimas (gegeben durch das kleinräumige Klima, das sich z. B. zwischen Gebäuden ausprägt).

So zeigt jede Stadt ähnliche klimatische Charakteristiken, die jedoch im Speziellen für den jeweiligen Standort sehr verschieden sein können.

Eine Stadt wirkt verändernd auf alle meteorologischen Parameter. Die sich daraus ergebenden (extremen) klimatischen Verhältnisse können die Lebensqualität im urbanen Ballungsraum stark mindern und die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung negativ beeinflussen. Die Belange des Stadtklimas sind deshalb ein wichtiger Teilaspekt für eine vorsorgende Stadtplanung.

Die wesentlichen Ursachen für die Klimamodifikation durch eine Stadt seien im Folgenden aufgeführt:

- Die aufgrund der unterschiedlichen Oberflächen und Luftbeimengungen veränderte Strahlungsbilanz, das hohe Wärmespeicher-vermögen der Baumassen, der reduzierte Vegetationsbestand sowie die anthropogenbedingte Wärmeproduktion führen zu einer Erhöhung der mittleren Lufttemperatur im Vergleich zum Umland (Wärmeinseleffekt), zu geringerer nächtlicher Abkühlung sowie zu hoher bioklimatischer Belastung für den Stadtbewohner an heißen Sommertagen.
- Der hohe Versiegungsgrad im städtischen Raum sowie der stark reduzierte Vegetationsbestand bedingen einen raschen Oberflächen-abfluss des Niederschlagswassers in die Kanalisation, die Vorflut oder das Grundwasser. Somit steht das Wasser nicht mehr zur Verdunstung zur Verfügung. Eine herabgesetzte Luftfeuchtigkeit im Stadtgebiet sowie das Fehlen an Verdunstungskühle sind die Folge.
- Die Baukörper der Stadt stellen ein Strömungshindernis dar und bewirken eine Erhöhung der aerodynamischen Rauigkeit und damit ein Abbremsen der mittleren Windgeschwindigkeit. Die Durchlüftung des Stadtgebiets ist z. T. erheblich behindert, insbesondere bei windschwachen Wetterlagen, wenn der Zufluss von Kalt- und Frischluft aus dem

Umland besonders wichtig ist. Andererseits bedingen Straßenschluchten durch Kanalisierung der Luftströmung Zug- und Böigkeitserscheinungen sowie Wirbelbildung an Gebäudekomplexen bei windstarken Situationen. Dies kann u. a. die Aufenthaltsqualität stark herabsetzen.

- Emissionen von Luftbeimengungen aus Verkehr, Industrie und Haushalten in Verbindung mit der verminderten Durchlüftung ergeben lufthygienische Belastungssituationen. Im Sommer besteht die Gefahr vermehrter Ozonbildung in Bodennähe.

Klimatologische Veränderungen gegenüber dem Umland werden also vorwiegend durch Änderungen im Wärme-, Strahlungs- und Wasserhaushalt sowie der Durchlüftung der Stadt bewirkt.

Die Charakteristiken des Stadtklimas lassen sich bei allen Wetterlagen und zu allen Jahreszeiten feststellen. Am deutlichsten prägen sie sich jedoch bei windschwachen und wolkenarmen Bedingungen aus. Ihre markantesten Kennzeichen sind zum einen die städtische Wärmeinsel, wobei sich die Überwärmung bebauter Gebiete weniger in einer Erhöhung der Maximaltemperatur als vielmehr in einer geringeren nächtlichen Abkühlung bemerkbar macht, und zum anderen thermisch induzierte Windsysteme, wie z. B. Kaltluftflüsse oder Mikrozirkulationen zwischen Parkanlagen und Bebauung (Parkbreeze).

## Stadtklimagerechte Planung

Stadtökologische Maßnahmen können keine grundsätzlichen Klimaänderungen bewirken, da die wesentlichen Klimagrößen und deren mittlerer Variationsbereich durch das Makro- und Mesoklima bestimmt werden. Wohl aber kann eine vorausschauende Stadtplanung negativ wirkende

Erscheinungen der Urbanisierung vermeiden bzw. mindern und in für den Menschen verträglichen Grenzen halten, Extremsituationen vermeiden und damit die Lebens- und Wohnqualität der Stadt erhalten.

Die wichtigsten Aspekte einer stadtimage-rechten Planung bestehen also darin, für eine ausreichende Frischluftzufuhr aus dem Umland zu sorgen sowie die Ausprägung von Wärmeinseln zu vermeiden. Durch die Sicherung der Kalt- und Frischluftentstehungsflächen und deren Zuflussbahnen ins Stadtgebiet sowie durch den Erhalt und die Vernetzung innerstädtischer Grünflächen kann dies gewährleistet werden.

Besonders bei windschwachen Wetterlagen sorgen sowohl der Zufluss von Kalt- und Frischluft aus dem Umland als auch thermisch induzierte Windsysteme zwischen Parkflächen und umliegender Bebauung für Luftaustausch. Dies ist für die Luftqualität einer Stadt von erheblicher Bedeutung.

Die Erhöhung des Grünanteils in Form von z. B. Dach- und Fassadenbegrünung, Straßenbegleitgrün und Begrünung von Gleisanlagen birgt ein hohes Potential zur Verbesserung des Stadtklimas. Denn Vegetation bindet Luftsabstoffe (z. B. CO<sub>2</sub>, Stäube), mildert durch Verdunstungskühle sowie Verschattung den Überwärmungseffekt, wirkt lärmreduzierend und dient zudem als Versickerungsfläche zur Pufferung von Starkniederschlägen.

Natürlich sollte aber auch ein jeder Bürger selbst etwas zu einem besseren Stadtklima beitragen. Durch z. B. den Umstieg vom privaten PKW auf öffentliche Transportmittel oder besser noch auf das Fahrrad reduziert bzw. vermeidet man Emissionen von Luftsabstoffen und Wärme. Nebenbei tut man auch noch etwas für die eigene Gesundheit.

#### Zum Klima des Dresdner Raumes

Großklimatisch ist der Dresdner Raum nach der Klimaklassifikation von Köppen /vgl. Köppen, 1936/ dem Klimatyp Cfb (warmgemäßigt Regenklima, immerfeucht, sommerwarm) zuzuordnen. Es erfolgt ein steter Wechsel von maritim und kontinental geprägten Witterungsabschnitten. Dadurch wird die für Mitteleuropa typische Vielgestaltigkeit der meteorologischen Erscheinungen hervorgerufen. Insgesamt herrscht der ozeanische Einfluss vor. Im Vergleich zu den westlichen Teilen Deutschlands ist dennoch eine stärkere Kontinentalität zu verzeichnen, erkennbar z. B. an der größeren Jahresschwankung der Lufttemperatur.

Der Einfluss der Mittelgebirge, insbesondere des Erzgebirges, auf das Klima Dresdens wird hauptsächlich durch Modifikationen der Niederschlagsmengen und Windströmungen deutlich. Die Lage der Gebirge zur Hauptwindrichtung West-Südwest bedingt Staueffekte mit verstärkter Wolken- und Niederschlagsbildung auf der Luvseite sowie Abschattungseffekte mit verstärkter Wolkenauflösung und Niederschlagsdefiziten leeseitig. Bei Süd- bis Südwest-Anströmungen des Erzgebirges können darüber hinaus föhnartige Effekte nördlich des Gebirges auftreten.

Durch den besonders im Winterhalbjahr charakteristischen Böhmischem Wind (ein kalter Fallwind aus dem Böhmischem Becken kommend) tritt im Dresdner Stadtgebiet neben den Hauptwindrichtungen Südwest und West die Richtung Südost als Nebenmaximum hervor (siehe Umweltatlas-Karte 5.1 Wind- und Durchlüftungsverhältnisse über dem Stadtgebiet).

Bestimmend für das Klima Dresdens ist die Lage im thermisch begünstigten Elbtal mit seinen bis zu 200 m hohen durch Seitentäler gegliederte nur teils bebauten Randhöhen.

Für das Stadtklima spielen der Elbtalwind sowie die Zuflüsse von Kaltluft, die auf den unbauten Hochflächen produziert wird, eine entscheidende Rolle. Über Quer- und Seitentäler gelangt diese Kaltluft ins Stadtgebiet und sorgt sowohl für eine Abmilderung des nächtlichen Überwärmungseffekts als auch für eine Verdunstung der mit Schadstoffen angereicherten Stadtluft.

Das 30jährige klimatologische Mittel (Zeitraum 1961 bis 1990) der Jahrestemperatur von Dresden betrug 8,9 °C (Referenzstation Dresden-Klotzsche). In den Jahren von 1981 bis 2010 stieg dieser Wert um 0,5 K auf 9,4 °C.

Im Stadtgebiet von Dresden wird jedoch im Mittel eine um circa 0,9 K höhere Temperatur gemessen als am Stadtrand. In der Innenstadt liegt die Jahresmitteltemperatur sogar um 1,5 K höher. Bei Strahlungswetterlagen (windschwach, wolkenarm) kann der Unterschied 4 bis 5 K, in

Einzelfällen bis 10 K betragen. Die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung liegt im Stadtgebiet entsprechend doppelt bis 3,5 mal höher als auf den Hochflächen im Stadtrandbereich.

Eine wichtige reduzierende Wirkung auf den Wärmeinseleffekt haben die bereits erwähnten Kaltluftzuflüsse aus dem Umland, aber auch städtische Parks und Grünflächen, wie z. B. der Große Garten (200 Hektar). Hier liegt die Temperatur in Strahlungsnächten im Mittel um 2 bis 3 K niedriger als in der bebauten Umgebung.

Die Windgeschwindigkeit beträgt für das Stadtgebiet im Durchschnitt 2,5 m/s. Generell ist die Stadt im Vergleich zu anderen Ballungsräumen in Beckenlage (z. B. Erfurt und Stuttgart) gut durchlüftet, weil die Talausrichtung tendenziell der großräumigen Anströmung entspricht und zu einer Kanalisierung und damit Verstärkung des Windes führt. Im Stadtgebiet aber ist die Windgeschwindigkeit durch die Bebauung stark reduziert. Es treten häufig Schwachwindsituationen (< 2 m/s) auf.

Die Jahressumme des Niederschlags nahm zwischen den Zeiträumen 1961 bis 1990 und 1981 bis 2010 geringfügig um ca. 3 % ab. Dabei nahmen die Niederschlagssummen im Winter leicht ab und die Sommerniederschläge etwas zu.

Durch die o. g. Temperaturerhöhung beginnt die Vegetationsperiode im Untersuchungsgebiet mittlerweile oft schon vor Mitte März und hat sich zum Vergleichszeitraum 1961-1990 um bis zu 2 Wochen verlängert.

Ausgewählte meteorologische Kenngrößen für die Station Dresden-Klotzsche sind in Tabelle 1 aufgeführt.

#### Dargestellte Sachverhalte

Zur Beurteilung und Bewertung der klimatologischen Sachverhalte werden im Kapitel Klima folgende Themen dargestellt:

- Karte 5.1: Wind- und Durchlüftungsverhältnisse über dem Stadtgebiet.

Die Karte liefert Informationen zur mittleren

Tabelle 1: Klimakenngroßen für Dresden-Klotzsche

Jahresmittel	1961 bis 1990	1981 bis 2010
Lufttemperatur [°C]	8,9	9,4
Niederschlagssumme [mm]	668	648
Mittlere Jahresminimumtemperatur	-15,3	-15,3
Mittlere Jahresmaximumtemperatur	32,8	33,7
Anzahl Sommertage ( $T_{Max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )	37,7	41,9
Anzahl Heiße Tage ( $T_{Max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ )	6,7	7,7
Anzahl Tropennächte ( $T_{Min} \leq 20^{\circ}\text{C}$ )	0,4	1,2
Anzahl Eistage ( $T_{Max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	27,0	24,7

Windgeschwindigkeit sowie der mittleren Windrichtungshäufigkeitsverteilung.

- Karte 5.2(a-c): Kaltluftverhältnisse in Strahlungsnächten.

Die Karten geben einen Überblick über die nächtliche Kaltluftbildung und die Kaltluftflüsse bei austauscharen Wetterlagen.

- Karte 5.3: Synthetische Klimafunktionskarte.

Die Karte bietet eine Zustandsanalyse ausgewählter planungsrelevanter Parameter zur Durchlüftung, zur lufthygienischen Belastung und zu thermischen stadtclimatischen Veränderungen.

- Karte 5.4: Planungshinweiskarte.

Auf der Karte sind Hinweise für die Bauleitplanung dargestellt in Hinblick auf stadtclimatische Funktionen und Betroffenheiten.

## Literatur

■ Köppen, W., Das geographische System der Klimate, in: W. Köppen & R. Geiger, Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C, Berlin 1936.

■ SMUL – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse, TU-Dresden und Institut für Hydrologie und Meteorologie, Professur Meteorologie, Leitung: Prof. Dr. C. Bernhofer, Dr. V. Goldberg, Dresden 2008.

■ C. Bernhofer, J. Matschulat, A. Bobeth, das Klima in der REGKLAM-Modellregion Dresden, Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REGKLAM, Berlin 2009.

Verantwortliche Bearbeiterin

Franziska Reinfried

Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt