

## Synthetische Klimafunktionskarte

### Produkt 3.1.2 f - Teil 1

Version: 1.0  
Status: Final  
Datum: 28.12.2012

#### **TP 3.1.2 – Grün- und Freiflächen, städtebauliche Strukturen, biometeorologische Effekte**

TP-Leiter: Dr. Tobias Krüger  
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)

Bearbeiter: Landeshauptstadt Dresden  
Umweltamt  
Dipl.-Met. Franziska Reinfried  
Dipl.-Hydrol. Cornelia Kurbjuhn

Kontakt: Landeshauptstadt Dresden  
Umweltamt  
Grunaer Str. 2  
01069 Dresden  
Tel.: 03514889409  
Fax: 0351488996221  
E-Mail: freinfried@dresden.de



#### **REGKLAM**

#### **Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden**

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Förderkennzeichen: 01 LR 0802

Koordination: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)  
Weberplatz 1, 01217 Dresden  
Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller

**[www.regklam.de](http://www.regklam.de)**

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Bereitstellung städtischer Umweltdaten und raumstatistischer Informationen.....	4
3. Die Synthetischen Klimafunktionskarte als wesentliches Ergebnis .....	4
3.1    METHODIK UND DATENGRUNDLAGE .....	5
3.2    ARBEITSSCHRITTE .....	7
3.2.1    Bestandsaufnahme .....	7
3.2.2    Reklassifizierung .....	8
3.2.3    Resampling .....	8
3.2.4    Summation .....	8
3.2.5    Bezeichnung und Verifikation .....	9
3.3    KARTENBESCHREIBUNG .....	9
4. Anwendung der aufgearbeiteten Daten und Informationen .....	13
5. Ausblick auf P3.1.2f - Teil 2 .....	14
6. Literatur.....	15

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:    Eingangsdaten zur Erstellung der synthetischen Klimafunktionskarte .....	7
Abbildung 2:    Beispielhafte Darstellung des Verschneidens der verschiedenen GIS-Ebenen.....	8
Abbildung 3:    Kartenausschnitt zur synthetischen Klimafunktionskarte.....	13

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:    Einwirkgrößen zur Stadtklimaanalyse .....	7
Tabelle 2:    Erläuterung der Bereiche der stadtklimatischen Eigenschaften und Veränderungen	10

## 1. Einleitung

Der Landeshauptstadt Dresden obliegt als Praxispartner des Regklam-Projektes die Aufgabe, städtische und regionale flächenbezogene Daten und raumstatistische Informationen bereitzustellen. Die Daten bilden die wesentliche Grundlage der Untersuchungen, Methodenentwicklungen und Forschungsarbeiten im Projekt. Ein umfangreicher Datentransfer fand während der gesamten Projektlaufzeit zwischen der Stadt Dresden und den beteiligten Projektpartnern statt.

Ziel des Produktes P3.1.2f ist, die innerhalb des Teilprojektes entstandenen Ergebnisse für die Arbeit in der Verwaltung nutzbar zu machen. Dafür ist eine Zusammenstellung der Resultate und eine flächenhafte Aufarbeitung der Daten notwendig, um sie in das städtische Umweltinformationssystem einzupflegen. Das städtische Umweltinformationssystem umfasst jegliche raumbezogenen Daten, die für die Analyse, Bewertung und Umsetzung der Flächennutzungs-, Landschafts- und Bauleitplanung relevant sind. Es stellt somit das tägliche Handwerkzeug der Verwaltungsarbeit, insbesondere der Bauleitplanung dar.

Das Produkt P3.1.2f ist in einen Teil 1 und Teil 2 aufgeteilt. Teil 1 umfasst hauptsächlich die Erläuterung der innerhalb des Teilprojektes erstellten Synthetischen Klimafunktionskarte. Diese basiert u.a. auf Daten, die insbesondere innerhalb des Produktes P3.1.2a und P3.1.2c erarbeitet wurden sowie auf einer Methodik, die bei der Erstellung des Produktes P3.1.2c entwickelt wurde. Die Synthetische Klimafunktionskarte beinhaltet eine gesamtstädtische Klimaanalyse und dokumentiert die relevanten klimatologischen Sachverhalte flächendeckend für das Stadtgebiet. Sie stellt eines der vollständig abgeschlossenen Hauptergebnisse des Regklam-Teilprojektes dar.

Die Landeshauptstadt Dresden hat die Synthetische Klimafunktionskarte als Umweltatlaskarte aufgenommen (Karte 5.3) und in das städtische Umweltinformationssystem eingepflegt. Sie wird in der Arbeit des Umweltamtes bereits angewendet und dient den Mitarbeitern als Arbeits- und Entscheidungsgrundlage für die städtischen Leit- und Rahmenplanungen. Die Synthetische Klimafunktionskarte ist außerdem für die externe Nutzung bereitgestellt. Sie kann vom interessierten Bürger bis hin zu Planungszwecken von Ingenieurbüros oder aber für studentische Arbeiten herangezogen werden.

Teil 2 wird eine Gesamtheit der in Teilprojekt 3.1.2 entstandenen Produkte umfassen. Die gewonnenen Informationen sollen aufgearbeitet und zusammengeführt werden und insbesondere in die Aktualisierung einer stadtklimatischen Planungshinweiskarte einfließen. Es erfolgt eine Analyse und Prüfung, in wie weit Detailuntersuchungen gesamtstädtisch übertragbar sind und in Kartenwerken in das städtische Umweltinformationssystem übernommen werden können.

Einerseits sind Produkte aus TP 3.1.2 zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht fertiggestellt, so dass sie nicht in diesen Bericht einfließen können, was die Notwendigkeit eines Teils 2 bedingt, andererseits bedürfen Resultate aus vorliegenden Produkten einer raumbezogenen Aufarbeitung, um diese übernehmen zu können und für die Verwaltungsarbeit anwendbar zu machen.

## 2. Bereitstellung städtischer Umweltdaten und raumstatistischer Informationen

Zu Beginn des Projektes kam dem Umweltamt der Stadt Dresden die wesentliche Aufgabe der Bereitstellung von Umweltdaten zu. Es galt zahlreiche Datenanfragen für die Projektpartner zu bearbeiten, die die Grundlage für die Forschungsarbeiten im Projekt bildeten. Die Verfügbarkeit der Daten musste recherchiert werden, wofür eine umfassende Kommunikation zwischen den Ämtern (Kommunale Statistikstelle, Vermessungsamt, Stadtplanungsamt, Grünflächenamt) notwendig war. Es fand ein umfangreicher Datentransfer von Informationen aus allen Umweltspektren statt. Es wurden sowohl blockbezogene Statistikdaten als auch Adressdaten zu bspw. öffentlichen Gebäuden und Einrichtungen übergeben. Desweiteren wurden ausgewählte Themen des städtischen Umweltatlases in Form von Vektordatensätzen bereitgestellt. Darüber hinaus wurden Fernerkundungsdaten, Luftbilder, das Brachflächenkataster, das Baum- und Grünflächenkataster, Daten zu Gebäudehöhen, zur Landnutzung, zum Grünvolumen und zur Bodenbedeckung sowie Klimadaten u.v.m. ausgehändigt.

Auch im Fortlauf des Projektes wurden entsprechend der thematischen Belange (Detailbetrachtungen, studentische Arbeiten) weitere Daten aufgearbeitet und ausgespielt.

Das Umweltamt betreute diverse studentische Arbeiten, die innerhalb des Teilprojektes angefertigt wurden und stand beratend zur Seite. Es fanden intensive Diskussionen im Fortschreibungsprozess des Landschaftplanes statt, um Projekterkenntnisse in die Planung mit aufzunehmen.

## 3. Die Synthetischen Klimafunktionskarte als wesentliches Ergebnis

Die Auswirkungen der städtebaulichen Struktur mit ihren Nutzungs- und Bebauungsmustern haben bekanntermaßen einen erheblichen Einfluss auf die örtlichen Klimaelemente wie Wind (reduzierte Windgeschwindigkeit, reduzierter Luftaustausch), Temperatur (Wärmespeichervermögen von versiegelten Oberflächen, Abwärme der Gebäude) und Luftfeuchtigkeit (reduziertes Verdunstungspotential durch Versiegelung) sowie auf die lufthygienischen Aspekte (Emissionen aus Industrie und Verkehr). Es ergibt sich ein deutlicher Unterschied zum Klima des unbebauten Umlandes. Dieser tritt besonders bei austauscharmen Wetterlagen mit stabiler Schichtung hervor und führt zur Ausprägung einer städtischen Wärmeinsel. Diese wird häufig durch die Topografie verstärkt. Im Sommer entsteht die größte Überwärmung in heißen Nächten in hoch versiegelten, dicht bebauten Siedlungsräumen und beeinträchtigt das Schlafklima. Das Stadtklima spielt eine wesentliche Rolle für die Gesundheit der Stadtbewohner, die Lebensqualität und die Attraktivität einer Stadt.

Städteplanerische Maßnahmen können keinen Einfluss auf das lokale Klima und die Andauer einer Hitzeperiode nehmen. Indirekt kann und soll aber durchaus zur örtlichen Verbesserungen des Klimas beigetragen werden, z. B. durch den Erhalt bzw. die Schaffung von Frischluftschneisen, Entsiegelung und Begrünung von innerstädtischen Flächen. Andererseits können Planungen ungünstige strukturelle Voraussetzungen schaffen, die den thermischen Effekt verstärken. Um stadtplanerische Eingriffe hinsichtlich des Klimaaspektes bewerten zu können, bedarf es eines übersichtlichen Kartenwerkes, das Aufschluss über vorhandene klimatische Ausgleichsräume gibt sowie stadtklimatische Problemzonen aufzeigt.

In der Zusammenarbeit und Verflechtung der Teilprojektergebnisse wurde die Synthetische Klimafunktionskarte erarbeitet. Eine kartographische Abbildung der dreidimensionalen klimatologischen Realität stellt notwendigerweise eine mehr oder minder große Vereinfachung dar. Die zeitlichen Veränderungen können selbst mittels Kartenfolgen nicht umfassend und gleichzeitig allgemeinverständlich beschrieben werden. Eine solche Karte, die mehrere nicht zwingend zeitgleich auftretende Parameter darstellt, heißt synthetische Klimafunktionskarte (VDI, 1997). Sie stellt die wesentlichen und für ein Gebiet prägenden klimatischen Verhältnisse des Ist-Zustandes dar. Die Ausweisung von Klimatopen bzw. Bereichen mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen beruht auf folgenden Unterschieden:

- thermischer Tagesgang,
- vertikale Rauigkeit (Windfeldstörung),
- topographischen Lage bzw. Exposition,
- Art der realen Flächennutzung,
- (Emissionsaufkommen).

Die mikroklimatischen Ausprägungen in den unteren Luftschichten stellen sich bei austauscharmen, autochtonen Strahlungswetterlagen ein. Die Klimafunktionskarte bezieht sich daher auf diese Bedingungen.

Das fertiggestellte Kartenwerk wurde in das städtische Umweltinformationssystem eingepflegt und erfährt Anwendung bei der Einschätzung und Bewertung stadtklimatisch relevanter Eingriffe. Denn entsprechend den Grundsätzen der Bauleitplanung ist bei der Aufstellung städtebaulicher Pläne u. a. der Schutz des Klimas (§ 1 Abs. 5 Nr. 7 Baugesetzbuch) und das Schutzgut „Mensch“ (§ 2 UVPG) zu berücksichtigen. Die Karte steht sowohl Mitarbeitern der Verwaltung als auch extern Interessierten zur Verfügung.

### 3.1 Methodik und Datengrundlage

Kaum eine Stadt verfügt über ein kontinuierlich arbeitendes, ausreichend dichtes Messnetz zur Erfassung der tatsächlichen meteorologischen Gegebenheiten vor Ort. In der Stadtplanung und den einhergehenden Umweltprüfungen bei bauleitplanerischen Eingriffen ist der Klimaaspekt jedoch zu berücksichtigen. So verfügt heute jede größere Stadt Deutschlands über eine Klimafunktionskarte, um eine Einschätzung und Bewertung klimarelevanter Eingriffe gemäß Baugesetzbuch (§ 1 Abs. 5 Nr. 7) und Umweltprüfung (§ 2 UVPG) vornehmen zu können. Während die Nomenklatur der Karten oft ähnlich ist, da diese in der VDI „Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen“ (1997) festgehalten ist, erfolgt die Erstellung einer solchen Karte auf sehr unterschiedliche Art und Weise.

Innerhalb des Produktes P3.1.2c wurden bevölkerungssensitive Siedlungsräume bei thermischen Belastungssituationen ausgewiesen als Vorranggebiete für Klimaanpassungsmaßnahmen. Dafür wurde ein Betroffenheitsindex entwickelt, der für die städtische Wohnbevölkerung nach Altersgruppen gliedert, lokalisierte Aussagen zur Sensitivität bzgl. Hitzeereignissen ermöglicht. Diese sehr spezifischen Aussagen in Abhängigkeit vorhandener Bevölkerungsdaten, bestehend aus Altersstruktur und Verortung der Daten, basieren auf soziodemographischen Daten, Stadtstrukturdaten und Thermaldaten. Der entwickelte Ansatz zur Bestimmung des Betroffenheitsindex ist unter geeignet, Aussagen zur Sensitivität bzgl. Hitzeereignissen zu treffen bezogen auf die Altersstruktur der städtischen Wohnbevölkerung.

Um für Zwecke der täglichen Bauleitplanung allgemeingültige, objektive Aussagen zur klimatischen Situation im Stadtgebiet treffen zu können, wurde in Erarbeitung des Produktes P3.1.2c die Methodik weiterentwickelt und die Datengrundlage hinsichtlich der Klimarelevanz der Einflussparameter erweitert. Ergebnis ist die Synthetische Klimafunktionskarte. Sie stellt eine gesamtstädtische Klimaanalyse dar, die in der fortlaufenden Arbeit wiederum Grundlage für Sensitivitätsstudien bildet.

Aufgrund der Komplexität des Klimas, müssen zur Durchführung einer Stadtklimaanalyse notwendigerweise Vereinfachungen getroffen werden. Um eine möglichst systematische und objektive Darstellung der klimatischen Situation wiederzugeben, wurde eine neue Methodik entwickelt. Dabei erfolgt eine Analyse flächenhaft vorhandener Daten mit Klimawirksamkeit. Datengrundlage bildeten dabei sowohl weitere Produkte des Teilprojektes, wie z.B. die Strukturtypenkartierung (P3.1.2a) sowie die innerhalb von Produkt P3.1.2a und P3.1.2c aufgearbeiteten Satellitendaten, als auch konkrete Modellberechnungen. Dazu zählen der Versiegelungsgrad, das Grünvolumen, die Geländerauigkeit, die Oberflächentemperaturen, die Windfeldsimulation und die Kaltluftschichtdicke. Diese Daten wurden aufgearbeitet, gewichtet und mit Hilfe eines GIS-basierten Prozessmodells miteinander verschnitten (siehe Kapitel 3.2). Somit bildet das Verfahren eine Gesamtheit der in einer Stadt klimarelevanten Faktoren und stellt ein komplexes Wirkungsgefüge aus Struktur-, Beziehungs- und Funktionscharakteristiken dar.

Die Genauigkeit der Klimaanalyse ist in erster Linie abhängig vom vorhandenen Datenmaterial, dessen Aktualität und Detaillierungsgrad. Zur Erstellung der vorliegenden synthetischen Klimafunktionskarte wurden folgenden Daten herangezogen (siehe Abbildung 1):

- Digitales Oberflächenmodell der Stadt Dresden (2006),
- Windfeld- und Kaltluftmodellierung erstellt durch das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co.KG Karlsruhe (Lohmeyer, 2008),
- Oberflächentemperaturen (Tag und Nacht) abgeleitet aus Thermalbildern von Satellitendaten 2006, Institut für Ökologische Raumforschung (2010), erstellt innerhalb des Produktes P3.1.2a und P3.1.2c,
- Flächendaten der Landeshauptstadt Dresden zum Versiegelungsgrad (2010), erstellt innerhalb des Produktes P3.1.2a,
- Daten zum blockbezogenen Grünvolumen abgeleitet aus Laserscandaten durch das Institut für Ökologische Raumforschung (2005),
- Messdaten aus Messfahrten in Strahlungsnächten durchgeführt im Auftrag der Landeshauptstadt Dresden (2008),
- Messdaten aus Messfahrten durchgeführt innerhalb des Produktes P3.1.2b.

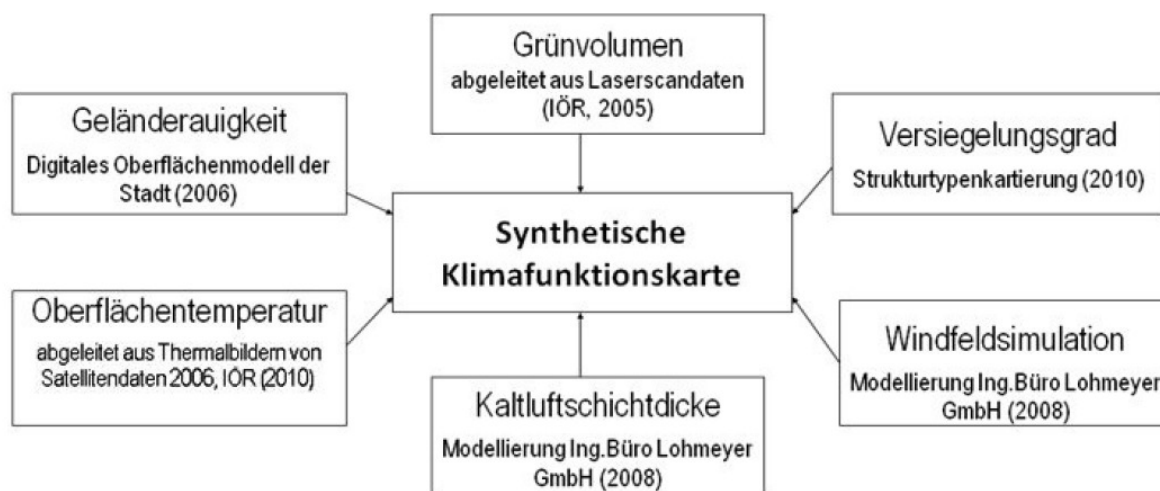


Abbildung 1: Eingangsdaten zur Erstellung der synthetischen Klimafunktionskarte

### 3.2 Arbeitsschritte

#### 3.2.1 Bestandsaufnahme

In einem ersten Arbeitsschritt wurden die für eine Stadtklimaanalyse relevanten Einwirkgrößen zusammengetragen. Die Datenverfügbarkeit und deren Aktualität wurden geprüft. Als wichtigste klimarelevante Einwirkgrößen, zu denen flächenhaft Daten über dem Dresdner Stadtgebiet vorliegen, zählen die Oberflächenbeschaffenheit, Daten zum Windfeld und zur Kaltluftentwicklung, Daten zu Oberflächentemperaturen, zum Versiegelungsgrad, und zum Grünvolumen. Die in die Betrachtung eingeflossenen sowohl dynamischen als auch thermischen Einwirkgrößen sind in Tabelle 1 dargestellt. Es wurde sowohl auf Modelldaten (Kaltluftentwicklung, Windfeld), die im Auftrag der Landeshauptstadt Dresden angefertigt wurden als auch auf Messdaten, die innerhalb des Regklam-Projektes aufgearbeitet und bereitgestellt wurden (z.B. Satellitendaten) bzw. aus daraus abgeleitete Daten zurückgegriffen.

Tabelle 1: Einwirkgrößen zur Stadtklimaanalyse

Einwirkgröße	Auswirkung auf...	Datenquelle
Geländerauigkeit	Durchlüftungsverhältnisse	Digitales Geländemodell der Landeshauptstadt Dresden
Windfeld	Durchlüftungsverhältnisse	Modellierung durch Lohmeyer GmbH
Kaltluftentwicklung	Lufttemperatur und Feuchte	Modellierung durch Lohmeyer GmbH
Oberflächentemperatur	Lufttemperatur und Feuchte	Durch das IÖR aufgearbeitete Satellitendaten innerhalb des Produktes 3.1.2c
Versiegelungsgrad	Lufttemperatur und Feuchte	Erstellt innerhalb der Stadtstrukturanalyse (Produkt 3.1.2a)
Grünvolumen	Lufttemperatur und Feuchte	Daten bereit gestellt vom Institut für ökologische Raumforschung

### 3.2.2 Reklassifizierung

Die unterschiedlichen Sachinformationen der Eingangsdaten (siehe Abbildung 1) wurden reklassifiziert, d.h. gutachterlich bewertet. Die Abstufungen wurden hinsichtlich ihres jeweiligen Einwirkens auf Veränderungen der Bedingungen einer unbebauten, natürlichen Umgebung getroffen.

Anschließend wurden die Eingangsgrößen entsprechend ihrer stadtklimatischen Relevanz gewichtet. Dabei war zu beachten, dass verschiedene Größen Einfluss auf die gleichen meteorologischen Komponenten haben. So tritt z.B. eine hohe Korrelation zwischen Oberflächentemperatur und Versiegelungsgrad auf. Hier musste auf eine mögliche Überbewertung geachtet werden. Als stadtklimatisch besonders positiv wirksam wurde die Kaltluftentwicklung erachtet und entsprechend gewichtet.

### 3.2.3 Resampling

Um eine Verschneidung der Analyseebenen vornehmen zu können, mussten diese auf ein einheitliches Raster aggregiert werden. Es wurde ein 20 m x 20 m Raster gewählt, was einem ungefähren Mittel der Auflösung aller verwendeten Daten entspricht. Mussten die Daten von einem größeren auf ein feineres Raster herunter gebrochen werden, kam das Verfahren der bilinearen Interpolation zum Einsatz, im umgekehrten Falle das Verfahren der cubic convolution.

Alle sechs Analyseebenen lagen nun in einem 20 m x 20 m Raster vor, innerhalb dem jede Zelle ihren reklassifizierten und gewichteten Wert aufweist.

### 3.2.4 Summation

Die Analyseebenen wurden übereinander gelegt und daraufhin die Zellwerte der einzelnen Ebenen aufsummiert. Abbildung 2 zeigt zur Veranschaulichung das Übereinanderlagern der GIS-Ebenen.

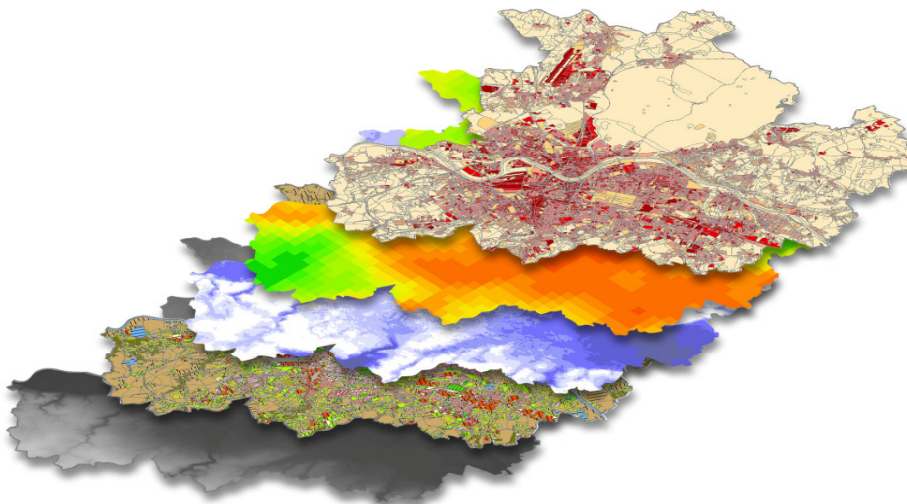


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung des Verschneidens der verschiedenen GIS-Ebenen



### 3.2.5 Bezeichnung und Verifikation

In der Klimafunktionskarte wurden schließlich Bereiche unterschiedlicher klimatischer Charakteristik klassifiziert. Die Zuordnung erfolgte entsprechend der Verschneidung der gewichteten Analyseebenen, die sich aus der Komplexität der strukturellen Beschaffenheit eines Gebietes (Versiegelungsgrad, Bebauungshöhe, Vegetationsanteil, Lage in Bezug auf die berechneten Kaltluft- und Durchlüftungsverhältnisse) und der Wirkung ihrer unmittelbaren Umgebung ergeben.

Benachbarte Bereiche unterschiedlicher klimatischer Eigenschaften stehen je nach Wetterlage und Windrichtung in Bezug zueinander und beeinflussen sich gegenseitig. Die Kenntnis dieser Eigenschaften und Wechselwirkungen, insbesondere die ausgleichsklimatischen Funktionen, ist eine wichtige Voraussetzung für Planungsempfehlungen.

Eine Verifikation der Klassifizierung und Verteilung der Bereiche unterschiedlicher klimatischer Eigenschaften erfolgt an Hand der Daten von Messfahrten. Die mobilen Messkampagne im Sommer 2009 wurden von der TU-Dresden innerhalb des Produktes P3.1.2b durchgeführt und die Messergebnisse dem Umweltamt zur Verfügung gestellt. Die Messungen spiegelten deutlich die mikroklimatische Abkühlungswirkung von Grünflächen sowie thermische Belastungsschwerpunkte im Dresdner Stadtgebiet wieder. Es wurde eine gute Übereinstimmung der räumlichen Temperaturverteilung und der klassifizierten Klimabereiche über dem Stadtgebiet erzielt.

Synthetische Klimafunktionskarten bieten im Allgemeinen sowohl Informationen zum thermischen Wirkungskomplex (Wärmeinseln, städtische Überwärmung, Wärmebelastung) als auch zum lufthygienischen Wirkungskomplex (Emissionen, Immissionen, Durchlüftung), da insbesondere deren Zusammenwirken von erheblicher Bedeutung für das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der in der Stadt lebenden und arbeitenden bzw. sich aufhaltenden Menschen ist. Das sind auch die Komplexe, die sich bei städtebaulichen Planungen am ehesten beeinflussen lassen. Für die Landeshauptstadt Dresden wurden aus Gründen einer besseren Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der thermische und lufthygienische Wirkungskomplex getrennt behandelt. Im Rahmen dieser Karte wurde nur der thermische Wirkungskomplex berücksichtigt. Die lufthygienische Situation ist in separaten Umweltatlaskarten zur Luftverschmutzung dargestellt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen sowohl von Rahmenplanungen als auch von Einzelvorhaben sind die beiden o. g. Komplexe (thermischer und lufthygienischer Wirkungskomplex) stets im Zusammenhang zu sehen und zu bewerten. Daraus können sich unter Umständen konkurrierende Gesichtspunkte ergeben, die letztlich auch unter Berücksichtigung aller weiteren planerischen Aspekte einer sachgerechten Abwägung bedürfen.

### 3.3 Kartenbeschreibung

Mit Hilfe der vorgestellten Analyseverfahren ergaben sich Areale, in denen aufgrund ihrer Lage im Stadtgefüge, ihrer Bebauungs- und Versiegelungsstruktur ähnliche klimatische Verhältnisse zu erwarten sind.

Tabelle 2 listet die einzelnen klimatischen Bereiche mit ihrer unterschiedlichen strukturellen Beschaffenheit auf und beschreibt die daraus hervorgehenden klimatischen Charakteristik sowie deren Bedeutung im Stadtgefüge.

Tabelle 2: Erläuterung der Bereiche der stadtklimatischen Eigenschaften und Veränderungen

Bezeichnung	Strukturelle Beschaffenheit	Klimatische Charakteristik	Bewertung
Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung auf Freiland und Vegetationsflächen I	unversiegelte Fläche, zum Großteil windoffen, überwiegend geringe Rauigkeit	sehr ausgeprägter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, keine Beeinflussung der Strömungsverhältnisse, sehr hohe Kalt- und Frischluftproduktion	wertvolle Kalt- und Frischluftentstehungsflächen und zugleich Regenerations- und Erholungsräume (klimatischer Ausgleichsraum)
Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung auf Freiland und Vegetationsflächen II	unversiegelte Flächen z.T. bewaldet, leicht erhöhte Rauigkeit	im Wald gedämpfter Tagesgang der meteorologischen Parameter im Vergleich zum Freiland, hohe Kalt- und Frischluftproduktion	wertvolle Kalt- und Frischluftentstehungsflächen und zugleich Regenerations- und Erholungsräume, Filterwirkung des Waldes (klimatischer Ausgleichsraum)
Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung im Elbtal und/oder in Angrenzung an Bebauung	unversiegelte Flächen z.T. bewaldet, erhöhte Rauigkeit	geringe Dämpfung des Tagesgangs der meteorologischen Parameter aufgrund der Lage im Tal und/oder in Angrenzung an Bebauung, messbare Kalt- und Frischluftproduktion	aufgrund der Lage der Vegetationsflächen in unmittelbarer Angrenzung zur Bebauung wichtige thermische Ausgleichs- und Erholungsfunktion
Übergangsbereich zwischen Kalt-/Frischluftentstehungsflächen und Bereichen stadtklimatischer Veränderung	locker bebaute Siedlungsbereiche in Angrenzung an Freiland/Vegetationsflächen, geringer Versiegelungsgrad, hoher Vegetationsanteil	geringfügige Modifikation der meteorologischen Parameter gegenüber dem Umland, gute Durchlüftungsverhältnisse, merkliche nächtliche Abkühlung	durch Angrenzung an Kalt-/Frischluftentstehungsgebiete sehr gute bioklimatische Verhältnisse, thermisch ausgleichende Wirkung für angrenzende dichter bebaute Siedlungsbereiche
Bereich geringer stadtklimatischer Veränderung	locker bis mäßig bebaute Siedlungsbereiche, gering bis mäßig hoher Versiegelungsgrad (20 bis 40 %), hoher Vegetationsanteil	Modifikation der meteorologischen Parameter gegenüber dem Umland, reduzierte Durchlüftungsverhältnisse, nächtliche Abkühlung größtenteils gegeben	gute Wohnverhältnisse, gute bioklimatische Bedingungen, in Angrenzung zu Bereichen mäßiger stadtklimatischer Veränderung Potential für Überwärmung
Bereich mäßiger stadtklimatischer Veränderung	mäßig bebaute Siedlungsbereiche, mäßig hoher Versiegelungsgrad (40 bis 60 %), mäßig hoher Vegetationsanteil	merkliche Störung der Durchlüftungsverhältnisse durch Behinderung lokaler Winde und Kaltluftströmungen, potentielle Überwärmung, eingeschränkte nächtliche Abkühlung	Potential zu Überwärmung und bioklimatischer Belastung
Bereich starker stadtklimatischer Veränderung	dicht bebaute Siedlungsbereiche, hoher Versiegelungsgrad (60 bis 80 %), geringer Vegetationsanteil	schlechter Luftaustausch, starke Modifikation aller meteorologischen Parameter, Ausprägung des Wärmeinseleffekts: Überwärmung am Tag und in der Nacht	verminderte Wohnqualität insbesondere durch nächtliche Überwärmung (klimatischer Lastraum)

Bereich sehr starker stadtklimatischer Veränderung	stark verdichtete Siedlungsbereiche mit sehr hohen Grundflächen- und Geschossflächenzahlen, sehr hoher Versiegelungsgrad (>80 %), sehr geringer Vegetationsanteil	sehr schlechter Luftaustausch, signifikante Ausprägung einer städtischen Wärmeinsel: starke Aufheizung am Tag, starke nächtliche Überwärmung, mind. doppelt so häufiges Auftreten von Sommertagen im Vergleich zum unbebauten Umland	schlechte Wohnqualität durch Wärmebelastung am Tag und in der Nacht, sehr hohes Potential für Hitzestress, Winddiskomfort auf Plätzen und in Straßenschluchten durch zunehmende Böigkeit (klimatischer Lastraum)
--	---	--	--

### Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung auf Frei- und Vegetationsflächen I

Es handelt sich hauptsächlich um die im Westen und Südwesten sowie im Osten und Nordosten gelegenen Hochflächen, auf denen die Kalt- und Frischluft gebildet wird, die für die nächtliche Abkühlung und Durchlüftung in der Stadt sorgt. Daraus resultiert die immense Bedeutung dieser Flächen im Schönfeld-Weißiger Hochland und im Westen und Südwesten der Stadt (bis weit über den Stadtrand hinaus). Auch fallen einige Talgründe in diese Kategorie, wie z.B. der Zschonergrund, das Lotzebachtal und der Tännichtgrund, da sich in diesen Bereichen während der Nachtstunden sehr hohe Kaltluftschichtdicken entwickeln.

### Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung auf Frei- und Vegetationsflächen II

Auch auf diesen Frei- und Vegetationsflächen findet eine hohe Kalt- und Frischluftproduktion statt. Die Bedeutung dieser Flächen für die Kalt- und Frischluftproduktion entspricht der vorgenannten Kategorie. Im Gegensatz zu jener Kategorie sind diese Areale durch eine etwas geringere Schichtdicke der Kaltluft und z.T. etwas höhere Oberflächenrauigkeit geprägt. Letzteres wird hauptsächlich durch Waldbestand bedingt. Daher tritt hier ein etwas gedämpfter Tages- und Jahresgang der Temperatur und Feuchte auf, da sowohl die Einstrahlung tags als auch die nächtliche Ausstrahlung durch das Kronendach gemindert werden und das Windfeld wegen der hohen Rauigkeit merklich gestört wird (im Stammraum herrscht oftmals nahezu Windstille). Durch trockene und nasse Deposition besitzt der Wald eine wichtige Filterfunktion gegenüber Luftschadstoffen.

Als typisches Beispiel ist ein Großteil dieser Kategorie im Gebiet der Dresdner Heide zu finden.

### Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung im Elbtal und/oder in Angrenzung an Bebauung und Übergangsbereich zwischen Kalt-/Frischluftentstehungsflächen und Bereichen stadtklimatischer Veränderung

Bei den Flächen dieser Kategorie handelt es sich überwiegend um Freiflächen in Angrenzung an Bebauung und innerörtliche Grünflächen (meist Rasenflächen mit Strauch- und Baumbestand), wie z.B. die Elbwiesen oder der Große Garten. Wie auf allen Frei- und Vegetationsflächen, findet auch hier Kalt- und Frischluftproduktion statt. Die Bedeutung dieser Flächen liegt in ihrer durch Verschattung und Verdunstung ausgleichenden thermischen Wirkung auf die umgebende Bebauung, die verhindert, dass sich große zusammenhängende überhitzte Areale ausbilden können.

Durch den wechselseitigen Einfluss der umgebenden Bebauung auf die Freiflächen sowie die erhöhte Oberflächenrauigkeit aufgrund der Lage im Stadtraum ist die Kaltluftproduktion bzw. die thermisch ausgleichende Fernwirkung jedoch eingeschränkt. Lokale Winde und Kaltluftströme werden im Fortlauf zunehmend durch die Bebauung behindert.

### Siedlungsbereiche: Bereiche geringer bis sehr starker stadtklimatischer Veränderung

Die urbanen Räume dieser Rubriken sind dadurch gekennzeichnet, dass in der aufgelisteten Reihenfolge

- der Versiegelungsgrad steigt,
- das Bauvolumen und die Gebäudehöhe zunehmen,
- Baulücken abnehmen,
- Grünflächen und Grünvolumen abnehmen.

Dadurch findet eine zunehmende Störung des Windfeldes statt, die thermisch ausgleichende Wirkung von Vegetationsflächen sowie das Eindringen von Frisch- und Kaltluft in den Siedlungsbereich nehmen ab, das Wärmespeichervermögen durch Baukörper nimmt zu.

Die Folgen sind

- eine schlechtere Durchlüftung, was eine höhere Schadstoffbelastung bewirkt,
- ansteigende Lufttemperaturen (im Mittel sowie Minimum- und Maximumtemperaturen) gegenüber dem Freiland mit zunehmendem Potential zur Überwärmung am Tag und Einschränkung der nächtlichen Abkühlung,
- steigende Anzahl von Sommertagen,
- abnehmende Luftfeuchte,
- abnehmende Anzahl der Heizgradtage.

Entsprechend ändern sich auch die Wohn- und Aufenthaltsbedingungen für den Stadtbewohner.

Desweiteren sind in der synthetischen Klimafunktionskarte die für das Dresdner Stadtklima wesentlichen Strömungsparameter dargestellt:

#### Kalt- und Frischluftabflussbahnen

Auf der Grundlage von Kaltluftmodellierungen durch das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH wurden die Gebiete dargestellt, in denen es zu wesentlichen Kalt- und Frischluftabflüssen kommt, einschließlich der Fließrichtung der Luft. Dabei handelt es sich um Abflussbahnen, die sich im Verlauf der Nacht entwickeln. Diese Abflussbahnen befinden sich hauptsächlich an den zum Elbtal hin gerichteten Talgründen, wie z.B. den Tälern des Lockwitzbaches, der Prießnitz, des Kaitzbaches uvm. (siehe dazu auch Umweltatlaskarte 5.2 Kaltluftabflüsse in Strahlungsnächten).

#### Luftleitbahnen

Luftleitbahnen sind Bereiche, die hinsichtlich ihrer Breite, Länge und geringen Oberflächenrauigkeit für die Durchlüftung der Stadt bedeutsam sind (Elbe, z. T. Eisenbahntrassen). Auch weitgefasste Straßenzüge mit geringem Baumbestand können als Luftleitbahn dienen. Die positive Wirkung für die Durchlüftung der Stadt ist aufgrund der dort möglicherweise vorhandenen Schadstoffbelastung jedoch nicht immer gegeben.

## Hangwinde

Hangwinde sind lokale, thermisch induzierte Windsysteme. Nach Sonnenuntergang stellt sich ein Hangabwind ein, weil auf den Frei- und Vegetationsflächen an den Elbhängen die Luft durch nächtliche Ausstrahlung stark abkühlt. Diese kühle Bodenluft fließt aufgrund ihrer größeren Dichte hangabwärts in den angrenzenden Siedlungsraum.

Die abfließende Kaltluft wird durch die Bebauung rasch gebremst, so dass die Reichweite der Hangwinde eher begrenzt ist. Für den betreffenden Siedlungsraum sind die Hangwinde jedoch von entscheidender stadtklimatischer Bedeutung. Sie sorgen dort für angenehme bioklimatische Bedingungen.

## Kartenausschnitt

Hinsichtlich der Unschärfe der einzelnen Kategorien und der Strömungsbahnen der Kalt- und Frischluft gilt, dass die eingezeichneten Flächenbereiche einen Übergangssaum (räumlich und zeitliche Schwankungen) besitzen. Flächenscharfe Aussagen sind nicht möglich. Dies ist bei der Interpretation zu beachten.

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt zur synthetischen Klimafunktionskarte.

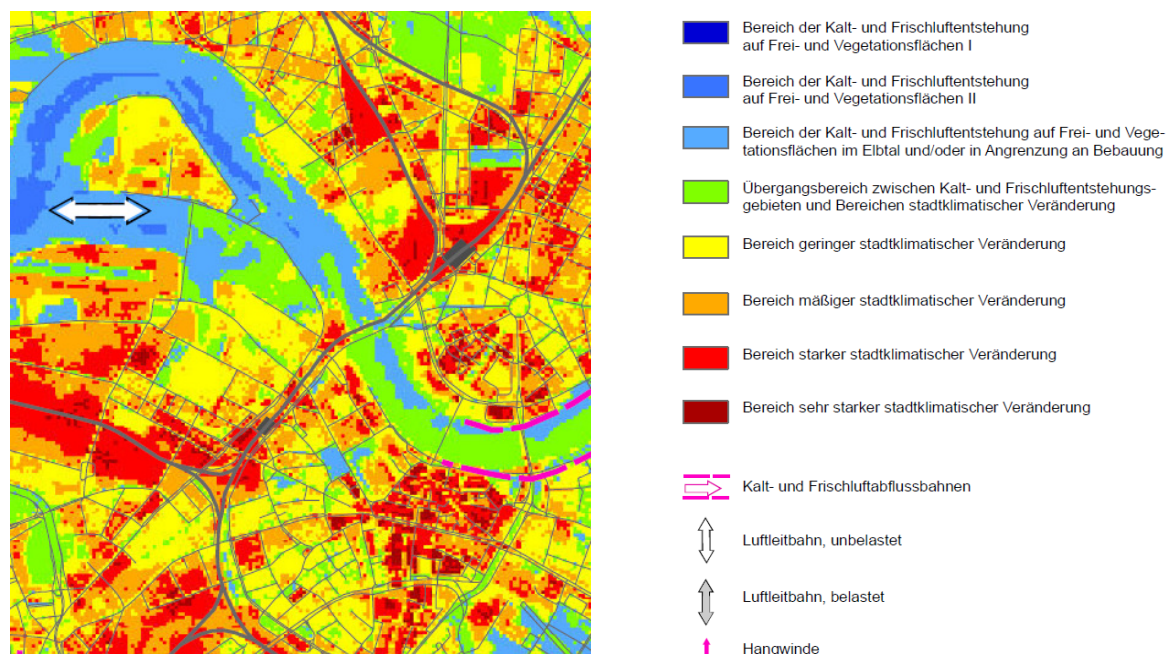


Abbildung 3: Kartenausschnitt zur synthetischen Klimafunktionskarte

## 4. Anwendung der aufgearbeiteten Daten und Informationen

Die Synthetische Klimafunktionskarte stellt einen flächenbezogenen Überblick über die klimatische Differenzierung innerhalb des Stadtgebietes dar. Aufgrund ihrer Allgemeingültigkeit ist sie vielseitig anwendbar. Sie dient nicht nur als Entscheidungshilfe in Abwägungsprozessen bei Bauleitplanverfahren, sondern ist auch Gegenstand des Landschaftsplanes. Durch die Bereitstellung im städtischen Umweltinformationssystem ist sie den Mitarbeitern der Stadt zugänglich, steht aber auch für externe Bearbeiter und Anwender zur Verfügung.

Die Klimafunktionsarte wird innerhalb des Regklam-Projektes verwendet und bildet die Basis für weitere Sensitivitätsstudien. Studentische Arbeiten, die innerhalb des Teilprojektes angefertigt wurden und werden, greifen auf die Klimakarte zu.

Die Neukartierung der Stadtstrukturtypen (P3.1.2a) trägt zu einer wesentlichen Verbesserung der kartographischen Darstellung und Arbeit im Verwaltungssystem bei. Die zahlreichen städtischen Kartenwerke basieren bisher auf sehr unterschiedlichen (Block-) Geometrien. Ziel ist es, Pläne und Karten auf eine einheitliche Grundkarte zu projizieren um Verschneidungen, Überlagerungen und Ansichten zu vereinfachen sowie statistische Auswertungen übersichtlicher zu machen. Als Grundkarte soll die durch Produkt P3.1.2a entstandene Strukturtypenkartierung dienen.

## 5. Ausblick auf P3.1.2f - Teil 2

Inhalt des Produktes P3.1.2f Teil 2 soll eine Zusammenstellung der Projektergebnisse der einzelnen Produkte sein. Ziel ist, die im Projekt gewonnenen Daten, Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen aufzubereiten und ins städtische Umweltinformationssystem zu übernehmen. Nach der Umsetzung sind die Ergebnisse den entsprechenden Anwendern zu übermitteln. Es muss geprüft werden, inwieweit eine flächenhafte Aufarbeitung der Daten sinnvoll und machbar ist und inwieweit Detailuntersuchungen gesamtstädtisch wiedergegeben werden können.

Die Ergebnisse der Produkte P3.1.2a-e sollen in die Aktualisierung der Planungshinweiskarte aufgenommen werden. Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen und Anpassungsmaßnahmen sollen in das Kartenwerk einfließen, wofür jedoch noch eine flächenhafte Aufarbeitung notwendig ist. Die in Produkt P3.1.2b modellierten Teilräume Dresdens mit den unterschiedlichen Strukturszenarien helfen, für die Lupengebiete konkrete Handlungsempfehlungen auszuweisen. Eine Gesamtstädtische Übertragung der Maßnahmen wird angestrebt. Ebenfalls sollen die in Produkt P3.1.2e ausgearbeiteten Grundlagen und Optionen für Anpassungsstrategien der Stadtentwicklung aufgenommen werden, um frühzeitig klimawirksame Aspekte bei der Stadtplanung zu berücksichtigen. Die statistisch ableitbaren Zusammenhänge zwischen struktureller Ausprägung und Überwärmungseffekten sollen in die Planungshinweiskarte einbezogen werden.

Die verschiedenen Planungsszenarien, die in Produkt P3.1.2b modelliert wurden, werden helfen, Planungshinweise für stadtklimatische Überwärmungszonen hinsichtlich Maßnahmen wie Durchgrünung, Entsiegelung, Rückbau, Nachverdichtung, Veränderungen der Grünausstattung zu konkretisieren.

Die Übernahme der in Produkt P3.2.1e neu erstellten Grünvolumenstrukturdaten sowie der Projektionen der Grünvolumenveränderungen und der damit zusammenhängenden ökologischen Flächenleistung steht noch aus, da sie aus Gründen der zeitlichen Überschneidung der Fertigstellung beider Berichte noch nicht vollzogen werden konnte. Dort muss geprüft werden, inwieweit der mittelmaßstäbliche Ansatz für städtische Detailbetrachtungen anwendbar ist.

Als besonders stadtklimatisch relevantes Strukturelement wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadtbäume untersucht (Produkt 3.1.2 d). Die Kenntnis, welche Baum- und Straucharten hinsichtlich des Klimawandels sinnvoll sind anzupflanzen, welche Standorte für welche Arten geeignet sind und inwiefern eine Veränderung der Vegetationstrukturen erfolgen muss, ist an die entsprechende Behörde, hier das Amt für Stadtgrün, weiterzugegeben.

## 6. Literatur

Lohmeyer, 2008: Gutachten zur Überarbeitung der Klimakarten der Landeshauptstadt Dresden, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co.KG.

VDI, 1997: VDI 3787 Bl.1 Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, hrsg. v. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL, Dez. 1997.