

Klimafunktionskarte Zweckverband Raum Kassel 2009 mit Zukunftsprognosen

Auftraggeber

Zweckverband Raum Kassel



Auftragnehmer

Universität Kassel

Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung

Fachgebiet Umweltmeteorologie

Prof. Dr. Lutz Katzschner

Dipl.-Ing. Sebastian Kupski

Dipl.-Ing. René Burghardt

Januar 2010

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1 Kurzzusammenfassung	1
1.2 Planungsbezogene Interpretation der Klimafunktionskarte	1
2. Erhebungsmethodik Klimauntersuchung 2009	4
2.1 Arbeitsschema	4
2.2 Unterschiede/Neuerungen der Klimauntersuchung 1999 und 2009	7
2.3 Erläuterung Klimafunktionskarte 2020	8
2.4 Erläuterung Klimafunktionskarte 2030	8
3. Untersuchungsraum Zweckverband Raum Kassel	8
3.1 Klimatische Ausgangslage	9
3.2 Einteilung in klimatische Teilbereiche	10
3.2.1 Teilbereich Nord	10
3.2.2 Teilbereich Ost	10
3.2.3 Teilbereich Süd	11
3.2.4 Teilbereich West	11
4. Funktionsanalyse	12
4.1 Dynamische Analyse	12
4.2 Thermische Analyse	13
5. Erläuterungen und Planungshinweise	14
5.1 Gesamtgebiet	15
5.2 Teilbereiche	17
5.2.1 Teilbereich Nord	17
5.2.2 Teilbereich Ost	17
5.2.3 Teilbereich Süd	18
5.2.4 Teilbereich West	18
6. Schlussbemerkung	19
6.1 Klimafunktionskarte 2009	19
6.2 Klimafunktionskarte 2020	20
6.3 Klimafunktionskarte 2030	21
7. Literaturverzeichnis	22
8. Anhang	23

1. Einleitung

Die vorgelegte Klimauntersuchung basiert auf einer ersten Erhebung aus dem Jahr 1991 mit der darauffolgenden Vertiefung von 1999. Dies ist nun die zweite Fortschreibung, die nochmals vertiefende Betrachtungen einzelner Teilbereiche ermöglicht. Des Weiteren werden Ausblicke, unter Einbeziehung zukünftiger Flächenänderung und einer darauf fußenden Betrachtung unter Berücksichtigung des globalen Klimawandels, gegeben.

1.1 Kurzzusammenfassung

Durch ein neues Bewertungsverfahren war es bei vorliegendem Gutachten möglich, die Ebene der Klimafunktionen und die Ebene der Planungshinweise in einem Planwerk zu kombinieren. Mit Hilfe unterschiedlicher Bewertungskategorien konnten somit die analysierten Mikroklimata generalisiert aufgearbeitet werden, und mit entsprechenden Planungshinweisen als Unterstützung der Bauleitplanung, versehen werden.

Aufgrund der großen Flächenausdehnung und der heterogenen klimatischen Verhältnisse im Verbandsgebiet, wurden zur besseren Lokalisierung, neben der erstellten Gesamtkarte, auch vier Teilbereiche separat beurteilt. Dies hat Vorteile bei der Problemfindung und der anschließenden Einordnung der entsprechenden Flächen. Somit können über die Gesamtkarte ein Gesamteindruck mit den übergeordneten Klimafunktionen gewonnen werden, sowie allgemeingültige Planungshinweise für die Bauleitplanung, gegeben werden. Werden in weiteren Schritten detailliertere Aussagen, gerade hinsichtlich der Planungshinweise benötigt, bieten die Teilbereichskarten die entsprechenden Informationen. Hierin werden die Hinweise für die Flächen innerhalb der jeweiligen Bereiche nochmals detaillierter ausgeführt.

Im folgenden Kapitel wird ein Leitfaden zur Interpretation und Arbeitsweise mit der Klimafunktionskarte 2009 gegeben.

1.2 Planungsbezogene Interpretation der Klimafunktionskarte

Die Klimauntersuchung des Zweckverband Raum Kassel 2009 setzt sich aus unterschiedlichen Fachplänen, dem Gesamtbericht und diesem Leitfaden zusammen. Aus Anwendersicht ist es möglicherweise ausreichend diese Kurzinformationen zu lesen. An dieser Stelle soll in aggregierter Form die Klimafunktionskarte mit ihren Kriterien, die Teilbereichskarten und die jeweiligen Legenden mit den Planungshinweisen erläutert werden.

Leitfaden „Klimafunktionskarte ZRK 2009“

Enthaltenes Kartenmaterial:

- Klimafunktionskarte 2009 (Maßstab: 1:42.000)
- 4 Teilbereichskarten (Maßstab: 1:30.000)
- Legende inkl. Planungshinweise (Gesamtkarte)
- Legende inkl. Planungshinweise (Teilbereiche)

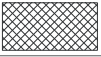
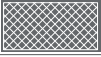
Die Klimafunktionskarte für das gesamte Gebiet des Zweckverbandes Raum Kassel beinhaltet die flächendeckend analysierten Klimate, die sich vor allem durch die verschiedenen Flächennutzungen unterscheiden. Die Datengrundlagen der Flächennutzungen sind die Realnutzungskartierung aus den Jahren 2007 bis 2009 und aktuelle Luftbilder aus dem Frühjahr 2009. Anhand dieser Daten, dem digitalen Höhenmodell, Gebäude- und weiteren Flächeninformationen, konnten unterschiedliche Kriterienebenen erstellt werden, die letzten Endes in einer dynamischen und einer thermischen Analyse endeten (siehe Kapitel 4).

Als darauf folgender Arbeitsschritt wurde eine Verschneidung mit unterschiedlicher Gewichtung der einzelnen Analyseebenen vorgenommen und mit bereits vorliegenden Informationen abgeglichen. Aus dieser komplexen Überlagerung unterschiedlichster Sachinformationen konnten die klimatischen Funktionen im Verbandsgebiet aggregiert und aufbereitet werden. Ergebnis ist die Klimafunktionskarte 2009 mit 6 unterschiedlichen Bewertungskategorien (Potential-, Misch- und Belastungsklimate). An dieser Stelle sei vermerkt, dass die Flächendarstellung beide Analyseschritte beurteilt, also sowohl die dynamische als auch die thermische Komponente berücksichtigt. Die Darstellung der Luftleitflächen im Kartenwerk selbst dient der Orientierung und der Nachvollziehbarkeit, beinhaltet aber im eigentlichen Sinne keine weitergehenden Informationen.

Aufgrund der klimatisch heterogenen Verhältnisse im relativ großen Verbandsgebiet wurde eine anwenderfreundliche Erweiterung der Klimafunktionskarte angefertigt. Um eine Fläche, nach der Einordnung im Gesamtgebiet, noch detaillierter und individueller bewerten zu können, wurde eine Aufteilung in vier Einzelbereiche vorgenommen. Diese Teilung beruht auf klimatischen und topografischen Bedingungen. Im Vergleich zur Gesamtkarte sind, abgesehen von den Richtungspfeilen der Luftströmungen, keine zusätzlichen Informationen vorhanden, es handelt sich nur um einen anwenderfreundlicheren Maßstab. Hauptgrund der Teilung ist, dass dadurch individuelle Planungshinweise für den jeweiligen Teilbereich ausgesprochen werden konnten. Im Gegensatz zur Gesamtkarte können nun einzelne Klimate und Funktionen ortsspezifisch beurteilt werden, die in der Legende gesondert behandelt werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Planungshinweise für die Bauleitplanung direkt in die Legende der Klimafunktionskarte aufgenommen. Dies soll zum einen die Arbeit erleichtern und zum anderen mögliche Fehlinterpretationen vermeiden. Somit ist zur Charakterisierung nur noch eine Legende notwendig. Erst wenn eine ortsspezifischere Einordnung benötigt wird, kann auf die Legenden der Teilbereiche zurückgegriffen werden. Da es dementsprechend für jede der erstellten Karten eine eigene Legende gibt, kann es bei den Hinweisen zu Doppelungen kommen.

In der ersten Spalte ist die jeweilige Flächenkategorie mit ihren Namen aufgeführt. Dieser Name wird im Allgemeinen zur Verständigung über die unterschiedlichen Klimate angewandt. Anhand der Farbgebung können die Flächen der Kategorie direkt zugeordnet werden. In der nächsten Spalte befindet sich eine Kurzbeschreibung, die die jeweilige Fläche charakterisiert. Anhand dieser Einordnung lässt sich die klimatologische Wertigkeit ableiten. Die dritte Spalte der Legende beinhaltet die Einstufung und die Informationen bezüglich der Bauleitplanung. Hier werden Planungsempfehlungen gegeben, die somit direkt der jeweiligen Fläche zugeordnet werden können.

Kategorie	Name	Beschreibung	Empfehlungen
1	Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet	Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauigkeit und entsprechender Hangneigung.	Bereichsabhängig
2	Frischlufitentstehungsgebiet	Flächen ohne Emissionsquellen; Hauptsächlich mit dichten Baumbestand und hoher Filterwirkung.	Bereichsabhängig
3	Misch- und Übergangsklimate	Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatopen.	Bereichsabhängig
4	Überwärmungspotential	Baulich geprägte Bereiche mit viel Vegetation in den Freiräumen.	Bereichsabhängig
5	Überwärmungsgebiet 1	Dichte Bebauung mit wenig Vegetation in den Freiräumen.	Bereichsabhängig
6	Überwärmungsgebiet 2	Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City	Bereichsabhängig
	Kaltluftabfluss und Ventilationsfläche	Nächtliche Hangwinde, Flächen mit geringer Rauigkeit als Luftleitbahnen; Belüftungs- und Zirkulationssystem.	Bereichsabhängig
	Überströmungsbereiche	Reduzierte Wirkung im bodennahen Bereich; Überströmung partieller Siedlungsbereiche in Luftleitbahnen.	Bereichsabhängig

Bei den insgesamt 5 unterschiedlichen Legenden (vier Teilbereichslegenden und eine Gesamtlegende) sind die Kategoriennamen und die Beschreibung stets die selben, nur bei den Einstufungen kommt es zu teilbereichsspezifischen Unterschieden. Somit sind z.B. in manchen Fällen die Planungshinweise für dieselbe Kategorie in den verschiedenen Teilbereichen anders, als die in der Gesamtlegende. Das wird aus folgenden Beispiel ersichtlich:

Empfehlungen für die „Frischlufitentstehungsgebiete“

Gesamtkarte: Wichtig; Flächen mit Ausgleichspotential aber ohne direkten Einfluss auf die städtischen Klimate sollten erhalten und geschützt werden; Diese Klimaoasen innerhalb von Siedlungsbereichen haben lokale Bedeutung.

Teilbereich Nord: Keine Barrierewirkung oder Emissionsquellen auf diesen Ventilationsflächen; Mögliches Entwicklungspotential befindet sich vor allem in Fulda, unter Beachtung der Hangneigung und Abflussrichtungen der Luftleitbahnen und Durchlüftungsbahnen.

Als weiteres Produkt der Klimauntersuchung 2009 sei die Kriterienebene der „Luftleitflächen“ erwähnt. Diese Ebene zeigt die Ergebnisse der dynamischen Analyse des Verbandgebiets. Diese Informationsebene kann als eigenständige Karte existieren, oder sie ist, wie in den meisten Fällen, in der Klimafunktionskarte integriert. In diesem Fall sind in der Legende zwei weitere Kategorien aufgeführt („Kaltluftabfluss und Ventilationsfläche“ sowie „Überströmungsbereich“). Diese Informationen treten in der Gesamtkarte auf, da sie das komplette Zirkulationssystem im Zweckverband Raum Kassel abbilden, sowie in den entsprechenden Ausschnitten der Teilbereichskarten. Hier werden die Abflussrichtungen und Durchströmungsrichtungen anhand von Pfeilsymbolen angedeutet.

2. Erhebungsmethodik Klimauntersuchung 2009

Die methodische Herangehensweise eines klimaökologischen Gutachtens basiert auf mehreren Ebenen. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, wobei die Komplexität und letzten Endes die Genauigkeit der Aussagen vom anfänglichen Datenmaterial abhängig ist. Je mehr Eingangsdaten in Form von detaillierter Flächennutzung, Höhenmodell und Gebäudedaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen. Eine Übersicht der durchzuführenden Schritte bietet Abbildung 1, die das angewandte Prinzip zur Erstellung einer Stadtklimakarte zeigt.

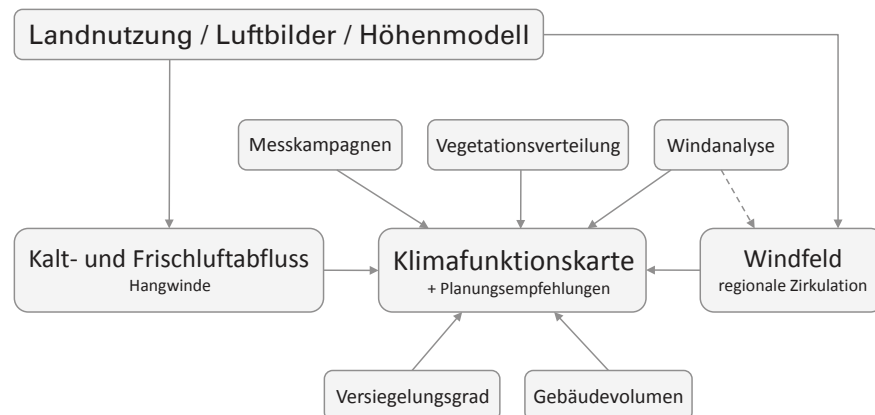


Abb. 1: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008

Trotz der umfassenden Datenlage ist es aufgrund der Komplexität und insbesondere der zeitlichen Abhängigkeit der Eingangsgrößen bisher nicht möglich, eine komplett automatische Erstellung dieser Karten durchzuführen. Wichtungsfaktoren sind eine wichtige Hilfsgröße dabei (Lohmeyer, A. 2008). Der Erfahrung und Fachkenntnis der Bearbeiter kommt deshalb eine große Bedeutung zu.

2.1 Arbeitsschema

Bestandsaufnahme

Ortsspezifisches Daten- bzw. Kartenmaterial

Topografische Karten, digitales Höhenmodell, Realnutzungskartierung aus dem Landschaftsplan 2007, Luftbilder als Ausgangsmaterial für die klimageografische Datenerhebung bzw. -bearbeitung, Gebäudekartierung.

Klimatisch-lufthygienisches Daten- bzw. Kartenmaterial

Erkenntnisse aus Hochschulzusammenhängen, (z.B. studentische lokalspezifische Arbeiten, Forschungsprojekte), diverse Fachstudien (z.B. Klimauntersuchung 1999, Klimabewertungskarte Hessen 2004, Luftreinhalteplan, Thermalbefliegung, Klimastationen) als Basis für die Entwicklung von Analysekrterien.

Klimageographische Datenerhebung und –bearbeitung

Relieftypisierung

Herausarbeitung klimatisch relevanter topografischer Faktoren (z.B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) und daraus ableitend Luftleitpotentialbestimmung auf Basis des digitalen Höhenmodells von Luftbildern und topografischen Karten als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische und dynamische Analyse.

Strukturtypisierung

Herausarbeitung der v.a. nutzungsbedingten Rauigkeiten, differenziert nach klimatischer Relevanz (z.B. potentielle Barrierewirkung bzw. Kanalisierung von Luftmassen), auf Basis der Realnutzungskartierung, topografischen Karten sowie Luftbildern als wichtiges Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

Gebäudevolumen

Herausarbeitung der gebäudeabhängigen Barrierewirkung und daraus resultierender Minderung des Belüftungspotentials, auf Basis der Gebäudefläche und –höhe. Berechnung und Generalisierung des Volumens als Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

Abflussbahnen und Abflussrichtungen

Herausarbeitung der orografisch bedingten Schneisen, die in Abhängigkeit von der Relieftypisierung, der Gebäudevolumina und der Strukturtypisierung berechnet werden konnten und als ergänzender Faktor für die dynamische Analyse eingesetzt werden.

Nutzungstypisierung

Herausarbeitung der thermischen Bedeutung unterschiedlicher Oberflächennutzungen und Zusammenfassung mikroklimatisch ähnlicher Nutzungen (z.B. potentielles Kaltluftentstehungsgebiet, potentielles Überwärmungsgebiet) auf Basis der Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der Luftbilder als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Gebäudemasse

Herausarbeitung der gebäudeabhängigen, thermischen Belastung durch die Wärmespeicherkapazität und Reflexion. Auf Grundlage der Gebäudekartierung Ableitung des physikalischen Verhaltens (sowohl gesamtstädtisch als auch mikroklimatisch) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Versiegelung der Oberflächen

Herausarbeitung der versiegelten Bereiche und Generalisierung bestimmter Gebietstypen. Zweidimensionale Betrachtung auf Grundlage der Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der ATKIS-Datensätze (Verkehrsflächen) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Meteorologische Messungen

Erhebung stadtklimatisch relevanter Klimafaktoren (Temperatur, Windstärke, -richtung, Feuchte) während verschiedener Wetterlagen in Form von mobilen Profilmessfahrten, wurden von der vorhergehenden Untersuchung verwendet. Die Daten der meteorologischen Messungen wurden von der Untersuchung aus dem Jahr 1999 übernommen und im Jahre 2009 stichprobenartig ergänzt.

Funktionsanalyse

Die Analyse erfolgt zunächst zweigleisig, unterteilt nach dynamischen und thermischen Aspekten. Anschließend wird die gegenseitige Einflussnahme i.S. einer Wirkungsanalyse untersucht und entsprechend eingearbeitet.

Dynamische Analyse

Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z.B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/Frischluftentstehungsgebieten). Verifikation durch Daten aus meteorologischen Messungen, zur Herausarbeitung der Strömungsverhältnisse.

Thermische Analyse

Verknüpfung der thermischen (und lufthygienischen) Nutzungseigenschaften untereinander sowie mit den dynamischen Einflussfaktoren des Reliefs und der Strömungsstruktur (Bestimmung z.B. des Auftretens von Kaltluftseen und des Abkühlungseinflusses auf Überwärmungsbereiche). Verifikation durch Daten aus meteorologischen Messungen, zur Herausarbeitung der thermischen Verhältnisse.

Funktionssynthese

Die Klimafunktionskarte stellt die Verknüpfung der dynamischen und thermischen Themenebenen in Bezug auf klimaökologische Potentiale, Defizite und Funktionen dar und symbolisiert damit eine idealtypische Wiedergabe der real existierenden flächenbezogenen, klimaökologischen Situation, als Ausgangsbasis für die klimaökologische Bewertung.

Bewertung von Einzelaspekten/-kriterien

Auf Basis der Funktionsanalyse bzw. der Klimafunktionskarte sowie unter der Annahme von planerischen Fragestellungen der Bauleitplanung, erfolgt eine Bewertung sowohl der klimaökologischen Potential- als auch der Defizitbereiche. Hierzu werden insgesamt sechs einzelne Bewertungskriterien herangezogen, separat betrachtet und bewertet. Dies dient als Ausgangsbasis für die zusammenfassende Gesamtbewertung.

Bewertungssynthese mit Planungshinweisen und Empfehlungen

Die einzelnen Bewertungsvorgänge in Hinblick auf Fragestellungen der Bauleitplanung wurden in die Klimafunktionskarte integriert. Eine räumlich differenzierte Hierarchie von klimaökologischen Wertigkeiten und Sensibilitäten ergibt sich aus den in der Legende befindlichen Kategorien. Gleichzeitig werden angemessene Planungshinweise und Empfehlungen entwickelt.

Räumliche Zuordnung und Genauigkeit

Die Klimafunktionskarte des ZRK 2009 beinhaltet Aussagen über die einzelnen Klimafunktionen sowie Planungshinweise und Empfehlungen für die Bauleitplanung. Diese Aussagen sind flächenspezifisch und den jeweiligen Kategorien entsprechend einzuordnen. Weiterhin gelten sie allgemeingültig für das Gesamtgebiet.

In einem weiteren Schritt wurde das Gesamtgebiet in vier klimatologisch unterschiedliche Bereiche unterteilt, so dass die Legende durch detailliertere Planungshinweise für die entsprechenden Flächen erweitert werden konnte.

2.2 Unterschiede/Neuerungen der Klimauntersuchung 1999 und 2009

An dieser Stelle sollen kurz die Unterschiede und die Analyseschritte der beiden Klimauntersuchungen aus dem Jahr 1999 und der aktuellen Untersuchung aus dem Jahr 2009 gegenübergestellt werden. Eine Übersicht bietet folgende Tabelle.

Arbeitsschritte	Klimauntersuchung ZRK 1999	Klimauntersuchung ZRK 2009
Vorhandene Daten	Topografische Karten, DGM, Realnutzungskartierung, Luftbilder, Studien	Topografische Karten, DGM, Realnutzungskartierung, Luftbilder, Studien, Klimauntersuchung ZRK 1999, Klimabewertungskarte Hessen 2004
Bestandsaufnahme	-Relieftypisierung (Dynamik + Thermik) -Strukturtypisierung (Dynamik) -Nutzungstypisierung (Thermik) -Lufthygienische Klassifikation (Dynamik + Thermik) -Meteorologische Messungen zur Verifikation	-Relieftypisierung (Dynamik + Thermik) -Gebäudevolumen (Dynamik + Thermik) -Strukturtypisierung (Dynamik) -Abflussbahnen und -richtungen (Dynamik) -Nutzungstypisierung (Thermik) -Gebäudemasse und Speicherkapazität (Thermik) -Versiegelung der Oberflächen (Thermik) -Lufthygienische Klassifikation (Dynamik + Thermik) -Meteorologische Messungen zur Verifikation
Funktionsanalyse	Dynamische und thermische Analyse	Dynamische und thermische Analyse
Funktions-synthese	Klimafunktionskarte (Darstellung von Potentialen, Defiziten und Funktionen)	Klimafunktionskarte (Darstellung von Potentialen, Defiziten und Funktionen)
Bewertung von Einzelaspekten/-kriterien	Bewertung der Potential- und Defizitbereiche	Bewertung der Potential- und Defizitbereiche
Bewertungs-synthese mit Planungshinweisen	Eigenständiges Kartenwerk: Klimabewertungskarte ZRK	Integration in die Klimafunktionskarte ZRK
Räumliche Zuordnung und Genauigkeit	Gesamtes Verbandsgebiet des ZRK	Aufteilung des ZRK in vier klimatologische Einzelbereiche mit räumlich präzisierten Planungshinweisen

Neben einer erweiterten Bestandsaufnahme und damit verbundenen zusätzlichen Analysemethoden, steht vor allem die Kombination der Klimafunktions- und der Klimabewertungskarte im Vordergrund.

Aus nutzerorientierter Sicht wurde auf ein getrenntes Kartenwerk verzichtet. Alle Informationen der ehemaligen Bewertungskarte sind nun in der Klimafunktionskarte integriert. Ermöglicht wurde dies durch ein gekoppeltes Verfahren, welches die beiden Informationsebenen der Klimafunktionskarte (Dynamik und Thermik) kombiniert und in Kategorien unterteilt, die ihrerseits mit Bewertungen und Empfehlungen versehen sind.

Eine weitere Neuheit ist die anschließende Unterteilung in Einzelbereiche, für welche präzisierte und teilbereichsspezifische Planungshinweise ausgesprochen werden können.

2.3 Erläuterung Klimafunktionskarte 2020

Im Rahmen des Auftrags sollte die gleiche Analyse für die Zukunftssituation im Jahr 2020 erstellt werden. Das bedeutet, dass als Grundlage für diese Berechnung nicht aktuelle Realnutzungsdaten verwendet werden sollten, sondern die Daten des Flächennutzungsplans 2007 des ZRK. Es handelt sich somit um ein zukunftsgerichtetes Szenario, in welchem die Auswirkungen des aktuellen FNP in seiner derzeitigen Form abgebildet werden.

Der restliche Aufbau dieser Klimafunktionskarte ist identisch mit den Analyseschritten aus Kapitel 2.1, es werden jedoch keine Planungsempfehlungen ausgesprochen. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsdaten wird kein Plan im gleichen Maßstab wie das Planwerk der Klimafunktionskarte 2009 erstellt, sondern lediglich ein kleinerer Übersichtsplan (siehe Anhang).

2.4 Erläuterung Klimafunktionskarte 2030

Zusätzlich sollte im Rahmen des Gutachtens eine Klimafunktionskarte 2030 erstellt werden. Diese beinhaltet die Flächennutzungen des Flächennutzungsplans 2007 (siehe Kapitel 2.3) und die aktuellen Klimaprojektionen, welche im Rahmen des interdisziplinären Verbundprojekts „KLIMZUG Nordhessen“ erarbeitet werden. Analog zur Klimafunktionskarte 2020 wird die Klimafunktionskarte 2030 ebenfalls nur als Übersichtskarte erstellt.

3. Untersuchungsraum Zweckverband Raum Kassel

Die vorliegende Untersuchung behandelt das Verbandsgebiet des ZRK mit den Städten Kassel, Baunatal und Vellmar, sowie den Gemeinden Ahnatal, Fulda-brück, Fuldata, Kaufungen, Lohfelden, Niestetal und Schauenburg. Die gesamte Fläche hat eine Ausdehnung von ca. 32.427 ha (ZRK 2007).

Die regional klimatische Einordnung ist das „Nordhessische Bergland“, welches dem „westlichen Deutschland“ zugeordnet ist. Hauptsächlich vorherrschende Winde kommen aus Westen, die durch die Topografie umgelenkt werden. Teil-

weise kommt es in Abhängigkeit der Jahreszeiten zu südlichen Komponenten, vor allem im Sommer, und nördlichen Komponenten im Winter (HMLULF 1984).

3.1 Klimatische Ausgangslage

Klimatisch besonders bedeutend ist das ausgeprägte Kasseler Becken mit den umgebenden Randhöhen und dem daraus resultierenden problematischen Luftaustausch, sowie der potentiellen Überwärmungsgefährdung. Gleichzeitig nimmt dieser Bereich den Großteil der ZRK Fläche ein. Die weiteren Flächen des ZRK Verbandsgebietes in südwestlicher Richtung (Elgershausen, Schauenburg, Breitenbach und Martinhagen) spielen bei den gefährdeten Bereichen eine untergeordnete Rolle. Hauptsächlich betroffen ist die Kasseler Innenstadt.

Doch auch im südwestlichen Bereich gibt es Auswirkungen in Bezug auf den Luftaustausch der größeren Siedlungen entlang des Bachlaufs der Bauna bis zur anschließenden Innenstadt von Baunatal.

Die restliche Ausdehnung des Verbandsgebietes beschränkt sich zum größten Teil auf die naturräumliche Gliederung, die orografischen Gegebenheiten und die Hauptgefährdungsgebiete der stark verdichteten Flächen. Die Außenbereiche, auch wenn sie in teils großer Entfernung liegen, haben direkten Einfluss auf die klimatischen Bedingungen der Kernstadt.

Das Kasseler Becken ist ein weites, im Inneren hügelig zerschnittenes Becken in 140-300 Meter über NN. Es wird charakterisiert von den umgebenden Randhöhen, vor allem durch den Steilabfall des Habichtswaldes im Westen und der sanfteren Abdachung vom Kaufunger Wald und der Söhre im Osten. Die Fulda durchfließt das Becken von Süden nach Norden, wobei die Fuldaaue mit einer Höhe von 135-140 Meter über N.N. den Grund des Beckens bildet (HMULV 2006).

Allgemein ist für das Kasseler Becken eine Aussage bezüglich der klimatologischen Bedingungen bei austauscharmen Wetterlagen von maßgeblicher Bedeutung. Gerade bei einem solchen atmosphärischen Zustand sind die Gefährdungen, sowohl durch die Hitzebelastung im Sommer als auch durch die Schadstoffbelastung im Winter, am größten. Während dieser Wetterlagen ist ein funktionierendes lokales Windsystem mit ausgeprägten Flurwinden, sowie einer funktionierenden Berg-Tal Belüftung enorm wichtig. Daraus ergibt sich die Situation, dass Luftströmungen im Kasseler Becken konvergieren. Das bedeutet, dass Luft aus allen Richtungen gleichzeitig einströmt (besonders deutlich ist dies nachts). Daraus ergibt sich die Bedeutung der Außenbereiche.

Durch die heterogene klimatische Situation im ZRK, wurde in der Klimauntersuchung 2009 eine Aufteilung in 4 Teilbereiche vorgenommen. Dies ist notwendig, um eine bessere Verortung zu ermöglichen und somit genauere Empfehlungen für die Planung geben zu können. Ziel ist es, durch die Gesamtkarte einen Überblick zu bekommen und anschließend eine individuelle Empfehlung für die unterschiedlichen Klimaklassen in den Teilbereichen zu erhalten.

Die Unterteilung wurde aufgrund der klimatischen Verhältnisse, der Belüftungsflächen und der Orografie vorgenommen. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Unterteilung, wobei der entsprechende Maßstab berücksichtigt werden muss,

so dass diese Grenze keine flächenscharfe Genauigkeit hat. Diese Unterteilung spiegelt die, durch eine meteorologische Messkampagne (HMLULF 1986) ermittelten, unterschiedlichen Bedingungen sehr genau wider.

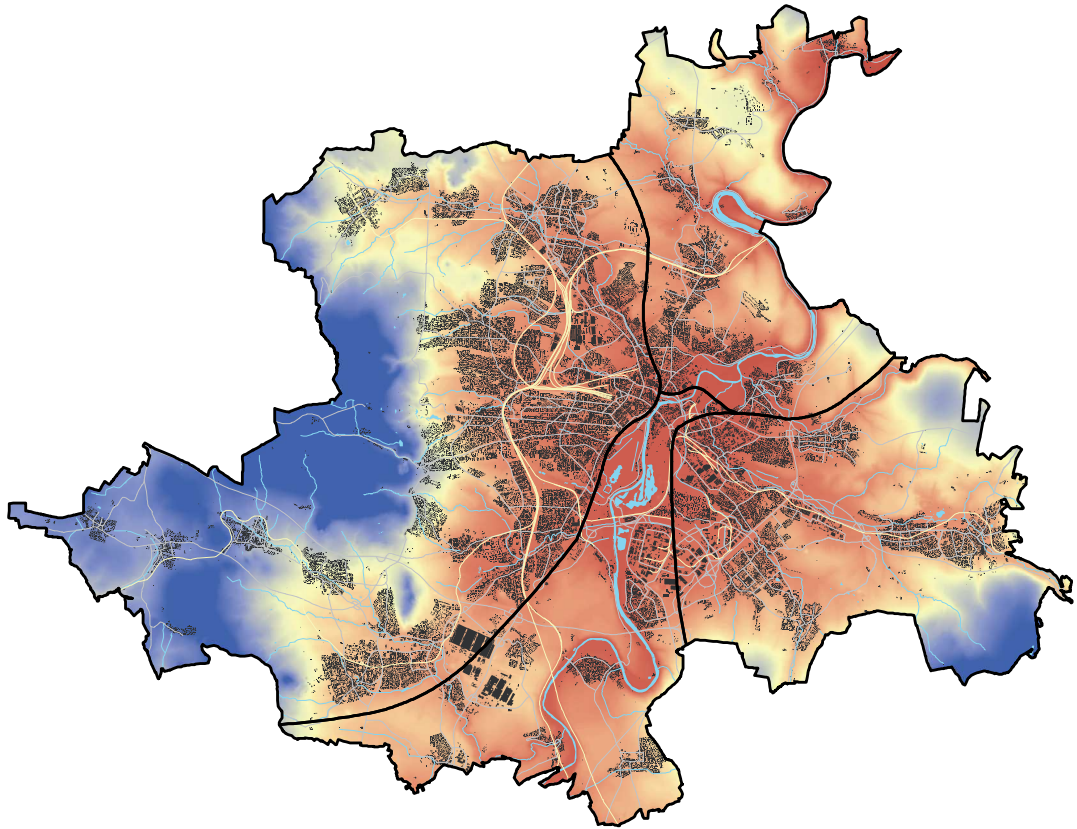


Abb. 2: Übersichtskarte mit den Teilbereichen innerhalb des ZRK Gebiets

3.2 Einteilung in klimatische Teilbereiche

3.2.1 Teilbereich Nord

Der verhältnismäßig kleine Abschnitt, der vor allem durch das weiterführende, enge Fuldataal geprägt ist, hat aus klimatischer Sicht keine sonderliche Bedeutung. Aufgrund der orografischen Gliederung des Teilgebiets, und der Lage hinsichtlich der dominierenden Wetterlagen, ist nur von einer geringfügigen klimatischen Bedeutung für das Gesamtgebiet auszugehen.

Den Großteil nimmt das Hochplateau Richtung Fritz-Erler-Kaserne ein, was durch die geringe Bodenrauhigkeit und Exponiertheit als klimatisch unbedenklich einzustufen ist.

Allerdings ist in manchen Situationen auf mikroklimatische Vorgänge zu achten. Gerade im Hangbereich des Stadtteils Wolfsanger befinden sich sensible Flächen, die eine Abkühlung der weiter unten befindlichen städtebaulichen Verdichtung ermöglichen.

3.2.2 Teilbereich Ost

Neben dem Teilbereich West hat der östliche Bereich die größten Einwirkungen und auch das höchste Minderungspotential bezüglich Hitzestress und Schadstoffbelastungen für Kassel.

Sehr bedeutend sind die Bachläufe und die damit verbundenen Luftleitbahnen. Vor allem das große Lossetal hat einen starken Einfluss auf die Stadt Kassel. Die Wertigkeit wird durch Studien belegt. Auch wenn durch die Autobahnbrücke der BAB 7 eine beachtliche Barriere besteht, sind Luftströmungen weiterhin nachweisbar. Ebenso verhält es sich mit den beiden östlichen Bachtälern (Nieste und Wahlebach), deren Fließrichtung ebenfalls ins Kasseler Becken führen. Wie im Westteil sind auch hier nächtliche Kaltluftabflüsse bedeutsam, welche hauptsächlich über die Täler abgeführt werden.

3.2.3 Teilbereich Süd

Der südliche Bereich ist zum einen durch das Fuldataal, welches vom Süden her in das Kasseler Becken mündet, zum anderen von der Freifläche auf der Kuppe „Langes Feld“ geprägt. Da die Hauptwindrichtung im ZRK-Gebiet eine südliche Komponente hat, ist dieser Bereich darüber mit ausreichender Belüftung versorgt. Im weiteren Verlauf gelangen die Luftmassen in die Fuldaauen, wo sie sich teilweise sammeln und die direkte Nachbarschaft versorgen.

Wichtig ist dieser Bereich bei austauscharmen Wetterlagen, da auch Schwachwinde über das Gebiet verlaufen und sich positiv auf die Stadt Kassel auswirken können. So ist die Ventilationsfläche in unmittelbarer Flussnähe aufzuführen, hier vor allem die Eigenschaften der landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Kuppenlage. Durch die Orografie können die auf der großen Fläche entstandenen Frisch- und Kaltluftmassen sehr gut in das Becken abfließen und die angrenzenden Stadtteile positiv beeinflussen.

3.2.4 Teilbereich West

Die klimatischen Bedingungen des westlichen Abschnitts des ZRK werden vom Höhenzug des Habichtswaldes dominiert. Diese Erhöhung schirmt direkte Westwinde bei entsprechenden Wetterlagen ab. Die Folge ist eine Veränderung der Strömungsverhältnisse in der unteren Atmosphärenschicht, so dass eine Umströmung des Habichtswaldes stattfindet und die Winde überwiegend von Südwest, teils aber auch von Nordwest in das Kasseler Becken einströmen (HMLULF 1984).

Diese Situation tritt bei Westwindwetterlagen ein, was bedeutet, dass von einer ausreichenden Belüftung ausgegangen werden kann. Anders verhält es sich bei austauscharmen Wetterlagen, also einer starken Reduzierung der mittleren Windbewegungen. Dies verursacht, dass gerade im Lee (der Wind abgewandten Seite) des Habichtswaldes die lokalen Windsysteme funktionieren müssen, um ein Minimum an Belüftung aufrecht zu erhalten.

Nun wird die Bedeutung der Flur- bzw. Hangwinde klar, die durch unterschiedliche physikalische Effekte zu einer Belüftung führen. Allerdings nur, wenn die Ausgangsbedingungen dies grundsätzlich erlauben. In diesem Teilgebiet wirken besonders die nächtlichen Talabwinde entlang der vernetzten Grünflächen und Bachläufe.

4. Funktionsanalyse

Ziel der Funktionsanalyse ist die Herausarbeitung klimafunktionaler Eigenschaften bzw. Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet. Hierzu wird zum einen eine Charakterisierung bzw. Beschreibung von Bereichen vorgenommen, die ein ähnliches Mikroklima aufweisen. Zum anderen werden die dynamischen Charakteristika, d.h. die Strömungsstrukturen des Untersuchungsraumes, herausgearbeitet. Der Zusammenführung dieser beiden Aspekte lassen sich dann klimaökologische Potentiale, Defizite und Funktionen entnehmen.

Im Rahmen dieser analytischen Betrachtung werden im Wesentlichen die beiden Hauptkriterien (Dynamik und Thermik) miteinander verknüpft. Das bedeutet, es müssen Kriterien festgelegt und Gewichtungen gefunden werden, welche die jeweiligen Einzelebenen so realitätsnah wie möglich abbilden. Die daraus resultierenden Informationen werden in der Klimafunktionskarte aufbereitet.

4.1 Dynamische Analyse

Im Rahmen der dynamischen Analyse werden für das Gebiet des Zweckverbandes Raum Kassel die vorherrschenden dynamischen Charakteristika bzw. Grundmuster differenziert herausgearbeitet. Hierunter sind im Wesentlichen die Funktionen des Lufttransportes bzw. -austausches zu verstehen und alle in diesem Zusammenhang relevanten Phänomene, wie z.B. Luftleitbahnen unterschiedlicher Art, Strömungsbarrieren, Kaltluftabfluss bzw. -stau etc.

Schwerpunktmäßig wird sich im Rahmen der dynamischen Analyse auf die während autochthoner Wetterlagen auftretenden Prozesse bezogen, da diese die klimatischen Problemwetterlagen darstellen. Ergänzend werden die bei Windwetterlagen relevanten (inner-)städtischen Durchlüftungs- und Ventilationsbahnen in die Betrachtung integriert.

Einzelkriterien:

- Relieftypisierung
- Strukturtypisierung
- Offenheit der Bebauungsdichte
- Abflussbahnen und -richtungen
- Lufthygienische Klassifikation (Dynamik + Thermik)

Die inhaltliche Grundlage für die Analyse dynamischer Aspekte bildet vor allem die Relieftypisierung mit ihren unterschiedlichen Facetten (Hangneigungsklassifizierung, Luftleitpotentialbestimmung etc.) sowie die im Rahmen der Strukturtypisierung vorgenommene strukturelle Charakterisierung der Oberflächen.

Durch die erweiterte Datengrundlage konnten gebäudespezifische Barrieren genauer analysiert werden und in die Betrachtung der Luftleitbahnen integriert werden. Hierzu wurde der Kriterienkatalog um das Kriterium des Gebäudevolumens erweitert. Diese vertikale Ausdehnung ermöglicht, in Kombination mit dem digitalen Höhenmodell, eine realistische Betrachtungsweise.

Um eine ebenso realitätsnahe Analyse der potentiellen Richtungen der Luftabflüsse zu erreichen, wurde eine Erweiterung der computergestützten Rechengänge erstmals integriert.

Diverse andere Klimainformationen (wie z.B. vorliegende klimatologische Messergebnisse oder die lufthygienische Klassifizierung) liefern ergänzende Detailaspekte bzw. werden zur Kriterienfindung herangezogen.

Die Analyse der Relief- und der Strukturtypisierung, des Gebäudevolumens und der Berechnung der Abflussbahnen und -richtungen haben die Kriterienebene „Luftleitpotentiale“ im ZRK Gebiet ergeben. Diese Informationen der Ebene sind zur besseren räumlichen Verortung als Zusatz in der Klimafunktionskarte integriert, können aber auch alleinstehend betrachtet werden.

4.2 Thermische Analyse

Im Rahmen der thermischen Analyse werden für das Gebiet des ZRK die vorherrschenden thermischen Charakteristika bzw. Grundmuster differenziert herausgearbeitet, die sich während autochthoner Wetterlagen einstellen. D.h. es erfolgt eine Abgrenzung von Klimaräumen mit jeweils ähnlichen mikroklimatischen Eigenschaften bzw. einem spezifischen thermischen Tagesgang. Die nutzungsbedingte Flächenausstattung sowie deren topografische Lage im Raum stellen diesbezüglich wichtige Kriterien dar, ebenso die Wechselwirkungen mit dynamischen Prozessen.

Die Analyse bezieht die jeweiligen Aspekte schrittweise ein, so dass sich stufenweise die thermischen Charakteristika des Gesamttraumes ergeben. Im Folgenden werden die Analyseschritte überblickartig vorgestellt. Da im Rahmen der thermischen Analyse Wechselwirkungsprozessen mit dynamischen Funktionen eine hohe Bedeutung zukommt, sind gewisse inhaltliche Überschneidungen zur dynamischen Analyse nur schwer vermeidbar und als inhaltlich stringent anzusehen.

Einzelkriterien:

- Nutzungstypisierung
- Versiegelung der Oberflächen
- Gebäudemasse und Speicherkapazität/Gebäudevolumen
- Relieftypisierung
- Lufthygienische Klassifikation

Basis der thermischen Analyse ist die thermische Nutzungstypisierung. Diese beschreibt, ausgehend von der Realnutzung (und damit auch in Kombination mit der lufthygienischen Klassifizierung), die thermische Grundbedeutung, d.h. es ergibt sich eine flächenbezogene Differenzierung in die potentiellen Klimatope Kalt-/Frischluftentstehungsgebiete, Misch-/ Übergangsklimate, Überwärmungsgebiete unterschiedlicher Ausprägung etc.

Darauf aufbauend konnten aufgrund der erweiterten Datengrundlage neue Einzelkriterien erstellt werden, die deutliche Auswirkungen auf der thermischen Betrachtungsebene verursachen.

Ein zusätzlicher flächenbezogener Faktor ist der potentielle Versiegelungsgrad. Da die versiegelte Oberfläche großen Einfluss auf die thermische Situation hat, ist durch die erhöhte Wärmespeicherkapazität und der schnelleren Abfuhr von potentieller Wasserkühlung aus Niederschlägen, das Kriterium der versiegelten Oberflächen unbedingt anzuwenden. Diese setzen sich neben den Gebäudeflächen und Straßenräumen auch aus einer durchschnittlichen Erweiterung um die Gebäudegrundrisse zusammen.

Neben der zweidimensionalen Betrachtung ist die vertikale Ausrichtung thermisch relevanter Flächen, gerade im verdichteten Raum, enorm wichtig. Diese Beeinflussung konnte durch die Gebäudemasse/ Speicherkapazität herausgearbeitet werden. Durch diese feingliedrige Informationsebene konnten räumlich sehr genaue zusätzliche Überwärmungsfaktoren herausgestellt werden.

Eine Zusammenführung dieser Ergebnisse mit geländestrukturellen Charakteristika und damit verbundenem dynamischen Einflusspotential ist insbesondere für die Ermittlung des tatsächlichen Überwärmungsgrades, wie auch von ausgeprägten Kaltluftansammlungen, notwendig. Diesbezüglich werden folgende Analyseschritte unternommen: Relieftypisierung und lufthygienische Klassifikation.

5. Erläuterungen und Planungshinweise

Im Folgenden wird die Klimafunktionskarte in ihren inhaltlichen Details vorgestellt. Hierunter sind im Einzelnen Ausführungen zu den meteorologischen wie auch methodisch-konzeptionellen Rahmenbedingungen zu verstehen, sowie detaillierte Erläuterungen der dargestellten klimafunktionalen Aspekte.

Aufgrund der Kombination der Klimafunktionen und der Planungshinweise in einem Kartenwerk, werden für die entsprechenden Flächen die jeweiligen Hinweise gegeben. Dies ermöglicht eine verständlichere Darstellung der klimatischen Hintergründe und der planerischen Verknüpfungen. Die Klimafunktionskarte stellt eine analytische Datengrundlage bzw. Basisinformation dar, anhand derer sich - idealtypisch dargestellt - klimaökologische Funktionen, Austausch- und Wechselwirkungsprozesse ablesen lassen.

Aus klimatischer Sicht haben sich in den vergangenen 10 Jahren, seit der ersten Fortschreibung der Klimauntersuchung des ZRK, keine meteorologischen Randbedingungen verändert, so dass die gleichen Ausgangsverhältnisse angenommen werden. An dieser Stelle sei auf den Bericht der Untersuchung aus dem Jahr 1999 verwiesen. Zu erwähnen ist außerdem, dass sich dementsprechend die Betrachtungsweise der Problemwetterlagen nicht geändert hat. So bezieht sich die Aussagekraft in erster Linie auf austauscharme Wetterlagen. Denn gerade diese ungünstigen Verhältnisse führen zu bioklimatischen Belastungssituationen (thermischer Art im Sommer und lufthygienischer Art vornehmlich im Winter) in erhöhtem Umfang.

Die Bewertung und die damit verbundenen Planungshinweise beziehen die klimaökologischen Funktionen, ihre Wertigkeit und die Wechselwirkungen zwi-

schen klimatischen Gunst- und Belastungsräumen mit ein. Die Freilandbereiche sind auf ihre Ausgleichspotentiale (Luftmassentransport/ -austausch, Kalt-/ Frischluftentstehung etc.) untersucht worden und, unter Einbeziehung ihrer Wirkungszusammenhänge, in klimatische Konfliktbereiche eingeteilt und bewertet worden. Im bebauten Bereich sind die unterschiedlich stark ausgeprägten Überwärmungen und die Aspekte der Lufthygiene sowie der Belüftung die bedeutenden Bewertungskriterien. Diese werden hinzugezogen, um die Vorbelastungen für den klimatischen Wirkungsausgleich zu beschreiben. Die im Wesentlichen angewendeten Potential- und Defizitkriterien sind:

Klimaökologische Ausgleichspotentiale

- Kriterium I Luftleitbahnsystem
- Kriterium II Kalt- bzw. Frischluftaktivität
- Kriterium III Luftaustausch
- Kriterium IV Bioklimatischer Oaseneffekt
- Kriterium V Ausgleichswirkungen von Potentialbereichen aus I bis III

Klimaökologische Defizite

- Kriterium I Überwärmung
- Kriterium II reduzierter Luftaustausch

Die Aufgabe einer planungsbezogenen Stadtklimatologie (VDI 2008) ist die Verbesserung der lufthygienischen und thermischen Bedingungen:

- Abbau von Wärmeinseln (Wärmeinsel als Indiz für den thermischen Komfort/Diskomfort), Freiraumplanung;
- Optimierung der städtischen Belüftung (Luftaustausch, Luftleitbahnen), Stadtplanung und Stadtentwicklung für die Lufthygiene und den thermischen Komfort;
- Vermeidung von Luftstagnation bei Inversionswetterlagen, Vermeidung von Barrieren für den Luftaustausch;
- Erhaltung und Förderung von Frischluft- oder Kaltluftentstehungsgebieten für den Luftaustausch und somit zur Verbesserung der lufthygienischen Situation.

Auf Grundlage dieser Erhebungen kann eine räumliche Festlegung in einer verbindlichen Planungsebene erfolgen.

5.1 Gesamtgebiet

Wie eingangs erwähnt hat der Raum Kassel eine unvorteilhafte topografische Lage und damit verbunden einen reduzierten Luftaustausch an windschwachen Tagen. Dies hat zur Folge, dass es gerade im stark verdichteten Innenstadtbereich Kassels zu einer deutlichen Überwärmung und einem reduzierten Luftaustausch kommen kann. Damit einhergehend können vermehrt gesundheitsgefährdende Situationen (Hitzestress und Luftbelastung) eintreten. Um dem entgegenzuwirken muss ein Mindestmaß an Kühlung und Luftaustausch existieren, was vor allem durch einen Lufttransport in Form von kühleren und unbelasteten Luftmassen stattfinden kann.

Die Klimaaanalyse hat gezeigt, dass die unbebauten Hangflächen in den Außenbereichen solche Kaltluft produzieren, dieses Potential muss in das belastete Innere transportiert werden. Das bedeutet, die Luftmassen über den Flächen der Kategorie 1 und 2 müssen über entsprechende Luftleitbahnen in die Innenstadt gelangen können. Diese Bahnen folgen in physikalischer Abhängigkeit der Topografie, allerdings nur über Flächen, die keine große Barrierewirkung besitzen. Aufgrund der Kessellage lässt sich pauschal sagen, dass die Luftmassen nahezu radial gerichtet, in das Zentrum fließen. Wobei die dominierende Ventilationsbahn in Nord/Süd Richtung, die Fuldaaue ist.

Für eine solche sensible Zirkulation, die nicht von außerhalb angetrieben werden kann, sind somit zwei grundlegende Kriterien einzuhalten. Zum einen muss die Produktion an kalter Luft sichergestellt werden, was bedeutet, dass die Potentialbereiche nicht bebaut oder die Oberflächen versiegelt werden und damit ihre Funktion als Kaltluftproduzent verloren geht. Zum anderen muss gewährleistet sein, dass diese Luft auch bis in die entsprechenden Defizitbereiche gelangen kann, ohne vorher von Barrieren daran gehindert zu werden. Wird der Kaltluftabfluss aufgestaut und kann er durch seine geringe Höhe und Geschwindigkeit das Objekt nicht überströmen, ist die Zufuhr somit unterbrochen, was im weiteren Verlauf zu negativen Auswirkungen führen kann.

Diese Luftleitbahnen in der vorliegenden Klimauntersuchung sind durch unterschiedliche Wertigkeiten charakterisiert, die verdeutlichen, dass in manchen naturräumlichen Hauptabflussbereichen durch eine Bebauung die positiven Effekte stark reduziert wurden. An diesen Stellen sind die sehr ausgeprägten Strömungen selbst durch die Barrierewirkung nicht komplett gestoppt. Das Gesamtgefüge der Siedlung wird als Ganzes überströmt. In diesen Situationen ist von den positiven Eigenschaften in direkter Bodennähe wenig zu spüren, jedoch kommt das Windsystem nicht vollends zum Erliegen und sobald wieder Bereiche mit geringerer Bodenrauigkeit erreicht werden, regeneriert sich die Strömung nach entsprechender Entfernung. Ein weiteres Vorkommen einer herabgesetzten Durchströmungswertigkeit ist auf zusammenhängenden Freiflächen innerhalb eines verdichteten Gebiets zu lokalisieren. Entsprechende Flächen sind Gleisanlagen und breitere Bachläufe.

Konkret bedeutet dies für die Bauleitplanung, dass keine Versiegelung/ Bebauung bzw. Schaffung von Emissionsquellen auf den Flächen der Kategorien 1 und 2 stattfinden sollte und dass keine Barrieren quer zu den Luftleitbahnen errichtet werden sollten. Präzise Aussagen in Bezug auf die Gebäudeausrichtung und eventuell verträgliche Entwicklungen auf Misch- und Übergangsklimaten, ist den Erläuterungen der einzelnen Teilbereiche zu entnehmen.

Die Flächen mit Überwärmungspotential bis hin zu den Überwärmungsgebieten der Stufe 1 sind durch Bebauung und teilweise sehr hohe Versiegelung geprägt. Hier sind teilweise Entwicklungen denkbar, allerdings nur unter Berücksichtigung und Aufrechterhaltung des Luftaustauschs und der Prämisse, eine Vegetationsvernetzung zu schaffen, welche Verschattung und Verdunstungskühle erzeugt, sowie Fassadenbegrünung und Dachisolationen zu fördern. Diese Ansätze sind ebenfalls für eine Aufwertung der Bereiche der Kategorie 6 anwendbar.

5.2 Teilbereiche

5.2.1 Teilbereich Nord

Der nördliche Teilbereich bietet bauliche Entwicklungsmöglichkeiten im ZRK. Grund hierfür ist der große Bereich nördlich der Kasseler Stadtgrenze. Durch die topografische Lage hat dieses Gebiet keine direkten Auswirkungen auf die benachteiligten Bereiche in der Kasseler Innenstadt. Unter Beachtung des Luftaustausches sind hier Entwicklungen möglich. Bei den südöstliche exponierten Flächen sollte die Kaltluftentstehung nicht gänzlich unterbunden werden. Vor allem im Kasseler Stadtteil Wolfsanger ist die bauliche Entwicklung solch exponierter Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete problematisch und sollte in Relation zum klimatischen Potential des Gesamttraums abgewogen werden. Für die Belüftungsbahnen auf der östlichen Fulda Seite, welche für eine Belüftung des verdichteten Kerns vom Ortsteil Sandershausen sorgen, ist die Erhöhung der Oberflächenrauigkeit und Barrierewirkungen zu vermeiden.

Des Weiteren ist gerade im nördlichen Bereich der Stadt Kassel darauf zu achten, dass die noch vorhandenen Luftleitbahnen (unabhängig ihrer Wertigkeit) nicht von Barrieren und sonstigen Einschränkungen in ihrer Funktion geschwächt werden. Die Luftleitbahnen nördlich der Kasseler Stadtgrenze entwickeln durch die natürlichen Bedingungen eine solche Kapazität, dass bei der gegebenen Bebauungsart und -dichte, die Luftbewegung geschwächt, aber nicht unterbrochen wird. Hier ist bei Neuentwicklungen von größeren Gebäudekomplexen auf den Flächen der Kategorie 2 und 3 auf die Ausrichtung zu achten (siehe Richtungspfeile der Teilbereichskarte).

Mögliche Bebauungen sind auf den Flächen der Kategorie 4 und teilweise der Kategorie 5 denkbar. Jedoch nur bei einer Gebäudeausrichtung längs zu den Belüftungsbahnen. Genaue Ausrichtungen können den Richtungspfeilen der Teilbereichskarte Nord entnommen werden.

5.2.2 Teilbereich Ost

Der östliche Teilbereich hat aus klimaökologischer Sicht einen sehr positiven Einfluss auf die östlichen Stadtteile Kassels, auch wenn die Bundesautobahn 7 eine große Barriere darstellt. Das Luftleitbahnsystem entlang der Losse, Niesse und auch des Wahlebachs/Söhre muss aufrecht erhalten werden. Weitere Barrieren würden zu einer Einschränkung dieser Funktion führen. Vor allem auf den Flächen der Kategorie 1 und 2 sind Entwicklungen aus Sicht der Belüftung der Stadtteile Bettenhausen und Waldau nachteilig. Durch die sehr ausgeprägte Luftleitbahn entlang des Lossetals kommt es im Kaufunger Gebiet zu einer Herabsetzung der Wertigkeit, durch die Dimension und die Umgebung ist die Wertigkeit in Richtung Westen jedoch schnell wieder hergestellt. Ähnlich verhält es sich im Ortsteil Vollmarshausen und im Bereich Herchenbach in der Gemeinde Lohfelden.

Westlich der BAB 7 befinden sich komplexe Belüftungssysteme, die durch die vergangenen Entwicklungen teils sehr sensibel sind, jedoch eine Belüftung in Richtung Karlsaue ermöglichen. Besonders entlang der Überströmungsbereiche

und Durchlüftungsbahnen ist eine Bebauung aus klimatologischer Sicht äußerst problematisch.

Bei der Entwicklung baulicher Flächen ist der Teilbereich Ost sehr stark eingeschränkt. Eine Änderung der Flächennutzungen im Bereich der Kategorie 3 ist unter der Berücksichtigung der Erhaltung des Vegetationsanteils möglich. Auch auf Flächen der Kategorie 4 ist unter der Voraussetzung der oben erwähnten Luftleitflächen sowie deren Verknüpfungen, eine Bebauung unter Berücksichtigung der Strömungsrichtung denkbar. Für die Flächen der Kategorie 5 und 6 sind die Empfehlungen und Planungshinweise für das Gesamtgebiet zu beachten.

5.2.3 Teilbereich Süd

Der südliche Teilbereich ist geprägt von der Belüftung entlang des Fuldaals, diese Zirkulation mündet in die Fuldaaue. Aufgrund der südwestlichen Hauptwindrichtung (vgl. HMULV 2006), kommt diesem Teilbereich eine wichtige Klimafunktion zu. Die wegen ihrer geringen Bodenrauigkeiten ausgewiesenen Ventilationsflächen tragen bei windschwachen Tagen zu einem positiven Luftaustausch für das Kasseler Becken bei zu. Durch die derzeitige Flächennutzung (Grün, Landwirtschaft) entwickelt sich kalte und unbelastete Luft, die das Kasseler Becken und vor allem die südlichen Stadtteile versorgt.

Im Bereich der Fuldaaue/Innenstadt treten die charakteristischen Ventilationsflächen des Kasseler Beckens hervor. Die Zuströmung erfolgt, zumeist mit einem regionalen Antrieb, aus südlichen Richtungen. Eine bauliche Entwicklung auf Flächen der Kategorie 1 und 2 vermindert den Luftaustausch.

Die Flächen der Kategorie 3 sind in diesem Abschnitt zu schützen, weil sie teilweise Schlüsselfunktionen haben, welche für die städtische Belüftung entscheidend sind. Eine Entwicklung ist hier in Einzelfällen nach einer individuellen Prüfung möglich. Von einer weiteren Verdichtung auf Flächen der Kategorie 4 und 5 ist abzusehen.

Im südlichen Abschnitt (Bereich Dörnhagen) bieten die Kategorien 3 und 4 Entwicklungsmöglichkeiten. Die Kategorie 5 sollte ebenfalls, wie oben erwähnt, nicht weiter verdichtet werden.

5.2.4 Teilbereich West

Im Allgemeinen ist für den Teilbereich „West“ eine vom Habichtswald hangabwärts gerichtete Zirkulation aufrecht zu erhalten und zu sichern. Diese Flächen müssen in entsprechenden Dimensionen/Verhältnissen aneinander anschließen. Eine wirksame Belüftung der Innenstadtbereiche ist nur durch eine durchgängige Luftleitbahn ohne Barrieren möglich. Besondere Bedeutung für die Kasseler Innenstadt haben die Luftleitbahnen, die auch im Stadtgebiet entstehen. Die große nördliche Luftleitbahn über Ahnatal, Heckershausen und Vellmar hat indirekten Einfluss auf die Kasseler Wärmeinsel. Im Gegensatz hierzu ist die südliche Luftleitbahn mit ihrem Verlauf über Schauenburg, Elgershausen aus topografischen Gründen primär für den Ausgleich der belasteten Baunataler Innenstadtbedingungen verantwortlich.

Eine Bebauung auf den Flächen der Kategorie 1 und 2 würde die Oberflächen-

rauhigkeit erhöhen und damit die Frischluftversorgung einschränken. Aus klimaökologischer Sicht sind Flächenutzungsänderungen dort problematisch, der Zustand sollte möglichst erhalten bleiben. Für eine Änderung der Flächennutzung auf den Flächen der Kategorie 3 sollten die Anteile der Vegetationsflächen nicht eingeschränkt werden. Zusätzlich ist die Vernetzung dieser Freiflächen zu erhalten. Emissionsquellen sollten vermieden werden. Mögliche Bebauungen sind auf den Flächen der Kategorie 4 und teilweise der Kategorie 5 denkbar, jedoch nur bei einer Gebäudeausrichtung längs zu den Luftleitbahnen. Genaue Ausrichtungen können den Richtungspfeilen der Teilbereichskarte West entnommen werden. Bei den Flächen der Kategorie 6 ist eine Nachverdichtung zu vermeiden. Hier werden keine präzisierten Empfehlungen gegeben, sondern auf die allgemeinen Aussagen in Kapitel 5.1 verwiesen.

6. Schlussbemerkung

Mit der Klimauntersuchung 2009 für den Zweckverband Raum Kassel liegt ein zusammenhängendes Werk vor, welches eine klimaökologische Bestandsanalyse als Grundlage für integrierte Planungshinweise bereitstellt. Dies ermöglicht eine klimatische Bewertung einzelner Bereiche im Verbandsgebiet und stellt somit ein Planungsinstrument für die zukünftige Bauleitplanung dar.

6.1 Klimafunktionskarte 2009

Das Hauptanliegen der Untersuchung war eine Klimaaanalyse als Bewertung für den thermischen und lufthygienischen Aspekt. Dies bezog sich nicht auf einzelne Schadstoffe oder thermische Belastungszahlen, sondern auf eine qualitative Klassifizierung, die in den zentralen Elementen der Klimafunktionskarte ZRK 2009 aufgeführt sind. Durch die kombinierte Klassifizierung und die systematische Verwendung der Teilbereichskarten konnten präzise Aussagen getroffen werden.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die angewandten Berechnungen auf einem 10 Meter Raster basieren, welches in weiteren Bearbeitungsschritten auf ein 50 Meter Raster generalisiert wurde. Diese Zusammenfassung der Ergebnisse diente der Abbildung möglichst realistischer klimatischer Gegebenheiten und einer störungsfreien Vermittlung der Informationen. Zudem ist eine detailliertere Betrachtung durch den verwendeten Maßstab dieser Untersuchung begrenzt und bietet somit, in der Gesamtkarte mit dem Maßstab 1:42.000 und den Teilbereichskarten mit dem Maßstab 1:30.000, die beste Übereinkunft.

Zusammenfassend ist für die Klimafunktionskarte ZRK 2009 festzustellen, dass sich die deutlichsten Defizitbereiche, wie schon in den vorangegangenen Untersuchungen, im Kasseler Innenstadtgebiet befinden. Geprägt durch die kompakte und hohe Bebauung mit einem geringen Anteil an Vegetation, kommt es hier zu den höchsten thermischen und punktuellen lufthygienischen Belastungen. Zur Minderung und Ausgleich der Wärmeinsel haben die umliegenden Freiflächen eine hohe Bedeutung. Deren positiven Effekte müssen über die dargestellten

Luftleitbahnen in die Problembereiche eindringen können. Somit sollten bei Neuplanungen immer das Gesamtsystem und die gegenseitige Einflussnahme beachtet werden. Bei Entwicklungen auf Flächen der Kategorie eins und zwei kann es unter Umständen notwendig sein, ergänzende Einzelprüfungen vorzunehmen.

6.2 Klimafunktionskarte 2020

Ein weiteres Anliegen von Seiten des ZRK war eine Darstellung der klimatischen Verhältnisse projiziert auf das Jahr 2020. Für dieses Szenario wurde der aktuelle FNP als Grundlage für die Klimaanalyse verwendet. Durch die unterschiedlichen Eingangsdaten konnte allerdings keine eins zu eins vergleichbare Karte erstellt werden. Aus diesem Grund wurde eine Übersichtskarte im Maßstab 1:80.000 angefertigt. Tendenzen der Flächenentwicklungen treten jedoch sehr offensichtlich hervor.

Durch die Ausweitung der baulichen Flächenausweisungen sind in diesem Fall Veränderungen in Richtung Überwärmung (Langes Feld, Originale Teile Center und Sanderhäuser Berg) zu beobachten. Diese Flächen tragen in Zukunft zur örtlichen Überwärmung bei und behindern den Luftaustausch. Zum einen mikroklimatisch, durch eine Erhöhung der thermischen Belastung vor Ort, zum anderen aber auch durch einen Einschnitt in das Zirkulationssystem des Kasseler Beckens.

Im Vergleich ist der Eingriff im Süden Kassels am "Langen Feld" am größten. Die freie, anströmbare Fläche im Verbund mit Kaltluftentstehungsflächen wird durch eine - Bebauung in ihrer Funktion vermindert, da nur die Kaltluftentstehungsflächen an den Hanglagen in Richtung der Stadt Kassel bestehen bleiben. Dies kann zum Auftreten von Stagnationsflächen und Kaltluftseen führen, was je nach Bebauungsart gemindert werden kann. Auch die Ausweitung des OTC stellt eine Einschränkung der Schwachwinde dar, hier ist die Funktion in Richtung Kassel allerdings klein, vor allem wenn die Bebauungsart die Stömungsrichtung berücksichtigt.

Die dritte deutlich wahrnehmbare Flächenumnutzung ist im Bereich "Sandershäuser Berg". Die zur Stadt Kassel gerichteten, wichtigen Klimafunktionsflächen sind dort von geringerer Bedeutung. Der "Sandershäuser Berg" wirkt hauptsächlich als Ventilationsfläche in Hauptwindrichtung und bei Schwachwindwetterlagen stadtauswärts. Die Kaltluftentstehungsflächen sind begrenzt und zusätzlich wird im westlichen Bereich ein Teil einer Luftleitbahn abgeschnitten, was allerdings von der Luftleitbahn entlang der Nieste zum größten Teil kompensiert wird.

Die Klimafunktionskarte ZRK 2020 übernimmt die Kategorien und die Farbgebung der Klimafunktionskarte ZRK 2009. Dies bezieht sich jedoch nur auf die Analyseebene, durch die die Klimafunktionen dargestellt werden können. Planungshinweise können nicht gegeben werden. Außerdem musste eine Anpassung der Flächen der Kategorie 6 vorgenommen werden, da bei der reinen Berechnung für das Jahr 2020 im Kasseler Innenstadtgebiet nur wenige Flächen der Kategorie 6 ausgewiesen wurden. Das bedeutet, dass Bereiche, die bei der Klimafunktionskarte 2009 noch in diese Kategorie gefallen sind, nun der positi-

verer Kategorie 5 zugerechnet wurden. Um trotz dieses Problems ein „realistisches“ Bild für das Jahr 2020 anzufertigen, wurden alle Flächen der Kategorie 6 der Klimafunktionskarte 2009 extrahiert und gesondert in die Klimafunktionskarte 2020 übertragen.

6.3 Klimafunktionskarte 2030

Zusätzlich zu dem Szenario, das die Entwicklung des aktuellen Flächennutzungsplanes darstellt, sollten diese Analysen in einem weiteren Szenario mit Klimaprojektionen gekoppelt werden. Vor allem hierdurch kann die immer aktueller werdende Diskussion des Bedarfs an einer Anpassungsstrategie im Zeichen des Klimawandels sowie der Auswirkung auf die Wärmeinsel der Stadt, ebenfalls mit dem vorliegenden Werk angegangen werden.

Die zu verwendenden Klimaprojektionen waren bei der Fertigstellung dieses Gutachtens noch nicht verfügbar. Sobald sie im Rahmen des Verbundprojekts KLIMZUG Nordhessen erarbeitet sind, wird dieses Kapitel und die Klimafunktionskarte ZRK 2030 in Übersichtsform mit dem Maßstab 1:80.000 nachgereicht.

7. Literaturverzeichnis

Gesamthochschule Kassel AG-Luft 1991

Klimagutachten für das Gebiet des Zweckverband Raum Kassel, M 1:25.000; Kassel.

Hessische Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.) 1992

Numerische Simulation der Strömungs- und Ausbreitungsvorgänge im Bereich Kassel während einer Strahlungsnacht; Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 141; Wiesbaden.

Hessischer Minister für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) 1984

Luftreinhalteplan Kassel. Teil I: Emissionen; Wiesbaden.

Hessischer Minister für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) 1986

Luftreinhalteplan Kassel. Teil II: Immissionen, Ursachen, Maßnahmen; Wiesbaden.

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz 2006

Luftreinhalte- und Aktionsplan für den Ballungsraum Kassel; Wiesbaden.

Katzschner, L.; Horn, K.; Reinhold, M. 2004

Klimabewertungskarte für das Land Hessen, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden.

Lohmeyer, A. 2008

Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, Lohmeyer Aktuell, 20/2008, Karlsruhe.

SPACETEC 1991

Stadtklimatische Untersuchung für das Gebiet des Zweckverband Raum Kassel, M 1:25.000; Freiburg.

TARAXACUM AG-Klimaökologie 1996

GhK AG-Luft: Land Hessen Klimafunktionskarte, M 1:200.000; Kassel.

VDI Richtlinie 3785 Blatt 1 2008

Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI Richtlinie 3787 Blatt 1 1997

Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 2008

Flächennutzungsplan 2007, Begründung; Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 1999

Fortschreibung und vertiefende Untersuchung; Klimafunktionskarte und Klimabewertungskarte ZRK 1999; Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 1982

Klimatologische Untersuchung zum Landschaftsplan. Teil 1: Windverhältnisse bei austauscharmen Wetterlagen; Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 1985

Klimatologische Untersuchung zum Landschaftsplan. Teil 2: Ausbreitungsverhältnisse (Luftaustausch); Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 1985

Klimatologische Untersuchung zum Landschaftsplan. Teil 3: Mittlere Windverhältnisse; Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 1985

Klimatologische Untersuchung zum Landschaftsplan. Teil 4: Einzelfälle; Kassel.

Zweckverband Raum Kassel (Hrsg.) 2007

Landschaftsplan; Kassel.

8. Anhang

- Klimafunktionskarte ZRK 2009, Maßstab 1:42.000
- Klimafunktionskarte ZRK 2009, Teilbereich Nord, Maßstab 1:30.000
- Klimafunktionskarte ZRK 2009, Teilbereich Ost, Maßstab 1:30.000
- Klimafunktionskarte ZRK 2009, Teilbereich Süd, Maßstab 1:30.000
- Klimafunktionskarte ZRK 2009, Teilbereich West, Maßstab 1:30.000
- Klimafunktionskarte ZRK 2020, Maßstab 1:80.000