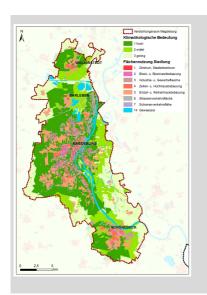
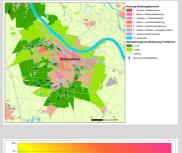
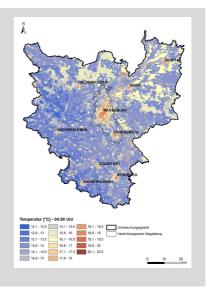
Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Magdeburger Umland











Auftraggeber:

Landeshauptstadt Magdeburg

Umweltamt Julius-Bremer-Straße 8 – 10 39104 Magdeburg



Auftraggeber:

Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg

Julius-Bremer-Straße 10 39104 Magdeburg



Auftragnehmer:

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a 30161 Hannover Tel. (0511) 3887200 Fax (0511) 3887201 www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. G. Gross

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und

Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Bearbeiter Dipl. Geogr. Harald Kuttig

Dipl. Geogr. Dr. Björn Büter

Hannover 20. Mai 2014



INHALTSVERZEICHNIS

1 A	ANLASS UND ZIELSTELLUNG DES GUTACHTENS	1
2 D	DAS STADTKLIMAPHÄNOMEN UND SEINE BEDEUTUNG FÜR DEN	
MEN	SCHEN	2
3 N	METHODE	5
3.1	Modellierungen mit dem mesoskaligen Klimamodell FITNAH 3D	
3.1.1	č	
3.1.2		
3.1.4		
3.1.5		
3.1.6		
3.2	Identifikation von Kommunen mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt	16
3.3	Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen	. 19
4 E	RGEBNISSE	22
4.1	Übersicht über die Modellierungsergebnisse – Temperaturfeld und Windsysteme	22
4.2 Fokus	Identifizierung von Kommunen mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt mit besonderem auf den Verdichtungsraum Magdeburg	28
4.3	Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen in der Region	
	eburg mit besonderem Fokus auf den Verdichtungsraum Magdeburg	
4.3.1		
5 Z	USAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN	38
QUEI	LLENVERZEICHNIS	39
ANH	ANG	40



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Prinzipskizze Stadtklima / Stadt-Umland-Windsystem	2
Abbildung 2: Thermoisoplethendiagramm der maximalen Wärmeinselintensität zwischen einer	
städtischen und einer Umlandklimastation am Beispiel Braunschweigs für das Jahr 2012 (Qu	ıelle:
Pfoser et al. 2013)	3
Abbildung 3: Mittlere tägliche Sterbeziffern in Berlin, sowie tägliche Sterbeziffern und Tagesmaxin	na
der Gefühlten Temperatur (in °C UTCI) im Jahr 2010 (Endlicher, 2013 unveröffentlicht)	4
Abbildung 4: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 100 m x 100 m) bei ein	em
digitalem Geländehöhenmodell	
Abbildung 5: Einfluss der Bebauungsdichte auf die Strömungsgeschwindigkeit	8
Abbildung 6: Einfluss der Vegetation auf die Durchströmbarkeit einer Rasterzelle	
Abbildung 7: Eingangsdaten für die Modellrechnung	
Abbildung 8: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für	
verschiedene Landnutzungen	10
Abbildung 9: Landnutzung im Modelllauf "mit Stadt"	12
Abbildung 10: Landnutzung im Modelllauf "ohne Stadt"	13
Abbildung 11: Orographie des Untersuchungsgebietes in einer Rastergröße von 100 m auf Basis	
DGM 25	
Abbildung 12: Maximale Temperaturabweichung im Zentrum von Siedlungen gegenüber dem Um	land
(Intensität der "städtischen Wärmeinsel"; Quelle: Schönweise 2013)	16
Abbildung 13: Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von	
Parametern	18
Abbildung 14: bodennahes Temperaturfeld um 04:00 Uhr in der Region Magdeburg während eine	er
autochthonen Hochsommerwetterlage	23
Abbildung 15: Hangwinde im Südwesten des Unterschungsgebietes	24
Abbildung 16: Flurwindsystem im Untersuchungsgebiet (teilweise überlagert durch andere	
Windsyteme)	26
Abbildung 17: Flurwindsystem im Verdichtungsraum Magdeburg	27
Abbildung 18: Intensität der städtischen Wärmeinsel in bioklimatisch belasteten Kommunen der	
Region Magdeburg	28
Abbildung 19: Modellierter Temperaturunterschied zwischen dem Gewerbegebiet Gommern und d	der
angrenzenden Wohnbebauung um 04:00 Uhr morgens	29
Abbildung 20: Bioklimatisches Belastungsniveau im Siedlungsbereich des Verdichtungsraumes	
Magdeburg	30
Abbildung 21: Ableitung des Stadtklimawirkraums und von Kaltluftleitbahnen am Beispiel der Stad	lt
Schönebeck (oben: Rohdaten; unten: Analyseergebnis)	33
Abbildung 22: Abschließende Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflä	chen
am Beispiel der Stadt Schönebeck (oben: unbewertet; unten: Bewertungsergebnis)	35
Abbildung 23: Klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen in der Region Magdeburg.	37
Abbildung 24: Klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen im Verdichtungsraum	
Magdeburg	40
Abbildung 25: Relevanz des Stadtklimaeffektes in Kommunen mit einer Siedlungsgröße > 1 km² ir	m
gesamten Untersuchungsgebiet sowie im Verdichtungsraum Magdeburg	41
Abbildung 26: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Genthin	42
Abbildung 27: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Calbe	42



Abbildung 28: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Altenweddingen	43
Abbildung 29: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Wolmirstedt	43
Abbildung 30: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Staßfurt	44
Abbildung 31: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Schönebeck	44
Abbildung 32: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Oschersleben	45
Abbildung 33: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Haldensleben	45
Abbildung 34: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Güsten	46
Abbildung 35: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Gommern	46
Abbildung 36: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Burg	47
Abbildung 37: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Förderstedt	47
Abbildung 38: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Barleben	48
Abbildung 39: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Aschersleben	48
TABELLENVERZEICHNIS	
Tabelle 1: Nutzungskategorien der beiden Modellläufe "mit Stadt" und "ohne Stadt"	.14
Tabelle 2: 3-stufige Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Frei- und Grünflächen in der	
Region Magdeburg	21
Tabelle 3: Temperaturkennwerte in wichtigen Nutzungskategorien des Untersuchungsgebietes	
Tabelle 4: Flächenanteile der klimaökologischen Wertstufen im Verdichtungsraum Magdeburg	



1 Anlass und Zielstellung des Gutachtens

Die Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg hat im Jahr 2010 beschlossen, ihren Regionalen Entwicklungsplan (REP) neu aufzustellen. Nach Maßgabe des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) bzw. des Raumordnungsgesetzes (ROG) ist für dieses Verfahren eine strategische Umweltprüfung (SUP) durchzuführen und ein Umweltbericht anzufertigen. Im Umweltbericht sind die voraussichtlich erheblichen Auswirkungen des REP u. a. auch auf das Schutzgut Klima/Luft zu beschreiben. Als Grundlage für diese Einschätzung wird eine fachlich fundierte Erhebung und Bewertung des Ist-Zustandes inklusive bereits bestehender Belastungen benötigt.

Das Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, eine solche Grundlage für das Schutzgut Klima/Luft, Teilaspekt Stadtklima bereitzustellen. Hierbei stehen folgende drei Kernfragen im Mittelpunkt des Gutachtens:

- 1. In welchen Kommunen der Region Magdeburg zeigt sich ein aus regionalplanerischer Sicht als relevant einzustufender Stadtklimaeffekt?
- 2. Wie weit reicht der Stadtklimaeffekt in das Umland der betroffenen Kommunen?
- 3. Welche Grün-/ und Freiflächen innerhalb dieses Wirkungsbereiches sind als Flächen für die Kaltluftproduktion bzw. den Kaltlufttransport von besonderer Bedeutung?

Aus diesen Fragestellungen ergeben sich zwei angestrebte, zentrale Ergebnisse. Erstens eine kartographische, tabellarische oder sonstige grundsätzliche, aber eindeutige klimaökologische Beschreibung und Bewertung der Kommunen im Untersuchungsgebiet. Zweitens eine kartographische Abbildung, aus der eine Bewertung sämtlicher Grün-/ und Freiflächen in der Region Magdeburg aus stadtklimatologischer Sicht hervorgeht.

Das Gutachten stellt also Basisinformationen über den stadtklimatischen Ist-Zustand zur Verfügung. Es ist demnach nicht Gegenstand der Untersuchung, die Erheblichkeit eines Planentwurfs zu bewerten. Auch das Ausmaß und die Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadt- bzw. Regionalklima oder auf sonstige Schutzgüter bzw. klimasensitive Handlungsfelder stehen nicht im Zentrum der Analysetätigkeit. Allerdings verdeutlicht die Beauftragung dieses Gutachtens, dass der Raumbedeutsamkeit des Klimas größere Aufmerksamkeit gewidmet wird, als dies bisher der Fall gewesen ist.

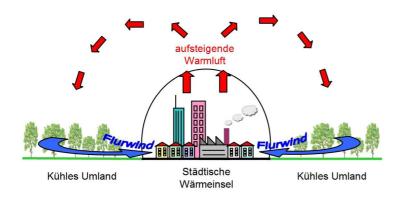


2 Das Stadtklimaphänomen und seine Bedeutung für den Menschen

Während das Klima in der freien Landschaft weitgehend von natürlichen Gegebenheiten abhängig ist, bildet sich im Einflussbereich von Stadtlandschaften, wie sie in der Region Magdeburg mehrfach auftreten, ein durch Bauwerke beeinflusstes Klima aus, das sog. Stadtklima. Die klimatischen Unterschiede zwischen dem Stadtkörper und dem Umland sind sowohl mess- als auch fühlbar und betreffen mit der Temperatur, der Windgeschwindigkeit und -richtung, der Niederschlagsmenge und der Luftfeuchtigkeit alle relevanten Klimakenngrößen (MVI 2012; Fezer 1995).

Verallgemeinert ausgedrückt ist eine Stadt wärmer, windärmer und trockener als die sie umgebende freie Landschaft und wird häufiger von Starkregen und Gewittern heimgesucht. Besonders deutlich ausgeprägt ist das Stadtklima während stabiler Hochdruck- bzw. Strahlungswetterlagen (sog. autochthone¹ Wetterlagen; Abbildung 1), wie sie in Norddeutschland sowohl im Hochsommer als auch im Winter vorkommen.

Abbildung 1: Prinzipskizze Stadtklima / Stadt-Umland-Windsystem



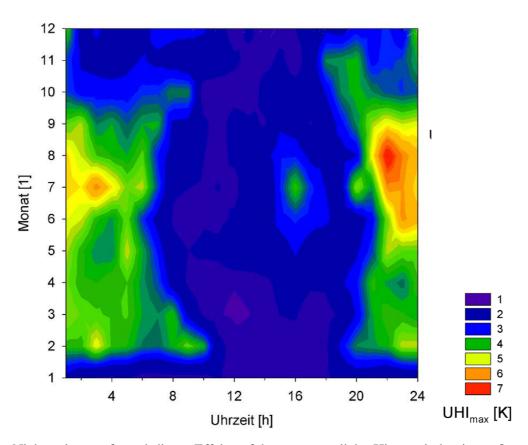
Im Winter kann dies zu Inversionswetterlagen führen, was vor allem zur Anreicherung von Luftschadstoffen (u. a. Feinstaub, Stickoxide) führen kann. Im Sommer ist für die Bewohner einer Stadt vor allem die thermische Komponente des stadtklimatischen Phänomens von Bedeutung. Der urbane Hitze-inseleffekt kann hier zu einem Temperaturgradienten zwischen Innenstadt und Umland von mehreren °C führen. Für Braunschweig betrug dieser Wert im Jahr 2012 beispielsweise bis zu 7 °C (Abbildung 2). Für andere Städte sind auch deutlich zweistellige Werte messtechnisch belegt worden (vgl. Kapitel 4.2).

-

¹ autochthon = eigenbürtig, ursprünglich (altgriechisch *autós*, selbst' und *chthōn*, Erde')



Abbildung 2: Thermoisoplethendiagramm der maximalen Wärmeinselintensität zwischen einer städtischen und einer Umlandklimastation am Beispiel Braunschweigs für das Jahr 2012 (Quelle: Pfoser et al. 2013)



Nicht zuletzt aufgrund dieses Effektes führen sommerliche Hitzeperioden in größeren und kleineren Städten aufgrund einer verstärkten Belastung des Herzkreislaufsystems zu einer deutlich erhöhten Erkrankungs- und Sterblichkeitsrate sowie zu einem verminderten körperlichen Leistungsvermögen. Wie die Hitzesommer der vergangenen 10-15 Jahre (u. a. 2003, 2010) gezeigt haben, sind gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Extremwetterlagen auch im Norddeutschen Tiefland keinesfalls ein Szenario der Zukunft. Auswertungen für Berlin zeigen beispielsweise eine deutlich erhöhte Sterbeziffer während der Hitzewelle Mitte Juli 2010, in der 30-40 % mehr Sterbefälle zu verzeichnen waren als an durchschnittlichen Sommertagen (Abbildung 3).



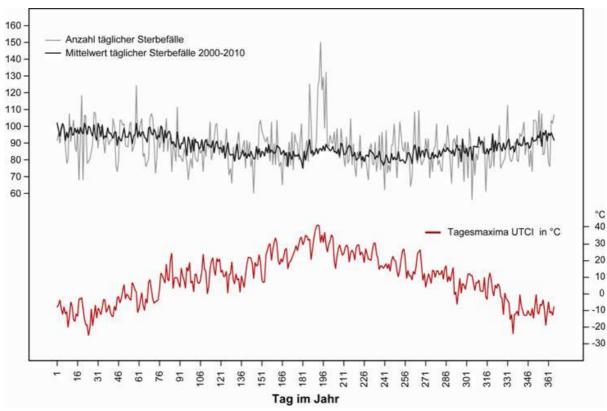


Abbildung 3: Mittlere tägliche Sterbeziffern in Berlin, sowie tägliche Sterbeziffern und Tagesmaxima der Gefühlten Temperatur (in °C UTCI) im Jahr 2010 (Endlicher, 2013 unveröffentlicht)

Auch das im Vergleich zu anderen Regionen Deutschlands (z. B. Oberrheingraben) gemäßigte Klima der Region Magdeburg birgt damit schon heute vor allem für die Risikogruppen (Kleinkinder, hochaltrige Menschen und solche mit Vorerkrankungen) ein ernst zu nehmendes Hitzestress-Risiko. Dieses wird sich unter dem Einfluss des Klimawandels allmählich noch deutlich erhöhen. Denn der Klimawandel ist nicht nur mit einer steigenden Durchschnittstemperatur, sondern auch mit häufigeren, intensiveren und länger andauernden Hitzeperioden verbunden (vgl. GEO-NET 2013). Gemäß den entsprechenden Prognosen wird dieser Trend in Norddeutschland bereits in den kommenden Jahrzehnten spürbar werden und sich vor allem in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts signifikant verstärken (MLU Sachsen-Anhalt 2013). Nicht zuletzt aufgrund der zu erwartenden Demographischen Entwicklung wird die dann im Durchschnitt ältere Stadtbevölkerung eine noch höhere Anfälligkeit gegenüber Hitzestress aufweisen, als dies heute ohnehin schon der Fall ist.



3 Methode

Die in Kapitel 1 formulierten Kernfragen werden in diesem Gutachten unter Anwendung folgender bewährter Methoden und Instrumente beantwortet:

- Modellierung des Regionalklimas des Untersuchungsgebietes in einer r\u00e4umlichen Aufl\u00f6sung von 100 m
- GIS-gestützte, halbautomatisierte geostatistische Analysen
- Fachgutachterliche, verbal-argumentative Bewertung in Anlehnung an einschlägige VDI-Richtlinien

Die Ergebnisse des Gutachtens basieren also auf einem Methodenmix, deren Kernstück die computergestützte Modellierung des regionalen Klimas ist. Dieses Vorgehen minimiert Analysefehler und stellt eine räumlich-inhaltlich hohe Aussagequalität sicher.

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen in der notwendigen Detailtiefe beschrieben. In Kapitel 3.1 werden zunächst die Prämissen, Eingangsgrößen und Grenzen des verwendeten Klimamodells dargestellt. Anschließend werden die Arbeitsschritte zur Beantwortung der Kernfragen erläutert.

3.1 Modellierungen mit dem mesoskaligen Klimamodell FITNAH 3D

3.1.1 Allgemeines

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen, wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten meso- (und) mikroskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt oder einer Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von einigen Metern bis hin zu Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis hin zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind der Einfluss orographischer Hindernisse auf den Wind wie Kanalisierung und Umströmungseffekte, Land-See-Winde, Flurwinde oder auch Düseneffekte in Straßen sowie das Phänomen der urbanen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und die physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene grundsätzlich bekannt sind, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragung auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen Skalen der meteorologischen Phänomene und ihr unterschiedliches Erscheinungsbild in komplexem Gelände. Dieser Umstand



macht es schwierig, aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung der Phänomene abzuleiten. Modelluntersuchungen tragen entscheidend dazu bei, solche Wissenslücken zu füllen.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG 1988) wurden gerade in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert. Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist sehr hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort, Windkanalstudien und Thermalscannerbefliegungen ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

Die Verteilung der lokalklimatisch relevanten Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings immer nur punktuell repräsentativ, eine Übertragung in benachbarte Räume ist nur mit Abstrichen möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, zusätzliche meteorologische Größen berechnen und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert werden können und auf diese Art und Weise stadtklimatisch optimierte Lösungen gefunden werden können.

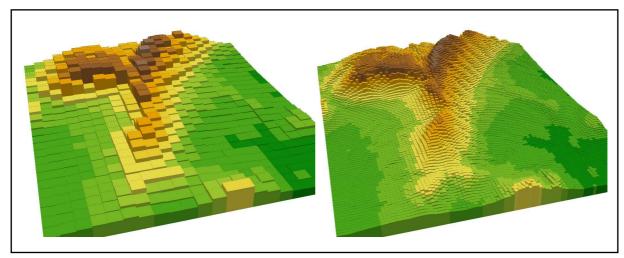
3.1.2 Grundgleichungen

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes-Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden, um z. B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung der stadtklimatologisch wichtigen Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst (Abbildung 4).



Abbildung 4: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 100 m x 100 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell



Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an die Rechenzeit und an die benötigten Eingangsdaten. Zudem wird im Bereich der Mikroskala die Parametrisierung der Variablen ungültig und muss durch andere Herangehensweisen ersetzt werden. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite 100 m x 100 m. Bei allen Modellrechnungen ist die vertikale Gitterweite nicht äquidistant. In der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 4, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand Δz immer größer. Die Modellobergrenze liegt mit 3 000 m über Grund in einer Höhe, für die eine durch Orographie und Landnutzung unbeeinflusste Situation angenommen wird. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (Aufenthaltsbereich der Menschen).

3.1.3 Parametrisierungen

Das mesoskalige Modell FITNAH berechnet alle meteorologischen Variablen als repräsentative Werte für das entsprechende Raster. Mit der Rasterweite wird somit auch die Dimension der räumlich noch auflösbaren Strukturen festgelegt. Typische Rasterweiten sind 10 bis 1000 m. Sie decken damit in etwa den Maßstabsbereich von 1: 1 000 bis 1: 100 000 ab und gehen mit den Planungsebenen Bebauungsplan, Flächennutzungsplan und Regionalplan einher. Sind diese Strukturen von ihrer räumlichen Ausprägung her kleiner als die Rasterweite, ist das Modell nicht in der Lage diese zu berechnen (beispielsweise können einzelne Wolken in globalen Klimamodellen nicht berechnet werden). Ist nun aber bekannt, dass solche vom Modell nicht erfassbaren Strukturen relevante Auswirkungen auf die lokalklimatischen Größen haben, die berechnet werden sollen, so müssen diese in geeigneter Weise berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit ist dabei die Darstellung der summarischen Effekte der nicht aufgelösten Strukturen durch die vom Modell berechneten Variablen (Parametrisierung).

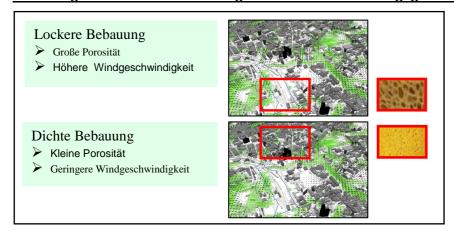


Die beiden wichtigsten Strukturen, die bei stadtklimatischen Fragestellungen berücksichtigt werden müssen, sind einzelne Gebäude und der Baumbestand. Diese sind von ihrer räumlichen Dimension allerdings so klein, dass sie üblicherweise durch das gewählte Rechengitter nicht erfasst werden können und somit parametrisiert werden müssen. In bebautem Gelände stellen sich die einzelnen Gebäude der Strömung in den Weg und verzögern diese. Lokal kann es zwar durch Düseneffekte auch zu einer Beschleunigung des Windes kommen, die summarische Wirkung über eine Rasterzelle mit Gebäuden ist aber eine Verzögerung. Gleichzeitig wird durch die Vielzahl der unterschiedlichen Hindernisse die Turbulenz verstärkt. Auch die Temperaturverteilung wird in starkem Maße modifiziert, da die in die bodennahe Atmosphäre ragenden Baukörper bis zur mittleren Bauhöhe in einem Wärmeaustausch mit der Umgebung stehen.

Diese Effekte können über einen Porositätsansatz berücksichtigt werden. Einzelne Gebäude füllen nur einen Anteil des Volumens aus, welches durch das horizontale Raster und die Anordnung der Rechenflächen in der Vertikalen aufgespannt wird. Dieses Verhältnis bestimmt dann die Porosität (Abbildung 5). Das Rastervolumen kann folglich nur noch zu einem geringen Anteil durchströmt werden, wobei die Porosität als gleichmäßig verteilt angenommen wird.

Eine Strömung ist nur noch in den offenen Poren möglich, was für die mittlere Geschwindigkeit eine deutliche Verzögerung bedeutet. Die Temperatur wird durch die gebäudespezifischen Parameter wie Gebäudehöhe, Überbauungsgrad oder anthropogene Abwärme bestimmt. Damit wird das Temperaturfeld der bodennahen Atmosphäre bis in die mittlere Höhe der Bebauung modifiziert (Grundlagen und Beschreibung: GROSS 1989).

Abbildung 5: Einfluss der Bebauungsdichte auf die Strömungsgeschwindigkeit

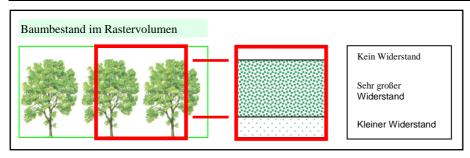


Ein vorhandener Baumbestand kann über die Baumhöhe, die Bestandsdichte und die Baumart charakterisiert werden. Auch diese Bestandsstrukturen sind in der Regel so klein, dass sie nicht vom Raster des Modells aufgelöst werden können und damit parametrisiert werden müssen. Eine solche Parametrisierung muss in der Lage sein, die Windberuhigung im Bestand, die Erhöhung der Turbulenz im oberen Kronenraum und die nächtliche Abkühlung bzw. die mittägliche Erwärmung im oberen Kronendrittel in Übereinstimmung mit Beobachtungen zu erfassen (Abbildung 6). Bei FITNAH werden zusätzliche Terme in das Gleichungssystem eingeführt, die zum einen über einen Widerstandsterm die



Modifizierung des Windfeldes gewährleisten und zum anderen den Strahlungshaushalt im Bereich eines Baumbestandes modifizieren (Grundlagen und Beschreibung: GROSS, 1993).

Abbildung 6: Einfluss der Vegetation auf die Durchströmbarkeit einer Rasterzelle

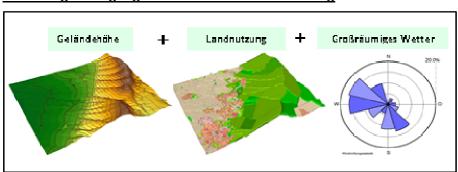


3.1.4 Eingangsdaten

Bei numerischen Modellen wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen (Abbildung 7). Diese müssen zum einen die zu untersuchende Landschaft charakterisieren und zum anderen die größerskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren. Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereitzustellen:

- Geländedaten (z. B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung),
- Nutzungsdaten (Verteilung der Landnutzung)
 - o bei urbanen Räumen: z. B. Gebäudehöhe, Überbauungsgrad, anthropogene Abwärme, Albedo. ...
 - o bei Bewuchs: z. B. Bestandshöhe, Bestandsdichte, Blattflächenverteilung, ...

Abbildung 7: Eingangsdaten für die Modellrechnung



3.1.5 Synoptische Rahmenbedingungen – Die betrachtete Wetterlage

Während sogenannter autochthoner Wetterlagen können sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen, da es nur eine geringe "übergeordnete" Windströmung gibt. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet. Diese Wetterlagen treten im Großraum Magdeburg typischerweise



an ca. 30 % der Nachtstunden in den Sommermonaten Juni, Juli und August auf. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen wurden die großräumigen Rahmenbedingungen entsprechend festgelegt:

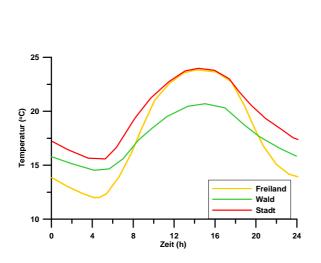
- Bedeckungsgrad 0/8,
- kein überlagernder geostrophischer Wind,
- relative Feuchte der Luftmasse 50 %.

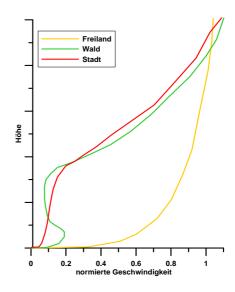
Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei einer austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht und tragen zur Anreicherung von Luftschadstoffen bei. Bei gleichzeitiger Wärmebelastung in den Siedlungsflächen können sich lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden.

Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Grünflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden und einzig zu einem Abbau der Belastungen beitragen können. Diese Wettersituation stellt damit ein "Worst-Case"-Szenario dar.

In Abbildung 8 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt.

Abbildung 8: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen





Hinsichtlich des Temperaturverlaufs zeigt sich, dass sowohl Grünflächen wie z. B. Wiesen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen, vor allem durch die Wärme speichernden Materialien, hingegen deutlich geringer ist. Bei den durch Wiese geprägten Grünflächen trägt der Mangel an Verschattung zum hohen Temperaturniveau bei, während hier nachts die Abkühlung am stärksten ist. Waldflächen nehmen eine vermittelnde Stellung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hin-



sichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

3.1.6 Verwendete Modelleingangsdaten und durchgeführte Modellläufe

Für das vorliegende Gutachten wurden mit FITNAH zwei flächendeckende Modelläufe gerechnet. Alle Modelleingangsdaten (vgl. Kapitel 3.1.4) wurden auf ein 100-m-Rechengitter übertragen. Dementsprechend besteht das Untersuchungsgebiet aus ca. 1,12 Mio. Rasterzellen (ca. 11 250 km²).

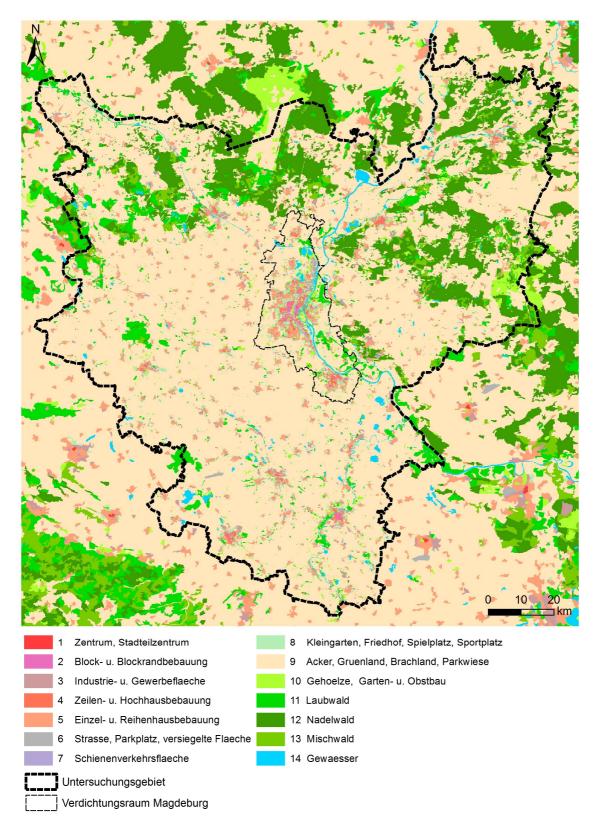
Die beiden Modelläufe unterscheiden sich bei den Modelleingangsdaten einzig in der Landnutzung. Sonstige Randbedingungen (wie das Höhenmodell und die Wetterlage) sind identisch. Der erste Modelllauf basiert auf der Realnutzung in der Region, die aus ATKIS-Daten² sowie randlich eingefügten CORINE³-Daten abgeleitet wurde (Modelllauf "mit Stadt"). Abbildung 9 in Verbindung mit Tabelle 1 verdeutlicht den ländlichen Charakter des Untersuchungsraumes, der mit einem Flächenanteil von rund zwei Drittel vor allem von landwirtschaftlicher Nutzfläche geprägt ist. Größere zusammenhängende Waldgebiete sind demgegenüber auf einzelne Teilräume im Norden und Nordosten begrenzt. Aus klimaökologischer Sicht kann diese Nutzungsstruktur grundsätzlich als günstig bezeichnet werden. Über (ausreichend wasserversorgten) Acker- und Grünlandflächen kommt es bei Strahlungswetterlagen nachts zu einer starken Abkühlung der bodennahen Luftschichten, die in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes ohne größere Hindernisse (z. B. Wälder, Hänge) dem Druckgefälle folgend stadteinwärts abfließen können. In etwas abgeschwächter Form gilt diese Situation auch für den Verdichtungsraum Magdeburg. Anders als in der übrigen Region dominiert hier allerdings die Siedlungsfläche, was aufgrund deren Wärmekapazität ein gegenüber dem Umland erhöhtes thermisches Belastungsniveau erwarten lässt.

² ATKIS = Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

³ CORINE = Coordination of Information on the Environment (Koordinierung von Informationen über die Umwelt)



Abbildung 9: Landnutzung im Modelllauf "mit Stadt"





Beim zweiten Modelllauf wurden sämtliche Siedlungsbereiche (Nutzungsklassen 1-8) durch landwirtschaftliche Nutzfläche (Nutzungsklasse 9) ersetzt (Modelllauf "ohne Stadt", Abbildung 10). Dieses Vorgehen wurde gewählt, um aus dem Vergleich der Temperatur- und Windfelder mit dem Modelllauf "mit Stadt" den räumlichen Einwirkbereich des Stadtklimas ableiten zu können.

Abbildung 10: Landnutzung im Modelllauf "ohne Stadt"

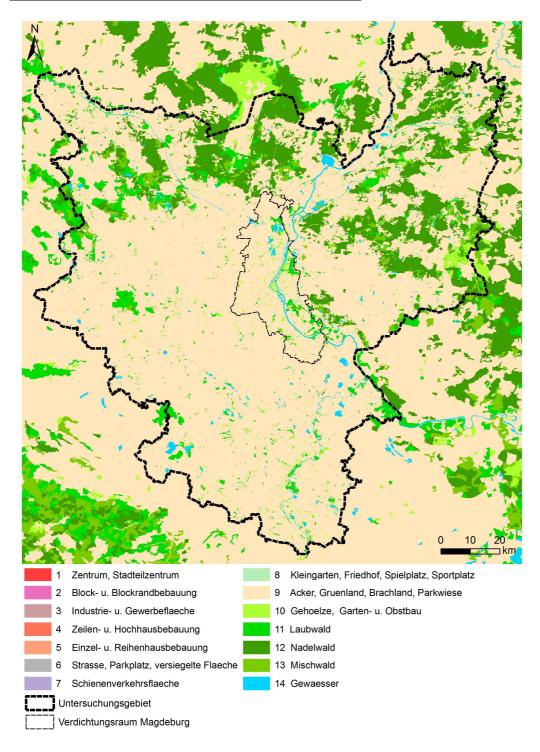




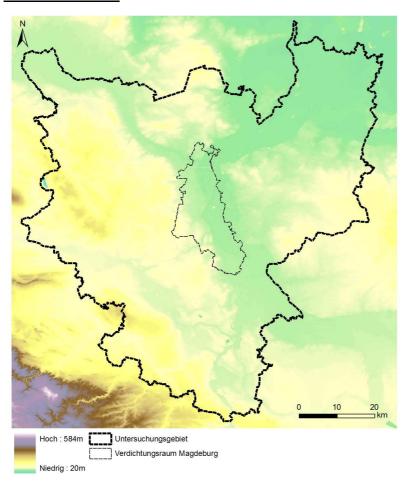
Tabelle 1: Nutzungskategorien der beiden Modellläufe "mit Stadt" und "ohne Stadt"

Klasse	Flächentyp	Beschreibung	Fläche "mit Stadt" [%]	Fläche "ohne Stadt" [%]	Mittlerer Versiegelungs- grad [%]	Mittlere Strukturhöhe [m]
1	Zentrumsbe- bauung	Kerngebietsnutzung, gekenn- zeichnet durch einen sehr hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrad.	0,03	0,00	95	25,0
2	Block- und Blockrandbe- bauung	Vergleichsweise dicht bebaute Siedlungsfläche. Geprägt durch vier- bis sechsgeschos- sige Mehrfamilienhäuser mit mehr oder weniger stark versiegelten Innenhofberei- chen.	0,07	0,00	78	15,0
3	Industrie- und Gewerbefläche	Gewerbliche Bauflächen. Ähnlich hoher Versiegelungs- grad wie die Zentrumsbebau- ung, meist geringeres Bauvo- lumen.	1,35	0,00	87	10,0
4	Zeilen- und Hochhausbe- bauung	Zeilenbebauung, halboffene Blockrandbebauung, Hoch- häuser. Typisch ist der durch unbebaute Abstandsflächen bedingte relativ hohe Freiflä- chenanteil.	0,18	0,00	55	15,0
5	Einzel- und Reihenhausbe- bauung	Siedlungsflächen mit relativ geringem Überbauungsgrad im Übergang zwischen relativ dichter Reihenhausbebauung und baulich geprägter Grün- fläche.	4,51	0,00	41	5,0
6	Straße	Ebenerdig versiegelte Fläche des Straßenraums.	0,20	0,00	95	0,0
7	Gleis	Schienenverkehrsfläche mit geringer Strukturhöhe.	0,06	0,00	25	0,5
8	Baulich gepräg- te Grünfläche	Vegetationsgeprägte Flächen mit einem erhöhten Anteil an versiegelter Fläche (Zuwegungen) und/oder Bebauung. Hierzu zählen z. B. Kleingartenanlagen und Gartenbauflächen, sowie Spiel- und Sportplätze.	0,65	0,00	25	5,0
9	Freiland	Vornehmlich landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Wiesen, Weiden und Äcker. Innerstäd- tisch handelt es sich meist um Rasenflächen mit geringem Gehölzanteil.	67,33	74,38	5	1,0
10	Gehölz	Gehölzgeprägte Flächen wie städtische Parkareale, Obst- bauflächen, Brachen, Stra- ßenbegleitgrün.	1,78	1,78	5	2,0
11	Laubwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich sommergrün.	5,33	5,33	5	12,5
12	Nadelwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich immergrün.	13,60	13,60	5	12,5
13	Mischwald	Waldgeprägte Flächen, Mischbestand.	3,71	3,71	5	12,5
14	Wasserfläche	Still- und Fließgewässer.	1,18	1,18	0	0



Neben der Wetterlage und der Landnutzung liegt beiden Modellläufen als drittes relevantes Eingangsdatum ein Höhenmodell zugrunde (Abbildung 11). Es wurde aus dem DGM⁴ 25 sowie randlich eingefügten SRTM⁵-Daten abgeleitet. Als Teil des Norddeutschen Tieflandes weist das Untersuchungsgebiet nur sehr geringe Höhenunterschiede auf. Deutlich erkennbar sind das weitläufige Elbe- und das Saaletal. Für die Regionalklimatologie bedeutet dies zum einen, dass bioklimatisch ungünstige Talkessellagen, wie sie beispielsweise das Stadtklima Stuttgarts oder Dresdens belasten, quasi nicht vorkommen. Zum anderen sind aber auch keine großräumig wirksamen Hang- und Talwindsysteme zu erwarten, die nennenswerte Kaltluft hangabwärts in belastete Ballungsgebiete transportieren könnten, wie dieses beispielsweise im Raum Karlsruhe oder Stuttgart der Fall ist. Das gilt auch für die Gebiete im klimatischen Einflussbereich der wenigen sanft ansteigenden Höhenzüge (z. B. der Lappwald an der Grenze zu Niedersachsen oder das Harzvorland), deren Gefälle zu gering ist, als dass sich dort mehr als lokal wirksame Kaltluftabflüsse bilden könnten.

Abbildung 11: Orographie des Untersuchungsgebietes in einer Rastergröße von 100 m auf Basis des DGM 25



⁴ DGM = Digitales Geländemodell

⁵ SRTM = Shuttle Radar Topography Mission, SRTM-Daten = Fernerkundungsdaten der Erdoberfläche



3.2 Identifikation von Kommunen mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt

Der Stadtklimaeffekt ist mess-, fühl- und modellierbar. Eine standardisierte Methodik, mit der sich feststellen lässt, ab welcher Intensität dieser Effekt in planerischem bzw. gesundheitlichem Sinne als relevant bezeichnet werden kann, existiert bis dato allerdings in Wissenschaft und Praxis nicht. MO-SIMANN et al. (1999) weisen grundsätzlich darauf hin, dass das Schutzgut Klima/Luft erst ab einer Siedlungsflächengröße von über 1 km² als planungsrelevant betrachtet werden sollte. Empirisch belegt ist darüber hinaus, dass die Intensität der städtischen Wärmeinsel (also der maximale Temperaturunterschied zwischen dem Stadtzentrum und seinem Umland) mit der Einwohnerzahl bzw. der Siedlungsfläche zunimmt.

Abbildung 12 macht deutlich, dass schon ab einer Einwohnerzahl von deutlich < 10 000 Einwohner eine Wärmeinselintensität von 2-3 °C auftreten kann. Diese Werte verdeutlichen, dass das Stadtklima und die damit verbundenen Probleme keinesfalls ein spezielles Phänomen von (Groß-)Städten sind, sondern je nach Siedlungstyp und naturräumlicher bzw. orographischer Situation auch im suburbanen bis ländlichen Raum auftreten können.

17 ∆ Städte in Asien (Sharon 1972) 16 ★ Städte in den USA und Kanada (Oke 1973) 15 Städte in Europa 14 Siedlungen im Rheingraben 13 Oberflächentemperatur 12 nach Satellitenbildern 11 (Matson u. a. 1978) 10 ö 7 6 5 3 2 1 0 100 1 000 10 000 100 000 1 Mio. 10 Mio. Einwohner

Abbildung 12: Maximale Temperaturabweichung im Zentrum von Siedlungen gegenüber dem Umland (Intensität der "städtischen Wärmeinsel"; Quelle: Schönweise 2013)

Ein rechtlich normierter (Temperatur-)Grenzwert, an dem sich die Stadt- und Regionalplanung als Zielgröße orientieren kann, existiert für den Stadtklimaeffekt - anders als beispielsweise für die Luft-



hygiene – bis dato nicht. Die VDI⁶-Richtlinie 3785, Blatt 1 "Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima" (VDI 2008a) definiert daher als Stand der Technik einen individuell auf den jeweiligen Untersuchungsraum bezogenen relativen Vergleich der zur Verfügung stehenden Informationen zur räumlich differenzierten thermischen bzw. bioklimatischen Belastungssituation. Die entsprechende Methodik sieht eine Normalisierung der relevanten Klimavariablen mittels einer sog. z-Transformation vor. Dieses statistische Verfahren bedingt einen flächendeckenden Datensatz und basiert auf der Formel:

$$z = (x - \mu) / \sigma$$

Dabei ist

- z standardisierter Wert der betrachteten Klimavariablen
- x Ausgangswert der betrachteten Klimavariablen
- μ arithmetisches Mittel der betrachteten Klimavariablen im Untersuchungsraum
- σ Standardabweichung der betrachteten Klimavariablen im Untersuchungsraum

Bei einer z-Transformation wird also das arithmetische Gebietsmittel der zu betrachtenden Klimavariablen zunächst gleich null gesetzt. Anschließend werden die Originalmaßeinheiten der um dieses Gebietsmittel streuenden Werte in Vielfache der Standardabweichung umgerechnet. Hieraus lassen sich gemäß VDI-Richtlinie vier Bewertungsklassen ableiten, deren Abgrenzung voneinander durch den Mittelwert sowie die einfache positive (sog. +S₁-Schranke) und negative (sog. -S₁-Schranke) Standardabweichung von diesem Mittelwert definiert ist.

Auf diese Weise lassen sich alle aus stadtökologischer Sicht relevanten und flächendeckend vorliegenden Daten in vier Bewertungsklassen überführen (Abbildung 13):

sehr günstig – günstig – weniger – günstig – ungünstig
 (z. B. bioklimatische Situation anhand von Temperatur, PMV⁷ oder PET⁸)

⁶ VDI = Verein Deutscher Ingenieure

⁷ PMV = Predicted Mean Vote

⁸ PET = Physiologisch Äquivalente Temperatur



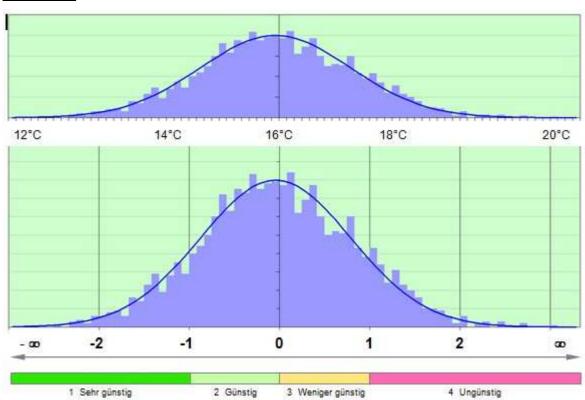


Abbildung 13: Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von Parametern

Um für die einzelnen Kommunen die Relevanz ihres spezifischen Stadtklimaeffektes analysieren zu können, wird in der vorliegenden Untersuchung das Temperaturfeld verwendet, das für die Region Magdeburg auf der Basis der durchgeführten Modellierung für eine autochthone sommerliche Wetterlage flächendeckend vorliegt (vgl. Kapitel 3.1). Gegenüber anderen Parametern (wie etwa dem PMV, der gefühlten Temperatur oder dem PET, vgl. hierzu VDI Richtlinie 3787, Blatt 2) weist die Temperatur den Vorteil auf, dass sie eine direkt messbare, allgemeinverständliche Größe darstellt, die auch als Indikator für die Wirksamkeit von etwaigen Maßnahmen oder Eingriffen z. B. im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) oder Monitoringprogrammen herangezogen werden kann.



Als Kommune mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt werden demnach Siedlungsräume definiert, die

- eine Siedlungsfläche von > 1 km² aufweisen und
- Teilflächen besitzen, die auf der Basis einer VDI-Richtlinien konformen Bewertung als bioklimatisch ungünstig einzustufen sind

Wie Kapitel 3.1 gezeigt hat, ist der Hitzeinseleffekt aus gesundheitlicher Perspektive insbesondere nachts, wenn sich der menschliche Organismus eigentlich vom Hitzestress am Tage erholen soll, als problematisch zu betrachten. Da sich in reinen Gewerbe- und Industriegebieten in der Regel in den Nachtstunden keine Menschen aufhalten bzw. hier nicht Erholung suchen, bleiben diese Nutzungskategorien bei der Betrachtung unberücksichtigt. Als Geobasisdaten für die Teilflächen innerhalb der Siedlungsräume wurde in der vorliegenden Studie die Geometrie der ATKIS-Daten mit Stand vom 31.12.2010 verwendet. Den Teilflächen wurden mithilfe der Geostatistik die Mittelwerte der sie schneidenden, aus der Modellierung stammenden Temperaturrasterdaten zugeordnet.

3.3 Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen

Für Kommunen mit relevantem Stadtklimaeffekt weisen Frei- und Grünflächen eine hohe klimaökologische Bedeutung auf. Sie dienen vor allem der nächtlichen Kaltluftproduktion bzw. dem –transport (u. a. Ackerflächen, Grünland, Brachflächen, größere innerstädtische Parkareale, Flußauen, Kleingartenanlagen). Diese Ökosystemdienstleistung ist aus bioklimatischer Perspektive von besonderer Relevanz. Denn nachts ist der Stadtklimaeffekt in aller Regel deutlicher stärker ausgeprägt als tagsüber und kann so die wichtige Regenerationsleistung des menschlichen Organismus während der Schlafphase deutlich herabsetzen. Aus diesem Grund konzentriert sich die vorliegende Analyse auf die klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen für die Nachsituation. Es soll allerdings auch darauf hingewiesen werden, dass natürliche, naturnahe oder auch anthropogen modellierte Freiflächen (u. a. stadtnahe Wälder, pocket parks⁹, Grünanlagen) der hitzegestressten Stadtbevölkerung tagsüber wichtige Erholungsräume bieten und auch aus diesem Grund eine Schutzwürdigkeit aufweisen.

Um die Relevanz der den Stadtkörper umgebenden Frei- und Grünflächen für den lokalen Kaltlufthaushalt bewerten zu können, sind mehrere Arbeitsschritte notwendig:

- Arbeitsschritt 1: Definition des räumlichen Einwirkungsbereiches des Stadtklimas
- Arbeitsschritt 2: Definition von zentralen Kaltluftleitbahnen
- Arbeitsschritt 3: Individuelle Bewertung der Frei- und Grünflächen

Zunächst einmal ist es notwendig, den räumlichen Einwirkungsbereich des Stadtklimasystems zu definieren, also zu analysieren, wie weit in die Umgebung der Stadtklimaeffekt jeweils ausstrahlt. Die

⁹ = grünraumplanerische Inwertsetzung einer zumeist kleineren innerstädtischen Brachfläche; dient zumeist dem Kurzaufenthalt, daher gelegentlich auch "5-Minuten Park" genannt



Systemgrenze hängt von verschiedenen Faktoren ab (u. a. Orographie, Stadtstruktur und –größe, Bodennutzung) und weist daher für jeden städtischen Raum eine individuelle Ausprägung auf.

Auf der Basis der durchgeführten Modellierungen in Verbindung mit einer fachgutachterlichen Einschätzung ist es möglich, den jeweiligen Einwirkungsbereich des Stadtklimas raumkonkret abzugrenzen. In diesem Gutachten wurde hierfür eine halbautomatisierte, GIS¹⁰-gestützte Analyse durchgeführt, bei welcher insbesondere herangezogen wurden:

- die Differenz des bodennnahen Temperaturfeldes der beiden Modellierungen ("mit Stadt" und "ohne Stadt") und
- das autochthone Windfeld ("Flurwindsystem") der Modellierung "mit Stadt".

Zunächst wurde der Einwirkraum des Stadtklimas auf der Basis des Temperaturfeldes grob abgegrenzt. Dieses Vorgehen basiert auf der Annahme, dass der Hitzeinseleffekt vom Stadtkern über den Stadtrand bis in das Stadtumland allmählich geringer wird und in einer bestimmten Entfernung keinen Einfluss mehr auf das Temperaturfeld ausübt. Als Grenzwertbereich ist in Abhängigkeit von den sich überlagernden Nachbarschaftsbeziehungen der Kommunen in der Region Magdeburg eine Temperaturabweichung von -0,1 K¹¹ bis -0,5 K zwischen der Modellierung "ohne Stadtkörper" im Vergleich zur Modellierung "mit Stadtkörper" festgelegt worden. Es handelt sich also um einen relativ konservativen Ansatz, der sicherstellt, dass alle potentiell für das Stadtklima relevanten Frei-/ und Grünflächen berücksichtigt werden.

Zur Überprüfung und ggf. Modifikation dieses Ergebnisses ist anschließend das autochthone Windfeld mit dem Wirkraum GIS-basiert verknüpft worden. Das Windfeld zeigt sowohl Fließrichtung als auch – geschwindigkeit der in der Umgebung produzierten Kaltluft. Insbesondere die Analyse der Windrichtung ermöglicht es, die sich ggf. überlagernden Einflussbereiche von benachbarten Stadtkörpern von einander abzugrenzen. Durch die sich aufgrund des Stadtklimaeffektes entwickelnden lokalen Drucksysteme sind die Flurwinde sehr deutlich auf einen bestimmten Stadtkörper ausgerichtet. Aus dem Windfeld lassen sich darüber hinaus auch weitere Kaltluftquellgebiete abschätzen. Deren bodennahe Temperaturen müssen zwar nicht mehr zwangsläufig vom überwärmten Stadtkörper beeinflusst werden, sie können aber ggf. dennoch über einen Verbund mit benachbarten Flächen an das Stadtklimasystem angeschlossen sein.

-

¹⁰ GIS = Geoinformationssystem

¹¹ entspricht der von der WMO definierten untersten Grenze der Genauigkeit der Temperaturmessung



Auf der Basis des autochthonen Windfeldes in Verbindung mit der abschließenden Definition des Einwirkungsbereichs lässt sich als fachgutachterliche Einschätzung (Arbeitsschritt 2) eine Definition von regional bedeutsamen Kaltluftleitbahnen vornehmen. Diese müssen folgende Voraussetzungen erfüllen:

- sie müssen eindeutig in Richtung urbane Hitzeinsel gerichtet sein,
- sie müssen ein ausreichend großes Kaltluftquellgebiet besitzen,
- sie müssen eine Mindestbreite von 100-200 m aufweisen.
- sie müssen eine Fließgeschwindigkeit von mindestens 0,3 m/s aufweisen (aufgrund eines fehlenden Kanalisierungseffektes kann bei sehr breiten Leitbahnen > 750 m auch eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s ausreichend sein).

In aller Regel liegt nur ein (kleinerer) Teil der Frei-/ und Grünflächen des Einwirkungsbereichs in einer Kaltluftleitbahn (inkl. Quellgebiet). Dieser Umstand ermöglicht es, im Arbeitsschritt 3 diesen Flächen eine klimaökologische Wertigkeit zuzuordnen. Diese verbal-argumentative Bewertung erfolgt nach Maßgabe des Auftraggebers in Form einer 3-stufigen Skala (Tabelle 3).

<u>Tabelle 2: 3-stufige Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Frei- und Grünflächen in der Region Magdeburg</u>

Klasse	Klartext	Bedingung
I	hohe klimaökologische Bedeutung	Lage innerhalb einer Kaltluftleitbahn
П	mittlere klimaökologische Bedeutung	Lage innerhalb des Stadtklima- einwirkungsbereichs, aber au- ßerhalb einer Kaltluftleitbahn
Ш	geringe klimaökologische Bedeutung	Lage außerhalb des Stadtklima- einwirkungsbereichs



4 Ergebnisse

4.1 Übersicht über die Modellierungsergebnisse – Temperaturfeld und Windsysteme

Abbildung 14 stellt ein grundlegendes Ergebnis des Modelllaufs "mit Stadt" dar. Sie zeigt das bodennahe Temperaturfeld (2 m über Grund) um 04:00 Uhr morgens während einer autochthonen Wetterlage. Um diese Zeit ist der Stadtklimaeffekt am stärksten ausgeprägt. Deutlich zu erkennen sind die thermischen Unterschiede zwischen den kühlen landwirtschaftlichen Freiflächen und den etwas wärmeren Waldflächen einerseits sowie den locker bebauten Stadträndern und kleineren Kommunen und dem dicht besiedelten, überwärmten Verdichtungsraum Magdeburg andererseits (siehe auch Tabelle 3).

Der Mittelwert der Temperatur liegt im Untersuchungsgebiet für die betrachtete Wetterlage bei 14,4 °C, die Spannbreite zwischen dem wärmsten und kältesten Punkt bei 8,4 °C. Im Modelllauf "ohne Stadt" liegt der Mittelwert bei 14,1 °C, die Spannbreite bei ca. 6,5 °C. Die Siedlungsflächen heizen die Region also im Mittel lediglich um ca. 0,3 °C auf. Zum Vergleich: Der Klimawandel hat bis heute im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter in Deutschland zu einer Temperaturerhöhung von 0,9 °C geführt. Der Einfluss der städtischen Wärmeinsel ist bezogen auf das Gesamtgebiet der Region Magdeburg also selbst bei extremen Wetterlagen eher gering.

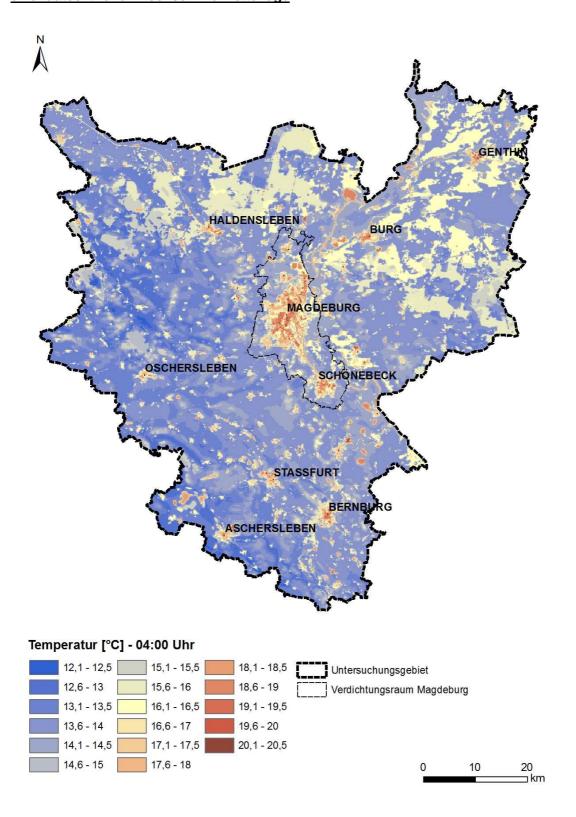
Die mit fast 2 °C deutlich erhöhte Spannweite zwischen den beiden Modellläufen in Verbindung mit den deutlich erkennbaren lokalen Hot-Spots der Temperatur im unmittelbaren Einflussbereich der größeren Agglomerationen machen aber die kleinräumige Relevanz des Stadtklimas mehr als deutlich. Auch hier zum Vergleich: 2 °C ist etwa die Temperaturzunahme, die durch den Klimawandel für Sachsen-Anhalt im Zeitraum 2041-2070 gegenüber der Klimanormalperiode 1961-1990 zu erwarten sein dürfte.

Tabelle 3: Temperaturkennwerte in wichtigen Nutzungskategorien des Untersuchungsgebietes

Nutzungsklassen	Bezeichnung	Temperaturmittel	Temperaturspanne
1-2	Kernstadt	19,0°C	16,9°C – 20,5 °C
5	Stadtränder, ländliche Kommunen	16,2°C	12,7°C – 18,6°C
11-13	Waldflächen	15,6°C	12,2°C – 17,3°C
8	Baulich geprägte Grünflächen	15,5 °C	12,7°C – 17,7°C
9	Freifläche	13,8°C	12,1°C – 17,2°C
1-14		14,4°C	12,1°C – 20,5 °C



Abbildung 14: bodennahes Temperaturfeld um 04:00 Uhr in der Region Magdeburg während einer autochthonen Hochsommerwetterlage





Neben dem Temperaturfeld ist das Windfeld die zweite wichtige Grundlage für die Beantwortung der Kernfragen des vorliegenden Gutachtens. Während autochthoner Wetterlagen können grundsätzlich zwei thermisch induzierte Windsysteme für den nächtlichen Kaltlufthaushalt von Belang sein: Hangabwinde und Flurwinde. Erstere benötigen als Antrieb einen gewissen Grad an Reliefenergie und treten daher verstärkt in Mittel- und Hochgebirgsregionen, in geringerer Ausprägung vereinzelt aber auch schon in Hügellandschaften auf. Das Vorhandensein eines Stadtkörpers am Hangfuß ist für das System nicht zwingend, verstärkt ihn aber.

Wenn das System in Gang gesetzt wird, werden durchaus Fließgeschwindigkeiten von mindestens 2-3 m/s erreicht und es können große Kaltluftvolumina über mehrere hundert Meter bis zu wenigen Kilometern transportiert werden. Aufgrund der relativ geringen orographischen Unterschiede in der Region Magdeburg (vgl. auch Kapitel 3.1.6) spielen echte Hangwinde im Untersuchungsgebiet quasi keine Rolle (0,03 % aller Rasterzellen). Windgeschwindigkeiten von > 2,0 m/s treten bei einem Maximum von 2,3 m/s lediglich im Harzvorland im äußersten Südwesten der Region auf. Da sich keine größere Stadt in der Nähe befindet, hatte dieses lokale System aus gutachterlicher Sicht keine Raumrelevanz. Schwächere Handwinde von max. 1,5 m/s kommen beispielsweise im Großraum Aschersleben vor und spielen dort eine wichtige Rolle für den lokalen Kaltlufthaushalt (vgl. Abbildung 39).

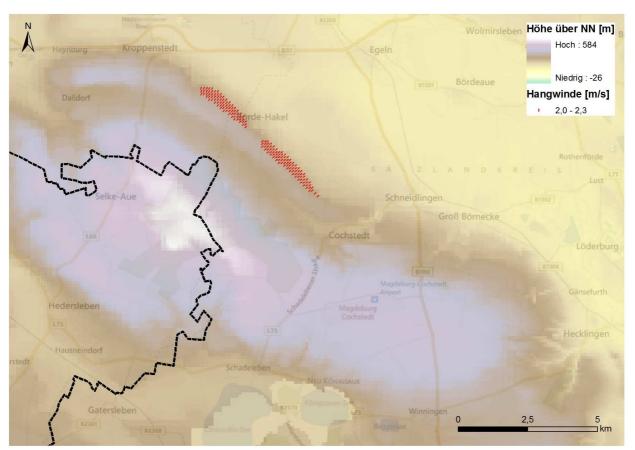


Abbildung 15: Hangwinde im Südwesten des Unterschungsgebietes



Flurwinde hingegen sind für das Lokalklima der urbanen Räume in der Region Magdeburg von deutlich größerer Bedeutung. Sie werden durch das Stadt-Umland-Windsystem in Gang gesetzt und sind je intensiver ausgeprägt desto größere Luftdruckunterschiede sich zwischen Wärmeinsel und Kältepol ausprägen können (vgl. Kapitel 2). Die maximalen Windgeschwindigkeiten liegen in der Regel zwischen 1-2 m/s. Aber auch geringere Windgeschwindigkeiten (ab ca. 0,2 m/s) können bei entsprechend freiem Fließfeld und günstiger Gefällesituation bioklimatisch wirksam sein und relevante Mengen an Kaltluft in Richtung Wärmeinsel transportieren.

Dass der Übergang zwischen starken Flurwinden und schwachen Hangwinden fließend ist und sich die beiden Systeme z. T. auch untereinander und mit anderen Systemen in unbebauten Teilräumen (z. B. Acker-Wald-Systeme, Kanalisierungseffekte in Flußtälern) überlagern können, verdeutlicht Abbildung 16. So können einige Teilräume mit Windgeschwindigkeiten > 1 m/s nicht alleine auf den Wärmeinseleffekt zurückgeführt werden. Dies ist z. B. im Nordosten zwischen Genthin und Burg sowie im Nordwesten im Bereich des Drömlings der Fall, wo große Agglomerationen fehlen und dennoch waldbeeinflusste Flurwindgeschwindigkeiten von rd. 1 m/s erreicht werden.

Vor allem im Einflussbereich des Verdichtungsraumes Magdeburg können die vergleichsweise hohen Flurwindgeschwindigkeiten aber primär auf den Stadtklimaeffekt zurückgeführt werden. Ersichtlich wird dies aus Abbildung 17, in der neben einer flächenhaften Darstellung der Fließgeschwindigkeit auch die Fließrichtung der Flurwinde abgebildet ist. Diese wehen eindeutig Richtung Verdichtungsraum, wobei die offensichtliche Ablenkung je deutlicher wird desto näher sich die Luftmassen an der Bebauung befinden.

Selbiges ist in schwächerer Ausprägung auch für die im Norden gelegenen Kommunen Burg und Genthin erkennbar. In den größeren Kommunen des nordöstlichen Harzvorlandes (Staßfurt, Aschersleben, Bernburg) überlagert sich das Stadt-Umland-Windsystem hingegen mit schwach ausgeprägten Hangwinden (s. o.).



Abbildung 16: Flurwindsystem im Untersuchungsgebiet (teilweise überlagert durch andere Windsyteme)

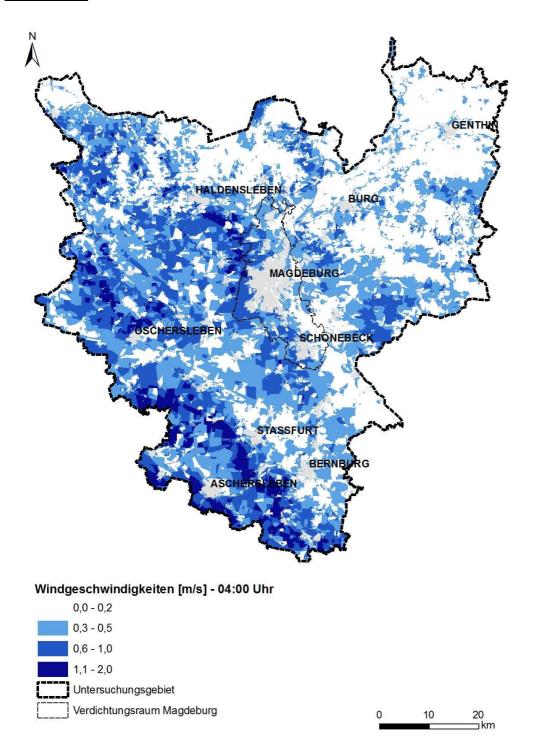
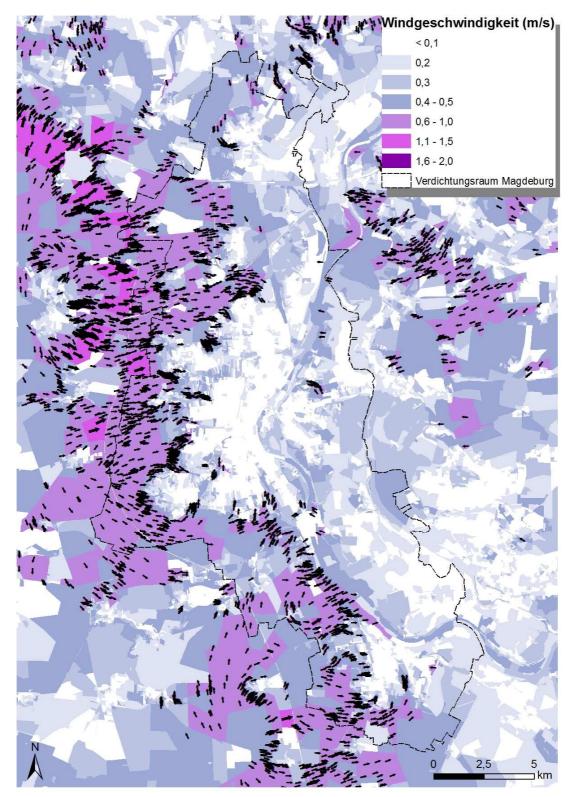




Abbildung 17: Flurwindsystem im Verdichtungsraum Magdeburg

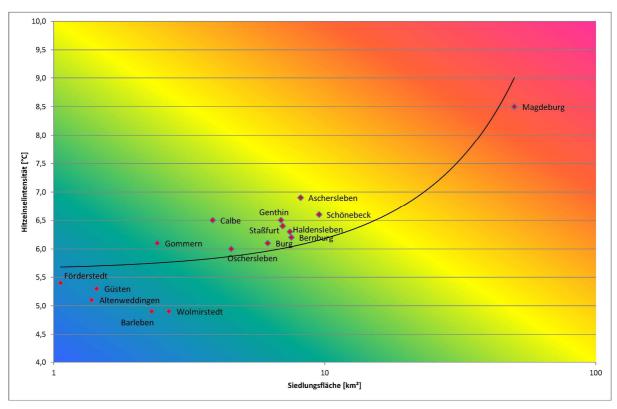




4.2 Identifizierung von Kommunen mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt mit besonderem Fokus auf den Verdichtungsraum Magdeburg

Unter Anwendung der in Kapitel 3.2 beschriebenen Methodik ergibt sich für 16 (von insgesamt 31) Kommunen der Region Magdeburg ein aus fachgutachterlicher Sicht als relevant zu bewertender Stadtklimaeffekt (kartographische Übersicht siehe Abbildung 25 im Anhang). Der Effekt fällt tendenziell je intensiver aus, desto größer eine Kommune ist (Abbildung 18). Die am stärksten ausgeprägte Wärmeinsel zeigt demnach erwartungsgemäß die Landeshauptstadt Magdeburg. Hier liegt die modellierte Temperaturspanne zwischen dem wärmsten Punkt der Innenstadt und dem kältesten Punkt des beeinflussten Umlandes bei 8,5 °C. Neben dem Oberzentrum weist das Modell auch in sämtlichen Mittelzentren einen deutlichen Stadtklimaeffekt aus. Dieser liegt zwischen 6,0 °C in Oschersleben und 6,9 °C in Aschersleben.

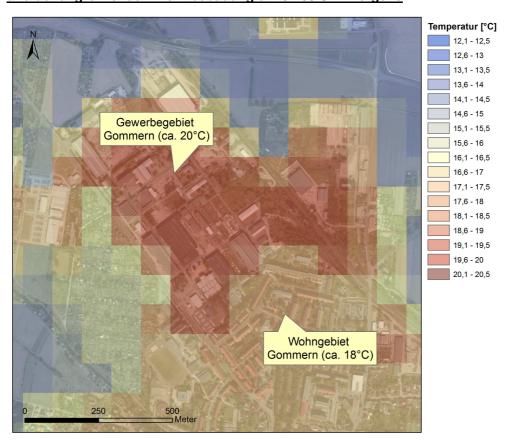
Abbildung 18: Intensität der städtischen Wärmeinsel in bioklimatisch belasteten Kommunen der Region Magdeburg





In kleineren Kommunen ist die Wärmeinselintensität geringer. Dennoch erreicht sie selbst in Güsten, Altenweddingen, Barleben und Wolmirstedt mit Werten um 5 °C immer noch ein Niveau, aus dem sich für einzelne Teilflächen ein relevantes Belastungsniveau für den Menschen ergeben kann. Während bei den größeren Städten ab ca. 15 000 – 20 000 Einwohnern eher die dicht bebauten Kernstadtquartiere die thermisch bzw. bioklimatisch am stärksten belasteten Teilräume (sog. Hot-Spots, siehe hierzu auch GEO-NET 2013) darstellen, beruht das hohe Belastungsniveau in den kleineren Kommunen tendenziell auf siedlungsnahen, stark versiegelten Gewerbegebieten oder (ehemaligen) Industrieanlagen. So ist das Gewerbegebiet Gommern auf dem Gelände des ehemaligen Erdöl-Erdgas-Werkes nachts rund 2 °C wärmer als die angrenzende Zeilenhaussiedlung. Es kann begründet davon ausgegangen werden, dass das Wohnquartier ohne die thermische Nahwirkung des Gewerbegebietes signifikant kühler wäre und ggf. sogar ein im Sinne dieses Gutachtens als irrelevant einzustufendes Belastungsniveau aufweisen würde.

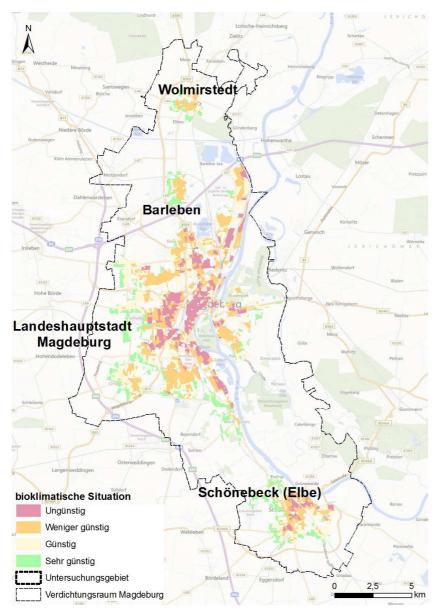
Abbildung 19: Modellierter Temperaturunterschied zwischen dem Gewerbegebiet Gommern und der angrenzenden Wohnbebauung um 04:00 Uhr morgens





Einen besonderen Belastungsschwerpunkt stellt der Verdichtungsraum Magdeburg inklusive der Stadt Schönebeck sowie den Gemeinden Barleben und Wolmirstedt dar. Einen Eindruck vom Belastungsniveau und dessen Spannbreite im Verdichtungsraum vermittelt Abbildung 20. Es wird zum einen deutlich, dass in kleineren Teilgebieten der Stadt Schönebeck ähnliche thermische Belastungen, wie in der Magdeburger Kernstadt auftreten. Zum anderen wird deutlich, dass die Bewohner der beiden nördlichen Gemeinden zwar einem insgesamt niedrigeren Belastungsniveau ausgesetzt sind, dass aber auch in Barleben und Wolmirstedt Teilflächen mit "weniger günstigen" bioklimatischen Verhältnissen existieren, was dem Stand der Technik entsprechend Minderungsmaßnahmen nach sich ziehen sollte (vgl. VDI 2008).

<u>Abbildung 20: Bioklimatisches Belastungsniveau im Siedlungsbereich des Verdichtungsraumes Magdeburg</u>





Insgesamt wird deutlich, dass dem (Bio-)Klima des Verdichtungsraumes Magdeburg – vor allem für die Städte Magdeburg und Schönebeck - seitens Politik und Planung/Verwaltung zukünftig verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Über eine etwaige Umwidmung von wichtigen Frei- und Grünflächen sollten auch unter diesem Aspekt über Kommunalgrenzen hinaus gemeinsam entschieden werden. Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass die hier gewählte Modellauflösung von 100 m für detailliertere Aussagen (z. B. zu den Auswirkungen einzelner Bauvorhaben) zu grob ist. Für (raum)konkrete Einschätzungen sind zusätzliche Analysen in einer höheren Modellauflösung und/oder Messungen notwendig.

Aus den geschilderten Ergebnissen für die 16 Kommunen mit relevantem Stadtklimaeffekt sollte nicht der Umkehrschluss gezogen werden, dass in den übrigen 31 Kommunen überhaupt kein Stadtklimaeffekt auftritt bzw. eine flächendeckend günstige bioklimatische Situation herrscht. Deren räumliche Ausdehnung bzw. Intensität wird in diesem Gutachten allerdings als nicht ausreichend relevant bewertet, um daraus eine mehr als geringe klimaökologische Bedeutung der angrenzenden Freiräume ableiten zu können.

4.3 Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen in der Region Magdeburg mit besonderem Fokus auf den Verdichtungsraum Magdeburg

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte zur Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen im Einwirkungsbereich der von einem relevanten Stadtklimaeffekt betroffenen Kommunen am Beispiel der Stadt Schönebeck bzw. des Verdichtungsraumes Magdeburg erläutert. Dabei wird auch auf etwaige methodische Probleme aufmerksam gemacht. Identische Analysen wurden auch für die übrigen betroffenen Kommunen durchgeführt. Zentrale Ergebniskarten finden sich im Anhang.

Die Stadt Magdeburg verfügt bereits über eine detaillierte Stadtklimaanalyse (GEO-NET 2013). Da in der in diesem Rahmen entstandenen Planungshinweiskarte in Verbindung mit der daraus abgeleiteten Ausweisung von "Ökologischen Baubeschränkungsbereichen Stadtklima" bereits eine fundierte Bewertung der Grün- und Freiflächen innerhalb der Stadtgrenze stattgefunden hat, werden die Ergebnisse hier nachrichtlich übernommen. Dabei wurden die Klassen sehr hohe und hohe bioklimatische Bedeutung zu der Klasse hohe Bedeutung zusammengefasst und damit die ursprünglich 4-stufige Bewertung auf eine 3-stufige Bewertung überführt. Die übrigen Grün- und Freiflächen außerhalb des Magdeburger Stadtgebietes wurden der in Kapitel 3.3 beschriebenen Methodik entsprechend bewertet. Die einzelnen Arbeitsschritte sind im Folgenden zunächst für das Beispiel der Stadt Schönebeck dargestellt (Kapitel 4.3.1). Anschließend werden diese in den Kontext des Verdichtungsraumes Magdeburg bzw. in den gesamten Untersuchungsraum eingegliedert (Kapitel 4.3.2).



4.3.1 Herleitung der Ergebnisse am Beispiel der Stadt Schönebeck

Im oberen Teil von Abbildung 21 sind für den Großraum Schönebeck das lokale Flurwindfeld des Modelllaufs "mit Stadt" (Pfeilsignaturen) sowie eine fachgutachterliche Einschätzung der Temperaturdifferenz Δ T zwischen den beiden Modellläufen "mit Stadt" und "ohne Stadt" (flächenhafte Signatur) dargestellt (vgl. hierzu Kapitel 3.1.6).

Grundsätzlich wird aus der Darstellung ersichtlich, dass die Stadt Schönebeck sich während stabiler sommerlicher Hochdruckwetter stark genug aufheizt, um auf der Basis von Luftdruckunterschieden das Stadt-Umland-Windsystem in Bewegung zu setzen. Die Windpfeile in der näheren Umgebung der Stadt sind eindeutig auf das Stadtzentrum hin ausgerichtet. Dieses trifft insbesondere auf den südlichen und westlichen Teil des Stadtkörpers zu. Im Norden und Osten entsteht hingegen kaum eine Dynamik und damit auch kein nennenswerter Abfluss von Kaltluft. Mit zunehmender Distanz vom Stadtkörper verliert der Wärmeinseleffekt Schönebecks an Wirkung. In rund 1 – 1,5 km Entfernung von der Bebauungsgrenze fließt der Kaltluftstrom weitgehend unbeeinflusst vom Stadtkörper dem Gefälle folgend Richtung Elbe ab. Insgesamt bietet das modellierte Windfeld also einen hinreichend guten Ansatzpunkt, um den Einwirkungsbereich des Stadtklimas flächenkonkret abzugrenzen.

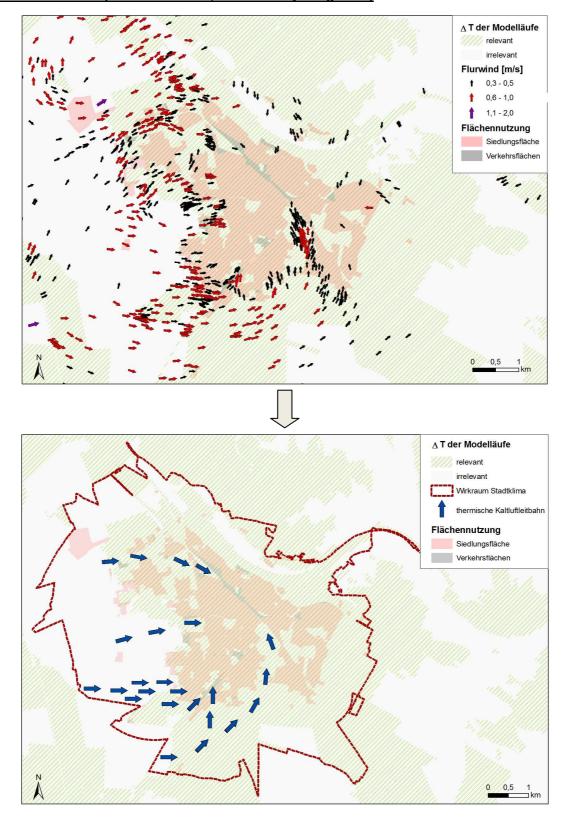
Weniger eindeutig als beim Windfeld sind die Analyseergebnisse für die Temperaturdifferenzen zwischen den beiden Modellläufen. Zwar ergibt sich innerhalb des Schönebecker Stadtkörpers ein Temperaturdelta von bis zu 3,9 °C, außerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile nimmt dieser Effekt allerdings sehr schnell sehr stark ab. In der Abbildung wurde als Relevanzgrenzwert 0,1 °C gewählt. Dennoch ergibt sich beispielsweise im Westen unmittelbar hinter der Bebauungsgrenze eine irrelevante Temperaturdifferenz. Folglich zeigt der gewählte Ansatz zwar sehr deutlich den Effekt der Bebauung innerhalb der Ortschaften, er macht aber auch deutlich, dass der Effekt des Stadtklimas auf die Temperatur in der Umgebung räumlich sehr begrenzt ist.

Daher basiert die räumliche Abgrenzung eines Stadtklimaeinwirkungsbereichs im unteren Teil der Abbildung vor allem auf dem autochthonen Windfeld des Modelllaufs "mit Stadt". In Einzelfällen wurden die Temperaturfelder aber ergänzend berücksichtigt. Die unregelmäßige Struktur der Grenze ist dabei auf die Geometrie des ATKIS-Datensatzes zurückzuführen, auf den gemäß Auftrag alle Bewertungen zu beziehen waren.

Neben der Grenze des Stadtklimawirkraums sind im unteren Teil der Abbildung auch die zentralen Kaltluftleitbahnen Schönebecks eingezeichnet (blaue Pfeilsignatur). Diese stellen eine generalisierende Interpretation des autotonen Windfeldes dar und geben Hinweise auf die Fließwege wichtiger Kaltlufttransporte in die Kernstadt. Für Schönebeck gilt, dass nennenswerte Kaltluftströme insbesondere aus westlichen bzw. nord-/südwestlichen Richtungen kommen. Über das tatsächliche Volumen dieser Ströme kann in diesem Gutachten keine Aussage getroffen werden. Die relativ geringen Windgeschwindigkeiten von vorwiegend < 1 m/s deuten aber eher auf vergleichsweise geringe Luftmassentransporte hin.



Abbildung 21: Ableitung des Stadtklimawirkraums und von Kaltluftleitbahnen am Beispiel der Stadt Schönebeck (oben: Rohdaten; unten: Analyseergebnis)





Im oberen Teil der Abbildung 22 sind die für die Stadt Schönebeck identifizierten Kaltluftleitbahnen gemeinsam mit der gutachtenspezifischen 14-stufigen Nutzungsklassifizierung dargestellt. Es wird ersichtlich, dass insbesondere solche Grünzüge als zentrale Leitbahnen fungieren, die eine Verbindung zwischen den thermisch belasteten Kernbereichen und den Kaltluft produzierenden Freiflächen im Einwirkungsbereich des Stadtklimas herstellen (z. B. Leitbahnen L2 und L4).

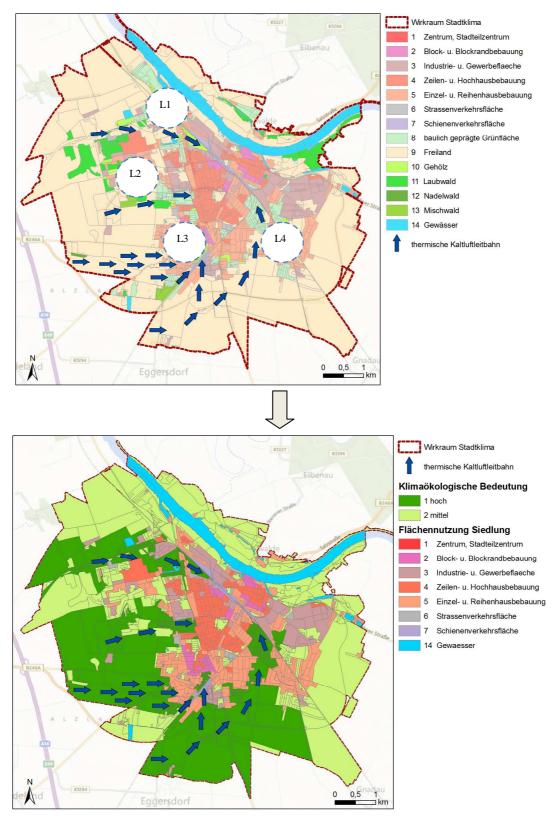
Die Leitbahnen transportieren dabei im Übrigen nicht nur vergleichsweise kühlere, sondern auch saubere Luft in die Stadt. Sie sind also auch aus lufthygienischer Sicht von hoher Bedeutung. Auch breite Straßen oder Gleisanlagen mit einem hohen Grünanteil (Straßenbegleitgrün, grüne Gleisbette, Straßenbäume, etc.) können eine hinreichend gute Kaltluftleitbahn darstellen (z. B. das Ende der Leitbahn L3). Als stark frequentierte Ein- und Ausfallstraßen weisen sie allerdings nicht selten erhöhte Luftschadstoffwerte auf (u. a. Feinstäube und Stickoxide).

Leitbahnen sind also vor allem dann besonders wertvoll, wenn sie möglichst unverbaut, grün, breit sowie emissionsarm bzw. –frei sind und möglichst weit in die Stadt hineinreichen. Insofern sind die Quellgebiete der Leitbahn, also der Ort, an dem ein Großteil der von ihr transportierten Kaltluft entsteht, ebenso wichtig wie ihr Einwirkungsgebiet im Stadtinneren. Aber auch die Flächen, die außerhalb der zentralen Leitbahnen und innerhalb des Einwirkbereichs des Schönebecker Stadtklimas liegen, haben eine mehr als geringe klimaökologische Bedeutung. Zum einen können über Ihnen (wenn auch geringere) Kaltluftvolumina entstehen, die sie über das Flurwindsystem in die eigentlichen Leitbahnen einspeisen. Zum anderen können sie bei bestimmten nicht autochthonen Wetterlagen und entsprechender Exposition die Funktion eines Kaltluftquellgebiets übernehmen. Im Falle von Schönebeck betrifft dies beispielsweise die östlich der Stadt gelegenen Ackerflächen. Diese werden dann relevant, wenn sich im Hochsommer eine stabile Ostwetterlage einstellt, die kontinentales und damit trockenheiße Luft mit sich führt. Letztlich handelt es sich bei Freiflächen außerhalb der Leitbahnen häufiger auch um Waldflächen, die tagsüber der hitzegestressten Stadtbevölkerung Erholung als Ökosystemdienstleistung anbieten.

Insofern sind die Quell-, Transport- und Einwirkungsbereiche der für Schönebeck relevanten Kaltluftleitbahnen im unteren Teil der Abbildung mit einer hohen und die Bereiche außerhalb der Leitbahnen mit einer mittleren klimaökologischen Wertigkeit verknüpft worden. Freiflächen mit einer geringen klimaökologischen Bedeutung existieren demnach innerhalb des Stadtklimawirkungsbereichs auch in den übrigen Kommunen der Region Magdeburg nicht.



Abbildung 22: Abschließende Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen am Beispiel der Stadt Schönebeck (oben: unbewertet; unten: Bewertungsergebnis)





4.3.2 Zentrale Ergebnisse für den Verdichtungsraum Magdeburg und das gesamte Untersuchungsgebiet

Analog zu den in Kapitel vorgestellten Analysen für die Stadt Schönebeck wurden auch für alle übrigen 14 Kommunen, für die ein relevanter Stadtklimaeffekt ermittelt wurde und die bisher noch nicht über eigene Untersuchungen zur Klimaökologie verfügen, Detailauswertungen vorgenommen. Entsprechende Abbildungen inklusive Kaltluftleitbahnen finden sich in einem in etwa der Flächennutzungsplanebene entsprechenden Maßstab im Anhang.

Abbildung 23 zeigt als ein zentrales Ergebnis des vorliegenden Gutachtens die klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen im gesamten Untersuchungsraum. Es wurde bereits in Kapitel 4.1 im Zusammenhang mit dem regionalen Temperaturfeld darauf aufmerksam gemacht, dass die Auswirkungen des Stadtklimas auf das Regionalklima insgesamt eher gering ausfallen und sich die Relevanz des Wärmeinseleffektes auf den Nahbereich der Städte und Gemeinden konzentriert. Dementsprechend fällt der Anteil derjenigen Grün- und Freiflächen, denen hier eine geringe klimaökologische Bedeutung zugeschrieben wird mit 91 % relativ hoch aus (vgl. Tabelle 4). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass lediglich 4 % der Flächen eine hohe Wertigkeit zukommt. Dieser auf den Gesamtraum bezogene geringe Anteil darf jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass gerade diese Flächen nicht unwesentlich zum thermischen Wohlbefinden und damit zur "Volksgesundheit" von mehreren 100 000 Menschen beitragen und im Extremfall sogar Leben retten können.

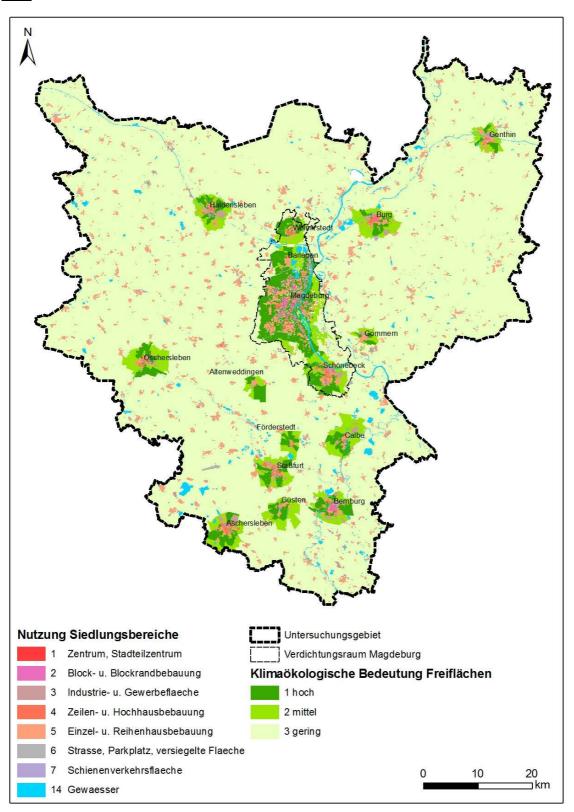
Dieser Zusammenhang wird besonders im Verdichtungsraum Magdeburg - und in ihm insbesondere in den Städten Magdeburg und Schönebeck - deutlich, der auch in Abbildung 23 optisch hervorsticht. In Kapitel 4.2 wurde ja bereits darauf hingewiesen, dass der Verdichtungsraum den Belastungsschwerpunkt im Untersuchungsraum darstellt. Er beheimatet rd. 250 000 Menschen und damit rd. 40 % der Gesamtbevölkerung der polyzentrischen Region. Diese Sonderstellung spiegelt sich auch in der Bewertung der klimaökologischen Bedeutung der Frei- und Grünflächen im Verdichtungsraum wider. Der Anteil der Klasse I liegt hier fast um das 10-fache höher als für die gesamte Region. Auffällig ist auch, dass die hochwertigen Grünflächen im Verdichtungsraum einen nahezu lückenlosen Verbund bilden, was die Dringlichkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit zusätzlich unterstreicht.

Tabelle 4: Flächenanteile der klimaökologischen Wertstufen im Verdichtungsraum Magdeburg

Klasse	Klartext	Flächenanteil Verdichtungsraum [%]	Flächenanteil gesamtes UG [%]
I	hohe klimaökologische Bedeutung	37%	4%
II	mittlere klimaökologische Bedeutung	26%	5%
Ш	geringe klimaökologische Bedeutung	37%	91%



Abbildung 23: Klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen in der Region Magdeburg





5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Aus klimaökologischer bzw. bioklimatischer Perspektive erbringen die Grün- und Freiflächen in der Region Magdeburg gleich eine zweifache Ökosystemdienstleitung. Zum einen können ihn hitzegestresste Stadtbewohner tagsüber als Erholungsraum nutzen und ihren Organismus so robuster gegenüber Krankheiten aller Art machen. Zum anderen sind Grünzüge aber vor allem auch Kaltluftproduktions- und –transportflächen, die überwärmte Stadtteile nachts aktiv abkühlen und den Bewohnern so einen erholsamen Schlaf ermöglichen. Es erscheint daher also doppelt ratsam, der Klimaökologie in der Regionalplanung ein entsprechendes Gewicht beizumessen.

Das Gutachten liefert hierfür zum einen wichtige, modellgestützte Grundlageninformationen über die Ist-Situation des regionalplanerisch relevanten Stadtklimaeffektes (Kapitel 4.1). Dabei hat sich gezeigt, dass die Städte die ländliche und in weiten Teilen relativ dünn besiedelte Region als Ganzes betrachtet zwar nur unwesentlich aufheizen, dass das Stadtklima aber im Nahbereich von größeren Kommunen und insbesondere im Verdichtungsraum Magdeburg einen relevanten Effekt aufweist. In insgesamt 16 Kommunen der Region hat das Gutachten ein thermisches Belastungsniveau ermittelt, dass eine regionalplanerische Berücksichtigung der angrenzenden Frei- und Grünflächen aus fachgutachterlicher Sicht rechtfertigt (Kapitel 4.2). Als Unterstützung eines entsprechenden Abwägungsprozesses hat das Gutachten für alle vom Stadtklimaeffekt betroffenen Kommunen einen räumlichen Einwirkungsbereich in das Umland definiert und darin wichtige Kaltluftleitbahnen identifiziert. Auf dieser Basis konnten sämtliche Frei- und Grünflächen in der Region in eine 3-stufige Klassifizierung ihrer klimaökologischen Bedeutung überführt werden. Demnach ist 4 % aller Freifläche in der gesamten Region bzw. 37 % im Verdichtungsraum Magdeburg eine hohe klimaökologische Bedeutung zuzuschreiben (Kapitel 4.3).

Grundsätzlich lassen sich auf Basis der Analyseergebnisse folgende Empfehlungen aussprechen:

- **Empfehlung 1**: Die Analyseergebnisse sollten Eingang in den Umweltbericht zum neuen Regionalen Entwicklungsplan finden. Über eine darüber hinaus gehende Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten sollte in der Regionalversammlung beraten werden.
- Empfehlung 2: Den betroffenen Kommunen sollte im Regionalen Entwicklungsplan nahegelegt werden, dem Beispiel der Stadt Magdeburg zu folgen und das Stadtklima exponiert in Ihrer Bauleitplanung zu berücksichtigen.
- Empfehlung 3: Aufgrund der gemeindeübergreifenden Relevanz des Themas sollte die Stadt/Regionalklimatologie auch vor dem Hintergrund des Klimawandels intensiven Eingang in das
 neu aufzustellende Integrierte Ländliche Entwicklungskonzept der Region Magdeburg finden.
- **Empfehlung 4:** Speziell für den Verdichtungsraum Magdeburg erscheint eine enge interkommunale Zusammenarbeit zum Thema Stadtklima angeraten. Analog zum Biotopverbundansatz sollte ein Klimatopverbund angestrebt werden.



Quellenverzeichnis

- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2013): Klimafunktionskarte, Planungshinweiskarte Klima/Luft, Bericht (Bestandteil der Klimaanalyse Magdeburg). Behördeninternes Dokument.
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2013): Fachgutachten Klimawandel für die Stadt Magdeburg. Behördeninternes Dokument.
- Fezer, Fritz (1995): Das Klima der Städte. Gotha: Perthes
- Gross, Günter (1993): Numerical simulation of canopy flows. Heidelberg: Springer.
- Mosimann, Th., Trute, P. und Frey, Th. (1999): Das Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. In: Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2013): Aktualisierung der Strategie des Landes Sachsen-Anhalt zur Anpassung an den Klimawandel. <a href="http://www.mlu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/MLU/Master-Biblio-thek/Landwirtschaft_und_Umwelt/K/Klimaschutz/Klimawandel/Anpassungsstrategie/Anpassungsstrategie 25 9 13.pdf
- MVI (=Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg) (2012): Städtebauliche Klimafibel. http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/
- Pfoser, Nicole et al. (2013): Gebäude Begrünung Energie Potenziale und Wechselwirkungen. Forschungsbericht. http://www.fll.de/shop/neuerscheinungen-1/gebaude-begrunung-energie-potenziale-und-wechselwirkungen.html
- Schönwiese, C.-D. (2013): Klimatologie. Stuttgart: Eugen Ulmer. 4. Auflage.
- VDI (= Verband Deutscher Ingenieure) (2008): Richtlinie 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadtund Regionalplanung. Teil I: Klima.
- VDI (= Verband Deutscher Ingenieure) (2008a): Richtlinie 3785, Blatt 1 "Umweltmeteorologie Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima".



Anhang

Abbildung 24: Klimaökologische Bedeutung von Frei- und Grünflächen im Verdichtungsraum Magdeburg

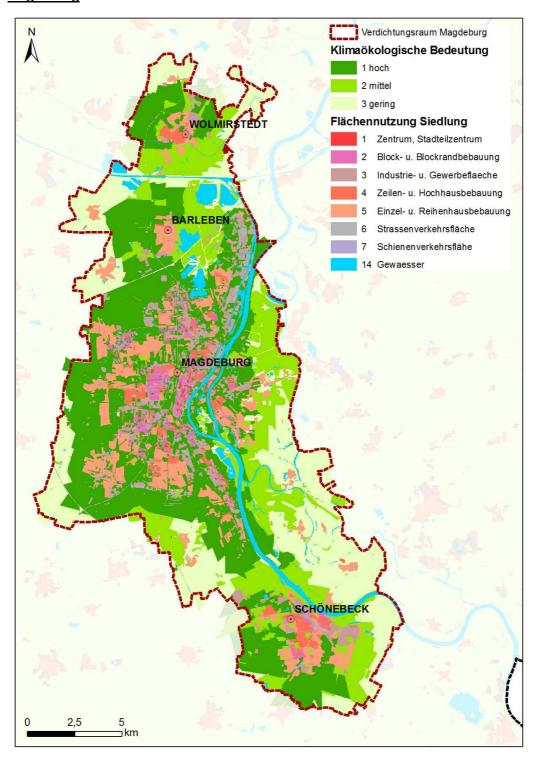
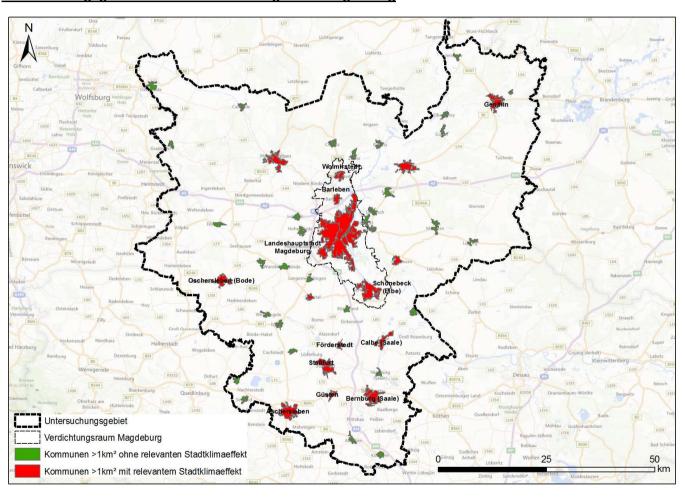
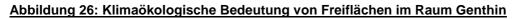


Abbildung 25: Relevanz des Stadtklimaeffektes in Kommunen mit einer Siedlungsgröße > 1 km² im gesamten Untersuchungsgebiet sowie im Verdichtungsraum Magdeburg







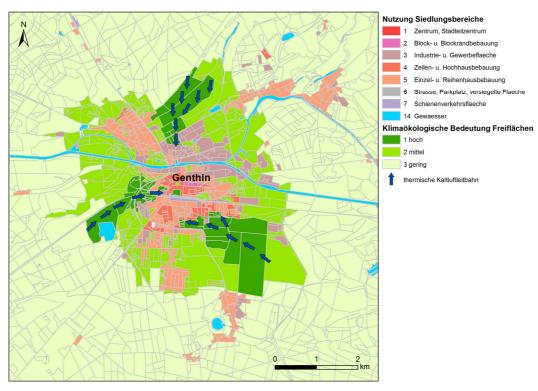
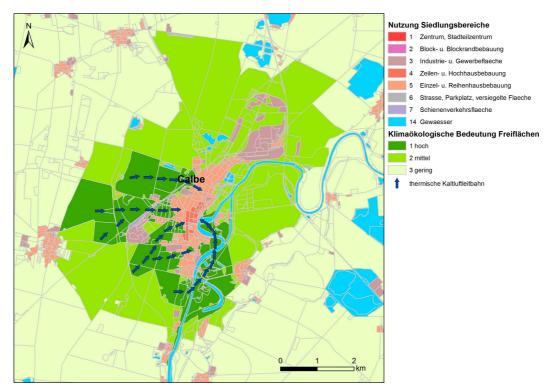


Abbildung 27: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Calbe





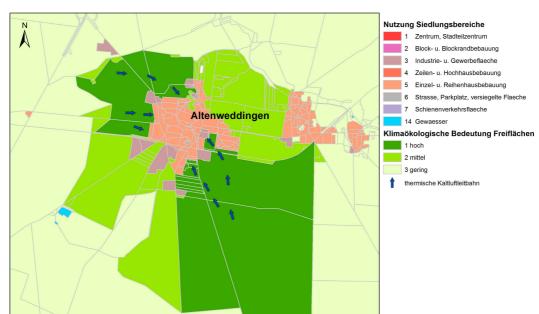
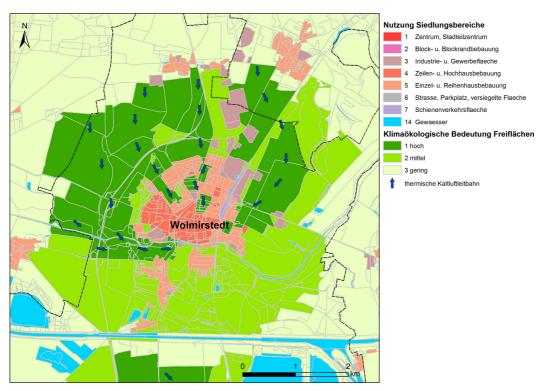
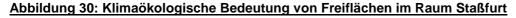


Abbildung 28: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Altenweddingen









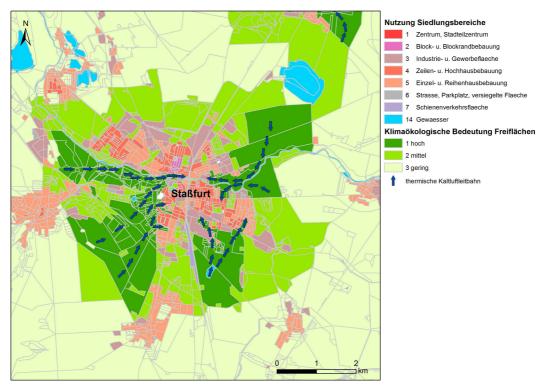


Abbildung 31: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Schönebeck

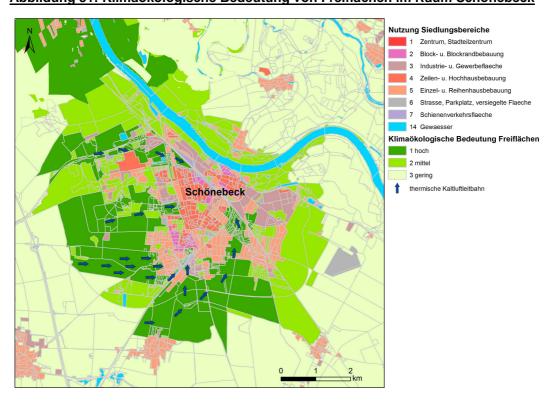




Abbildung 32: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Oschersleben

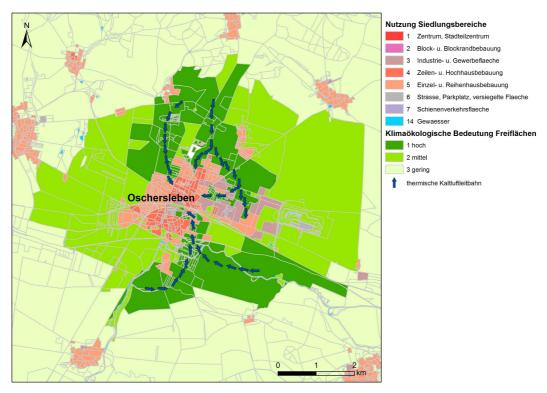
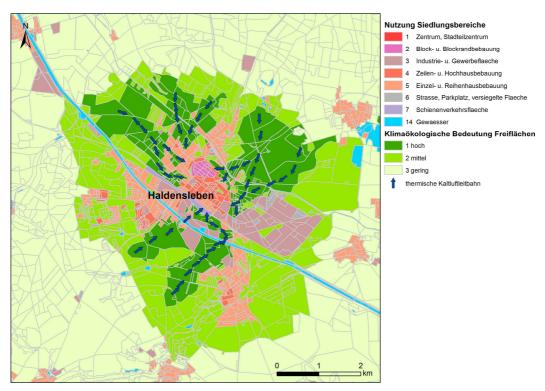


Abbildung 33: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Haldensleben





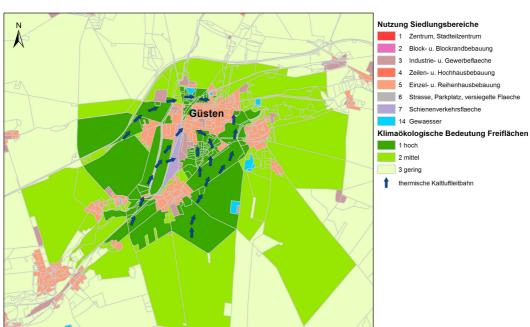
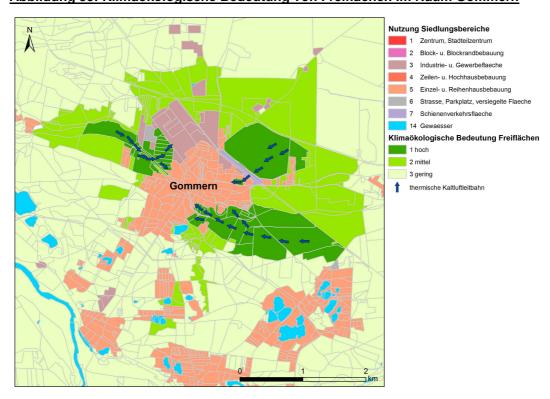
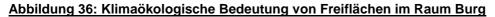


Abbildung 34: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Güsten









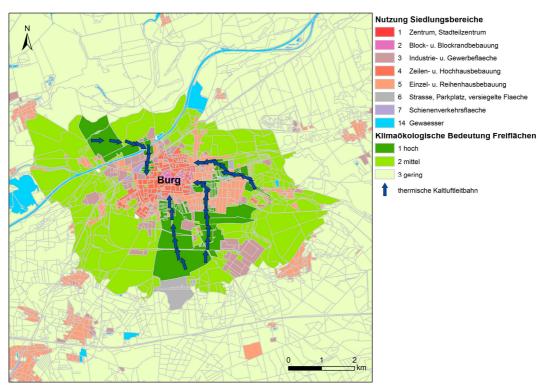
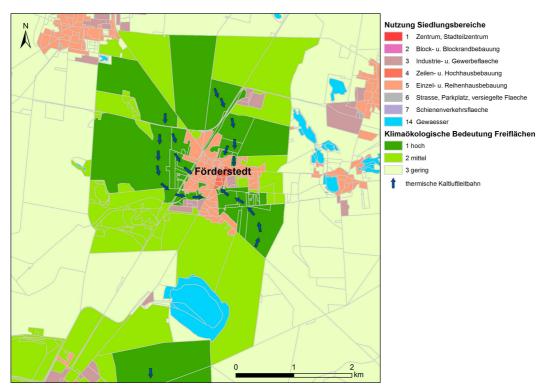
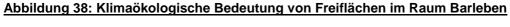


Abbildung 37: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Förderstedt







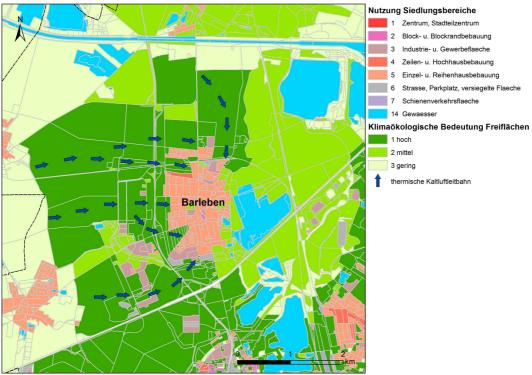


Abbildung 39: Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Raum Aschersleben

