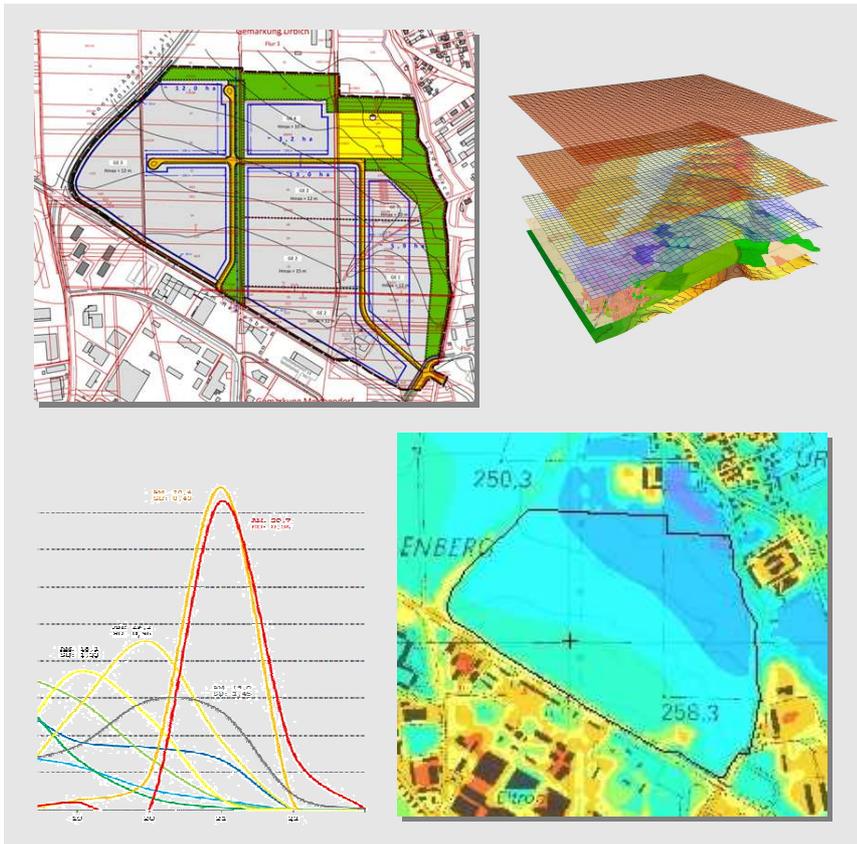


# Bebauungsplan URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg"

## Fachgutachten Klima und Lufthygiene



Auftraggeber:



**Landesentwicklungsgesellschaft  
Thüringen**  
Mainzerhofstraße 12  
99084 Erfurt



**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

Große Pfahlstraße 5a  
3 0 1 6 1 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

Hannover, 19. Dezember 2014

**Auftrag:** Bebauungsplan URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" – Fachgutachten Klima und Lufthygiene

**Standort:** Landeshauptstadt Erfurt  
Bundesland: Thüringen  
Deutschland

**Auftraggeber:** Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG)  
Mainzerhofstraße 12  
99084 Erfurt

**Projektnummer:** 2\_12\_010

**Berichtsnummer:** 2\_12\_010\_EF\_URB638\_Rev02\_20141219.pdf

**Version:** 1

**Datum:** 19. Dezember 2014

**Erstellt von:**



-----  
Dipl.-Geogr. Harald Kuttig

**Geprüft von:**



-----  
Dipl.-Met. Dr. Christa Etling

**GEO-NET**  
**Umweltconsulting GmbH**

Geschäftsführer:  
Dipl.-Geogr. Thorsten Frey  
Dipl.-Geogr. Peter Trute

Große Pfahlstraße 5a  
D-30161 Hannover  
Tel. (0511) 388 72 00  
Fax (0511) 388 72 01

info@geo-net.de  
www.geo-net.de

Amtsgericht Hannover  
HRB 61218

Hannoversche Volksbank eG  
KTO. 532 248 000  
BLZ 251 900 01

Die Erstellung des Gutachtens erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Das Gutachten bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Die Veröffentlichung bzw. Vervielfältigung und Weitergabe des Gutachtens bzw. von Auszügen oder Ergebnissen an Dritte bedarf des schriftlichen Einverständnisses von GEO-NET Umweltconsulting GmbH.

## Inhaltsverzeichnis

Seite:

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>1</b>
<b>Kartenverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>2</b>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis</b> .....	<b>4</b>
2.1 Das Bebauungsplanverfahren URB638.....	4
2.2 Geländehöhe und Nutzungsstruktur.....	5
2.3 Verkehrssituation.....	8
2.4 Straßenverkehrsbedingte Emission.....	10
<b>3. Methodik</b> .....	<b>12</b>
3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH.....	12
3.2 Synoptische Rahmenbedingungen.....	14
3.3 Das Ausbreitungsmodell ASMUS.....	16
<b>4. Ergebnisse Klimaökologie</b> .....	<b>18</b>
4.1 Oberflächennahe Lufttemperatur.....	19
4.2 Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft.....	24
4.3 Kaltluftvolumenstrom.....	29
4.4 Bioklimatische Situation.....	34
<b>5. Ergebnisse Lufthygiene</b> .....	<b>37</b>
5.1 Allgemeines.....	37
5.2 Ausprägung der Stickstoffdioxidimmission.....	40
5.3 Ausprägung der Feinstaubimmission.....	46
<b>6 Fazit</b> .....	<b>47</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>49</b>

## Kartenverzeichnis

Karte 3	Temperaturfeld in der Analysesituation .....	21
Karte 4	Temperaturfeld in der Prognosesituation .....	22
Karte 5	Differenz der Lufttemperatur zwischen Prognose und Analyse .....	23
Karte 6	Windfeld in der Analysesituation .....	26
Karte 7	Windfeld in der Prognosesituation .....	27
Karte 8	Differenz der Windgeschwindigkeit zwischen Prognose und Analyse .....	28
Karte 9	Kaltluftvolumenstrom in der Analysesituation .....	31
Karte 10	Kaltluftvolumenstrom in der Prognosesituation .....	32
Karte 11	Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Prognose und Analyse .....	33

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.01	Bebauungsplan URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" Vorentwurf 23.09.2013 (LEG THÜRINGEN 2013).....	4
Abb. 2.02	Geländehöhe im Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 12,5 m).....	5
Abb. 3.01:	Unterschiedliche Rasterweiten bei einem digitalem Geländehöhenmodell.....	13
Abb. 3.02:	Eingangsdaten für die Modellrechnung .....	14
Abb. 3.03:	Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen.....	15
Abb. 3.04:	Meteorologische Kenntage an drei Stationen des Umwelt- und Naturschutzamtes Erfurt.....	16
Abb. 4.01:	Untersuchungsablauf.....	18
Abb. 4.02:	Vereinfachtes Schema Flurwind .....	24
Abb. 4.03:	Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom .....	29
Abb. 4.04:	Bioklimatische Situation in der Analysesituation .....	36
Abb. 4.05:	Bioklimatische Situation in der Prognosesituation .....	36
Abb. 5.01:	Jahreskenntage der NO <sub>2</sub> -Konzentration an den Immissions-Messnetz Stationen Erfurt. Datenquelle: TLUG 2009 – 2014 .....	38
Abb. 5.02:	Jahreskenntage der PM10-Konzentration an den Immissions-Messnetz Stationen Erfurt. Datenquelle: TLUG 2009 – 2014 .....	38
Abb. 5.03:	Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration im Analysefall <b>A0</b> 2014 .....	41
Abb. 5.04:	Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration im Prognosefall <b>P0</b> 2015 .....	42
Abb. 5.05:	Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration im Prognosefall <b>P1</b> 2015 .....	43
Abb. 5.06:	NO <sub>2</sub> -Immissionsabweichungen in Absolutwerten zwischen Prognosefall <b>P1</b> und Prognosefall <b>P0</b> .....	44
Abb. 6.01	Vergleich der nächtlichen Flächenmitteltemperaturen verschiedener Siedlungsräume.....	47

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.01:	Nutzungskategorien des Untersuchungsgebietes.....	6
Tab. 2.02:	Untersuchungsszenarien Lufthygiene.....	8
Tab. 2.03:	Verkehrsbelastungen der Prognosefälle (STEGE UND PARTNER 2012) .....	9
Tab. 2.04:	Verkehrsmengen und Emissionen für die betrachteten Straßenabschnitte .....	11
Tab. 4.01:	Klassifizierung der bioklimatischen Situation (VDI 2008b).....	34
Tab. 5.01	Aktuell rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (= Mikrogramm pro Kubikmeter) für die Luftschadstoffkomponenten NO <sub>2</sub> und PM10 nach 39. BImSchV (2010) .....	37
Tab. 5.02	Modellierte NO <sub>2</sub> -Konzentrationswerte (Jahresmittel in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) an den Einzelanalysepunkten (zur Lage der Punkte siehe Vorseite).....	45
Tab. 5.03	Modellierte PM10-Konzentrationswerte (Jahresmittel in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) an den Einzelanalysepunkten (zur Lage der Punkte siehe Abb. 5.03 bis 5.05).....	46

## 1 Einleitung

Das Schutzgut Klima/Luft ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Planung und Bestandteil der Abwägung bei der Bauleitplanung und Umweltprüfung. Im Rahmen des Bebauungsplanes URB638 der Stadt Erfurt soll entsprechend § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB eine Beurteilung der zukünftig zu erwartenden bioklimatischen und lufthygienischen Belastungen erfolgen. Die GEO-NET Umweltconsulting GmbH wurde durch die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen) beauftragt, eine Einschätzung zu dieser Fragestellung zu erarbeiten. Die vorliegende Untersuchung soll klima- und immissionsökologische Rahmendaten liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima/Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten.

Ein wesentlicher Teil des Plangebietes liegt gemäß der Arbeitskarte Klima des Flächennutzungsplanes (LANDESHAUPTSTADT ERFURT 1996) in der Klimaschutzzone 2 und besitzt somit eine „große Bedeutung für die Kalt- und Frischluftproduktion sowie zur Be- und Entlüftung des Stadtgebietes“. Im Bereich des Linderbaches schließt die noch bedeutendere Schutzzone 1 an. Der klimafunktionalen Begutachtung der geplanten Umnutzungen kommt somit eine besondere Bedeutung zu. Hierbei sollen insbesondere folgende Fragen näher beantwortet werden:

- In welchem Umfang werden Kaltluftmengen und -strömungen beeinflusst, die eine Ausgleichsfunktion für die überwärmten Sanierungszonen der Erfurter Innenstadt haben?
- Welche Belüftungssituation liegt in der Umgebung der Vorhabensfläche vor und wie ist die bioklimatische Situation in den angrenzenden Siedlungsräumen zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen haben die Planungen auf die lufthygienische Situation?

Für die Ermittlung der stadtklimatischen Zusammenhänge wurde als meteorologische Rahmenbedingung eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage angenommen, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Eine solche Wetterlage ist durch die Entstehung kleinräumiger Windsysteme zwischen überwärmten Siedlungsbereichen einerseits und vergleichsweise kühlen, vegetationsgeprägten Freiflächen andererseits in der Nacht gekennzeichnet. Unter diesen meteorologischen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus Grün- und Freiflächen zum Abbau von Belastungen beitragen. Die meteorologischen Eingangsdaten stellen insofern eine „Worst-Case“-Betrachtung dar. Dabei wurden das bodennahe Kaltluftströmungsfeld sowie weitere meteorologische Größen für eine solche Wetterlage mit dem mesoskaligen Klima- und Strömungsmodell FITNAH simuliert. Hinsichtlich der lufthygienischen Auswirkungen sind die verkehrsbedingten Immissionen im Umfeld der B-Planfläche berechnet worden, welche durch die Nutzungsänderungen ausgelöst werden.

## 2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis

### 2.1 Das Bebauungsplanverfahren URB638

Das Geltungsbereich liegt etwa 4 km von der Innenstadt entfernt im Südosten Erfurts an der Straße Am Herrenberg. Nordwestlich grenzt er an die Konrad-Adenauer-Straße, im Nordosten befindet sich die Siedlung Urbich. Der Geländeeinschnitt des Linderbaches und das EVAG-Depot bilden die Ostgrenze des Plangebietes. Sein Gelände ist insgesamt in Richtung Nord-Nordosten geneigt und weist Höhenunterschiede von bis zu 20 m auf. Die zugehörigen Flächen werden gegenwärtig überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Städtebauliche Ziele des Bebauungsplans sind u.A. die Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Ansiedlung von hochtechnologieorientierten Gewerbebetrieben in Erweiterung des Forschungs- und Industriezentrums „Erfurt Südost“ MEL036 sowie die Ausweisung großer zusammenhängender Baugebiete zur möglichen Ansiedlung von flächenintensiven Betrieben aus dem Wirtschaftsbereich der Hochtechnologie (LANDESHAUPTSTADT THÜRINGEN 2012). Der Geltungsbereich hat eine Flächengröße von ca. 48,5 Hektar.

Abb. 2.01 zeigt den Vorentwurf des Bebauungsplans URB638. Die vorgesehene Grundflächenzahl von 0,8 und die Geschossflächenzahl von 2,4 entsprechen den Obergrenzen des § 17 BauNVO zur Gewährleistung einer hohen Ausnutzbarkeit der Baugrundstücke. Die Baufelder werden entsprechend großzügig festgesetzt. Für die Unterbringung von Technologie und Hochtechnologiebetrieben wird von einer maximalen Höhe der baulichen Anlagen zwischen 10 m und 15 m (im Zentralbereich) ausgegangen.



Abb. 2.01 Bebauungsplan URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" Vorentwurf 23.09.2013 (LEG THÜRINGEN 2013)

## 2.2 Geländehöhe und Nutzungsstruktur

Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Die dafür erforderlichen Geodaten wurden von der Stadt Erfurt zur Verfügung gestellt. Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 5,6 x 5,5 km eine Fläche von insgesamt 30,8 km<sup>2</sup>. Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 20 x 20 m.

Zur Bereitstellung der orographischen Eingangsparameter konnte auf ein digitales Geländehöhenmodell zurückgegriffen werden. Die Reliefsituation ist in Abb. 2.02 dargestellt. Das Gelände im Geltungsbereich (und im Untersuchungsgebiet insgesamt) fällt grundsätzlich von Süden in Richtung Norden. In Richtung Norden/Nordosten zur Ortslage Urbich hin beträgt der Höhenunterschied von der Straße Am Herrenberg zwischen 10 m bis 15 m. Der Bereich entlang des Linderbachs bildet einen Geländeeinschnitt.

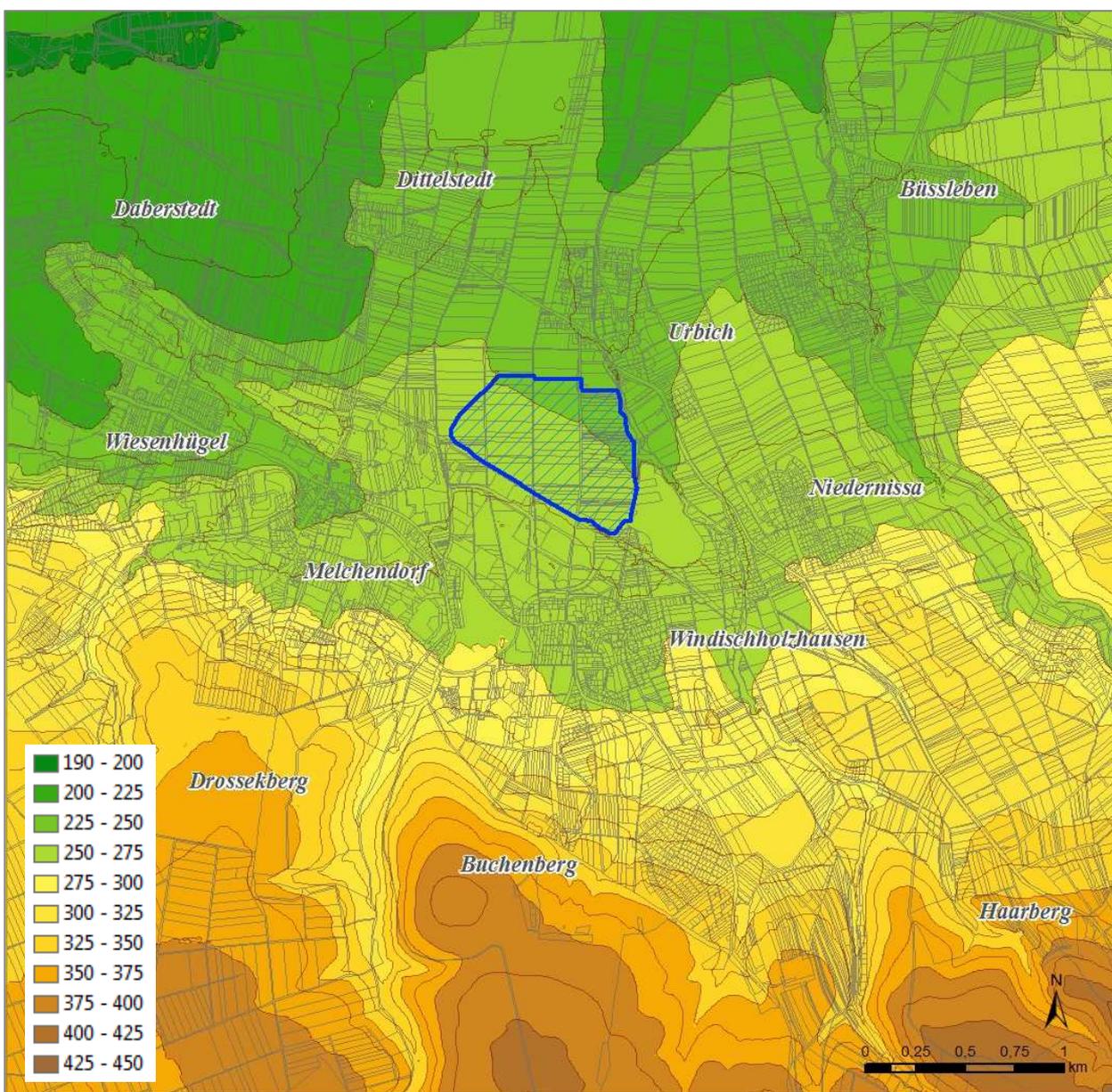


Abb. 2.02 Geländehöhe im Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 12,5 m)

Neben der Geländehöhe ist die Nutzungsstruktur eine wichtige Einflussgröße einer Klimamodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Für die Aufbereitung der Nutzungsstruktur konnten ALK-Daten sowie die digitale Stadtkarte verwendet werden. Da bei der vorliegenden Rasterauflösung Einzelgebäude nicht explizit aufgelöst werden können, sind den einzelnen Blockflächen mittlere, nutzungsklassifizierte Strukturhöhen und Oberflächenversiegelungsgrade zugewiesen. Diese basieren auf Literaturdaten (u.a. MOSIMANN et al. 1999) und beruhen auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen aus mehreren deutschen Städten. Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurde bei der Aufbereitung der Nutzungsstrukturen ein vereinfachter, 12-klassiger Nutzungsschlüssel verwendet. Der Schlüssel wurde vor allem auch dahingehend definiert, eine problemlose Zuweisung des mittleren Versiegelungsgrades auf Basis der in den Eingangs- und Literaturdaten vorkommenden Nutzungsklassifizierungen möglich zu machen. Die typischen Versiegelungs- und Strukturhöhen je Nutzungskategorie zeigt Tab. 2.01:

Klasse	Flächentyp	Beschreibung	Mittlerer Versiegelungsgrad (%)	Mittlere Strukturhöhe (m)
1	Zentrumsbebauung	Kerngebietsnutzung, gekennzeichnet durch einen sehr hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrad.	95	25,0
2	Block- und Blockrandbebauung	Vergleichsweise dicht bebaute Siedlungsfläche. Geprägt durch vier- bis sechsgeschossige Mehrfamilienhäuser mit mehr oder weniger stark versiegelten Innenhofbereichen.	78	15,0
3	Industrie- und Gewerbefläche	Gewerbliche Bauflächen. Ähnlich hoher Versiegelungsgrad wie die Zentrumsbebauung, meist geringeres Bauvolumen.	87	10,0
4	Zeilen- und Hochhausbebauung	Zeilenbebauung, halboffene Blockrandbebauung, Hochhäuser. Typisch ist der durch unbebaute Abstandsflächen bedingte relativ hohe Freiflächenanteil.	55	15,0
5	Einzel- und Reihenhausbebauung	Siedlungsflächen mit relativ geringem Überbauungsgrad im Übergang zwischen relativ dichter Reihenhausbebauung und baulich geprägter Grünfläche.	41	5,0
6	Straße	Ebenerdig versiegelte Fläche des Straßenraums.	95	0,0
7	Gleis	Schienenverkehrsfläche mit geringer Strukturhöhe.	25	0,5
8	Baulich geprägte 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.	25	5,0
9	Grünfläche, Freiland	Vornehmlich landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Wiesen, Weiden und Äcker. Innerstädtisch handelt es sich meist um Rasenflächen mit geringem Gehölzanteil.	5	1,0
10	Gehölz	Gehölzgeprägte Flächen wie städtische Parkareale, Obstbauflächen, Brachen, Straßenbegleitgrün.	5	2,0
11	Laubwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich sommergrün.	5	12,5
12	Nadelwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich immergrün.	5	12,5
13	Mischwald	Waldgeprägte Flächen, Mischbestand.	5	12,5
14	Wasserfläche	Still- und Fließgewässer.	0	0

Tab. 2.01: Nutzungskategorien des Untersuchungsgebietes

Die Nutzungsstruktur im Ist-Zustand auf Grundlage der in Tab. 2.01 aggregierten Nutzungskategorien zeigt Abb. 2.03 (Seite 7) für das nähere Umfeld der Vorhabenfläche. Die zugehörigen Flächen werden gegenwärtig überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

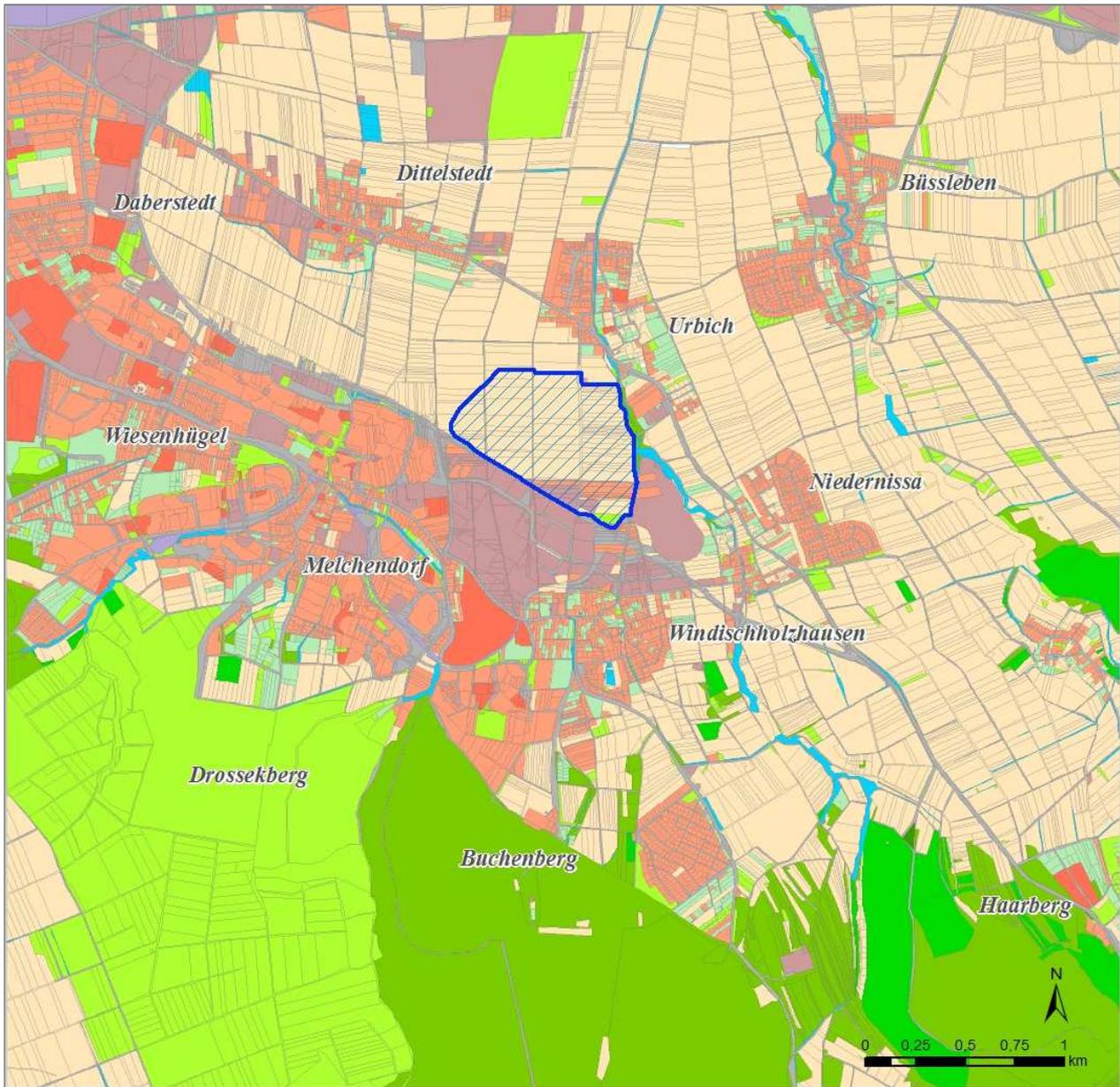


Abb. 2.03 Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet

<span style="color: red;">■</span>	1 Zentrumsbebauung
<span style="color: magenta;">■</span>	2 Block- u. Blockrandbebauung
<span style="color: brown;">■</span>	3 Industrie- u. Gewerbefläche
<span style="color: orange;">■</span>	4 Zeilen- u. Hochhausbebauung
<span style="color: lightcoral;">■</span>	5 Einzel- u. Reihenhausbebauung
<span style="color: grey;">■</span>	6 Straße
<span style="color: purple;">■</span>	7 Gleis
<span style="color: lightgreen;">■</span>	8 Baulich geprägte Grünfläche
<span style="color: yellow;">■</span>	9 Grünfläche, Freiland
<span style="color: limegreen;">■</span>	10 Gehölz
<span style="color: green;">■</span>	11 Laubwald
<span style="color: darkgreen;">■</span>	12 Nadelwald
<span style="color: forestgreen;">■</span>	13 Mischwald
<span style="color: cyan;">■</span>	14 Wasserfläche

### 2.3 Verkehrssituation

Zur Abschätzung der Luftschadstoffbelastung an Straßen ist es notwendig, die Kausalbeziehung Emission-Transmission-Immission modellhaft möglichst exakt nachzubilden. Eine wichtige Grundlage zur Modellierung der Schadstoffausbreitung ist die Kenngröße „Verkehrsemission“. Zur Durchführung der dafür notwendigen Emissionsrechnungen müssen folgende Eingabedaten bekannt sein:

- Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV = Fahrzeuge/24h gemäß VDI-RL 3782 Blatt 7)
- LKW-Anteil (leichte und schwere Nutzfahrzeuge)
- Anteil Busverkehr
- Verkehrssituation je Straßenabschnitt (entsprechend HBEFA 3.1 (UBA 2010))
- Längsneigung der Straßenabschnitte

Für die Quantifizierung der Verkehrsstärken im Nahbereich wurde vom Auftraggeber eine Verkehrsprognose des Amtes für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Bereich Verkehrsplanung zur Verfügung gestellt, in der die aktuellen DTV-Werte mit den prognostizierten Neuverkehren aus der gewerblichen Entwicklung überlagert wurden (STADT ERFURT 2012). Die Daten für den Abschnitt 9 (Wilhelm-Wolf-Straße) wurden vom Umwelt- und Naturschutzamt, Abteilung Immissionsschutz übermittelt. Die Verkehrszahlen umfassen die in Pkw und Lkw differenzierten Verkehrsbelastungen zum Analysezeitpunkt 2014 sowie eine Prognose für den Planfall 2015 (P1), der die Quell- und Zielverkehre des Entwicklungsgebietes beinhaltet.

In Ermangelung von Angaben zu den Verkehrssituationen wurde für alle Abschnitte eine durchschnittliche Innerortssituation angenommen. Die Verkehrsmengen der inneren Erschließungsstraßen wurden noch nicht prognostiziert.

Da die Belastungen insgesamt nicht richtungsscharf getrennt vorlagen, wurden die Emissionsbänder straßenmittig angelegt. Die Gebäude entstammen dem Gebäudemodell der Stadt Erfurt (STADT ERFURT 2011a) sowie den Planunterlagen der LEG Thüringen (2012).

Szenarium	Referenzjahr	Rahmenbedingungen
Analysesituation (A0)	2014	Gegenwärtige Bebauungssituation
		Gegenwärtige Verkehrssituation
		Emissionsfaktoren 2014
Prognose-Nullfall (P0)	2015	Gegenwärtige Bebauungssituation
		Gegenwärtige Verkehrssituation
		Emissionsfaktoren 2015
Prognose-Planfall (P1)	2015	Gegenwärtige Bebauungssituation unter Berücksichtigung der geplanten Umgestaltung
		Verkehrsmengen mit Plangebiet
		Emissionsfaktoren 2015

Tab. 2.02: Untersuchungsszenarien Lufthygiene

Str.-ID	Straßenabschnitt	Analysesituation		Prognosesituation	
		DTV (KFZ)	Lkw Anteil (%)	DTV (KFZ)	Lkw Anteil (%)
	<b>Straße am Herrenberg</b>				
1	a. westlich K. Adenauer -Str.	14.050	2,5 %	14.900	2,5 %
2	b. östlich K. Adenauer -Str.	11.750	6,5 %	13.470	6,8 %
3	c. östlich Urbicher Kreuz	12.830	4,5 %	13.350	4,5 %
4	<b>K. Adenauer-Str.</b>	13.300	4,5 %	14.130	4,7 %
5	<b>Str. am Urbicher Kreuz</b>	3.700	5,0 %	4.030	5,3 %
	<b>Rudolstädter Straße</b>				
6	a. Urbich östl. Büßlebener -Str.	4.220	5,5%	4.220	5,5%
7	b. Urbich westl. Büßlebener -Str.	4.970	5,3%	4.970	5,3%
8	c. Dittelstedt	4.620	4,5 %	4.620	4,5 %
9	<b>Wilhelm-Wolf-Straße</b>	8.533	6,9 %	8.533	6,9 %

Tab. 2.03: Verkehrsbelastungen der Prognosefälle (STEGE UND PARTNER 2012)

## 2.4 Straßenverkehrsbedingte Emission

Auf Grundlage der prognostizierten Verkehrsmengen können mit Hilfe des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes HBEFA 3.1 (UBA 2010) die Emissionsraten der lufthygienisch relevanten Luftschadstoffkomponenten bestimmt werden. Für die vorliegende Abschätzung wurden Emissionen für Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ )<sup>1</sup> und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ )<sup>2</sup> berechnet, die als wichtige, maßgeblich durch den Straßenverkehr induzierte Luftschadstoffkomponenten, bei Grenzwertbetrachtungen eine wesentliche Rolle spielen.

Das HBEFA stellt Emissionsfaktoren für alle gängigen Fahrzeugkategorien jeweils in emissionsrelevanter Differenzierung für eine Vielzahl von Verkehrssituationen zur Verfügung. Entsprechend der örtlichen Gegebenheiten werden die Emissionsfaktoren für die Jahre 2014 (Istsituation) und 2015 (Prognosesituationen) ermittelt und gemäß der Verkehrsmengen zu tatsächlichen Emissionen verrechnet. Diese werden in das Geodatenbankumfeld des Straßenverkehrsnetzes überführt und in ein für das Simulationsmodell ASMUS geeignetes Raster mit einer Zellengröße von 5 m x 5 m überführt. Die Emissionshöhe beträgt 0,5 m über Grund.

Da entsprechend der Entwicklung der europäischen Abgasgrenzwerte (Euro-Norm-Stufen) der Schadstoffausstoß eines „durchschnittlichen Fahrzeugs“ in Zukunft gemäß HBEFA sinken wird, gehört der Prognosezeitpunkt zu den wichtigsten Parametern der Emissionsfaktorenberechnung. Hierfür wurde das Jahr 2015 festgelegt. Ein damit in Verbindung stehender Eingangsparameter ist die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte nach Emissionsstufen, der sogenannte Flottenmix. Da zur tatsächlichen Beschaffenheit der Fahrzeugflotte keine detaillierten Angaben vorliegen, wurde ein Flottenmix angenommen, der im HBEFA als „Business-As-Usual“-Szenario der Verkehrsentwicklung bezeichnet wird<sup>3</sup>.

Die angesetzten Lkw-Verkehre wurden mangels Differenzierung und vor dem Hintergrund einer Worst-Case-Betrachtung pauschal als Schwere Nutzfahrzeuge eingestuft. Kaltstartzuschläge für Pkw wurden gemäß HBEFA und IMMIS<sup>em</sup> (IVU 2008) berücksichtigt, nicht-auspuffbedingte Emissionsanteile für Feinstaub gemäß SCHMIDT et al. (2011) berechnet.

Als städtische Hintergrundbelastung wurde – entsprechend der Annahmen des Luftreinhalteplanes für die Landeshauptstadt Erfurt (THÜRINGER LANDESV ERWALTUNGSAMTES 2012) – räumlich konstante Konzentrationen von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  und  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  angesetzt. Die Meteorologie ist mittels Auswertungen der Station Erfurt-Bindersleben des Deutschen Wetterdienstes abgeleitet worden.

---

1 Summe aus Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), ausgewiesen als  $\text{NO}_2$ -Äquivalente.

2 Teilchen, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von  $10 \mu\text{m}$  eine Abscheidewirksamkeit von 50 % hat (amtliche Definition nach RL 1999/30/EG).

3 Beispielsweise beträgt dem „Business-As-Usual“-Szenario zufolge der Anteil von Fahrzeugen mit Euro-5 (und besser) innerhalb der Pkw-Flotte für das Jahr 2011 etwa 17 %, während für 2015 bereits ein Anteil von über 50 % angenommen wird.

Str-ID	VS	A0 / P0 DTV KFZ	A0 / P0 DTV SNF	P1 DTV KFZ	P1 DTV SNF	A0 NO <sub>x</sub> 2014	P1 NO <sub>x</sub> 2015	P0 NO <sub>x</sub> 2015	A0 PM10 2014	P1 PM10 2015	P0 PM10 2015
1	Ø-io	14050	351	14900	373	6,81	6,36	5,99	0,63	0,61	0,58
2	Ø-io	11750	764	13470	916	8,37	7,63	6,54	0,66	0,63	0,55
3	Ø-io	12830	577	13350	601	7,12	6,56	6,31	0,60	0,59	0,56
4	Ø-io	13300	599	14130	664	7,65	7,04	6,54	0,64	0,62	0,58
5	Ø-io	3700	185	4030	214	2,27	2,09	1,88	0,19	0,18	0,17
6	Ø-io	4220	232	4220	232	2,41	2,21	2,21	0,20	0,19	0,19
7	Ø-io	4970	263	4970	263	2,80	2,57	2,57	0,23	0,22	0,22
8	Ø-io	4620	208	4620	208	2,47	2,27	2,27	0,21	0,20	0,20
9	Ø-io	8533	568	8533	568	5,26	4,79	4,79	0,41	0,40	0,40

Str-ID:	Straßenabschnittsnummer (EDV)	P1:	Prognose-Plan-Fall	NO <sub>x</sub> :	Stickstoffoxide
VS:	Verkehrssituation (HEFA)	DTV:	Durchschnittliche tägliche Verkehrs-	PM10:	Feinstaub
A0:	Analysefall	stärke			
P0:	Prognose-0-Fall	KFZ:	Kraftfahrzeuge (DTV Gesamt)		
		SNF:	Schwere Nutzfahrzeuge (> 3,5 t)		

Tab. 2.04: Verkehrsmengen und Emissionen für die betrachteten Straßenabschnitte

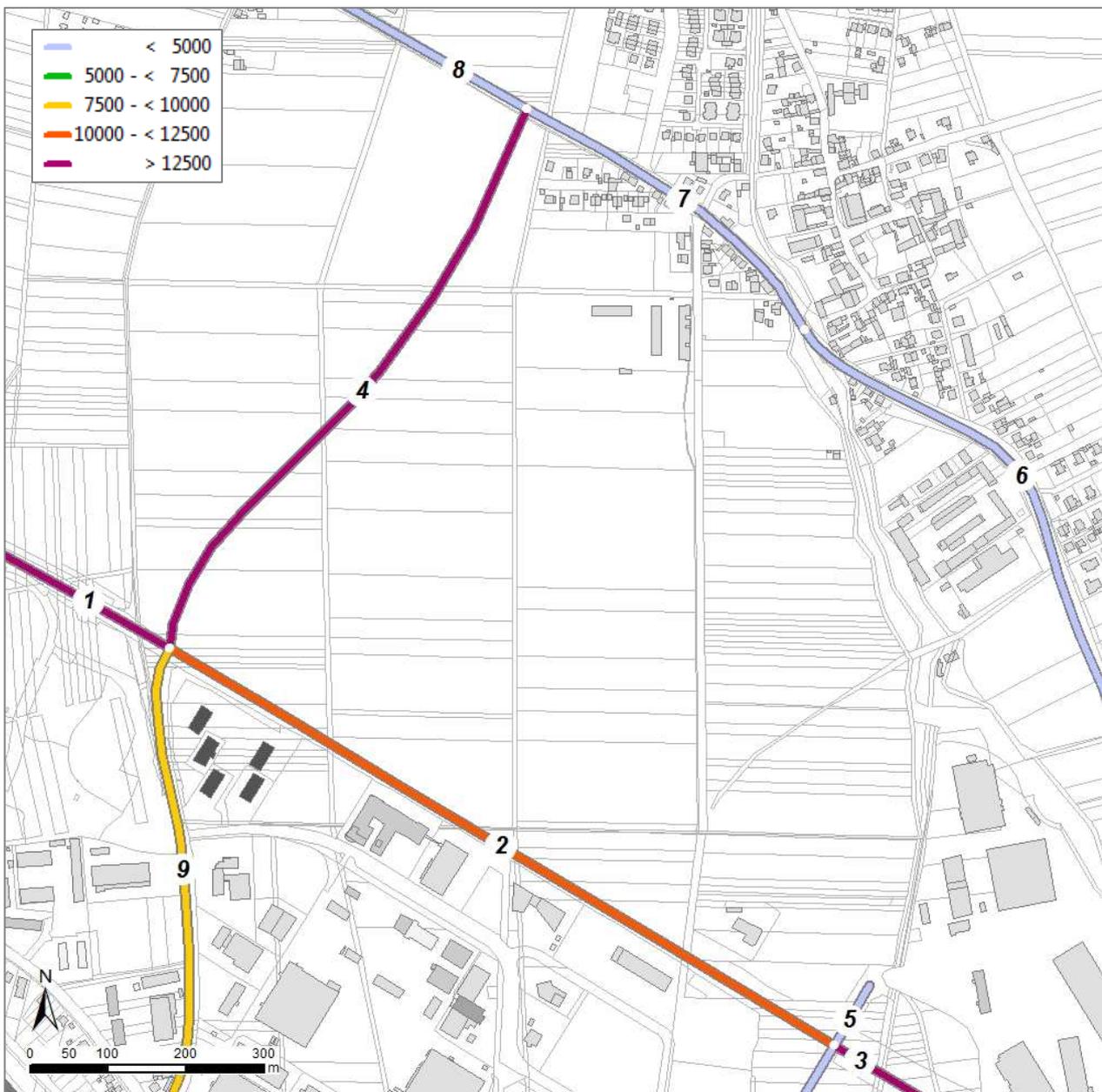


Abb. 2.04: Verteilung der Verkehrsmengen am Beispiel des Prognose-Normalfalls (KFZ/Tag)  
Schwarze Ziffern: Straßenabschnittsnummern

### 3. Methodik

#### 3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH

##### 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 Metern bis hin zu einigen 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 im Allgemeinen 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 und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände, was es extrem schwierig macht, mit Hilfe einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten. Mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen kann dieser Nachteil überwunden werden.

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 extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

##### Grundlagen mesoskaliger Modelle

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 und eine Übertragung in benachbarte Räume selten 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, weitere meteorologische Größen berechnen, die nicht gemessen wurden und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den großen Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert werden können und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

**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 (vgl. Abb. 3.01).

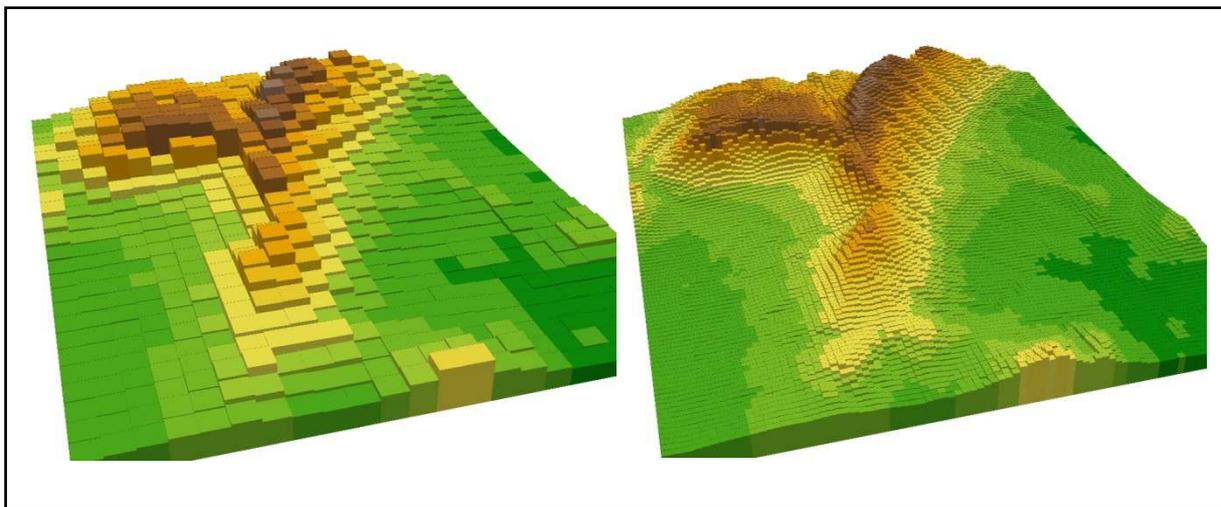


Abb. 3.01: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und an die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite  $\Delta x$  20 m. Bei allen Modellrechnungen ist die vertikale Gitterweite nicht äquidistant und 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 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand  $\Delta z$  immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

### Eingangsdaten

Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen (Abb. 3.02). Diese müssen zum einen die Landschaft charakterisieren, für welche die lokalklimatische Studie durchgeführt werden soll, und zum anderen auch die größerskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren.

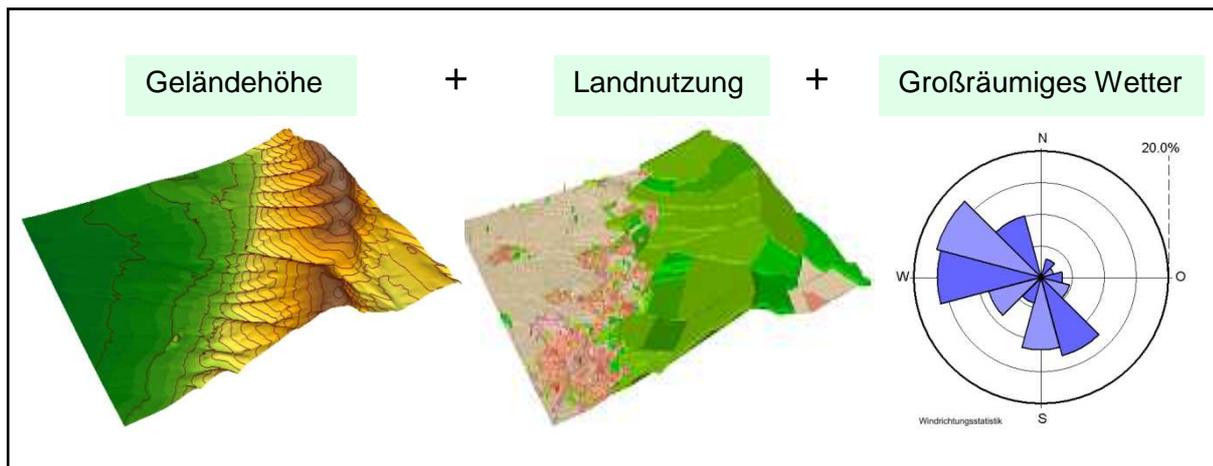


Abb. 3.02: Eingangsdaten für die Modellrechnung

Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereit zu stellen:

- Geländedaten (z.B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung)
- Nutzungsstruktur (Verteilung der Landnutzung)

### 3.2 Synoptische Rahmenbedingungen

Während autochthoner Wetterlagen können sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet. Entsprechende Wetterlagen treten in Erfurt an ca. 20 bis 30 % der Jahresstunden auf. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen als „Worst-Case-Szenarium“ folgendermaßen 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. Bei gleichzeitiger hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden. Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

In Abb. 3.03 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.

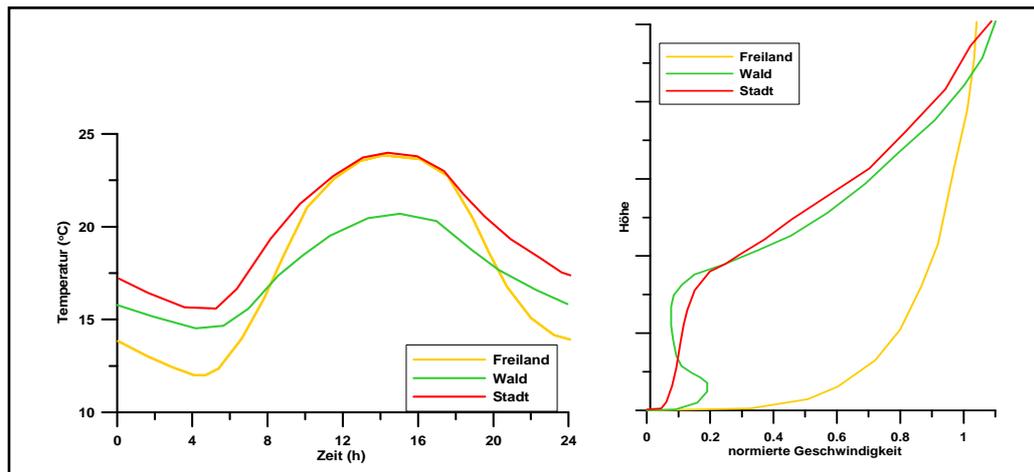


Abb. 3.03: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen

Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen 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. Waldflächen nehmen eine vermittelnde Stellung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

Die Auswertungen der Temperaturmessungen für die Stationen „Büro (Umweltamt)“, „Buchenberg“ und „Fuchsfarm“ (STADT ERFURT 2014) verdeutlichen den „Worst-Case“-Charakter der Untersuchungsmethode. In der Abb. 3.04 auf der Folgeseite ist die Anzahl der meteorologischen Kenntage an diesen Messstationen aufgeführt. Insgesamt sind an den Stationen pro Jahr maximal drei Tropennächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C fällt, aufgetreten (Station Buchenberg 2003).

Häufig wird im Hinblick auf Fachgutachten zur Auswirkung von Bauvorhaben auf die bioklimatische Situation in Siedlungsräumen die Frage nach dem allgemeinen **Klimawandel** gestellt. Dies ist durchaus sinnvoll, da im Rahmen der Klimaanpassung humanbioklimatische Aspekte in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die nach gängigen Szenarien für das Jahr 2100 prognostizierten Temperaturerhöhungen von etwa 3°C nicht mit den thermischen Auswirkungen der Planungen gleichgestellt werden dürfen: Bei den vom Weltklimarat angenommenen Temperaturerhöhungen handelt es sich um Zunahmen der bodennahen *Jahresdurchschnittstemperatur*, wohingegen die hier untersuchten Veränderungen lediglich zu vergleichsweise kurzen Episoden des Jahres auftreten.

Bei der Beurteilung der bioklimatischen Belastung auf Grundlage der berechneten meteorologischen Felder muss demnach berücksichtigt werden, dass es sich bei der untersuchten Wetterlage um eine „**Worst-Case-Situation**“ handelt. Das heißt, es werden die im Siedlungsraum *maximal* zu erwartenden und nur in Ausnahmefällen auftretenden Wärmebelastungen untersucht. Hinweise für Belastungen bei „Normalwetterlagen“ oder für die Zunahme der Jahresmitteltemperatur lassen sich hieraus nur bedingt ableiten.

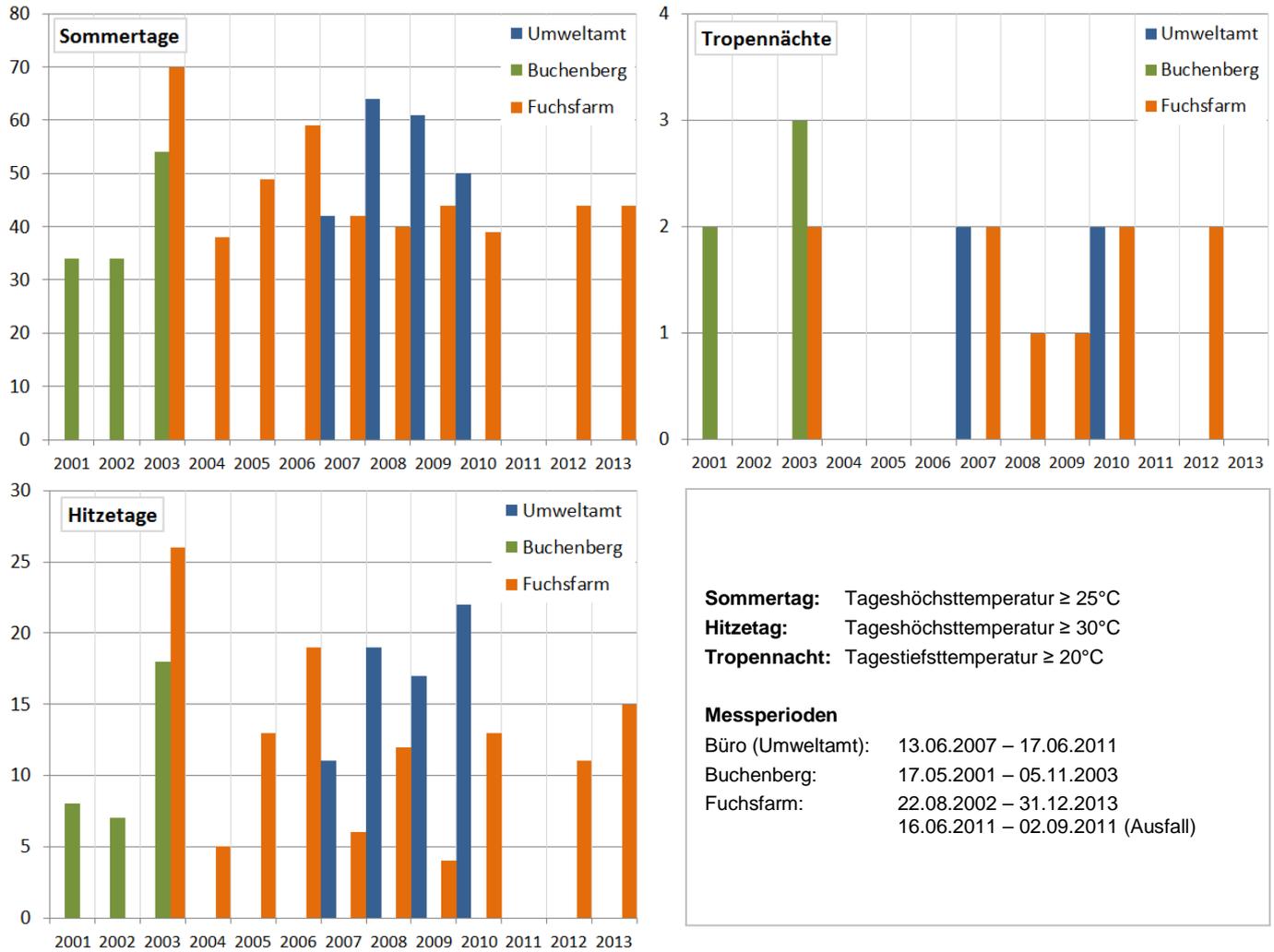


Abb. 3.04: Meteorologische Kenntage an drei Stationen des Umwelt- und Naturschutzamtes Erfurt

### 3.3 Das Ausbreitungsmodell ASMUS

Der Einsatz eines numerischen Modells ist für die Umsetzung gesetzgeberischer Vorgaben wie dem Bundes-Immissionsschutzgesetz und den entsprechenden Durchführungsverordnungen dringend geboten. In den Bundes-Immissionsschutzverordnungen sind Konzentrationswerte für bestimmte Luftbeimengungen festgelegt, bei deren Überschreitung Maßnahmen zur Immissionsminderung zu prüfen sind. Die Auswirkungen geplanter, drastischer Eingriffe in die lufthygienische Situation einer Stadt oder auch einzelner Stadtbezirke, kann im allgemeinen Fall nur mit Hilfe entsprechender mikroskaliger Modelle erfolgen. Solche Modelle wurden in der Vergangenheit auf ihre Realitätsnähe hin getestet (RÖCKLE & RICHTER 1995; SCHÄDLER et al. 1996; EICHHORN 1995).

Mit dem mikroskaligen Modell ASMUS-F werden die Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse in urban geprägten Straßenräumen untersucht. Das Modell wurde aus dem Mesoskalenmodell FITNAH und dem diagnostischen Strömungsmodell ABC entwickelt (GROSS 1997). Das Modell ASMUS erfüllt die in der VDI-Richtlinie 3783/9 beschriebenen Anforderungen an mikroskalige prognostische Windfeldmodelle und wurde gemäß dieser Richtlinie validiert. Das Modell ASMUS ist für komplexe urbane Untersuchungsgebiete mit kleinen horizontalen Maschenweiten konzipiert. Es verfügt darüber hinaus über spezielle Rechenschemata und hat seine Leistungsfähigkeit schon für eine Vielzahl von Problemstellungen unter Beweis gestellt (z.B. GROSS 1993, 1997, 2010).

Bei den hier durchgeführten dreidimensionalen Simulationen wird eine horizontale Maschenweite von 5 m verwendet. Die vertikale Gitterweite ist nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen dichter angeordnet. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 0, 2, 4, 6, 8, 10 m, usw. Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 300 m über Grund. In dieser Höhe sind die durch Landnutzungsänderungen und Hindernisse (z.B. Gebäude, Bäume) ausgelösten Störungen abgeklungen.

#### 4. Ergebnisse Klimaökologie

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur in 2 m Höhe, Kaltluftströmungsgeschwindigkeit sowie Kaltluftvolumenstrom erläutert. Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine austauscharme Wetterlage zugrunde gelegt, da sich die stadtklimatischen Effekte vor allem während windschwacher Strahlungswetterlagen im Sommer entwickeln. Auslöser dieser Prozesse sind die Temperaturunterschiede zwischen vergleichsweise warmen Siedlungsräumen und kühleren vegetationsgeprägten bzw. un bebauten Flächen. Für den Zeitpunkt 4 Uhr morgens werden die Ergebnisse jeweils für den Istzustand als Basisszenario sowie der Planvariante dargestellt. Differenzkarten verdeutlichen im Anschluss die räumlichen Effekte der Nutzungsänderungen auf die Ausprägung der meteorologischen Größen im Vergleich zum Basisszenario.

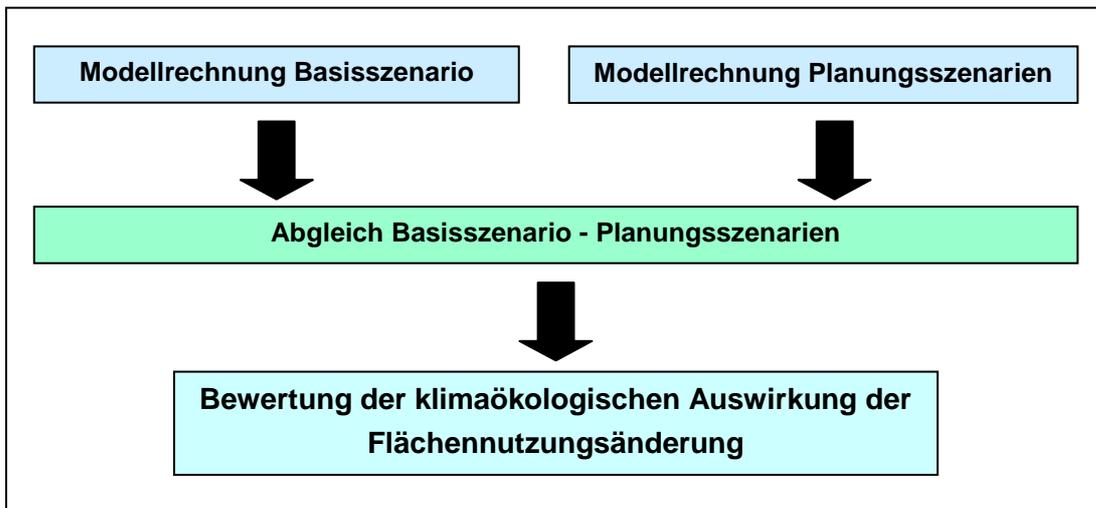


Abb. 4.01: Untersuchungsablauf

#### 4.1 Oberflächennahe Lufttemperatur

**Allgemeines:** Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages ein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen, so dass sich bereits auf kleinem Raum ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 8 K Temperaturabweichung einstellen kann.

Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume. Die in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören:

- die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Boden- und Oberflächeneigenschaften
- die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche
- die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut
- die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt)
- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischen Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland
- die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung.

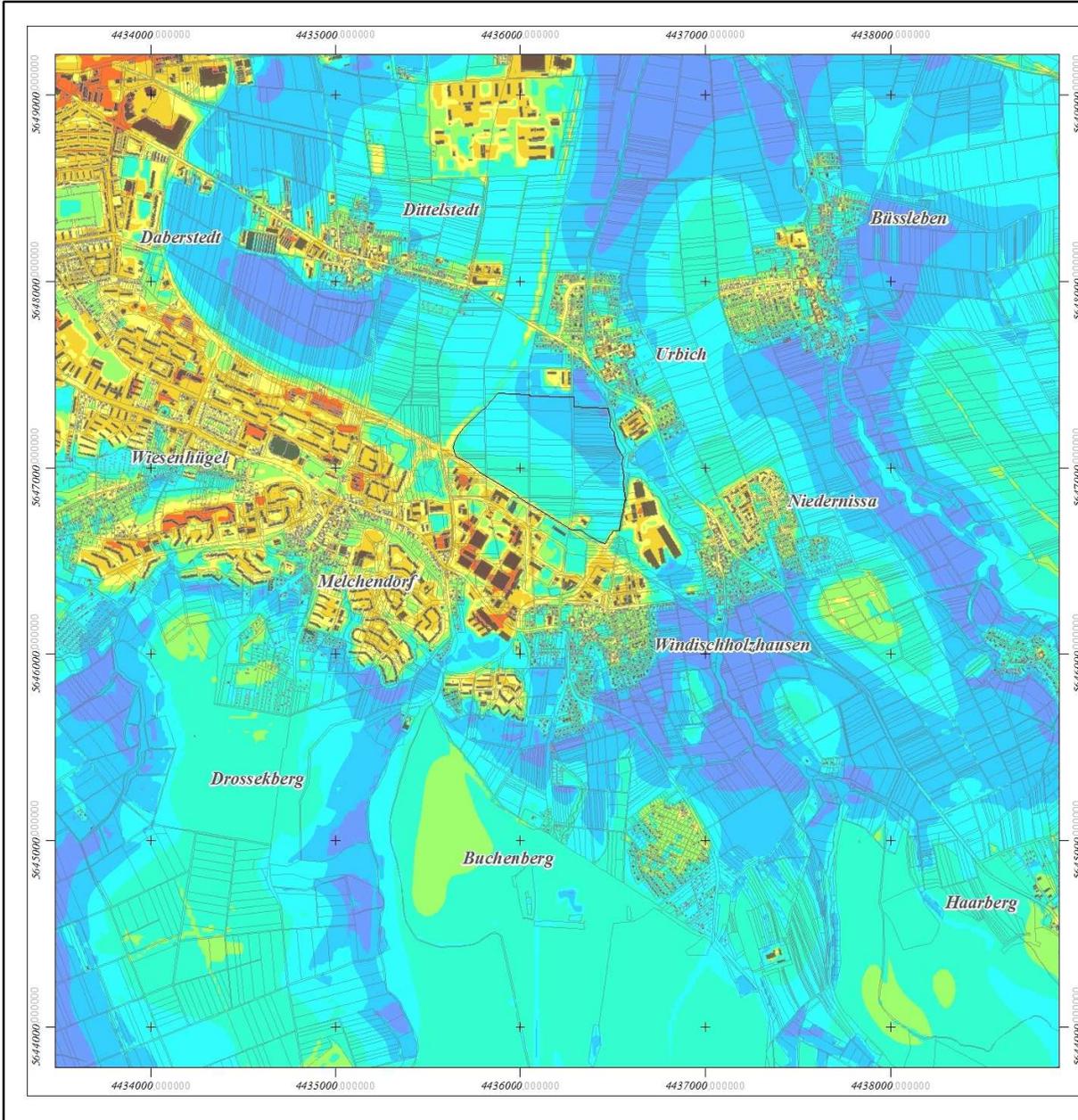
Doch auch die Luftvolumina über grüneprägte Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmezustand auf. Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u.a. ihrer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu usw.) bestimmt. Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage im Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus.

Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte, insgesamt vermittelnde Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, wobei hier sauerstoffreiche, staubfreie und wenig belastete Luft entsteht. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen.

**Bodennahe Lufttemperatur im Untersuchungsgebiet:** Das bodennahe Temperaturfeld in der gegenwärtigen Situation ist in Karte 1 auf Seite 21 dargestellt. Die höchsten Temperaturen innerhalb der Bebauung treten mit bis zu 21°C in industriell und gewerblich genutzten Arealen sowie in Bereichen mit Blockrandbebauung, Blockrandbebauung sowie Zeilenbebauungen mit erhöhten Versiegelungsgraden auf.

Die unbebauten, vegetationsgeprägten Freiflächen treten im Temperaturfeld mit deutlich geringeren Werten von zumeist unter 17°C hervor. Da der Geltungsbereich des B-Plans URB638 momentan fast vollständig durch eine offene landwirtschaftliche Nutzung geprägt ist, weist er eine relativ niedrige Lufttemperatur von 14 – 16°C auf. Durch die geplante gewerbliche Überbauung steigen die nächtlichen Temperaturen der Fläche im Planszenario um bis zu 5 K an (siehe Karten 2 und 3). Im Umfeld der Planflächen ist ein Einfluss der Umgestaltungen bis nach Urbich hinein festzustellen: In den südlichen Bereichen der Siedlung können bei ausgetauschten Wetterlagen durch verminderten Kaltlufttransport bedingte Temperaturzunahmen von bis zu 1,3 K auftreten. Mit durchschnittlichen Werten um 18°C liegen diese Siedlungsflächen allerdings weiterhin unterhalb des innenstadtnahen Temperaturniveaus von etwa 21°C. Weitere Modifikationen des Temperaturfeldes außerhalb des Geltungsbereiches sind mit Werten von zumeist unterhalb 0,5 K als geringfügig zu erwarten.



**Bebauungsplan URB638  
"Technologie- und Gewerbepark  
nördlich der Straße Am Herrenberg"**

**Karte 1:  
Temperaturfeld  
in der Analysesituation**

**Legende**

Temperatur in 2m über Grund  
zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in °C

	< 14
	14 - < 15
	15 - < 16
	16 - < 17
	17 - < 18
	18 - < 19
	19 - < 20
	20 - < 21
	>= 21

Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

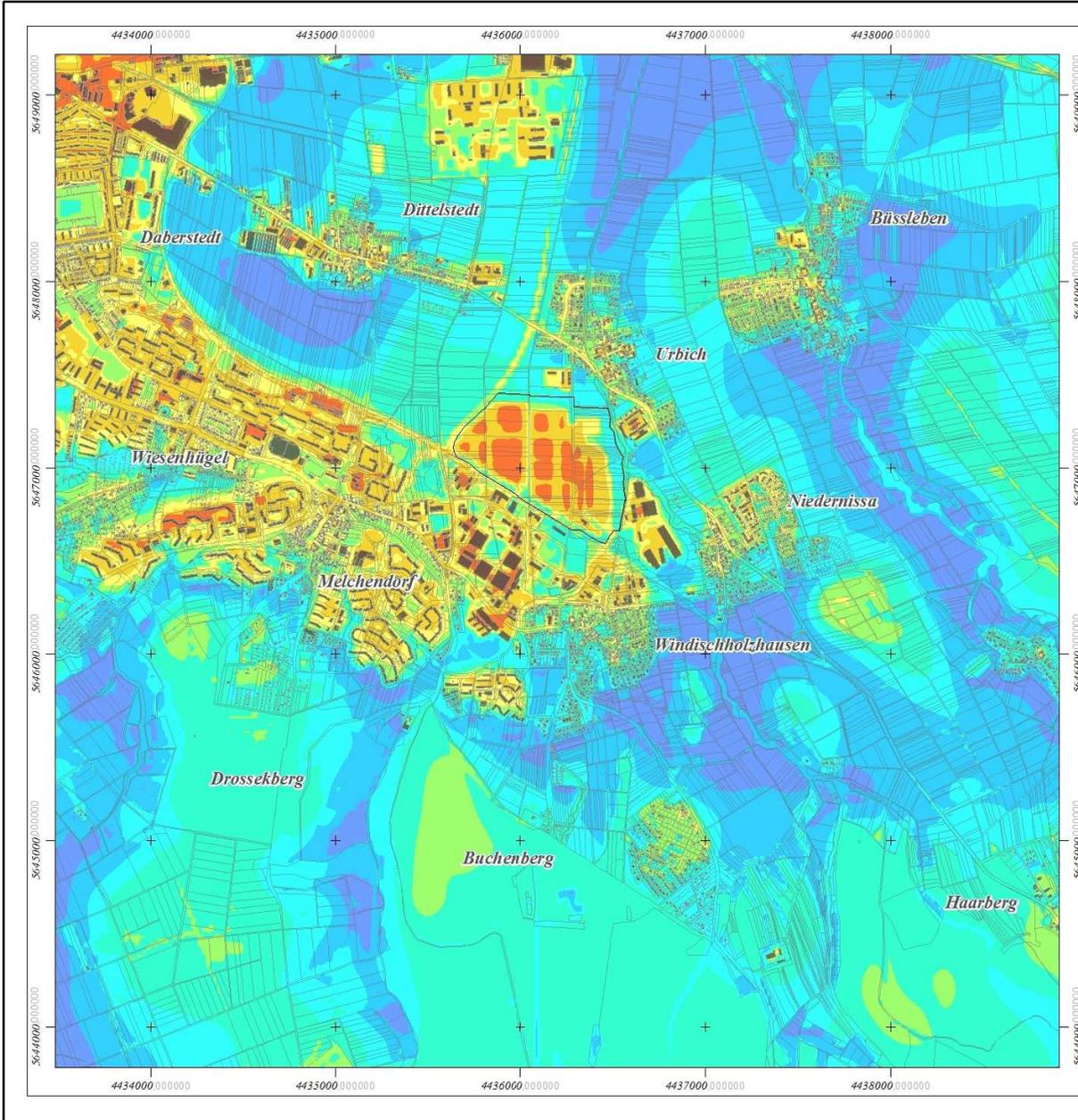
Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft  
Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
Mainzerhofstraße 12  
99084 Erfurt

Große Pfahlstr. 5a  
30161 Hannover  
Tel: 0511 - 3 88 72 00  
E-Mail: kuffig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014





**Bebauungsplan URB638**  
"Technologie- und Gewerbepark  
nördlich der Straße Am Herrenberg"

**Karte 2:**  
**Temperaturfeld**  
**in der Prognosesituation**

**Legende**

Temperatur in 2m über Grund  
zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in °C

	< 14
	14 - < 15
	15 - < 16
	16 - < 17
	17 - < 18
	18 - < 19
	19 - < 20
	20 - < 21
	>= 21

Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

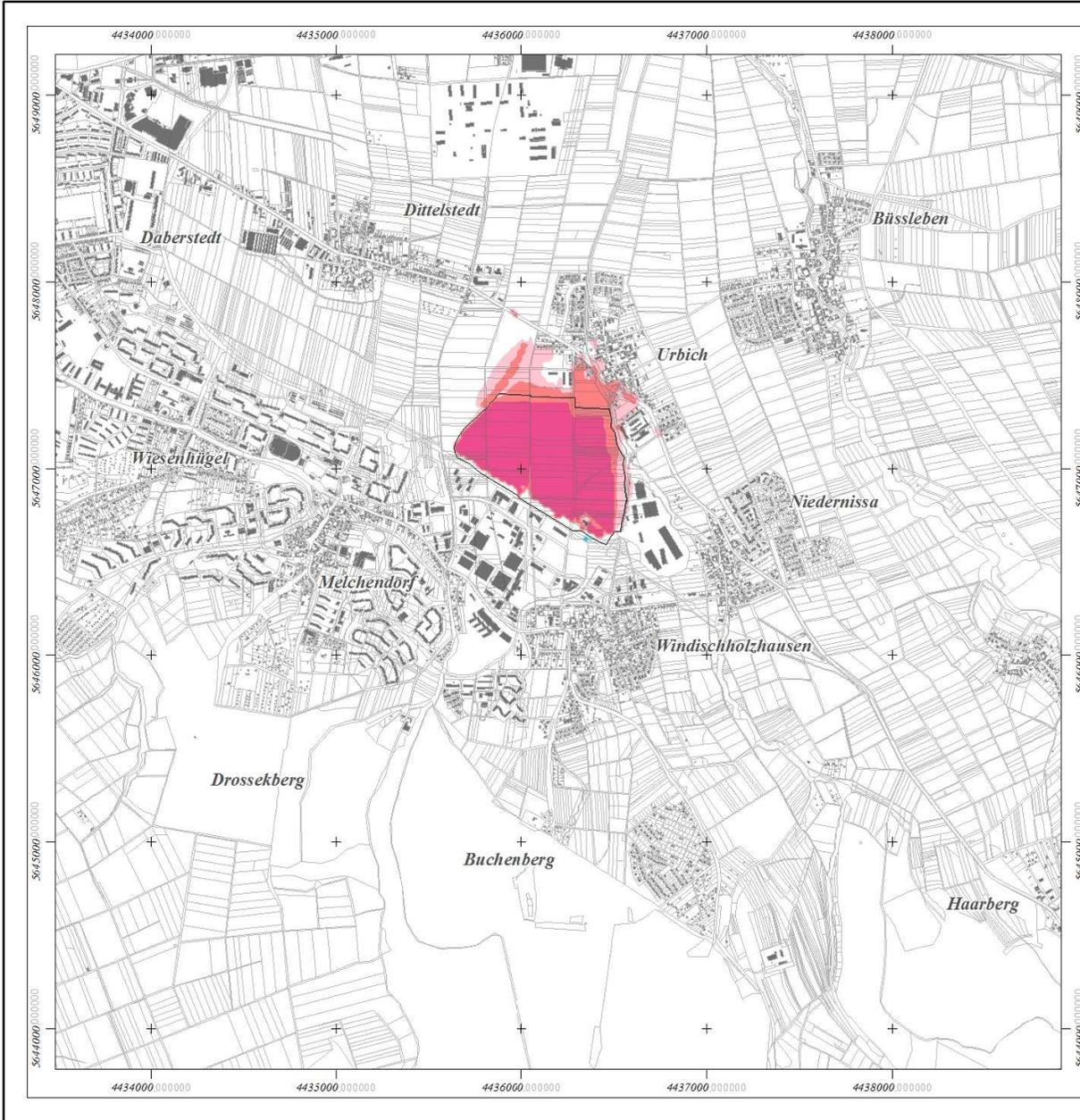
N

Landesentwicklungsgesellschaft  
Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
Mainzerhofstraße 12  
99084 Erfurt

GEO  
NET  
Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstr. 5a  
30161 Hannover  
Tel: 0511 - 3 88 72 00  
E-Mail: kuffig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014



**Bebauungsplan URB638**  
"Technologie- und Gewerbepark  
nördlich der Straße Am Herrenberg"

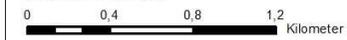
**Karte 3**  
**Differenz der Lufttemperatur  
zwischen Prognose und Analyse**

**Legende**

Differenz der Lufttemperatur  
in 2m über Grund  
zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in K

-  < 2,0
-  1,0 bis 2,0
-  0,5 bis 1,0
-  - 0,5 bis 0,5
-  - 1,0 bis -0,5
-  - 2,0 bis -1,0
-  > -2,0
-  Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**



Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)



Landesentwicklungsgesellschaft  
Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
Mainzerhofstraße 12  
99084 Erfurt



Große Pfahlstr. 5a  
30161 Hannover  
Tel: 0511 - 3 88 72 00  
E-Mail: kuffigt@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014



## 4.2 Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft

**Allgemeines:** Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieses Prozesses sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen bzw. dem Umland einstellen (Abb. 4.02). An den geeigneten Flächen setzt sich außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung zur tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung. So können z.B. an Hängen nächtliche Kaltluftabflüsse entstehen (u.a. MOSIMANN et al. 1999).

Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft bestimmt und durch eine vorhandene Neigung des Geländes  $> 1^\circ$  verstärkt. Neben den orographisch bedingten Strömungen mit Kaltluftabflüssen bilden sich auch so genannte Flur-/Strukturwinde, d.h. eine direkte Ausgleichsströmung vom hohen zum tiefen Luftdruck aus. Sie entstehen, wenn sich stark überbaute oder versiegelte Gebiete stärker erwärmen als umliegende Freiflächen, und dadurch ein thermisches Tief über den urbanen Gebieten entsteht (u.a. KIESE et al. 1992).

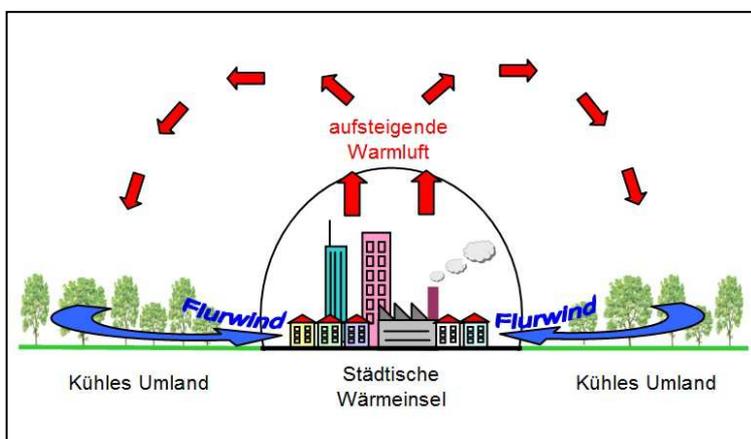


Abb. 4.02: Vereinfachtes Schema Flurwind

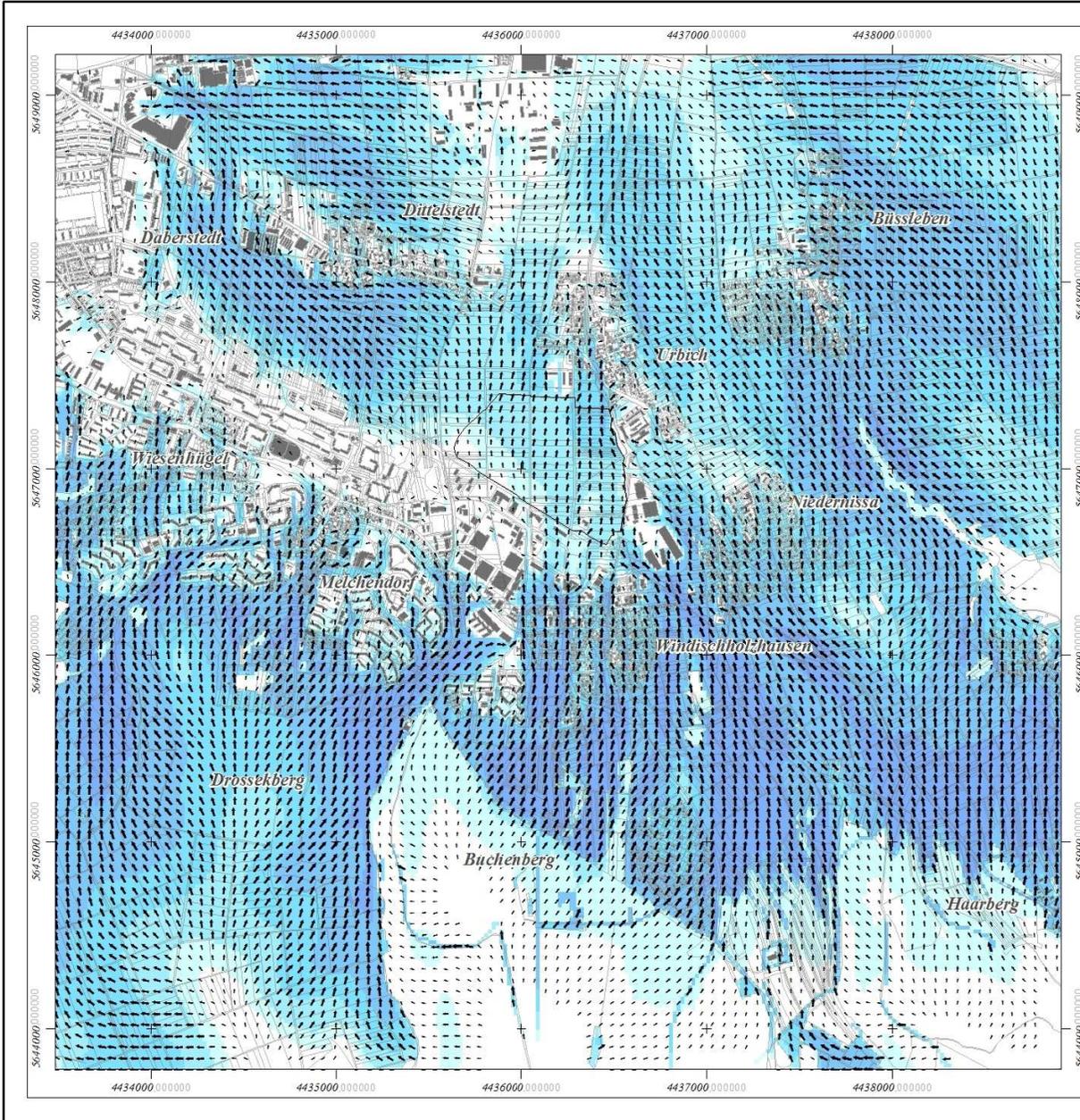
Für die Ausprägung dieser Strömungen ist es wichtig, dass die Luft über eine gewisse Strecke beschleunigt werden kann und nicht durch vorhandene Hindernisse wie Bäume und Bauten abgebremst wird. Im Gegensatz zu Kaltluftabflüssen sind Flur-/Strukturwinde eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können.

Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zunächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden. Diese kleinskaligen Windsysteme werden, je nach lokalen Bedingungen, im Laufe der Nacht von horizontal und vertikal etwas mächtigeren Flur- und Hangwinden (mehrere Dekameter Mächtigkeit) überdeckt, die zwischen den großen Freiflächen und überbauten Arealen entstehen.

Die Ergebniskarten stellen das sich zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile der Karte für eine übersichtlichere Darstellung auf 50 m aggregiert worden sind. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Abgebildet sind alle Zellen des ursprünglichen Rasters, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von  $\geq 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

**Bodennahe Strömung im Untersuchungsgebiet:** Die Karte 4 auf Seite 26 zeigt das für den Zeitpunkt 4:00 Uhr modellierte Strömungsfeld, das sich in der Analysesituation während einer sommerlichen, ausstrahlungswettertauglichen autochthon herausgebildet hat. Die momentane Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren dargestellt, wobei die Pfeile für eine übersichtlichere Darstellung in niedriger Auflösung dargestellt werden.

Die Hauptströmungsrichtung liegt den orographischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes folgend in nördlichen Richtungen. Ein Großteil der vom Drosselberg und von den Hängen des Willroder Forstes in Richtung Geltungsbereich fließenden Kaltluft wird bereits im Vorfeld durch die Bebauung im Gewerbepark Haarbergstraße/Technologiezentrum sowie der umgebenden Zeilenbebauung nachhaltig reduziert. Die geplanten Umnutzungen führen bis in eine Entfernung von etwa 600 m nördlich des Geltungsbereichs zu einer weiteren Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten um etwa  $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (mit maximalen Abnahmen von 0,6 auf Werte von etwa  $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , siehe Karten 5 und 6). Auf diesen Effekt lassen sich auch die im Vorabschnitt angesprochenen Temperaturerhöhungen im Siedlungsbereich Urbich zurückführen. Durch gebäudebedingte Umlenkungs- und Kanalisierungserscheinungen kommt es über Teilflächen insbesondere östlich des Planbereichs auch zu einer Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten (blaue Farbtöne in Karte 6), wobei ein Anstieg von bis zu  $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  modelliert wurde.



**Bebauungsplan URB638**  
**"Technologie- und Gewerbepark**  
**nördlich der Straße Am Herrenberg"**

**Karte 4:**  
**Windfeld**  
**in der Analysesituation**

**Legende**

Windgeschwindigkeit in 2m über Grund  
 zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in m/s

Geltungsbereich URB638

Windvektoren in m/s

- < 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,3
- 0,3 - 0,5
- > 1,0

Windgeschwindigkeitsbereiche:

- 0,0 - < 0,2
- 0,2 - < 0,3
- 0,3 - < 0,5
- 0,5 - < 0,8
- 0,8 - < 1,5
- >= 1,5

**Maßstab 1 : 31 000**

0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

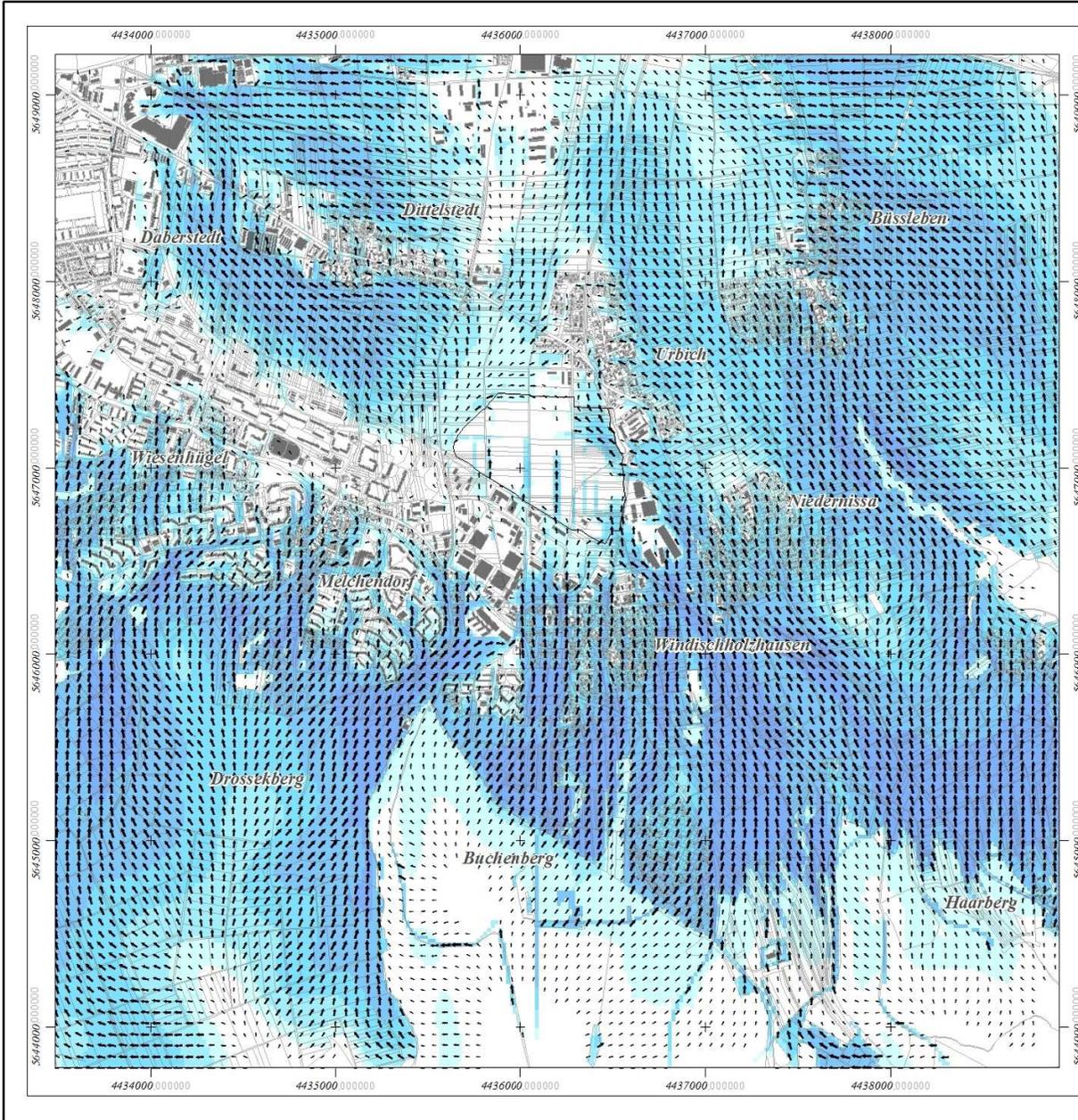
Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
 Mainzerhofstraße 12  
 99084 Erfurt

Umweltconsulting GmbH  
 Große Pfahlstr. 5a  
 30161 Hannover  
 Tel: 0511 - 3 88 72 00  
 E-Mail: kufftig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014





**Bebauungsplan URB638**  
**"Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg"**

**Karte 5:**  
**Windfeld**  
**in der Prognosesituation**

**Legende**

Windgeschwindigkeit in 2m über Grund zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in m/s

	0,0 - < 0,2
	0,2 - < 0,3
	0,3 - < 0,5
	0,5 - < 0,8
	0,8 - < 1,5
	>= 1,5

Windvektoren (m/s)

	< 0,1
	0,1 - 0,2
	0,2 - 0,3
	0,3 - 0,5
	0,5 - 1,0
	> 1,0

Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

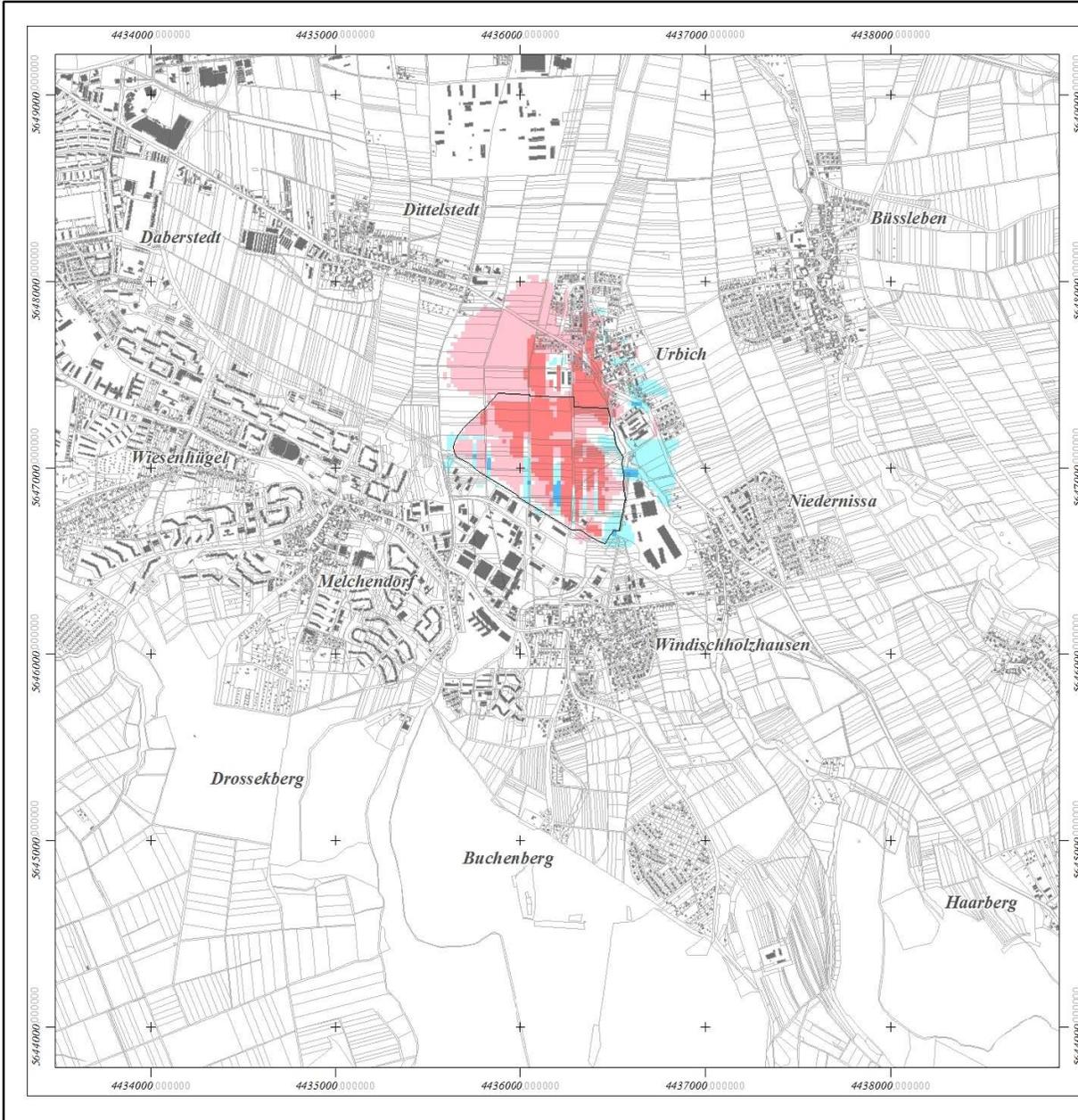
Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
 Mainzerhofstraße 12  
 99084 Erfurt

Umweltconsulting GmbH  
 Große Pfahlstr. 5a  
 30161 Hannover  
 Tel: 0511 - 3 88 72 00  
 E-Mail: kufftig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014





**Bebauungsplan URB638**  
 "Technologie- und Gewerbepark  
 nördlich der Straße Am Herrenberg"

**Karte 6**  
**Differenz der Windgeschwindigkeit  
 zwischen Prognose und Analyse**

**Legende**

Differenz der Windgeschwindigkeit  
 in 2m über Grund  
 zum Zeitpunkt 4:00 Uhr in m/s

	< -1,0
	-1,0 bis -0,3
	-0,3 bis -0,1
	-0,1 bis 0,1
	0,1 bis 0,3
	0,3 bis 1,0
	> 1,0

Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft  
 Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
 Mainzerhofstraße 12  
 99084 Erfurt

Große Pfahlstr. 5a  
 30161 Hannover  
 Tel: 0511 - 3 88 72 00  
 E-Mail: kufftig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014

### 4.3 Kaltluftvolumenstrom

**Allgemeines:** Wie bereits im Vorkapitel zum autochthonen Windfeld eingehender erläutert, kommt den lokalen thermischen Windsystemen eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die *Höhe* der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird zur Bewertung der Grünflächen ein weiterer Klimaparameter herangezogen: der sogenannte Kaltluftvolumenstrom.

Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit  $\text{m}^3$ , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt.

Für die in den Karten 7 und 8 dargestellten Werte bedeutet dies folgendes: Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite, ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstrom-*dichte* aufzufassen. Dies kann man so veranschaulichen, indem man sich ein quer zur Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht<sup>4</sup> bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man den rasterbasierten Kaltluftvolumenstrom.

Der Volumenstrom ist ein Maß für den *Zustrom* von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

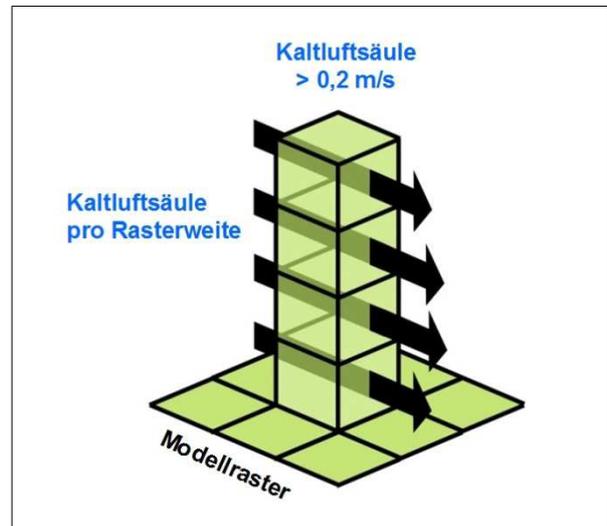


Abb. 4.03: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

<sup>4</sup> Die Schichtgrenze wird dort angesetzt, wo die horizontale Fließgeschwindigkeit geringer als  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  wird

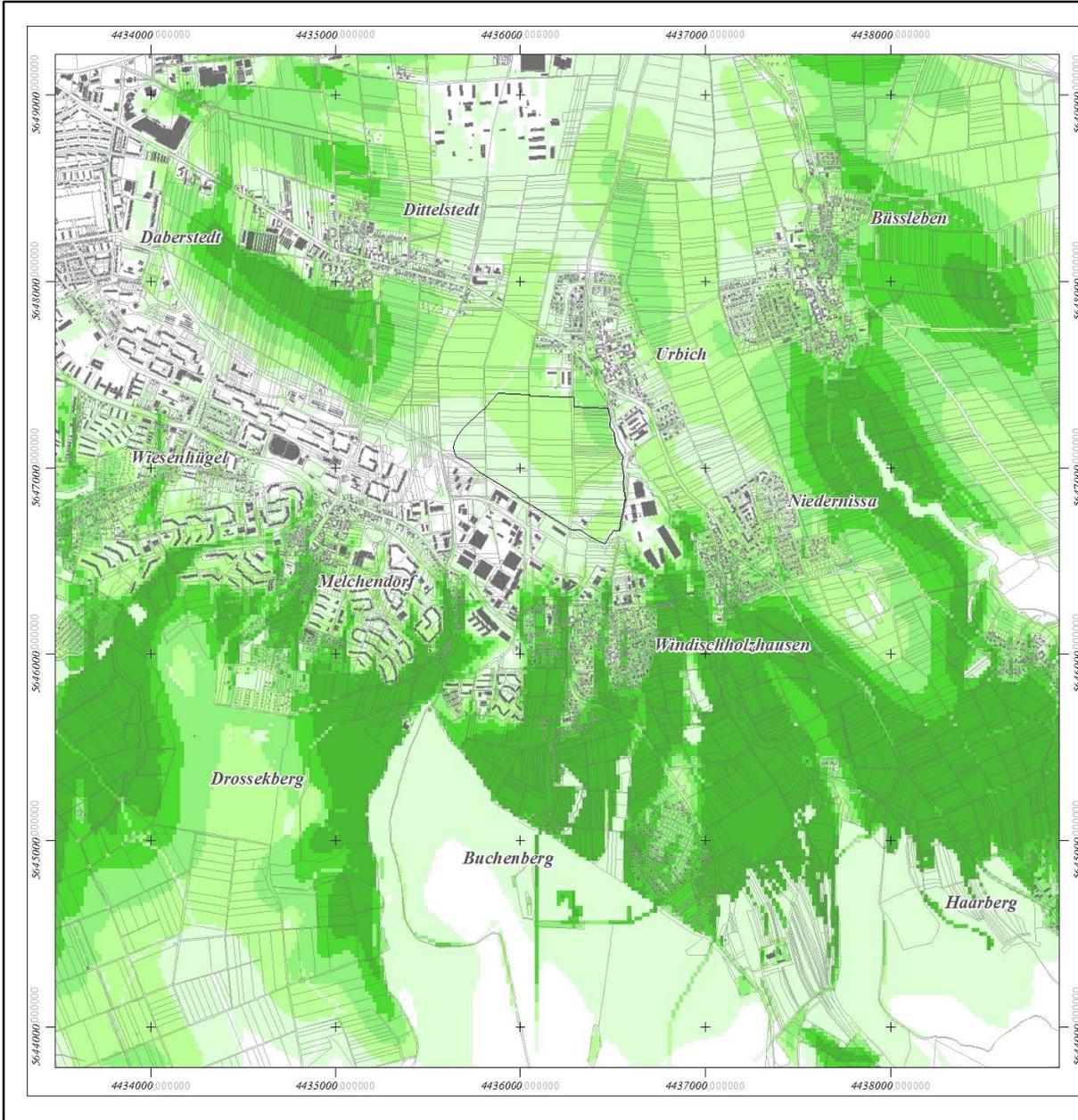
### Kaltluftvolumenstrom im Untersuchungsgebiet

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum geht im Wesentlichen mit der des bodennahen Strömungsfeldes einher. Die Karte 7 auf Seite 31 zeigt den Kaltluftstrom für die Analysesituation in einer quantitativen Abstufung angelehnt an VDI-RL 3785 Blatt 1, das zugehörige Prognoseszenario wird in Karte 8 auf der Folgeseite dargestellt.

Der prozentuale Vergleich zwischen Analyse- und Prognoseszenarium in Karte 9 verdeutlicht die planerischen Auswirkungen auf die Abflussvolumina: Ausgehend von mäßigen Volumenströmen verringern sich die Kaltluftflüsse bis in eine Entfernung von etwa 800 m im Lee der Planungen um mehr als 10 Prozent. Analog zum Windfeld treten in den Stau- und Umströmungsbereichen verglichen mit der Analysesituation stellenweise größere Kaltluftvolumina auf (blaue Farbtöne).

Eine Reduktion um mehr als 10 Prozent kennzeichnet gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 eine „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ wenn sie im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten auftritt. Die im vorliegenden Fall besonders betroffene Siedlung Urbich ist nach gängiger Einordnung nicht als Wirkungsraum mit aktueller oder potenzieller bioklimatischer Belastung einzustufen. Als solche Wirkungsräume werden z.B. nach MOSIMANN et al. (1999) Siedlungen mit einer Mindestgröße von über 1 km<sup>2</sup> sowie einem zur Überwärmung neigenden Flächenanteile von mehr als 50 % aufgefasst. Die Siedlungsfläche Urbichs beträgt etwa 0,4 km<sup>2</sup>. 19 Prozent dieser Fläche ist als „potenziell zu Überwärmung neigend“ einzustufen.

Die planbedingten Auswirkungen reichen bis zum östlichen Rand von Dittelstedt und sind von dort aus in Richtung Stadtgebiet Erfurt nicht mehr signifikant. Auf Basis der verwendeten Datengrundlagen sowie hinsichtlich der für die Modellrechnung vorgegebenen meteorologischen Rahmenbedingungen ist somit nicht von einer planbedingten Verschlechterung der nächtlichen Austauschleistung für das Stadtgebiet von Erfurt auszugehen..



**Bebauungsplan URB638**  
 "Technologie- und Gewerbepark  
 nördlich der Straße Am Herrenberg"

**Karte 7:**  
**Kaltluftvolumenstrom**  
**in der Analysesituation**

**Legende**

Kaltluftvolumenstrom zum Zeitpunkt  
 4:00 Uhr in m³/s

	< 200
	200 - 600
	600 - 1000
	1000 - 1400
	1400 - 1800
	> 1800
	Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

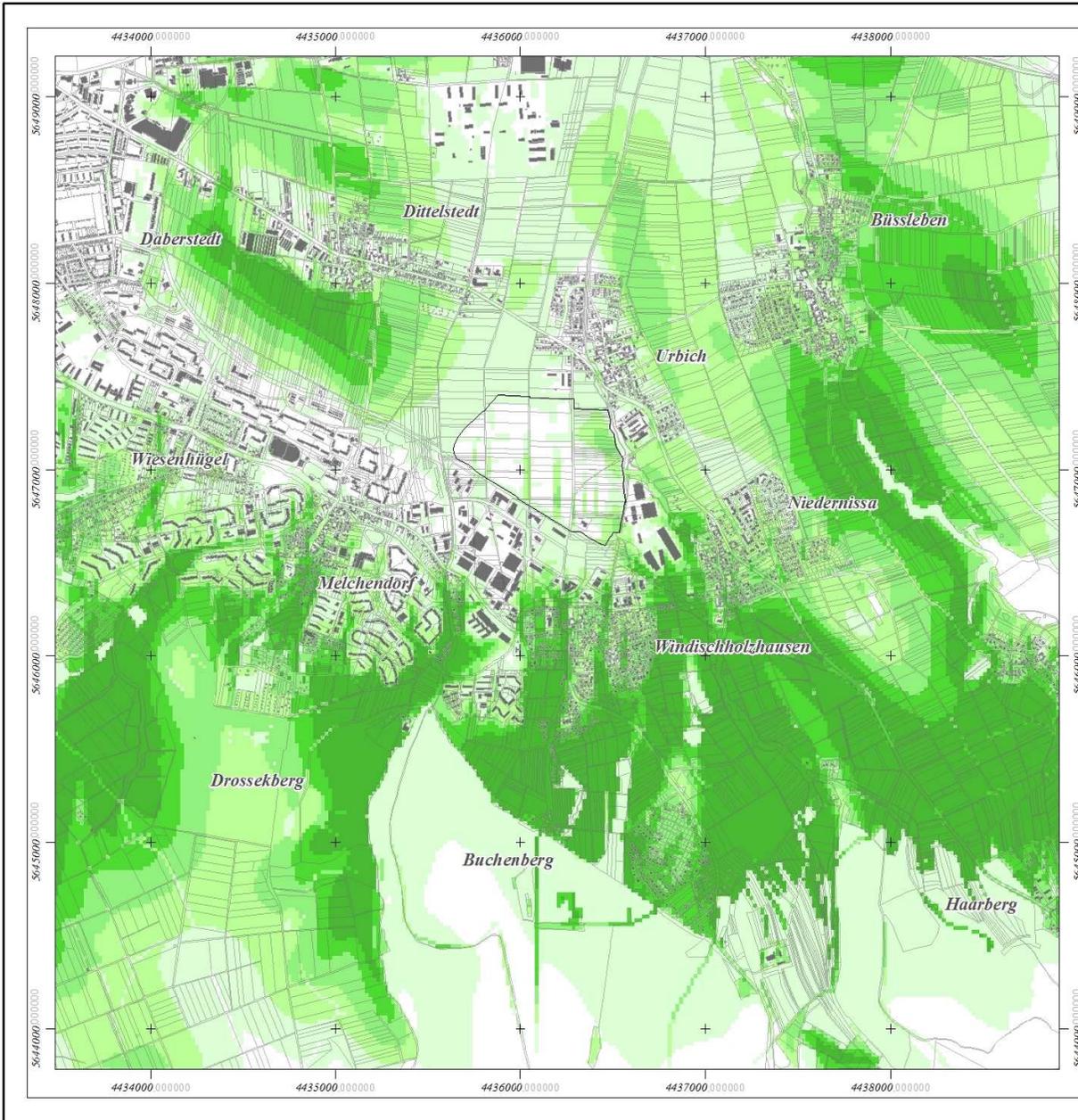
0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft  
 Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
 Mainzerhofstraße 12  
 99084 Erfurt

Große Pfahlstr. 5a  
 30161 Hannover  
 Tel: 0511 - 3 88 72 00  
 E-Mail: kuffig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014



**Bebauungsplan URB638**  
 "Technologie- und Gewerbepark  
 nördlich der Straße Am Herrenberg"

**Karte 8:**  
**Kaltluftvolumenstrom**  
**in der Prognosesituation**

**Legende**

Kaltluftvolumenstrom zum Zeitpunkt  
 4:00 Uhr in m³/s

	< 200
	200 - 600
	600 - 1000
	1000 - 1400
	1400 - 1800
	> 1800
	Geltungsbereich URB638

**Maßstab 1 : 31 000**

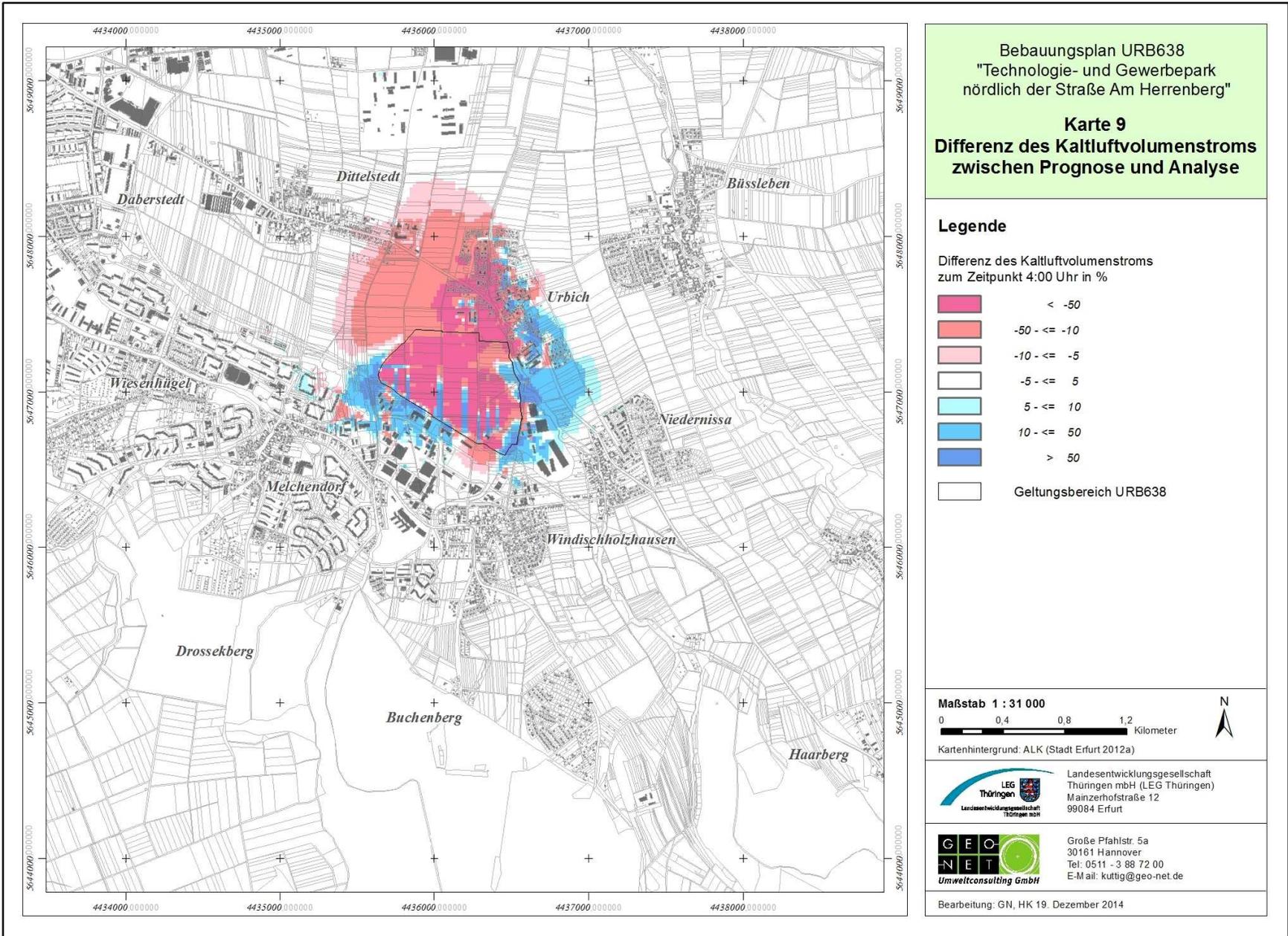
0 0,4 0,8 1,2 Kilometer

Kartenhintergrund: ALK (Stadt Erfurt 2012a)

Landesentwicklungsgesellschaft  
 Thüringen mbH (LEG Thüringen)  
 Mainzerhofstraße 12  
 99084 Erfurt

Große Pfahlstr. 5a  
 30161 Hannover  
 Tel: 0511 - 3 88 72 00  
 E-Mail: kuffig@geo-net.de

Bearbeitung: GN, HK 19. Dezember 2014



#### 4.4 Bioklimatische Situation

**Allgemeines:** Grundlage für die Beurteilung der *bioklimatischen Belastung* einer Fläche ist der Bewertungsindex PMV (Predicted Mean Vote; vgl. FANGER 1972) als dimensionsloses Maß der Wärmebelastung. Der PMV basiert auf der Wärmebilanzgleichung des menschlichen Körpers und gibt den Grad der Unbehaglichkeit bzw. Behaglichkeit als mittlere subjektive Beurteilung einer größeren Anzahl von Menschen wieder. Als wichtigste meteorologische Eingangsgrößen gehen die Lufttemperatur, die Windgeschwindigkeit, der Dampfdruck und die Strahlungstemperatur am Aufenthaltsort in die Berechnung des PMV-Wertes ein. Diese meteorologischen Parameter unterscheiden sich innerhalb städtischer Strukturen in weiten Grenzen. In Abhängigkeit von den stadtspezifischen Faktoren (z.B. Bebauungshöhe, Versiegelung, Durchgrünungsgrad) und der Charakterisierung der Wettersituation (z.B. Wind, Luftmasseneigenschaften), können mit Hilfe des mesoskaligen Modells FITNAH diese Verteilungen innerhalb des Untersuchungsgebietes abgeschätzt werden.

Der nächtlichen Wärmebelastung liegt die Werteausprägung in der zweiten Nachthälfte um 4 Uhr zugrunde. Es handelt sich um den PMV-Wert einer typischen *Sommernacht* mit geringem Luftaustausch und ungehinderter langwelliger Ausstrahlung bei einem wolkenlosen Himmel. Dabei wirken lokal auftretende Kaltluftströmungen modifizierend auf die räumliche Ausprägung des Parameters. Das Belastungsniveau ist vor dem Hintergrund der untersuchten „Worst-Case-Situation“ (siehe Seite 14 ff) zu interpretieren.

Über das in der VDI-RL 3785 Blatt 1 beschriebene Verfahren zur Ermittlung der bioklimatischen Situation wird mittels z-Transformation das Modellgebiet in günstige und ungünstige Areale untergliedert. In der Nachtsituation ist dabei die Abweichung von den mittleren Verhältnissen in den Siedlungsbereichen des Untersuchungsraum ausschlaggebend. Als Resultat ergeben sich vier qualitative Bewertungskategorien, die durch den Gebietsmittelwert sowie die obere und untere Standardabweichung voneinander abgegrenzt werden (siehe Tab. 4.01). Bei der Bewertung der Ergebnisse ist daher der Flächenanteil von zur Überwärmung neigenden Strukturen zu berücksichtigen.

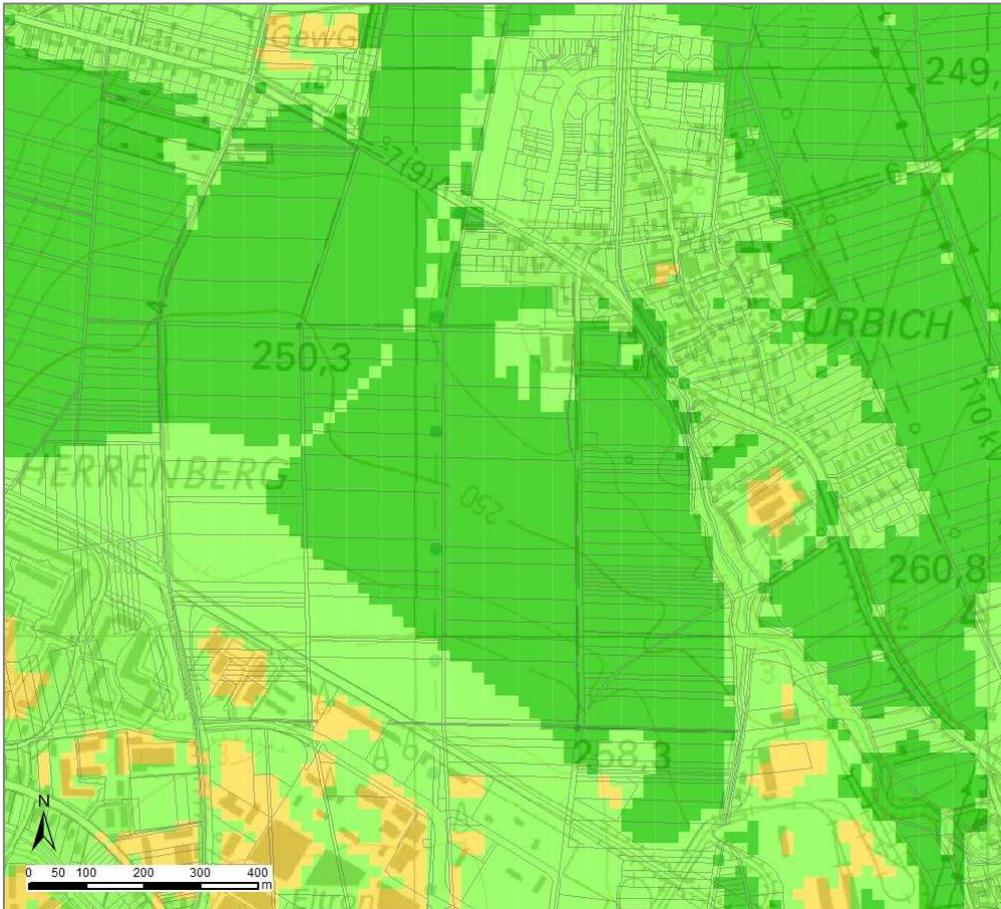
Die Belastungsklasse 4 "Ungünstig" tritt insbesondere in Siedlungsräumen mit hohem Bauvolumen und freiflächenferner Lage auf, in denen alle Faktoren, die eine städtische Überwärmung gegenüber dem Umland begünstigen, voll ausgeprägt sind (Stadtzentren). Auch größere Gewerbe- und Industriearale treten mit einer recht hohen Belastung hervor, da sie oftmals eine ähnlich verdichtete Bebauungsstruktur und ähnlich hohe Versiegelungsgrade wie die Innenstadtbereiche aufweisen. Gebiete, in denen block- und zeilenartige Bauweisen vorherrschen, ordnen sich in ihren bioklimatisch relevanten Eigenschaften zwischen den Bebauungsextremen ein und weisen, je nach Lage im Mosaik der Siedlungsstrukturen variable Bedingungen in mittleren Belastungsbereichen auf.

Belastungsstufe	Mittlerer Z-Wert
1 Sehr günstig	> -1 (untere S <sub>1</sub> -Schranke)
2 Günstig	-1 bis 0
3 Weniger günstig	0 bis 1
4 Ungünstig	< 1 (obere S <sub>1</sub> -Schranke)

Tab. 4.01: Klassifizierung der bioklimatischen Situation (VDI 2008b)

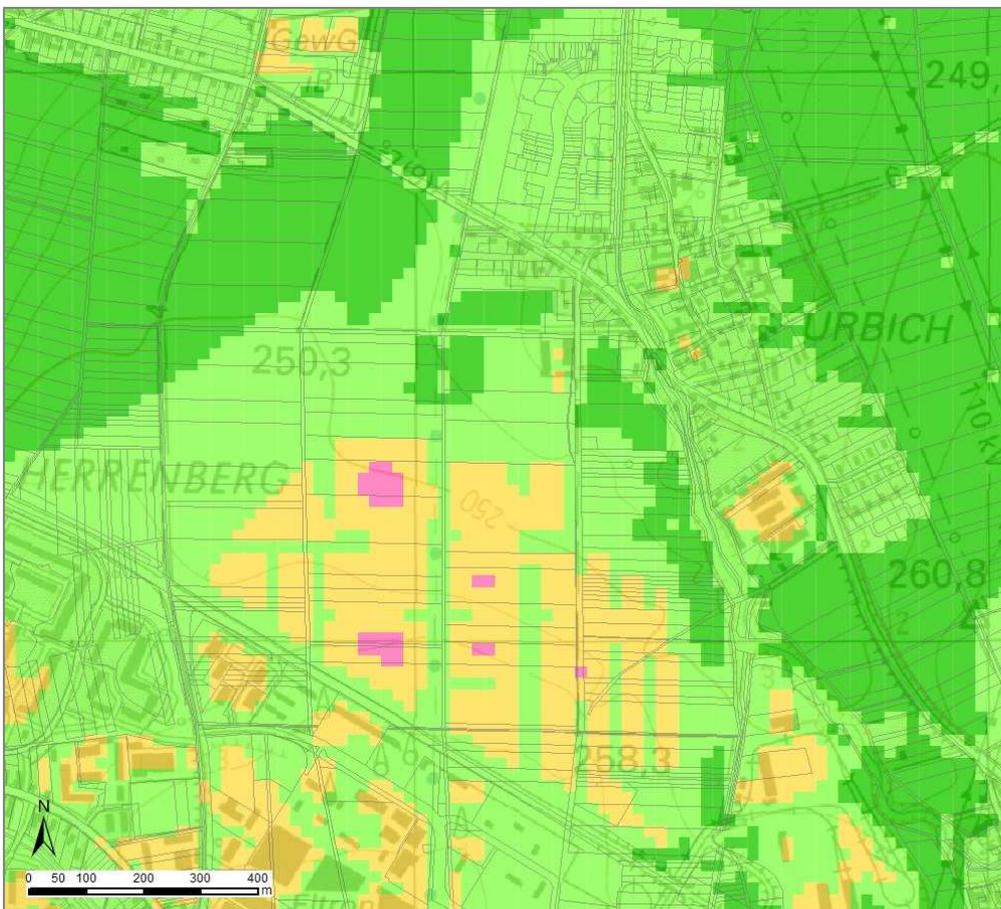
**Bioklimatische Bedingungen im Umfeld der Planfläche:** Die humanbioklimatische Belastung im Untersuchungsgebiet stellt sich entsprechend der relativ geringen Bebauungsdichte weiträumig als gering dar (siehe Abb. 4.04). Wegen der Beurteilung auf Grundlage des Gebietsmittels treten gewerbegeprägte Räume wie das Gewerbegebiet Erfurt Südost mit orangefarbener Flächensignatur hervor, die weniger günstige bioklimatische Verhältnisse kennzeichnet. Auch einige kleinere innerhalb der Siedlungen gelegene, weniger strömungsoffene oder stärker versiegelte Teilflächen, weisen dieses Belastungsniveau auf. Innerhalb der Siedlung Urbich treten aufgrund ihrer vorherrschend dörflichen Bebauung kaum Belastungen auf. Versiegelungsbedingt sind einige wenige, vornehmlich gewerblich geprägte Grundstücke durch eine überdurchschnittliche Wärmebelastung gekennzeichnet.

Das geplante Gewerbegebiet beeinflusst den Luftaustausch insbesondere über den nordwestlich anschließenden Flächen. Hierdurch kommt es zu einer Zunahme des als weniger günstig eingestuften Flächenanteils im Umfeld der gegenwärtig bereits vorbelasteten Siedlungsbereiche (siehe Abb. 4.05). Die stärksten negativen Auswirkungen auf die thermische Bestandssituation bleiben auf den Geltungsbereich selber sowie die umliegenden Freiflächen begrenzt. Dies führt im Untersuchungsgebiet zu einem erheblichen Anstieg des Flächenanteils mit Überwärmungstendenz. Hingegen ist der Einfluss der geplanten Umgestaltungen auf die bioklimatische Situation innerhalb des benachbarten Siedlungsbestandes als relativ gering anzusehen. Die vornehmlich betroffene Siedlung Urbich ist im Rahmen der zugrunde gelegten Wetterlage auch in der Prognosesituation weiterhin als humanbioklimatischer Gunstraum einzustufen.



- Sehr günstig
- Günstig
- Weniger günstig
- Ungünstig

Abb. 4.04:  
Bioklimatische Situation  
in der Analysesituation



- Sehr günstig
- Günstig
- Weniger günstig
- Ungünstig

Abb. 4.05:  
Bioklimatische Situation  
in der Prognosesituation

## 5. Ergebnisse Lufthygiene

Hinsichtlich der Ausbreitung von Luftschadstoffen wurden insgesamt 3 Szenarien modelliert (vgl. Tab. 2.02, Seite 8). Dabei wurden für das gesamte Untersuchungsgebiet Ausbreitungsfelder der lufthygienischen Leitparameter  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  berechnet. Für die Charakterisierung und kartographische Umsetzung der Luftschadstoff-Belastungssituation werden die Jahresmittelwerte verwendet. Die Auswertung bezieht sich auf das 5 m-Raster, das innerhalb des Kerngebietes Lufthygiene verwendet wurde.

### 5.1 Allgemeines

Die lufthygienische Bewertung der verkehrsinduzierten Luftschadstoffbelastung im Umfeld der geplanten Umgestaltungsmaßnahmen beruht auf den Ergebnissen des numerischen Simulationsmodells ASMUS (vgl. Kapitel 3). Ausgehend von den Verkehrsmengen und Emissionsfaktoren für die planungsrelevanten Straßen wurden für die verkehrstypischen Leitkomponenten – Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ) – jeweils zwei Ausbreitungssimulationen durchgeführt. Die Rechnungen erfolgten in einem 930 m x 670 m großen Untersuchungsgebiet mit einer Rasterauflösung von 5 m. Die Ergebnisse beziehen sich entsprechend TA-Luft (2002) jeweils auf die bodennahe Schicht der Atmosphäre (= 3 m über Grund), die mit dem Aufenthaltsbereich des Menschen gleichzusetzen und repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Flur ist. Die folgende Darstellung beruht auf den mittleren Immissionen der Schadstoffkomponenten bezogen auf ein Kalenderjahr. In der Tab. 5.01 sind die in Deutschland aktuell rechtsverbindlichen Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid und Feinstaub aufgeführt.

Schadstoffkomponente	Mittelungszeitraum	Immissionswert ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )	Stundenmittel	200	18 x
	Jahresmittel	40	–
Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ )	Tagesmittel	50	35 x
	Jahresmittel	40	–

Tab. 5.01 Aktuell rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (= Mikrogramm pro Kubikmeter) für die Luftschadstoffkomponenten  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  nach 39. BImSchV (2010)

Die Abbildungen 5.01 und 5.02 auf der Folgeseite fassen die Jahresauswertungen der Erfurter Stationen aus dem Thüringer Immissions-Messnetz (TLUG 2009 – 2014) für die Schadstoffe  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  zusammen. Die Station an der Krämpferstraße dient der Ermittlung der regionalen und urbanen Hintergrundbelastung, während die in der Bergstraße und in der Heinrichstraße befindlichen Messstationen zusätzlich die verkehrlichen Anteile an der Luftschadstoffbelastung registrieren. An der Verkehrsstation Bergstraße sind in den Jahren 2009 bis 2011 die Grenzwerte für die  $\text{NO}_2$ -Jahresimmission ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jeweils überschritten worden. Der Grenzwert für den Einstundenmittelwert ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wurde in maximal fünf Stunden überschritten (2006) und bleibt damit deutlich unterhalb des zulässigen Maßes von 18 Überschreitungen im Jahr. An der Station Heinrichstraße konnte der über ein Kalenderjahr gemittelte Immissionsgrenzwert für  $\text{NO}_2$  jeweils knapp eingehalten werden.

Ein anderes Bild vermittelt die  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration: Während der Langzeitgrenzwert ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel) an den Verkehrsstationen durchgängig eingehalten wurde, erweist sich die Sicherung des Kurzzeitgrenzwertes als schwieriger. An jeweils mindestens 38 Tagen der Jahre 2009 – 2011 überschritt an der Station Bergstraße die Konzentration den Tagesimmissionswert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die 60 Überschreitungstage des Jahres 2006 gehen sogar deutlich über die zugelassenen 35 Überschreitungen pro Jahr hinaus.

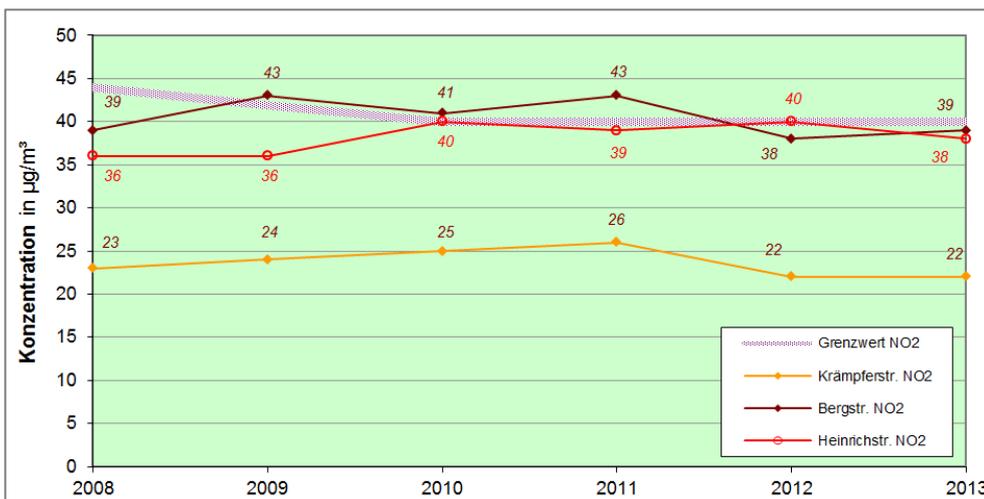


Abb. 5.01: Jahreskenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration an den Immissions-Messnetz Stationen Erfurt. Datenquelle: TLUG 2009 – 2014

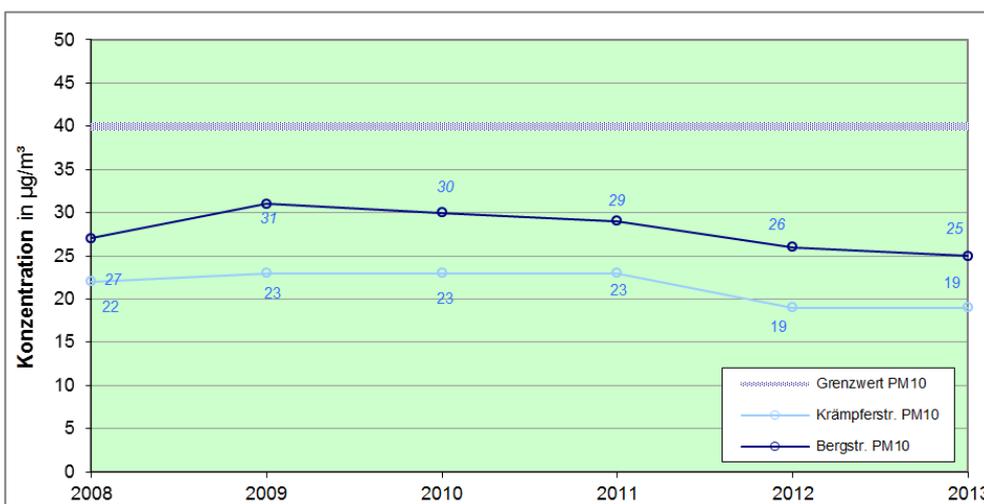


Abb. 5.02: Jahreskenngrößen der PM<sub>10</sub>-Konzentration an den Immissions-Messnetz Stationen Erfurt. Datenquelle: TLUG 2009 – 2014

**Anmerkung zu den Kurzzeitbelastungen:** Wie auch die Auswertung zahlreicher anderer Messstationen belegt, ist der Grenzwert der mittleren Jahreskonzentration für den Luftschadstoff NO<sub>2</sub> ein deutlich strengeres Kriterium als die Kurzzeitbelastungen im Sinne der 39. BImSchV (2010). In der Praxis ist die Wahrscheinlichkeit, den Kurzzeitgrenzwert an mehr als 18 Stunden im Jahr zu überschreiten, nur dort als sehr hoch anzusehen, wo der Jahresimmissionswert oberhalb von 60 µg·m<sup>-3</sup> liegt. Umgekehrt verhält es sich bei Betrachtung des Feinstaubes, dessen Kurzzeitgrenzwert deutlich schwieriger einzuhalten ist als das maximal zulässige Jahresmittel.

Aufgrund dieser Überlegungen wird in der vorliegenden Untersuchung auf die Darstellung der Kurzzeitbelastungen durch NO<sub>2</sub> verzichtet. Die PM<sub>10</sub>-Kurzzeitbelastung wird hingegen pauschal berücksichtigt. Allerdings ist eine modellhafte Ermittlung von Tagesmittelwerten für Partikel angesichts der Eingangsdatenlage und der auf der Folgeseite skizzierten Schwierigkeiten seriös nicht möglich, so dass die Darstellung auf schematisierte Weise auf Grundlage der Jahresmittelwerte erfolgt. Hierzu wird auf ein Verfahren zurückgegriffen, das sich an die in MOORCROFT et al. (1999) sowie in DÜRING u. LOHMEYER (2001) beschriebene Vorgehensweise anlehnt:

Sie beruht auf der weitgehend linearen Abhängigkeit der Überschreitungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes vom Jahresimmissionswert. Basierend auf empirischen Daten liegt dieser faktorielle Zusammenhang im Bereich zwischen 1.25 (Optimum) und 1.79 (Pessimum). Der entsprechend aus dem Langzeitmitteln errechnete Wert gibt die PM10-Konzentration wieder, die an 35 von 365 Tagen überschritten wird (90.4-Perzentil). Ist dieses Produkt demnach kleiner als  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , kann davon ausgegangen werden, dass der 24-h-Grenzwert seltener als 35 mal im Jahr überschritten wird. Der Unterschied zwischen „worst case fit“ und „best case fit“ ist auf die Spannbreite der empirischen Daten zurückzuführen: Der 24-h-Wert kann in Einzelfällen bereits bei Jahresmitteln um  $28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  häufiger als 35 mal überschritten werden (Faktor 1.79), andererseits kann auch bei Langfristmitteln bis zu  $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  die Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes noch gewährt sein (Faktor 1.25). In diesem Gutachten wird der von MOORCROFT et al. (1999) ermittelte „worst case fit“ von 1.79 verwendet. Bereiche mit einem Jahresmittelwert  $< 28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  unterschreiten bei diesem Faktor den Wert von  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  und weisen mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit keine Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes auf.

**Anmerkung zur PM10-Modellierung:** Im Vergleich mit gasförmigen Luftschadstoffkomponenten wie Stickstoffdioxid, Benzol oder Kohlenmonoxid sind bei der Ausbreitungsmodellierung von Feinstäuben einige zusätzliche Einschränkungen zu machen: Grundsätzlich stimmen die Ausbreitungswege dieser partikulären Schadstoffkomponente weitgehend mit jenen des gasförmigen  $\text{NO}_2$  überein. Wenn auch das Verhalten der Partikel in der Atmosphäre durch andere Parameter bestimmt wird, als dies bei Gasen der Fall ist, so sind sie in ihrer Ausbreitung doch weitgehend an das gasförmige Trägermedium gebunden, in dem sie suspendiert sind.

Allerdings ist die rein quantitative Modellierung von partikulären Schadstoffkomponenten, wie Ruß oder PM10-Feinstaub, mit deutlich höheren Unsicherheiten behaftet als jene der gasförmigen Komponenten. Dies hat mehrere Gründe: Zum einen ist die Berechnung des wichtigsten Modelleingangsparameters „PM10-Emission“ recht problematisch (was zu Abweichungen von bis zu  $\pm 50\%$  von gemessenen Werten führen kann, s. LOHMEYER 2001). Das modellierte Immissionsniveau beruht zu ganz wesentlichen Anteilen auf diesen berechneten Emissionsmengen. Aus verschiedenen Gründen, die z.B. in LAMBRECHT et al. (2000) ausführlich dargestellt werden, sind allerdings auch die gemessenen Werte oftmals sehr viel weniger verlässlich, als dies bei Gasimmissionsmessungen der Fall ist. Zum anderen sind auch die zu berücksichtigenden Faktoren, die einen Einfluss auf die Transmission und Immission von Partikeln haben, schwer zu parametrisieren. Hierzu gehört unter anderem ihre chemische und physikalische Reaktionsfähigkeit. Partikel repräsentieren keine homogene Stoffkomponente, sie bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten, die sich abhängig von den Umgebungsbedingungen stark wandeln können (s. LAMBRECHT et al. 2000). Neben chemischen Faktoren spielen dabei vor allem physikalische Vorgänge, wie die Koagulation und die Kondensation von Teilchen eine große Rolle. Diese und andere Faktoren üben einen schwer vorauszusagenden Einfluss auf den Gehalt der Atmosphäre an Partikeln einer bestimmten Größe und Zusammensetzung aus und finden in der TA-Luft-konformen Ausbreitungsrechnung nur zum Teil Berücksichtigung (TA Luft 2002).

Ein weiterer Faktor, der die Modellierung der PM10-Immission erschwert, ist die variable städtische und regionale Hintergrundbelastung. Diese ist stark von verschiedenen schwer quantifizierbaren Rahmenbedingungen abhängig ab, unter anderem beispielsweise von den variablen Witterungsverhältnissen. Die Ursachenanalysen von PM10-Grenzwertüberschreitungen zeigen, dass Überschreitungen meist dann auftreten, wenn zu einer relativ hohen Hintergrundkonzentration die Emissionen stark befahrener Straßen hinzukommen (UBA 2005).

## 5.2 Ausprägung der Stickstoffdioxidimmission

In der Abb. 5.03 sind die mittleren jährlichen Luftschadstoffkonzentrationen für den Parameter NO<sub>2</sub> im Analysefall 2014 dargestellt. Insgesamt zeichnen sich die zentralen Fahrbahnbereiche des Hauptstraßennetzes (Am Herrenberg, Konrad-Adenauer-Straße) mit einem erhöhten Schadstoffniveau und lokal mit Maximalwerten von z.T. mehr als 40 µg·m<sup>-3</sup> NO<sub>2</sub> ab. Die höchsten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet treten mit etwa 42 µg·m<sup>-3</sup> an der Kreuzung dieser beiden Straßen auf. Die für die Grenzwertbetrachtung relevanten Gehwegbereiche der angesprochenen Straßenabschnitte sind in der Modellierung insgesamt durch eine vergleichsweise niedrige Belastung gekennzeichnet. Die Konzentrationen liegen in den Gehsteig-Randbereichen durchgehend unterhalb von 30 µg·m<sup>-3</sup>. Um auf die Charakteristika dieser Bereiche und die Immissionssituation im Bereich der Bebauung quantitativ eingehen zu können, wurden neben der feldhaften Betrachtung einige Einzelpunkte ausgewiesen (siehe Abbildungen auf den Folgeseiten), deren Analysewerte in der Tab. 5.02 auf Seite 45 zusammengefasst sind.

Die mittlere jährliche NO<sub>2</sub>-Belastung im Prognosenußfall P0 erfährt – unter anderem aufgrund der vom HBEFA angesetzten Verjüngung der Fahrzeugflotte – gegenüber der Analysesituation insgesamt eine signifikante Reduktion (siehe Abb. 5.04 und Tab. 5.02). Diese beläuft sich an den Einzelanalysepunkten auf Abnahmen um bis zu 1,5 µg·m<sup>-3</sup> an den fahwegnahen Punkten.

Auch im Prognoseplanfall P1 (Abb. 5.05) wird die im Jahr 2015 gemäß HBEFA verbesserte Emissionssituation gegenüber der Analysesituation durch geringfügige Abnahmen der Schadstoffkonzentrationen deutlich. Lediglich auf den am Geltungsbereich liegenden Abschnitten der Straße Am Herrenberg (Punkte 3 und 4) führt die prognostizierte verkehrlichen Zusatzbelastung sowie die neubaubedingte Verschlechterung der Durchlüftungssituation zu einer Überkompensation dieser Verbesserungen.

Gegenüber dem Prognosenußfall P0 ist im Prognoseplanfall P1 an allen Abschnitten eine erhöhte mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen berechnet worden. Die maximalen Zunahmen an den straßenrandnahen Bereichen treten mit Werten von etwa 1,1 µg·m<sup>-3</sup> an der Rudolstädter Straße auf (Punkt 7). Da auf diesem Abschnitt keine planbedingten Zusatzverkehre zu erwarten sind, ist die Zunahme auf eine planbedingte Verschlechterung der mittleren Durchmischung zurückzuführen. Die räumliche Ausprägung der Zusatzbelastungen insbesondere an den Fahrbahnabschnitten der Straße Am Herrenberg verdeutlicht die Abb. 5.06 in einer Differenzendarstellung. Dabei ist zu beachten, dass die in den zentralen Fahrbahnbereichen sichtbar werdenden Abweichungen der Klasse über 2 µg·m<sup>-3</sup> für die Grenzwertbetrachtung irrelevant sind.

Unter Berücksichtigung der angesetzten städtischen Hintergrundbelastung von 20 µg·m<sup>-3</sup> NO<sub>2</sub> und der vereinfachenden Annahmen der Eingangsdatenbasis werden im Untersuchungsgebiet für keines der Szenarien NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen modelliert. Alle relevanten Konzentrationswerte liegen auch im Prognoseplanfall P1 deutlich unterhalb des derzeit gültigen Immissionsgrenzwertes von 40 µg·m<sup>-3</sup>.

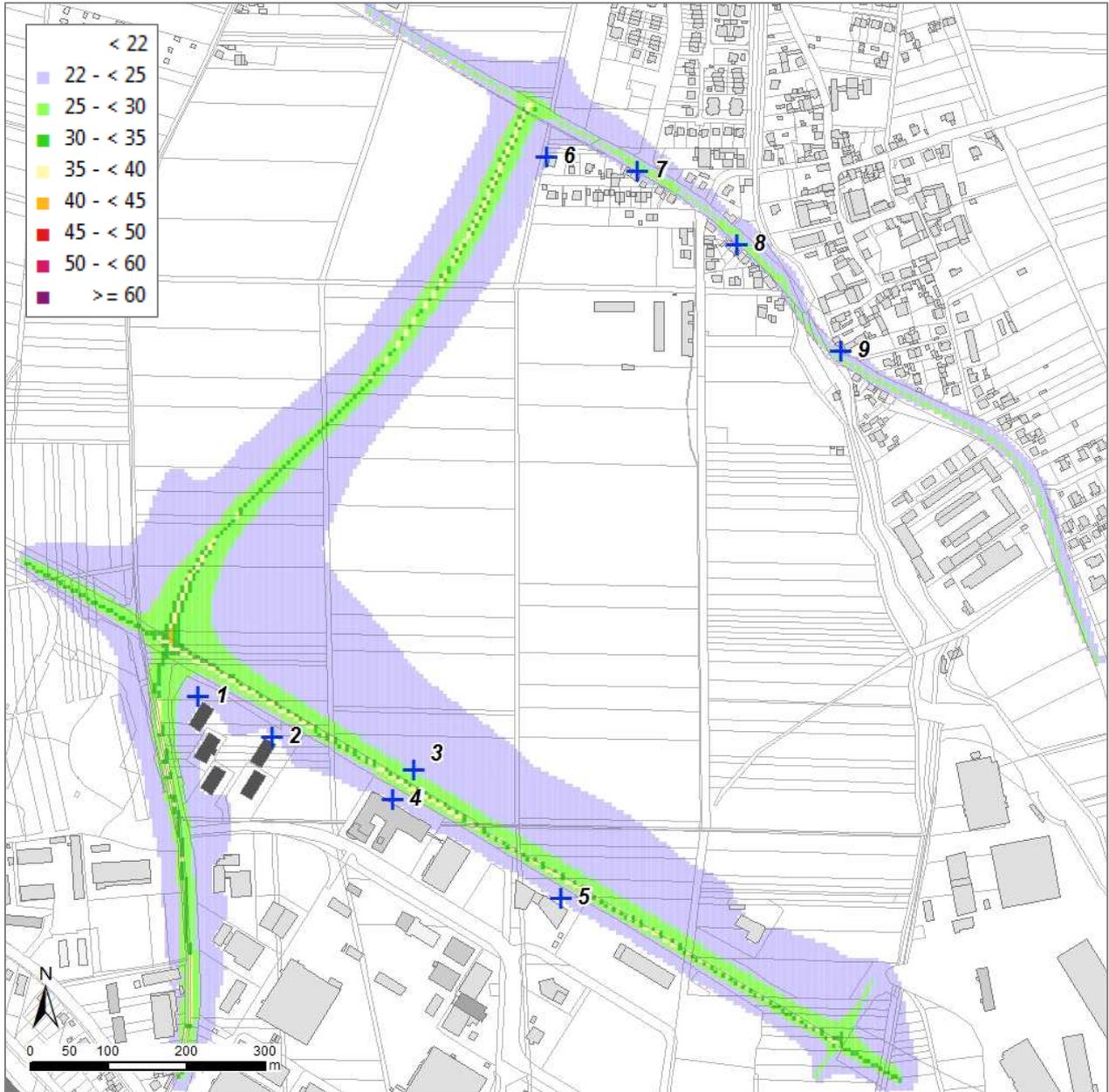


Abb. 5.03: Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration (Jahresmittelwert in µg/m<sup>3</sup>) im Analysefall A0 2014

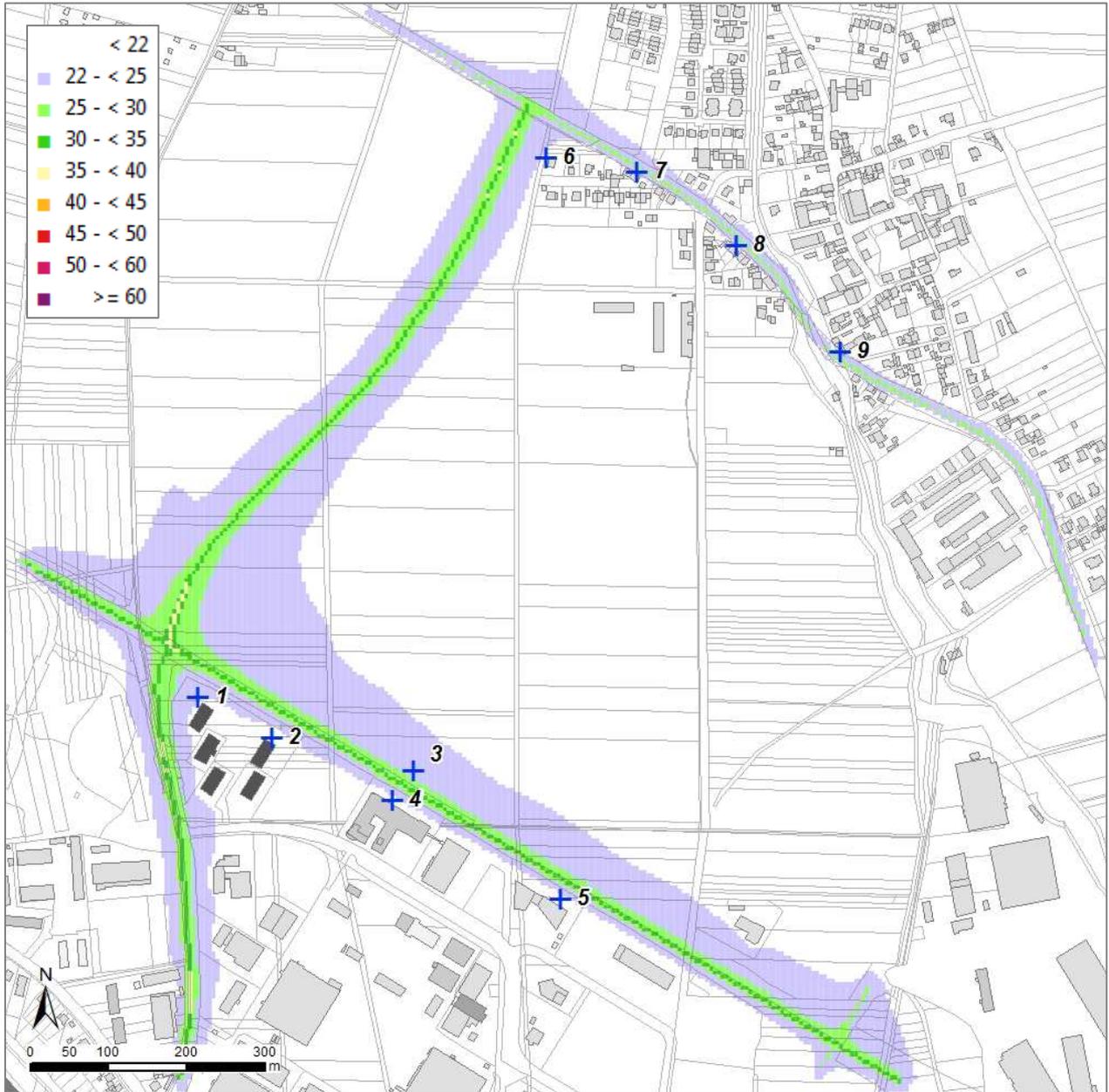


Abb. 5.04: Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration (Jahresmittelwert in µg/m<sup>3</sup>) im Prognosenullfall **P0** 2015

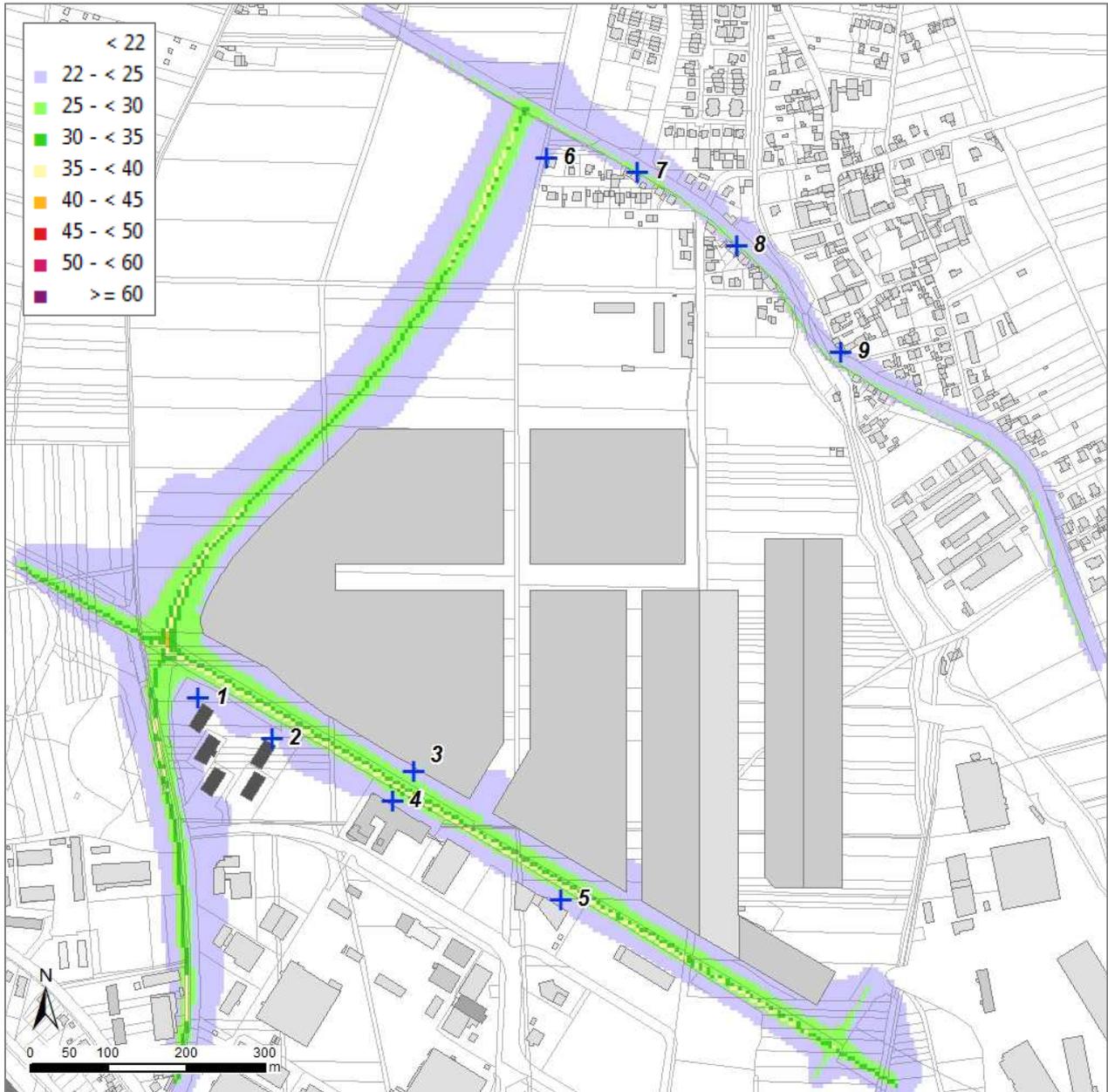


Abb. 5.05: Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration (Jahresmittelwert in µg/m<sup>3</sup>) im Prognoseplanfall P1 2015

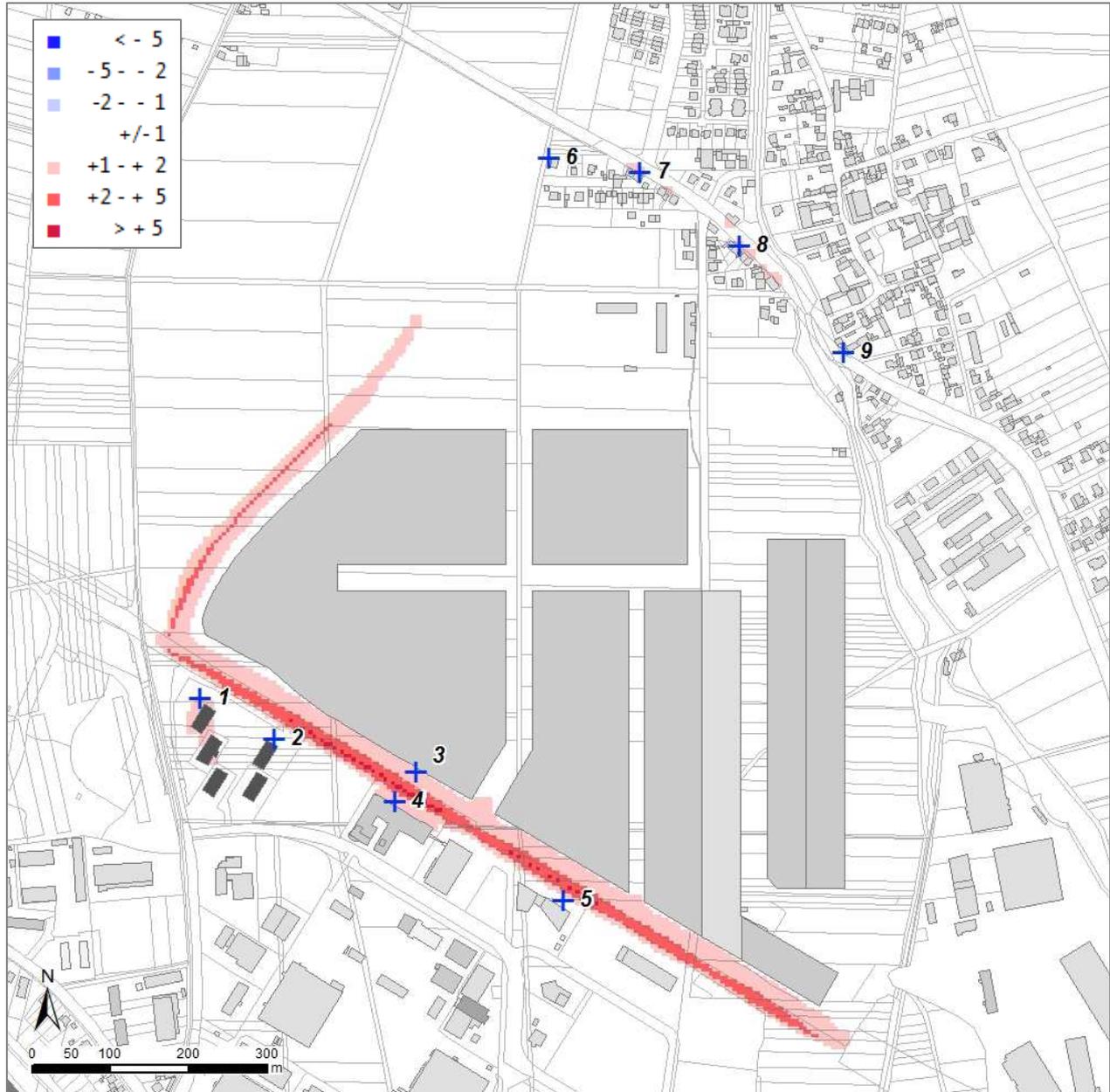


Abb. 5.06: NO<sub>2</sub>-Immissionsabweichungen in Absolutwerten (Jahresmittelwert in µg/m<sup>3</sup>) zwischen Prognoseplanfall **P1** und Prognosenullfall **P0**  
Rote Farbtöne kennzeichnen eine Immissionszunahme im Planfall gegenüber dem Nullfall

Nr.	X Koord	Y Koord	NO <sub>2</sub> -Konzentration (µg·m <sup>-3</sup> )			Differenz (µg·m <sup>-3</sup> )		
			A0 2014	P0 2014	P1 2015	P0 – A0	P1 – A0	P1 – P0
1	4435643	5647008	23,4	22,7	23,2	-0,75	-0,23	0,52
2	4435737	5646955	21,7	21,0	21,6	-0,69	-0,09	0,60
3	4435917	5646913	24,8	23,8	24,6	-1,01	-0,22	0,79
4	4435890	5646874	22,3	21,3	22,4	-0,97	0,11	1,08
5	4436104	5646747	22,1	21,5	22,1	-0,64	0,05	0,69
6	4436087	5647701	22,1	21,7	21,9	-0,38	-0,18	0,20
7	4436203	5647682	24,2	22,8	23,9	-1,47	-0,34	1,13
8	4436329	5647588	22,9	21,6	22,7	-1,28	-0,24	1,04
17	4436461	5647452	22,2	21,5	22,0	-0,72	-0,18	0,54

Tab. 5.02 Modellierte NO<sub>2</sub>-Konzentrationswerte (Jahresmittel in µg·m<sup>-3</sup>) an den Einzelanalysepunkten (zur Lage der Punkte siehe Vorseite)

Nr. Nummer des Einzelanalysepunktes (siehe Abbildungen)  
 X Koord X-Koordinate des Einzelanalysepunktes  
 Y Koord Y-Koordinate des Einzelanalysepunktes

Die Differenzenspalten sind am Beispiel des Feldes [P1 – A0] folgendermaßen zu lesen: Die Werte des P1-Falls wurden um die Werte des A0-Falls verringert. Ergeben sich positive Werte, ist die Konzentration im P1-Fall größer als im A0-Fall (rot), ergeben sich negative Werte, sind die Konzentrationen im P1-Fall niedriger als im A0-Fall (blau).

### 5.3 Ausprägung der Feinstaubimmission

Das Immissionsfeld des Feinstaubes entspricht ausgehend von einem insgesamt niedrigeren Wertenniveau in seiner räumlichen Ausprägung im Wesentlichen jenem der NO<sub>2</sub>-Konzentration. Auch hier zeichnen sich die Fahrbahnabschnitte der Straße Am Herrenberg und der Konrad-Adenauer-Straße als Belastungsschwerpunkte ab. Der Einfluss der Luftschadstoffkomponente PM10 auf die jahresdurchschnittliche Belastungssituation ist allerdings weniger bedeutend: Zwar werden in den Fahrbahnbereichen Maximalwerte bis etwa 30 µg·m<sup>-3</sup> modelliert, doch sind die für die Grenzwertbetrachtung relevanten Gehwegbereiche mit Werten von verbreitet unter 26 µg·m<sup>-3</sup> insgesamt nur mäßig belastet.

Die im Prognose-Null-Fall für die NO<sub>2</sub>-Belastung festgestellte Reduktion der Schadstoffkonzentrationen fällt für den Feinstaub wesentlich geringer aus (siehe Tab. 5.03). Dies ist eine Folge des hohen Anteils der nicht direkt durch das Motorenabgas, sondern durch Abrieb und Aufwirbelung freigesetzten Partikel. Zur Minderung dieses Emissionsfaktors sind von Seiten des technischen Umweltschutzes bislang keine realisierbaren Maßnahmen bekannt.

Wie die Messwerte der Station an der Bergstraße zeigen, wo es beispielsweise im Jahr 2011 bei einem Jahresimmissionswert von 29 µg·m<sup>-3</sup> zu einer 40-maligen Überschreitung des Tagesimmissionsgrenzwertes kam, ist die Einhaltung der Kurzfristgrenzwerte in Erfurt auch bei relativ niedrigen Jahreswerten nicht gesichert. Allerdings unterschreiten die modellierten Jahresmittelkonzentrationen durchgehend den kritischen Wert von 28 µg·m<sup>-3</sup>, so dass von einer Einhaltung der Kurzfristgrenzwerte im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann. Dies gilt für alle in der vorliegenden Untersuchung modellierten Szenarien. Die Auswirkungen des Planvorhabens auf das Risiko von Überschreitungen ist – angesichts der geringen Immissionszunahmen – gegenüber anderen Einflussfaktoren als gering einzustufen (siehe Seite 39).

Nr.	X Koord	Y Koord	PM10-Konzentration (µg·m <sup>-3</sup> )			Differenz (µg·m <sup>-3</sup> )		
			A0 2014	P0 2014	P1 2015	P0 – A0	P1 – A0	P1 – P0
1	4429285	5649070	25,6	25,5	25,5	-0,09	-0,01	0,08
2	4429685	5649155	25,3	25,2	25,3	-0,10	0,00	0,10
3	4430405	5649405	25,8	25,7	25,8	-0,12	0,01	0,13
4	4430485	5649350	25,4	25,2	25,4	-0,13	0,04	0,17
5	4430535	5649275	25,3	25,3	25,4	-0,08	0,03	0,11
6	4430600	5649030	25,4	25,3	25,4	-0,05	-0,01	0,04

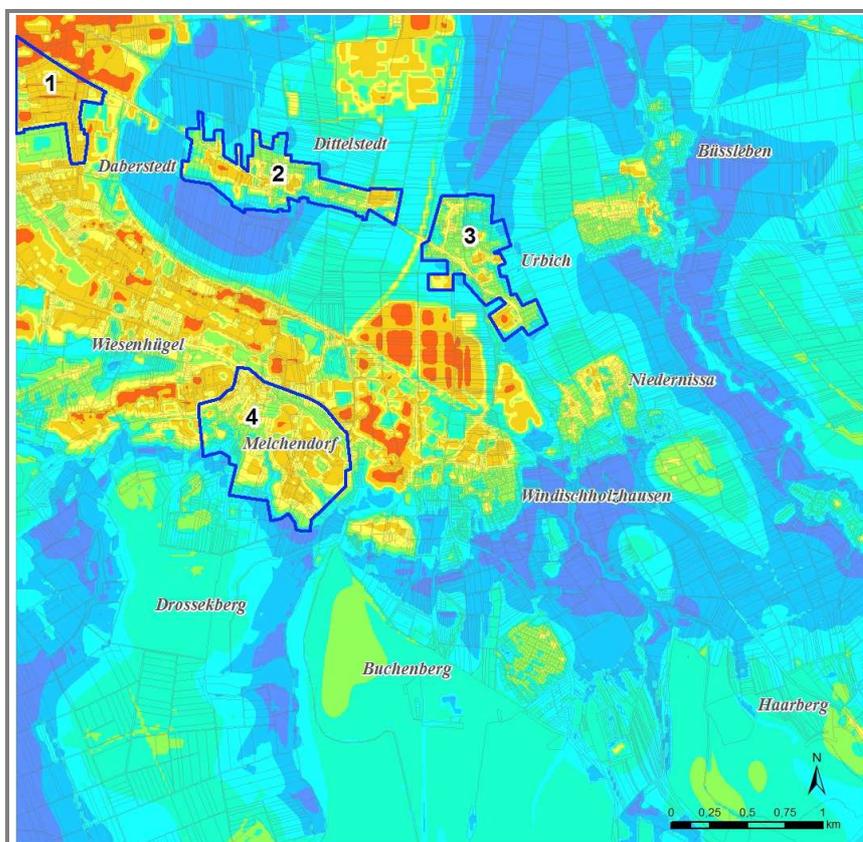
Tab. 5.03 Modellierte PM10-Konzentrationswerte (Jahresmittel in µg·m<sup>-3</sup>) an den Einzelanalysepunkten (zur Lage der Punkte siehe Abb. 5.03 bis 5.05)

- Nr. Nummer des Einzelanalysepunktes (siehe Abbildungen)
- X Koord X-Koordinate des Einzelanalysepunktes
- Y Koord Y-Koordinate des Einzelanalysepunktes

## 6 Fazit

### Klimaökologie

Aus klimaökologischer Sicht ist die zunehmende bauliche Inanspruchnahme von Freiflächen grundsätzlich als kritisch anzusehen. Allerdings ist auf Basis der vorliegenden Auswertungen durch die geplanten Umgestaltungen entsprechend des Bebauungsplanes URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" nicht mit konkreten Beeinträchtigungen der klimaökologischen Funktionen im Untersuchungsgebiet zu rechnen. Zwar wäre gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 aufgrund der Verminderung des Kaltluftvolumenstroms eine „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ festzustellen, doch gilt dies nur, wenn die Verminderung im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten auftritt. Die im vorliegenden Fall besonders betroffene Siedlung Urbich ist nach gängiger Einordnung nicht als Wirkungsraum mit aktueller oder potenzieller bioklimatischer Belastung einzustufen. Als solche Wirkungsräume werden z.B. nach MOSIMANN et al. (1999) Siedlungen mit einer Mindestgröße von 1 km<sup>2</sup> sowie einem zur Überwärmung neigenden Flächenanteile von mehr als 50 % aufgefasst. Abb. 6.01 zeigt u. a., dass die modellierte Reduktion des Kaltluftvolumenstroms in der Prognosesituation einen relativ geringen Effekt auf das Lufttemperaturfeld von Urbich hat. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die nächtliche Abkühlung der Siedlungsfläche von Urbich vornehmlich über interne Prozesse gesteuert wird, d.h. auf dem hohen Grünanteil im Siedlungsraum selber beruht und nur sekundär durch zufließende Kaltluft induziert wird.



NR	Name	Mittlere Temperatur Analysesituation	Mittlere Temperatur Prognosesituation
1	Daberstedt	19,4	19,4
2	Dittelstedt	17,6	17,6
3	Urbich	17,2	17,5
4	Melchendorf	18,1	18,1

Abb. 6.01 Vergleich der nächtlichen Flächenmitteltemperaturen verschiedener Siedlungsräume

Für weiträumigere Strömungssysteme in Richtung von bioklimatisch empfindlichen Nutzungen (Stadtgebiet Erfurt), die zu einem großen Teil von den südlich von Dittelstedt gelegenen Freiflächen ausgehen, wurden keine signifikanten planungsbedingten Auswirkungen festgestellt.

## Lufthygiene

Unter Berücksichtigung der angesetzten städtischen Hintergrundbelastung und der vereinfachenden Annahmen der Eingangsdatenbasis werden im Untersuchungsgebiet für keines der Szenarien Überschreitungen der aktuell rechtsverbindlichen Immissionsgrenzwerte modelliert. Alle relevanten Konzentrationswerte von Stickstoffdioxid und Feinstaub liegen auch im Prognoseplanfall P1 deutlich unterhalb der Grenzwerte. Die Auswirkungen des Planvorhabens auf das Risiko von Überschreitungen der Kurzfristgrenzwerte für Feinstaub ist angesichts der geringen Immissionszunahmen als gering einzustufen.

## Literatur

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)
- FANGER P. O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering, New York: Mc Graw Hill
- GROSS, G. (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. Beitr. Phys. Atmosph. , H 62 , S. 57-72.
- GROSS, G. (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg
- GROSS, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteor. Z.schr. Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- IFEU (2002): Emissions- und Immissionsprognosen für den Straßenverkehr in Deutschland. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
- IFEU (2007): Zukünftige Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs und deren Auswirkung auf die NO<sub>2</sub>-Luftbelastung in Städten in Baden-Württemberg. Frank Dünnebeil, Udo Lambrecht, Christoph Kessler. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Wilkensstr. 3, D-69120 Heidelberg; 53 S.
- IVU (2008): IMMIS<sup>em/luft/lärm</sup>, Handbuch zur Version 4.0, Volker Diegmann, IVU Umwelt GmbH, Freiburg, 180 S.
- JENDRITZKY G. et al. (1990): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen, Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell, Jendritzky G., Menz G., Schmidt-Kessen W., Schirmer H., Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung Nr. 114, Hannover
- KUTTLER W., D. DÜTEMEYER (2003): Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden. Deutscher Wetterdienst Offenbach [Hrsg.], Promet 30, Nr. 1/2, S. 15 – 27
- KUTTLER W. (2010): Urbanes Klima, Teil 1. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 7/8 - Juli/August, S. 329-340. Teil 2. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 9 - September, S. 378-382.
- KIESE, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. Landschaft + Stadt 20, H. 2: 67-71
- LAMBRECHT, U. et al. (2000): Mögliche Diskrepanzen bei der Bestimmung von Partikeln. Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Emissionsberechnung und Immissionskonzentration. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden Württemberg. 46 S.
- LEG THÜRINGEN (2013): Bebauungsplan URB638 „Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" Vorentwurf vom 23. September 2013
- LUBW (2010) [Hrsg.]: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten - Grundlage HBEFA 3.1 – Leitfaden. Bearbeitung: IVU Umwelt GmbH, 79110 Freiburg, Emmy-Noether-Str. 2, Volker Diegmann, Anna Mahlau, Dr. Lina Neunhäuserer, Florian Pfäfflin, Heike Wurstthorn. Herausgegeben von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Karlsruhe. 80 S.
- MATZARAKIS, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Nr. 6. Juli 2001, Freiburg, 287 S.
- MOSIMANN et al. (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.

- SCHMIDT et al. (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 In das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden, 110 S.
- STADT ERFURT (2012a): ALK-Nutzungs- und Gebäudelayer, Ausschnitt Melchendorf/Urbich, zur Verügung gestellt durch die LEG Thüringen.
- STADT ERFURT (2012b): DGM5, Geländemodell der Stadt Erfurt, Ausschnitt Melchendorf/Urbich
- STADT ERFURT (2012c): Angaben zu den im näheren Planumfeld zu erwartenden Verkehrsmengen zum Prognosezeitpunkt. Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Bereich Verkehrsplanung, 29.06.2012
- STADT ERFURT (2012d): Begründung zum Vorentwurf des Bebauungsplans URB638 "Technologie- und Gewerbepark nördlich der Straße Am Herrenberg" Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung. Erfurt 05.12.2012
- STADT ERFURT (2014): Messdaten der Stationen „Büro (Umweltamt)“, „Buchenberg“ und „Fuchsfarm“. Umwelt- und Naturschutzamt, Abteilung Immissionsschutz/Chemikalienrecht.
- TA-LUFT (2002): 1. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft), 24.07.2002; GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.7. 2002 S. 511
- TLUG (2009 – 2014): Daten des Thüringer Immissions-Messnetzes, Internetseite der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, [www.tlug-jena.de](http://www.tlug-jena.de)
- TLVERMGEO (2007): TK25 Blatt 5032 Erfurt, Maßstab 1 : 25 000, Ausgabe 2007
- TÜV (1995): Lufthygienische Beurteilung der verkehrsbedingten Immissionen von Straßen und Kreuzungen im Hinblick auf §40 (2) Bundes-Immissionsschutzgesetz. TÜV Energie und Umwelt, Stuttgart
- UBA (2010): HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1/Januar 2010. INFRAS AG, Bern, Schweiz, Hrsg.: UBA (Umweltbundesamt) Berlin
- VDI (1995): Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 8, VDI Düsseldorf
- VDI (1997): Richtlinie VDI 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2003): Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2004): Richtlinie VDI 3787 Blatt 9 Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in der räumlichen Planung. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008a): Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. VDI Verein Deutscher Ingenieure Düsseldorf.
- VDI (2008b): Richtlinie VDI 3785, Blatt 1, Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.