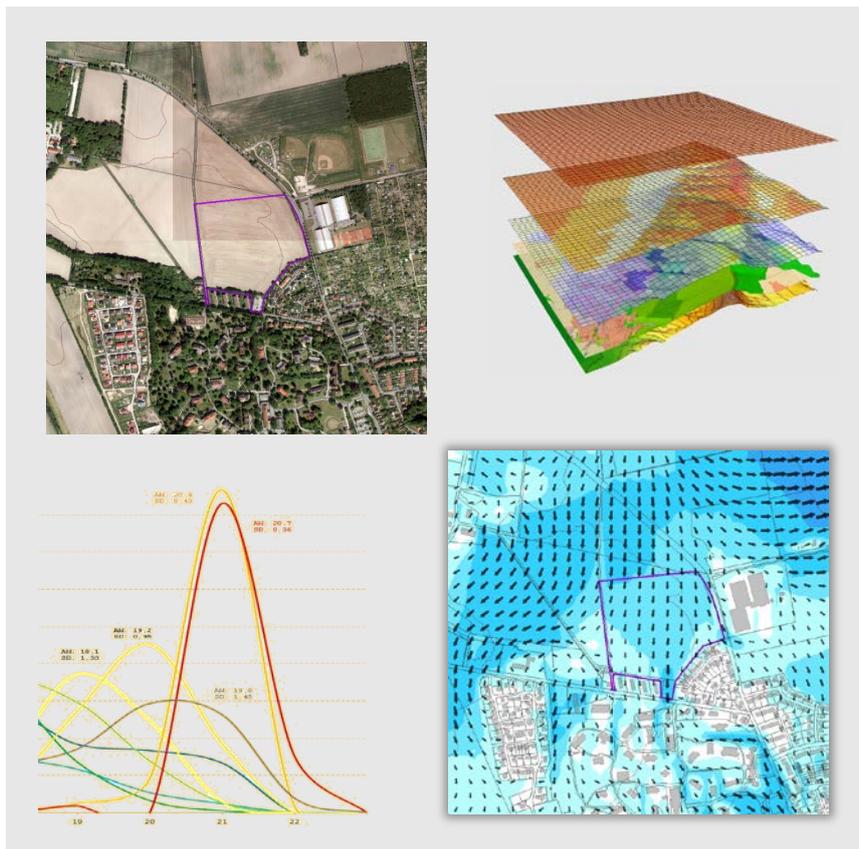


Klimaökologisches Gutachten zur Aufstellung eines Bebauungsplanes zwischen PKL, Pfliegerdorf und Sportpark Kreideberg

Anlage G1

Modellgestützte Analyse zum Einfluss einer möglichen Neubebauung auf das Schutzgut Klima



Auftraggeber:

HANSESTADT LÜNEBURG

Der Oberbürgermeister

-Bereich Stadtplanung-

Neue Sülze 35 · 21335 Lüneburg



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. Günter Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und
Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Hannover, 19. Oktober 2016

Auftrag: Klimaökologisches Gutachten zur Aufstellung eines Bebauungsplanes
zwischen PKL, Pfliegerdorf und Sportpark Kreideberg

Standort: Hansestadt Lüneburg
Bundesland: Niedersachsen
Deutschland

Auftraggeber: Hansestadt Lüneburg
Fachbereich Stadtplanung
Neue Sülze 35
21335 Lüneburg

Projektnummer: 2_15_010

Berichtsnummer: 2_15_010_LG_NW_Klima_rev02_20161019

Version: 1

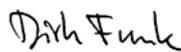
Datum: 19. Oktober 2016

Erstellt von:



Dipl.-Geogr. Harald Kuttig

Geprüft von:



Dipl.- Geogr. Dirk Funk



GEO-NET
Umweltconsulting GmbH
Geschäftsführer:
Dipl.-Geogr. Thorsten Frey
Dipl.-Geogr. Peter Trute
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Germany
Tel. +49 (0) 511 388 72 00
Fax +49 (0) 511 388 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

BIC VOHADE2H
IBAN DE81 2519 0001
0532 2480 00
VAT DE 228892587

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:

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	2

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis	4
2.1 Der beabsichtigte Bebauungsplan.....	4
2.2 Geländehöhe und Nutzungsstruktur	5
3. Methodik	8
3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH.....	8
3.2 Synoptische Rahmenbedingungen	11
4. Ergebnisse Klimaökologie	12
4.1 Oberflächennahe Lufttemperatur	12
4.2 Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft.....	15
4.3 Kaltluftvolumenstrom.....	18
4.4 Kaltluftproduktionsrate	20
4.5 Humanbioklimatische Situation.....	22
5 Planungshinweise.....	24
6 Fazit.....	25
Literatur	26

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.01:	Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage.....	3
Abb. 2.01	Lage des vorläufigen Geltungsbereiches (Hintergrund:OpenStreet Map)	4
Abb. 2.02	Geländehöhe im Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 5 m)	5
Abb. 2.03	Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet	6
Abb. 3.01:	Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell	9
Abb. 3.02:	Eingangsdaten für die Modellrechnung	10
Abb. 3.03:	Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen.....	11
Abb. 4.01:	Nächtliches Temperaturfeld (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C).....	14
Abb. 4.02:	Vereinfachtes Schema Flurwind	15
Abb. 4.03:	Bodennahes Strömungsfeld (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s).....	17
Abb. 4.04:	Kaltluftvolumenstrom (4:00 Uhr in m ³ /s und Rasterzelle)	19
Abb. 4.05:	Kaltluftproduktionsrate (4:00 Uhr in m ³ /m ² und Stunde)	21
Abb. 4.06:	Humanbioklimatische Situation (4:00 Uhr)	23

1. Einleitung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung. Im Rahmen des beabsichtigten Bebauungsplans soll entsprechend § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB eine Beurteilung der zukünftig zu erwartenden bioklimatischen Belastungen erfolgen. Hierbei sollen insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Luftaustauschprozesse sind bei einer Nutzungsintensivierung zu berücksichtigen? Welche Siedlungsflächen profitieren von einer Kaltluftlieferung aus der begutachteten Fläche?
- Wie ist die bioklimatische Situation im Umfeld der Vorhabenfläche zu beurteilen?
- Durch welche Maßnahmen sind eventuelle humanbioklimatische Beeinträchtigungen zu vermeiden oder zu minimieren?

Diese Untersuchung soll klimaökologische Rahmen-
daten in einer hohen räumlichen Auflösung liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima und Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes durch das potenzielle Baufeld gelegt. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine austausch-
arme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (**Abb. 1.01**). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen. Dabei wurden das bodennahe Kaltluftströmungsfeld sowie weitere meteorologische Größen für eine solche Wetterlage mit dem mesoskaligen Klima- und Strömungsmodell FITNAH simuliert.

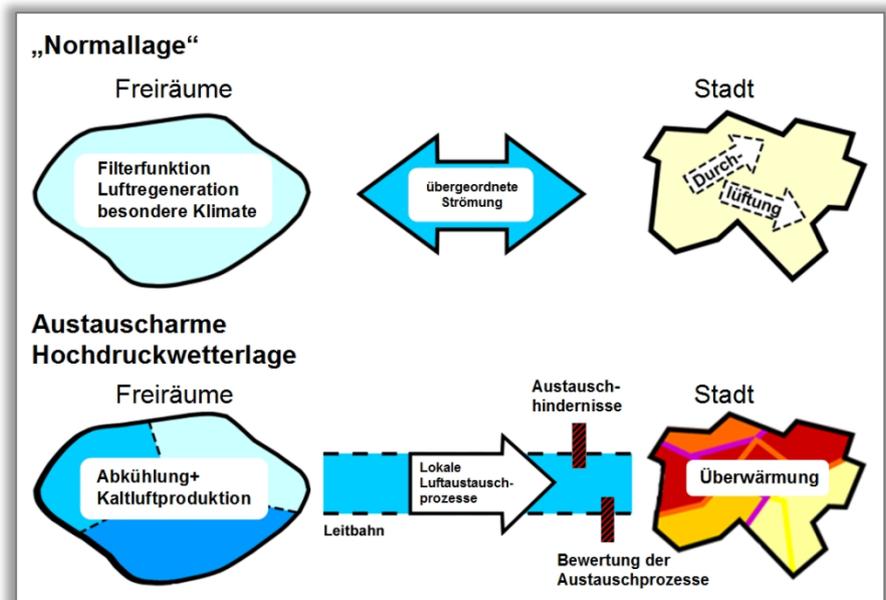


Abb. 1.01: Prozessorientierte Analyse bei einer austausch-
armen Hochdruckwetterlage (Schema)

2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis

2.1 Der beabsichtigte Bebauungsplan

Die Hansestadt Lüneburg beabsichtigt für eine Fläche nördlich der Psychiatrischen Klinik (PKL) im Stadtteil Weststadt zwischen Pfliegerdorf und Sportpark Kreideberg einen Bebauungsplan aufzustellen. Der vorläufige Geltungsbereich ist ca. 16,8 Hektar groß und gegenwärtig überwiegend durch einen landwirtschaftlich bedingten Freiflächencharakter geprägt (siehe **Abb. 2.01**). Der nordwestliche Teil schließt über einen Wirtschaftsweg und über die K21 an die landwirtschaftlichen Nutzungsräume der Feldmark zwischen dem Gut Wienebüttel und Ochtmissen an. Im Südosten ist die Lage von Zeilen und Einzelhausbebauungen des vorhandenen Siedlungsrandes und dem Sportpark Kreideberg begrenzt.

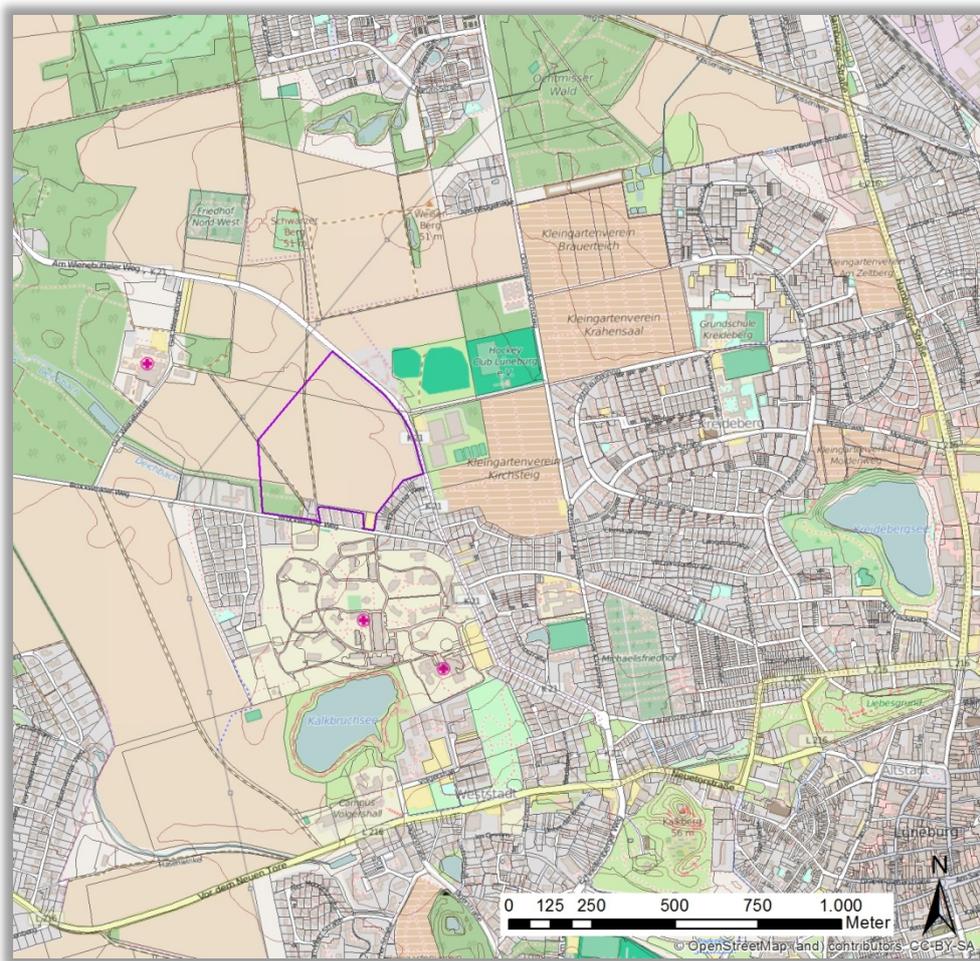


Abb. 2.01 Lage des vorläufigen Geltungsbereiches (Hintergrund:OpenStreet Map)

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 Hansestadt Lüneburg zur Verfügung gestellt. Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 3,2 x 3,8 km eine Fläche von insgesamt 11,2 km². Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 20 m.

Zur Bereitstellung der orographischen Eingangsparameter für die Klimaanalyse konnte auf ein digitales Geländehöhenmodell der Hansestadt Lüneburg mit einer Auflösung von 5 m zurückgegriffen werden (HANSESTADT LÜNEBURG 2014). Die Reliefsituation ist in **Abb. 2.02** dargestellt.

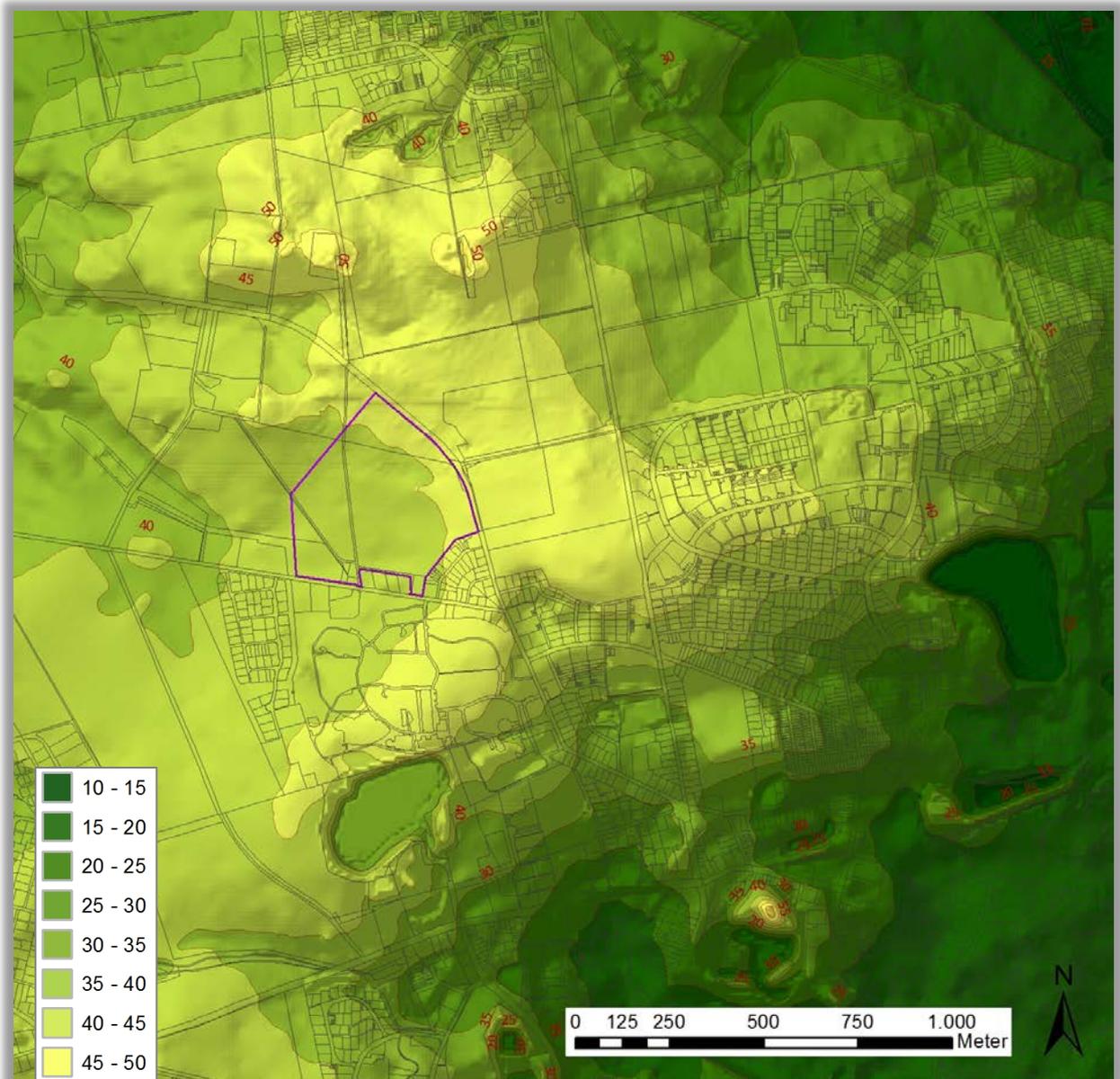


Abb. 2.02 Geländehöhe im Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 5 m)

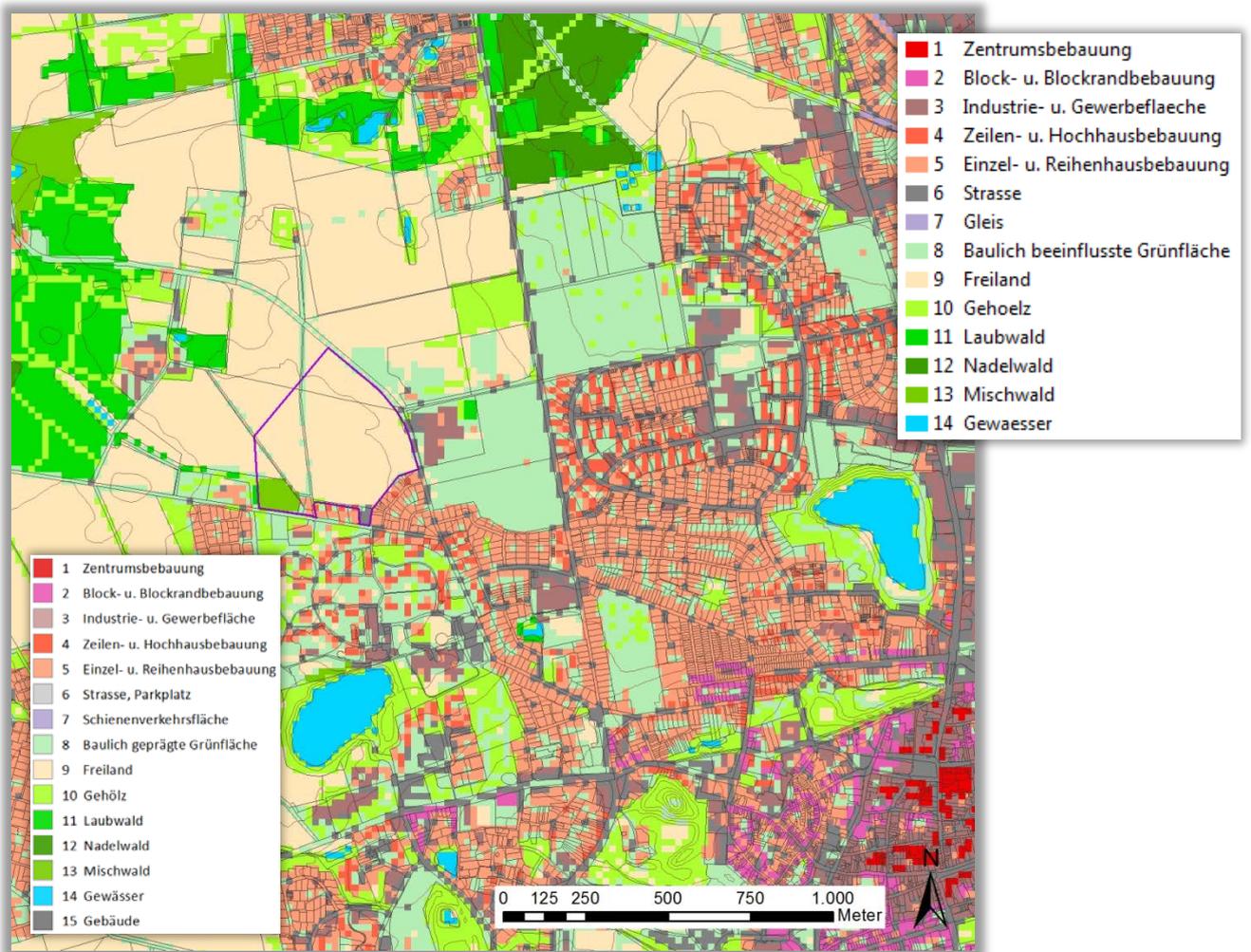


Abb. 2.03 Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet

Neben der Geländehöhe ist die Nutzung eine wichtige Einflussgröße einer Klimamodellierung. Als Grundlage für die Aufbereitung der Nutzungsstrukturen wurden Daten aus dem ALKIS verwendet (HANSESTADT LÜNEBURG 2014). Die Angaben zur Nutzungsklassifikation sind für jede ins Modell eingehende Rasterzelle auf der Basis von Luftbildern aus dem Jahr 2013 individuell angepasst worden (**Abb. 2.03**).

Da die vorliegende Rasterauflösung Einzelgebäude nicht explizit auflöst, sind den einzelnen Flächen mittlere, nutzungsklassifizierte Strukturhöhen und Oberflächenversiegelungsgrade zugewiesen worden. Diese basieren auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen in verschiedenen deutschen Städten (u.a. MOSIMANN et al. 1999). Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurde bei der Aufbereitung der Nutzungsstrukturen ein vereinfachter, 14-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 sind in **Tab. 2.01** auf der Folgeseite aufgelistet:

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: Zugeordnete Nutzungsklassen mit mittlerem Versiegelungsgrad und mittlerer Strukturhöhe

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**).

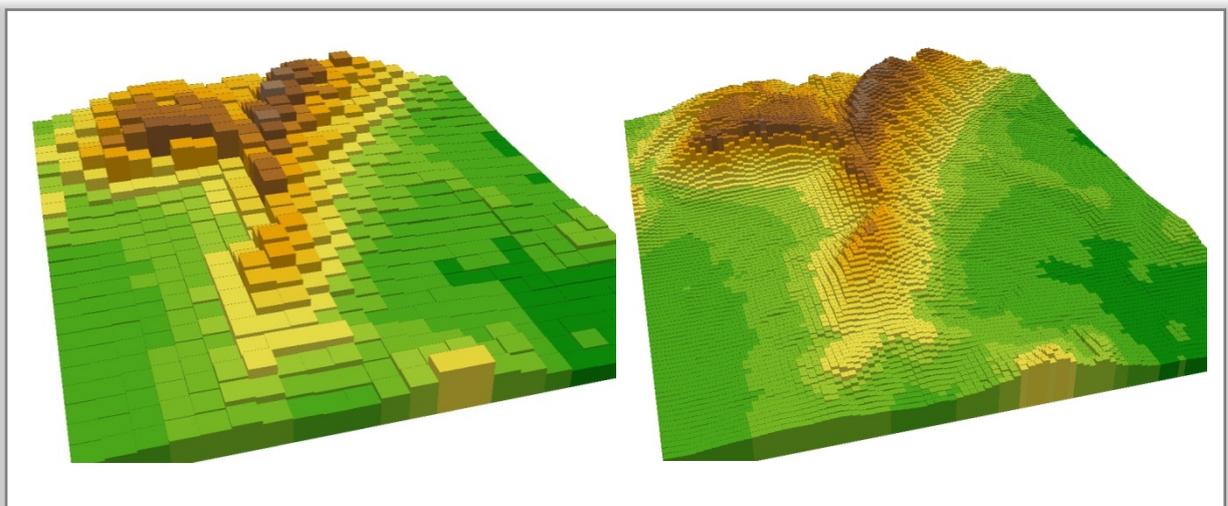


Abb. 3.01: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell (Beispiel zur Methodik)

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 Δx 20 m. Bei allen Modellrechnungen ist die **vertikale** Gitterweite nicht äquidistant. In der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand Δz 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.

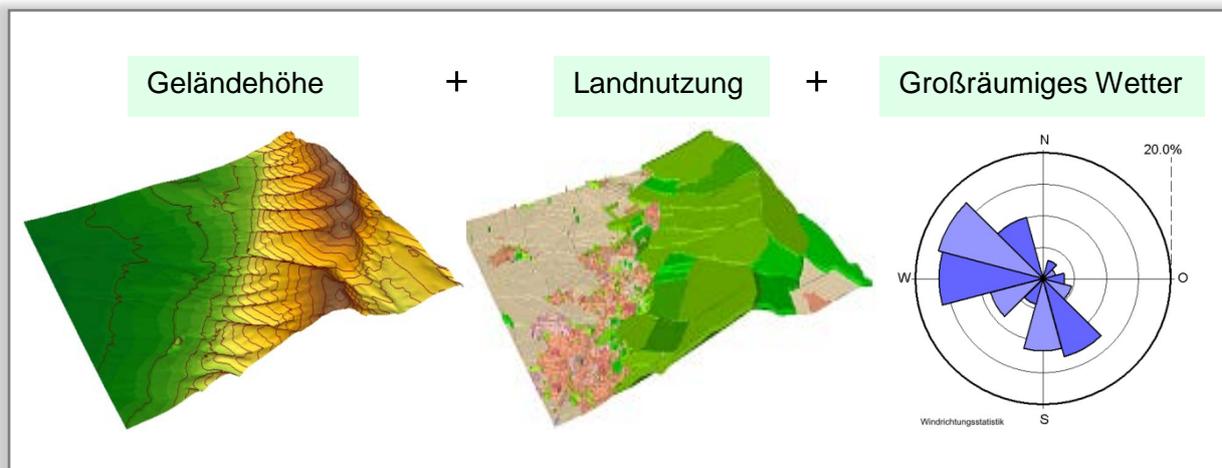


Abb. 3.02: Eingangsdaten für die Modellrechnung (Beispiel zur Methodik)

Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereitzustellen:

- 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. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Stellung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

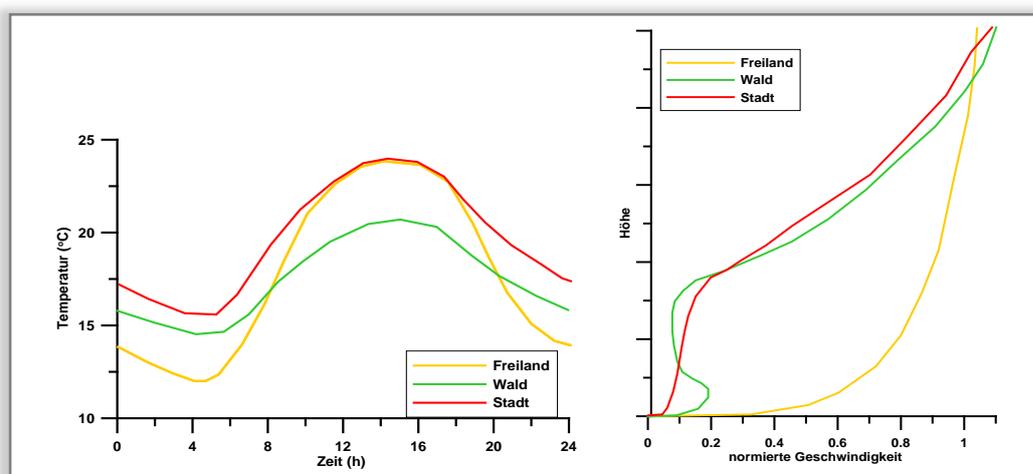


Abb. 3.03: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen (Beispiel zur Methodik)

4. Ergebnisse Klimaökologie im Untersuchungsgebiet

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur in 2 m Höhe, bodennahes Strömungsfeld, Kaltluftvolumenstrom, Kaltluftproduktionsrate und humanbioklimatische Belastung erläutert. Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine austausch-arme 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 oder unbebauten Flächen. Dargestellt werden die Ergebnisse für den Zeitpunkt 4 Uhr morgens.

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 7 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 grüneprägten Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmestand 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 humanbioklimatischen 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: Die **Abb. 4.01** auf Seite 14 stellt das modellierte Lufttemperaturfeld in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 4 Uhr dar. Es umfasst unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen eine Spannweite von etwa 7 Kelvin (K) und erreicht dabei Werte zwischen 15°C und 22°C. Die mittlere Temperatur des Untersuchungsgebietes liegt bei 17,5°C.

Die höchsten Temperaturen von über 21°C treten im Bereich der größeren gewerblich genutzten Gebäudekomplexe insbesondere in der Innenstadt auf. Dies geht mit dem überdurchschnittlichen Bauvolumen und der verbreiteten hohen Oberflächenversiegelung einher, da hier die nächtliche Abkühlung durch die wärmespeichernden Materialien deutlich reduziert wird. Große Teile des Siedlungsraumes sind durch Einzel- und Reihenhausbebauung geprägt, in der je nach Lage Werte um 18°C vorherrschen. In Abhängigkeit von Bauungsdichte und Standort im Mosaik der Nutzungen variieren innerhalb der übrigen Bebauungstypen die Temperaturen im Rahmen dieser thermischen Extremwerte.

Die niedrigsten Temperaturen im Untersuchungsgebiet sind mit weniger als 15°C über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen im westlichen Untersuchungsgebiet zu verzeichnen. Die Flächen des vorläufigen Geltungsbereiches weisen entsprechend ihres geringen Versiegelungsgrades ein relativ niedriges Temperaturniveau um 15°C auf. Die zugehörigen Flächen tragen zur nächtlichen Kaltluftentstehung und – je nach Bewuchs und Wasserangebot – auch tagsüber zur Abkühlung unmittelbar anliegender Räume bei. Deutlich sichtbar treten thermische Wechselwirkungen zu den benachbarten Nutzungen auf. Siedlungsräume mit Überwärmungstendenz sind, mit Ausnahme der Hallen des Sportparks Kreideberg, im direkten Umfeld der Fläche allerdings nicht vorzufinden.

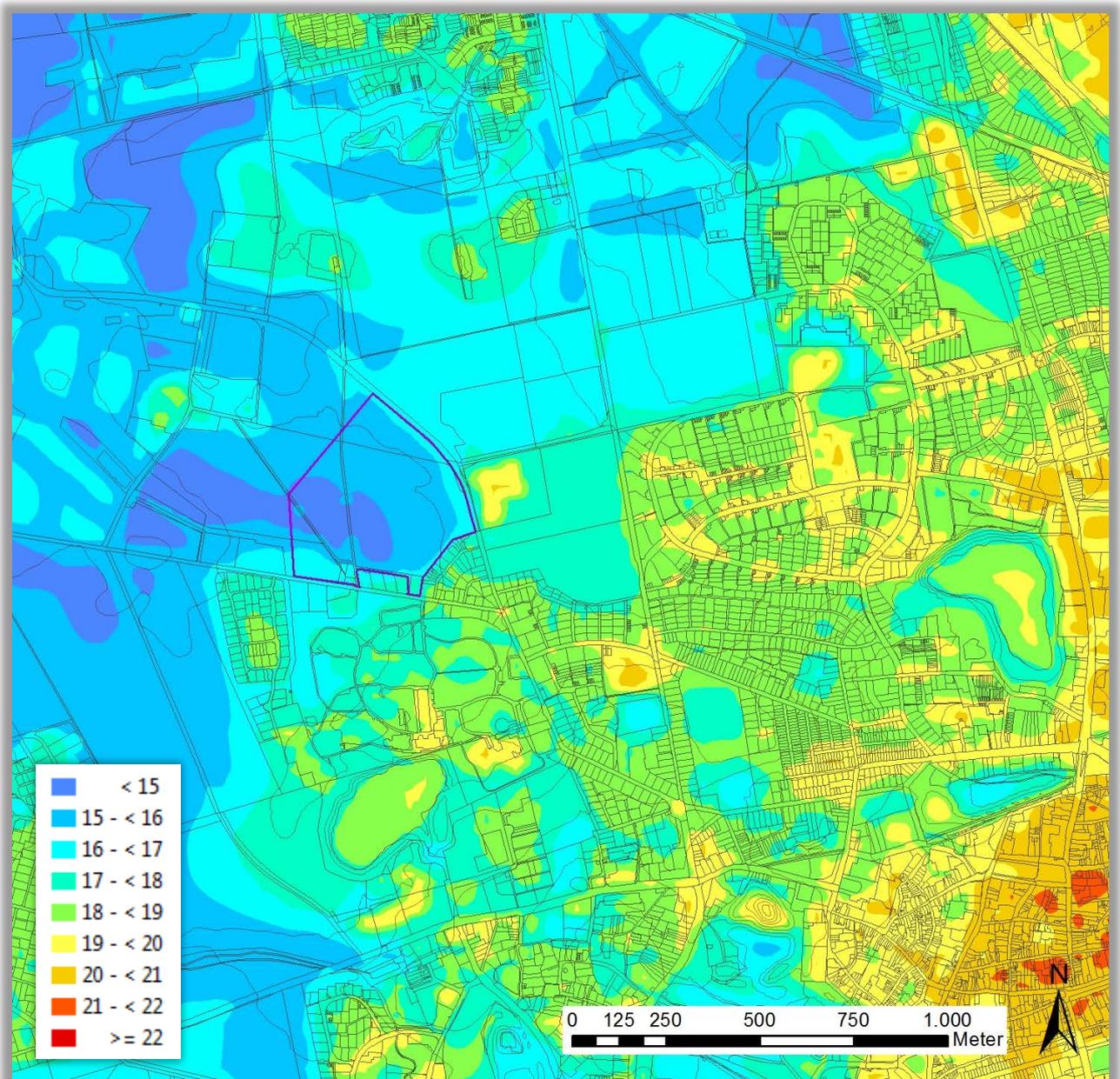


Abb. 4.01: Nächtliches Temperaturfeld im Untersuchungsgebiet (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C)

4.2 Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft

Allgemeines: Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen unterschiedlichen nächtlichen Abkühlungsraten der einzelnen Flächen verursachen Temperatur- und Dichteunterschiede, die zu lokalen Ausgleichsströmungen führen. Die auf stadtnahen Flächen entstandene Kaltluft setzt sich aufgrund ihrer höheren Dichte in Richtung der wärmeren Siedlungsräume in Bewegung (siehe **Abb. 4.02**). Die Ausprägung dieser **Flurwinde** wird in erster Linie durch den Temperatur- und damit verbundenen Dichteunterschied bestimmt

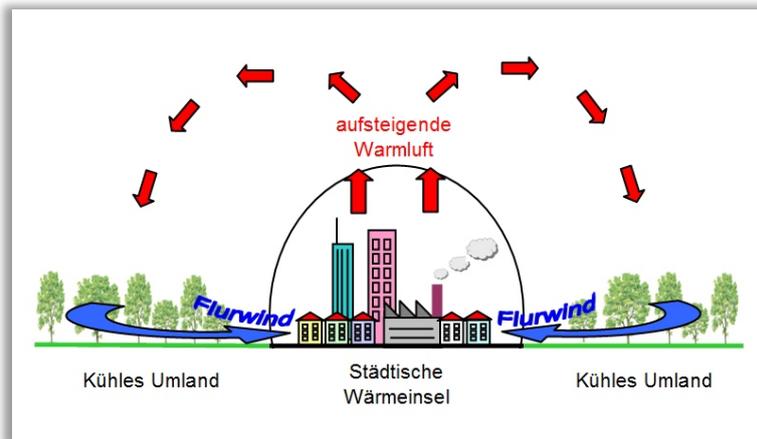


Abb. 4.02: Vereinfachtes Schema Flurwind

sowie durch die Rauigkeit des überströmten Geländes beeinflusst. Flurwinde sind eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können. Ihre Geschwindigkeit liegt meist unterhalb von $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kleinräumige Strömungsphänomene, die zwischen einzelnen strukturellen Elementen innerhalb der Stadt auftreten, werden **Strukturwinde** genannt.

An geneigten Flächen fließt außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft hangabwärts. Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird vornehmlich durch die Hangneigung des Geländes, die Temperaturdifferenz und den Strömungswiderstand der überströmten Flächen bestimmt. Solche orographisch bedingten Kaltluftabflüsse erreichen durchweg höhere Strömungsgeschwindigkeiten als rein thermisch angetriebene Ausgleichsströmungen in ebenem Gelände. **Hangabwinde** erreichen maximale Abflussgeschwindigkeiten von etwa $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ihre Mächtigkeit liegt zumeist unterhalb von 10 m (HERGERT 1991). Im Berg- und Bergvorland sind Hangwinde oftmals Teilglieder einer übergeordneten Berg- und Talwind-Zirkulation. Aufgrund ihrer größeren Einzugsgebiete sind nächtliche Bergwinde deutlich stärker ausgeprägt als Hangabwinde und erreichen bei Mächtigkeiten von mehreren Dekametern Strömungsgeschwindigkeiten von über $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (WERNER 1979).

Den hier beschriebenen Phänomenen kommt eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis. Aus diesem Grund ist die Durchlüftung der Stadtkörper und ihr Luftaustausch mit dem Umland generell herabgesetzt. Die Abfuhr von schadstoffbelasteten und überwärmten Luftmassen in den Straßenschluchten kann in Abhängigkeit von der Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr frischer und kühlerer Luft eine bedeutende klima- und immis-sionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Bodennahe Strömung im Untersuchungsgebiet: Die **Abb. 4.03** auf Seite 17 zeigt das für den Zeitpunkt 4:00 Uhr modellierte Strömungsfeld, das sich in der Analysesituation während einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungswetternacht 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 (40 m) dargestellt werden. Abgebildet sind alle Rasterzellen, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von $\geq 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund.

Neben der flächeneigenen Kaltluftproduktion wirkt der Planungsraum als hindernisarmer Überströmungsbereich von Kaltluftmassen aus der Feldmark am Schwarzen Berg. Allerdings ist die Fernwirkung dieser Strömungen nach Süden und Osten hin infolge der leichten Senkenlage der Fläche und der hier anschließenden Bebauung bereits erheblich eingeschränkt. Am Brockwinkler Weges fließt über die Abstandsflächen im Bereich der vorhandenen Zeilenbebauung Kaltluft mit verringerter Strömungsgeschwindigkeit auf das Gelände der psychiatrischen Klinik und trägt im geringen Maße zu dessen Abkühlung bei. Interne Prozesse dürften bei der Steuerung des Wärmehaushalt dieser Flächen allerdings von wesentlich höherer Bedeutung sein: Die nächtliche Abkühlung beruht hier vornehmlich auf dem hohen Grünanteil im Siedlungsraum selber und wird nur sekundär durch zufließende Kaltluft induziert. Lediglich im Bereich des östlich der Zeilenbebauung anschließenden Parkplatzes kann die Kaltluft engräumig etwas höhere Fließgeschwindigkeiten beibehalten und so zum Austauschsystem zwischen den Klinikflächen und den an sie anschließenden Siedlungsflächen beitragen. Auch östlich des Parkplatzes, im Bereich der Bebauung zwischen Brockwinkler und Wienebütteler Weg kann die schwach ausgeprägte Strömung nur noch in geringem Ausmaß in die vorhandenen Siedlungsflächen eindringen. Nur im Durchtrittsbereich zwischen den Siedlungsflächen und den Hallen des Sportparks fließt die Kaltluft bodennah kanalisiert mit etwas höheren Geschwindigkeiten auf das Gebiet des Kleingartenvereins Kirchsteig.

Aufgrund dieser verminderten funktionalen Koppelung ist die Gunstwirkung auf die Stadteile Kreideberg und Weststadt insgesamt als gering anzusehen. Auf weiträumigere Strömungssysteme in Richtung von humanbioklimatisch empfindlichen Nutzungen (Innenstadtbereich) sind durch eine mögliche Nutzungsintensivierung keine signifikanten Auswirkungen zu erwarten.

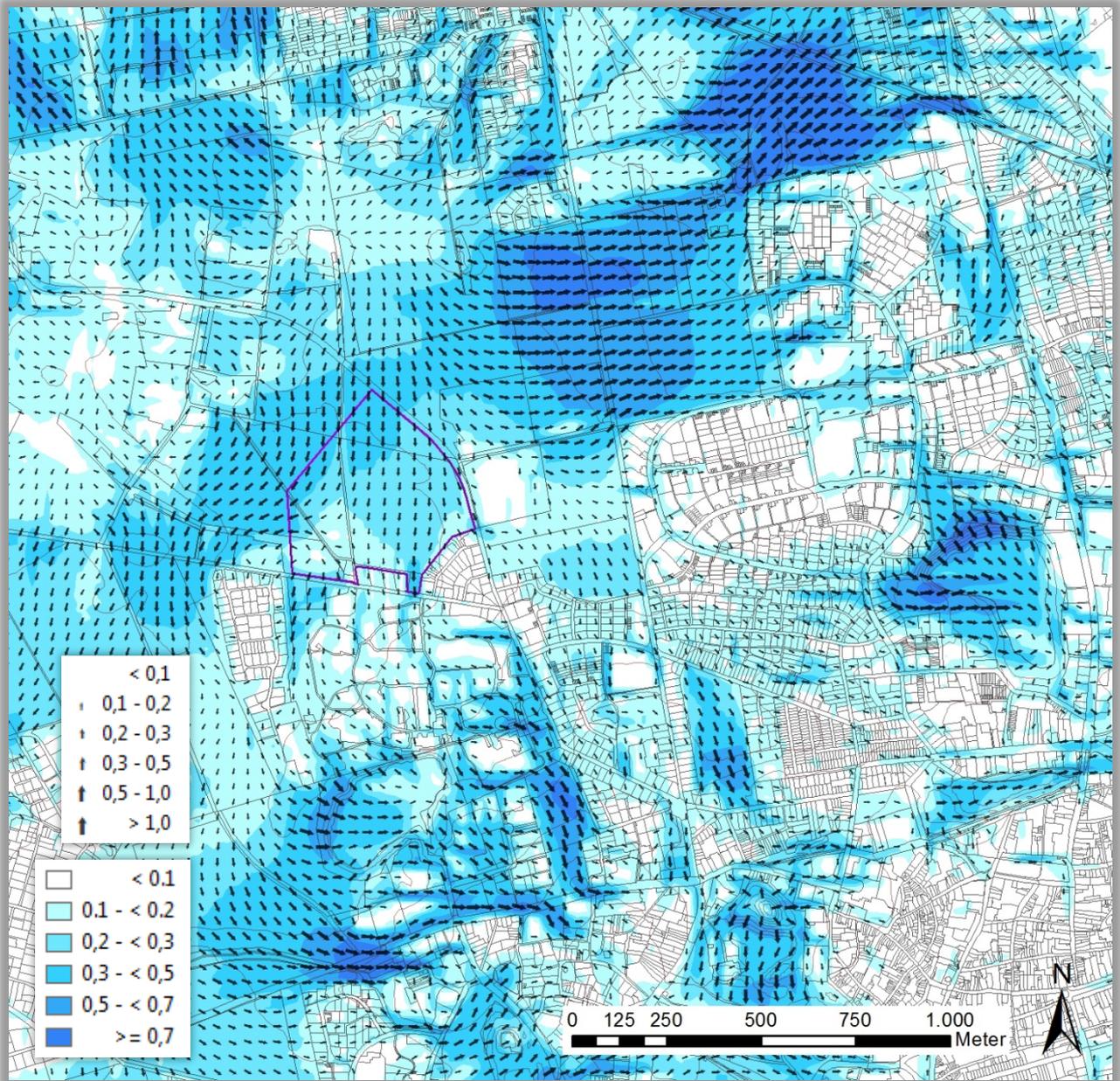


Abb. 4.03: Bodennahes Strömungsfeld im Untersuchungsgebiet (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s)

4.3 Kaltluftvolumenstrom

Allgemeines: Den lokalen, durch Dichteunterschiede angetriebenen Ausgleichsströmungen kommen während windschwacher Nächte eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und auch Schadstoffbelastungen der Siedlungsräume zu. Die potenzielle Ausgleichsleistung der Kaltluftströmung kann aber nicht allein aus der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit abgeleitet werden, da sie zu einem wesentlichen Teil von der Mächtigkeit der Kaltluftschicht und damit von der tatsächlich transportierten Masse an Kaltluft abhängig ist. Als quantitativer Parameter für die Ausgleichsleistung von Flächen wird daher der sogenannte Kaltluftvolumenstrom betrachtet, der das transportierte Volumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt. Dabei wird das transportierte Luftvolumen über die absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert). Die horizontale Breite der Fläche entspricht bei den hier durchgeführten Auswertungen der Gitterweite des Strömungsmodells (hier 20 m). Der Kaltluftvolumenstrom ist damit ein Maß für die Menge an Kaltluft die aus einer Gitterzelle des Modells ausströmt und bestimmt neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials einer Fläche.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten der Kaltluft hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab.

Gebäude, Mauern, Straßendämme oder Lärmschutzwände wirken als Strömungshindernisse und können luvseitig markante Kaltluftstaus auslösen. Mächtigere Kaltluftschichten, die sich häufig erst im Laufe einer Nacht ausbilden, über- oder umströmen Hindernisse. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebauten Gebiet hängt wesentlich von der Bebauungsdichte und -höhe aber auch der anthropogenen Wärmezufuhr ab. Auch natürliche Hindernisse wie zum Beispiel dichte Baum- oder Strauchbestände wirken bremsend. Ebenso tragen natürliche Wärmequellen wie z.B. Wasseroberflächen zu einer Erwärmung der Kaltluftschicht bei und beeinflussen so die Ausgleichsströmungen.

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltluftgehaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe. Lediglich in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (VDI 2003) wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 Prozent im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten als „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ ausweist. Eine Verringerung um 5 – 10 Prozent wird als „mäßige Auswirkung“ eingestuft, unterhalb von 5 Prozent wird die Auswirkung einer Volumenstromverringerung als „geringfügig“ angesehen.

Kaltluftvolumenstrom im Untersuchungsgebiet: Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes (siehe **Abb. 4.04**). Da momentan noch keine ausformulierte Bebauungsvariante und damit auch keine Prognoserechnung vorliegt, ist eine planungsbedingte Verminderung der Abflussvolumina von der Fläche in südlich und östlich angrenzende Bereiche über eine Differenzenrechnung nicht zu quantifizieren. Es ist allerdings davon auszu-

gehen, dass eine Nutzungsintensivierung des vorläufigen Geltungsbereiches, eine erhebliche prozentuale Abnahme der relativ schwach ausgeprägten Abflussvolumina nach sich ziehen würde. Häufig machen sich bauliche Inanspruchnahmen in offenen Überströmungsbereichen – je nach Ausmaß des neuetablierten Bauvolumens – bis in Entfernungen zwischen 500 und 1000 m signifikant bemerkbar. Da die Absolutwerte der von der Fläche strömenden Luftmassen gering und die bauliche Vorbelastung des (klimaökologisch eher ungünstig gestalteten) Siedlungsrandes erheblich ist, kann allerdings von einem wesentlich kleinräumigeren Einflussbereich ausgegangen werden. Im direkten Umfeld des vorläufigen Geltungsbereiches finden sich zudem keine zur Überwärmung neigende Siedlungsstrukturen, die humanbioklimatisch von der gegenwärtigen Kaltluftlieferung der Fläche profitieren würden.

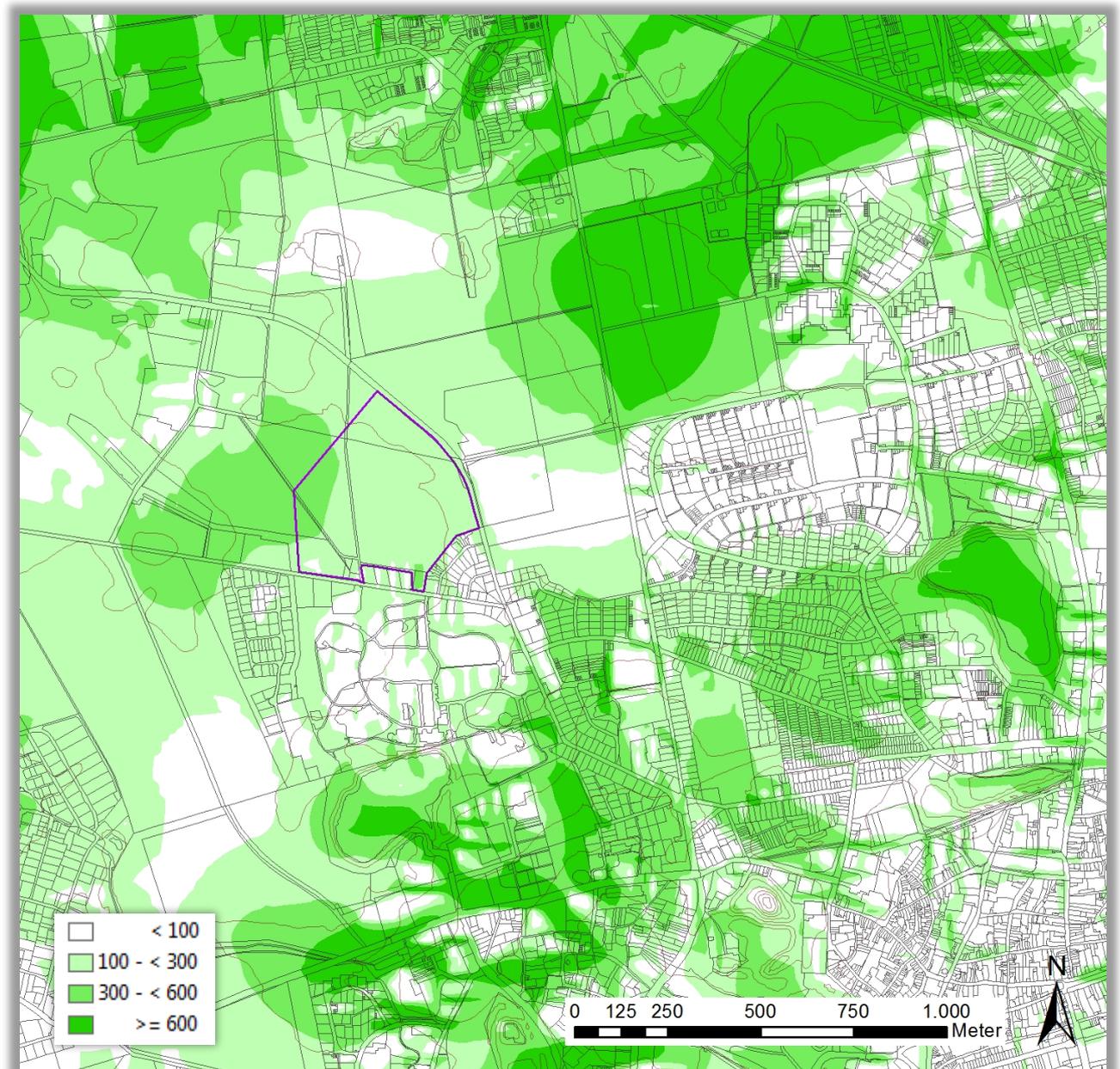


Abb. 4.04: Kaltluftvolumenstrom im Untersuchungsgebiet (4:00 Uhr in m³/s und Rasterzelle)

4.4 Kaltluftproduktionsrate

Einige landnutzungstypische Charakteristika der Kaltluftentstehung wurden bereits auf den Vorseiten angesprochen. Ganz allgemein erreicht die langwellige Ausstrahlung des Erdbodens bei wolkenlosem Himmel und geringem Wasserdampfgehalt der unteren Luftschichten – d. h. bei verminderter atmosphärischer Gegenstrahlung – kurz nach Sonnenuntergang ihren maximalen Wert. Die damit verbundene Abkühlung der Erdoberfläche und der unmittelbar angrenzenden bodennahen Luft wird im weiteren Verlauf der Nacht einerseits durch turbulenten vertikalen und horizontalen Wärmeaustausch aus benachbarten Luftschichten, andererseits durch Wärmeleitung aus tieferliegenden Bodenschichten modifiziert. Für die Ausprägung des turbulenten Wärmeaustausches sind das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage des betreffenden Kaltluftentstehungsgebietes im thermisch differenzierten Mosaik angrenzender Flächen verantwortlich. Die Wärmenachlieferung aus dem Boden wird vornehmlich von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität des Substrates sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen wie Vegetation und Laubstreu bestimmt.

Aus der Abkühlungsrate (Temperaturabnahme pro Zeiteinheit) die sich im Verlaufe der Nacht über eine Fläche beobachten lässt, kann die Kaltluftproduktion der Fläche abgeschätzt werden. Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge an Luft, die sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter lokal durch Ausstrahlung abgekühlt hat. Gerade über Grün- und Freiflächen zeigt der Tagesgang der Lufttemperatur eine große Amplitude, so dass solche Flächen entsprechend hohe Kaltluftproduktionsraten aufweisen.

Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft. Ihre Bestimmung kann mit erheblichen Fehlern behaftet sein, was sowohl für die modellhafte Berechnung als auch für die Geländemessung gilt. Für die Modellierung größerer Untersuchungsgebiete ist beispielsweise kaum davon auszugehen, dass alle wichtigen, zum Teil sehr heterogenen Variablen wie etwa die thermischen Bodeneigenschaften – die u.a. von der Dichte des Substrates, dem Luft- und Wassergehalt und dem Porenvolumen abhängen – aus den Eingangsdaten in hinreichender Differenziertheit parametrisiert werden können. Daher ist bei der Angabe von Kaltluftproduktionsraten mit relativ hohen Unsicherheiten zu rechnen (s. VDI 2003). In der hier durchgeführten Modellsimulation wurden beispielsweise einheitliche thermische Eigenschaften für den nicht versiegelten Untergrund angenommen. Unterschiedliche Bodenfeuchtigkeiten und daraus resultierender Abkühlungsraten wurden somit nicht berücksichtigt.

Kaltluftproduktionsrate im Untersuchungsgebiet: Die durchschnittliche stündliche Kaltluftproduktionsrate für die hier betrachtete Strahlungsnacht ist in **Abb. 4.05** auf der Folgeseite dargestellt. Erwartungsgemäß weisen die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen, zu denen auch der vorläufige Geltungsbereich gehört, insbesondere im Westen des Untersuchungsraumes hohe Kaltluftproduktionsraten auf. Allerdings ist der Transport dieser Kaltluft in die südlich und östlich an die Vorhabenfläche angrenzende Bereiche aufgrund der auf den Vorseiten beschriebenen Umstände gering.

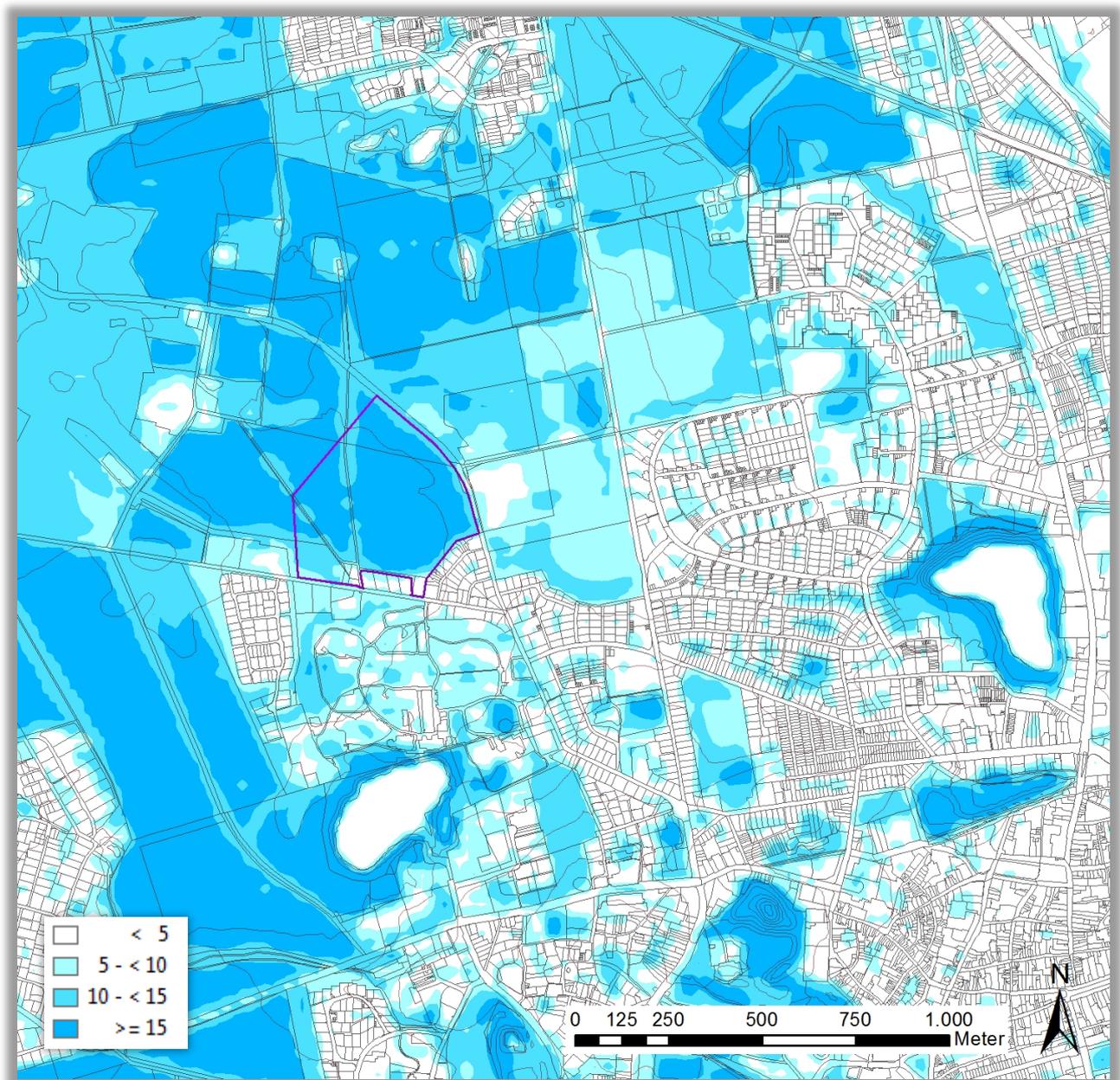


Abb. 4.05: Kaltluftproduktionsrate im Untersuchungsgebiet (4:00 Uhr in m³/m² und Stunde)

4.5 Humanbioklimatische Situation

Allgemeines: Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander auf den Menschen ein. Von besonderer Bedeutung bei der Bewertung des Bioklimas ist der thermische Wirkungskomplex. Hier spielen alle Klimaparameter, die den Wärmehaushalt des Menschen direkt beeinflussen eine Rolle: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und thermophysologisch wirksame Strahlung. Zur Beurteilung des thermischen Wirkungskomplexes wird in dieser Untersuchung der Bewertungsindex PMV¹ verwendet. Dieser Parameter basiert auf der Wärmebilanzgleichung des menschlichen Körpers und gibt den Grad der „Behaglichkeit“ als mittlere subjektive Einschätzung einer größeren Anzahl von Menschen in Wertestufen wider. Mit steigendem PMV erhöht sich die bioklimatische Belastung aufgrund der als Diskomfort empfundenen thermischen Beanspruchung des Körpers.

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. Der Ausweisung von Belastungsräumen liegt die Werteausprägung in der zweiten Nachthälfte zum Zeitpunkt 4 Uhr zugrunde. Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, weshalb der Belastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Einstufung der humanbioklimatischen Situation weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

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 Industriearaele 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.

Humanbioklimatische Bedingungen im Umfeld der Planfläche: Die humanbioklimatische Belastung in **Abb. 4.06** auf Seite 23 stellt sich entsprechend der weiträumig geringen Bebauungsdichte im Kartenausschnitt insgesamt als gering dar. Ungünstige Bereiche finden sich lediglich im Bereich der Innenstadt. Vornehmlich gewerbebeprägte Räume treten mit orangefarbener Flächensignatur hervor, die weniger günstige humanbioklimatische Verhältnisse kennzeichnet. Auch einige kleinere innerhalb der Wohnsiedlungen gelegene, weniger strömungsoffene oder stärker versiegelte Teilflächen, weisen dieses Belastungsniveau auf.

¹ Predicted Mean Vote (FANGER 1972), für eine ausführliche Beschreibung siehe VDI 2008a

Im zukünftigen Plangebiet selbst können negative Auswirkungen auf die thermische Belastungssituation über die Festsetzung eines hohen Grünanteils von etwa 60 Prozent gering gehalten werden. Die momentan als „sehr günstig“ eingestuften Freiflächen innerhalb des Geltungsbereiches (siehe **Abb. 4.06**) gehen allerdings verloren. Eine potenzielle, durch Neubauten bedingte Beeinträchtigung des Luftaustausches wäre im Wesentlichen in den direkt südöstlich anschließenden Siedlungsgebieten (Zeilen- und Einzelhausbebauung nördlich des Brockwinkler Weges) feststellbar, wodurch die bisherige Gunstwirkung der Freifläche auf diese Räume geringfügig vermindert würde. Es ist allerdings davon auszugehen, dass eine bauliche Nutzung im Rahmen der für allgemeine Wohngebiete verordneten Maße in diesen Gebieten nicht zu einer Verschlechterung der humanbioklimatischen Situation führt.

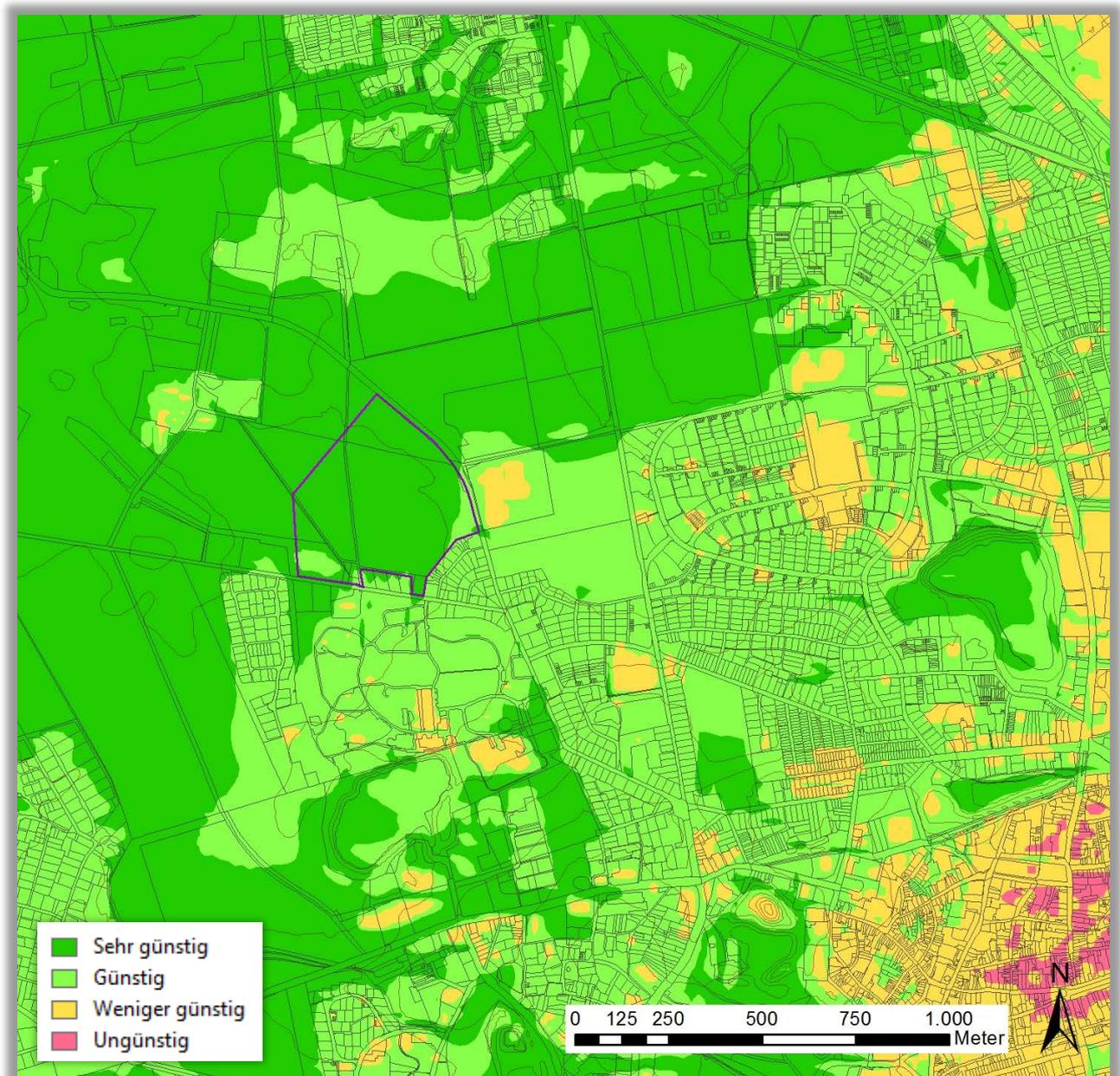


Abb. 4.06: Humanbioklimatische Situation (4:00 Uhr)

5. Planungshinweise

Wie beschrieben führt der Planungsraum Kaltluft insbesondere in die nördlich des Brockwinkler Weges gelegene Zeilen- und Einzelhausbebauung. Durch diesen gegenwärtigen Siedlungsrand wird die ohnehin nur mäßig stark ausgeprägte Strömung noch einmal verlangsamt, so dass sie im weiteren Umfeld nicht mehr wesentlich zum kaltluftthaushaltlichen Prozessgeschehen beiträgt. Im Einflussbereich der Strömungen finden sich zudem keine empfindlichen, zur Überwärmung neigenden Siedlungsstrukturen.

Hieraus lässt sich eine geringe bis mäßige Empfindlichkeit der Geltungsbereichsflächen gegenüber einer Nutzungsintensivierung ableiten. Eine moderate Bebauung des vorläufigen Geltungsbereiches würde damit zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der humanbioklimatischen Situation führen. Über die Festlegung eines niedrigen Maßes der baulichen Nutzung (Versiegelung < 40 %) ist eine durch die Überplanung der Fläche verursachte erhebliche Auswirkung auf das Schutzgut Klima auszuschließen. So würde eine durchgeführte Einzel- und Reihenhausbauung mit ein bis zwei Geschossen die Gunstwirkung des Planraumes auf die Siedlungen im direkten Umfeld nur geringfügig beeinflussen. Zudem können durch eine offene Bauweise und einen hohen flächeninternen Grünanteil von etwa 60 Prozent die humanbioklimatisch günstige Bedingungen innerhalb des Plangebietes selber gesichert werden.

Um den schmalen, in seiner funktionalen Effektivität bereits deutlich eingeschränkten Austauschbereich südöstlich der Sporthallen entlang des Wienebütteler Weges zu erhalten, sollte ein Streifen von mindestens 50 m Breite entlang der Straße offengehalten werden. Hierdurch ließe sich eine funktionale Entkoppelung der Freiräume von den bestehenden Siedlungsräumen zusätzlich vermeiden.

Auch eine ggf. geplante Zeilenbebauung mit höheren baulichen Anlagen (von z.B. vier Geschossen) im zentralen oder südlichen Geltungsbereich könnte klimaökologisch optimiert so konzipiert werden, dass die Beeinträchtigung des Kaltluftthaushaltes gering ausfällt. Hierbei wäre eine strömungsparallele Ausrichtung der Gebäude in Nord-Südrichtung und die Schaffung weiträumiger Abstandsflächen zu gewährleisten. Wenn entsprechende Freiraumkorridore offengehalten werden können, wären alternativ auch mehrgeschossige Gebäude mit offener Innenhofbildung denkbar. Eine Überplanung als Gewerbegebiet dagegen wäre im Hinblick auf die angrenzenden Siedlungsbereiche aus humanbioklimatischer Sicht nicht erstrebenswert.

6. Fazit

Die Hansestadt Lüneburg beabsichtigt für eine Fläche nördlich der Psychiatrischen Klinik im Stadtteil Weststadt einen Bebauungsplan aufzustellen. Im vorliegenden Gutachten wurde modellgestützt das gegenwärtige klimaökologische Prozessgeschehen im vorläufigen Geltungsbereich und seinen Nachbarräumen untersucht, wobei ein besonderes Augenmerk auf potenzielle planungsbedingte Beeinträchtigungen des nächtlichen Kaltlufthaushaltes und den damit im Zusammenhang stehenden humanbioklimatischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet gelegt wurde.

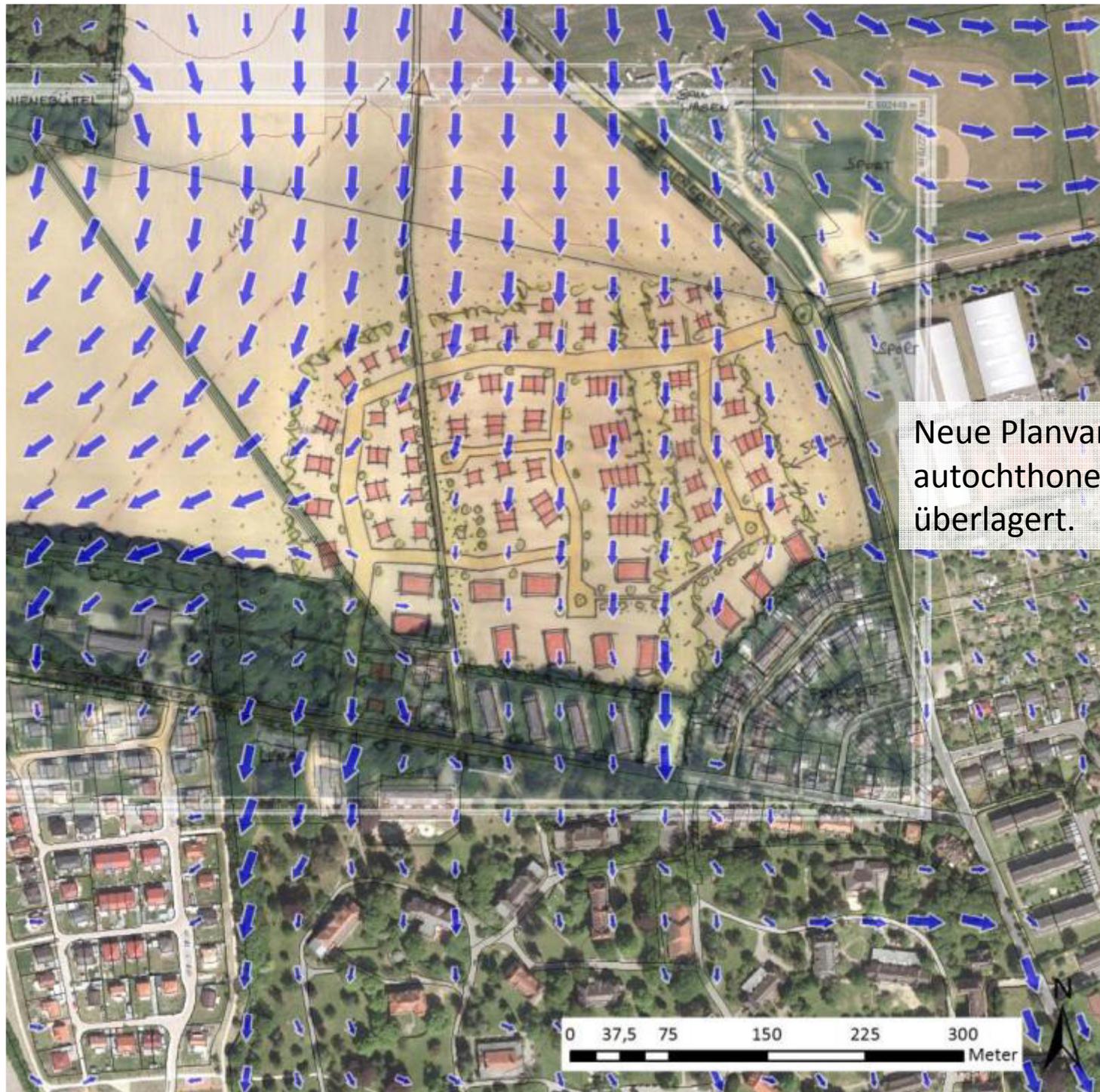
In ihrer jetzigen Ausprägung weisen die zum vorläufigen Geltungsbereich gehörigen Flächen einen landwirtschaftlich bedingten Freiflächencharakter auf. Sie sind Teil der Feldmark zwischen Gut Wienebüttel und der Ortschaft Ochtmissen. Je nach vorgesehenem Überbauungs- und Versiegelungsausmaß ist bei einer Nutzungsintensivierung von einer verminderten nächtlichen Abkühlung innerhalb des Geltungsbereiches auszugehen. Mit einer Bebauung der bisherigen Ackerfläche ginge die flächeninterne Kaltluftproduktion im vorläufigen Geltungsbereich weitgehend verloren. Da eine solche Umnutzung des vorläufigen Geltungsbereiches zusätzlich die Überströmung der Kaltluft aus der Feldmark in die südlich und östlich angrenzenden Areale behindert, würde sich für diese Flächen hieraus eine gewisse Temperaturzunahme ergeben. Diese dürfte allerdings geringfügig und unbedenklich sein, da die nächtliche Abkühlung der betroffenen Siedlungsflächen vornehmlich über interne Prozesse gesteuert wird, d.h. auf dem hohen Grünanteil im Siedlungsraum selber beruht und nur sekundär durch zufließende Kaltluft induziert wird.

Die Kaltluftproduktivität der derzeitigen Ackerflächen ist erwartungsgemäß hoch, die absolute Menge der transportierten Kaltluft und ihre Fließgeschwindigkeit gemäß der Modellrechnungen jedoch unterdurchschnittlich. Aufgrund der orographischen Gegebenheiten und der in Kaltluftströmungsrichtung vorhandenen Bebauung nach Süden und Osten hin, ist die funktionale Effektivität des Austauschbereiches bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen gegenwärtig bereits eingeschränkt. Eine besondere Problemlage ergibt sich hieraus jedoch nicht. Die humanbioklimatische Gunstwirkung der Freifläche ist daher im Wesentlichen von lokal begrenzter Ausprägung und wird insbesondere in den direkt benachbarten Siedlungsräumen nördlich des Brockwinkler Weges bedeutsam. Diesen ist bei der Aufstellung des Bebauungsplanes eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen (s. Planungshinweise).

Grundsätzlich ist die zunehmende bauliche Inanspruchnahme von Freiflächen aus klimaökologischer Sicht kritisch zu betrachten. Allerdings ist basierend auf den vorliegenden Analysen nicht mit konkreten planungsbedingten Beeinträchtigungen der relevanten klimaökologischen Funktionen im Untersuchungsgebiet zu rechnen. Die humanbioklimatische Ausgleichsfunktion des Areals für das weitere Umfeld der Stadtteile Kreideberg und Weststadt ist insgesamt ebenfalls als gering anzusehen. Signifikante Auswirkungen auf weiträumigere Strömungssysteme in Richtung von humanbioklimatisch stärker belasteten Nutzungen (Innenstadtbereich) sind durch eine mögliche Nutzungsintensivierung nicht zu erwarten.

Literatur

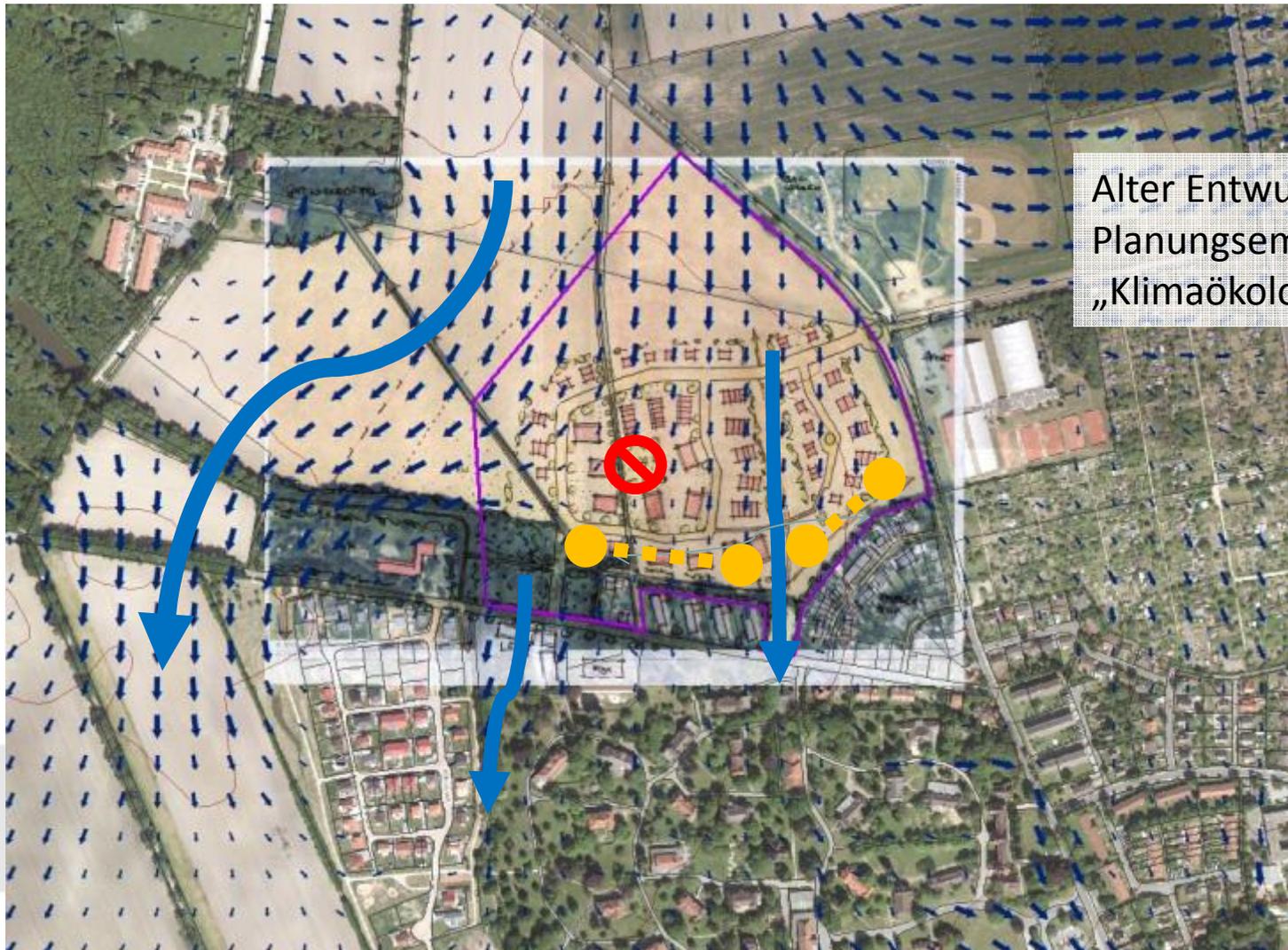
- FANGER P. O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering, New York: Mc Graw Hill
- GROSS, G. (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. Beitr. Phys. Atmosph. , H 62 , S. 57-72.
- GROSS, G. (1993): Numerical 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.
- HANSESTADT LÜNEBURG (2014): DGM5 und ALKIS-Daten, Hansestadt Lüneburg, Vermessung, Geodaten
- 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
- 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.
- 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.



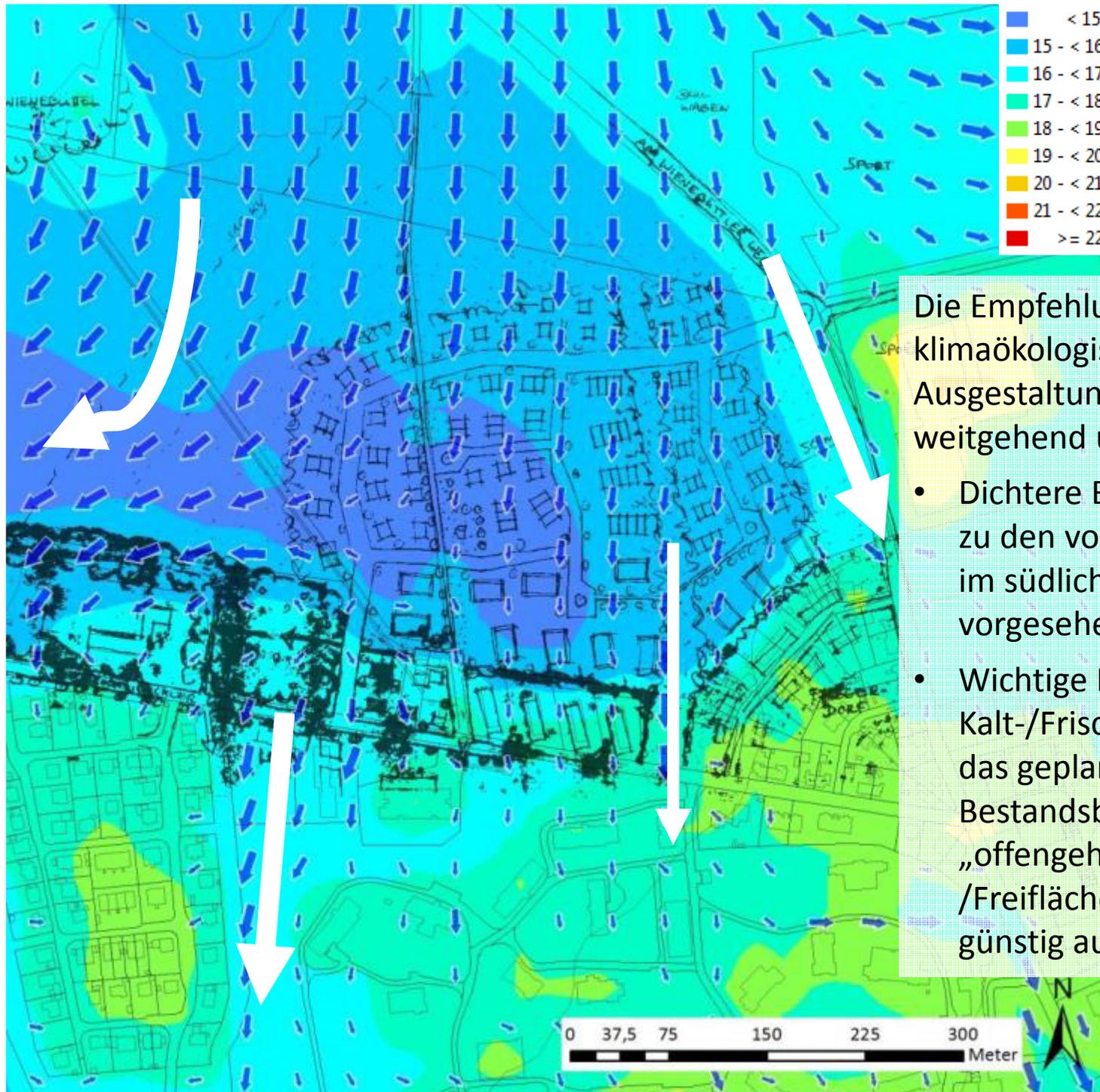
Neue Planvariante durch das autochthone Strömungsfeld überlagert.



Entwurf: Empfehlungen Klimaökologie



Alter Entwurfsstand mit
Planungsempfehlungen
„Klimaökologie“.



Die Empfehlungen für eine klimaökologisch günstige Ausgestaltung des Vorhabens sind weitgehend umgesetzt worden:

- Dichtere Bebauung angrenzend zu den vorhandenen Gebäuden im südlichen Planteil vorgesehen.
- Wichtige Leitlinien für den Kalt-/Frischluftransport durch das geplante Quartier in die Bestandsbebauung werden „offengehalten“ und als Grün-/Freifläche relativ strömungsgünstig ausgeformt.