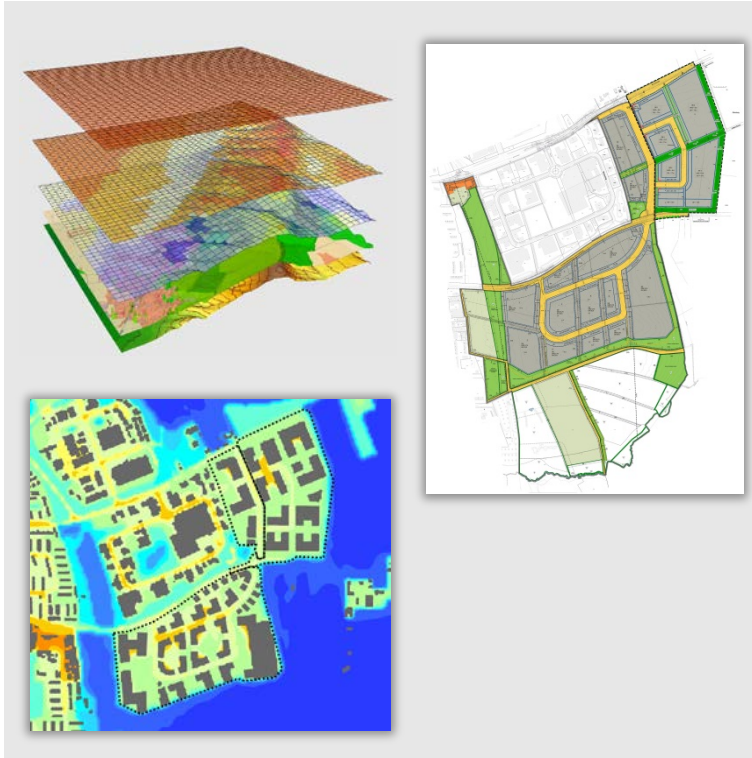


# Klimaökologische Auswirkungen der Bebauungspläne Rahlstedt 131 (Victoria Park) in Hamburg und Nr. 16 (Minerva Park) in der Gemeinde Stapelfeld

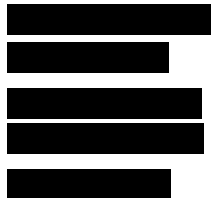


Auftraggeber:

Victoria Park Hamburg GmbH & Co. KG



GEO-NET Umweltconsulting GmbH



In Zusammenarbeit mit:



**Auftrag:** Klimaökologische Auswirkungen der Bebauungspläne Rahlstedt 131 (Victoria Park) in Hamburg und Nr. 16 (Minerva Park) in der Gemeinde Stapelfeld

**Standort:** Freie und Hansestadt Hamburg und Schleswig-Holstein

GEO-NET  
Umweltconsulting GmbH  
Geschäftsführer:

**Auftraggeber:** Viktoria Park Hamburg GmbH & Co. KG

**Projektnummer:** 2\_17\_006

**Berichtsnummer:** 2\_17\_006\_HH\_Viktoriapark\_Klima\_Rev03\_02-08-2017

**Version:** 4

**Datum:** 02. August 2017

**Erstellt von:**

**Unter Mitarbeit von:**

**Geprüft von:**



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>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>1. Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Methode .....</b>	<b>3</b>
2.1 Datengrundlage und Modellrechnung .....	3
2.2 Synoptische Rahmenbedingungen .....	3
2.3 Standardisierung des Parameters Kaltluftvolumenstrom .....	3
<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>5</b>
3.1 Lufttemperatur .....	5
3.2 Kaltluftströmungsfeld .....	11
3.3 Kaltluftvolumenstrom .....	16
<b>4 Fazit .....</b>	<b>21</b>
<b>5 Planungshinweise.....</b>	<b>22</b>
<b>6 Literatur .....</b>	<b>24</b>
<b>7 Glossar .....</b>	<b>25</b>



## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1.1:</b> Zusammenschau der Bebauungspläne Nr. 131 (Rahlstedt) und Nr. 16 (Minerva Park) .....	2
<b>Abb. 2.1:</b> Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von Parametern .....	4
<b>Abb. 3.1:</b> Nächtliches Temperaturfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund) .....	8
<b>Abb. 3.2:</b> Nächtliches Temperaturfeld im Plan-Null-Fall (4:00 Uhr, 2 m über Grund) .....	9
<b>Abb. 3.3:</b> Differenz der Lufttemperatur zwischen Planzustand und Basisszenario .....	10
<b>Abb. 3.4:</b> Prinzipskizze Flurwind .....	11
<b>Abb. 3.5:</b> Nächtliches Windfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund) .....	13
<b>Abb. 3.6:</b> Nächtliches Windfeld im Planszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund) .....	14
<b>Abb. 3.7</b> Differenz der Windgeschwindigkeit zwischen Basisszenario und Planszenario .....	15
<b>Abb. 3.8:</b> Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom .....	16
<b>Abb. 3.9:</b> Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Basisszenario (4:00 Uhr) .....	18
<b>Abb. 3.10:</b> Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Planzustand (4:00 Uhr) .....	19
<b>Abb. 3.11:</b> Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Basisszenario und Planzustand in Prozentpunkten .....	20
<b>Abb. 4.1:</b> Mittlere Abnahme des Kaltluftvolumens in den Siedlungsflächen .....	21
<b>Abb. 5.1:</b> Klimatisch günstige Ausgestaltung von Freiflächen .....	23



## 1. Aufgabenstellung

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. Es ist geplant, zwischen Rahlstedt und Stapelfeld ein länderübergreifendes Gewerbegebiet zu entwickeln. Es setzt sich aus den Bebauungsplänen Rahlstedt Nr. 131 (Victoria Park) der Stadt Hamburg und Nr. 16 (Minerva Park) der Gemeinde Stapelfeld zusammen.

Auf dieser Ausgangsbasis erfolgt die Klärung, ob und in welchem Maße ein Einfluss weiterer Hallenbebauung durch eine Hinderniswirkung auf eigenbürtige Kaltluftbewegungen vorliegt und möglicherweise der lokale Luftaustausch und damit die bioklimatische Situation in angrenzenden Siedlungsräumen während windschwacher Sommernächte beeinflusst wird. Im Auftrag der Viktoria Park Hamburg GmbH & Co. KG wurde vom Büro GEO-NET Umweltconsulting GmbH in Kooperation mit Prof. Dr. G. Groß (Universität Hannover) eine modellgestützte Analyse zu den klimaökologischen Auswirkungen durchgeführt. Für die planerische Berücksichtigung der Schutzgüter Klima und Luft ist es bedeutsam, sich auf eine differenzierte Bewertung der kleinräumig variablen klimatischen Bedingungen einschließlich ihrer komplexen Wechselwirkungen stützen zu können. Die zu klärenden Punkte, die im Mittelpunkt der Untersuchung stehen, beziehen sich auf das Umfeld der Planfläche:

- In welchem Umfang treten eigenbürtige Kaltluftströmungen zwischen dem Umland und den stadtrandnahen Siedlungsflächen auf und in wiefern ist der Untersuchungsraum in den nächtlichen Luftaustausch eingebunden?
- Welche Belüftungssituation liegt in der Umgebung der Vorhabensfläche vor?
- Wie wird sich das Bauungsvorhaben voraussichtlich auf die klimaökologische Situation, besonders im Hinblick auf die Luftaustauschprozesse, auswirken?
- Welchen klimatischen Beitrag leistet die vorgesehene durchgrünte Abstandsfläche im Übergangsbereich zur Bestandsbebauung?

Diese Studie soll klimaökologische Rahmendaten in einer hohen räumlichen Auflösung liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima/Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes durch die Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes gelegt.

Mit dem Istzustand als Basisszenario und dem Planzustand wurden zwei Modellsimulationen durchgeführt. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen. Die Planflächen befinden sich in räumlicher Nähe zu den Grünzügen entlang der Stellau sowie dem Neurahlstedter Graben, welche eine klimatische Funktion als Luftaustauschbereiche aufweisen (GEO-NET 2011). Die Funktion der Grünachsen als Kaltluftleitbahn soll auch im Rahmen einer baulichen Entwicklung erhalten bleiben.

Ziel ist es, in den Nachtstunden eine ausreichende Kalt-/Frischlufthversorgung in den angrenzenden Quartieren aufrecht zu erhalten. Diese Prozesse sind für eine solche Wetterlage mit dem mesoskaligen Klima- und Strömungsmodell FITNAH simuliert worden. Die beiden Bebauungspläne zeigt **Abb. 1.1**, sie umfassen das geplante Gewerbegebiet südlich der Stapelfelder Straße (Victoria Park) bzw. östlich des Merkurings (Minerva Park).



**Abb. 1.1:** Zusammenschau der Bebauungspläne Nr. 131 (Rahlstedt) und Nr. 16 (Minerva Park)

Wesentliches Strukturmerkmal der Planungen ist eine durchgrünte Abstandsfläche, welche sich in Höhe Großlohering nach Westen hin an den Victoria Park anschließt (A). Mit einer Breite von 80 m bis 150 m kann diese dazu beitragen, mögliche klimatische Negativeffekte abzumildern.



## **2. Methode**

### **2.1 Datengrundlage und Modellrechnung**

Die Modellrechnungen wurden mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH durchgeführt. Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen. 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 Hamburg zur Verfügung gestellt (Stadt Hamburg 2016a-c). Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 5,2 km x 3,8 km eine Fläche von insgesamt 19,8 km<sup>2</sup>. Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m, wobei zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen die Informationen aus der Biotopkartierung herangezogen wurden. Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurde diese für die Modellrechnung zu einem 9-klassigen Nutzungsschlüssel aggregiert. Die Daten wurden auf Basis von Luftbildern (Stand 2016) überprüft und ggf. ergänzt. Für die Einordnung des Oberflächenversiegelungsgrades sind nutzungsklassifiziert vorliegende Literaturdaten (u.a. MOSIMANN et al. 1999) genutzt worden, die auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen aus mehreren deutschen Städten beruhen. Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausübt. Dafür wurden vom Auftraggeber die Gebäudegeometrien als 3D-Modell mit der jeweiligen Gebäudehöhe zur Verfügung gestellt. Auf Grundlage des städtebaulichen Funktionsplanes wurde den die Gebäude repräsentierenden Rasterzellen eine individuelle Strukturhöhe zugewiesen. Mit der hohen räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m war es möglich, die Gebäudestrukturen realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den nächtlichen Luftaustausch abzubilden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Klimasimulation erläutert, wobei die folgenden Abbildungen eine windschwache Sommernacht als „Worst-Case“-Situation repräsentieren.

### **2.2 Synoptische Rahmenbedingungen**

Während sogenannter autochthoner („eigenbürtiger“) Wetterlagen können sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen, da es nur eine geringe „übergeordnete“ Windströmung gibt. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen wurden die großräumigen Rahmenbedingungen entsprechend festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- Kein überlagernder geostrophischer Wind,
- 20°C Lufttemperatur über Freiland zum Zeitpunkt 21 Uhr,
- Relative Feuchte der Luftmasse 50%.

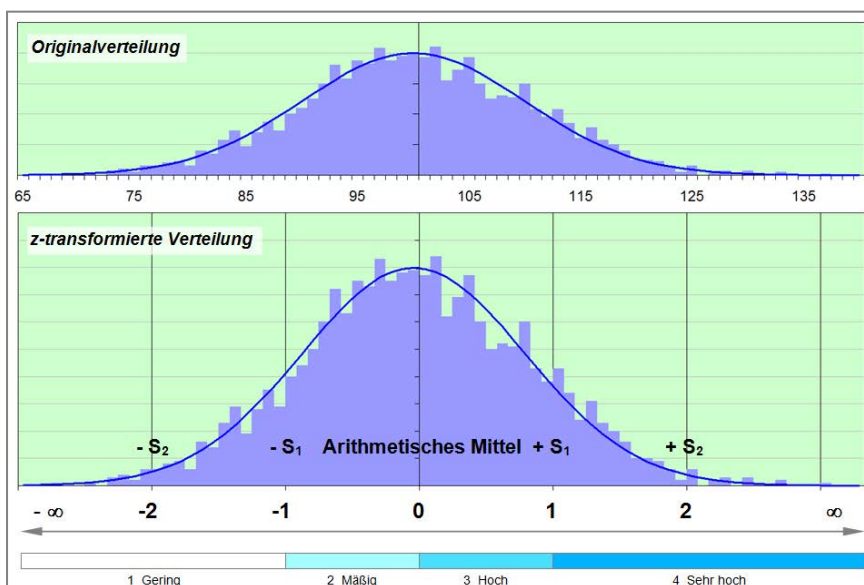
Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei einer austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht und tragen zur Anreicherung von Luftschadstoffen bei.

Bei gleichzeitiger Wärmebelastung in den Siedlungsflächen können sich lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden. Diese Wettersituation stellt damit ein „Worst-Case“-Szenario dar. Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden und zu einem Abbau der Belastungen beitragen.

### 2.3 Standardisierung des Parameters Kaltluftvolumenstrom

Für die qualitative Bewertung von Klimafaktoren bedarf es eines begründeten, nachvollziehbaren Maßstabes. Nicht immer ist ersichtlich, aufgrund welcher Kriterien eine Klassifizierung in Kategorien wie „Hoch“ und „Niedrig“ oder „Günstig“ und „Ungünstig“ erfolgt ist. In der VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1 (VDI 2008) wird daher vorgeschlagen, für eine Beurteilung das lokale oder regionale Wertenniveau einer Klimaaanalyse zugrunde zu legen und die Abweichung eines Klimaparameters von den mittleren Verhältnissen im Untersuchungsraum als Bewertungsmaßstab heranzuziehen.

Wünschenswert wäre zudem, die Beurteilungskriterien sowohl mit der Ausprägung zusätzlich modellierter Variablen als auch mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleichen zu können. Um eine solche Vergleichbarkeit herzustellen, werden die Parameter über eine z-Transformation standardisiert<sup>1</sup>. Bei einer z-Transformation wird das arithmetische Gebietsmittel des Parameters zunächst gleich Null gesetzt, anschließend werden die Originalmaßeinheiten der um dieses Gebietsmittel streuenden Werte in Vielfache der Standardabweichung umgerechnet. Hieraus ergeben sich vier Bewertungskategorien, deren Abgrenzung durch den Mittelwert Null sowie die einfache positive und negative Standardabweichung von diesem Mittelwert festgelegt ist (s. **Abb. 2.1**).



**Abb. 2.1:** Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von Parametern

<sup>1</sup> Rechnerisch wird dabei von jedem Ausgangswert der Variablen das arithmetische Gebietsmittel abgezogen und durch die Standardabweichung aller Werte geteilt





### 3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur, Kaltluftströmungsgeschwindigkeit und Kaltluftvolumenstrom erläutert. Die Ergebnisse werden für den Istzustand als Basisszenario sowie dem Planzustand für die zweite Nachthälfte (Kaltlufthaushalt um 4 Uhr morgens) dargestellt. 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 den überwärmten Siedlungsräumen und den kühleren vegetationsgeprägten bzw. unbebauten Flächen. Der 4 Uhr Zeitpunkt wurde gewählt, da sich die Luftaustauschprozesse zwischen dem Umland und den Siedlungsflächen zu diesem Zeitpunkt vollständig ausgebildet haben.

#### 3.1 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 aerodynamischer 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 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-, Gehölz- 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 haben eine klimatische Ausgleichsfunktion und filtern zudem Luftschadstoffe. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts in 2 m Höhe, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage kühlerer Luft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, überwärmte 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. Denn 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 thermophysiologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

### Basisszenario

Das sich um 4 Uhr in der Nacht einstellende Temperaturfeld im Untersuchungsraum umfasst zwischen Minimalwerten von 13,5°C und Maximalwerten von 19,6°C eine Spannweite von etwa 6 Kelvin (K). Die mittlere Temperatur des Untersuchungsgebietes liegt unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen bei etwa 16,7°C.

Die Temperaturverteilung ist räumlich differenziert, da Areale mit Wohnbauung, Verkehrsanlagen sowie Grünflächen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften aufweisen. **Abbildung 3.1** (S. 8) zeigt das mit dem Klimamodell FITNAH simulierte Temperaturfeld in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 4 Uhr für den derzeitigen Zustand als Basisszenario. Die höchsten Temperaturen von mehr als 19°C treten im Bereich Großlohering im Umfeld der gewerblichen Hallenbebauung auf (Orange). Ähnliche Werte sind kleinräumig auch am Rahlstedter Kamp zu beobachten. Dies geht mit dem überdurchschnittlichen Bauvolumen und der hohen Oberflächenversiegelung einher, da hier die nächtliche Abkühlung durch die Wärme speichernden Materialien wie Beton und Stein deutlich reduziert wird. Niedrigere Werte von 17,0°C bis 18,5°C sind in einem Großteil des Straßenraumes sowie der übrigen Siedlungsflächen anzutreffen (Hellgrün/Gelb). Auch das bestehende Gewerbegebiet am Merckurring weist ein ähnlich niedriges Temperaturniveau auf, was auf die Nähe zu den sich stark abkühlenden Flächen des Umlandes zurückzuführen ist.

Ein mit 16°C bis 17,5°C noch niedrigeres Temperaturniveau liegt dagegen in den locker strukturierten und vorwiegend durch Einzel- und Reihenhausbebauung geprägten Siedlungsflächen vor. Neben der Nähe zu den in den Nachtstunden stark abkühlenden Arealen des Umlandes ist dies auch auf den vergleichsweise geringen Überbauungsgrad und den hohen Grünflächenanteil der hier vorliegenden Bebauungstypologien zurückzuführen ist. Zudem kann auch innerhalb von größeren Hausgärten und Abstandsflächen der Geschosswohnungsbauten die Temperatur lokal auf bis zu 16°C absinken.



Im Temperaturfeld treten vor allem die durch Wiese und landwirtschaftliche Nutzung geprägten Areale mit den niedrigsten Temperaturen von weniger als 15°C hervor, da hier eine intensive nächtliche Wärmeausstrahlung mit entsprechender Abkühlung der darüber lagernden Luft erfolgen kann. Dabei sind die niedrigsten Werte von weniger als 14 °C vor allem über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Flächen der Gemeinde Stapelfeld zu beobachten. Innerhalb der Planareale treten ähnlich niedrige Werte auf, wobei deren Umriss Schwarz abgegrenzt ist. Damit liegt im direkten Umfeld der Planflächen eine geringe nächtliche Überwärmung und damit ein bioklimatisch günstiges Temperaturniveau vor.

### Planzustand

Das Temperaturfeld in 2 m Höhe für den Planzustand ist in **Abb. 3.2** dargestellt. Dabei zeichnen sich die geplanten Gewerbeflächen im Temperaturfeld deutlich ab, wobei die Temperaturen mit etwa 17,0°C bis 19°C das Niveau der Bestandsbebauung am Merkurring aufweisen. Hier tragen die rasengeprägten Abstandsflächen zur nächtlichen Abkühlung bei. Die nächtliche Überwärmung innerhalb der beiden B-Planflächen ist trotz der vorgesehenen Hallenbebauung eher gering ausgeprägt.

### Differenzen

Die Abweichungen zwischen dem Planszenario und dem Istzustand als Basisszenario sind in den **Abb. 3.3** als Absolutwerte dargestellt. Dabei werden die beschriebenen Nutzungsänderungen als Zunahmen (braune Farben) sichtbar, wobei sich die geplante Bebauung in der Differenzenabbildung deutlich abzeichnet. Diese liegt in einer Größenordnung von 0,25 K bis 2 K.

Die Zunahmen der Lufttemperatur können bis zu 5,5 Kelvin (K) innerhalb der Baufelder betragen. Dies ist einerseits auf deren Größe zurückzuführen, andererseits ist im Ist-Zustand dieser Bereich unbebaut, so dass nach Umsetzung der Planungen nun ein insgesamt höheres Temperaturniveau vorliegt.

Es zeigt sich, dass der Einfluss der Nutzungsänderungen auf die Lufttemperatur geringfügig über die Planfläche hinausgeht. Das Temperaturniveau in den angrenzenden Bestandsflächen wird nur lokal leicht erhöht und beträgt bis zu 0,5 K in einer Entfernung von etwa 100 m. Darüber hinaus ist von einer leichten Erhöhung der nächtlichen Lufttemperatur innerhalb des vorgesehenen Grünzugs in Höhe Großlohering auszugehen.

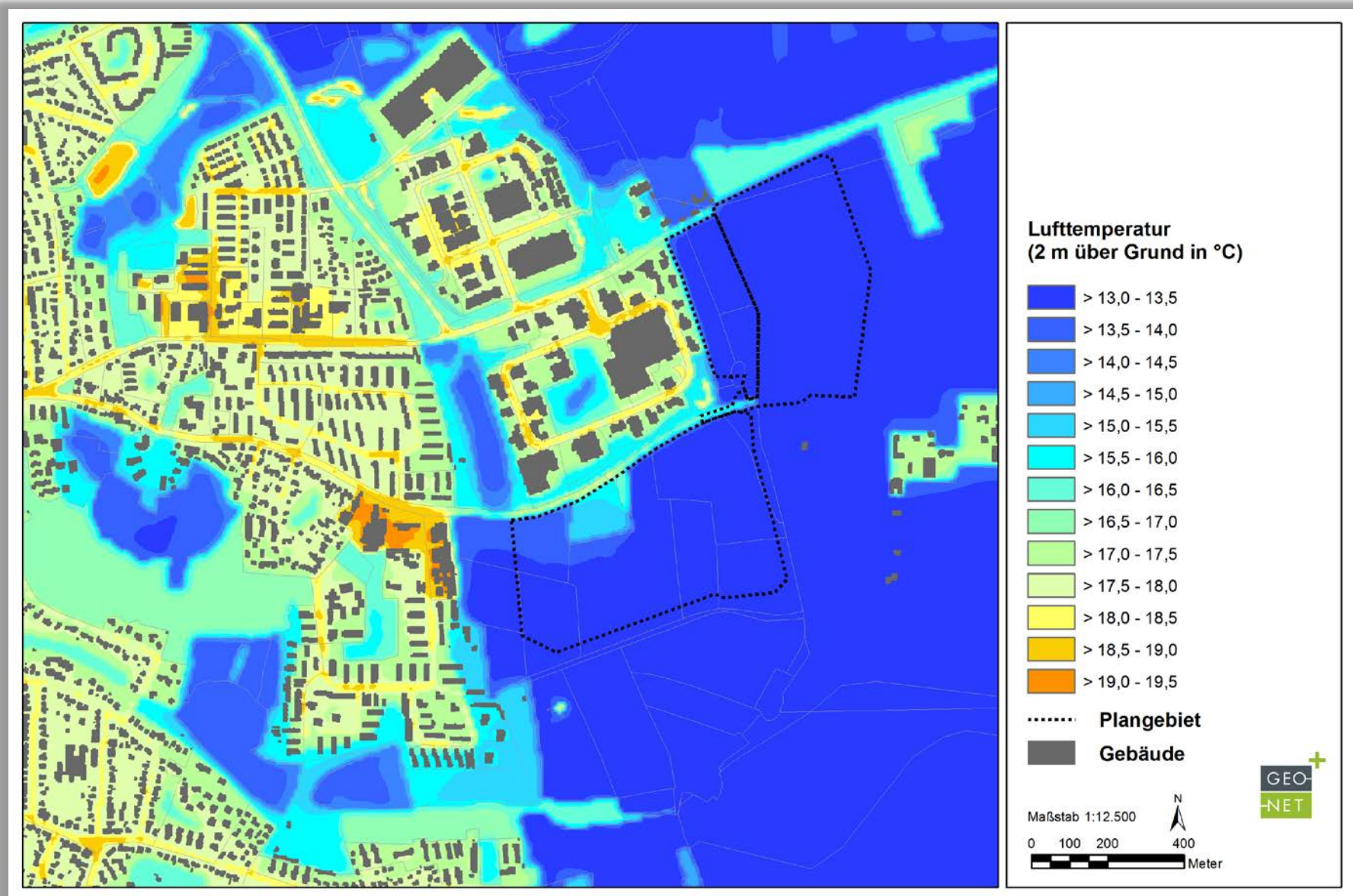
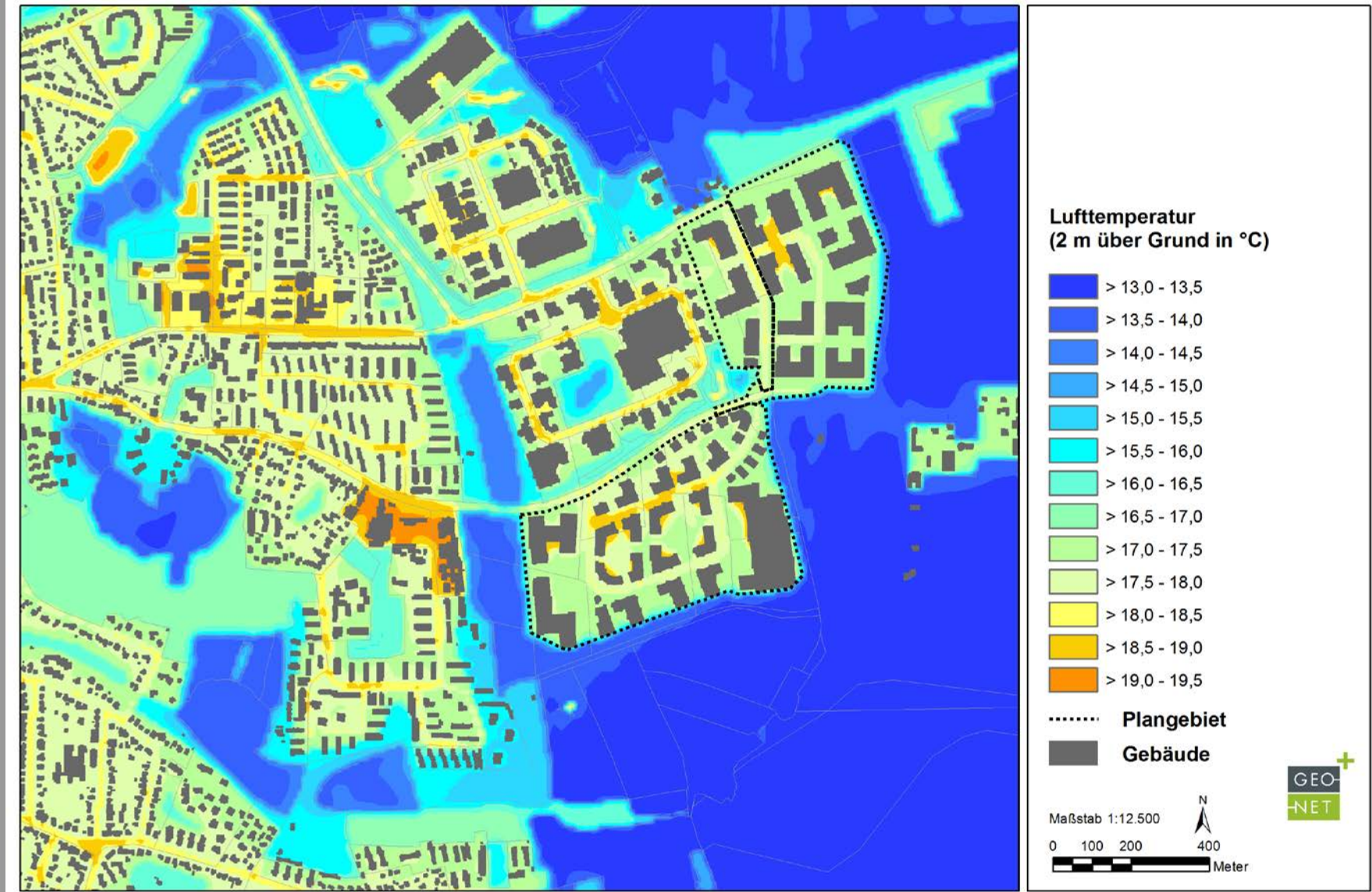


Abb. 3.1: Nächtliches Temperaturfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund)





**Abb. 3.2:** Nächtliches Temperaturfeld im Plan-Null-Fall (4:00 Uhr, 2 m über Grund)

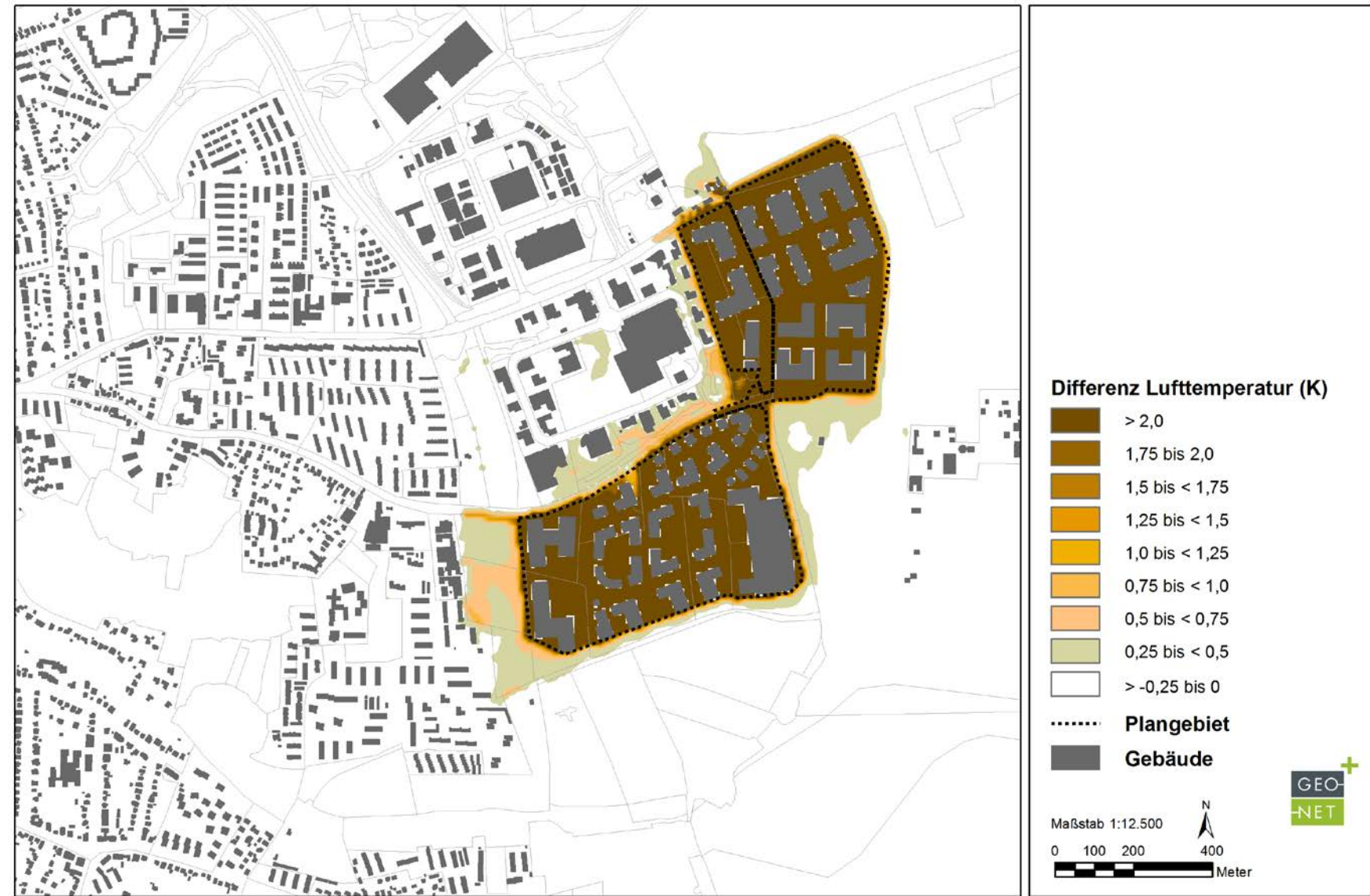


Abb. 3.3: Differenz der Lufttemperatur zwischen Planzustand und Basisszenario

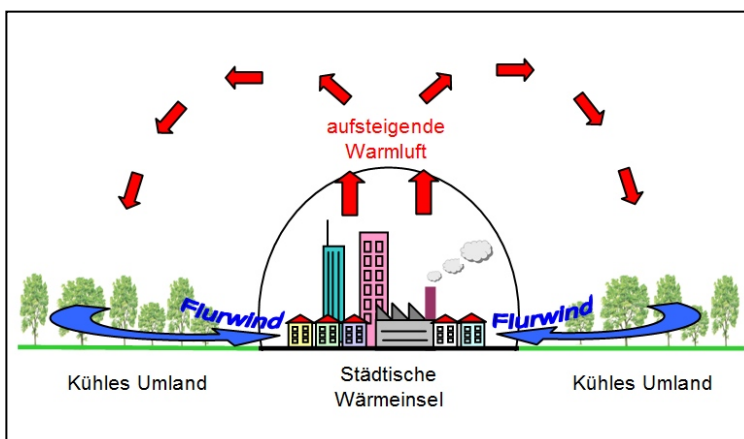


### 3.2 Kaltluftströmungsfeld

#### 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. 3.4**). An den geneigten 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. 3.4:** Prinzipskizze Flurwind

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 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 30 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  $\geq 0,1$  m/s und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

## Basisszenario

Die vorliegende Untersuchung geht der Frage nach, in wieweit sich eine mögliche Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes auf den lokalen Luftaustausch auswirken wird. **Abbildung 3.5** zeigt die Strömungsgeschwindigkeit des modellierten Windfeldes für das Basisszenario, das sich während einer sommerlichen, windstillen Strahlungswetternacht eigenbütig ausbildet. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen liegt verbreitet zwischen 0,1 m/s bis 0,5 m/s, wobei deren Dynamik räumlich variiert. Überdurchschnittlich hohe Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 0,5 m/s treten vor allem innerhalb breiter Grünzüge auf (z.B. Neurahlstedter Graben und Grünzug im Bereich der Stellau). Das Ergebnis zeigt somit eine gute Übereinstimmung mit der gesamtstädtischen Klimaanalyse (GEO-NET 2011). Diese Bereiche können daher als Kaltluftleitbahnen angesprochen werden, welche Kaltluft aus dem östlichen Umland in den Bezirk Rahlstedt hineinführt. Diese Strukturen haben eine sehr hohe stadtklimatische Bedeutung und sind entsprechend schützenswert. Zudem tritt die Grünfläche westlich des Merkurings als Luftaustauschbereich hervor. Auch die Planareale werden flächenhaft von Kaltluft überströmt und haben damit eine Relevanz für das Einwirken nächtlicher Kalt-/Frischlufte im Umfeld der Stapelfelder Straße.

Die Eindringtiefe der Windströmungen in die Siedlungsräume ist unterschiedlich ausgeprägt und kann bei den günstigen strukturellen Bedingungen über 400 m hinausgehen. Somit begünstigen breite Straßenräume und Abstandsflächen den Zutritt von Kaltluft etwa bis zu einer Linie Waterblöckenwiese im Norden und Großlohering im Süden. Gleichzeitig lässt sich auch die Hinderniswirkung größerer Baukörper beobachten, welche z.B. von ausgeprägter Zeilenbebauung ausgeht. Kleinere Gebäude wie eine Einzelhausbebauung werden dagegen von der Kaltluft um- bzw. auch überströmt und wirken sich vergleichsweise wenig abschwächend auf die Strömung aus.

## Planzustand

Das nächtliche Strömungsfeld für den Planzustand zeigt **Abb. 3.6**. Dabei zeichnen sich die geplanten Gebäude als Strömungshindernisse ab. Gleichzeitig werden innerhalb der Baufelder die Abstandsflächen intensiv durchlüftet, so dass eine umfassende Durchlüftung für beide B-Planflächen zu erwarten ist. Zudem zeichnet sich die vorgesehene Grünfläche in Höhe Großlohering deutlich als Luftaustauschbereich ab und ermöglicht weiterhin das Einwirken nächtlicher Kalt-/Frischlufte bis zur Sieker Landstraße. Die Funktion der angesprochenen Kaltluftleitbahnen nördlich und südlich des Gewerbegebietes wird nicht beeinflusst.

## Differenzen

Die Differenzenabbildung macht die Beeinflussung des Kaltluftströmungsfeldes noch besser sichtbar (**Abb. 3.7**). Braun und Orange kennzeichnen eine Abnahme der Geschwindigkeit gegenüber der gegenwärtigen Situation, die grünen Farben eine Zunahme.

Die geplante Bebauung führt zu einer örtlichen Abwandlung der bodennahen Windgeschwindigkeiten um signifikante Werte über 0,1 m/s. Im Bereich der Baufelder kommt es erwartungsgemäß zu den stärksten Reduktionen um mehr als 0,3 m/s, welche sich bis in die Stapelfelder Straße bzw. den sich nördlich daran anschließenden Grünraum fortsetzt. Den Abnahmen stehen lokale Zunahmen der Werte von mehr als 0,2 m/s gegenüber (grüne Farbe), was auf die Kanalisierung der Kaltluft durch die zusätzlichen Baukörper zurückzuführen ist.



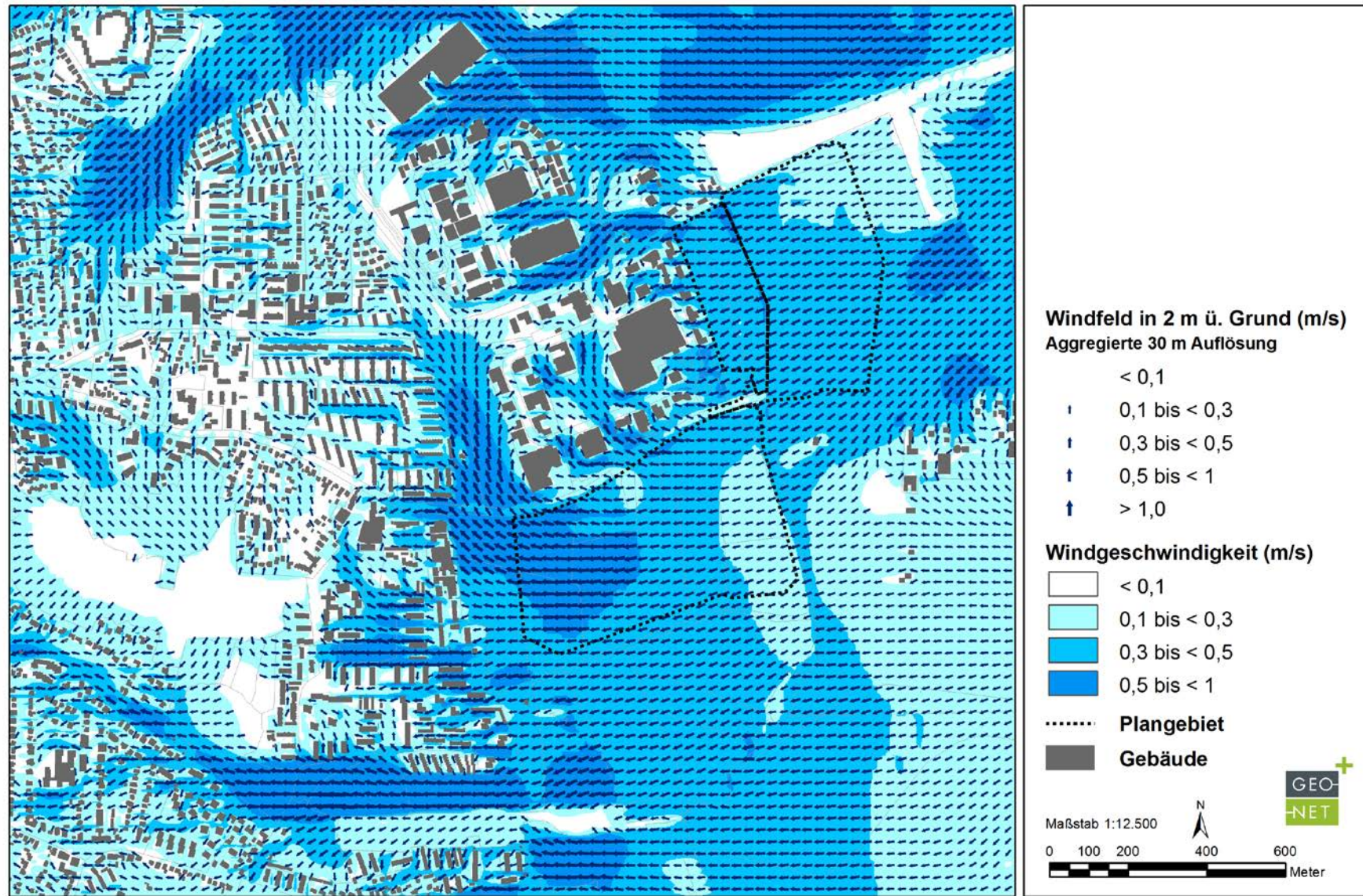


Abb. 3.5: Nächtliches Windfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund)



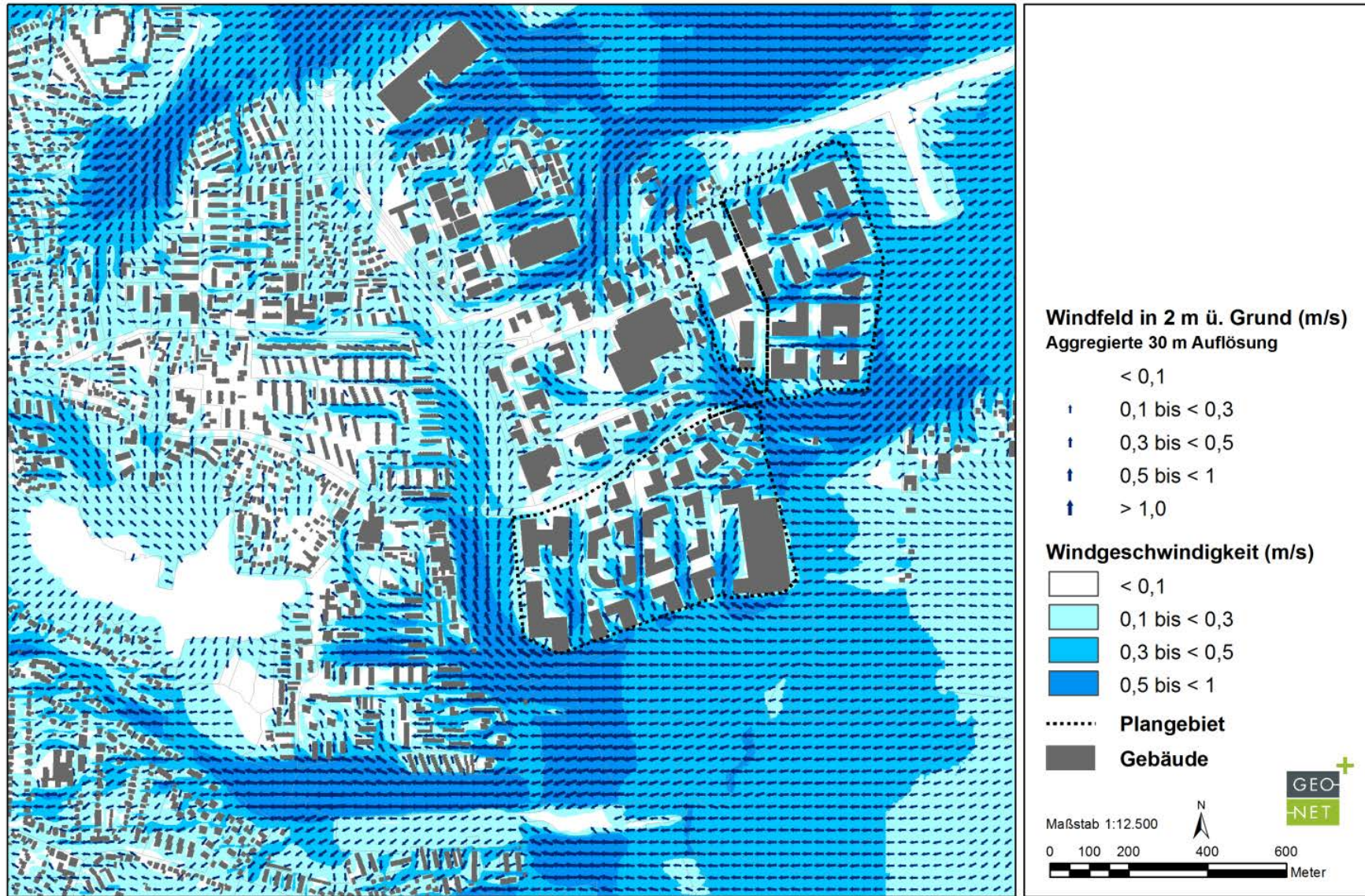


Abb. 3.6: Nächtliches Windfeld im Planszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund)



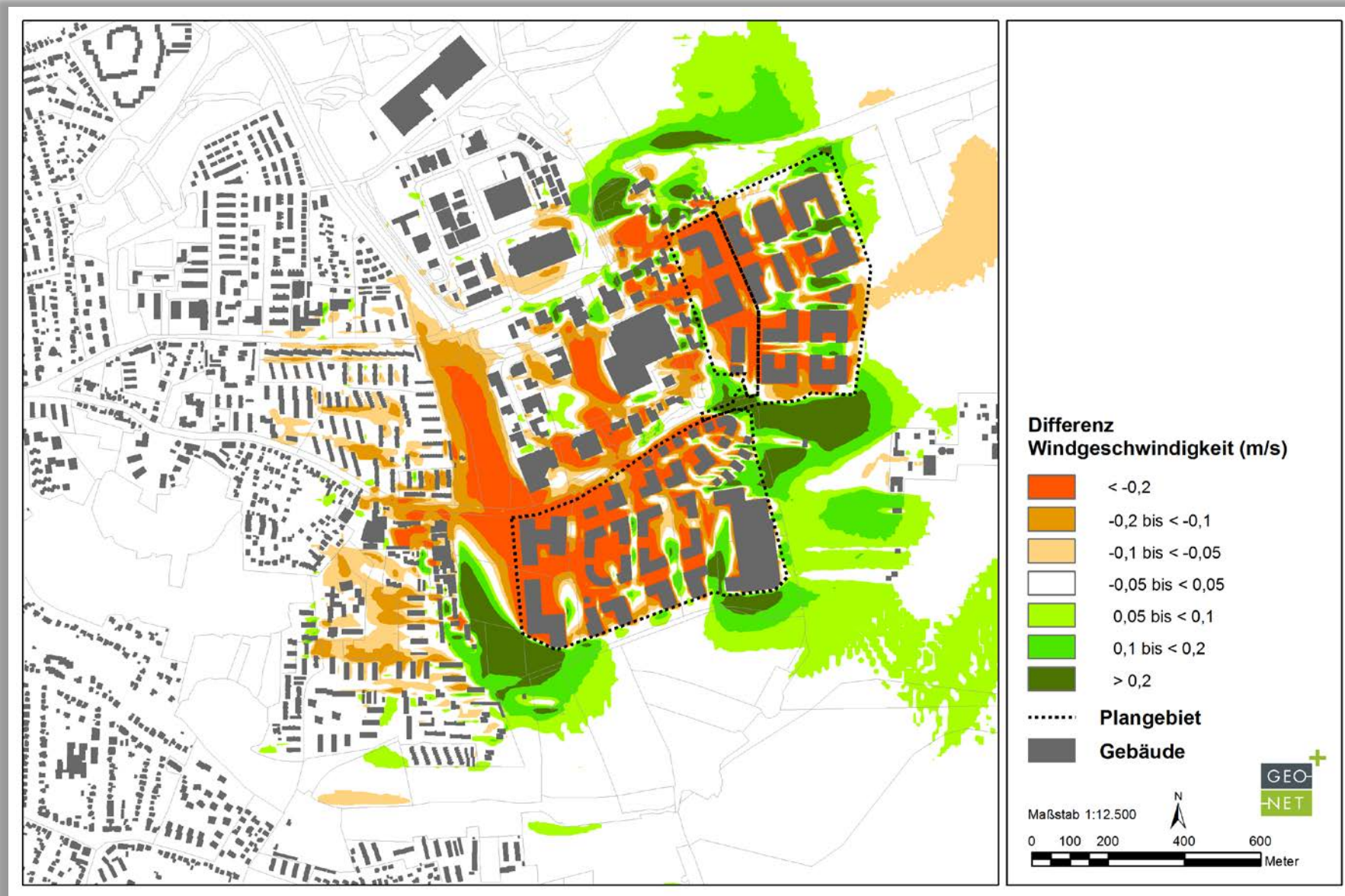
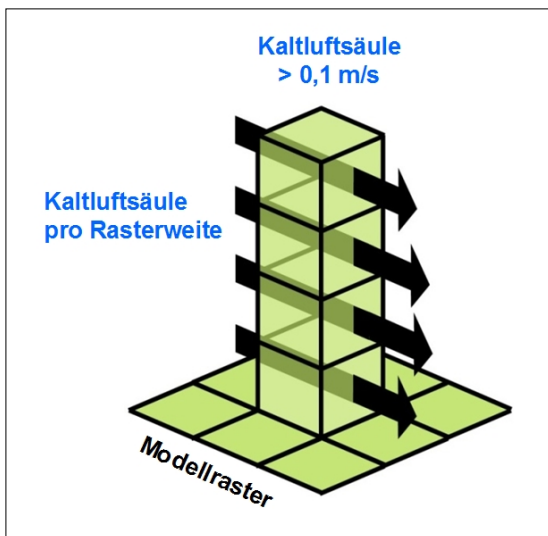


Abb. 3.7 Differenz der Windgeschwindigkeit zwischen Basisszenario und Planszenario

### 3.3 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 dargestellte Ergebnisse bedeutet dies folgendes: Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts

**Abb. 3.8:** Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite (hier 10 m), ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstrom-*dichte* aufzufassen. Diesen Wert kann man sich veranschaulichen, indem man sich ein 10 m breites, quer zur Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man die rasterbasierte Volumenstromdichte (**Abb. 3.8**). Der Volumenstrom ist damit ein Maß für den *Zustrom von Kaltluft* und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

#### Basisszenario

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum geht im Wesentlichen mit der des bodennahen Strömungsfeldes einher. **Abbildung 3.9** (S. 18) zeigt den Kaltluftstrom für das Basisszenario in einer qualitativen Abstufung. Analog zur Strömungsgeschwindigkeit treten die höchsten Werte über den Grünachsen Neurahlstedter Graben und Stellau auf. Zudem sind sehr hohe Werte in Höhe der Stapelfelder Straße sowie Großlohering zu beobachten. Ein überdurchschnittlich hoher Kaltluftvolumenstrom setzt sich hier bis zu 400 m innerhalb der Bebauung fort und sinkt dann sukzessive ab. Innerhalb der übrigen Siedlungsflächen liegt verbreitet ein mäßiger Kaltluftvolumenstrom vor, welcher aufgrund der Hinderniswirkung von Gebäuden sowie einer allmählichen Erwärmung der Kaltluft auf ein geringes Niveau absinken kann.

## Planzustand

Wie **Abb. 3.10** zeigt, führt die Nutzungsänderung zu einer Beeinflussung des Kaltluftvolumenstroms. Es zeigt sich, dass dieser innerhalb der Planfläche nahezu vollständig auf ein mäßiges bis geringes Niveau zurückgeht. Lediglich im Bereich gut durchlüfteter Abstandsflächen sind hohe bis sehr hohe Werte anzutreffen. Auch innerhalb der Bestandsflächen im Umfeld der Stapelfelder Straße sind flächenhaft Abnahmen um eine Wertestufe zu beobachten, wobei hier aber weiterhin von einer ausreichenden Durchlüftung auszugehen ist. Die westlich an den Bebauungsplan 131 angrenzende Grünfläche weist in Teilen einen hohen bis sehr hohen Volumenstrom auf und trägt somit zur Durchlüftung des Bestands bei. Die Situation innerhalb der Kaltluftleitbahnen Neurahlstedter Graben und Stellau bleibt unverändert.

## Differenzen

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes 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. Die Abweichung des Volumenstroms in Prozentpunkten gegenüber dem Istzustand wird in **Abb. 3.11** dargestellt.

Hier werden die beurteilungsrelevanten Abnahmen dargestellt, welche für jede einzelne Rasterzelle berechnet wurde. Diese machen die räumliche Reichweite des vorhabenbedingten Einflusses deutlich. Es zeigt sich, dass sich im Planzustand die stärkste Abschwächung mit mehr als minus 25 Prozentpunkten etwa bis zum Nieritzweg erstreckt (braune Farbe). Eine schwach ausgeprägte Fernwirkung bis minus 5 Prozentpunkte ist noch im Bereich Heckende zu beobachten. Betrachtet man alle durch die Nutzungsänderung negativ beeinflussten Siedlungsflächen mit Wohnnutzung, ergibt sich gegenüber dem Istzustand ein planbedingter Rückgang des Volumenstroms im Mittel um etwa 14 Prozentpunkte. Eine ausreichende Versorgung mit Kalt-/Frischluft ist hier aber auch im Planzustand aufgrund des nach wie vor intensiven Luftaustausches gewährleistet. Zwar wird der Schwellenwert von 10 Prozentpunkten überschritten, die betroffenen Bestandsflächen sind aufgrund ihrer Stadtrandlage, strukturellen Ausprägung und geringer nächtlicher Überwärmung nicht als bioklimatisch belastet anzusehen.



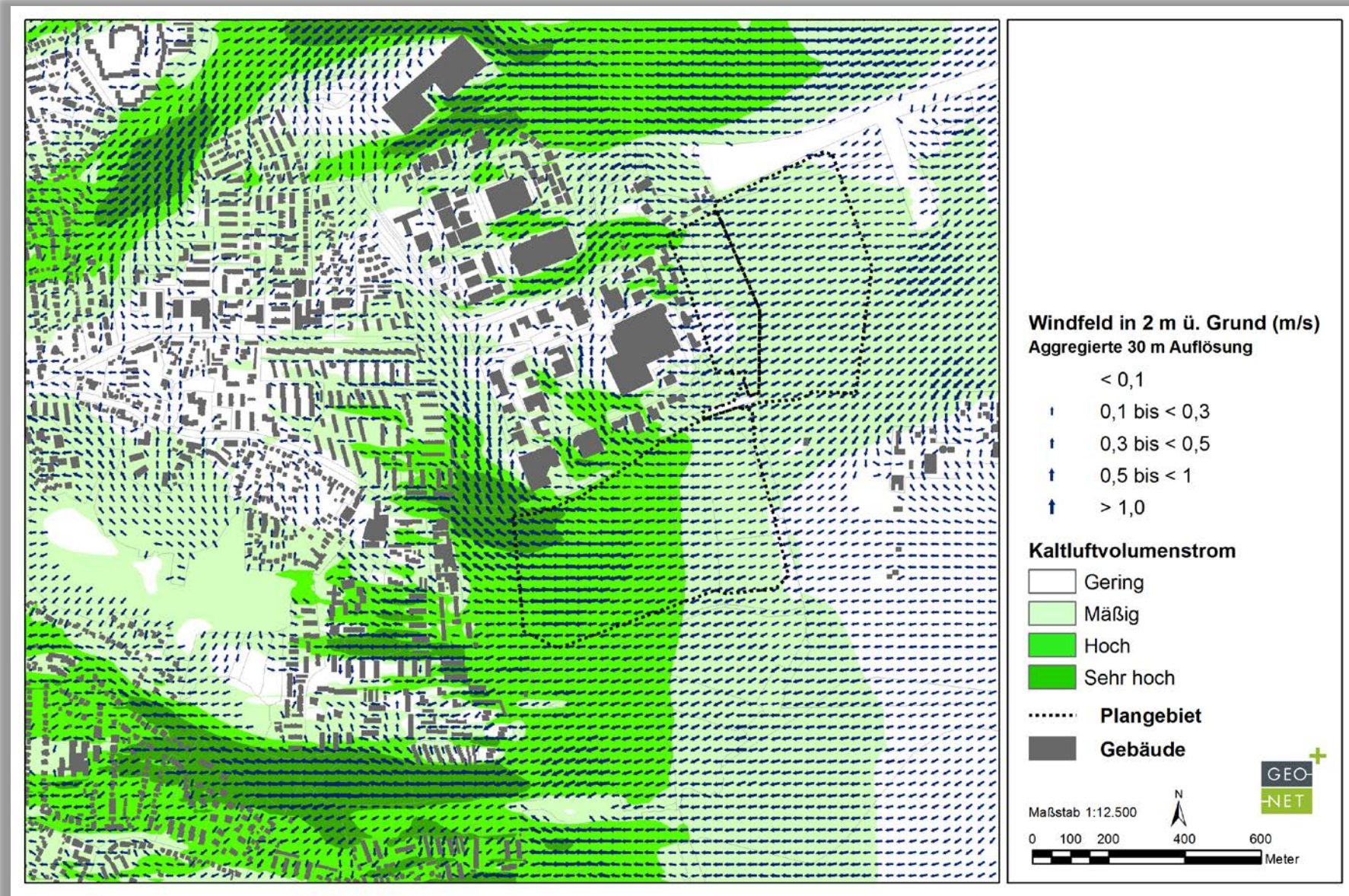


Abb. 3.9: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Basisszenario (4:00 Uhr)



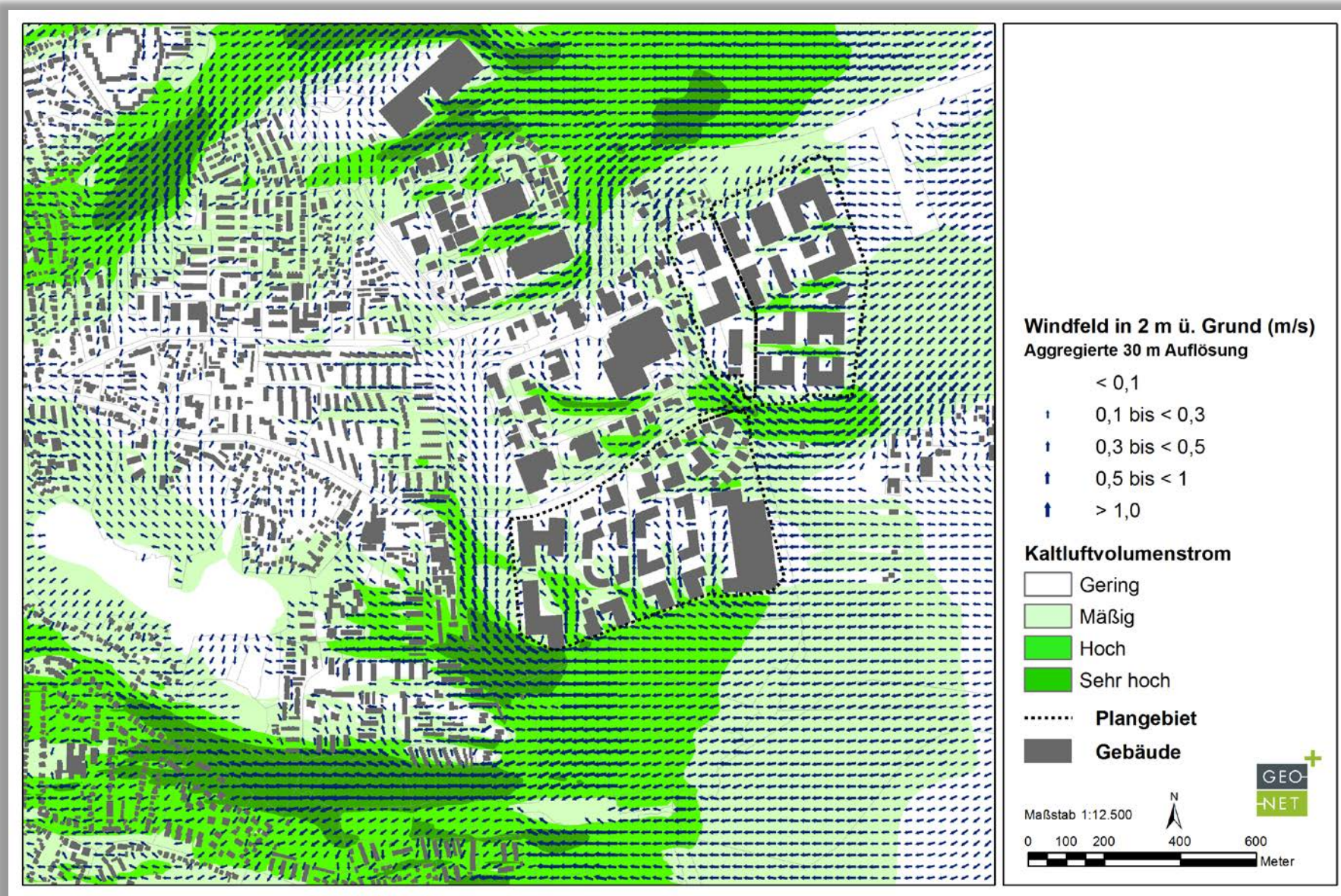
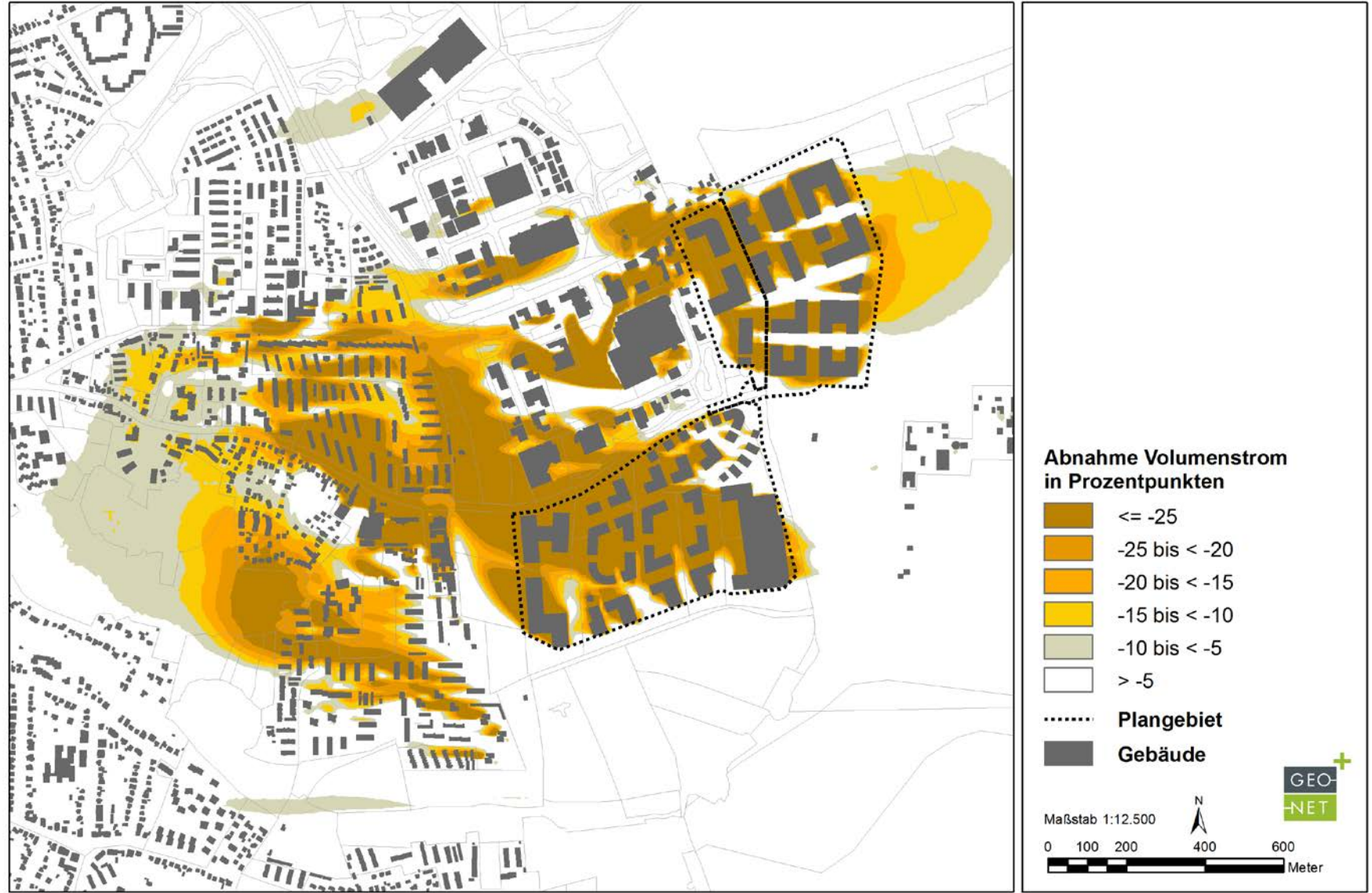


Abb. 3.10: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Planzustand (4:00 Uhr)





**Abb. 3.11:** Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Basisszenario und Planzustand in Prozentpunkten

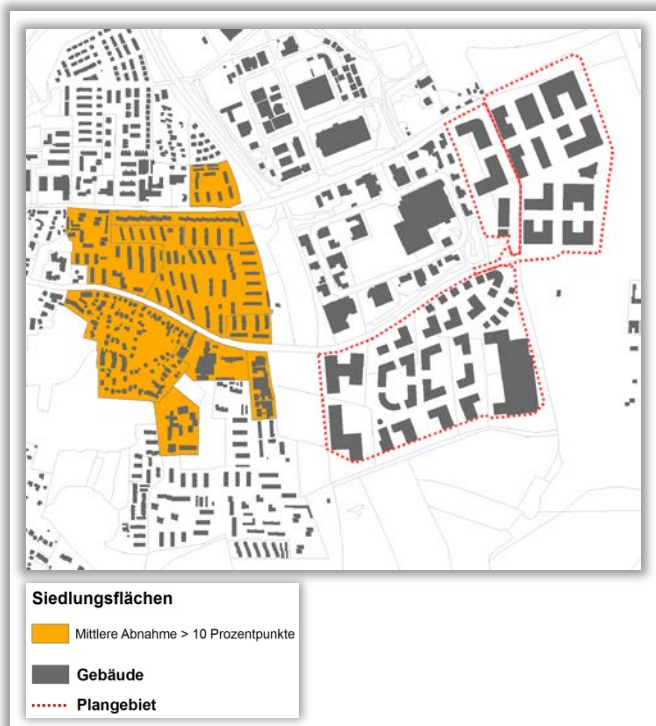


## 4 Fazit

Die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel, die Auswirkungen einer Umsetzung der Bebauungspläne Rahlstedt 131 in Hamburg sowie Nr. 16 der Gemeinde Stapelfeld auf den nächtlichen Kaltlufthaushalt zu bewerten. Für die klimaökologischen Auswirkungen lassen sich auf Grundlage der im Modell simulierten Klimaparameter folgende Ergebnisse zusammenfassen:

Die Beeinflussung des nächtlichen Kaltluftströmungsfeldes bei austauscharmen sommerlichen Hochdruckwetterlagen führt zu einer mäßigen und lokal begrenzten Abschwächung der Kaltluftlieferung im östlichen Stadtgebiet Hamburgs. Davon ist im Wesentlichen der an das Plangebiet angrenzende Bereich zwischen Sieker Landstraße und Stapelfelder Straße betroffen. Eine hiermit verbundene signifikante Zunahme der bodennahen Lufttemperatur wurde allerdings nicht modelliert. Dies ist auf die zumeist lockere Bebauungsstruktur sowie die periphere Lage und das damit im Vergleich zur Stadtmitte niedrigere Temperaturniveau zurückzuführen.

Abbildung 4.1 zeigt die Siedlungsflächen auf, welche im Planzustand von einer Verminderung des Kaltluftvolumens um mehr als 10 Prozentpunkte betroffen wären. Wenngleich eine Beeinflussung des lokalen Luftaustausches sichtbar wird, sind die geplanten baulichen Veränderungen nicht groß genug, um eine nennenswerte Verschlechterung der klimaökologischen Situation in der angrenzenden Wohnbebauung während windschwacher Sommernächte auszulösen.



**Abb. 4.1:** Mittlere Abnahme des Kaltluftvolumens in den Siedlungsflächen

In der Gesamtbilanz ist das qualitative und räumliche Ausmaß der Wirkungen insbesondere auf vorhandene Wohnnutzungen als mäßig anzusehen. Eine entsprechende Wirkung auf das nähere Umfeld ist zu erwarten gewesen. In Anbetracht der moderaten nächtlichen Wärmebelastung sind die betroffenen Bestandsflächen nicht als bioklimatisch belastet im Sinne der VDI-Richtlinie 3787 anzusehen. Aufgrund der Tatsache, dass auch nach Umsetzung der Planungen ein ausreichender Luftaustausch zu erwarten ist, ist die Nutzungsänderung aus klimatischer Sicht als vertretbar einzuordnen.



## 5 Planungshinweise

Im Folgenden werden Hinweise zur Verringerung der Wärmebelastung in den Siedlungsflächen sowie zur Aufenthaltsqualität im Freien gegeben. Die vorgesehene Abstandsfläche westlich des Victoria Parks weist eine wichtige Funktion als Luftaustauschbereich auf und sollte auch zukünftig nicht bebaut werden. Diese wird intensiv von Kaltluft überströmt und trägt zur Durchlüftung des Bestands bei. Als siedlungsnahe Grünfläche sollte sie aus klimatischer Sicht optimiert werden, damit sie als Bereich mit hoher klimatischer Aufenthaltsqualität während sommerlicher Wetterlagen für die Bewohner zur Verfügung stehen.

### *Verringerung der Wärmebelastung im Siedlungsraum*

Während am Tage die direkte, kurzwellige Strahlung der Sonne wirksam ist, geben nachts Bauwerke und versiegelte Oberflächen die tagsüber gespeicherte Energie als langwellige Wärmestrahlung wieder ab. Durch die Verringerung des Wärmeinputs am Tage wird gleichzeitig weniger Strahlungsenergie in der Baumasse gespeichert und damit in der Nacht auch weniger Wärme an die Luft abgegeben. Neben einer hohen Grünausstattung lässt sich zudem durch die Verwendung von hellen Baumaterialien die Reflexion des Sonnenlichtes (Albedo) erhöhen, so dass ebenerdig versiegelte Flächen oder auch Fassaden stärker zurückstrahlen. Dadurch bleiben sie kühler und nehmen damit insgesamt weniger Wärmeenergie auf.

### *Bedeutung von Dach- und Fassadenbegrünung*

Zu den weiteren effektiven Maßnahmen, die Erwärmung der Gebäude am Tage abzuschwächen, zählen Dach- und Fassadenbegrünung. Letztere wirkt zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits über die Verdunstungskälte des Wassers Wärme abgeführt wird. Eine Fassadenbegrünung ist insbesondere an West- und Südfassaden wirksam, da hier die stärkste Einstrahlung stattfindet. Darüber hinaus mindert eine Begrünung die Schallreflexion und damit die Lärmbelastung und kann zu einem gewissen Grad Stäube und Luftschadstoffe binden. Die Möglichkeiten bei der Realisierung einer Fassadenbegrünung werden allerdings entscheidend von der baulichen Ausgangssituation mitbestimmt. Eine positive Wirkung kann auch durch die Verschattung der Südfassaden durch Bäume erbracht werden.

Bei einer Dachbegrünung wirkt die Vegetation zusammen mit dem Substrat isolierend und verringert damit das Aufheizen darunter liegender Räume. Zudem senkt die Dachbegrünung die Oberflächentemperatur des Daches aufgrund der Verdunstung von Wasser ab und verringert die Temperatur in der oberflächennahen Luftschicht. Allerdings kommt es bei einer hohen Traufhöhe von Gebäuden zu einer vertikalen Entkopplung der positiven Effekte. Nur relativ niedrige Gebäude (< 5 m) mit Dachbegrünung können zu einem im bodennahen Bereich positiven Abkühleffekt beitragen. Gründächer auf 4-5 geschossigen Gebäuden zeigen in der untersten Schicht der Stadtatmosphäre (= Aufenthaltsbereich des Menschen) keinen nennenswerten positiven Temperatureffekt. Voraussetzung für die Kühlwirkung ist allerdings immer ein ausreichendes Wasserangebot für die Vegetation. Sollte bei längeren Hitzeperioden die Vegetation austrocknen, steigen die Temperaturen wieder auf das Niveau eines normalen Daches an und können sogar darüber hinausgehen. Der Kühlungseffekt für die Innenräume bleibt dabei aber erhalten. Im Winter isoliert ein Gründach zusätzlich und kann zur Senkung des Heizbedarfes beitragen. Ein weiterer Vorteil von Dachbegrünung ist im Retentionsvermögen von Regenwasser zu sehen, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird.

### Grünflächen und Aufenthaltsbereiche im Freien

Eine intensive Begrünung des Straßenraums und die Aufwertung der Bebauung mit Bäumen steigern die Aufenthaltsqualität im Freien beträchtlich, da somit große beschattete Bereiche geschaffen werden. Damit wird das Gehen/Radfahren im Schatten ermöglicht. Dieser Aspekt hat vor allem deshalb Relevanz, zukünftig die Erreichbarkeit des Grünzugs am Großlohering als siedlungsnah Grünfläche an Sommertagen mit starker solarer Einstrahlung zu verbessern. Aber auch innerhalb des länderübergreifenden Gewerbegebietes sollten die Wegeverbindungen entsprechend aufgewertet werden.

Im Übergangsbereich des Grünareals am Großlohering zur Bebauung hin sollte allerdings auf dichte Vegetationselemente wie Gehölze und Hecken verzichtet werden, da diese die bodennahe Kaltluftströmung beeinträchtigen können. Ein weiteres klimaausgleichendes Gestaltungselement können Brunnenanlagen in Platzbereichen bzw. Freiflächen darstellen. Insbesondere die Temperaturspitzen können kleinräumig durch die durch Wasserflächen erzeugte Verdunstungskälte reduziert werden und die Aufenthaltsqualität im Freien verbessern. Für die strukturelle Ausgestaltung der Grünanlage lassen sich die folgenden Hinweise geben.



**Abb. 5.1:** Klimatisch günstige Ausgestaltung von Freiflächen

Städtische Grün- und Freiflächen sollten möglichst vielfältige Mikroklimata bereitstellen, wobei als Leitbild der erweiterte „Savannentyp“ dienen kann (KUTTLER 2013). Er besteht zu einem großen Anteil aus gut wasserversorgten Rasenflächen und kleinen Baumgruppen, die mit offenen multifunktionalen Wasserflächen (z.B. Wasserspielplatz und Retentionsraum für Starkregenereignisse), Hügel-landschaften, verschatteten Wegen und Sitzgelegenheiten sowie weiteren Strukturmerkmalen (Beete, Rabatten, Blumenwiesen, Sukzessionsflächen) angereichert sind (Abb. 5.1). Ziel sollte sein, möglichst vielgestaltige „Klimaoasen“ zu schaffen, welche ein abwechslungsreiches Angebot für die unterschiedliche Nutzungsansprüche der Menschen (z.B. windoffene und windgeschützte Bereiche, offene „Sonnenwiesen“, beschattete Bereiche) darstellen. Durch diese heterogene Anordnung wird sichergestellt, dass sowohl die nächtliche Abkühlung der Luft als auch der Aufenthalt am Tage für alle Zielgruppen optimiert ist.



## 6 Literatur

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2016a): Digitale Orthophotos für das Stadtgebiet Hamburg.

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2016b): Digitale Biotoptypenkarte für das Stadtgebiet Hamburg.

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2016c): Digitales Gebäudemodell für das Stadtgebiet Hamburg.

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2016d): Digitales Geländehöhenmodell für das Stadtgebiet Hamburg.

GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2011): Stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg. Gutachten im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt.

KUTTLER, W. (2013): Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh (2. Auflage).

MOSIMANN, Th., P. TRUTE & Th. FREY (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99.

VDI (2003): Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.



## 7 Glossar

**Ausgleichsleistung:** Durch lokalen → Luftaustausch bzw. Lufttransport zwischen → Ausgleichs- und → Wirkungsraum wird eine positive Beeinflussung der bioklimatischen bzw. lufthygienischen Verhältnisse erzielt.

**Ausgleichsraum:** Grüngestaltete, relativ unbelastete Freifläche, die an einen Wirkungsraum angrenzt oder mit diesem über wenig raue Strukturen (→ Leitbahnen) verbunden ist. Durch die Bildung kühlerer und frischerer Luft sowie über funktionsfähige Austauschbeziehungen trägt dieser zur Verminderung oder zum Abbau der Belastungen im Wirkungsraum bei. Mit seinen günstigen klimatischen und lufthygienischen Eigenschaften bietet er eine besondere Aufenthaltsqualität für Menschen.

**Austauscharme Wetterlage:** → Strahlungswetterlage

**Autochthone Wetterlage:** → Strahlungswetterlage

**Autochthones Windfeld:** Kaltluftabflüsse und Flurwinde, welche sich als eigenbürtige, landschaftsgesteuerte Luftaustauschprozesse während einer windschwachen sommerlichen → Strahlungswetterlage ausbilden.

**Bioklima:** Beschreibt die direkten und indirekten Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima (=atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf die lebenden Organismen in den verschiedenen Landschaftsteilen, insbesondere auf Menschen.

**Eindringtiefe:** Reichweite einer Kalt-/Frischluchtströmung in den → Wirkungsraum hinein, ausgehend vom Bebauungsrand.

**Flurwind:** Thermisch bedingte schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Flächen (z.B. innerhalb einer Bebauung oder auch im Umland) und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Er strömt vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in das Zentrum der Überwärmung (meist Innenstadt oder Stadtteilzentrum) ein.

**Inversion:** Wenn am Tage bei intensiver Sonneneinstrahlung der Boden und die darüber lagernde Luft aufgeheizt werden, steigt diese auf und führt zu einer guten Durchmischung der Luftschicht. Die Temperatur der Luft nimmt dabei mit der Höhe allmählich ab. Während einer nächtlichen → Strahlungswetterlage kann eine umgekehrte Situation entstehen, bei der die oberen Luftschichten wärmer sind als die im bodennahen Bereich. Der Luftaustausch mit der Höhe ist dann reduziert, da die Kaltluft aufgrund ihrer höheren Dichte am Erdboden verbleibt.

**Kaltluftabfluss:** An wenig rauen Hängen und Tälern mit genügendem Gefälle (theoretisch ab etwa 0,5°) setzt sich die Kaltluft aufgrund der Schwerkraft, dem Gefälle folgend, in Bewegung. Der Abfluss erfolgt schubweise. Er setzt bereits vor Sonnenuntergang ein und kann die ganze Nacht andauern.

**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. 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>2</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.

**Klimafunktionen:** Prozesse und Wirkungen in der Landschaft, die das örtliche Klima mitbestimmen und Belastungen von Organismen durch besondere Klimabedingungen erhöhen oder abbauen.

**Klimaökologie:** Analysiert den Einfluss von Klimaelementen und des Klimas auf das Landschaftsökosystem und seinen Haushalt. Untersucht wird weiterhin die Steuerung der bedeutsamen, bodennahen atmosphärischen Prozesse durch die allgemeinen landschaftlichen Strukturgrößen (Relief, Überbauung...).

**Komfortraum:** Vielfältig strukturierte, bewachsene Freiflächen in Nachbarschaft zum Wirkungsraum mit günstigen bioklimatischen und/oder lufthygienischen Bedingungen. Ihre wichtigsten Eigenschaften sind Immissionsarmut und Klimavielfalt, d.h. es besteht ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten.

**Leitbahnen:** Linear ausgerichtet, wenig raue Freiflächen, die den lokalen Luftaustausch fördern, insbesondere den Transport von Kalt-/Frischluft aus dem Ausgleichsraum in den Wirkungsraum. Die Leitbahneigenschaften bestimmen, in welchen Umfang eine Ausgleichsleistung erbracht wird.

**Luftaustausch:** Transport von Luftmassen mit bestimmten Eigenschaften durch turbulente Diffusion. Es werden austauschschwache Situationen mit Windgeschwindigkeiten  $\leq 1,5 \text{ m/s}$  von austauschstarken mit Windgeschwindigkeiten  $\geq 5,5 \text{ m/s}$  unterschieden.

**Rauigkeit:** Gibt die durch Bebauungs- und/oder Vegetationsstrukturen hervorgerufene Veränderungen des Windfeldes wieder. Als Maß der Rauigkeit fungiert der  $z_0$ -Wert, der in Meter angegeben wird.

**Reichweite:** → Eindringtiefe

**Strahlungswetterlage:** Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird bei dieser Wetterlage vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt und nur in geringem Maße durch die Luftmasse geprägt. Voraussetzung für ihre Ausbildung sind eine geringe Bewölkung von weniger als 3/8 und eine mittlere Geschwindigkeit des Windes von unter  $1,5 \text{ m/s}$ .

**Strömungsfeld:** Für den Analysezeitpunkt 04 Uhr morgens simulierte flächendeckende Strömungsfeld der Kaltluftabflüsse und Flurwinde während einer windschwachen → Strahlungswetterlage.

---

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



**Ventilationsbahn:** Leitbahn, die während austauschstärkerer Wetterbedingungen den Gradientwind aufnimmt und zur Be- und Entlüftung des Wirkungsraumes beiträgt.

**Wärmebelastung:** Durch Behinderung der Wärmeabgabe des Körpers hervorgerufenes Unbehaglichkeitsempfinden. Wärmebelastung tritt hauptsächlich bei sommerlichen, strahlungsreichen Hochdruckwetterlagen mit hoher Temperatur, hoher Feuchte und geringer Luftbewegung auf (Schwüle).

**Wärmeinsel:** Derjenige städtische Lebensraum, der gegenüber der Umgebung vor allem abends und nachts eine höhere Lufttemperatur aufweist. Es bilden sich i.d.R. mehrkernige Wärmeinseln in einer Stadt aus. Die Jahresmitteltemperaturen sind in diesen Räumen um 0,5 bis 1,5 Kelvin gegenüber dem Umland erhöht.

**Wirkungsraum:** Bebauter (oder zur Bebauung vorgesehener), bioklimatisch und/oder lufthygienisch belasteter Raum (Belastungsraum), der an einen oder mehrere Ausgleichsräume angrenzt oder über wenig raue Strukturen angebunden ist. Durch lokale Luftaustauschprozesse erfolgt eine Zufuhr von Kalt-/Frischlufte aus dem → Ausgleichsraum, die zur Verminderung oder zum Abbau der Belastungen beiträgt.