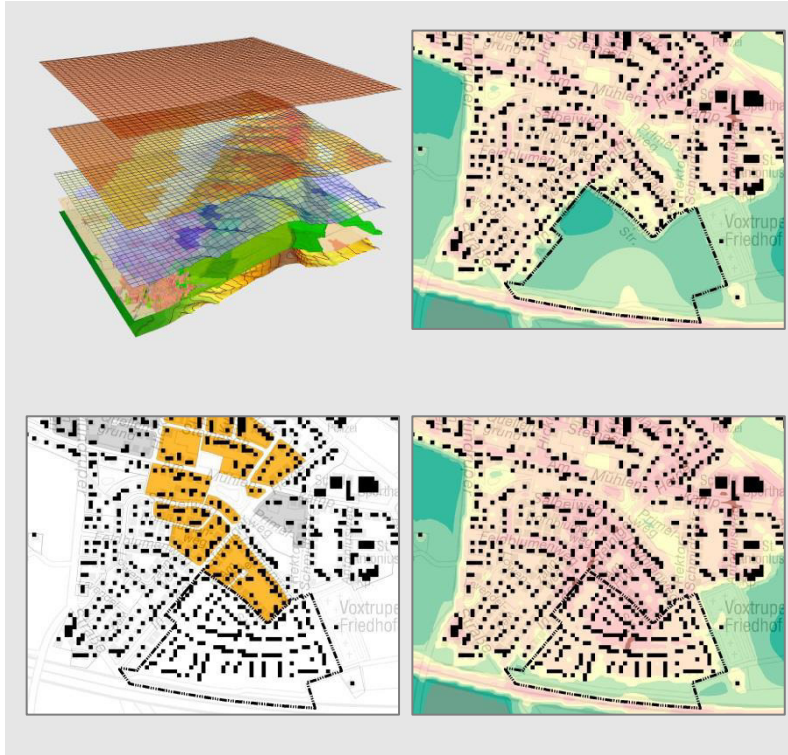


Steiniger Heide in Osnabrück

Prüfung von Bebauungsmöglichkeiten aus klimaökologischer Sicht



Auftraggeber:

Stadt Osnabrück

Fachbereich Umwelt und Klimaschutz

Umweltplanung

Telekomgebäude / Hannoversche Str. 6-8

49084 Osnabrück



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a

30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. G. Gross

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und

Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Auftrag: Steiniger Heide in Osnabrück:
Prüfung von Bebauungsmöglichkeiten aus klimaökologischer Sicht

Standort: Stadt Osnabrück
Bundesland: Niedersachsen
Deutschland

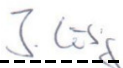
Auftraggeber: Stadt Osnabrück
Fachbereich Umwelt und Klimaschutz
Umweltplanung
Telekomgebäude / Hannoversche Str. 6-8
49084 Osnabrück

Projektnummer: 2_16_009

Berichtsnummer: Vertiefungsgebiet_Steiniger Heide_Rev02

Version: 3

Datum: 14. November 2017

Erstellt von: 

M.Sc. Geoökologie Janko Löb

Unter Mitarbeit von: 

Prof. Dr. Günter Groß

Geprüft von: 

Dipl.-Geogr. Peter Trute

 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. Eigentum und Nutzungsrecht liegt bei der Auftraggeberin.





Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	1
1. Aufgabenstellung.....	2
2. Methodik und Modelleingangsdaten.....	4
2.1 Datengrundlage und Modellrechnung	4
2.2 Synoptische Rahmenbedingungen.....	4
3. Ergebnisse	5
3.1 Lufttemperatur.....	5
3.2 Kaltluftströmungsfeld	9
3.3 Kaltluftvolumenstrom.....	14
4. Zwischenfazit.....	19
5. Klimaökologische Optimierung des Bebauungskonzepts	21
5.1 Planungshinweise	21
5.2 Modellrechnung eines klimaoptimierten Bebauungskonzeptes.....	22
5.3 Schlussfolgerungen in Bezug auf das klimaoptimierte Bebauungskonzept	24
Literaturverzeichnis	28

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung des Plangebiets in einem Ausschnitt der Klimaanalysekarte aus der gesamtstädtischen Klimaanalyse	3
Abb. 2: Ist-Zustand des nächtlichen Temperaturfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)	6
Abb. 3: Plan-Zustand des nächtlichen Temperaturfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)	7
Abb. 4: Differenz der nächtlichen Lufttemperatur zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets	8
Abb. 5: Prinzipskizze Flurwind.....	9
Abb. 6: Ist-Zustand des nächtlichen Strömungsfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr).....	11
Abb. 7: Plan-Zustand des nächtlichen Strömungsfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr).....	12
Abb. 8: Differenz der nächtlichen Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets.....	13
Abb. 9: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.....	14
Abb. 10: Ist-Zustand des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)	16
Abb. 11: Plan-Zustand des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)	17
Abb. 12: Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets	18
Abb. 13: Abnahme des Kaltluftvolumenstroms über Blockflächen außerhalb des Plangebiets	20
Abb. 14: Skizzenhafte Darstellung eines potentiellen klimaoptimierten Plan II-Zustandes (a) sowie dessen Ergebnisse in der Modellrechnung (b-d)	23
Abb. 15: Differenz der nächtlichen Lufttemperatur zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets.....	25
Abb. 16: Differenz der nächtl. Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets	26
Abb. 17: Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets	27



1. Aufgabenstellung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen werden nicht zuletzt von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld bestimmt. 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 feste Bestandteile der räumlichen Planung. Im Osnabrücker Stadtteil Voxtrup soll für eine bisherige Freifläche geprüft werden, in wieweit deren bauliche Entwicklung aus stadtklimatischer Sicht möglich ist.

Das ca. 11 ha große Plangebiet fällt vom höchsten Punkt im südlichen Bereich (ca. 103 m über Normalhöhennull) hin zu den nördlich sowie westlich angrenzenden Siedlungsflächen des Stadtteils Voxtrup ab (tiefster Punkt bei ca. 88 m ü. NHN). Im Osten wird es durch den Voxtruper Friedhof und im Süden durch die Autobahn 30 eingefasst, darüber hinaus schließen sich in beide Richtungen Frei- und Grünflächen an. Das Plangebiet wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt, am südlichen Rand findet sich eine Gehölzgruppe als Trennung zur Autobahn. Die gesamtstädtische Klimaanalyse der Stadt Osnabrück weist das Plangebiet als Kaltluftentstehungsgebiet aus, das in Kombination mit den umliegenden Frei- und Grünflächen als Leitbahnstruktur fungiert (Kaltluftabfluss; Abb. 1). Diese versorgen das angrenzende Siedlungsgebiet mit Kaltluft, sodass dort eine überwiegend günstige bioklimatische Situation vorherrscht (vgl. Stadt Osnabrück 2017).

Auf dem Plangebiet sind neben Erschließungsstraßen hauptsächlich zweigeschossige Einzel- bzw. Reihenhäuser vorgesehen, ergänzt durch eingeschossige Bebauung im nördlichen, an das bestehende Siedlungsgebiet angrenzenden, Bereich sowie Zeilenbebauung mit III Geschossen im Zentrum (teilweise als Staffelbauten; Abb. 1). Im südlichen Bereich des Plangebiets bleibt die Gehölzgruppe zur Autobahn hin bestehen, daran schließt bis zur geplanten Bebauung eine Freifläche mit einzelnen Gehölzen an, wobei noch kein endgültiger Grünplan für das Plangebiet besteht. Das vorgesehene Baukonzept wurde in Form von Geodaten von der Stadt Osnabrück zur Verfügung gestellt.

Das vorliegende Fachgutachten geht der Frage nach, ob und in welchem Maße durch die angedachte Bebauung eine Hinderniswirkung auf nächtliche Kaltluftströmungen vorliegt und möglicherweise der lokale Luftaustausch und damit die bioklimatische Situation im angrenzenden Siedlungsraum während windschwacher Sommernächte beeinflusst wird. Über den Vergleich von Ist- und Plan-Zustand lassen sich die räumlichen Auswirkungen der potentiellen Bebauung auf die nächtlichen Luftaustauschprozesse abschätzen. Weiterhin werden die Auswirkungen auf das nächtliche Temperaturfeld im Plangebiet selber sowie dessen Umfeld untersucht. Ziel soll sein, in den Nachtstunden eine ausreichende Kaltluftversorgung in den angrenzenden Quartieren aufrecht zu erhalten.

Im Auftrag der Stadt Osnabrück 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.

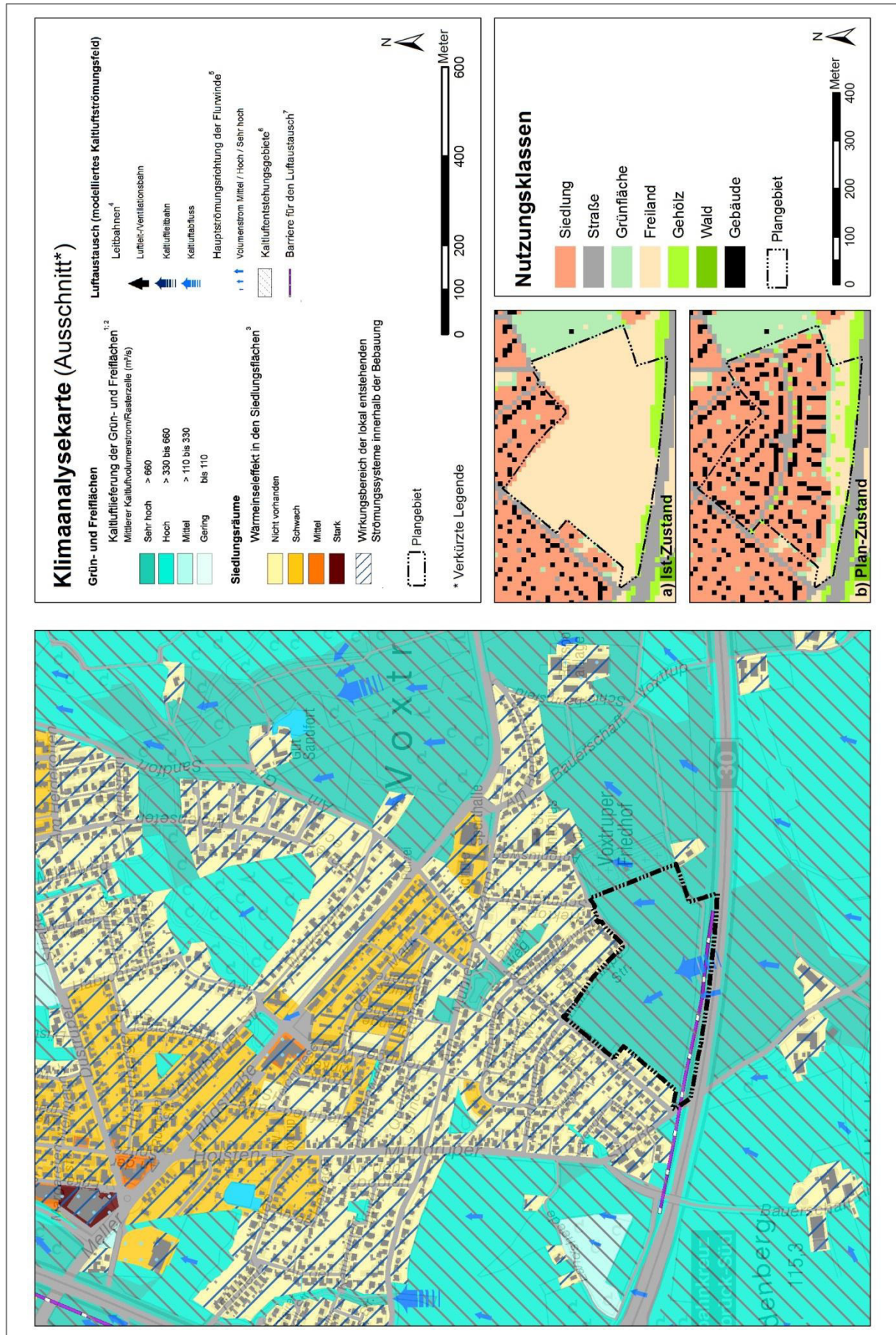


Abb. 1: Darstellung des Plangebiets in einem Ausschnitt der Klimaanalysekarte aus der gesamtstädtischen Klimaanalyse (links; Stadt Osnabrück 2017) sowie Übersicht über die Landnutzungsklassen im Ist- und dem Plan-Zustand (kleine Abbildungen)



2. Methodik und Modelleingangsdaten

2.1 DATENGRUNDLAGE UND MODELLRECHNUNG

Die Modellrechnungen wurden mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH 3D durchgeführt, wobei die Modellierung der meteorologischen Parameter mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m erfolgte. Um das Plangebiet herum wurde ein ca. 11,2 km² großes Untersuchungsgebiet aufgespannt (3400 m x 3300 m), damit das für das Plangebiet relevante Prozessgeschehen abgebildet wird.

Ein numerisches Modell wie FITNAH 3D benötigt zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung die Nutzungsstruktur und Geländehöhe als 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 im Juni 2016 von der Stadt Osnabrück übermittelt und repräsentieren den Aktualisierungsstand des Jahres 2011 (Geländehöhe) bzw. 2015 (Landnutzung; Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)). Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, die einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausüben. Dafür wurden von der Auftraggeberin die Gebäudegeometrien als 3D-Modell mit der jeweiligen Gebäudehöhe zur Verfügung gestellt (LOD1-Daten; Stand 2011). Auf dieser Grundlage 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.

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 04:00 Uhr morgens. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur, das bodennahe Kaltluftströmungsfeld (jeweils in 2 m über Grund) sowie den Kaltluftvolumenstrom.

2.2 SYNOPTISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Grundlage für die Klimasimulation stellte eine austauscharme Sommernacht dar (autochthone Wetterlage), während der sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen können. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen 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 und
- eine relative Feuchte der Luftmasse von 50 %.

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



3. Ergebnisse

3.1 LUFTTEMPERATUR

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 durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung (VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2; VDI 2008). Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas. Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 - 18 °C angegeben (UBA 2015), während Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten.

Die bodennahe Lufttemperatur weist unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen zum Zeitpunkt 04:00 Uhr morgens im Umfeld des Plangebiets einen Mittelwert von 15,4 °C auf und erreicht bei Werten zwischen < 13 °C über Freiflächen und > 19 °C im Siedlungsbereich eine Spannweite von 7 K¹ (Abb. 2). Über das gesamte Plangebiet fällt die mittlere Temperatur mit 15,0 °C etwas geringer aus, da auf der Freifläche eine intensive nächtliche Ausstrahlung mit entsprechender Abkühlung der darüber lagernden Luft erfolgen kann. Dies spiegelt sich insbesondere im nördlichen Bereich in Werten um 13,5 °C wider, während sich die Temperatur reliefbedingt mit steigender Geländehöhe in Richtung Süden auf ca. 16,5 °C erhöht. Die angrenzenden bestehenden Siedlungsflächen sind durch eine im Vergleich zum Stadtkern geringe nächtliche Überwärmung mit Werten vornehmlich zwischen 17 - 18 °C geprägt (vgl. Stadt Osnabrück 2017).

Mit Umsetzung der Bebauung erhöht sich die nächtliche Temperatur innerhalb des Plangebiets im Mittel um ca. 2 K auf 17,1 °C. Während über dem südlichen Bereich keine relevanten Temperaturänderungen zu verzeichnen sind, erreicht die um die neue Bebauung liegende Fläche ein ähnliches Temperaturniveau wie das bestehende Siedlungsgebiet (Abb. 3). Im Vergleich zum Ist-Zustand entspricht dies Zunahmen um ca. 2 - 4,5 K, die u.a. auf den höheren Versiegelungsgrad, die Oberflächenvergrößerung durch neue Gebäude und den geringeren Anteil an Vegetation bzw. natürlichen Oberflächen zurückzuführen ist (Abb. 4).

Aufgrund des durch die zusätzliche Bebauung modifizierten Strömungsfeldes, übt der Plan-Zustand auch über das Plangebiet hinaus im direkt nördlich angrenzenden Siedlungsgebiet Einfluss auf das Temperaturfeld aus. Die Effekte treten bis in etwa 150 m Entfernung auf, wobei sie mit zunehmender Distanz abnehmen (Temperaturzunahmen von 1 - 1,5 K bis in ca. 50 m Entfernung, darüber hinaus um 0,25 - 1 K).

¹ Temperaturdifferenzen werden in der SI-Einheit Kelvin (K) angegeben. Diese entsprechen den Differenzen in °C.



Abb. 2: Ist-Zustand des nächtlichen Temperaturfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)



Abb. 3: Plan-Zustand des nächtlichen Temperaturfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)



Abb. 4: Differenz der nächtlichen Lufttemperatur zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets

3.2 KALTLUFTSTRÖMUNGSFELD

ALLGEMEINES

Während autochthoner Wetterlagen können sich so genannte Flur- und Strukturwinde ausbilden, d.h. durch horizontale Luftdruckunterschiede bedingte Ausgleichsströmungen von hohem zu tiefem Luftdruck. Sie treten auf, wenn sich überbaute bzw. versiegelte (Siedlungs-)Gebiete stärker als umliegende Freiflächen erwärmen und dadurch ein thermisches Tief über den urbanen Gebieten entsteht (Abb. 5; Kiese et al. 1992). Für die Ausprägung dieser Strömungen ist es wichtig, dass die Luft über eine gewisse Strecke beschleunigt werden kann und nicht durch vorhandene Hindernisse wie Gebäude oder auch Baumgruppen abgebremst wird. Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft bestimmt und durch ein vorhandenes Gefälle des Geländes $> 1^\circ$ verstärkt. An geneigten Flächen setzt sich außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung zur tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung, sodass z.B. an Hängen nächtliche Kaltluftabflüsse entstehen können (vgl. Mosimann et al. 1999).

Flur- und Strukturwinde sind eng begrenzte, oftmals nur gering ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können (d.h. die großräumige Windströmung in der Höhe). 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 können, je nach lokalen Bedingungen, im Laufe der Nacht von horizontal und vertikal mächtigeren Flur- und Hangwinden (mehrere Dekameter Mächtigkeit) überdeckt werden.

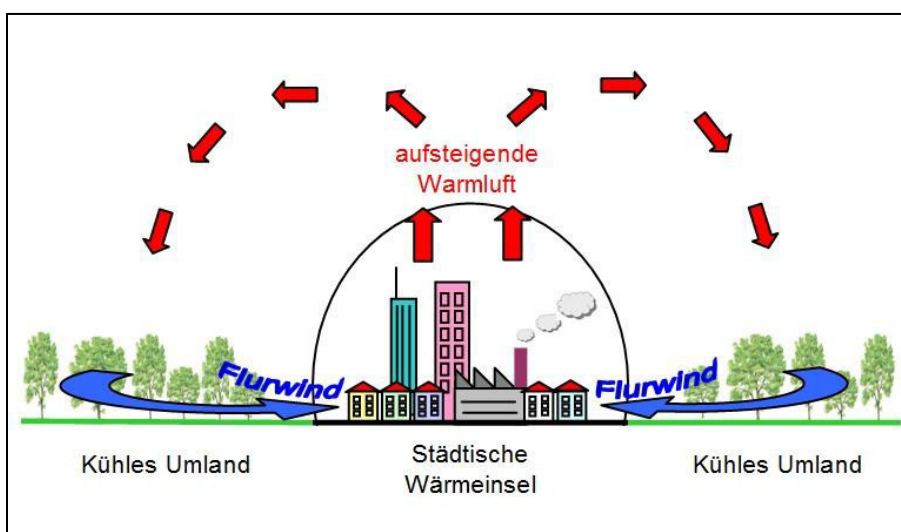


Abb. 5: Prinzipskizze Flurwind



ERGEBNISSE

Die Ergebniskarten stellen das zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit werden über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet. Die unterlegten Rasterzellen spiegeln zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung wider. 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 $0,1 \text{ m s}^{-1}$ und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potentielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

Im Ist-Zustand wird das Plangebiet relativ homogen mit Geschwindigkeiten zwischen $0,5 - 1,0 \text{ m s}^{-1}$ durchströmt (Abb. 6). Das bestehende Siedlungsgebiet ist überwiegend durch Kaltluftströmungen kleiner $0,3 \text{ m s}^{-1}$ geprägt, wobei an den Rändern die über den südlich sowie östliche gelegenen Freiflächen gebildete Kaltluft mit Geschwindigkeiten $> 0,5 \text{ m s}^{-1}$ einströmt. Im Umfeld des Plangebiets sind zwei Bereiche hervorzuheben, in denen die Kaltluftströmung höhere Geschwindigkeiten $> 1,0 \text{ m s}^{-1}$ aufweist und über mehrere hundert Meter in den Bestand hineinreicht. Neben der westlich des Plangebiets gelegenen Achse über die *Holsten-Mündruper-Straße*, betrifft dies vor allem den Grünstreifen, der vom Voxtruper Friedhof aus über den Bereich *Primelweg* bis zur Straße *Am Mühlenkamp* reicht und dabei auch von der Strömung über dem östlichen Teil des Plangebiets gespeist wird.

Diese beiden Achsen bleiben nach der Bebauung des Plangebiets in ihrer Funktion für das Siedlungsgebiet weitestgehend bestehen, da in deren Umfeld weiterhin ausreichend Grün- und Freiflächen vorhanden sind (Abb. 7). Innerhalb des Plangebiets selbst ist dagegen ein deutlich modifiziertes Windfeld mit Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeit um bis zu $0,8 \text{ m s}^{-1}$ zu verzeichnen (Abb. 8). Diese Störung des Strömungsfelds setzt sich bis in das direkt nördlich angrenzende Siedlungsgebiet fort, in dem im Plan-Zustand vorwiegend nur noch geringe Geschwindigkeiten bis $0,3 \text{ m s}^{-1}$ und bis in ca. 150 m Entfernung zum Plangebiet Abnahmen zwischen $0,3 - 0,8 \text{ m s}^{-1}$ auftreten. Durch gebäudebedingte Umlenkungs- und Kanalisierungserscheinungen kann es kleinräumig auch zu einem Anstieg der Strömungsgeschwindigkeiten kommen.

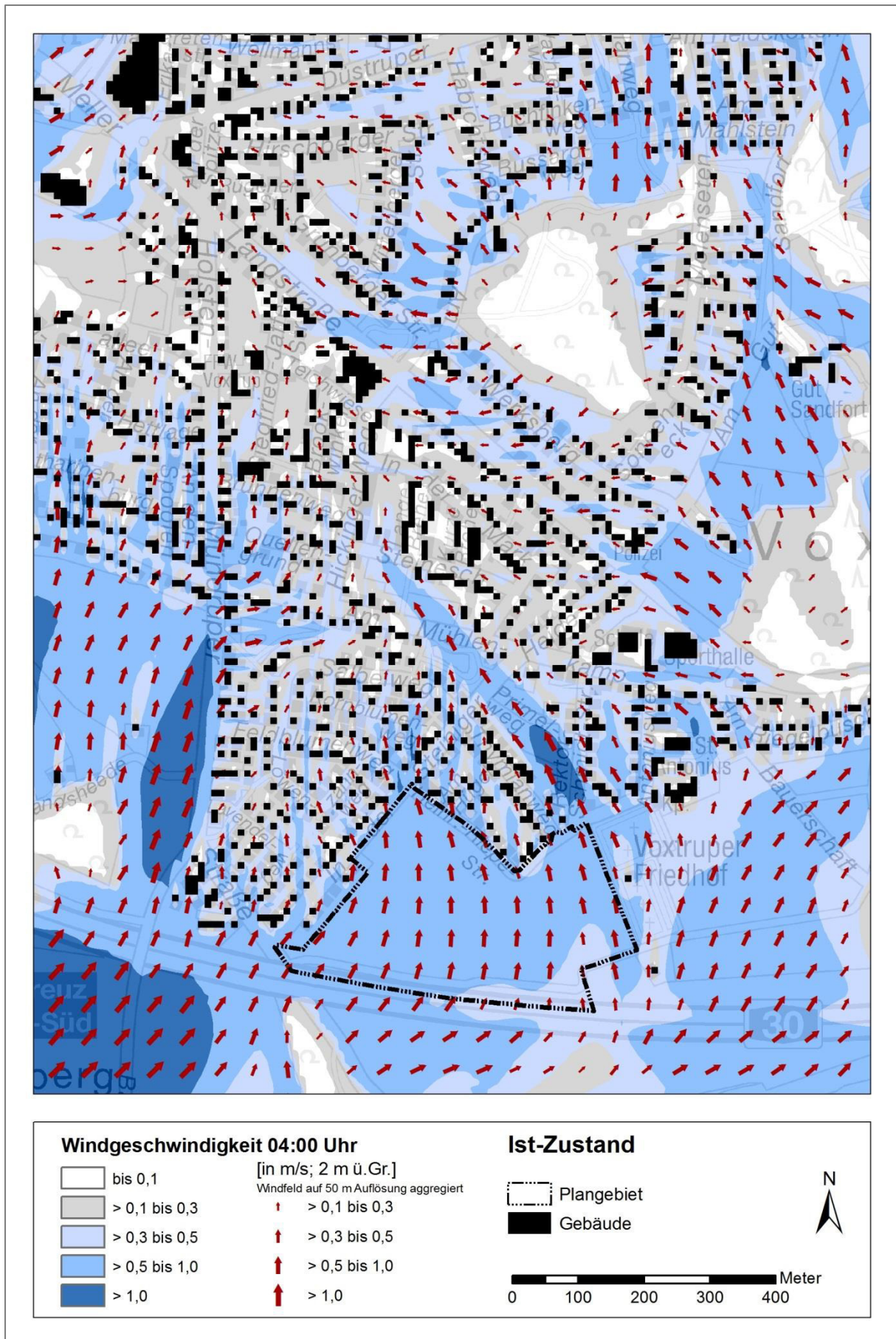


Abb. 6: Ist-Zustand des nächtlichen Strömungsfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)

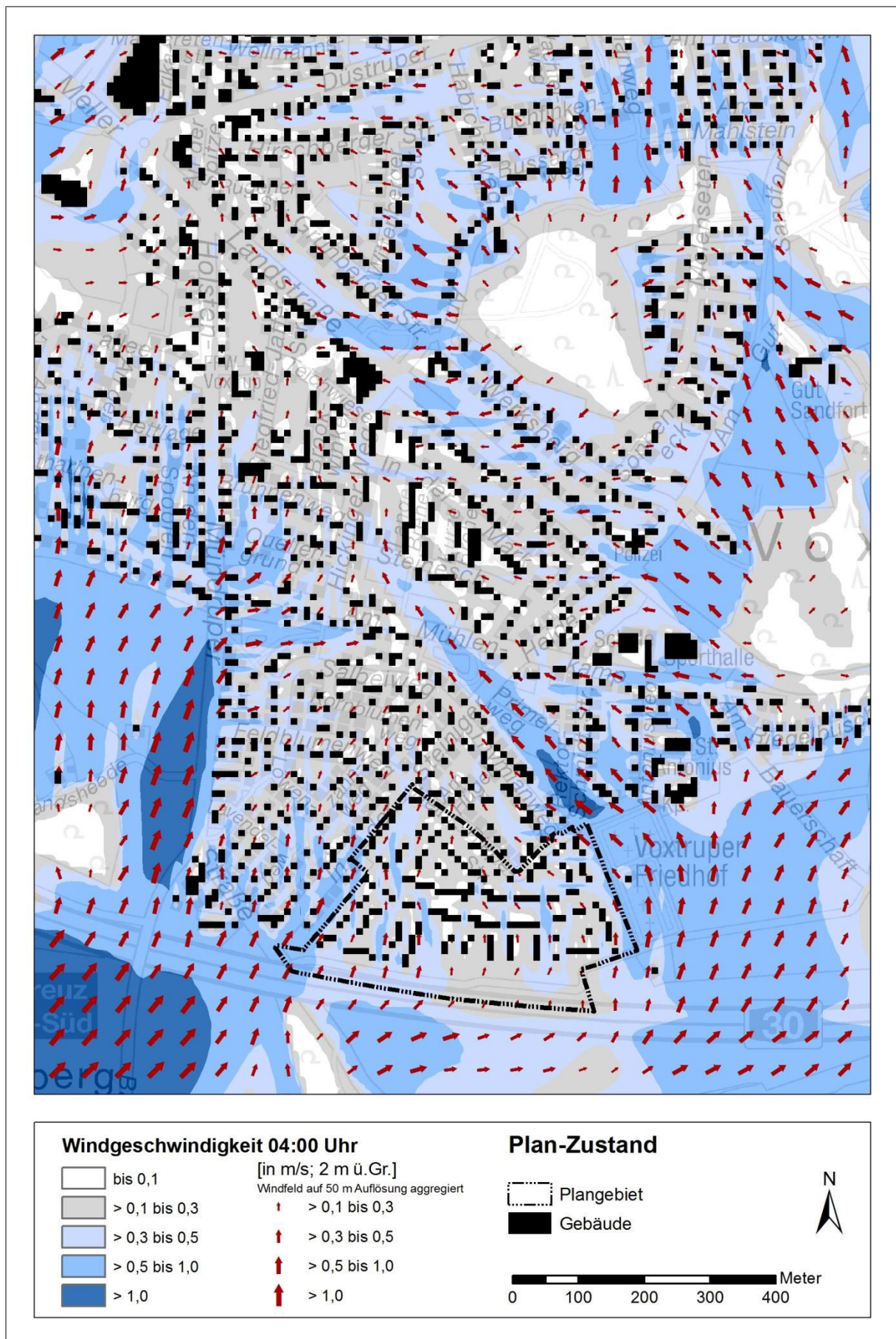


Abb. 7: Plan-Zustand des nächtlichen Strömungsfeldes im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)



Abb. 8: Differenz der nächtlichen Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets

3.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM

ALLGEMEINES

Wie bereits im Vorkapitel zum autochthonen Windfeld 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 mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), ist zur Bewertung der Grünflächen ein weiterer Klimaparameter herangezogen worden: der Kaltluftvolumenstrom.

Vereinfacht ausgedrückt stellt der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite) dar. Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit 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 (hier 10 m), ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstrom-Dichte aufzufassen. Diesen Wert kann über ein 10 m breites, quer zur Luftströmung hängendes Netz veranschaulicht werden, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht (Abb. 9). Wird nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft bestimmt, ergibt sich die rasterbasierte Volumenstromdichte.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Der jeweilige Beitrag beschleunigender und bremsender Faktoren zur Dynamik der Strömung wird unter anderem stark von der bisherigen zeitlichen Entwicklung des Abflusses beeinflusst. So können sich beispielsweise die Kaltluftströmungen über einer Fläche im Laufe der Nacht dadurch ändern, dass die Fläche zunächst in einem Kaltluftabflussgebiet und später in einem Kaltluftsammelgebiet liegt. Letzteres kann als Hindernis auf nachfolgende Luftmassen wirken und von diesen über- oder umströmt werden. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab – wobei die Kaltluft selber auf alle diese Parameter modifizierend einwirken kann.

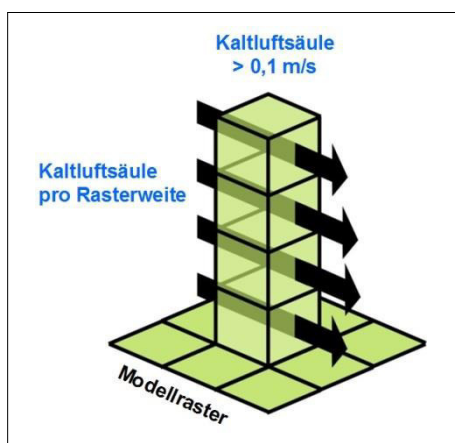


Abb. 9: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

Tabelle 1: Einordnung des Kaltluftvolumenstroms der rasterbasierten Modellergebnisse.

Kaltluftvolumenstrom um 04:00 Uhr in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Qualitative Einordnung
> 705	4 = Sehr hoch
> 335 bis 705	3 = Hoch
> 90 bis 335	2 = Mittel
≤ 90	1 = Gering

ERGEBNISSE

Der Kaltluftvolumenstrom ist damit ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials. Die Klassifizierung orientiert sich an den Werten der gesamtstädtischen Klimaanalyse (Stadt Osnabrück 2017). Um die Werte vergleichen zu können, wurde die Ergebnisse des Kaltluftvolumenstroms dieser Untersuchung (10 m-Raster) auf die horizontale Auflösung der gesamtstädtische Analyse umgerechnet (25 m-Raster)². Als Schwellenwert für einen klimaökologisch wirksamen Kaltluftvolumenstrom wird ein Wert von mehr als $90 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ angenommen (*Mittlerer Kaltluftvolumenstrom*; Tabelle 1).

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsareal entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Das gesamte Plangebiet weist im Ist-Zustand einen *Hohen Kaltluftvolumenstrom* auf³ (Abb. 10). Über dem bestehenden Siedlungsgebiet herrscht nahezu flächendeckend ein *Mittlerer* bis *Hoher* und damit klimaökologischer Kaltluftvolumenstrom vor – entsprechend sind die Flächen in der Klimaanalysekarte als Kaltluftwirkbereich gekennzeichnet (vgl. Abb. 1).

Durch Umsetzung der Bebauung nimmt der Kaltluftvolumenstrom sowohl über dem Plangebiet als auch über große Bereiche des bestehenden Siedlungsgebiets teilweise beträchtlich ab, erreicht jedoch im Bestand weiterhin nahezu flächendeckend ein *Mittleres* Niveau und damit klimaökologische Wirksamkeit (Abb. 11). Von ihrer Funktion her bleibt die auch in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom wichtige Achse nördlich des Voxtruper Friedhofs bestehen, allerdings verliert sie an Intensität und reicht nicht mehr so weit in das Siedlungsgebiet hinein. Die höchsten Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms sind (abgesehen vom Plangebiet selbst) im direkt nördlich angrenzenden Bestand mit einer Reduktion um > 30 bis teilweise > 50 % bis in ca. 400 m bzw. um > 10 % bis in ca. 600 m Distanz vorzufinden (Abb. 12). Auch beim Kaltluftvolumenstrom treten kleinräumige Zunahmen durch Umlenkungs- und Kanalisierungserscheinungen auf.

² Dabei gilt: $\text{VOL}_{25\text{m}} = \text{VOL}_{10\text{m}} \times 2,5$, da die Menge an Kaltluft betrachtet wird, die über die Kantenlänge der Rasterzelle strömt ($25 \text{ m} : 10 \text{ m} = 2,5$).

³ In der gesamtstädtischen Klimaanalyse wird dem Plangebiet dagegen ein *Sehr hoher Kaltluftvolumenstrom* zugewiesen, was in der unterschiedlichen räumlichen Auflösung der Untersuchungen begründet liegt, wodurch sich Abweichung sowohl in Bezug auf die absoluten Zahlen des Kaltluftvolumenstroms als auch dessen Muster ergeben. So tritt z.B. die Hinderniswirkung der Gehölzgruppe am südlichen Rand des Plangebiets aufgrund der höheren räumlichen Auflösung deutlicher hervor, ebenso wie reliefbedingte Unterschiede innerhalb des Plangebiets.

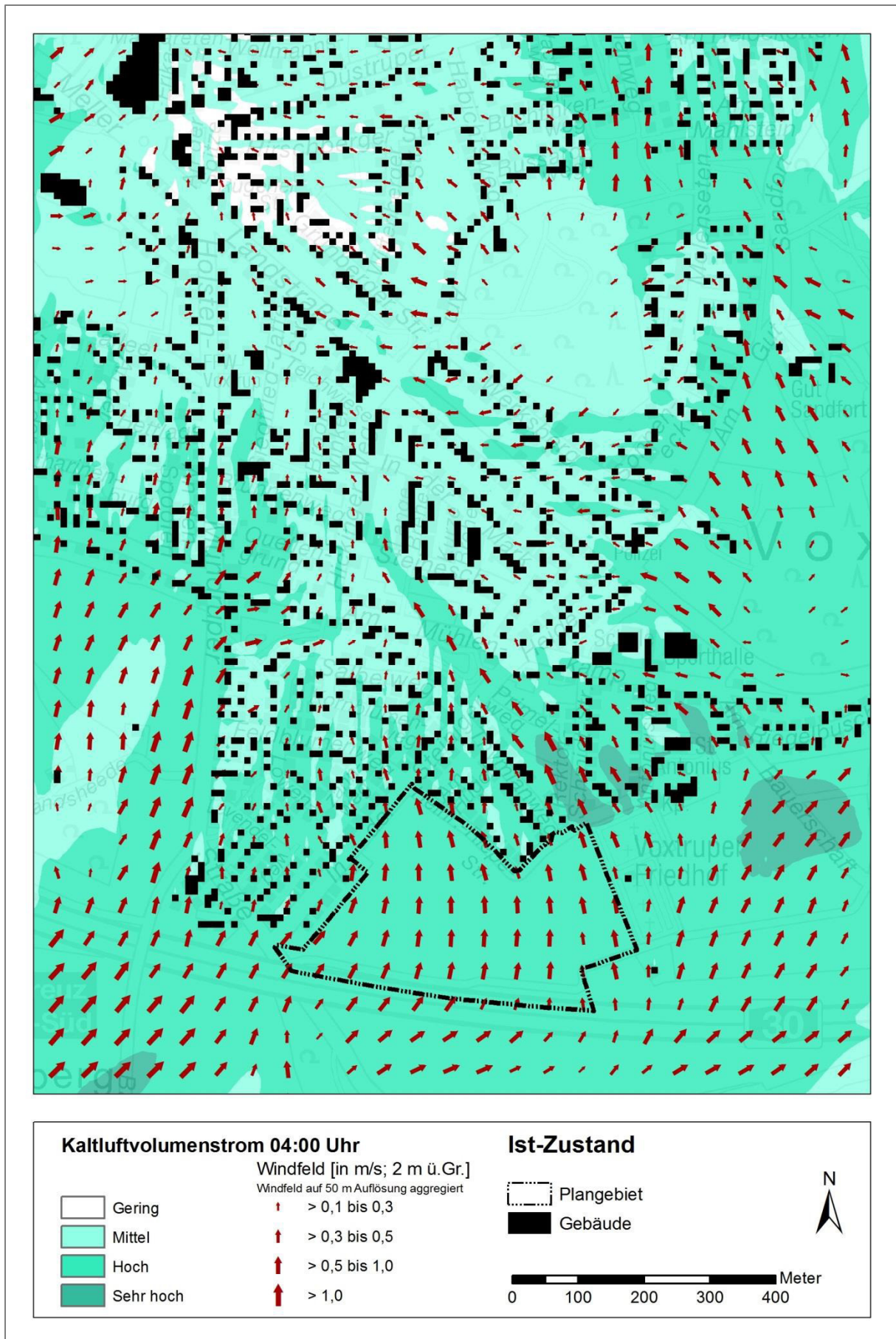


Abb. 10: Ist-Zustand des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)

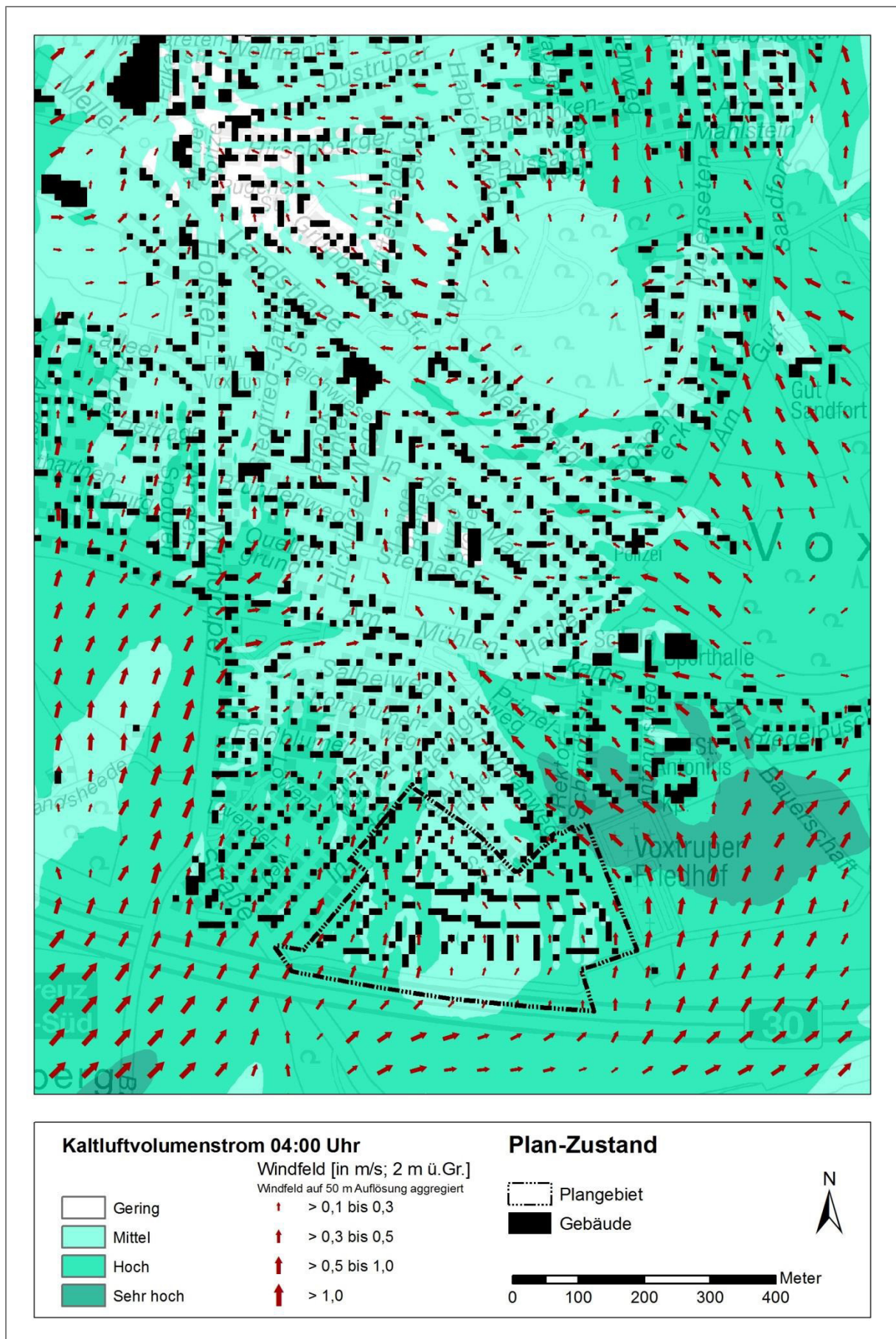


Abb. 11: Plan-Zustand des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Umfeld des Plangebiets (04:00 Uhr)

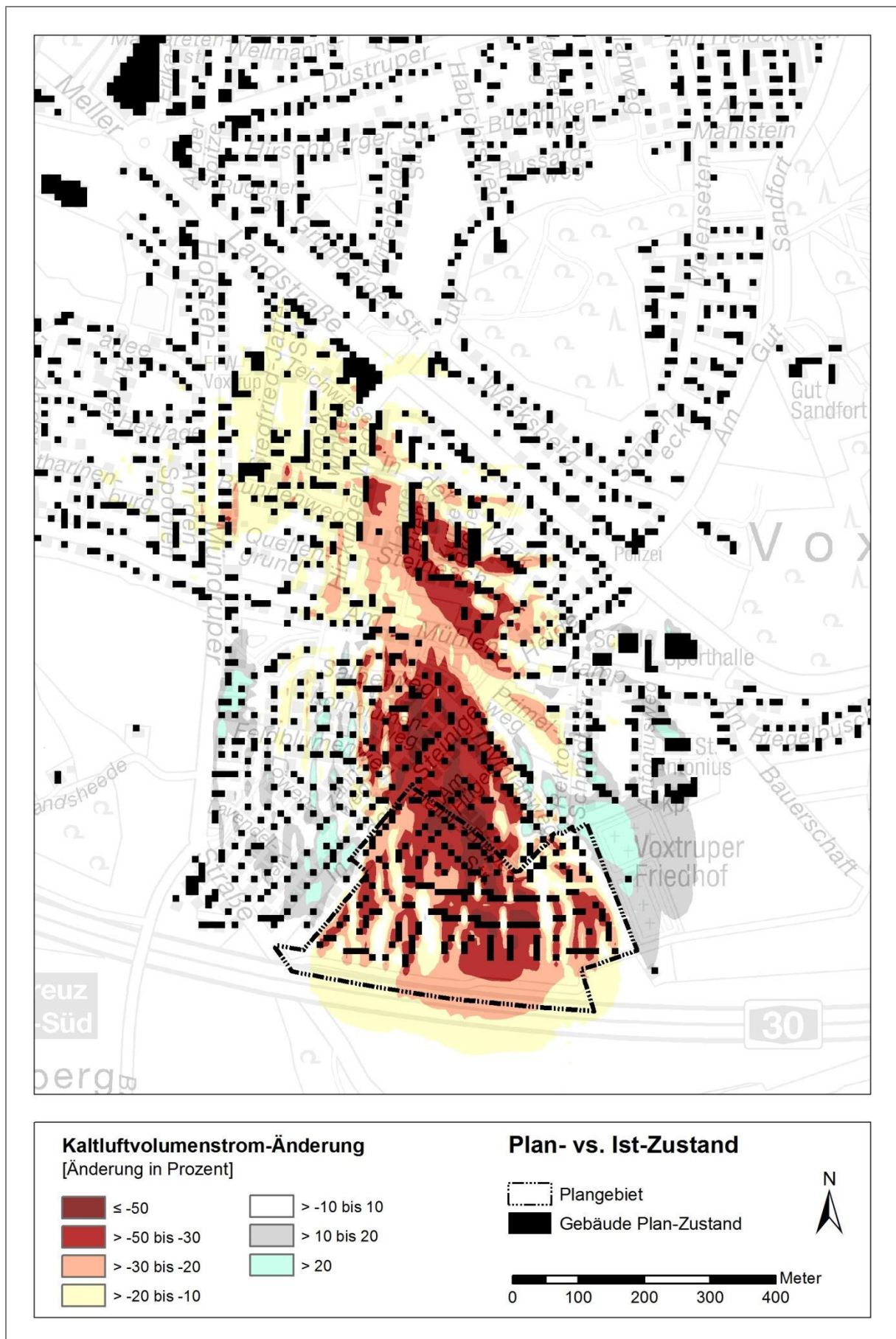


Abb. 12: Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Plan-Zustand im Umfeld des Plangebiets



4. Zwischenfazit

Die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel, die Auswirkungen einer angedachten Bebauung auf den nächtlichen Kaltlufthaushalt zu bewerten, um daraus abgeleitet die stadtklimatischen Konsequenzen für den angrenzenden Siedlungsraum zu beurteilen. Bei dem Plangebiet handelt es sich um eine Freifläche am Rand des Osnabrücker Stadtteils Voxtrup, die ein Kaltluftentstehungsgebiet darstellt und in Kombination mit den umliegenden Frei- und Grünflächen das angrenzende Siedlungsgebiet mit Kaltluft versorgt.

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. In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 % als *hohe vorhabenbedingte Auswirkung* ausweist. Eine Verringerung um 5 - 10 % wird als *mäßige*, unterhalb von 5 % als *geringfügige Auswirkung* angesehen. Zur abschließenden Bewertung der Auswirkungen einer Planung sollte neben der Änderung im Kaltluftprozessgeschehen berücksichtigt werden, wie sich die planungsrelevanten Parameter in ihrer Gesamtheit verändern (thermische Belastung, ggf. Luftqualität, etc.; VDI 2003). Für die klimaökologischen Auswirkungen des Plangebiets lassen sich auf Grundlage der im Modell simulierten Klimaparameter folgende Ergebnisse zusammenfassen.

Im Plangebiet selbst ist durch Umsetzung der Bebauung mit höheren nächtlichen Temperaturen und einer Hinderniswirkung auf das Kaltluftströmungsfeld zu rechnen. Diese Effekte sind auch bis in ca. 150 m Entfernung zum Plangebiet im nördlich angrenzenden bestehenden Siedlungsgebiet vorzufinden, wenn auch in geringerer und mit zunehmender Distanz abnehmender Intensität. Die deutlichsten räumlichen Auswirkungen ergeben sich in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom, für den bis in ca. 400 m Entfernung zum Plangebiet Abnahmen bis über 30 % zu verzeichnen sind.

Werden die rasterbasierten Ergebnisse auf Blockflächen übertragen, kann die mittlere Abnahme des Kaltluftvolumenstroms pro Blockfläche gezeigt werden (Abb. 13). Dabei zeigt sich, dass große Teile des Stadtteils Voxtrup von einer Reduktion des Kaltluftvolumenstroms um den in der VDI-Richtlinie genannten Wert 5 % betroffen sind, darunter viele Bereiche, in denen die Reduktion größer 10 % beträgt. Diese Flächen gelten als potentiell durch eine *mäßige* bzw. *hohe vorhabenbedingte Auswirkung* betroffen, wobei anhand der Ergebnisse der gesamtstädtischen Klimaanalyse keine bioklimatisch vorbelastete Situation vorliegt und die Flächen auch nach Umsetzung der Bebauung zwar einen geringeren, aber weiterhin klimaökologisch wirksamen Kaltluftvolumenstrom aufweisen, da sie von anderen Frei- bzw. Grünflächen mit Kaltluft versorgt werden.

Entsprechend ist eine Bebauung des Plangebiets aus klimaökologischer Sicht möglich, doch sollte zum einen bei weiteren Bauvorhaben im Umfeld des Plangebiets eine sorgsame Überprüfung über deren Auswirkungen erfolgen, da die nach Umsetzung der Bebauung verbleibenden Frei- bzw. Grünflächen eine noch wichtigere Ausgleichsfunktion für den Siedlungsraum einnehmen. Zum anderen bietet das vorgesehene Baukonzept Möglichkeiten zur klimaökologischen Optimierung, um die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

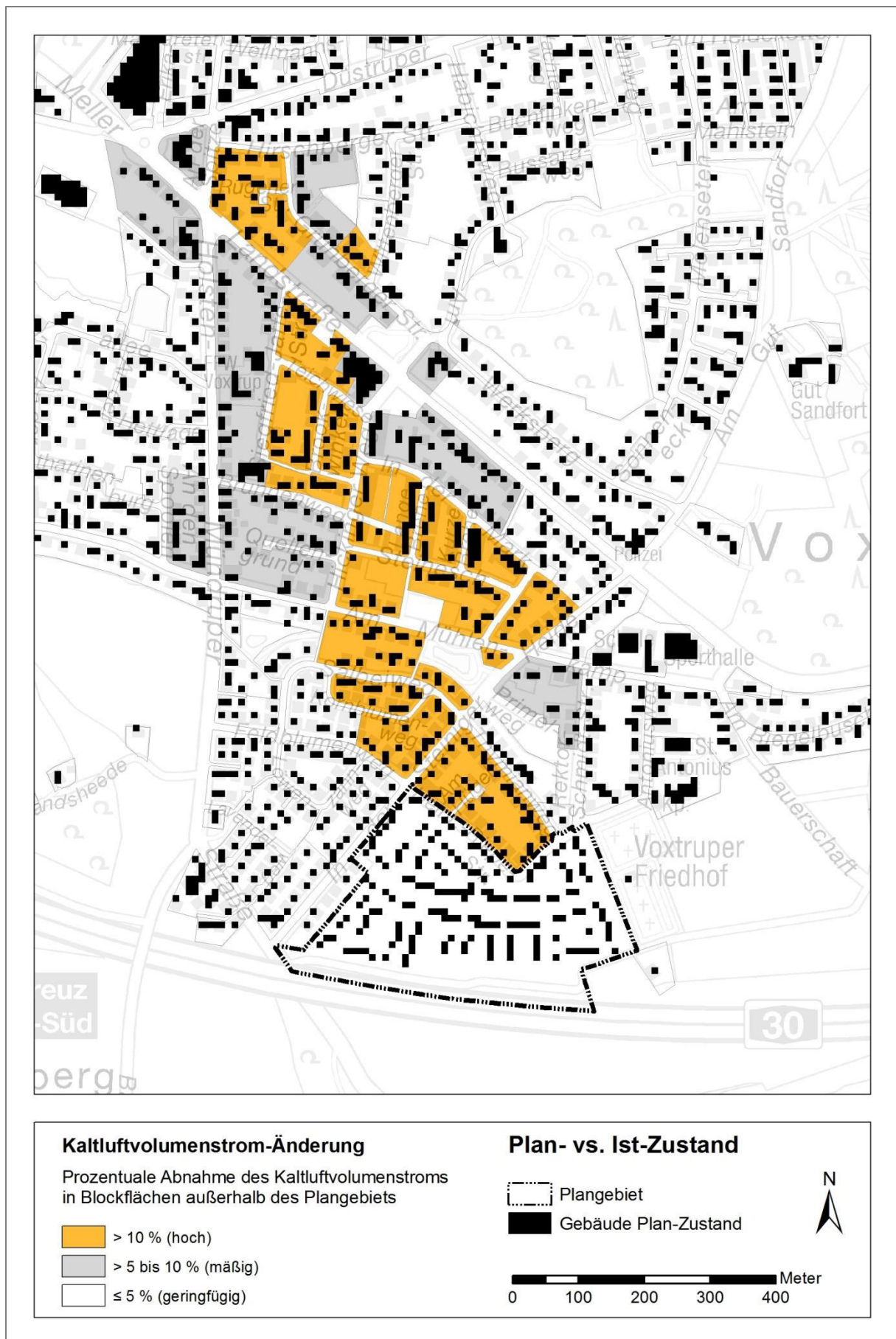


Abb. 13: Abnahme des Kaltluftvolumenstroms über Blockflächen außerhalb des Plangebiets



5. Klimaökologische Optimierung des Bebauungskonzepts

5.1 PLANUNGSHINWEISE

Einige Aspekte einer klimaangepassten Bebauung werden im Bebauungskonzept für das Plangebiet bereits berücksichtigt. Beispielsweise soll die Haupteinfahrtsstraße mit Straßenbegleitgrün versehen werden, sodass das Gehen bzw. Radfahren im Schatten ermöglicht wird. Im südlichen Bereich des Plangebiets bleibt eine Freifläche erhalten, auf der schattenspendende Bäume bzw. Baumgruppen geplant sind, die die Aufenthaltsqualität im Freien erhöhen. Die Ausgestaltung des endgültigen Grünplans für diese Fläche sollte möglichst vielfältige Mikroklimata bereitstellen, wobei der erweiterte „Savannentyp“ als Leitbild dienen kann (Kuttler 2013). Dieser besteht zu einem großen Anteil aus wasserversorgten Rasenflächen und kleinen Baumgruppen, die mit verschatteten Wegen sowie Sitzgelegenheiten und – soweit dies auf der begrenzten Fläche umsetzbar ist – mit weiteren Strukturmerkmalen (Beete, Rabatten, Blumenwiesen, Sukzessionsflächen) und/oder offenen multifunktionalen Wasserflächen (z.B. Wasserspielplatz, Retentionsraum für Starkregenereignisse) angereichert sind. Ziel sollte sein, möglichst vielgestaltige „Klimaoasen“ zu schaffen, die ein abwechslungsreiches Angebot für die unterschiedlichen Nutzungsansprüche der Menschen bieten (z.B. windoffene und windgeschützte Bereiche, offene „Sonnenwiesen“, beschattete Bereiche). Durch eine heterogene Anordnung wird sichergestellt, dass sowohl die nächtliche Abkühlung der Luft als auch der Aufenthalt am Tage für alle Zielgruppen optimiert ist.

Der Plan-Zustand sieht eine überwiegend aufgelockerte Bebauung vor, die mit Grün versehene Abstandsflächen aufweist und größtenteils parallel zur vorherrschenden Strömungsrichtung aus Süden ausgerichtet ist. Dem steht allerdings die im Zentrum des Plangebiets angedachte Zeilenbebauung entgegen, deren Ausrichtung quer zur Strömungsrichtung erfolgt. Eine optimierte Baukörperstellung würde deren Hinderniswirkung verringern und möglicherweise die Auswirkungen auf das nördlich angrenzende Siedlungsgebiet mindern.

Des Weiteren gelten folgende allgemeine Hinweise zur Verringerung der Wärmebelastung in den Siedlungsflächen:

Verringerung der Wärmebelastung im Siedlungsraum

Während am Tage die direkte, kurzweilige Strahlung der Sonne wirksam ist, geben nachts Bauwerke und versiegelte Oberflächen die tagsüber gespeicherte Energie als langweilige Wärmestrahlung wieder ab. Durch die Verringerung des Wärmeinputs am Tage wird weniger Strahlungsenergie in der Baumasse gespeichert und damit in der Nacht auch weniger Wärme an die Luft abgegeben. Um dem im Plangebiet entgegen zu wirken, wird eine gute Grünausstattung empfohlen sowie die Verwendung von hellen Baumaterialien zur Reflexion des Sonnenlichtes (Albedo), sodass ebenerdig versiegelte Flächen oder auch Fassaden stärker zurückstrahlen. Dadurch bleiben sie kühler und nehmen damit insgesamt weniger Wärmeenergie auf.

Bedeutung von Dach- und Fassadenbegrünung

Als weitere effektive Maßnahme, die Erwärmung der Gebäude am Tage abzuschwächen, wird eine Dach- und Fassadenbegrünung empfohlen. 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. Die Möglichkeiten bei der Realisierung einer Fassadenbegrünung werden allerdings entscheidend von der baulichen Ausgangssituation mitbestimmt.



Bei einer Dachbegrünung wirkt die Vegetation zusammen mit dem Substrat isolierend und verringert damit das Aufheizen darunter liegenden Wohnraums. 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 mit Dachbegrünung können zu einem im bodennahen Bereich positiven Abkühleffekt beitragen (Gebäudehöhe bis ca. 5 m). Gründächer auf IV bis V geschossigen Gebäuden zeigen keinen nennenswerten positiven Temperatureffekt für den Aufenthaltsbereich des Menschen. Voraussetzung für die Kühlwirkung ist 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. Die Wirkung einer Dachbegrünung wird daher auch über die Dicke des Substrats beeinflusst.

5.2 MODELLRECHNUNG EINES KLIMAOPTIMIERTEN BEBAUUNGSKONZEPTES

Soweit möglich wurden die genannten Planungshinweise zur klimaoptimierten Gestaltung des Bebauungskonzeptes in einem exemplarischen Plan II-Zustand realisiert (Abb. 14a). Im Vergleich zum ursprünglichen Plan-Zustand wurde insb. die Zeilenbebauung im Zentrum des Plangebiets in Richtung der vorherrschenden Strömung angeordnet, um deren Hinderniswirkung zu reduzieren (vgl. Abb. 1b). Weiterhin wurden einzelne Gebäude zugunsten von Frei-/Grünflächen entfernt, damit Strömungskorridore durch die geplante Bebauung entstehen. Um den Verlust von Wohnraum auszugleichen, wurden die zweigeschossigen Zeilenbauten um ein Stockwerk erhöht. Inwiefern dadurch ein vergleichbares Angebot an Wohnraum erreicht wird, kann nicht beurteilt werden, da kein städtebauliches Konzept vorlag und es sich somit um den Entwurf eines klimaoptimierten Bebauungskonzeptes ohne konkrete städtebauliche Absichten handelt.

MODELLERGEBNISSE

Abb. 14 (b-d) veranschaulicht die Modellergebnisse des nächtlichen Temperatur- und Strömungsfeldes sowie des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Plangebiets bei Umsetzung des Plan II-Zustandes. Die darin zu erkennende Tendenz, dass die negativen Auswirkungen der Bebauung im Plangebiet geringer ausfallen als im anfänglichen Plan-Zustand und das Gebiet besser durchlüftet wird, vermag noch besser über Differenzkarten abgebildet werden.

Im Vergleich zum unbebauten Ist-Zustand stellt auch der Plan II-Zustand einen bedeutenden Eingriff dar, der eine Erhöhung der Lufttemperatur um ca. 2 - 4,5 K bewirkt (Abb. 15). Gegenüber dem ursprünglichen Plan-Zustand gehen allerdings die Flächen mit sehr hohen Zunahmen zurück, sodass die Erhöhung im Plangebiet insgesamt moderater ausfällt (vgl. Abb. 4).

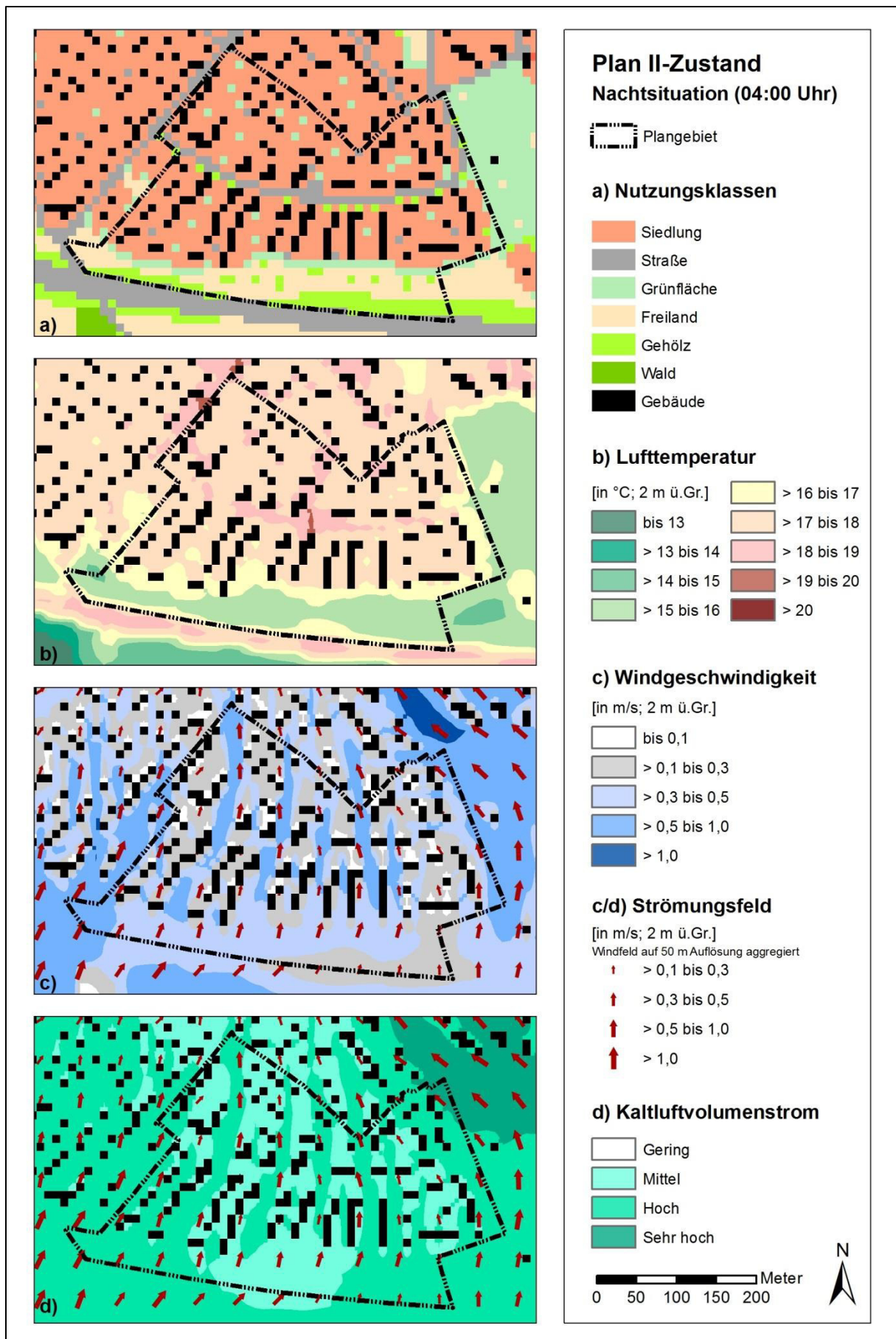


Abb. 14: Skizzenhafte Darstellung eines potentiellen klimaoptimierten Plan II-Zustandes (a) sowie dessen Ergebnisse der Modellrechnung (b-d)



In Bezug auf das Windfeld wird deutlich, dass die klimaoptimierte Bebauung zusätzliche Durchlüftungskorridore schafft, sodass im Plangebiet die Strömung weniger stark eingeschränkt ist (Abb. 16 bzw. Abb. 8). Innerhalb der Durchlüftungskorridore sind entsprechend deutlich geringere Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms als im ursprünglichen Plan-Zustand festzustellen – innerhalb der Bereiche geplanter Bebauung erreichen die Abnahmen dagegen ein ähnliches Niveau (Abb. 17 bzw. Abb. 12).

Neben den Änderungen innerhalb des Plangebiets sind die Auswirkungen auf die bestehende Bebauung in dessen Umfeld von Interesse. Für alle drei Parameter – Lufttemperatur, Strömungsfeld, Kaltluftvolumenstrom – gilt, dass die negativen Auswirkungen auf die bestehende Bebauung im Plan II-Zustand geringer ausfallen als im ursprünglichen Plan-Zustand. Gleichwohl sind die Unterschiede in ihrer Intensität und räumlichen Ausprägung begrenzt und in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom ähnlich große Bereiche mit potentiell *hohen vorhabenbedingen Auswirkungen* auszumachen.

5.3 SCHLUSSEFOLGERUNGEN IN BEZUG AUF DAS KLIMAOPTIMIERTE BEBAUUNGSKONZEPT

Auch ein klimaoptimiertes Bebauungskonzept kann die negativen Auswirkungen auf den Bestand nicht verhindern, da ein baulicher Eingriff dieser Größenordnung im Vergleich zu der unversiegelten Freifläche im Ist-Zustand unweigerlich Einfluss auf das Mikroklima in dessen Umfeld nimmt. Sollen die gegenwärtigen Bedingungen erhalten bleiben, müsste daher von einer Bebauung abgesehen bzw. könnte alternativ eine Variante mit deutlich reduzierter Bebauungsdichte (und entsprechend Wohnraum) geprüft werden.

Trotz des geplanten Eingriffs und der damit verbundenen Reduktion des Kaltluftvolumenstroms bleibt im Umfeld des Plangebiets ein klimaökologisch wirksamer Kaltluftvolumenstrom bestehen, sodass die Umsetzung des Plan-Zustandes aus klimaökologischer Sicht möglich ist (vgl. Kap. 4). **Durch ein klimaoptimiertes Bebauungskonzept lassen sich jedoch die negativen Auswirkungen innerhalb des Plangebiets reduzieren, sodass die städtebauliche Erarbeitung eines solchen Konzepts und dessen Umsetzung empfohlen wird.** Abschließend sei erneut betont, dass bei weiteren Bauvorhaben im Umfeld des Plangebiets eine sorgsame Überprüfung über deren Auswirkungen erfolgen sollte, da die nach Umsetzung der Bebauung verbleibenden Frei- bzw. Grünflächen eine noch wichtigere Ausgleichsfunktion für den Siedlungsraum einnehmen.



Abb. 15: Differenz der nächtlichen Lufttemperatur zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets



Abb. 16: Differenz der nächtlichen Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets



Abb. 17: Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Plan II-Zustand im Umfeld des Plangebiets



Literaturverzeichnis

- Kiese, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. *Landschaft + Stadt* 20, H. 2: 67-71
- 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, S. 202-275.
- Stadt Osnabrück (2017): Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels der Stadt Osnabrück – Teil A: Stadtklimaanalyse 2017.
- UBA (2015) - Umweltbundesamt: Heizen, Raumtemperatur. Abruf 07.04.2017. www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur
- VDI (2003): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5. *Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft*.
- VDI (2008): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. *Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima*.