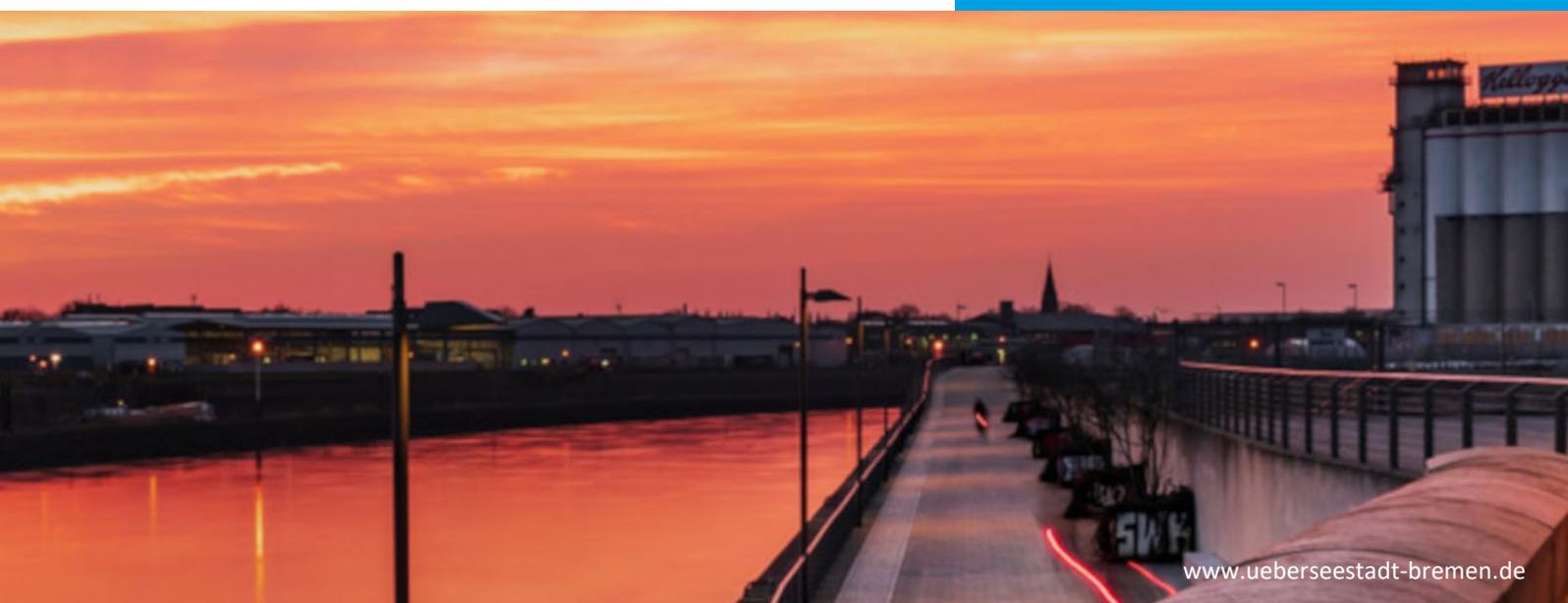


Klimaanalyse Überseestadt Bremen



www.ueberseestadt-bremen.de

Erstellt von:

GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover



Auftraggeber:

Freie Hansestadt Bremen

Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität,
Stadtentwicklung und Wohnungsbau



September 2021

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
GLOSSAR	IV
1. EINFÜHRUNG	1
2. FACHLICHE GRUNDLAGEN	2
2.1 Der Wärmeinseleffekt	2
2.2 Klima in Bremen	3
3. METHODIK DER MODELLGESTÜTZTEN STADTKLIMAANALYSE	6
3.1 Untersuchungsgebiet.....	6
3.2 Betrachtete Wetterlage	6
3.3 Das Modell FITNAH 3D.....	7
3.4 Modelleingangsdaten	9
4. MODELLERGEBNISSE	11
4.1 Nächtliches Temperaturfeld	11
Ergebnisse.....	11
4.2 Kaltluftströmungsfeld	14
Ergebnisse.....	14
4.3 Thermische Belastung am Tage	17
Ergebnisse.....	18
4.4 Strömungsbild unter einer Normallage.....	20
Ergebnisse.....	20
5. KLIMAANALYSEKARTE	21
5.1 Bioklimatische Belastung in den Siedlungs- und Gewerbeflächen	22

5.2	Kaltlufteinwirkungsbereich	23
5.3	Kaltluftprozessgeschehen über Grün- und Freiflächen.....	24
6.	PLANUNGSHINWEISE.....	26
6.1	Maßnahmenkatalog Stadtklima	26
6.2	Steckbriefe zu Lupengebieten.....	34
7.	ZUSAMMENFASSUNG	56
	QUELLENVERZEICHNIS	58
	ANHANG	I

Glossar

Albedo: Rückstrahlvermögen einer Oberfläche (Reflexionsgrad kurzwelliger Strahlung). Verhältnis der reflektierten zur einfallenden Lichtmenge. Die Albedo ist abhängig von der Beschaffenheit der bestrahlten Fläche sowie vom Spektralbereich der eintreffenden Strahlung.

Allochthone Wetterlage: Durch großräumige Luftströmungen bestimmte Wetterlage, die die Ausbildung kleinräumiger Windsysteme und nächtlicher Bodeninversionen verhindert. Dabei werden Luftmassen, die ihre Prägung in anderen Räumen erfahren haben, herantransportiert.

Ausgleichsraum: Grüngestaltete, relativ unbelastete Freifläche, die an einen *Wirkungsraum* angrenzt oder mit diesem über Strukturen mit geringer Rauigkeit 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 Eigenschaften bietet er eine besondere Aufenthaltsqualität für Menschen.

Austauscharme Wetterlage: → *Autochthone Wetterlage*

Autochthone Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt und nur in geringem Maße durch die Luftmasse geprägt, sodass sich lokale Klimate wie das Stadtklima bzw. lokale Windsysteme wie z.B. Berg- und Talwinde am stärksten ausprägen können.

Bioklima: Beschreibt die direkten und indirekten Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima (= atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf die lebenden Organismen.

Humanbioklima: Auswirkung des Klimas und einzelner Klimaelemente auf den Menschen

Bioklimatische Belastung: Beeinträchtigung des menschlichen *Bioklimas*, die zu Unwohlsein oder sogar gesundheitlichen Auswirkungen führen kann.

Flurwind: Thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in Richtung der Überwärmungsbereiche (meist Innenstadt oder Stadtteilzentrum).

Grünfläche: Als „Grünfläche“ werden in dieser Arbeit unabhängig von ihrer jeweiligen Nutzung diejenigen Flächen bezeichnet, die sich durch einen geringen Versiegelungsgrad von maximal ca. 25 % ihrer Gesamtfläche auszeichnen. Neben Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfen und Sportanlagen umfasst dieser Begriff damit auch landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Forsten und Wälder.

Kaltluft: Luftmasse, die im Vergleich zu ihrer Umgebung bzw. zur Obergrenze der entsprechenden Bodeninversion eine geringere Temperatur aufweist und sich als Ergebnis des nächtlichen Abkühlungsprozesses der bodennahen Atmosphäre ergibt. Der ausstrahlungsbedingte Abkühlungsprozess der bodennahen Luft ist umso stärker, je geringer die Wärmekapazität des Untergrundes ist, und über Wiesen, Acker- und Brachflächen am höchsten. Konkrete Festlegungen über die Mindesttemperaturdifferenz zwischen Kaltluft und Umgebung oder etwa die Mindestgröße des Kaltluftvolumens, die das Phänomen quantitativ charakterisieren, gibt es bisher nicht (VDI 2003).

Kaltlufteinwirkungsbereich: Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung. Gekennzeichnet sind Siedlungs-, Gewerbeflächen und der Straßenraum, die von einem überdurchschnittlich hohen → *Kaltluftvolumenstrom* $> 10,2 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ durchflossen werden (Mittelwert des Kaltluftvolumenstroms über alle Flächen im Stadtgebiet).

Kaltluftvolumenstrom: Das Produkt der Fließgeschwindigkeit der *Kaltluft*, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite; Einheit $m^3/(s \cdot m)$). Der Kaltluftvolumenstrom beschreibt somit diejenige Menge an *Kaltluft*, die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges fließt. Anders als das *Strömungsfeld* berücksichtigt der Kaltluftvolumenstrom somit auch Fließbewegungen oberhalb der bodennahen Schicht.

Klimaanalysekarte: Analytische Darstellung der Klimaauswirkungen und Effekte in der Nacht im Stadtgebiet und dem näheren Umland (Kaltluftprozessgeschehen, Überwärmung der Siedlungsgebiete).

Klimaaustauschbereich: Auf Grundlage der Kaltluftmodellierung ausgewiesene Fläche, die für das Siedlungsgebiet eine Durchlüftungsfunktion aufweisen. Dies gilt insbesondere für autochthone Wetterlagen (überdurchschnittlich hoher Kaltluftvolumenstrom bzw. -produktion), aber auch bei übergeordneter Strömung (Ventilation).

Klimaökologie: untersucht Funktionsbeziehungen zwischen Klimaelementen und dem Landschaftsökosystem.

PET (Physiologisch äquivalente Temperatur): Humanbioklimatischer Index zur Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird.

Rauigkeit: Größe zur Beschreibung der „Unebenheit“ des Untergrundes. Die Erdoberfläche ist nicht glatt sondern wird aufgrund der vorhandenen Rauigkeitselemente wie Sandkörner, Bewuchs und Bebauung beschrieben. Diese Elemente bremsen beispielsweise den Wind in Bodennähe stark ab.

Städtische Wärmeinsel (*Urban Heat Island*): Städte weisen im Vergleich zum weitgehend natürlichen, unbebauten Umland aufgrund des anthropogenen Einflusses (u.a. hoher Versiegelungs- und geringer Vegetationsgrad, Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalt) ein modifiziertes Klima auf, das im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen führt. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Strahlungswetterlage → *Autochthone Wetterlage*

Strömungsfeld: Für den Analysezeitpunkt 04:00 Uhr morgens simulierte flächendeckende Angabe zur Geschwindigkeit und Richtung der *Flurwinde* in 2 m über Grund während einer *autochthonen Wetterlage*.

Wirkungsraum: Bebaute oder zur Bebauung vorgesehener Raum (Siedlungs- und Gewerbeflächen), in dem eine bioklimatische Belastung auftreten kann.

1. Einführung

Das Schutzgut *Klima* ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Planung und vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele sind flächenbezogene Fachinformationen ein wichtiges Hilfsmittel zu dessen sachgerechter Beurteilung. Aus der Kenntnis des in einer Stadt vorherrschenden Lokalklimas und den klimatischen Funktionszusammenhängen lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung des Klimas ableiten. Dieser Leitgedanke zielt auf die Erhaltung und Verbesserung günstiger bioklimatischer Verhältnisse ab.

Der Umgang mit dem Schutzgut Klima ist in Bremen seit mehreren Jahren ein relevanter Punkt, so wurde im Jahr 2013 vor dem Hintergrund der Neuaufstellung des Landschaftsprogramms für das Stadtgebiet bereits eine gesamtstädtische Klimaanalyse für die Hansestadt angefertigt (Geo-Net, 2013). Diese zeigt, dass insbesondere die dicht bebauten innerstädtischen Bereiche sowie hochversiegelte Gewerbeflächen relativ hohe bioklimatische Belastungen aufweisen. Dem gegenüber stehen Grün- und Freiflächen, die durch die Zufuhr von frischer und kühlerer Luft klimaökologische Ausgleichsleistungen für städtische Belastungsräume erbringen können.

Insbesondere im westlichen Bereich des Stadtgebietes unterliegt Bremen einer starken städtebaulichen Entwicklung. Im Bereich der alten Hafengebiete wird mit der Überseestadt eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas realisiert. Im Rahmen dieser Entwicklung wurde eine neue klimaökologische Analyse mit Fokus auf die Überseestadt beauftragt, um die Auswirkungen der Bauvorhaben auf die klimaökologische Situation im Untersuchungsgebiet zu betrachten. Im Gegensatz zur gesamtstädtischen Analyse von 2013, die mit einer horizontalen Auflösung von 50 m durchgeführt wurde, wird in der vorliegenden Analyse eine höhere Auflösung von 10 m verwendet. Dies gewährleistet, dass auch kleinräumigere Strukturen, wie Gebäude und Straßenräume berücksichtigt werden können.

Die Überseestadt befindet sich durch fortschreitende Planungen und Bauvorhaben in einem steten Wandel. Daher wurden für das Gebiet der Überseestadt insgesamt zwei Modellrechnungen durchgeführt. Die erste beschreibt die Situation der Überseestadt im Jahr 2019. Für die zweite Modellrechnung wurde der aktuellste Planungsstand aus Januar 2021 angenommen. Aktualisierungen, die sich danach ergeben haben, können in der vorliegenden Analyse nicht berücksichtigt werden.

Durch die kleinräumige Erfassung von Gebäuden und Grünstrukturen, samt derer individueller Strukturhöhe, können detaillierte Aussagen zum Einfluss des Stadtkörpers auf das Mikroklima getroffen werden. Die Ergebnisse der Modellrechnung spiegeln neben der Nachtsituation auch die bioklimatische Belastung am Tage wider und erlauben somit eine umfassende Betrachtung des lokalen Mikroklimas innerhalb der Überseestadt. Der vorliegende Bericht erläutert die Methodik der Klimaanalyse und geht auf die Ergebnisse der Modellrechnungen ein. Auf dieser Grundlage werden im Anschluss Planungshinweise für das Untersuchungsgebiet abgeleitet. In Absprache mit dem Auftraggeber wird darüber hinaus im Rahmen von Steckbriefen ein detaillierterer Blick auf verschiedene Lupengebiete innerhalb der Überseestadt geworfen, die für zukünftige stadtplanerische Entscheidungen von Interesse sind. Sie wurden mit dem Ziel erstellt, Hinweise zu geben, wie die einzelnen Gebiete bioklimatisch optimiert werden können, auf Grundlage ihres jeweiligen Planungsstandes.

2. Fachliche Grundlagen

2.1 DER WÄRMEINSELEFFEKT

Durch den anthropogenen Einfluss herrschen in einer Stadt modifizierte Klimabedingungen vor, die tendenziell mit steigender Einwohnerzahl bzw. Stadtgröße stärker ausgeprägt sind (Oke 1973). Gründe hierfür sind bspw. der hohe Versiegelungsgrad, dem ein geringer Anteil an Vegetation und natürlicher Oberfläche gegenüber steht, die Oberflächenvergrößerung durch Gebäude (Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Mehrfachreflexion der Gebäude) sowie Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalte (anthropogener Wärmefluss). Im Vergleich zum weitgehend natürlichen, un bebauten Umland führen diese Effekte im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als *Städtische Wärmeinsel* bezeichnet.

Für die Stadtbevölkerung können Belastungen vornehmlich bei Hochdruckwetterlagen, die durch einen ausgeprägten Tagesgang von Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung bestimmt sind (autochthone Wetterlagen), entstehen. Unter diesen Rahmenbedingungen kommt es tagsüber zu einem konvektiven Aufsteigen warmer Luft über dem überwärmten Stadtkörper. Als Folge des entstehenden bodennahen Tiefdruckgebietes treten Ausgleichsströmungen auf, d.h. Luftmassen aus dem Umland können bis in das Stadtgebiet hineinströmen (Flurwinde; Abbildung 1). Am Tag führen Flurwinde in der Regel nicht zum Abbau der Wärmebelastung in den Siedlungsflächen, da im Umland meist ein ähnliches Temperaturniveau vorherrscht. Sie können jedoch zur Durchmischung der bodennahen Luftschicht beitragen und eine Verdünnung von Luftschadstoffen bewirken. Nachts dagegen kann kühlere Umgebungsluft aus stadtnahen (und ggf. innerstädtischen) Grünflächen in das wärmere Stadtgebiet strömen und für Entlastung sorgen. Der bodennahe Zufluss dieser „Kaltluft“ erfolgt mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und reagiert sensibel auf Strömungshindernisse, sodass er nur entlang von Flächen ohne blockierende Bebauung bzw. sonstige Hindernisse erfolgen kann (insb. über sogenannte Kaltluftleitbahnen)¹.

¹ In den Nachtstunden sind autochthone Wetterlagen durch stabile Temperaturschichtungen der bodennahen Luft gekennzeichnet. Damit wird eine vertikale Durchmischung unterbunden und eine ggf. überlagerte Höhenströmung hat keinen Einfluss mehr auf das bodennahe Strömungsfeld, das entsprechend sensibel auf Hindernisse reagiert. Tagsüber sind die Verhältnisse weniger stabil. Durch das Aufsteigen von Warmluftblasen aus der bodennah nachströmenden Luft (Böigkeit) ist eine vertikale Durchmischung der Luftschichten möglich, sodass Strömungshindernisse ggf. überwunden werden können.

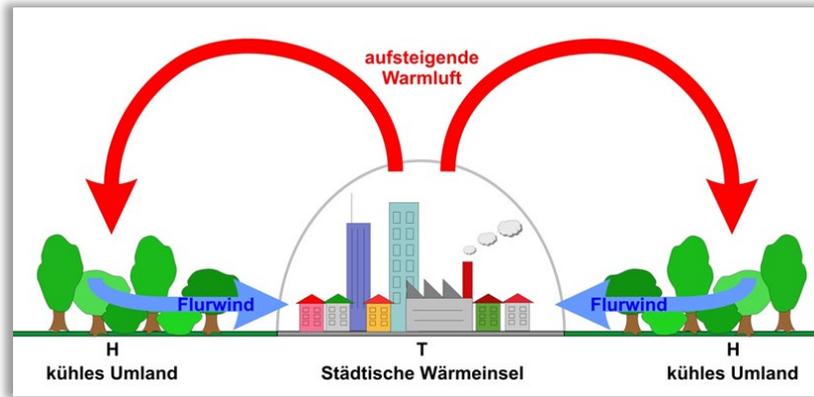


Abbildung 1: Prinzipskizze Flurwind.

Neben der vom Menschen freigesetzten Abwärme, kommt es durch den hohen Versiegelungsgrad zu einer Erwärmung des Stadtgebietes. Während unbebaute Flächen im Umland schnell auskühlen, erfolgt der Prozess des Abkühlens bei städtischen, versiegelten Flächen über einen längeren Zeitraum. Beispielsweise Beton und Asphalt besitzen eine geringe Albedo², sodass viel Strahlung absorbiert wird und sich die Flächen am Tag stark aufwärmen. In der Nacht kann die gespeicherte Wärme als langwellige Ausstrahlung an die Atmosphäre abgegeben werden (Häckel 2012, Malberg 2002). Aufgrund der stärkeren Versiegelung bzw. des geringeren Grünanteils im Vergleich zum Umland (und zudem meist geringerer Wasserverfügbarkeit) ist die Verdunstung und damit verbundene Kühlleistung in der Stadt herabgesetzt³ (Schönwiese 2008).

Verkehr, Industrie und Hausbrand bewirken nicht nur einen anthropogenen Wärmefluss, sondern führen auch zu vermehrten Emissionen. Entsprechend weist die Luft in der Stadt erhöhte Verunreinigungen durch Schadstoffe und Staub auf, die sich negativ auf die Gesundheit des Menschen auswirken können. Da die Windgeschwindigkeiten in der Stadt in der Regel herabgesetzt sind, kann kein ausreichender Luftaustausch stattfinden, um die Luftqualität merklich zu verbessern (Kuttler 2009).

Dies erklärt die Notwendigkeit der Betrachtung des Stadtklimas, insb. da ein Großteil der Bevölkerung in Städten wohnt und demzufolge Belastungen so gering wie möglich gehalten werden sollten, um gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse sicherzustellen.

2.2 KLIMA IN BREMEN

Die Stadt Bremen liegt zentral in der norddeutschen Tiefebene im naturräumlichen Bereich der Wesermarschen. Das Klima in der norddeutschen Tiefebene wird primär durch ihre Lage im Bereich der Westwinddrift bestimmt, mit der häufig Luftmassen aus dem atlantischen Raum das Wetter bestimmen. Da Topographie von untergeordneter Bedeutung ist, bestimmt weiterhin die Distanz zur Nordsee lokale Klimaunterschiede. Die Stadt liegt somit in einem maritim geprägten Bereich, mit allgemein vergleichsweise kühlen Sommern und milden Wintern. Gelegentlich setzt sich aber auch kontinentaler Einfluss mit länger anhaltenden Hochdruckphasen durch. Dann kann es im Sommer bei schwachen östlichen oder südöstlichen Winden zu höheren Temperaturen und trockenem sommerlichen Wetter

² Rückstrahlvermögen einer Oberfläche

³ In der Stadt steht dem geringeren latenten Wärmestrom ein höherer fühlbarer Wärmetransport gegenüber.

kommen. Im Winter sind solche kontinental geprägten Wetterlagen durchweg mit Kälteperioden verbunden.

Das aktuelle Klima Bremens wurde anhand der DWD-Station Bremen-Flughafen (Stat-ID 691) abgeleitet. Diese liegt südöstlich Bremens in der Nähe des Flughafens. Das langjährige Mittel der Lufttemperatur liegt bei 9,5 °C. Die Jahresmitteltemperatur ist Schwankungen unterworfen, doch zeigt sich ein klar zunehmender Trend über die letzten knapp 140 Jahre – insbesondere seit den 1990er Jahren wurden vorwiegend überdurchschnittlich warme Jahre beobachtet und so sind auch die fünf wärmsten Jahre in eben diesem Zeitraum zu finden (Abbildung 2).

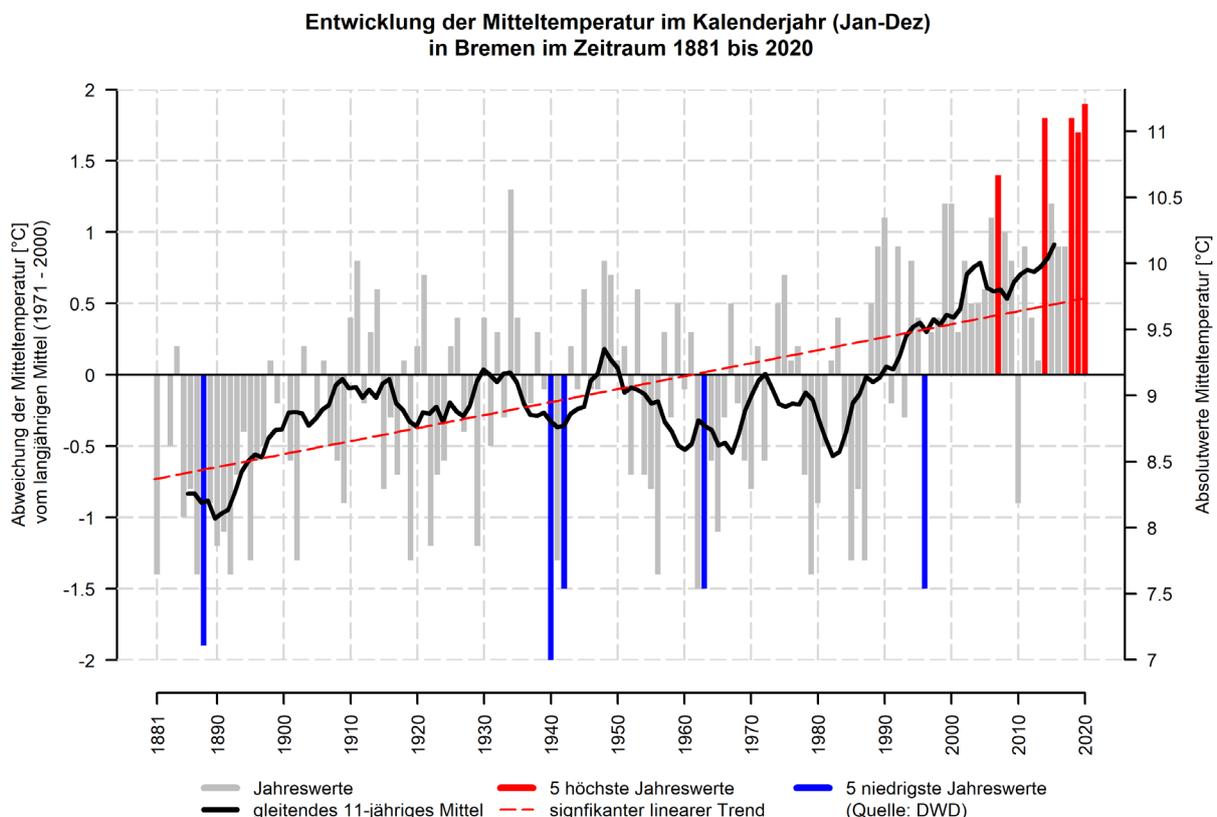


Abbildung 2: Entwicklung der Mitteltemperatur in Bremen im Zeitraum von 1881 bis 2020 (Quelle: eigene Berechnung nach DWD, 2020).

Die langjährige Windrichtungsverteilung im Raum Bremen zeigt vornehmlich südwestliche bzw. südöstliche Anströmungen (DWD-Station Bremen Flughafen; Abbildung 3).

Fällt während autochthoner Sommernächte die übergeordnete Strömung weg, reduziert sich die Durchlüftung des Stadtgebiets (umgangssprachlich heißt es dann meist „die Luft steht“), was zu einer höheren thermischen Belastung führt. Entsprechend simuliert die vorliegende Stadtklimaanalyse eine solche Wetterlage, bei der Flurwinde als Ausgleichsströmungen in den Vordergrund rücken. In der Vergangenheit traten diese „windschwachen Strahlungs Nächte“ im Sommer an etwa 4 - 5 Nächten pro

Monat auf⁴ (ca. 14 % der Sommernächte; vgl. Abb. A 1 im Anhang). Im gesamten Jahr stellen sich in der Stadt Bremen an 36 Nächten (ca. 10 % der Nächte) autochthone Wetterverhältnisse ein. Aber nur in den Sommermonaten (laut meteorologischer Definition Juni, Juli und August) bedeutet eine autochthone Wetterlage auch eine erhöhte Hitzebelastung für die Bevölkerung, deshalb wird der Fokus der vorliegenden Stadtklimaanalyse auf die Situation einer autochthonen Sommernacht gelegt.

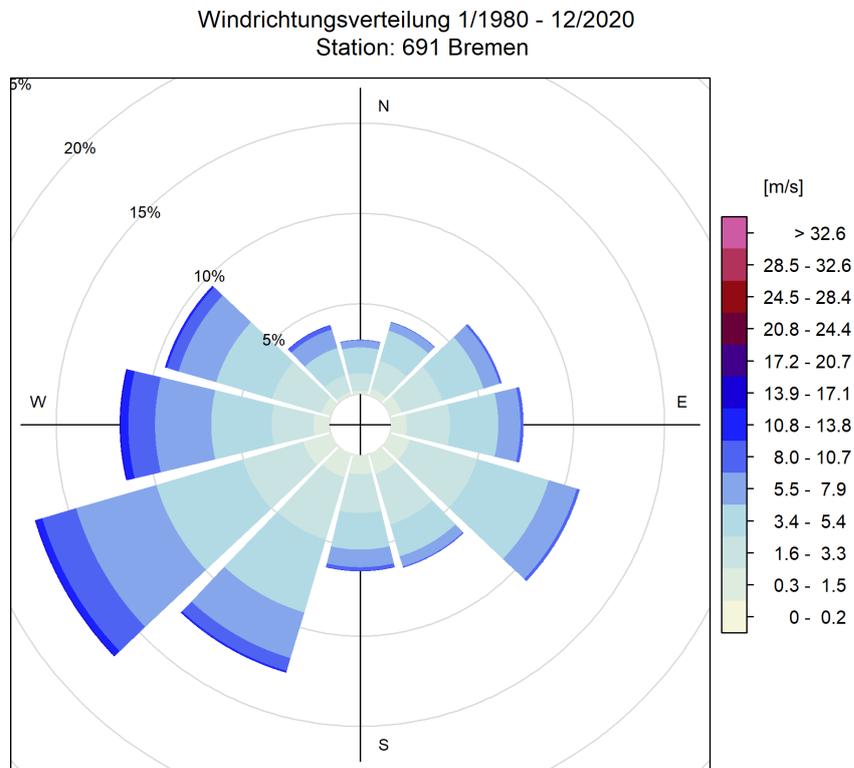


Abbildung 3: Windrichtungsverteilung in 10 m über Grund für den Zeitraum 1980-2020 an der DWD-Station Bremen-Flughafen (bezogen auf stündliche Werte; eigene Berechnung nach DWD 2020).

⁴ Monatliches Mittel der Anzahl windschwacher Strahlungsnächte an der DWD-Station Bremen-Flughafen im Zeitraum 1980-2020 anhand folgender Kriterien nach Augter/DWD (1997):

- Windgeschwindigkeit ≤ 2.7 m/s in 10 m ü.Gr. und Bedeckungsgrad höchstens vier Achtel in der Nacht
- Kriterien müssen für zehn Stunden innerhalb des Zeitraums 17:00 - 05:00 MEZ (Lücken erlaubt) oder an sieben aufeinanderfolgenden Stunden innerhalb desselben Zeitraums erfüllt sein (ohne Lücke)

3. Methodik der modellgestützten Stadtklimaanalyse

3.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das rund 300 Hektar große Gebiet der Überseestadt befindet sich im westlichen Bremer Stadtgebiet direkt an der Weser. Seit 2009 ist sie ein Ortsteil des Stadtteils Walle, welcher sich nach Osten hin fortsetzt. Nach Südosten grenzt das Gebiet an die Bremer Innenstadt.

Das für die Modellrechnung verwendete rechteckige Untersuchungsgebiet spannt eine Fläche von etwa 49 km² auf (7 km x 7 km), damit die angrenzenden das lokale Mikroklima beeinflussenden Wasser-, Grün- und Stadtflächen mit erfasst werden.



Abbildung 4: Untersuchungsgebiet für die Modellanalyse. Die pinke Umrandung zeigt das Plangebiet der Überseestadt.

3.2 BETRACHTETE WETTERLAGE

Die Klimaanalyse legt einen autochthonen Sommertag als meteorologische Rahmenbedingung für die Modellrechnung zugrunde. Autochthone Bedingungen herrschen im Sommer (Juni, Juli, August) in Bremen an 4 – 5 Tagen/Monat vor. Dieser wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt bzw. Region besonders gut ausprägen. Charakteristisch für solch eine (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung von Flurwinden, d.h. durch den Temperaturunterschied zwischen kühleren Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetriebene Ausgleichsströmungen.

In Abbildung 5 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass unversiegelte Freiflächen wie z.B. Wiesen und bebaute Flächen ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, während die nächtliche Abkühlung über Siedlungsflächen deutlich geringer ist (Wärmeinseleffekt). Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird die Hinderniswirkung von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

Typischerweise führt ein autochthoner Sommertag aufgrund der hohen Einstrahlung und des geringen Luftaustauschs zu den höchsten thermischen Belastungen. Auch wenn es sich dabei um eine besondere Situation handelt, tritt solch eine Wetterlage regelmäßig und jeden Sommer mehrfach auf (in Bremen in etwa 10 % der Nächte insgesamt und 14 % der Sommernächte).

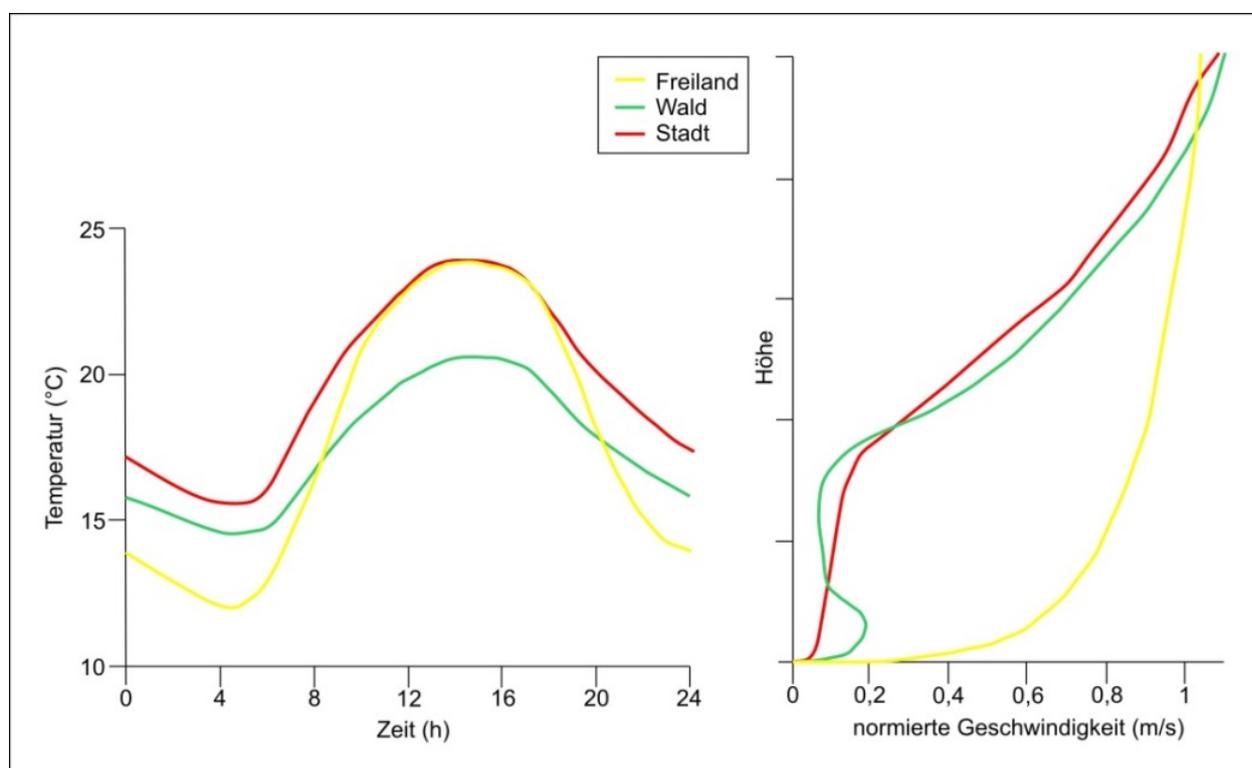


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Tagesgangs der Lufttemperatur und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung nach Groß 1992).

3.3 DAS MODELL FITNAH 3D

In der Praxis spielen sich umweltmeteorologische Fragestellungen meist in der Größenordnung einer Stadt bzw. Region ab. Die dabei relevanten meteorologischen Phänomene weisen eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis Stunden auf. Als mesoskalige Phänomene werden dabei bspw. Flurwinde, Land-See-Winde oder die städtische Wärmeinsel bezeichnet, während der Einfluss von Hindernissen auf den Wind (z.B. Kanalisierung, Umströmung) oder die Wirkung verschattender Maßnahmen mikroskalige Effekte darstellen.

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen solch lokalklimatischer Phänomene im Wesentlichen bekannt sind, gibt es nach wie vor offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Zwar kann die Verteilung meteorologischer Größen wie Wind und Temperatur durch Messungen ermittelt werden, aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung (insb. in komplexen Umgebungen) in benachbarte Räume nur selten möglich. Entsprechend schwierig ist es, aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende (also flächenhafte) stadtklimatologische Bewertung vornehmen zu können.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe meso- und mikroskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988) und der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch. Zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht somit, neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien, ein weiteres leistungsfähiges Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in der Stadt- und Landschaftsplanung zur Verfügung. Die Modelle basieren, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (*Navier-Stokes Bewegungsgleichung*), der Massenerhaltung (*Kontinuitätsgleichung*) und der Energieerhaltung (*1. Hauptsatz der Thermodynamik*). Für tiefergehende Informationen zu FITNAH 3D wird u.a. auf Groß (1992) verwiesen.

Modelle wie FITNAH 3D können demnach deutlich besser zur Beantwortung stadtklimatologischer Fragestellungen herangezogen werden, als rein auf Messkampagnen gewonnene Werte, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- bzw. Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom jeweiligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst. Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH 3D verwendete horizontale räumliche Maschenweite 10 m (mikroskalige Modellrechnung). Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m über Grund (ü.Gr.). Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m ü.Gr. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind.

3.4 MODELLEINGANGSDATEN

Ein numerisches Modell wie FITNAH 3D benötigt spezifische Eingangsdaten, die charakteristisch für die Landschaft des Untersuchungsgebiets sind. Dabei müssen für jede Rasterzelle folgende Daten vorliegen, die von der Stadt Bremen zur Verfügung gestellt wurden.

- Geländehöhe
- Landnutzung
- Strukturhöhe
- Versiegelungsgrad

Geländehöhe und Strukturhöhe von Gebäuden gehen aus Digitalem Geländemodell und LOD1-Daten hervor. Grundlage der Landnutzung sind ALKIS-Nutzungsdaten. Landnutzung und Versiegelungsgrad sowie Strukturhöhe der Landnutzung hängen in den Modelleingangsdaten eng zusammen. Da der Realitätstreue durch die rasterbasierten Abbildung Grenzen gesetzt sind, wird jeder Landnutzungsklasse ein durchschnittlicher Versiegelungsgrad sowie eine durchschnittliche Strukturhöhe zugewiesen (siehe Legende in Abbildung 6).

Um die Auswirkungen der geplanten Bebauung zu ermitteln, wurden ein Modelllauf für die derzeitige Situation (Ist-Zustand) sowie ein Modelllauf für den Planfall (Plan-Zustand) durchgeführt.

Die Eingangsdaten für die derzeitige Situation wurden in 2019 erstellt und hinsichtlich ihrer Plausibilität mittels eines Luftbildes (Stand 2017) sowie in Absprache mit dem Auftragsgeber abgeglichen und gegebenenfalls ergänzt oder angepasst (Abbildung 6).

Die Eingangsdaten für den Plan-Zustand wurden auf Grundlage des Ist-Zustandes erstellt. Die Änderungen beschränken sich hierbei auf das Plangebiet der Überseestadt, die umgebenden Gebiete wurden nicht aktualisiert. Die Entwicklung der Überseestadt basiert nicht auf einer einheitlichen Planung für das gesamte Gebiet sondern auf vielen verschiedenen kleinteiligen Planungsverfahren mit unterschiedlichen Planungsständen. Es handelt sich dabei um einen sehr dynamischen und komplexen Prozess, über den sich im Verlauf dieses Projektes eng mit der Stadtplanung ausgetauscht wurde. In die Modelleingangsdaten sind demnach bereits abgestimmte Planunterlagen sowie mündliche Informationen eingeflossen. Als weitere Plangrundlagen wurde der Städtebauliche Rahmenplan mit Stand 09/2020 sowie das Nutzungskonzept Stand 09/2020 verwendet. In der Modellrechnung des Planfalls wurden alle Planentscheidungen sowie Überlegungen der Stadtplanung bis Januar 2021 berücksichtigt. Aktualisierungen, die danach getätigt wurden, sind nicht in die Analyse eingeflossen.

Im Allgemeinen wird das Plangebiet durch die Bauvorhaben weiter verdichtet. Flächen, die im Ist-Zustand als Brach- oder Freiflächen angenommen sind, werden im Plan-Zustand in Siedlungs- oder Gewerbeflächen umgewandelt. Zudem sehen die Planungen die Entwicklung von Parkflächen vor. Weiterhin wurde im Plan-Zustand die geplante zusätzliche Straßenbegrünung berücksichtigt, die im Ist-Zustand noch nicht auftaucht. Bei den meisten Grünstrukturen lag zur Zeit der Bearbeitung noch keine finale Freiflächenplanung fest. Hier wurde sich bezüglich Gestaltung und Baumstandorten am Städtebaulichen Rahmenplan (Stand 09/2020) orientiert.

Grünflächen innerhalb der Bebauung (beispielsweise begrünte Innenhöfe) sind über den durchschnittlichen Versiegelungsgrad der zugewiesenen Nutzungsklasse berücksichtigt. Erst bei ausreichender Größe und somit möglicher Kühlleistung wurde sie als eigenständige Grünflächen betrachtet und nicht als Teil der Siedlungsklasse der umliegenden Siedlungsflächen.

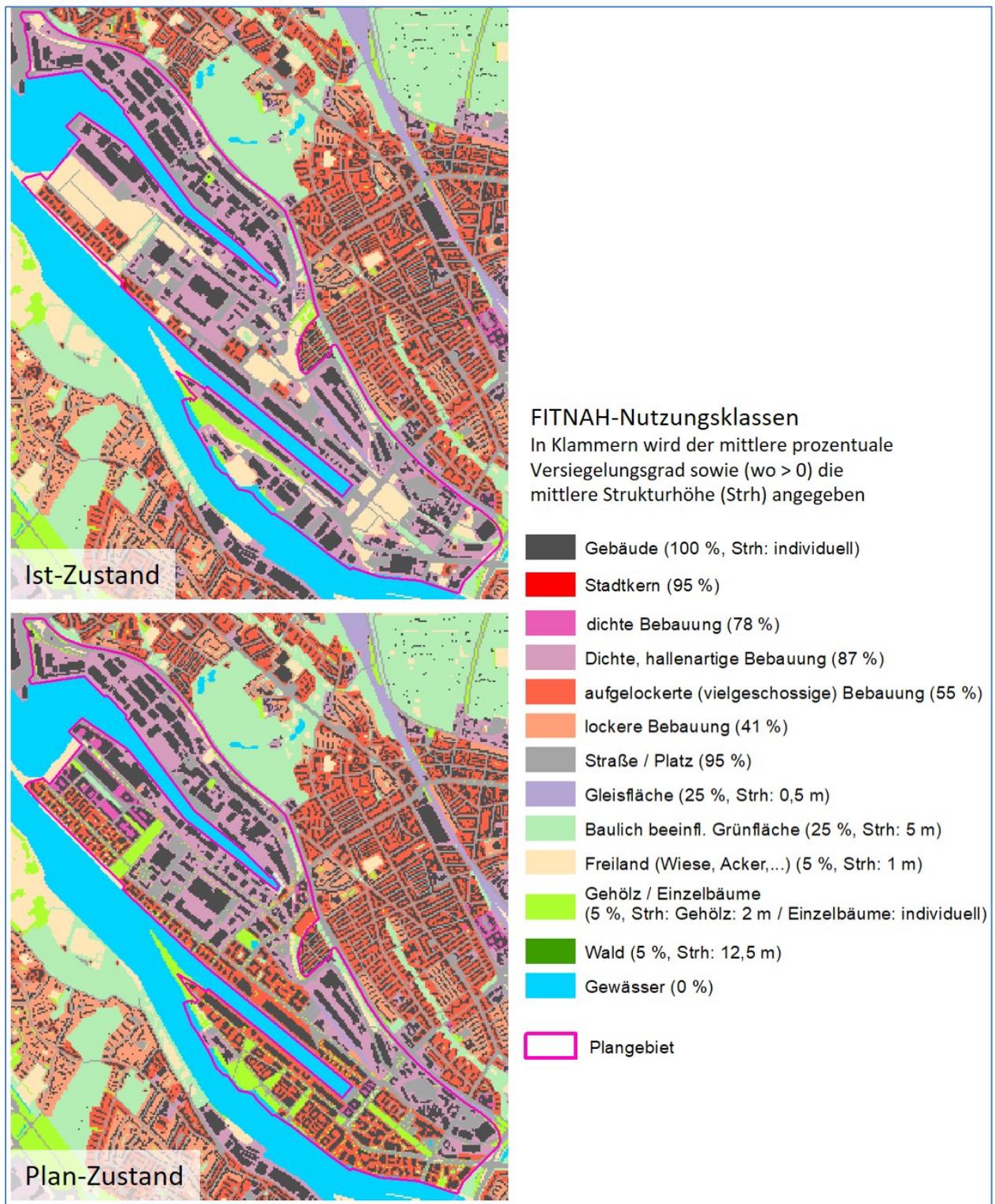


Abbildung 6: In das Modell eingegangene Nutzungsklassen für Ist- und Plan-Zustand.

4. Modellergebnisse

Im Folgenden werden die rasterbasierten Modellergebnisse der Parameter Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftvolumenstrom (Nachtsituation) sowie Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET; Tagsituation) für den Status quo und den Planfall beschrieben. Die Ergebnisse basieren auf einer horizontalen räumlichen Auflösung von 10 m (pro Rasterzelle ein Wert) und einer autochthonen Sommerwetterlage. Sie gelten für den Aufenthaltsbereich des Menschen in 2 m über Grund und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) bzw. gelten für 1,1 m über Grund und den Zeitpunkt 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung). Für die Darstellung in den Ergebniskarten wurden die Werte mittels einer bilinearen Interpolation geglättet.

4.1 NÄCHTLICHES TEMPERATURFELD

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potentiellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen und die räumliche Ausprägung sowie Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine autochthone Sommernacht in der Überseestadt als besondere Wetterlage zu verstehen. Die daraus abgeleiteten relativen Unterschiede innerhalb verschiedener Bereiche bzw. zwischen den Nutzungsstrukturen gelten dagegen weitgehend auch während anderer Wetterlagen.

In der Nacht steht weniger der Aufenthalt im Freien, sondern die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum im Vordergrund. Nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 besteht ein Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumlufte, so dass die Temperatur der Außenluft die entscheidende Größe für die Beurteilung der Nachtsituation darstellt (VDI 2008). Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 - 18 °C angegeben (UBA 2016), während Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten.

ERGEBNISSE

Abbildung 7 zeigt die Modellergebnisse für den Ist- und den Plan-Zustand sowie die Differenz zwischen beiden Zuständen. Je nach meteorologischen Verhältnissen, Lage bzw. Höhe des Standorts und den Boden- bzw. Oberflächeneigenschaften kann die nächtliche Abkühlung merkbare Unterschiede aufweisen, was auch für die Überseestadt mit ihren verschiedenen Flächennutzungen deutlich wird. So umfasst die nächtliche bodennahe Lufttemperatur bei Minimalwerten von weniger als 16,5 °C über offenen Freiflächen und Maximalwerten bis knapp über 21,5 °C im Bereich hoch versiegelter Gebiete mit hoher Baudichte eine Spannweite von etwa 5 °C (siehe Abb. 7, Ist- und Planzustand). Das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich im Vergleich zur Umgebung ist vor allem von der Dichte der Überbauung abhängig. Dort wo in der Überseestadt die höchsten Bebauungsdichten vorzufinden sind, tritt die stärkste nächtliche Überwärmung auf. Selbst nachts werden in diesen Bereichen unter den angenommenen Bedingungen noch Temperaturen von über 21 °C erreicht. Im Ist-Zustand tritt dies beispielsweise im Bereich der Gewerbeflächen nördlich des Holz- und Fabrikenhafens, des Großmarktes sowie im Bereich der Schuppen um den Europahafen auf. In weniger dicht bebauten und teilweise begrünten Bereichen, wie in der bereits bestehenden Siedlungsbebauung am Wendebassin und in den

Siedlungsflächen südlich der Weser, erreicht die Lufttemperatur im Laufe der Nacht geringere Werte von bis zu 19 – 20 °C.

Unter den Grünflächen zeigen im Ist-Zustand insbesondere die von Vegetation freien Grün- und Brachflächen die niedrigsten Temperaturen von unter 16,5 °C im Verlauf der Nacht. Im Ist-Zustand finden sich diese noch unbebauten bzw. unbeplante Brachflächen noch in der gesamten Überseestadt, insbesondere zwischen Großmarkt und Wendebecken, südwestlich Waller Wied sowie im Bereich des Europahafenkopfes und der Überseeinsel.

Über mit Bäumen bestandenen Flächen dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und verringert damit die Abkühlung der nächtlichen Lufttemperatur in 2 m ü.Gr., sodass hier je nach Höhe und Dichte des Bewuchses Werte um bis zu 18 °C erreicht werden.

Über der Wasserfläche der Weser zeigen sich mit Temperaturen von bis zu 21,5 °C relativ hohe Werte. Die hohe spezifische Wärmekapazität von Wasser sorgt für einen verringerten Tagesgang der Lufttemperatur, sodass die nächtlichen Temperaturen meist höher als in der Umgebung liegen und die Abkühlung der umliegenden Luftmassen verringern.

Um die Veränderungen, die durch die fortschreitende Beplanung der Überseestadt entstehen, besser zu visualisieren wird in Abbildung 7 neben den absoluten Werten der Lufttemperatur für Ist- und Plan-Zustand auch die Differenz der beiden gezeigt, die die Veränderung von der Ist-Situation hin zu Plan-Situation beschreibt. Negative Werte beschreiben eine Temperaturabnahme, positive Werte eine Temperaturzunahme. Es wird deutlich, dass insbesondere über den ehemaligen relativ kühlen Brachflächen es zu einer deutlichen Temperaturzunahme von bis zu > 4 K kommt. Die erhöhte Baudichte und der erhöhte Versiegelungsgrad sorgen dafür, dass sich diese Flächen während der Nacht deutlich geringer abkühlen. Dies ist damit begründet, dass die Baumasse die über den Tag gespeicherte Wärme während der Nacht wieder an die Umgebung abgibt. Weiterhin kommt es über einigen Freiflächen, die auch weiterhin als Grünflächen verbleiben, zu einer gewissen Temperaturerhöhung um etwa 0,5 bis 2 K. Dies gilt beispielsweise für den Überseepark, den Hilde-Adolf-Park sowie auf der Überseeinsel für die Freifläche an der Weser sowie die Landspitze. Dies ist damit zu begründen, dass hier die Nutzung im Plan-Zustand nicht mehr der einer vollständig freien Grünfläche entspricht, sondern einer Parknutzung mit einer parametrisierten Vegetation (durchschnittliche Vegetationshöhe von 2 m sowie Baumpflanzungen). Diese kühlt sich während der Nacht etwas weniger ab als eine Freifläche. Diese Flächen weisen jedoch weiterhin kühlere Lufttemperaturen auf als angrenzende Siedlungsgebiete (siehe Abb. 7, Plan-Zustand).

Im Gegensatz dazu – so zeigt die Differenzbetrachtung – kommt es auf einigen Flächen, insbesondere auf der Überseeinsel sowie im Bereich der ehemaligen Schuppen nördlich des Europahafens, zu einer Abkühlung im Vergleich zum Ist-Zustand. Hier herrscht im Ist-Zustand eine gewerbliche Nutzung vor, die aufgrund ihres hohen Versiegelungsgrades relativ hohe nächtliche Lufttemperaturen aufweist. Im Plan-Zustand wird diese Nutzung geändert hin zu einer Wohnungs- und Dienstleistungsnutzung, mit der im Allgemeinen ein geringerer Versiegelungsgrad und somit eine vermehrte nächtliche Abkühlung einhergeht. Weiterhin zeigen sich in der Differenz punktuelle Abkühlungen im Bereich der Straßenräume, beispielsweise im Bereich des Europahafenkopfes oder in der Umgebung des Großmarktes. Da der Straßenraum zukünftig grüner gestaltet werden soll, als er sich im Ist-Zustand noch darstellt, wurden im Planfall diverse Bäume entlang der Straßen angenommen. Diese heizen sich am Tag deutlich weniger auf als die vollversiegelten Flächen in ihrem Umfeld und sorgen für die punktuell kühleren Temperaturen während der Nacht. Eine weitere relativ deutliche Abkühlung ist im Bereich des Wendebeckens zu sehen (Waller Sand). Dabei handelt es sich um den sandigen Übergangsbereich, der von den Siedlungsflächen

bis ins Wendebecken reicht. Auch hier kann man die Temperaturveränderung mit der Änderung der hier zugewiesenen Nutzungsklasse erklären: In der Modellanalyse für den Ist-Zustand ist dieser Bereich noch mit der Nutzungsklasse *Wasser* belegt worden. Da der Bereich im fortgeschriebenen Masterplan aber eindeutig als Landmasse dargestellt ist, wurde beschlossen, dies in der Modellanalyse für den Plan-Zustand auch so zu kennzeichnen. Da eine freie Landfläche in den Modellergebnissen deutlich kühler erscheint als eine Wasserfläche, kommt hier diese Differenz zustande.

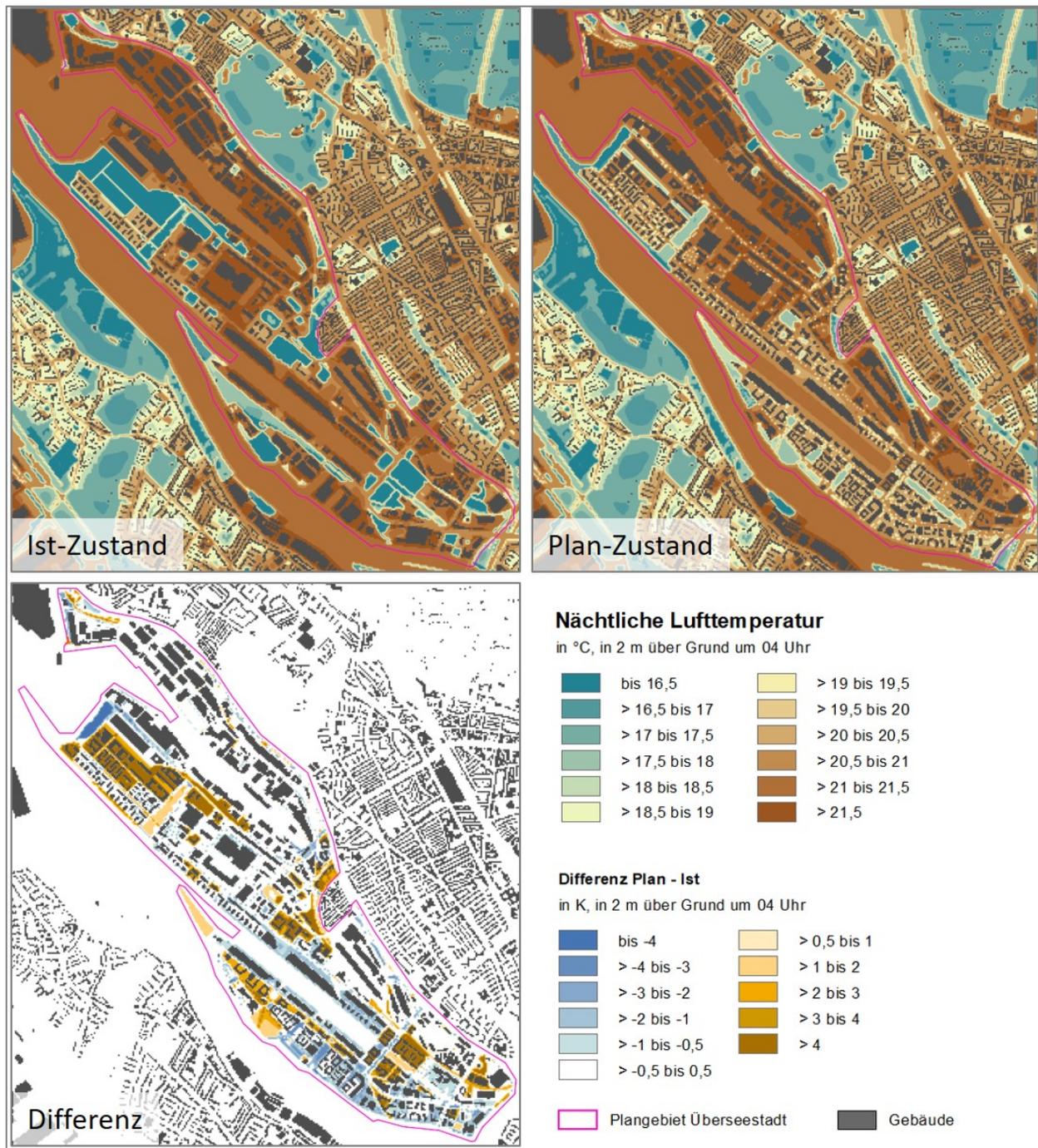


Abbildung 7: Nächtliches bodennahes Temperaturfeld für den Ist- und den Plan-Zustand sowie Darstellung der Differenz der beiden Zustände.

4.2 KALTLUFTSTRÖMUNGSFELD

Lokalen Strömungssystemen wie Flurwinden oder Hangabwinden kommt eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis, sodass die Durchlüftung der Stadtkörper herabgesetzt ist. Die Abfuhr überwärmter und schadstoffbelasteter Luftmassen in den Straßenschluchten kann in Abhängigkeit von der Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer und frischer Luft eine bedeutende klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Weil die 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), muss zur Bewertung der Grünflächen ein umfassenderer Klimaparameter herangezogen werden: der sogenannte Kaltluftvolumenstrom. Vereinfacht ausgedrückt stellt er das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts dar. Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt bspw. eines Hanges oder einer Leitbahn fließt (Abb. 8).

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab. Die Mächtigkeit der Kaltluftschicht nimmt im Verlaufe einer Nacht in der Regel zu und ist, genau wie die Luftaustauschprozesse allgemein, meist erst in der zweiten Nachthälfte vollständig entwickelt.

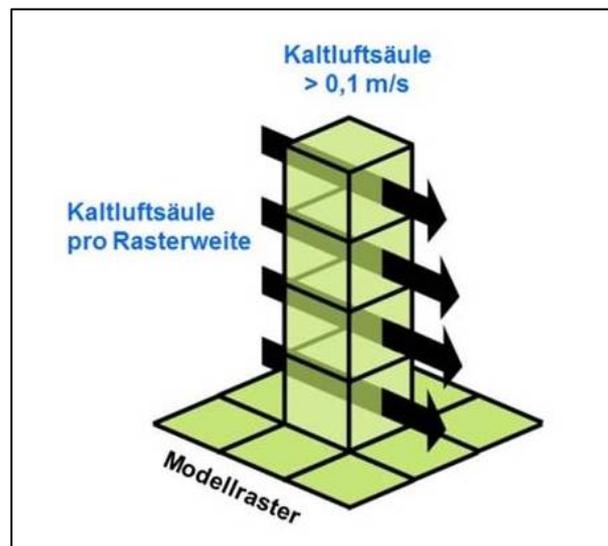


Abbildung 8: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

ERGEBNISSE

Abbildung 9 zeigt für den Ist- und den Plan-Zustand das zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte bodennahe Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen. Die Strömungsrichtung wird über die Pfeilrichtung in

Form von Vektoren abgebildet. Der Übersichtlichkeit halber sind sie nicht in der originalen Auflösung von 10 m dargestellt, sondern wurden auf 50 m aggregiert (zusammengefasst). Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Strömungsgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufen dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen liegt verbreitet zwischen $< 0,1$ m/s und über $0,5$ m/s, wobei deren Dynamik räumlich variiert. Eine potentielle klimaökologische Wirksamkeit wird dabei ab einer Windgeschwindigkeit von $0,1$ m/s angenommen.

Ist- und Plan-Zustand zeigen beide, dass die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten über großen rauigkeitsarmen Freiflächen, wie den Wasserflächen der Weser oder Freiflächen ohne hohe Vegetation auftreten. Trifft die Strömung auf hohe und dichte Strukturen, wie beispielsweise die Siedlungsflächen im Stadtteil Walle, wird sie modifiziert und abgebremst. Aufgrund des flachen Geländes treten in Bremen Ausgleichsströmungen weniger als Hangabwinde auf, sondern hauptsächlich als Flurwinde, die durch Temperaturunterschiede aus kühlen Bereichen in Richtung warmer Bereiche beschleunigt werden. Dieser Effekt wird durch die Pfeilrichtung des Strömungsfeldes deutlich und ist unter anderem im Bereich des Waller Friedhofs zu sehen, über dem die Luft in Richtung der wärmeren Siedlungsflächen von Walle und Gröpelingen und in die südwestlich angrenzenden Gewerbeflächen strömt.

Da das Plangebiet direkt an der Weser liegt, hat diese ebenfalls einen Einfluss auf das Strömungsgeschehen. Dort wo die Lufttemperatur über der Wasserfläche während der Nacht höher ist als über Siedlungs- und Parkflächen, wird die Luft in Richtung der Wasserflächen beschleunigt und strömt nicht in die angrenzende Bebauung hinein. Dies wird beispielsweise am südlichen Ufer der Überseeinsel deutlich sowie außerhalb des Plangebietes auf der südlichen Weserseite auf Höhe des Sportplatzes *Hanseatenkampfbahn*.

Die Gegenüberstellung der Analyseergebnisse von Ist- und Plan-Zustand macht deutlich, wie die zusätzliche Bebauung im Plan-Zustand das bodennahe Windfeld modifiziert. Im Ist-Zustand wird das Plangebiet aufgrund der bestehenden rauigkeitsarmen großen Freiflächen und der großen Gebäudeabstände (beispielsweise im Bereich Großmarkt und Europahafen) relativ gut durchströmt, mit Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu $0,5$ m/s. Durch die erhöhte Baudichte im Plan-Zustand wird die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Plangebietes teilweise deutlich vermindert auf bis zu unter $0,1$ m/s.

Das Strömungsfeld verdeutlicht, dass, abhängig von der Gebäudestellung, auch innerhalb relativ dicht bebauter Gebiete Kanalisierungseffekte auftreten können, die die Strömung beschleunigen und gegebenenfalls tiefer in die Bebauung hineintransportieren. Innerhalb des Plan-Zustandes ist dieser Effekt beispielsweise über dem Überseepark zu erkennen. Hier treten lokal relativ hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf, bis der Strömungsquerschnitt größer wird und die Luft in die angrenzenden Gebiete strömt und abgebremst wird.

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum geht im Wesentlichen mit der des bodennahen Strömungsfeldes einher (Abbildung 10). Auch hier wurden der Übersichtlichkeit halber die Richtungspfeile des bodennahen Strömungsfeldes auf 50 m aggregiert (zusammengefasst). Dort wo die bodennahe Windgeschwindigkeit relativ hoch ist, ist auch der Kaltluftvolumenstrom relativ stark ausgeprägt. Durch dichte Bebauung wird der Kaltluftvolumenstrom teils deutlich modifiziert. Hohe Werte treten im Ist-Zustand innerhalb der Siedlungsflächen nur über großen rauigkeitsarmen Flächen auf.

Im Plan-Zustand wird der Kaltluftvolumenstrom durch die verdichtete Bebauung weiter vermindert. Eine Ausnahme bilden fingerähnliche Grünflächen, über denen sich durch Kanalisierungseffekte erhöhte

Kaltluftvolumenströme von bis zu $> 20 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ bilden, durch die kühle Luft in die wärmeren Siedlungsflächen hineinbeschleunigt wird. Davon können angrenzende Siedlungsflächen profitieren. Beispiele dafür sind der Überseepark sowie die langgezogenen Grünflächen auf der Überseeinsel. Durch die besondere Lage der Überseestadt direkt an der Weser wird das Plangebiet allerdings nur sehr eingeschränkt mit Kaltluft von umgebenden großen Grünflächen versorgt. Im Bereich der Parkflächen auf der Überseeinsel wird die über den Parkflächen entstehende Kaltluft sogar von den wärmeren Wasserflächen abgelenkt und strömt Richtung Weser. Das Strömungsgeschehen, welches trotzdem innerhalb des Plangebietes auftritt, sorgt also für eine Durchmischung der Luftmassen, jedoch nicht unbedingt für eine Zuführung von Kaltluft.

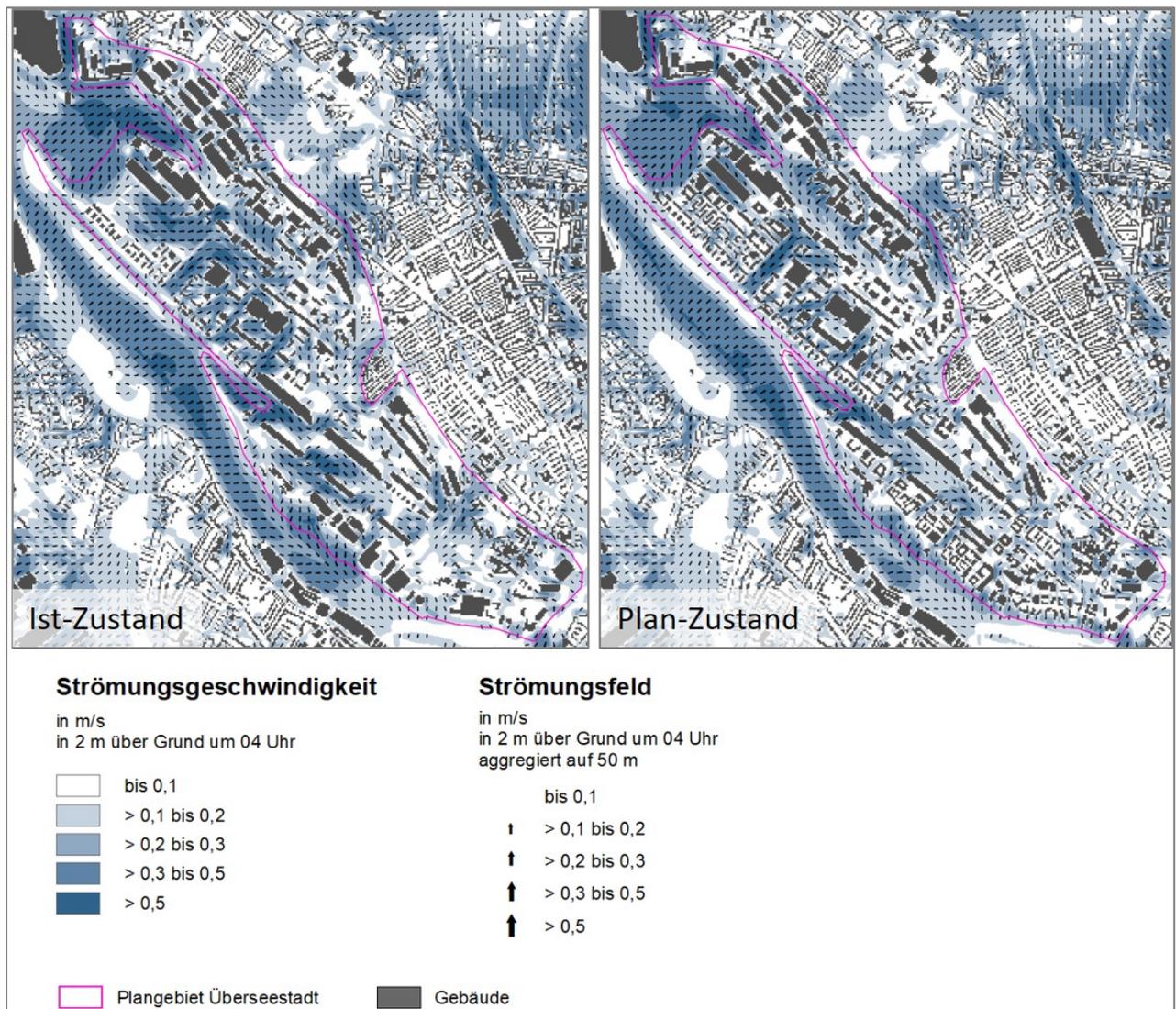


Abbildung 9: Strömungsfeld und Strömungsgeschwindigkeit im Ist- und im Plan-Zustand in 2 m über Grund um 04 Uhr.

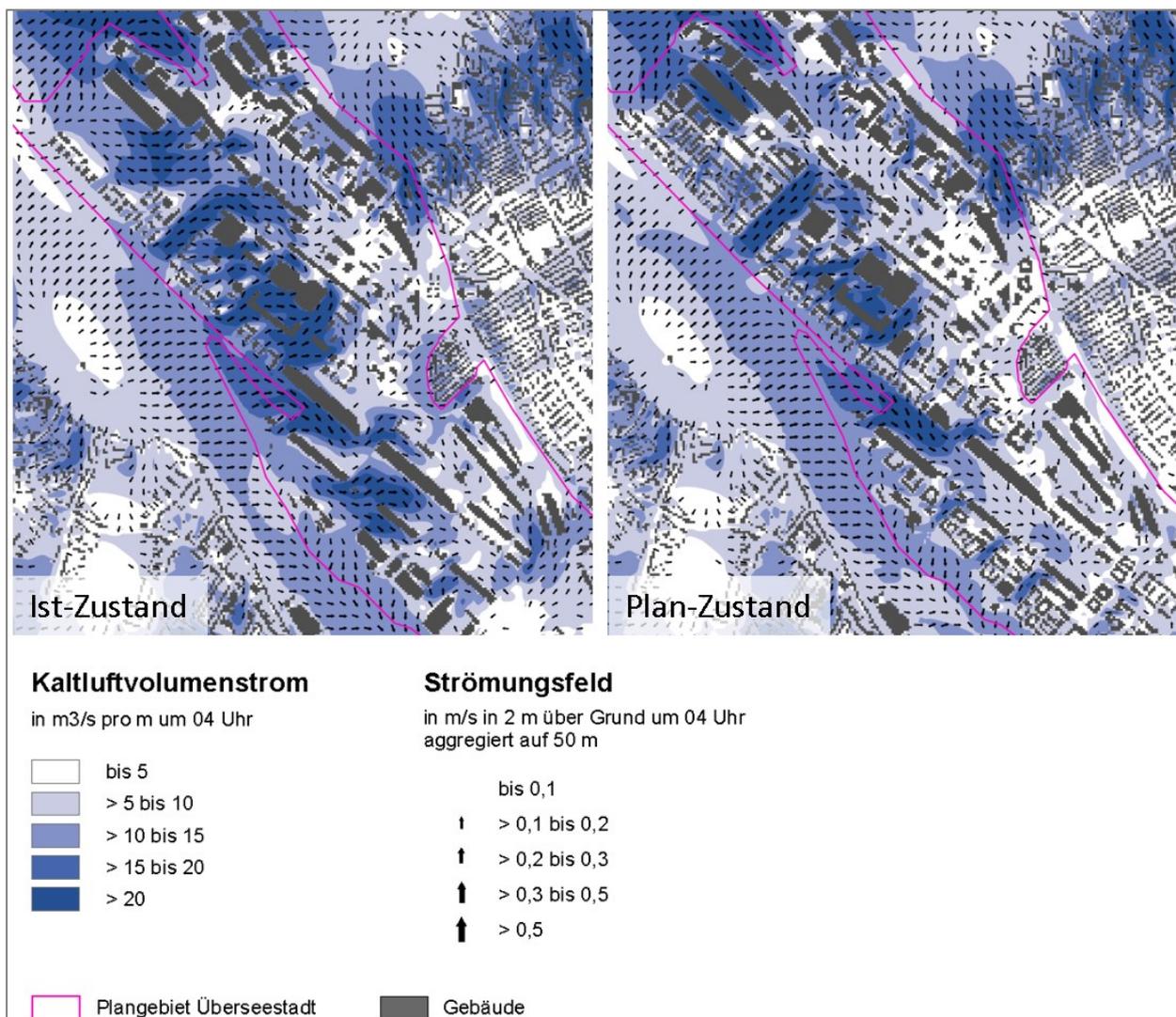


Abbildung 10: Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Ist- und Plan-Zustand in einem Ausschnitt des Plangebietes.

4.3 THERMISCHE BELASTUNG AM TAGE

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Wärmehaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen⁵.

In der vorliegenden Arbeit wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur; Matzarakis & Mayer 1996). Gegenüber vergleichbaren Indizes hat die PET den Vorteil, aufgrund der °C-Einheit besser nachvollzogen werden zu

⁵ Energiebilanzmodelle für den menschlichen Wärmehaushalt bezogen auf das Temperaturempfinden einer Durchschnittsperson („Klima-Michel“ mit folgenden Annahmen: 1,75 m, 75 kg, 1,9 m² Körperoberfläche, etwa 35 Jahre; vgl. Jendritzky 1990).

können⁶. Darüber hinaus hat sich die PET in der Fachwelt zu einer Art „Quasi-Standard“ entwickelt, sodass sich die Ergebnisse mit denen anderer Städte vergleichen lassen. Wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes bezieht sich die PET auf außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien und am Tage einsetzbar. Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifizieren (z.B. *Starke Wärmebelastung* ab PET 35 °C; Tab. A 1 im Anhang). Die PET bezieht sich auf eine Höhe von 1,1 m über Grund, dabei handelt es sich um den Körperschwerpunkt eines Norm-Menschen mit 1,75 m Körpergröße.

ERGEBNISSE

Im Vergleich zur nächtlichen Lufttemperatur weist die PET eine höhere Spannbreite im Untersuchungsgebiet auf (siehe Abbildung 11). Die geringsten Werte sind über der Weser zu finden. Im Uferbereich der Weser profitieren die anliegenden Siedungsflächen von der kühlenden Wirkung des Wassers und weisen eine geringe Wärmebelastung als weiter entfernt liegende Siedlungen auf. Vegetationsbewachsene Grünflächen zeigen ebenfalls nur schwache bis mäßige Wärmebelastungen. Der Aufenthaltsbereich des Menschen in 1,1 m ü.Gr. liegt unterhalb des Kronendachs und ist somit vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, sodass Wälder und Parks mit dichtem Baumbeständen als Rückzugsorte mit nur mäßiger Wärmebelastung dienen können. Die höchsten Werte sind über versiegelten Gewerbeflächen zu finden (mehr als 41 °C PET; *extreme Wärmebelastung*). Durch die fehlende Verschattung erreicht die thermische Belastung über unversiegelten Freiflächen wie Brachflächen ähnlich hohe Werte. Aus diesem Grund ist im Ist-Zustand großflächig mit einer extremen Wärmebelastung zu rechnen.

Durch die Entwicklung von Parkflächen im Plan-Zustand wird dort eine Verminderung der Wärmebelastung erreicht. Durch Schattenwurf und Verdunstungskühlung der Vegetation kommt es zu einer Kühlung der darüber liegenden Luftmassen, sodass Rückzugsorte für die Bevölkerung geschaffen werden. Kleinere Wasserflächen können weiterhin zur Entlastung beitragen (wie beispielsweise am Franz-Pieper-Karree). Durch die Betrachtung der Differenz zwischen Ist- und Plan-Zustand wird dieser Effekt besonders deutlich. Hier wird die Veränderung der Wärmebelastung am Tage von der Ist-Situation hin zur Plan-Situation gezeigt. Negative Werte bedeuten eine Abkühlung im Vergleich zur Ist-Situation, positive Werte eine Erwärmung. Durch die Entwicklung von Freiflächen hin zu Parkflächen mit schattenspendenden Bäumen und kühlenden Wasserflächen kann eine Entlastung von bis zu 6 K erreicht werden. Da der Straßenraum zukünftig grüner gestaltet werden soll als er sich im Ist-Zustand noch darstellt, wurden im Planfall diverse Bäume entlang der Straßen angenommen. Diese sind in der Differenzkarte als blaue Punkte zu erkennen, da sie durch ihren Schattenwurf für lokale Abkühlungen von bis zu 6 K sorgen können.

Die Differenzkarte zeigt, dass es vereinzelt auch zu einer Erhöhung der Wärmebelastung kommt, unter anderem im Bereich der neuentwickelten Siedlungsflächen auf der Überseeinsel. Hier befindet sich im Ist-Zustand eine vegetationsbewachsene Fläche, die nur eine geringe Wärmebelastung aufweist. Durch die Entwicklung einer Siedlungsfläche fällt die schattenspendende und kühlende Vegetation weg und wird durch eine höher versiegelte Nutzung ersetzt. Dies führt im Modell zu einer erhöhten Wärmebelastung. Weiterhin kommt es im Bereich des *Waller's Sandes* zu einer deutlichen Temperaturerhöhung. Dem liegt die gleiche Erklärung zugrunde wie schon bei der nächtlichen Lufttemperatur: In der Modellanalyse für

⁶ Beispiele für weitere Kenngrößen sind der PMV (Predicted Mean Vote) und UTCI (Universeller thermischer Klimaindex).

den Ist-Zustand ist dieser Bereich noch mit der Nutzungsklasse *Wasser* belegt worden. Da dieser im Städtebaulichen Rahmenplan aber eindeutig als Landmasse dargestellt ist, wurde beschlossen, dies in der Modellanalyse für den Plan-Zustand auch so zu kennzeichnen. Da eine freie Landfläche in den Modellergebnissen für die PET deutlich wärmer erscheint als eine Wasserfläche, kommt hier diese Differenz zustande.

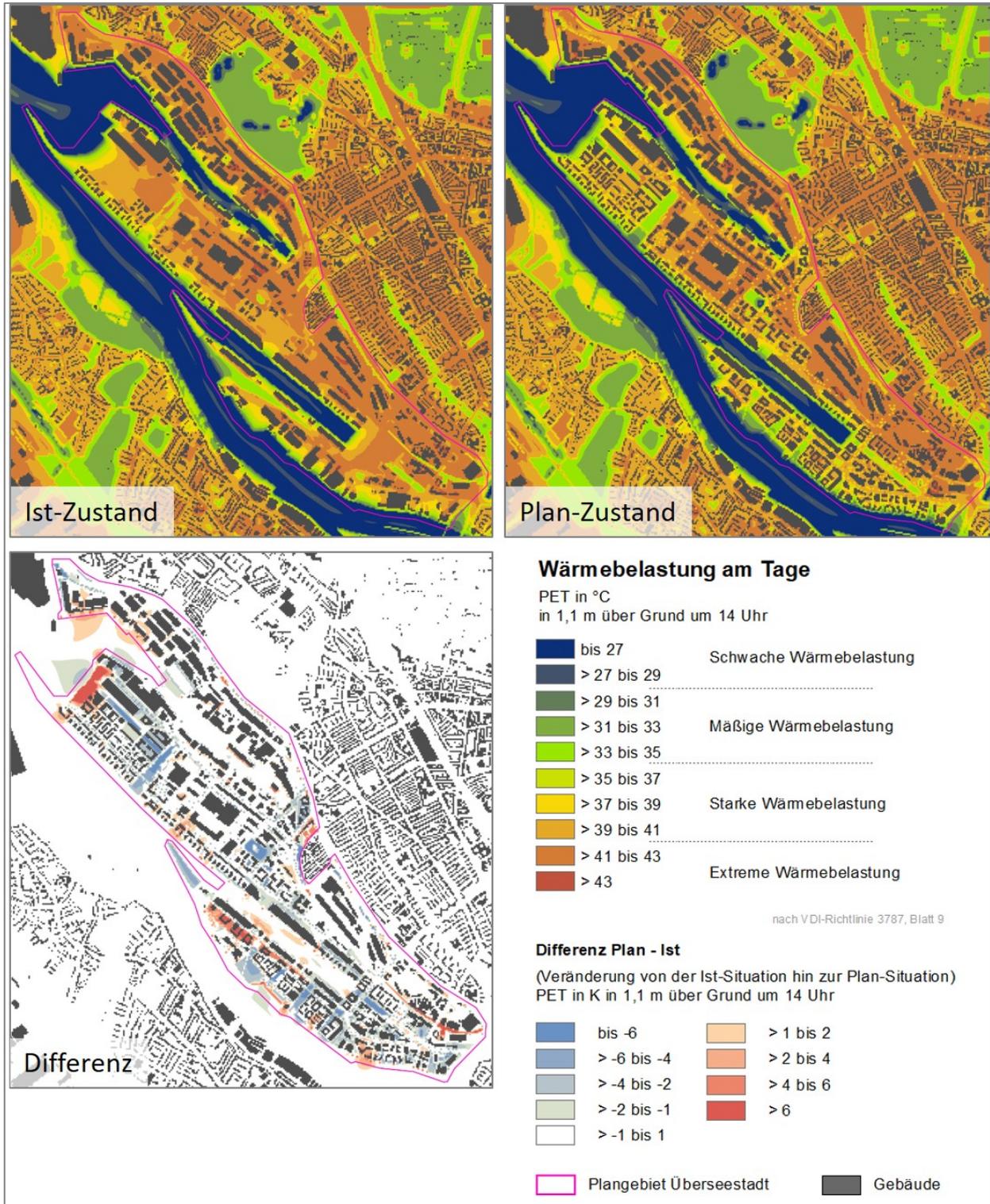


Abbildung 11: Wärmebelastung am Tage (PET) für Ist- und Plan-Zustand sowie Darstellung der Differenz der beiden Zustände.

4.4 STRÖMUNGSBILD UNTER EINER NORMALLAGE

Aufgrund der exponierten Wasserlage ist es sinnvoll, den Windkomfort bei der Planung zu berücksichtigen. Inwieweit Windgeschwindigkeiten als störend empfunden werden hängt dabei deutlich von der momentan von einer Person ausgeübten Tätigkeit und ebenso von der Umgebung ab. Im Sitzen oder längeren Stehen im Freien werden höhere Windgeschwindigkeiten eher als unangenehm empfunden. Dagegen können bei sportlichen Aktivitäten moderate Windgeschwindigkeiten durchaus angenehm sein. In einer vollständigen Windkomfortanalyse wird das Modellgebiet aus allen Windrichtungen angeströmt und mit der Windhäufigkeitsverteilung verrechnet. Die Analyseergebnisse zeigen, an welchen Orten relativ hohe Windgeschwindigkeiten relativ häufig auftreten. An diesen Stellen kann die Aufenthaltsqualität bei längerer Aufenthaltsdauer herabgesetzt sein. Da so eine Analyse für große Gebiete wie die Überseestadt sehr rechenaufwändig ist, wurde in der vorliegenden Untersuchung der Weg gewählt, das Strömungsbild unter einer Normallage zu betrachten. Dabei wird das Modellgebiet nicht aus allen Windrichtungen, sondern ausschließlich aus der Hauptanströmrichtung (hier: Westsüdwest) angeströmt. Die Anströmung geschieht hier beispielhaft mit 4 m/s in 10 m Höhe. Daraus lassen sich erste Hinweise ableiten, wo es im Plangebiet zu Strömungsbeschleunigungen und somit zu Windkomforteinschränkungen kommen kann. Dies ist unter anderem von der Oberflächenrauigkeit, dem Strömungsquerschnitt und der Gebäudegeometrie abhängig. Dieser Weg der Analyse bietet jedoch ausschließlich einen ersten Anhaltspunkt und ist kein Ersatz für eine vollständige Windkomfortanalyse.

Zu beachten ist, dass hier – im Gegensatz zu den bisherigen Parametern – keine autochthone Wetterlage angenommen wird. Im Gegensatz zu einer autochthonen Wetterlage wird bei einer Normallage ein übergeordneter Wind angenommen (4 m/s aus Westsüdwest), der sich im Plangebiet abhängig von den abbremsenden/beschleunigenden Strukturen ausbildet. Flurwinde, wie sie sich unter einer autochthonen Wetterlage ausbilden, sind hier nicht relevant.

ERGEBNISSE

Das Strömungsbild unter Normallage wurde nur für den Plan-Zustand berechnet, um einen Eindruck zu gewinnen, ob die neuen Strukturen zu Windkomforteinschränkungen führen können. Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse der Analyse. Da die Anströmungsgeschwindigkeit von 4 m/s nur beispielhaft ist, um abbremsende und beschleunigende Prozesse zu verdeutlichen, wurden die Strömungsgeschwindigkeiten normiert. Werte von 0 bis 1 zeigen eine Abbremsung, Werte >1 bis >1,4 zeigen eine Beschleunigung der Anströmung. Die Karte zeigt, dass es innerhalb des Plangebietes unter der Anströmung aus Westsüdwest zu variablen Strömungsgeschwindigkeiten kommt. Durch die relativ hohe Bebauungsdichte wird die Strömung großflächig abgebremst. Entlang von Freiflächen, wie beispielsweise über dem Europahafen und dem Überseepark, aber auch entlang von Straßenzügen wie entlang *Am Speicher XI* in der Umgebung des Franz-Pieper-Karrees, und an Gebäudeecken wie zwischen Schuppen 1 und dem ehemaligen Schuppen 3, wird die Strömung nur geringfügig abgebremst oder sogar leicht beschleunigt. In diesen Bereichen können Einschränkungen im Windkomfort auftreten.

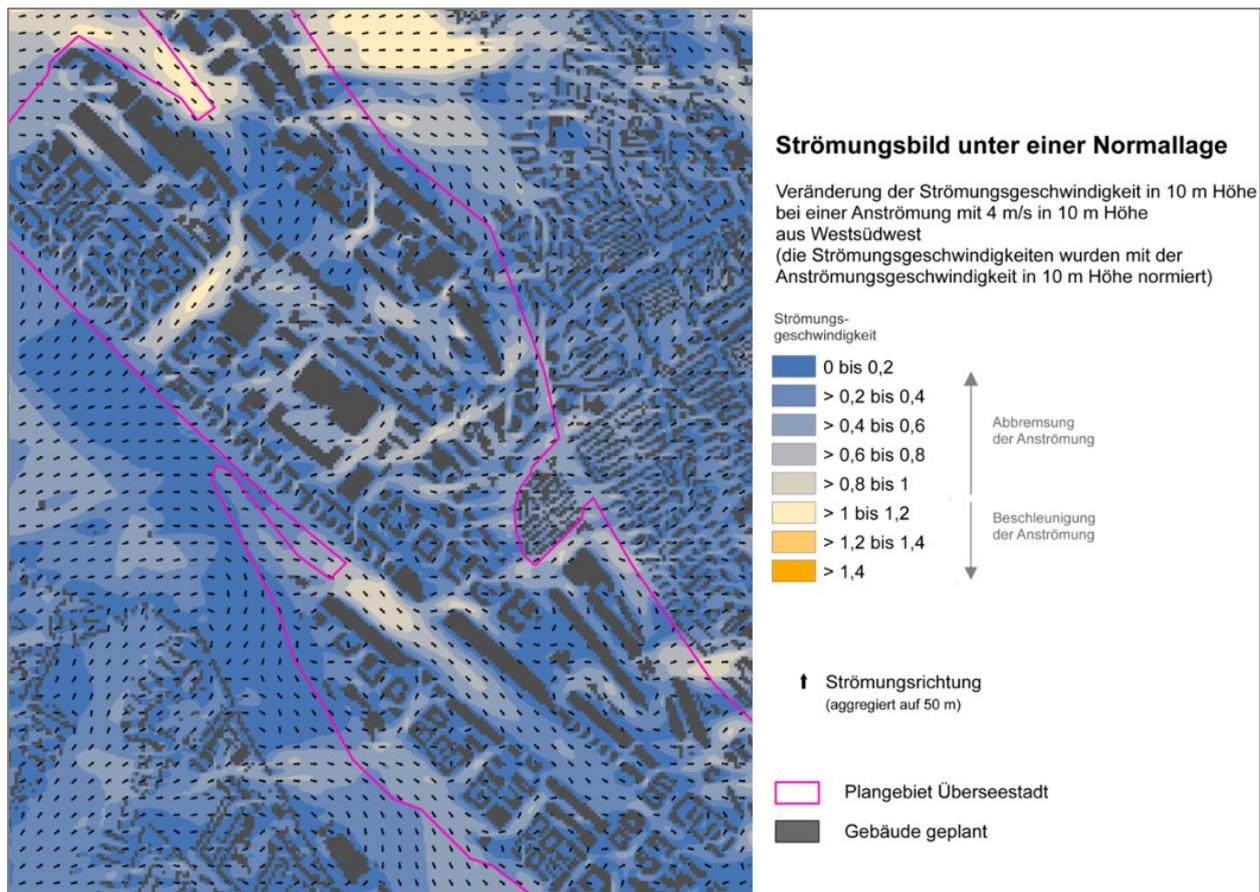


Abbildung 12: Strömungsbild unter einer Normallage (Anströmung aus Westsüdwest mit 4 m/s in 10 m Höhe) für einen Ausschnitt des Plangebietes.

5. Klimaanalysekarte

Die Klimaanalysekarten für den Ist- und für den Plan-Zustand (Abbildung 13) fassen die einzelnen Analyseparameter zusammen und bilden die Funktionen und Prozesse des nächtlichen Luftaustausches im gesamten Untersuchungsraum ab (Strömungsfeld, Kaltluftaustauschprozesse). Für Siedlungs- und Gewerbeflächen stellen sie die nächtliche Überwärmung dar (Wärmeineffekt), basierend auf der bodennahen Lufttemperatur in einer autochthonen Sommernacht um 04 Uhr morgens.

Im Rahmen der Kartenerstellung wird in Grün-/Freiflächen und Siedlungsräume und Plätze unterschieden. Für den Plan-Zustand wurde die Unterteilung in Grün- und Siedlungsflächen auf Basis der derzeitigen aktuellen Planungen vorgenommen. Lokal kann es hier durch zukünftige Stadtplanungen zu Veränderungen kommen.

Die Klimaanalysekarte ist ein geeignetes Instrument um alle Klimaparameter übersichtlich für das gesamte Untersuchungsgebiet zusammenzufassen. Dabei bezieht sich die Einordnung der Parameter gewöhnlich auf einen gesamten Stadtraum und nicht wie in der vorliegenden Analyse auf ein

Stadtteilgebiet. Der Vollständigkeit und Übersichtlichkeit halber, wurde beschlossen trotzdem eine Klimaanalysekarte für das Untersuchungsgebiet zu erstellen. Parameter wie der Wärmeinseleffekt, deren Ausprägung von Durchschnittswerten des gesamten Untersuchungsgebietes abhängen, können deshalb von einer gesamtstädtischen Betrachtung abweichen und sind nicht damit vergleichbar.

5.1 BIOKLIMATISCHE BELASTUNG IN DEN SIEDLUNGS- UND GEWERBEFLÄCHEN

Die nächtliche Überwärmung der Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen beruht auf dem Temperaturunterschied derer zu unversiegelten Grünflächen im gesamten Untersuchungsgebiet. Unter den angenommenen Bedingungen erreichen die Grünflächen eine mittlere Lufttemperatur von 16,2 °C im Ist- und Plan-Zustand. Der *Wärmeinseleffekt* ergibt sich als Abweichung von diesem Bezugswert. Im Vergleich zu absoluten Temperaturwerten bietet diese Darstellung den Vorteil, dass die Überwärmung des Siedlungsgebiets weitestgehend auch während anderer Wetterlagen gilt – wenngleich der Wärmeinseleffekt in der Regel während autochthoner Bedingungen am stärksten ausgeprägt ist. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Ermittlung üblicherweise für gesamtstädtische Untersuchungen durchgeführt wird. In diesen ist der Grünanteil durch die Mitbetrachtung des Umlandes deutlich größer. Daraus kann sich eine niedrigere mittlere Lufttemperatur der Grünflächen ergeben und dementsprechend ein höherer Wärmeinseleffekt. Die Betrachtung des Wärmeinseleffektes in dieser Analyse ist demzufolge nicht mit anderen Analysen vergleichbar.

Die Klimaanalysekarten zeigen, dass insbesondere die hochversiegelten Gewerbeflächen im Untersuchungsgebiet von einem relativ hohen Wärmeinseleffekt (> 5 K) betroffen sind. Im Ist-Zustand herrschen insbesondere um den Europahafen herum und auf der Überseeinsel Gewerbeflächen vor, weshalb hier der Wärmeinseleffekt stark ausgeprägt ist. Da hier ein Untersuchungsgebiet mit einem relativ hohen Gewerbeanteil betrachtet wird, ist auch der Wärmeinseleffekt großflächig ausgeprägt. In den Tabellen 1 und 2 erfolgt eine Einordnung, wie hoch die Flächenanteile sind, die einer gewissen Überwärmung unterliegen⁷. Insgesamt unterliegen im Ist-Zustand 34,6 % der Siedlungsflächen einem relativ hohen Wärmeinseleffekt von über 5 K. Im Plan-Zustand unterliegen etwas weniger Flächen einer so hohen Überwärmung (32,1 %). Grund dafür ist, dass einige der ehemaligen Gewerbeflächen in Siedlungsflächen mit einem geringeren Versiegelungsgrad umgewandelt werden, die sich weniger stark aufheizen. Diese unterliegen hauptsächlich einem Wärmeinseleffekt zwischen 3 und 5 K. In weniger dicht bebauten Bereichen außerhalb des Plangebietes, beispielsweise in Woltmershausen und Rabinghausen ist die Überwärmung großflächig mit bis zu 3 K deutlich geringer ausgeprägt.

Da sich die Summe der Flächen, die in den Klimaanalysekarten als Siedlungsflächen ausgewiesen werden, vom Ist- zum Plan-Zustand hin um 34,2 ha vergrößert, ist ein direkter Vergleich der Zahlen nur in eingeschränktem Maße möglich.

⁷ Es gibt keinen offiziellen Grenzwert, bis wann eine Überwärmung als „gering“ einzustufen ist, sodass die Festlegung des hier verwendeten Schwellenwerts auf gutachterlicher Erfahrung unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten beruht (z.B. das Relief im Stadt- bzw. Untersuchungsgebiet).

Tab. 1: Flächenanteile der nächtlichen Überwärmung im Siedlungs- und Gewerbebaum im Ist-Zustand.

Nächtlicher Wärmeineffekt [K]	Flächenanteil im Untersuchungsgebiet [%]
Geringer Wärmeineffekt	1,2
> 2 bis 3	11,1
> 3 bis 4	8,3
> 4 bis 5	44,8
> 5	34,6

Tab. 2: Flächenanteile der nächtlichen Überwärmung im Siedlungs- und Gewerbebaum im Plan-Zustand.

Nächtlicher Wärmeineffekt [K]	Flächenanteil im Untersuchungsgebiet [%]
Geringer Wärmeineffekt	1,2
> 2 bis 3	10,9
> 3 bis 4	9,7
> 4 bis 5	46,0
> 5	32,1

5.2 KALTUFTEINWIRKBEREICH

Siedlungsräume lassen sich in ausreichend durchlüftete Areale und damit meist klimatisch günstige Siedlungsstrukturen sowie klimatische Belastungsbereiche untergliedern. Der *Kaltlufteinwirkbereich* kennzeichnet die bodennahe Strömung der Kaltluft aus den Grünflächen in die angrenzende Bebauung während einer autochthonen Sommernacht. Damit geht einher, dass die im Einwirkbereich befindliche Bebauung in der Nacht vergleichsweise günstigere Verhältnisse aufweist. Als Kaltlufteinwirkbereich sind Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen innerhalb des Stadtgebiets gekennzeichnet, die von einem überdurchschnittlich hohen Kaltluftvolumenstrom $> 10,2 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ (Ist-Zustand) bzw. $> 10,1 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ (Plan-Zustand) durchflossen werden. Dabei erfolgt die Darstellung rastergenau auf Ebene der Modellergebnisse, d.h. ggf. werden nur Teile einer Blockfläche oder Straße als Kaltlufteinwirkbereich ausgewiesen.

Aufgrund der Lage der Überseestadt gelangt nur wenig Kaltluft von außen in das Plangebiet hinein. Die Kaltluftdynamik bewegt sich auf einem relativ niedrigen Niveau. Aufgrund der relativen Betrachtung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Untersuchungsgebietes können trotzdem einige Bereiche als Kaltlufteinwirkbereiche ausgewiesen werden. Dies gilt für Ist- und Plan-Zustand. Beim Vergleich der beiden Zustände erkennt man, dass sich die Kaltlufteinwirkbereiche im Zuge der Beplanung verlagern. So profitieren im Ist-Zustand Siedlungsflächen von den großen Brachflächen, über denen sich während der Nacht Kaltluft bildet und in die Siedlungsflächen hineinströmt. Da es sich hierbei allerdings noch großflächig um Gewerbeflächen handelt, ist offen, ob eine nächtliche Durchlüftung für diese Flächen Relevanz hat. Weiterhin profitiert mit dem Viertel *Waller Wied* ein Wohnviertel von einer südwestlich angrenzenden Freifläche, von der Kaltluft in die Bebauung strömt.

Im Plan-Zustand ist Waller Wied nicht mehr als Kaltlufteinwirkbereich gekennzeichnet, da sich die Kaltluft liefernde Freifläche deutlich verkleinert hat. Auch in weiteren Bereichen des Plangebietes hat sich die

Kaltluftdynamik aufgrund der erhöhten Bebauungsdichte verändert, wobei ein direkter Vergleich mit dem Ist-Zustand nur schwer möglich ist, da sich die Nutzungsstruktur sehr stark verändert hat.

5.3 KALTLUFTPROZESSGESCHEHEN ÜBER GRÜN- UND FREIFLÄCHEN

In den Klimaanalysekarten werden Grün- und Freiflächen hinsichtlich ihres Kaltluftliefervermögens charakterisiert. Als Kaltluft produzierende Bereiche gelten insbesondere unversiegelte Freiflächen (z.B. Ackerflächen) sowie durch aufgelockerten Vegetationsbestand geprägte Grünflächen wie Parkareale, Kleingärten und Friedhofsanlagen als auch Gleisareale und Wasserflächen (sowohl innerhalb als auch außerhalb der Siedlungsräume). Dabei wird der Kaltluftvolumenstrom in Form quantitativer Angaben in abgestufter Flächenfarbe abgebildet. Zusätzlich werden *Flurwinde* ab einer als klimaökologisch wirksam angesehenen Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s durch Pfeilsignatur in Hauptströmungsrichtung dargestellt.

Im Gebiet der Überseestadt sind keine „klassischen“ Kaltluftschneisen vorhanden, die linienhaft Kaltluft in den Stadtkörper hineintragen. Aufgrund der besonderen Lage am Wasser erfolgt ein Luftaustausch mit Grünflächen im Umland nur im eingeschränkten Maße. Dennoch gibt es Flächen, die wichtige Funktionen für die Durchlüftung einnehmen und den Luftaustausch zwischen über Grünflächen produzierter Kaltluft und dem Siedlungsraum begünstigen. Diese Bereiche wurden als *Klimaaustauschbereiche* hervorgehoben – auf Grundlage der Kaltluftmodellierung ausgewiesene Flächen, die für das Siedlungsgebiet eine bedeutende Durchlüftungsfunktion aufweisen. Diese Festlegung gilt insbesondere für autochthone Wetterlagen (dabei Flächen mit überdurchschnittlicher Kaltluftvolumenstrom bzw. -produktion), aber auch bei übergeordneter Strömung (Ventilation).

In der Klimaanalysekarte des Ist-Zustandes liegen vor allem nördlich der Überseestadt im Bereich des Waller Friedhofs sowie innerhalb des Plangebietes über den Freiflächen der Überseeinsel und nordwestlich des Großmarktes Klimaaustauschbereiche vor, die in Richtung der Siedungsbebauung führen. Im Plan-Zustand bleiben die Austauschbereiche am Waller Friedhof weiterhin existent, die Austauschbereiche auf der Überseeinsel bestehen nicht mehr. Im Bereich nordwestlich des Großmarktes wird die Strömung durch die erhöhte Baudichte umgeleitet. Der Kaltluftaustauschbereich führt nun über den Überseepark von Südwest nach Nordost und wird durch die den Park umgebende Bebauung begrenzt.

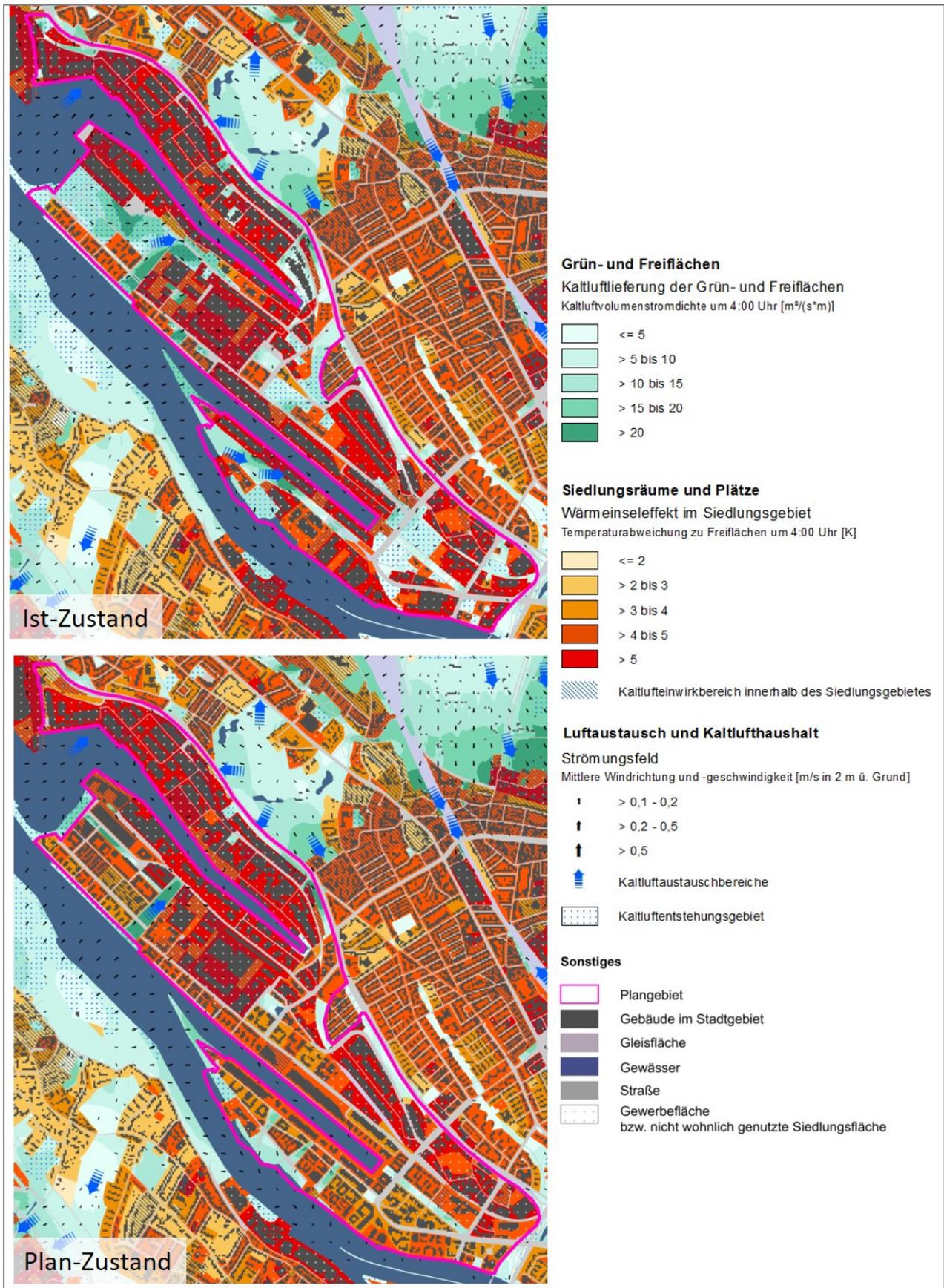


Abbildung 13: Klimaanalysekarten für den Ist- und für den Plan-Zustand.

6. Planungshinweise

Für die Überseestadt wurde ein Katalog aus diversen klimaökologisch wirksamen Einzelmaßnahmen identifiziert, die den einzelnen Nutzungsstrukturen allgemein zugeordnet werden können. Insbesondere vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und des langfristigen Planungshorizontes ist die Berücksichtigung von klimaanpassenden Maßnahmen umso wichtiger. Da die Überseestadt einem langfristigen, komplexen und kleinteiligen Planungsprozess unterliegt, wird weiterhin auf verschiedene Teilbereiche („Lupengebiete“) in Form von Steckbriefen im Detail eingegangen. In diesen werden die Teilbereiche auf Basis ihres jeweiligen Planungsstandes betrachtet und geeignete Planungshinweise gegeben und verortet. Die Teilgebiete wurden in Absprache mit dem Auftraggeber und der Stadtplanung ausgewählt.

6.1 MAßNAHMENKATALOG STADTKLIMA

Der Maßnahmenkatalog umfasst die Zusammenstellung von 22 Maßnahmen. Die Ergebnisse sind jeweils als Planungsempfehlungen zu verstehen, die bei Betrachtung einer konkreten Fläche oder spezifischen Maßnahme einer genaueren Überprüfung bedürfen (z.B. beruht die Empfehlung *Dachbegrünung* auf der stadtklimatischen Situation, ohne zu berücksichtigen, ob deren bauliche Umsetzung tatsächlich möglich wäre, da keine Informationen über den Dachtyp der Gebäude auf der Blockfläche vorlagen). Die Maßnahmen sind stichpunktartig in Tabelle 3 beschrieben und in verschiedene Cluster aufgeteilt:

- Thermisches Wohlbefinden im Außenraum
- Verbesserung der Durchlüftung
- Reduktion der Wärmebelastung im Innenraum
- Verbesserung des Windkomforts

Die Cluster *Thermisches Wohlbefinden im Außenraum*, *Verbesserung der Durchlüftung* und *Reduktion der Wärmebelastung im Innenraum* zielen insbesondere darauf ab, das Plangebiet „von Innen“ heraus zu kühlen. Der Cluster *Verbesserung des Windkomforts* beschreibt Maßnahmen, die aufgrund der windexponierten Wasserlage des Plangebietes notwendig sein können, um eine gute Aufenthaltsqualität zu gewährleisten. Die Wirkung der Maßnahmen wird qualitativ beschrieben, da verifizierte Daten nur sehr vereinzelt für ganz spezielle Fallstudien zur Verfügung stehen. Zum anderen hängt die Wirkung stark von der konkreten Ausgestaltung der Maßnahmen, ihrer Lage im Stadtgebiet sowie der betrachteten vertikalen und horizontalen Entfernung von der Maßnahme ab. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen aus den ersten drei Clustern geeignet, den thermischen Stress für die Stadtbevölkerung direkt oder indirekt zu verringern und damit zur Erreichung eines gesunden Stadtklimas beizutragen – werden die Maßnahmen kombiniert, verstärken sich in der Regel die positiven stadtklimatischen Effekte der einzelnen Maßnahmen.

Im Folgenden wird auf einzelne Maßnahmen eingegangen: Soweit möglich sollte der Grünanteil im Stadtgebiet erhöht werden, insb. in thermisch belasteten Bereichen (→ M01: Öffentliche Grünräume schaffen). Wasserversorgte strukturreiche Grünflächen (mit Bäumen, Sträuchern) wirken sich durch ihre Verdunstung positiv auf das Umgebungsklima aus und erhöhen durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität (→ M06: Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren). Im Vergleich zu

wärmespeichernden städtischen Baumaterialien kühlen Grünflächen nachts deutlich schneller ab und können (ab einer gewissen Größe, abhängig von Lage, Typ und Umfeld) als Kaltluftliefergebiete auf ihr (nahes) Umfeld wirken. Gleichzeitig erfüllen sie viele weitere Funktionen wie die Möglichkeit zur Erholung, die Erhöhung der Biodiversität und Synergieeffekte zum Niederschlagsmanagement (Versickerung) und zur Luftreinhaltung (Deposition von Luftschadstoffen).

Neben ihrem Potential zur Verringerung der thermischen Belastung am Tage und in der Nacht (Schattenwurf, Verdunstung, etc.), übernehmen Bäume (und Sträucher) im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoffen und verbessern dadurch die Luftqualität. Bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen sollte darauf geachtet werden, dass der (vertikale) Luftaustausch erhalten bleibt, um Schadstoffe abzutransportieren und die nächtliche Ausstrahlung zu gewährleisten. Geschlossene Kronendächer sind daher insbesondere bei kleinen Straßenquerschnitten und hohem motorisierten Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Dabei sind solche Gehölze (bspw. Ginkgo oder Japanische Ulme (Umweltamt Bielefeld 2013)) zu bevorzugen, die keine hohen Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen, aufweisen. Großkronige Laubbäume sind bei Neupflanzungen Nadelbäumen vorzuziehen, da sie im Winter geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können. Mit Blick auf den Klimawandel sollte bei der Artenauswahl von Neu- oder Ersatzpflanzungen auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden (die Findung von resistenten Arten ist noch Stand der Forschung, Zwischenergebnisse sind u.a. beim „Projekt Stadtgrün 2021“ der LWG Bayern⁸ oder in der GALK-Straßenbaumliste⁹ nachzulesen).

Maßnahmen zur Verschattung verringern die durch direkte Sonneneinstrahlung bedingte thermische Belastung am Tage. Beschattete Straßen, Fuß- und Radwege oder Parkplätze speichern weniger Wärme als die der Sonnenstrahlung ausgesetzten versiegelten Freiflächen (→ M05: Begrünung und Verschattung von Parkplätzen). Bei großflächiger Verschattung kann somit auch der nächtliche Wärmeinseleffekt und damit die thermische Belastung angrenzender Wohnquartiere reduziert werden (→ M16: Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen).

Klimaangepasstes Bauen enthält viele der bisher genannten Maßnahmen und ist am einfachsten bei Neubauten umzusetzen, doch auch im Bestand und bei Nachverdichtung sind Maßnahmen zur Verbesserung bzw. Berücksichtigung stadtklimatischer Belange möglich. Im Neubau bietet sich die Chance, die Gebäudeausrichtung zu optimieren und damit den direkten Hitzeintrag zu reduzieren. Unter Berücksichtigung der Sonnen- und Windexposition sollten Gebäude so ausgerichtet werden, dass in sensiblen Räumen wie z.B. Schlafzimmern (oder auch Arbeitszimmer/Büroräume) der sommerliche Hitzeintrag minimiert wird (→ M18: Anpassung des Raumnutzungskonzeptes). Umso mehr gilt dies für sensible Gebäudenutzungen wie z.B. Krankenhäuser oder Pflegeheime. Durch geeignete Gebäudeausrichtung kann darüber hinaus eine gute Durchlüftung mit kühlender Wirkung beibehalten bzw. erreicht werden (Ausrichtung parallel zur Kaltluftströmung, Vermeidung von Querriegeln zur Strömungsrichtung, ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen den Gebäuden (→ M10: Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten). Auch die Verwendung geeigneter Baumaterialien lässt sich im Wesentlichen nur bei Neubauten realisieren, aber auch eine nachträgliche Dämmung von bereits bestehenden Bauten kann ein wesentliches Maß zur klimagerechten Gestaltung der Stadt und zum thermischen Wohlbefinden der Bevölkerung beitragen. Bei Neubau ist auf die thermischen Eigenschaften

⁸ www.lwg.bayern.de/landespflanze/urbanes_gruen/085113/index.php (Abruf 16.09.2021)

⁹ www.galk.de/index.php/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuuebersicht/strassenbaumliste (Abruf 16.09.2021)

der Baumaterialien zu achten – natürliche Baumaterialien wie Holz haben einen geringeren Wärmeumsatz und geben entsprechend nachts weniger Energie an die Umgebungsluft ab als z.B. Stahl. Auch die Albedo kann über die Wahl entsprechender Baumaterialien beeinflusst werden, so ist die Reflektion der solaren Einstrahlung auf hellen Oberflächen größer, sodass sich diese weniger stark aufheizen (→ M02: Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten). Bautechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Innenraumklimas wie Dach- und Fassadenbegrünung, Verschattungselemente¹⁰ oder energetische Sanierung¹¹ sind dagegen auch im Bestand umsetzbar und bieten vielfach Synergieeffekte zum Energieverbrauch der Gebäude (→ M14, M15, M16, M17).

Bei Nachverdichtung im Stadtgebiet sollten die Belange klimaangepassten Bauens berücksichtigt werden (insb. die Gewährleistung einer guten Durchlüftung). In der Regel stellt die vertikale Nachverdichtung dabei die aus stadtklimatischer Sicht weniger belastende Lösung dar.

¹⁰ Bäume, Vordächer, Markisen, Jalousien/Außenrollos, Sonnensegel, Sonnenschutzglas, etc.

¹¹ Wirkt nicht nur Energieverlusten im Winter entgegen, sondern auch gegen übermäßiges Aufheizen der Fassaden im Sommer.

Tabelle 3: Tabellarischer Maßnahmenkatalog

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
THERMISCHES WOHLBEFINDEN IM AUSSENRAUM				
01	Innen-/Hinterhofbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> Vegetation und Entsiegelung 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement und zur Biodiversität 	Innen- und Hinterhöfe
02	Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen	<ul style="list-style-type: none"> Kleine Parks und gärtnerisch gestaltete Grünflächen im innerstädtischen Raum, die auch Erholung bieten 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts Vernetzung von Grünflächen Synergien zum Niederschlagswassermanagement und zur Biodiversität 	Baulücken, größere Hinterhöfe (insb. in thermisch belasteten Wohngebieten)
03	Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten	<ul style="list-style-type: none"> Helle Farben (insbesondere von Dächern) und Baumaterialien, die wenig Wärme speichern 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts 	Dächer (Neubau und Bestand), ggf. Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
04	Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren	<ul style="list-style-type: none"> Rasenflächen oder Teilversiegelung (Rasengittersteine, etc.) niedrige Anzahl oberirdischer Stellplätze zugunsten von Grünflächen, begrünte Gebäudeflächen 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und insb. nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze, Gebäude, Innen- und Hinterhöfe, Vorgärten, Betriebshöfe
05	Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> Blaue oder grüne Maßnahmen für den Verkehrsraum (blau-grün muss nicht zwangsläufig in Kombination erfolgen) Erhöhung des Vegetationsanteils im Verkehrsraum (Bäume, Alleen, Begleitgrün, Rasengitter, etc.) sowie Schaffung von offenen Wasserflächen (z.B. Brunnenanlagen auf Plätzen) s. auch Forschungsprojekt „BlueGreenStreets: Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere“ 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insb. tagsüber (bei Pflanzung neuer Bäume) und nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement (Entlastung des Kanalnetzes bei Starkregen, Grundwasserneubildung, Verdunstungskühlleistung) und zur Biodiversität 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
06	Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bäume oder bautechnische Maßnahmen (Markisen, Überdachung, Sonnensegel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduktion der Wärmebelastung insb. tagsüber und nachts 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze, Gebäude im Wohn- und Arbeitsumfeld
07	Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mikroklimatische Vielfalt von Grünflächen (offene Wiesenflächen, Bäume, Wasserflächen, Pflanzungen) ▪ Pflanzungen im Sinne einer Baumwiese (Savannentyp) (Kuttler 2013) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts ▪ Synergien zur Biodiversität 	Grün- und Freiflächen, Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
08	Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz von Ausgleichsräumen mit einer sehr hohen Bodenkühlleistung und Aufwertung von Böden mit mittlerer bis geringer Bodenkühlleistung ▪ Verbesserung des Bodenaufbaus (Bodenlockerung, Bodenauftrag, usw.), Bodenschutz, Etablierung von verdunstungsstarken Pflanzen, Bewässerungsmaßnahmen, Begrünung und Entsiegelung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduktion der Wärmebelastung insbesondere nachts, aber auch tagsüber ▪ Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Grün- und Freiflächen Weitere Informationen beispielsweise unter https://www.duesseldorf.de/umweltamt/umwelt-und-verbraucherthemen-von-a-z/bauen/geothermie/boden/bodenschutz.html
09	Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz von Parks, Grün- und Waldflächen aufgrund ihrer Bedeutung für das Stadtklima und vieler weiterer Funktionen (siehe rechts) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedeutung für den Kaltlufthaushalt ▪ Wichtige Funktionen für die Erholung, Biodiversität und Niederschlagswassermanagement 	Grün- und Freiflächen (insb. im Umfeld hoher Einwohnerdichten)
10	Offene, bewegte Wasserflächen schützen, erweitern und anlegen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadtklimafunktion größerer Fließ- und Stillgewässer und sonstiger Wasserflächen ▪ Rauigkeitsarme Ventilationsbahnen, über die v.a. bei allochthonen Wetterlagen Kalt- und Frischluft transportiert wird 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Während der Sommermonate und speziell Hitzeperioden wirken Gewässer auf ihr nahes Umfeld tagsüber kühlend (auch kleinere Gewässer, Wasserspielplätze oder Brunnen in Parks) ▪ Oberflächennahe Temperatur kann nachts über der umgebenden Lufttemperatur liegen und eine Wärmeabgabe bewirken 	Gewässer, Grün- und Freiflächen

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
VERBESSERUNG DER DURCHLÜFTUNG				
11	Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten	<ul style="list-style-type: none"> Gebäudeanordnung parallel zur Kaltluftströmung und/oder ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen der Bebauung (aufgelockerte Bebauung) (Größe des benötigten Strömungsquerschnittes ist abhängig vom räumlichen Kontext, das direkte räumliche Umfeld kann Beispiele bieten, lokales Beispiel: Übergang Waller Friedhof / Emders Str. nördlich des Plangebietes) 	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Kaltluftströmung / Durchlüftung Reduktion des Wärmestaus 	Neubau, Gebäudekomplexe
12	Entdichtung (Rückbau)	<ul style="list-style-type: none"> Rückbau von Gebäuden verringert die Bebauungsdichte und das Bauvolumen 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insb. nachts Verbesserung der Durchlüftung Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Gebäude(-teile), z.B. in Blockinnenhöfen sowie Garagen, Lagerhallen, ggf. Industrie- und Gewerbebrachen, Bahnanlagen
13	Vermeidung von Austauschbarrieren	<ul style="list-style-type: none"> Quer zur Fließrichtung verlaufende bauliche (Dämme, Gebäude) oder natürliche Hindernisse (Baumgruppen, jedoch Beibehaltung bestehender Gehölze!) im Einflussbereich von Kaltluftflüssen vermeiden bzw. Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte auf klimaökologische Belange anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> Schutz des Luftaustauschsystems 	Grün- und Freiflächen, gut durchlüftete Wohn- und Gewerbeflächen, Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
14	Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen	<ul style="list-style-type: none"> Freihaltung großräumiger, möglichst wasserversorgter und durch flache Vegetation geprägter Grünflächen wie Wiesen, extensives Grünland, Felder, Kleingärten und Parklandschaften, die Einfluss auf den lokalen Kaltlufthaushalt haben Kleine Parks als Trittsteine für Kaltluft 	<ul style="list-style-type: none"> Schutz vor stärkerer Überwärmung und Verschlechterung der Durchlüftung Synergien zur Biodiversität 	Grün- und Freiflächen

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
REDUKTION DER WÄRMEBELASTUNG IM INNENRAUM				
15	Dachbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> Extensive oder intensive Dachbegrünung (bis hin zu Gärten und urbaner Landwirtschaft auf Dächern; unter Bevorzugung heimischer Pflanzen), blaugüne Dächer (im Wasser stehende Pflanzen) 	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung des Innenraumklimas Bei großflächiger Umsetzung und geringer Dachhöhe Verbesserung des unmittelbar angrenzenden Außenraumklimas möglich Synergien zum Niederschlagswassermanagement, Biodiversität und Klimaschutz 	Flachdächer, ggf. flach geneigte Dächer
16	Fassadenbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> Boden- oder systemgebundene Fassadenbegrünung (Bevorzugung heimischer bzw. bienenfreundlicher Pflanzen) 	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung des Innenraumklimas und des unmittelbar angrenzenden Außenraumklimas Synergien zur Biodiversität sowie zu Lärm- und Gebäudeschutz 	Gebäude (Neubau und Bestand; soweit rechtlich zugelassen)
17	Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> Fassadenbegrünung, Bäume, Balkongestaltung, bautechnische Maßnahmen wie außen liegende Sonnenschutzelemente (Jalousien, Markisen, etc.), reflektierendes Sonnenschutzglas bzw. -folie 	<ul style="list-style-type: none"> Wirkung tagsüber und nachts Verbesserung des Innenraumklimas Synergien zum Klimaschutz 	Gebäude (Neubau und Bestand)
18	Gebäude energetisch sanieren und klimagerecht kühlen	<ul style="list-style-type: none"> Dämmung von Gebäuden, helle Farbgebung (Erhöhung des Albedowertes), geeignete Raumlüftung 	<ul style="list-style-type: none"> In erster Linie Klimaschutzmaßnahme Verbesserung des Innenraumklimas tagsüber 	Gebäude (Bestand)
19	Technische Gebäudekühlung	<p>Möglichst ressourcenschonende Lösung</p> <ul style="list-style-type: none"> Adiabate Abluftkühlung, in der Regenwasser genutzt wird Erdkältenutzung Adsorptionskältemaschinen, die durch solare Energie oder Abwärme angetrieben werden 	<ul style="list-style-type: none"> Kühlung des Innenraums von Gebäuden durch eine möglichst nachhaltige Gebäudeklimatisierung 	Gebäude, in denen passive Maßnahmen nicht ausreichend angewendet werden können

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
20	Anpassung des Raumnutzungskonzeptes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimierung der Gebäudeausrichtung und der Nutzung von Innenräumen, d.h. sensible Räume nicht nach Süden ausrichten (z.B. Schlaf-, Arbeits- oder von Risikogruppen genutzte Zimmer, z.B. im Seniorenzentrum) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung des Innenraumklimas (in sensiblen Räumen) 	Gebäude, insb. klimasensible Gebäudenutzungen (vorwiegend Neubau)
VEBESSERUNG DES WINDKOMFORTS				
21	Aufbau von schützenden Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpflanzung von standortfester unterschiedlich hoher Vegetation bzw. Errichten von schützenden Wänden oder anderen Strukturen ▪ Alternativ können mobile Lösungen verwendet werden, die nur bei Bedarf zum Einsatz kommen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz vor auftretenden Windböen ▪ Verminderung/Brechung von Böen 	Grün- und Freiflächen mit längerer Aufenthaltsdauer, Umsetzungsbeispiele unter www.weatherpark.com
22	Modifizierung der Gebäudegeometrie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirbelbildung an Hochpunkten kann durch eine Veränderung der Gebäudeform vermindert werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung von Böen 	Neubau (insbesondere Hochpunkte)

6.2 STECKBRIEFE ZU LUPENGEBIETEN

In Abstimmung mit Auftraggeber und Stadtplanung wurden für diverse Teilgebiete, sogenannte Lupengebiete, Steckbriefe verfasst (Übersicht siehe rechts). Auf Basis der klimaökologischen Parameter und abhängig vom jeweiligen Planungsstand wurden für die Plan-Situation der einzelnen Lupengebiete geeignete Planungsparameter aus dem tabellarischen Maßnahmenkatalog ausgewählt und verortet. Diese sind für die Lupengebiete besonders relevant, jedoch behalten auch alle weiteren Planungsmaßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog ihre Gültigkeit.

Die Ableitung von Planungsmaßnahmen basiert hauptsächlich auf den Parametern, die in der vorliegenden Analyse durchgeführt wurden. Für das Lupengebiet der Überseeinsel liegen weiterhin Analyseergebnisse aus dem Projekt *Multiklima* vor, welches im gleichen Zeitraum bearbeitet wurde. Dabei handelt es sich um

Analysen zur Wärmebelastung am Tage, zur nächtlichen Lufttemperatur sowie um eine vollständige Windkomfortanalyse. Der Steckbrief der Überseeinsel wird durch die *Multiklima*-Ergebnisse ergänzt, um einen möglichst umfassenden Blick auf die bioklimatische Situation zu erhalten. Bei der Betrachtung der *Multiklima*-Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass diese mit einem anderen Analysemodell (ASMUS_green) und in einer höheren Auflösung von 2 m gerechnet wurden sowie das Lupengebiet einen relativ fortgeschrittenen Planungsstand vorweisen konnte. Dadurch können die Nutzungsklassen feiner aufgelöst werden, die Modelleingangsdaten entsprechen in höherem Maße der Realität. Die Konsequenzen lassen sich am Beispiel einer Parkfläche anhand der Wärmebelastung am Tage beschreiben: Wird in der FITNAH-10 m-Modellierung eine Parkfläche als eine gleichmäßige Grünfläche beschrieben, erscheint sie in den Modellergebnissen ebenfalls weitestgehend als homogene Fläche. Dagegen kann sie in einer höher aufgelösten Modellierung in Freifläche, Bäume und Wege unterschieden werden. In den Modellergebnissen erscheint die Parkfläche dann deutlich heterogener, man kann zwischen sonnenbeschienenen Freiflächen und schattenspendenden Bäumen differenzieren. Dieses Vorgehen bietet sich aufgrund des hohen Detaillierungsgrades und der langen Rechenzeit allerdings nur für kleinräumige Gebiete an.



Abbildung 14: Überblick über Lupengebiete (rot umrandet).

1. bis 4. Reihe

Überblick

Das Lupengebiet „1. bis 4. Reihe“ befindet sich zwischen Holz- und Fabrikenhafen und Weser und grenzt nach Nordwesten mit dem Waller Sand ans Wendebecken und in Richtung Südosten an den Überseepark (5). In der 1. und 2. Reihe (1) sind auf dem überwiegenden Teil der Grundstücke bereits Dienstleistungen und Wohnungen realisiert worden (Stand 09/2020) oder befinden sich im Bau. Unterhalb der Gebäudekomplexe der 1. Reihe befinden sich vornehmlich Tiefgaragen, weshalb keine hohe Vegetation in den Innenhöfen angepflanzt werden kann. Stattdessen sind dort niedrige Vegetation und Spielflächen vorgesehen. Für die 1. und 2. Reihe wurde eine parametrisierte Versiegelung von 55 % mit einzelnen Baumpflanzungen angenommen und im Straßenraum wurden ebenfalls Baumpflanzungen berücksichtigt (Orientierung am Städtebaulichen Rahmenplan Stand 09/2020). Für den Bereich der 3. und 4. Reihe (2) sowie für



die nördlich angrenzende „Kühlhausnase“ (3) existiert zum jetzigen Stand noch keine finale städtebauliche Planung. Die hier eingesetzten Gebäude und Grünflächen sind einer ersten städtebaulichen Studie der Stadtplanung (Stand 01/2021) entnommen. Entlang der ehemaligen Kajenwand des 1999 zugeschütteten Hafenbeckens wird eine Grünachse (in der Analyse mit einer einheitlichen Begrünung mit einer durchschnittlichen Strukturhöhe von 5 m angenommen) entwickelt, an der gewerblich genutzte Bauflächen anschließen sollen (78%ige Versiegelung). Der Erhalt von Schuppen 17 (4) ist hierbei noch offen. Die bereits bestehenden Gewerbeflächen im Nordosten des Lupengebietes bleiben erhalten. Beim östlich angrenzenden Überseepark (5) wurde sich bei der Gestaltung am Städtebaulichen Rahmenplan (Stand 09/2020) orientiert und höhere Vegetation an den Seiten berücksichtigt.

Humanbioklimatische Situation

Das Lupengebiet ist von drei Seiten von Wasser umgeben und profitiert während des Tages von der Verdunstungskühle des Wassers. Dadurch ist die **Wärmebelastung während des Tages** innerhalb der wassernahen Bereiche relativ gering (Abb. 1). Flächen mit hohem Grünanteil und schattenspendender Vegetation, wie die Grünfläche entlang der ehemaligen Kajenwand sowie entlang der begrünten Straßenzüge Eduard-Suling-Straße und Kommodore-Johnsen-Boulevard, zeigen ebenfalls relativ geringe Temperaturen. Relativ hohe Temperaturen treten dahingegen innerhalb

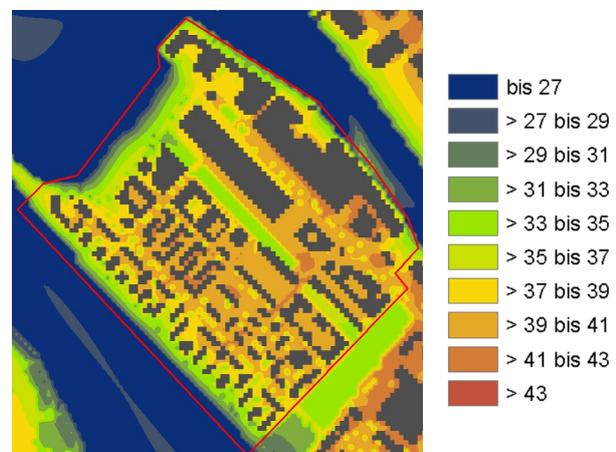


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

der nordwestlichen Siedlungsbebauung der 2. Reihe sowie in der bereits bestehenden Gewerbebebauung im Nordosten auf. Geringer Schattenwurf und ein hohe Baumasse, die Wärme speichert und eine Durchlüftung vermindert, sorgen hier für eine erhöhte Wärmebelastung.

Die kühlest Bereiche **in der Nacht** zeigen sich über den entsiegelten Freiflächen entlang der 1. Reihe sowie des Waller Sandes (Abb. 2). Auch über dem Grünraum entlang der ehemaligen Kajenwand werden die relativ hohen **Lufttemperaturen** im Siedlungsraum unterbrochen. Die höchsten Temperaturen werden über den hochversiegelten Gewerbeflächen sowie teilweise in geschlossenen Innenhöfen erreicht. Grund dafür ist, dass die

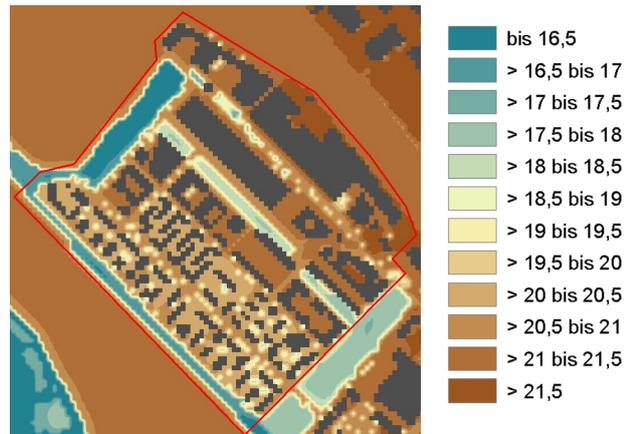


Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

versiegelten Flächen sowie angrenzende Gebäude ihre gespeicherte Wärme während der Nacht emittieren und an die Umgebungsluft abgeben. Bis auf den Grünraum entlang der ehemaligen Kajenwand zeigen die 3. und die 4. Reihe höhere Temperaturen als die 1. und 2. Reihe. Dies hängt damit zusammen, dass in letzteren insgesamt ein geringerer Versiegelungsgrad und mehr Vegetation angenommen wurde. Daher sorgt hier das abkühlende Grün für niedrigere Temperaturen.

Die **nächtliche Kaltluftströmung** ist in der Siedlungsbebauung heterogen ausgeprägt (Abb. 3). Während in der 1. und 2. Reihe das Strömungsgeschehen relativ dynamisch ist, behindern quer zur Strömungsrichtung ausgerichtete Gebäude in der 3. Reihe die Strömung und sorgen für geringere Kaltluftströmungen im Lee (Innen-/Hinterhöfe in der 3. Reihe). Die Kaltluft, die sich über den Freiflächen entlang der Weser und des Wendebeckens bildet, trägt jedoch nicht zur Kühlung der Siedlungsflächen bei. Sie wird in Richtung der wärmeren Wasserflächen gelenkt und strömt nicht in die Siedlungsbebauung hinein. Da die Siedlungsflächen in der 1. und 2. Reihe nur eingeschränkt von den umgebenden Kaltluftentstehungsgebieten gespeist werden, handelt es sich bei der durchströmenden Luft zwar um einen Luftaustausch, aber nicht unbedingt um ein Zuführen von kühlerer Kaltluft. Allerdings kann von Südosten her Kaltluft von den kühleren Parkflächen des Überseeparks über offene Querschnitte auf Höhe der 3.

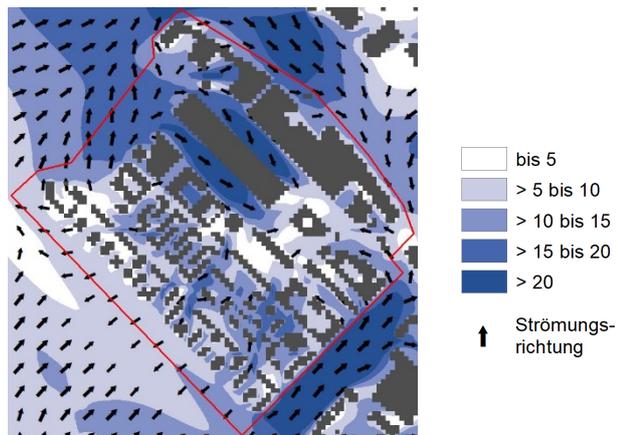


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in m³/s*m)

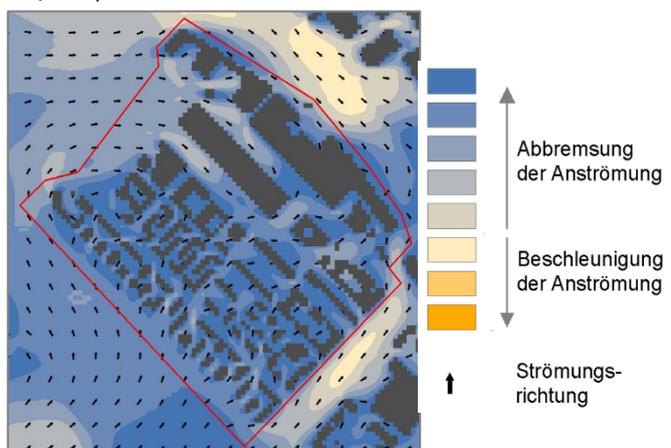


Abb. 4: Strömungssituation unter einer Normallage, Plan-Zustand

und 4. Reihe in die wärmere Bebauung hineinströmen. Des Weiteren bilden sich um Schuppen 17 relativ hohe Kaltluftströmungen aus, die sich über der abgekühlten Grünfläche bilden und, vermutlich durch Kanalisierungseffekte, in Richtung Südosten in das bebaute Gebiet hineinbeschleunigt werden.

Aufgrund dieses Effektes zeigt sich in diesem Bereich auch eine leichte Beschleunigung der **Anströmung unter einer Normallage** (Abb. 4). Abhängig von der zukünftigen Nutzung muss hier mit Windkomforteinschränkungen gerechnet werden.

Planerische Hinweise

Da das Lupengebiet von Seiten des Überseeparks nachts mit Kaltluft versorgt werden kann, wird empfohlen, die Baukörperstellung so auszurichten, dass durch Freiflächen zwischen den Gebäuden Kaltluft aus der Parkfläche in die Siedlungsbebauung hineinströmen kann (**M11**). Eine Öffnung der abriegelnden Bebauung zwischen Überseepark und den nordwestlich angrenzenden Bereichen ist empfehlenswert. Eine Vermeidung von Austauschbarrieren sollte auch bei der Parkgestaltung in den Randbereichen des Überseeparks beachtet werden (**M13**). Die gleichen Punkte gelten für die Grünachse entlang der ehemaligen Kajenwand. Ausreichend große Abstände zwischen den Gebäuden gewährleisten ein Einströmen der



kühleren Luft in die Siedlungsbebauung. Da die 1. und 2. Reihe nur eingeschränkt von den umgebenden Kaltluftentstehungsgebieten mit Kaltluft gespeist werden, wird empfohlen, die mikroklimatische Situation innerhalb der Siedlungsfläche zu optimieren und die Wärmelast in der Nacht sowie am Tage zu verringern. Dies kann durch Entsiegelungsmaßnahmen (**M04**) und weitere Hinterhofbegrünung (**M01**) geschehen. Da in der 1. Reihe der Untergrund keine Anpflanzung von hoher schattenspendender Vegetation zulässt, die während des Tages für Entlastung sorgen könnte, eignen sich hier bautechnische Maßnahmen wie Markisen oder Sonnensegel (**M06**). Aufgrund der windexponierten Lage muss am Eingang des Überseeparks und im Bereich des Waller Sandes – abhängig von der angedachten Nutzung – mit Windkomforteinschränkungen gerechnet werden. Detaillierte Aussagen kann nur eine vollständige Windkomfortanalyse liefern. Geeignete Schutzmaßnahmen zur Windverschattung sollten daher gegebenenfalls berücksichtigt werden (**M21**).

Franz-Pieper-Karree und Umgebung



Gebäude	Grünfläche mit Vegetation
Siedlungsfläche	Freiland
Straßen und Plätze	Wald
Gleisfläche	Gewässer

Das Lupengebiet befindet sich in der Mitte der Überseestadt mit einer überwiegenden Mischung aus Wohnen und Dienstleistungen zwischen den Gewerbeflächen des Großmarktes und dem Viertel Waller Wied (Nutzungskonzept Stand 09/2020). Zentral darin gelegen befindet sich das „Franz-Pieper-Karree“ (1), eine öffentliche Grünanlage mit einer Wasserfläche, die die Umriss des Kopfes des ehemaligen Hafenbeckens nachzeichnet. Aktuell besteht noch kein Freiflächenkonzept für diese Grünfläche, daher wurde sich für die Analyse am Städtebaulichen Rahmenplan (Stand 09/2020) orientiert. Dementsprechend wurden Baumpflanzungen an der Rändern der Grünfläche sowie eine mittig gelegene Baumgruppe angenommen. Südwestlich schließt sich das Baugebiet Marcuskaje (2) mit einer offenen Blockrandbebauung und der ehemalige Schuppen 3 (3) an, an dessen östlicher Seite eine Brücke über den Europahafen ankommen soll (4). Die Brücke wurde in der Modellrechnung noch nicht berücksichtigt. Es ist noch unklar, wie diese ausgestaltet sein wird, so dass eine Beeinflussung der mikroklimatischen Situation möglich ist. Die Gestaltung des Brückenplatzes ist zum aktuellen Stand noch nicht näher definiert, daher wurde hier eine freie teilversiegelte Fläche angenommen. Des Weiteren ist das nordöstlich des Brückenplatzes gelegene Baufeld planerisch noch nicht festgelegt (5). Hier soll ein grüner Quartiersplatz entstehen, die Gebäudekubaturen sind jedoch noch unklar. Für das gesamte Lupengebiet wurde sich in Absprache mit der Stadtplanung am fortgeschrittenen Masterplan orientiert, der Gebäuderiegel nördlich des Franz-Pieper-Karrees wurde in Absprache mit der Stadtplanung ergänzt. Marcuskaje, Schuppen 3, Brückenplatz und neues Baufeld wurden mit einer parametrisierten Versiegelung von 55 % belegt, für die restlichen Siedlungsbereiche wurde eine höhere Versiegelung von 87 % angenommen.

über den Europahafen ankommen soll (4). Die Brücke wurde in der Modellrechnung noch nicht berücksichtigt. Es ist noch unklar, wie diese ausgestaltet sein wird, so dass eine Beeinflussung der mikroklimatischen Situation möglich ist. Die Gestaltung des Brückenplatzes ist zum aktuellen Stand noch nicht näher definiert, daher wurde hier eine freie teilversiegelte Fläche angenommen. Des Weiteren ist das nordöstlich des Brückenplatzes gelegene Baufeld planerisch noch nicht festgelegt (5). Hier soll ein grüner Quartiersplatz entstehen, die Gebäudekubaturen sind jedoch noch unklar. Für das gesamte Lupengebiet wurde sich in Absprache mit der Stadtplanung am fortgeschrittenen Masterplan orientiert, der Gebäuderiegel nördlich des Franz-Pieper-Karrees wurde in Absprache mit der Stadtplanung ergänzt. Marcuskaje, Schuppen 3, Brückenplatz und neues Baufeld wurden mit einer parametrisierten Versiegelung von 55 % belegt, für die restlichen Siedlungsbereiche wurde eine höhere Versiegelung von 87 % angenommen.

Humanbioklimatische Situation

Am Tage profitiert der südwestliche Teil des Lupengebiets von den nahen Wasserflächen der Weser, die im Bereich des ehemaligen Schuppens 3 für Verdunstungskühle sorgen und eine relativ geringe Wärmebelastung bewirken. Gleiches gilt lokal für die Grünanlagen des Franz-Pieper-Karrees. Entsiegelte Flächen und Vegetation innerhalb der Innenhöfe sowie auf dem geplanten Quartiersplatz sorgen insbesondere durch gespendeten Schatten für Abkühlung. Maximale Belastungen werden vor allem entlang der Straßenzüge sowie auf freien hochversiegelten

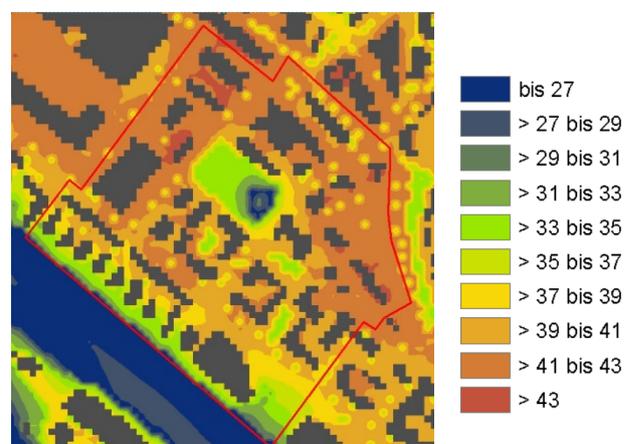


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

Plätzen erreicht, lokal vermindert durch Baumpflanzungen.

In der Nacht gehören die Wasserflächen zu den wärmeren Bereichen des Gebietes. Aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität kühlen sie während der Nacht kaum ab. Nun sorgen insbesondere die unversiegelten Flächen auf dem Franz-Pieper-Karree sowie in den begrünten Innenhöfen und auf den Plätzen lokal für Abkühlung. Relativ hohe **Temperaturen** werden insbesondere über den hochversiegelten Flächen und zwischen den Gebäuden in Richtung Großmarkt sowie in Richtung Waller Wied erreicht, da die Baumasse die während des Tages gespeicherte Wärme in der Nacht an die Umgebung abgibt.

Relativ hohe **nächtliche Kaltluftvolumenströme** treten über dem Brückenplatz sowie entlang der Straßen Marcuskaje und Überseetor, vermutlich aufgrund von Kanalisierungseffekten, auf. Da innerhalb und in der Umgebung des Lupengebietes keine größeren Kaltluftentstehungsgebiete vorhanden sind, handelt es sich bei diesen Luftströmungen zwar um einen Luftaustausch, aber nicht unbedingt um ein Zuführen von deutlich kühlerer Kaltluft. Tatsächliche Kaltluftbewegungen sind eher im Bereich von (hier nicht vorhandenen) großen Grünflächen sowie, in kleinerem Ausmaß, über dem geplanten Quartiersplatz nördlich des Brückenplatzes zu erwarten.

Die **Strömungsanalyse unter einer Normallage** zeigt, dass die Strömung durch Kanalisierungseffekte lokal beschleunigt wird. Dies gilt insbesondere für den Bereich im Nordosten des Franz-Pieper-Karrees und für den Brückenplatz am ehemaligen Speicher 3. In diesen Bereichen ist mit Windkomforteinschränkungen zu rechnen, wobei für detaillierte Ergebnisse eine vollständige Windkomfortanalyse durchgeführt werden müsste. Die geplante Brückenkonstruktion kann die Situation, abhängig von ihrer Ausgestaltung, weiterhin beeinflussen.



Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

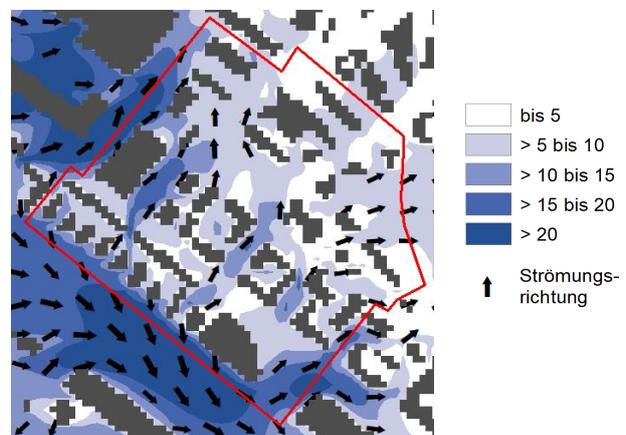


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)

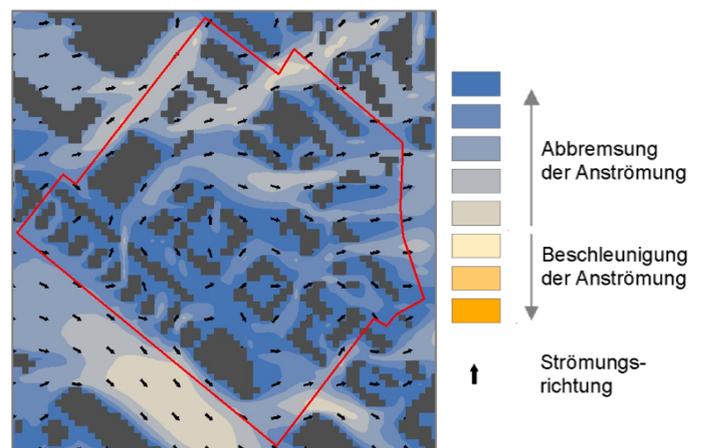


Abb. 4: Anströmung unter einer Normallage, Plan-Zustand

Planerische Hinweise

Aufgrund seiner zentralen Lage bietet sich das Franz-Pieper-Karree zur Schaffung eines Rückzugsortes für die Anwohner während heißer Tage an **(M07)**. Weitere öffentliche Plätze, die aufgrund ihrer Funktion vollversiegelt angelegt sein müssen, können durch mobile Pflanzungen oder bautechnische Lösungen mikroklimatisch entlastet werden **(M06)**. Weiterhin können kleinere Grünflächen, wie beispielsweise der geplante Quartiersplatz, bioklimatisch optimiert gestaltet werden, so dass sie als nahe Erholungsräume dienen können **(M02)**. Abhängig von ihrer Größe sollten diese



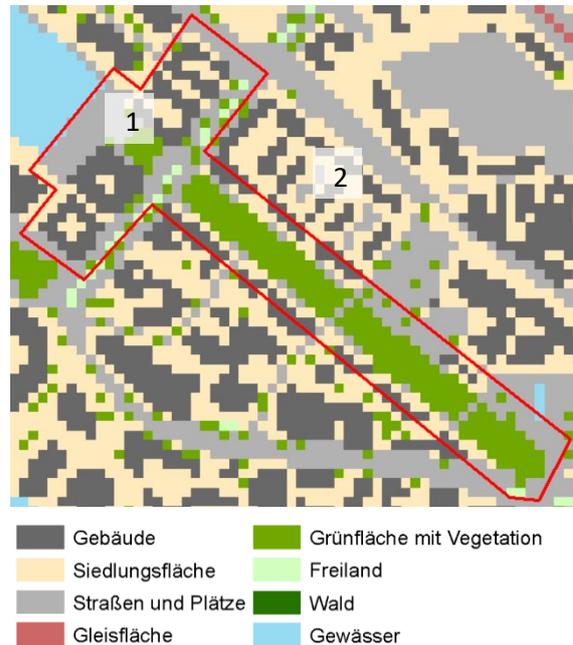
Rückzugsorte Schatten bieten sowie grüne Freiflächen, die gärtnerisch gestaltet sind. Eine Vernetzung dieser Grünflächen schafft eine weitere Attraktivität. Dies kann auch in den privaten Raum übertragen werden, indem Innenhöfe mit teil- oder unversiegelten Oberflächen und Beschattungselementen gestaltet werden **(M01)**. Da sich innerhalb und im Umfeld des Lupengebietes keine großflächigen Kaltluftentstehungsgebiete befinden, die das Gebiet während der Nacht mit kühlenden Ausgleichsströmungen versorgen, können diese kleineren Grünflächen darüber hinaus als eine Art mosaikartige Kaltluftentstehungsbereiche innerhalb der Siedlungsflächen fungieren. Dadurch können lokale Abkühlungen und Ausgleichsströmungen geschaffen werden. Eine offene Blockrandbebauung **(M11)**, wie sie hier bereits im Baugebiet Marcuskaje berücksichtigt wurde, gewährleistet einen nächtlichen Luftaustausch mit der Umgebung. Dies ist insbesondere für Gebäude relevant, in denen sich nachts Menschen aufhalten und Erholung suchen. Bei lokalen Windkomforteinschränkungen in Bereichen, in denen Nutzungen mit einer längeren Aufenthaltsdauer beabsichtigt sind (zB. Kinderspielplätze, Außengastronomie), sollten schützende Maßnahmen überlegt werden **(M21)**. Dadurch können auftretend Böen vermindert und die Aufenthaltsqualität erhöht werden.

Die Gewerbeflächen Richtung Großmarkt sowie Richtung Waller Wied zeigen insbesondere während der Nacht eine relativ hohe Überwärmung aufgrund ihres hohen Versiegelungsgrades. Gewerbeflächen stehen häufig nicht im Fokus, wenn es um das Thema Aufenthaltsqualität geht, da sie vor allem einen funktionalen Nutzen haben. Dennoch können auch sie durch verschiedene Maßnahmen gekühlt werden, ohne dass die Funktionalität verloren geht. So kann die Versiegelung zu einem gewissen Grad verringert werden, indem an geeigneten Stellen Rasengitter gesetzt wird. Weiterhin sorgen Begrünungsmaßnahmen **(M15, M16)** an den großflächigen Gebäudehallen durch ihre Isolationswirkung sowie Verschattungsmaßnahmen wie Markisen **(M06)** nicht nur für eine Verbesserung des Innenraumklimas sondern für ein angenehmeres Mikroklima in unmittelbarer Nähe der Gebäude.

Hilde-Adolf-Park und Europahafenkopf

Überblick

Der langgestreckte Hilde-Adolf-Park bildet den Übergang von der Innenstadt zur vorderen Überseestadt im sogenannten Kaffeequartier. Westlich daran schließt sich der Ludwig-Franzius-Platz (1) an, der in eine breite steinerne Treppenanlage zum Europahafenbecken mündet. Der Platz wird mit einer Pflasterung und einer wassergebundenen Decke belegt und mit 42 hochstämmigen Bäumen bepflanzt, die ein geschlossenes Blätterdach bilden. In der vorliegenden Analyse wurde der Platz als eine vegetationsbedeckte Grünfläche parametrisiert. Seitlich des Platzes entstehen vier geschlossene Baublöcke von denen drei je einen Hochpunkt von bis zu etwa 80 m beinhalten (Lageplan, erhalten von Stadtplanung in 12/2020). Hier sind (Stand 09/2020) Dienstleistungen sowie Wohnungen vorgesehen.



Für die Grünfläche des Hilde-Adolf-Parks wird derzeit eine Weiterentwicklung mit vielfältigen Spiel- und Erholungsflächen vorbereitet. Für die Analyse wurde sich Städtebaulichen Rahmenplan mit Stand 09/2020 orientiert. Dabei wurde eine einheitliche gehölzbewachsene Grünfläche angenommen mit niedriger Vegetation in der Mitte und höherer Vegetation am Rand der Parkfläche. Die den Park umgebenden Siedlungsflächen wurden mit einer 55 %en Versiegelung angenommen. Für die angrenzenden Gebäude südlich des Parks sind vor allem Dienstleistungen als Nutzung vorgesehen. Nur für die nordwestlich angrenzenden Gebäude (2) ist Wohnnutzung geplant (Nutzungskonzept Stand 09/2020).

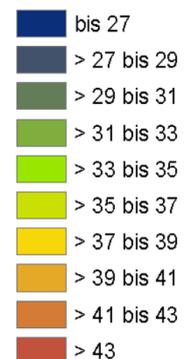
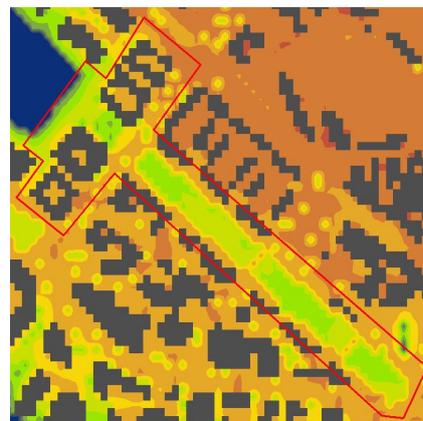


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

Humanbioklimatische Situation

Die schattenspendenden vegetations-bedeckten Parkflächen und insbesondere der dicht bepflanzte Ludwig-Franzius-Platz zeigen im Lupengebiet die geringsten **Wärmebelastungen am Tage** (Abb. 1). Auch der unbeschattete Bereich direkt am Hafenbecken zeigt relativ niedrige Werte, da er von der nahen kühlen

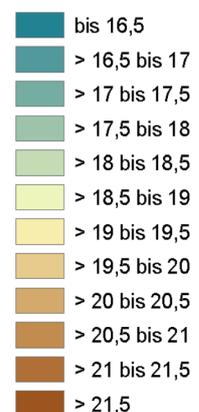


Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2m Höhe)

Wasserfläche profitiert. Innerhalb der gleichmäßig kühlen Parkfläche lassen die Modellauflösung sowie der frühe Planungszustand noch keine differenzierte Aussage zur mikroklimatischen Situation zu. Verglichen mit der relativ kühlen Parkfläche zeigen die angrenzenden Wohn- und Bürogebäude deutlich höhere Wärmebelastungen innerhalb der Innenhöfe und in ihrer Umgebung auf, welche lokal durch einzelne Baumpflanzungen vermindert werden.

Auch während der **Nacht** ist das **Lufttemperaturniveau** über den begrünten Parkflächen deutlich geringer als in den angrenzenden bebauten Gebieten (Abb. 2). Die angrenzende Bebauung und insbesondere die Innenhöfe am Europahafenkopf sind relativ warm ausgeprägt. Die hohe geschlossene Bebauung verhindert hier eine Durchlüftung der Innenhöfe und sorgt für eine erhöhte Erwärmung der Luft durch die Emission der während des Tages gespeicherten Wärme.

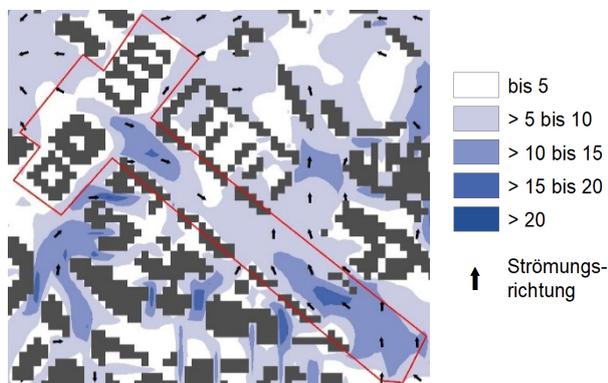


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)

Nächtliche Kaltluftströmungen bilden sich vor allem über den relativ kühlen Parkflächen aus (Abb. 3). Dort wo es der angrenzende Gebäudequerschnitt zulässt, strömt die Kaltluft als Ausgleichsströmung von der Parkfläche in die wärmere Bebauung. Luftaustausch kann in Gebäudelücken durch Kanalisierungseffekte entstehen.

Die **Strömungsanalyse** unter einer **Normallage** lässt auf keine Windkomforteinschränkungen schließen (Abb. 4). Aufgrund der windexponierten Lage der Hochpunkte sowie der offenen Parkfläche kann lokal ein verminderter Windkomfort erwartet werden. Detailliertere Informationen kann nur eine vollständige Windkomfortanalyse geben.

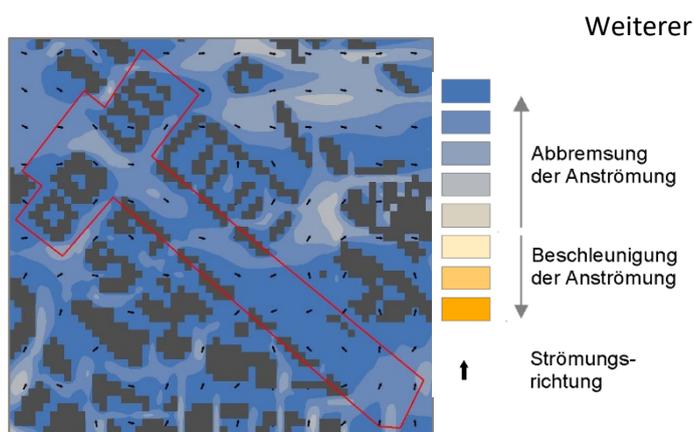


Abb. 4: Strömung unter einer Normallage, Plan-Zustand

Planerische Hinweise

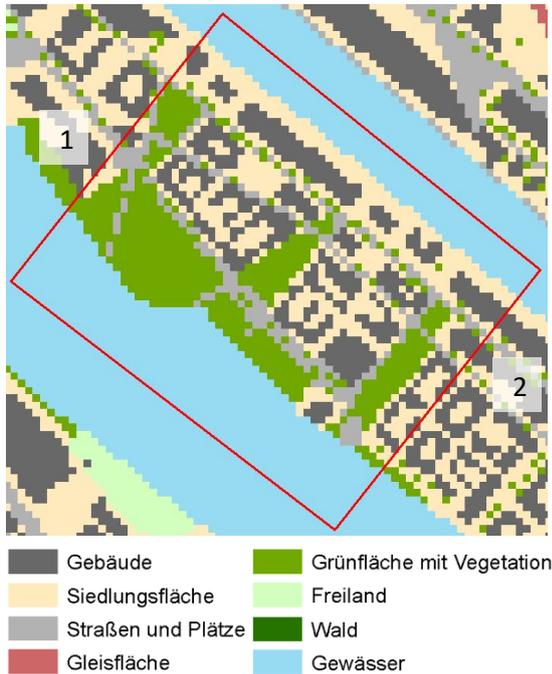
Durch Vegetation und Entsiegelung können in den Innenhöfen der geschlossenen Blockbebauung am Europahafenkopf sowie in der zum Park benachbarten Bebauung die Wärmelastungen während des Tages und während der Nacht verringert werden (**M01**). Alternativ können Sonnensegel oder Markisen installiert werden, die die Sonneneinstrahlung vermindern und die Wärmebelastung während des Tages verbessern (**M06**). Damit die angrenzenden Gebäude möglichst stark von der kühlen nächtlichen Parkfläche



profitieren, sollte der Gebäudequerschnitt zum Park hin geöffnet werden, so dass die kühle Luft über der Grünfläche in die wärmere Bebauung hineinströmen kann (**M11**). Dies gilt insbesondere für die Gebäude, in der sich nachts Menschen aufhalten. Weiterhin bietet die Parkfläche des Hilde-Adolf-Parks Raum für eine mikroklimatisch optimierte Gestaltung (**M07**). Während dichte Baumpflanzungen die Abkühlung während der Nacht verringern können, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird, sorgt eine Variation aus offenen Wiesenflächen, Baumgruppen und Wasserflächen für eine Reduktion der Wärmelastung am Tage und in der Nacht.

Teilgebiet Überseeinsel

Überblick



Die Überseeinsel ist ein eigenens Stadtquartier zwischen Europahafen und Weser, das Wohnen, Dienstleistungen und Grünflächen miteinander vereinen soll. Der Radverkehr soll hier priorisiert werden, daher sind Straßen relativ schmal ausgebildet und keine großen KFZ-Parkflächen vorhanden. Das Lupengebiet umfasst nicht die gesamte Überseeinsel sondern ein Teilgebiet zwischen Rickmers Reismühle (1) und geplantem Schulkomplex auf dem Gleisbett (2). Das Nutzungskonzept (Stand 09/2020) sieht innerhalb der Siedlungsfläche hauptsächlich eine Mischung aus Wohnung und Dienstleistung vor. Die Grünflächen an der Weser sowie die in die Siedlungsflächen reichenden Grünfinger werden als Parks ausgestaltet. Da die Planungen für die Gebäudestellung zum aktuellen Stand noch nicht final abgeschlossen sind, basiert die Gebäudegeometrie auf dem Lageplan mit Stand 08/2019 und wurde zusätzlich

mit der Stadtplanung abgestimmt (Stand Januar 2021). Für die Gebäudezwischenräume wurde eine parametrisierte Versiegelung von 55 % angenommen. Weiterhin besteht auch für die Freiräume derzeit noch kein detailliertes Freiraumkonzept, daher wurde für die Analyse der Rahmenplan für die Überseeinsel (Stand 08/2019) herangezogen.

Im Rahmen des Projektes *Multiklima* wurde dasselbe Gebiet in einer höheren Auflösung (2m Rasterweite) untersucht. Freiraumkonzept und Gebäudegeometrie wurden dafür aus dem Rahmenplan 08/2019 übernommen. Bis auf den Schulkomplex stimmt die Gebäudegeometrie mit der vorliegenden 10m-Analyse überein.

Humanbioklimatische Situation

Innerhalb des Lupengebietes zeigt sich die geringste **Wärmebelastung während des Tages** über den Wasserflächen der Weser und des Europahafens (Abb. 1). Über der Landfläche bilden sich über den Parkflächen relativ geringe Temperaturen aus, wobei die wassernahen Bereiche zusätzlich von den noch kühleren Wasserflächen profitieren. Relativ hohe Werte werden innerhalb der Gebäudestruktur erreicht. Die Modellauflösung von 10 m lässt innerhalb der Grün- und Siedlungsflächen nur eine eingeschränkte Differenzierung zur mikroklimatischen Situation zu. Für konkretere mikroklimatische Aussagen ist eine höhere Auflösung zu empfehlen. Die höher aufgelöste

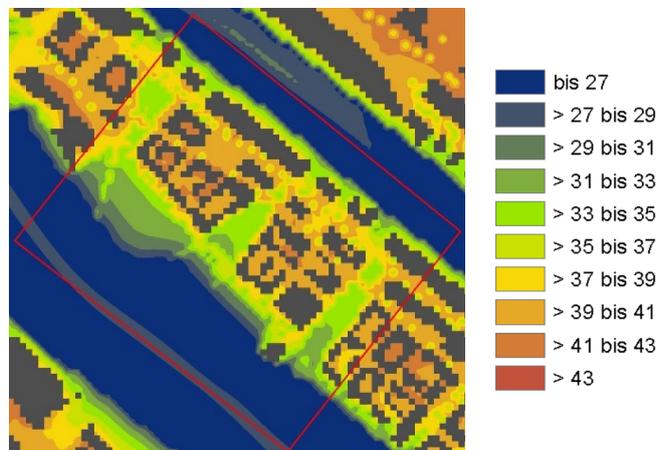


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

Analyse von 2 m aus dem Projekt *Multiklima* zeigt, dass der Schattenwurf einen starken Einfluss auf die Wärmebelastung hat (Abb. 2). Große Teile der Parkflächen sind sonnenbeschienene Freiflächen, die im Gegensatz zur 10 m-Analyse eine hohe Wärmebelastung zeigen. Bereiche mit Bäumen zeigen dahingegen eine relativ geringe Wärmebelastung. Gleiches gilt für den Siedlungsbereich: Ungeschützte Freiflächen zeigen eine relativ hohe Wärmebelastung. Im Schattenbereich von Gebäuden ist die thermische Belastung deutlich geringer.

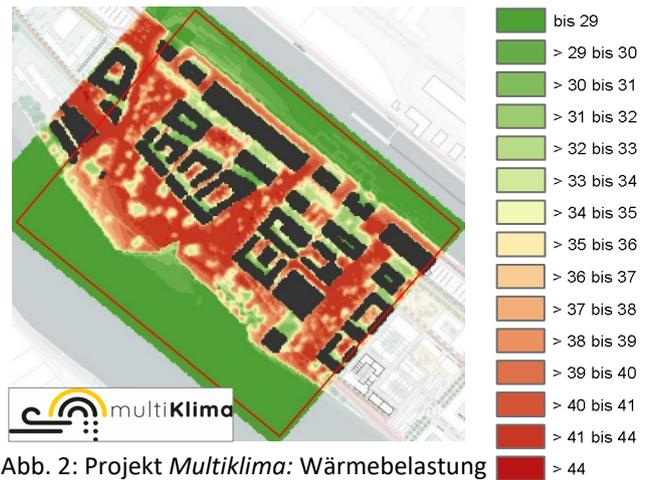


Abb. 2: Projekt *Multiklima*: Wärmebelastung am Tage, Stand: Rahmenplan 08/2019) (PET in °C, in 1,1 m Höhe, Auflösung: 2 m)

Im Gegensatz zur Tagsituation zeigen sich nun **in der Nacht** über den Wasserflächen die höchsten **Lufttemperaturen**, da sich das Wasser aufgrund seiner hohen Wärmespeicherkapazität während der Nacht kaum abkühlt (Abb. 3). Über der Landfläche erreichen die bebauten Flächen und insbesondere enge Straßenräume die höchsten Temperaturen. Die versiegelten Oberflächen kühlen während der Nacht kaum aus, sondern emittieren die während des Tages gespeicherte Wärme. Relativ niedrige Lufttemperaturen werden über den Grünflächen erreicht, welche sich während der Nacht relativ stark abkühlen. Die Ergebnisse der höher aufgelösten *Multiklima*-Analyse zeigen vergleichbare Ergebnisse (Abb. 4) (das unterschiedliche Temperaturniveau lässt sich dadurch erklären, dass hier unterschiedliche Modelle mit unterschiedlich großen Einzugsgebieten zum Einsatz kamen, eine vollständige Reproduktion von kleinräumigen Ergebnissen ist damit nicht immer möglich). Innerhalb der Siedlungsbereiche lassen sich nun jedoch wärmere Innenhöfe identifizieren. Die umgebene Bebauung vermindert hier den Luftaustausch und sorgt für eine erhöhte Erwärmung der Luft durch die Emission der während des Tages gespeicherten Wärme.

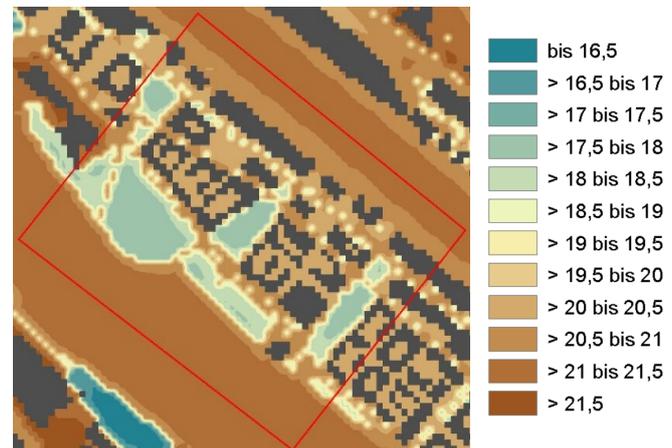


Abb. 3: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

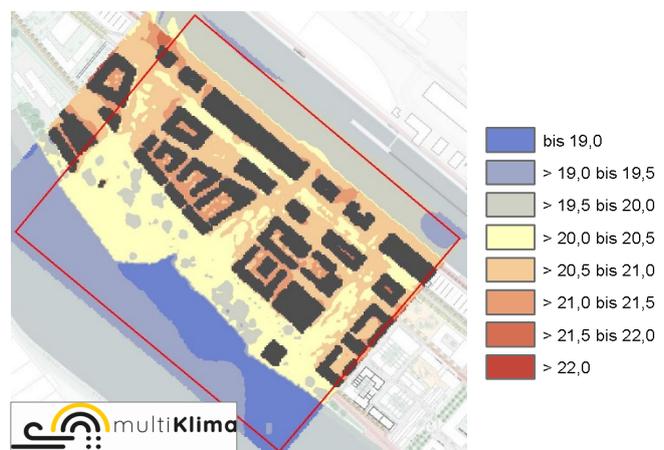


Abb. 4: Projekt *Multiklima*: Nächtliche Lufttemperatur, Stand: Rahmenplan 08/2019 (in °C, in 2 m Höhe, Auflösung: 2 m)

Die **nächtliche Kaltluft** findet ihren Weg insbesondere durch die Grünfinger von Südwesten her in die angrenzende Bebauung hinein (Abb. 5). Innenhöfe und Gebäudezwischenräume werden jedoch nur eingeschränkt durchströmt. Offene Höfe werden dabei tendenziell besser durchlüftet als geschlossene Innenhöfe. Über den Parkflächen an der Weser gebildete Kaltluft strömt nicht in die angrenzenden Siedlungsbereiche sondern wird in Richtung der wärmeren Wasserflächen beschleunigt.

Die **Windkomfortanalyse** aus dem Projekt *Multiklima* zeigt, dass um den Hochpunkt im Südosten des Lupengebietes hohe Windkomfortprobleme zu erwarten sind (Abb. 6). Nutzungen mit einer längeren Aufenthaltsdauer sind hier nicht sinnvoll. Weiterhin sind auf der Parkfläche in der Nähe der Wasserkante Windkomforteinschränkungen zu erwarten. Nutzungen mit einer langen Aufenthaltsdauer, wie Spielplätze oder Ruhebereiche sind hier weniger geeignet.

Planerische Hinweise

Die Grünflächen an der Weser sowie die Grünfinger bieten Raum für eine klimaökologische Optimierung, wie insbesondere durch die Modellrechnung in 2 m-Auflösung deutlich wird. Durch die Schaffung einer mikroklimatischen Vielfalt kann die thermische Belastung am Tage reduziert und die Aufenthaltsqualität erhöht werden (**M07**). Während der Nacht profitieren die an die Grünflächen angrenzenden Wohnungen von der dortigen Abkühlung. Durch eine Öffnung der Innenhöfe in Richtung der Grünflächen (**M11**) kann daraus der größtmögliche Nutzen gezogen werden. Durch ein Entsiegeln und Begrünen der Innenhöfe (**M01**) kann einer Erhitzung während der Nacht und auch während des Tages zusätzlich entgegengewirkt und die thermische Qualität optimiert werden.

Aufgrund seiner exponierten Lage sollte im Lupengebiet auch der Windkomfort berücksichtigt werden. Auf der Parkfläche kann mit Pflanzungen und künstlichen Strukturen ein gewisser Schutz vor Böen gewährleistet werden (**M21**). Im Bereich des Hochpunktes kann eine Modifizierung der Gebäudegeometrie die Wirbelbildung vermindern und die Windkomfortsituation verbessern (**M22**).

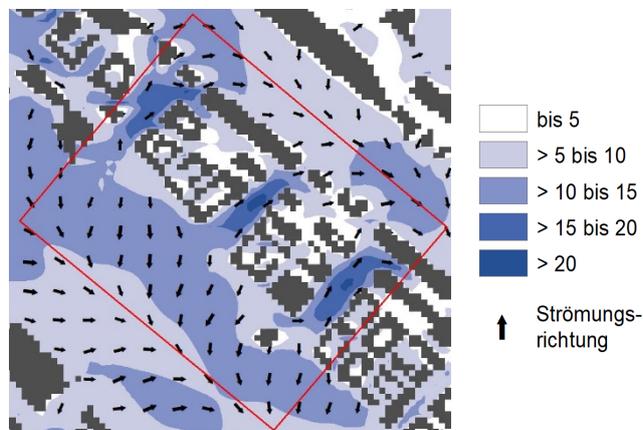


Abb. 5: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)

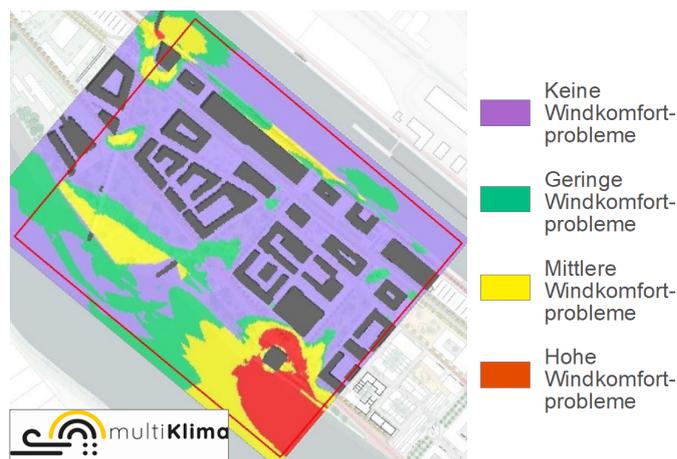


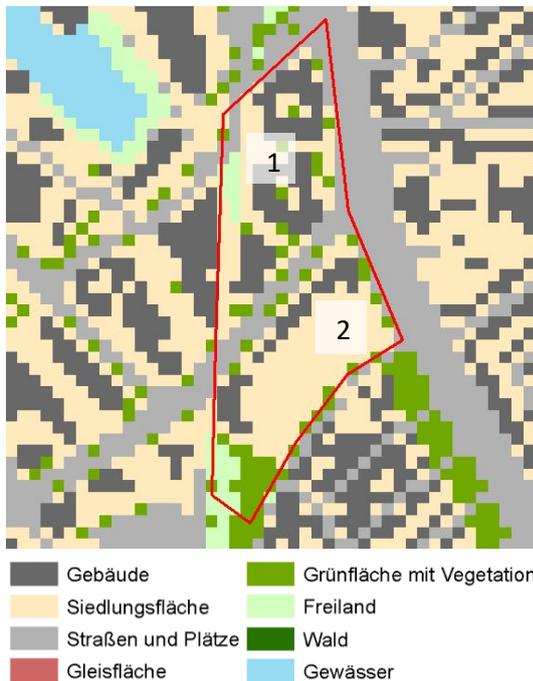
Abb. 6: Projekt *Multiklima*: Windkomfort, Stand: Rahmenplan 08/2019 (in 2 m Höhe, Auflösung: 2 m)

Für dieses Lupengebiet wurde im Rahmen des Projektes *Multiklima* in Zusammenarbeit mit der Stadt Bremen ein detailliertes Planungskonzept zur mikroklimatischen Optimierung des öffentlichen Raums entwickelt. Dieses beinhaltet unter anderem die hier genannten Planungshinweise und liegt der Stadt Bremen vor.



Westlich Waller Wied und GAV

Überblick



Das Lupengebiet befindet sich am östlichen Rand der Überseestadt in direkter Nachbarschaft zum Viertel Waller Wied. Im nördlichen Bereich nördlich der Straße Überseetor soll ein Campus für die Berufsschule GAV (1) realisiert werden. Grundlage für die Eingangsdaten war die Abstimmung mit der Stadtplanung (Stand 12/2020). Für die Gebäudezwischenräume wurde eine 55 %ige Versiegelung angenommen. Der südliche Teil ist zur Zeit eine unbewirtschaftete Grünfläche (2). Dieser Bereich ist aktuell noch planerisch frei. In Abstimmung mit der Stadtplanung wurde beispielhaft eine riegelartige Bebauung zur Straße hin angenommen mit einer zu 55% versiegelten Fläche in Richtung Waller Wied.

Humanbioklimatische Situation

Während des Tages wird die höchste **Wärmebelastung** im Lupengebiet entlang der hochversiegelten Flächen der Straße Überseetor und entlang der östlich verlaufenden Nordstraße erreicht (Abb. 1). Entlang des Überseetors wird die Belastung lokal durch einzelne Baumpflanzungen verringert. Auf der Freifläche südlich der Riegelbebauung werden ebenfalls relativ hohe Belastungen erreicht, da hier eine teilversiegelte Fläche ohne hohe schattenspendende Vegetation angenommen wurde. Im Bereich der GAV sind die Temperaturen sehr variabel: Im Bereich der angenommenen Baumpflanzungen sind die Werte relativ gering, Freiflächen zeichnen sich jedoch hier ebenfalls durch höhere Temperaturen aus.

Die **nächtliche Lufttemperatur** nimmt in direkter Gebäudenähe die höchsten Werte an, da hier das Mauerwerk die während des Tages gespeicherte Wärme in der Nacht wieder an die Umgebungsluft

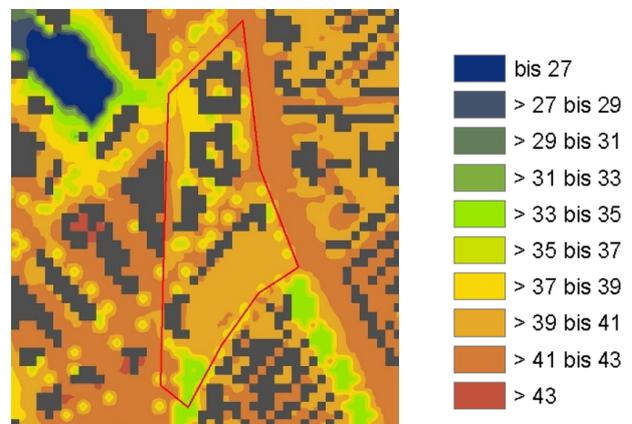


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

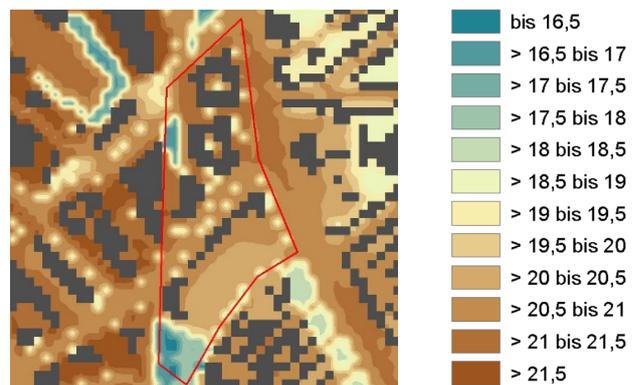


Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

abgibt (Abb. 2). Dies gilt insbesondere für die geschlossene Blockrandbebauung der GAV. Die kleine Grünfläche westlich der GAV sowie der grüne Wall südlich des Lupengebietes kühlen sich dahingegen sehr deutlich während der Nacht ab.

Nächtliche Kaltluftströmungen bilden sich im Plan-Zustand vor allem über den relativ kühlen Grünflächen im Süden des Lupengebietes aus (Abb. 3). Die hier gebildete Kaltluft wird in Richtung der wärmeren Siedlungsflächen von Waller Wied transportiert. Über der wärmeren teilversiegelten Fläche südlich der Riegelbebauung bildet sich diese Strömung ebenfalls aus, jedoch in geringerem Maße. Verglichen mit dem derzeitigen Zustand (Abb. 4), der in diesem Bereich noch eine freie Grünfläche zeigt, kommt es hier zu einer Verringerung der Kaltluftströmung. Da Kaltluftströmungen immer großräumigere Prozesse sind und auch von weiter entfernten liegenden Strukturen abhängig sind, ist die Verringerung des Kaltluftvolumenstroms im betrachteten Gebiet nicht ausschließlich auf die Bebauung der Grünfläche zurückzuführen. Es ist jedoch zu vermuten, dass dadurch die Verminderung des Kaltluftstromes befördert wird.

Aus der Analyse des **Strömungsbildes unter einer Normallage** lassen sich für dieses Gebiet keine Planungshinweise ableiten, daher wird dieser Parameter hier nicht weiter betrachtet.

Planerische Hinweise

Während des Tages spielen vor Allem schattenspendende Maßnahmen eine wichtige Rolle zur Wärmeentlastung. Im derzeitigen Plan-Zustand werden diverse Baumpflanzungen im Bereich der GAV bereits berücksichtigt, es wird empfohlen, dies weiter zu verfolgen und gegebenenfalls mit weiteren bautechnischen Maßnahmen und unversiegelten Flächen zu ergänzen (**M01/M02/M04**). Die aktuell noch planfreie Fläche südlich der Straße Überseetor ist zur Zeit noch eine Grünfläche, die in der vorliegenden Analyse als teilversiegelte Fläche mit Gebäuderiegeln zur Straße hin angenommen wurde. Im Falle einer

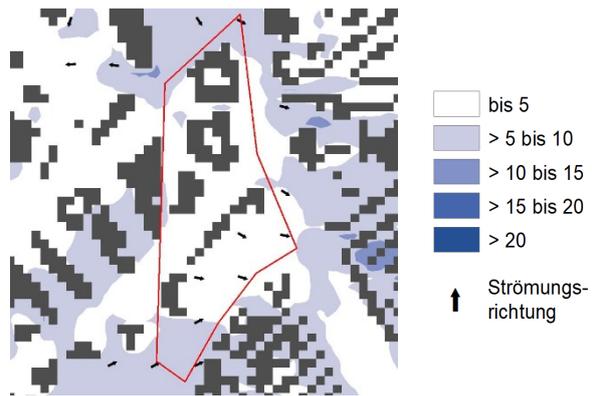


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)

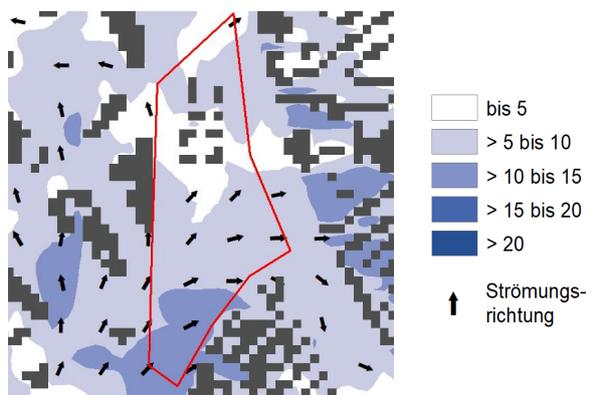
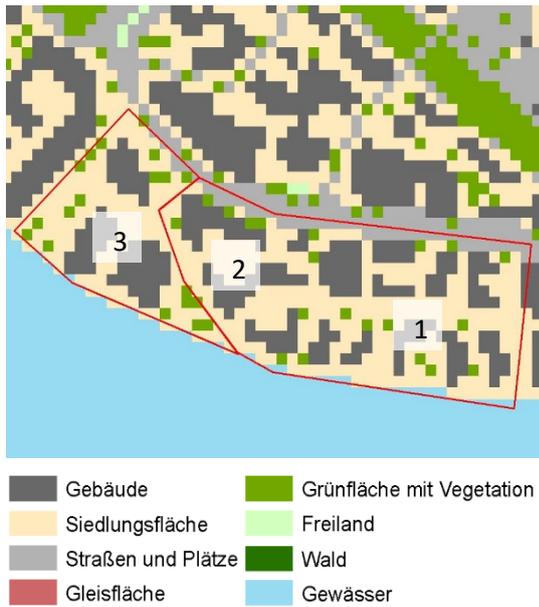


Abb. 4: Nächtliche Kaltluftprozesse, Ist-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)



Bepflanzung wird empfohlen, die Bebauung auf den straßennahen Bereich zu beschränken und eine möglichst große Fläche begrünt zu belassen/zu gestalten (**M09**), die auch als Aufenthaltsraum fungieren kann (**M07**). Dabei sollte darauf geachtet werden, keine abriegelnde Bepflanzung an den südöstlichen Rand zu setzen (**M13**). Auf diese Weise wird die Kaltluftströmung in Richtung Waller Wied nicht blockiert.

Neu Stephani und Kellogg-Pier



Ausschnitt aus dem städtebaulichen Rahmenplan, Stand 31.08.2021. Quelle: Wirtschaftsförderung Bremen GmbH, bremenports GmbH & Co. KG & ARCHISURF (2021).

Neu Stephani ist eines der ersten Quartiere, das zurzeit auf der Überseeinsel realisiert wird. Es entsteht zwischen der Straße „An der Muggenburg“ und der Weser. Innerhalb des Quartieres sollen unterschiedliche Nutzungen wie Wohnraum, eine Kindertagesstätte und weitere Dienstleistungen entstehen. Autofreie Straßen und Plätze mit Aufenthaltsqualität werden hier eine besondere Rolle spielen. In den Modelleingangsdaten für die Analyse wurde der Stand der Rahmenplanung für die Überseeinsel (Endbericht 13.09.2019) berücksichtigt. Die beiden Wettbewerbsverfahren für die Plangebiete Stephani-Ost (1) und Stephanibogen (2) wurden im Herbst 2020 entschieden. Die prämierten Entwürfe sehen im Vergleich zur hier berücksichtigten Bebauungsstruktur im Bereich des Stephanibogens (2) eine markante geschlossene Kubatur mit drei Innenhöfen vor (siehe linksstehende Abbildung). Da noch kein detailliertes Freiflächenkonzept vorlag wurde ein parametrisierter Versiegelungsgrad von 55 % und einzelne Baumpflanzungen angenommen. Westlich daran anschließend liegt der Kellogg-Pier (3). Mit dem alten Kellogg-Silo und einer Markthalle im Reislager soll dieser Platz touristischer Anziehungspunkt und Aufenthaltsort werden. Als Grundlage wurde hier der Städtebauliche Rahmenplan (Stand 09/2020) verwendet und ein parametrisierter Versiegelungsgrad von 55 % mit einzelnen Baumpflanzungen (Grundlage: Städtebaulicher Rahmenplan Stand 09/2020) angenommen. Bei der Analyse der Modellergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die in der Analyse angenommenen Planungen für Neu Stephani bereits weiterentwickelt wurden und die aktuell geplante Bebauung eine höhere Verdichtung aufweist.

Weiterhin werden die Freiflächen des Kellogg-Piers voraussichtlich einen höheren Versiegelungsgrad aufweisen, als hier angenommen. Dies kann einen gewissen Einfluss auf die Modellergebnisse haben.

Humanbioklimatische Situation

Durch seine direkte Weserlage profitiert das Lupengebiet durch die Kühlwirkung der Wasserflächen. Daher ist in Wassernähe mit keiner extremen **Wärmebelastung am Tage** zu rechnen (Abb. 1). Deutlich höhere Temperaturen treten zwischen den Gebäuden und auf den wasserabgewandten Gebäudeseiten auf. Innerhalb der Innenhöfe des Stephanibogens muss mit höheren Temperaturen gerechnet werden, als hier dargestellt, da im Gegensatz zu den verwendeten Modelleingangsdaten hier keine offene sondern eine geschlossene Gebäudekubatur im Bereich Stephani Bogen entstehen soll.

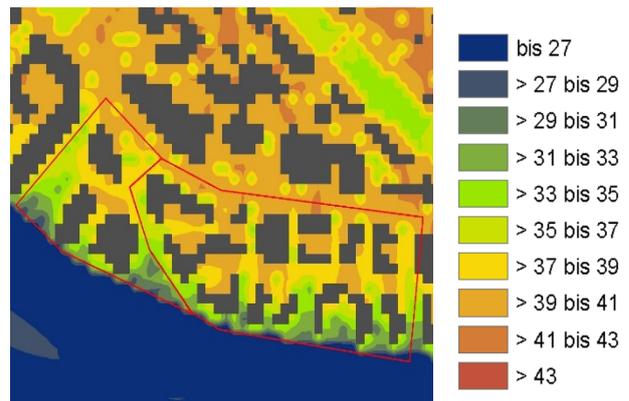


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

Im Gegensatz zur Tagsituation zeigen sich **in der Nacht** über den Wasserflächen nun die höchsten **Lufttemperaturen**, da sich das Wasser aufgrund seiner hohen Wärmespeicherkapazität während der Nacht kaum abkühlt (Abb. 2). Die Temperaturverteilung ist sehr homogen ausgeprägt, was auch mit dem einheitlich angenommenen Versiegelungsgrad zusammenhängt. Innerhalb der Innenhöfe des Stephanibogens sind aufgrund der geschlossenen Bauungsstruktur höhere Temperaturen möglich als hier dargestellt. Zudem sind zwischen den eng stehenden Gebäuden auf dem Kellogg-Pier höhere Temperaturen zu erwarten. Über Vegetation und entsiegelten Flächen ist aufgrund ihrer Verdunstungskühlung lokal mit geringeren Temperaturen zu rechnen. Die offenen Flächen des Kellogg-Piers wurden mit einer 55 %en Versiegelung angenommen, er wird jedoch voraussichtlich mit einem höheren Versiegelungsgrad realisiert. Daher ist in der Nacht mit einem höheren Temperaturniveau zu rechnen, als in Abbildung 2 dargestellt.

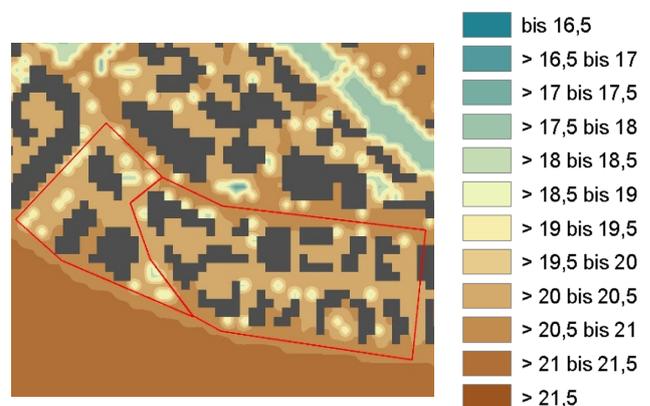


Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

Das **nächtliche Kaltluftgeschehen** zeigt, dass das Lupengebiet im Allgemeinen gut durchströmt wird (Abb. 3). Der Luftaustausch findet dabei allerdings vor allem in Richtung der wärmeren Wasserflächen statt, es wird keine Kaltluft in das Gebiet hineintransportiert. Aufgrund der geschlossenen Bauweise ist innerhalb der Innenhöfe des Stephanibogens mit einem geringeren Luftaustausch als hier dargestellt zu rechnen.

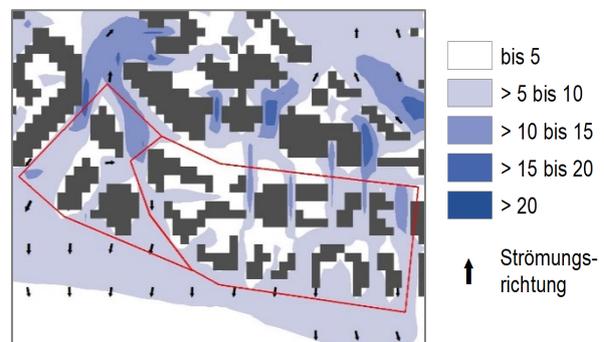


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)

Das **Strömungsbild** unter einer **Normallage** zeigt keine auffälligen Beschleunigungen der anströmenden Luft (Abb. 4). Aufgrund der exponierten Lage direkt an der Wasserkante sind Windkomforteinschränkungen – insbesondere an Gebäudeecken – jedoch zu vermuten. Weitere Informationen können nur durch eine vollständige Windkomfort-analyse erlangt werden.

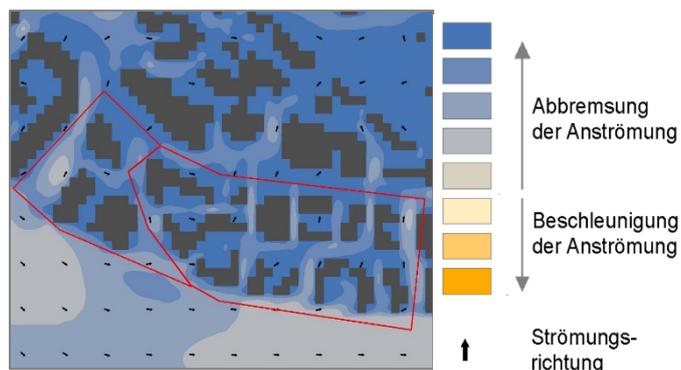


Abb. 4: Strömungsentwicklung unter einer Normallage, Plan-Zustand

Planerische Hinweise



Um während heißer Tage Rückzugsorte für die Bewohner und Beschäftigten zu bieten, wird empfohlen, Baulücken und größere Hinterhöfe dazu zu nutzen kleine Parks und gärtnerisch gestaltete Grünflächen anzulegen (**M02**). Dadurch, dass sich diese Flächen während der Nacht relativ stark abkühlen, kann hier darüber hinaus eine lokale Abkühlung der Umgebungsluft während der Nacht erreicht werden. Ebenso wird für Hinter- und Innenhöfe eine Begrünung empfohlen (**M01**). Weiterhin wird empfohlen, (beschattete) Aufenthaltsorte direkt am Wasser zu

schaffen (**M06**). Hier ist die Wärmebelastung am Tage durch die Verdunstungskühlung der Wasserflächen naturgemäß deutlich geringer ausgeprägt. Mit dem nördlich gelegenen Hilde-Adolf-Park befindet sich eine größere Parkfläche in unmittelbarer Nähe. Eine grüne Verbindung schafft einen einladenden Weg zum Park hin und erhöht die Attraktivität der Parkfläche für die Anwohner und Beschäftigten von Neu Stephani (**M02**). Auf dem Kellogg-Pier ist bei einem höheren Versiegelungsgrad als in der Modellrechnung angenommen mit noch wärmeren Lufttemperaturen insbesondere während der Nacht und in geringerem Maße während des Tages zu rechnen. Durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen sollte dem entgegen gewirkt werden (**M04**), insbesondere wenn dem Bereich zukünftig eine Aufenthaltsqualität zukommen soll. Aufgrund der exponierten Lage kann eine Berücksichtigung des Windkomforts nötig werden. Im Falle einer Windkomforteinschränkung sollten entweder passende Schutzmaßnahmen installiert werden (**M21**) oder der betroffene Bereich mit einer Nutzung belegt werden, die die auftretenden Windböen toleriert (d.h. keine Nutzungen mit einer hohen Aufenthaltsdauer wie Außengastronomie oder Ruheräume, sondern bspw. Wegeverbindungen ohne Aufenthaltsfunktion).

Rickmers Reismühle

Überblick



Das Lupengebiet Rickmers Reismühle liegt im Nordwesten der Überseeinsel direkt an der Wasserlinie. Hier befindet sich eine Gewerbefläche, wo das Unternehmen Rickmers Reismühle GmbH seinen Sitz hat. Es wurde eine relativ hohe Versiegelung von 87 % angenommen. Weiter nördlich in Richtung Überseeinselspitze schließen sich baumbewachsene Grünflächen an, im Südwesten grenzt das Gebiet an die geplanten Parkflächen der Überseeinsel. Nordöstlich benachbart sind Siedlungsflächen mit einer gemischten Nutzung aus Wohnen und Dienstleistung geplant (Nutzungskonzept abgestimmte Rahmenplanung Stand 09/2020).

Humanbioklimatische Situation

Innerhalb des Lupengebietes zeigt sich die geringste **Wärmebelastung während des Tages** über und in der Nähe der Wasserflächen der Weser (Abb. 1). Auch über den baumbewachsenen Grünflächen ist die Wärmebelastung relativ gering. Innerhalb der Gewerbeflächen, insbesondere auf der landwärts gerichteten Seite der Gebäude, werden deutlich höhere Belastungen erreicht, da die Sonne hier ungehindert einstrahlt und keine Verdunstung von Pflanzen oder Wasser zur Kühlung beiträgt.

Im Gegensatz zur Tagsituation zeigen sich **in der Nacht** über den Wasserflächen nun relativ hohe **Lufttemperaturen**, da sich das Wasser aufgrund seiner hohen Wärmespeicherkapazität während der Nacht kaum abkühlt (Abb. 2). Auf der Landfläche werden die höchsten Werte im Bereich der Gewerbefläche erreicht, weil hier die hochversiegelten Flächen die während des Tages gespeicherte Wärme in

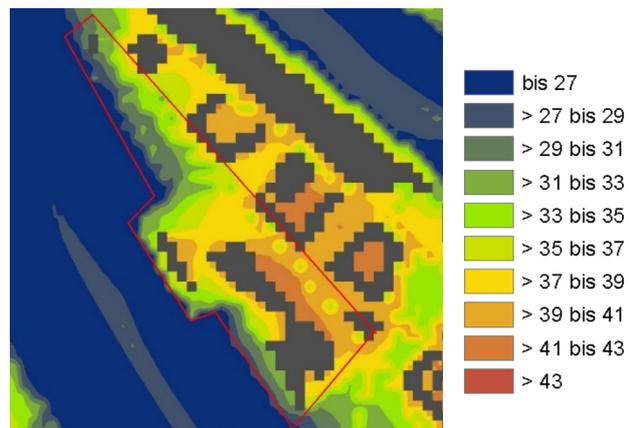


Abb. 1: Wärmebelastung am Tage, Plan-Zustand (PET in °C, in 1,1 m Höhe)

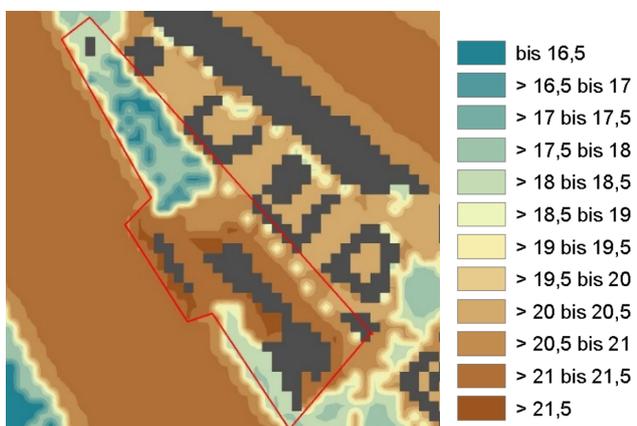


Abb. 2: Nächtliche Lufttemperatur, Plan-Zustand (in °C, in 2 m Höhe)

der Nacht wieder an die Umgebungsluft abgeben. Relative niedrige Lufttemperaturen werden über den Grünflächen erreicht, welche sich nachts deutlich abkühlen.

Das **nächtliche Kaltluftprozessgeschehen** ist primär durch Ausgleichsströmungen von den nördlichen kühlen Grünflächen hin zu den wärmeren Wasserflächen und sekundär hin zu den Gewerbeflächen geprägt (Abb. 3). Ein Teil der Strömung wird auch in die nordöstlich angrenzende

Siedlungsbebauung abgelenkt. Aus der südöstlich angrenzenden Parkfläche strömt keine Kaltluft in Richtung Rickmers Reismühle, sondern nur in Richtung Weser.

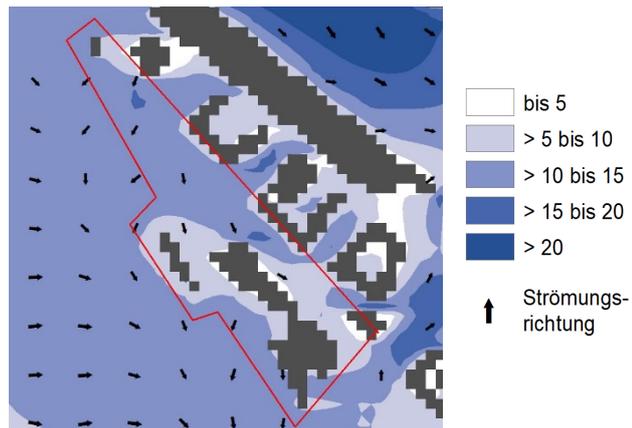


Abb. 3: Nächtliche Kaltluftprozesse, Plan-Zustand (in $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)

Planerische Hinweise

Durch seine Lage unterliegt das Gebiet am Tage nur einer geringfügigen Wärmelastung. Die angrenzenden Parkflächen können als Erholungsflächen für die Beschäftigten während der Pausen dienen. Eine Zuwegung von den Gewerbeflächen hin zur Parkfläche würde dies unterstützen. Die auf der nördlich angrenzenden Grünfläche während der Nacht gebildete Kaltluft strömt hauptsächlich in Richtung Weser und teils in die Gewerbefläche, jedoch nur eingeschränkt in die nordöstlich angrenzenden Siedlungsbereiche. Daher sind innerhalb dieser Siedlungsbereiche kühlende Maßnahmen für die öffentlichen

und privaten Flächen besonders sinnvoll. Hervorzuheben sind schattenspendende Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebelastung am Tage (**M06**) sowie Entsiegelungen, um die lokale Abkühlung während der Nacht zu fördern (**M01, M04**). Für den Fall, dass in den öffentlichen Freiflächen im Uferbereich Aufenthaltsräume geplant sind, ist hier aufgrund der exponierten Lage mit Windkomforteinschränkungen zu rechnen. Gegebenenfalls müssen hier geeignete Schutzmaßnahmen in der Planung berücksichtigt werden (**M21**).

Für den Fall einer Neubeplanung des Gebietes sollten die Grünflächen im Nordwesten erhalten bleiben, da diese einen Teil der auf ihnen entstehenden Kaltluft in die angrenzenden Siedlungsgebiete liefern und Raum für Biodiversität bieten (**M09**). Die neue Gebäudestruktur sollte so ausgerichtet sein, dass sie einen möglichst offenen Querschnitt in Richtung der nordwestlich und südöstlich gelegenen Parkflächen aufweist (**M11**).



7. Zusammenfassung

In den letzten Jahren war Bremen Ziel von verschiedenen klimaökologischen Analysen, gesamtstädtisch zuletzt im Jahre 2013 in einer Auflösung von 50 m. In der vorliegenden Analyse wurde der Fokus auf das Gebiet der Überseestadt gelegt. Dem Stand der Technik gemäß wurde eine mikroskalige Rechnung mit einer 10 m-Auflösung mit dem Stadtklimamodell FITNAH-3D durchgeführt, um hochaufgelöste flächendeckende Ergebnisse für das Untersuchungsgebiet zu erhalten. Die Analyse wurde für den Ist- und für den Plan-Zustand durchgeführt, dadurch konnte deutlich gemacht werden, wie sich die mikroklimatische Situation durch das Planvorhaben verändert. Die Ist-Situation wurde in 2019 erstellt, die Plan-Situation wurde in Absprache mit dem Auftraggeber und der Stadtplanung definiert und entspricht dem Stand Januar 2021.

Die Modellrechnung beruht auf der Annahme einer sommerlichen Strahlungswetterlage (d.h. ohne Bewölkung), die typischerweise zu den höchsten Belastungen führt. In solch einer „autochthonen Sommernacht“ ist der Wärmeinseleffekt besonders stark ausgeprägt und kein übergeordneter Luftaustausch vorhanden („die Luft steht“). Lokal können sich jedoch Ausgleichsströmungen bilden und für Entlastung im Stadtgebiet sorgen. In Bremen sind Flurwinde die wichtigsten dieser Windsysteme. Flurwinde werden durch Temperaturunterschiede angetrieben und sind vom kühleren Umland auf die überwärmten Stadtgebiete ausgerichtet. Im besten Fall kann damit Kaltluft (und ggf. Frischluft) über zusammenhängende Grünzüge bzw. Freiflächen bis weit in den Stadtkörper fließen.

Bei Betrachtung der modellierten bodennahen Lufttemperatur zeigt sich eine deutliche nächtliche Überwärmung der Siedlungsflächen im Plangebiet. Im Ist-Zustand nehmen die hochversiegelten Gewerbeflächen einen großen Flächenanteil ein und sorgen für einen relativ hohen Wärmeinseleffekt von > 5 K. Im Plan-Zustand ist die maximale Überwärmung in ihrer Ausbreitung anteilig etwas geringer ausgeprägt, da viel der ursprünglich hoch versiegelten Flächen in geringer versiegelte Strukturen umgewandelt werden. Aufgrund der weiterhin bestehenden relativ hohen Baudichte innerhalb des Plangebietes stellt sich jedoch weiterhin eine deutliche Überwärmung (3 - 5 K) im Vergleich zum weitgehend unbebauten Umland ein.

Aufgrund seiner besonderen Lage zwischen städtischen Siedlungsflächen und der Weser unterliegt das Plangebiet nur in sehr eingeschränktem Maße einer nächtlichen Kaltluftströmung aus dem Umland. Lediglich aus dem Bereich des Waller Friedhofes strömt kühle Luft in Richtung warme Siedlungsflächen. Im Ist-Zustand stellen sich innerhalb des Plangebietes über den großen Brach- und Freiflächen kleinräumige Kaltluftaustauschbereiche ein. Mit Bebauung dieser Flächen im Plan-Zustand sind sie jedoch nicht mehr zu identifizieren. Im Bereich des Überseeparks entsteht durch die langgezogene Geometrie des Parks eine Art Kanaleffekt, der die Luft in Richtung Inland beschleunigt, so dass die anliegenden Siedlungsflächen vom Luftaustausch profitieren.

Da das Plangebiet einer hohen Baudichte unterliegt und nur geringfügig von außen mit Kaltluft versorgt wird, ist eine Kühlung „von Innen heraus“ umso bedeutender. Der gebietsweise noch frühe Planungsstand der Überseestadt ermöglicht eine Berücksichtigung von verschiedenen klimaökologischen Maßnahmen. In einem tabellarischen Maßnahmenkatalog sind verschiedene Maßnahmen zusammengefasst, die

einzelnen Flächen räumlich zugeordnet werden können und als Planungsempfehlungen zu verstehen sind, die bei Betrachtung einer konkreten Fläche einer genaueren Überprüfung bedürfen, wie beispielsweise die Eignung von Gebäuden für Dachbegrünung. Im Rahmen von Steckbriefen werden sie auf verschiedene Lupengebiete gezielt angewendet.

Quellenverzeichnis

- BfN (2016) – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. BfN-Skripten 444.
- DFG (1988) – Deutsche Forschungsgemeinschaft: Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Abschlussbericht. Bonn.
- DWD (2019) – Deutscher Wetterdienst: Climate Data Center (freier Online-Zugang zu Klimadaten). Online: <https://cdc.dwd.de/portal/>
- Geo-Net (2013): Klimaanalyse für das Stadtgebiet der Hansestadt Bremen
- Groß, G. (1992): Results of supercomputer simulations of meteorological mesoscale phenomena. Fluid Dynamics Research (10): 483-498.
- Oke, T. R. (1973): City size and the urban heat island. Atmospheric Environment (1967), Volume 7, Issue 8: S. 769-779.
- Häckel, H. (2012): Meteorologie. 7. Auflage. Stuttgart.
- Kuttler, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig. Band 13
- Kuttler, W. (2009): Klimatologie. Paderborn.
- Kuttler, W. et al- (2013): Handlungsleitfaden – Steuerungswerkzeuge zur städtebaulichen Anpassung an thermische Belastungen im Klimawandel. Serie: Dynaklim-Publikation, Nr. 34, Essen.
- Malberg, H. (2002): Meteorologie und Klimatologie- Eine Einführung. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg.
- Matzarakis, A. und H. Mayer (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.
- Schönwiese, C.- D. (2008): Klimatologie. 3. Auflage. Stuttgart.
- UBA 2016: Heizen, Raumtemperatur, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur (06.09.2021).
- Umweltamt Bielefeld (2013): Bäume und Großsträucher mit sehr hoher bis hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenheit – Empfehlungsliste für den bebauten Bereich.
- VDI (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen.
- 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.

Anhang

langjährige mittlere monatliche Anzahl an autochthonen Nächten (35.9 pro Jahr)
1980 - 2020, Station: 691 - Bremen

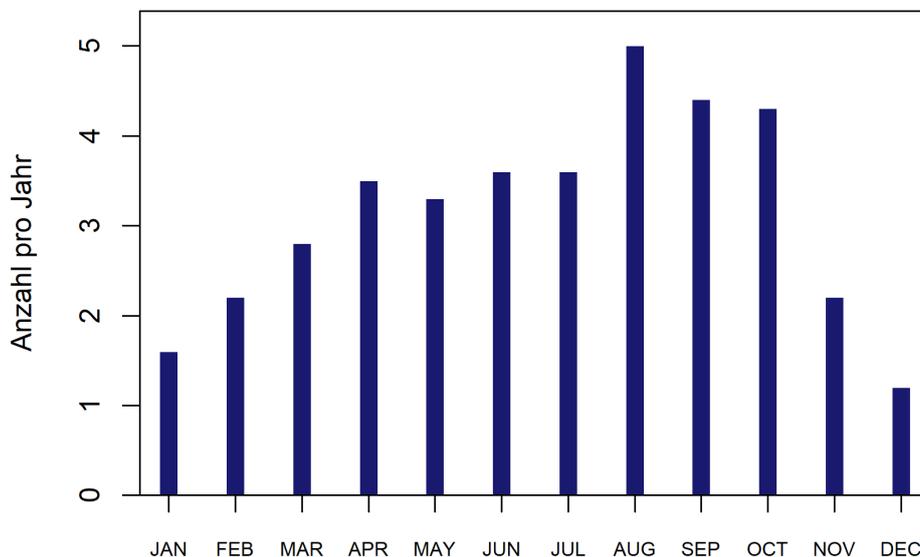


Abb. A 1: Langjähriges Monatsmittel der Anzahl autochthoner Nächte an der DWD-Station Bremen-Flughafen (1980 – 2020, Quelle: eigene Berechnung nach DWD 2020)

Tab. A 1: Zuordnung von Schwellenwerten des Bewertungsindex PET während der Tagstunden (nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

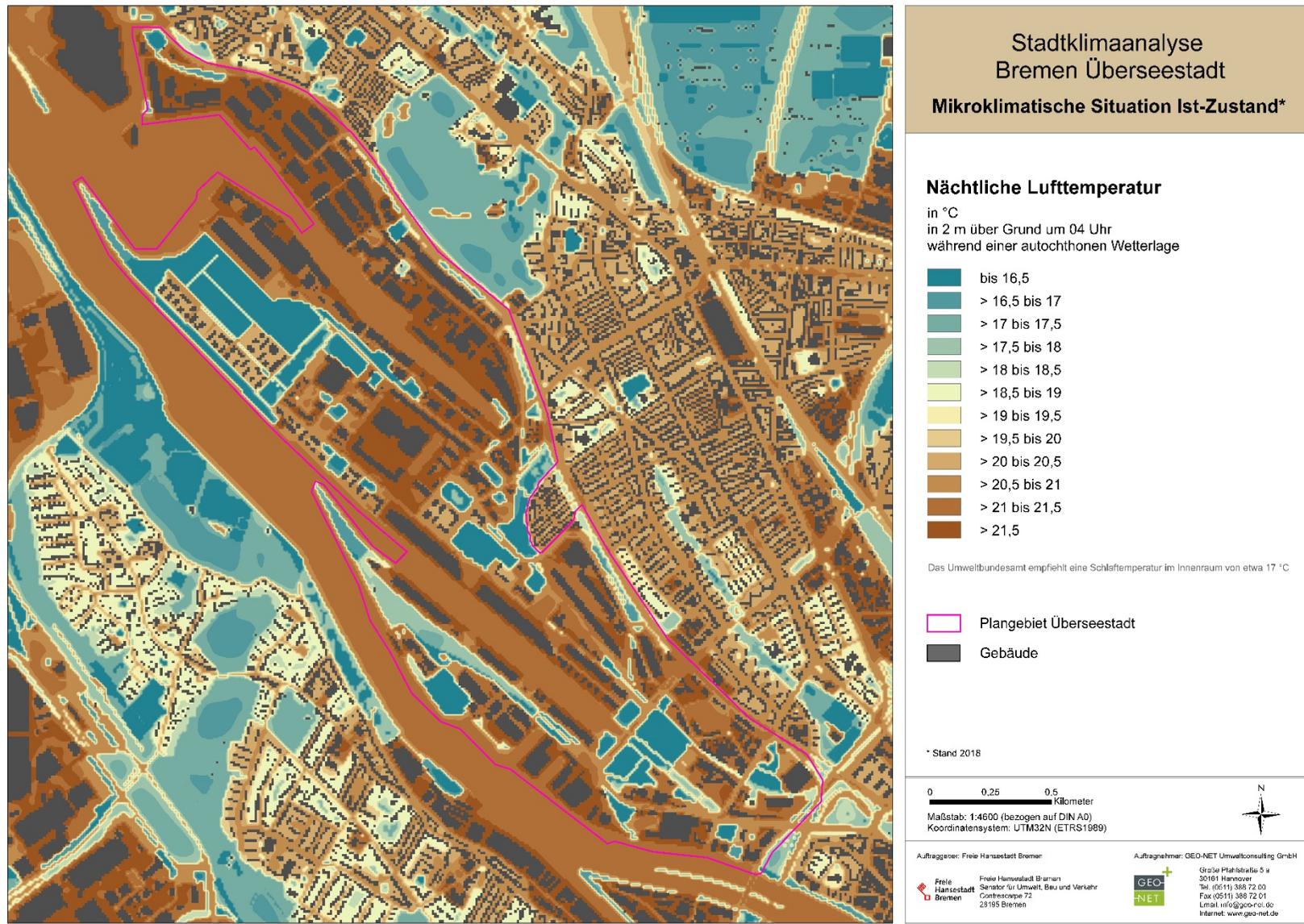


Abbildung A2: Nächtliche Lufttemperatur für den Ist-Zustand.

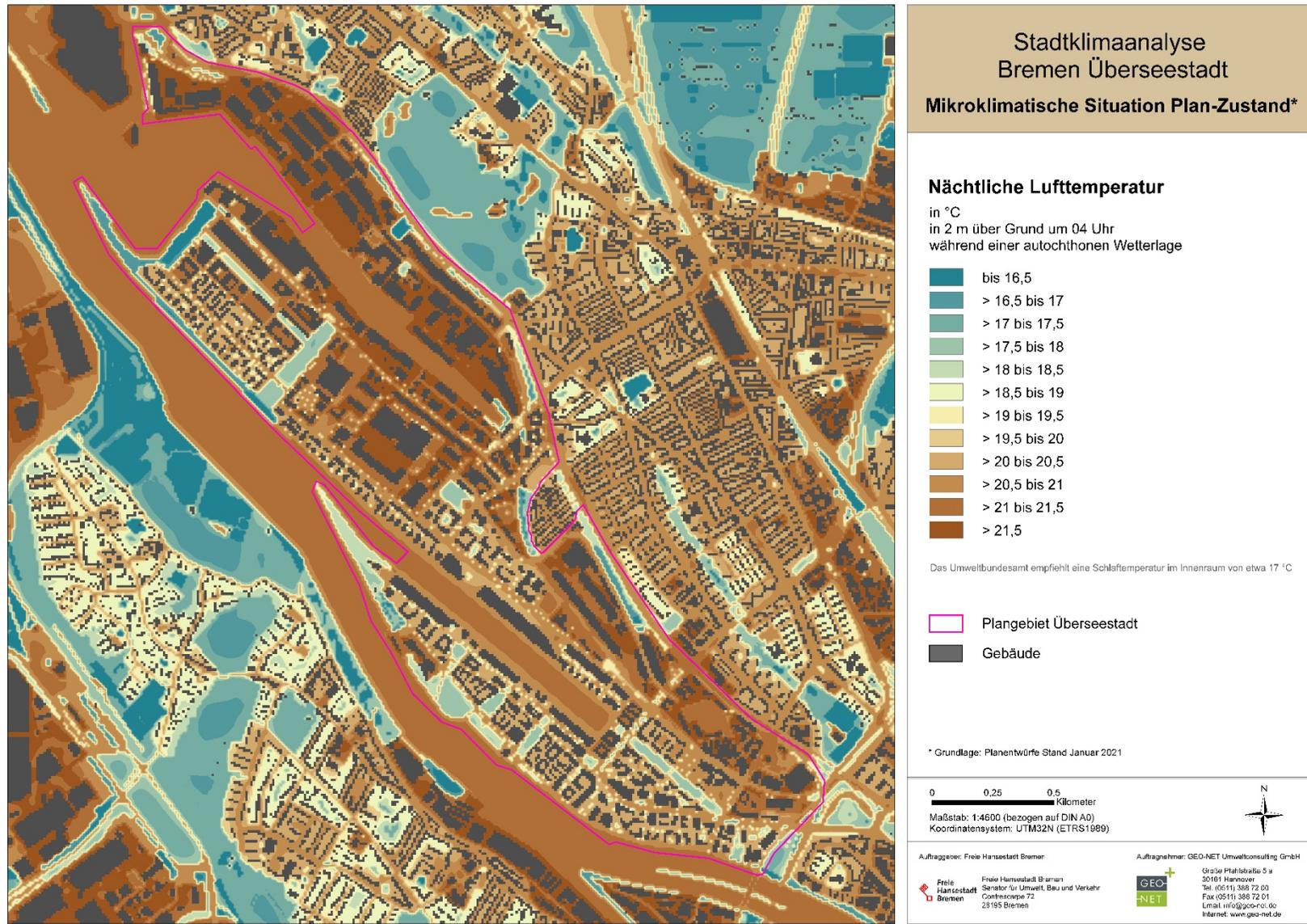


Abbildung A3: Nächtliche Lufttemperatur für den Plan-Zustand.

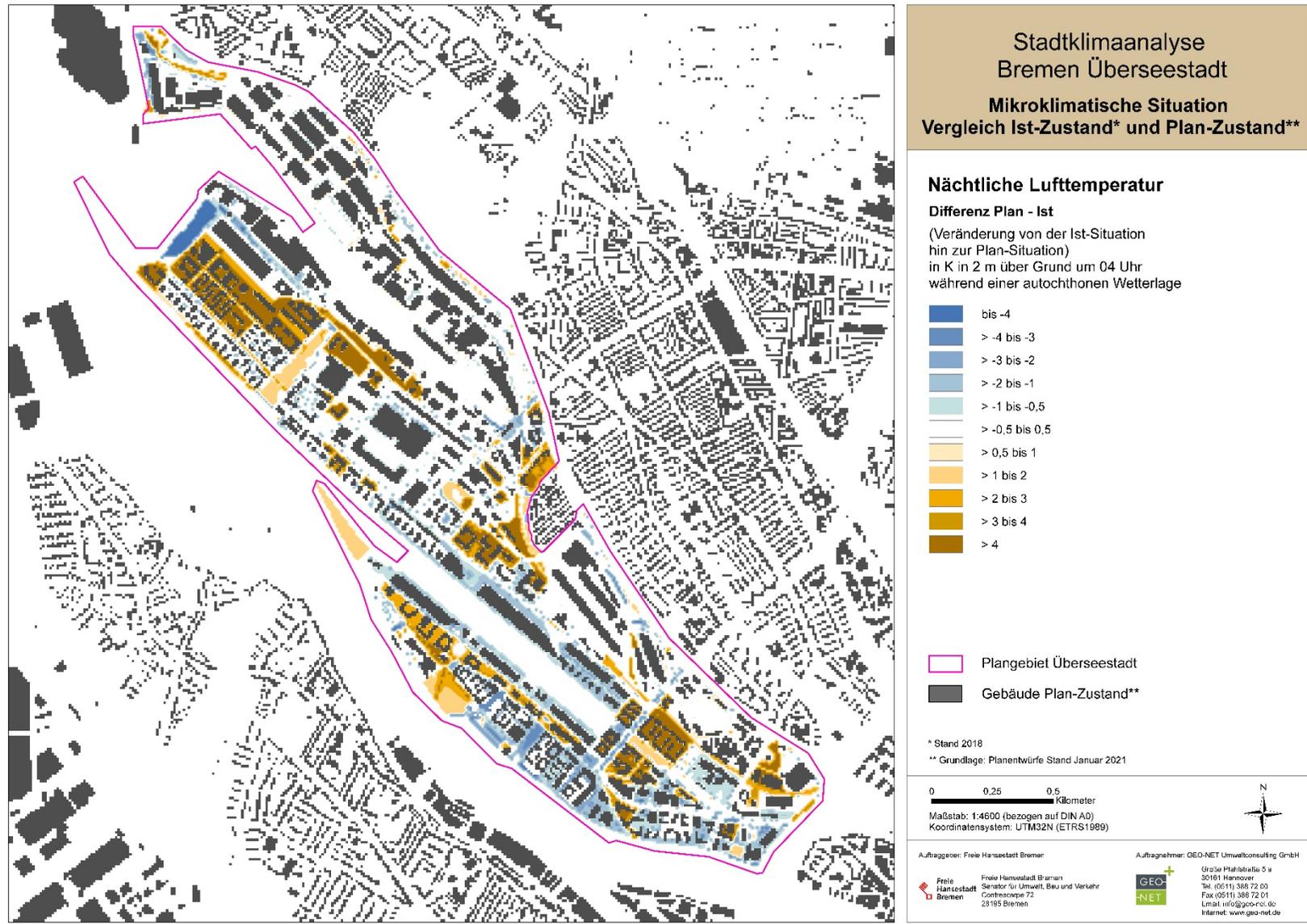


Abbildung A4: Veränderung der nächtlichen Lufttemperatur von der Ist-Situation hin zur Plan-Situation.

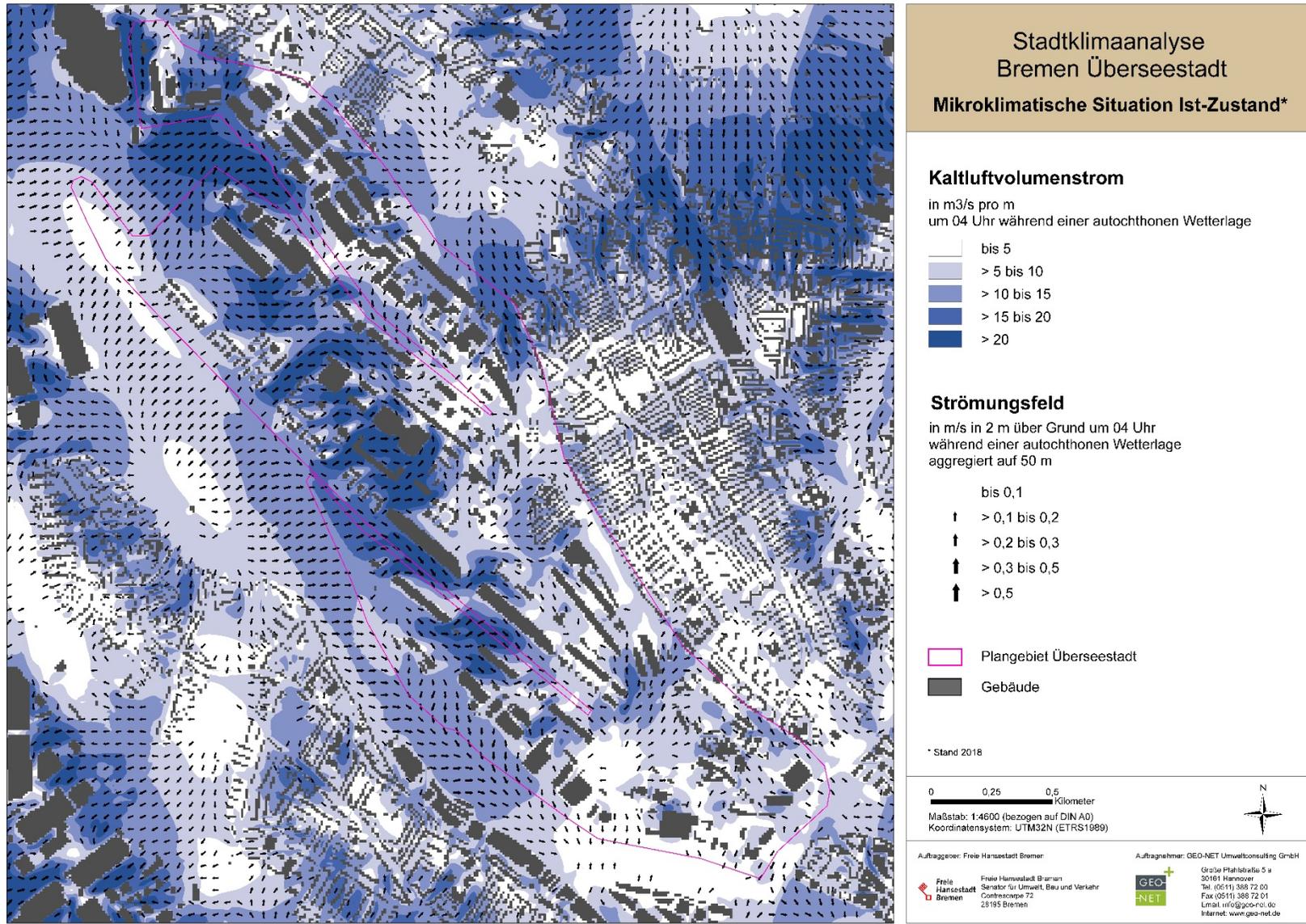


Abbildung A5: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom und bodennahes Strömungsfeld um 04 Uhr für den Ist-Zustand.

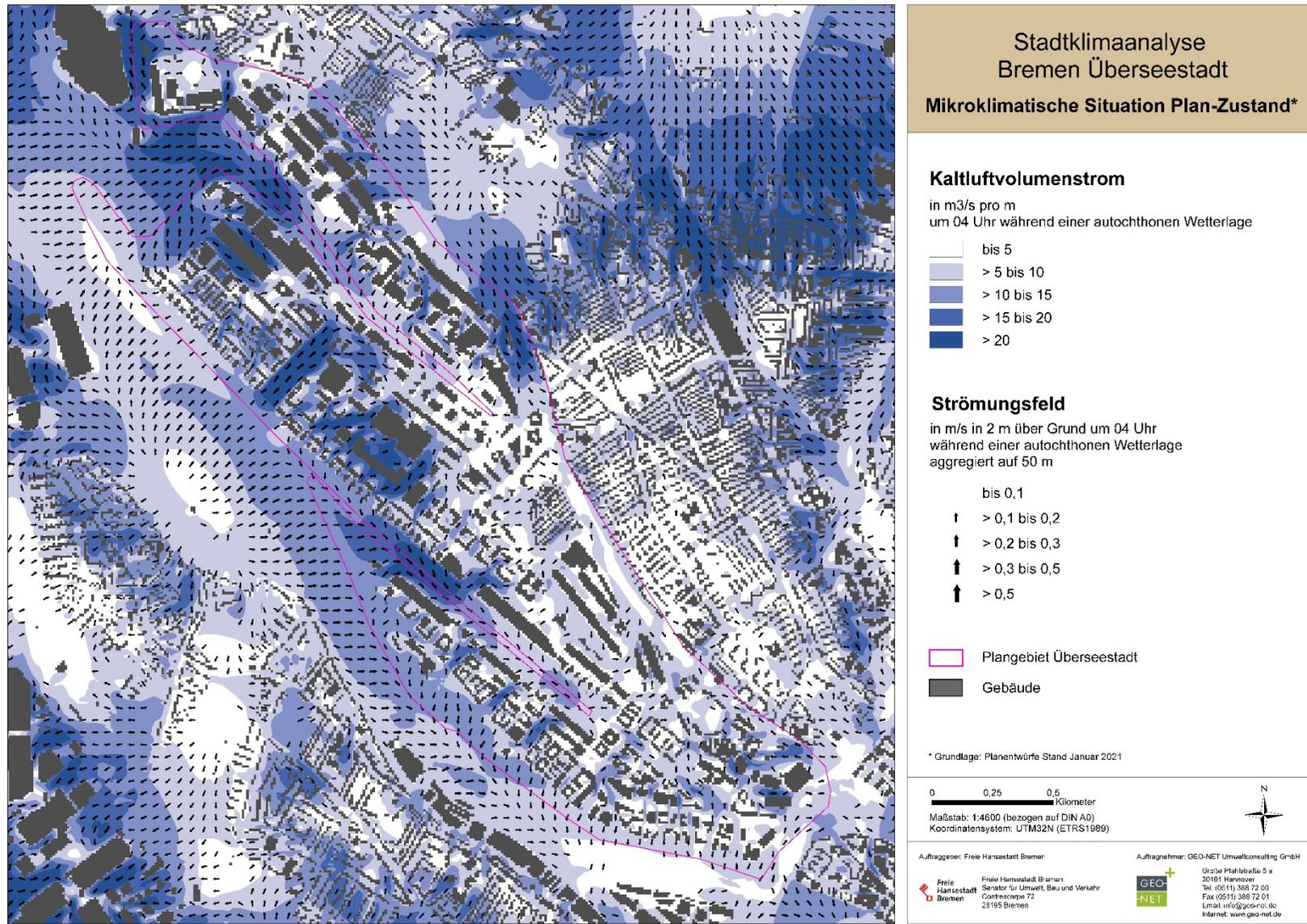


Abbildung A6: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom und bodennahes Strömungsfeld um 04 Uhr für den Plan-Zustand.

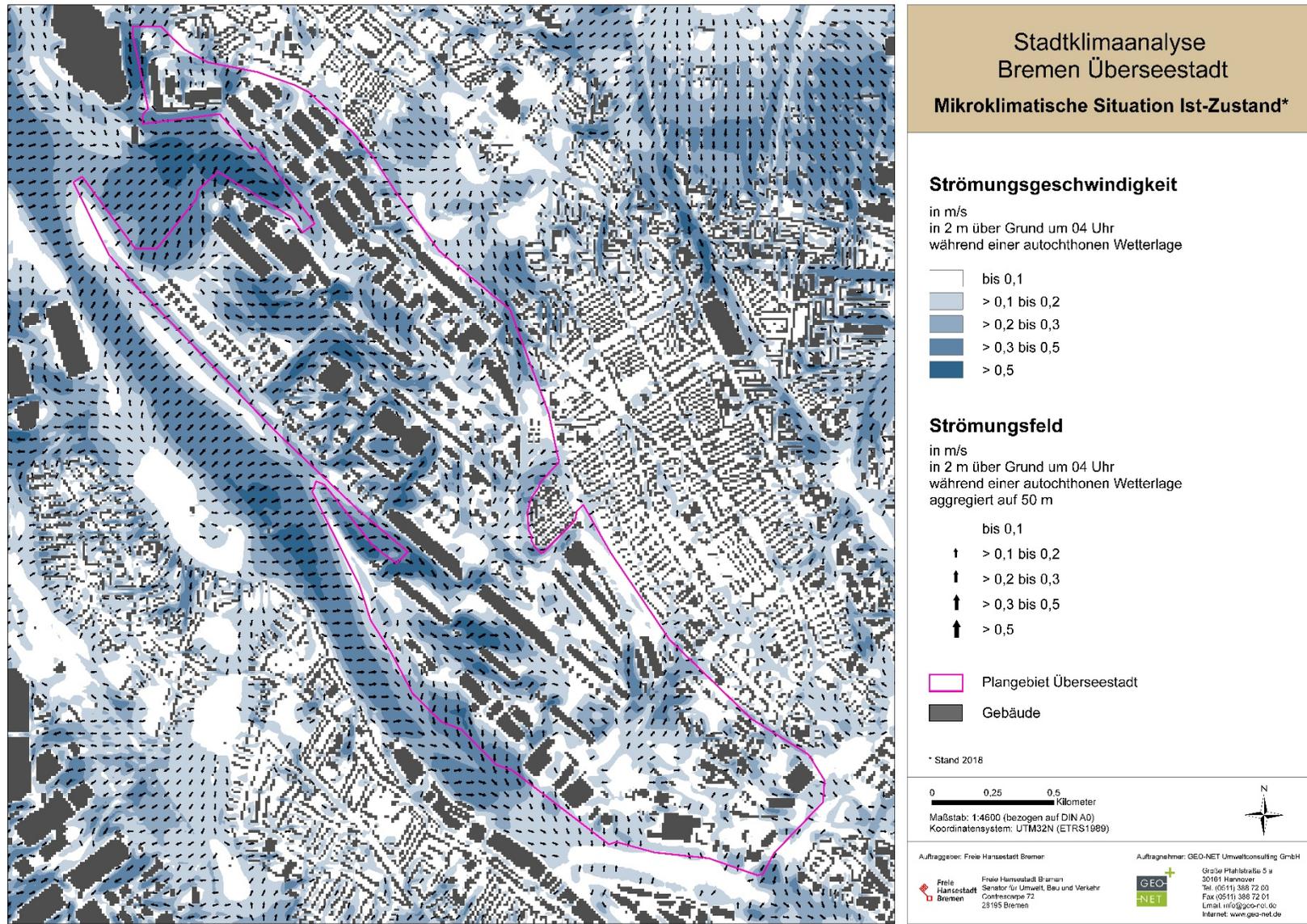


Abbildung A7: Strömungsgeschwindigkeit und bodennahes Strömungsfeld um 04 Uhr für den Ist-Zustand.

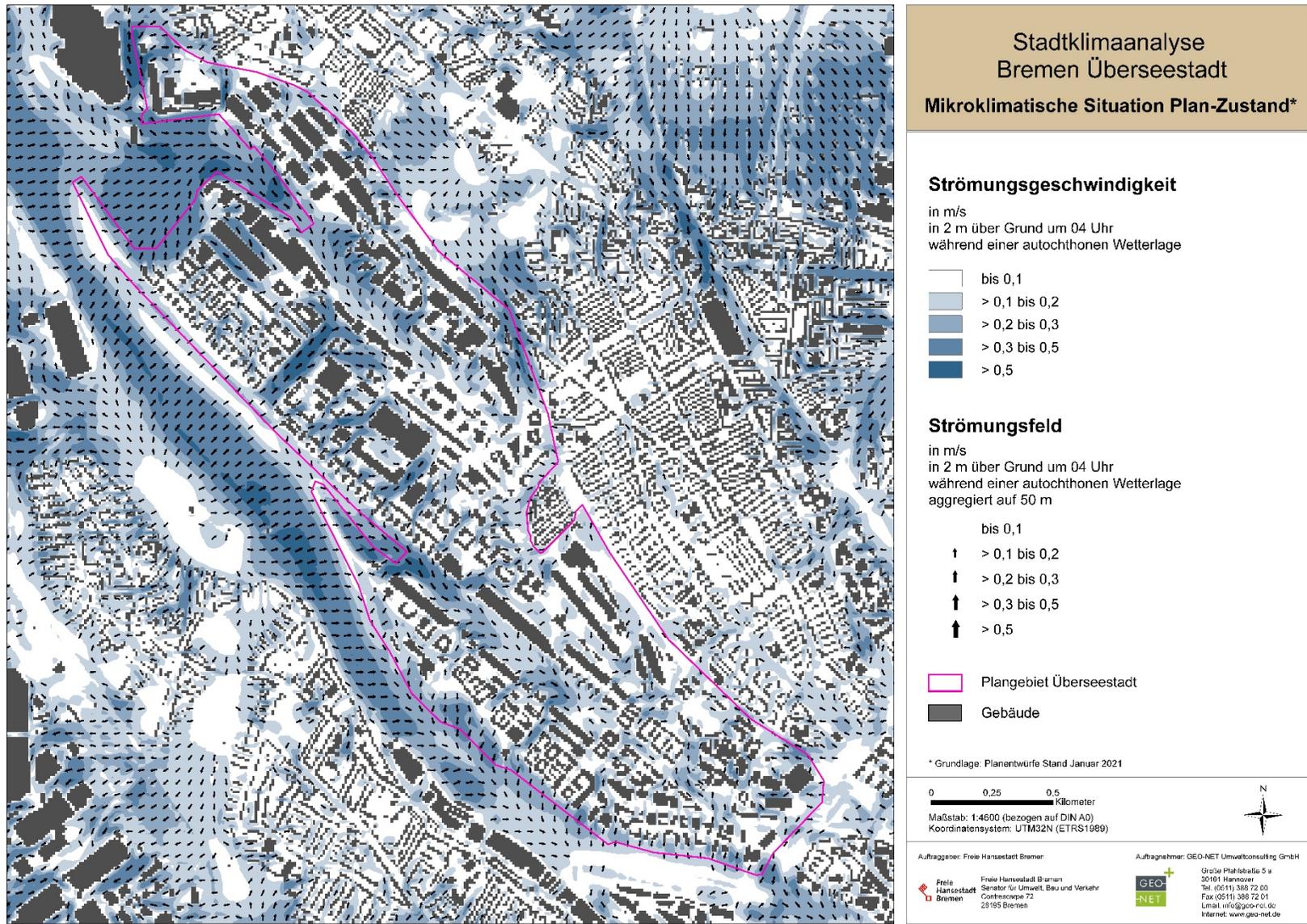


Abbildung A8: Strömungsgeschwindigkeit und bodennahes Strömungsfeld um 04 Uhr für den Plan-Zustand.

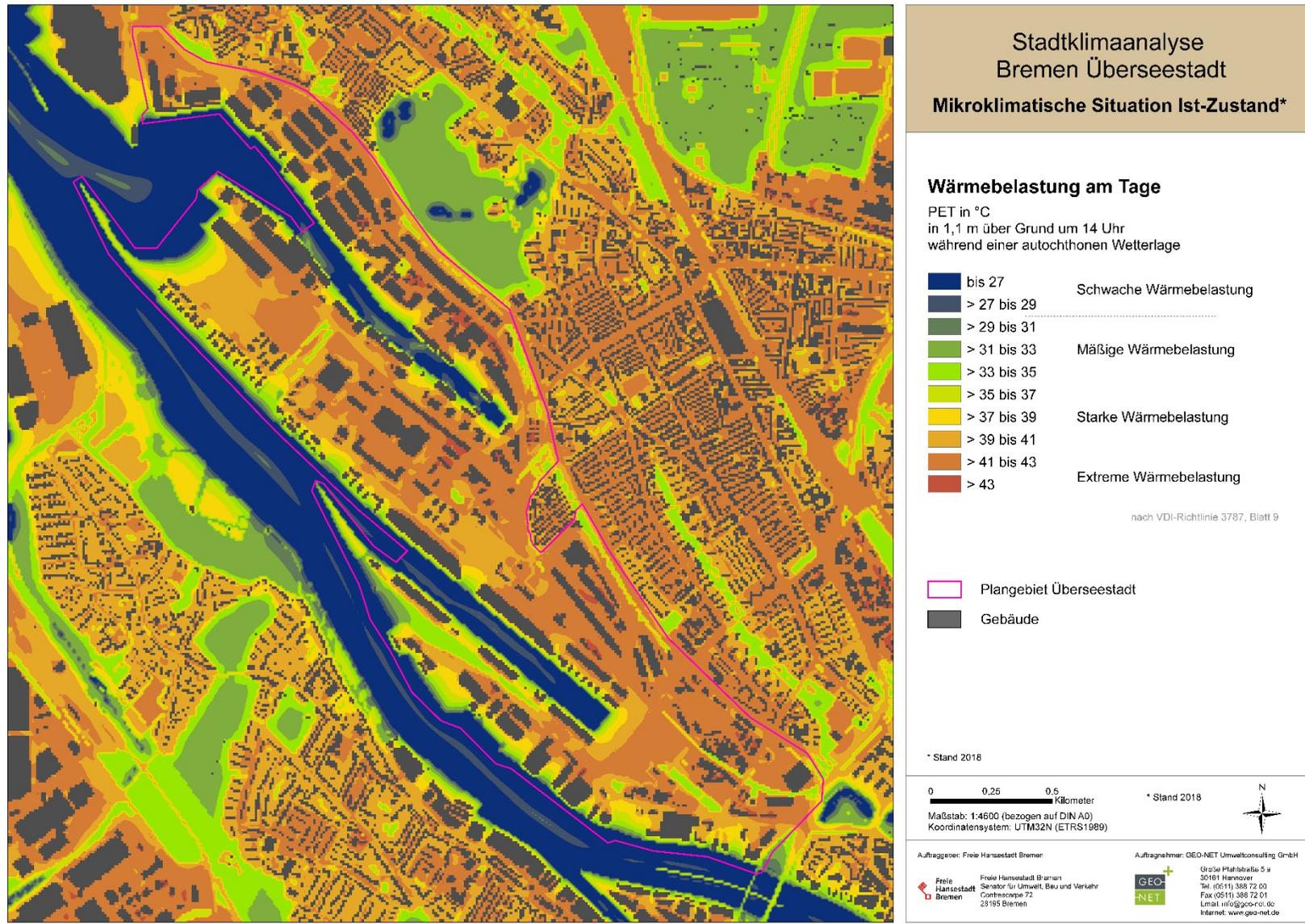


Abbildung A9: Wärmebelastung am Tage für den Ist-Zustand.

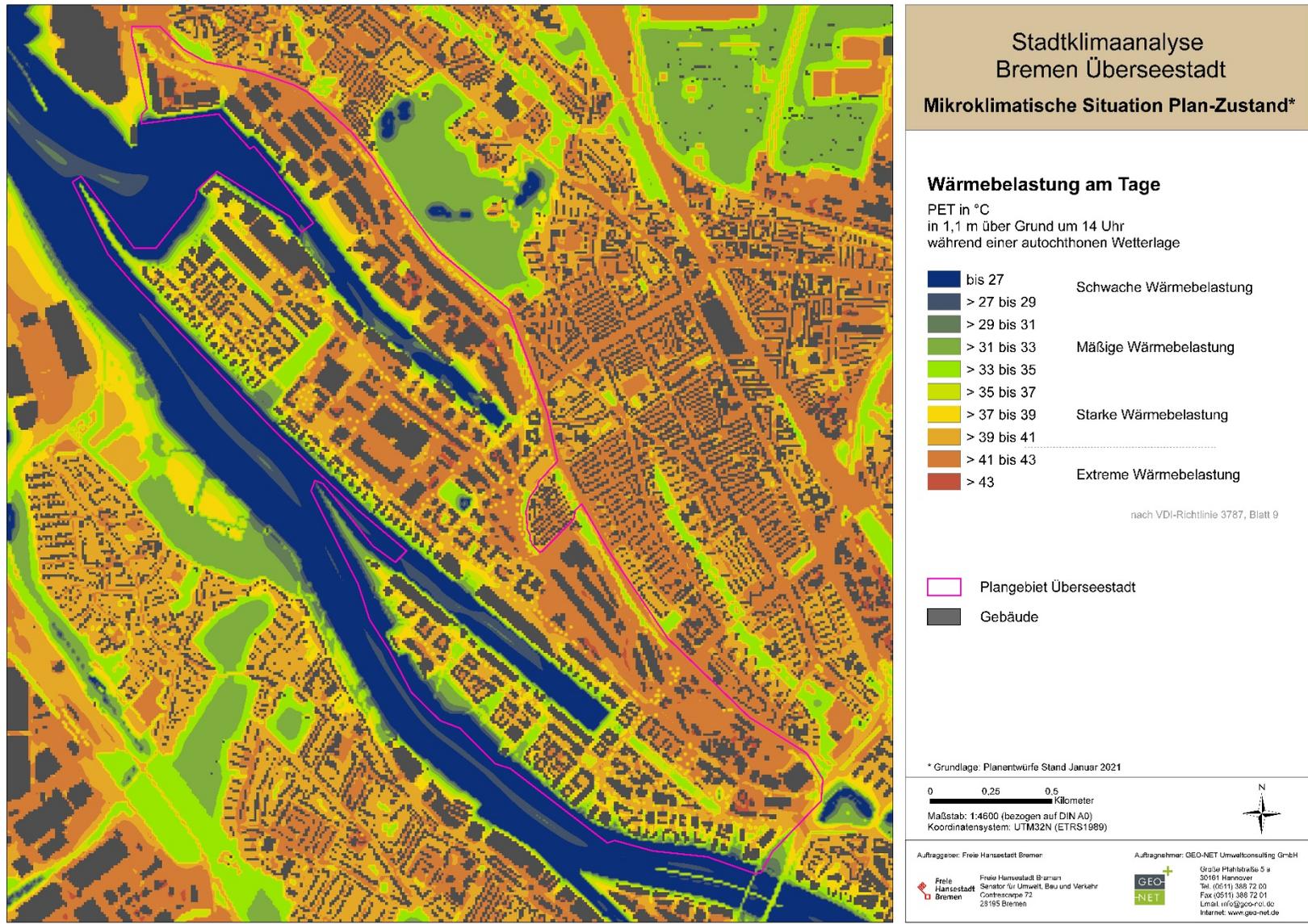


Abbildung A10: Wärmebelastung am Tage für den Plan-Zustand.

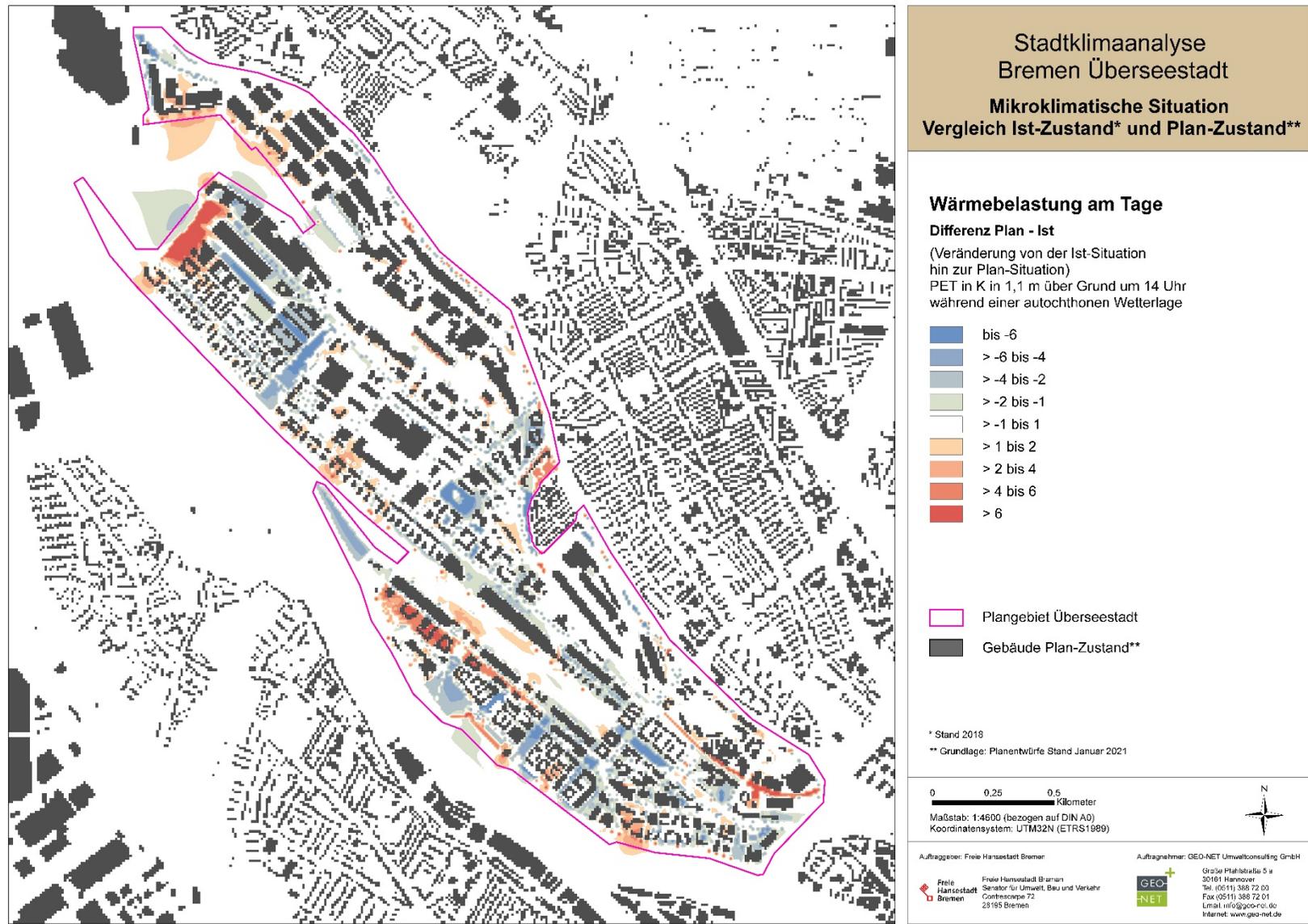


Abbildung A11: Veränderung der Wärmebelastung am Tage von der Ist-Situation hin zur Plan-Situation.

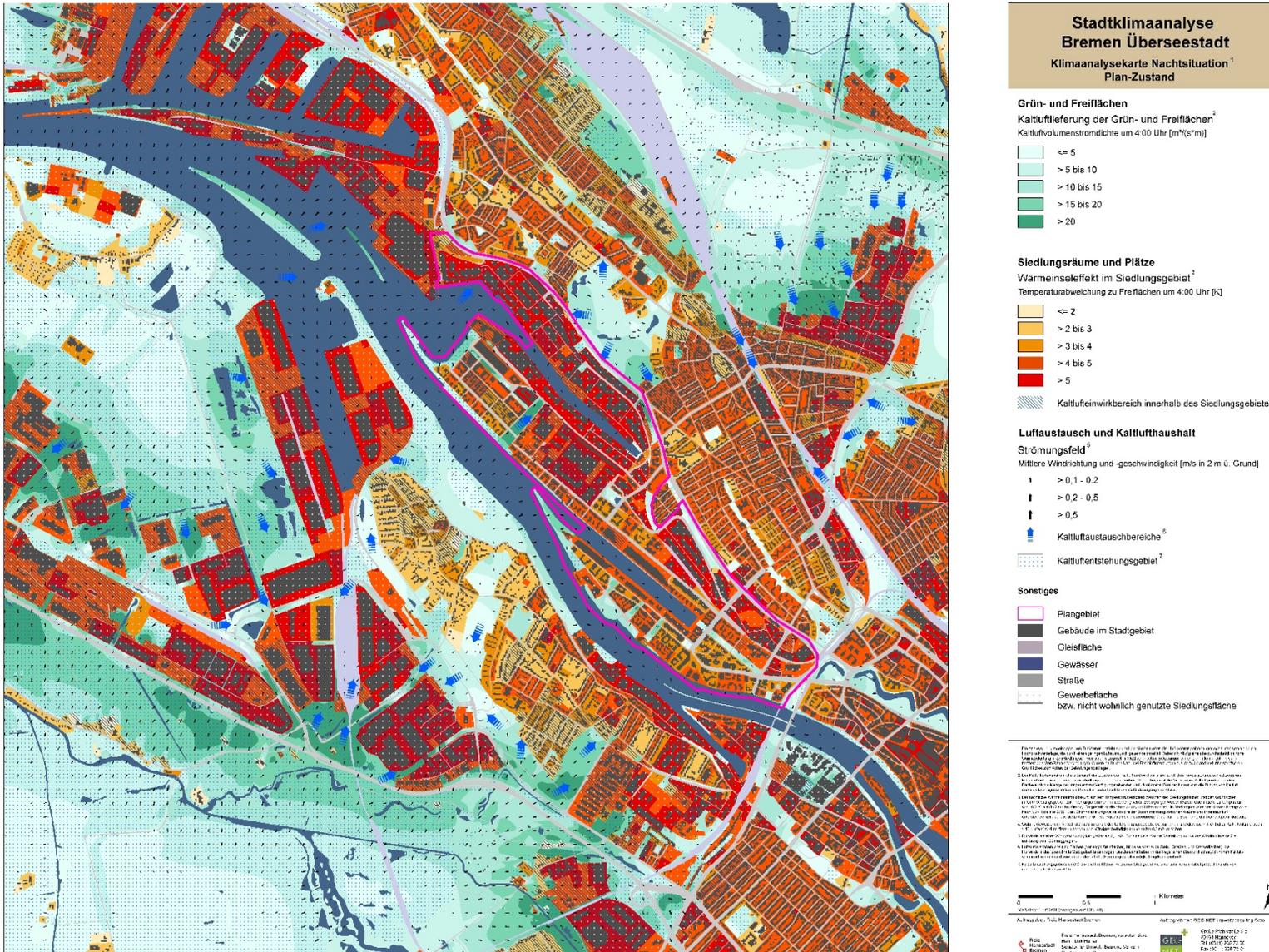


Abbildung A13: Klimaanalysekarte für den Plan-Zustand.

