



Lohmeyer

**BEBAUUNGSPLAN NR. 600
„STADTHAFEN NORD“
IN MÜNSTER**

KLIMAGUTACHTEN

Auftraggeber:

WoltersPartner Stadtplaner GmbH
Daruper Straße 15
48653 Coesfeld

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Bochum

M.Sc. Georg. J. Lehmkuhler

Dr. rer. nat. R. Hagemann

M.Sc. Geogr. L. van der Linden

Dr. techn. Patrick Hogan

April 2025
Projekt 30282-22-02
Berichtsumfang 52 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	8
2 AUFGABENSTELLUNG	11
3 GRUNDLAGEN	12
3.1 Stadtklima/Wärmeinseleffekt	12
3.2 Thermischer Komfort (Wärmebelastung).....	14
4 KLIMATISCHE BEDINGUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	16
5 VORGEHENSWEISE	18
5.1 Stadtklimamodell PALM-4U	18
6 EINGANGSDATEN	22
6.1 Lage und Relief des Untersuchungsgebiets	22
6.2 Landbedeckung	25
6.2.1 Oberflächen und Vegetation.....	25
6.2.2 Gebäude.....	28
6.3 Meteorologische Daten	30
7 ERGEBNISSE	33
7.1 Bioklimatische Situation am Tag.....	33
7.2 Bioklimatische Situation in der Nacht.....	42
8 FAZIT UND PLANUNGSHINWEISE	47
9 QUELLEN	50
9.1 Literatur	50
9.2 Materialien und Unterlagen.....	51
A1 KLIMATOLOGISCHE PARAMETER.....	53
A1.1 Windgeschwindigkeit und -richtung	53
A1.2 Lufttemperatur	53

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Namen und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Klima

Als Klima definiert man das langjährige Mittel und die Schwankungen des jährlichen Ablaufs der Witterung eines Gebietes, wobei unter Witterung der Wetterzustand einer Zeitspanne von mehreren Tagen verstanden wird (Scherhag et al., 1977). Der Wetterzustand wird beschrieben durch meteorologische Größen wie Wind, Temperatur, Feuchte, Sonnenscheindauer, Strahlungsmenge und Niederschlag.

Man unterscheidet das regionale Klima (mehrere 10 km) und das lokale Klima (ca. 100 m bis mehrere km). Wichtige Einflussgrößen für das regionale und lokale Klima sind, ausgehend von der geographischen Situation und der Verteilung der großräumigen Wetterlagen, die Topographie (z. B. Geländeform, Exposition) und das Muster der Landnutzung.

Im Rahmen der hier vorliegenden Planung interessieren die Auswirkungen der Planung auf das lokale Klima der Umgebung und die zu erwartenden klimatischen Verhältnisse im unmittelbaren Nahbereich der Maßnahme.

Temperaturgradient und Inversionen

Es entspricht einer physikalischen Gesetzmäßigkeit, dass die mittlere Lufttemperatur mit zunehmender Höhenlage eines Ortes abnimmt. Im Jahresmittel beträgt diese höhenbedingte Temperaturabnahme durchschnittlich $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m Höhenstufe. Im Sommer und Frühjahr erhöht sich der Betrag der Temperaturabnahme auf $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m Höhenstufe, während er im Herbst auf $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und im Winter auf ca. $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m zurückgeht. Unter besonderen meteorologischen Bedingungen kann aber auch eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhenlage beobachtet werden. Hierbei spricht man von Inversionswetterlagen.

Luftschichtungszustände

Wird ein Luftpaket aus seiner Ruhelage heraus vertikal verschoben, so ändert sich seine Temperatur. Ist nun der Temperaturverlauf der ruhend gedachten Umgebung so beschaffen, dass das Luftquantum durch positive oder negative Auftriebskräfte wieder in seine Ausgangsposition zurückgetrieben wird, so nennen wir die Temperaturschichtung **stabil**. Genügt umgekehrt eine kleine Verschiebung aus der Ruhelage zur endgültigen Entfernung des Luftpaketes, so liegt entsprechend eine **labile** Schichtung vor. Zwischen beiden Zuständen liegt die thermisch **neutrale** Schichtung, bei der das vertikal verschobene Luftpaket in jeder Position in einem indifferenten Gleichgewicht ist, das heißt keine Auftriebskräfte auftreten.

Dieses Stabilitätsverhalten übt einen grundlegenden Einfluss auf den vertikalen Austausch aus. Eine stabile Schichtung wird im Vergleich zum neutralen Fall diesen Austausch behindern, im Extrem unterbinden. Thermische Labilität wird dagegen zu einer mehr oder minder starken Durchmischung eines Luftkörpers und damit zu einer Intensivierung des Vertikalaustausches mit daraus resultierenden niedrigeren Schadstoffkonzentrationen führen.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammelgebiete

Geländemulden, Senken und Täler wirken als nächtliche Kaltluftsammelgebiete. Die dort in windschwachen wolkenarmen Strahlungsnächten von den Kaltlufteinzugsgebieten der Hänge und Höhen zusammenfließende Kaltluft lässt niedrigere nächtliche Temperaturminima entstehen, die am Tage - insbesondere im Sommer - durch die tälertypischen Übergangstemperaturen im statistischen Mittel wieder ausgeglichen werden.

Windsysteme

a) Allgemeines

Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet. Ursache des Windes sind Luftdruckunterschiede. Wirkt nur die Kraft eines horizontalen Druckgradienten, entsteht der Euler-Wind, der nur in kleinräumigen Phänomenen eine Rolle spielt. Wird bei großräumigen Bewegungen der Einfluss der Erdrotation spürbar, so tritt die Corioliskraft zur Druckgradientenkraft hinzu. Der Wind weht isobarenparallel und wird geostrophischer Wind genannt. Sind die Isobaren gekrümmt, so tritt die Zentrifugalkraft hinzu. Dieser Wind wird Gradientwind genannt und kommt dem realen Wind noch etwas näher als der geostrophische Wind. Werden Winde in der atmosphärischen Grenzschicht (Bodennähe) betrachtet, so ist zusätzlich die Kraft der Bodenreibung zu berücksichtigen.

Für die kleinräumigen Betrachtungen innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht spielt die Corioliskraft keine relevante Rolle. Für die Luftbewegung und ihre räumliche Ausprägung (Windfeld) gewinnen Relief und Landnutzung an Bedeutung.

b) allochthone Windsysteme

Der Gradientwind als größte Näherung des realen Windes (siehe oben) ist als solcher nur in höheren Luftsichten ungestört zu beobachten. Die Erdoberfläche bremst die Luftbewegung. Die Reibungsschicht ist im Allgemeinen 1 000 m bis 1 500 m hoch. Innerhalb dieser Reibungsschicht zeigt sich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Allochthone Wetterlagen sind Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten, sogenannte Gradientwindlagen.

c) autochthone Windsysteme

Bei gradientschwachen Wetterlagen (Strahlungswetterlagen) oder bei einer Abkopplung der bodennahen Strömung durch stabile Schichtung der Atmosphäre können auch schwächere Druckunterschiede (durch lokal unterschiedliche Erwärmung) Luftströmungen von kaum spürbaren Luftbewegungen bis hin zu mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten hervorrufen. Wie der Name also bereits impliziert, entstehen thermisch induzierte Windsysteme als Ausgleichsströmung zwischen verschiedenen thermischen Regimes innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht. Vertreter thermisch induzierter Prozesse sind Land- und Seewind, Flurwinde, Berg- und Talwind und Kaltluftströmungen.

Albedo

Die Albedo beschreibt das Reflexionsvermögen von Sonnenlicht (kurzwelliger Strahlung) einer Oberfläche. Der Albedo-Wert liegt zwischen 0 und 1: Eine hohe Albedo bedeutet, dass ein hoher Anteil der solaren Einstrahlung reflektiert, statt absorbiert wird. Je heller die Oberfläche, desto größer die Albedo – je dunkler die Oberfläche, desto niedriger die Albedo. Dunkle Oberflächen können daher gegenüber hellen wärmer sein, da sie einen Großteil der einfallenden Sonneneinstrahlung in Form von Wärme absorbieren.

Bodeninversion

Die Bodeninversion ist ein meteorologisches Phänomen, bei dem sich die übliche Temperaturverteilung in der Atmosphäre umkehrt. In normalen atmosphärischen Bedingungen nimmt die Temperatur mit steigender Höhe ab. Bei einer Bodeninversion tritt jedoch das Gegenteil auf: Die Temperatur steigt mit steigender Höhe an. Dies geschieht, wenn kalte Luft am Boden eingeschlossen wird und wärmere Luftmassen darüber liegen. Die Bodeninversion führt häufig zu stabilen Wetterbedingungen, da sie die vertikale Durchmischung der Luft behindert. Dies kann zu Problemen wie Smogansammlung in städtischen Gebieten oder zu Temperaturinversionen führen, bei denen kalte Luft an der Erdoberfläche gefangen ist und wärmere Luft darüber liegt.

Gefühlte Temperatur

Die empfundene Temperatur kann von der gemessenen Lufttemperatur abweichen. Daher wird zur Beschreibung des thermischen Komforts ein bioklimatischer Index, z. B. die gefühlte Temperatur hinzugezogen, welcher das Temperaturempfinden unter Berücksichtigung der meteorologischen Einflussgrößen Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und der Strahlungstemperatur beschreibt.

Heißer Tage

Ein Heißer Tag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 30 °C beträgt.

Hitze(-belastung)

Eine Hitzebelastung tritt ein, wenn die Temperaturen in einem bestimmten Gebiet für einen längeren Zeitraum überdurchschnittlich hoch sind. Es gibt keine feste, allgemeingültige Temperaturschwelle, die eine Hitzebelastung definiert, da dies von verschiedenen Faktoren abhängt, einschließlich der jeweiligen klimatischen Bedingungen und der lokalen Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung. In der Regel spricht man von einer Hitzebelastung, wenn die Temperaturen deutlich über den normalen Durchschnittstemperaturen für einen bestimmten Ort und eine bestimmte Jahreszeit liegen und/oder wenn es zu Hitzewellen kommt. Hitzewellen sind längere Zeiträume mit außergewöhnlich hohen Temperaturen im Vergleich zur typischen Wetterlage in der Region.

Hitzeinsel / Wärmeinsel

Eine städtische Wärmeinsel beschreibt einen Bereich in der Stadt, in dem die Temperaturen höher sind als in den umliegenden ländlichen Gebieten. Dieser Effekt wird durch die Absorption und Wiederausstrahlung von Wärme durch Asphalt, Beton und menschlichen Aktivitäten verursacht. In Wärmeinseln können die Temperaturen um mehrere Grad Celsius höher sein als in der Umgebung, was zu Gesundheitsrisiken, erhöhtem Energieverbrauch und verschlechterter Luftqualität führen kann.

Hitze-Hotspot

Als Hitze-Hotspots werden Bereiche definiert, die aufgrund ihrer hohen thermischen Belastung sowie der räumlichen Dichte von Aufenthaltsbereichen vulnerabler Bevölkerungsgruppen eine besondere Sensitivität gegenüber Hitzebelastungen aufweisen. Diese Bereiche werden bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen priorisiert.

Kaltluft (-abfluss/-strömungen)

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen (autochthone Wetterlage) können sich nachts oberhalb von Frei- oder Vegetationsflächen Kaltluftmassen bilden. Kalte Luft ist schwerer als die wärmere Umgebungsluft und kann über geneigtem Gelände hangabwärts (Kaltluft-abfluss) fließen. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hängt ab von der Hangneigung, der Bodenraufigkeit und der Größe des Kaltlufteinzugsgebiets. Die Produktionsrate von Kaltluft hängt

stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluft neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Oberflächentemperatur

Die Oberflächentemperatur bezieht sich auf die Temperatur der äußersten Schicht der Erdoberfläche, also der Bodenoberfläche und/oder von Objekten (Häuser, Vegetation usw.). Oberflächen- und Lufttemperatur können unterschiedliche Werte haben, beeinflussen sich aber auch gegenseitig aufgrund des Wärmefluss zwischen Erdoberfläche und der bodennahen Atmosphäre.

Sommertag

Ein Sommertag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 25 °C beträgt.

Stadtklima

Das Stadtklima ist eines gegenüber dem Umland durch anthropogene Einflüsse (Bebauung, Emissionen) verändertes Mesoklima. Es unterscheidet sich oftmals signifikant von den klimatischen Bedingungen in ländlichen Gebieten oder natürlichen Landschaften. Das Stadtklima ist eine Folge der Wechselwirkung zwischen der städtischen Infrastruktur, der Bebauung, der versiegelten Oberflächen, der Verkehrsbelastung und der natürlichen Umgebung.

Vulnerable Bevölkerungsgruppen

Ältere Menschen, kranke Menschen und Kinder gehören beispielsweise zu den besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen in Städten im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels. Ihre körperlichen und gesundheitlichen Bedürfnisse machen sie anfälliger für extreme klimatische Bedingungen.

Warmes Kuppenzone

Die "Warmes Kuppenzone" beschreibt eine Region oder Schicht in der Atmosphäre, in der die Temperatur mit steigender Höhe zunimmt. Dies steht im Gegensatz zur normalen Temperaturabnahme in der Troposphäre, bei der es üblicherweise kälter wird, je höher man steigt. Die Warme Kuppenzone kann auftreten, wenn warme Luftmassen in einer Schicht in der Atmosphäre eingeschlossen sind, die über kälterer Luft liegt. Dieses Phänomen kann zu stabilen Wetterbedingungen führen, in denen die vertikale Durchmischung der Luft begrenzt ist.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Münster ist am Hafen der Bebauungsplan Nr. 600 „Stadthafen Nord“ im Bereich des Osmo-Areals in Bearbeitung. Das Plangebiet wird im Norden durch die Schillerstraße begrenzt und die Hafenstraße führt durch den südlichen Teil des Plangebietes. Im Süden liegt der Stadthafen I und im Osten der Dortmund-Ems-Kanal. Die zwischenzeitlich nicht mehr bebauten Flächen, die zuvor mit den Osmo-Hallen bebaut waren, sollen neubebaut werden. Die Neubebauung umfasst eine Mischnutzung aus Wohnen, Büroflächen, Gastronomie, Gewerbeträgen, Hotels und einer Kindertagesstätte sowie Flächen für kulturelle Angebote.

Im Rahmen des Gutachtens wurden auf der Grundlage von Simulationsrechnungen für den Bebauungsplan und die angrenzenden Wohnsiedlungen Aussagen zum Themenkomplex Temperatur bzw. Überhitzung erarbeitet. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse waren die thermischen Verhältnisse an einem heißen Sommertag zu bewerten und ggf. Möglichkeiten zur Optimierung der lokalen Situation aufzuzeigen. Ziel ist, eine Bedrohung oder Gefährdung der Gesundheit zu vermeiden, allgemeine Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten sowie unzumutbare Beeinträchtigungen des allgemeinen Wohlbefindens auszuschließen.

Die Betrachtungen erfolgen für den Bestand (Ist-Fall) und für den Planzustand (Planfall). Der derzeitige bauliche Zustand zeigt jedoch, dass die Osmo-Hallen bereits abgerissen wurden und derzeit eine versiegelte Freifläche vorzufinden ist. Der aktuelle bauliche Zustand entspricht nicht der im Flächennutzungsplan vorgesehenen Nutzung, wo die Fläche als Gewerbeträne bzw. nach Änderung des Flächennutzungsplanes als gemischte Baufläche ausgewiesen ist. Der derzeitige Zustand wird daher als temporär eingestuft. Für die Analyse wird der vorherige bauliche Zustand als Referenzfall (Osmo-Hallen) herangezogen.

Die Simulationsrechnungen wurden mit der aktuellen Version des Stadtklimamodells PALM-4U durchgeführt. Für die Ermittlung der planungsbedingten Auswirkungen auf das Lokalklima werden sowohl die Bestandssituation als auch der Planfall simuliert. Die lokalklimatischen Modellierungen erfolgten für eine sommerliche autochthone Wetterlage (ohne Bewölkung und sehr niedrige Windgeschwindigkeiten; „Heißer bzw. Hitzetag“) unter Berücksichtigung der Lage und Höhe der Gebäude, der Landnutzung inkl. Bäumen/Wald. Aufgrund noch nicht abgeschlossener Grünflächenplanung wurden für die zu untersuchende Planvariante innerhalb des Plangebietes zunächst nur kleine und schmale Baumkronen modelliert. Bei dieser Vorgehensweise handelt es sich um eine konservative Annahme, da Bäume aufgrund ihrer verschattenden Wirkung einen positiven Effekt auf die tägliche Wärmebelastung haben. Die Simulationsergebnisse sollen potenzielle durch Hitze belastete Bereiche aufdecken, so dass die

Ergebnisse für darauf aufbauende Planungen zur strategischen Anordnung von Klimaanpassungsmaßnahmen zur Steigerung der Aufenthaltsqualität durch Verringerung der Hitzeentwicklung genutzt werden können.

Für die Untersuchungen zum Hitzestress wurde die bodennahe Lufttemperatur, das bodennahe Windfeld sowie zur Beschreibung der Wärmebelastung eine bioklimatische Kenngröße (Physiologische äquivalente Temperatur PET) für den wärmsten Tageszeitraum (16 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (05 Uhr) analysiert. Zusätzlich werden die Änderungen der Auswertekenngrößen dargestellt, um mikroklimatische Auswirkungen der städtebaulichen optimierten Variante abzubilden und zu analysieren.

Am Nachmittag werden im Ist-Fall unter Berücksichtigung der ehemaligen Osmo-Hallen extreme Wärmebelastungen in den nicht verschatteten Bereichen aufgezeigt. Über mehrere Stunden nicht verschattete Süd- und Südwestfassaden weisen ebenfalls eine extreme Wärmebelastung auf. Im Bereich von Baumbeständen und im Schattenwurf nördlich der Gebäude ist die Wärmebelastung weniger stark und teils als mäßig zu bewerten. Die Lufttemperaturen liegen dabei zwischen 32 °C und 33 °C bei eingeschränkter Durchlüftung im Plangebiet. Im nördlichen Teil des Plangebietes liegt eine Luftströmung von Südosten nach Nordwesten entlang der Straße vor. Bei Betrachtung des derzeitigen baulichen Zustandes (versiegelte Freiflächen) sind höhere Wärmebelastungen am Tage zu erwarten, was durch die fehlende Verschattung durch Gebäude und Bäume bedingt ist.

Im Plangebiet wird die thermische Belastungssituation nach baulicher Realisierung am Tag weitestgehend einer mäßigen bis starken Wärmebelastung entsprechen. Nicht verschattete Bereiche zwischen den Plangebäuden weisen eine extreme Wärmebelastung auf. Die verschatteten Bereich nördlich der Gebäude sowie im Bereich von geplanten Bäumen weisen eine mäßige bis starke Wärmebelastung auf. Die Lufttemperaturen liegen vergleichbar zum Istzustand zwischen 32 °C und 33 °C. Vom Hafen dringen leichte Luftströmungen in das Plangebiet ein, die innerhalb des Plangebietes diffus ausgeprägt sind. Die Strömung entlang der Straße nördlich im Plangebiet bleibt erhalten.

Außerhalb des Plangebietes treten sowohl kleinräumige Erhöhung als auch Reduktionen der PET auf, die überwiegend auf Änderungen des Windfeldes und in kleinen Teil auf einen veränderten Schattenwurf zurückzuführen sind. Innerhalb des Plangebietes fallen die Reduktionen und Erhöhung der PET etwas stärker aus und werden durch die unterschiedlichen Schattenwürfe im Ist-Fall und Planfall verursacht. Insgesamt halten sich die Flächen mit einer Erhöhung oder Reduktion in Waage. Somit werden keine wesentlichen negativen Auswirkungen für die angrenzende Bebauung ermittelt.

In der Nacht ist im Ist-Fall eine Minimaltemperatur von ca. 21 °C im Bereich der Freiflächen und Kleingartenanlagen östlich des Plangebietes ermittelt. Innerhalb der umliegenden Wohngebiete liegt die Lufttemperatur bei 22 °C bis 23 °C. Bei Betrachtung der derzeit vorhandenen Freifläche ist davon auszugehen, dass gegenüber dem untersuchten Ist-Zustand günstigere thermische Verhältnisse zu erwarten sind, da durch die fehlenden Hindernisse bessere Austauschbedingungen bestehen könnten, von denen auch die angrenzenden Wohngebiete profitieren würden.

In der Nacht sind die thermischen Verhältnisse überwiegend mit dem Istzustand vergleichbar. Innerhalb des Plangebietes herrschen ähnliche thermische Verhältnisse wie in der angrenzenden Wohnbebauung. Planungsbedingte Auswirkungen auf die nächtliche Lufttemperatur beschränken sich auf das Plangebiet und die unmittelbare Umgebung. Vereinzelt zwischen den Plangebäuden, an der Schillerstraße sowie im westlich angrenzenden Hafenmarkt ist die Lufttemperatur um bis zu 1 K gegenüber dem Istzustand erhöht. Im östlichen Teil des Plangebietes und südlich über den Wasserflächen ist die Lufttemperatur vereinzelt um bis zu 1 K reduziert.

Für die Verbesserung der thermischen Belastungssituation innerhalb des Plangebietes empfehlen wir die Umsetzung von Planungshinweise, die im Kapitel 8 dargestellt sind.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Münster ist am Hafen der Bebauungsplan Nr. 600 „Stadthafen Nord“ im Bereich des Osmo-Areals in Bearbeitung. Das Plangebiet wird im Norden durch die Schillerstraße begrenzt und die Hafenstraße führt durch den südlichen Teil des Plangebietes. Im Süden liegt der Stadthafen I und im Osten der Dortmund-Ems-Kanal. Die zwischenzeitlich nicht mehr bebauten Flächen, die zuvor mit den Osmo-Hallen bebaut waren, sollen neubebaut werden. Die Neubebauung umfasst eine Mischnutzung aus Wohnen, Büroflächen, Gastronomie, Gewerbefflächen, Hotels und einer Kindertagesstätte sowie Flächen für kulturelle Angebote.

Für die Bauleitplanung sind Aussagen über die lokalklimatischen Verhältnisse zu erarbeiten, einerseits für die umliegende bereits bestehende Bebauung mit Fokus auf die planungsbedingten Änderungen und andererseits innerhalb des Plangebiets und für die geplante Nutzung.

3 GRUNDLAGEN

Die Folgen des Klimawandels sind mehr und mehr zu spüren. Siedlungsbereiche reagieren besonders sensibel auf die Auswirkungen des Klimawandels, der u. a. eine Zunahme von Hitzeperioden und den damit verbundenen Hitzestress zur Folge hat. Hierbei stellt der thermische Komfort ein wichtiger Einflussfaktor für die Gesundheit der Bevölkerung dar, insbesondere für vulnerable Gruppen wie ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder.

Das Stadtklima ist definiert als das „durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland veränderte Lokalklima“. Die Veränderungen beziehen sich sowohl auf die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind als auch auf Immissionsgrößen wie die Luftqualität (DWD, 2021).

Dichte Bebauungsstrukturen mit einem hohen Versiegelungsgrad führen zu einer gegenüber dem Umland erhöhten Lufttemperatur, dem sogenannten städtischen Wärmeinseleffekt.

3.1 Stadtklima/Wärmeinseleffekt

Typische urbane Flächen mit dichten Bebauungsstrukturen und einem hohen Versiegelungsgrad tragen zur Bildung eines Stadtklimas bei, welches definiert ist als das durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland veränderte Lokalklima.

Insbesondere an sommerlichen und wolkenarmen Nächten ist eine Überwärmung der Innenstädte größerer Ballungszentren gegenüber dem Umland zu beobachten, auch als städtischer Wärmeinseleffekt bekannt. An heißen Sommertagen speichern künstliche Oberflächen, wie Straßen, Gehwege oder Gebäudefassaden, die Wärmeenergie der Sonneneinstrahlung besonders gut. Vor allem dunkle Oberflächen (z. B. Asphalt) haben eine geringe Albedo, was bedeutet, dass sie einen hohen Anteil der Sonneneinstrahlung als Wärmeenergie speichern, statt zu reflektieren. Nachts wird diese Wärme wieder an die Umgebungsluft abgegeben. Natürliche Oberflächen kühlen vergleichsweise schneller aus. Daher ist es nachts im Bereich dicht bebauter Gebiete in der Regel deutlich wärmer als im städtischen Umland.

Eingeschränkte Durchlüftungsverhältnisse durch eine dichte Bebauungsstruktur können den Wärmeinseleffekt zusätzlich verstärken. Durch die erhöhte Rauigkeit der Oberfläche sowie die Barrierewirkung dichter Bebauung kommt es zu Einschränkungen der Windgeschwindigkeit und somit zu einer verringerten Frischluftzufuhr. Relevante Einflussfaktoren für das nächtliche Wärmeempfinden sind daher nächtliche Frischluft- und Kaltluftbahnen: Eine ausreichende nächtliche Belüftung trägt zur Durchmischung von erwärmten städtischen Luftmassen mit

kühleren Luftmassen der Umgebung bei, was eine Reduzierung der Lufttemperatur zur Folge haben kann.

Tagsüber lassen sich aber auch gegenläufige Effekte feststellen. So kann sich in dicht bebauten Stadtvierteln durch den Schattenwurf der Gebäude die Luft weniger stark erwärmen als auf unverschatteten Freiflächen.

Infolge der Baukörper- und verschiedenen Oberflächenstrukturen bilden sich innerhalb der "Stadt" mehrere differenzierte urbane Mikroklima aus (Innenstadt- oder Strandklima, Parkklima, Klima und Gewerbegebiet usw.). So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung und den hiermit verbundenen geringen Grünanteil in städtischen Strukturen die Verdunstung reduziert, was zu einer Erhöhung der Temperatur in innerstädtischen Bereichen führt. Über versiegelten Flächen erfolgt zudem eine stärkere Wärmespeicherung der einfallenden Strahlung. Diese Wärme wird nachts wieder an die Umgebungsluft abgegeben und sorgt für eine gegenüber dem Umland deutlich reduzierte nächtliche Abkühlung.

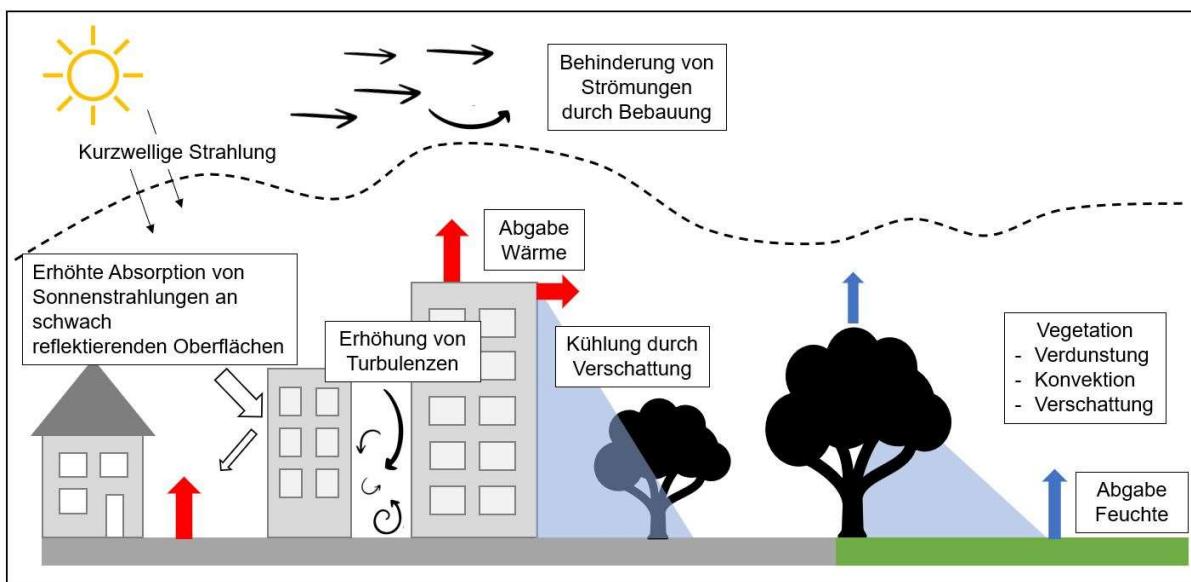


Abb. 3.1: Schema der städtischen Wärmeinsel

Grünanlagen dagegen können das Mikroklima in Städten positiv beeinflussen. Durch den Schatten der Bäume und die Verdunstungskühlung von Pflanzen kann die Umgebungstemperatur in städtischen Gebieten gesenkt werden. Dies trägt dazu bei, die Auswirkungen von Hitzeinseln zu verringern und ein angenehmeres Klima zu schaffen. Neben der Verbesserung des Mikroklimas steigern Grünflächen auch die Aufenthaltsqualität der Stadträume. Durch die Schaffung solcher Grünsysteme können städtische Räume wie Klimaoasen wirken und ihre

Umgebung positiv beeinflussen. Je größer die Grünanlage ist, desto höher ist die bioklimatische Bedeutung dieser Fläche als Ausgleichsraum.

3.2 Thermischer Komfort (Wärmebelastung)

In der VDI-Richtlinie „Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas“ (VDI 3787 Blatt 2, 2008) werden standardisierte Bewertungsverfahren für die auf den Menschen bezogene Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene (Bioklima) bei der räumlichen Gesamtplanung bereitgestellt.

Der Thermische Wirkungskomplex umfasst die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlung, die sich thermophysiologisch auf den Menschen im Freien und in geschlossenen Räumen auswirken. Die wahrgenommene Umgebungstemperatur kann aufgrund dieser meteorologischen Parameter von der tatsächlichen Lufttemperatur abweichen. Zum Beispiel wird die Umgebungstemperatur bei starkem Wind oftmals kälter empfunden als durch Messungen erfasst. Die gesundheitliche Bedeutung hängt mit der engen Vernetzung von Thermoregulation und Kreislaufregulation zusammen. Bei hoher Wärmebelastung versucht der Körper durch Erhöhung der Hauttemperatur und Schwitzen die Wärmeabgabe zu steigern. Daneben spielen der Aktivitätsgrad und der Isolationswert der Bekleidung eine entscheidende Rolle für das Wärme- bzw. Kälteempfinden.

PET

Zur Bewertung des thermischen Komforts wird die sogenannte physiologische äquivalente Temperatur herangezogen, welche aus den genannten meteorologischen Elementen des Thermischen Wirkungskomplex abgeleitet wird. Die PET vergleicht die tatsächlich gemessene Temperatur mit jener, die in einer Standardumgebung herrschen sollte, um ein identisches Temperaturempfinden zu haben. Die Standardumgebung entspricht einem beschatteten Raum in dem nur ein leichter Luftzug von 0.1 m/s herrscht.

Eine optimale Behaglichkeit des thermischen Befindens kann in Abhängigkeit der ausgeübten Aktivität sowie der Bekleidung um 20°C erreicht werden. Bei höheren Temperaturen tritt eine Wärmebelastung, bei tieferen Temperaturen Kältestress auf. Bei anderen Aktivitäten oder auch Bekleidungsverhältnissen verschieben sich die für Behaglichkeit erforderlichen Temperaturen zu höheren (geringere Aktivität oder dünnere Bekleidung) oder niedrigeren (gestiegerte Aktivität oder dicke Bekleidung) Werten.

Die durch die PET definierten Klassen des thermischen Komforts sind in der nachfolgenden Tabelle (**Tab. 3.1**) dargestellt. Die für die PET benötigten meteorologischen Eingangsgrößen

Lufttemperatur, Luftfeuchte, mittlere Strahlungstemperatur und Windgeschwindigkeit werden mit Hilfe des Mikroklimamodells PALM-4U bestimmt.

PET	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Belastungsstufe
4°C	sehr kalt	extreme Kältebelastung
8°C	kalt	starke Kältebelastung
13°C	kühl	mäßige Kältebelastung
18°C	leicht kühl	schwache Kältebelastung
20°C	behaglich	keine thermische Belastung
23°C	leicht warm	schwache Wärmebelastung
29°C	warm	mäßige Wärmebelastung
35°C	heiß	starke Wärmebelastung
41°C	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

Tab. 3.1: Zuordnung von Schwellenwerten der PET und thermische Beanspruchung
(VDI 3787 Blatt 5, 2003)

4 KLIMATISCHE BEDINGUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die lokalen klimatischen Eigenheiten des Standortklimas lassen sich auf der Grundlage der Klimatopkarte des Klimaatlas NRW charakterisieren (LANUV, 2022). In dieser Karte wird das Stadtgebiet in verschiedene Klimazonen, sogenannte Klimatope, aufgeteilt. Die Ausbildung von Klimatopen ergibt sich aus den unterschiedlichen klimatisch-energetischen Eigenschaften von Freiflächen, Waldgebieten und Wasserflächen als Ausgleichsräume sowie Bebauungs-, Gewerbe- und Infrastrukturen als Lasträume. Neben den Klimatopen geben spezifische Klimaeigenschaften und Klimafunktionen die klimaökologische Wertigkeit der Flächen wieder.

Grundsätzlich gilt, dass unbebaute Freiflächen (Gewässer, Freiland, Wald sowie Park- und Grünanlagen) als klimatische Ausgleichsräume gelten und eine positive Wirkung auf die bioklimatischen Verhältnisse von Lasträumen haben. Zu den Lasträumen zählen bebaute Flächen, die abhängig vom Versiegelungsgrad, der Bebauungsdichte und der Höhe der Gebäude sehr günstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Dabei gilt, je höher die städtische Überprägung, desto ungünstiger die bioklimatischen Verhältnisse. Klimaökologische Funktionen, die von Ausgleichsflächen ausgehen, können einer Überwärmung von städtischen Flächen entgegenwirken. Zu den klimaökologischen Funktionen zählen u.a. die Kaltluftbildung, der Kaltlufttransport sowie Flurwindsysteme und Luftleitbahnen

Das Plangebiet befindet sich südöstlich der Altstadt von Münster. Die Klimatopkarte des Klimaatlas NRW weist das nordwestliche bis nördlich Umfeld als Stadtrand-, Stadt- und Innenstadtklimatopen aus. Hierbei nimmt die Bebauungsdichte von den Stadtrandklimatopen zu den Innenstadtklimatopen zu, während gleichzeitig der Anteil an Grünflächen abnimmt. Innenstadtklimatope sowie Stadtklimatope sind von ungünstigen thermischen Verhältnissen geprägt, während Stadtrandklimatope durch die bessere Durchlüftung und Durchgrünung bessere thermische Verhältnisse mit einer geringen Hitzebelastung aufweisen. Südwestlich des Plangebietes befinden sich vorwiegend offene bis dichte Gewerbe- und Industrieklimatope, welche durch eine hohe Versiegelung geprägt sind. Neben einer hohen Wärmebelastung können diese Bereiche auch lufthygienische Lasträume sein. Das Plangebiet selbst ist ebenfalls durch ein dichtes Gewerbe- und Industrieklima geprägt.

Bioklimatisch wertvolle Grünflächen und Grünzüge liegen vor allem südöstlich des Plangebietes in Form von Freilandklimatopen und Klimatopen innerstädtischer Grünflächen vor. Im Bereich von Freilandflächen und Parkflächen ist bei Strahlungswetterlagen ein ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen zu beobachten. Nachts kommt es aufgrund der intensiven langwelligen Abstrahlung zu einer effektiven Abkühlung der Bodenoberfläche. Tagsüber hingegen

können sich Freilandflächen an sonnigen Sommertagen wegen der fehlenden Verschattung stark erwärmen. Aufgrund der effektiven nächtlichen Frischluft- und Kaltluftproduktion kommt Freiflächen eine wichtige lufthygienische und thermische Ausgleichsfunktion für angrenzende Wohngebiete zu. Die Kaltluftbildung und die Entwicklung von Kaltluftströmungen erfolgen an wind- und wolkenarmen Tagen nach Sonnenuntergang. Bei geneigtem Gelände setzen sich diese kühlen Luftmassen der Geländeneigung folgend in Bewegung und bilden Hangabwinde.

Tagsüber wirkt sich zudem das Gewässerklima des Stadthafens positiv auf die Wärmebelastung aus. Nachts kann die Nähe zum Wasser zu einer verringerten Abkühlung führen.

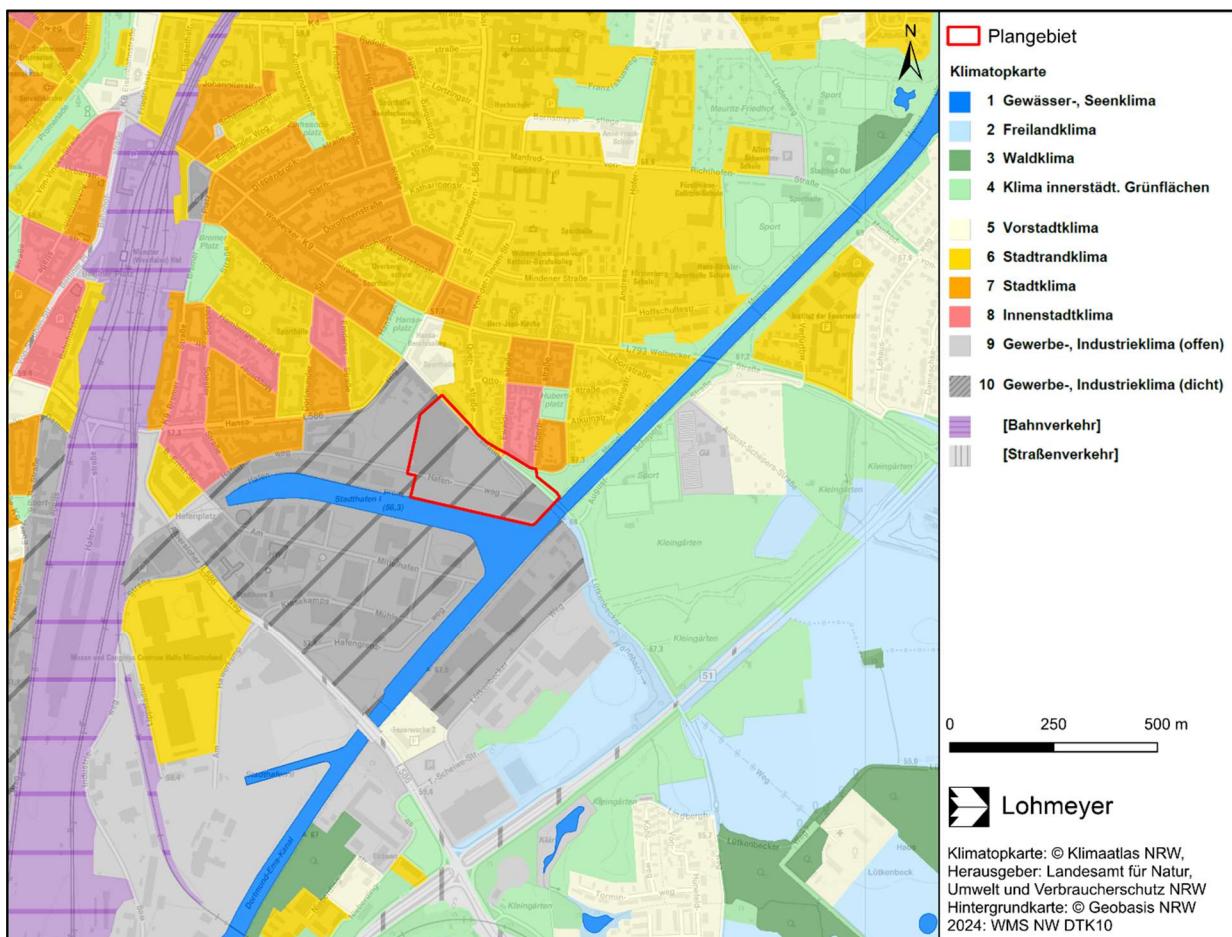


Abb. 4.1: Ausschnitt der klimaökologische Funktionskarte für die Stadt Münster im Bereich des Untersuchungsgebietes

5 VORGEHENSWEISE

Für die Einbindung lokalklimatischer Belange in die Bebauungsplanung bestehen keine einheitlichen Vorgaben zu inhaltlichen Themen und zu Beurteilungsgrößen. Dementsprechend werden in den Betrachtungen die lokalen Besonderheiten bezüglich lokalklimatischer Belange herangezogen. Das betrifft beispielsweise die Windrichtungs-, Windgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage, d. h. wolkenarm und schwachwindig, sowie insbesondere die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die nächtlichen Belüftungsverhältnisse, d. h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen bzw. dem Zuführen frischer Luftmassen.

In letzter Zeit werden verstärkt Auswirkungen auf die thermischen Belange im relativen Vergleich und im Vergleich zu Belastungsindizes betrachtet, verstärkt auch vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels mit verstärkter Häufung von „Heißen Tagen“. Die Gefahr für Hitzestress stellt ein Risiko für die menschliche Gesundheit dar – hiervon sind vor allem ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder betroffen. Aus diesem Hintergrund werden Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung und Klimaschutz im Rahmen der Stadtentwicklung und der Bauleitplanung immer wichtiger.

Die Simulation der bioklimatischen Parameter erfolgt mit dem Stadtklimamodell PALM-4U (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>). Auf der Grundlage der Simulationsrechnungen werden für das Bebauungsplangelände und die angrenzenden Gebiete Aussagen zu den Themenkomplexen Temperatur bzw. Überhitzung erarbeitet.

5.1 Stadtklimamodell PALM-4U

Mittels dem Stadtklimamodell PALM-4U werden u. a. die potenzielle Temperatur, die spezifische Feuchte sowie die Windkomponenten prognostisch berechnet. PALM-4U kann im Bereich der Meso- und der Mikroskala eingesetzt werden und berücksichtigt die energetischen Wechselwirkungen zwischen Boden, Oberflächen und Atmosphäre. Diese werden durch das Relief, die Landnutzung und durch Strömungshindernisse wie Gebäude, sonstigen Bauwerke oder Vegetation beeinflusst.

Die Berechnungen mit PALM-4U basieren auf den Grundgesetzen der Strömungs- und Thermodynamik und beinhalten die Simulation von:

- turbulenter Umströmung, Überströmung und Unterströmung von Hindernissen bzw. Bauwerken wie Gebäuden,

- Austausch von Wärme und Feuchte an natürlichen und anthropogenen Oberflächen,
- Wechselwirkungen von Strahlung, Impuls und Wärme mit einer expliziten Vegetationsschicht,
- bioklimatischen Bewertungsindizes.

Für weiterführende Informationen sei auf die o. g. Internetadresse sowie auf Fachliteratur (z. B. Raasch und Schröter, 2001; Maronga et al., 2015; Maronga et al., 2019, Maronga et al., 2020) verwiesen.

Das Modell ist nach der VDI-Richtlinie „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 9, 2017) validiert; ein entsprechendes Validierungsprotokoll liegt vor (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/tec/evaluation>). Eine Validierung des komplexen Testfalls E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalisation, Kaltabflüsse“ der VDI-Richtlinie „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle, Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder“ (VDI 3783 Blatt 7, 2017) wurde erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer, 2020).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung nach Lage und Höhe im Betrachtungsgebiet. Die Simulationen werden in einem vierstufigen sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt (vgl. **Tab. 5.1** und **Abb. 5.1**). Um alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete (z.B. Baumberge westlich von Münster) zu erfassen, wird eine übergeordnete mesoskalige Simulation mit 200 m horizontaler Maschenweite durchgeführt. Im nächsten Schritt wird darin ein eingebettetes mesoskaliges Gebiet mit 50 m horizontaler Maschenweite berechnet. Anschließend wird mittels Nesting ein mikroskaliges Gebiet mit 10 m horizontaler Maschenweite simuliert. Für das eigentliche Untersuchungsgebiet („Ziel-Rechengebiet“) wird im letzten Schritt eine mikroskalige Simulation mit einer horizontalen Maschenweite von 2.5 m bei 444 x 384 Gitterpunkten (ca. 1.0 km x 1.0 km) realisiert. Die vertikale Auflösung beträgt hierbei in Bodennähe 2.5 m. Bei den mikroskaligen Simulationen (10 m und 2.5 m) werden Baukörper und hohe Vegetation dreidimensional berücksichtigt; in den mesoskaligen Simulationen sind diese parametrisiert enthalten. Das Setup der Simulationen erfolgt in Anlehnung an die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9.

Rechengebiet	Gitterzellen in x- und y-Richtung	Horizontale Gitterauflösung in m	Vertikale Gitterauflösung in Bodennähe in m	Anmerkung
Mesoskala	384 x 384	200	20	
Mesoskala	384 x 384	50	8	
Mikroskala	384 x 384	10	4	Gebäude und Vegetation explizit aufgelöst
Mikroskala (Ziel-Rechengebiet)	444 x 384	2.5	2.5	Gebäude und Vegetation explizit aufgelöst

Tab. 5.1: Modelltechnische Angaben zu den Rechengebieten

In der Simulation werden die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter über feste Startparameter, äußere Randbedingungen und den tageszeitlich wechselnden Strahlungseinfall gesteuert. Die Startparameter und Randbedingungen werden in einer Initialisierungsdatei vorgegeben. Die wichtigsten Parameter sind:

- Geographische Position
- Datum und Uhrzeit
- Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit und -richtung
- Vertikalprofil der Lufttemperatur
- Vertikalprofil der spezifischen Luftfeuchtigkeit
- Bodentemperatur- und Bodenfeuchteprofil

In der vorliegenden Untersuchung wird für das Untersuchungsgebiet der Tagesverlauf an einem strahlungsreichen Sommertag in Form eines trocken-heißen Sommertags ohne Bewölkung mit geringer Windgeschwindigkeit und hieraus resultierendem hohen Wärmestress-Potenzial simuliert. Die Initialisierung des Anfangszustands der Atmosphäre und des Bodens erfolgt in Anlehnung an Beobachtungsdaten, die für die Umgebung des Untersuchungsgebiets vorliegen. Die Simulationsrechnung wird am 26.07.2018 um 22 Uhr UTC gestartet.

Auf Grundlage der so ermittelten Ergebnisse der bioklimatischen Simulationsrechnungen erfolgt für das Bebauungsplangebiet und die angrenzenden Wohnsiedlungen eine Quantifizierung und Bewertung der planungsbedingten klimaökologischen Auswirkung und ggf. die Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung der lokalen Situation.

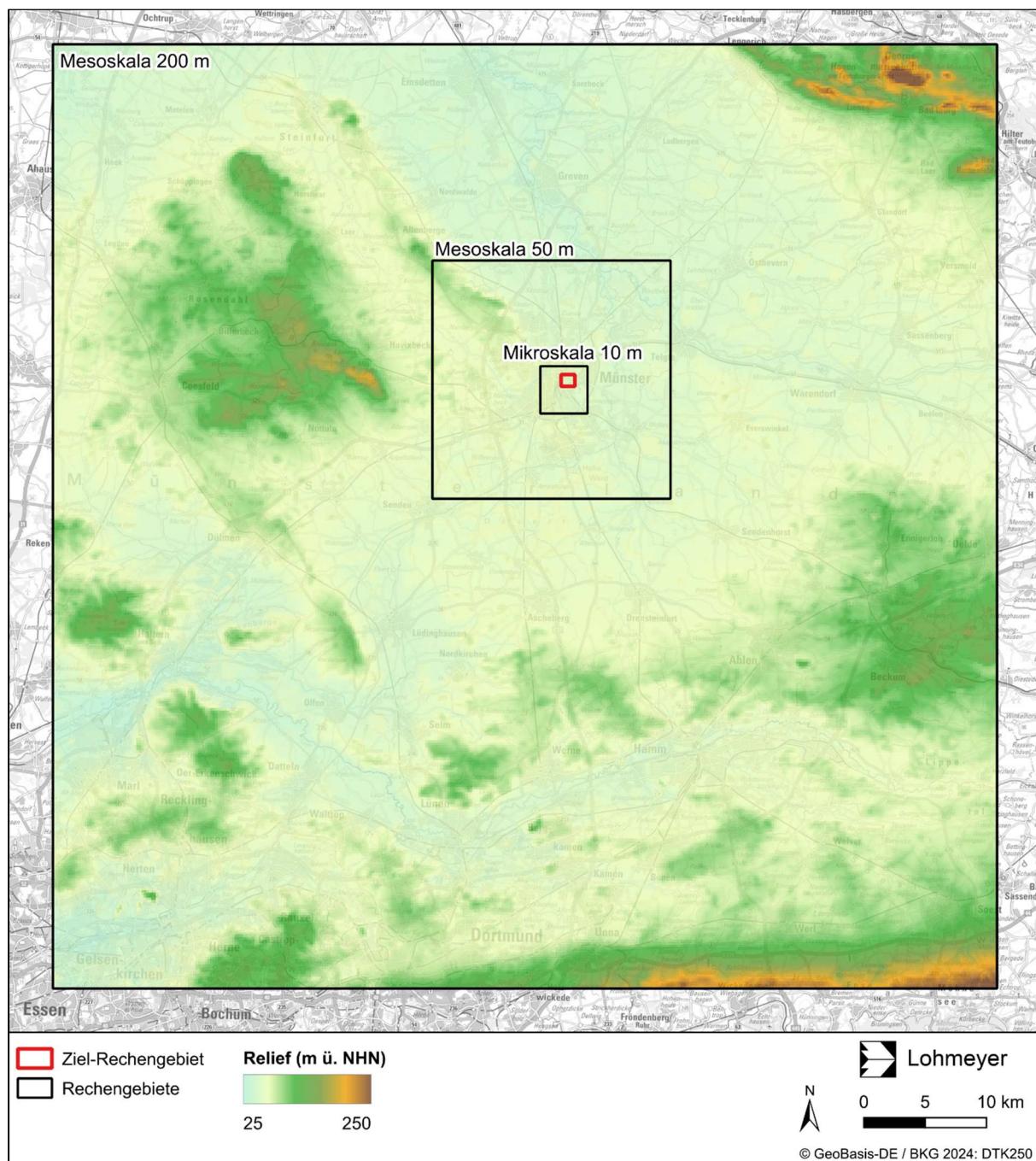


Abb. 5.1: Nesting-Rechengebiete

6 EINGANGSDATEN

Die in diesem Gutachten genutzten Geländeinformationen und Angaben zur Landbedeckung sowie die Lage und Höhe der bestehenden und geplanten Gebäude wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt bzw. freien Datenquellen entnommen (Abschnitt 7.2).

6.1 Lage und Relief des Untersuchungsgebiets

In der vorliegenden Untersuchung werden für die Modellsimulationen die Reliefinformationen aus Angaben des digitalen Geländemodells DGM1 des Landes Nordrhein-Westfalen abgeleitet.

Die Stadt Münster liegt in einer durchschnittlichen Höhe von etwa 60 m ü. NN. Der Stadthafen liegt südöstlich der Altstadt von Münster. Auf einer zwischenzeitlich unbebauten Fläche sollen mehrere Neubauten mit einer Mischnutzung entstehen. Das Plangebiet wird im Norden durch die Schillerstraße begrenzt und die Hafenstraße führt durch den südlichen Teil des Plangebietes. Im Süden liegt der Stadthafen I und im Osten der Dortmund-Ems-Kanal (vgl. **Abb. 6.1**).

Das Gelände innerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes („Ziel-Rechengebiet“) ist flach mit einem Höhenunterschied von ca. 10 m ausgeprägt (vgl. **Abb. 6.2**). Die größten Erhebungen werden dabei durch Brücken und Bahndämme gebildet. Innerhalb des Plangebietes liegt die Geländehöhe überwiegend zwischen 54 m und 58 m mit Ausnahme einer Brücke im nordöstlichen Bereich des Plangebietes. Im näheren Umfeld des Untersuchungsgebietes steigt das Gelände leicht nach Südwesten auf knapp über 70 m an.

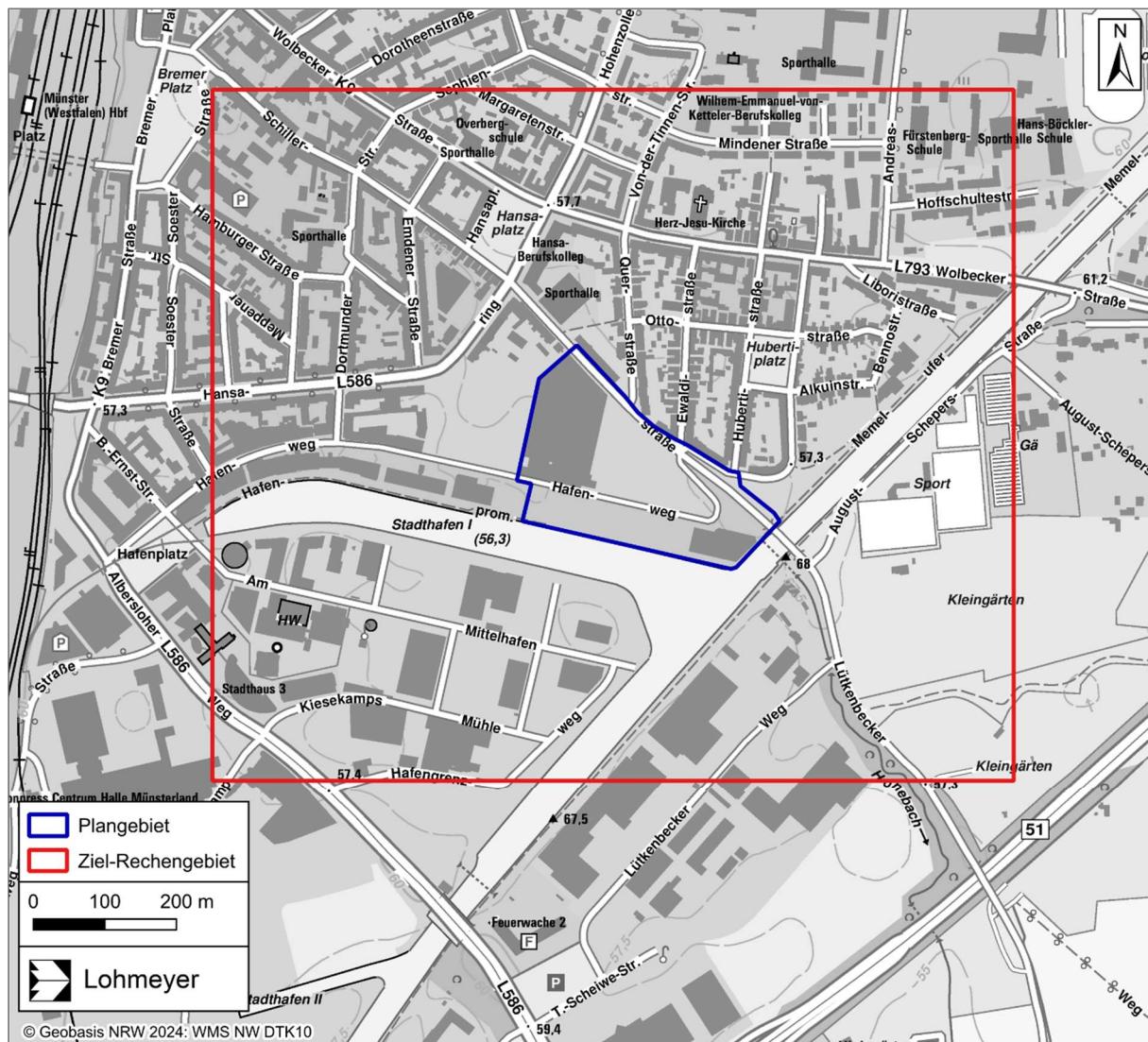


Abb. 6.1: Lage des Bebauungsplangebiets im Ziel-Rechengebiet

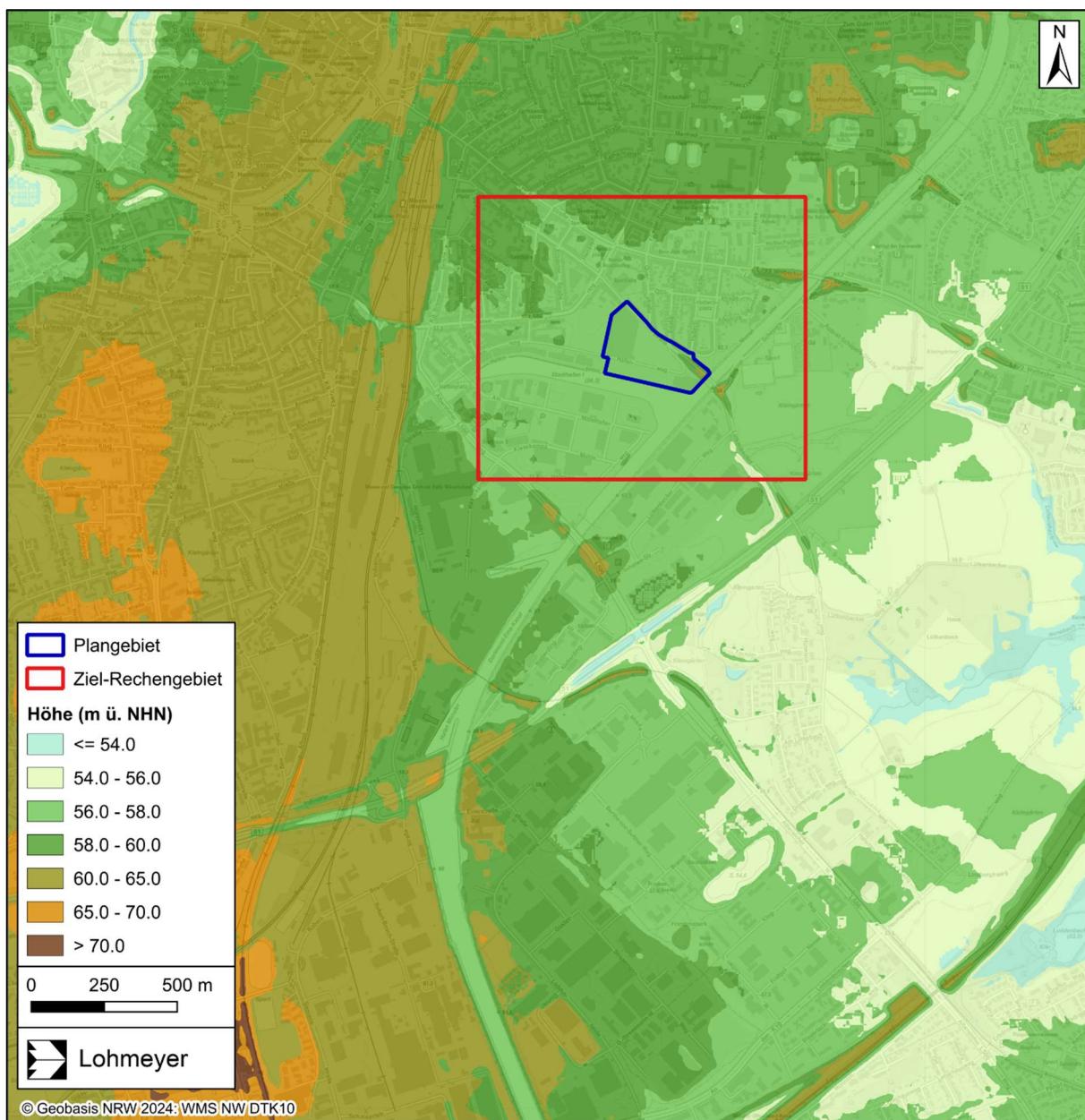


Abb. 6.2: Relief im Untersuchungsgebiet und seinem näheren Umfeld

6.2 Landbedeckung

Im Folgenden werden die verwendeten Informationen zur Beschreibung der Oberflächen und städtischen Struktur exemplarisch für das Untersuchungsgebiet („Ziel-Rechengebiet“), das das Bebauungsplangebiet umfasst.

6.2.1 Oberflächen und Vegetation

Die in den Simulationsrechnungen verwendeten Oberflächentypen werden auf der Grundlage des digitalen Landschaftsmodells des Landes NRW sowie von aktuellen Luftbildern abgeleitet.

Der Ist-Zustand ist für das Bebauungsplangebiet und seiner Umgebung im Ziel-Rechengebiet in **Abb. 6.3** abgebildet. Berücksichtigt werden die ehemaligen Hallen im Osmo-Areals. Damit ist das Plangebiet komplett versiegelt und mit Gebäuden überbaut. In **Abb. 6.4** ist das Bebauungsplangebiet und seine direkte Umgebung im Planzustand dargestellt. Gegenüber dem Ist-Zustand ist die Fläche nicht mehr komplett versiegelt. Zwischen den Gebäuden und in den Innenhöfen sind Rasenflächen vorgesehen. Durch das Plangebiet führt eine Planstraße von Westen nach Osten, welche im östlichen Drittel des Plangebietes nach Norden abknickt.

In der Umgebung des Plangebietes befinden sich die Wasserflächen des Stadthafens sowie des Dortmund-Ems-Kanals. Die Wohngebiete nördlich des Plangebietes sind überwiegend versiegelt und weisen teils begrünte Innenhöfe oder kleinere Grünflächen auf. Die Flächen des Stadthafens südlich des Plangebietes sind überwiegend versiegelt. Östlich des Dortmund-Ems-Kanals befindet sich mit einer Kleingartenanlage eine größere Grünfläche in der Nähe des Plangebietes (vgl. **Abb. 6.3**).

Die Erfassung der bestehenden Baumstandorte und Baumhöhen erfolgt auf der Grundlage von aktuellen Luftbildern und Laserscandaten. Der Baumbestand für die Ist-Situation ist in **Abb. 6.3** exemplarisch für das Ziel-Rechengebiet dargestellt. Bäume befinden sich vorwiegend in den begrünten Innenhöfen oder Grünflächen der nördlich angrenzenden Wohnbebauung sowie östlich des Plangebietes in der Nähe der Kleingartenanlage. Entlang größerer Straßen wie z. B. dem Hansaring und der Wohlbecker Straße liegt eine Bepflanzung mit Straßenbäumen vor. Im Stadthafen und innerhalb des Plangebietes befinden sich nur wenige Bäume.

Im Planfall sind Bäume zwischen den Plangebäuden sowie in den Innenhöfen geplant. Eine vergleichsweise geringe Baumhöhe von 12 m sowie ein kleiner Kronendurchmesser von 8 m wird angenommen (vgl. **Abb. 6.4**); bei dieser Vorgehensweise handelt es sich um eine konservative Annahme, da so die verschattende Wirkung von Bäumen und den damit

verbundenen positiven Effekt auf die tägliche Wärmebelastung durch die angesetzte Höhe in den Simulationsrechnungen vergleichsweise gering berücksichtigt wird. Die Simulationsergebnisse sollen potenzielle durch Hitze belastete Bereiche aufdecken, so dass die Ergebnisse für darauf aufbauende Planungen zur strategischen Anordnung von Klimaanpassungsmaßnahmen zur Steigerung der Aufenthaltsqualität durch Verringerung der Hitzeentwicklung genutzt werden können.



Abb. 6.3: Oberflächen und Vegetation im Untersuchungsgebiet (Ziel-Rechengebiet) in der Ist-Situation mit Berücksichtigung der ehemaligen Osmo-Hallen



Abb. 6.4 Oberflächen und Vegetation im Bereich des Bebauungsplangebiets und seiner direkten Umgebung im Planfall

6.2.2 Gebäude

Die Erfassung der bestehenden Gebäude erfolgt auf Grundlage des digitalen Gebäudemodells LOD1 des Landes Nordrhein-Westfalen sowie aktueller Luftbilder. Die Lage und Höhe der Plangebäude werden den übergebenen Unterlagen zum städtebaulichen Konzept entnommen.

Im Rahmen der Betrachtung der Bestandssituation werden die ehemaligen Osmo-Hallen im Plangebiet berücksichtigt. Diese decken die zulässige Bebauung des aktuell gültigen Bebauungsplans ab. Die Höhe dieser Hallen liegt dabei zwischen ca. 6 m bis 16 m. Im südöstlichen Bereich ist ein Bestandsgebäude mit einer maximalen Höhe von ca. 28 m verortet (vgl. **Abb. 6.5**). Nördlich der Planung liegt überwiegend Wohnbebauung in Form von Blockrandbebauung vor. Diese Gebäude weisen vorwiegend eine Höhe von ca. 5 m bis 20 m auf. In diesem Bereich ist ebenfalls eine Schule verortet. Westlich der Planung liegt das Gelände des Hafemarktes mit gewerblicher Nutzung vor. Diese Gebäude sollen eine Höhe von bis zu 20 m aufweisen. Im südlichen Stadthafen befinden sich einige großflächige, gewerbliche Gebäude mit einer Höhe zwischen ca. 8 m und mehr als 32 m.

Im Planfall sind 15 Neubauten sowie der Erhalt des Bestandsgebäudes im südöstlichen Bereich des Plangebietes geplant. Das mittlere Gebäude mit 14 Stockwerken in der südlichen Reihe und das östlichste Gebäude mit 15 Stockwerken in der mittleren Reihe sind mit einer maximalen Höhe von ca. 50 m bzw. 54 m die höchsten Gebäude im Plangebiet. Zudem sind drei Gebäude bzw. Gebäudeteile mit acht bis zehn Stockwerken und einer Höhe von ca. 25 m bis 32 m geplant. Die übrigen Gebäude sind mit bis zu sechs Stockwerken geplant. Die Gebäudehöhen liegen zwischen ca. 7 m und 22 m (vgl. **Abb. 6.6**).

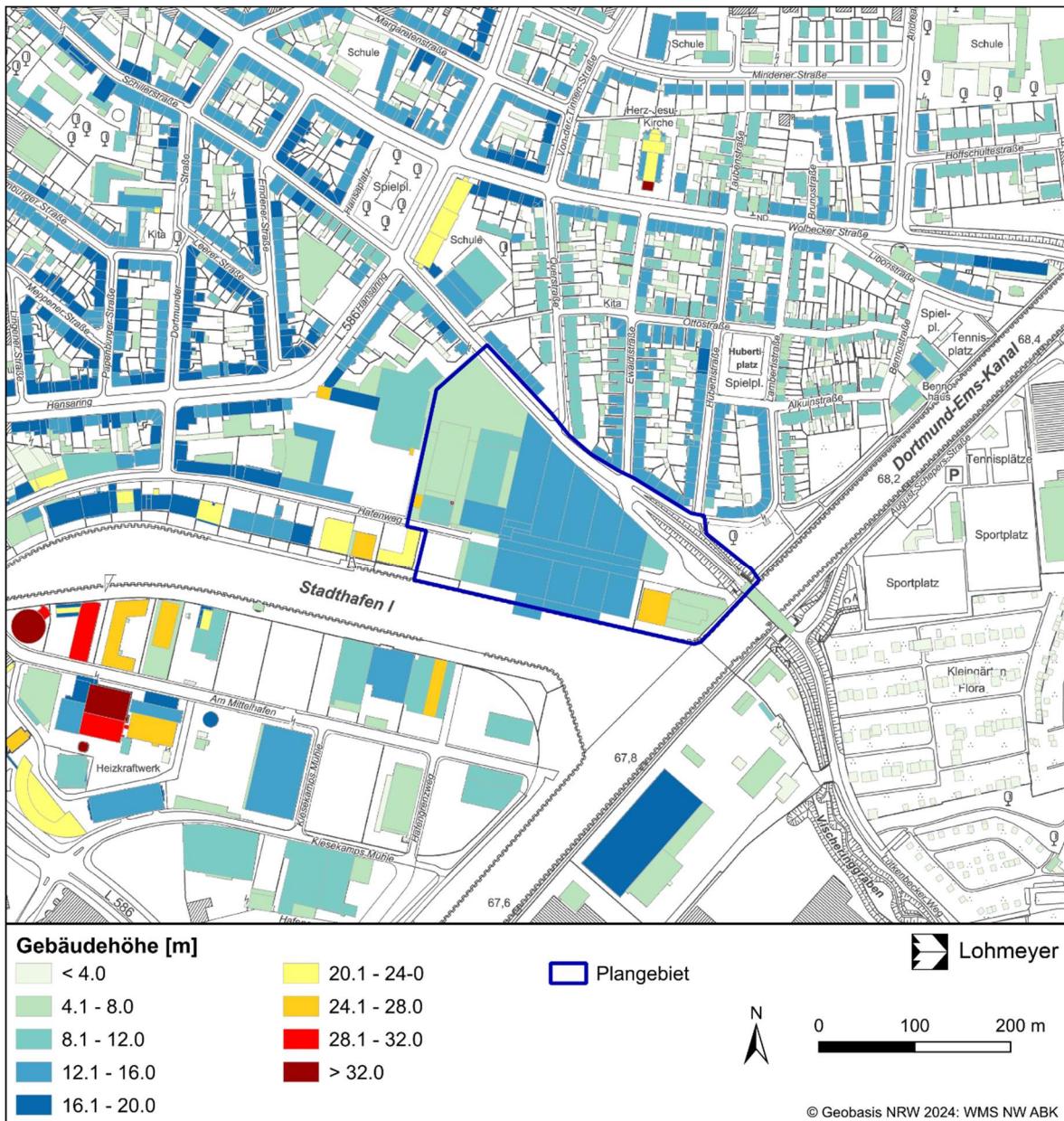


Abb. 6.5: Lage und Höhe über Grund der Gebäude im Untersuchungsgebiet im Ist-Fall unter Berücksichtigung der Osmo-Hallen

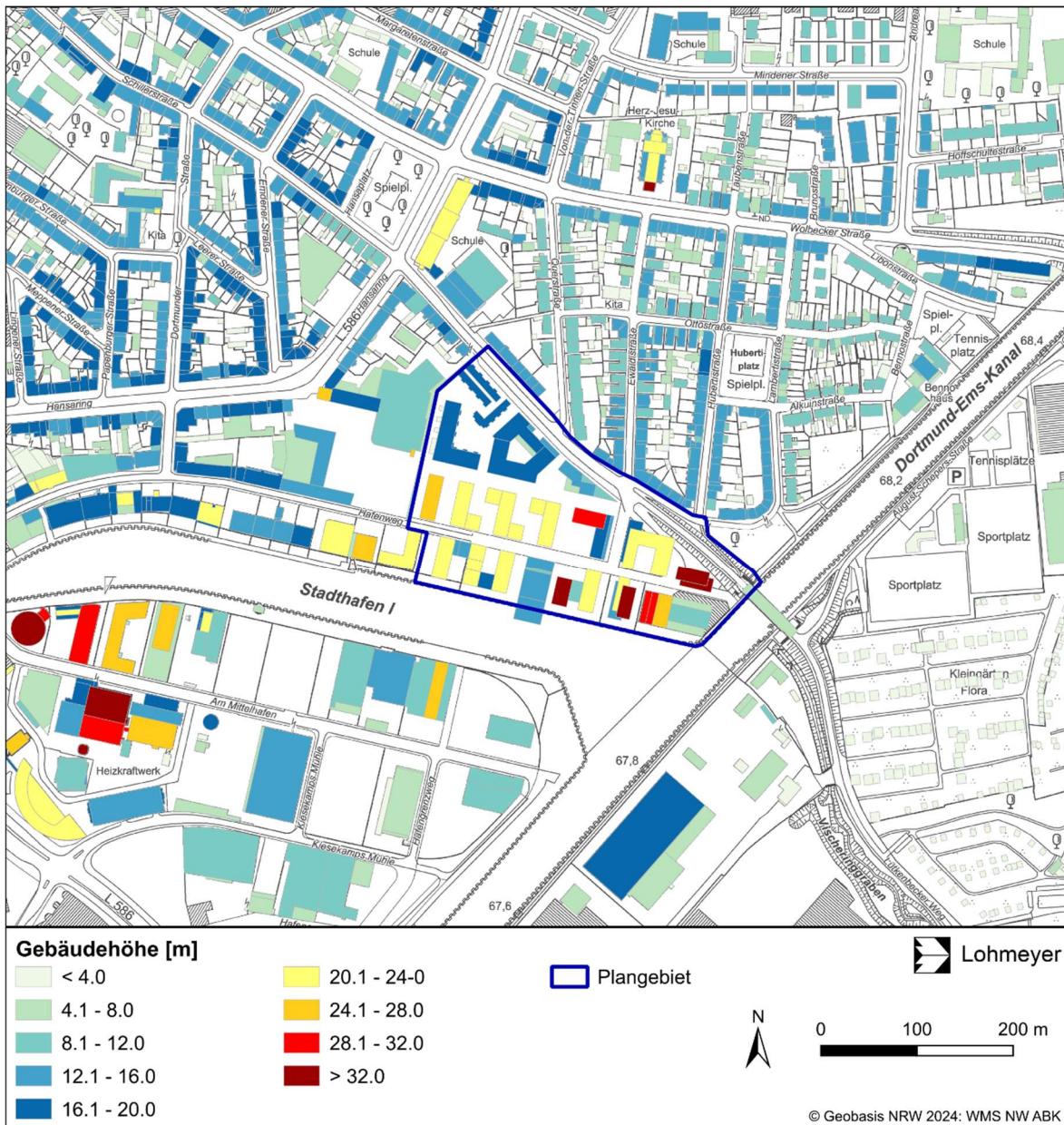


Abb. 6.6: Lage und Höhe über Grund der Gebäude im Untersuchungsgebiet im Planfall

6.3 Meteorologische Daten

Zur Charakterisierung der Anströmungsbedingungen werden meteorologische Messdaten der DWD-Station Münster/Osnabrück Flughafen herangezogen. Die Wetterstation liegt ca. 20 km nördlich des Modellquartiers und zeigt ähnliche Standortbedingungen auf. Die **Abb. 6.7** (links) zeigt die Verteilung der Windrichtung und -geschwindigkeit für den Zeitraum 2012 bis 2021. Die mittlere Windgeschwindigkeit in diesem Zeitraum liegt bei 3.2 m/s bei einer Messhöhe von 10 m über Grund. Die Hauptwindrichtung ist Südwest, die weiteren Windrichtungen sind

insgesamt deutlich weniger vertreten. Eine Auswertung für „Heiße Tage“ (Tagestemperatur-Maximum $\geq 30^{\circ}\text{C}$) zeigt im betrachteten 10-Jahreszeitraum ein deutliches Hauptmaximum bei ostsüdöstlicher Anströmung mit einer geringeren mittleren Windgeschwindigkeit von 2.3 m/s (**Abb. 6.7**, rechts). Infolgedessen werden die Simulationen tagsüber mit schwacher südöstlicher Anströmung angetrieben. Nachts wird die Simulation kein übergeordneter Antrieb berücksichtigt, dadurch bilden sich die nächtlichen Kaltluftströmungen im Modell selbstständig aus.

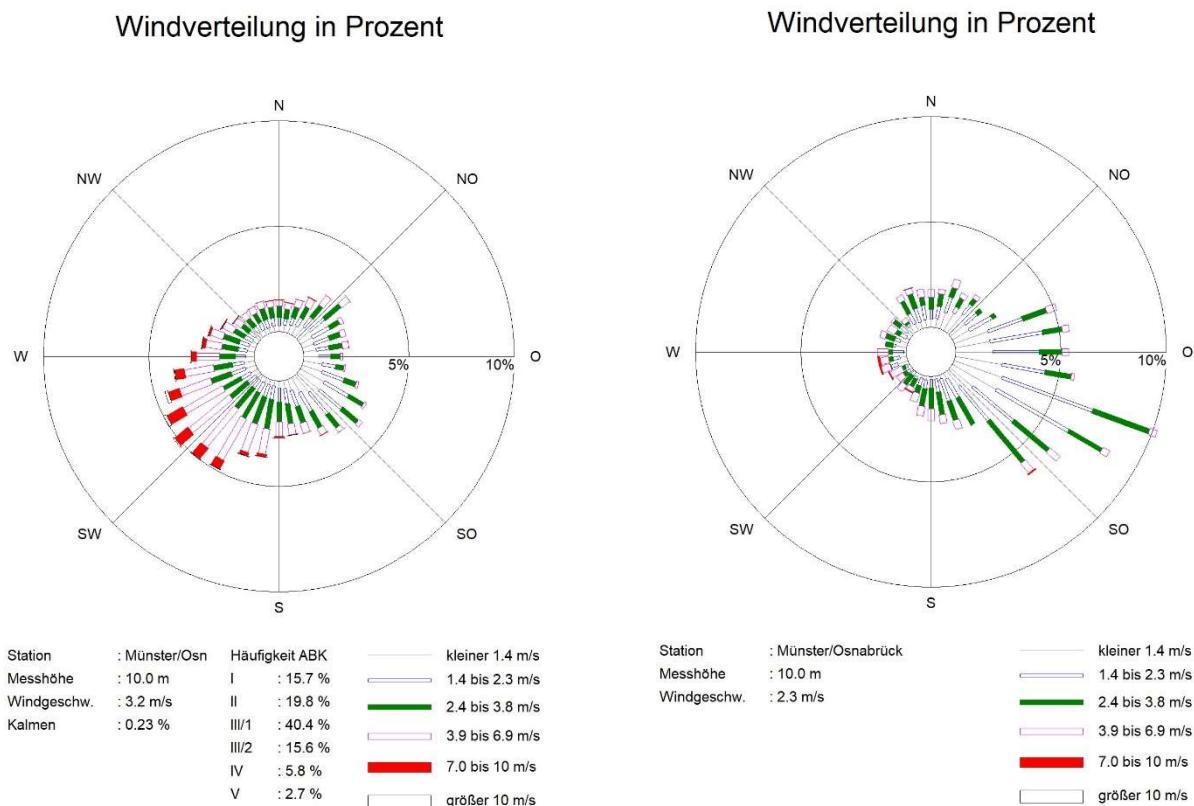


Abb. 6.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Münster/Osnabrück von 2012 bis 2021 für alle Tage links und selektiert für „Heiße Tage“ rechts (Quelle DWD)

Die **Abb. 6.8** zeigt die Zeitreihe der bodennahen Lufttemperatur am 26.07.2018 und 27.07.2018 an der DWD-Station Münster/Osnabrück. An beiden Tagen lag ein „Heißer Tag“ vor, mit gemessenen Höchstwerten der Lufttemperatur über 34°C . Für die Modellsimulationen mit PALM-4U werden die bodennahe Lufttemperatur in Anlehnung an die Beobachtungswerte des 26.07.2018 um 00:00 Uhr MESZ initialisiert. Für die DWD-Station Münster/Osnabrück liegen auch Beobachtungsdaten über die Temperaturverhältnisse des Bodens vor, diese werden in der vorliegenden Untersuchung herangezogen.

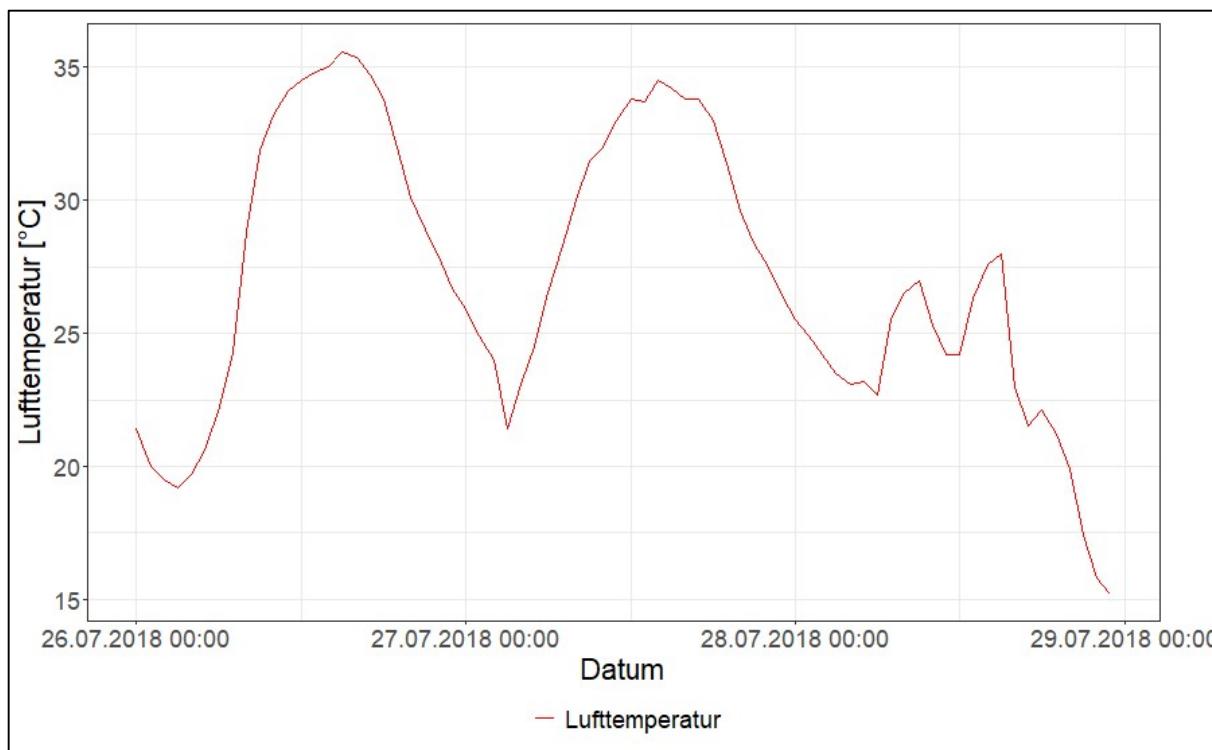


Abb. 6.8: Zeitreihe der bodennahen Lufttemperatur an der DWD-Station Münster/Osnabrück vom 26.07.2018 bis 28.07.2018 (Quelle DWD)

Für das Untersuchungsgebiet in Münster liegen keine Informationen über die Vertikalprofile der Atmosphäre vor. Diese werden daher auf Grundlage von Daten der nächstgelegenen Radiosondenaufstiege an der DWD-Station Essen-Bredeney abgeleitet.

7 ERGEBNISSE

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten baulichen Änderungen auf die bioklimatischen Verhältnisse und die nächtliche Belüftung bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage werden Simulationen für den baulichen Bestand und den Planfall mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür wird ergänzend zum Untersuchungsgebiet das umliegende Gelände mit den Geländeanstiegen berücksichtigt. Das äußere Rechengebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen erfasst werden. Entsprechend den Beschreibungen in **Kap. 5.1** werden die Simulationen um 22 Uhr UTC gestartet und der Tagesgang eines typischen sommerlichen Tages inklusive der darauffolgenden Nacht bei einer autochthonen Wetterlage berechnet. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt zu einer Stunde mit großer Wärmebelastung am Nachmittag und früh morgens nahe am nächtlichen Temperaturminimum.

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftsichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist.

Die Beschreibung erfolgt anhand der im Anhang A1 beschriebenen klimatologischen Parameters. Neben der Lufttemperatur in 2 m Höhe wird zur Beschreibung der bioklimatischen Situation die physiologische äquivalente Temperatur PET (siehe **Kap. 3.2**) ausgewertet. Dabei liegt eine leichte Wärmebelastung ab PET-Werten von 23 °C vor, die in den grafischen Ergebnisdarstellung mit gelber Farbe belegt. Eine mäßige Wärmebelastung tritt ab 29 °C auf und ist orange eingefärbt. Eine starke Wärmebelastung tritt ab 35 °C auf und wird in roter Farbe dargestellt. Eine extreme Wärmebelastung mit PET-Werten ab 41 °C wird in Lila dargestellt.

7.1 Bioklimatische Situation am Tag

An einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wird bei einer autochthonen Wetterlage meist am späten Nachmittag zwischen 16 Uhr und 18 Uhr (alle Zeitangaben beziehen sich auf MESZ) die höchste Lufttemperatur in 2 m Höhe erreicht. Für die Wärmebelastung eines

Menschen ist diese aber nicht allein prägend, sondern neben der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit vor allem die mittlere Strahlungstemperatur. Diese erreicht im Sommer etwa um 14 Uhr ihren Höchstwert. Als Auswertezeitraum für die Betrachtung der Wärmebelastung am Tag wird eine Stunde am Nachmittag ausgewählt, in der beide Parameter nahe ihrem Höchstwert sind, d. h. etwa um 16 Uhr.

Die **Abb. 7.1** zeigt die berechneten Werte der **bodennahen Lufttemperatur** um 16 Uhr im Ist-Fall unter Berücksichtigung der ehemaligen Osmo-Hallen. Aus der Abbildung ist erkennbar, dass die bodennahe Lufttemperatur die Verteilung von versiegelten und unversiegelten Flächen sowie die Position der Gebäude widerspiegelt. Die Lufttemperatur liegt dabei überwiegend zwischen 32 °C und 34 °C, so auch im Plangebiet. Im Bereich der Wasserflächen des Stadthafens südlich des Plangebietes werden niedrigere Temperaturen von 31 °C bis 32 °C ermittelt. Erhöhte Lufttemperaturen von mehr als 34 °C werden in begrenzten Bereichen südlich von Gebäuden berechnet. In diesen Bereichen liegen auch häufig geringe Windgeschwindigkeiten vor. Die **bodennahe Windgeschwindigkeit und -richtung** bei schwach nordöstlicher Anströmrichtung sind für den Nachmittag ebenfalls in der Abb. 7.1 dargestellt. Hieraus ist erwartungsgemäß abzuleiten, dass in Bereichen niedriger Bodenrauigkeiten (z.B. die Wasserflächen südlich des Plangebietes sowie die Freiflächen östlich des Plangebietes) höhere Windgeschwindigkeiten (> 2 m/s) auftreten. Die erhöhten Windgeschwindigkeiten und damit einhergehende guten Durchlüftungsverhältnisse können sich entlang von breiten Straßen in die dichter bebauten Gebiete fortsetzen, so z. B. entlang der Schillerstraße nördlich des Plangebietes. Bei erhöhter Bodenrauigkeiten in den dicht bebauten Bereichen wird die bodennahe Windgeschwindigkeit abgebremst und liegt teilweise unter 1 m/s.

Im Planfall werden innerhalb des Plangebiets aufgrund der im Vergleich zur Bestandssituation veränderten Bebauungsstruktur und dem geringeren Anteil versiegelter Fläche vergleichbare bis leicht niedrigere Lufttemperaturen ermittelt (vgl. **Abb. 7.2**). Nördlich der Gebäude sowie in Bereichen, in denen kühlere Luft von den südlichen Wasserflächen einströmt, ist eine Lufttemperatur von ca. 32 °C ermittelt. Bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten, engen Gebäudeabständen und Bereichen südlich der Plangebäude sind Lufttemperaturen von 33 °C bis 34 °C berechnet. Durch die im Vergleich zum Istzustand aufgelockerte Bebauungsstruktur können Luftströmungen von den südlich gelegenen Wasserflächen weiter in das Plangebiet einströmen. Innerhalb des Plangebietes reduzieren sich die Windgeschwindigkeiten und liegen vorwiegend bei weniger als 1.5 m/s. Im östlichen Teil des Plangebietes an der Schillerstraße sowie im westlich angrenzenden Hafenmarkt sind leichte Reduktionen der Lufttemperatur von 32 °C auf 31 °C bzw. von 33 °C auf 32 °C berechnet.

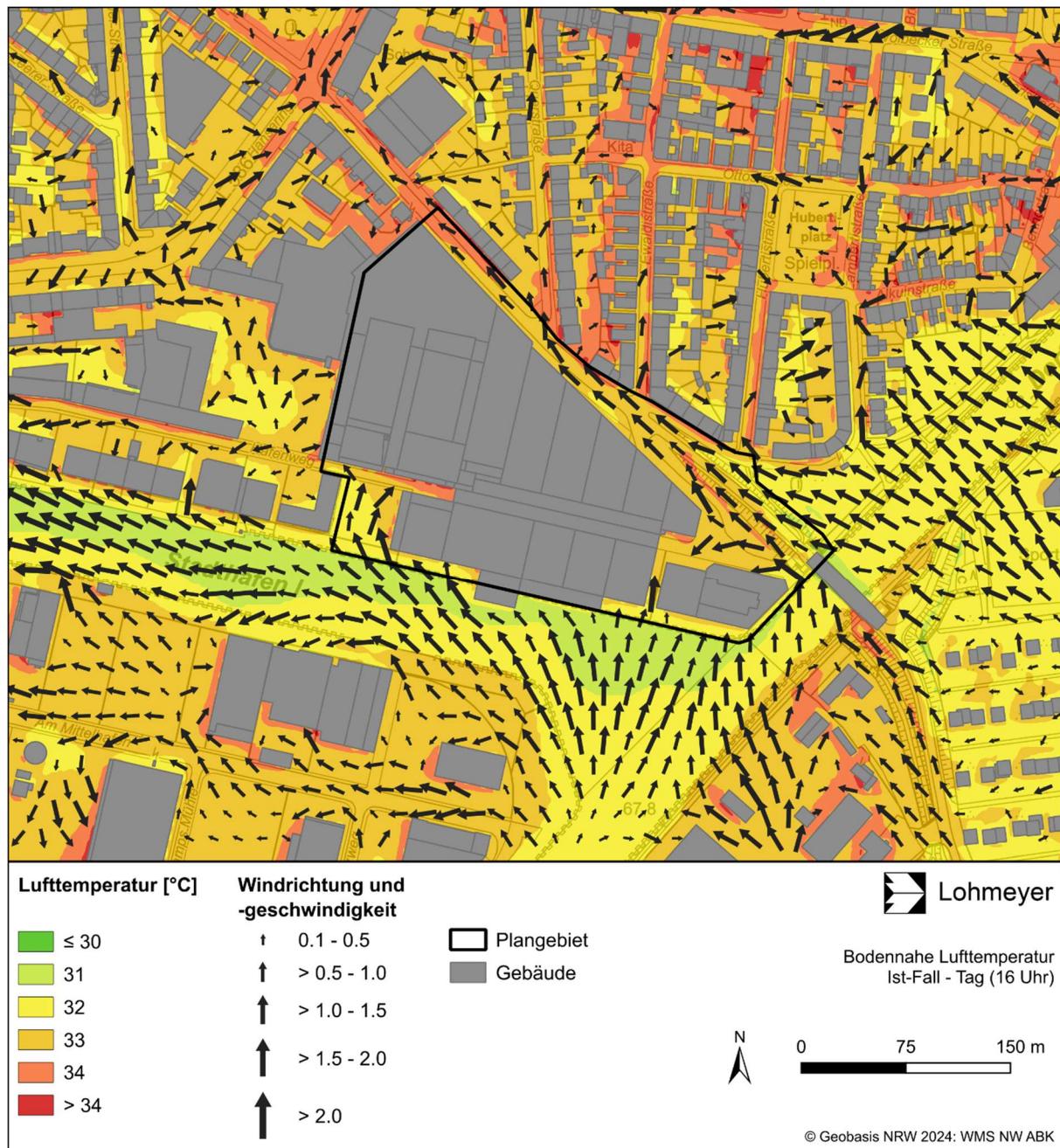


Abb. 7.1: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit im Tageszeitraum für den Ist-Fall unter Berücksichtigung der Osmo-Hallen

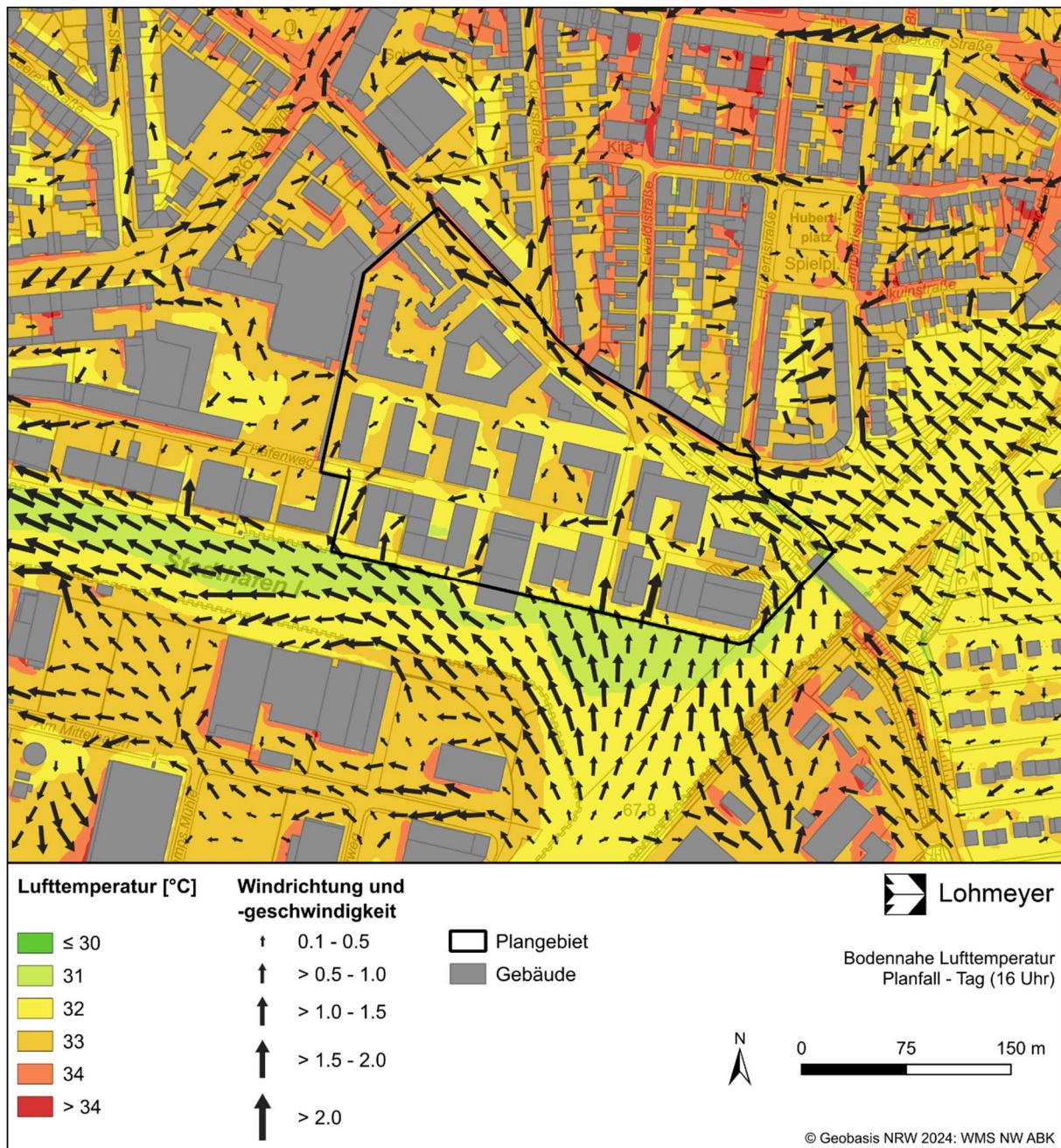


Abb. 7.2: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit im Tageszeitraum für den Planfall

Die **Abb. 7.3** zeigt die berechneten Werte der physiologischen äquivalenten Temperatur (PET) um 16 Uhr im Ist-Fall. Die Auswertung der 2 m-Lufttemperatur zeigt, dass die Bedingungen für einen Heißen Tag erfüllt sind. Dies spiegelt sich auch in der PET wider, die im Bereich versiegelter und offener Flächen einer starken bis überwiegend extremen (rot bis lila eingefärbt) Wärmebelastung entspricht (vgl. Tab. 3.1).

Die **Abb. 7.3** zeigt eine heterogene Verteilung des PET im Untersuchungsgebiet. Es wird deutlich, dass der PET in Abhängigkeit der Verschattungssituation, der Durchlüftung und der Oberflächenbeschaffenheit innerhalb des Untersuchungsgebietes variiert. Die Variationsbreite ist hierbei größer als bei der Lufttemperatur, da in der PET neben der Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Windgeschwindigkeit und die Strahlungstemperatur als meteorologische Einflussgrößen eingehen. Tagsüber führt die Sonneneinstrahlung aufgrund der hohen Strahlungstemperatur in besonnten Bereichen zu einer sehr heterogenen Verteilung der PET.

Besonders von extremen Hitzestress betroffen sind Bereiche, die über mehrere Stunden hinweg nicht verschattet sind. Hierbei treten besonders nicht verschattete Straßenzüge und offene Flächen hervor. Hiervon sind sowohl versiegelte Flächen wie westlich des Plangebietes betroffen als auch nicht verschattete Grünflächen wie die Kleingartenanlage südöstlich des Plangebietes. Extreme Wärmebelastungen ($\text{PET} > 41^\circ\text{C}$) treten ebenfalls an nicht verschatteten Süd- und Südwestfassaden auf. Durch das Aufheizen der Gebäudefassade ohne Sonnenschutz kann es zudem zu Beeinträchtigungen des thermischen Komforts von Wohn- oder Büroräumen kommen. Eine starke Wärmebelastung ($\text{PET} > 35^\circ\text{C}$) ist zudem über den Wasserflächen berechnet.

Positive Auswirkungen auf die PET haben zum Beispiel Baumgruppen. Durch die verschattende Wirkung der Baumkronen kommt es zu einer geringeren Wärmebelastung. Erkennen lässt sich dies am Beispiel der Baumgruppen auf dem Hubertiplatz. Hier liegt die PET zwischen mehr als 29°C und 41°C , was einer mäßigen bis starken Wärmebelastung entspricht. Auch auf den Nordseiten von Gebäuden liegt die PET durch den Schattenwurf der Baukörper deutlich niedriger.

Im Plangebiet ist das oben beschriebene Muster wiederzufinden. Im Bereich der versiegelten Fläche in der südwestlichen und nordöstlichen Ecke wird eine PET von mehr als 41°C berechnet. An den Nordfassaden liegt im Schattenwurf der Gebäude eine mäßige bis starke Wärmebelastung vor.

Die **Abb. 7.4** stellt die Verteilung der PET nach Realisierung des Bauvorhabens dar.

Vergleichbar zur Lufttemperatur ist die Verteilung der Wärmebelastung nach PET außerhalb des Plangebietes überwiegend vergleichbar mit dem Istzustand. Innerhalb des Plangebietes wird für Südfassaden der Gebäude sowie nicht verschattete Bereiche zwischen den Gebäuden eine extreme Wärmebelastung berechnet. Durch den Schattenwurf der Gebäude sowie der Bäume auf einigen Plätzen im Plangebiet liegt in großen Teilen des Plangebietes eine mäßige bis starke Wärmebelastung vor.

Planungsbedingte Auswirkungen können aus der Differenzabbildung in **Abb. 7.5** entnommen werden. Hieraus ist abzuleiten, dass sich Veränderungen der PET überwiegend auf das Plangebiet und dessen nähere Umgebung beschränken. Innerhalb des Plangebietes sowie in der unmittelbaren Umgebung treten Reduktionen der PET von teils mehr als 2 K in zu vor nicht verschatteten Bereichen, so z.B. in der südwestlichen Ecke des Plangebietes, welche durch die Plangebäude und vorgesehene Bäume verschattet wird. Eine vergleichbare Reduktion der PET liegt im nordöstlichen Bereich vor. Hier geht die Minderung der PET etwas über das Plangebiet hinaus. Auf der Schillerstraße nördlich der Plangebäude fällt der Schattenwurf kürzer aus als im Ist-Fall und somit tritt hier eine Erhöhung der PET von mehr als 2 K auf. Eine Erhöhung der PET tritt ebenfalls westlich des Plangebietes auf. Hier wird das Windfeld modifiziert und die geringen Windgeschwindigkeiten führen zu einer Erhöhung der PET. Ähnliche, kleinräumige Veränderungen des Windfeldes treten auf in größerer Entfernung zum Plangebiet auf. Diese führen dann zu kleinräumigen Erhöhungen oder Reduktionen der PET, wobei sich die daraus abgeleitete Wärmebelastungseinstufung überwiegend nicht ändert.

Zusammenfassend werden für einen Heißen Tag im Sommer bei autochthoner Wetterlage in besonnten Bereichen extreme Wärmebelastungen berechnet. Aufgrund der Planung ergeben sich in der Umgebung lokal Lufttemperaturänderungen und Änderungen der Wärmebelastung, wobei ähnlich viele Flächen mit einer Abnahme sowie einer Zunahme vorliegen, sodass die bioklimatischen Verhältnisse aus stadtökologischer Sicht tagsüber weiterhin mit denjenigen des Bestandes vergleichbar sind.

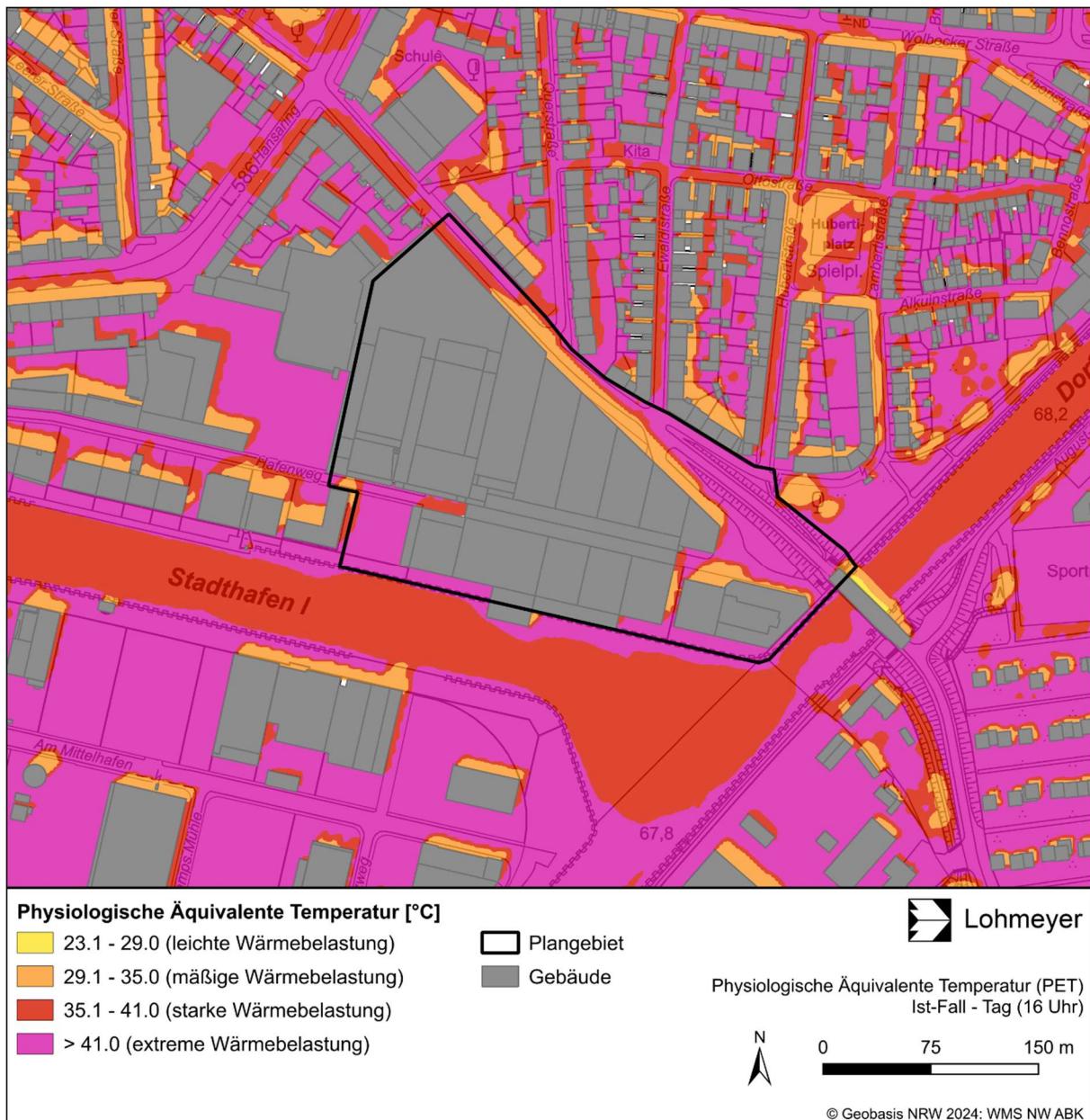


Abb. 7.3: Gefühlte Temperatur und zugehörige Wärmebelastungsklassen im Tageszeitraum für den Ist-Fall unter Berücksichtigung der Osmo-Hallen



Abb. 7.4: Gefühlte Temperatur und zugehörige Wärmebelastungsklassen im Tageszeitraum für den Planfall

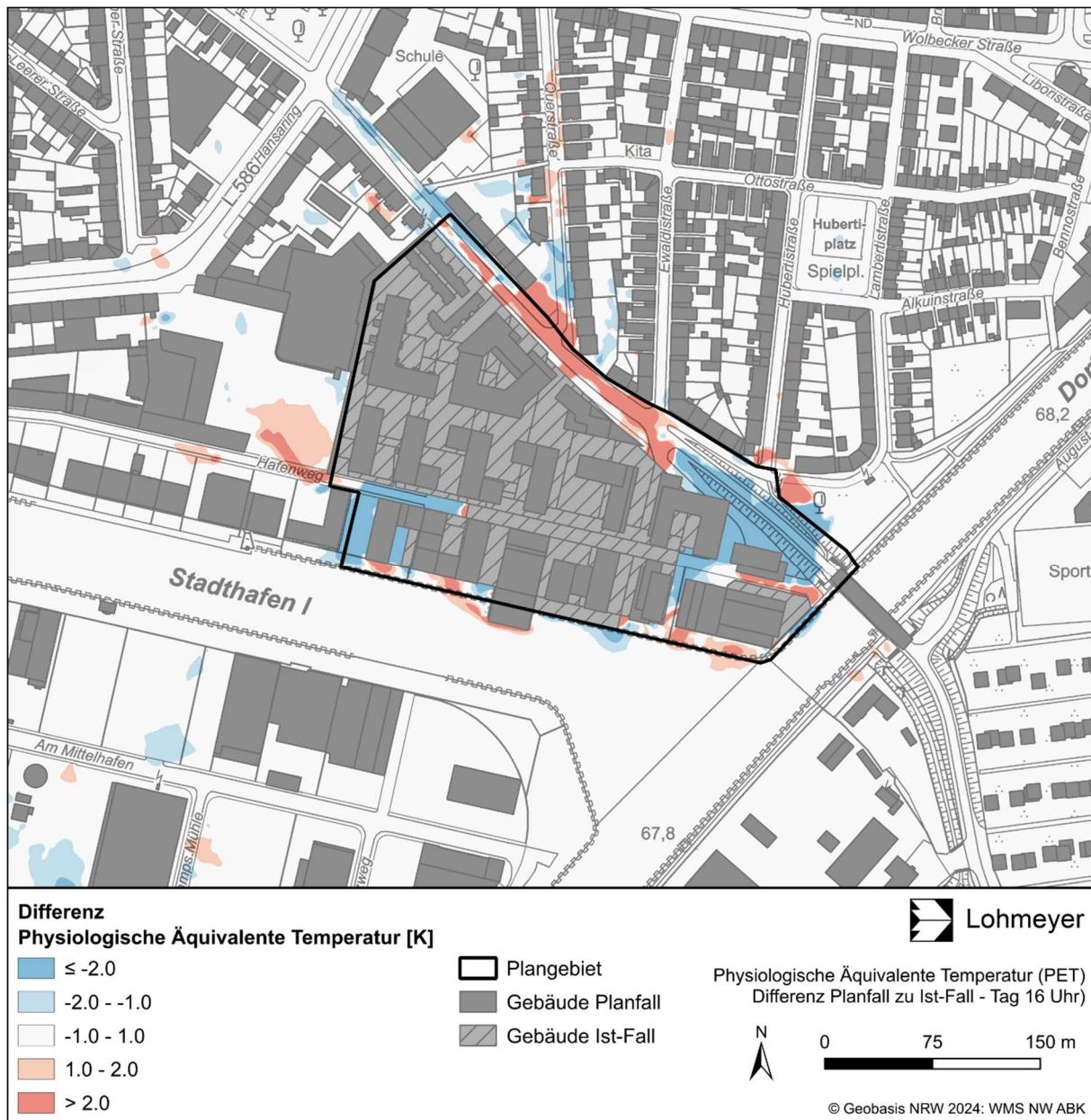


Abb. 7.5: Differenz der gefühlten Temperatur im Tageszeitraum

7.2 Bioklimatische Situation in der Nacht

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen ergibt sich mit dem Sonnenuntergang in unbebauten Bereichen eine spürbare Abkühlung der unteren Luftsichten, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Großen Anteil daran haben die strahlungsbedingten Anteile, d.h. es entsteht eine negative Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche aufgrund von mehr Aus- als Einstrahlung aufgrund des Wegfallens der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne. In reliefiertem Gelände strömen die bodennah kühlen Luftmassen die Hänge gravitativ hinab und sammeln sich in den niedrig gelegenen Bereichen, wie z. B. Senken, Mulden und Tälern, und verstärken dort die Abkühlung. In Einschnitten und Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können. Das äußere Rechengebiet wird für die vorliegende Ausarbeitung deshalb so groß gewählt, dass sich die nächtlichen Kaltluftströmungen im Modell eigenständig ausbilden, sodass nachts ohne äußeren Antrieb gerechnet wird. In bebauten Bereichen findet aufgrund der Wärmespeicherung der urbanen Oberflächen und Baukörper eine verzögerte und reduzierte Abkühlung statt, da diese langwellige Wärmestrahlung an die Umgebung abgeben. Die Auswertung zeigt die Verhältnisse nachts kurz vor Sonnenaufgang um 05 Uhr morgens, nahe am nächtlichen Temperaturminimum.

Für das Untersuchungsgebiet ist die **bodennahe Lufttemperatur** in Abb. 7.6 für den Ist-Fall für eine warme Sommernacht dargestellt. Die an der Station Münster/Osnabrück gemessene Minimaltemperatur von ca. 21 °C in der Nacht vom 27.07.2018 auf den 28.07.2018 wird im Bereich der Freifläche und in den Kleingartenanlagen östlich des Plangebietes ebenfalls ermittelt. Über den Wasserflächen, entlang von größeren Straßen und Plätzen sowie in begrünten Innenhöfen der Wohnbebauung sind überwiegend Lufttemperaturen von 22 °C ermittelt. Die höchsten Lufttemperaturen von 23 °C liegen im Bereich von größeren versiegelten Bereichen, in Innenhöfen und im Bereich einiger Straßen vor. Innerhalb des Plangebietes ist überwiegend eine Lufttemperatur von 22 °C berechnet. Während autochthoner Wetterlagen können sich nachts thermisch induzierte Windfelder bilden (Kaltluftabfluss, Flurwinde). Die **Windgeschwindigkeiten** sind daher in der Nacht gegenüber der Tagessituation eher niedrig (< 0.5 m/s). Von den Freiflächen und Kleingartenanlagen im Osten fließt kühlere Luft nach Norden in die angrenzenden Wohngebiete ab. Die kühlere Luft über den Wasserflächen des Stadthafens sowie im südlichen Bereich des Dortmund-Ems-Kanals strömt überwiegend in Richtung Süden oder Westen. Innerhalb des Plangebietes ist die Windrichtung zu den Rändern und angrenzenden Gebieten ausgerichtet.

Der **Abb. 7.7** ist zu entnehmen, dass nach Realisierung der geplanten Bebauung die nächtlichen thermischen Verhältnisse im Plangebiet gegenüber dem Istzustand verändert sind. Innerhalb des Plangebietes liegt vorwiegend eine Lufttemperatur von 23 °C vor. An den Rändern des Plangebietes sind etwas niedrigere Lufttemperaturen von 22 °C ermittelt. Die niedrigeren Lufttemperaturen an den Rändern werden durch die leichten Luftströmungen verursacht, die von Süden oder Osten kühlere Luft von den Wasser- und Freiflächen ins Plangebiet transportieren. Die Lufttemperaturen innerhalb des Plangebietes sind vergleichbar mit den Lufttemperaturen innerhalb der nördlich angrenzenden Wohnbebauung. Nördlich des Plangebietes an der Schillerstraße sowie im Bereich des westlich angrenzenden Hafenmarktes steigt die Lufttemperatur von 22 °C auf 23 °C an.

Planungsbedingte Auswirkungen auf die nächtliche Lufttemperatur sind nur vereinzelt dargestellt und beschränken sich dabei auf das Plangebiet und dessen unmittelbare Umgebung (vgl. **Abb. 7.8**). Eine Reduktion der Lufttemperatur um bis zu 1 K liegt im östlichen Teil des Plangebietes an der Schillerstraße sowie südliche des Plangebietes über den Wasserflächen des Stadthafens vor. Innerhalb des Plangebietes steigt die Lufttemperatur in begrenzten Bereichen zwischen den südlichen und mittleren Gebäuden um überwiegend bis zu 1 K an, in eng begrenzten Bereichen liegt die Erhöhung der Lufttemperatur bei mehr als 1 K. Ein vergleichbares Bild zeigt sich im nördlichen Teil des Plangebietes an der Schillerstraße. Außerhalb des Plangebietes liegt eine Erhöhung der Lufttemperatur im Bereich des Hafenmarktes und der daran angrenzenden Wohnbebauung vor. Hierbei wird die Lufttemperatur überwiegend um bis zu 1 K; nur in Randbereich zum Plangebiet wird die Temperatur um mehr als 1 K erhöht, jedoch nicht unmittelbar an der Bestandsbebauung.

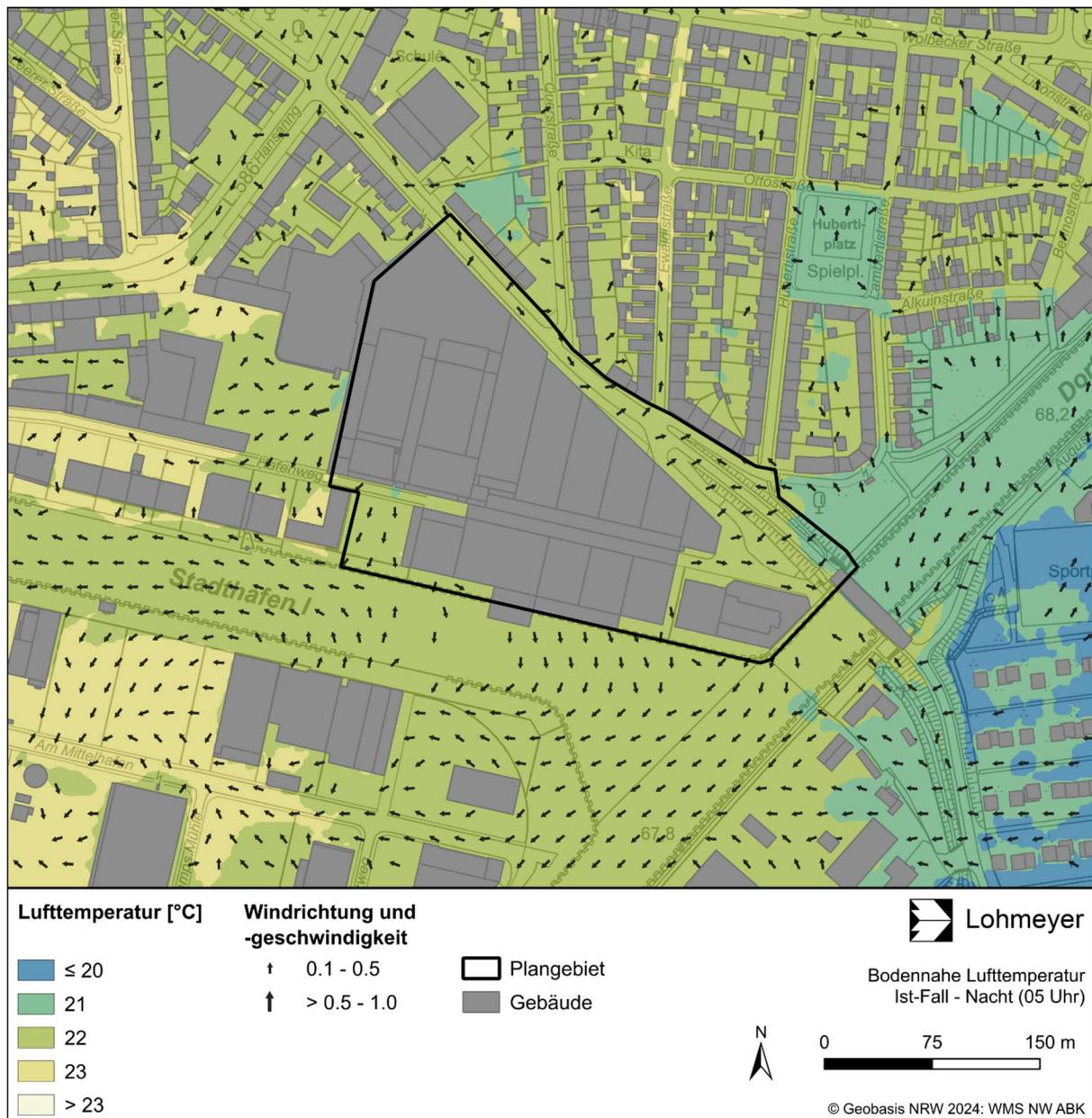


Abb. 7.6: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit in der Nachtsituation für den Ist-Fall unter Berücksichtigung der Osmo-Hallen

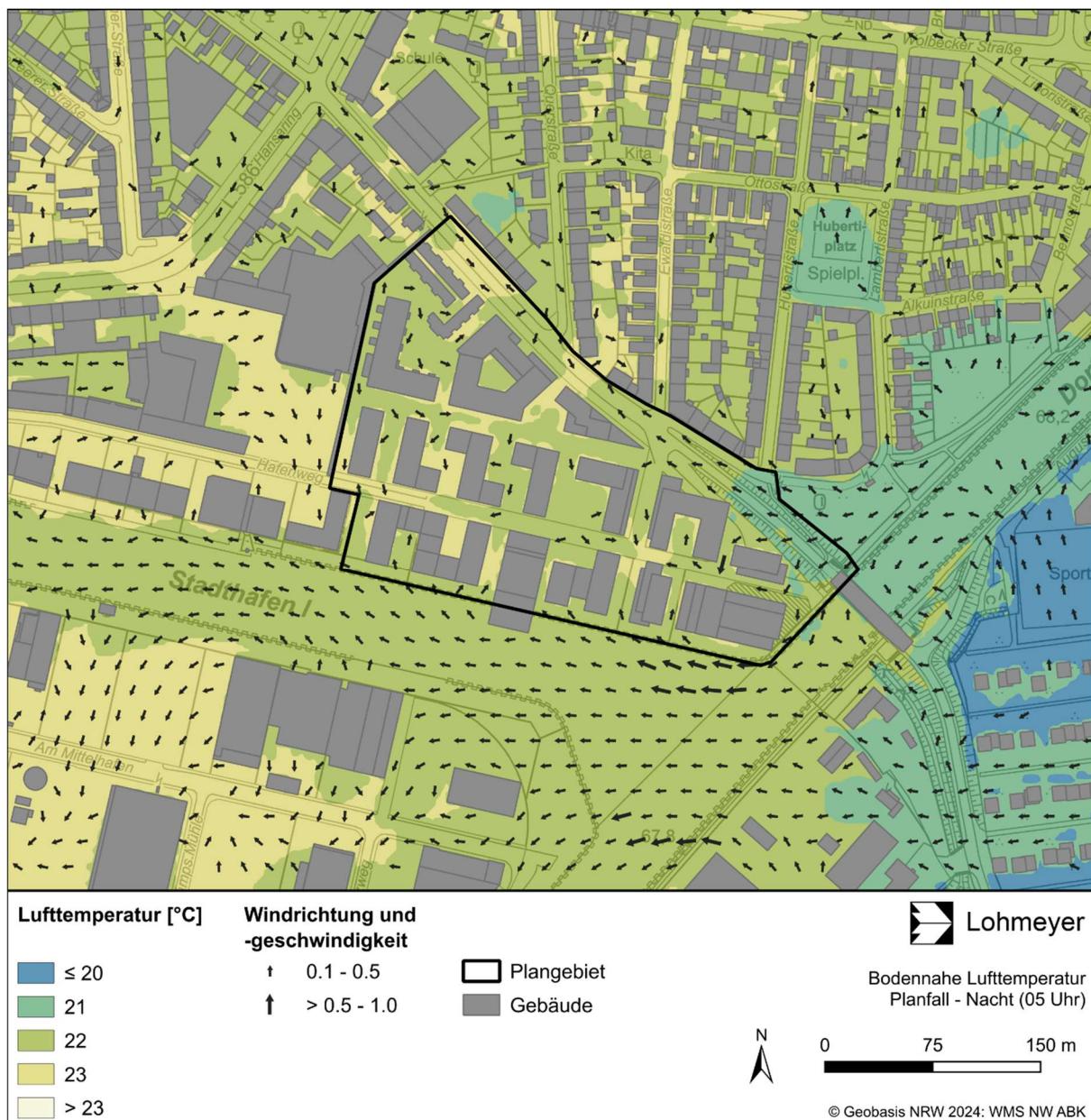


Abb. 7.7: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit in der Nachtsituation für den Planfall

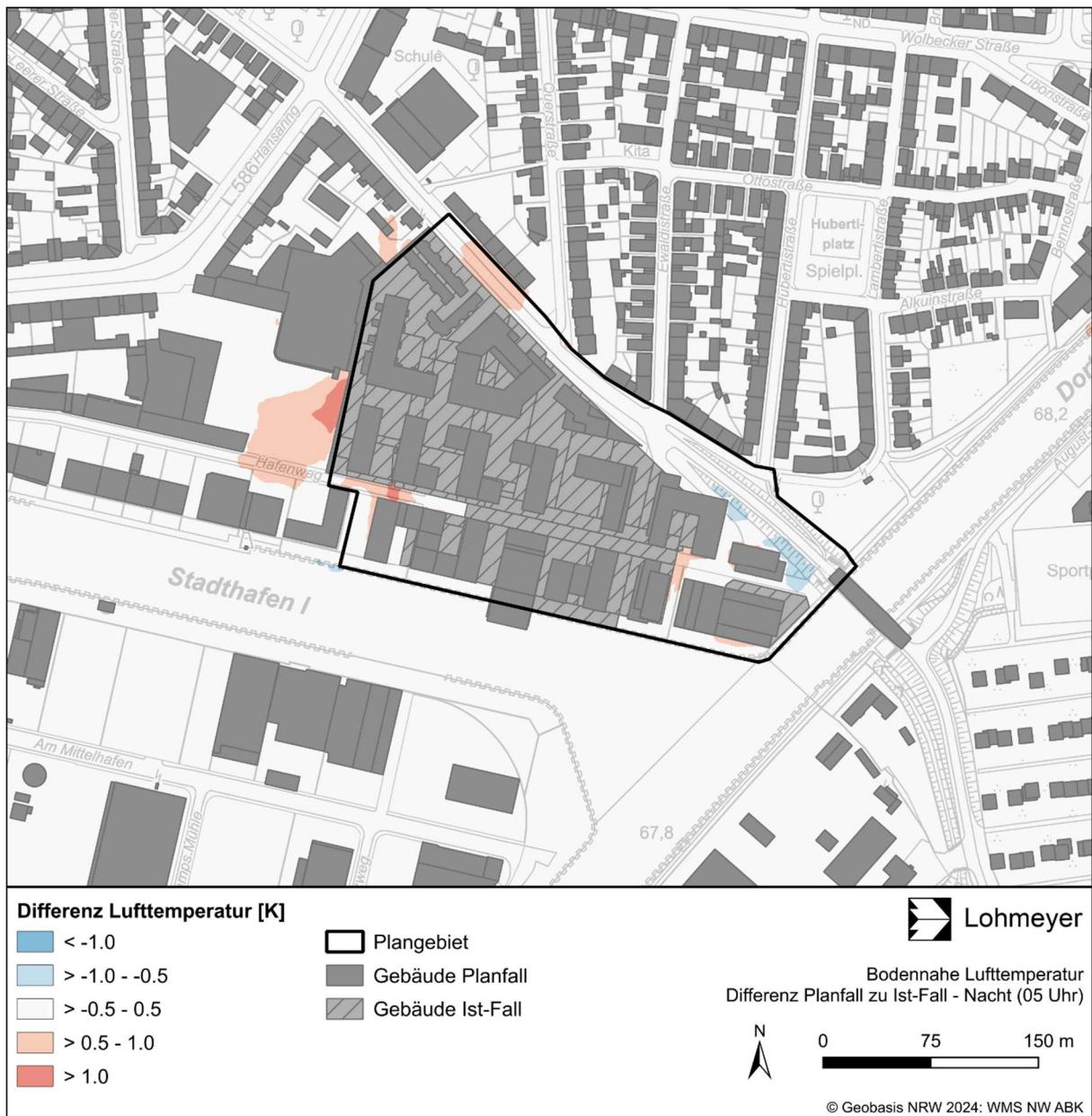


Abb. 7.8: Differenz der bodennahen Lufttemperatur im Nachtzeitraum

8 FAZIT UND PLANUNGSHINWEISE

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass das nahe Umfeld des Plangebiets erwartungsgemäß ein typisches Stadt- bis Stadtrandklima vorweist. Am Nachmittag werden extreme Wärmebelastungen in den nicht verschatteten Bereichen aufgezeigt. Im Bereich von Baumbeständen und im Schattenwurf nördlich der Gebäude ist die Wärmebelastung weniger stark und teils als mäßig zu bewerten. Nachts transportieren geringe Luftströmungen kühlere Luft der Freiflächen und Kleingartenanlagen in die angrenzenden Wohngebiete. Durch die insgesamt dichte Bebauung und den hohen Anteil versiegelter Flächen liegen die Lufttemperaturen überwiegend zwischen 22 °C und 23 °C.

Die Auswirkungen der Planung beschränken sich auf das Plangebiet und die unmittelbare Umgebung. Nicht verschattete Bereiche zwischen den Plangebäuden weisen eine extreme Wärmebelastung auf. Die verschatteten Bereich nördlich der Gebäude sowie im Bereich von geplanten Bäumen weisen eine mäßige bis starke Wärmebelastung auf. In der Nacht sind die thermischen Verhältnisse innerhalb des Plangebietes mit denen in der nördlich angrenzenden Wohnbebauung vergleichbar.

Außerhalb des Plangebietes treten sowohl kleinräumige Erhöhung als auch Reduktionen der PET auf, die überwiegend auf Änderungen des Windfeldes und in kleinen Teil auf einen veränderten Schattenwurf zurückzuführen sind. Innerhalb des Plangebietes fallen die Reduktionen und Erhöhung der PET etwas stärker aus und werden durch die unterschiedlichen Schattenwürfe im Ist-Fall und Planfall verursacht. Insgesamt halten sich die Flächen mit einer Erhöhung oder Reduktion in Waage. Somit werden keine wesentlichen negativen Auswirkungen für die angrenzende Bebauung ermittelt.

Planungshinweise

Für die Minimierung der planungsbedingten Auswirkungen und der gleichzeitigen Verbesserung der thermischen Belastungssituation im Bereich der geplanten Aufenthaltsbereiche zwischen den Gebäuden können folgende Maßnahmen umgesetzt bzw. im Bebauungsplan festgesetzt werden:

- Die hohe Anzahl an Baumstandorten im Plangebiet ist als positiv zu bewerten und sollte im Bebauungsplan festgesetzt werden. Hierbei sollten möglichst großkronige Bäume umgesetzt werden, da sich der größere Schattenwurf positiv auf die Wärmebelastung im Außenbereich auswirkt. Zudem können zusätzliche Baumstandorte im

Bereich der Außengastronomie und Spielflächen die Aufenthaltsqualität in diesen Bereichen verbessern. Neben dem Schattenwurf weisen Bäume zusätzliche positive klimaökologische Effekte auf, wie die Staubfilterung aus der Luft, die Sauerstoffbildung und die Kühlung der Umgebungsluft durch Verdunstung.

- Falls im Bereich der Außengastronomie keine weitere Bepflanzung mit Bäumen möglich sein sollte, können mobile verschattende Elemente wie Sonnenschirme und Markisen eingesetzt werden, um die Wärmebelastung durch direkte Sonneneinstrahlung zu vermindern. Zusätzlich kann über feinen Sprühnebel unter den Sonnenschirmen eine Kühlung durch Verdunstung erwirkt werden.
- Eine Dachbegrünung wird ebenfalls geplant und sollte aus lokalklimatischer Sicht festgesetzt werden. Durch die Begrünung der Dachflächen wird die Aufheizung der Oberflächen und somit die Lufterwärmung und die Wärmespeicherung in den Bauteilen gemindert. Dies wirkt sich ganztägig positiv auf den thermischen Komfort im Inneren der Gebäude. Eine Dachbegrünung leistet auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, da hierdurch Niederschlagswasser zurückgehalten wird.
- Für die Simulationsrechnung wurde zunächst keine Fassadenbegrünung zugrunde gelegt. Eine Fassadenbegrünung kann kleinräumig zu einer leichten Reduktion der Lufttemperaturen führen. Zudem reduziert die Fassadenbegrünung die Erwärmung der Bauteile und verbessert somit den thermischen Komfort innerhalb des Gebäudes. Zusammen mit der Dachbegrünung kann somit der Kühlbedarf im Sommer verringert werden, was durch den geringeren Energiebedarf zum Klimaschutz beiträgt und Kosten spart. Wir empfehlen die Umsetzung von Fassadenbegrünung insbesondere an den sonnenexponierten Süd- und Westfassaden.
- Eine weitere Maßnahme zur Verringerung der Raumerwärmung im Sommer sind bewegliche Sonnenschutzanlagen, die an Glasflächen an West-, Ost-, und Südfassaden angebracht werden können.
- Neben der klimawandelbedingten Zunahme von Hitzeperioden und Starkregenereignissen werden zukünftig auch vermehrt Trockenperioden prognostiziert. Nur bei ausreichender Wasserversorgung erzielen Grünflächen ihre höchste Klimawirksamkeit. Mit abnehmender Bodenfeuchte nimmt auch die Wirksamkeit von Kaltluft und andere relevante Klimafunktionen ab, was sich negativ auf die thermischen Verhältnisse auswirkt. Insbesondere aufgrund der geplanten Bäume, Dach- und Fassadenbegrünung im Plangebiet ist daher die Sicherung der Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen auch während langanhaltender Hitzeperioden von besonderer Bedeutung. Maßnahmen zur (Zwischen-)Speicherung von Regenwasser gewinnen dabei immer mehr an

Bedeutung im Kontext einer klimaangepassten Quartiersentwicklung. Wir empfehlen daher die Festsetzung von Maßnahmen zur (Zwischen-) Speicherung, zu denen u. a. Rigolen oder Zisternen gehören. So kann Regenwasser den Pflanzen im Quartier an trockenen Sommertagen zur Verfügung stehen und damit deren Klimawirksamkeit zur Reduzierung der Wärmebelastung an solchen Tagen ermöglicht werden.

- Oberflächen von Verkehrsflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen.
- Für Außenwände und Bodenbeläge im Außenbereich sind möglichst Materialien mit einer niedrigen Wärmekapazität zu favorisieren, um eine starke Überhitzung der Oberflächen und eine starke Wärmespeicherung in den Baustoffen zu vermeiden.

9 QUELLEN

9.1 Literatur

- DWD Web (2021): Stadtklima – die städtische Wärmeinsel. https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/startseite_projekt_waermeinseln.html
- Deutsche Wetterdienst (2021): Wetterdaten der Station Werl. https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/. Heruntergeladen im Februar 2021
- Geoportal NRW (2022): www.geoportal.nrw (Datengrundlage Digitales Gebäudemodell LOD1, Digitales Geländemodell DGM, Laserscandaten LiDAR, Digitales Landschaftsmodell Basis-DLM)
- Lohmeyer GmbH (2020): „Simulationen mit PALM-4U“. Lohmeyer aktuell, August 2020. URL: <http://www.lohmeyer.de/de/system/files/content/download/hauszeitung/ausgabe43.pdf>
- Maronga, B., Gryscha, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., Ketelsen, K., Letzel, M. O., Sühring, M., and Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: model formulation, recent developments, and future perspectives. *Geoscientific Model Development Discussions* 8 (2015), Nr. 2, S. 1539-1637 (2015).
- Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfaffenrott, J., Schubert, S., Seckmeyer, G., Sieker, H., and Winderlich, K. (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM-Project overview, planned work, and first achievements. *Meteorologische Zeitschrift* (2019): 1-15.
- Maronga, B., Banzhaf, S., Burmeister, C., Esch, T., Forkel, R., Fröhlich, D., Fuka, V., Gehrke, K. F., Geletič, J., Giersch, S., Gronemeier, T., Groß, G., Heldens, W., Hellsten, A., Hoffmann, F., Inagaki, A., Kadasch, E., Kanani-Sühring, F., Ketelsen, K., Khan, B. A., Knigge, C., Knoop, H., Krč, P., Kurppa, M., Maamari, H., Matzarakis, A., Mauder, M., Pallasch, M., Pavlik, D., Pfafferott, J., Resler, J., Rissmann, S., Russo, E., Salim, M., Schrempf, M., Schwenkel, J., Seckmeyer, G., Schubert, S., Sühring, M., von Tils, R., Vollmer, L., Ward, S., Witha, B., Wurps, H., Zeidler, J., and Raasch, S. (2020): Overview of the PALM model system 6.0. *Geoscientific Model Development* 13 (2019): 1335–1372.
- Raasch, S., and Schröter, M. (2001): PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. *Meteorologische Zeitschrift* 10.5 (2001): 363-372.

Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): Klimatologie. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.

Stadt Bottrop (2019): Klimaanalyse 2019 (RVR). https://gis.bottrop.de/arcgis/rest/services/Themenkarten/Klimaanalyse_2019/MapServer

VDI 3783 Blatt 7 (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle, Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder. Richtlinie VDI 3783 Blatt 7, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017

VDI 3787 Blatt 2 (2008): Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima. Düsseldorf, 2008.

WEBSITE PALM (2020): <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac>

9.2 Materialien und Unterlagen

Für die vorliegende Untersuchung wurden u. a. die nachfolgenden Unterlagen verwendet, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden:

- Planungsdaten in Form von Lage- und Höhenplänen (E-Mail vom 09.08.2022)

Nachfolgende Informationen wurden aus frei-verfügbaren Datenquellen abgeleitet:

- Landnutzung: Digitales Landschaftsmodell Nordrhein-Westfalen (Download im September 2022)
- Bestandbebauung: LOD1-Gebäudemodell Nordrhein-Westfalen (Download im September 2022)
- Relief: Digitales Geländemodell DGM1 Nordrhein-Westfalen (Download im September 2022)
- Baumhöhen: Digitales Geländemodell DGM1 und 3D Laserscandaten DOM1 Nordrhein-Westfalen (Download im September 2022)
- Luftbilder: Digitale Orthophotos Nordrhein-Westfalen (WMS Server)

ANHANG A1
KLIMATOLOGISCHE PARAMETER

A1 KLIMATOLOGISCHE PARAMETER

A1.1 Windgeschwindigkeit und -richtung

Als Messgröße der Luftbewegung gelten die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung. Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet, die durch Luftdruckunterschiede verursacht wird.

Als Windrichtung wird die Himmelsrichtung bezeichnet, aus der der Wind weht. Sie wird in Grad (0 bis 360 °) angegeben. Die Windgeschwindigkeit beschreibt die Bewegung von Luftpaketen und wird in der Regel in der Einheit Meter pro Sekunde (m/s) verwendet.

Die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung werden von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche beeinflusst. Daher erfolgt die Messung der Luftbewegung im Allgemeinen in einer ungestörteren Umgebung (z. B. über einer Wiese) in einer Höhe von 10 m. Die bodennahen Windgeschwindigkeiten werden in starkem Maße von der Bebauungsstruktur geprägt. Hierdurch hervorgerufene Strömungsphänomene, wie Verdrängung, Wirbelablösung, Kanalisierung, Umlenkung, Stau und Abschirmung, bewirken kleinräumige Veränderungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung.

Der Wind beeinflusst das Wärmeempfinden des Menschen. An heißen, windschwachen Sommertagen wird ein Aufenthalt in Bereichen mit erhöhten Windgeschwindigkeiten aufgrund der sehr guten Ventilation als angenehm empfunden. Der Aufenthaltskomfort bei niedrigen Windgeschwindigkeiten ist für bestimmte Nutzungen und Tätigkeiten - z. B. Außengastronomie, Spielplätze - besonders hoch. Bei fehlender Verschattung durch Gebäude oder Bäume können hier allerdings an sonnigen warmen Sommertagen aufgrund des geringen Luftaustausches lokal besonders hohe Lufttemperaturen auftreten. Ein Aufenthalt an sonnigen Tagen in den Übergangsjahreszeiten ist hingegen angenehm.

Gute Durchlüftungsverhältnisse entlang von Straßen oder Parkplätzen begünstigen zudem eine wirksame Verdünnung der hier freigesetzten Verkehrsabgase und wirken sich damit positiv auf die lufthygienische Situation aus.

A1.2 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist eine wichtige klimatologische Beobachtungsgröße. Sie kennzeichnet den Wärmezustand der Luft, der im Wesentlichen durch die turbulente Wärmeabgabe der Erdoberfläche bestimmt wird. Die Energie der kurzweligen solaren Strahlung wird hierbei nicht

berücksichtigt. Grundsätzlich wird die Einheit der gemessenen Lufttemperatur in Kelvin (K), in Grad Celsius (°C) oder in Fahrenheit (°F) angegeben. Die gemessene Temperatur gibt nur den augenblicklichen Wärmezustand der bodennahen Atmosphäre wieder. Für einen klimatologischen Vergleich müssen Mittelwerte gebildet werden (z.B. Tages- oder Monatsmittel).

Der Tagesgang der Lufttemperatur wird bestimmt vom zeitlichen Wechsel zwischen der solaren Einstrahlung am Tag, deren Intensität in Abhängigkeit vom Gang der Sonne schwankt, und der terrestrischen Ausstrahlung. Aufgrund der fehlenden Einstrahlung fallen die Temperaturen nachts und erreichen ihr Minimum im Allgemeinen kurz vor Sonnenaufgang. Nach Sonnenaufgang steigt die Temperaturkurve an und erreicht ihr Maximum kurz nach Sonnenhöchststand (ca. 14 bis 15 Uhr).

An wind- und wolkenarmen Tagen nach Sonnenuntergang erfolgt die Entwicklung von Kaltluft und Kaltluftströmungen. Hierbei kühlen Grünflächen intensiver und rascher ab als versiegelte Flächen oder Wasserflächen. Damit kühlt auch die darüber gelegene Luftsicht intensiver und rascher ab. Bei geneigtem Gelände setzen sich diese kühlen Luftmassen der Geländeeigung folgend in Bewegung und bilden Hangabwinde. In Einschnitten und Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können.