

ZUSAMMENFASSUNG UND LESEHILFE ZU DEN ERGEBNISSEN DER STADTKLIMAANALYSE MÜNSTER

Vorwort

Dieses Dokument ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Stadtklimaanalyse von Münster. Außerdem ist es eine Lesehilfe für den Abschlussbericht, der eine detaillierte Beschreibung des Projekts liefert (Projektstruktur siehe Abbildung 1). Der Abschlussbericht ([hier abrufbar](#)) umfasst dabei die Themen: Hintergrund und Anlass der Analyse; fachliche Grundlagen, Beschreibung des Bearbeitungs- und Beteiligungsprozesses; Erkenntnisse zum heutigen und zukünftigen Klima in Münster aus externen Quellen; detaillierte Beschreibung der Methoden und Ergebnisse von den Modellrechnungen und der Messkampagne; Beschreibungen zu den Zwischenprodukten (Klimaanalysekarte und Sensitivitätsanalyse) und zu den Endprodukten (Bewertungskarten und Planungshinweiskarte); ein Kapitel zum Thema Maßnahmen und ihren Wirkungen; sowie einen Anhang mit Steckbriefen für jeden Stadtbezirk.



Abbildung 1: Vorgehen der Stadtklimaanalyse

MODELLERGEBNISSE UND KLIMAANALYSEKARTEN

Mit voranschreitender Klimaveränderung werden Tage und Nächte mit großer Hitzebelastung in Zukunft immer häufiger und extremer (vgl. Kapitel 4 im Abschlussbericht). Insbesondere im Siedlungsraum tragen eine, infolge dichter Bebauung eingeschränkte Windzirkulation, die fehlende Beschattung und die fehlenden Grünflächen, die Absorption der einfallenden Sonnenstrahlung durch die vielen versiegelten Flächen sowie die Abwärme von Industrie, Gebäuden und Verkehr zum Wärmeinsel-Effekt bei. Tagsüber heizen sich Siedlungen stärker auf und nachts kühlen sie deutlich langsamer ab als das Umland. Die Hitzebelastung im

Siedlungsraum ist eine Herausforderung, welche in der Raumplanung miteinbezogen werden muss (vgl. Kapitel 1 & 2 im Abschlussbericht). Die Raumentwicklung erfordert jedoch genaue Kenntnisse über die lokalen Klimabedingungen. Vor diesem Hintergrund wurde die heutige klimatische Situation flächendeckend und hochaufgelöst für Münster modelliert. Die Modellergebnisse und die daraus resultierenden Klimakarten (Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten) geben Aufschluss über die klimatische Situation in der Stadt. Vor allem die Planungshinweiskarte (PHK) wurde dabei in enger Abstimmung mit den Fachämtern der Stadt Münster angefertigt (vgl. Kapitel 3 im Abschlussbericht).

Die Klimakarten sind eine zentrale Planungsgrundlage für eine hitzeangepasste Siedlungsentwicklung. Aus ihnen lässt sich bei Planungen oder Projekten der konkrete Handlungs- oder Schutzbedarf ableiten und sie sollten daher bei zukünftigen Stadtentwicklungs- und Projektplanungen Berücksichtigung finden. Dabei gilt es, in hitzebelasteten Gebieten mittels Maßnahmen zur Hitzeminderung (Begrünung, Entsiegelung, Beachtung der Gebäudestellung etc.) das Lokalklima zu verbessern und in weniger belasteten Gebieten ein funktionierendes klimatisches System zu erhalten.

Das zukünftige Stadtklima in Münster

Neben dem aktuellen Stadtklima wurde dem Vorsorgeprinzip folgend mittels der Modellrechnungen auch das zukünftige Stadtklima für die Jahre 2035 und 2045 simuliert. Die Stellschrauben zur Bestimmung des zukünftigen Stadtklimas bestehen in Landnutzungsänderungen (Eingangsdaten der Modellierung) sowie klimatischer Änderungen infolge des Klimawandels (Rahmenbedingungen des Modells; Überblick über die Methoden siehe Kapitel 5 im Abschlussbericht).

Für das Zukunftsszenario 2035 wurde vorrangig die bauliche Umsetzung von Projekten aus dem Baulandprogramm und dem Gewerbeflächenentwicklungskonzept angenommen. Für das Szenario 2045 kamen Flächen aus dem Integrierten Flächenmanagement hinzu, außerdem wurden heute bekannte Baulücken geschlossen. Für diese Entwicklungsflächen lagen keine konkreten Planungen vor, sodass die zukünftige Bebauung in den Flächen über eine zufällige Verteilung der Landnutzung anhand bestimmter Vorgaben umgesetzt wurde (sogenannter Mischpixel-Ansatz). Dabei wurden sogenannte „Zwillingsflächen“ als Referenz zur Ermittlung des prozentualen Anteils der Nutzungsklassen verwendet und so ein prozentualer Anteil an Gebäuden, Versiegelung, Bäumen und Rasenflächen vergeben.

Durch den Mischpixel-Ansatz entsteht folglich eine zufällig verteilte Landnutzung in den Entwicklungsflächen, die in dieser Form nicht umgesetzt würde, aber über die gesamte Fläche gesehen das klimatische Geschehen und ihre Wirkung auf das Stadtklima widerspiegelt. Auf dieser Basis können die einzelnen Entwicklungsflächen hinsichtlich ihrer Stadtklimaverträglichkeit untersucht, bewertet und in der weiteren Entwicklung aktiv gestaltet werden.

Die zweite Stellschraube für die Zukunftsszenarien betrifft die erwarteten Änderungen durch den Klimawandel (vgl. Kapitel 4 im Abschlussbericht). Die Auflösung regionaler Klimamodelle hat sich in den letzten Jahren so weit erhöht, dass für Münster Aussagen getroffen werden können, wie sich der Klimawandel etwa auf die Temperatur, Trockenheit oder den Niederschlag auswirkt. Dennoch besteht beim Blick in die Zukunft zwangsläufig eine gewisse Unsicherheit, wie stark die jeweiligen Klimaänderungen tatsächlich auftreten¹. In Münster wurde das zukünftige Stadtklima in einem Szenario „starker Klimawandel“ berechnet, das als *worst case*-Variante, bzw. als „Weiter-wie-bisher-Szenario“ verstanden werden kann (RCP 8.5), dessen Eintreten aber angesichts der aktuellen Temperaturentwicklung als wahrscheinlich gilt. Für das Jahr

¹ Die Unsicherheit ergibt sich aus der Spannweite der Ergebnisse verschiedener Klimamodelle. Insb. langfristig hängen die real eintretenden Klimaänderungen zudem wesentlich vom zukünftigen globalen Treibhausgas-Ausstoß ab.

2035 wird die Temperatur zu Beginn der Modellrechnung um 1,8 °C erhöht², für das Jahr 2045 um 2,2 °C. Zudem wird dem Modell eine geringere Bodenfeuchte infolge zunehmender sommerlicher Dürrephasen vorgegeben³.

Grundlagen der Modellierung

Um Informationen zum Stadtklima in Münster zu gewinnen, wurden Modellrechnungen mit dem Stadtklimamodell FITNAH-3D durchgeführt, die flächendeckende Ergebnisse für das gesamte Münsteraner Stadtgebiet bereitstellen⁴.

Die horizontale Auflösung der Modellierung beträgt 5 m, d.h. Münster wird in ein Raster mit einer Gitterweite von 5 m x 5 m zerlegt. Für jede Rasterzelle werden Informationen bspw. zur Geländehöhe und Landnutzung, zu Gebäudeumrissen und -höhen sowie zu Bäumen und dem Versiegelungsanteil bestimmt und als Eingangsdaten für die Modellrechnung verwendet. Innerhalb der Stadtgrenze wurden zudem bereits in der Modellierung des Status Quo geplante Gebäude berücksichtigt und in das Landnutzungsrastraster überführt. Das gewählte Untersuchungsgebiet geht mit einer Fläche von ca. 23 km x 26 km über die Stadtgrenze hinaus, damit die im Umland gelegenen Höhen- und Landnutzungsunterschiede mit Einfluss auf das Münsteraner Stadtklima berücksichtigt werden. Dabei liegt der Modellierung eine sommerliche Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel und einem sehr schwachen übergelagerten Wind zugrunde (Tageshöchsttemperatur über 25 °C), die in der Stadtklimatologie typischerweise verwendet wird und im Raum Münster im Sommer durchschnittlich etwa alle vier Tage auftritt.

Modellergebnisse

Das Stadtklimamodell liefert für jede Rasterzelle Ergebnisse zur nächtlichen Lufttemperatur, der Kaltluftproduktion und dem Kaltluftströmungsfeld sowie zur Wärmebelastung am Tag (vgl. Kapitel 6.1 im Abschlussbericht). Mit Ausnahme des Kaltluftvolumenstroms (Strömung über die komplette untere Luftschicht) gelten die Ergebnisse für den bodennahen Aufenthaltsbereich des Menschen und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) bzw. 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung).

Die Ermittlung der bodennahen nächtlichen Lufttemperatur ermöglicht es, überwärmte städtische Bereiche zu identifizieren (sogenannte städtische Wärmeinseln) und die räumliche Wirksamkeit von Kaltluftströmungen abzuschätzen. Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine sommerliche Strahlungswetterlage zu verstehen. Die relativen Unterschiede innerhalb der Stadt bzw. zwischen verschiedenen Landnutzungen gelten dagegen weitgehend auch während anderer Wetterlagen.

Die Topografie im Stadtgebiet übt nur einen geringen Einfluss auf die nächtliche Kaltluftströmung aus, daher treten nur selten Kaltluftabflüsse auf Grund der Geländeneigung auf. Genau wie Flurwinden kommt diesen Kaltluftabflüssen eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken als Strömungshindernis, sodass der Luftaustausch mit dem Umland und die Durchlüftung innerhalb von

² Die Ergebnisse zum erwarteten Klimawandel stützen sich auf ein Modellensemble der EURO-CORDEX-Initiative, das die RCP-Szenarien des Weltklimarates (IPCC) als verschiedene Entwicklungspfade der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt.

Das für die Modellierung verwendete Klimaänderungssignal der Temperatur ergibt sich als Differenz der sommerlichen Temperaturen zwischen den Zukunftsperioden 2021-2050 (Bezugsjahr 2035) und 2031-2060 (Bezugsjahr 2045) und der Referenzperiode 1971-2000. Das Änderungssignal beruht auf dem 85. Perzentil aller Modellläufe des RCP 8.5.

³ In den Zukunftsszenarien sinkt die Bodenfeuchte von 60 % (Status quo) auf einen räumlich variablen Wert zwischen 30 und 58%, basierend auf Daten aus der landesweiten Klimaanalyse NRW. Die Bodenfeuchte zählt zu den Antriebsgrößen des Modells, wird durch das Modell aber nicht verändert – d.h. das Modell kann keine Ergebnisse zur zukünftigen Bodenfeuchte in Münster ausgeben.

⁴ Eine genauere Beschreibung des Modells befindet sich in Kapitel 5.1 des Abschlussberichtes.

Städten herabgesetzt sind. Vor allem die kleinräumigen Flurwinde sind in Münster wichtig, um dem Siedlungsraum durch Zufuhr von Kalt- und Frischluft eine wichtige klimaökologische Ausgleichsleistung zu erbringen.

Die Bedeutung einer Grün-/Freifläche bzw. eines Strömungssystems für den Kaltlufthaushalt ergibt sich daraus, wie viel Kaltluft auf der Fläche entsteht (**Kaltluftproduktionsrate**) und wie schnell und in welche Richtung die Kaltluft strömt (**bodennahe nächtliche Windgeschwindigkeit**). Zusätzlich spielt die Höhe der Kaltluftschicht (ihre Mächtigkeit) eine Rolle, die durch den **Kaltluftvolumenstrom** erfasst wird⁵.

Zur Bewertung der Tagsituation wird die **Physiologisch Äquivalente Temperatur** (PET) herangezogen, die ein Maß für die Wärmebelastung des Menschen im Außenraum ist und die Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlung berücksichtigt. Die Wärmebelastung wird in der Einheit „°C“ angegeben und ist stark von der Strahlungstemperatur geprägt (insb. Sonnenstrahlung). Entsprechend fällt die Wärmebelastung unter der angenommenen sommerlichen Strahlungswetterlage (keine Bewölkung) auf Freiflächen ohne Verschattung sehr hoch aus.

Klimaanalysekarte

Die Klimaanalysekarte fasst die wesentlichen Aussagen der meteorologischen Parameter für die Nachtsituation in einer Karte zusammen und präzisiert das Kaltluftprozessgeschehen mit zusätzlichen Legendeninhalten (vgl. Abbildung 2 und Kapitel 7.1 im Abschlussbericht). Für die Situation um 14:00 Uhr ist die PET der einzige ausschlaggebende Parameter, sodass die Karte der PET als „Klimaanalysekarte für die Tagsituation“ verstanden werden kann.

In den Klimaanalysekarten der Nachtsituation sind für die Grün- und Freiflächen die Modellergebnisse des Kaltluftvolumenstroms in abgestufter Flächenfarbe dargestellt. Bei den Siedlungs- und Verkehrsflächen steht dagegen die nächtliche Lufttemperatur im Vordergrund. Weiterhin ist das bodennahe Strömungsfeld ab einer als klimaökologisch wirksam angesehenen Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s mit einer Pfeilsignatur abgebildet. Das Strömungsfeld wurde für eine bessere Lesbarkeit der abgebildeten Karten auf eine Auflösung von 200 m aggregiert, sodass kleinräumige Windsysteme aus der Karte nicht ersichtlich werden (z.B. Kanalisierung von Winden in schmalen Straßenabschnitten). Neben dem modellierten Strömungsfeld sind in der Karte besondere Kaltluftprozesse hervorgehoben, die in Münster eine wichtige Rolle spielen:

Kaltluftleitbahnen

Die Kaltluftleitbahn verbindet die Kaltluftentstehungsgebiete mit den wärmebelasteten Bereichen im Siedlungsgebiet und erleichtert das Eindringen der Kaltluft in die Bebauung (Kühlung). Kaltluftleitbahnen weisen eine linienhafte Struktur auf, da sie in ihrer Breite durch Strukturen wie Bebauung oder durch die Orographie begrenzt sind.

Kaltluftabflüsse

Anders als die Kaltluftleitbahnen sind flächenhafte Kaltluftzuflüsse in ihrer Breite nicht durch zusammenhängende Strukturen wie Siedlungen begrenzt. Der flächenhafte Kaltluftabfluss bezeichnet Gebiete mit hohem Kaltluftvolumenstrom, ausgerichtet auf den Siedlungsraum. Begünstigt werden Kaltluftabflüsse durch eine aufgelockerte Bauweise und hindernisarme Strukturen (Grünflächen, teilweise auch Straßen).

⁵ Vereinfacht ausgedrückt stellt der Kaltluftvolumenstrom 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 m³, die in jeder Sekunde über eine bestimmte Fläche fließt.

Parkwind

In der Stadt Münster gibt es zudem eine Reihe von innerstädtischen Grünflächen, welche in der Nacht ihre kühle Luft in die bebaute Umgebung transportieren, so dass hier von einem sogenannten Parkwind gesprochen werden kann. Breite Straßenzüge bzw. raugkeitsarme Strukturen und eine strömungsparelle Ausrichtung der Gebäudekörper begünstigen ein weites Eindringen von kühlerer Luft in den Siedlungsbereich.

Kaltluftentstehungsgebiete

Grün- und Freiflächen mit einer überdurchschnittlichen Kaltluftproduktionsrate, d.h. einer stündlichen Kaltluftproduktion von über 30 Kubikmeter Kaltluft pro Quadratmeter und Stunde [$m^3/m^2 \cdot h$].

Verwendung in der Planung

Die Klimaanalysekarte Nacht hilft beim Verständnis des nächtlichen Kaltluftaustausches. Beispielsweise lassen sich mit der Klimaanalysekarte wichtige Kaltluftleitbahnen identifizieren, die es zu sichern gilt.

Die Klimaanalysekarten geben eine quantitative Abschätzung: Wie hoch ist die nächtliche Überwärmung? Wie groß ist der Kaltluftvolumenstrom? Welche Strömungsgeschwindigkeit haben die Winde? In der rasterbasierten Karte treten kleinräumige Unterschiede deutlich hervor und Einzelgebäude und Baumgruppen sind gut erkennbar, weshalb sie sich für die Detailplanung eignet.

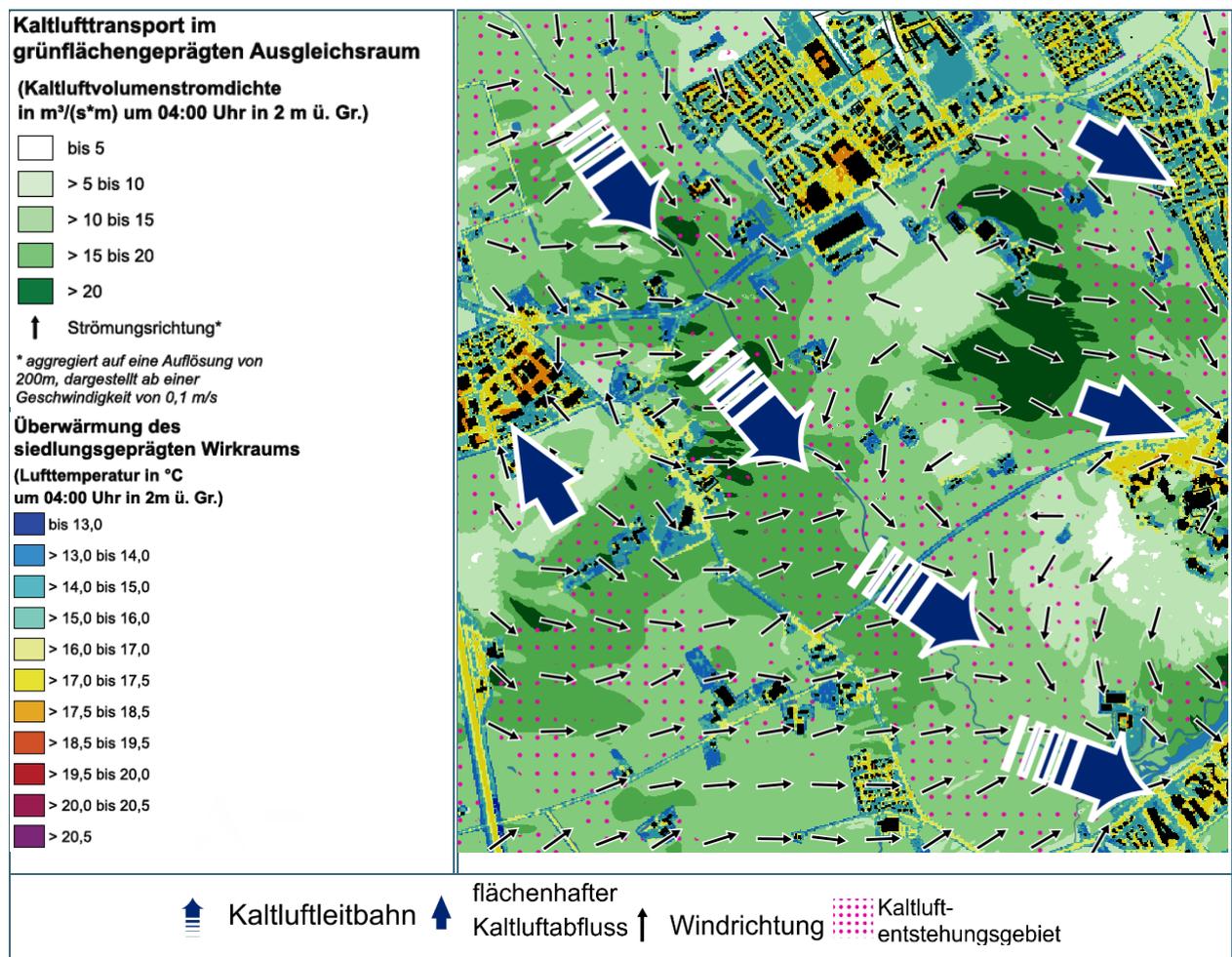


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Ist-Zustandes.

BEWERTUNGSKARTEN UND PLANUNGSHINWEISKARTE

Die hochaufgelösten Ergebnisse der Modellrechnung und daraus abgeleiteten Klimaanalysekarten bilden das klimatische Prozessgeschehen in Münster ab und stellen die Basis der Stadtklimaanalyse dar (s.o.). Darauf aufbauend wird in der **Planungshinweiskarte, als zentralem Produkt, eine Bewertung der Flächen hinsichtlich der bioklimatischen Belastung und damit dem Bedarf für Anpassungsmaßnahmen im Siedlungsraum sowie des stadtklimatischen Schutzbedarfs von Grün- und Freiflächen vorgenommen** (vgl. Kapitel 8.4 im Abschlussbericht). Die Bewertungen beziehen dabei nicht nur die Ergebnisse des Ist-Zustandes, sondern auch der Szenarien 2035 und 2045 mit ein. Die Bewertungen beruhen auf den stadtklimatischen Funktionen, ohne die Belange weiterer Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. die Planungshinweiskarte stellt aus klimafachlicher Sicht gewonnenes Abwägungsmaterial dar.

Bewertungskarten

Die Erstellung der Planungshinweiskarte (PHK) erfolgte schrittweise. Zunächst wurden sechs „Bewertungskarten“ erstellt, in denen für jedes Szenario sowie getrennt für die Tag- und Nacht-Situation jeweils eine stadtklimatische Bewertung erfolgte (vgl. Kapitel 8.1 – 8.3 im Abschlussbericht).

In den **Bewertungskarten zur Nacht-Situation orientiert sich die Bewertung der Grünflächen an ihrer Funktion für den Kaltlufthaushalt** in Münster, sodass besonders wichtigen Kaltluftprozessen die höchsten bioklimatischen Bedeutungen zugeschrieben werden (Kaltluftleitbahnen, Kaltluftabflüsse, etc.) (vgl. Abbildung 3). Siedlungsferne Grünflächen ohne relevante Klimafunktionen sind aus stadtklimatischer Sicht von geringerer Bedeutung.

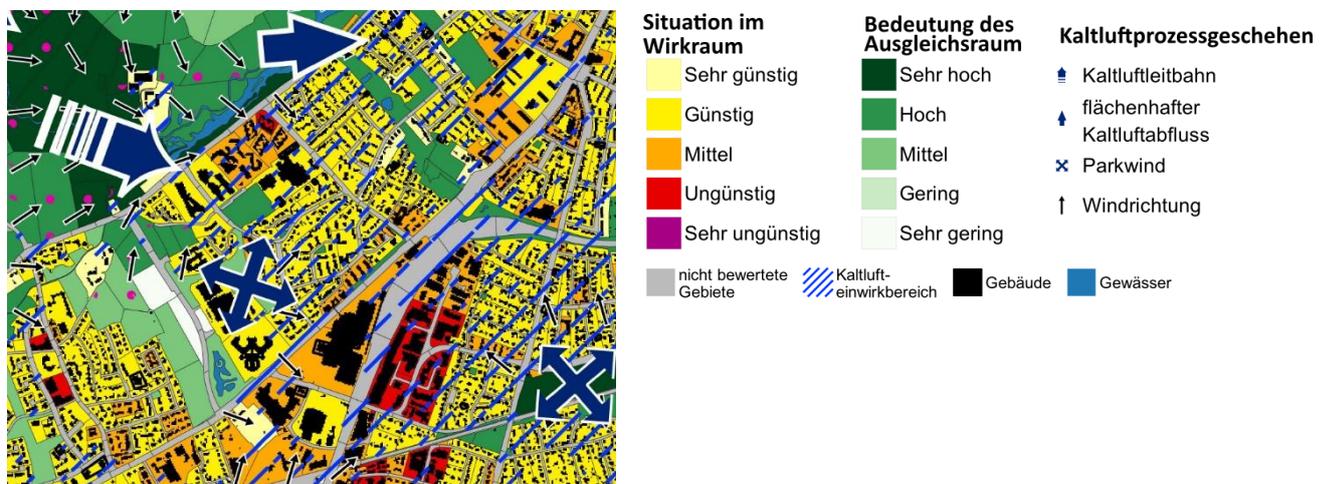


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Bewertungskarte Nacht des Ist-Zustandes.

Die **Bewertung des Siedlungsraums basiert auf der nächtlichen Überwärmung**, so dass dicht bebaute (z.B. die Innenstadt) und/oder hochversiegelte Bereiche (z.B. Gewerbegebiete) (sehr) ungünstigste Bedingungen aufweisen. Dank der Kaltluftabflüsse und einer meist weniger dichten Bebauung herrschen in einigen Wohngebieten und Siedlungsagglomerationen (z.B. in Sprakel) heute größtenteils günstige bioklimatische Situationen vor. Die besondere Rolle, die die Kaltluftströmung spielt, findet sich auch in der Bewertung der Siedlungsflächen wieder: Herrscht auf Siedlungsflächen ein überdurchschnittlicher Kaltluftvolumenstrom, ist dieser Bereich durch eine blaue Schraffur als **Kaltlufteinwirkungsbereich** ausgewiesen.

Bei der Bewertung des Siedlungsraums ist zu beachten, dass damit die **relativen Unterschiede** in Münster wiedergegeben werden. Auch in den als günstig eingestuften Flächen können bei bestimmten Wetterlagen

hohe nächtliche Temperaturen auftreten, die jedoch weiterhin geringer ausfallen als in den ungünstig bewerteten Flächen. Der Fokus in den Karten liegt auf Wohngebieten, doch werden auch Gewerbegebiete mit einer Bewertung versehen, da es sich meist um große Flächen handelt, die teilweise in direkter Nachbarschaft zu Wohngebieten liegen (oder es handelt sich um Mischgebiete mit beiden Nutzungen). Der Straßenraum bzw. Plätze werden, wie der Schienenverkehr nicht bewertet und daher ausgeblendet (graue Farbgebung). Die klimatischen Effekte von Verkehrsräumen (etwa die Wärmespeicherung am Tag und -abgabe in der Nacht) wird trotzdem durch das Modell berücksichtigt (d.h. ein Wohngebiet neben einer großen Straße ist wärmer als ein Wohngebiet an einer Grünfläche).

Die Bewertungskarten zur Tag-Situation betrachten die Wärmebelastung außerhalb von Gebäuden (vgl. Abbildung 4). Dabei sind Wohn- und Gewerbegebiete gleichermaßen von Bedeutung, zudem rücken der Straßenraum für Wegebeziehungen sowie die Aufenthaltsqualität auf Plätzen und Grünflächen in den Vordergrund.

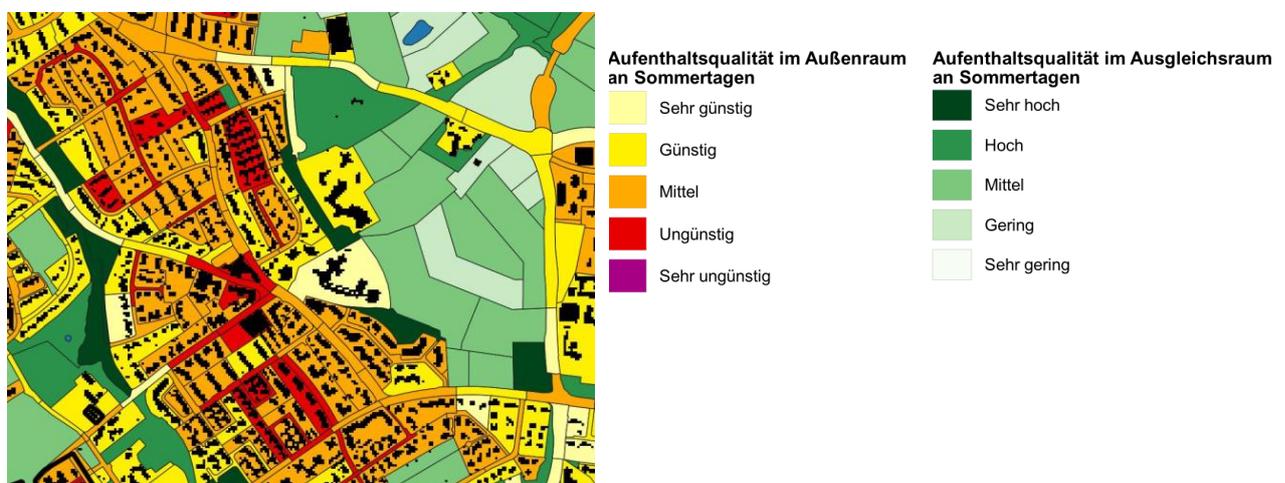


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Bewertungskarte Tag des Ist-Zustandes.

Die Wärmebelastung hängt wesentlich von der Verschattung ab, sodass sich gerade bei Grün- und Freiflächen teilweise konträre Bewertungen zur Nacht-Situation ergeben. Eine Freifläche kühlt in der Nacht stark aus, weist an Sommertagen (ohne Bewölkung) aber eine hohe Wärmebelastung auf, wenn keine Bäume vorhanden sind. Demgegenüber ist die Aufenthaltsqualität in Wäldern und (baumbestandenen) Parks auch an Sommertagen sehr hoch.

Im Siedlungsraum zeigt sich eine heterogene Verteilung der Wärmebelastung. Die ungünstigsten Bedingungen treten über versiegelten Orten ohne Verschattung auf, wie sie teils innerstädtisch in der Kernstadt sowie in Gewerbegebieten zu finden sind. Auffällig ist die teilweise hohe Wärmebelastung in den Einfamilienhaussiedlungen wie z. B. in Amelsbüren. Die Wohngebiete bieten zwar zum Teil einen hohen Grünanteil (daher in der Nacht überwiegend günstige Bedingungen), doch gibt es gerade in den Gärten einen geringeren Bestand alter, großkroniger (und damit schattenspendender) Bäume als in Teilen der Kernstadt, in denen die Wärmebelastung geringer ausfällt (bspw. Stadtteil Kreuzviertel). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu beachten, dass in den Gärten der Einfamilien- und Reihenhausbereiche in den äußeren Stadtteilen ein kleiner Baum und/oder eine Markise ausreichen können, um den Bewohnenden kleinräumig Verschattung zu bieten. Daraus ergibt sich jedoch mitunter ein nur geringer Effekt auf die Modellergebnisse bzw. können Markisen und Bäume mit einer kleinen Krone nicht durch das Modell erfasst werden (weil sie „durch“ das 5 m-Raster „fallen“).

Verwendung in der Planung

Die Bewertungskarten geben eine Einschätzung der klimatischen Situation auf einer bestimmten Fläche für den Tag und die Nacht im Status quo sowie in den Zukunftsszenarien und zeigen dadurch die komprimierte Information der Planungshinweiskarte aufgeteilt auf sechs Karten. So können Handlungsbedarfe im Wirkraum oder Schutzbedarfe im Ausgleichsraum (s. Folgekapitel) festgelegt werden und so zielgerichtete Maßnahmen in Bezug auf das Kaltluftprozessgeschehen (Nacht) und den Aufenthaltskomfort im Freien (Tag) entwickelt werden.

Planungshinweiskarte Stadtklima

Die Planungshinweiskarte Stadtklima fasst die Ergebnisse der Bewertungskarten zusammen, sodass auf den ersten Blick ersichtlich wird, welche Flächen einen hohen Schutzbedarf haben und wo in Münster Maßnahmen zur Anpassung vorrangig umgesetzt werden sollten (vgl. Abbildung 5).

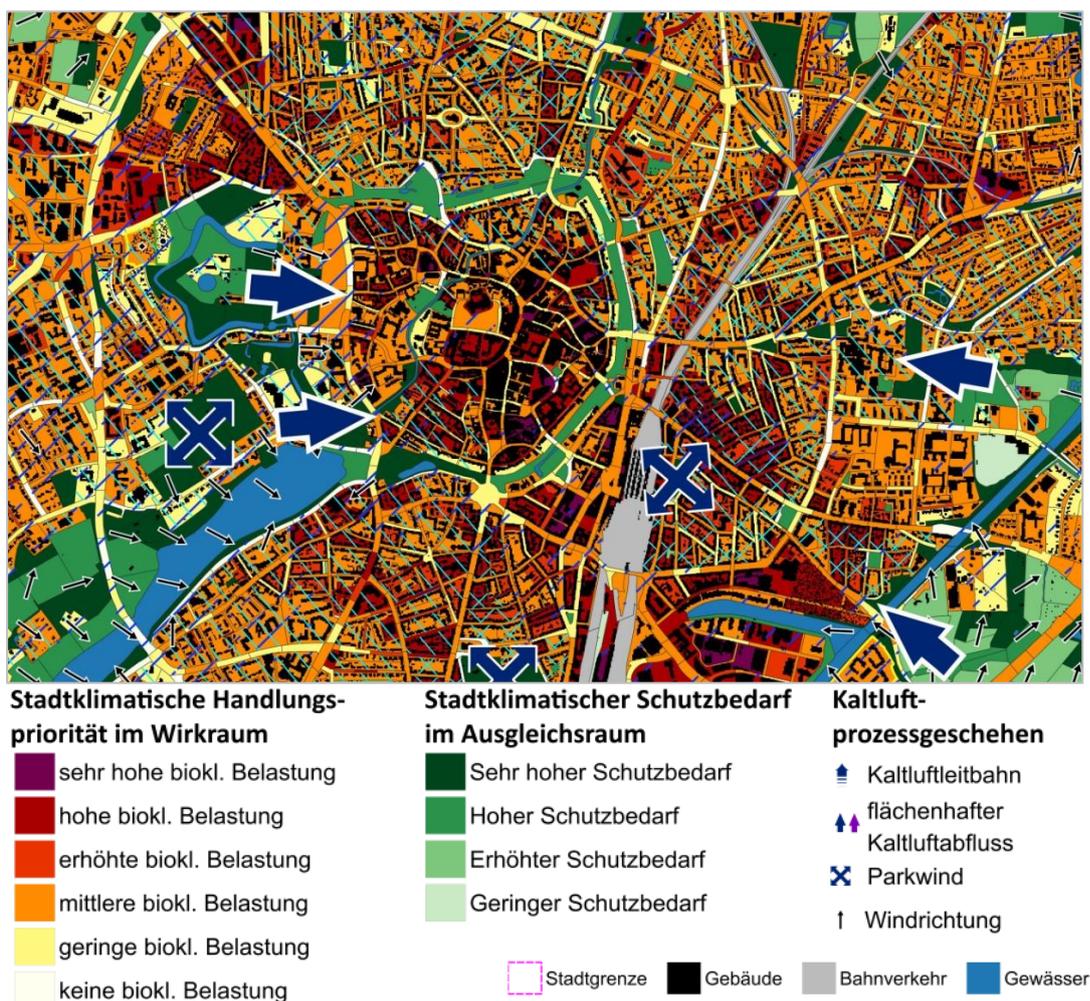


Abbildung 5: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte Stadtklima für das Stadtgebiet von Münster.

Im sogenannten Wirkraum (Wohn- und Gewerbeflächen sowie öffentlicher Verkehrsraum) wird die bioklimatische Belastung dargestellt. Die Bewertung beruht zu gleichen Teilen auf den Schlafbedingungen (nächtliche Überwärmung und Kaltluftfunktion) und auf der Aufenthaltsqualität im Außenraum am Tage. Die Belastungsklassen sollen eine Hilfestellung geben, in welchen Flächen Maßnahmen zur stadtklimatischen Anpassung besonders wichtig und bevorzugt anzugehen sind, ohne dass dadurch eine Reihenfolge der Maßnahmenumsetzung in den einzelnen Flächen vorgeschrieben wird (siehe Tabelle 1). Mit „klimaöko-

logischen Mindeststandards“ sind u.a. eine geringe Versiegelung, das Einplanen von Bäumen mit ausreichend Wurzelraum und eine Dachbegrünung gemeint (Weitere mögliche Maßnahmen siehe Kapitel 8.5 im Abschlussbericht).

Tabelle 1: Bewertungsklassen des Wirkraumes und die dazugehörigen Planungshinweise.

Bewertung im Wirkraum	Planungshinweise
sehr hohe oder hohe bioklimatische Belastung \triangleq Klimatischer Handlungsbereich mit vorrangiger Priorität	Maßnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation sind hier notwendig und prioritär. Es besteht ein hoher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen. Im Rahmen baulicher Entwicklungen / Überplanung soll eine Verbesserung der klimatischen Situation erzielt werden. Eine Verschlechterung der klimatischen Situation im direkten Umfeld ist auszuschließen. Ein planerisches Konzept zur Klimaanpassung ist erforderlich. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist in der Regel durch ein mikroklimatisches Gutachten nachzuweisen. Die sehr hohe Belastung bedeutet eine sehr ungünstige thermische Situation bereits in der Bestandsituation, die hohe Belastung eine sehr ungünstige Situation ab dem Zukunfts-Szenario 2035.
erhöhte oder mittlere bioklimatische Belastung \triangleq Klimatischer Optimierungsbereich	Maßnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation sind zu empfehlen. Es besteht ein mittlerer Bedarf an Anpassungsmaßnahmen. Bauliche Entwicklungen sollten mindestens zum Erhalt, möglichst aber zu einer Verbesserung der klimatischen Situation auf der Fläche führen. Eine Verschlechterung der klimatischen Situation im direkten Umfeld ist zu vermeiden. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist durch eine qualitative Stellungnahme zur klimaangepassten Optimierung der Planung nachzuweisen. Die erhöhte Belastung entspricht einer sehr ungünstigen Situation ab dem Zukunfts-Szenario 2045.
geringe bioklimatische Belastung \triangleq Klimatischer Erhaltungsbereich	Maßnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation werden bei größeren Projekten empfohlen. Für bauliche Entwicklungen sind klimaökologische Mindeststandards zu beachten. Die bioklimatische Situation ist zu erhalten und nach Möglichkeit zu verbessern.
keine bioklimatische Belastung \triangleq klimatisch resilienter Bereich	Maßnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation haben keine Priorität, sollten jedoch bei größeren Vorhaben geprüft werden. Bei Nachverdichtungen oder neuer Bebauung sind mögliche Auswirkungen auf Luftleitbahnen oder flächenhafte Kaltluftabflüsse zu beachten.

Grün- und Freiflächen, landwirtschaftliche Flächen und Wälder werden als stadtklimatischer Ausgleichsraum bezeichnet. Die Planungshinweiskarte gibt den stadtklimatischen Schutzbedarf dieser Flächen anhand ihrer Funktion für den Kaltlufthaushalt bzw. als Rückzugsorte an heißen Tagen wieder. In Abhängigkeit vom Schutzbedarf der Flächen ist deren stadtklimatische Funktion bei geplanten Entwicklungen zu prüfen – bei einem sehr hohen Schutzbedarf wird eine Entwicklung bspw. nur dann als stadtklimaverträglich gewertet, wenn ein Nachweis über die Erhaltung der jeweiligen Funktion erfolgt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertungsklassen des Ausgleichsraumes und dazugehörige Planungshinweise.

Bewertung im Ausgleichsraum	Planungshinweise
Sehr hoher Schutzbedarf	Bei Eingriffen in die Flächen ist als erstes eine Vermeidung zu prüfen und in den Vordergrund zu stellen. Ansonsten ist die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion nachzuweisen (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung). Bauliche Entwicklungen sind klimafachlich zu begleiten. Je nach Art, Lage und Größe des Vorhabens kann dies über eine fachliche Stellungnahme oder modellhafte Untersuchung erfolgen.
Hoher Schutzbedarf	Bei Eingriffen in die Flächen ist als erstes eine Vermeidung zu prüfen und in den Vordergrund zu stellen. Ansonsten ist auf die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion zu achten (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung). Bei baulichen Entwicklungen ist eine klimafachliche Einschätzung vorzunehmen, bei größeren Vorhaben kann eine modellhafte Untersuchung erforderlich sein.
Erhöhter Schutzbedarf	Bei Eingriffen in die Flächen auf die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion zu achten (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung). Bei größeren Vorhaben ist eine klimafachliche Begleitung anzustreben.
Geringer Schutzbedarf	Die Flächen weisen aktuell für den derzeitigen Siedlungsraum keine besondere stadtklimatische Funktion auf.

Verwendung in der Planung

Aus der Planungshinweiskarte lassen sich planerische Maßnahmen zur Verbesserung oder Sicherung der klimatischen Situation eines Gebiets ableiten⁶. Die Karte ermöglicht eine Einschätzung, wo die Überwärmung besonders hoch ist und dementsprechend Maßnahmen zur Hitzereduktion notwendig sind (Begrünung, Entsiegelung, Beachtung der Baukörperstellung, Beschattung durch Bäume etc.). Die Karte hilft zudem dabei, Grün- und Freiflächen zu identifizieren, die aufgrund ihrer Funktion für das nächtliche Kaltluftgeschehen (z.B. Teil einer Kaltluftleitbahn) und der Hitzeminderung am Tage und in der Nacht planerisch gesichert werden sollten. Außerdem kann die Karte die Planung und Entwicklung neuer Wohn- und Gewerbegebiete unterstützen. In den Zukunftsszenarien wurden beispielsweise Flächen aus dem integrierten Flächenmanagement in vereinfachter Weise mit modelliert und bewertet. Daraus ist eine Ersteinschätzung dieser Gebiete hinsichtlich ihrer klimaökologischen Auswirkungen möglich. Zur Anwendung passgerechter Maßnahmen wird die hierarchische Nutzung des Gesamtkartenwerks von der PHK über die Bewertungskarten, die Klimaanalysekarten und die Einzelparameterkarten empfohlen.

⁶ Für die PHK und auch die Bewertungskarten werden die Ergebnisse als bewertete Information für Referenzflächen ausgewiesen. Die Referenzflächen wurden, abhängig von der Landnutzungskategorie aus den Daten der amtlichen Vermessung (GIS-basiert) abgeleitet. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass kleinere Freiflächen in der Karte nicht als solche ausgewiesen sind, oder Überbauungen mit einem hohen Grünanteil nicht als Siedlungsflächen ausgewiesen sind. Im Falle zusätzlicher Bebauung auf Grün- und Freiflächen kann sich deren Funktion ändern und muss gegebenenfalls neu bewertet werden.

ERGÄNZENDE THEMEN(-KARTEN)

Begleitende Messkampagne zur Stadtklimaanalyse

Im Rahmen der Stadtklimaanalyse Münster wurde zusätzlich zur Modellierung mit FITNAH 3D eine umfassende Messkampagne durchgeführt (vgl. Kapitel 5.8 und 6.2 im Abschlussbericht). Analog zu den modellgestützten Untersuchungen sollten insbesondere die temporären Messungen möglichst zu hochsommerlichen Belastungssituationen durchgeführt werden, um eine Aussage zur nächtlichen Kaltluftproduktion und zu nachts besonders belasteten Quartieren treffen zu können. Hierfür fanden in zwei Nächten im Sommer 2024 jeweils an einem ruralen und einem urbanen Messstandort im Stadtgebiet Vertikalsondierungen und Wärmebildaufnahmen mit Drohnen und in einer weiteren Nacht eine mobile Messfahrt statt. Zusätzlich wurden im Vorfeld an denselben Standorten stationäre Klimamessstationen installiert. Das Ziel dieser Langzeitmessungen war es, die Hauptwindrichtungen zu autochthonen und nicht-autochthonen Wetterlagen zu ermitteln und Klimakenntagstatistiken des Sommers 2024 anzufertigen. Gleichzeitig ermöglichen die Langzeitmessungen die Einbettung der temporären Messkampagnen in einen meteorologischen Rahmen.

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitäts- und Vulnerabilitätsanalyse soll als Ergänzung zur Klimaanalyse die Betroffenheit der Münsteraner Bevölkerung in Bezug auf eine anzunehmende Wärmebelastung aufzeigen (vgl. Kapitel 7.2 im Abschlussbericht). Auf der Basis von sozialen und demographischen Daten wurden verschiedene vulnerable Bevölkerungsgruppen identifiziert, die eine im besonderen Maße physiologische Empfindlichkeit (Vulnerabilität) gegenüber Hitzeextremen aufweisen. Außerdem wurde die Lage verschiedener Einrichtungen berücksichtigt, an denen sich vulnerable Bevölkerungsgruppen tagsüber oder nachts aufhalten. Das zusammengefasste Ergebnis ist in der Sensitivitätsanalysekarte in 5 Kategorien dargestellt. Die vier sensitiven Klassen wurden in zwei Gruppen zusammengefasst (Extrem oder sehr hoch sensitives Gebiet / Hoch sensitives oder sensitives Gebiet) und als zusätzliche Signatur in die PHK überführt. Dort wo ein sensitives Gebiet und ein belasteter Siedlungsraum zusammentreffen steigt der Bedarf zur Anpassung an den Klimawandel.

April 2025, GEO-NET Umweltconsulting (Hannover)