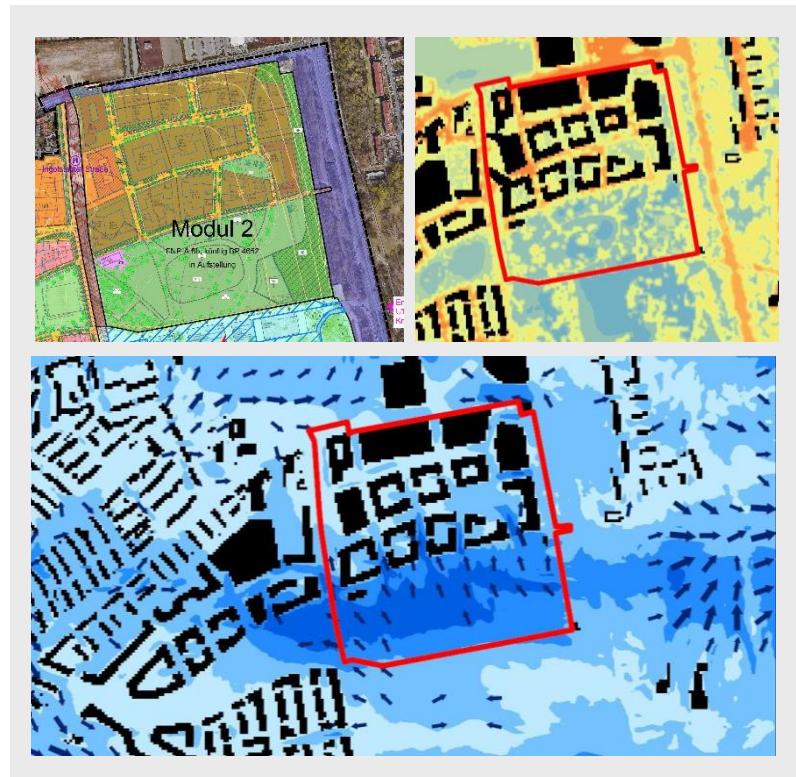


Klimaökologisches Gutachten zum Bebauungsplan Nr. 4652 in Nürnberg Lichtenreuth



Auftraggeberin:

Aurelis Real Estate GmbH & Co. KG
Region Süd
Schloßschmidstraße 5
80639 München



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel. (0511) 3887200
FAX (0511) 3887201
www.geo-net.de



1.	Einleitung	1
2.	Grundlagen	3
2.1	Vorgesehene Planung	3
2.2	Gesamtstädtische Klimaanalyse Nürnberg.....	4
2.3	Untersuchungsansätze	7
3.	Methodik	8
3.1	Modelleingangsdaten	8
3.2	Wetterlage	11
4.	Ergebnisse	12
4.1	Lufttemperatur in der Nacht	12
4.2	Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht.....	16
4.3	Wärmebelastung am Tag	22
5.	Schlussfolgerung und planerische Hinweise.....	24
6.	Quellen	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zum Untersuchungsraum.....	2
Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Rahmenplan vom 13.10.2022 für das Gesamt-B-Plan-Verfahren „Brunecker Straße“	3
Abbildung 3: Planungshinweiskarte für einen Ausschnitt des Nürnberger Stadtgebiets (GEO-NET 2014).....	4
Abbildung 4: Legende der Planungshinweiskarte.....	5
Abbildung 5: Kaltluftvolumenstrom und Windfeld aus dem Stadtklimagutachten für die Stadt Nürnberg (Ausschnitt) (GEO-NET 2014),.....	6
Abbildung 6: Klassifizierte Landnutzung des Ist-Zustandes in 5 m-Auflösung.....	8
Abbildung 7: Klassifizierte Landnutzung des Plan-Zustandes in 5 m-Auflösung (gezoomte Ansicht). .	9
Abbildung 8: Geländehöhen im Untersuchungsgebiet.....	10
Abbildung 9: Ergebnisdarstellung der modellierten nächtlichen Lufttemperatur.....	13
Abbildung 10: Nächtliche Temperatur (4 Uhr) im Plan-Zustand (oben). Differenz zwischen Ist- und Plan-Zustand bei der nächtlichen Temperatur (unten).	15



Abbildung 11: Prinzipskizze zum Kaltluftvolumenstrom.	16
Abbildung 12: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Ist-Zustands.....	17
Abbildung 13: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Plan-Zustands.....	18
Abbildung 14: Differenz des Kaltluftvolumenstroms. Oben absolute Werte, unten prozentualer Anteil.....	19
Abbildung 15: Ergebnisdarstellung der modellierten Wärmebelastung am Tag im Ist-Zustand.	22
Abbildung 16: Modellierte Wärmebelastung am Tag (PET) im Ist-Zustand (oben). Differenz der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (unten).	23
Abbildung 16: Mögliche Bereiche für eine Öffnung der Bebauung	27



1. Einleitung

Die Aurelis Real Estate GmbH & Co. KG plant die Umsetzung des Bebauungsplans Nr. 4652 in Nürnberg Lichtenreuth. Es handelt sich um die Fläche des früheren Südbahnhofs. Die aktuelle Nutzung ist vom Status der Fläche als Konversionsstandort geprägt, so finden sich z.B. erste Baufeldfreimachungen aber auch brachgefallene Flächen. Einen Überblick über das Untersuchungsgebiet gibt die **Abbildung 1**. Das Quartier Lichtenreuth liegt südlich der Innenstadt Nürnbergs zwischen dem Hasenbuck und dem Naherholungsgebiet Volkspark Dutzendteich.

Die Entscheidung zur städtebaulichen Entwicklung und Umnutzung der bis dahin überwiegend gewerblich und industriell genutzten Planfläche wurde im Jahr 2004 zwischen der Stadt Nürnberg und dem Investor getroffen. Zu diesem Zweck wurde eine entsprechende Rahmenvereinbarung geschlossen. Der Investor begann in 2004 mit der Entmietung und Beräumung der Flächen. Die ökologische Entwicklung der Flächen war nur möglich im Ergebnis der o.g. Entmietung, welche immer im Hinblick auf die beabsichtigte städtebauliche Entwicklung stattfand, auch wenn diese auf Grund verschiedener Planungsschritte erst in 2015 in einen Wettbewerb und die nun durchgeführten Bauleitplanverfahren mündete. Der dieser Untersuchung zu Grunde liegende Ist-Zustand zeigt also eigentlich einen temporären Zustand, der aufgrund des Umfangs des Projekts zwar schon einige Zeit vorhanden ist, aber nur einen Zwischenstand der Entwicklung darstellt.

In der vorliegenden Expertise wird analysiert, inwieweit die Umsetzung des Moduls II (B-Plan 4652) die bioklimatische Situation vor Ort und in der benachbarten Bebauung beeinflusst. Dabei wird die aktuelle klimaökologische Situation im Plangebiet detailliert betrachtet und die Auswirkungen des Planvorhabens auf die klimaökologischen Funktionen mithilfe von Modellrechnungen untersucht und beurteilt. Hierfür wird für den Ist-Zustand und die Planvariante anhand eines ca. 5,7 x 4,9 km großen Modellgebiets (**Abbildung 1**) in 5m-Auflösung modelliert und anschließend analysiert. Die Festlegung des Untersuchungsgebiets erfolgte unter Beurteilung bereits vorhandener klimatischer Gutachten und unter Berücksichtigung der städtischen Strukturen, um alle die klimatische Situation beeinflussenden Faktoren zu erfassen.

Die Relevanz der Berücksichtigung der klimatischen Situation und des Bioklimas bei der Umsetzung von Planvorhaben leitet sich auch aus dem Klimawandel ab, der zukünftig zu häufigeren und länger andauernden Hitzeperioden führen wird. Mit dem Wissen der klimatischen Situation vor Ort nach Umsetzung des Planvorhabens kann eine – auch aus fachlicher und rechtlicher Sicht gebotene - möglichst optimale Anpassung an die zu erwartende Änderung des Klimas erfolgen.

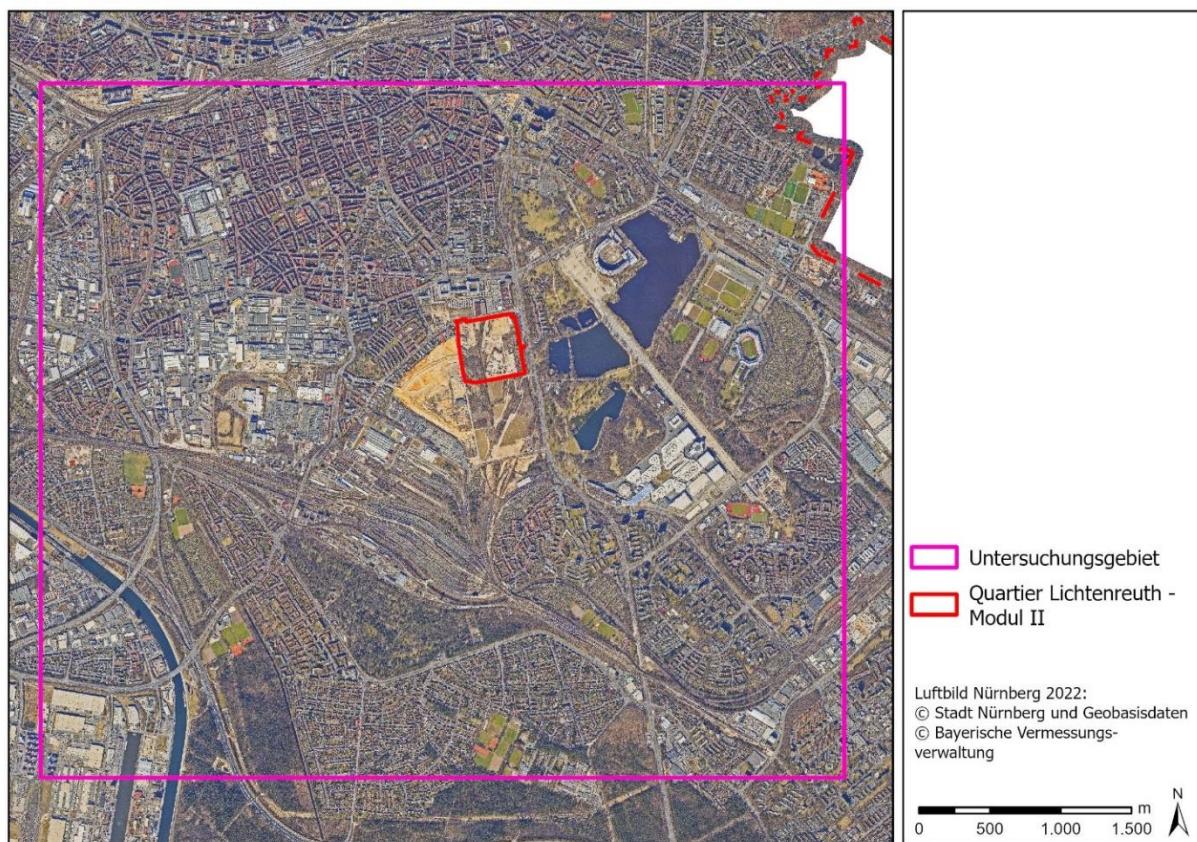


Abbildung 1: Übersicht zum Untersuchungsraum.

2. Grundlagen

2.1 Vorgesehene Planung

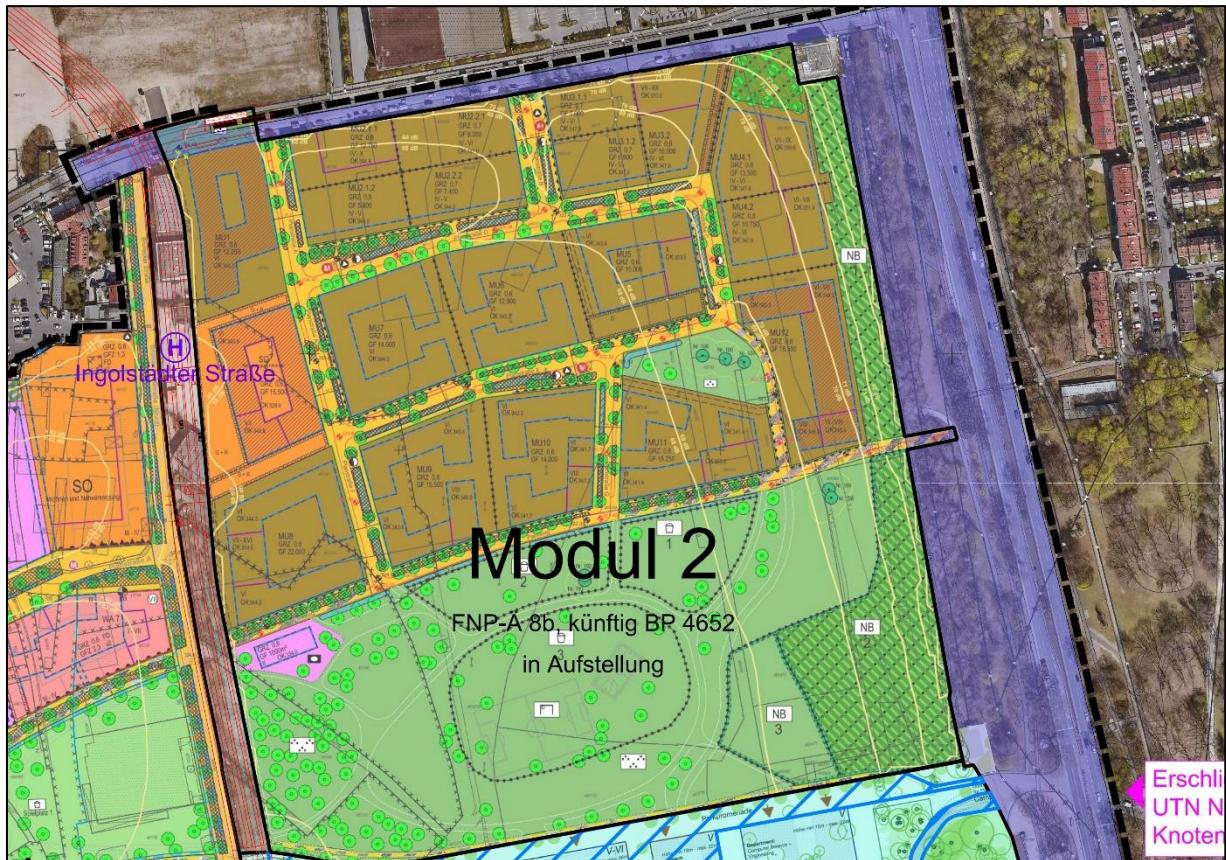


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Rahmenplan vom 13.10.2022 für das Gesamt-B-Plan-Verfahren „Brunecker Straße“. Quelle: Übermitteltes Material aus August 2023.

Die **Abbildung 2** zeigt einen Ausschnitt aus dem Rahmenplan für den Bebauungsplan „Brunecker Straße“, der für die Modellerstellung zur Verfügung stand. Das gesamte Quartier Lichtenreuth umfasst ca. 90 Hektar. Etwa 18,8 Hektar davon zählen zum Modul II, das Gegenstand dieser Untersuchung ist. Das städtebauliche Konzept für Modul II sieht eine gemischte Nutzung aus Wohnen und Gewerbe vor. Zudem soll es soziale und kulturelle Einrichtungen geben. Am südlichen Rand des Moduls ist ein Park mit einer Fläche von etwa 8 Hektar vorgesehen. Die Gebäude im Norden des Areals werden in Hofstrukturen angeordnet. Geplant sind vornehmlich Bauten mit vier bis sechs Geschossen mit einzelnen Hochpunkten mit bis zu 16 Geschossen.

Das Modul I ist ebenfalls Teil Nürnberg Lichtenreuths. Der Bebauungsplan hierzu ist bereits beschlossen. Er wird daher für dieses Gutachten als umgesetzt angesehen.

2.2 Gesamtstädtische Klimaanalyse Nürnberg



Abbildung 3: Planungshinweiskarte für einen Ausschnitt des Nürnberger Stadtgebiets (GEO-NET 2014). Roter Umriss: Lage des Plangebiets. Legende siehe Abbildung 4.

Abbildung 3 zeigt ausschnittsweise die Planungshinweiskarte aus dem Gutachten „Stadtclimagutachten - Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Stadtgebiet von Nürnberg“ das von Geo-Net im Jahr 2014 fertig gestellt wurde (Geo-Net 2014). Die Legende zur Karte ist in **Abbildung 4** zu finden.

Das Plangebiet liegt größtenteils in einer Siedlungs- bzw. Gewerbefläche mit einer „weniger günstigen bioklimatischen Situation“. Ein Teil der Fläche umfasst auch eine Grünfläche mit einer „sehr hohen



bioklimatischen Bedeutung“. Für beide Kategorien gilt die Empfehlung eine Verdichtung und Nutzungsintensivierung möglichst unter Erhalt der Belüftung und Durchströmbarkeit der Flächen vorzunehmen und einen großen Grünanteil zu erhalten. Ziel muss sein, die bioklimatische Situation im Plangebiet und der Umgebung nicht zu verschlechtern oder im Idealfall sogar zu verbessern.

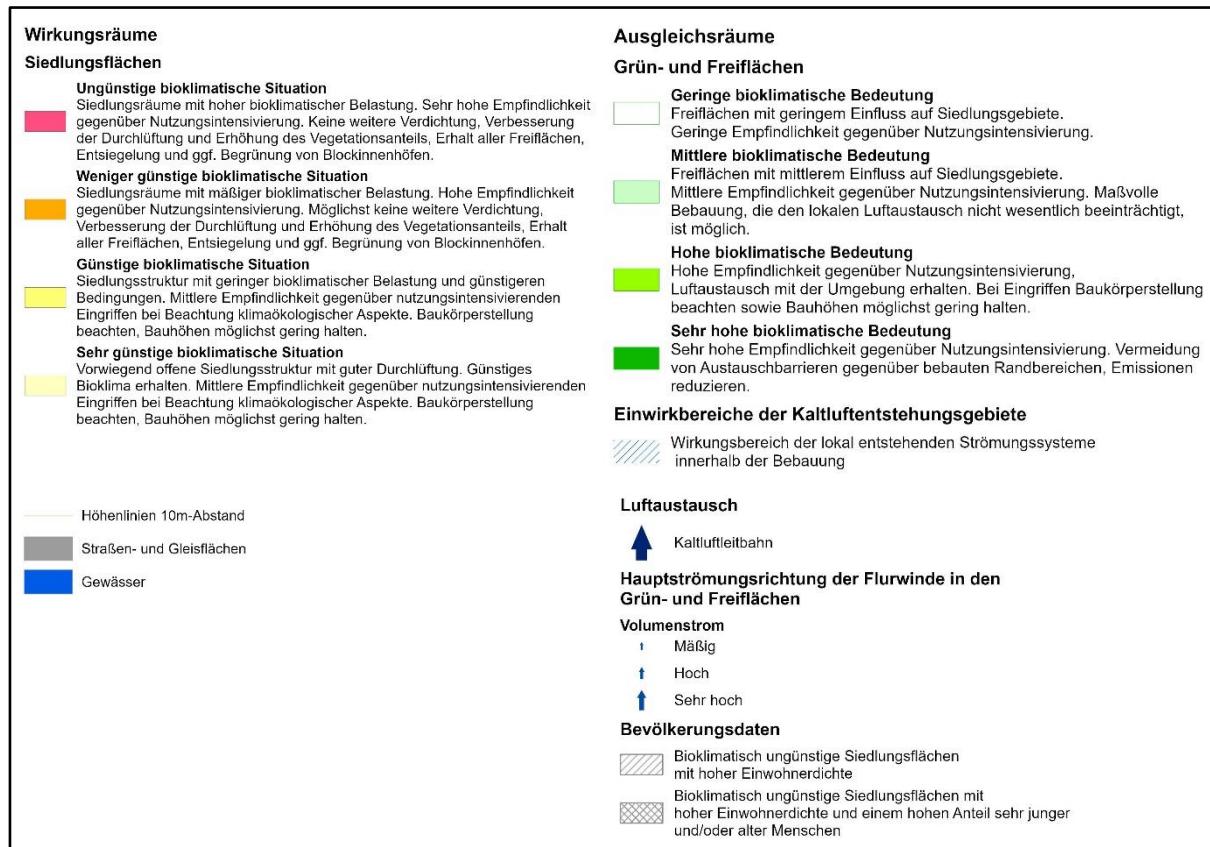


Abbildung 4: Legende der Planungshinweiskarte

Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt der Karte des Kaltluftvolumenstroms und des bodennahen Windfelds aus dem gesamtstädtischen Gutachten von 2014 zur Verdeutlichung der Strömungssituation. Die Planfläche weist größtenteils einen mäßigen Kaltluftvolumenstrom auf und wird von Süden und Osten überströmt. Zu beachten ist, dass in der Klimaanalyse mit einer Auflösung von 25m keine Gebäude oder Einzelbäume als Hindernis aufgelöst werden konnten.

In der vorliegenden Untersuchung mit einer Auflösung von 5m können auch diese „kleinen“ Hindernisse abgebildet werden. Sie klärt die Frage, inwieweit die geplante Bebauung die Strömung beeinflusst und, ob Auswirkungen auf die umliegenden Siedlungsgebiete zu erwarten sind. Außerdem wird die bioklimatische Situation auf der Planfläche beurteilt.

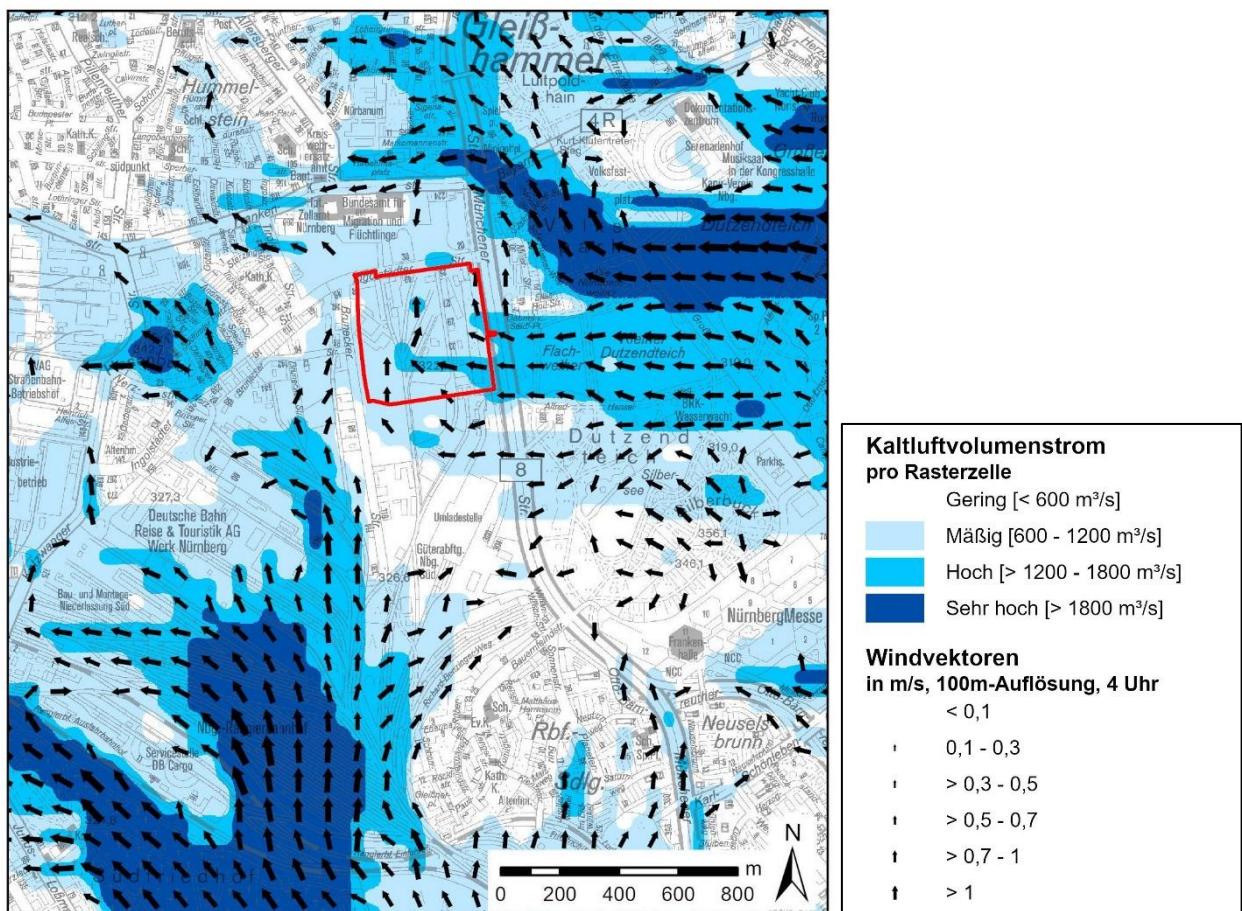


Abbildung 5: Kaltluftvolumenstrom und Windfeld aus dem Stadtclimagutachten für die Stadt Nürnberg (Ausschnitt) (GEO-NET 2014). Roter Umriss: Lage des Plangebiets.



2.3 Untersuchungsansätze

Insgesamt wurden hinsichtlich der Analyse der klimaökologischen Auswirkungen des Planvorhabens zwei Modellszenarien entwickelt und mit dem Modell FITNAH-3D modelliert. Hierbei handelt es sich um:

1. den Ist-Zustand:

- Dieses Szenario dient der vertiefenden Einordnung des lokalen Kaltluftgeschehens in und im Umfeld des Plangebietes. Zudem dient es als Referenz gegenüber den klimaökologischen Auswirkungen durch die geplante Nutzungsänderung.

2. den Plan-Zustand:

- modelltechnische Umsetzung des Planvorhabens (siehe auch Kapitel 3.1) auf Grundlage des aktuellen Planungsstand (Rahmenplan vom 13.10.2022 und Park Modul II – Überarbeiteter Entwurf vom 26.07.23).

3. Methodik

3.1 Modelleingangsdaten

Bei numerischen Modellen wie FITNAH 3D müssen zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird.

Die Modellrechnungen wurden für den Status quo sowie für den Planzustand durchgeführt, um auf dieser Basis die klimaökologischen Auswirkungen des Planvorhabens auswerten und beurteilen zu können. Mit der hohen räumlichen Auflösung von 5 m x 5 m ist es möglich, die Gebäudestrukturen sowie höhere Vegetation realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den Luftaustausch abzubilden.

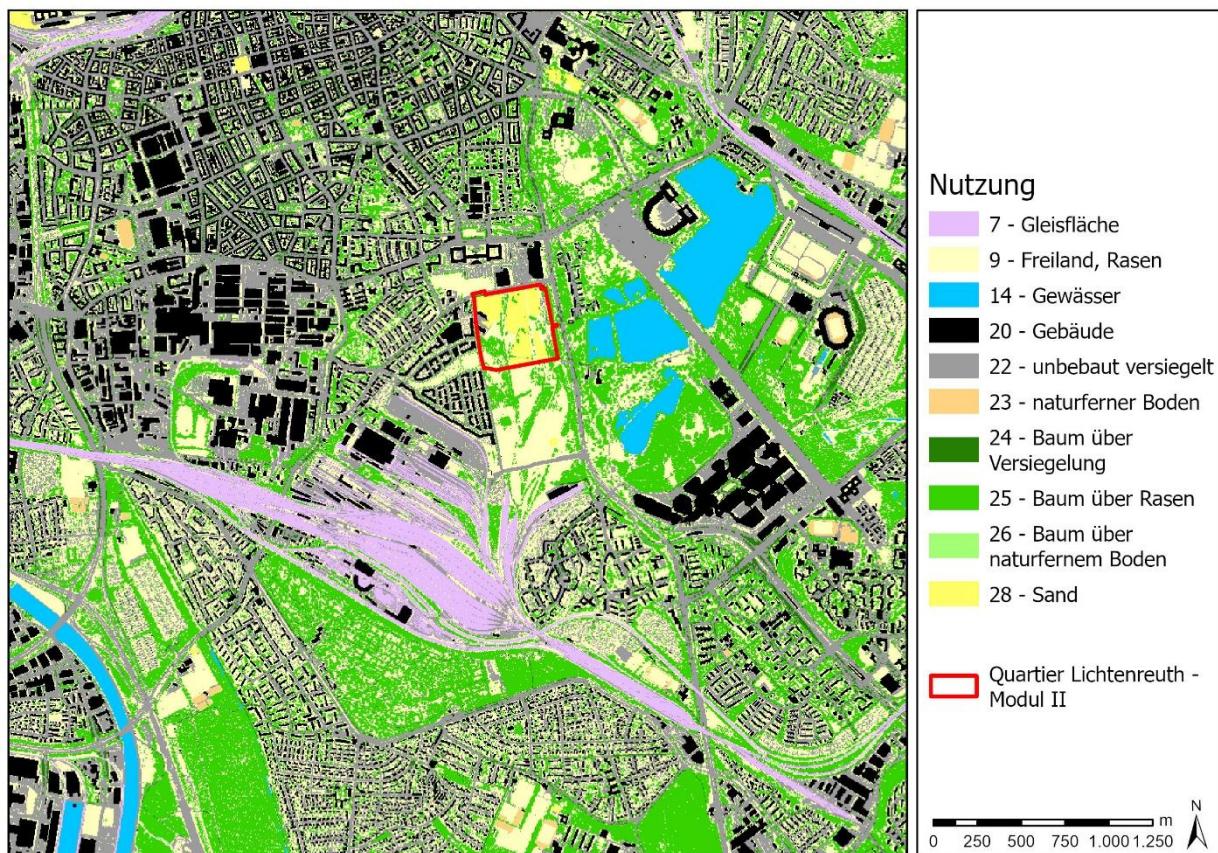


Abbildung 6: Klassifizierte Landnutzung des Ist-Zustandes in 5 m-Auflösung.

Die **Abbildung 6** und **Abbildung 7** veranschaulichen die aufbereitete Flächennutzung der beiden modellierten Szenarien. Bestimmungsgrundlage der Nutzungskategorisierung stellen neben den Planungsunterlagen (ausschließlich Plangebiet und Modul I) frei verfügbare Daten wie die ALKIS-Gebäudeumrisse und ALKIS-Nutzung, ein digitales Gelände- und Oberflächenmodell sowie RGB-Luftbilder des Landes Bayern dar. Nach Überführung in die modellspezifischen Nutzungsklassen wurde die Landnutzung zudem hinsichtlich ihrer Plausibilität mittels aktueller Luftbilder abgeglichen.



Das auf dem Parkareal in Modul II in der nordwestlichen Ecke angeordnete Gebäude eines Jugendzentrums wird in der aktuellen Planung nicht auf dem Parkgelände verortet, so dass hier der Gebäudestandort als wichtig zu betrachten ist. Bei der Umsetzung der Planung für das Modell ist hier ein Fehler unterlaufen. Für die Beurteilung der Modellergebnisse ist die unkorrekte Annahme des Gebäudes aber als irrelevant anzusehen.

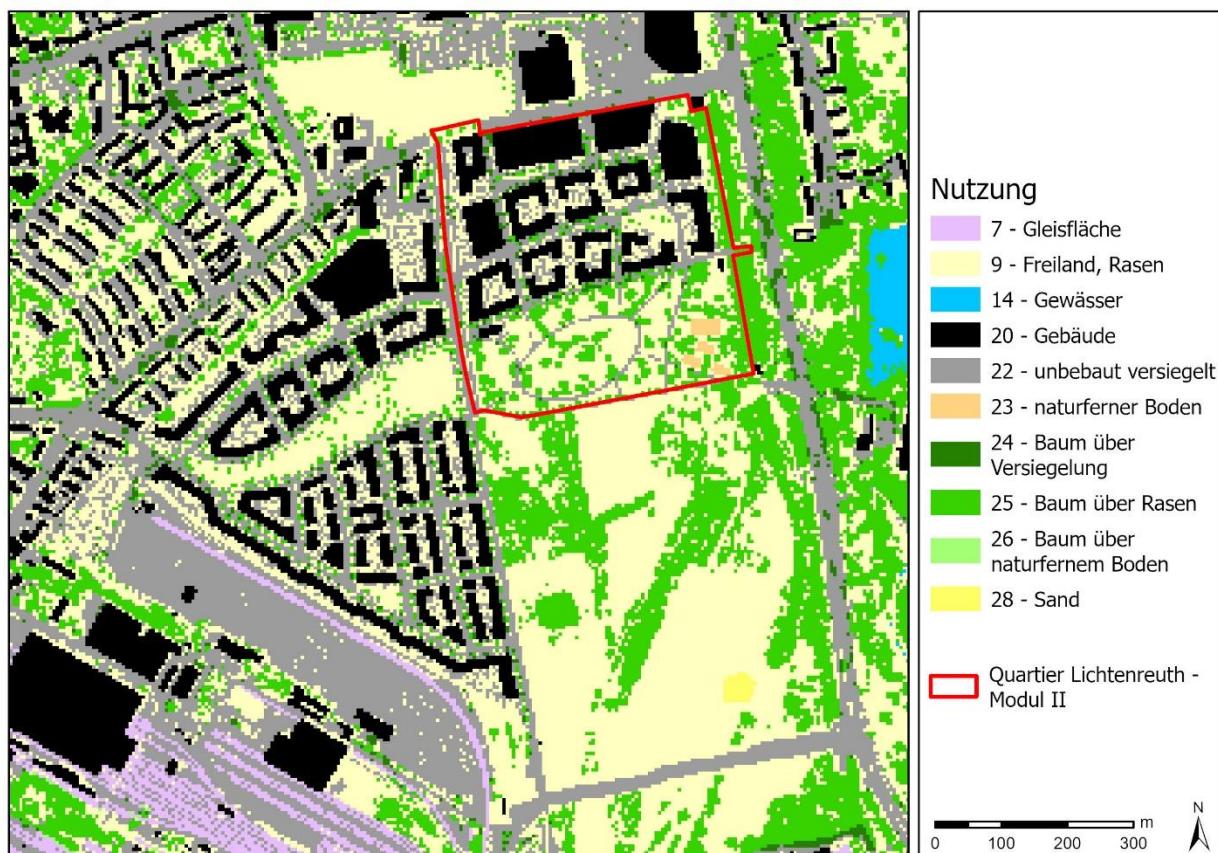


Abbildung 7: Klassifizierte Landnutzung des Plan-Zustandes in 5 m-Auflösung (gezoomte Ansicht).

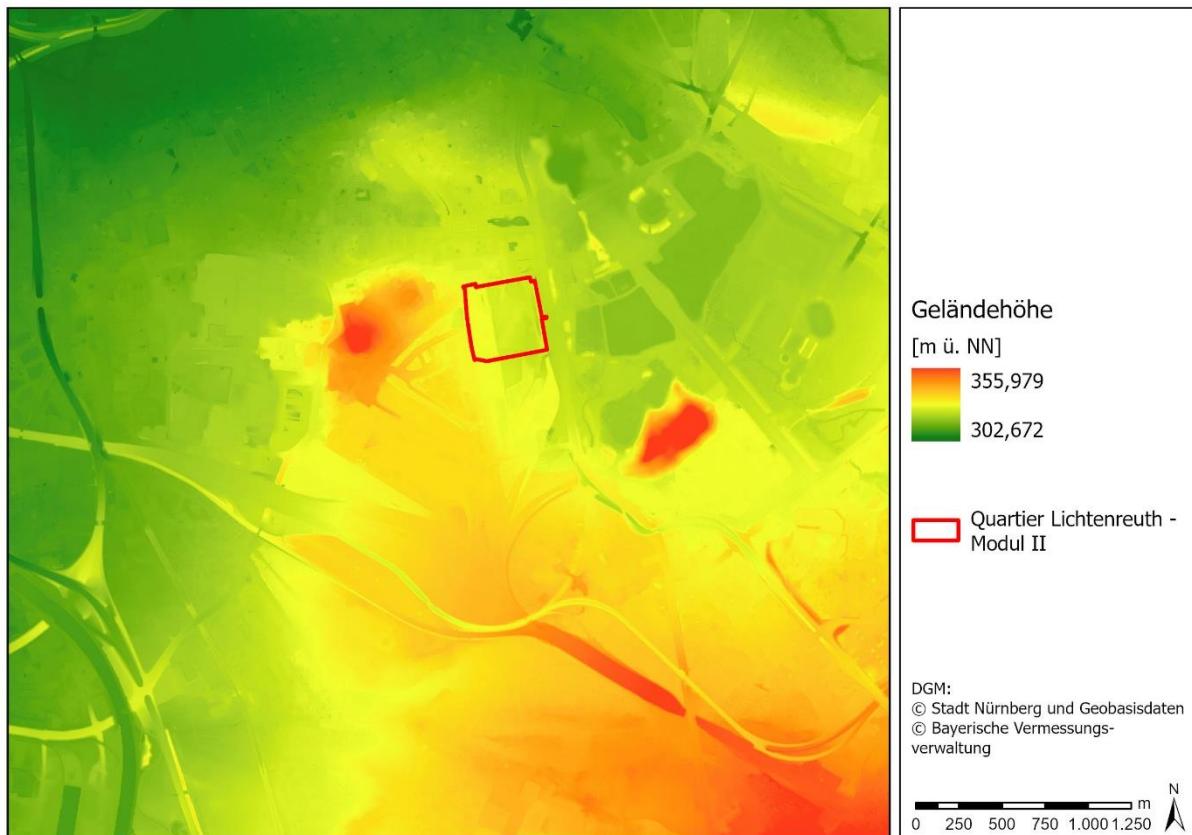


Abbildung 8: Geländehöhen im Untersuchungsgebiet.

Neben der Landnutzung stellt die Geländeoberfläche eine weitere wesentliche Modelleingangsgröße dar. Im Untersuchungsgebiet ist ein leichtes Süd-Nord-Gefälle zu erkennen. Insgesamt nimmt die Höhe von Südosten nach Nordwesten von etwa 356 auf ca. 303 m ab. Zentral gelegen befinden sich einzelne Hochpunkte (z.B. der Hasenbuck) im Umfeld des Plangebiets. Das Relief hat einen großen Einfluss auf das nächtliche Strömungsgeschehen (Kaltluftabflüsse in Richtung der tieferen Lagen.)



3.2 Wetterlage

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

- (Wolken-)Bedeckungsgrad 0/8,
- 20°C Lufttemperatur über Freiland zum Zeitpunkt 21 Uhr,
- Relative Feuchte der Luftmasse 50%.

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei einer austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftsicht und tragen zur Anreicherung von Luftschadstoffen bei. In dieser Untersuchung wird eine sommerliche austauscharme Wetterlage herangezogen, da bei gleichzeitiger Wärmebelastung in den Siedlungsflächen sich lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden können. Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden und zu einem Abbau der Belastungen beitragen.



4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 4 Uhr morgens bzw. die Tagsituation um 14 Uhr. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur in 2 m Höhe, den Kaltluftvolumenstrom mit dem bodennahen Kaltluftströmungsfeld in 2 m Höhe (jeweils Nachtsituation) sowie die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m Höhe zur Bewertung der Wärmebelastung am Tag. Während der Nachtstunden ist davon auszugehen, dass sich der Großteil der Bevölkerung schlafend in ihren Wohnungen/Häusern befindet. Hier ist vornehmlich der Austausch mit der Innenraumluft entscheidend für das Wohlbefinden der Bevölkerung (siehe Kapitel 4.1). Die Tagsituation wiederum wird in 1,1 m Höhe ausgegeben, dem Aufenthaltsbereich der Menschen. Der zur Bewertung zugrunde liegende thermophysiolgische Index PET wird in Kapitel 4.3 genauer erläutert.

Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine sommerliche austauscharme Wetterlage (vgl. Kapitel 3.2) zugrunde gelegt, da sich die stadtökologischen Effekte vor allem während windschwacher Strahlungswetterlagen im Sommer entwickeln. Auslöser dieser Prozesse sind die Temperaturunterschiede zwischen den überwärmten Siedlungsräumen und den kühleren vegetationsgeprägten bzw. unbebauten Flächen. Der 4 Uhr Zeitpunkt wurde gewählt, da sich die Luftaustauschprozesse zwischen dem Umland und den Siedlungsflächen zu diesem Zeitpunkt vollständig ausgebildet haben und das Umland seine maximale Abkühlung erreicht. Für die Tagsituation wurde der Zeitpunkt 14 Uhr gewählt, da zu dieser Zeit im Mittel mit der höchsten Wärmebelastung zu rechnen ist.

4.1 Lufttemperatur in der Nacht

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

Die **Abbildung 9** zeigt die Modellergebnisse des Ist-Zustandes in Form des nächtlichen Temperaturfeldes um 4 Uhr nachts in einer Höhe von 2 m über Grund im Untersuchungsgebiet. Im gegenwärtigen Zustand zeigt das Untersuchungsgebiet eine Spannweite von ca. 13 °C im Bereich von Frei- und Grünflächen und maximal ca. 20,2 °C im Bereich der verdichteten Gewerbe- und Wohngebiete (außerhalb des in Abbildung 9 abgebildeten Ausschnitts). Stark verdichtete und/oder versiegelte Bereiche weisen im gesamten Untersuchungsgebiet die höchsten Temperaturen um 19 bis 20°C auf.

Mittlere Temperaturen um 15 bis 17 °C sind im Bereich dichterer Vegetation insbesondere größerer Bäume zu finden, da diese die nächtliche Ausstrahlung hemmen. Hier ist beispielsweise das Parkgelände rund um den Dutzendteich zu nennen. Aber auch durchgrünte Siedlungsgebiete wie z.B. am Hasenbuck fallen größtenteils in diese Wertespanne. Niedrigste Werte um 13 und 14 °C zeigen sich dann dort, wo eine ungehinderte Wärmeausstrahlung in den Nachtstunden stattfinden kann. Dies ist vor allem im zurzeit brachliegenden Plangebiet der Fall. Das Plangebiet (Modul II) weist im Ist-Zustand als größtenteils Brachfläche eine mittlere nächtliche Temperatur von 14,5 °C auf.

Der obere Teil der **Abbildung 10** stellt die modellierte nächtliche 2m-Lufttemperatur des Plan-Szenarios dar. Die im Plan-Szenario ausgeprägte Temperaturspanne entspricht dem Ist-Zustand. Die Veränderung der Temperaturen beschränkt sich auf das Plangebiet. Die zukünftig geplante Bebauung sorgt großflächig für eine große Erhöhung des Bauvolumens, gleichzeitig steigt durch Straßen und Zuwegung auch der Versiegelungsanteil. Dadurch sind entsprechend höhere Temperaturen in den Nachtstunden zu erwarten. Im „Siedlungsteil“ des Moduls II sind Temperaturen mit bis zu 19 °C im Bereich vollversiegelter Flächen vorzufinden. Insgesamt ist ein relativ hoher Grünanteil vor allem in (Innen-)Hofbereichen vorgesehen, der die Temperaturen dämpft. Mit geringen Temperaturen von 14 bis fast 17 °C ist die kühlende Wirkung des südlich im Modul II gelegenen Parks deutlich zu erkennen. Durch den höheren Baumanteil im Vergleich zum Ist-Zustand findet allerdings etwas weniger Ausstrahlung und damit eine geringere Auskühlung in den Nachtstunden statt. Die mittlere nächtliche Temperatur im Plangebiet beträgt im Planzustand 16,2 °C.

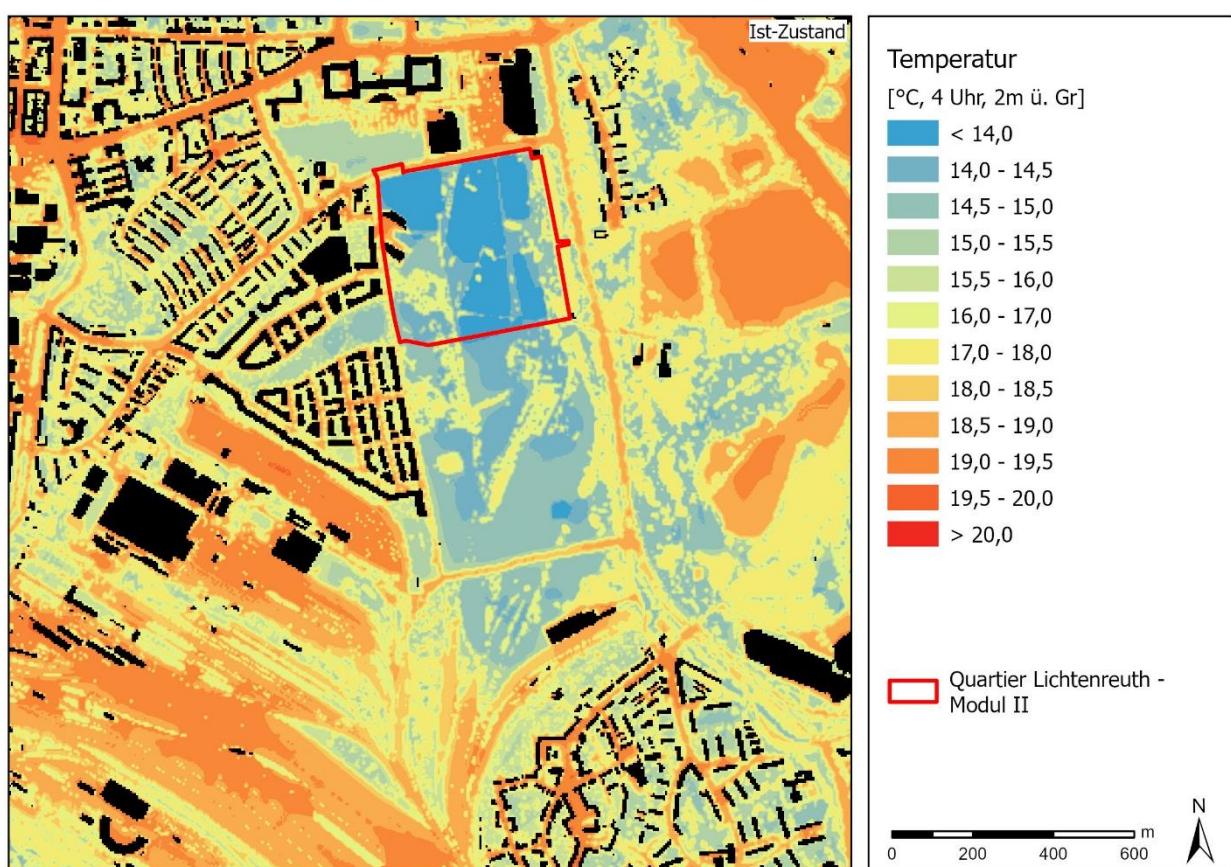


Abbildung 9: Ergebnisdarstellung der modellierten nächtlichen Lufttemperatur.



Besser sichtbar werden die Veränderungen in **Abbildung 10** unten, in welcher Temperaturabnahmen anhand von Blautönen und Temperaturzunahmen anhand von Rottönen dargestellt werden und die Veränderungen vom Ist- zum Plan-Fall abgebildet sind. Durch das gestiegene Bauvolumen und die stärkere Versiegelung im Umfeld der Gebäude kommt es zu einer Zunahme der Temperaturen um maximal 6,4 K. Dies sind vor allem die vollversiegelten Bereiche wie Straßen und Wege. Auch im Bereich des Parks sind höhere Temperaturen im Vergleich zur Brachfläche des Ist-Zustands zu erwarten. Eine Brachfläche kühlt in den Nachtstunden schneller aus als eine zum Teil von Bäumen bestandene Fläche, da das Kronendach die Ausstrahlung dämpft. Es ist aber festzuhalten, dass die Abkühlungsrate von Vegetationsflächen immer größer ist als die versiegelte Bereiche. Dahingegen sind kleinere Bereiche, die nun im Gegensatz zum Ist-Zustand als Grünfläche vorgesehen sind, mit geringeren nächtlichen Temperaturen modelliert. Gleiches gilt für freie Rasenflächen, die zuvor mit Gebüsch bestanden waren. In Summe ergibt sich für das gesamte Plangebiet eine Erhöhung der Temperatur um 1,7 K. Das Umfeld des Planareals ist nur im Grenzbereich von Veränderungen betroffen. Die Veränderungen reichen maximal etwa 20 m über das Plangebiet hinaus. Hierbei ist vor allem die westliche Grenze des B-Plans im Übergang zu Modul I sowie die Nordgrenze betroffen. Es ist größtenteils eine Erhöhung der Temperaturen zu erwarten, die direkt an der Grenze bei maximal etwa 3,5 K liegt und in weiterer Entfernung zur Grenze schnell abnimmt auf unter 1 K.

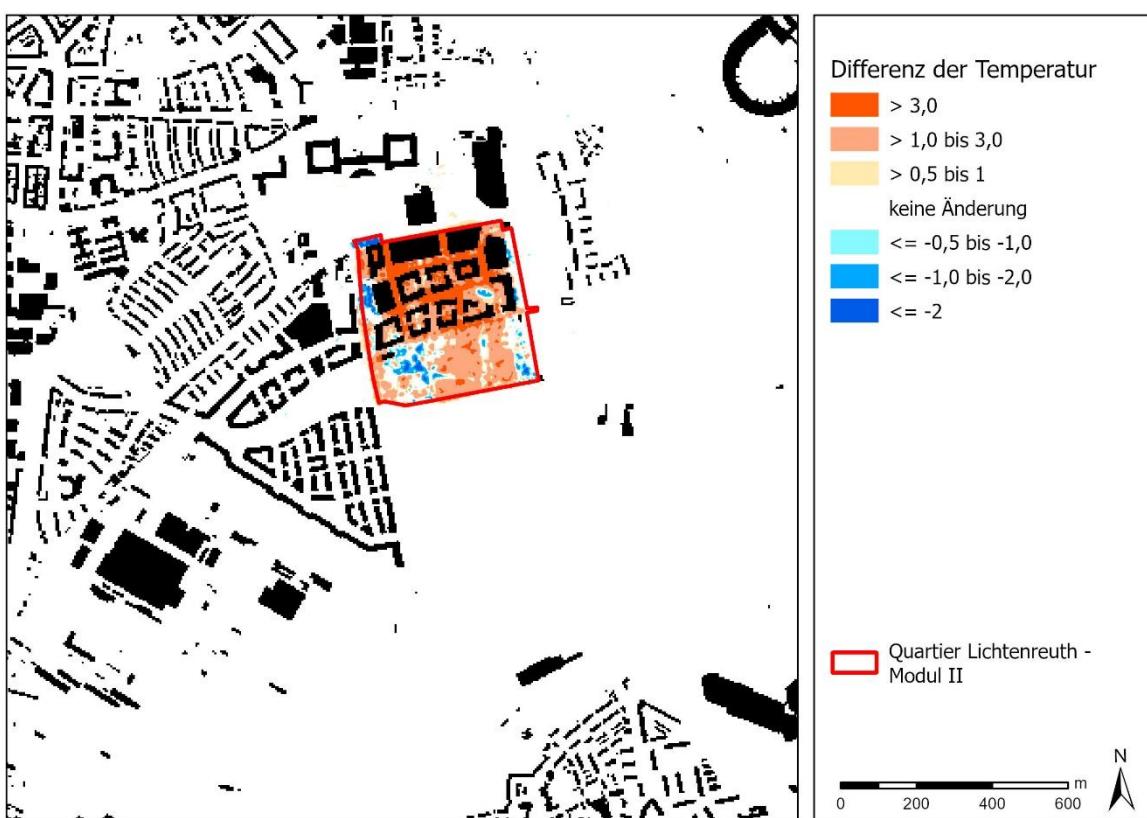
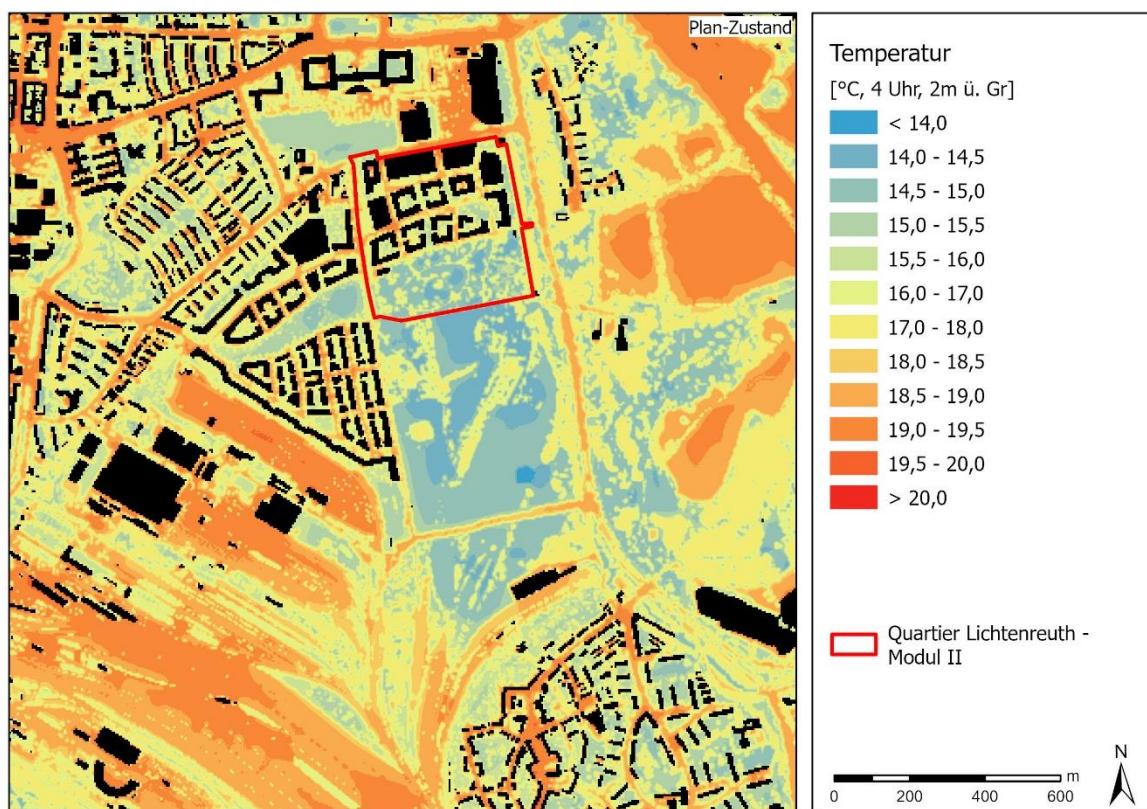


Abbildung 10: Nächtliche Temperatur (4 Uhr) im Plan-Zustand (oben). Differenz zwischen Ist- und Plan-Zustand bei der nächtlichen Temperatur (unten).



4.2 Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht

Den lokalen thermischen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grünfläche als Kaltluftentstehungsgebiet nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird zur Beurteilung der klimatischen Ausgangssituation mit dem Kaltluftvolumenstrom ein weiterer Parameter herangezogen (**Abbildung 11**). Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt. Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite, ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstromdichte aufzufassen. Dies kann man so veranschaulichen, indem man sich ein quer zur Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man den rasterbasierten Kaltluftvolumenstrom. Der Volumenstrom ist ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes.

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Ausgleichsströmungen dieser Art sind Hangabwinde und Flurwinde. Mit ihrer (dichten) Bebauung stellen Stadtkörper ein Strömungshindernis dar, so dass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirkt sich dieser Faktor bioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach bis gar nicht mehr durchlüftet wird. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer (und frischer) Luft eine bedeutende klimaökologische (und immissionsökologische) Ausgleichsleistung für Belastungsräume erbringen. Da die potenzielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), wird auch der sogenannte Kaltluftvolumenstrom betrachtet.

Die **Abbildung 12** zeigt das Kaltluftströmungsgeschehen zunächst für den Ist-Zustand. Dabei wird der Parameter des Kaltluftvolumenstroms in seiner räumlichen Ausprägung über abgestufte Blautöne symbolisiert, wohingegen die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit in 2 m über Grund anhand von

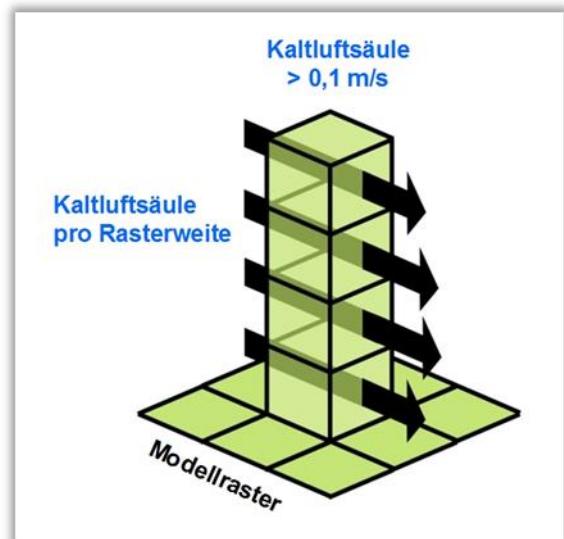


Abbildung 11: Prinzipskizze zum Kaltluftvolumenstrom.

Windpfeile dargestellt wird. Die Windpfeile wurden zur besseren Übersicht auf 50 m aggregiert. So kann analysiert werden auf welche Weise ein Siedlungsraum im Allgemeinen sowie im besonders relevanten bodennahen Bereich durchlüftet wird.

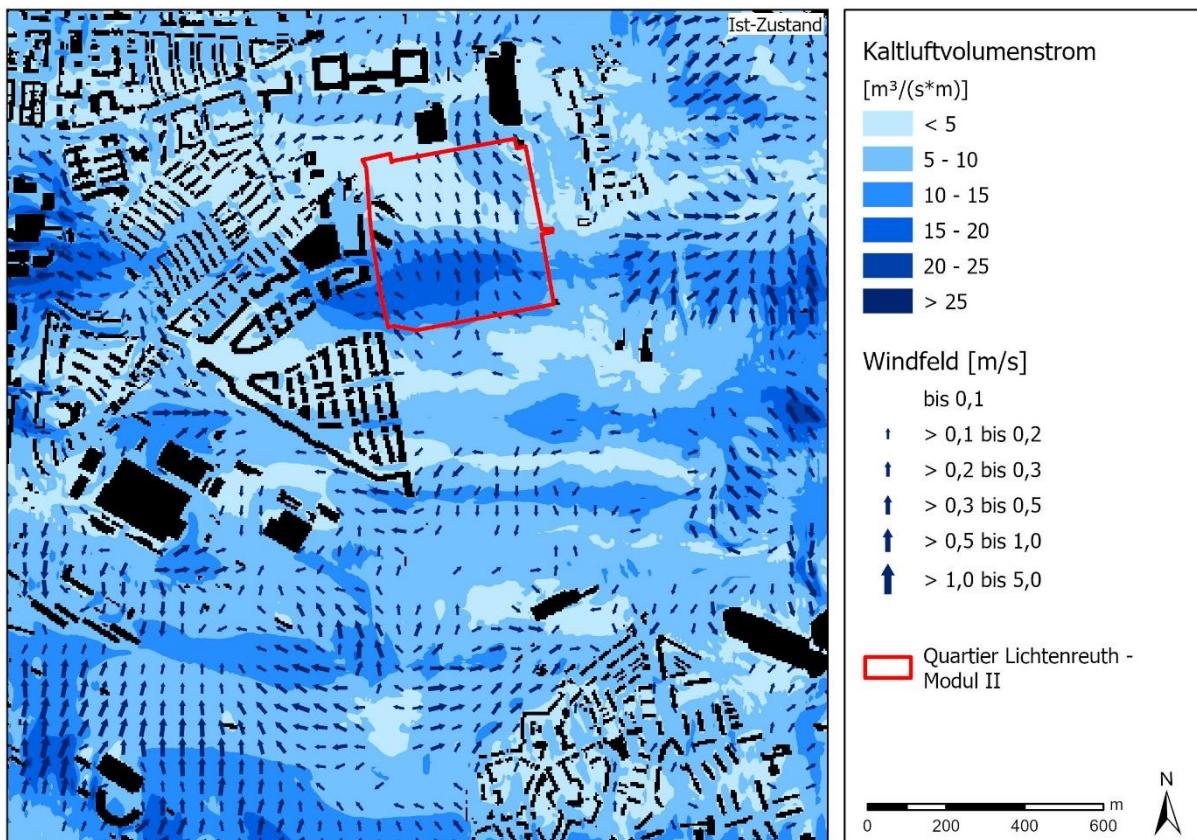


Abbildung 12: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Ist-Zustands.

Die Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms reicht im Untersuchungsgebiet von Werten unter $5 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ bis hin zu Werten knapp unter $30 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$. Der Kaltluftvolumenstrom und als Teil davon die bodennahe Strömung werden zum einen durch das Relief und zum anderen durch die in der Stadtlandschaft unterschiedlich ausgeprägten nächtlichen Temperaturen bestimmt. Dies wird vor allem sichtbar in der kleinräumig vielfältigen Strömung in Bodennähe. Neben den überwärmten Gebäudekörpern wird die Kaltluft auch vom nachts verhältnismäßig warmen Dutzendteich angezogen und durch das kleinteilige Relief gelenkt. Auf der Planfläche selbst ist eine nach Norden gerichtete Strömung erkennbar. Südlich der Planfläche bildet sich keine stringente Strömung über der Brachfläche aus. Sie weist bodennah nur vereinzelte Windbewegungen in verschiedene Richtungen auf. Der Kaltluftvolumenstrom, der neben der bodennahen Strömung auch die Kaltluft in größerer Höhe betrachtet, folgt weitestgehend dem bodennahen Windfeld. Im Bereich des Moduls II zeigt sich ein größerer Kaltluftvolumenstrom um $18 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ auf der Fläche des zukünftigen Parks. Hier kann vor allem das Quartier des angrenzenden Moduls I von der einströmenden Kaltluft profitieren. Auf der südlich der Planfläche gelegenen Brachfläche ist der Kaltluftvolumenstrom gering ausgeprägt mit großflächigen Werten unter $10 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$.

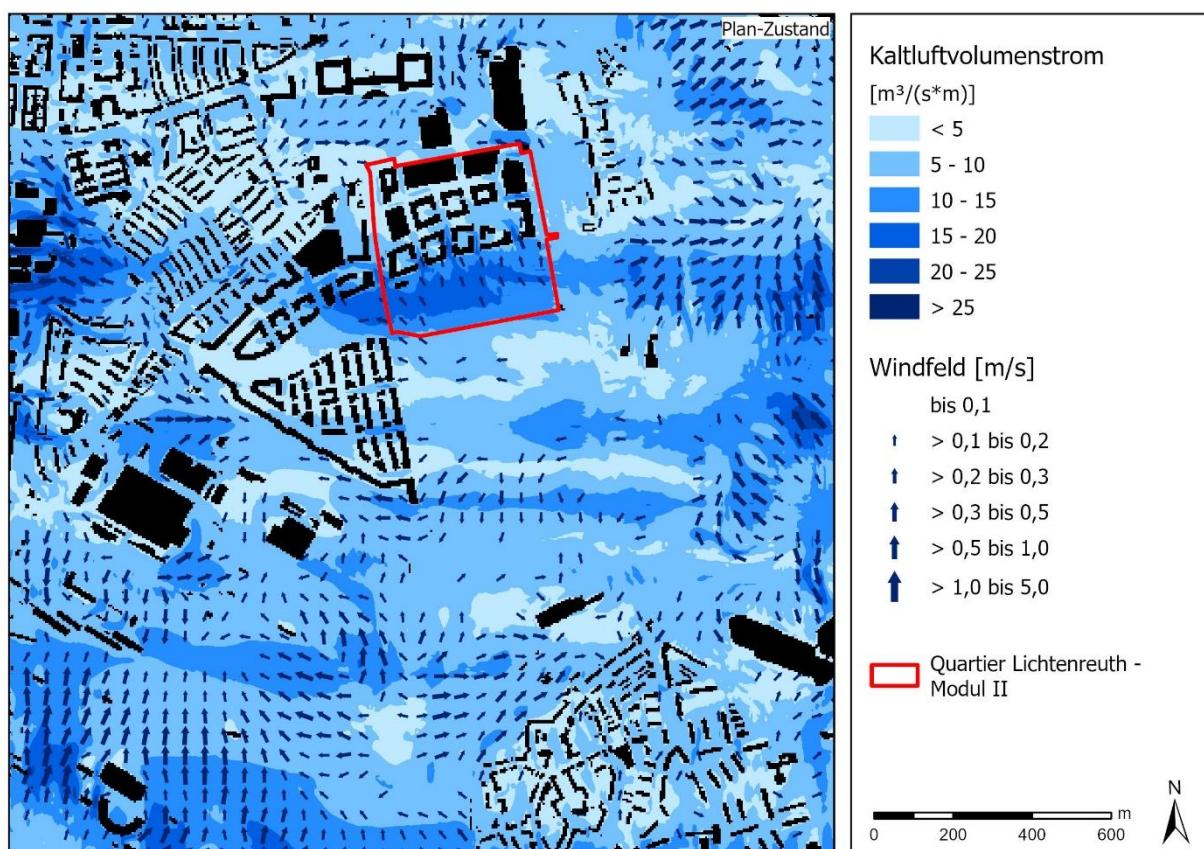


Abbildung 13: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Plan-Zustands.

In Abbildung 13 ist die Strömungssituation im Planfall zu sehen. Die neuen Gebäude stellen ein Strömungshindernis dar. Dies wird vor allem im zuvor gut überströmten Nordteil der Planfläche deutlich. Hier wird die bodennahe Strömung durch die Bebauung ausgebremst. Dies wird auch bei der Betrachtung des Kaltluftvolumenstroms deutlich. Die Kaltluft aus der Parkfläche kann über die Straßenräume zwischen die Bebauung eindringen und für eine Abkühlung der nächtlichen Temperaturen sorgen. Sie erreicht aber nicht das ganze Quartier und wird innerhalb der Bebauung ausgebremst.

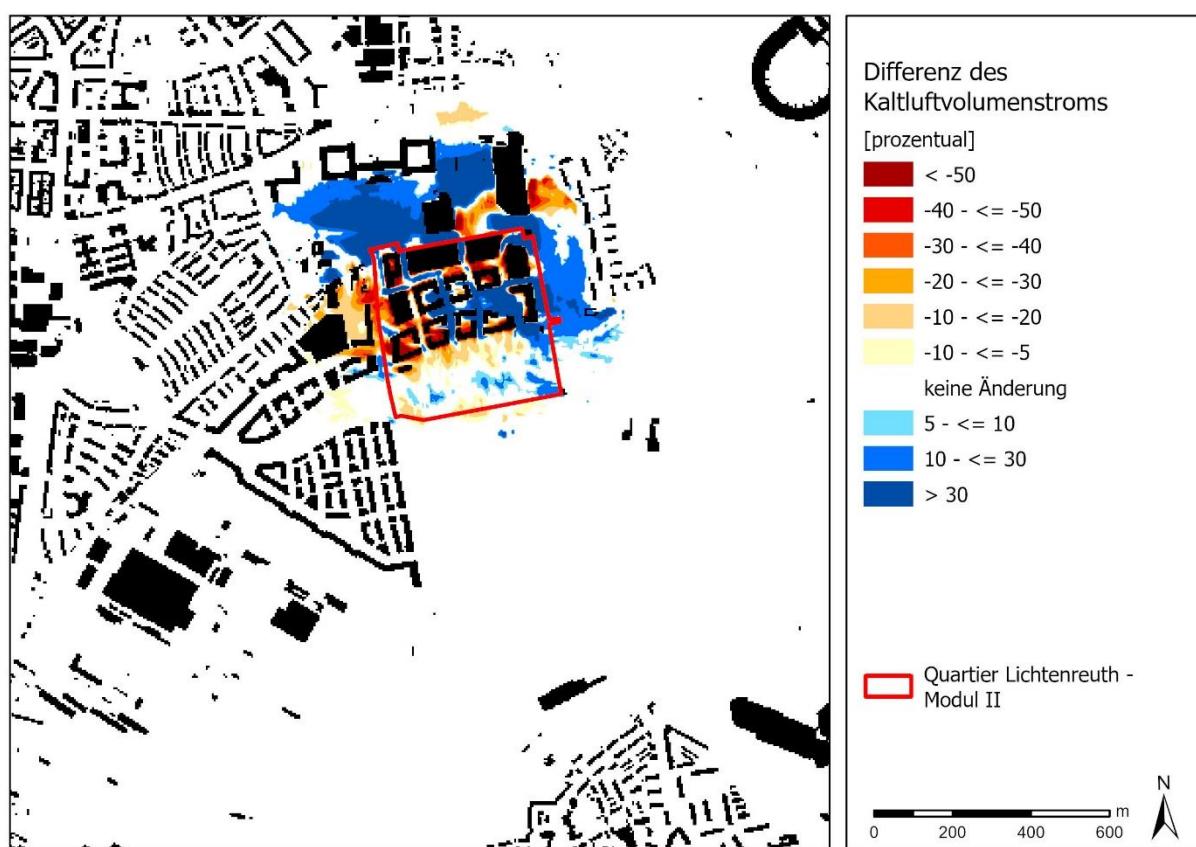
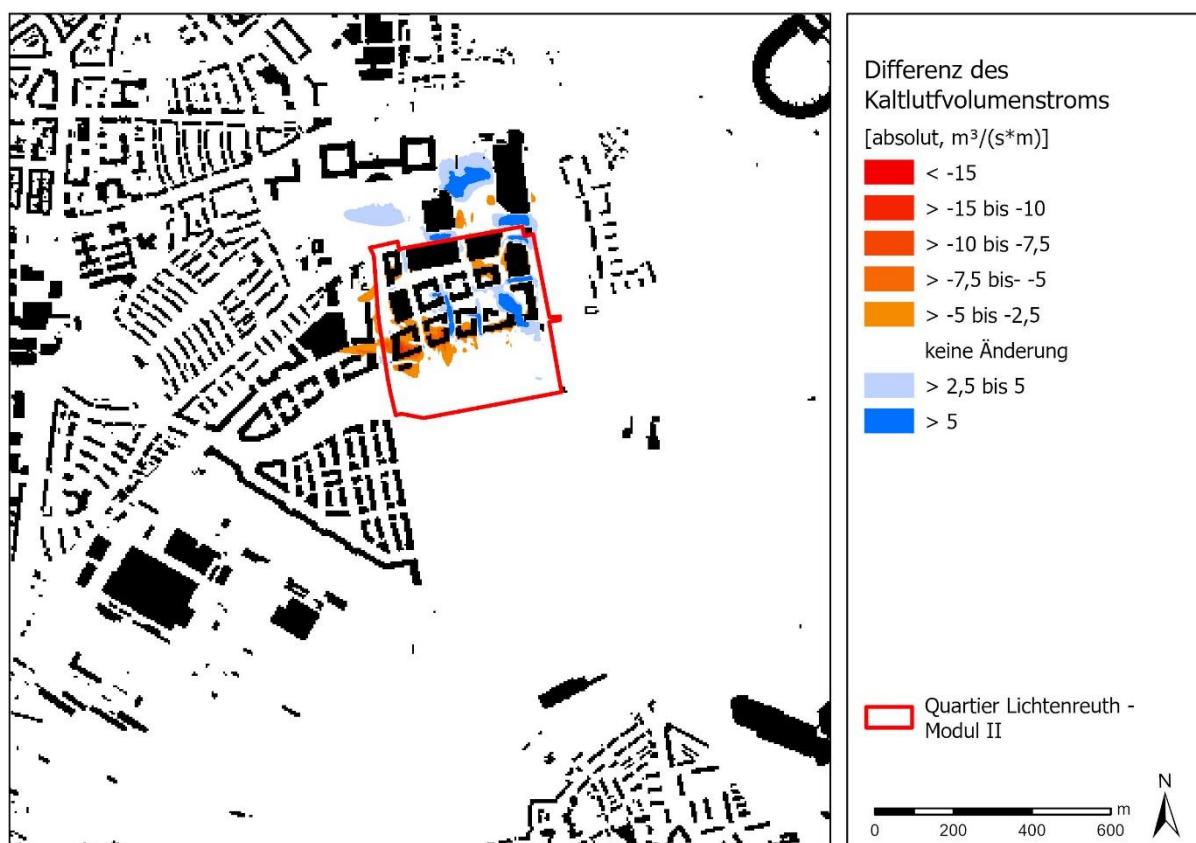


Abbildung 14: Differenz des Kaltluftvolumenstroms. Oben absolute Werte, unten prozentualer Anteil.



Durch die geplante Bebauung des Geländes des nördlichen Teils des ehemaligen Südbahnhofs kommt es zu Veränderungen in der Strömung. Diese Veränderung der Strömungssituation wird durch die Differenzendarstellung in **Abbildung 14** verdeutlicht. Oben ist die Veränderung der **absoluten** Werte zu sehen und unten ist die **prozentuale** Veränderung¹ gezeigt.

Insgesamt ist der Kaltluftvolumenstrom im betrachteten Gebiet aufgrund der Lage innerhalb der Stadt verhältnismäßig gering ausgeprägt. Dies wird auch durch die Betrachtung der oberen Differenzenabbildung deutlich. Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms über $2,5 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ sind fast vollständig auf das Plangebiet selbst beschränkt. Orange Farbtöne zeigen die Abnahme des Kaltluftvolumenstroms im Vergleich zum Ist-Zustand. Nördlich der Planfläche ist eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms zu erkennen, die vornehmlich durch die veränderte Strömungsrichtung außerhalb der Planfläche durch die Barrierewirkung der geplanten Bebauung zu Stande kommt. Im zentralen Teil des Moduls II kommt es durch die Kanalisierung zwischen den Gebäuden zu einer Zunahme des Kaltluftvolumenstroms. Das angrenzende Quartier (Modul I) ist kleinräumig von einer Abnahme des Kaltluftvolumenstroms betroffen.

Die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (VDI 2003) definiert eine Verringerung des Kaltluftvolumenstroms von zehn Prozent als „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ im Umfeld von **bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten**. **Abbildung 14** unten zeigt die prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms. Die Verteilung der Veränderungen folgt dem gleichen Muster mit Zunahmen im Osten und zentral im Modul II sowie Abnahmen im Westen der Planfläche. Im Bereich des Parks ist kaum Veränderung zu erwarten. Die Zunahme des Kaltluftvolumenstroms nördlich der Planfläche ist durch eine Veränderung der Strömungsrichtung durch die geplante Bebauung zu erklären. Hier nimmt der Zustrom aus Westen zu (außerhalb der Planfläche). Neben der Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von über 10 % auf der Fläche selbst ist auch das angrenzende Quartier (Modul I) betroffen. Dies sind Areale die auch im Ist-Zustand einen nur kleinen Kaltluftvolumenstrom von großflächig unter $10 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ aufweisen, so dass eine Änderung um 10 % hier bereits bei kleinen absoluten Änderungen erreicht wird. Ein genauerer Blick auf die Abbildung zeigt sehr große Abnahmen von 50 % und darüber hinaus vor allem auf der Planfläche selbst. Im Modul I ist insbesondere der Straßenraum angrenzend an das Plangebiet betroffen. Hier sind hohe Veränderungen zwischen 20 bis 50 % vor allem im direkten Grenzbereich (größtenteils bis in maximal 100m Entfernung) vorzufinden. Um die Signifikanz der Verminderung des Kaltluftvolumenstroms durch die geplanten Neubebauungen beurteilen zu können, muss daher auch ein Blick auf die bioklimatische Situation in der betroffenen Fläche selbst geworfen werden. Hier wird die nächtliche Temperatur um 4 Uhr morgens als Parameter herangezogen. Die mittlere nächtliche Temperatur im Modul I zeigt sowohl im Ist-Zustand als auch im Plan-Zustand eine günstige bioklimatische Situation (durchschnittliche nächtliche Temperatur 4 Uhr morgens: $15,9^\circ\text{C}$), die durch die Veränderungen im Strömungssystem nicht beeinflusst wird. Die in absoluten Werten kleinen Veränderungen des Kaltluft-

¹ Die zugrunde liegende statistische Auswertung wurde ausschließlich für die Rasterzellen durchgeführt, auf denen ein Änderungssignal von mindestens $0,7 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ modelliert wurde. Der Hintergrund ist, dass andernfalls durch die prozentuale Betrachtungsweise auch Flächen mit vernachlässigbarem Kaltluftprozessgeschehen mit Absolutwerten nahe $0 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ eine hohe Auswirkung zugeschrieben bekommen hätten. Gleichzeitig behebt dieser in vielen vorherigen Expertisen bewährte und anhand gutachterlicher Erfahrung gewählte Schwellwert irreführende prozentuale Änderungen des Kaltluftvolumenstroms fernab jeglicher baulicher Entwicklung, welche nur durch Modellrauschen zu erklären wären.



volumenstroms haben also auf die bioklimatische Situation im Bestand nur einen sehr geringen Einfluss. Hier zeigt sich, dass die vorgesehene gute Grünausstattung in den Quartieren entscheidend für die Ausbildung eines positiven Bioklimas ist, da sich sowohl im Ist- als auch im Plan-Zustand geringe Kaltluftvolumenstromwerte im Umfeld der Planfläche ausbilden. Ebenfalls kleinräumig von einer Abnahme des Kaltluftvolumenstroms über 10 % betroffen ist das nördlich des Geländes liegende Gewerbergebiets. Das Areal weist aufgrund der großen Gebäude und der starken Versiegelung im Schnitt höhere Temperaturen auf, die für eine bioklimatisch stärker belastete Fläche sprechen. Da es sich um eine Gewerbe- bzw. Industriefläche handelt, kann hier davon ausgegangen werden, dass keine Wohngebäude betroffen sind, zudem profitieren andere Bereiche des Gewerbeareals auch durch die neue Situation. Abschließend kann daher festgehalten werden, dass nach der VDI-Richtlinie 3787 keine „hohen vorhabenbedingte Auswirkungen“ auf die bioklimatische Situation relevanter Siedlungsgebiete festgestellt werden können. Es kann darüber hinaus festgehalten werden, dass die Abnahme des Kaltluftvolumenstrom im Wesentlichen auf Lichtenreuth begrenzt bleibt und Wohnnutzungen im Bestand nicht nennenswert davon betroffen sind. Lediglich in der Bestandsbebauung am Hasenbuck (angrenzend an das Modul I) und im Bereich der Oskar-von-Miller-Straße östlich der Münchener Straße sind kleinräumige Veränderungen zu erkennen.

4.3 Wärmebelastung am Tag

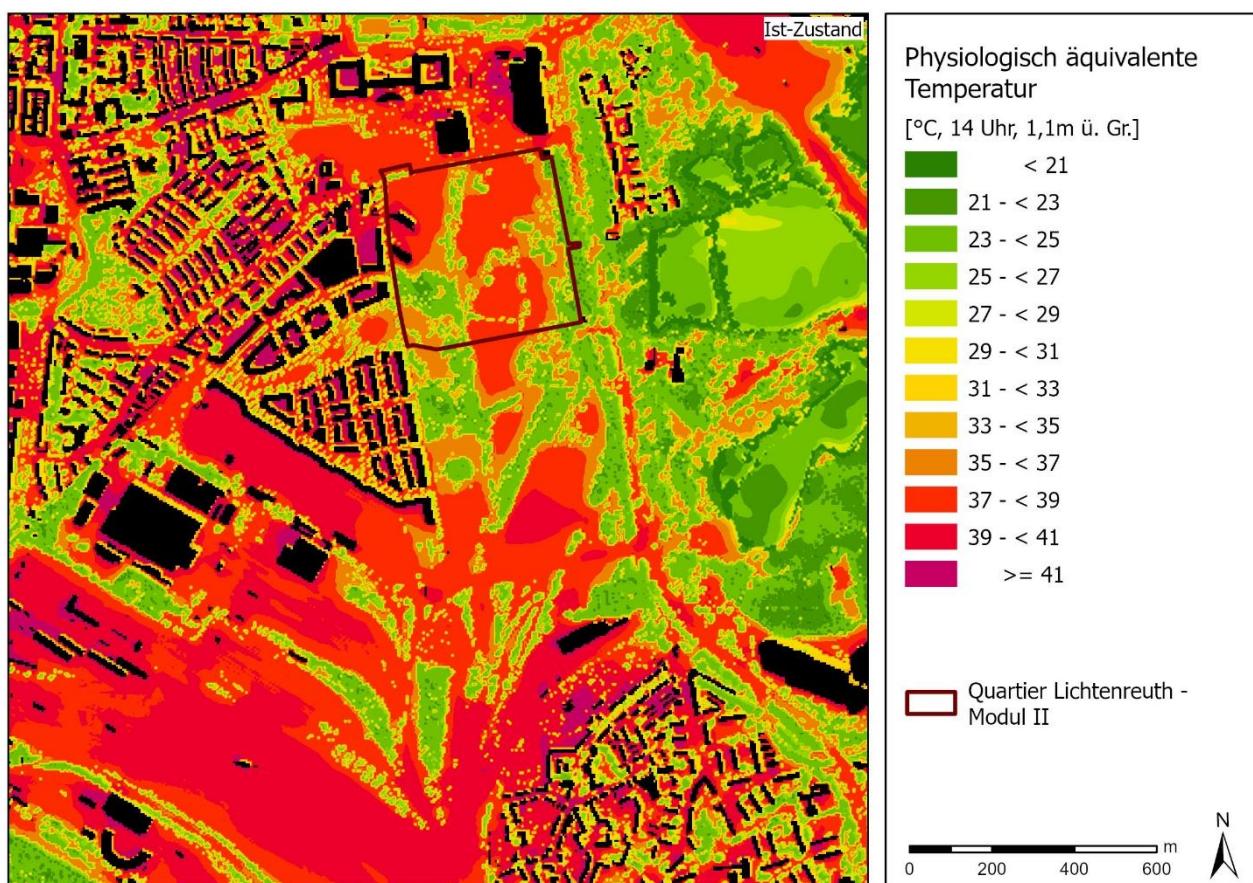


Abbildung 15: Ergebnisdarstellung der modellierten Wärmebelastung am Tag im Ist-Zustand.

Zur Bewertung der Wärmebelastung werden thermophysiological Indizes verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. In Modellen wird der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“² mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird der humanbioklimatische Index PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) um 14 Uhr herangezogen (Matzarakis und Mayer 1996). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert (VDI 2004). Diese definiert einen PET ab 35 °C als starke Wärmebelastung. Ab 41 °C wird von einer extremen Wärmebelastung ausgegangen. Das individuelle Empfinden der Hitze und die Hitzeempfindlichkeit kann stark variieren. Insbesondere Kinder sind neben älteren Menschen Hitze gegenüber vulnerabler.

² Die „Norm-Person“ entspricht dem sog. „Klima-Michel“ (Jendritzky 1990). Dieser ist männlich, 35 Jahre alt, 1,75 groß und wiegt 75 kg. Er ist zudem dem Wetter angepasst gekleidet. Weitere „Norm-Personen“ bspw. für Kinder oder andere vulnerable Personengruppen gibt es nach heutigem Stand der Technik (noch) nicht.

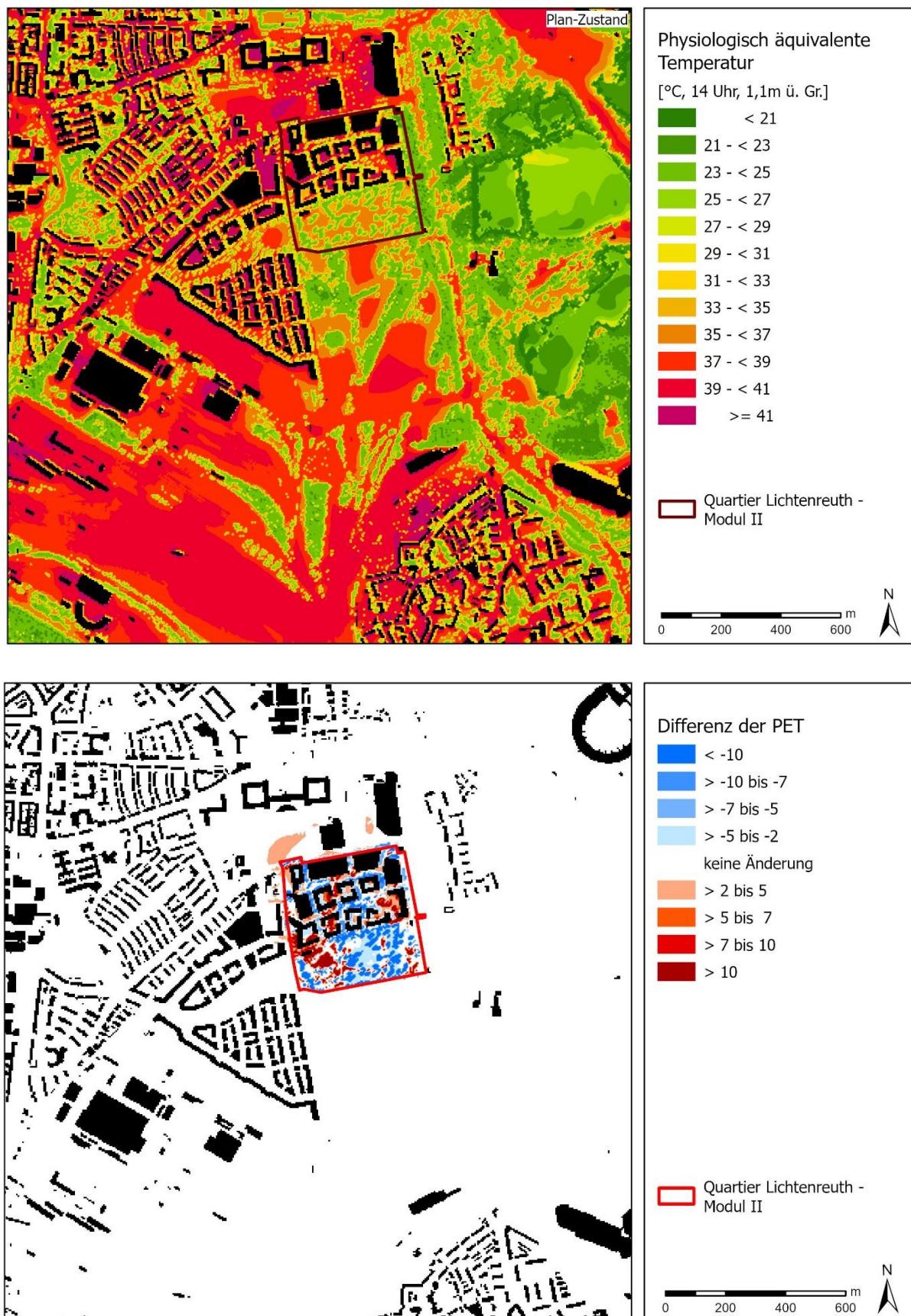


Abbildung 16: Modellierte Wärmebelastung am Tag (PET) im Ist-Zustand (oben). Differenz der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (unten).



Die **Abbildung 15** zeigt die PET für den Ist-Zustand. Im gegenwärtigen Zustand weist das Untersuchungsgebiet eine Spannweite von etwa 15 bis knapp 44 °C auf. Die niedrigsten Werte (<27 °C) sind im Schattenbereich der Waldstücke und größerer Baumgruppen sowie im Umfeld des Dutzendteichs modelliert. Größere Gebäude zeigen einen Schattenbereich mit Werten unter 32 °C, während unbeschattete Freiflächen großflächig eine mäßige bis starke Wärmebelastung (> 32 °C) aufweisen. Hierbei heizen sich sowohl vegetationsbestandene als auch versiegelte Flächen auf. Höchste Werte (> 41 °C) und damit eine extreme Wärmebelastung sind im Bereich dichterer Bebauung und großer Versiegelung zu finden (z.B. kleinräumig im Modul I und großflächiger im Gewerbegebiet Katzwanger Straße). Die mittlere PET des Plangebiets im Ist-Zustand beträgt 34,0 °C und liegt damit im Bereich einer mäßigen Wärmebelastung, was insbesondere auf die kühlende Wirkung der höheren Vegetation auf der Brachfläche zurückzuführen ist.

Die **Abbildung 16** oben zeigt die Situation für den Planzustand. Die PET-Verteilung folgt dem bereits beschriebenen Muster. Durch die Überplanung des Areals kommt es zu kleinräumigen Veränderungen der PET in diesem Bereich. Deutlich zu erkennen ist die Schattenwirkung der geplanten Bäume. Hier ist eine PET unter 27 °C modelliert. Im Schattenwurf der neuen Gebäude sind es PET-Werte analog zum Ist-Zustand Werte unter ca. 33 °C. Hohe PET-Werte mit einer starken bis extremen Wärmebelastung sind auf (versiegelten) Freiflächen in Innenhöfen oder zwischen den Gebäuden zu finden, wenn keine schattenspendende Vegetation in der Nähe ist.

Deutlicher werden die Veränderungen bei der Betrachtung der Differenzendarstellung in **Abbildung 16** unten. Es kommt zu einer lokal begrenzten Abnahme der PET, dort wo nun schattenspendende Vegetation vorgesehen ist. Areale, die nur im Ist-Zustand beschattet waren, zeigen dementsprechend nun eine höhere PET. In Bereichen, die im Ist- und im Plan-Zustand die gleiche Nutzung aufweisen, verändert sich die PET kaum. Durch die neuen Schattenflächen sinkt die mittlere PET auf der Planfläche um 2,1 K auf 31,9 °C. Die Veränderungen beschränken sich größtenteils auf die Planfläche selbst.

5. Schlussfolgerung und planerische Hinweise

Durch die modellgestützte Analyse wurden die planungsbedingten Auswirkungen auf das Bioklima anhand einer Gegenüberstellung des Ist- und Planzustandes für die Aufstellung und spätere Umsetzung des B-Plans 4652 (Modul II) in Nürnberg Lichtenreuth untersucht.

In der Ist-Situation zeigt das Plangebiet größtenteils eine günstige bioklimatische Situation. Die Fläche ist zurzeit eine Konversionsfläche mit Sandflächen, Buschbereichen und Wiesenflächen, die in den Nachtstunden gut ausköhlt. Die Umgebung der Planfläche weist vielfältige Nutzungen auf. Neben Wohngebieten (z.B. das Modul I, das hier als bereits fertiggestellt angenommen wird) findet man im Osten das Naherholungsgebiet Dutzendteich. Im Süden und Westen schließen sich Gewerbeflächen und der Rangierbahnhof an. Die bioklimatische Situation ist dementsprechend auch vielfältig ausgeprägt. Hohe nächtliche Temperaturen sind über dem Dutzendteich und in den stark versiegelten Bereichen des Rangierbahnhofs und der Gewerbeflächen zu erwarten, während die Parkanlage rund um den Dutzendteich nachts stärker ausköhlt. Die Wohngebiete ordnen sich je nach Dichte der Bebauung bioklimatisch dazwischen ein.



Das bodennahe Strömungsfeld und der Kaltluftvolumenstrom im Untersuchungsgebiet zeigen sich kleinteilig. Die Stadtstrukturen und das Relief führen zu einem eher mäßig ausgeprägten Strömungsgeschehen in unterschiedlichen Richtungen. Die Planfläche selbst wird von Süden nach Norden überströmt. Hier bildet sich ein größerer Kaltluftvolumenstrom aus, der zu einer Belüftung des angrenzenden Moduls I beiträgt. Auf der Brachfläche südlich des Planareals ergibt sich eine schwach ausgeprägte Strömung in verschiedenen Richtungen.

Am Tage zeigt sich ein heterogenes Bild der klimatischen Belastung. Die Freiflächen (neben Rasenflächen vor allem versiegelte Flächen) und dichtere Siedlungsbereiche mit einem hohen Versiegelungsgrad weisen hohe bis sehr hohe PET-Werte auf, während in Bereichen im Schatten von Bäumen und in Waldarealen sowie über dem Dutzendteich die geringsten Werte dieses Parameters zu finden sind.

Durch die Umsetzung des B-Plans 4652 kommt es zu Modifikationen des lokalen Temperatur- und Windfeldes. Die Veränderungen beschränken sich für die Temperaturfelder größtenteils auf das Plangebiet selbst. Im Strömungsfeld sind auch darüber hinausgehende Veränderungen festzustellen.

Die nächtlichen Temperaturen im Modul II zeigen bei Umsetzung der Planung größtenteils eine Erhöhung der Werte im Vergleich zur Brachfläche des Ist-Zustands. Dies ist auf die stärkere Erwärmung der nun versiegelten Flächen und der zusätzlichen Baukörper, die ebenfalls tagsüber Wärme speichern, zurückzuführen. Bereiche, die zuvor mit Büschen bzw. Bäumen bestanden waren und nach Umsetzung der Planung eine Freifläche sind, weisen niedrigere Werte als der Ist-Zustand auf, da die Ausstrahlung aufgrund des Kronendachs gedämpft war. Dies ist zum Beispiel im Bereich des geplanten Parks im Süden des Moduls II der Fall. Größere versiegelte Bereiche im Straßenraum zwischen den Gebäuden sind im Temperaturfeld durch höhere Werte erkennbar. Insgesamt bildet sich im neuen Quartier aber ein günstiges Bioklima aus. Es profitiert vor allem von den vorgesehenen kleinen Parks und Grünflächen innerhalb der Bebauung sowie den geplanten Baumstandorten. Der große Park im Süden des Modul II kühlt in den Nachtstunden gut aus.

Das nächtliche Strömungsgeschehen verändert sich durch die zukünftige Bebauung weitreichender. Die geplanten Gebäude stellen ein Strömungshindernis dar. Die Kaltluftversorgung finden vornehmlich von Süden aus über den geplanten Park statt. Durch das im Westen ansteigende Relief des Hasenbuck kommt die Strömung im Übergang zum Modul I in Richtung Westen zum Erliegen. Kühlere Luft wird aus dem Park zwischen den Gebäuden des Moduls II kanalisiert und wird innerhalb der Bebauung abgebremst. Dies führt zu einer Abnahme des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Moduls II vor allem im westlichen Teil und auch im angrenzenden Modul I. In diesen Bereichen findet nur wenig Luftaustausch von außerhalb statt. Kaltluft kann aber weiterhin innerhalb der Quartiere in durchgrünen Bereichen gebildet werden. Kleinräumig verändert die geplante Bebauung das Strömungsgeschehen beispielsweise nördlich des Planareals, wo durch die neuen Gebäude die Strömung von Süd ausgebremst wird und die westliche Strömung nun dominiert und verstärkt ist. Abschließend ist festzustellen, dass auf der Planfläche selbst zum Teil höhere Kaltluftvolumenstromwerte durch die genannten Effekte entstehen, während vor allem im Westen auch geringere Werte als im Ist-Zustand zu erkennen sind. Dies ist im Hinblick auf die künftige Überbauung einer zuvor freien Fläche nicht überraschend. Insgesamt wird deutlich, dass der Kaltluftvolumenstrom sowohl im Ist- als auch im Plan-Zustand eher geringe Werte aufweist und die Grünausstattung der Flächen selbst entscheidend ist für die Ausprägung des günstigen Bioklimas.



Der in der VDI 3787 Blatt 5 (VDI 2003) festgelegte Schwellenwert einer Verringerung des Kaltluftvolumenstrom von 10 %, der eine „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten definiert, wird für Teile im Norden des Moduls I und sowie kleinräumig im nördlich der Planfläche gelegenen Gewerbegebiet sowie in der Bestandsbebauung des Hasenbuck und an der Oskar-von-Miller-Straße erreicht. Die 10-Prozent-Schwelle wird auch aufgrund der insgesamt im Untersuchungsgebiet vorhandenen weniger stark ausgeprägten Strömung schnell erreicht. Insbesondere die in absoluten Werten gering ausgeprägte Strömung macht es nötig, neben dem Strömungsgeschehen an sich auch die bioklimatische Situation in den betroffenen Flächen für eine Beurteilung der Situation zu betrachten. Die vorliegende Analyse zeigt ein günstiges Bioklima im Bereich des Modul I, das auch von der Verringerung des Kaltluftvolumenstroms nicht entscheidend beeinflusst wird, so dass keine „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ durch seine Reduzierung festzustellen ist.

Tagsüber zeigt sich bei Umsetzung des B-Plans 4652 ein heterogenes Bild. Schattenbereiche insbesondere von Bäumen, aber auch der Schattenwurf der Gebäude, führen zu niedrigen PET-Werten, während Freiflächen unversiegelt aber insbesondere versiegelt hohe PET-Werte zeigen. Die gute Baumausstattung im geplanten Park führt zu geringen Werten, so dass das Areal gut als kühlerer Rückzugsort dienen kann. Auch innerhalb der Bebauung zeigen sich begrünte und vor allem auch durch Bäume beschattete Bereiche mit ihrer kühlenden Wirkung. Starke Wärmebelastung ist dort zu erwarten, wo Schatten und Grünanpassung fehlen und durch die großen Gebäudekörper zusätzlich Wärme gespeichert wird.

Bei Umsetzung des Moduls II bildet sich insgesamt eine bioklimatisch günstige Situation im Plangebiet aus. Sowohl in den Nachtstunden als auch am Tage kann der relativ große Grünanteil zum Ausgleich der Temperaturen beitragen. Hierbei sind in den Nachtstunden die Wiesenflächen besonders effektiv und am Tage die schattenspendenden Bäume. Größere versiegelte und nicht begrünte Bereiche (z.B. Platzstrukturen zwischen den Gebäuden im Südwesten) zeigen lokal erhöhte nächtliche Temperaturen sowie PET-Werte am Tage und weisen daher eine entsprechend schlechtere bioklimatische Situation auf. Der große geplante Park zeigt sich am Tage und in der Nacht als bioklimatisch effektiv. Er trägt in den Nachtstunden zur Abkühlung bei und ist tagsüber ein kühler Rückzugsort. Entscheidend für das günstige Klima in der Planfläche ist also vor allem die größtenteils bereits vorgesehene gute Grünanpassung. Zusätzlich ist auch der Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünung zu befürworten. Die Dachbegrünung sorgt weniger für eine Verbesserung des Klimas in Bodennähe, sondern schützt die Gebäude selbst vor zu großer Aufheizung und Wärmespeicherung, ebenso wie die Fassadenbegrünung, die aber zusätzlich einen positiven Effekt auf das Klima des Straßenraums hat. Des Weiteren kann die Beschattung von Süd-West-Fassaden mit Bäumen oder technischen Lösungen (z.B. Markisen) das zu starke Aufheizen der Gebäudehülle verhindern. Der Einsatz heller Fassaden und Bodenbeläge kann ebenfalls zur Reduktion der Wärmespeicherung beitragen. (Straßen-)Bäume sorgen mit ihren Schattenbereichen und der Verdunstungskühlung tagsüber für ein positives Klima. Hier sollte, wo bisher wenig Bäume vorgesehen sind, wenn möglich nachgerüstet werden. Unversiegelte Freiflächen sorgen nachts für eine gute Auskühlung. Neben dem großen Park sind hier auch möglichst viele kleine Flächen innerhalb der Bebauung sinnvoll. Eine Verringerung des Versiegelungsanteils durch Rasengittersteine oder versickerungsfähiges Pflaster minimiert die Wärmespeicherung und Aufheizung zusätzlich. Die geplanten (großen und kleinen) Parkareale sollten nach dem „Savannenprinzip“ mit sich abwechselnden Wiesenflächen und schattenspendenden Baum- bzw. Buschstandorten sowie weiteren Elementen (z.B. Wasserspiele oder Brunnen) ausgestaltet werden, wie auch schon größtenteils in der Planung vorgesehen. Eine Beschattung von Spielgeräten auf den Spielplätzen ist sinnvoll.



Abbildung 17: Mögliche Bereiche für eine Öffnung der Bebauung

Die B-Plan-Fläche wird im Planfall vor allem über den Zustrom aus dem geplanten Park sowie von Osten und Norden belüftet. Der insgesamt eher gering ausgeprägte Kaltluftvolumenstrom führt dazu, dass nur ein Teil der Fläche bodennah von der „externen“ Kaltluft erreicht wird. Insgesamt zeigt das Modul II aber eine gute Belüftung. Um die Kaltluft des angrenzenden Parks noch besser zu nutzen, wäre die Öffnung der am Park liegenden Innenhöfe zur Grünfläche hin eine Option. Wichtig ist aber vor allem, dass die Kaltluftproduktion innerhalb der Fläche, die durch die geplante gute Grünausstattung schon weitestgehend gegeben ist, noch weiter optimiert werden sollte, da der im Umfeld des Plangebiets mäßig ausgeprägte Kaltluftvolumenstrom nicht allein zur Kaltluftversorgung der Fläche dienen kann.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass die klimaangepasste Ausgestaltung der Quartiere insbesondere mit Hinblick auf den zu erwartenden Klimawandel von großer Wichtigkeit ist. Neben einem Anstieg der mittleren Temperaturen ist auch von einer größeren Anzahl an Hitzeperioden im Sommer auszugehen, die zudem länger andauern können. Umso entscheidender ist es, der vor Ort lebenden Bevölkerung kühlere Rückzugsorte am Tage zu bieten und eine bestmögliche Auskühlung der Quartiere in der Nacht anzustreben.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

Ist-Zustand:

- Das Plangebiet als Brachfläche im Ist-Zustand zeigt eine günstige bioklimatische Situation in der Nacht.
- Die Umgebung der Planfläche ist vielfältig. Es sind sowohl bioklimatisch ungünstige Gebiete (vor allem Gewerbeflächen und der Rangierbahnhof) als auch Ausgleichsflächen (Parkareal rund um den Dutzendteich, Südfriedhof) vorhanden.
- Der Kaltluftvolumenstrom und das bodennahe Strömungsfeld zeigen vielfältige Strömungsrichtungen und eine mäßige Ausprägung im Untersuchungsgebiet. Das Plangebiet wird aus südlicher Richtung überströmt.
- Tagsüber zeigt die PET im Untersuchungsgebiet eine heterogene Ausprägung mit wenig bis gar nicht belasteten Parkarealen bis zu stark belasteten Siedlungs- und Gewerbegebieten.

Plan-Zustand:

- Durch die Umsetzung des B-Plans 4652 kommt es zu klimaökologischen Veränderungen.
- Die Veränderungen des nächtlichen Temperaturfelds und der Physiologisch Äquivalenten Temperatur am Tage sind vornehmlich auf das Plangebiet beschränkt.
- Durch die steigende Gebäudevolumen und den höheren Versiegelungsgrad kommt es fast überall zu einer Erhöhung der nächtlichen Temperaturen im Plangebiet. Die bioklimatische Situation in der Nacht in den geplanten Siedlungsflächen ist durch die gute Grünausstattung insgesamt gut. Es gibt aber lokal stark versiegelte Bereiche mit erhöhten Temperaturen.
- Der geplante große Park zeigt eine gute nächtliche Auskühlung und trägt zur Belüftung der angrenzenden Quartiere bei.



- Tagsüber sinkt die PET in Schattenbereichen im Vergleich zu zuvor freien Flächen. In nichtbeschatteten Bereichen sind hohe PET-Werte mit einer starken Wärmebelastung zu erwarten.
- Tagsüber kann der Park als kühler Rückzugsort dienen.
- Die Veränderungen im nächtlichen Strömungsfeld sind über das Plangebiet hinaus erkennbar.
- Das angrenzende Wohngebiet (Modul I) sowie sehr kleinräumig weitere Bestandsbebauung ist von einer Absenkung des Kaltluftvolumenstroms über 10 % betroffen. Durch die günstige bioklimatische Situation in dem Quartier, die auch bei Umsetzung der Planung bestehen bleibt, wird nicht von einer „hohen vorhabenbedingten Auswirkung“ ausgegangen.
- Die Kaltluftzufuhr auf die Planfläche selbst erfolgt hauptsächlich von Süden über den geplanten Park. Die Strömung erreicht nicht das gesamte Quartier, so dass vor allem im westlichen Teil die Kaltluftproduktion in der Fläche selbst von großer Bedeutung ist.

Daraus ergeben sich folgende Hinweise zur geplanten Umsetzung für eine möglichst klimaangepasste Ausgestaltung:

- Umsetzung der geplanten guten Durchgrünung des Quartiers und des großen Parks. Bereiche mit bisher wenig Grünflächen und (Straßen-)Bäumen identifizieren und entsprechend nachrüsten.
- Falls möglich „Öffnung“ der Innenhöfe zum geplanten Park, um die dort produzierte Kaltluft noch optimaler zu nutzen.
- Umsetzung von Dach- und/oder Fassadenbegrünung.
- Zusätzliche Beschattung der Südwestfassaden vorzugsweise mit Bäumen, alternativ mit technischen Lösungen (z.B. Markisen), um die Wärmespeicherung zu verringern.
- Wo möglich und nicht bereits vorgesehen Beschattung der Wege, Spiel- und Aufenthaltsbereiche und Parkplatzflächen sowie Verringerung der Versiegelung z.B. durch versickerungsfähiges Pflaster oder Rasengittersteine.
- Einsatz heller Oberflächenbeläge (Fassaden und Bodenbeläge) wo möglich.
- Mikroklimatisch vielfältige Ausgestaltung von Freiflächen (z.B. Parkfläche) mit ausreichend Wiesenfläche, Bäume und Baumgruppen, Wasserspielplätzen etc.

Im Folgenden werden die aus bioklimatischer Sicht wichtigen Planungshinweise in allgemeiner Form genauer erläutert.

Planungshinweise

Entsiegelung, mikroklimatische Vielfalt

Wege, Plätze, Parkplätze und Randbereiche der Rad- und Fußwege sollten möglichst wenig versiegelt werden, um die Oberflächentemperaturen zu reduzieren und Verdunstungskühle zu ermöglichen. Für die Gestaltung der Parkierungsflächen und Nutzflächen gibt es viele Möglichkeiten, wie Pflasterrrasen, Rasengittersteine oder Schotterrasen.

Zwischen den Gebäuden liegende Freiflächen können mit gut wasserversorgten Wiesenflächen und kleinen Baumgruppen gestaltet werden, die mit offenen multifunktionalen Wasserflächen (z.B. Re-



tentionsraum für Starkregenereignisse), künstlich geschaffenem kleinteiligem Relief („Hügellschaft“), verschatteten Wegen und Sitzgelegenheiten sowie weiteren Strukturmerkmalen (Beete, Blumenwiesen, Sukzessionsflächen) angereichert sind. Dieser vielfältige „Savannentyp“ ermöglicht die Ausbildung eines optimalen Bioklimas sowohl am Tag als auch in der Nacht.

Verschattung von Straßen, Wegen, Stellflächen und Aufenthaltsbereichen

Eine intensive Begrünung mit Bäumen steigert die Aufenthaltsqualität im Freien beträchtlich, da somit große beschattete Bereiche geschaffen werden. Vor allem Fußgängerwege sowie Fahrradwege bedürfen im Sommer guter Verschattung. Ebenso sollten Fahrzeugstellplätze sowie Aufenthaltsbereiche so weit möglich durch Bäume und Sträucher beschattet werden. Um die nächtliche Abkühlung durch einen zu dichten Baumbestand nicht zu sehr einzuschränken, sollten neben verschatteten Bereichen aber auch offene Grünflächen vorgehalten werden. Ein Baumbestand von ca. 30 % einer Grünfläche gilt hier als zielführend. Bei der Auswahl der Bäume sollte auf deren Trockenheits- und Hitzeresistenz geachtet werden. Die GALK-Broschüre „ZukunftsBäume für die Stadt“ (GALK 2023) kann in diesem Zusammenhang als Orientierung dienen.

Verschattung von Gebäuden

Die Verschattung von Gebäuden und Freiflächen durch Bäume oder auch durch bautechnische Maßnahmen (Ausführungsbeispiele hierfür sind Vordächer, Vertikallamellen, Markisen und Sonnensegel) ist eine gute Maßnahme der Hitzevorsorge. Das primäre Ziel ist es, die direkte Aufheizung sowie die Wärmespeicherung der Gebäude über die Gebäudehülle (Dach, Fassade, Fenster) oder auch der befestigten Erschließungsflächen zu verringern. Sonnenexponierte Gebäudeseiten sind dabei von besonderer Bedeutung und sollten verschattet werden. Laubbäume mit weiten Kronen sind gegenüber Nadelbäumen zu bevorzugen, da sie im Winter einen vergleichsweise geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von ggfs. Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können.

Erhöhung der Oberflächenalbedo (Reflexion)

Die Anwendung von geeigneten Baumaterialien und hellen Anstrichen kann dazu beitragen, der Aufheizung von versiegelten Oberflächen und Gebäuden am Tage entgegenzuwirken, so dass sie nachts weniger Wärme an ihre Umgebung abgeben. Gleiches gilt für die Dachbegrünung sowie für Fassadenbegrünung. Letztere wirkt sogar zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits die Verdunstungskälte des Wassers an Pflanzenbestandteilen einen abkühlenden Effekt auf umgebende Luftmassen hat. Anwendungsschwerpunkte sollten auch in diesem Fall die nach Süden ausgerichteten Gebäudefassaden sein.



6. Quellen

GEO-NET (2014): Stadtklimagutachten – Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Stadtgebiet von Nürnberg.

GALK (2023): Zukunftsäume für die Stadt. <https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/zukunftsbaeume-fuer-die-stadt>. (06.02.2023)

JENDRITZKY, G. ET AL. (1990): Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes KlimaMichel-Modell). Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan. Nr. 114.

MATZARAKIS, A. UND H. MAYER 1996: Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.

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

VDI (2004): Richtlinie VDI 3787 Blatt 9 Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

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

UBA (2016): Heizen, Raumtemperatur, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur (05.08.2020).



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Hannover, den 15.11.2023

E. Hohlfeld

Erstellt von:

Eva Hohlfeld (Dipl. Geographie)

Robert von Tils

Dr. Robert von Tils (M. Sc. Meteorologie)

Dirk Funk

Dirk Funk (Dipl. Geographie)

Geprüft von:

Die Erstellung der Klimaexpertise erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach bestem Wissen und Gewissen. Die Klimaexpertise bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Eigentum und Nutzungsrecht liegen bei den Auftraggebern.