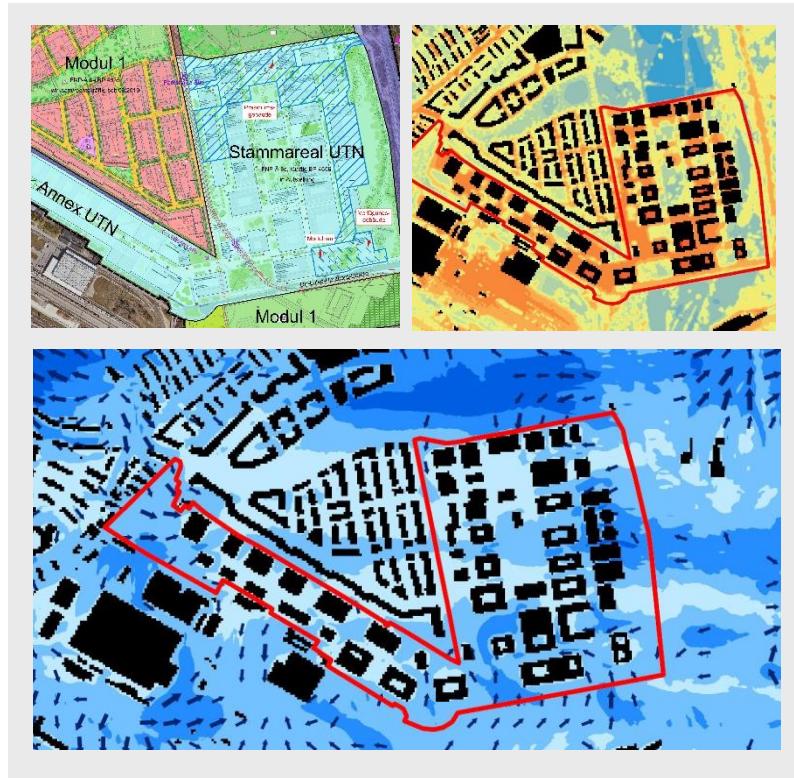


Klimaökologisches Gutachten zum Bebauungsplan Nr. 4656 in Nürnberg Lichtenreuth



Auftraggeberin:

Staatliches Bauamt Erlangen-Nürnberg
Dienststelle
Flaschenhofstraße 55
90402 Nürnberg



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 (mit Modul I) 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 17: Mögliche Bereiche für eine Öffnung der Bebauung	27



1. Einleitung

Das staatliche Bauamt Erlangen-Nürnberg plant die Umsetzung des Bebauungsplans Nr. 4656 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. Der westliche Ausläufer des Geländes ist ein Parkplatz. 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 durchgeföhrten 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 geplanten Universitätsstandorts (B-Plan 4656) 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. $5,7 \times 4,9$ km großen Modellgebiets (**Abbildung 1**) in 5m 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 möglichst optimale – auch aus fachlicher und rechtlicher Sicht gebotene – Anpassung an die zu erwartende Änderung des Klimas erfolgen.

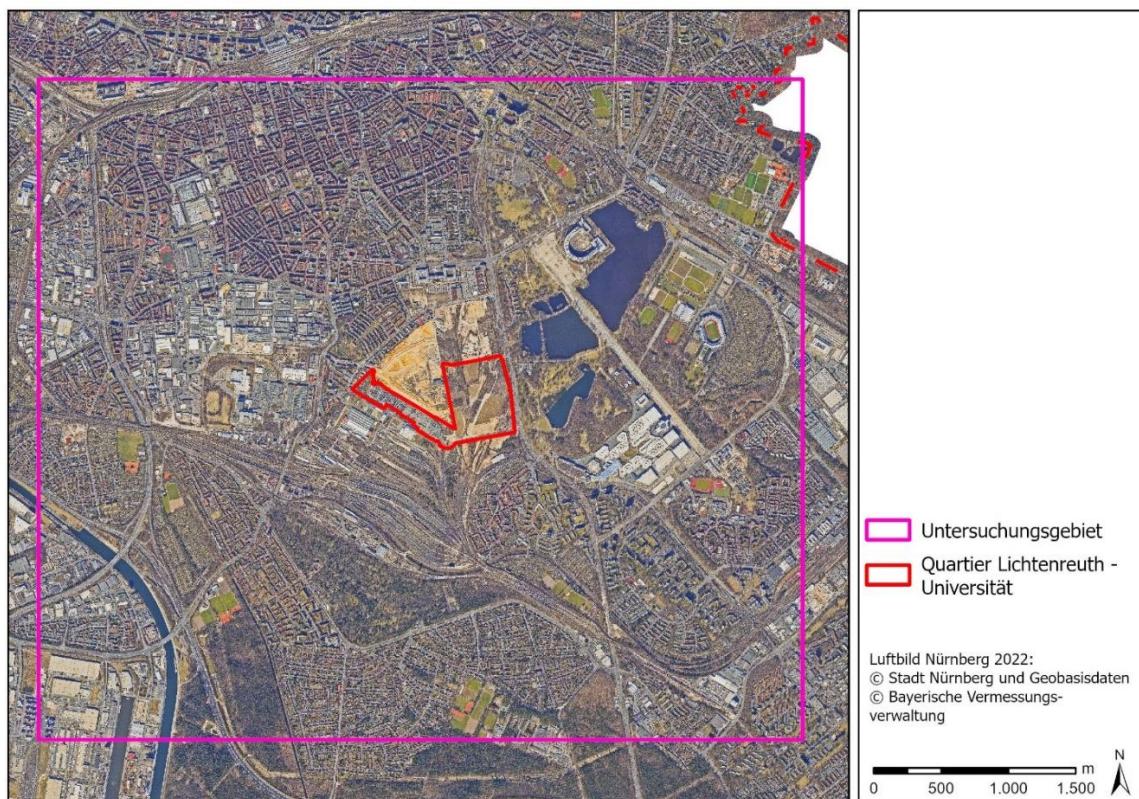


Abbildung 1: Übersicht zum Untersuchungsraum.

2. Grundlagen

2.1 Vorgesehene Planung

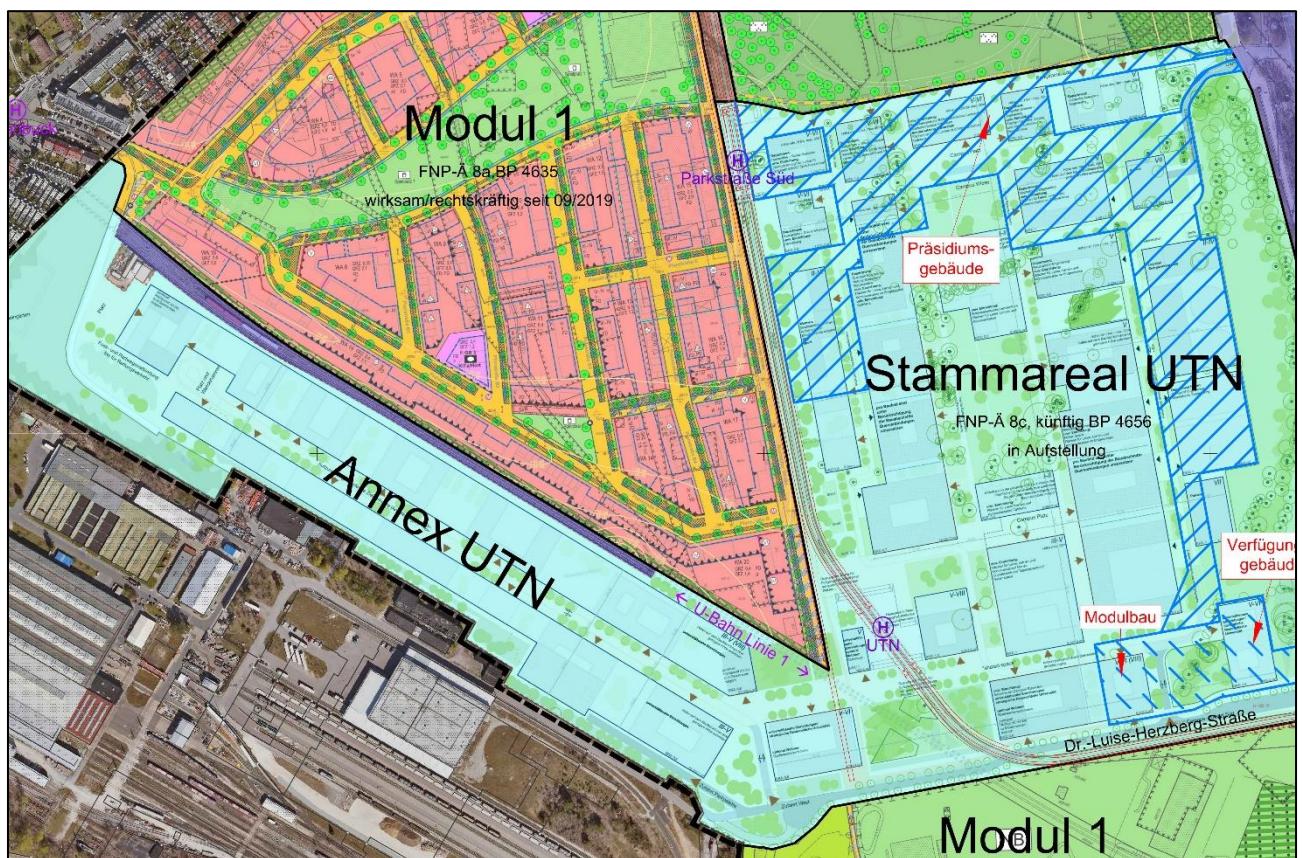


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Rahmenplan vom 13.10.2022 für das Gesamt-B-Plan-Verfahren „Brunecker Straße“. Quelle: Übermitteltes Material aus August 2023.

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. Das zukünftige Universitätsgelände ist ca. 37 Hektar groß. Hier soll ein vorrangig autofrei erschlossener Campus entstehen. Im Osten bleiben die naturnahen Strukturen zur Münchener Straße und zum Dutzendteich erhalten.

Das Modul I ist ebenfalls Teil des neuen Stadtteils Lichtenreuth. Der Bebauungsplan hierzu befindet sich in Teilbereichen bereits in der Realisierung und 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.

Die **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“ sowie eine Straßenfläche. Für die 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.

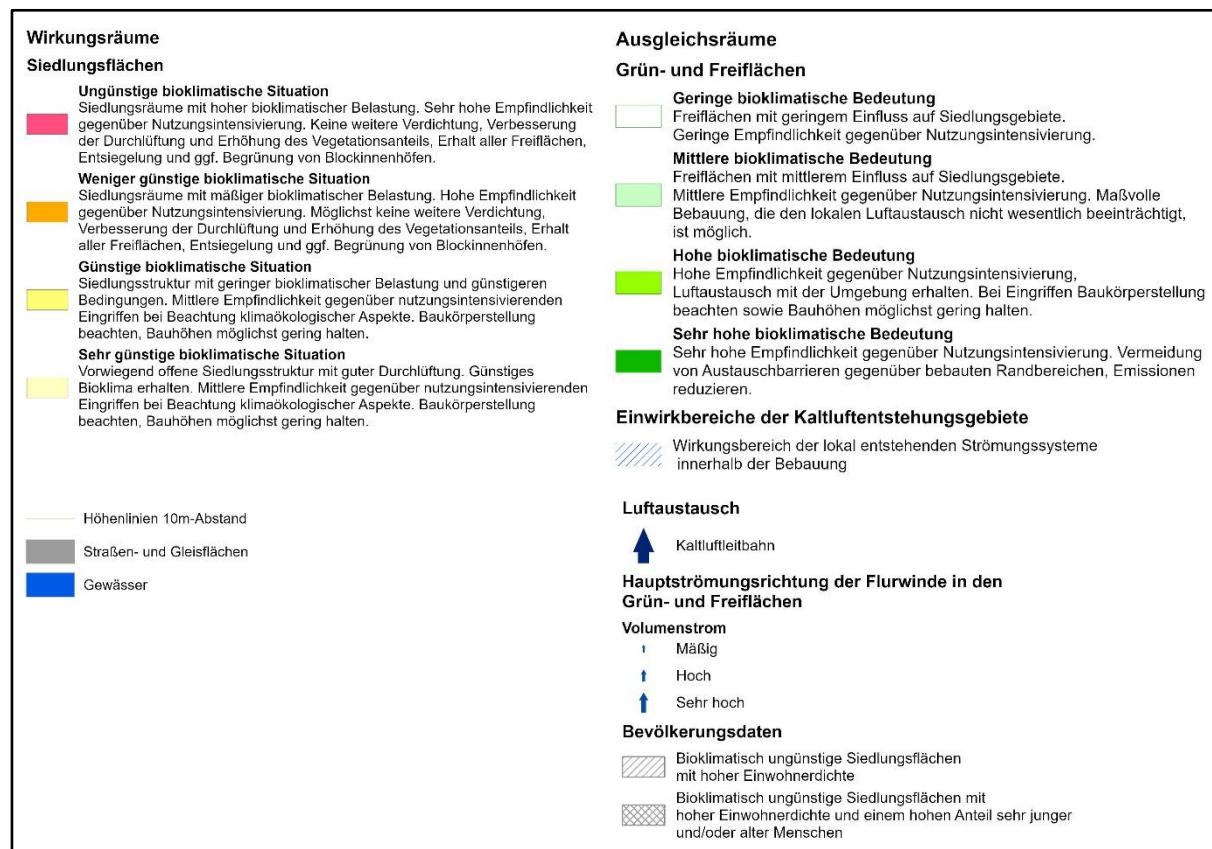


Abbildung 4: Legende der Planungshinweiskarte

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 geringen und mäßigen Kaltluftvolumenstrom auf. Der nördliche Teil der Fläche wird von Kaltluft aus Osten erreicht. Im Zentrum der Fläche ist kaum Strömung vorhanden. Der westliche schmale Ausläufer der Planfläche wird vor allem von der Strömung aus Süden erreicht. 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.

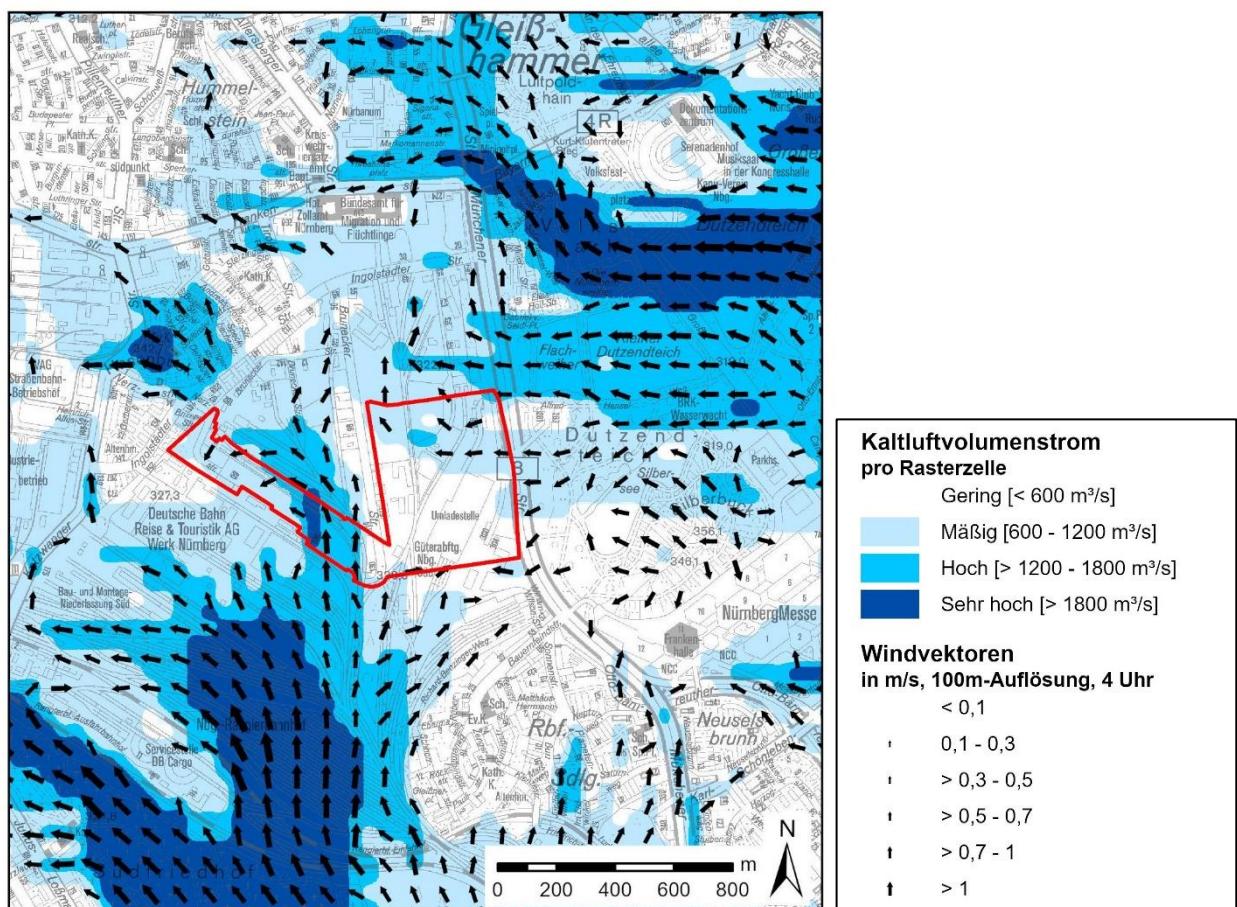


Abbildung 5: Kaltluftvolumenstrom und Windfeld aus dem Stadtclimagutachten für die Stadt Nürnberg (Ausschnitt) (GEO-NET 2014). Roter Umriss: Lage des Plangebiets.



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 im Areal selbst 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 auf Grundlage des aktuellen Planungsstands (Rahmenplan vom 13.10.2022).

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 (inklusive des Moduls I) 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.

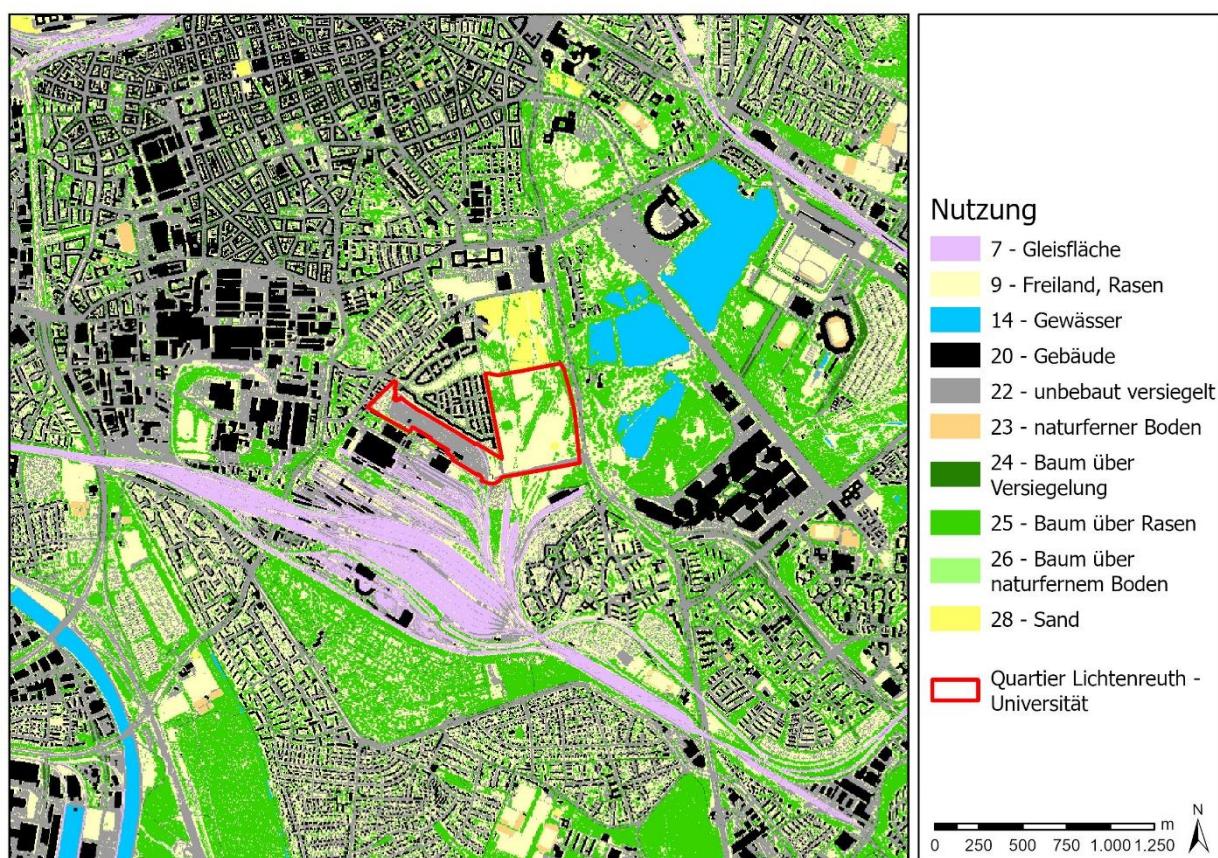


Abbildung 6: Klassifizierte Landnutzung des Ist-Zustandes (mit Modul I) in 5-m-Auflösung.

Die **Abbildung 6** und **Abbildung 7** veranschaulichen die aufbereitete Flächennutzung der beiden modellierten Szenarien. Bestimmungsgrundlage der Nutzungskategorisierung stellen neben den Planungsunterlagen (ausschließlich Plangebiet) 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.

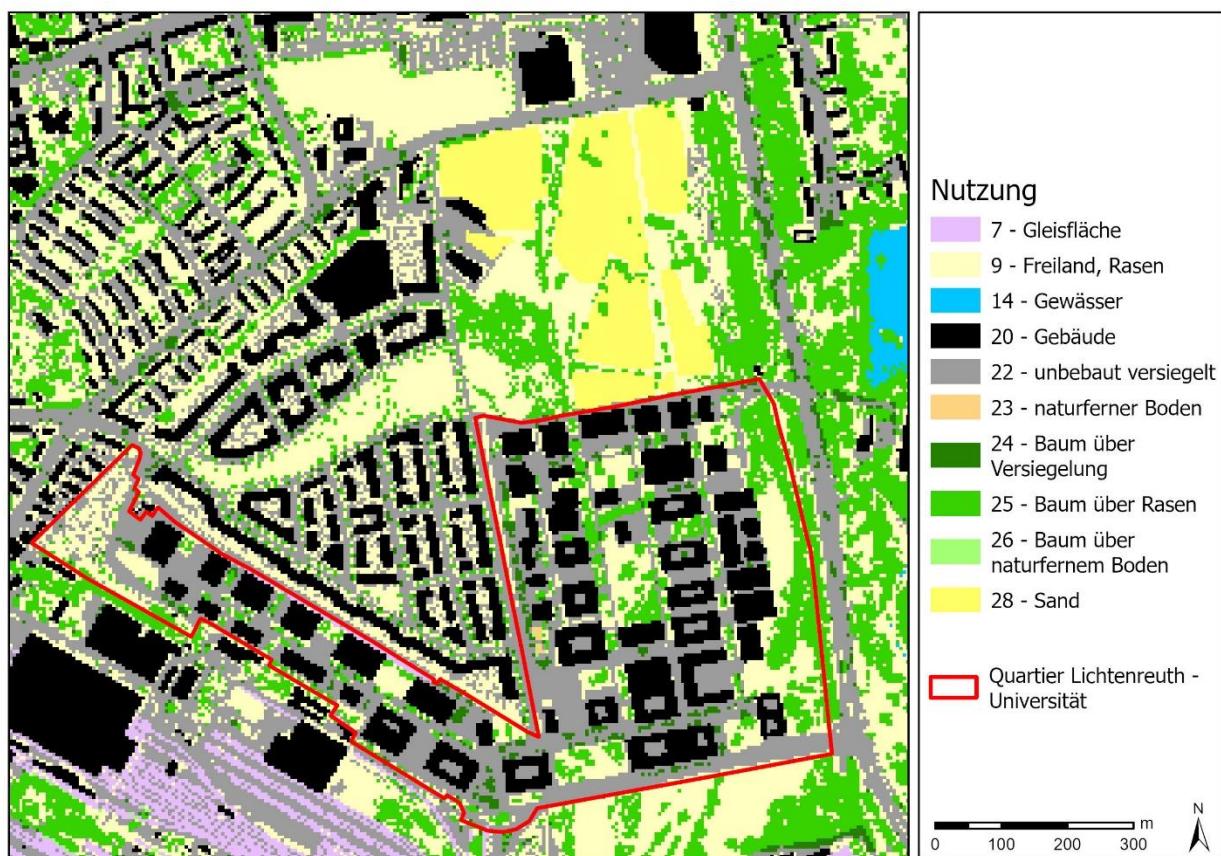


Abbildung 7: Klassifizierte Landnutzung des Plan-Zustandes in 5 m-Auflösung (gezoomte Ansicht).



Abbildung 8: Geländehöhen im Untersuchungsgebiet.

Neben der Landnutzung stellt die Geländeoberfläche eine weitere wesentliche Modelleingangsgröße dar. Im Untersuchungsgebiet ist ein leichtes Nord-Süd-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 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 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 Universitätsgelände weist im Ist-Zustand als größtenteils Brachfläche eine mittlere nächtliche Temperatur von 16,1 °C auf. Im Bereich des westlich gelegenen Ausläufers des Areals, der zurzeit eine

große Parkplatzfläche darstellt, sind durch den hohen Versiegelungsgrad Temperaturen um die 19 °C modelliert.

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-Szenario. 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. Auf versiegelten Flächen im Umfeld der Gebäude und in den Innenhöfen sind Temperaturen um die 19 bis 20 °C modelliert, während Bereiche wie Parks, Baumstandorte oder Rasenflächen geringere Temperaturen zwischen 15 und 17 °C aufweisen. Die mittlere nächtliche Temperatur im Plangebiet beträgt im Planzustand 17,6 °C.

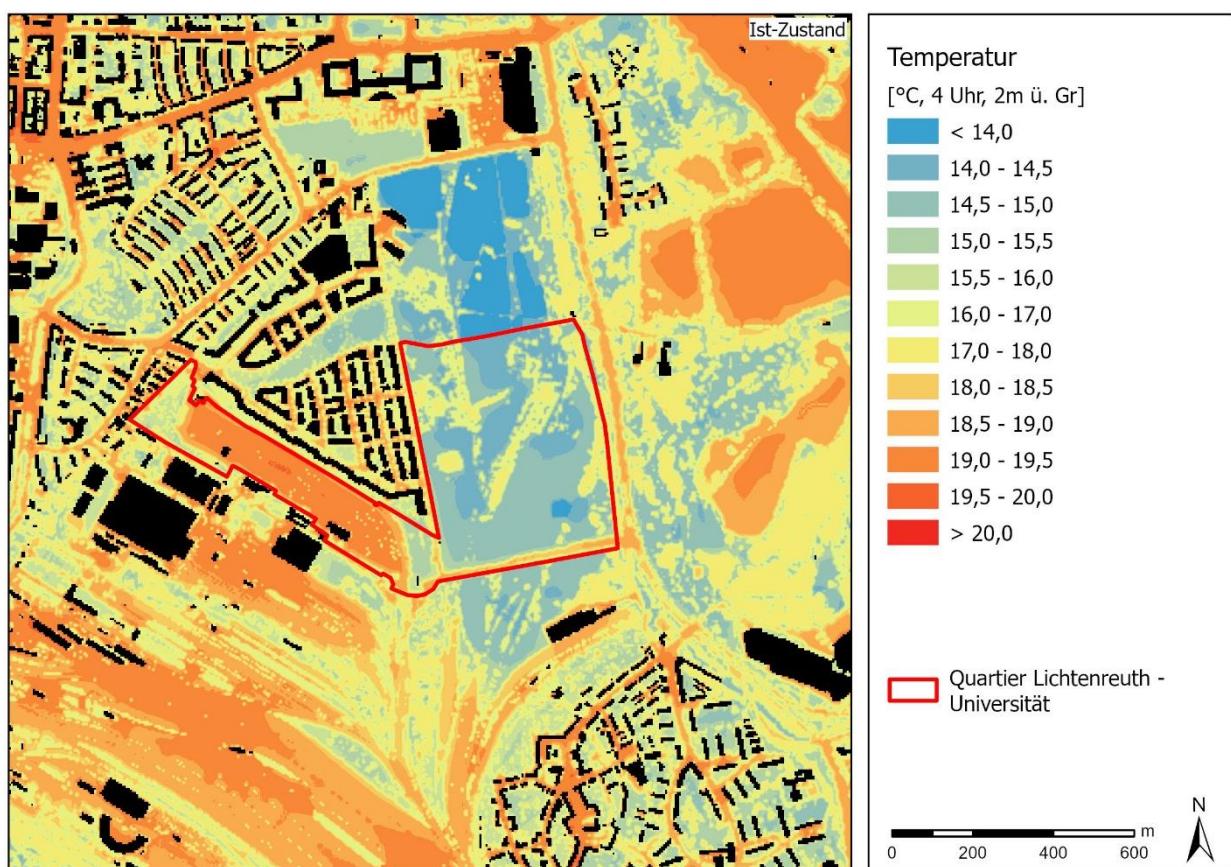


Abbildung 9: Ergebnisdarstellung der modellierten nächtlichen Lufttemperatur.



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 5,6 K. Dies gilt für den zentralen Bereich des Areals, das im Ist-Zustand Brachland ist. Der westliche Ausläufer des Universitätsgeländes zeigt gleichbleibende oder sogar kleinere Temperaturen als im Ist-Zustand, da hier der Grünanteil im Vergleich zur zuvor vollversiegelten Parkplatzfläche erhöht ist. In Summe ergibt sich für das gesamte Plangebiet eine Erhöhung der Temperatur um 1,5 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 des Planareals 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.

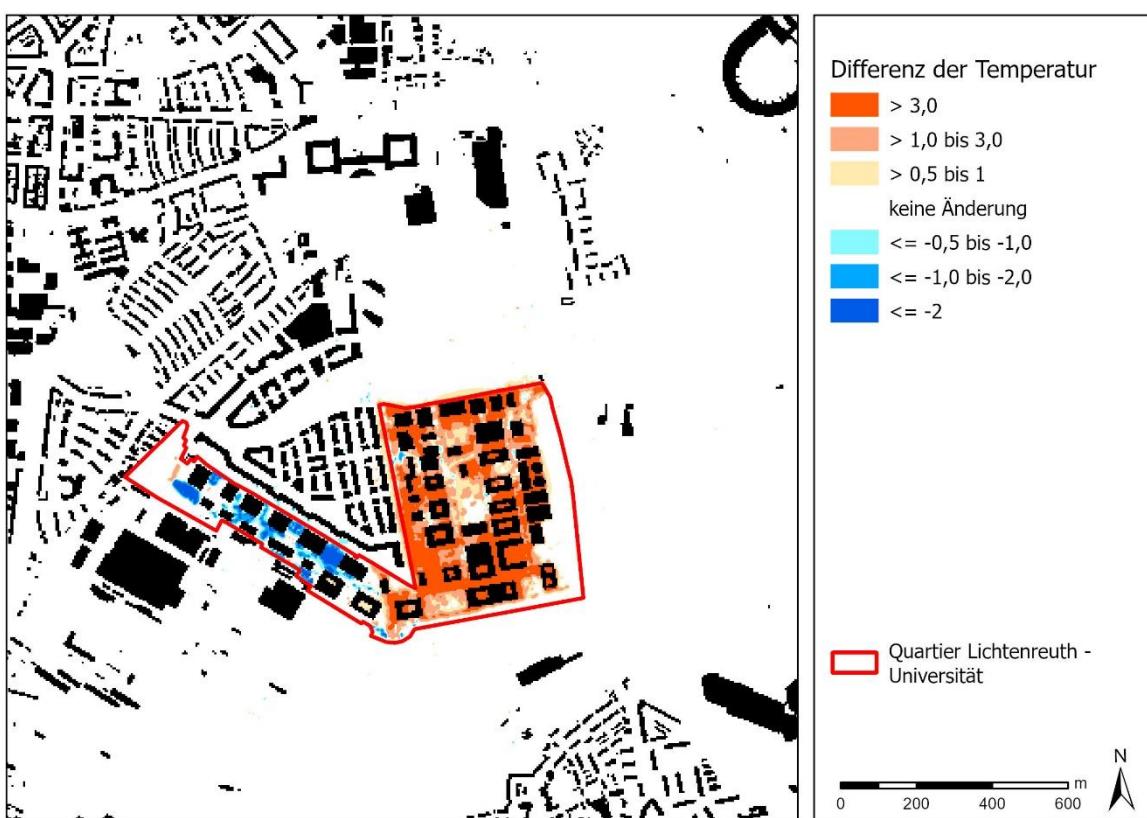
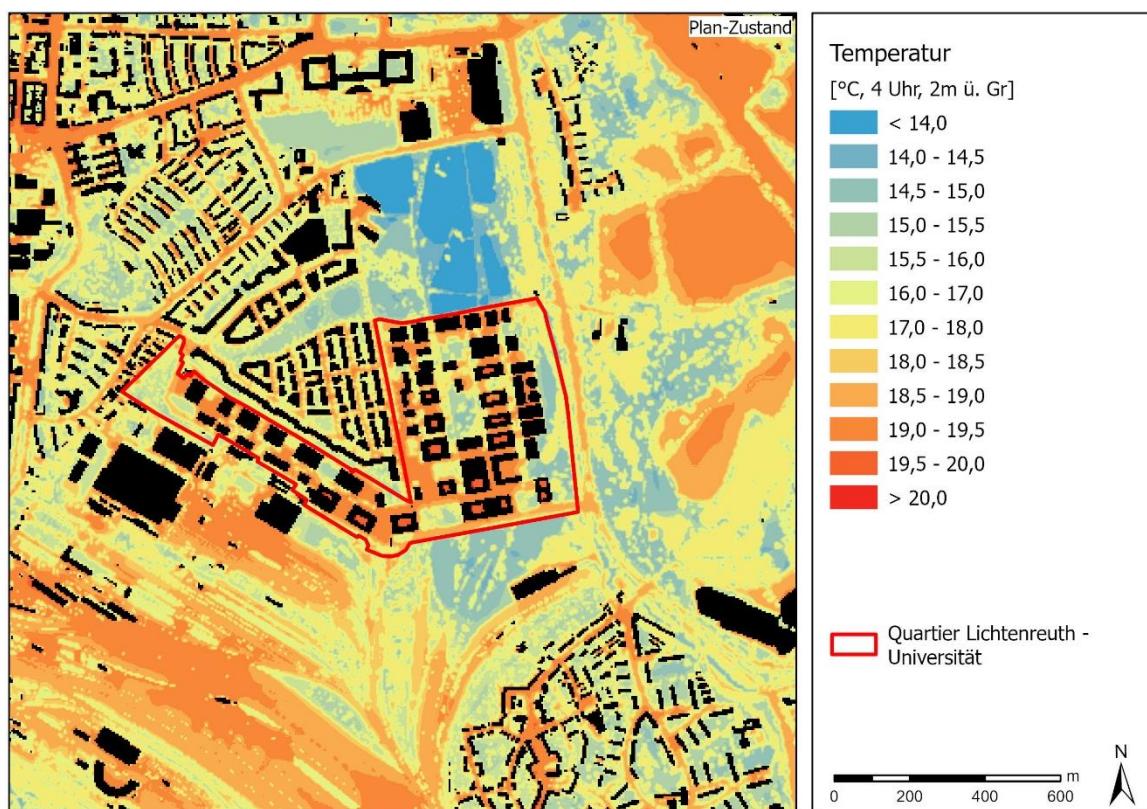


Abbildung 10: Nächtliche Temperatur (4 Uhr) im Plan-Zustand (oben). Differenz zwischen Ist- und Plan-Zustand bei der nächtlichen Temperatur (unten).



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

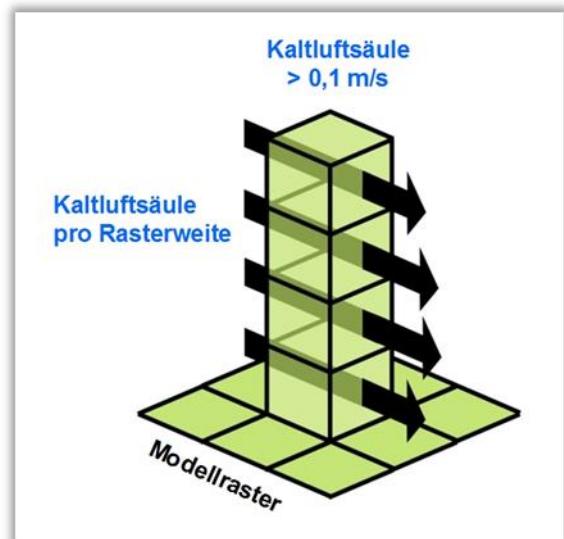


Abbildung 11: Prinzipskizze zum Kaltluftvolumenstrom.

Windpfeilen 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.

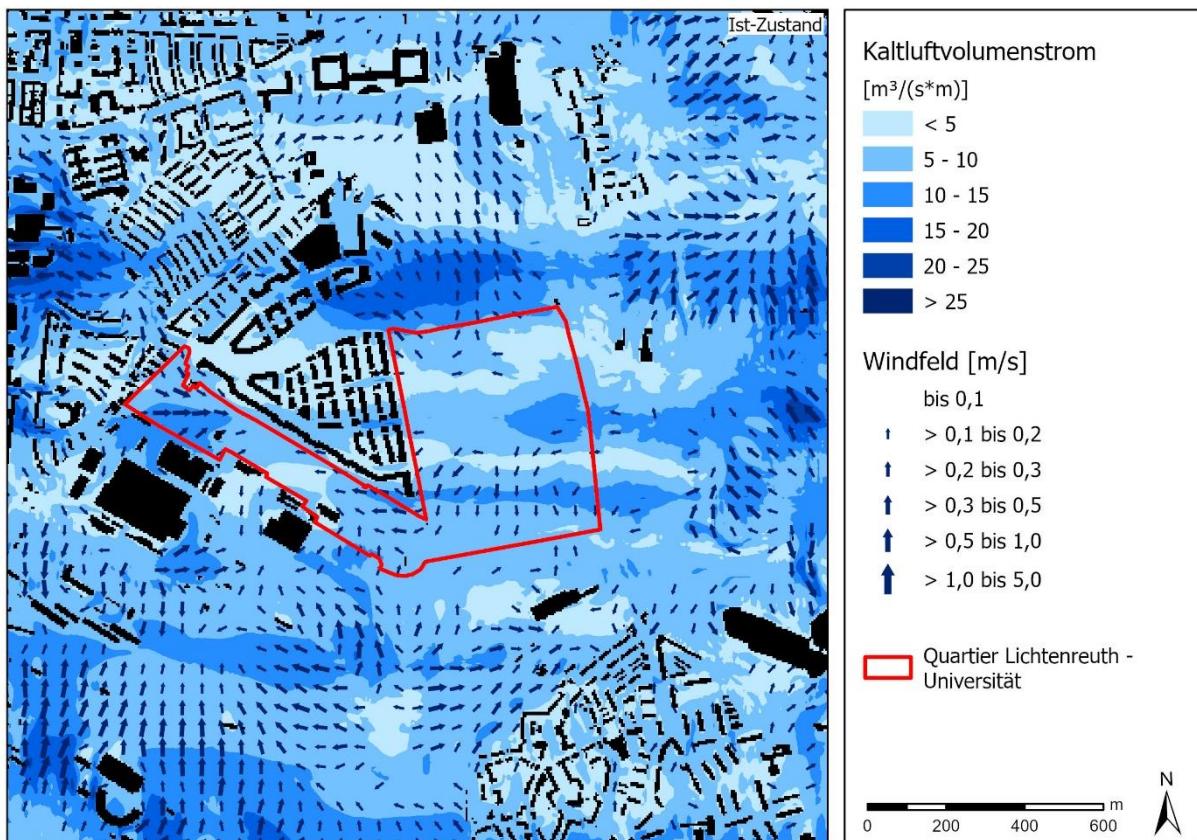


Abbildung 12: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Ist-Zustands.

Die Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms reicht im Untersuchungsgebiet von Werten unter $5 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ bis hin zu Werten knapp unter $30 \text{ m}^3/(\text{s*m})$. 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. Die Planfläche selbst wird nicht stringent überströmt und weist bodennah nur vereinzelt eine Strömung in verschiedene Richtungen auf. Der Kaltluftvolumenstrom, der neben der bodennahen Strömung auch die Kaltluft in größerer Höhe betrachtet, folgt weitestgehend dem bodennahen Windfeld. Nördlich der Planfläche zeigt sich ein größerer Kaltluftvolumenstrom um $18 \text{ m}^3/(\text{s*m})$ mit einer bodennah nördlich gerichteten Strömung, so dass das Planareal nicht davon beeinflusst wird. Dort kann unter anderem das Quartier des angrenzenden Moduls I von der einströmenden Kaltluft profitieren. Auf der Planfläche ist der Kaltluftvolumenstrom gering ausgeprägt mit großflächigen Werten unter $10 \text{ m}^3/(\text{s*m})$.

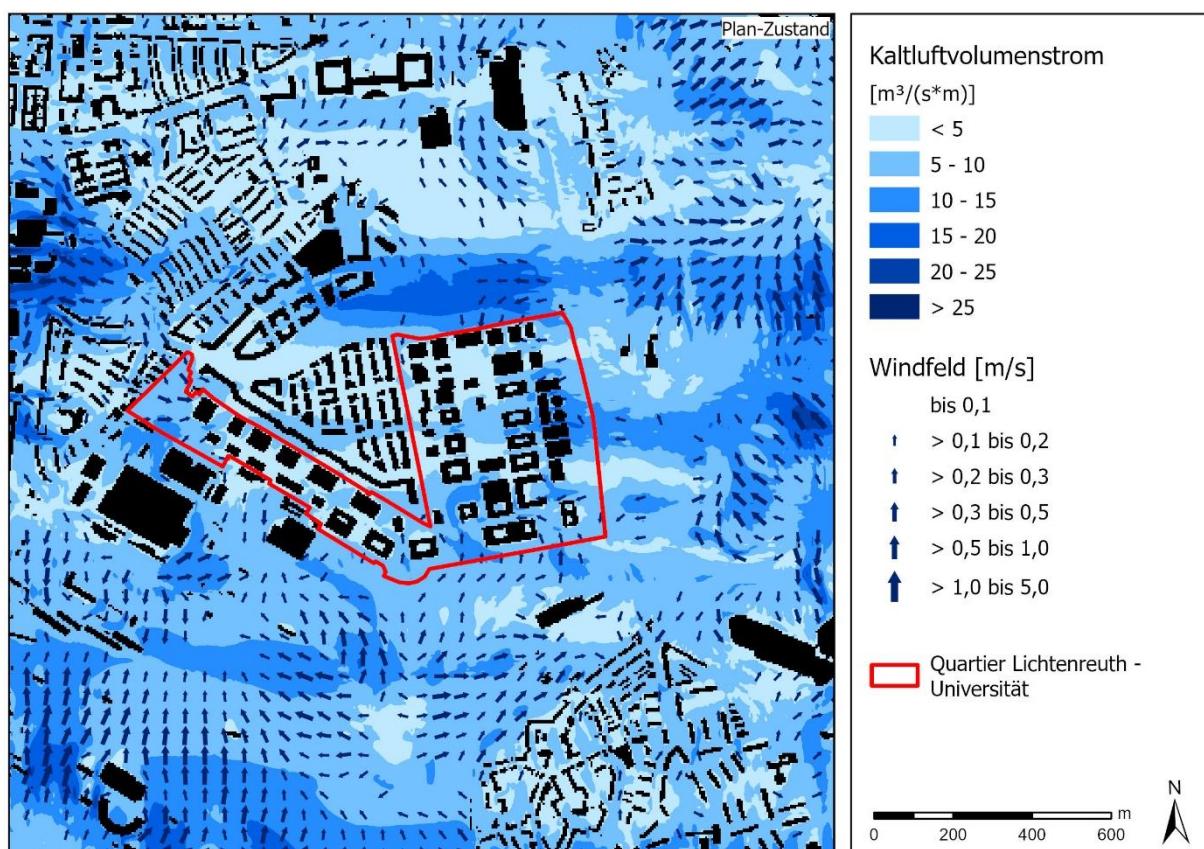


Abbildung 13: Ergebnisdarstellung des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstroms des Plan-Zustands.

In **Abbildung 13** ist die Strömungssituation im Planfall zu sehen. Die neuen Gebäude stellen ein Strömungshindernis dar. Die im Planfall stärker erwärmten bebauten Areale führen kleinräumig zu einem Einströmen der kühleren Luft aus Osten bzw. Süden in die Bebauung, die so zu einer Verbesserung des Mikroklimas führen kann. Durch die nun auf der Planfläche im Vergleich zum Ist-Zustand höhere Temperatur wird auch ein Teil der zuvor nördlich der Fläche in Richtung Norden strömenden Kaltluft ins Plangebiet abgelenkt und kommt dort aber schnell zum Erliegen.

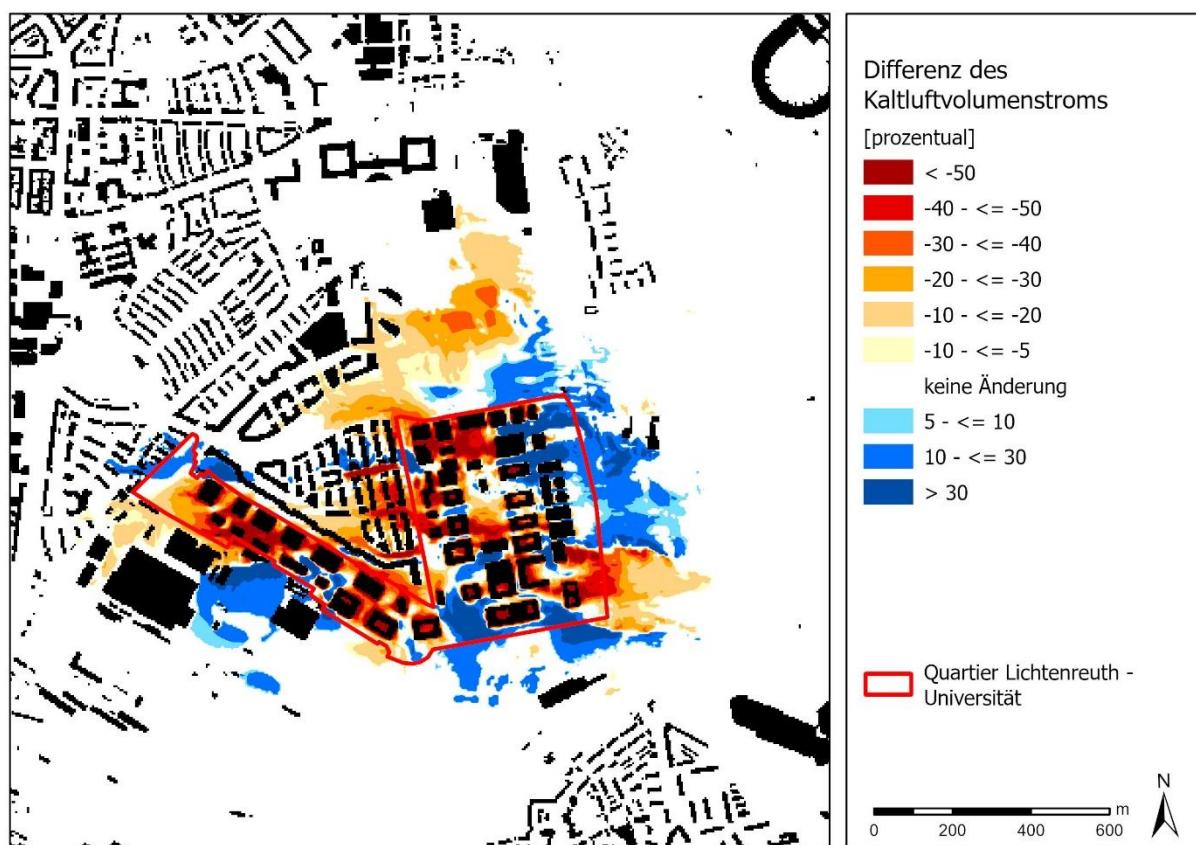
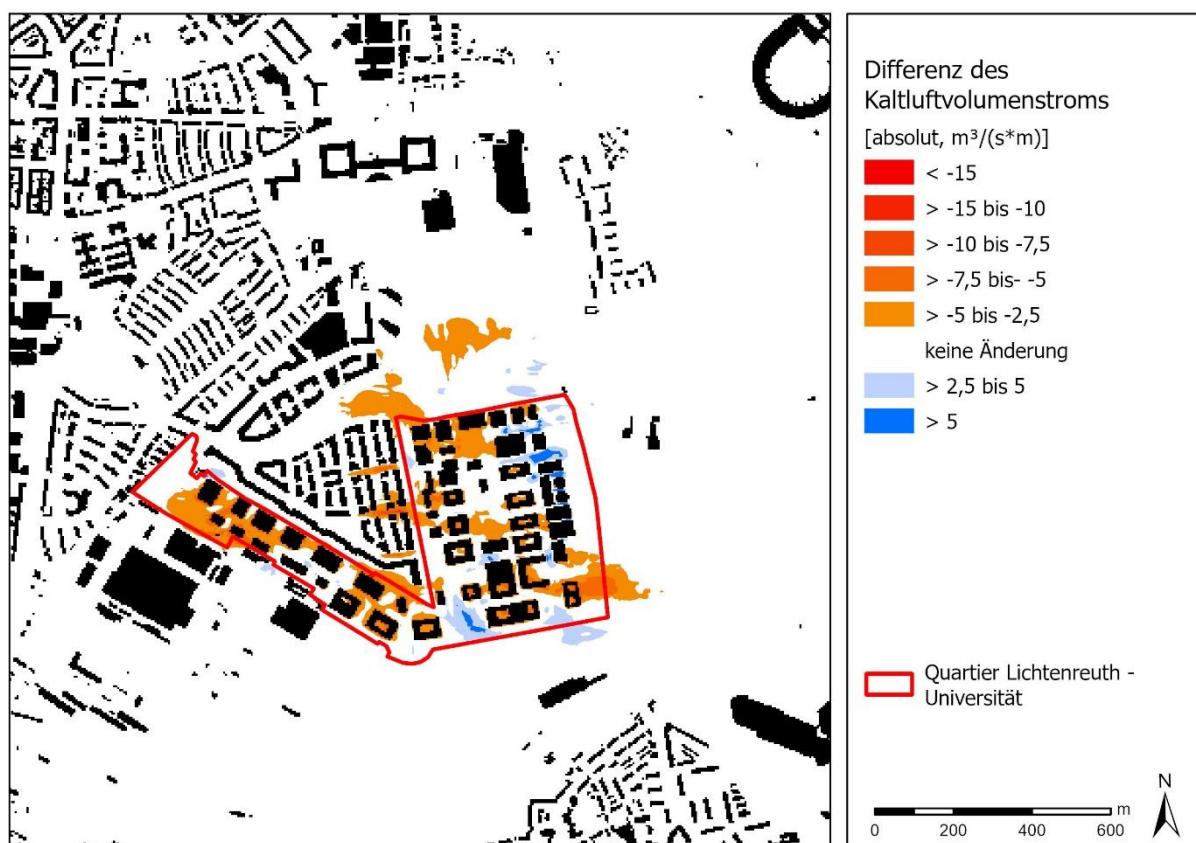


Abbildung 14: Differenz des Kaltluftvolumenstroms. Oben absolute Werte, unten prozentualer Anteil.



Durch die geplante Bebauung des Geländes 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. Vor allem im Osten aber auch im Süden der Planfläche lässt sich eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms (blaue Farbtöne) durch das Einströmen in die zukünftige Bebauung erkennen. Im westlichen Teil und auch der Bereich des Ausliefers des Plangebiets, der zuvor frei überströmt werden konnte, zeigt sich eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms (orange Farbtöne). Das angrenzende Quartier (Modul I) sowie die nördlich gelegene Brachfläche sind ebenfalls kleinräumig 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. Es wird deutlich, dass prozentual betrachtet die Auswirkungen durch die geplante Bebauung weitreichender sind als in der absoluten Betrachtung. Neben Zunahmen vor allem östlich und nördlich der Planfläche sowie durch die Kanalisierung in der Planfläche, kommt es auf dem überplanten Areal selbst sowie im angrenzenden Modul I zu Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms von über 10 %. 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 und im Modul I insbesondere im Straßenraum und den ersten beiden Bebauungsreihen angrenzend an das Plangebiet. 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 Temperatur im Modul I zeigt sowohl im Ist-Zustand (durchschnittliche nächtliche Temperatur 4 Uhr morgens: $15,9^\circ\text{C}$) als auch im Plan-Zustand (durchschnittliche nächtliche Temperatur 4 Uhr morgens: $16,0^\circ\text{C}$) eine günstige bioklimatische Situation. Die in absoluten Werten kleinen Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms haben also auf die bioklimatische Situation im Bestand nur einen sehr geringen Einfluss. Hier zeigt sich, dass die vorgesehene gute Grünanstattung 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 der südlich an den Ausläufer des Universitätsgeländes

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.



angrenzende Rangierbahnhof. 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 Teile des Rangierbahnhofs 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 festgestellt werden, dass die Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms im Wesentlichen auf das Planareal begrenzt bleibt und Wohnnutzungen im Bestand (über das Modul I hinaus) nicht nennenswert davon betroffen sind. Lediglich in der Bestandsbebauung südwestlich des Annexes sind kleinräumige Veränderungen zu erkennen.

4.3 Wärmebelastung am Tag

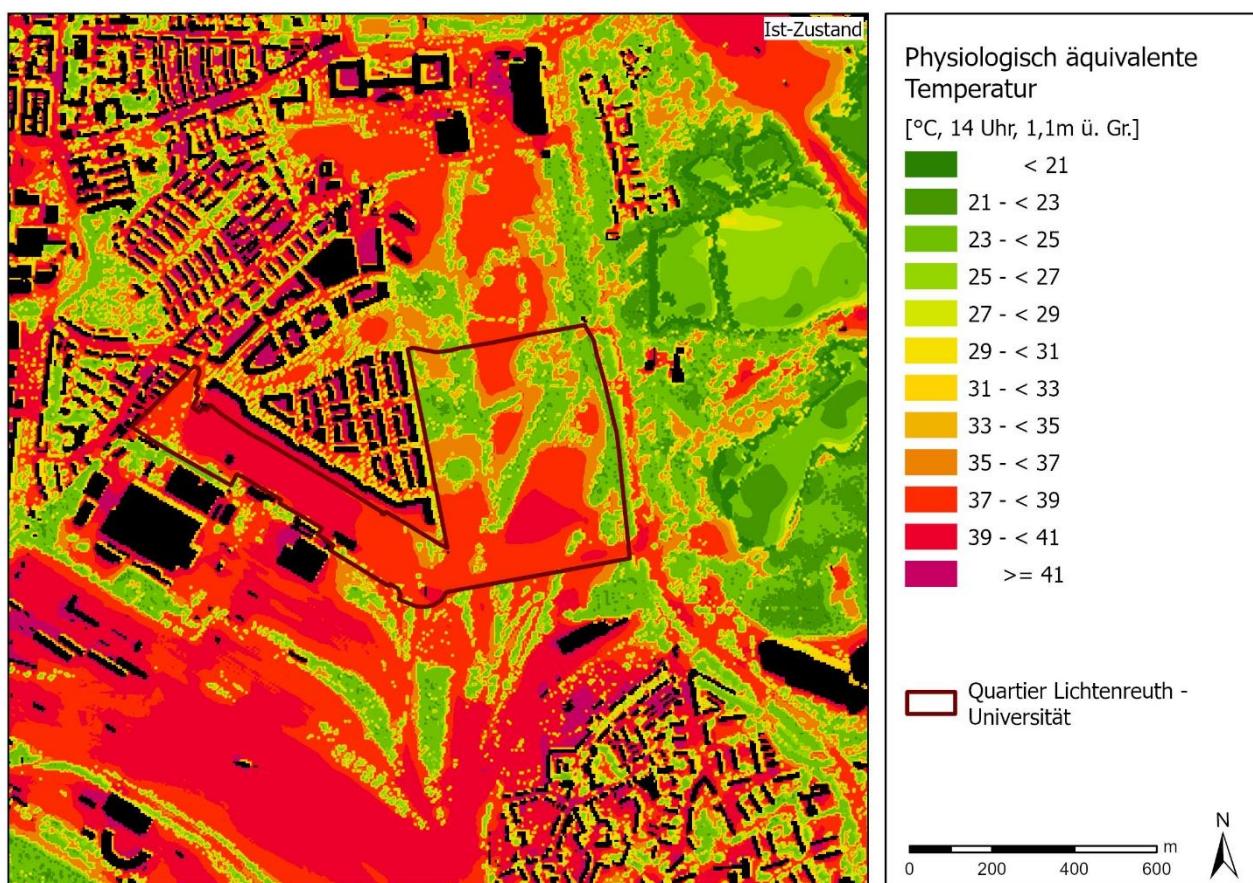


Abbildung 15: Ergebnisdarstellung der modellierten Wärmebelastung am Tag im Ist-Zustand.

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.

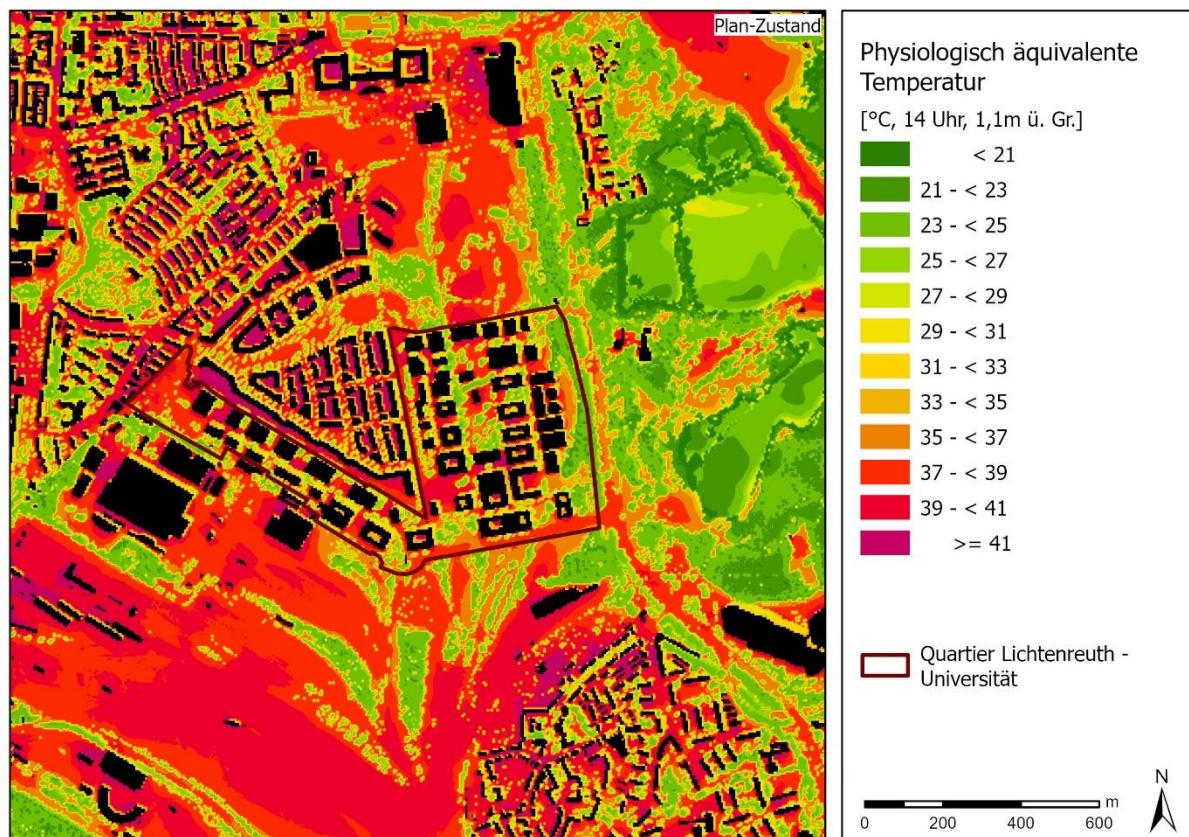


Abbildung 16: Modellierte Wärmeverbelastung am Tag (PET) im Ist-Zustand (oben). Differenz der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (unten).



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 34,3 °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 in vollversiegelten 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 1,0 K auf 33,4 °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 4656 (Universität) in Nürnberg Lichtenreuth untersucht.

In der Ist-Situation zeigt das Plangebiet größtenteils eine günstige bioklimatische Situation. Der Hauptteil der Fläche ist zurzeit ein Konversionsstandort mit einzelnen Sandflächen, Buschbereichen und Wiesenflächen, der in den Nachtstunden gut ausköhlt. Lediglich der westlich gelegene schmale Ausläufer des Universitätsgeländes ist zurzeit ein voll versiegelter Parkplatz, der durch hohe Temperaturen in den Nachtstunden hervorsticht. 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. Auf der Planfläche selbst 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 4656 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 hinaus gehende Veränderungen festzustellen.

Die nächtlichen Temperaturen im Plangebiet 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. Der Ausläufer des Universitätsgeländes, der im Ist-Zustand voll versiegelt ist, profitiert bei der Umsetzung der Planung von den neu geschaffenen begrünten Bereichen, was in einem Absinken der Temperaturen dort zu erkennen ist. Die zurzeit angedachte Planung sieht teilweise größere versiegelte Bereiche auf dem Planareal vor (z.B. Plätze und Innenhöfe), die im Temperaturfeld deutlich erhöht erkennbar sind. Insgesamt bildet sich im neuen Quartier aber noch ein günstiges Bioklima aus. Es profitiert vor allem von den vorgesehenen kleinen Parks und Grünflächen innerhalb der Bebauung sowie den geplanten Baumstandorten.

Das nächtliche Strömungsgeschehen verändert sich durch die zukünftige Bebauung weitreichender. Die geplanten Gebäude stellen ein Strömungshindernis dar und ziehen gleichzeitig durch ihre höhere Temperatur Kaltluft an. So kommt es vor allem zu einem Zustrom und einer Kanalisierung der Kaltluft zwischen die Gebäude aus den umliegenden Freiflächen, so dass das geplante Quartier mit Kaltluft versorgt wird. Die Strömung kommt innerhalb der Bebauung zum Erliegen, was zu einer Abnahme des Kaltluftvolumenstroms im Westen der Planfläche und darüber hinaus in der angrenzenden Bebauung (vor allem Modul I) führt. Auch im Bereich der Ausläufer des Universitätsgeländes nimmt die Strömung durch die Hinderniswirkung der Gebäude größtenteils ab. In diesen Bereichen findet nur wenig Luftaustausch von außerhalb statt. Kaltluft kann aber weiterhin innerhalb des Quartiers aufgrund der Durchgrünung gebildet werden. Kleinräumig verändert die geplante Bebauung das Strömungsgeschehen auch südlich des westlichen Ausläufers des Universitätsgeländes erkennbar. Im Planfall verstärkt sich der Zustrom der Kaltluft aus der Universitätsfläche in Richtung Rangierbahnhof, da dieser nun ein „Hotspot“ mit den höchsten Temperaturen in der Umgebung darstellt. 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 Grünanstattung 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 festlegt, wird für Teile des Modul I und sowie kleinräumig in den südlich der Planfläche gelegenen Gewerbegebieten bzw. Wohngebieten 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 4656 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 zentral gelegenen 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 Grünausstattung fehlen und durch die großen Gebäudekörper zusätzlich Wärme gespeichert wird.

Bei Umsetzung des B-Plans 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. Die größeren versiegelten und nicht begrünte Bereiche zeigen lokal erhöhte nächtliche Temperaturen und PET-Werte am Tage und weisen daher eine entsprechend schlechtere bioklimatische Situation auf. Entscheidend für das günstige Bioklima in der Planfläche ist also vor allem die Grünausstattung, die in den bioklimatisch stärker belasteten Bereichen verbessert werden sollte. Zusätzlich kann auch der Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünung in Erwägung gezogen werden. 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 größeren zentralen 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.



Abbildung 17: Mögliche Bereiche für eine Öffnung der Bebauung

Die B-Plan-Fläche wird im Planfall vor allem von Osten und Süden belüftet. Der insgesamt eher gering ausgeprägte Kaltluftvolumenstrom führt dazu, dass nur ein Teil der Fläche von der „externen“ Kaltluft erreicht wird. Eine Öffnung der Bebauung am östlichen Rand zu den größeren Grünbereichen entlang der Münchener Straße könnte ein besseres Einströmen der Kaltluft erwirken. Hier ist zurzeit eine sehr dichte Anordnung der Gebäude vorgesehen. Die Öffnung des Straßenraums analog zu den westlich dahinter liegenden Bereichen würde ein tieferes Eindringen der Kaltluft aus Osten in die Fläche ermöglichen. 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 Konversionsstandort 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 Gewerbegebiete 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.
- 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 4656 kommt es zu klimaökologischen Veränderungen.
- Die Veränderungen des nächtlichen Temperaturfelds und der Physiologisch Äquivalenten Temperatur am Tage sind vornehmlich auf das Plangebiet beschränkt.
- Durch das steigende Gebäudevolumen und den höheren Versiegelungsgrad kommt es fast überall zu einer Erhöhung der nächtlichen Temperaturen im Plangebiet. Die bioklimatische Situation in der Nacht im Planareal ist durch die gute Grünausstattung insgesamt als günstig anzusehen. Es gibt aber lokal stark versiegelte Bereiche mit erhöhten Temperaturen.
- 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.



- 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 vor allem von Osten und Süden. 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. Bereiche mit bisher wenig Grünflächen und (Straßen-)Bäumen identifizieren und entsprechend nachrüsten.
- Falls möglich „Öffnung“ der dichten Bebauung im Osten des Geländes.
- 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 Aufenthaltsflächen 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 Pflasterrasen, Rasengittersteine oder Schotterrassen.

Zwischen den Gebäuden liegende Freiflächen können mit gut wasserversorgten Wiesenflächen und kleinen Baumgruppen gestaltet werden, die mit offenen multifunktionalen Wasserflächen (z.B. Retentionsraum für Starkregenereignisse), künstlich geschaffenen 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 „Zukunftsäume 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 ggf. 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

Geprüft von:

Dirk Funk (Dipl. Geographie)

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.