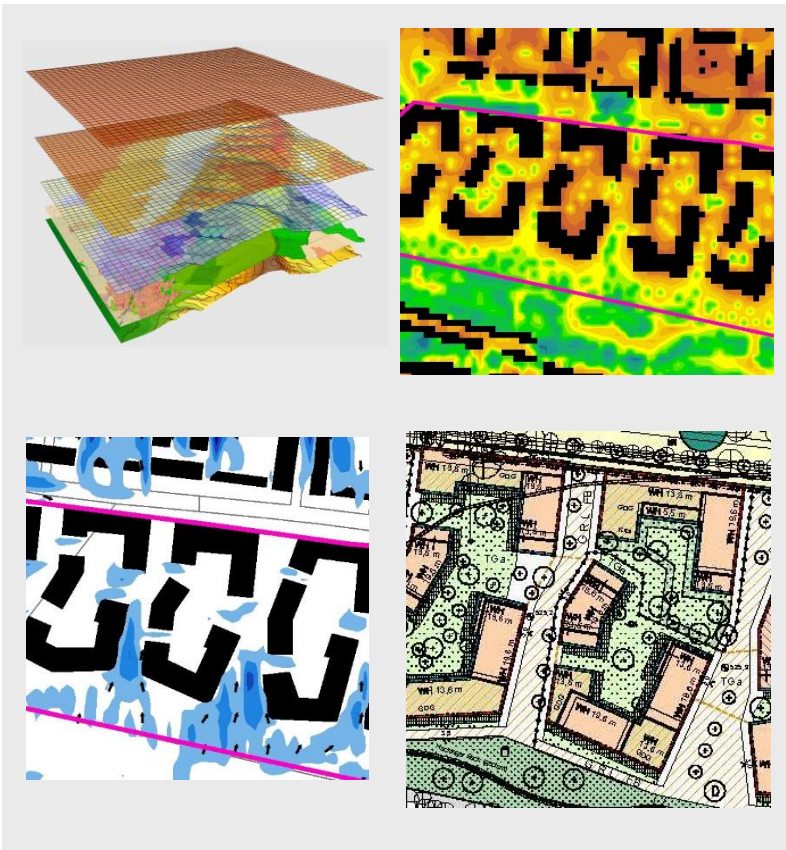
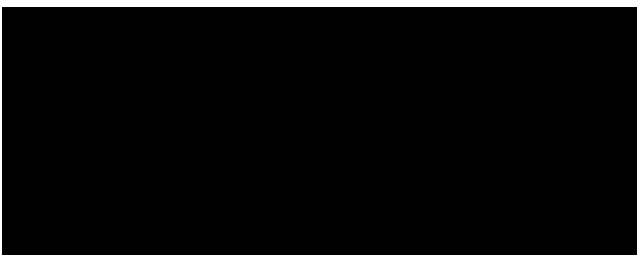


# Vertiefendes stadtklimatisches Gutachten für B-Plan Nr. 2127 Truderinger Straße | München

Ist- & Plan-Zustand-Modellierung, Planungsempfehlungen



Auftraggeber:



## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung, Bestands- und Plansituation im Untersuchungsgebiet.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Methode der modellgestützten Analyse .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Datengrundlage.....</b>	<b>8</b>
<b>4 Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Ergebnisse der Übersichtsmodellierung .....</b>	<b>12</b>
5.1 Bodennahes Temperaturfeld (Nacht) .....	12
5.2 Bodennahes Strömungsfeld (Nacht) .....	15
5.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht) .....	18
5.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag).....	21
5.5 Fazit .....	25
<b>6 Planungsempfehlungen für eine zukünftige Bebauung des geplanten     Wohngebiets.....</b>	<b>29</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>31</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gestaltung der Hofräume .....	3
Abbildung 2: Grünausstattung der Gassenräume .....	4
Abbildung 3: Ausschnitt Bewertungskarte Stadtklima .....	5
Abbildung 4: oben: Untersuchungsgebiet mit Planfläche (pinker Umriss); unten: geplante Bebauung .....	6
Abbildung 5: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage .....	7
Abbildung 6: Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet .....	8
Abbildung 7: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen .....	11
Abbildung 8: Temperatur um 4 Uhr morgens, Istzustand .....	13
Abbildung 9: oben: Temperatur um 4 Uhr morgens, Planzustand .....	14
Abbildung 10: Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens, Istzustand .....	16
Abbildung 11: oben: Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens, Planzustand .....	17
Abbildung 12: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom .....	18
Abbildung 13: Kaltluftvolumenstrom um 04 Uhr morgens, Istzustand. ....	19
Abbildung 14: oben: Kaltluftvolumenstrom um 04 Uhr morgens, Planzustand. ....	20
Abbildung 15: PET (°C) im Untersuchungsgebiet um 14 Uhr, Istzustand .....	22
Abbildung 16: PET (°C) im Untersuchungsgebiet um 14 Uhr, Planzustand .....	23
Abbildung 17: Differenz der PET um 14 Uhr .....	24

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden.	22
Tabelle 2: Planungsempfehlungen für das Wohngebiet „Truderinger Straße“ in München .....	30

## 1 Einleitung, Bestands- und Plansituation im Untersuchungsgebiet

Die Stadt München liegt in Bayern und hat etwa 1,4 Mio. Einwohner. Klimatisch lässt sich die Stadt der westeuropäisch-subozeanischen Zone zuordnen. Sie wird nach Köppen und Geiger in ein Cfb-Klima eingeordnet.

Das etwa 6,85 ha große Plangebiet liegt im Osten der Stadt an der Truderinger Straße (Abbildung 4). Der durch den Stadtrat der Landeshauptstadt München am 01.07.2020 gebilligte Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2127 sieht auf der jetzigen Ackerfläche die Umsetzung von Geschosswohnungsbauten unterschiedlicher Höhen in einer aufgelockerten Blockstruktur vor. Ein Umweltbericht liegt vor. Der städtebauliche und landschaftsplanerische Entwurf „Truderinger Straße in München – Berg am Laim“ von [REDACTED] und [REDACTED] liegt dem Bebauungsplanentwurf zu Grunde. In einem ergänzenden Gestaltungsleitfaden werden die städtebaulichen und landschaftsplanerischen Leitideen für das neue Quartier festgehalten. Er ergänzt die planungsrechtlichen Festsetzungen und Regelungen und stellt die qualitative Sicherung des Entwurfs bei der Umsetzung dar. ([REDACTED])

Die Erschließung des neuen Quartiers erfolgt über die Truderinger Straße. Hier sind auch einige Besucherstellplätze geplant. Im Quartier selbst ist kein Autoverkehr zugelassen. Die Häuser werden in fünf Baublöcken um begrünte und vielfältig nutzbare Innenhöfe errichtet (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Gestaltung der Hofräume (03 ARCHITEKTEN GMBH, realgrün LANDSCHAFTSARCHITEKTEN 2020)

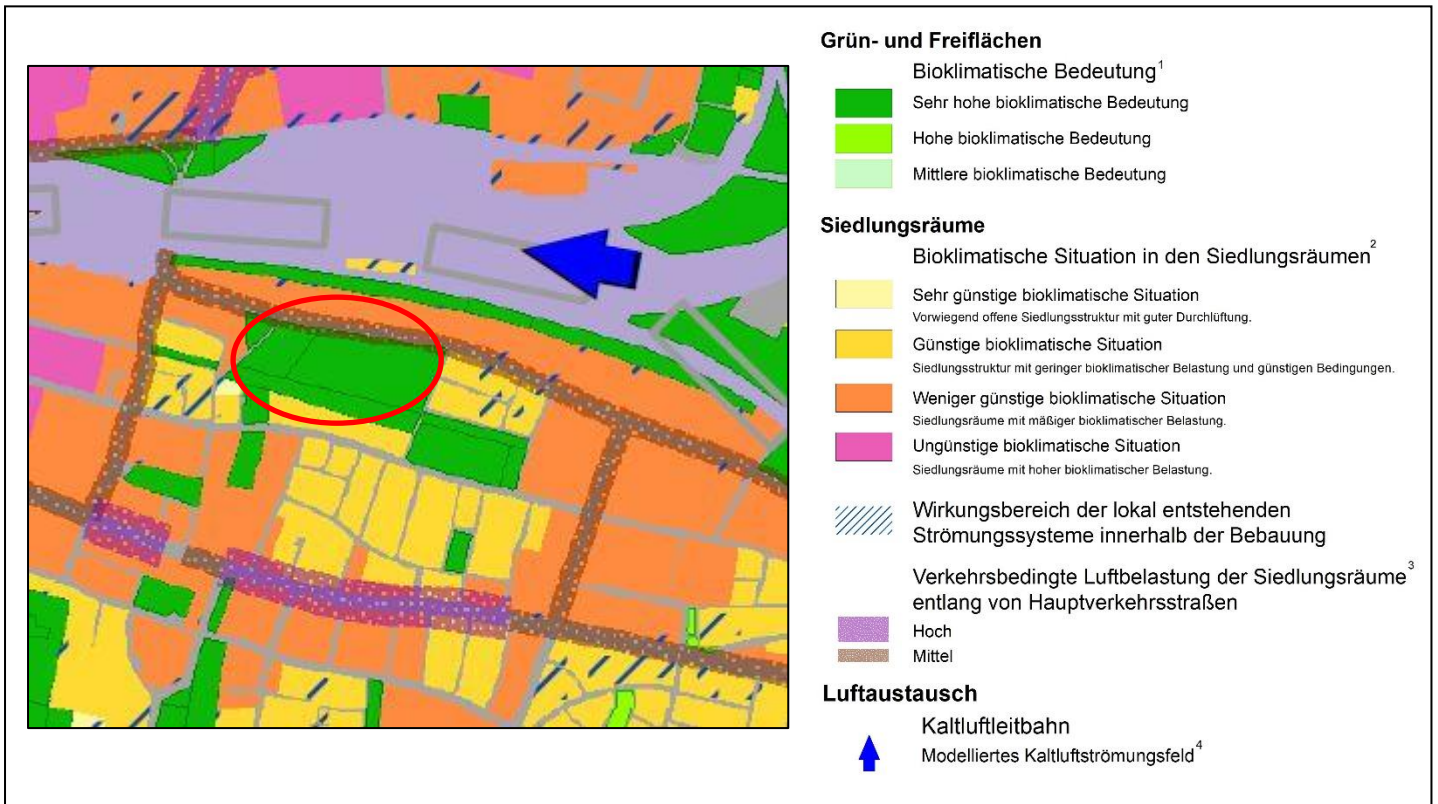
Die zwischen den Baublöcken liegenden Gassenräume in Nord-Süd-Ausrichtung werden mit Bäumen ausgestattet und dienen als Aufenthalts- und Begegnungsräume für die vor Ort lebende Bevölkerung (Abbildung 2). Die Dachflächen der Wohnhäuser werden begrünt. Auf Teilflächen sollen vorrangig gemeinschaftlich und daneben privat nutzbare Dachgärten als ergänzendes Freiflächenangebot für die Bewohner des Quartiers entstehen.



**Abbildung 2:** Grünausstattung der Gassenräume (03 ARCHITEKTEN GMBH, realgrün LANDSCHAFTSARCHITEKTEN 2020)

Entlang der südlichen und östlichen Planungsgrenze soll um den freizulegenden Hachinger Bach eine öffentliche Grünfläche mit vielfältigen Strukturen angelegt werden. Dieses Vorhaben ist planfestgestellt und kann daher planungsrechtlich losgelöst von der geplanten Wohnbebauung umgesetzt werden. Die Freilegung ist jedoch unmittelbar mit der Quartiersentwicklung (Abtretung und Herstellung der öffentlichen Grünflächen) verknüpft.

Für die Stadt München liegt eine gesamtstädtische Klimaanalyse aus dem Jahr 2014 vor (GEO-NET 2014). Die im Zuge dieser Analyse entstandene Bewertungskarte Stadtklima ist in einem Ausschnitt in Abbildung 3 zu sehen. Die zu überplanende Fläche ist rot eingekreist. Es handelt sich zurzeit um eine freie Rasen-/Ackerfläche, die als Fläche sehr hoher bioklimatischer Bedeutung eingeschätzt wird. Die Siedlungsräume um die Planfläche herum weisen eine günstige bis weniger günstige bioklimatische Situation auf. Insgesamt ist der Bereich für ein innerstädtisches Gebiet gut durchgrünt. Der nördlich der Planfläche gelegene Gleisstrang fungiert im gesamtstädtischen Kontext zudem als Leitbahn.



**Abbildung 3:** Ausschnitt Bewertungskarte Stadtklima (GEO-NET 2014)

Ziel der vorliegenden klimaökologischen Untersuchung ist, das Klima-Geschehen in und um die Planfläche detaillierter zu analysieren. Dies erfolgt über eine 5m-Auflösung und eine Betrachtung der Ist- und Plan-Situation, also einem Vergleich von jetziger Bebauung und der geplanten Neubebauung. Hierbei wird vor allem die Veränderung innerhalb des Plangebiets im Fokus stehen, aber auch die Veränderungen in den angrenzenden Wohngebieten werden beurteilt. Es wird dargelegt, in welchem Maße die Veränderungen auf der Planfläche die umgebenden Siedlungsgebiete und ihre bioklimatische Situation beeinflussen.



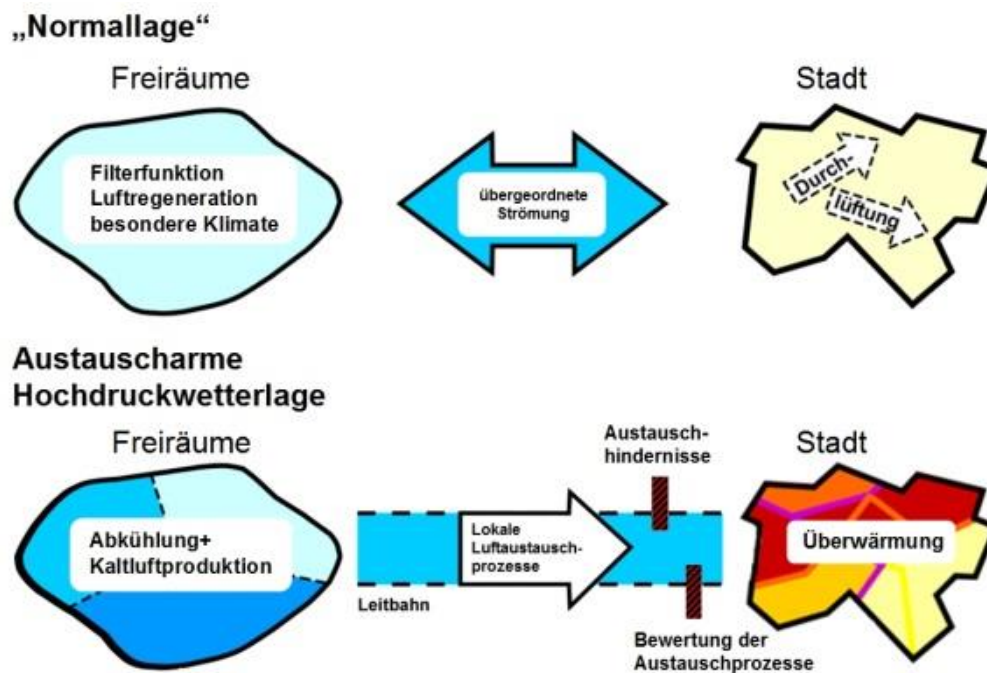
**Abbildung 4:** oben: Untersuchungsgebiet mit Planfläche (pinker Umriss) (DOP: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern)  
unten: Entwurf Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2127 (Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung (Stand: 20.01.2020))

## 2 Methode der modellgestützten Analyse

Eine modellgestützte Analyse der klimaökologischen Prozesse und Zustände im Untersuchungsraum soll klären, ob und in welchem Umfang das geplante Wohngebiet an der Truderinger Straße das Klimageschehen im Plangebiet verändert und in welcher Form angrenzende Siedlungsgebiete von klimatischen Veränderungen betroffen sind.

Die regionale klimaökologische Funktion des Areal wird anhand einer mesoskaligen Klimamodellierung mit dem Modell FITNAH-3D mit einer Rasterauflösung von 5 m ermittelt. Die Untersuchung betrachtet die Nachtsituation und berücksichtigt Lufttemperatur, Windrichtung und –geschwindigkeit und Kaltluftvolumenstrom sowie die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) für die Tagsituation als meteorologische Größen.

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (vgl. Abbildung 5). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus (innerstädtischen) Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen.



**Abbildung 5:** Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage (eigene Abbildung)



### 3 Datengrundlage

Die Modellierung wurde mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH durchgeführt. Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss 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.

Das gesamte Rechengebiet hat bei einer Abmessung von 1000 m x 800 m eine Fläche von 0,8 km<sup>2</sup> (vgl. Abbildung 6). Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 5 m x 5 m, wobei zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen Daten des bayrischen Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung genutzt wurden. Mit Hilfe eines DGMS, DOMs und CIR-Luftbildern wurden die Eingangsdaten für das Modell aufbereitet. Für die Darstellung der Gebäude wurden kostenfrei zur Verfügung stehende OpenStreetMap Daten genutzt. Eine Überprüfung bzw. Ergänzung der Daten erfolgte auf Basis von Luftbildern, sowie nach Vorgaben der [REDACTED] für das Plangebiet (Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet (eigene Abbildung [REDACTED]  
Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

## 4 Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten mikro- und mesoskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt bzw. Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind Land-See-Winde, der Einfluss von Hindernissen auf den Wind (z.B. Kanalisierung, Umströmung), Flurwinde oder Düseneffekte in Straßen sowie das Phänomen der städtischen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Wesentlichen bekannt ist, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände. Entsprechend ist es schwierig aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten, jedoch kann dieser Nachteil mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988). Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

### Grundlagen mesoskaliger Modelle

Die Verteilung lokalklimatisch relevanter Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische

Größen berechnen und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden, um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung stadtklimatologisch wichtiger Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst.

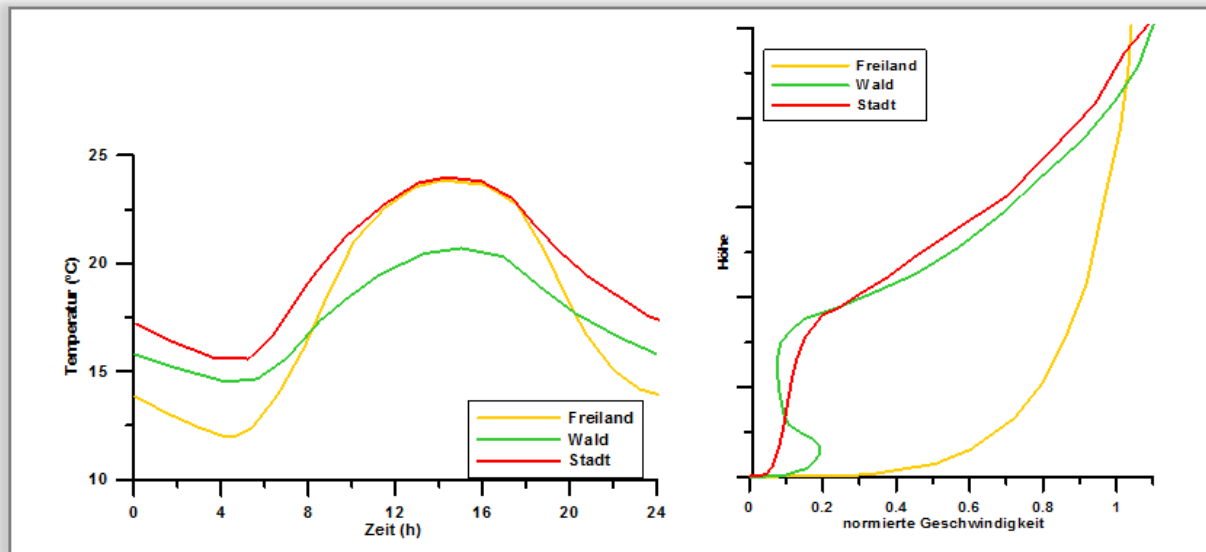
Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite 5 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

### **Betrachtete Wetterlage**

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH legt eine autochthone Wetterlage zugrunde. Diese wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut ausprägen. Entsprechend wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen folgendermaßen festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- kein überlagernder geostrophischer Wind,
- relative Feuchte der Luftmasse 50%.

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei der austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht. Bei gleichzeitiger hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal humanbioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden (Darstellung eines *worst case*-Szenarios). Charakteristisch für diese (Hochdruck-)Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.



**Abbildung 7:** Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung nach GROß 1992)

In Abbildung 7 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen wie z.B. Wiesen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

Die Modellierung wurde ohne übergeordnete Anströmung durchgeführt.

## 5 Ergebnisse der Übersichtsmodellierung

In diesem Kapitel werden die meteorologischen Felder der FITNAH-Rechnung betrachtet. Zur Beschreibung der Nachtsituation (4 Uhr) werden Lufttemperatur, bodennahes Windfeld (Windgeschwindigkeit und -richtung) und Kaltluftvolumenstrom als meteorologische Größen herangezogen. Um eine sinnvolle Einschätzung der bioklimatischen Belastungssituation im Untersuchungsgebiet zu erhalten, dient die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) zum Zeitpunkt 14 Uhr als bioklimatische Kenngröße. Gegenüber vergleichbaren Indizes wie dem PMV (=Predicted Mean Vote) hat die PET vor allem den Vorteil, aufgrund ihrer °C-Einheit auch von Laien besser nachvollzogen werden zu können.

### 5.1 Bodennahes Temperaturfeld (Nacht)

Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, weshalb der Belastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

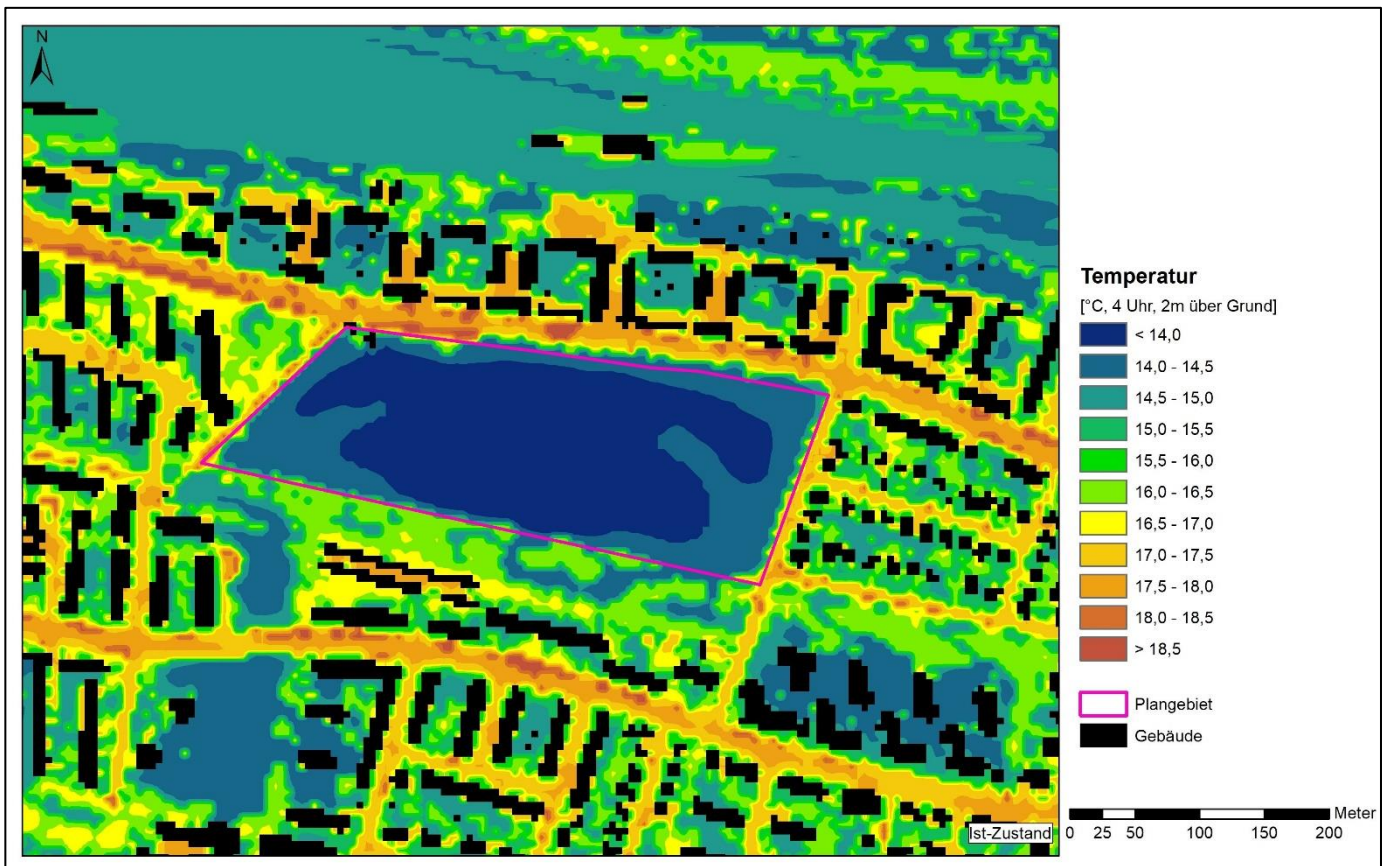
#### Istzustand

Die Temperaturverteilung ist räumlich differenziert, da Areale mit (Wohn-)bebauung, Verkehrsanlagen sowie Grünflächen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften aufweisen. Die bodennahe Lufttemperatur im Umfeld der Planfläche zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens für den Ist-Zustand zeigt die Abbildung 8. Im Untersuchungsraum ergibt sich eine Spannweite der Temperatur von etwa 4,5 °C. Diese recht kleine Spannweite ist auf die eher homogene Struktur mit einem hohen Grünanteil im Untersuchungsgebiet zurück zu führen. Auch ist aus diesem Grund das Temperaturniveau eher gering. Mit Temperaturen von zum Teil über 18,5 °C treten die höchsten Temperaturen im Bereich der Straßen und voll versiegelten Arealen auf. Insbesondere unter den Bäumen ist die nächtliche Abkühlung reduziert.

Die niedrigsten Temperaturen im Untersuchungsgebiet um 14 °C werden im Bereich der großen zu bebauenden Freifläche modelliert, die durch eine intensive nächtliche Wärmeausstrahlung rasch auskühlt und Kaltluft produziert. Dazwischen ordnen sich die Wohngebiete ein, die je nach Überbauungs- und Versiegelungsgrad unterschiedlich hohe Temperaturen aufweisen. Baum- und strauchbestandene Bereiche über Rasen weisen Temperaturen um 16 °C auf. Hier wird aufgrund des dichten Kronendaches die Wärmeausstrahlung gedämpft, so dass es zu vergleichbar hohen Temperaturen in 2 m über Grund kommt.

#### Planzustand

Das Temperaturfeld in 2 m Höhe für den Planzustand ist in Abbildung 9 oben mit der geplanten Bebauung im Plangebiet dargestellt. Die Abweichungen zwischen Plan- und Istzustand zeigt Abbildung 9 unten als Absolutwerte.



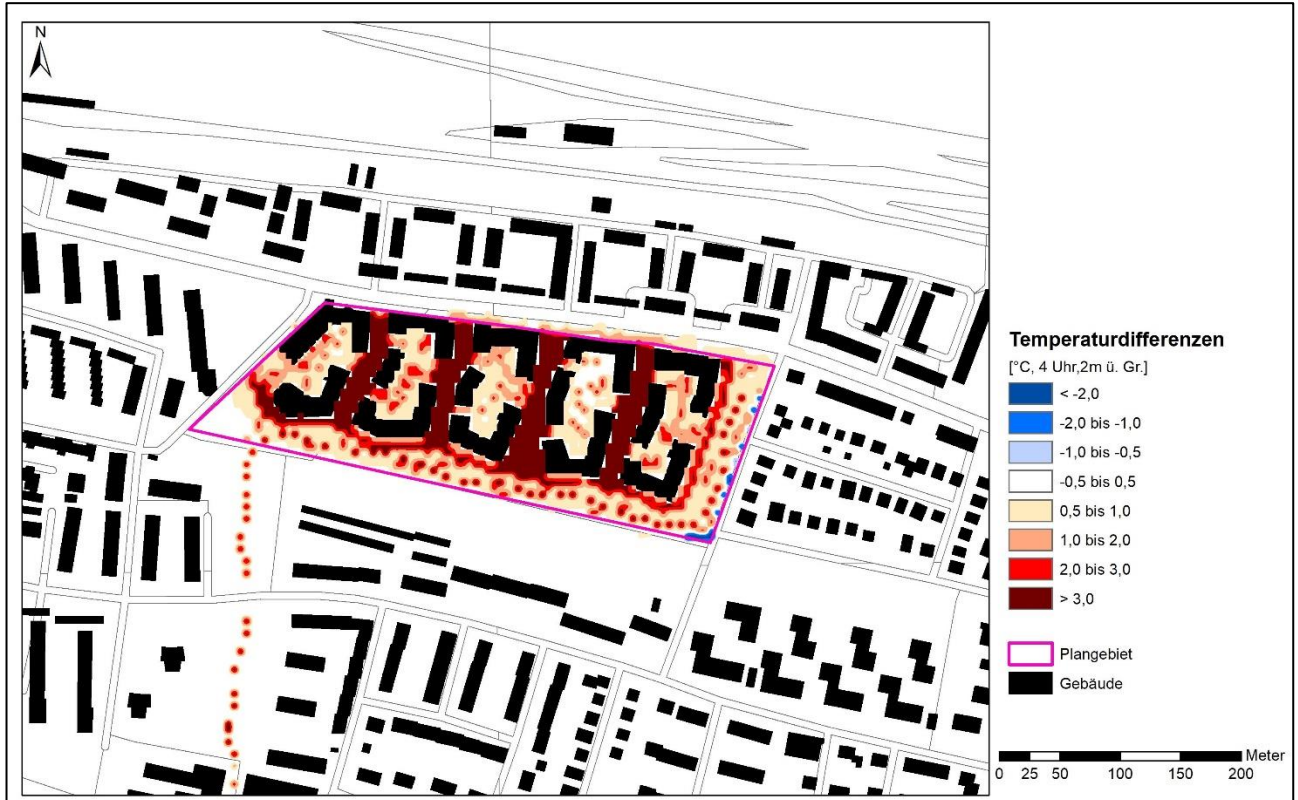
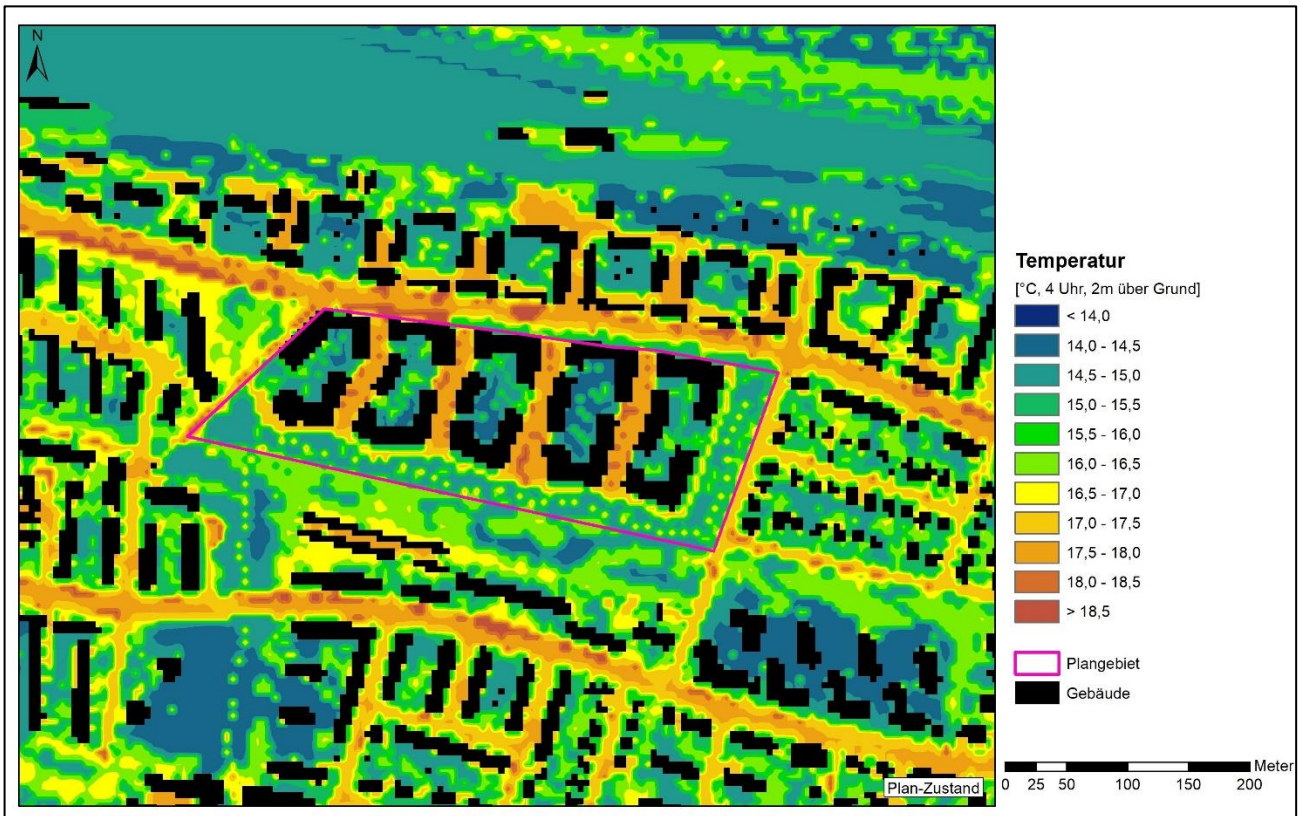
**Abbildung 8:** Temperatur um 4 Uhr morgens, Istzustand (eigene Abbildung [REDACTED], basierend auf Modellrechnung)

### Planfläche

Mit der geplanten Bebauung ist lokal eine nächtliche Temperaturzunahme von maximal etwa 5 °C zu erwarten. Dies betrifft den Bereich der zukünftigen Gassen, die nun die nächtliche Erwärmung eines Straßenraums aufzeigen und sich in der Wertausprägung mit den in der Nachbarschaft liegenden Straßen angleichen. Durch die Nutzungsänderung von der Freifläche zur Wohnsiedlung kommt es zu der erwartbaren Steigerung der Temperaturen aufgrund des im Plan-Fall höheren Versiegelungsgrads und des großen Bauvolumens. Die hochversiegelten Gassenräume weisen hierbei die höchsten Werte auf. Die Hofräume zeigen aufgrund des großen Grünanteils insgesamt geringe Werte. Die Spannweite der Werte im Planareal passt sich in die Ausprägung der Umgebung ein und entspricht einer durchgrünten Wohnanlage.

### Öffentliche Grünfläche am Hachinger Bach

Die öffentliche Grünfläche „Hachinger Bach“ zeigt ebenfalls die niedrigen Temperaturen einer funktionierenden Ausgleichsfläche. Der geplante Bachlauf kann modellbedingt nicht durchgehend dargestellt werden. Die Wasserfläche weist aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers in den Nachtstunden eher hohe Werte auf.



**Abbildung 9:** oben: Temperatur um 4 Uhr morgens, Planzustand  
(eigene Abbildung [redacted], basierend auf Modellrechnung)  
unten: Differenz der Nachttemperaturen  
(eigene Abbildung [redacted], basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

## **Bestandsbebauung**

Der Einfluss der Nutzungsänderungen auf die Lufttemperatur begrenzt sich im Wesentlichen auf die Planfläche. Die Temperatursituation im bodennahen Bereich des Bestands bleibt weitestgehend unverändert.

### **5.2 Bodennahe Strömungsfeld (Nacht)**

Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieses Prozesses sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen bzw. dem Umland einstellen. Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zunächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden.

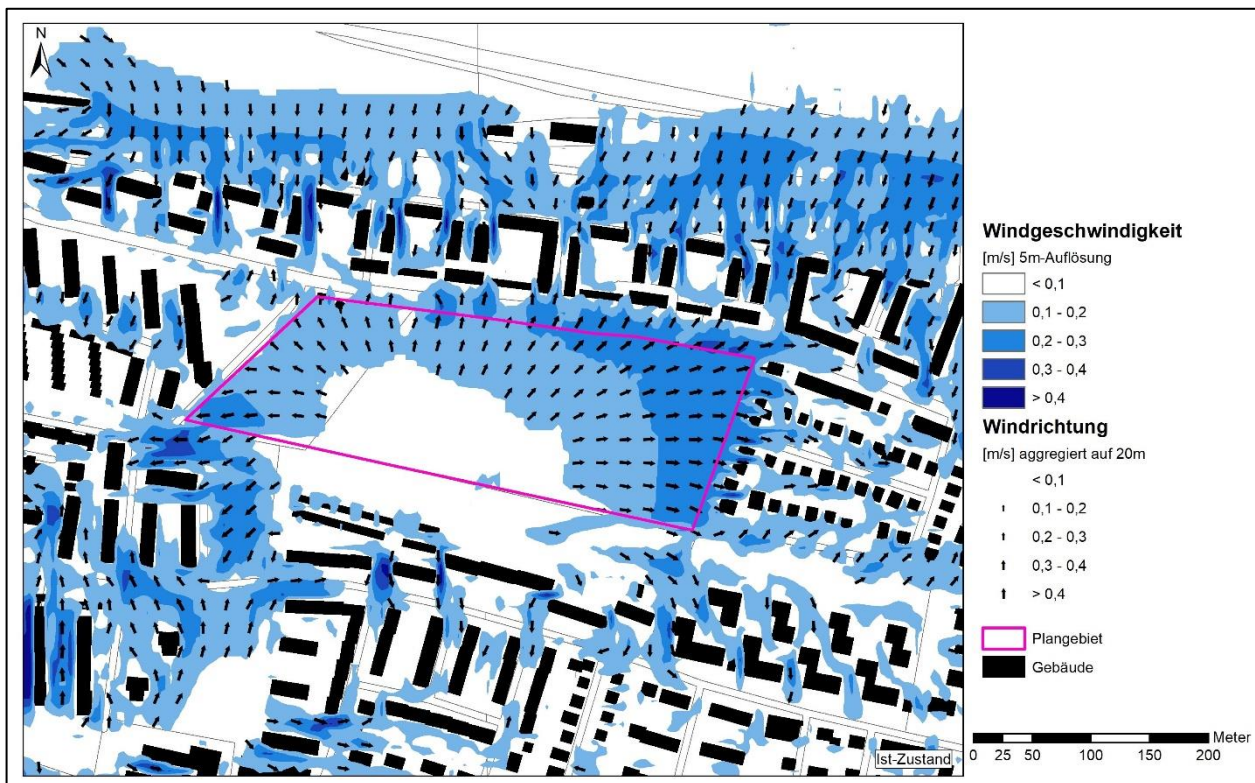
Die Ergebniskarte stellt das zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile der Karte für eine übersichtlichere Darstellung auf 20 m aggregiert worden sind. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Abgebildet sind alle Zellen des ursprünglichen Rasters, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von 0,1 m/s und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

#### **Istzustand**

Die Abbildung 10 zeigt die Strömungsgeschwindigkeit des modellierten Windfeldes, das sich während einer sommerlichen Strahlungswetternacht ausbildet. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen liegt bodennah zumeist zwischen 0,1 m/s bis in Spitzenwerten von etwa 0,5 m/s, wobei ihre Dynamik räumlich variiert.

Aufgrund der thermischen Unterschiede zwischen Freiflächen und Siedlungsgebieten/versiegelten Flächen findet ein Zuströmen der kühleren Luft auf die überwärmten Gebiete statt. Zum einen ist das die Strömung aus der Gleisfläche nach Süden auf die Siedlungsgebiete zu. Zum anderen erfolgt eine Strömung aus der kühlen Planfläche in die umgebenden Wohngebiete. Außerdem bilden sich kleinere Strömungssysteme im gesamten Untersuchungsgebiet zwischen Grünflächen und wärmeren Bereichen aus. Aufgrund der Betrachtung des Strömungsgeschehens in 2m über Grund ist in Bereichen mit Büschen und dichterem Baumbestand mit einer sehr geringen oder gar nicht ausgeprägten Strömung zu rechnen.





**Abbildung 10:** Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens, Istzustand (eigene Abbildung basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

### Planzustand

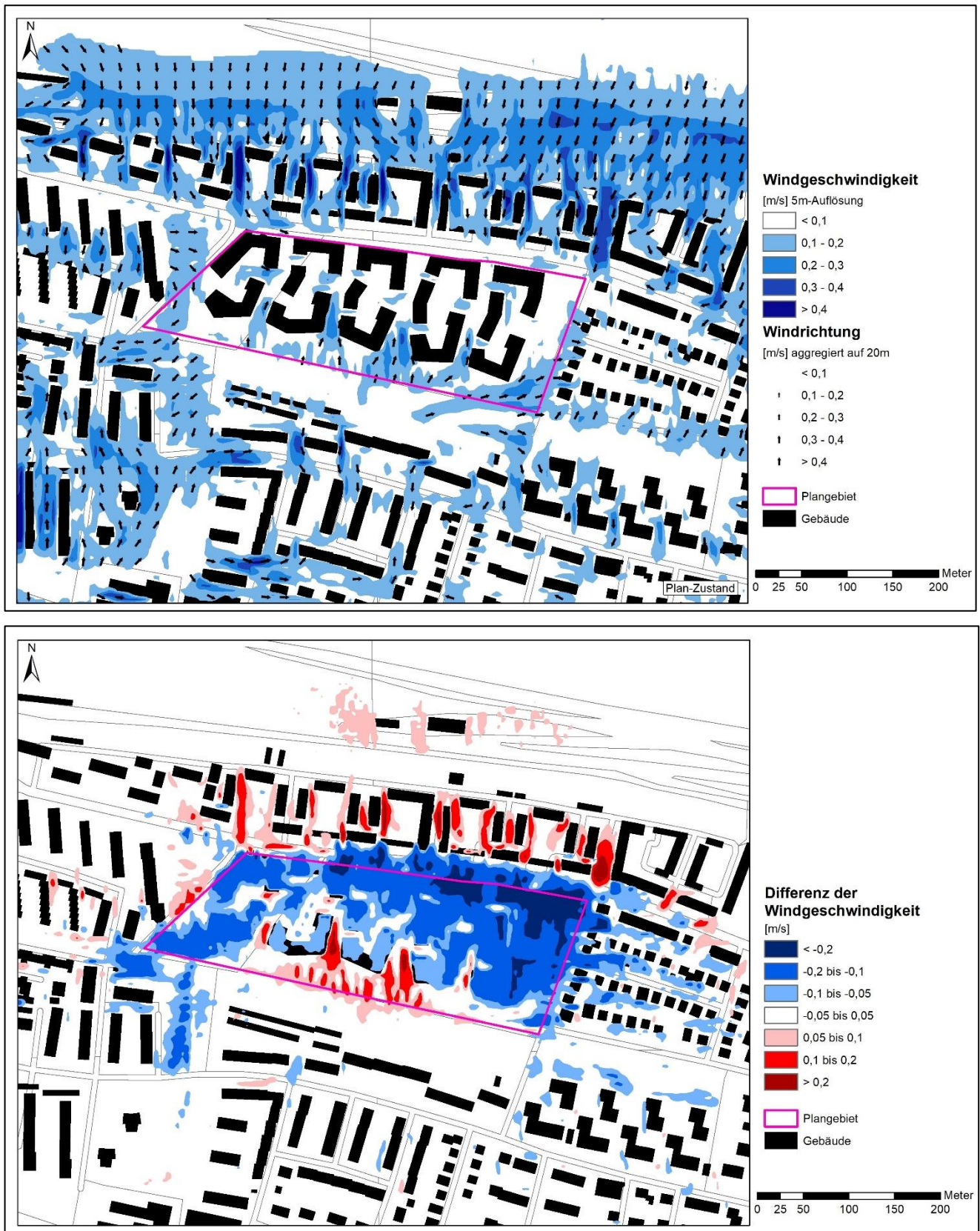
Mit der Umsetzung der geplanten Bebauung ist eine Veränderung im Strömungsgeschehen zu erwarten (Abbildung 11 oben). Abbildung 11 unten zeigt die Differenz der Windgeschwindigkeit. Die Änderungen des Strömungsgeschehens sind vorrangig auf zwei Faktoren zurück zu führen. Zum einen kühlt die zukünftig überbaute Ackerfläche in den Nachtstunden weniger stark aus und zum anderen stellen die neuen Bauten ein Strömungshindernis dar, das zusätzlich das Strömungsgeschehen verringert.

### Planfläche

Im Bereich der Neubebauung wird die Strömung auf Grund der Hinderniswirkung der Gebäude größtenteils geringer. Im Süden kommt es nach Umsetzung der Quartiersentwicklung infolge der sich einstellenden Temperaturunterschiede (Flurwinde) zu einem Anstieg der Windgeschwindigkeiten aus dem neu angelegten Park hinweg in den Gassenraum. Die Kaltluft kann etwa bis zur Hälfte des Plangebiets über die offen gestalteten Gassen vordringen. Im Hofraum ist keine oder nur sehr geringe Strömung zu erwarten.

### Öffentliche Grünfläche am Hachinger Bach

Die öffentliche Grünfläche fungiert als Kaltluftproduktionsfläche für die Umgebung und weist daher keine direkte Durchströmung auf. Hier findet eine Ausströmung in die umliegenden Siedlungsgebiete statt.

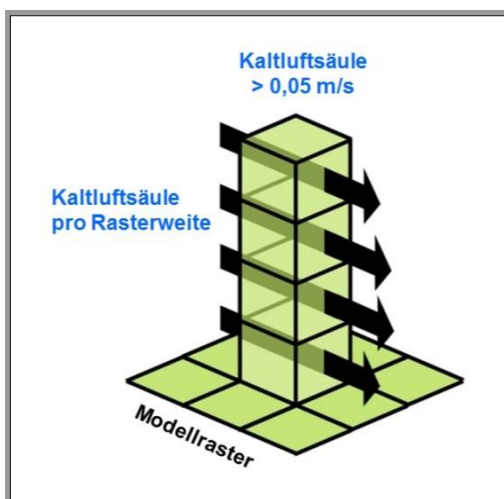


**Abbildung 11:** oben: Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens, Planzustand  
 unten: Differenz der Windgeschwindigkeit (m/s) um 4 Uhr morgens  
 (eigene Abbildungen basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

### Bestandsbebauung

Aufgrund der nun fehlenden Ausströmung aus der ehemaligen Freifläche kommt es auch in der Umgebung des Planareals zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten. Dies betrifft vorwiegend die um das neu geplante Quartier liegenden Freiflächen im Südwesten. Lediglich die östlich der Planfläche gelegene Siedlung ist als Bestandsbebauung direkt von einem leichten Rückgang der Strömung betroffen. Im Bereich der direkt im Osten an die Planfläche angrenzenden Bebauung ist ein Rückgang der Windgeschwindigkeiten um 0,1 bis 0,2 m/s zu erwarten. Weiter westlich in dem Wohngebiet ist eine Abnahme von lediglich maximal 0,1 m/s in Teilbereichen modelliert. Gleichzeitig steigen im Norden der Planfläche die Windgeschwindigkeiten der Zuströmung aus dem Gleisareal. Dies ist auf die nun fehlende „Gegenströmung“ aus Süden zu erklären.

### 5.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht)



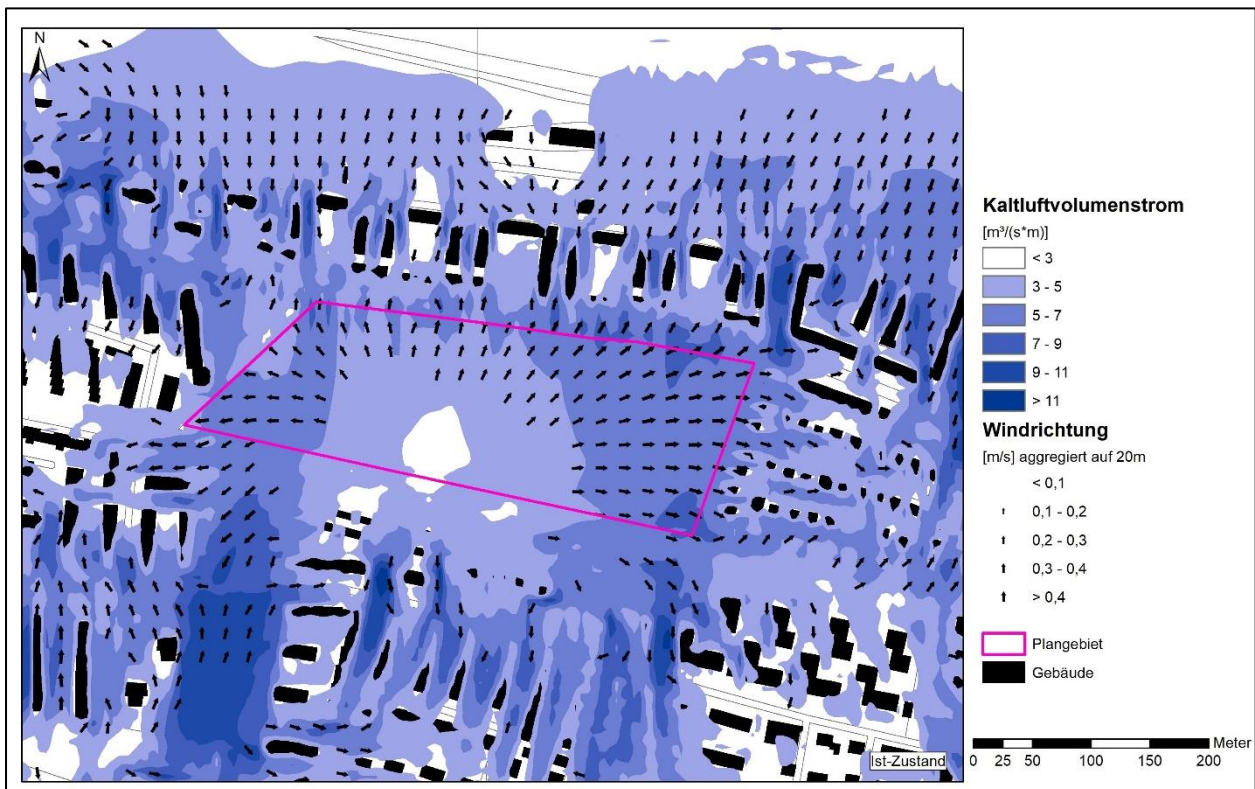
**Abbildung 12:** Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom (eigene Abbildung [REDACTED])

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 (vgl. Abbildung 12). 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  $\text{m}^3$ , 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 angenommenen Weite (in diesem Fall 1m), 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.

## Istzustand

Die Abbildung 13 zeigt die Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsgebiet. Die räumliche Ausprägung im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Kaltluftzustrom findet aus der Gleisfläche im Norden statt. Ebenso wie aus der zu überplanenden Fläche in die überwärmten umliegenden Siedlungsgebiete. Ein hoher Kaltluftvolumenstrom ist außerdem südlich der Planfläche über den zwischen der Bebauung angeordneten Grünstreifen zu erkennen.



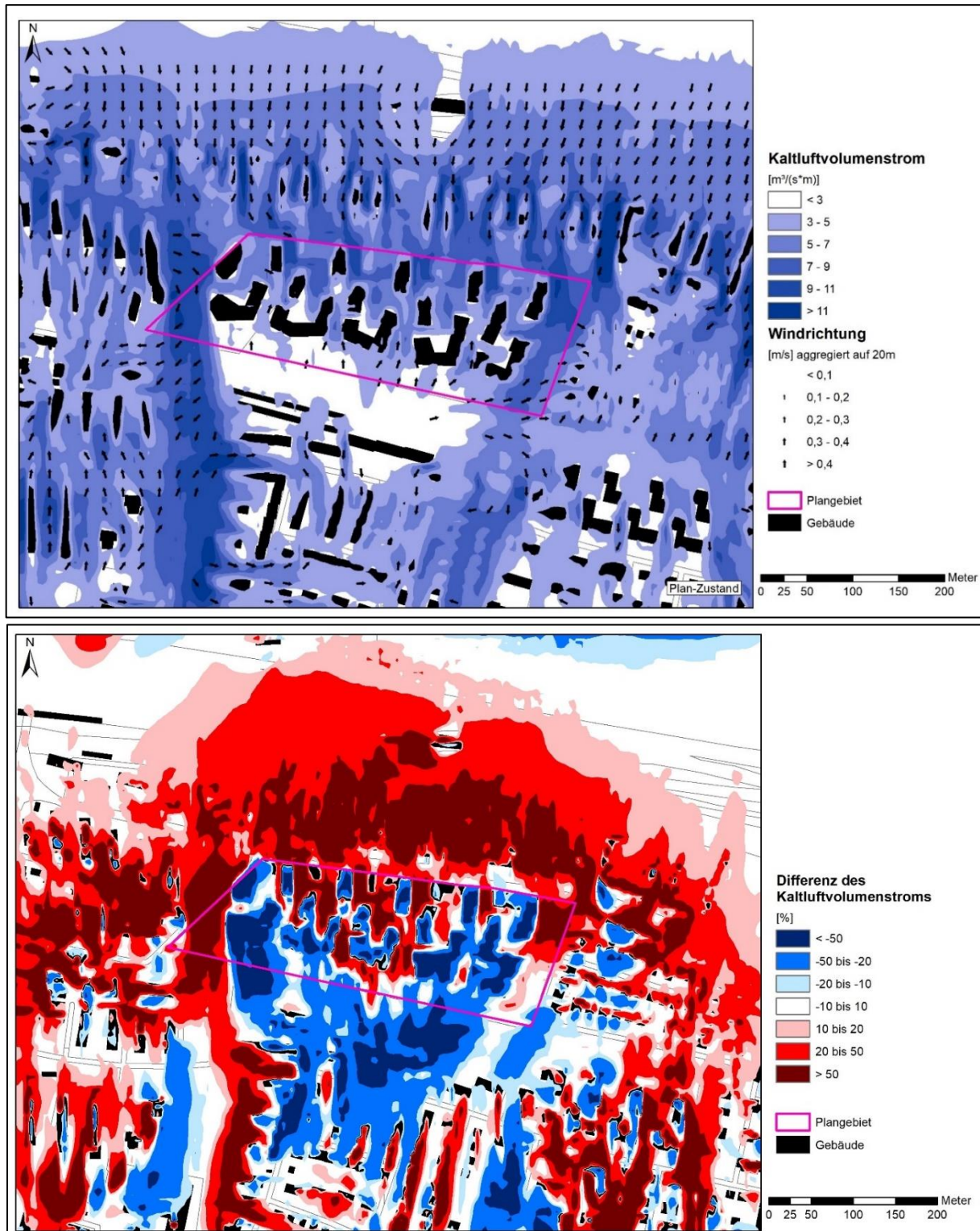
**Abbildung 13:** Kaltluftvolumenstrom um 04 Uhr morgens, Istzustand (eigene Abbildung GEO-NET, basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

## Planzustand

Die Situation für den Planzustand ist in Abbildung 14 oben und mit Differenzen in Prozent (angelehnt an die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5) zum Ist-Zustand in Abbildung 14 unten dargestellt. Der Ausschnitt der Abbildung beschränkt sich auf den für dieses Gutachten relevanten Teil. Die Veränderungen gehen zwar zum Teil leicht über den dargestellten Ausschnitt hinaus, allerdings sind sie im nicht dargestellten Teil als irrelevant für die Einschätzung des Klimageschehens anzusehen. Mit der Umsetzung der Neubebauung lassen sich die für das Strömungsfeld bereits beschriebenen Veränderungen erkennen, die durch das neue Wohngebiet ausgelöst werden.

In der VDI Richtlinie 3787 Blatt 5 wird eine Veränderung des Kaltluftvolumenstroms über 10 % im Vergleich zum Ist-Zustand – so wie im Plangebiet und dessen südlich und östlich angrenzenden Bestand zu

beobachten – als starker Eingriff in das Kaltluftgeschehen gewertet. Bei der Beurteilung der vorhabenbedingten Auswirkungen soll gemäß VDI-Richtlinie neben den Auswirkungen auf den Kaltlufthaushalt zusätzlich berücksichtigt werden, wie sich die planungsrelevanten Parameter in ihrer Gesamtheit verändern.



**Abbildung 14:** oben: Kaltluftvolumenstrom um 04 Uhr morgens, Planzustand  
unten: Differenz des Kaltluftvolumenstroms um 04 Uhr morgens  
(eigene Abbildungen, basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

### **Plangebiet**

Die Planfläche selbst weist nun aufgrund der Bebauung einen wesentlich geringeren Kaltluftvolumenstrom auf. Sie profitiert allerdings von der Strömung aus der Gleisfläche. Außerdem wird die Strömung aus der Gleisfläche auch über den westlichen (unbebauten) Rand der Planfläche bis hinein in den südlich gelegenen Grünstreifen kanalisiert.

### **Öffentliche Grünfläche am Hachinger Bach**

Auch in der Visualisierung des Kaltluftvolumenstroms zeigt sich die Funktion der Grünfläche als Kaltluftproduktionsgebiet und der daraus resultierenden Ausströmung aus der Fläche.

### **Bestandsbebauung**

Die Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms im Bestand sind vor allem geprägt von der nun entstandenen Kanalisierung der Kaltluft westlich entlang der Planfläche. Die bestehenden Siedlungsgebiete (z.B. nördlich und westlich der Planfläche) profitieren zum Teil von dem nun geänderten Strömungsgeschehen. Die östlich und südlich des neuen Quartiers gelegenen Siedlungen weisen zum Teil einen Rückgang des Kaltluftvolumenstroms auf, was vor allem auf das geänderte Strömungsfeld aufgrund der Bebauung zurück zu führen ist.

## **5.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag)**

Zur Bewertung der bioklimatischen Belastung im Plangebiet wird der humanbioklimatische Index PET (=Physiologisch Äquivalente Temperatur) herangezogen (Höppe und Mayer 1987). Dieser bezieht sich auf die Tagsituation. Zum einen sind die Aussagen zur Belastung am Tage auf Grund der höheren Temperaturen eindeutiger zu treffen und zum anderen bezieht sich die PET (wie die übrigen human-biometeorologischen Indizes auch) auf außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist die PET daher vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar. Für die Modellierung wird ein Sommertag angenommen.

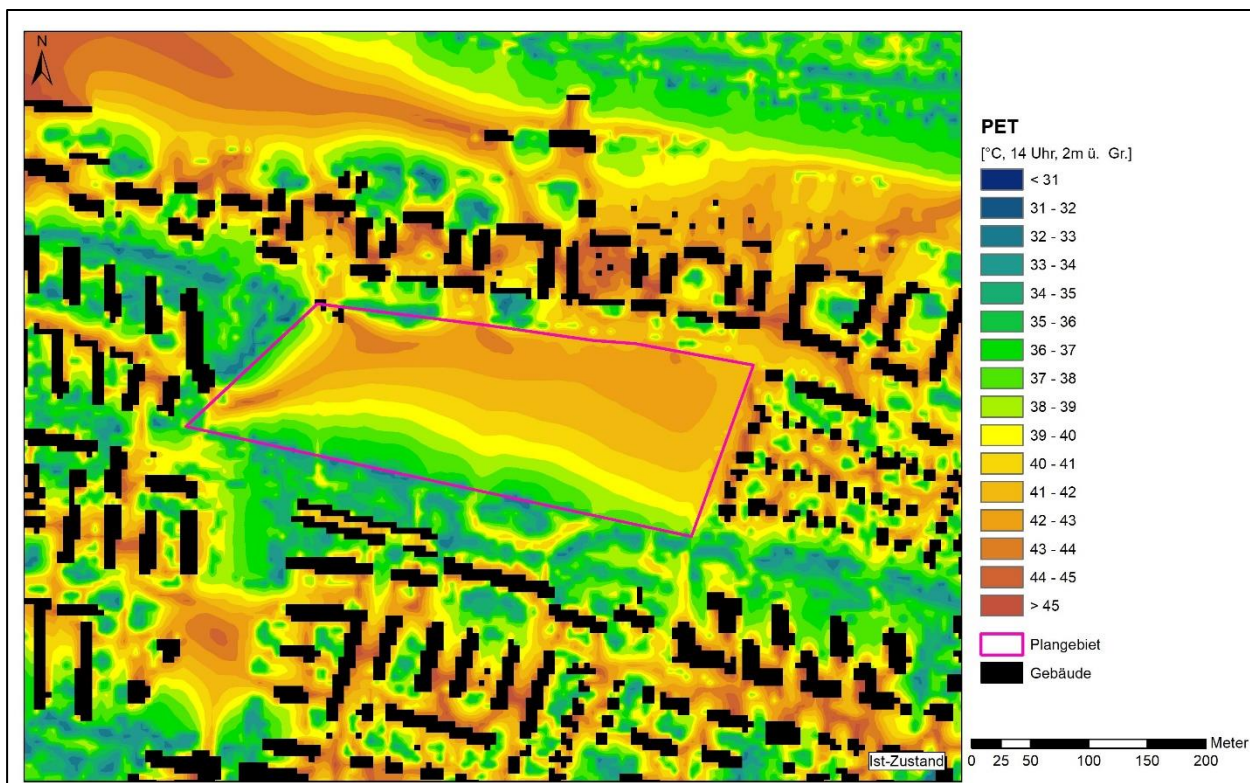
Die Berechnung der PET beruht auf dem Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung und beschreibt das thermische Empfinden einer „Standardperson“, welche eine mittlere thermische Empfindlichkeit repräsentiert. Dafür sind vor allem Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und thermophysologisch wirksame Strahlung relevant. Per Definition liegt eine starke Belastung ab einer PET von mehr als 35°C vor (vgl. Tabelle 1).

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

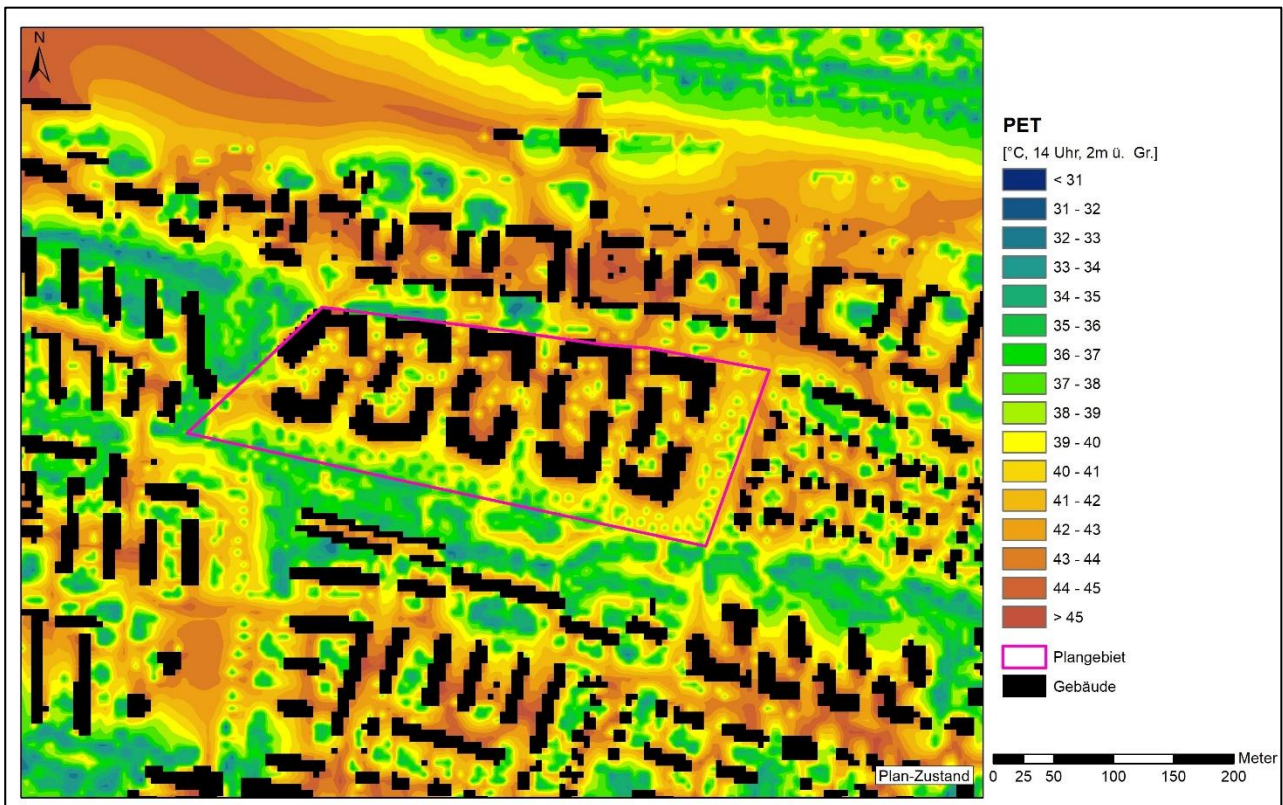
**Tabelle 1:** Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden.

### Istzustand

Die PET erreicht im Untersuchungsgebiet mit etwa 30 bis 46 °C eine Spanne von 16 °C. Die niedrigsten Werte sind im Schattenbereich der Bäume und Gehölze zu finden. Freiflächen, insbesondere versiegelte Flächen wie Straßen, aber auch Rasenflächen erwärmen sich stärker. Höchste Werte sind im Nordwesten über dem Gleisareal modelliert. Die Planfläche selbst profitiert von der ausgleichenden Wirkung der im Süden angrenzenden Büsche und Bäume.



**Abbildung 15:** PET (°C) im Untersuchungsgebiet um 14 Uhr, Istzustand (eigene Abbildung [REDACTED], basierend auf Modellrechnung )



**Abbildung 16:** PET (°C) im Untersuchungsgebiet um 14 Uhr, Planzustand (eigene Abbildung [REDACTED], basierend auf Modellrechnung)

### Planzustand

Die Ausprägung der PET im Plan-Zustand ist in Abbildung 16 und als Differenzen zum Istzustand in Abbildung 17 dargestellt.

### Planfläche

Bei einer Neubebauung des Plangebiets zeigt die neue Siedlung die, im Vergleich zum Istzustand zu erwartenden hohen PET-Werte in nicht beschatteten Bereichen. Der Gassenraum und die freien Flächen zeigen die höchste Ausprägung. In den Höfen kommt es in den südlichen Bereichen zu einer Erhöhung der Werte im Vergleich zum Ist-Zustand. Großflächig sind ähnliche Temperaturen wie im Ist-Zustand zu erwarten. Dämpfend auf die Temperaturen wirkt die durch die Festsetzungen des Bebauungsplans gesicherte Ausstattung mit Bäumen sowohl in den Gassen als auch in den Höfen. Im Vergleich mit der Wertespanne im gesamten Modellgebiet zeigt sich, dass sich die Ausprägung der Werte der PET am Tag (ebenso wie die Nachttemperaturen) gut in die Umgebung einpasst.

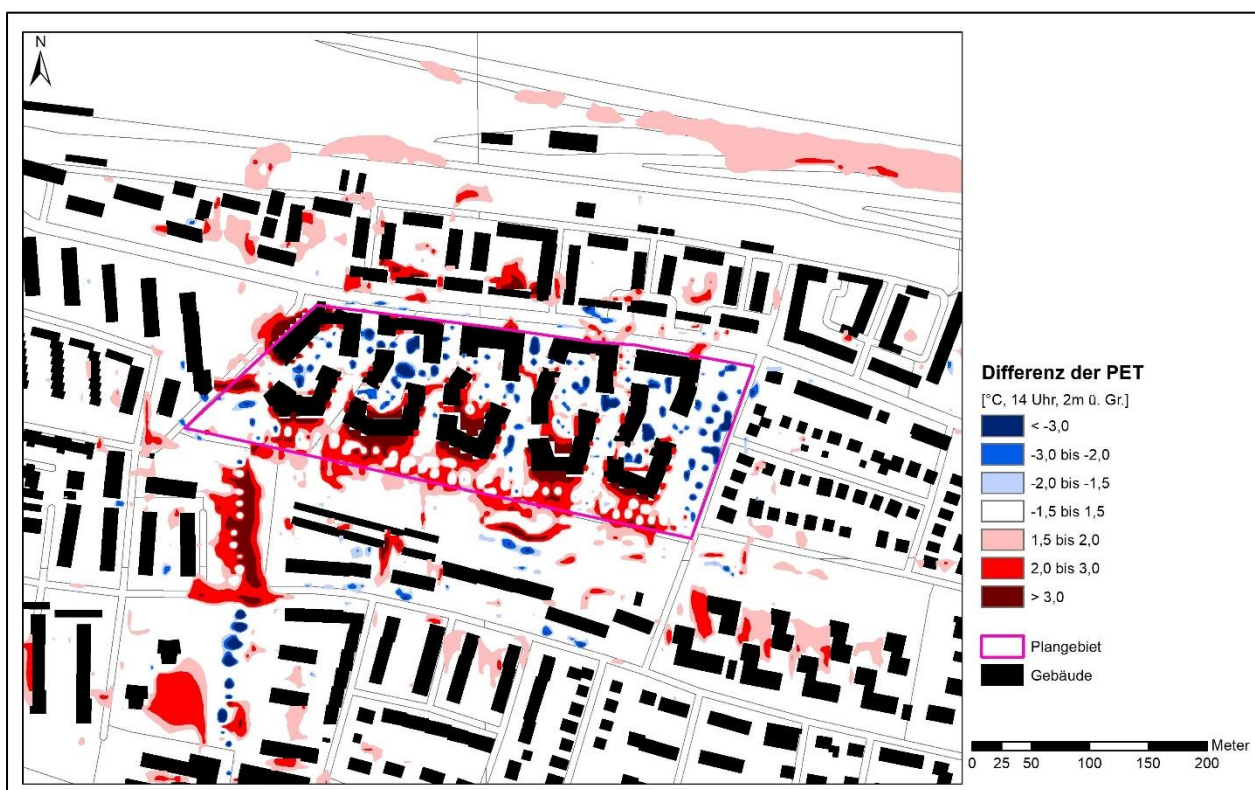


### Öffentliche Grünfläche am Hachinger Bach

Die öffentliche Grünfläche zeigt auch am Tag ihre Funktion als Ausgleichsfläche. Im Zusammenspiel mit den angrenzenden Freiflächen weist sie die geringsten Werte im Modellgebiet auf. Von der ausgleichenden Wirkung kann auch das neue Quartier profitieren. Direkt südlich angrenzend an die geplante Bebauung rund um den Bachlauf sind im Plan-Zustand höhere Werte als im Ist-Zustand modelliert. Diese zunehmende Wärmebelastung ist auf Ausstrahlungen von den Gebäuden zurückzuführen (Speicherung und Abgabe der von Wärme, ggf. Reflektion), zudem ist von einer verminderten Strömung auszugehen (Einfluss auf die „gefühlte“ Temperatur).

### Bestandsbebauung

Die Änderung der PET betrifft fast ausschließlich das Plangebiet. Darüber hinaus kommt es in dem im Süden angrenzenden Grünstreifen ebenfalls zu Veränderungen aufgrund des geplanten Bachlaufs und der Änderungen auf der Planfläche. Die Bestandsbebauung ist nicht signifikant von Veränderungen betroffen.



**Abbildung 17:** Differenz der PET um 14 Uhr (eigene Abbildung [REDACTED]; basierend auf Modellrechnung; Kartengrundlage: COPERNICUS 2018)

## 5.5 Fazit

Die modellgestützte Detailanalyse des Untersuchungsgebiets hat gezeigt, dass der Bereich der jetzigen Ackerfläche (Planfläche) und das nähere Umfeld insgesamt eine positive klimatische Situation aufweisen. Obwohl das Untersuchungsgebiet mitten in der Stadt liegt, weist es einen relativ hohen Durchgrünungsgrad auf, der sich in den Ergebnissen der Modellierung wieder findet. Die Belüftung des modellierten Untersuchungsgebiets erfolgt zum einen über die im Norden liegenden Bahngleise und zum anderen über die bisher ungenutzte Freifläche des Plangebiets. Durch die Veränderungen auf der Planfläche kommt es zu unterschiedlichen Auswirkungen auf das Bioklima. Innerhalb des Plangebiets selbst ist eine Zunahme der thermischen Belastung zu beobachten, die sich jedoch nicht signifikant auf die Bestandsbebauung im Umfeld auswirkt. Das Kaltluftgeschehen wird dagegen stark beeinträchtigt, es kommt mitunter zu erheblichen negativen Auswirkungen auf das Plangebiet selbst sowie der östlich und südlich gelegenen Bestandsbebauung (gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5).

### **Plangebiet**

Aus dem Vergleich von Ist- und Plansituation geht hervor, dass sich die im Planszenario vorgesehenen Veränderungen bei nächtlicher Temperatur und PET am Tage vor allem auf das Plangebiet selbst beschränken. Die Bebauung des Areals führt zu einer Erhöhung der nächtlichen Temperaturen insbesondere in den nun versiegelten Gassenräumen. Positiv zeigen sich die Temperaturen in den Hofräumen. Sie kühlen in den Nachtstunden aus und können so für ein gutes Bioklima und erholsamen Schlaf sorgen. Auch am Tage kommt es durch die geplante Bebauung zu Veränderungen. Hohe PET-Werte sind in unbeschatteten Bereichen wie dem Gassenraum, aber auch freien Wiesenflächen zu finden. Die geplanten Bäume vor allem in den Höfen haben kühlende Effekte durch die Schattenwirkung, so dass in Teilbereichen auch geringere PET-Werte als auf der Ackerfläche des Ist-Zustands auftreten. Im südlichen Bereich der Höfe kommt es zu höheren Werten als im Ist-Zustand, bei dem dieses Areal von den kühlenden Effekten aus dem angrenzenden Park / Gehölz profitieren konnte. Im Plan-Zustand kommt es aufgrund der abgeschlossenen Höfe hingegen zu einer größeren Erwärmung. Die Modellierung macht deutlich, dass sich die Wertespanne von Temperaturen in der Nacht und PET am Tage im neuen Quartier gut in das Wertespektrum des gesamten Modellraums einpasst. Die große Anzahl an schattenspendenden Bäumen bietet im gesamten Plangebiet Rückzugsräume mit geringeren PET-Werten.

Das Strömungsgeschehen auf der ehemaligen Ackerfläche wird durch die Bebauung geändert, wodurch die Funktion als Ausgleichsfläche der neuen Nutzung weicht. In der VDI Richtlinie 3787 Blatt 5 wird eine Veränderung des Kaltluftvolumenstroms über 10 % im Vergleich vom Ist-Zustand zum Planfall als starker Eingriff in das Kaltluftgeschehen gewertet. Dies ist auch im Plangebiet zu erkennen und zu erwarten, da eine komplette Nutzungsänderung der Fläche vorgesehen ist und das Kaltluftgeschehen stark geändert wird. Das geplante Quartier wird zukünftig vor allem über die öffentliche Grünfläche „Hachinger Bach“ belüftet. Die Belüftung erfolgt über den großzügigen und zur Grünfläche offen gestalteten Gassenraum.

Kaltluft kann etwa bis zu Hälfte der Siedlung eindringen und zu einer Abkühlung des Gassenraums beitragen. Außerdem wird bei Betrachtung des in der Höhe interpolierten Kaltluftvolumenstroms deutlich, dass im Bereich des Gleisareals viel Kaltluft produziert wird, die zum Teil auch bis ins Plangebiet vordringen kann. Die Hofräume werden in 2m über Grund kaum belüftet. Wie bereits im ersten Absatz beschrieben, kann sich in den Höfen aufgrund der guten Grünausstattung in den Nachtstunden ein eigenes positives Mikroklima entwickeln, dass zu einer nennenswerten Abkühlung der Temperaturen in den Nachtstunden führt und dadurch die fehlende Belüftung ausgleichen kann.

Dieses Gutachten soll insbesondere die im Bebauungsplan mit Grünordnung festgesetzten Regelungen sowie die im Gestaltungsleitfaden vorgesehene Ausgestaltung des Freiraums im neuen Quartier in Bezug auf das Bioklima einordnen.

Der Entwurf sieht einen hohen Grünanteil vor. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Planung bereits viele für ein positives Bioklima notwendige Aspekte berücksichtigt. Sie werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Die Ausgestaltung der Hofräume als grüne Rückzugsbereiche für die Anwohner fördert das positive Mikroklima in diesen. Der Wechsel von freien Wiesen-/Spielplatzflächen und mit Bäumen bzw. Büschen bestanden Bereichen sorgt für eine gute Abkühlung in den Nachtstunden und einer weniger starken Aufheizung während des Tages, wobei Schattenflächen als Rückzugsräume dienen.

Die Gassenräume sind ausreichend breit und offen gestaltet um ein Eindringen von Kaltluft aus der öffentlichen Grünfläche von Süden zu ermöglichen. Gleichzeitig ist die Anpflanzung von Bäumen im gesamten Gassenraum vorgesehen, die in den Tagstunden eine übermäßige Aufheizung verhindern.

In einigen Bereichen der Gassen sowie bei Wegeverbindungen in den Hofräumen und im Bereich der Stellplätze an der Truderinger Straße ist eine Teilversiegelung vorgesehen. Teilversiegelte Flächen tragen durch die größere Verdunstungsleistung am Tage ebenfalls zu einem besseren Bioklima bei.

Ebenfalls positiv hervorzuheben ist die Umsetzung von vorrangig gemeinschaftlich nutzbaren Dachgärten auf Teilen der Dachflächen. Hier sind neben gemeinschaftlichen Beeten auch Pergolen für die Verschattung vorgesehen. Durch die Höhe der Gebäude haben diese Dachgärten zwar keinen direkten Einfluss auf das betrachtete Bioklima in 2m über Grund, aber sie bieten weiteren Rückzugsraum für die Bewohner und tragen generell zu einer Klimaverbesserung bei.

### **Öffentliche Grünfläche am Hachinger Bach**

Die vorgesehene und zu sichernde öffentliche Grünfläche „Hachinger Bach“ ist ein wichtiges Ausgleichsgebiet nicht nur für das neue Quartier, sondern auch für die bereits vorhandenen Siedlungen. Sie ist nachts ein Kaltluftproduktionsgebiet und kann die angrenzende Bebauung versorgen. Die ebenfalls über 10 % liegende Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zeigt hier ein weiteres Indiz der stark geänderten Strömungssituation. Die Fläche wird im Vergleich zum Ist-Zustand weniger überströmt, stellt jedoch im

Plan-Zustand eine umso bedeutsamere Fläche dar, in der weiterhin Kaltluft produziert wird, welche in die angrenzende Bebauung ausströmt. Tagsüber weist sie durch ihre vielfältige Struktur eine nur moderate Erwärmung auf und kann als Rückzugsort für umliegend wohnende Bevölkerung dienen, obwohl die Effekte der Bebauung und Versiegelung in den im Vergleich zum Ist-Zustand höheren Werten rund um den angelegten Bach deutlich werden. Im Vergleich zu der im Ist-Zustand vorhandenen Ackerfläche ist der Nutzen des Parks als bioklimatische Ausgleichsfläche am Tage höher einzuschätzen. Die öffentliche Grünfläche kann im Vergleich zu einem Acker aktiv genutzt werden und bietet ausreichend Schattenplätze und vielfältige Nutzungsmöglichkeiten.

### **Bestandsbebauung**

Die umliegenden Siedlungsgebiete um die Planfläche sind von den Veränderungen der Nachttemperaturen und der PET am Tage nicht betroffen. Hier sind keine Auswirkungen auf die klimatische Situation durch die geplante Bebauung der Ackerfläche zu erwarten.

Das Strömungsgeschehen und damit auch der Kaltluftvolumenstrom weisen etwas weiträumigere Veränderungen durch das geplante Siedlungsgebiet auf. Die Planfläche selbst hat im Ist-Zustand die Funktion einer Kaltluftproduktionsfläche, aus der sich eine Strömung in Richtung der wärmeren Siedlungsgebiete entwickelt. Durch die Bebauung der Freifläche fungiert diese nicht mehr als Kaltluftproduktionsfläche. Zum Teil kann dadurch die Strömung, die sich von den Gleisflächen aus entwickelt, weiter in das Siedlungsgebiet vordringen und dadurch die wegfallende Strömung aus der Planfläche ausgleichen. So kommt es, dass lediglich das Wohngebiet im Osten der Planfläche eine leicht geringere Strömung in Bodenniveau (2m über Grund) aufweist. Die Auswirkungen schwächen sich nach Westen hin schnell ab. Wird, wie beim Kaltluftvolumenstrom, die gesamte produzierte Kaltluft interpoliert in die Höhe betrachtet, zeigt dies keine bzw. nur geringe Veränderungen in der östlich angrenzenden Einfamilienhaussiedlung. Deshalb und aufgrund der guten Grünausstattung dieser Siedlung ist davon auszugehen, dass das geänderte Strömungsgeschehen auch hier keine nennenswerte Verschlechterung des Bioklimas mit sich bringt, da die Siedlung aus sich heraus ein positives Mikroklima entwickelt und Temperaturen in der Nacht und die PET am Tage nicht beeinflusst werden. Gleiches gilt auch für das Wohngebiet südlich der Planfläche. Obwohl eine starke Veränderung des Kaltluftvolumenstroms (> 10%) und damit eine hohe planungsbedingte Auswirkung nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 in Teilen zu erwarten ist, kann die gute Grünausstattung des Gebiets für ein positives Mikroklima und gesunde Wohnverhältnisse sorgen.

Im Westen der Planfläche kommt es durch die Bebauung des restlichen Areals zu einer Kanalisierung der Kaltluft bis über die im Süden an das Plangebiet angrenzenden, in Nord-Süd-Richtung angeordneten Freiflächen. Dies wird insbesondere bei der Betrachtung des Kaltluftvolumenstroms deutlich. In der Gesamtbetrachtung ist für die Bestandsbebauung um das Planareal nicht mit einer signifikanten Verschlechterung der Strömungssituation zu rechnen, auch wenn es durch die geplanten baulichen Veränderungen zu Änderungen kommt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es durch die Bebauung der Planfläche im Bestand nicht zu einer kritischen Verschlechterung des Bioklimas kommt. Die im Bebauungsplan mit Grünordnung festgesetzten Regelungen sowie die im Gestaltungsleitfaden vorgeschlagene Ausgestaltung des Quartiers und die gute Lage mit der direkt angrenzenden öffentlichen Parkfläche „Hachinger Bach“ ermöglicht trotz der Beeinträchtigung des Kaltluftgeschehens die Ausbildung eines positiven Bioklimas sowohl am Tage als auch in der Nacht und gesunde Wohnverhältnisse im neuen Quartier.

## 6 Planungsempfehlungen für eine zukünftige Bebauung des geplanten Wohngebiets

Aus klimatischer Sicht ist bei der Errichtung der geplanten Wohnsiedlung vor allem auf ein positives Bioklima in der Siedlung selbst zu achten, da die bioklimatischen Auswirkungen auf die Umgebung der Planfläche nur gering sind.

Die im Bebauungsplan mit Grünordnung festgesetzten Regelungen sowie die im Gestaltungsleitfaden vorgeschlagene Freiraumgestaltung decken bereits die wichtigsten Gestaltungsmaßnahmen für ein positives Bioklima und gesunde Wohnverhältnisse im neuen Quartier ab. Im Folgenden werden diese kurz erläutert und aus bioklimatischer Sicht kommentiert.

### **Hofräume**

Die Höfe stellen besonders wichtige Grünflächen für ein gutes Bioklima im neuen Quartier dar. Sie sorgen für die nächtliche Abkühlung in den wenig durchströmten Höfen. Die vorgesehene Gestaltung mit freien (Wiesen-)flächen und Bäumen sorgt für eine ausreichende Abkühlung in den Nachtstunden. Tagsüber spenden die Bäume Schatten. Rückzugsorte wie beispielsweise Sitzecken sollten daher so angelegt werden, dass die Anwohner von den Schattenflächen profitieren können. Nicht empfehlenswert in Innenhöfen ist die Anlage (größerer) Wasserspiele wie Brunnen oder Fontänen. Sie setzen die Kühlwirkung in den Nachtstunden herab und können für eine erhöhte Schwüle in den Höfen sorgen.

### **Gassenräume**

Die vorgeschlagene Gestaltung der Gassenräume ist breit genug, um eine gute Durchströmbarkeit von Süden zu gewährleisten. Die geplanten Baumpflanzungen unterbinden die Strömung nicht. Die Anordnung der Bäume ermöglicht am Tage ein Fortbewegen im Schatten und gleichzeitig heizen sich die unterliegenden Wege weniger stark auf. Auch Aufenthaltsbereiche wie Bänke sollten so angelegt werden, dass sie zumindest zum Teil beschattet werden.

### **Dachgärten**

Obwohl die geplanten Dachgärten keinen direkten Einfluss auf das in diesem Gutachten betrachtete Klima in 2m über Grund haben, sind sie aus bioklimatischer Sicht ein positives Gestaltungselement. Sie stellen einen weiteren Rückzugsort für Bewohner der Häuser dar und verbessern gleichzeitig das Mikroklima in der direkten Umgebung. Auch bei den Dachgärten ist es wichtig, beschattete (Sitz-)Bereiche einzuplanen. Um die volle klimatische Wirksamkeit solcher Anlagen zu gewährleisten, sollte die Pflege und Bewässerung sicher gestellt sein.

### **Versiegelung**

Im Gestaltungsleitfaden werden einige Flächen für eine Teilversiegelung vorgesehen. Dies sind zum Beispiel einige Bereiche der Gassen und Wegeverbindungen innerhalb der Höfe (wassergebundene Decke). Aus bioklimatischer Sicht ist eine Teilversiegelung der Vollversiegelung, wo dies möglich ist, vorzuziehen. Teilversiegelte Flächen erwärmen sich aufgrund der Verdunstung auf diesen Flächen weniger stark als vollversiegelte. So tragen sie zu einem geringeren Aufheizen im Straßenraum am Tage bei.

## Albedo

Der Einsatz heller Bodenbeläge und vor allem Fassaden führt zu einer hohen Albedo, die für eine geringere Wärmespeicherung in Boden und Gebäuden sorgt. Die Gestaltung der Fassaden ist gemäß Gestaltungsleitfaden in heller Farbgebung auszuführen. Auch aus bioklimatischer Sicht ist die Auswahl von hellen Fassadenfarben empfehlenswert. Dies sorgt für eine geringere Aufheizung am Tage und eine schnellere Abkühlung in den Nachtstunden aufgrund der geringeren Wärmespeicherung. Davon profitiert sowohl das direkt angrenzende Außenraumklima als auch das Innenraumklima.

Tabelle 2 fasst die Planungsempfehlungen für die geplante Quartiersentwicklung „Truderinger Straße“ zusammen.

Planungsempfehlungen für das Wohngebiet „Truderinger Straße“	
Erhalt einer guten Belüftung des Plangebiets	+ Durchströmbarer Straßen-/Gassenraum
Begrünte Innenhöfe	+ Vielfältige Gestaltung der Innenhofbereiche
Geringer Versiegelungsgrad	+ Stellplatzflächen teilversiegeln + Wasserdurchlässige Gestaltung der Gassenräume
Verschattung im öffentlichen Raum	+ Verschattung der Gassen durch Bäume + Öffentliche Straßenräume ausreichend verschatten mit Bäumen
Hohe Mikroklimavielfalt auf Grünflächen	+ Einzelbäume, Baumgruppen, Sträucher auf privaten und öffentlichen Freiflächen + Freie Wiesenflächen + Keine Brunnen/Wasserspiele in den Hofbereichen
Dachbegrünung	+ Gestaltung der Dachgarten mit Rückzugsmöglichkeiten und ausreichend Verschattung durch Pergolen, Sonnensegel + Pflege und vor allem Bewässerung gewährleisten
Albedo erhöhen	+ Helle Ausgestaltung der Fassaden

**Tabelle 2:** Planungsempfehlungen für das Wohngebiet „Truderinger Straße“ in München

## Literatur

- 03 ARCHITEKTEN GMBH, realgrün LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (2020):** Gestaltungsleitfaden Truderinger Straße. München.
- BAFU (Hrsg.) 2018:** Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen, Nr. 1812: 108 S.
- BODEN T.A., MARLAND G., ANDRES R.J. (2017):** Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- COPERNICUS 2018:** Urban Atlas 2018 — Copernicus Land Monitoring Service.  
<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018> (Zugriff: Oktober 2020)
- DDV (=Deutscher Dachgärtner Verband e.V.) (2011):** Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele.
- DFG (1988) – Deutsche Forschungsgemeinschaft:** Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Abschlussbericht. Bonn. 93 S.
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2000):** Fassadenbegrünungsrichtlinie – Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen von Kletterpflanzen.
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2002):** Pflege und Wartung von Begrüntem Dächern. FLL: Selbstverlag.
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2008):** Dachbegrünungsrichtlinie - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL: Selbstverlag.
- GEO-NET (2014):** Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München. Hannover.
- GROß, G. (1992):** Results of supercomputer simulations of meteorological mesoscale phenomena. Fluid Dynamics Research (10): 483-498.
- GROß, G. (2012):** Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 21, No. 2, 173-181.
- JEDICKE, E. (1994):** Biotopverbund: Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Stuttgart: Ulmer Verlag (2. Auflage).
- KIEBL K., RATH J. (1986):** Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko. Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. FtB-4/1989, Stuttgart.
- KUTTLER, W. (2013):** Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh (2. Auflage).
- MOSIMANN, Th., P. TRUTE & Th. FREY (1999):** Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99.
- MVI (=Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg) (2012):** Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung
- PFOSE et al. (2013):** Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld, Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.
- ROLOFF A., GILLNER S., BONN S., TU DRESDEN (2008):** Klima-Arten-Matrix (KLAM- Stadt) aus der Broschüre des Bundes Deutscher Baumschulen e.V. (BdB): Forschungsstudie Klimawandel und Gehölze.
- SIEKER, INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR. MBH (2014):** Arbeitsmaterialien Forschungsprojekt KURAS - Maßnahmensteckbriefe. Internes Dokument



**XUE, F., XIAOFENG LI, ZHIQIN ZHANG (2014):** Numerical Study on Thermal Environment around the Fountain, Proceedings 7. Japanes-German Meeting, Hannover