



**Umweltfachliches Gutachten zur Ermittlung der möglichen klimatischen Auswirkungen des B-Plans 44C/15 Heilbronn-Neckargartach „Innovationspark Steinäcker“**

Auftraggeber: Stadt Heilbronn  
Planungs- und Baurechtsamt  
Cäcilienstraße 45  
74072 Heilbronn

Durchführung: Ingenieurbüro Rau  
Bottwarbahnstraße 4  
D-74081 Heilbronn

Heilbronn, 02.05.2024

V1.0

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung und Umfang des Gutachtens .....</b>	<b>1</b>
1.1	Aufgabenstellung.....	1
1.2	Umfang des Gutachtens.....	3
<b>2</b>	<b>Untersuchungsgebiet und Planentwurf .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Beurteilung der klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsraum .....</b>	<b>8</b>
3.1	Allgemeine Austauschverhältnisse .....	8
3.2	Beeinflussung der Durchlüftungssituation im Umfeld des B-Plangebietes .....	10
3.2.1	Allgemeine Aussagen zur Durchlüftungssituation.....	10
3.2.2	Einschätzung der Auswirkung der geplanten Bebauung für das Umfeld .....	10
3.3	Thermisches Niveau bei austauscharmen Wetterlagen .....	11
3.4	Einschätzung möglicher Auswirkungen auf thermisch bedingte Ausgleichssysteme (Kaltluftströmungen) .....	13
3.4.1	Allgemeine Aussagen zum Kaltluftgeschehen.....	13
3.4.2	Einschätzung für die Umgebung des Plangebietes .....	13
3.4.2.1	Großräumige (mesoskalige) Kaltluftprozesse .....	13
3.4.2.2	Lokale Kaltluftprozesse .....	14
3.4.3	Fazit Kaltluftgeschehen.....	16
3.5	Verschattung, Einstrahlung und Anzahl Sonnenstunden .....	17
3.6	Ergebniszusammenfassung .....	17
<b>4</b>	<b>Durchlüftung des Plangebietes und der angrenzenden Bebauung .....</b>	<b>18</b>
4.1	Eingesetztes Modell .....	18
4.2	Modellvorgaben.....	18
4.3	Untersuchungsumfang .....	20
4.4	Ergebnisse der Untersuchungen zur Durchlüftung .....	21
<b>5</b>	<b>Verschattung .....</b>	<b>29</b>
5.1	Bewertungsgrundlagen.....	29
5.2	Modell und Eingangsdaten .....	29
5.3	Berechnungsergebnisse.....	33
5.3.1	Sonnenstunden am Stichtag 21. März (DIN EN 17037) .....	33

5.3.2	Sonnenstunden am 21. Juni.....	39
5.3.3	Sommerliche Verschattungsanteile und Globalstrahlung im Tagesverlauf .....	43
5.3.4	Sommerliche Globalstrahlung Bodenfläche.....	48
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Planungsempfehlungen .....</b>	<b>50</b>
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	51
6.1.1	Durchlüftung.....	51
6.1.2	Verschattung.....	52
6.2	Planungsempfehlungen zur Minimierung des Eingriffs .....	53
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>56</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>LIX</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1:	Auszug aus der Klimaanalysekarte Heilbronn [1].	2
Abb. 2-1:	Kartenausschnitt mit Relief im potenziellen Einflussbereich des Plangebietes Steinäcker.	6
Abb. 2-2:	B-Plan 44C/15 „Innovationspark Steinäcker“ (Quelle: Bedarfsplanung mit Datum vom 05.02.2024, Stadt Heilbronn Neckargartach 2024, 1151-2024-02-05-44C-15_BPlan Bedarfsplanung.pdf).	7
Abb. 2-3:	Einteilung des Geltungsbereichs KI-Innovationspark Steinäcker in 9 verschiedene Zonen zur Bewertung.	7
Abb. 3-1:	Langjähriges Mittel der bodennahen Windgeschwindigkeit in 10 m ü. Grund in Heilbronn (Datenquelle: Klimaanalyse Heilbronn 2016 [1]).	8
Abb. 3-2:	Langjährige Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Windverteilungen im Bereich des B-Plangebietes Innovationspark Steinäcker [5]	9
Abb. 3-3:	Mittlere Anomalie der Lufttemperaturverteilung in 2 m über Grund in der 1. (Bild oben) und 2. Nachthälfte (Bild unten) bei austauscharmen Strahlungstagen im Untersuchungsraum Steinäcker, bezogen auf eine durchschnittliche Gebietsmitteltemperatur von 25,2°C (erste Nachthälfte) bzw. 20,9°C (2. Nachthälfte) [1].	12
Abb. 3-4:	Mesoskalige Kaltluftströmungen in 10 m ü. Gr. um 1 Uhr nachts während austauscharmer Strahlungswetterlagen im Untersuchungsraum Steinäcker [1].	14
Abb. 3-5:	Kaltluftproduktionsflächen im potenziellen Einflussbereich des Plangebietes mit „Kammlinie“ (blaue Linie).	16
Abb. 4-1:	Lageplan des Plangebietes in Heilbronn mit Umriss des Modellgebietes.	19
Abb. 4-2:	Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung im Bereich des Plangebietes.	21
Abb. 4-3:	Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Südsüdwest (210°) für den Planzustand.	23
Abb. 4-4:	Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Südsüdwest (210°).	24
Abb. 4-5:	Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Westsüdwest (240°) für den Planzustand.	24
Abb. 4-6:	Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Westsüdwest (240°).	25
Abb. 4-7:	Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus West (270°) für den Planzustand.	25



Abb. 4-8:	Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus West (270°).....	26
Abb. 4-9:	Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Nordnordost (30°) für den Planzustand. ....	26
Abb. 4-10:	Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Nordnordost (30°). ....	27
Abb. 4-11:	Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Ostsüdost (120°) für den Planzustand. ....	27
Abb. 4-12:	Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Ostsüdost (120°).....	28
Abb. 5-1:	In METSUN-Simulationen berücksichtigte Gebäude mit eingetragenen Gebäudehöhen im Bereich des Untersuchungsgebiets. ....	32
Abb. 5-2:	Sonnenstunden am 21. März (Bodennähe). ....	35
Abb. 5-3:	Sonnenstunden am 21. März (EG / 1,5 m ü. Gr.). ....	36
Abb. 5-4:	Sonnenstunden am 21. März (1. OG / 4,5 m ü. Gr.). ....	36
Abb. 5-5:	Sonnenstunden am 21. März (2. OG / 7,5 m ü. Gr.). ....	37
Abb. 5-6:	Sonnenstunden am 21. März (3. OG / 10,5 m ü. Gr.). ....	37
Abb. 5-7:	Sonnenstunden am 21. März (4. OG / 13,5 m ü. Gr.). ....	38
Abb. 5-8:	Sonnenstunden am 21. März (5. OG / 16,5 m ü. Gr.). ....	38
Abb. 5-9:	Sonnenstunden am 21. Juni (Bodennähe). ....	40
Abb. 5-10:	Sonnenstunden am 21. Juni (EG / 1,5 m ü. Gr.). ....	40
Abb. 5-11:	Sonnenstunden am 21. Juni (1. OG / 4,5 m ü. Gr.). ....	41
Abb. 5-12:	Sonnenstunden am 21. Juni (2. OG / 7,5 m ü. Gr.). ....	41
Abb. 5-13:	Sonnenstunden am 21. Juni (3. OG / 10,5 m ü. Gr.). ....	42
Abb. 5-14:	Sonnenstunden am 21. Juni (4. OG / 13,5 m ü. Gr.). ....	42
Abb. 5-15:	Sonnenstunden am 21. Juni (5. OG / 16,5 m ü. Gr.). ....	43
Abb. 5-16:	Verschattungsanteil (%) 9 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.). ....	44
Abb. 5-17:	Verschattungsanteil (%) 9 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.). ....	45
Abb. 5-18:	Verschattungsanteil (%) 12 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.). ....	45
Abb. 5-19:	Verschattungsanteil (%) 12 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.). ....	46
Abb. 5-20:	Verschattungsanteil (%) 15 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.). ....	46
Abb. 5-21:	Verschattungsanteil (%) 15 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.). ....	47

Abb. 5-22: Verschattungsanteil (%) 18 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.) .....47

Abb. 5-23: Verschattungsanteil (%) 18 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.)...48

Abb. 5-24: Globalstrahlung Tagessumme (Wh/m<sup>2</sup>) im Mittel 15.06 – 31.07 (Bodennähe). .....49

Abb. 6-1: Einschätzung derzeitiger Planstand. ....54

Abb. 6-2: Planungsempfehlungen. ....54

# 1 Aufgabenstellung und Umfang des Gutachtens

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Stadt Heilbronn plant im Gewann Steinäcker die Aufstellung des Bebauungsplanes 44C/15 Heilbronn-Neckargartach „Innovationspark Steinäcker“. Das B-Plangebiet Steinäcker liegt am nördlichen Rand des Heilbronner Stadtgebietes auf einer kleinen Anhöhe zwischen Wächtelstal im Westen und Neckartal im Osten und gehört zu den derzeitigen Landwirtschaftsflächen zwischen den Gewerbegebieten Böllinger Höfe und Neckarau. Dieser Gebietsbereich ist laut Gesamtstädtischer Klimaanalyse Heilbronn (2017) [1] dem Freilandklimatopbereich zuzuordnen, wie in Abb. 1-1 dargestellt. Da dieser Gebietsbereich neben der allgemeinen klimatischen Wohlfahrtswirkung strahlungs nächtliche bodennahe Kaltluftflüsse aufweist, die zur Belüftung des Gebietes Neckarau beitragen können, sind klimatische Aspekte zu prüfen.

Durch die geplante Bebauung ist unter Umständen mit klimatischen und lufthygienischen Auswirkungen in angrenzenden Wohngebieten/Gewerbegebieten zu rechnen. Unabhängig davon sollte aber die Planung so gestaltet werden, dass möglichst gute kleinklimatische Verhältnisse innerhalb des B-Plangebietes, insbesondere unter Berücksichtigung einer „Verschärfung“ der klimatischen Verhältnisse infolge der Klimaänderung, geschaffen werden.

Klimatisch gesehen ist zum einen zu prüfen, ob sich thermisch bedingte Strömungssysteme (Kaltluftströmungen) in typischen Strahlungsnächten im Bereich des Plangebietes sowie in der Umgebung des Plangebietes auf Grund der Landnutzung ausbilden können und ggf. durch die geplante Bebauung zum einen in ihrem Fließverhalten beeinträchtigt werden. Zum anderen ist zu prüfen, ob auf Grund der Reduktion von Kaltluftproduktionsfläche durch die geplante Bebauung und der damit einhergehenden Versiegelung gegebenenfalls vorhandene Kaltluftströmungen in ihrer Intensität geschwächt werden. Diese Auswirkungen sind großskalig einzuschätzen und könnten die nächstgelegenen Wohngebiete/Gewerbegebiete betreffen. Darüber hinaus sind allerdings auch die lokalen klimatischen Verhältnisse, wie sie sich bspw. zu Beginn einer Nacht einstellen, zu berücksichtigen.

Des Weiteren ist zu prüfen, ob bodennahe, dynamische Windströmungen die tagsüber bzw. in Nachtstunden, in denen die Voraussetzungen für Kaltluftströmungen nicht vorliegen, in den an das Plangebiet angrenzenden Siedlungsbereichen, aber auch im B-Plangebiet selbst, durch die geplante Bebauung beeinflusst werden. Diese Auswirkung ist kleinräumiger wirksam und hat eine unmittelbare Auswirkung auf das Temperatur- und Luftschadstoffaustauschpotenzial innerhalb des B-Plangebietes bzw. in der nächsten Umgebung.

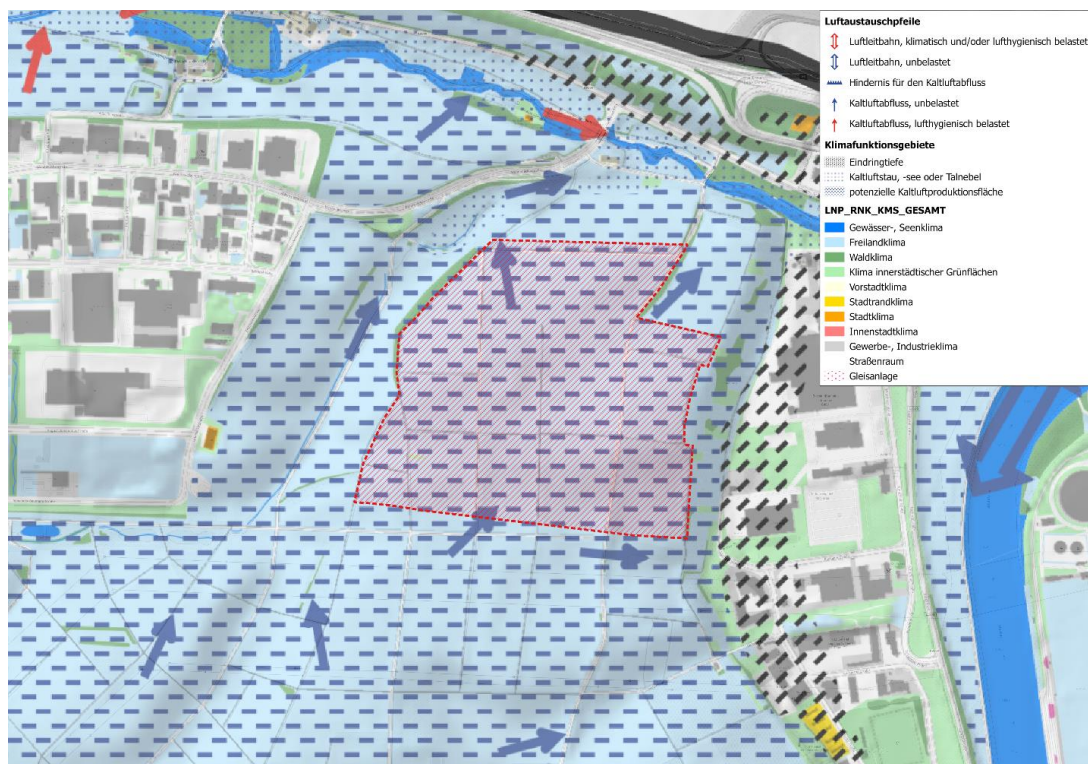
Bzgl. der Lufthygiene ist unter Umständen mit einer Emissionserhöhung, zum einen verkehrsbedingt, zum anderen betriebsbedingt, durch die geplante Ansiedlung mit erhöhtem

Quell- und Zielverkehr zu rechnen. Da in dem jetzigen Planungsstadium dazu noch keinerlei konkreten Informationen vorliegen, sind Emissions- und Immissionsbetrachtungen zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Die Stadt Heilbronn plante bisher im Gewann Steinäcker die Ausweisung eines neuen Gewerbegebietes. Für den damals aktuellen städtebaulichen Entwurf wurden die klimatischen Auswirkungen der Ausweisung als Gewerbe- bzw. Industriefläche durch das IBRau [2] untersucht und bewertet.

Aufgrund des Beschlusses, den KI-Innovationspark im Gewann Steinäcker anzusiedeln, musste in der Folgezeit das städtebauliche Konzept grundlegend überarbeitet werden. Unter anderem wurde auch ein städtebaulicher Wettbewerb durchgeführt. Die in IBRau [2] durchgeführten mikroskaligen Untersuchungen für den städtebaulichen Entwurf des Gewerbe-/Industrieparks zur Quantifizierung der Durchlüftung fußen somit auf einer planerischen Grundlage, die dem jetzt aufzustellenden Bebauungsplan nicht mehr entspricht.

Im Vorfeld der Aufstellung des B-Plans und im Vorfeld des Architektenwettbewerbs wurde im Jahr 2022 [3] unter Berücksichtigung einer maximal möglichen Bebauung hinsichtlich Bebauungsdichte und –anordnung eine Beurteilung der klimatischen und der lufthygienischen Verhältnisse im Untersuchungsraum durchgeführt. Dabei wurde auf die Ergebnisse vorliegender Untersuchungen zurückgegriffen.



Roter Bereich: Plangebiet.

Abb. 1-1: Auszug aus der Klimaanalysekarte Heilbronn [1].

Mittlerweile wird der B-Plan 44C/15 aktualisiert. Dabei wird versucht, die Festsetzungen mit den wesentlichen Bestandteilen des Siegerentwurfs in Einklang zu bringen. Da die konkreten Baugrenzen sowie die maximal zulässigen Gebäudehöhen in dem B-Planentwurf (Abb. 2-2) im Sinne einer Bedarfsplanung nun konkret festgeschrieben sind, können die lokalklimatischen Verhältnisse innerhalb des Plangebietes modelltechnisch untersucht werden. Des Weiteren werden für das Plangebiet erstmalig die Verschattungsverhältnisse, die Sonnenscheindauer sowie die Globalstrahlung für die derzeit festgelegten Baukörper ermittelt. Anhand der Ergebnisse können die stark von Verschattung betroffenen Bereiche in verschiedenen Geschosshöhen identifiziert werden. Außerdem können hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes Bereiche identifiziert werden, in denen zusätzliche Verschattungsmaßnahmen erforderlich sind. Im Zusammenspiel mit den Durchlüftungsverhältnissen können daraus konkrete Empfehlungen für die Verortung und die Art von Begrünung gegeben werden.

## 1.2 Umfang des Gutachtens

In diesem Gutachten werden Aussagen zu den folgenden Themenkomplexen erarbeitet:

- Sind mögliche regionale thermische Ausgleichssysteme durch die geplante Bebauung betroffen?
- Werden mögliche kleinräumige lokale thermische Ausgleichssysteme in der Umgebung des Plangebietes beeinflusst?
- Sind durch die geplante Bebauung Auswirkungen der Durchlüftung in den umliegenden Gewerbe-/Wohngebieten zu erwarten?
- Ist in dem Plangebiet selbst ausreichende Durchlüftung gegeben?
- Wie sind die Verhältnisse innerhalb des Plangebietes hinsichtlich Verschattung / Sonnenscheindauer und Globalstrahlung einzuordnen?

Die kleinräumigen thermischen Verhältnisse innerhalb des Plangebietes können zuverlässig erst dann ermittelt werden, wenn eine konkrete Planung hinsichtlich Begrünung / versiegelte, unversiegelte Flächen / Nutzung vorliegt. Ebenso sind konkrete Aussagen zum Windkomfort erst dann möglich, wenn zu einem späteren Planungszeitpunkt die Nutzungen für die einzelnen Gebäude, aber auch die Freiflächen bekannt sind, da bei Windkomfortuntersuchungen eine eventuelle Einschränkung von Nutzungen auf Grund von gebäudeinduzierten Windverstärkungen beurteilungsrelevant sind.

In dem folgenden Kapitel 2 wird eine Einschätzung der möglichen Beeinflussung klimatischer Parameter gegeben. In Kapitel 3 werden die Umgebung des Plangebietes sowie der B-Planentwurf beschrieben. In Kapitel 4 werden die klimatischen Verhältnisse im Umfeld des Plangebietes beschrieben. Dabei wird auf vorhandenes Untersuchungsmaterial zurückgegriffen, das bspw. aus der Stadtklimaanalyse für Heilbronn [1] bzw. aus den Vorgängeruntersuchungen zum Gewerbegebiet Steinäcker vorliegt. In Kapitel 5 werden die für die konkretisierte Bebauung

des B-Planentwurfs aktuell durchgeführten Berechnungen zum bodennahen Windfeld zur Quantifizierung der Durchlüftung vorgestellt. Kapitel 6 befasst sich mit dem auf das B-Plangebiet beschränkten Komplex Verschattung / Sonnenscheindauer / Globalstrahlung. In dem abschließenden Kapitel 7 werden Planungsempfehlungen zur Optimierung von Durchlüftung und Begrünung unter Berücksichtigung der Verschattungsuntersuchungen gegeben.

## 2 Untersuchungsgebiet und Planentwurf

Das B-Plangebiet Innovationspark Steinäcker gehört zu den derzeitigen weitläufigen Landwirtschaftsflächen auf der nach Norden zum Böllinger Bachtal abfallenden Anhöhe zwischen Wächtelstal und Neckartal. Die Topographie im Umfeld des Plangebietes sowie der Umriss des B-Plangebietes ist in Abb. 2-1 dargestellt. Westlich des Plangebietes liegt in ca. 300 m Entfernung auf der Anhöhe jenseits des Wächtelstals das Gewerbegebiet Böllinger Höfe (ca. 191 m über NHN), in östlicher Richtung liegt in ca. 200 m Entfernung das Industrie-/Gewerbegebiet Neckarau in der Neckartalsohle in einer Höhe von ca. 153 m über NHN. Der räumliche Geltungsbereich beträgt in der aktuell dargestellten Abgrenzung ca. 29,7 ha. Die Flächen innerhalb des Plangebietes sind heute intensiv bewirtschaftete Ackerflächen mit Einzelbaumbestand. Das Plangebiet ist von geschützten Biotopen umgeben. Im Norden und Osten grenzt Landschaftsschutzgebiet an das Plangebiet. Im Osten durchquert die historische Römerstraße das Gebiet von Süd nach Nord, die derzeit als landwirtschaftlicher Wirtschaftsweg dient und zukünftig als Haupttradweg in das übergeordnete Radwegenetz eingebunden werden soll.

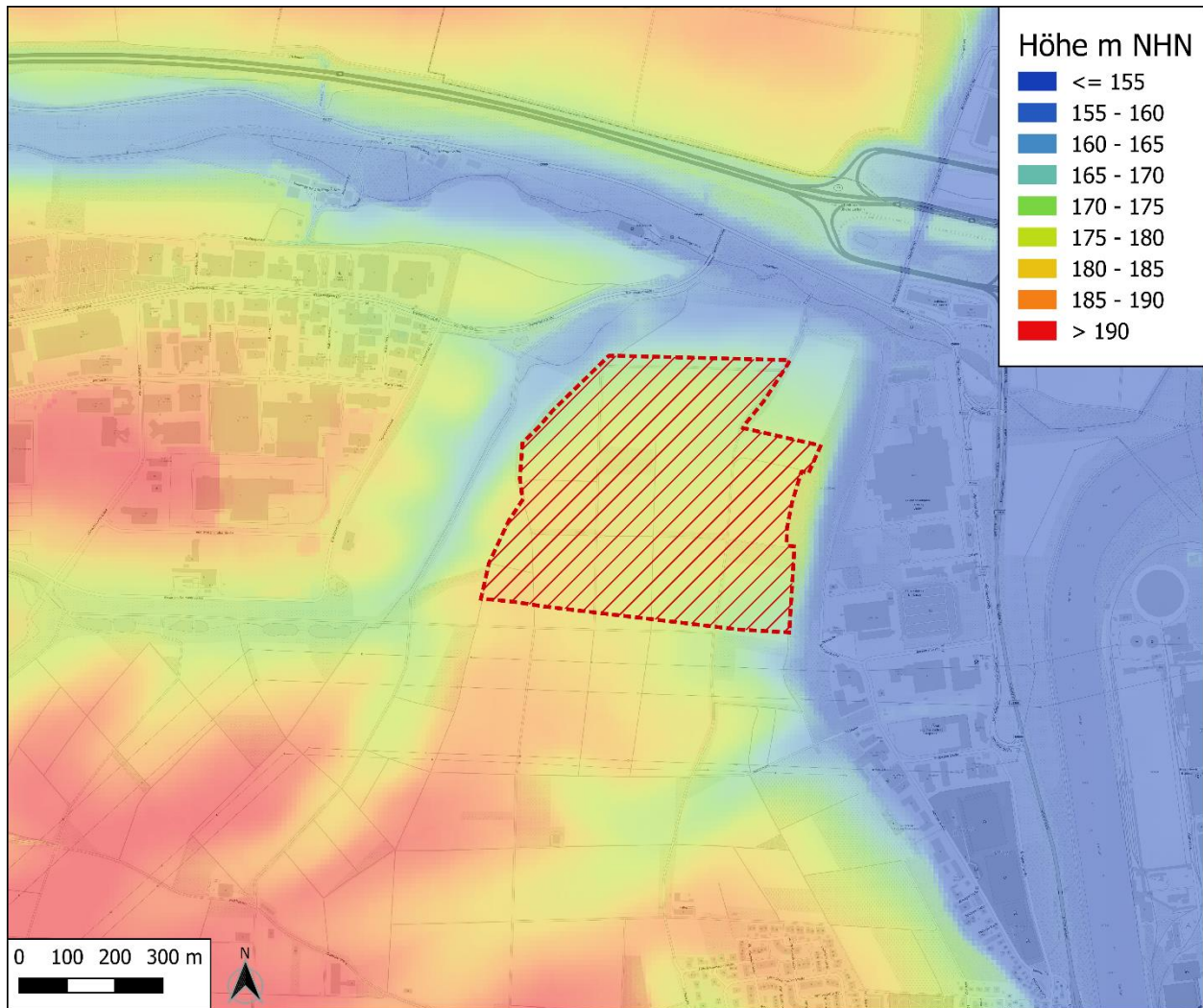
Das Plangebiet neigt sich aus seiner Kuppenlage mit einer Höhe von ca. 183 m über NHN größtenteils zum Böllinger Bachtal nach Norden und zur Neckaraue nach Osten sowie mit einem kleineren Teil Richtung Wächtelstal im Westen. Für die Landwirtschaftsflächen zwischen Frankenbach und Böllinger Bachtal stellt das Wächtelstal die einzige Abflussmöglichkeit in das Böllinger Bachtal dar (Abb. 2-1), sodass davon auszugehen ist, dass während austauscharmer Strahlungsnächte bodennahe Kaltluft ausschließlich über diese Route in das Böllinger Bachtal abfließt. Über das Böllinger Bachtal wird zudem das Gebiet Neckarau belüftet. Die geplante Bebauung könnte gegebenenfalls den Kaltluftfluss beeinträchtigen.

Der B-Plan (Abb. 2-2) sieht innerhalb der B-Plangrenzen Bebauung vor. Charakteristikum des B-Plans ist ein in die B-Plan-Grenzen eingepasster Kreis, der den Siegerentwurf des Architekturbüros MVRDV widerspiegelt. Der Kreisumfang ist als private Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung ausgewiesen. Für die Bebauung innerhalb des Kreises Gebäudehöhen mit einer maximalen Höhe von 60 m zugelassen, wobei eine Abstufung der Gebäude vorgesehen ist. Die GRZ im Inneren des Kreises beträgt 1,0. Für die Bebauung zwischen Kreisumfang und Begrenzung B-Plan ist eine GRZ von maximal 0,6 bei Gebäudehöhen bis zu 12 m vorgesehen. Die Bebauung außerhalb des Kreises ist fakultativ und wird im Rahmen dieser Untersuchung (Kapitel 4 und 5) nicht angesetzt

Die äußere Erschließung des Areals ist über einen Anschluss an die zukünftige Nordumfahrung Frankenbach/ Neckargartach im Süden geplant. Die innere Erschließung übernehmen zwei mit Bäumen flankierte Hauptachsen (Straße A von Ost nach West bzw. Straße B von Nord nach Süd). Mehrere kleinere untergeordnete Straßen und Wege innerhalb des Gebietes ergänzen die



Erschließung. Die beiden Haupterschließungsstraßen sind in markante Grünachsen eingebettet, die parkähnlichen Charakter erhalten sollen. Obwohl der B-Plan in dem Bereich zwischen Kreisumfang und Grenze B-Plangebiet Bebauung ermöglicht, ist eher davon auszugehen, dass ein „grüner“ Saum als Übergang zwischen dem Plangebiet und der umgebenden landwirtschaftlichen Umgebung realisiert werden wird.



Schraffierter Bereich Plangebiet.

Quellenvermerk: Kartendarstellung und Präsentationsgraphiken: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Datenquellen: [https://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/datenquellen/Datenquellen\\_TopPlusOpen.html](https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/Datenquellen_TopPlusOpen.html);

Höhendarstellung: DGM10 © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de), Az.: 2851.9-1/19

**Abb. 2-1: Kartenausschnitt mit Relief im potenziellen Einflussbereich des Plangebietes Steinäcker.**

In der Abb. 2-3 ist die mögliche Bebauung innerhalb des Kreises dargestellt. Für die spätere Bewertung des Gebietes wird der Übersichtlichkeit halber der Geltungsbereich des B-Plans in verschiedene Zonen aufgeteilt. Die Benennung dieser Zonen ist in eingetragen.



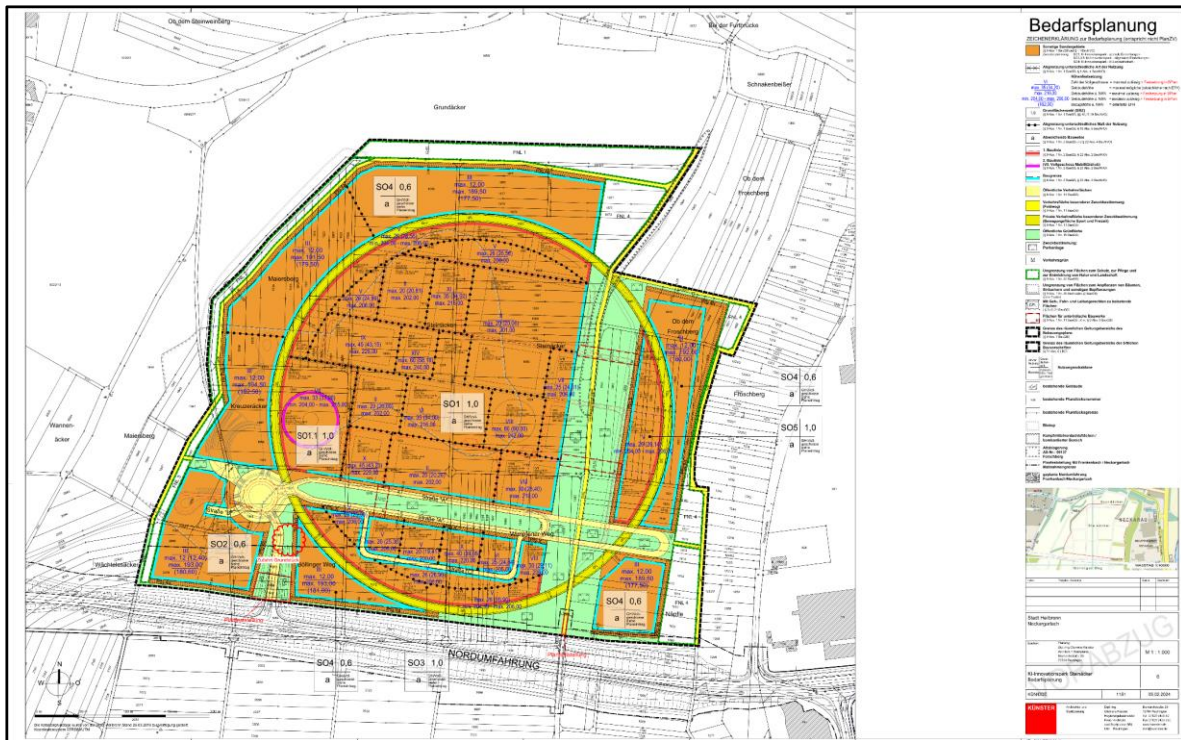


Abb. 2-2: B-Plan 44C/15 „Innovationspark Steinäcker“ (Quelle: Bedarfsplanung mit Datum vom 05.02.2024, Stadt Heilbronn Neckargartach 2024, 1151-2024-02-05-44C-15\_BPlan Bedarfsplanung.pdf).

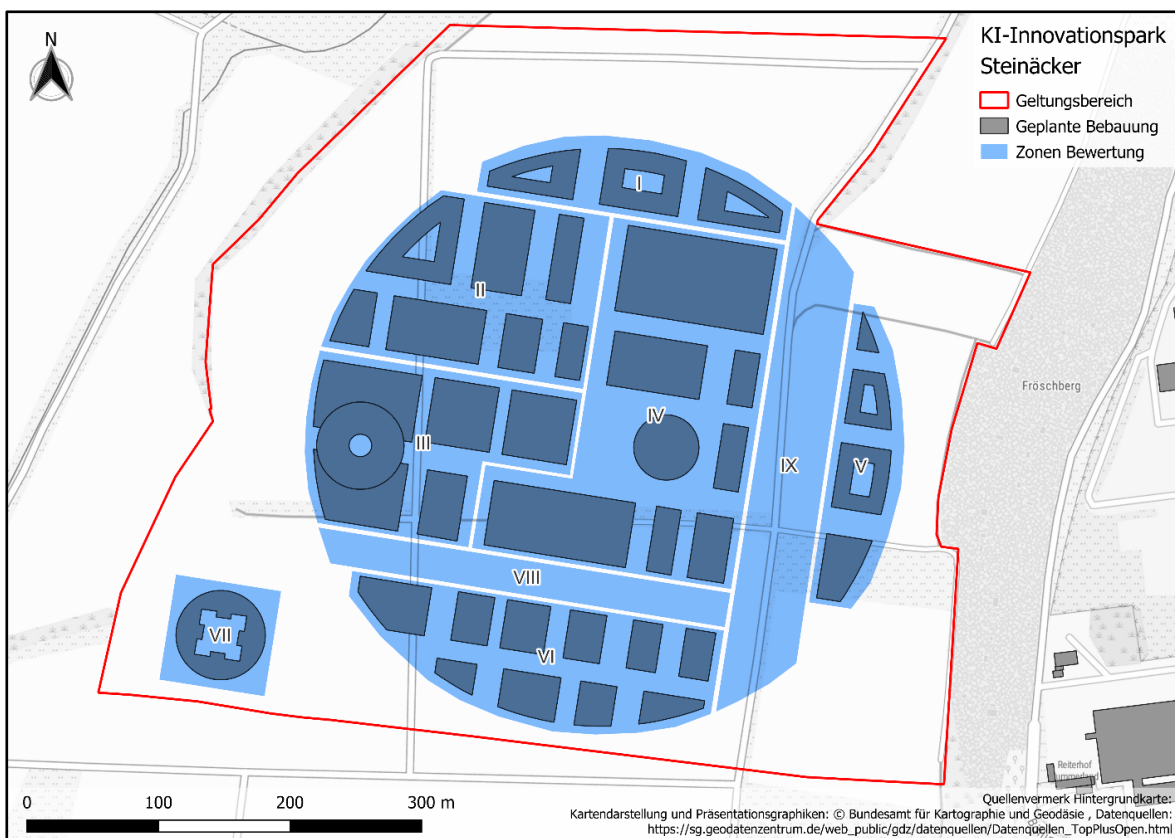
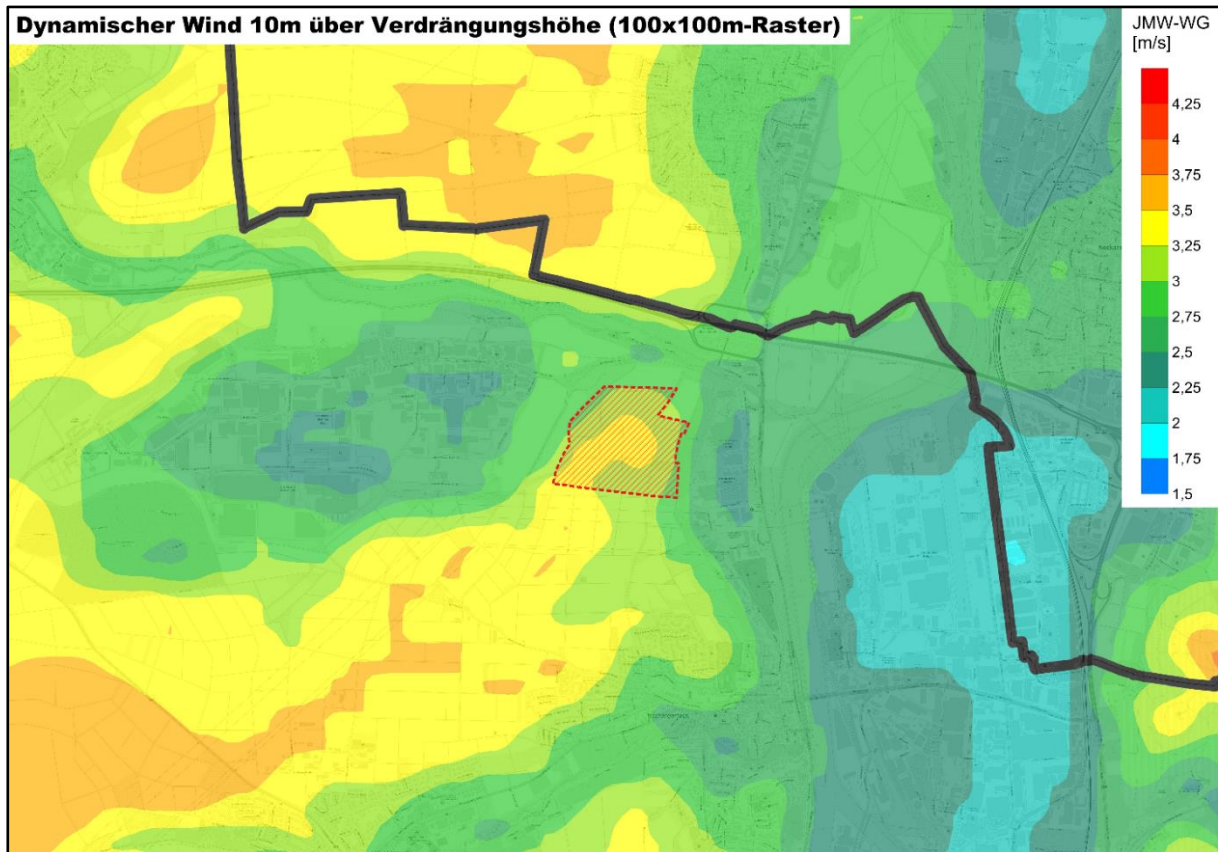


Abb. 2-3: Einteilung des Geltungsbereichs KI-Innovationspark Steinäcker in 9 verschiedene Zonen zur Bewertung.

### 3 Beurteilung der klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsraum

#### 3.1 Allgemeine Austauschverhältnisse

Die langjährigen, mittleren Windgeschwindigkeitsverhältnisse in 10 m ü. Gr. sind für das Untersuchungsgebiet in Abb. 3-1 dargestellt.



Roter Bereich: Plangebiet.

**Abb. 3-1: Langjähriges Mittel der bodennahen Windgeschwindigkeit in 10 m ü. Grund in Heilbronn (Datenquelle: Klimaanalyse Heilbronn 2016 [1]).**

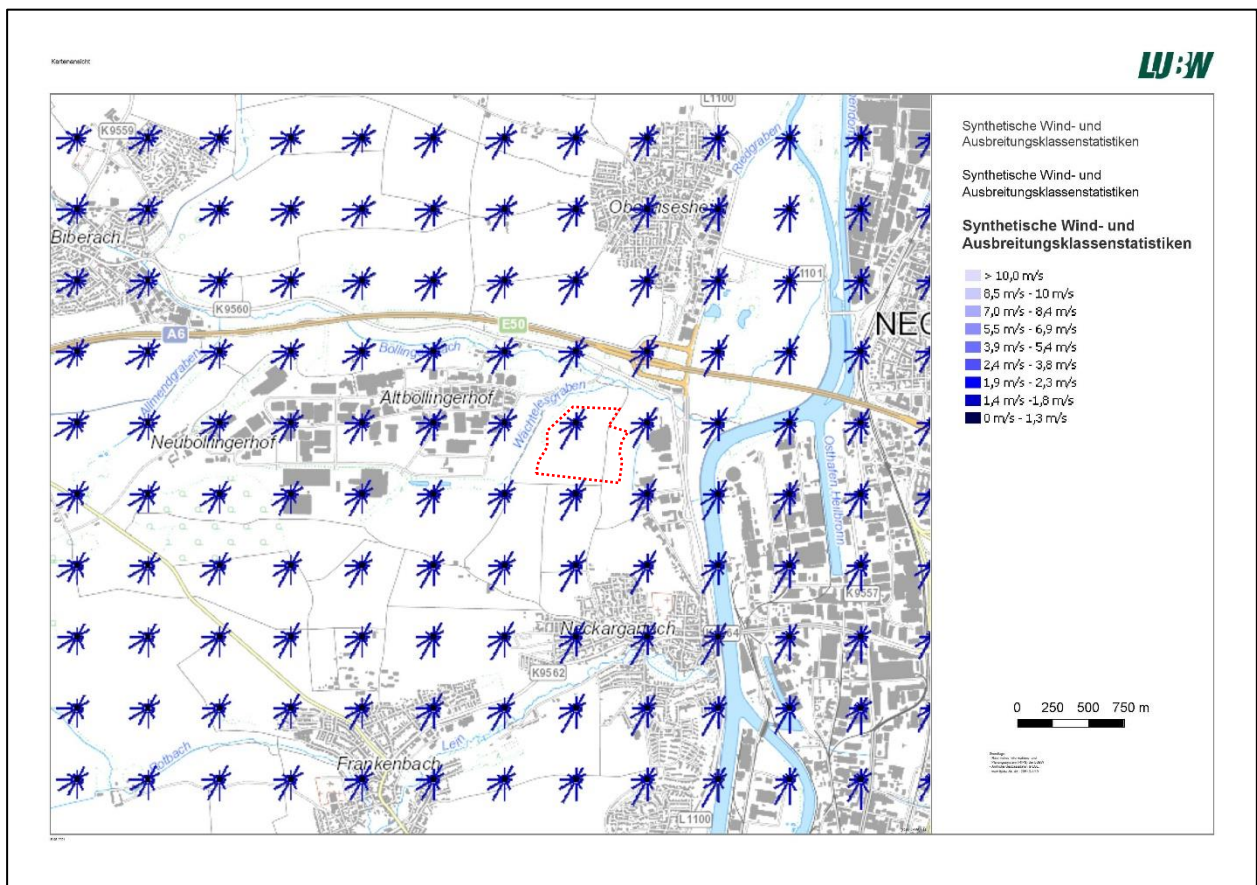
Die mittleren Windverhältnisse sind ein Synonym für die Austauschverhältnisse. Der Einfluss der Reliefgestalt auf die Austauschverhältnisse ist gut erkennbar. In der leichten Kuppenlage des Plangebiets ist die Durchlüftung mit Windgeschwindigkeiten zwischen 3,25 m/s und 3,5 m/s gut. Im Bereich des tiefer gelegenen Neckartals nimmt das Geschwindigkeitsniveau ab, ebenso im Bereich der Böllinger Höfe, voraussichtlich auf Grund der erhöhten gebäudebedingten Rauigkeit.

Bei den beschriebenen Windgeschwindigkeitswerten ist zu beachten, dass diese für eine Höhe von 10 m ü. Gr. gelten. Im Bodenniveau (2 m ü. Gr.) sind die Windgeschwindigkeiten aufgrund des allgemeinen bremsenden Einflusses der Erdoberfläche (Oberflächenrauigkeit) im Allgemeinen um ca. 30% niedriger. Gerade in der Talsohle dürften damit überwiegend Schwachwindbedingungen ( $\leq 1,5$  m/s) vorherrschen.



In Abb. 3-2 sind für das Umfeld des Plangebietes die Windrichtungshäufigkeiten (Raster 500 x 500 m<sup>2</sup>) dargestellt. Bei den Winddaten handelt es sich um synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken, die in einem Raster von 500 x 500 m<sup>2</sup> für Baden-Württemberg vorliegen und von der Arbeitsgemeinschaft IB Rau / METCON im Auftrag der LUBW berechnet wurden [4] [5]. Das Plangebiet Steinäcker ist markiert.

Bei den Windrichtungen dominieren laut [1] im Jahresmittel im Heilbronner Raum südwestliche Winde, die entlang des Neckars durch das lokale Relief jedoch eine Kanalisierung auf eher südliche Richtungen erfahren. Das sekundäre Maximum liegt bei Winden aus Ostnordost.



Quellenvermerk: Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW – Amtliche Geodatenbasis ©LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19.

**Abb. 3-2: Langjährige Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Windverteilungen im Bereich des B-Plangebietes Innovationspark Steinäcker [5]**

## 3.2 Beeinflussung der Durchlüftungssituation im Umfeld des B-Plangebietes

### 3.2.1 Allgemeine Aussagen zur Durchlüftungssituation

Durch die geplante Bebauung im Zuge einer Umsetzung des B-Plans 44C/15 ist nicht auszuschließen, dass bei Winden aus westlicher Richtung in Lee der geplanten Bebauung im Bereich des Gewerbegebietes Neckarau, bei östlichen Windrichtungen am Ostrand des Gewerbe- und Industriegebietes Böllinger Höfe und bei nördlichen Windrichtungen im Bereich der nördlichen Randbebauung von Neckargartach die bodennahen Windgeschwindigkeiten lokal reduziert werden. Eine großflächige Reduzierung der bodennahen Windgeschwindigkeiten wäre gleichbedeutend mit einer Verschlechterung der Durchlüftungssituation innerhalb des untersuchten Bereichs. Innerhalb des Plangebietes werden sich lokal Zonen mit einer Geschwindigkeitsreduzierung bzw. –überhöhung gegenüber einer nicht durch Gebäude beeinflussten Situation darstellen. Dies ist vor allem hinsichtlich der Gebietsnutzung sowie einer sachgerechten Baumpflanzung von Bedeutung. Zur Quantifizierung dieser Effekte werden in aller Regel für ausgesuchte Anströmsituationen mit einem geeigneten mikroskaligen Model, das in der Lage ist die Strömung in komplexer Bebauung realitätsnah abzubilden, Berechnungen für das bodennahe Windfeld durchgeführt. Im vorliegenden Fall kann eine erste Einschätzung zu den zu erwartenden Auswirkungen im Bereich der umliegenden Bebauung auf Basis der bisher durchgeführten Berechnungen für das Gewerbe-/Industriegebiet Steinäcker getroffen werden. Die Untersuchungen zur Darstellung der Windverhältnisse innerhalb des Plangebietes für die im B-Planentwurf festgelegten Gebäudekubaturen werden in Kapitel 5 beschrieben.

### 3.2.2 Einschätzung der Auswirkung der geplanten Bebauung für das Umfeld

Für den städtebaulichen Entwurf aus dem Jahr 2021 [2] wurden umfangreiche Berechnungen mit dem mikroskaligen prognostischen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für die damals aktuelle Gebäudekonfiguration durchgeführt. Aus den Berechnungsergebnissen lassen sich folgende Aussagen für das Umfeld außerhalb der Grenzen des B-Plangebietes ableiten:

- Im Bereich der an das B-Plangebiet angrenzenden Gewerbe- und Industriegebiete im Westen (Böllinger Höfe) und Osten (Neckarau) sind bei einzelnen Anströmrichtungen leichte Geschwindigkeitsreduktionen zu erwarten, die allerdings nur lokal auftreten;
- Im Süden im Bereich des nächstgelegenen Wohngebietes, und zwar des nördlichen Siedlungsrandes von Neckargartach, sind keinerlei Durchlüftungseinschränkungen zu erwarten;
- Die Änderungen in Entfernungen größer ca. 150 bis 200 m in Lee der geplanten Bebauung Steinäcker dürften bei allen Anströmrichtungen, bezogen auf die Referenzgeschwindigkeit, unter 25% liegen und nur räumlich begrenzt auftreten.

Für die gegenüber dem städtebaulichen Entwurf aus 2021 abweichende Bebauung des jetzt zu prüfenden B-Planentwurfs dürften ähnliche Verhältnisse in den nächst gelegenen Siedlungsbereichen zu erwarten sein. Eine räumlich ausgedehnte Einschränkung der Durchlüftung in den an das B-Plangebiet angrenzenden Gewerbe- und Industriebereichen durch eine geplante Bebauung Steinäcker ist nicht zu rechnen.

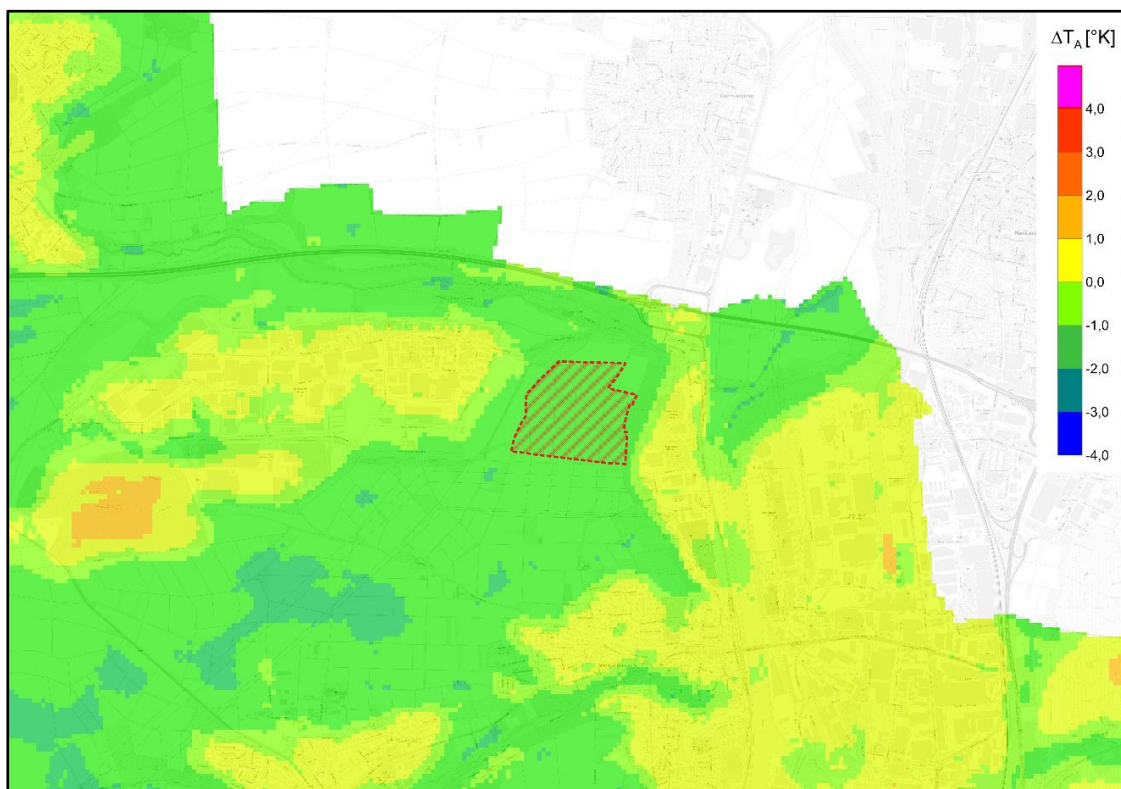
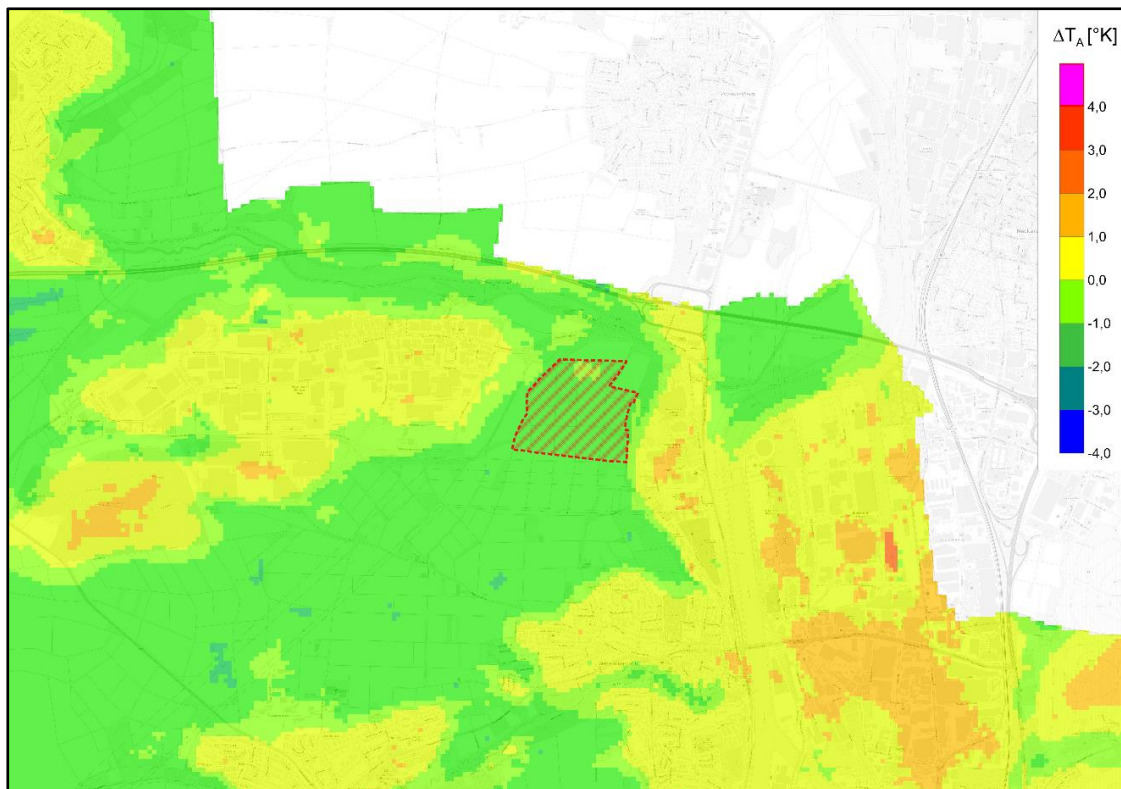
Die Bewertung der Durchlüftungsverhältnisse innerhalb des B-Plangebiets erfolgt auf Basis der aktuell durchgeführten Berechnungen in Kapitel 5.

### **3.3 Thermisches Niveau bei austauscharmen Wetterlagen**

In austauscharmen Strahlungsnächten werden die thermischen Effekte der unterschiedlichen Flächennutzungen deutlich. Da die Aufheizung der Oberflächen durch die Sonneneinstrahlung am Tage entfällt, wird das lokale thermische Niveau ausschließlich durch das unterschiedliche Auskühlungsverhalten bzw. der Wärmespeicherfähigkeit der verschiedenen Flächennutzungen geprägt. Bezüglich der Höhenlage kommt ergänzend der Effekt der Lufttemperaturinversion zum Tragen, da aufgrund der am Boden lagernden kühleren Luft die Lufttemperatur mit der Höhe zunimmt.

Das Temperaturfeld im Umfeld des B-Plangebiets während Strahlungsnächten ist für die erste Nachthälfte in Abb. 3-3 oben dargestellt. Die Lufttemperaturspanne im Umfeld des Innovationsparks Steinäcker beträgt ca. 5 K, wobei die Landwirtschaftsflächen im Plangebietsbereich ca. 3 K kühler sind als die Gewerbegebiete Böllinger Höfe und Neckarau und damit potentielle Kaltluftproduktionsflächen darstellen. In der zweiten Nachthälfte (Abb. 3-3 unten) bleibt das thermische Niveau im Bereich des Plangebietes in etwa gleich zu dem in der ersten Nachthälfte. Östlich des Neckars findet noch eine leichte Abkühlung im Bereich des Industriegebietes statt. Südwestlich des Plangebietes ist ebenfalls eine weitere Abkühlung um etwa 1 K zu beobachten.

Bei Umsetzung der Bebauung könnte unter der Voraussetzung, dass mit intensiver Begrünung und unversiegelten Flächen gearbeitet wird, das thermische Niveau des Istzustandes gehalten werden.



Roter Bereich: Plangebiet.

**Abb. 3-3:** Mittlere Anomalie der Lufttemperaturverteilung in 2 m über Grund in der 1. (Bild oben) und 2. Nachthälfte (Bild unten) bei austauscharmen Strahlungstagen im Untersuchungsraum Steinäcker, bezogen auf eine durchschnittliche Gebietsmitteltemperatur von 25,2°C (erste Nachthälfte) bzw. 20,9°C (2. Nachthälfte) [1].

### **3.4 Einschätzung möglicher Auswirkungen auf thermisch bedingte Ausgleichssysteme (Kaltluftströmungen)**

#### **3.4.1 Allgemeine Aussagen zum Kaltluftgeschehen**

Unter bestimmten meteorologischen Voraussetzungen (schwache Winde, wolkenarmer Himmel) findet vor allem in den Sommermonaten während der Nacht im Bereich von unversiegelten Flächen (Vegetationsflächen) eine Abkühlung der obersten Bodenschichten und als Folge davon der bodennahen Luftschichten statt. Es bildet sich Kaltluft mit einer größeren Dichte verglichen mit der Umgebungsluft, die in topographisch gegliedertem Gelände zuerst die Hänge hinunterfließt (Hangabwind), sich im Talgrund sammelt und sodann den Talgrund entlang strömt (Bergwind oder Talabwind). Bei genügend großer Kaltluftproduktion und entsprechenden topographischen Gegebenheiten entstehen durch diese Strömungsvorgänge nächtliche Windsysteme, die vom großräumigeren (regionalen) Windsystem vor allem bei niedrigen Windgeschwindigkeiten weitgehend entkoppelt sind und das lokale Klima vielschichtig beeinflussen können. Die topographischen Gegebenheiten (Hangneigung, Form, Oberflächen-gestaltung) bestimmen dabei die Größe und die Intensität dieser thermischen Windsysteme

Da die kühlere Luft über Freiflächen schwerer ist und damit am Boden aufliegt ist davon auszugehen, dass sie im Bereich der Hanglagen der Geländeneigung folgend in die jeweiligen Talsohlen fließt, sich dort sammelt und anschließend zum tiefsten Geländebereich (hier Wächelstal und anschließend Böllinger Bachtal sowie Neckaraue) abfließt.

#### **3.4.2 Einschätzung für die Umgebung des Plangebietes**

Diese Prozesse der Kaltluftbildung und des Kaltlufttransportes wurden in der Gesamtstädtischen Klimaanalyse Heilbronn [1] mit dem numerischen Modell METRAS untersucht. Die Analyse der Kaltluftprozesse erfolgte unter der Annahme des Fehlens eines übergeordneten, regionalen Windes, um potenzielle Einflüsse etwaiger nicht-lokaler Strömungen bzw. Winde ausschließen zu können.

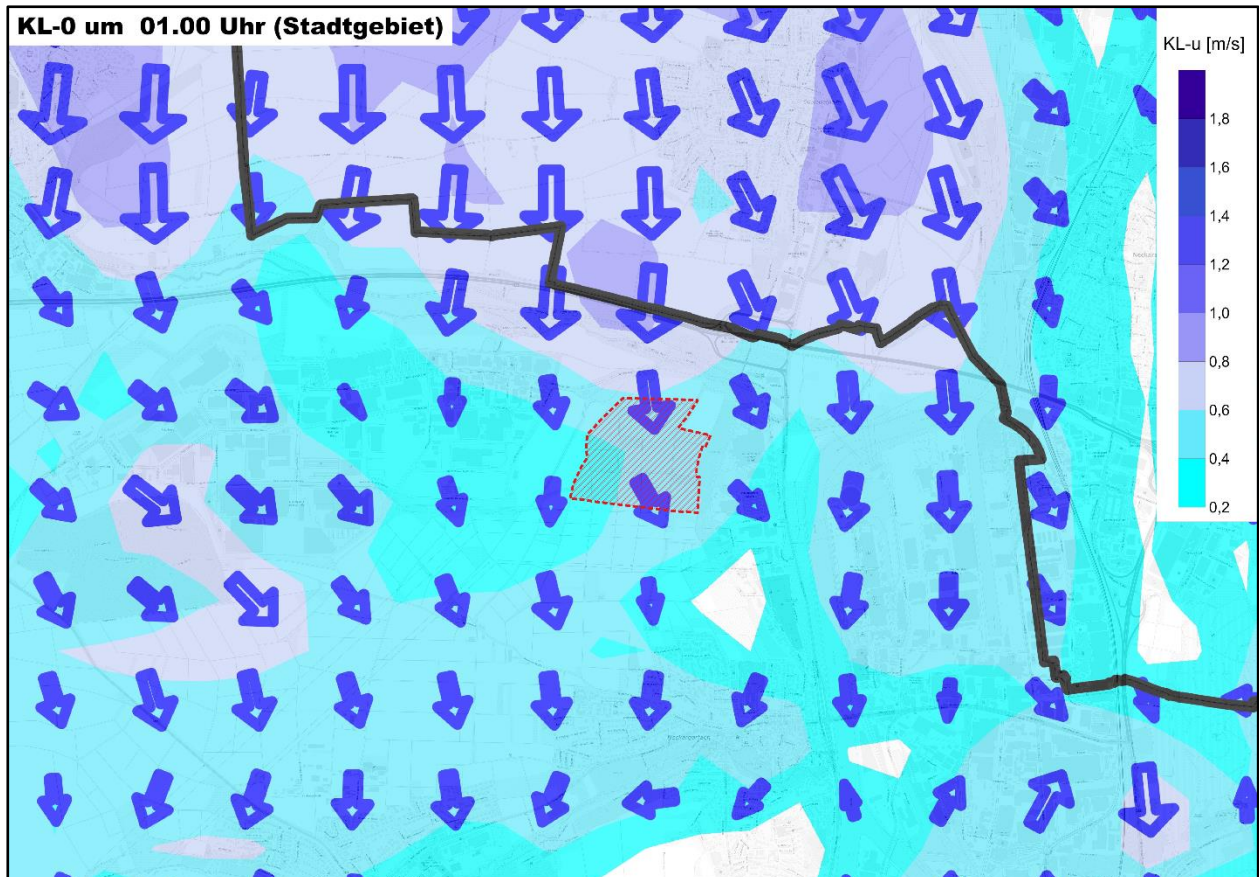
Um die lokalen Kaltluftprozesse im hiesigen Untersuchungsraum ohne den Einfluss der weiteren Umgebung und in einer höheren räumlichen Auflösung einschätzen zu können wurden die Ergebnisse aus [2] der gemäß der „Kaltluftrichtlinie“ [6] durchgeführten statistischen Schätzverfahren unter Einbeziehung einer Reliefanalyse herangezogen (Kap. 0).

##### **3.4.2.1 Großräumige (mesoskalige) Kaltluftprozesse**

Während austauscharmer Strahlungstage sind um 1 Uhr nachts die mesoskaligen Kaltluftprozesse vollständig entwickelt (Abb. 3-4). Sämtliche Kaltluftflüsse sind dabei dem Schwachwindbereich ( $\leq 1,5$  m/s) zuzuordnen. Hauptmerkmal der Kaltluftprozesse im Untersuchungsraum ist eine von der nördlichen Abdachung des Neckarbeckens bei Biberach



nach Süden fließende schwache Kaltluftströmung mit  $< 1,0$  m/s, die bis in die Ortsteile Neckargartach und Frankenbach (in der Abb. 3-4 nicht mehr dargestellt) sowie bis zur Neckaraue vordringt. Das eingeschnittene Wächtelstal bewirkt eine leichte Abschirmung der Strömung, sodass die Kaltluftgeschwindigkeit auf  $< 0,4$  m/s absinkt. Durch den permanenten, flächen-deckenden Kaltluftnachschieb ist jedoch gewährleistet, dass auch bei Realisierung der Planung Steinäcker der Kaltluftabfluss nach Süden nicht blockiert wird.



Roter Bereich: Plangebiet.

**Abb. 3-4: Mesoskalige Kaltluftströmungen in 10 m ü. Gr. um 1 Uhr nachts während austauscharmer Strahlungswetterlagen im Untersuchungsraum Steinäcker [1].**

### 3.4.2.2 Lokale Kaltluftprozesse

Neben den mesoskaligen Kaltluftprozessen können sich lokale Kaltluftströmungen entwickeln, die weitgehend unbeeinflusst vom großräumigen Kaltluftgeschehen sind. Diese bilden sich beispielsweise in den ersten Nachtstunden und / oder bei einer übergeordneten Anströmung aus. Im Umfeld des Planvorhabens gibt es unbebaute bzw. unversiegelte Flächen, die zur Kaltluftproduktion beitragen und deren potenzieller Kaltluftabfluss über das Wächtelstal in das Böllinger Bachtal oder in die Neckaraue erfolgt. Das Böllinger Bachtal seinerseits stellt wiederum eine Kaltluftabflussbahn zur Belüftung des Ortsteils Neckarau dar, deren Kaltluft jedoch als



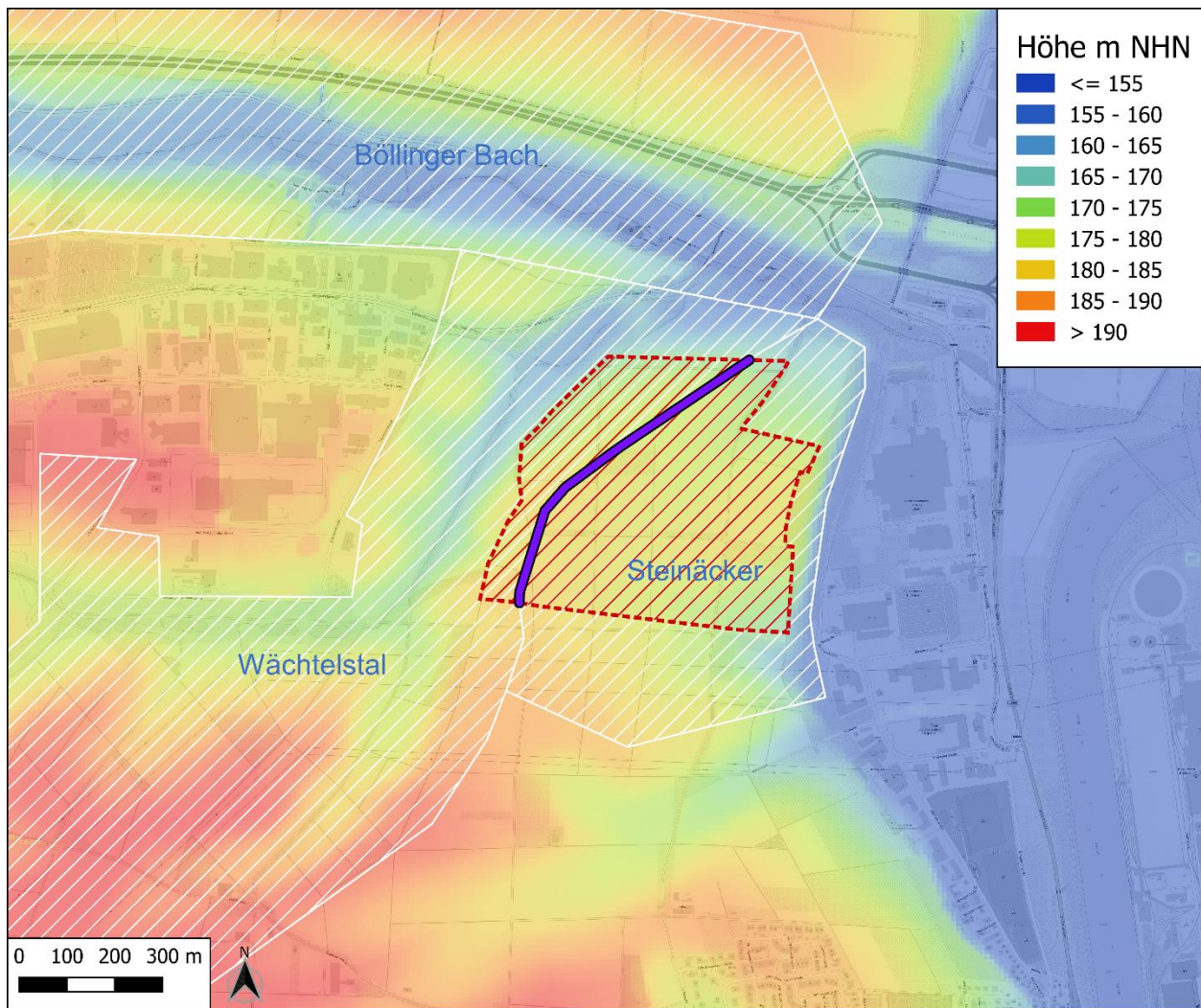
lufthygienisch belastet eingestuft wird (vgl. Abb. 1-1, roter Pfeil). Die Grenzen der lokalen Kaltluftproduktionsgebiete werden durch die Kammlinien des Reliefs oder den Bebauungsrand vorgegeben.

Die betreffenden Flächen sind in Abb. 3-5 dargestellt. Das Kaltlufteinzugsgebiet des Wächtelstals hat eine Größe von ca. 300 ha. Für das Böllinger Bachtal beträgt die Größe 430 ha und für die östlichen Steinäcker über 40 ha. Die Gesamtgröße aller Kaltlufteinzugsgebiete beträgt ca. 770 ha.

In Anbetracht der lufthygienischen Belastung der Kaltluft im Böllinger Bachtal ist der Zustrom sauberer Kaltluft über das Wächtelstal als klimatisch relevant zu beurteilen. Eine potenzielle Schwächung dieses Zustroms durch das Plangebiet Steinäcker wäre daher als klimatisch ungünstig einzustufen.

Vom Plangebiet Steinäcker ist nur dessen westliche Seite (in Abb. 3-5: Bereich westlich der blauen Linie) mit einer Größe von ca. 7 ha dem Kaltlufteinzugsgebiet des Wächtelstals zuzurechnen, entsprechend einem Flächenanteil von 3,3 %. Bezogen auf das gesamte Kaltlufteinzugsgebiet von Wächtelstal und Böllinger Bachtal beträgt der Plangebietsanteil nur 1,4 %. Gemäß der „Kaltluftrichtlinie“ VDI 3787 Blatt 5 ist der Verlust der Kaltluftproduktion somit als **gering** einzustufen. Der östliche, zur Neckaraue abfallende Bereich des Plangebietes hat eine Größe von 22 ha und ist aufgrund seiner „relativen“ Kuppenlage keinem größeren Kaltlufteinzugsgebiet zuzuordnen. Ein potenzieller Kaltluftabfluss erfolgt entweder direkt nach Osten zur Neckaraue oder nach Nordosten in den Einmündungsbereich des Böllinger Bachtals in das Neckartal. In beiden Zielgebieten liegt gewerbliche Flächennutzung vor, d. h. keine sensible Nutzung wie Wohnen, Bildung, Gesundheit, etc.

Die vertikale Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftfließgeschwindigkeiten sind stark vom Relief abhängig. In der Untersuchung [2] wurden für potentielle Kaltlufteinzugsgebiete innerhalb des Plangebietes die zu erwartenden theoretischen maximalen Kaltlufthöhen, Kaltluftfließgeschwindigkeiten und Kaltluftvolumenströme nach den Verfahren von Defant (1933) [7] und Briggs (1979) [8] abgeschätzt. Die Berechnung erfolgte vom jeweils höchsten Geländepunkt bis zum niedrigsten Geländepunkt. Für die hierbei benötigte Lufttemperaturdifferenz zwischen Kaltluft und Umgebungsluft wurde exemplarisch ein typischer Wert von -5 K angenommen. Es zeigte sich, dass die Kaltluftströme im Plangebiet für den Istzustand maximal eine Kaltluftmächtigkeit von 2,1 m Höhe und Kaltluftgeschwindigkeiten < 2 m/s erreichen. Am jeweiligen Rand des B-Plangebiets sind entsprechend die Kaltluftvolumenströme gering und tragen somit nur einen geringen Anteil zum Kaltluftabfluss im Wächtelstal sowie zum Kaltluftabfluss nach Osten ins Neckartal bei.



Roter Bereich Plangebiet. Weißer Bereich: Kaltluftproduktionsflächen.

Quellenvermerk: Kartendarstellung und Präsentationsgraphiken: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Datenquellen: [https://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/datenquellen/Datenquellen\\_TopPlusOpen.html](https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/Datenquellen_TopPlusOpen.html);  
 Höendarstellung: DGM10 © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de), Az.: 2851.9-1/19

**Abb. 3-5: Kaltluftproduktionsflächen im potenziellen Einflussbereich des Plangebietes mit „Kammlinie“ (blaue Linie).**

### 3.4.3 Fazit Kaltluftgeschehen

Auf Basis der Ergebnisse der durch das IB Rau in der Vergangenheit bereits durchgeführten kleinräumigen und großräumigen Kaltluftberechnungen [1] [9] [10] für den Raum Heilbronn kann davon ausgegangen werden, dass unter Berücksichtigung der topographischen Lage des B-Plangebietes, der Distanz zu nächst gelegenen Wohngebieten und unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtungen thermisch bedingte Austauschsysteme in diesem Bereich zwischen Böllinger Höfe und Gewerbegebiet Neckarau eine geringere Rolle spielen und somit auch nur mit geringen oder keinen Beeinträchtigungen zu rechnen ist.

### **3.5 Verschattung, Einstrahlung und Anzahl Sonnenstunden**

Für eine spätere Detailplanung äußerst wichtig sind Verschattungsberechnungen. Mit den Verschattungsberechnungen werden zwei verschiedene planungsrelevante Aspekte untersucht. Zum einen ist in den Wintermonaten aufgrund des generellen Lichtmangels eine möglichst lange Besonnungsdauer gewünscht. Je nach späterer Nutzung ist von Bedeutung, mit wieviel Sonnenstunden theoretisch im Bereich der Fassaden zu rechnen ist. Als Beurteilungsgrundlage dient die DIN EN 17037, die Mindestbesonnungszeiten für gesundes Wohnen und Arbeiten definiert. Zum anderen ist in den Sommermonaten aufgrund des Wärmeeintrags durch die solare Einstrahlung eine kühlende Abschattung von Nachbargebäuden und Begrünung wünschenswert. Als Maß für den solaren Energieeintrag können die Globalstrahlung berechnet und damit kritische Bereiche auf der Vorhabenfläche identifiziert werden. Bei Kenntnis der auf die einzelnen Gebäudefassaden bzw. Horizontalflächen einwirkenden Strahlung (Straßen, Wege, Plätze) können gebäudebezogene Begrünungsmaßnahmen (Fassadenbegrünung) sowie die Begrünung von Aufenthaltsbereichen optimiert werden.

### **3.6 Ergebniszusammenfassung**

Die Auswirkungen der Bedarfsplanung des B-Plans Steinäcker auf das Lokalklima im Umfeld des B-Plangebietes werden als gering und vertretbar eingeschätzt.

Aufgrund der leichten Kuppenlage des Plangebietes werden Windfelder einschließlich Kaltluftströmungen in den umliegenden, tiefer gelegenen Tälern nur wenig beeinflusst. Im Zuge der Detailuntersuchung (s. Kapitel 4) wird geprüft, ob die nördlichen mesoskaligen Kaltluftströmungen bzw. die für den Bereich repräsentativen dynamischen Windsysteme aus südlicher bis westlicher Richtung einigermaßen ungehindert in das B-Plangebiet einströmen können.

Der durch eine Bebauung bedingte Verlust an Kaltluftproduktionsfläche wird als vertretbar angesehen, da die lokal auftretenden Kaltluftvolumenströme im Vergleich zu den Kaltluftvolumenströmen in den angrenzenden Tälern Wächstelstal, Böllinger Bachtal und Neckartal gering sind, sodass die dortigen Kaltluftströme nur unwesentlich beeinträchtigt werden und ihre Ventilationsfunktion beibehalten. Durch einen entsprechend hohen unversiegelten Flächenanteil bzw. intensive Begrünungsmaßnahmen innerhalb des B-Plangebietes kann ein Teil des Verlustes an Kaltluftproduktionsfläche kompensiert werden.

In den beiden folgenden Kapiteln 4 und 5 werden die Durchlüftung des Plangebietes sowie die Verschattung /Sonneneinstrahlung für das Plangebiet detailliert untersucht.

## 4 Durchlüftung des Plangebietes und der angrenzenden Bebauung

### 4.1 Eingesetztes Modell

Die Bewertung einer möglichen Beeinflussung der Durchlüftung des B-Plangebietes erfolgt über das bodennahe Windfeld. Das hierzu eingesetzte Modell MISKAM zählt zu der Klasse der mikroskaligen prognostischen Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. Diese Modelle sind in der Lage, die hochkomplexe dreidimensionale Strömungsstruktur innerhalb bebauter Gebiete realistisch abzubilden.

Das Modell MISKAM wurde an der Universität Mainz [11] [12] entwickelt und wird sowohl zu Forschungszwecken als auch im Rahmen gutachtlicher Tätigkeit in vielen Beratungsbüros in Deutschland eingesetzt. MISKAM beruht auf den grundlegenden strömungsmechanischen Grundgleichungen. Das Windfeld wird durch die numerische Lösung der Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse und Energie berechnet. Als Turbulenzmodell wird ein Standard-k, $\epsilon$ -Modell eingesetzt. Einzelne Gebäude und Hindernisse können somit explizit in ihrer Form aufgelöst werden. Das Modellsystem MISKAM umfasst das Windfeldmodell sowie ein Eulersches Ausbreitungsmodell.

Vergleiche mit Messergebnissen aus Windkanälen zeigen, dass die Um- und Überströmung von Gebäuden und Gebäudekomplexen, die Ausbildung von Rückströmzonen, der Frontwirbelbereich etc. mit MISKAM realistisch abgebildet werden können [13] [14].

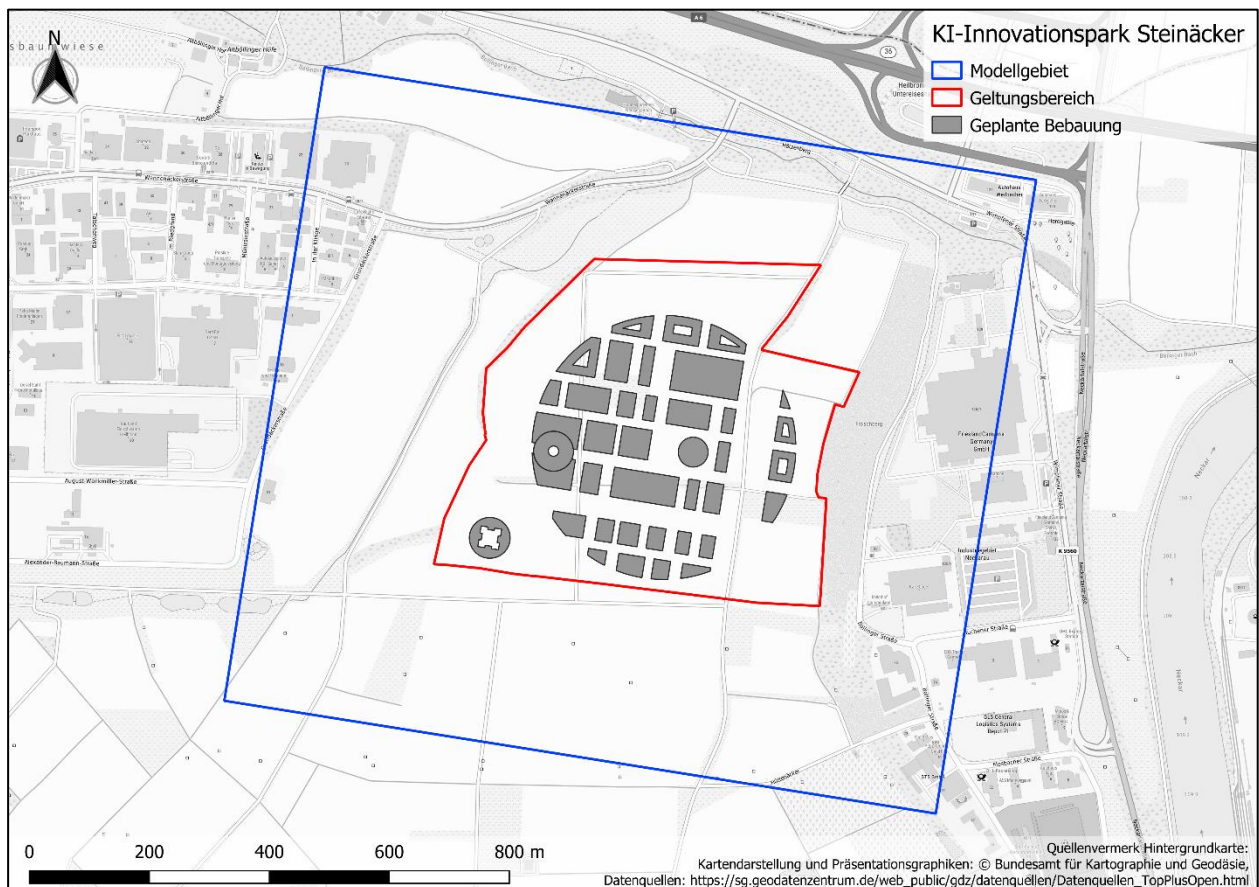
MISKAM ist ein Episodenmodell. Es berechnet stationäre dreidimensionale Strömungs- und Ausbreitungsfelder, wie sie sich im dynamischen Gleichgewicht unter den baulichen (Rauigkeits- und Bebauungsstruktur) und meteorologischen Randbedingungen (Anströmprofil) einstellen. Instationäre Berechnungen unter Berücksichtigung zeitabhängiger Randbedingungen wie z.B. Energieflüsse am Boden bzw. an Gebäudeoberflächen sind derzeit nicht möglich. Die Simulation thermisch bedingter Windsysteme ohne jeden dynamischen Antrieb ist somit nicht möglich.

### 4.2 Modellvorgaben

In der Abb. 4-1 ist die räumliche Lage des Plangebietes sowie der Umriss des für die Modellrechnungen zum bodennahen Windfeld mit MISKAM gewählten Modellgebietes gegeben. Das Modellgebiet hat eine Ausdehnung von ca. 1200 m in Ost-Westrichtung und ca. 1070 m in Nord-Südrichtung. Die horizontale Auflösung wurde im Kernbereich äquidistant mit  $2 \times 2 \text{ m}^2$  festgelegt. In der Vertikalen wurde bis in eine Höhe von 20 m eine Auflösung von 1 m gewählt. Darüber nimmt die Gitterweite bis zum oberen Modellrand, der mit der vierfachen Höhe des



höchsten Gebäudes zur Vermeidung von Randeffecten gewählt wird, kontinuierlich zu. Die Gitterdrehung der X-Achse gegen Nord beträgt 99°.



**Abb. 4-1: Lageplan des Plangebietes in Heilbronn mit Umriss des Modellgebietes.**

Für die vollständige Erzeugung des digitalen Gittermodells müssen die Gebäudemerkmale für den Ist- und den Planzustand des Untersuchungsgebietes erfasst werden. Die geplante Bebauung wurde aus den nachfolgenden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planunterlagen und Projektskizzen abgeleitet.

- 1 - MVRDV A3.pdf
- 63\_2024-04-15-\_BP 44C\_15 Textfestsetzungen\_mit Vermerke.pdf
- 1151-2024-02-05-44C-15\_BPlan Bedarfsplanung.pdf
- 240229\_MVRDV\_IPAI\_B-Plan Combined-A0 750 - Technical B-Plan.pdf
- 240326 - MVRDV - Dachflächenplan IPAI.pdf
- 2403015 - MVRDV - IPAI Masterplan - Grün - Retention - PV.pdf
- Entwässerung.pdf
- IPAI - LOLA - AIH 20240228 surfaces plan.pdf

Nicht berücksichtigt wurde eine mögliche Bebauung zwischen der das B-Plangebiet umgebenden Ringstraße sowie den Grenzen des B-Plangebietes sowie ein eventueller Grünsaum zwischen

Ringstraße und B-Plangebietsgrenze. Insofern kann der Wind insgesamt „besser“ in das Plangebiet eindringen als das ggf. später der Fall sein wird.

### 4.3 Untersuchungsumfang

Die MISKAM-Windfeldberechnungen wurden sowohl für den Istzustand als auch für den Planzustand bei einer Anströmgeschwindigkeit von 10 m/s in 100 m Höhe durchgeführt. Da in diesem Untersuchungsschritt das dynamische Windfeld ohne thermische Einflüsse betrachtet wird, lassen sich die bei dieser Anströmgeschwindigkeit berechneten lokalen Geschwindigkeiten auf andere Anströmgeschwindigkeiten skalieren.

Die Windverhältnisse im Bereich des Plangebietes sind in Abb. 4-2 zusammenfassend in Form der Windrichtungsverteilung sowie Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse dargestellt. Sie basieren auf den synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken, die deutschlandweit in einem Raster von 500 x 500 m<sup>2</sup> vorliegen und die Windverhältnisse in 10 m Höhe über Verdrängungshöhe realistisch widerspiegeln [5] [15]. Die Windverteilung zeigt das Hauptmaximum für Winde aus Südsüdwest sowie ein Nebenmaximum für Winde aus Nordost. Entsprechend der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen im Bereich des Plangebietes werden im Folgenden die Ergebnisse der Durchlüftungsuntersuchungen für die Windrichtungen 30°, 120°, 210°, 240° und 270° ausgewertet, die insgesamt im langjährigen Mittel in ca. 60% der Jahresstunden auftreten.

Zur vergleichenden Darstellung der Auswirkung der geplanten Bebauung auf das bodennahe Strömungsfeld innerhalb des Plangebietes sowie im Nahbereich des Plangebietes werden die mittleren absoluten Geschwindigkeiten für den Planzustand auf die langjährige sektorgemittelte Windgeschwindigkeit in 1,5 m Höhe über Grund bezogen.

Zusätzlich ausgewertet wird auch das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen dem Planzustand und dem Istzustand. Ein Verhältnis  $> 1$  bedeutet eine lokale Geschwindigkeitsverstärkung im Planzustand gegenüber dem Istzustand, ein Verhältnis  $< 1$  entsprechend eine Geschwindigkeitsminderung. Um Artefakte, die sich bei sehr kleinen Geschwindigkeiten bei Änderungen zwischen Planentwurf und Istfall ergeben können zu vermeiden, wurden nur absolute Änderungen der bodennahen Windgeschwindigkeit (1,5 m Höhe)  $> 0,2$  m/s, bezogen auf die jeweils Sektor gemittelte langjährige Windgeschwindigkeit, betrachtet.

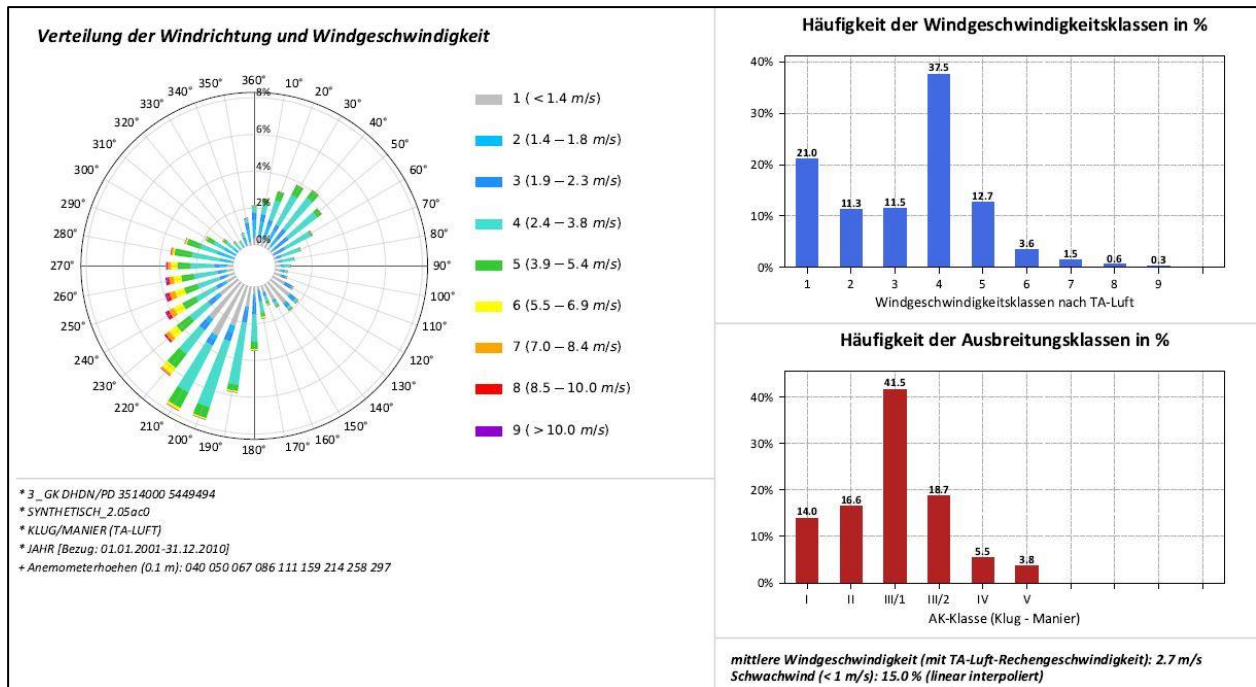


Abb. 4-2: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung im Bereich des Plangebietes.

#### 4.4 Ergebnisse der Untersuchungen zur Durchlüftung

Bei der Um- und Überströmung von Gebäudekomplexen bilden sich in Lee (windabgewandte Seite) jedes einzelnen Gebäudeblocks Nachlaufzonen mit reduzierter Windgeschwindigkeit aus. Durch Kanalisierungseffekte und die gebäudeinduzierte Turbulenz bilden sich andererseits Zonen mit erhöhten Geschwindigkeiten aus, die die Durchlüftung positiv beeinflussen können. Die Ausdehnung und Ausprägung dieser Nachlaufzonen mit reduzierter Windgeschwindigkeit und die Zonen mit einer Geschwindigkeitserhöhung müssen integral bewertet werden und geben insgesamt Aufschluss über mögliche Durchlüftungseinschränkungen in den angrenzenden Gebieten.

Abb. 4-3 zeigt das bodennahe Windfeld (1,5 m Höhe) im Bereich des Plangebietes bei einer Anströmung aus Südsüdwest (210°) für den Planzustand. Es ist deutlich zu sehen, dass die Bebauung insgesamt wie ein Strömungsteiler wirkt und teilweise umströmt wird. Dabei ist im Bereich der Umströmung das bodennahe Geschwindigkeitsniveau gegenüber der sektorgemittelten bodennahen Windgeschwindigkeit (1,45 m/s) sogar leicht erhöht. In weiten Teilen im Inneren des Plangebietes wird der bodennahe Wind stark reduziert. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Gassen zwischen den Gebäudekomplexen im südlichen Teil (Sektor VI, Abb. 2-3) recht eng sind und zum anderen die Gebäudekomplexe versetzt zueinander stehen. Lediglich lokal kommt es im südlichen Plangebiet (Zone VI und VIII), bedingt durch gebäudeinduzierte Turbulenz und Kanalisierungseffekte leicht erhöhter Windgeschwindigkeit. Es werden lokal Geschwindigkeiten von bis zu 2-2,5 m/s erreicht. Die breit angelegten Flächen VIII und IX wirken als Lüftungsschneisen. Im Bereich der Zonen I und II findet ebenfalls eine starke

Reduzierung der bodennahen Windgeschwindigkeit statt, die auf eine Verdichtung der Baukörper im nördlichen Bereich der Zone III bzw. im südlichen Bereich der Zone II zurückzuführen ist. Lokal kommt die Strömung nahezu vollständig zum Erliegen.

In der Abb. 4-4 ist das Verhältnis der Windgeschwindigkeiten von Plan- zu Istzustand bei einer Anströmung aus Südsüdwest dargestellt. In Luv der Bebauung zeigt sich eine Geschwindigkeitsreduktion infolge des Strömungswiderstandes im Planfall gegenüber der „ungeblockten“ Strömung im Istzustand. Im gesamten bebauten Gebiet, mit Ausnahme der ausgeprägten Süd-Nord-Schneise (Alter Römerweg) bzw. dem westlichen Teil der Ost-West-Schneise, zeigt das Verhältnis der Windgeschwindigkeiten, dass die Durchströmung durch zu dichte Bebauung „geblockt“ wird.

Das bodennahe Windfeld im Bereich des Plangebietes bei einer Anströmung aus Westsüdwest (240°) für den Planzustand ist in Abb. 4-5 dargestellt. Auch bei dieser Windrichtung zeigt sich großräumig ein Strömungsmuster wie bei einer Zylinderumströmung. In den Randbereichen wird die bodennahe Strömung gegenüber der sektorgemittelten bodennahen Windgeschwindigkeit von 2,15 m/s deutlich beschleunigt. Die Freiflächen der Zonen VIII und IX wirken wieder als Lüftungsschneisen. An den südlichen Rändern im Bereich der Zone VI sowie im Bereich der Ost-West-Schneise VIII führen Kanalisierungseffekte zu Geschwindigkeiten von lokal über 2,5 m/s. In diesen Bereichen könnten ggf. Einschränkungen im Windkomfort möglich sein. Der zentrale Platz in Zone IV ist groß genug, so dass der Wind eindringen kann und bodennah nahezu das Geschwindigkeitsniveau der langjährigen sektorgemittelten ungestörten Windgeschwindigkeit erreicht wird.

Die Darstellung des Windgeschwindigkeitsverhältnisses von Plan- zu Istzustand zeigt allerdings in großen Teilen des Gebietes eine starke Geschwindigkeitsreduktion in Bodennähe (Abb. 4-6). Bei dieser Anströmrichtung erstreckt sich die Zone reduzierter Geschwindigkeit bis weit in Lee des Kreises.

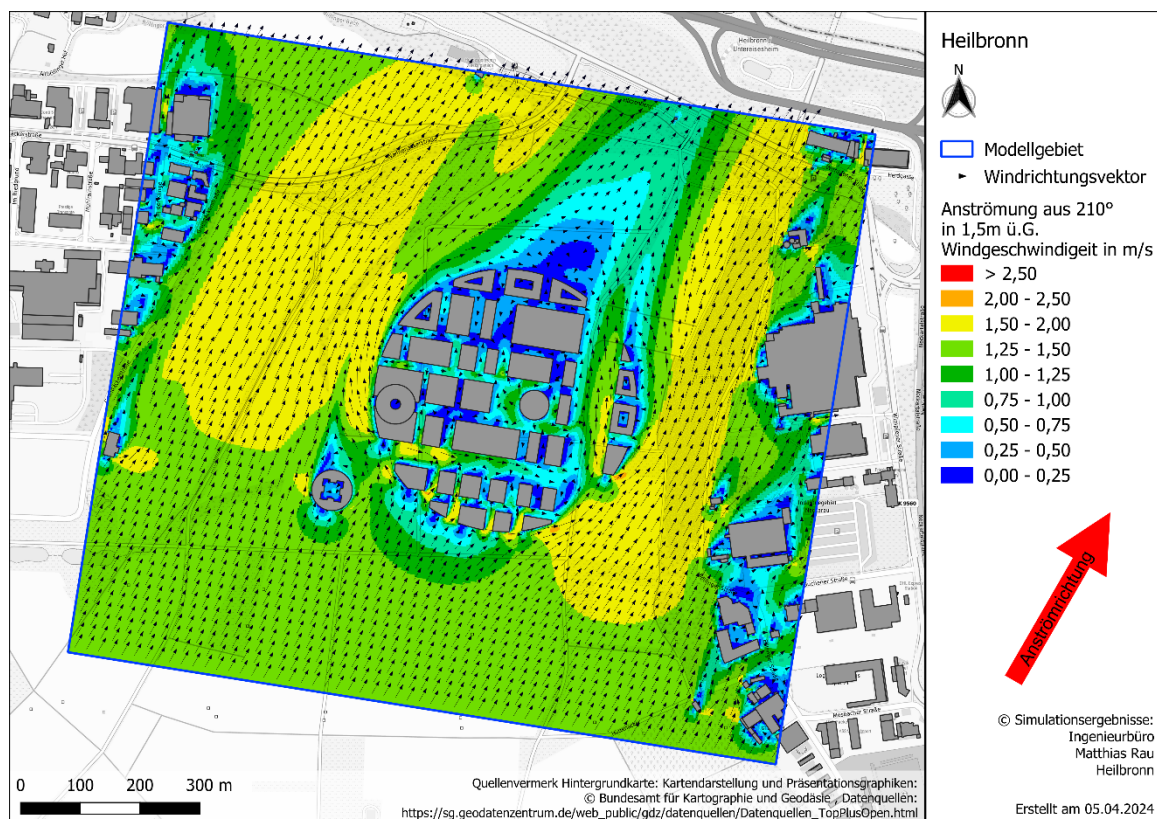
Abb. 4-7 zeigt das bodennahe Windfeld bei Westanströmung (270°) für den Planfall und Abb. 4-8 das Verhältnis von Planfall zu Istfall. Wie auch bei den bisher diskutierten Windrichtungen kommt es zu einer Umströmung des gesamten bebauten Gebietes, wobei sich auch hier nördlich und südlich der Planbebauung zwei Zonen mit gegenüber dem Istzustand leicht erhöhter Windgeschwindigkeit ausbilden. In Lee der Bebauung wird die Geschwindigkeit reduziert. Die West-Ost ausgerichtete Zone VIII wirkt als Lüftungsschneise, in der die sektorgemittelte bodennahe Windgeschwindigkeit von ca. 2,1 m/s nahezu durchgängig auftritt. Die weiteren Ost-West ausgerichteten Gassen zwischen der Bebauung sind größtenteils zu schmal, was sich in einer starken Strömungsabbremmung zeigt. Lediglich am westlichen Rand der Bebauung führen Kanalisierungseffekte zu lokalen Geschwindigkeitsmaxima von über 2,5 m/s. Dieser Bereich ist im Zuge der weiteren Planung hinsichtlich des Windkomforts im Auge zu behalten. Insbesondere



das Geschwindigkeitsverhältnis in Abb. 4-8 zeigt deutlich, dass die Bebauung in den Zonen I, II, III, IV (nördlicher Teil) V und VI teilweise zu dicht steht, um eine ausreichende Durchlüftung zu gewährleisten.

In der Abb. 4-9 ist das bodennahe Windfeld bei Nordnordostanströmung (30°) für den Planfall dargestellt; Abb. 4-10 zeigt das Verhältnis von Planfall zu Istfall. In Luv der Bebauung wird die Strömung „aufgestaut“, in Lee bildet sich die Nachlaufzone mit stark reduzierter Windgeschwindigkeit aus. Innerhalb des bebauten Gebietes bilden sich Zonen reduzierter Geschwindigkeit aus, vor allem in den Zonen II, III, VI, VIII. Zone IX ist als Lüftungsschneise wirksam. Im nördlichen Randbereich in Zone I kann der bodennahe Wind eindringen; er wird jedoch bereits in der zweiten Gebäudezeile durch die gestaggerte Anordnung stark gebremst. Insofern ist die Bebauung auch im nördlichen Bereich zu dicht, als dass eine Kaltluftströmung aus nördlicher Richtung (s. Kapitel 3.4.2.1) maßgeblich in das Gebiet einströmen könnte.

Die Abb. 4-11 schließlich zeigt das bodennahe Windfeld bei Ostsudostanströmung (120°) für den Planfall und Abb. 4-12 das Verhältnis von Planfall zu Istfall. In Lee der Bebauung wird die Geschwindigkeit gegenüber der ungestörten sektorgemittelten Geschwindigkeit (0,85 m/s) stark reduziert, an den Flanken etwas beschleunigt. Die Zonen VIII und IX sind als Lüftungsschneisen wirksam. Ansonsten wird in weiten Teilen des Plangebietes die bodennahe Windgeschwindigkeit durch die Gebäudeanordnung stark reduziert.



**Abb. 4-3: Bodennahe Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Südsüdwest (210°) für den Planzustand.**

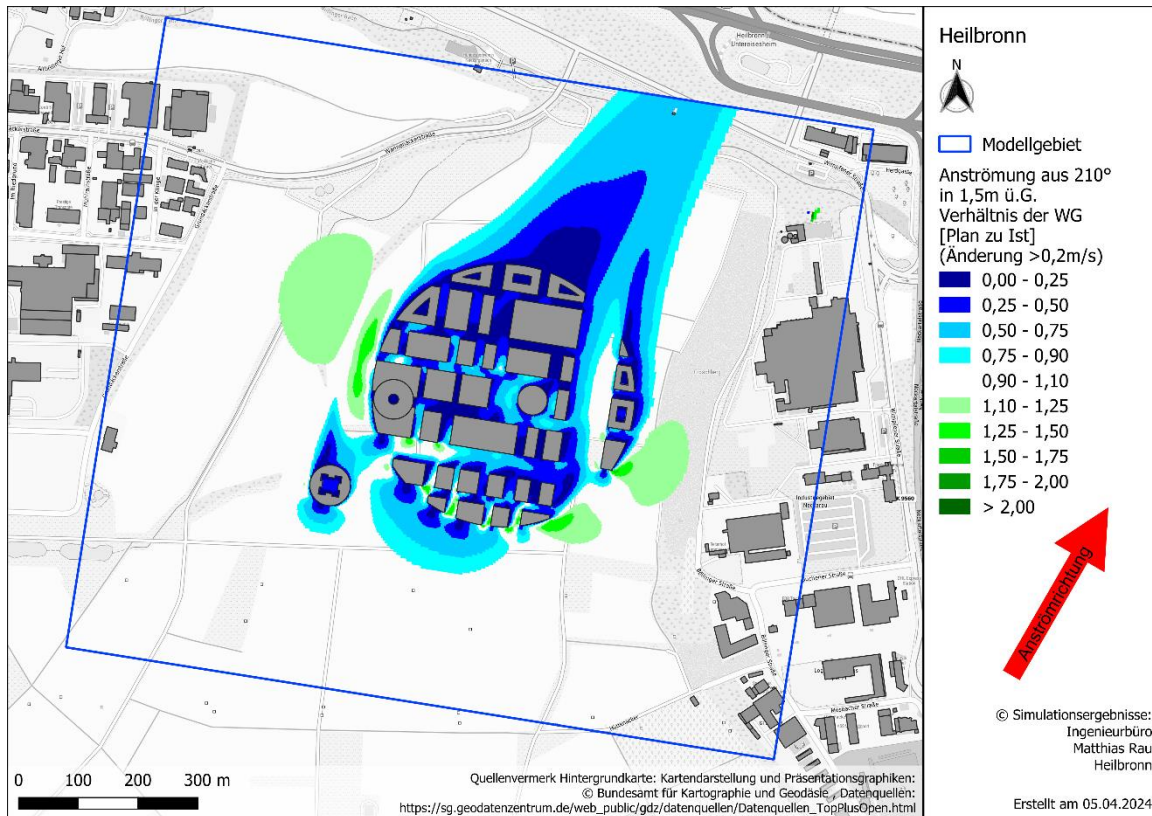


Abb. 4-4: Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Südsüdwest (210°).

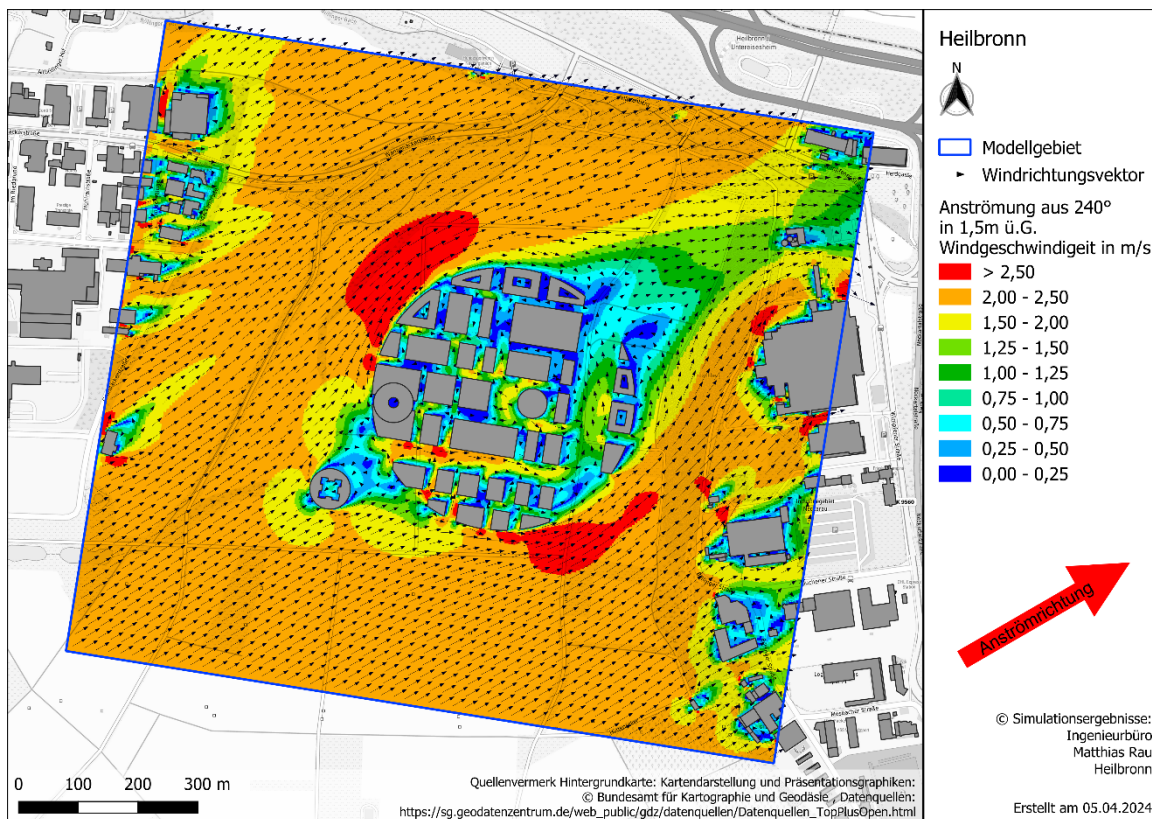


Abb. 4-5: Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Westsüdwest (240°) für den Planzustand.



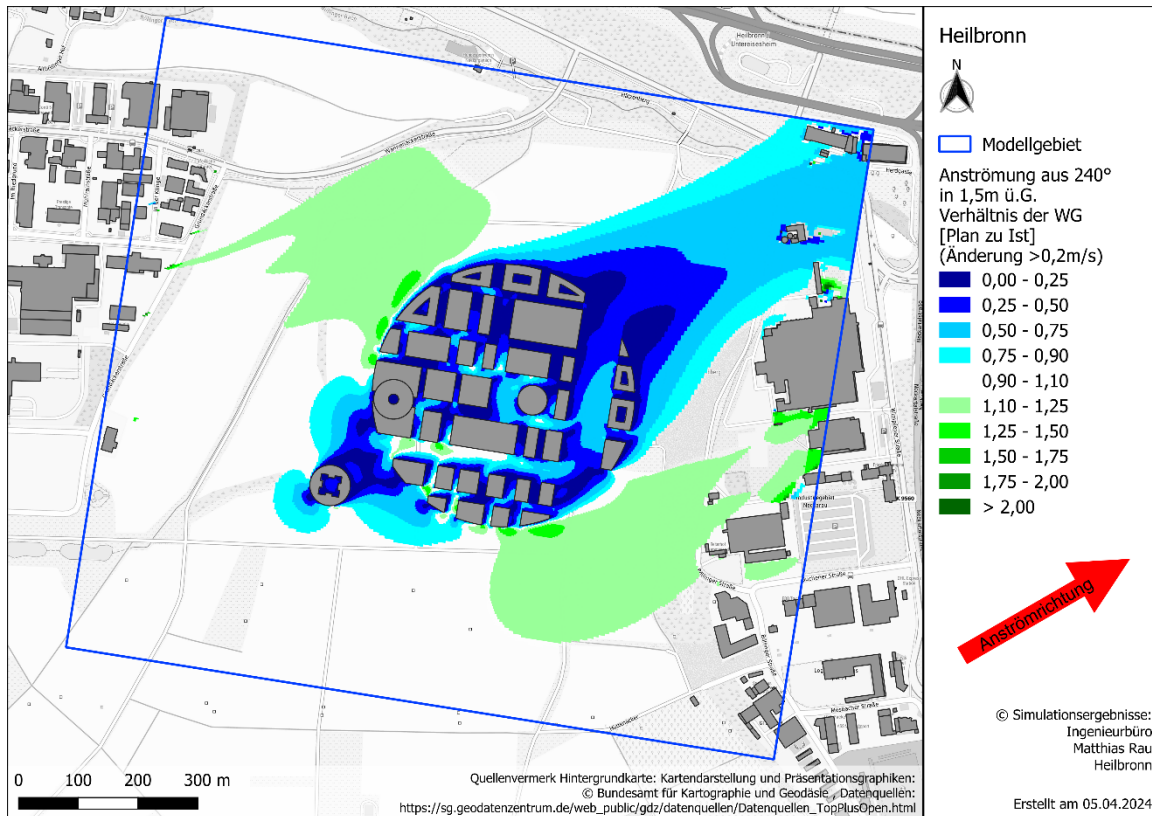


Abb. 4-6: Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Westsüdwest (240°).

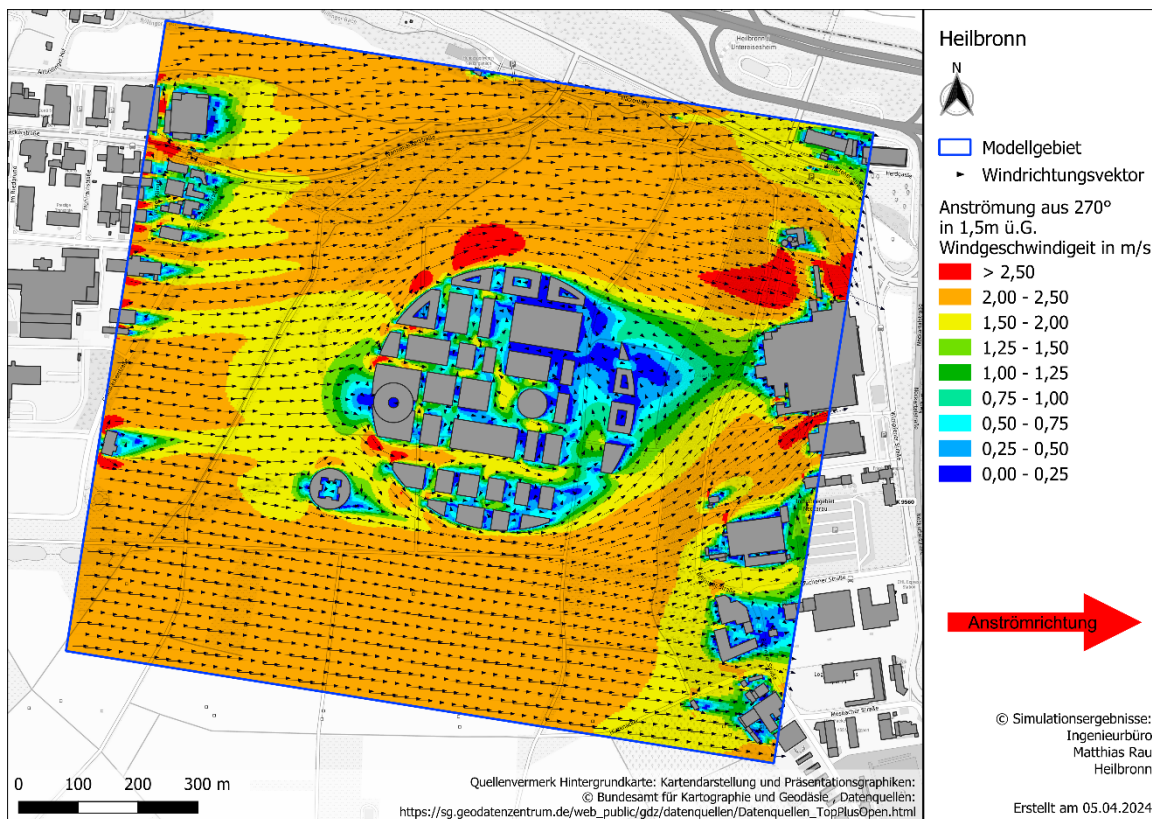


Abb. 4-7: Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus West (270°) für den Planzustand.

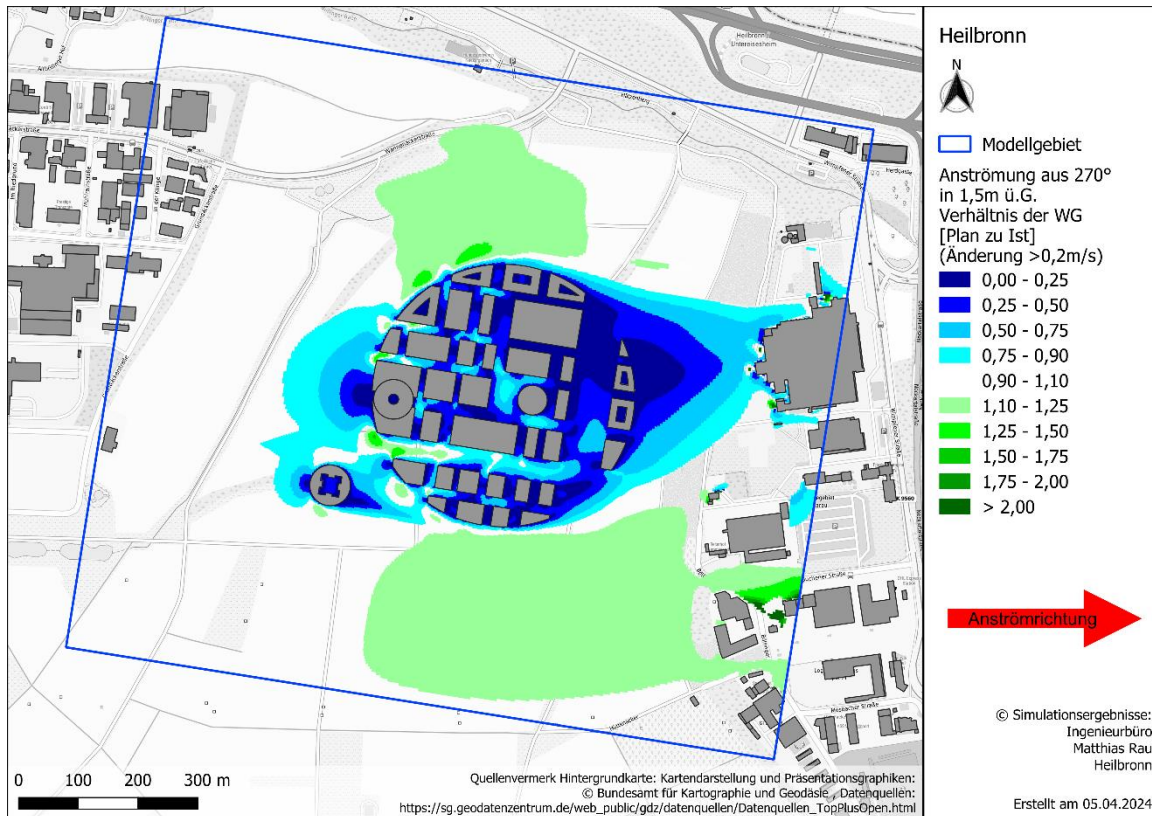


Abb. 4-8: Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus West (270°).

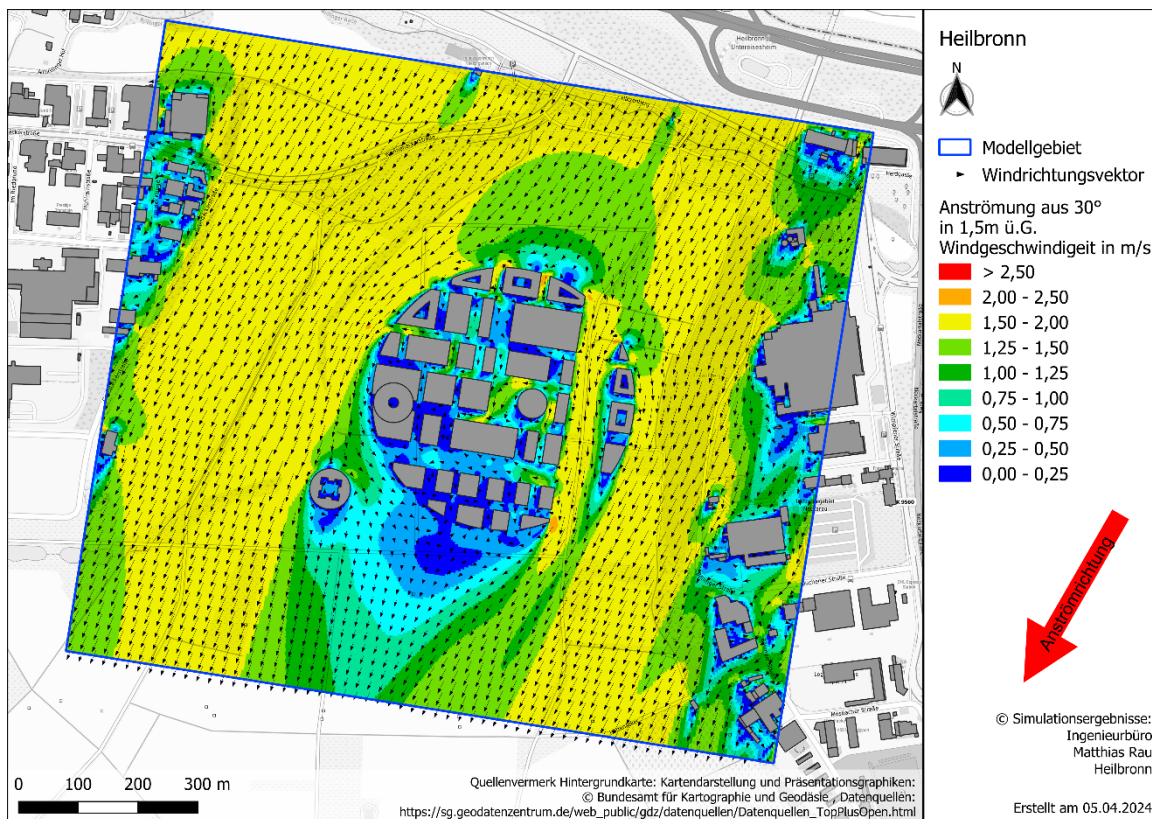


Abb. 4-9: Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Nordnordost (30°) für den Planzustand.



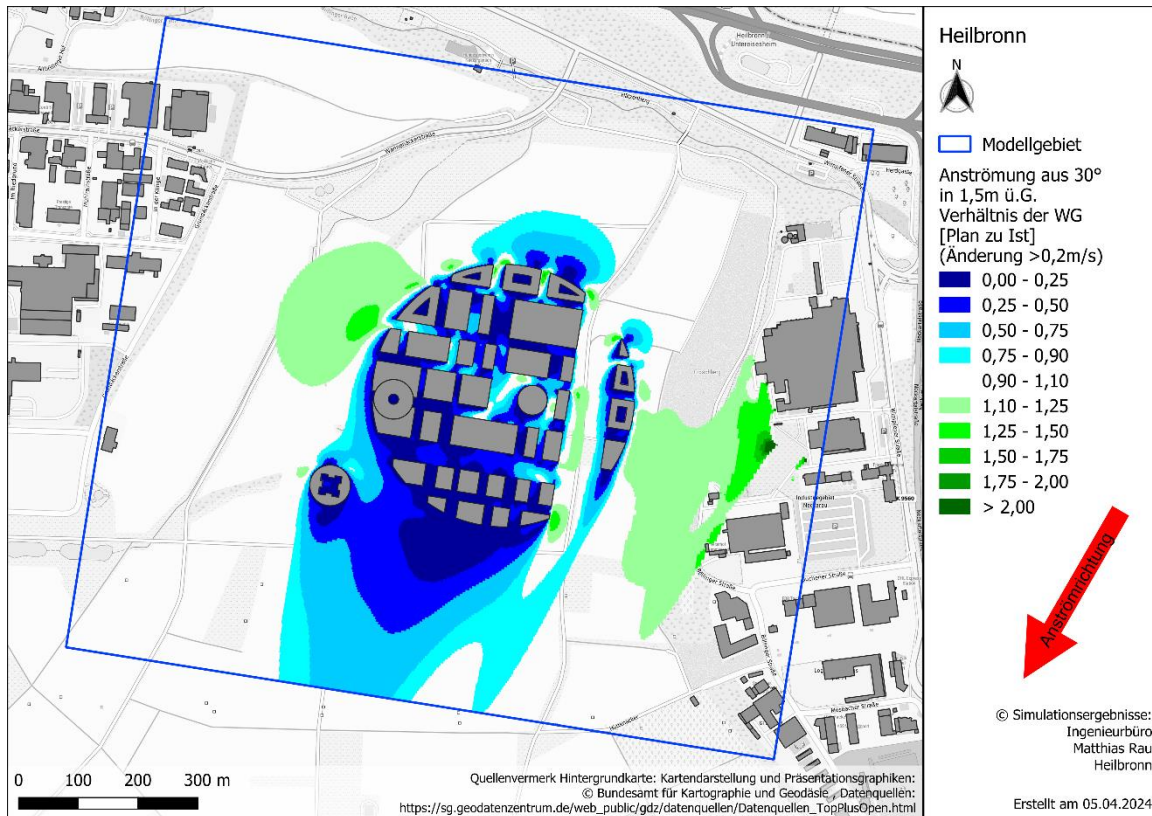


Abb. 4-10: Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Nordnordost (30°).

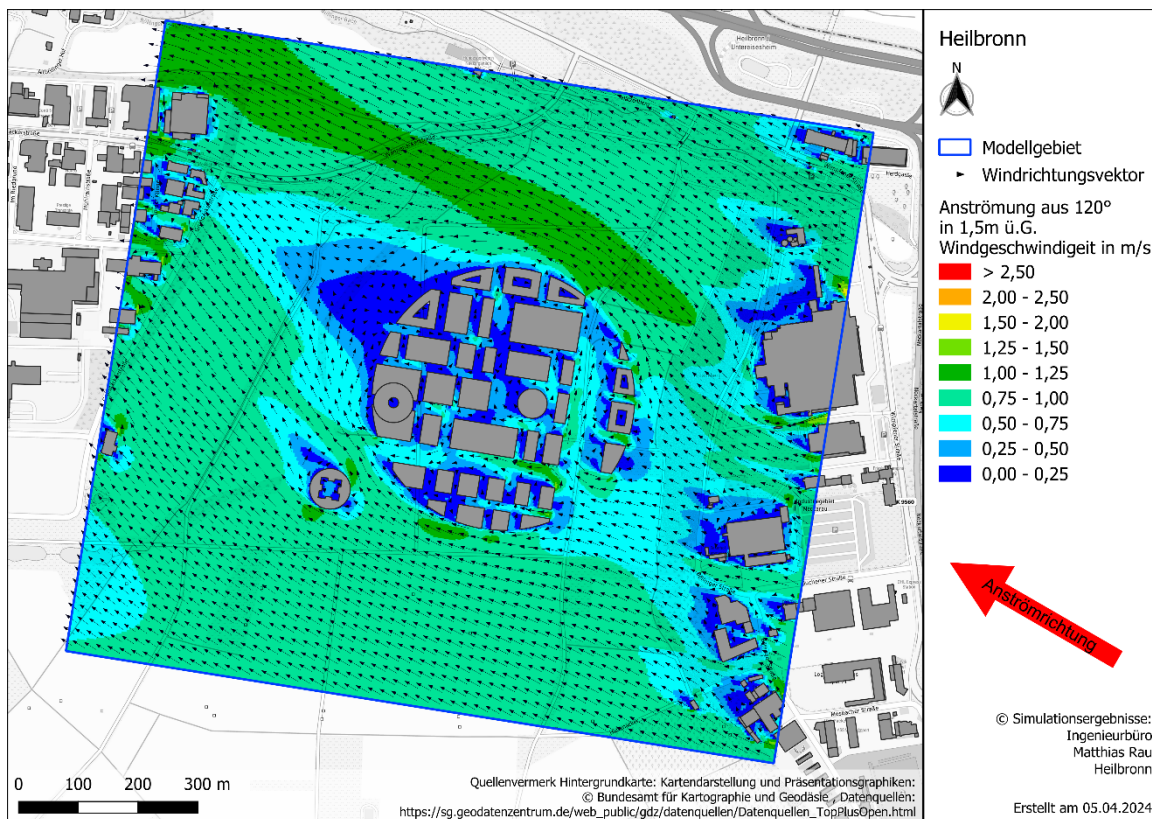


Abb. 4-11: Bodennahes Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Ost-südost (120°) für den Planzustand.

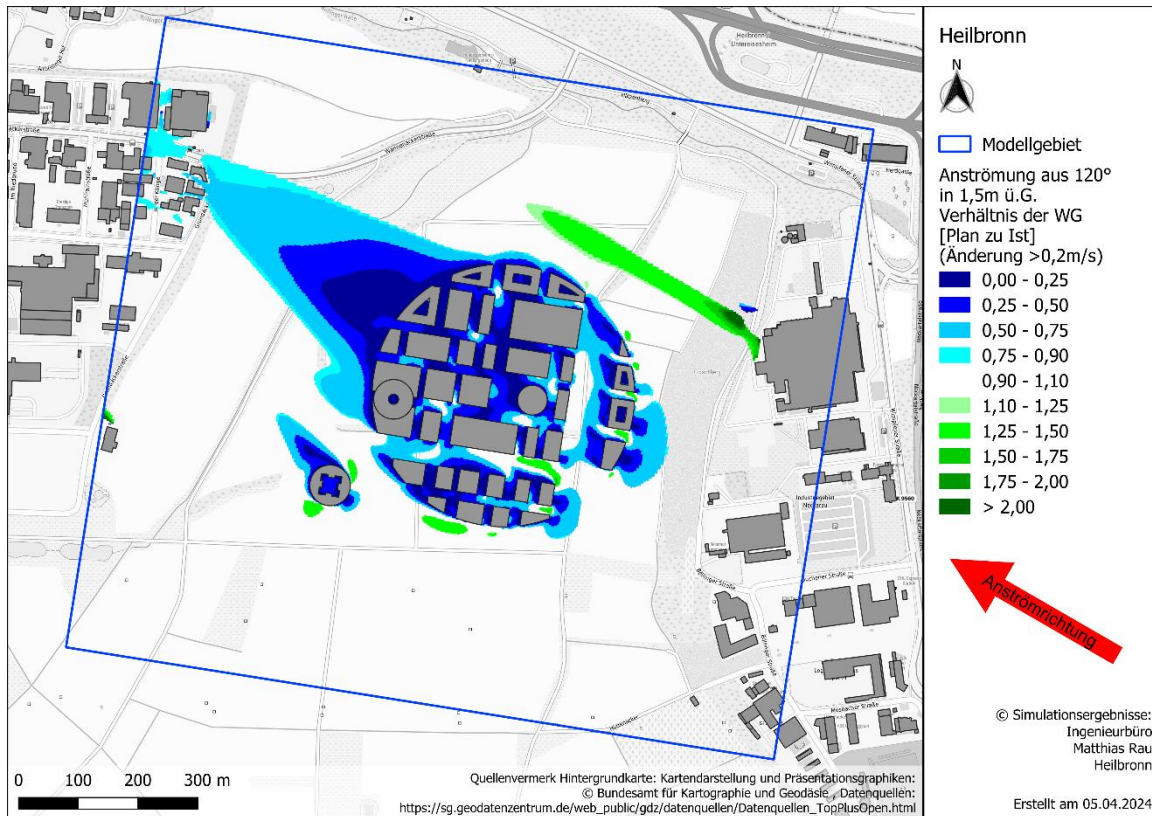


Abb. 4-12: Verhältnis zwischen dem Planzustand und Istzustand im bodennahen Windfeld (1,5 m Höhe) bei einer Anströmung aus Ostsüdost (120°).

## 5 Verschattung

### 5.1 Bewertungsgrundlagen

Mit den Verschattungsberechnungen sollen zwei verschiedene planungsrelevante Aspekte untersucht werden. Zum einen ist in den Wintermonaten aufgrund des generellen Lichtmangels eine möglichst lange Besonnungsdauer gewünscht. Zum anderen ist in den Sommermonaten aufgrund des Wärmeeintrags durch die solare Einstrahlung eine kühlende Abschattung von Nachbargebäuden und Begrünung wünschenswert. Als Maß für den solaren Energieeintrag kann die Globalstrahlung (vgl. Abschnitt 5.2) berechnet und damit kritische Bereiche auf der Vorhabenfläche identifiziert werden.

Zu den Mindestbesonnungszeiten formuliert die DIN EN 17037 [16] als technisches Regelwerk Anforderungen an Mindestbesonnungszeiten für gesundes Wohnen und Arbeiten. Als Nachweisgröße dient die mögliche Besonnung an einem Stichtag. Gegenüber der früheren deutschen Norm DIN 5034-1 [17] ist der Stichtag jedoch nicht mehr fest vorgegeben, sondern kann zwischen dem 1. Februar und 21. März gewählt werden.

Für die vorliegende Untersuchung wurde der Stichtag 21. März ausgewählt. Auch die Mindestdauer der Besonnung am Stichtag liegt je nach „Empfehlungsniveau“ zwischen 1,5 und 4,0 Stunden. Dabei gilt ein Empfangspunkt erst ab einem gewissen Höhenwinkel der Sonne als besonnt. Der Mindest-Höhenwinkel wird in der DIN EN 17037 für Deutschland auf 11° festgelegt.

Anhand der technischen Regel DIN EN 17037 werden die folgenden Bewertungskriterien hinsichtlich der Mindestbesonnung orientierend verwendet:

<b>Empfehlungsniveau nach DIN EN 17037</b>	<b>Besonnungsdauer am 21. März</b>
<i>hoch</i>	> 4,0 Std.
<i>mittel</i>	> 3,0 Std.
<i>gering</i>	> 1,5 Std.

### 5.2 Modell und Eingangsdaten

Die Sonneneinstrahlung wird nach unterschiedlichen Strahlungsanteilen unterschieden. Die Summe aller auf einer Empfangsfläche (z.B. Erdoberfläche oder Hausfassaden der Umgebung) eintreffenden kurzwelligeren Strahlungsflüsse wird als *Globalstrahlung* bezeichnet. Diese setzt sich aus der direkt von der Sonne kommenden *Direkteinstrahlung* (am scharfen Schatten erkennbar) und der ungerichteten *Diffusstrahlung* zusammen, die aus der Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre resultiert. Die Diffusstrahlung ist nicht gleichmäßig über den Himmel verteilt, sondern weist Intensitätsmaxima in der Sonnenumgebung und dem Zenit auf. Sie wird daher nach isotropen und anisotropen Anteilen unterschieden. Die vom Erdboden, Horizonteinschränkungen

oder anderen Hindernissen *reflektierte Globalstrahlung* kann je nach vertikalem Neigungswinkel einer Empfangsfläche einen nicht vernachlässigbaren Anteil an der gesamten empfangenen Globalstrahlung ausmachen. Die reflektierte Globalstrahlung ist einerseits von dem Reflektionsvermögen der Oberflächen („Albedo“) abhängig, andererseits aber auch von der Stärke der dort auftreffenden Globalstrahlung – somit also dem höchst komplexen Wechselspiel gegenseitiger Verschattung und Vielfachreflektion.

Die Berechnung der Besonnungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet erfolgt mit dem Simulationsmodell METSUN in der Version 3.13. Dieses Modell ist eine programmtechnische Eigenentwicklung und beruht auf frei zugänglichen, veröffentlichten Berechnungsansätzen [18], [19], [20], [21] und VDI-Richtlinien [22]. Verifikationsrechnungen mit METSUN wurden in [23] veröffentlicht. Das Modell entspricht mit den implementierten Berechnungsansätzen dem heutigen technischen Stand.

METSUN berechnet kurzwellige Strahlungsflüsse auf beliebig orientierte Flächen unter Berücksichtigung von Verschattungen sowohl durch Orographie als auch durch andere Hindernisse, wie z. B. Gebäude oder Bäume. Dabei wird nach direkter, diffuser (isotrope und anisotrope) und reflektierter Strahlung unterschieden. Zusätzlich steht als Berechnungsergebnis der prozentuale Anteil der Verschattungstunden an den astronomisch möglichen Sonnenstunden zur Verfügung.

Die Strahlungsberechnung erfolgt für diskrete Empfangspunkte auf Empfangsflächen. Die Anzahl und Größe von ebenen Empfangsflächen und deren Orientierung im Raum ist frei wählbar, ebenso die räumliche Auflösung dieser Flächen in Empfangspunkte. Abschattende Objekte sind immer als ebene Drei- oder Vierecke beliebiger Lage im Raum definiert. Räumliche Objekte werden durch eine beliebige Anzahl von Objektflächen angenähert.

Das Modell kann entweder die astronomisch möglichen Strahlungsflüsse, ggf. unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Zeitreihe der Bewölkungsverhältnisse, oder die realen Strahlungsflüsse unter Vorgabe einer gemessenen Zeitreihe der Globalstrahlung berechnen.

Bei Vorgabe einer gemessenen Jahreszeitreihe der Globalstrahlung lassen sich zwar die einzelnen Strahlungsflüsse unter dem Verschattungseinfluss recht genau berechnen. Sie gelten aber nur für das betrachtete Jahr und lassen sich nicht ohne weiteres auf die mittleren Verhältnisse zukünftiger Jahre übertragen. Zudem kann die räumliche Übertragung der Messdaten von einer möglicherweise weit entfernt gelegenen Messstation mit erheblichen Fehlern verbunden sein. Im Rahmen dieses Gutachtens werden deshalb die astronomisch möglichen Strahlungsflüsse bei ganzjährig unbewölktem Himmel betrachtet. Die berechneten Sonnenstunden sind deshalb die maximal möglichen.



Grundsätzlich können auch Bäume oder größere Gehölze erheblich verschatten. Obwohl im Modell METSUN die Verschattung durch Bäume berücksichtigt werden kann, wird im Rahmen dieser Untersuchung darauf verzichtet. Zum einen lassen sich Bäume in ihren realen Formen und Dichten nur mit hier unverträglich hohem Aufwand erfassen und in das Modell einarbeiten. Mit einer pauschalen Erfassung würde aber deren Wirkung nur in unbefriedigender Näherung berechnet und ließe sich schlecht von der Wirkung der Gebäude trennen. Zum anderen ändert sich die Verschattung durch Bäume im jahreszeitlichen Rhythmus und mit jeder Vegetationsperiode. Und schließlich werden Bäume und Gehölze, soweit sie nicht unter Schutz stehen, häufig gefällt oder zurückgeschnitten, wenn sie beginnen zu stark zu verschatten. Insofern stellt die Untersuchung ohne die Berücksichtigung von Bäumen eine tendenziell konservative, aber dennoch realitätsnahe Vorgehensweise dar.

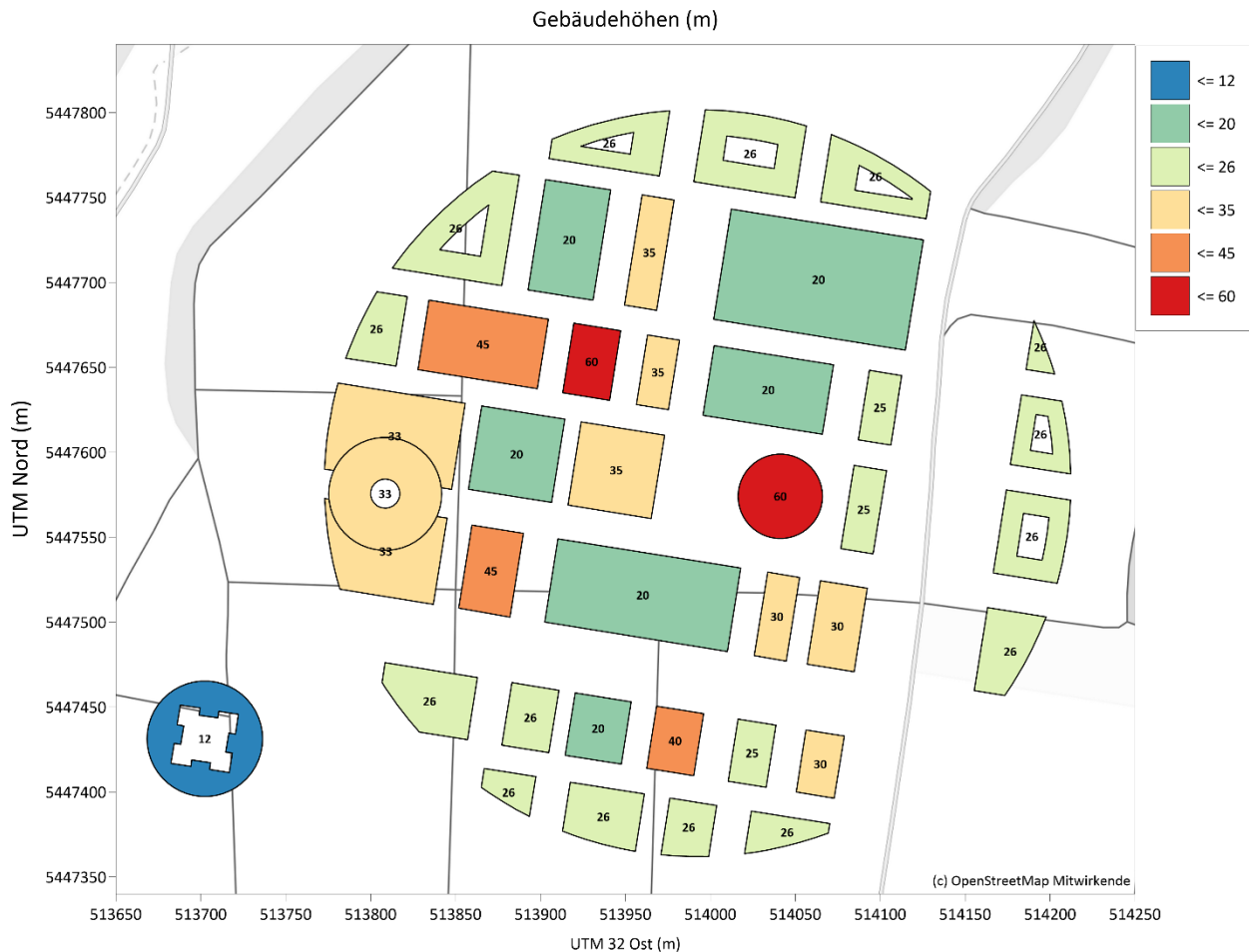
Für verschiedene Höhengniveaus werden flächendeckend berechnet:

- Sonnenscheindauer unter Berücksichtigung des Mindest-Höhenwinkels von  $11^\circ$  am Tag der Tag-Nacht-Gleiche (21.3.) und der Sommersonnenwende (21.6.)
- Verschattungsanteile im Zeitraum 15.6.-31.7.
- Globalstrahlung im Zeitraum 15.6. - 31.7.

Anhand der Ergebnisse können die stark von Verschattung betroffenen Bereiche in verschiedenen Geschosshöhen identifiziert werden. Außerdem können hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes Bereiche identifiziert werden, in denen zusätzliche Verschattungsmaßnahmen erforderlich sind.

Die Gebäude im Untersuchungsgebiet wurden für die Modellrechnungen auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planunterlagen als digitales dreidimensionales Modell im modellspezifischen Datenformat von METSUN erstellt.

In der Abb. 5-1 sind alle in die Berechnungen eingehenden Plangebäude dargestellt. Die Gebäudehöhen bewegen sich zwischen 12 und 60 m.



**Abb. 5-1: In METSUN-Simulationen berücksichtigte Gebäude mit eingetragenen Gebäudehöhen im Bereich des Untersuchungsgebiets.**

Das Modell METSUN berechnet die Sonnenscheindauer auf vorab definierten Empfangsflächen, die beliebig im Raum orientiert sein können, jedoch immer eben sein müssen. Wegen limitierter Rechenkapazitäten und aus Gründen der Darstellungsmöglichkeiten ist es sinnvoll, sich auf eine Auswahl repräsentativer Empfangsflächen zu beschränken. Die Bewertung der Besonnungssituation soll aufgrund der hohen Gebäude sowohl großflächig als auch für einzelne Geschosse erfolgen. Um beiden Anforderungen gerecht zu werden, sind in diesem Fall horizontale Empfangsflächen jeweils in unterschiedlichen Geschosshöhen sinnvoll. Aus den Ergebnissen der Besonnungssituation können diejenigen Fassaden identifiziert werden, die besonders von der Verschattung oder langanhaltender sommerlicher Einstrahlung betroffen sind.

Die Empfangsflächen werden in einer Höhe knapp über Grund (Boden) und auf Höhe des Erdgeschosses (1,5 m ü. Gr.) sowie in vertikaler Staffelung von 3 m auf Höhen des 1. OG (4,5 m ü. Gr.) bis 5. OG (16,5 m ü. Gr.) definiert. Mit diesen horizontalen Empfangsflächen wird jeweils ein Gebiet von 600 m x 500 m abgedeckt. Die Sonnenscheindauer auf diesen Empfangsflächen wird an diskreten Punkten mit Rasterabständen von 2 m, insgesamt auf 75.000 Punkten je Empfangsfläche berechnet.

Die Strahlungsberechnungen werden in einer zeitlichen Auflösung von 2 Minuten durchgeführt. Die Berechnung der Einstrahlung und Abschattung erfolgt dabei in diskreten Raumwinkel-elementen. Hierzu wird die Himmelshalbkugel in jeweils 720 Azimut- und Zenitsegmente aufgeteilt; die horizontale Auflösung beträgt somit  $0,5^\circ$ , die vertikale  $0,25^\circ$ . Der Mindest-Höhenwinkel für die Berechnung der Sonnenscheindauer wird nach DIN EN 17037 auf  $11^\circ$  festgelegt.

Als geographischer Bezugspunkt für die Berechnung des Sonnengangs wird eine östliche Länge  $09^\circ 11' 30''$  und eine nördliche Breite von  $49^\circ 10' 52''$  verwendet. Monatliche Mittelwerte für den Trübungsgrad der Atmosphäre (Linke-Trübungs-faktoren) werden nach [24] gesetzt.

### 5.3 Berechnungsergebnisse

Bei der Besonnung von Plangebieten sind unterschiedliche Aspekte zu bewerten. Zum einen ist zum Schutz von gesunden Wohn- bzw. Arbeitsverhältnissen eine ausreichende Besonnungsdauer der Gebäude zu empfehlen. Als Bewertungsmaßstäbe werden die Empfehlungsniveaus der DIN EN 17037 zur Besonnungsdauer am Stichtag 21. März herangezogen (Abschnitt 5.3.1). Zum anderen ist jedoch auch der Aspekt des sommerlichen Wärmeschutzes zu betrachten. Um Bereiche zu identifizieren, die im Sommer nahezu uneingeschränkter Besonnung ausgesetzt sind, wird sowohl die integrale Besonnungsdauer am 21. Juni als Tag der längsten astronomisch möglichen Besonnungszeit (Abschnitt 5.3.2) als auch die Abschattung der Plangebäude im Tagesverlauf ausgewertet (Abschnitt 5.3.3). Zusätzlich wird die sommerliche Einstrahlung als Maß für den solaren Energieeintrag auf der Bodenfläche berechnet. Aus den Berechnungsergebnissen können ggf. Empfehlungen zu Straßen- bzw. Fassadenbegrünung abgeleitet werden.

Die Auswertungen der Verschattungsberechnungen erfolgen flächig in einer Höhe knapp über Grund. An der flächenhaften Darstellung lässt sich die bodennahe, maximale Reichweite und räumliche Struktur der Verschattungswirkung ablesen. Um die Besonnung der Gebäude nicht nur bodennah, sondern auch in höheren Stockwerken zu bewerten, werden insgesamt 6 weitere horizontale Ebenen in vertikalen Abständen von je 3 m ausgewertet. Zur übersichtlicheren Beschreibung des Gesamtgebietes wurde der Geltungsbereich des B-Plans in verschiedene Zonen aufgeteilt. Die Benennung dieser Zonen ist in Abb. 2-3 eingetragen.

#### 5.3.1 Sonnenstunden am Stichtag 21. März (DIN EN 17037)

In Abb. 5-2 bis Abb. 5-8 ist die Anzahl der astronomisch möglichen Sonnenstunden dargestellt, wie sie für die Tag-Nacht-Gleiche am 21. März für die unterschiedlichen Höhenniveaus (Boden, EG, 1. – 5. OG) berechnet werden. Ohne Verschattung durch Gebäude, Bäume oder Wolken sind am 21. März 12 Stunden Sonnenschein möglich. Die DIN EN 17037 legt jedoch einen Mindest-Höhenwinkel fest, den der Sonnenstand erreicht haben muss, damit eine Fläche als

besonnt gilt. Für Deutschland gilt ein Mindest-Höhenwinkel von 11°, sodass sich die maximal mögliche Sonnenscheindauer in Heilbronn am 21. März auf knapp 10 Stunden reduziert.

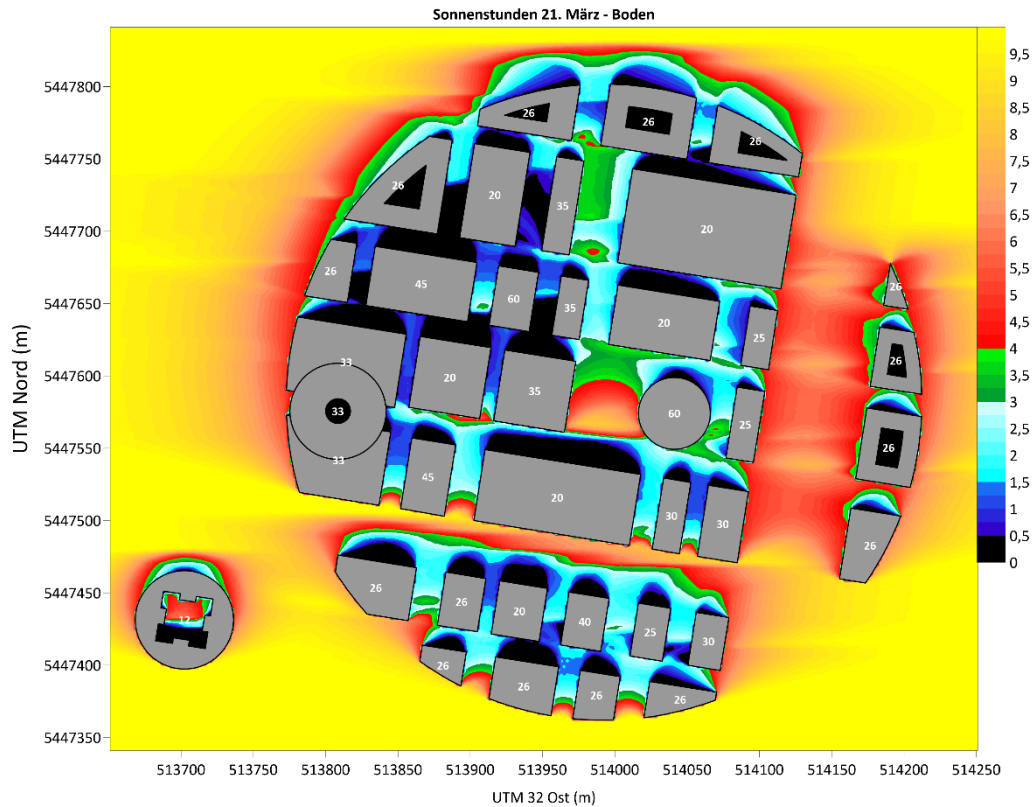
Die Mindestbesonnungszeiten von 1,5 Stunden, 3,0 Stunden und 4,0 Stunden als Grundlage der Empfehlungsniveaus gemäß DIN EN 17037 (siehe Abschnitt 2) sind in den Ergebnisabbildungen durch unterschiedliche Farbspektren gekennzeichnet. Hellblaue Farben markieren diejenigen Bereiche, für die mit Besonnungszeiten zwischen 1,5 Stunden und 3 Stunden ein „geringes“ Empfehlungsniveau erreicht wird. Das „mittlere“ Empfehlungsniveau von 3 – 4 Stunden direkter Besonnung wird durch grüne Farben markiert. Alle Bereiche, die mit mehr als 4 Sonnenstunden am 21. März ein „hohes“ Empfehlungsniveau erreichen, weisen rote bis gelbe Farbtöne auf.

Da die Sonne am 21. März im Osten auf- und im Westen untergeht, können Gebäudefassaden mit Nordausrichtung überhaupt keine direkte Sonneneinstrahlung erhalten, was in der Abbildung deutlich an den schwarzen bis dunkelblauen Farbflächen (Sonnenscheindauer 0 bis 1,5 Std.) vor entsprechend orientierten Fassaden erkennbar ist. Die von Südost bis Südwest orientierten Fassaden könnten dagegen in den Genuss von bis zu knapp 10 Sonnenstunden kommen, sofern keine Nachbargebäude abschatten.

Das Plangebiet zeichnet sich durch viele, teilweise auch dicht benachbarte Baukörper mit unterschiedlichen Gebäudehöhen aus. Daher werden die maximal möglichen Sonnenstunden innerhalb des Plangebiets lediglich an den Südfassaden der Randbebauung in Zone VI und VII berechnet. In Bodennähe (Abb. 5-2) sowie auf Höhe des Erdgeschosses (Abb. 5-3) werden großflächig weniger als 3 Sonnenstunden am 21. März berechnet. Große Bereiche mit weniger als 1,5 Sonnenstunden liegen in den Zonen II und III sowie in den Innenhöfen der Gebäude in den Zonen I und V vor. In den genannten Bereichen kann somit in den unteren Höhenniveaus keines der Empfehlungsniveaus nach DIN EN 17037 erreicht werden. Mehr als 4 Sonnenstunden können dagegen dort erreicht werden, wo die Abstände zu den Nachbargebäuden größer sind. Die unbebauten Zonen VIII und IX sorgen dafür, dass die zu den Freiflächen ausgerichteten Fassaden der Randbebauungen aus den Zonen III, IV und V bereits in Bodennähe bzw. auf Höhe des Erdgeschosses mit mehr als 4 Stunden Sonne das hohe Empfehlungsniveau nach der DIN EN 17037 erreichen.

Je höher die Auswertehöhe, desto mehr direkte Sonne können die Gebäudefassaden erhalten. Auf Höhe des 1. (Abb. 5-4) bis 3. Obergeschosses (Abb. 5-6) liegen insbesondere in den Zonen II und III dennoch weiterhin große Bereiche vor, in denen weniger als 1,5 Sonnenstunden berechnet werden. Lediglich an der Südfassade des Gebäudes mit einer Höhe von 45 m in Zone II liegt die Besonnungsdauer ab dem 3. OG bei mehr als 4 Stunden. In allen anderen Zonen können bereits ab dem 1. OG an nahezu allen West-, Süd- und Ostfassaden der Gebäude mindestens 1,5 Stunden direkte Sonne und damit das geringe Empfehlungsniveau nach DIN erreicht werden.

Ab dem 4. Obergeschoss liegt die Auswerteebene bereits über dem 12 m hohen Gebäude in Zone VII. Alle anderen Gebäude weisen dagegen eine Höhe von mindestens 20 m auf, sodass auch auf Ebene des 4. und 5. Obergeschosses noch einige Fassaden deutlich von den benachbarten Gebäuden verschattet werden. Dazu zählen insbesondere die Fassaden in Zone II und III, in denen nur abschnittsweise mehr als 3 Stunden direkte Sonne berechnet wird.



**Abb. 5-2: Sonnenstunden am 21. März (Bodennähe).**

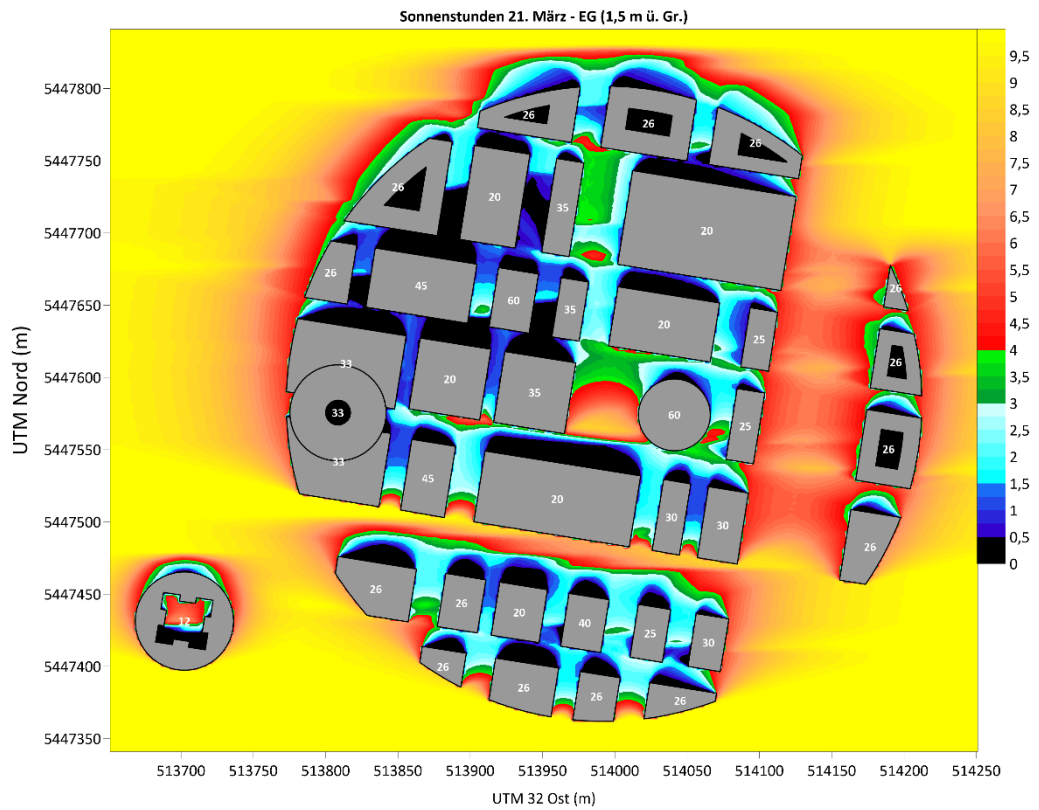


Abb. 5-3: Sonnenstunden am 21. März (EG / 1,5 m ü. Gr.).

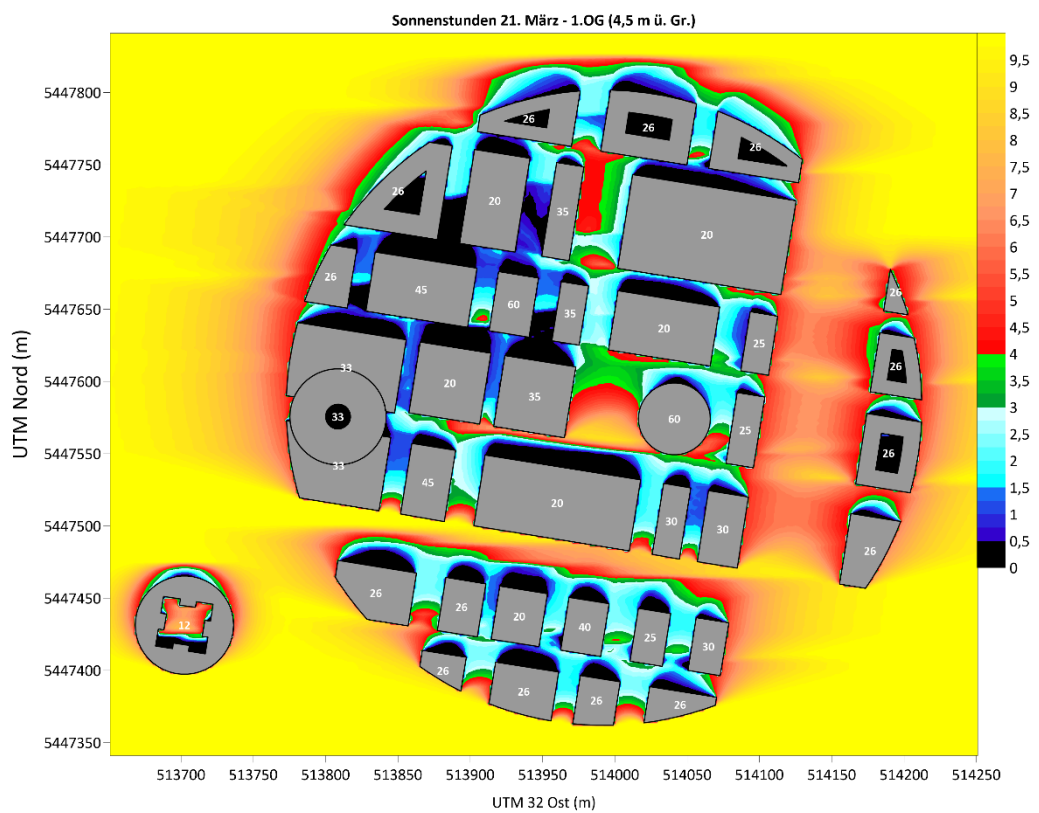


Abb. 5-4: Sonnenstunden am 21. März (1. OG / 4,5 m ü. Gr.).



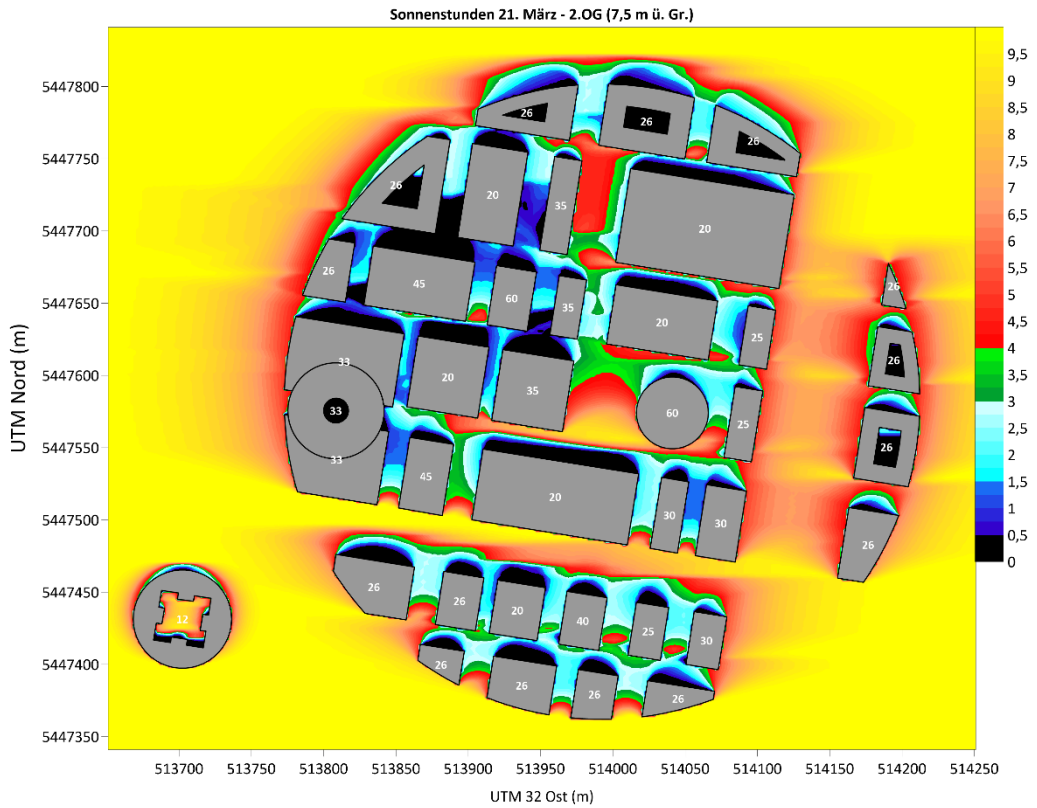


Abb. 5-5: Sonnenstunden am 21. März (2. OG / 7,5 m ü. Gr.).

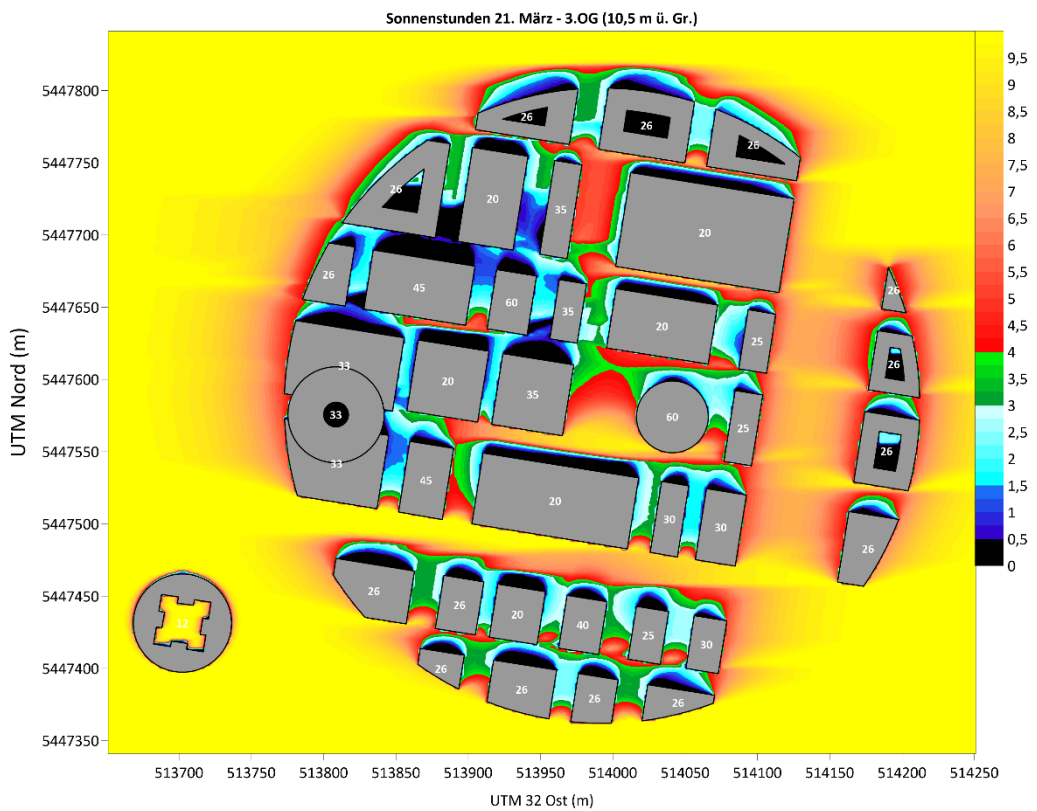


Abb. 5-6: Sonnenstunden am 21. März (3. OG / 10,5 m ü. Gr.).

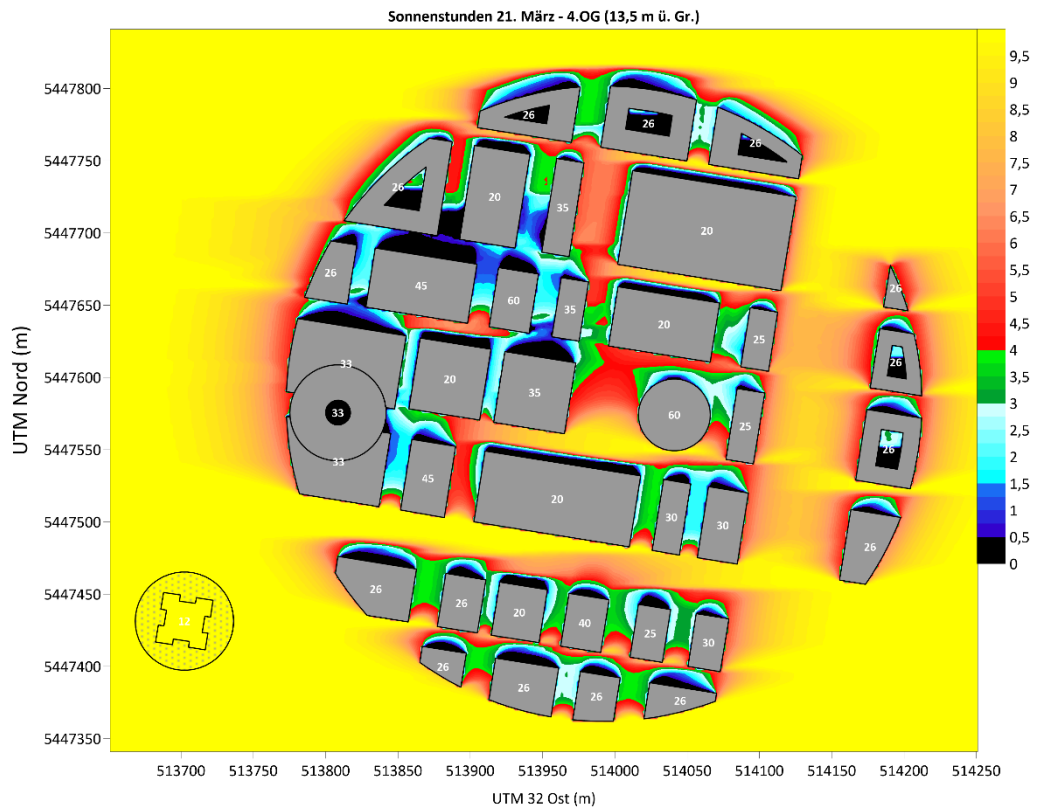


Abb. 5-7: Sonnenstunden am 21. März (4. OG / 13,5 m ü. Gr.).

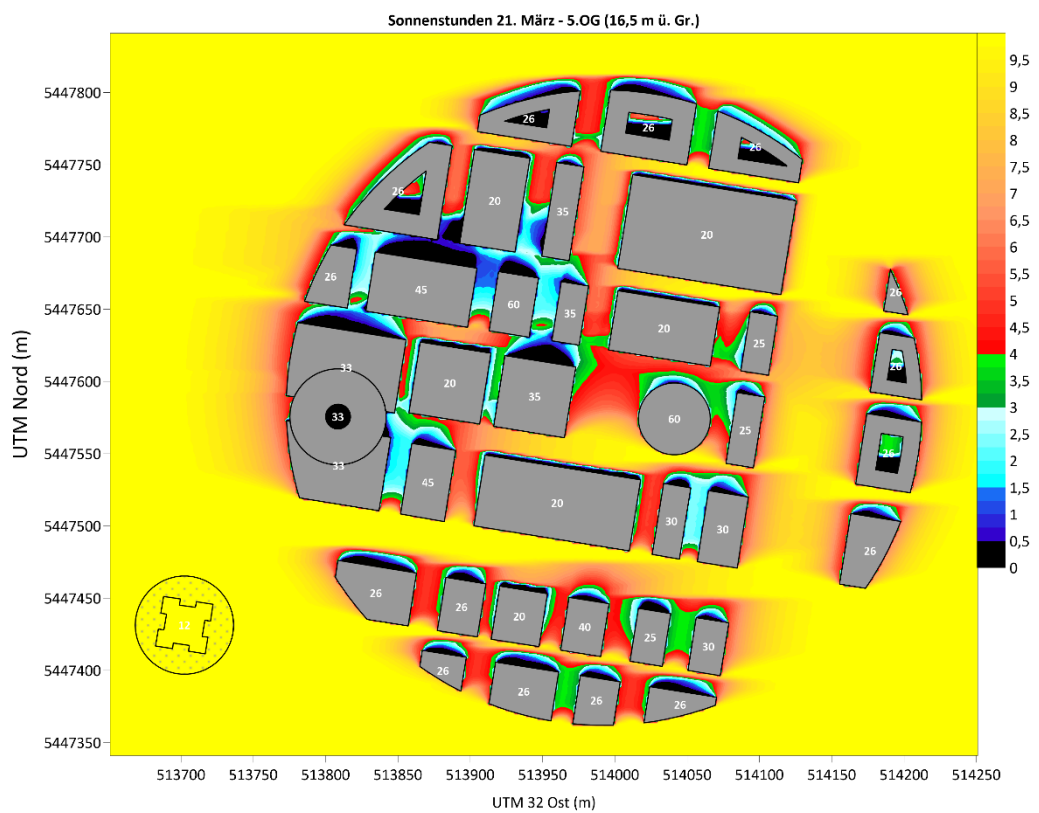


Abb. 5-8: Sonnenstunden am 21. März (5. OG / 16,5 m ü. Gr.).

### 5.3.2 Sonnenstunden am 21. Juni

Während der Fokus der Bewertung von Besonnung in Wintermonaten auf der Sicherstellung von Mindestbesonnungszeiten liegt (Abschnitt 5.3.1), ist in den Sommermonaten eher eine zumindest teilweise abschattende Wirkung von Gebäuden und Bäumen erwünscht. In diesem Abschnitt sollen durch die Auswertung der Sonnenstunden am 21. Juni Bereiche identifiziert werden, die nahezu keine Abschattung durch Nachbargebäude erfahren und somit z. B. durch geeignete Begrünung vor direkter Sonneneinstrahlung im Sommer geschützt werden können.

In Abb. 5-9 bis Abb. 5-15 ist die Anzahl der astronomisch möglichen Sonnenstunden dargestellt, wie sie für den 21. Juni für die unterschiedlichen Höhengniveaus (Boden, EG, 1. – 5. OG) berechnet werden. Der 21. Juni markiert den Tag der Sommersonnenwende und somit den Tag der längsten Sonnenscheindauer. Ohne Verschattung durch Gebäude, Bäume oder Wolken sind am 21. Juni in Heilbronn knapp 16 Stunden Sonnenschein möglich. Analog zu der Bewertung der Mindestbesonnungszeiten (Abschnitt 5.3.1) wird auch bei dieser Auswertung der Mindest-Höhenwinke von 11° nach DIN EN 17037 festgelegt, sodass sich die maximal mögliche Sonnenscheindauer in Heilbronn am 21. Juni auf knapp 14 Stunden reduziert.

Zwecks Übersichtlichkeit wurde die Farbskala der Abbildungen analog zu den Sonnenstunden am 21. März angesetzt. Die Auswertung zeigt, dass im nordwestlichen Bereich in den Zonen II und III auch an dem 21. Juni in den unteren Geschossen großflächig weniger als 3 Stunden, in den oberen Geschossen maximal nur knapp mehr als 4 Sonnenstunden berechnet werden. Dies ist im Sinne des sommerlichen Wärmeschutzes zwar günstig, allerdings kann in diesen Bereichen ebenso vergleichsweise wenig Tageslicht in die Gebäude fallen. Auch die Innenhöfe der Gebäude in den Zonen I und V erhalten sogar am 21. Juni kaum einfallendes Sonnenlicht.

Bereiche mit langer Sonnenscheindauer am 21. Juni profitieren zwar von viel Tageslicht, können sich jedoch deutlich stärker aufheizen, was insbesondere im Sommer problematisch werden kann. Betroffen von nahezu durchgehender Sonneneinstrahlung bereits ab dem Erdgeschoss sind v.a. die außenliegenden Süd- und Südwestfassaden der Randbebauung der Zonen III und IV. Auch das freistehende Gebäude in Zone VII ist von ungestörter Einstrahlung betroffen. Ab dem 3. Obergeschoss sind auch einige Süd- bzw. Südwestfassaden im nördlichen Bereich des Plangebiets (Zone I und IV) von fast ganztägiger Einstrahlung betroffen. In diesen Bereichen könnten Sonnenschutzmaßnahmen (Begrünung / technische Ausrüstung) angebracht werden, um eine starke Aufheizung der Gebäude zu verhindern.



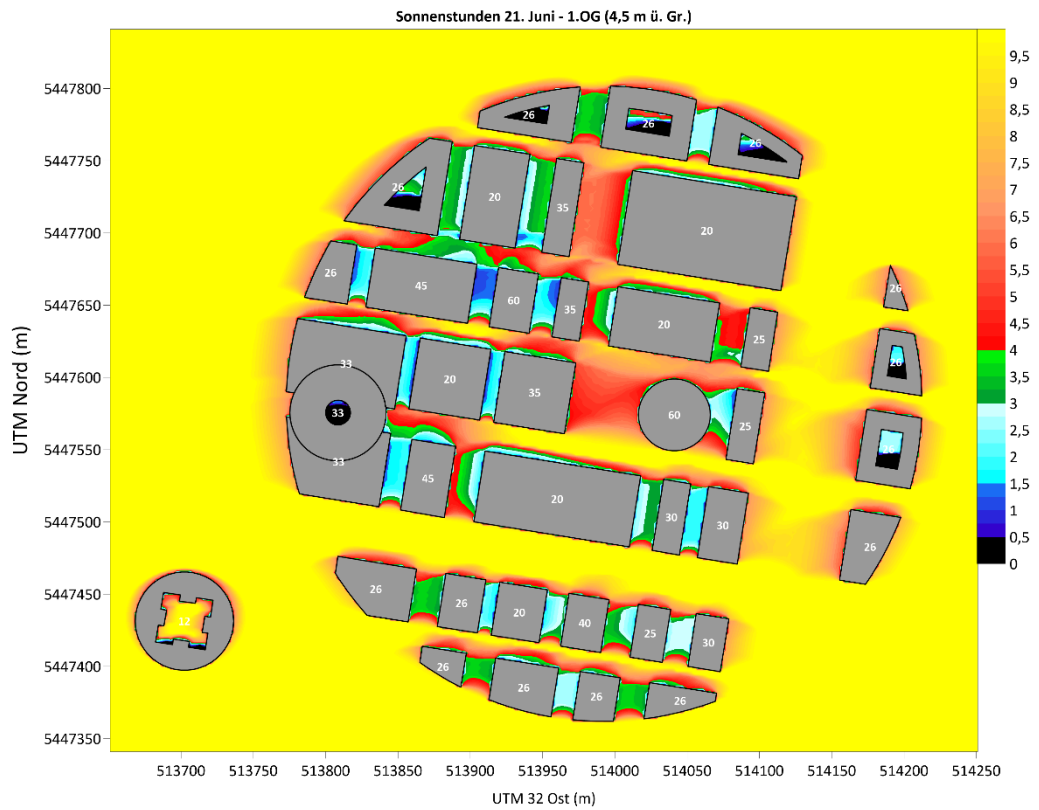


Abb. 5-11: Sonnenstunden am 21. Juni (1. OG / 4,5 m ü. Gr.).

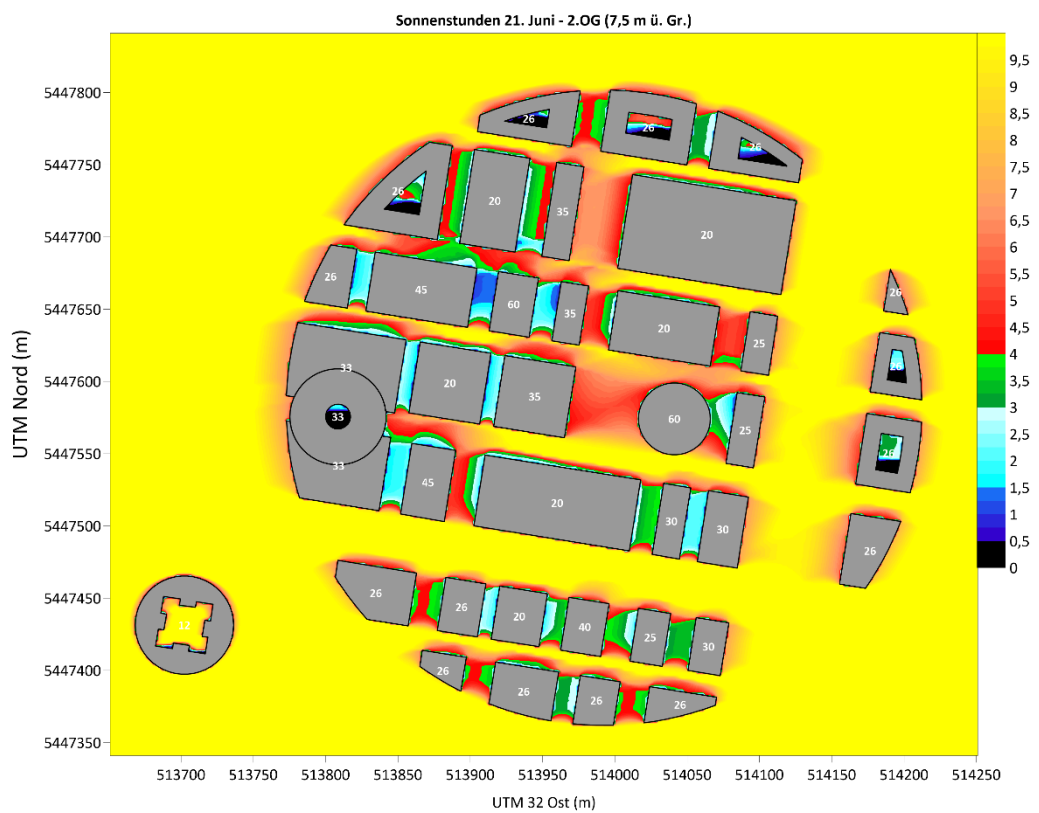


Abb. 5-12: Sonnenstunden am 21. Juni (2. OG / 7,5 m ü. Gr.).



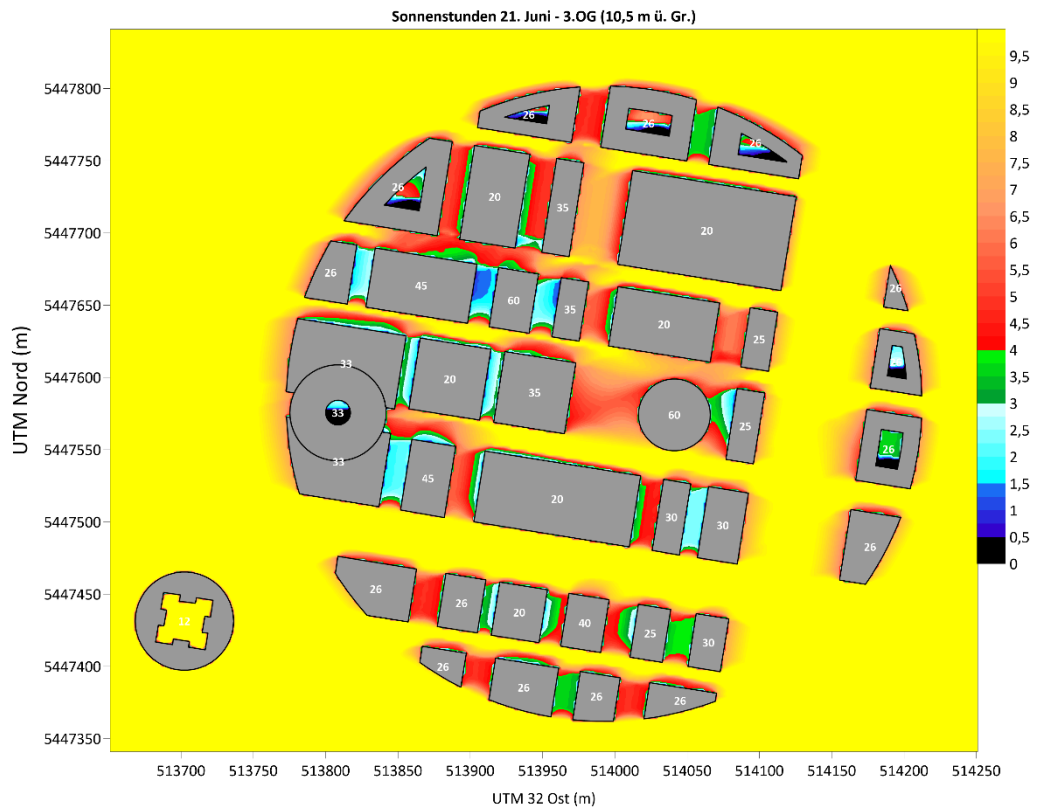


Abb. 5-13: Sonnenstunden am 21. Juni (3. OG / 10,5 m ü. Gr.).

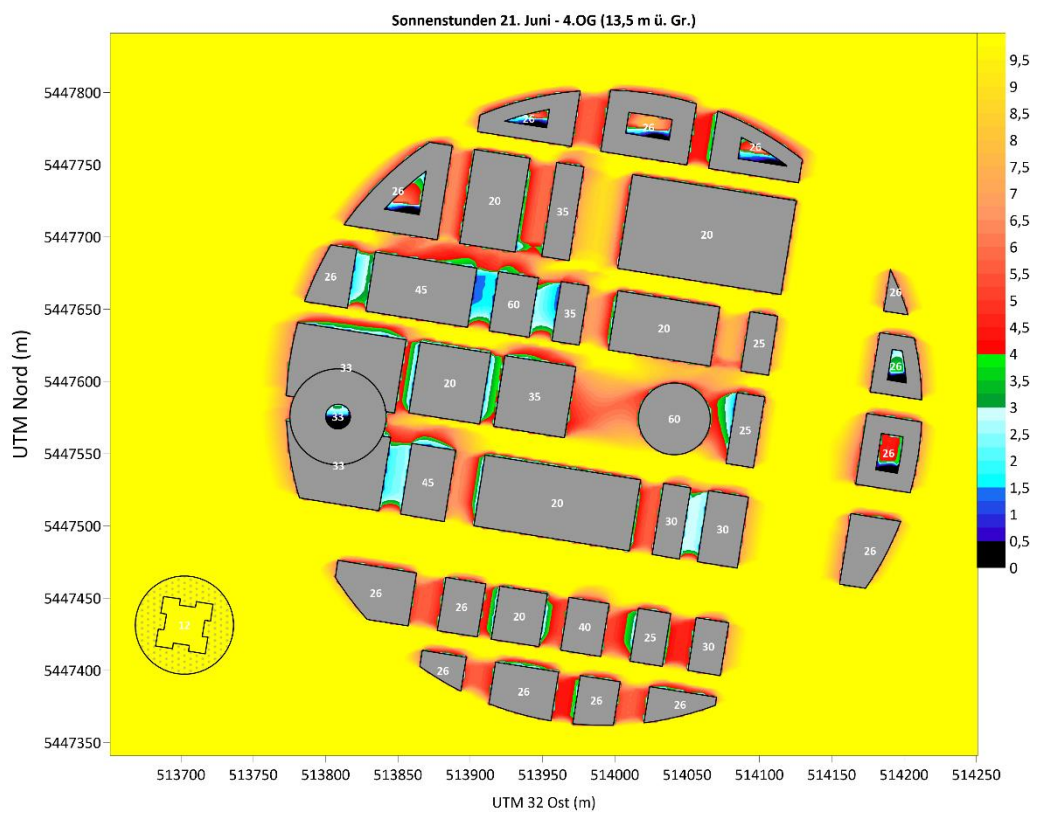
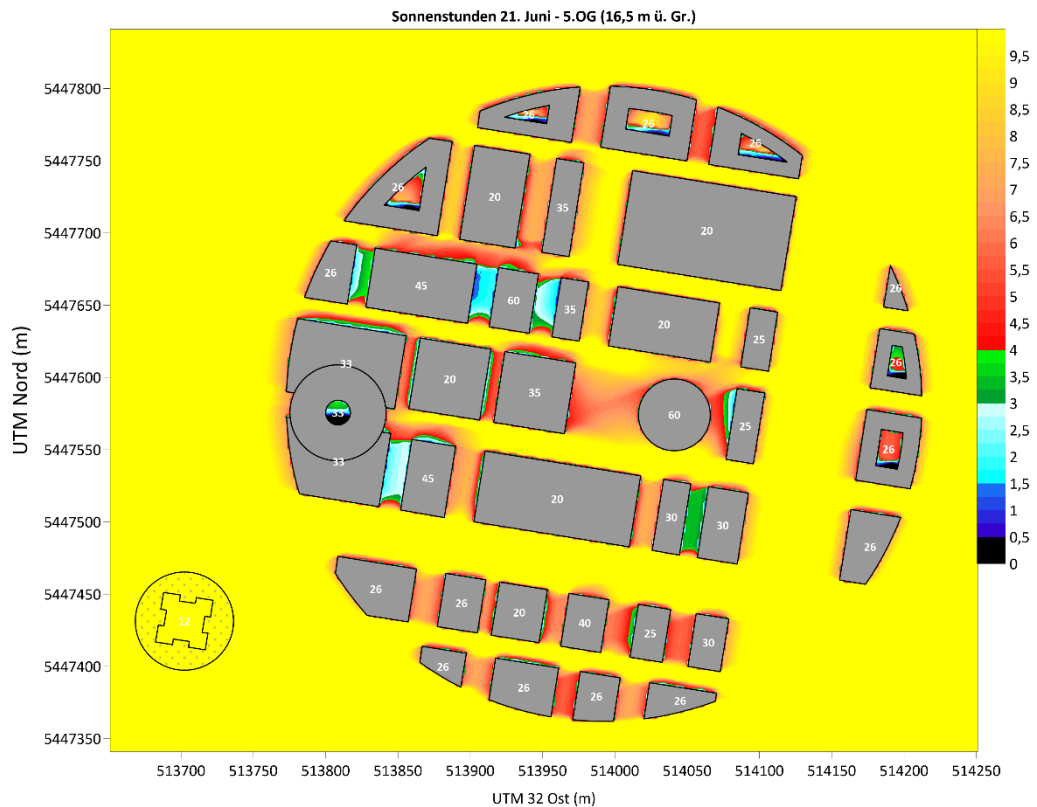


Abb. 5-14: Sonnenstunden am 21. Juni (4. OG / 13,5 m ü. Gr.).



**Abb. 5-15: Sonnenstunden am 21. Juni (5. OG / 16,5 m ü. Gr.).**

### 5.3.3 Sommerliche Verschattungsanteile und Globalstrahlung im Tagesverlauf

Für die Planung von geeigneten Begrünungs- bzw. Verschattungsmaßnahmen sollten zwei Aspekte betrachtet werden. Zum einen sollte die durch andauernde Einstrahlung verursachte Aufheizung der Gebäude reduziert werden. Zum anderen sollten die Maßnahmen jedoch so geplant werden, dass auch während der Sommermonate noch ausreichend direktes Sonnenlicht ins Gebäudeinnere fallen kann. Um zusätzlich zu der integralen Besonnungszeit am 21. Juni beurteilen zu können, zu welchen Tageszeiten Verschattungsmaßnahmen an den Gebäuden geeignet sind, wird in diesem Abschnitt die Verschattung durch die Gebäude im Tagesverlauf gemittelt über einen typischen Sommerzeitraum von 6 Wochen (15.06. – 31.07.) betrachtet.

Die ausgewerteten Verschattungsanteile geben an, welcher Anteil der betrachteten Stunde des Tages von umgebenden Objekten verschattet wird. Liegt der Verschattungsanteil bei 0 % wird der Bereich überhaupt nicht abgeschattet, liegt er bei 100 % trifft keine direkte Sonne auf die betrachteten Flächen. In den folgenden Abbildungen Abb. 5-16 bis Abb. 5-23 sind jeweils die Verschattungsanteile als Stundenmittel für die Zeitpunkte 9 Uhr, 12 Uhr, 15 Uhr und 18 Uhr (MEZ, jeweils Ende der Auswertestunde) auf Ebene des Erdgeschosses und des 5. Obergeschosses dargestellt.

In den Morgen- bzw. Vormittagsstunden (9 Uhr) werden in dem betrachteten Zeitraum auf Höhe des Erdgeschosses nahezu alle West- und Ostfassaden der Gebäude gegenseitig abgeschattet. Im 5. Obergeschoss reicht nur noch der Schattenwurf der höheren Gebäude bis an die

Nachbarfassaden. Dennoch werden einige West- und Ostfassaden, insbesondere in Zone II und III, aber auch in Zone VI, vollständig abgeschattet. Die Süd- und Südostfassaden sind dagegen über alle Stockwerke nahezu unverschattet, so dass zu den Morgenstunden direktes Sonnenlicht einfallen kann.

In den Mittags- und Nachmittagsstunden (12 Uhr / 15 Uhr) sind die Verschattungsanteile aufgrund des höheren Sonnenwinkels geringer als am Morgen. Dennoch schatten sich über alle Geschosse insbesondere die Gebäude in den Zonen II und III gegenseitig ab, sodass kaum direktes Sonnenlicht einfallen kann. Die Südost- und Südwestfassaden, die an größere Freiflächen angrenzen (Randbebauung Zone III / IV) erhalten dagegen im betrachteten Sommerzeitraum über den gesamten Mittagszeitraum volle Besonnung, was aufgrund der Aufheizung der Gebäudefassaden und den solaren Energieeintrag durch transparente Bauteile problematisch sein kann.

In den frühen Abendstunden (18 Uhr) ist der Winkel des Sonnenstands wieder geringer. Die West- und Ostfassaden der Plangebäude werden wieder von den jeweiligen Nachbargebäuden deutlich verschattet. Lediglich an den Südwestfassaden kann noch direktes Sonnenlicht einfallen.

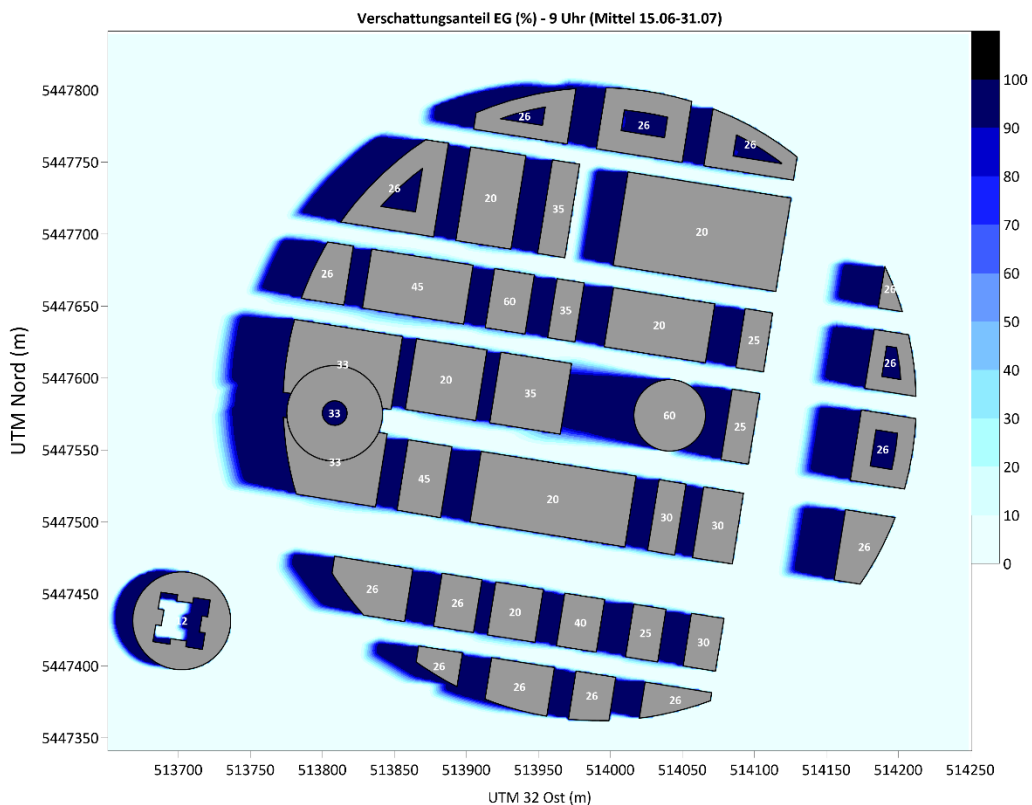


Abb. 5-16: Verschattungsanteil (%) 9 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.).

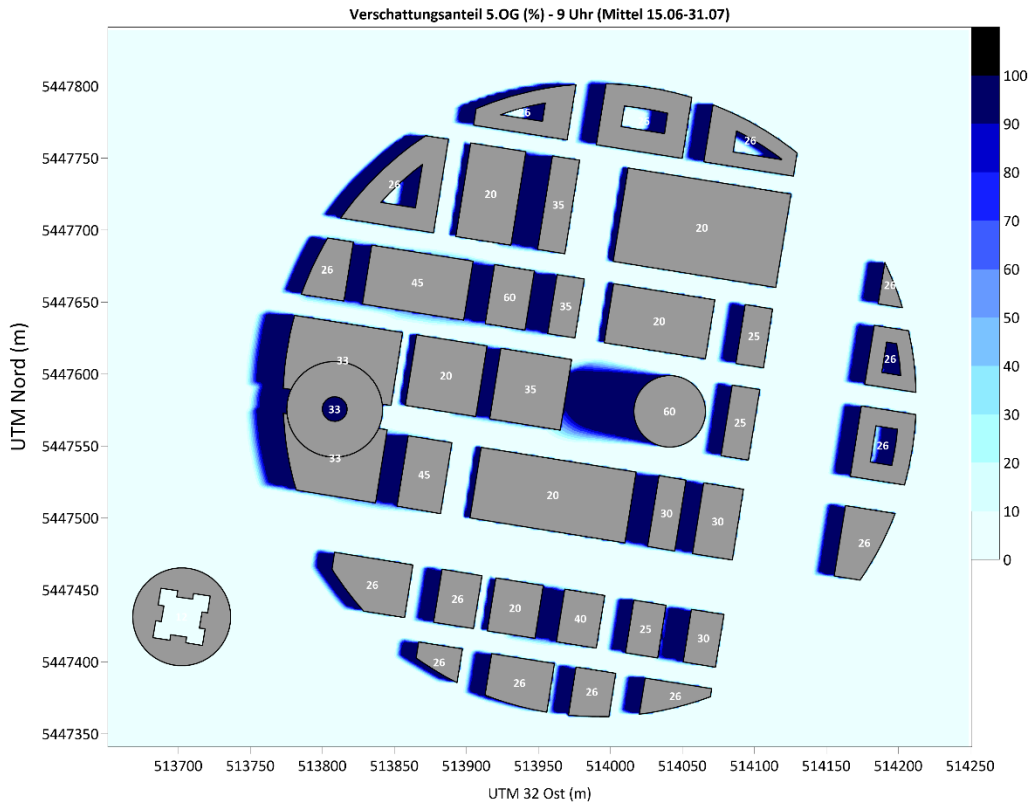


Abb. 5-17: Verschattungsanteil (%) 9 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.).

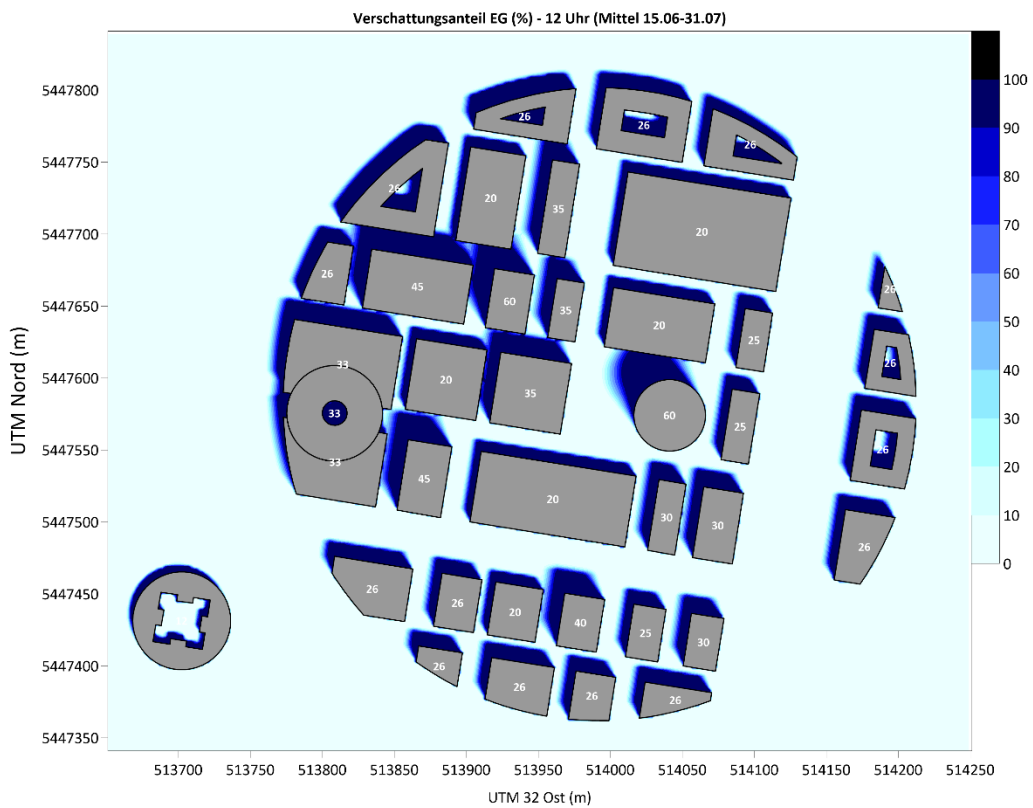


Abb. 5-18: Verschattungsanteil (%) 12 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.).

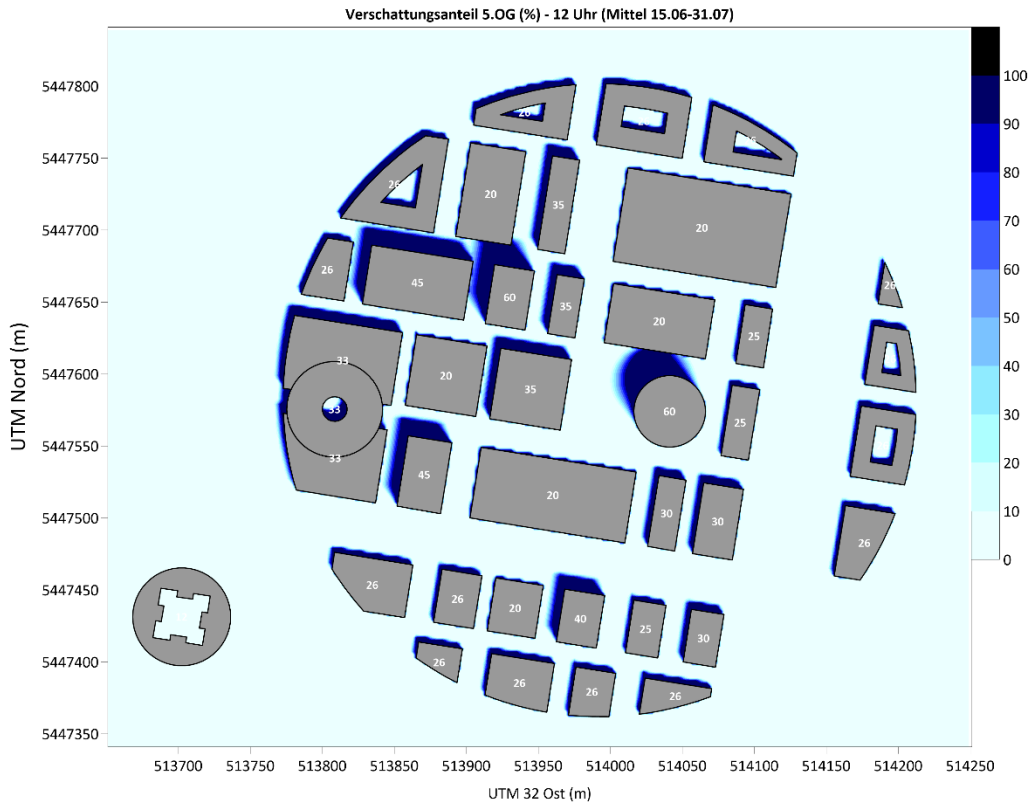


Abb. 5-19: Verschattungsanteil (%) 12 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.).

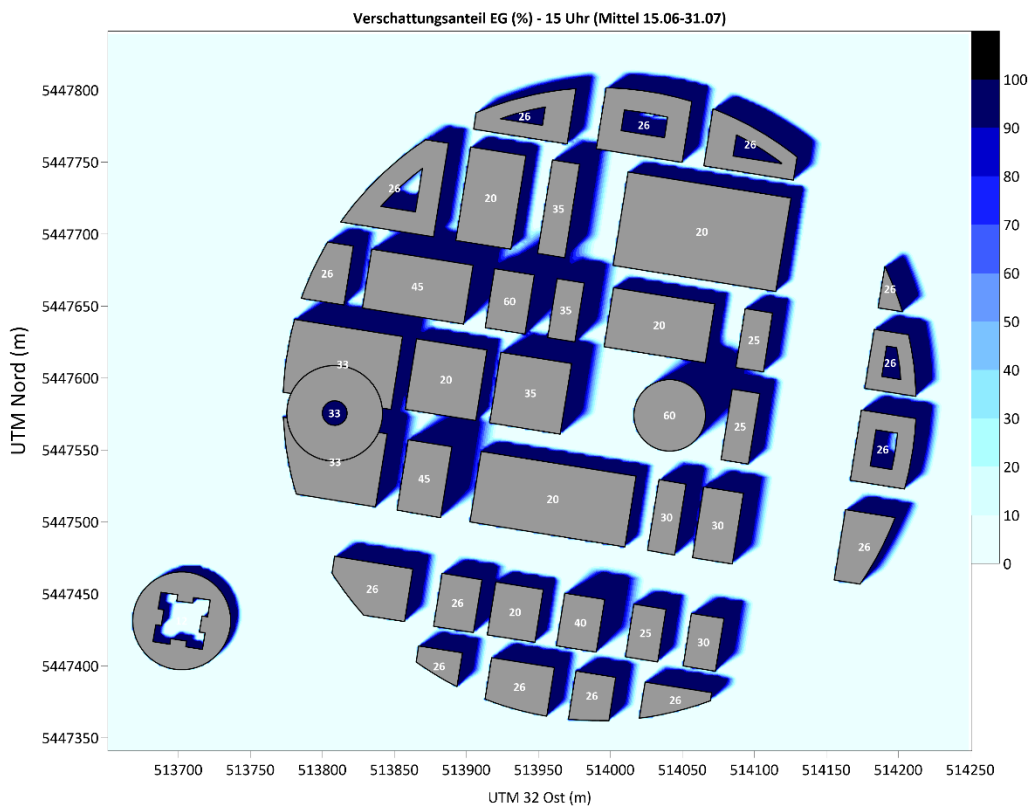
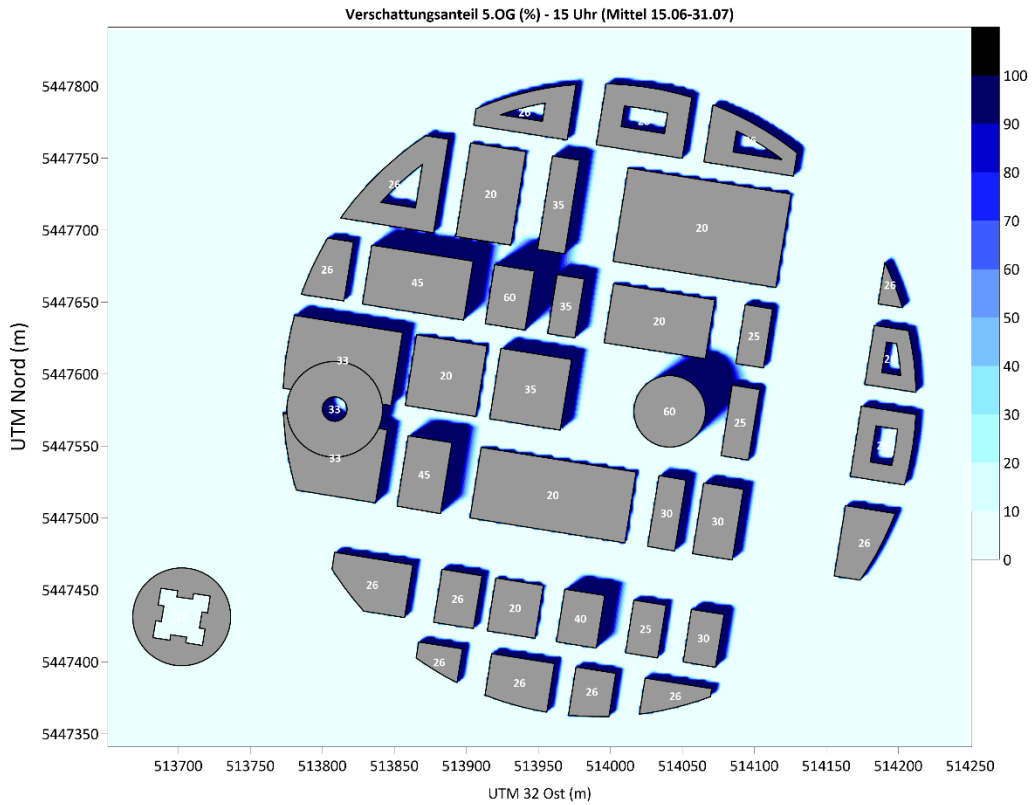
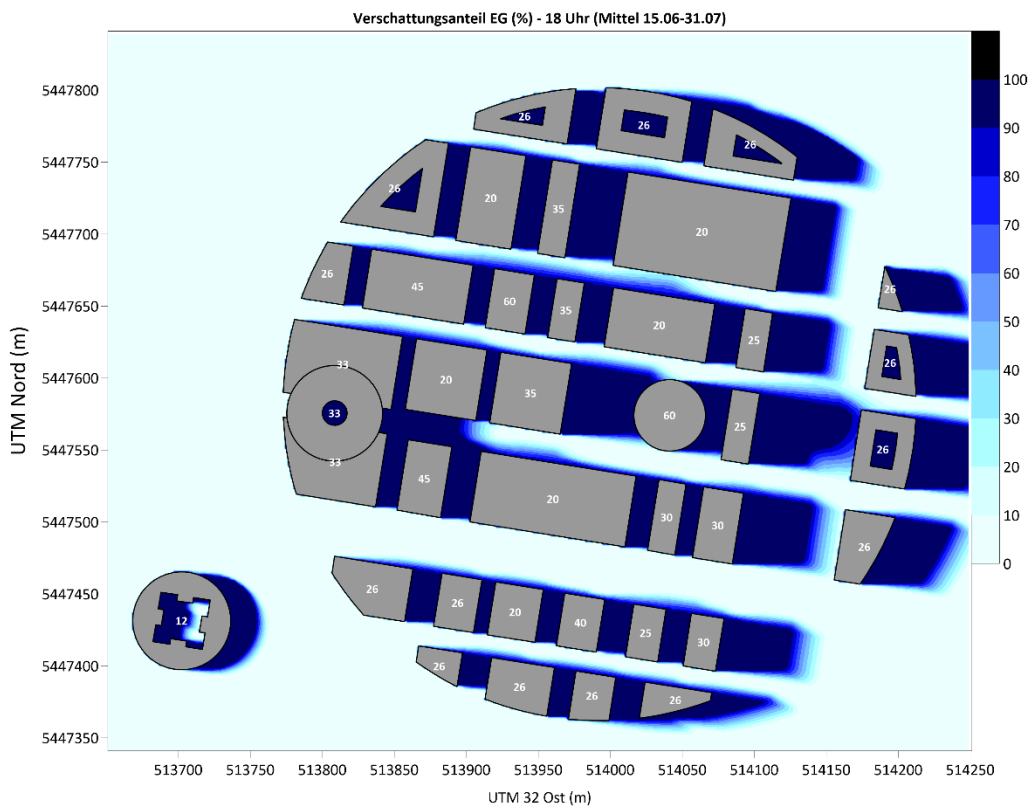


Abb. 5-20: Verschattungsanteil (%) 15 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.).

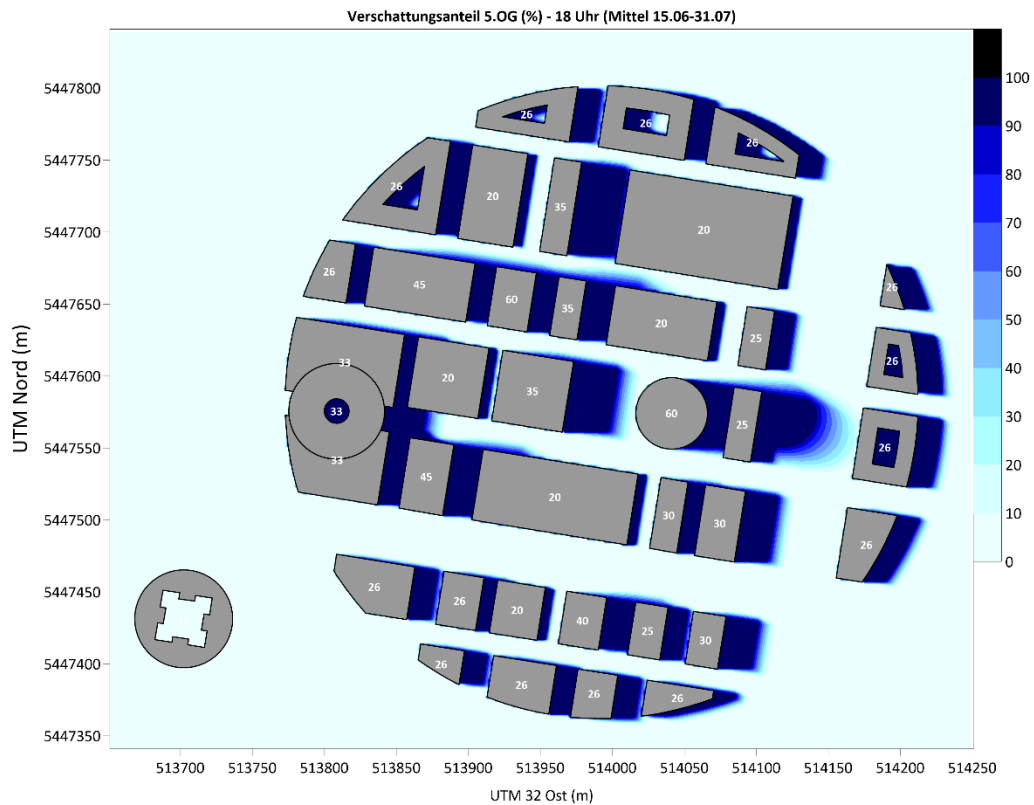




**Abb. 5-21: Verschattungsanteil (%) 15 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.).**



**Abb. 5-22: Verschattungsanteil (%) 18 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (EG / 1,5 m ü. Gr.).**



**Abb. 5-23: Verschattungsanteil (%) 18 Uhr (MEZ) im Mittel 15.06 – 31.07 (5.OG / 16,5 m ü. Gr.).**

### 5.3.4 Sommerliche Globalstrahlung Bodenfläche

Die Globalstrahlung bildet, wie im Kapitel 5.2 erläutert, die Summe aller solaren Einstrahlungen auf eine Fläche. Sie ist, anders als die Besonnungsdauer, maßgeblich von der Neigung der empfangenden Fläche abhängig. Die Globalstrahlung kann als Maß für die einfallende solare Energie (nutzbar durch Solaranlagen oder Photosynthese) ausgewertet werden und ist in erster Näherung proportional zu der von Menschen empfunden Helligkeit. Die Summe der einfallenden solaren Energie kann Aufschluss darüber geben, wie stark sich die empfangenden Flächen an einem typischen Sommertag aufheizen.

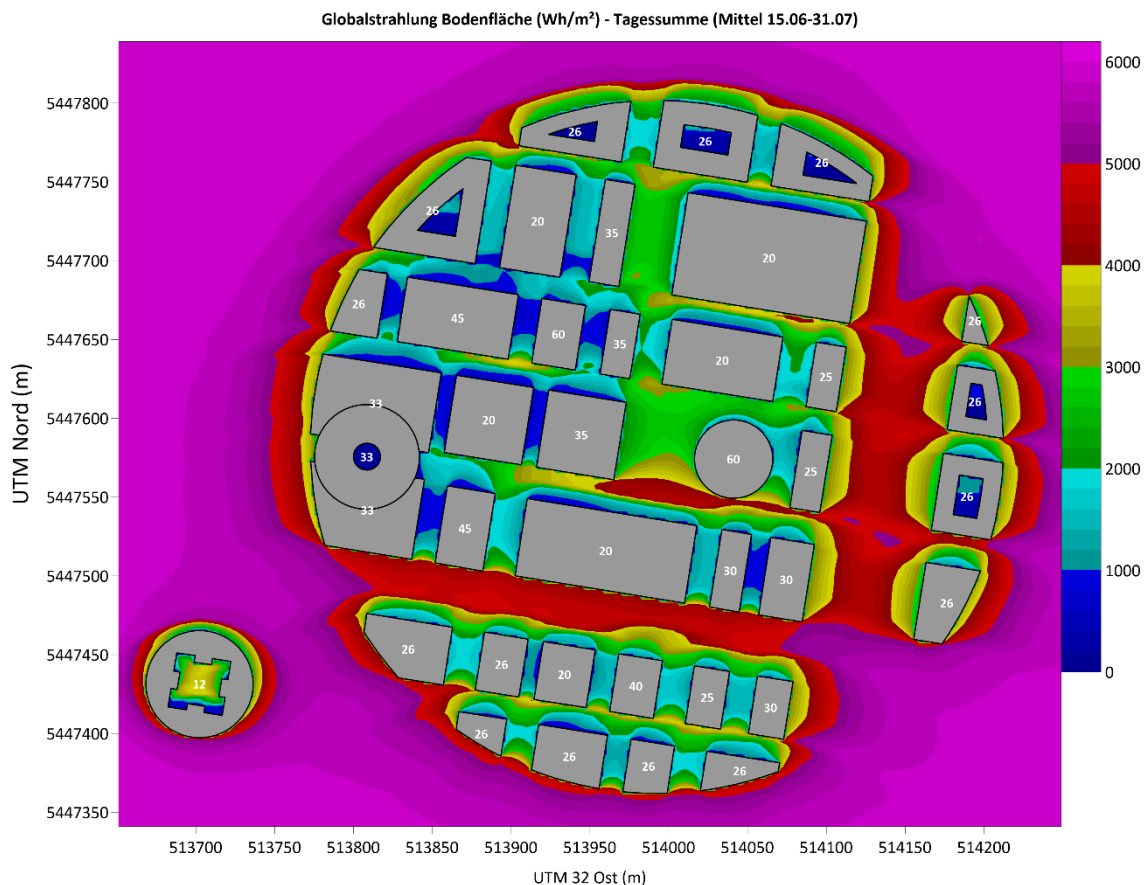
In diesem Abschnitt wird die Tagessumme der Globalstrahlung auf die Bodenfläche im Plangebiet gemittelt über einen typischen Sommerzeitraum von 6 Wochen (15.06 – 31.07) betrachtet. Die in dem betrachteten Sommerzeitraum maximal mögliche Globalstrahlungssumme über den Tag auf eine horizontale Fläche liegt bei knapp 6.000 Wh/m<sup>2</sup>. Die höchsten Globalstrahlungssummen innerhalb des Plangebiets werden mit bis zu 5.000 Wh/m<sup>2</sup> auf den Freiflächen (Zone VIII / IX) berechnet. Obwohl die direkte Strahlung auf Teilen der Freifläche der Zonen VIII und IX im Tagesverlauf gar nicht abgeschattet wird (vgl. Abschnitt 5.3.3), sind die Globalstrahlungswerte im Vergleich zu der Freifläche geringer. Dies ist auf die Horizont einschränkung durch die umgebende Bebauung zurückzuführen, die die diffus einfallende Strahlung vermindert.

Mit höchstens 2.000 Wh/m<sup>2</sup> liegt die Tagessumme der Globalstrahlung auf der Bodenfläche im nordwestlichen Bereich des Plangebiets (Zone II / III) deutlich unter dem astronomisch möglichen

Wert. Dies bedeutet zum einen, dass sich die Flächen vergleichsweise weniger stark aufheizen. Zum anderen wirken die schmalen Bereiche zwischen den hohen Gebäuden zumindest bodennah jedoch auch vergleichsweise dunkel. In diesen Bereichen sollte daher auf zusätzliche Verschattung verzichtet werden.

Auf den Freiflächen innerhalb des Plangebiets (Zone VIII / IX) werden deutlich höhere Globalstrahlungssummen berechnet, sodass in diesen Bereichen auch von einer vergleichsweise stärkeren Aufheizung der Bodenflächen ausgegangen werden kann. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, ist für die größeren Freiflächen die Planung von Verschattungsmaßnahmen wie bspw. Baumgrün, zu empfehlen.

Da die Globalstrahlung von der Flächenneigung abhängt, kann aus dieser Auswertung kein direkter Rückschluss auf die auf Fassaden der Plangebäude einfallende solare Energie gezogen werden. Für eine Beurteilung der einfallenden solaren Energie auf die Fassaden, die zu dem Wärmeeintrag in die Gebäude beiträgt, wäre eine zusätzliche Auswertung auf die vertikalen Fassadenflächen erforderlich.



**Abb. 5-24: Globalstrahlung Tagessumme (Wh/m<sup>2</sup>) im Mittel 15.06 – 31.07 (Bodennähe).**

## 6 Zusammenfassung und Planungsempfehlungen

Die Stadt Heilbronn plant im Gewann Steinäcker die Aufstellung des Bebauungsplanes 44C/15 Heilbronn-Neckargartach „Innovationspark Steinäcker“. Bei einer Nachverdichtung wie dieser ist die Planung so zu realisieren, dass mögliche negative lokalklimatische Auswirkungen auf die angrenzende Nachbarschaft gering sind. Mögliche negative Auswirkungen auf die umliegende Bebauung können bspw. dann entstehen, wenn

- die geplante Bebauung eventuell vorhandene thermische Ausgleichsströmungen oder dynamische Winde für Windrichtungen, die für das Gebiet typisch sind und zur Durchlüftung beitragen, blockiert
- die geplante Bebauung das lokale Klima, das durch Windgeschwindigkeit und die Temperaturverhältnisse in Folge von Einstrahlung und Abstrahlung geprägt ist, großräumig beeinflusst.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden folgende Fragestellungen geprüft:

- Sind mögliche regionale thermische Ausgleichssysteme durch die geplante Bebauung betroffen?
- Werden mögliche kleinräumige lokale thermische Ausgleichssysteme in der Umgebung des Plangebietes beeinflusst?
- Sind durch die geplante Bebauung Auswirkungen der Durchlüftung in den umliegenden Gewerbe-/Wohngebieten zu erwarten?
- Ist in dem Plangebiet selbst eine ausreichende Durchlüftung sichergestellt?
- Wie sind die Verhältnisse innerhalb des Plangebietes hinsichtlich Verschattung / Sonnenscheindauer und Globalstrahlung einzuordnen?

Während die ersten drei Fragestellungen auf Basis früherer umfangreicher Untersuchungen für das Gewerbegebiet Steinäcker beantwortet werden konnten, wurden für die beiden letzten Fragestellungen umfangreiche Simulationen mit zwei unterschiedlichen meteorologischen Modellen durchgeführt. In Abschnitt 6.1 werden die wichtigsten Ergebnisse dieser Simulationsrechnungen zusammenfassend dargestellt. In Abschnitt 6.2 werden unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse Empfehlungen für die Optimierung von Begrünung unter Berücksichtigung der Durchlüftungssituation und Verschattungs-/Besonnungssituation für die derzeit aktuelle Planbebauung gegeben.

Durch die Bebauung und die damit einhergehende Versiegelung ändern sich neben dem bodennahen Windfeld auch die Klimaparameter Lufttemperatur, Oberflächentemperatur und

Verdunstung. Durch entsprechende Gebäudeanordnung und –stellung, effektive Begrünungsmaßnahmen sowie Bereitstellung und Optimierung von Verdunstungsflächen können die möglichen negativen Auswirkungen auf die genannten Klimaparameter so minimiert werden, dass eine hohe Aufenthaltsqualität innerhalb des B-Plangebietes sichergestellt und das Plangebiet im Sinne der Klimaanpassung „robust“ für die Zukunft aufgestellt wird. Dazu sind grundsätzliche Empfehlungen zu den Themen Begrünung, Durchlüftung, Entsiegelung, etc. zur Optimierung der lokalklimatischen Verhältnisse in Anhang A zusammengestellt.

## **6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

### **6.1.1 Durchlüftung**

Bei dynamischen Winden wird das bodennahe Windfeld innerhalb einer Bebauung gegenüber einer ungestörten Strömung lokal modifiziert. Dies ist bei der Gebäudeanordnung und –stellung entsprechend zu beachten. Verschiedene Faktoren formen und charakterisieren dabei die Strömungsmuster und Windgeschwindigkeiten in bebauten Gebieten. Insbesondere bilden sich in Lee von einzelnen Gebäuden Nachlaufzonen mit reduzierter Windgeschwindigkeit aus, die die Durchlüftung einschränken. Andererseits können Kanalisierungseffekte und gebäudeinduzierte Turbulenz Zonen mit erhöhten Geschwindigkeiten erzeugen, die eine Durchlüftung positiv beeinflussen. Die Ausdehnung und Ausprägung dieser Zonen müssen integral bewertet werden, um mögliche Durchlüftungseinschränkungen einschätzen zu können.

Eine Beeinträchtigung der Durchlüftung in den nächstgelegenen Siedlungsbereichen bzw. Gewerbegebieten bei entsprechenden Anströmrichtungen ist auf Grund der Distanz zwischen B-Plangebiet und nächstgelegener Bebauung als gering einzustufen. Dies ergab die Untersuchung zum dynamischen Strömungsgeschehen, das in Kapitel 3.2 ausführlich diskutiert und durch die aktuellen Untersuchungen im Rahmen dieser Studie (Kapitel 4) vollumfänglich bestätigt wurde.

Die Ergebnisse der Untersuchungen für die geplante Bebauung zeigen, dass nur zwei ausgeprägte Lüftungsschneisen innerhalb der bebauten Kreisstruktur existieren, eine Nord-Süd sowie eine Ost-West ausgerichtete Schneise. Ansonsten werden weitere Süd-Nord-Schneisen durch zu dichte, versetzte Bebauung, insbesondere am Südrand, blockiert. In Ost-West-Richtung liegt teilweise eine Blockade am Westrand der Bebauung vor. Die Abstände zwischen den Gebäuden sind größtenteils nicht groß genug, um eine ausreichende bodennahe Windgeschwindigkeit und damit Durchlüftung des Plangebietes zu gewährleisten. Als Orientierungswert kann das Verhältnis von Gebäudehöhe zu Straßenbreite  $H/B$  dienen. Bei einem Verhältnis  $< 1$  bilden sich bspw. bei Anströmungen quer zur Straßenachse keine Wirbel mehr aus, die den Raum von Oberkante der Gebäude zu Straßenniveau ausfüllen. Dieses Verhältnis ist in einigen Bereichen innerhalb der Bebauung zum Teil deutlich unterschritten.



An den südlichen und westlichen „Einströmrändern“ sind räumlich begrenzt Geschwindigkeits-erhöhungen zu erwarten. Ob diese unter Gesichtspunkten des Windkomforts zu Nutzungseinschränkungen führen, ist im Auge zu behalten und bei fortgeschrittenem Planungsstand zu beurteilen.

Bei der Festlegung der für das Mikroklima wichtigen Bäume ist die zum Teil schlechte Durchlüftung in den schmalen Wegen innerhalb des Plangebietes zu berücksichtigen, um die Durchlüftung nicht durch einen erhöhten Widerstand infolge der Baumpflanzungen zusätzlich zu beeinträchtigen. Darauf wird in Kapitel 6.2 eingegangen.

### **6.1.2 Verschattung**

Mit den Verschattungsberechnungen wurden sowohl der Aspekt der Mindestbesonnung für gesunde Arbeitsplatzverhältnisse als auch der Aspekt der sommerlichen solaren Einstrahlung untersucht.

Zu den Mindestbesonnungszeiten in den Wintermonaten formuliert die DIN EN 17037 als technisches Regelwerk unterschiedliche Empfehlungsniveaus je nach Besonnungsdauer am 21. März. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass es insbesondere in den Zonen II und III innerhalb des Plangebiets großflächig nur wenig direkten Lichteinfall gibt. In den unteren Geschossen kann mit weniger als 1,5 Sonnenstunden vor einigen Fassaden sogar die unterste Empfehlungsstufe zur Mindestbesonnung nach DIN nicht erreicht werden. Welche Fassadenabschnitte genau von der Unterschreitung der DIN-Empfehlungen betroffen sind, könnte mit einer nachträglichen, höher aufgelösten Berechnung der Sonnenstunden auf diesen Vertikalflächen bestimmt werden.

Für die Untersuchung der sommerlichen Einstrahlung wurden sowohl die integralen Sonnenstunden am 21. Juni als auch die Verschattungsanteile im Tagesverlauf für einen typischen Sommerzeitraum berechnet. Die Auswertungen zeigen insgesamt, dass sogar in den Sommermonaten kaum direktes Sonnenlicht in die unteren Stockwerke der eng stehenden Gebäude in den Zonen II und III einfallen kann. Dort wäre eine Auflockerung der Bebauung zu empfehlen, um Einfall von direktem Sonnenlicht zu ermöglichen.

Außerdem zeigt die Auswertung der sommerlichen Besonnung, dass einige andere Bereiche des Plangebiets nahezu den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, was ohne Verschattungsmaßnahmen zu einer Aufheizung der Gebäude führen kann. Davon sind insbesondere die Südwestfassaden der jeweils an größere Freiflächen angrenzenden Randbebauung betroffen. Eine mögliche Abschattung könnte durch Baumgrün in den unteren Stockwerken und Fassadenbegrünung oder technische Maßnahmen in den oberen Stockwerken erreicht werden.

Die Auswertung der Tagessumme der sommerlichen Globalstrahlung auf der Bodenfläche zeigt, dass sich insbesondere die größeren Freiflächen innerhalb des Plangebiets stärker aufheizen können, sodass dort intensive Baumpflanzungen zu empfehlen sind. Im nordwestlichen Plangebiet im Bereich der vergleichsweise engen Freiflächen kann sich der Boden aufgrund der nahezu durchgängigen Abschattung der direkten Strahlung dagegen nicht so stark aufheizen. Dort sollte auf zusätzliche Verschattungsmaßnahmen verzichtet werden. Es ist zu empfehlen diese ohnehin sehr engen Bereiche zwischen den Gebäuden für die Belüftung frei zu halten.

## 6.2 Planungsempfehlungen zur Minimierung des Eingriffs

Eine zusammenfassende Einschätzung aus lokalklimatischer Sicht für den aktuellen Planstand ist in Abb. 6-1 dargestellt. Die möglichen Problempunkte sind in der Grafik verortet:

- zu geringe Durchlüftung durch Engstand der Gebäude, versetzte Gebäudeanordnung
- ggf. Einschränkungen des Windkomforts in den Randbereichen durch lokale Turbulenz- und Geschwindigkeitserhöhung
- Gefahr der Überhitzung bei fehlender Verschattung
- Bereiche mit geringer Zahl von Sonnenstunden.

Nachfolgend werden Planungsempfehlungen gegeben, die sich auf die klimatisch-lufthygienische Optimierung des B-Plangebietes selbst konzentrieren unter der Maßgabe, dass an der Anordnung und an den Kubaturen der Gebäude keine Änderungen vorgenommen werden können:

- Harmonisierung von Verschattung als Hitzeschutz bei gleichzeitiger Gewährleistung ausreichender Sonneneinstrahlung für gesundes Arbeiten/Leben  
→ hier ist Baumgrün ideal (nur saisonal belaubt, zusätzlich positiver Kühleffekt durch Verdunstungskühle)
- In schlecht durchlüfteten Straßen Bevorzugung von Fassadenbegrünung/technischer Verschattung gegenüber Baumpflanzungen zur Vermeidung von zusätzlichen Strömungswiderständen
- Fassadenbegrünungen an Ost-/Süd-/ Westfassaden ggf. höhengestaffelt ausführen
- Intensive Grünpflanzungen im Bereich der (Haupt-)Lüftungsschneisen bzw. im Bereich der Freiflächen mit hoher Einstrahlung in den Sommermonaten möglichst nach dem Savannenprinzip, d.h. Baumgruppen und begrünte Freiflächen im Wechsel, damit eine ausreichende Verschattung einerseits gegeben ist, aber auch eine ausreichende Durchlüftung andererseits sichergestellt werden kann.

Eine schematische graphische Darstellung ist in Abb. 6-2 gegeben.



Abb. 6-1: Einschätzung derzeitiger Planstand.



Abb. 6-2: Planungsempfehlungen.

Im jetzigen Planungsstadium stehen die Nutzungen des Plangebietes noch nicht fest. Ebenso gibt es derzeit weder ein konkretes Verkehrskonzept noch ein Energiekonzept für das Plangebiet. Insofern können zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussagen zu einer möglichen lufthygienischen Belastung, verursacht durch das Plangebiet selbst, getroffen werden.

Im Zuge der konkreteren baulichen und grünordnerischen Planung wird empfohlen, eine thermische Simulation zur Ermittlung eventueller bioklimatischer Belastungen innerhalb des Plangebietes durchzuführen.

Heilbronn, 01.05.2024



(Dipl. Ing. M. Rau)

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Rau, M., Dütemeyer, D., Bigalke, K., *Gesamtstädtische Klimaanalyse Stadt Heilbronn. - durchgeführt im Auftrag der Stadt Heilbronn, Planungs- und Baurechtsamt.*, Heilbronn: Unveröffentlichter Bericht, 171, 2017.
- [2] Ingenieurbüro Rau, *Umweltfachliches Gutachten zur Ermittlung der möglichen klimatischen Auswirkungen des B-Plans 44C/15 Heilbronn-Neckargartach "Innovationspark Steinäcker"*, Heilbronn: Stadt Heilbronn, Planungs- und Baurechtsamt, 2021.
- [3] Ingenieurbüro Rau, *Umweltfachliches Gutachten zur Ermittlung der möglichen klimatischen Auswirkungen des B-Plans 44C/15 Heilbronn-Neckargartach „Innovationspark Steinäcker“*, Heilbronn: Stadt Heilbronn Planungs- und Baurechtsamt, 2022.
- [4] Bigalke, K., Rau, M. et al., *Dokumentation - Synthetisch repräsentative Ausbreitungsklassenzeitreihen - SynRepAKTerm für Deutschland - Berechnung - Qualitätssicherung - Anwendung (Version 1.1)*, Pinnberg, Heilbronn: www.metsoft.de, 2013.
- [5] Bigalke, K.; Ahrens, D.; Rau, M., *Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken zur Verwendung in Immissionsprognosen - Eine Alternative zu "klassischen" Übertragungsverfahren*, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 68. Jahrgang (2008), 2008.
- [6] VDI-Fachbereich Umweltmeteorologie, *VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 - Umweltmeteorologie - Lokale Kaltluft*, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, 2003.
- [7] Defant, F., „Der Abfluss schwerer Luftmassen auf geneigtem Boden nebst einigen Bemerkungen zur Theorie stationärer Luftströme. In: Sitzungsberichte der preußischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse 18 (1933), S. 624/635,“ 1933.
- [8] Briggs, G. A., „Analytic modelling of drainage flows. Washington (= Draft document, atmospheric turbulence and diffusion laboratory, NOAA),“ 1979.
- [9] Ingenieurbüro Rau, „Masterplan Neckarvorstadt: Einschätzung der lufthygienischen und klimatischen Verhältnisse,“ Stadt Heilbronn, Plaungs- und Baurechtsamt, Heilbronn, 2008.
- [10] Ingenieurbüro Rau, *Klimauntersuchung für den Rahmenplan Heilbronn Neckarbogen*, Heilbronn: im Auftrag der Stadt Heilbronn, Planungs- und Baurechtsamt, 2012.



- [11] Eichhorn, J., *Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen, mikroskaligen Stadtklimamodells. Diss.*, Mainz: Meteorol. Inst. Univ. Mainz, 1989.
- [12] Eichhorn, J., *MISKAM Handbuch zu Version 6*, Wackernheim: giese-eichhorn umweltmeteorologische software, 2011.
- [13] Rau, M., *Vergleich berechneter (MISKAM) und gemessener (Windkanal) Wind- und Konzentrationsfelder für ein U-Gebäude*, Projekt im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; unveröffentlicht, 2000.
- [14] Röckle, R.; Richter, C.-J., *"Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -"*, Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe. (<http://bwplus.fzk.de>), 1995.
- [15] Bigalke, K., Rau, M. et al., *Dokumentation - Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken - SynAKS für Deutschland - Berechnung - Qualitätssicherung - Anwendung (Version 1.1)*, Pinnberg, Heilbronn: [www.metsoft.de](http://www.metsoft.de), 2013.
- [16] DIN EN 17037, *Tageslicht in Gebäuden: Allgemeine Anforderungen.*, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2019.
- [17] DIN 5034-1, *Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.*, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2011.
- [18] Hay, J.E., D.C. McKay, *Estimating solar irradiance on inclined surfaces: A review and assessment of methodologies. -- International Journal of Solar Energy 3, 203-240.*, 1985.
- [19] Perez, R., P. Ineichen, R. Seals, J. Michalsky, R. Stewart, *Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. -- Solar Energy 44, 271-289.*, 1990.
- [20] Remund, J., J. Page, *Integration and exploitation of networked Solar radiation Databases for environment monitoring - Advanced parameters. Report to the European Commission. - [http://www.soda-is.com/publications/d5-2-2\\_v3.pdf](http://www.soda-is.com/publications/d5-2-2_v3.pdf)*, 2002.
- [21] Skartveit, A., J.A. Olseth, M.E. Tuft, *An hourly diffuse fraction model with correction for variability and surface albedo. -- Solar Energy 63, 173-183.*, 1998.
- [22] VDI, *Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen - Berechnung der spektralen kurz- und der langwelligen Strahlung. -- VDI-Richtlinie 3789*, Berlin: Beuth Verlag, 2019.
- [23] Eckhardt, K., K. Bigalke, *Comparison of two model systems for the calculation of the solar irradiance on shaded, arbitrarily orientated surfaces.*, Meteorol. Z. 13, 369-372., 2004.

[24] Kasten, F.; K. Dehne; H. D. Behr; U. Bergholter , *Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland.*, Forschungsbericht BMFT-FB-T84-125., 1984.

## Anhang

### A Allgemeine Planungsempfehlungen

Nachfolgenden werden allgemeine Planungsempfehlungen beschrieben, die sich auf die klimatisch-lufthygienische Optimierung des B-Plangebietes selbst beziehen. Wesentliche Ziele hierbei sind:

- Schutz der Gebäude gegen Aufheizung;
- Schutz der Außenbereiche gegen Überwärmung;
- Effiziente Ventilation;
- Immissionsschutz;
- Niederschlagsmanagement.

Daraus ergeben sich architektonische, landschaftsgärtnerische und technische Empfehlungen für den Planentwurf, deren wesentliche Komponenten im Folgenden vorgestellt werden.

#### Bauwerksanordnung

- Bei der Anordnung der Gebäude ist möglichst eine Ausrichtung der Hauptachsen in Hauptwindrichtung (SSW, NNO) anzustreben; dadurch ist bei dynamischen Winden die Möglichkeit für eine Durchlüftung des Gebietes gegeben. Aber auch bei typischen Strahlungswetterlagen mit der Ausbildung von ausgeprägten thermischen Strömungssystemen (Kaltluftabflüsse) ist diese Ausrichtung wichtig, da sich im Bereich des B-Plangebietes Kaltluftsysteme aus nördlicher Richtung ausbilden können;
- Die Abstände zwischen den Gebäuden sollten ausreichend groß dimensioniert werden und die Gebäude nicht versetzt zueinander stehen. So können die Wege zwischen den Gebäuden als Strömungsschneisen wirksam werden. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass in den Hauptachsen in jedem Fall eine intensive Baumbegrünung vorzusehen ist, die einen Widerstand für die Strömung darstellt;
- Falls eine Blockrandbebauung mit geschlossenen Innenhöfen geplant ist, sind in jedem Fall in Hauptwindrichtung orientierte Durchströmungsöffnungen durch breite und mehrgeschossige Gebäudedurchlässe zu realisieren;

#### Fassaden

- Großflächige sonnenexponierte West-, Ost- und Südfassaden sollten primär durch hohe Bäume mit entsprechender Kronenausbildung versehen werden, um die Gebäude direkt vor Aufheizung durch die kurzweilige Einstrahlung zu schützen. Für Nordfassaden ist eine

Abschattung auf Grund fehlender Sonneneinstrahlung nicht, für Westfassaden nicht zwingend erforderlich;

- Geeignet sind Bäume mit säulenförmigen Kronen, die in einem Abstand von ca. 10 m vorzusehen sind;
- Falls terrassierte Gebäude vorgesehen sind, sind entsprechend in höheren Ebenen Baumpflanzungen vorzusehen;
- Alternativ sind Fassadenbegrünungen auf den Ost- und Südseiten möglich bzw. gegebenenfalls die Kombination von Baumpflanzungen und Fassadenbegrünungen in Teilbereichen. Es wird darauf hingewiesen, dass Bäume insgesamt die effizientere Lösung darstellen, da bei entsprechender Kronengröße auch die horizontalen Flächen auf Straßenniveau beschattet werden. Die Fassadenbegrünung wirkt dagegen fast ausschließlich an der Fassade;
- Bei der Fassadengestaltung sind helle Farbtöne zu bevorzugen (hohe Albedo: ein Maß für das Rückstrahlvermögen (Reflexionsstrahlung) von diffus reflektierenden Materialien), um Überwärmungseffekte zu reduzieren;
- Als mögliche technische Maßnahme stellen bauseits Schatten spendende Arkadengänge in sonnenexponierten Fassadenbereichen eine Alternative dar.

## Dächer

- Flache oder gering geneigte Dächer ( $< 18^\circ$ ) der Plangebäude sind zu begrünen. Dabei sollte die Substratstärke mindestens 15 cm betragen. Begründung:
  - Durch eine Dachbegrünung kann der Energieeintrag in das Gebäude insgesamt reduziert werden (Reduktion der Gebäudeaufheizung). Dies bedeutet konkret eine Energieeinsparung durch eine reduzierte Gebäudekühlung im Sommer sowie weniger Heizenergie im Winter;
  - Eine intensive Dachbegrünung (Substratstärke mindestens 20 cm) gekoppelt mit einer Regenwasserspeicherung erlaubt ein kontrolliertes Wassermanagement und eine kontrollierte Regenrückhaltung; dies stellt insbesondere eine wirksame Anpassungsmaßnahme für Starkregenereignisse dar;
  - Durch eine Dachbegrünung wird infolge der Verdunstungseffekte im Bereich der Dachfläche das Lufttemperaturniveau gesenkt. In Summe bewirkt dies eine leichte Temperatursenkung in der Dachgrenzschicht;
  - Durch Dachbegrünungen werden Biotop geschaffen;
  - Eine begrünte Dachfläche erlaubt eine aktive intensive Nutzung (einschl. Hecken/Stauden/Bäumen) als Dachgarten;

- Nicht begrünte Dächer bzw. Dachteilflächen sollten eine helle Farbe haben, um Überwärmungseffekte zu vermeiden.

### **Unversiegelte Flächen**

Unversiegelte Flächen können durch Verdunstungskühle einerseits die Lufttemperatur spürbar senken und andererseits die Überschwemmungsgefahr bei Starkregen reduzieren.

- Die großflächige Anlegung bzw. Nutzung unversiegelter Flächen im Planentwurf ist anzustreben;
- Die Realisierung von Wasserflächen, insbesondere mit Schilfrand, sind als geeignete Verdunstungsflächen in Erwägung zu ziehen.

### **Versiegelte Flächen**

- Verkehrswege und -flächen oder Parkplätze sollten mit Rasengittersteinen oder Fugenpflaster, hellem Kies oder hellem, porösem Asphalt wasserdurchlässig und damit verdunstungsaktiv gestaltet werden.

### **Baumpflanzungen**

- Ein hoher Baumanteil ist wegen der außerordentlichen klimatischen Wirkung von Bäumen im Planentwurf anzustreben;
- Um sowohl die Quartiersdurchlüftung zu optimieren und gleichzeitig die Gebäude gegen Aufheizung zu schützen, sollten die Bäume jedoch wie beschrieben positioniert werden:
  - Bäume als Verschattungselemente für Gebäude an deren sonnenexponierten West-, Ost- und Südfassaden nutzen (auf den Nordseiten von Gebäuden sind Baumpflanzungen aufgrund fehlender Sonneneinstrahlung nicht erforderlich);
  - In den breiteren Schneisen/Straßen sind durchgängige Baumpflanzungen vorzusehen, um eine durchgängige, gut vernetzte Verschattungszone zu schaffen, entlang derer eine Fortbewegung durch das Quartier bei weitgehend reduzierter Wärmebelastung möglich ist; dabei ist eine geschickte Verbindung der Standorte der Bepflanzungselemente mit Schattenzonen von Gebäuden möglich;
  - In schmalere Straßen sind einseitige Baumpflanzungen vor den West-, Ost- bzw. Südfassaden der Gebäude vorzusehen. In Hauptachsen sind Alleen mit beidseitiger Baumpflanzung möglich und sinnvoll;
  - In schmalere Gassen ist Fassadenbegrünung Baumpflanzungen vorzuziehen;
  - Auf größeren Freiflächen sind Baumanordnung in abständigen Kleingruppen vorzusehen (Savannentyp);



- Die Grenzen des Plangebietes sind mit Immissions- und Lärmschutzpflanzungen zu versehen, insbesondere nach Süden zur geplanten Nordumfahrung Neckargartach bzw. im Norden zur Autobahn A6 hin.
- Als Synergieeffekt verzögern die Baumkronen durch Interzeption den Regenwasserabfluss und verbessern damit die Starkregenbelastung;
- Der Einsatz klimawandelangepasster Baumarten ist zu berücksichtigen.

### **Wassermanagement**

Idee der Schwammstadt: Effiziente Wasserbevorratung und -verdunstung zur Lufttemperatursenkung, insbesondere durch Evapotranspiration der Vegetation:

- Neuböden: Böden mit hoher nutzbarer Feldkapazität (Wasserspeicherfähigkeit) wie beispielsweise schluffige oder lehmige Böden bevorzugen;
- Lokale Niederschlagsversickerung durch Entsiegelungen und Kanalnetzabkopplung;
- Vorsorge gegen Starkregen/Überschwemmungen durch Entsiegelungen, Geländemulden, Wasserspeicher (Rigolen, Regenwasserzisternen), Dachbegrünungen, Bäume;
- Die Wasserspeicher dienen zudem als Wasserreservoir für Pflanzen während Trockenphasen.

### **Luftreinhaltung**

- Zur Minimierung der Zusatzbelastung mit atmosphärischen Spurenstoffen sollten Gebäude dem GEG-Standard (2020, mit den Novellierungen 2023, 2024) entsprechen;
- Die ergänzende Nutzung einfach zu realisierender, regenerativer Energiequellen wie Fotovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen sind zu bevorzugen;
- Je nach lokaler Verfügbarkeit sind auch Fernwärme, Fernkälte und Geothermie in Betracht zu ziehen;
- Holzbasierte und andere immissionsintensive Feuerungsanlagen (Heizungen, Kamine) sollten vermieden werden, um die Anreicherung von Luftschadstoffen zu vermeiden;
- Immissionsschutzpflanzungen am Plangebietsrand sind zu empfehlen, wobei ein Verbau von Lüftungsschneisen zu verhindern ist.