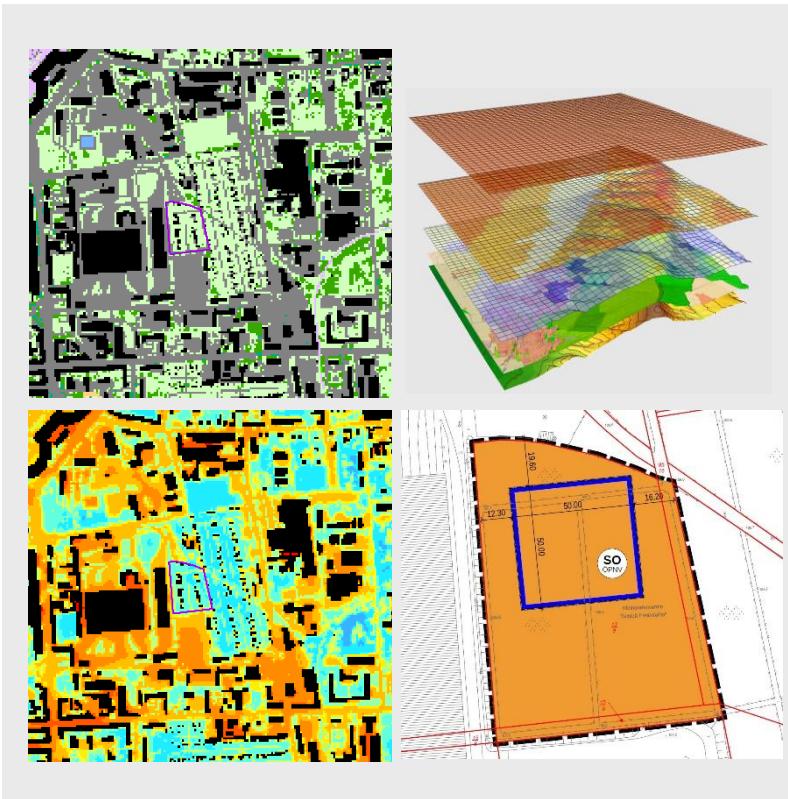


# Klimaökologische Expertise

## Bebauungsplan Nr. 221 - "Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs" in Halle



Auftraggeberin:

**PCU Partnerschaft**

Kaseler Weg 1  
66113 Saarbrücken



**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

Große Pfahlstraße 5a  
30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200  
FAX (0511) 3887201  
[www.geo-net.de](http://www.geo-net.de)

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. Günter Groß

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG)

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und  
Kleinklima der IHK Hannover und Hildesheim



## 1. Einleitung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung. Das Schutzgut „Klima“ ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Planung und vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele sind flächenbezogene Fachinformationen ein wichtiges Hilfsmittel zu dessen sachgerechter Beurteilung. Aus der Kenntnis des in einer Stadt vorherrschenden Lokalklimas, der dadurch mitbestimmten lufthygienischen Situation und den klimatischen Funktionszusammenhängen lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen ableiten, die der Erhaltung günstiger bioklimatischer Verhältnisse dienen bzw. auf eine Verbesserung des Stadtklimas in ungünstig bewerteten Teilräumen abzielen.

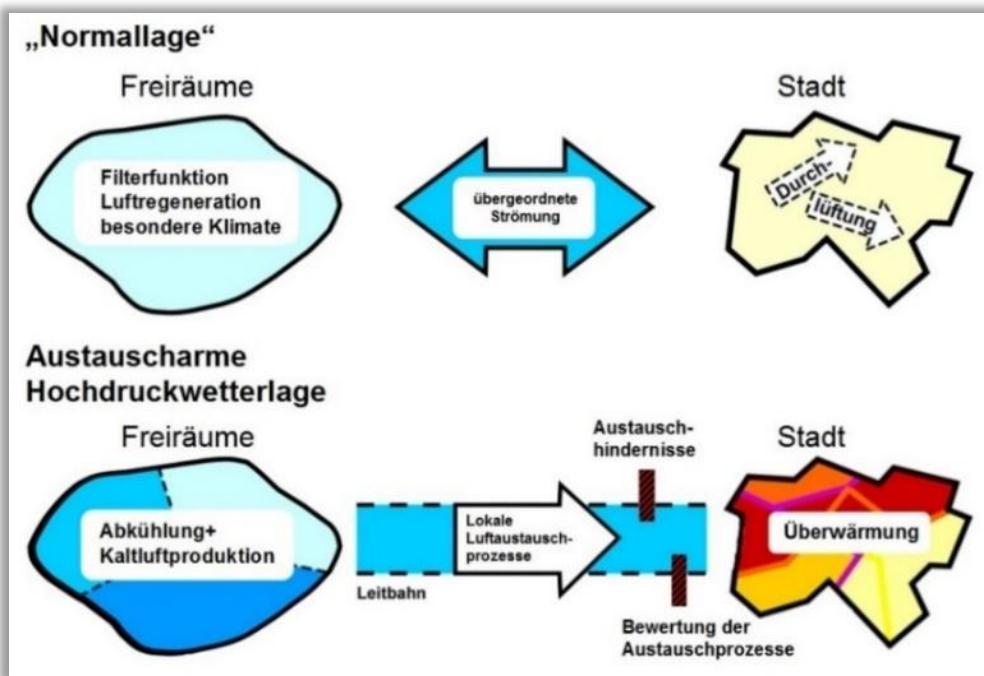
Mit dem *Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden* im Jahr 2011 sind die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung in der Bauleitplanung gestärkt (Novellierung des Baugesetzbuchs (BauGB)) und nun ausdrücklich zu einer Aufgabe der Bauleitplanung nach § 1 (5) BauGB erklärt worden: „Die Bauleitpläne sollen [...] dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den **Klimaschutz und die Klimaanpassung**, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern [...].“ Zusätzlich heißt es in § 1a (5) BauGB: „Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem **Klimawandel** entgegenwirken, als auch durch solche, die der **Anpassung an den Klimawandel** dienen, Rechnung getragen werden.“

Im Auftrag der PCU Partnerschaft wurde vom Büro GEO-NET Umweltconsulting GmbH in Kooperation mit Prof. Dr. G. Groß (Universität Hannover) eine modellgestützte Analyse zu den klimaökologischen Auswirkungen einer baulichen Entwicklung im Bereich des Bebauungsplans Nr. 221 - "Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs" durchgeführt. Für die planerische Berücksichtigung der Schutzgüter Klima und Luft ist es bedeutsam, sich auf eine differenzierte Bewertung der kleinräumig variablen klimatischen Bedingungen einschließlich ihrer komplexen Wechselwirkungen stützen zu können. Die zu klärenden Fragen, die im Mittelpunkt der Untersuchung stehen, beziehen sich auf das nähere Umfeld des geplanten Bauvorhabens:

- Welche Belüftungssituation liegt in der Umgebung der Vorhabenfläche vor?
- Wie ist die bioklimatische Situation zu beurteilen?
- Wie wird sich das Bebauungsvorhaben voraussichtlich auf die klimaökologische Situation, besonders im Hinblick auf die Luftaustauschprozesse, auswirken?

Diese Studie soll klimaökologische Rahmendaten in einer hohen räumlichen Auflösung liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima/Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes innerhalb des Vorhabengebietes sowie dessen Auswirkungen auf die Umgebung gelegt. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und

eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „WorstCase“-Betrachtung dar (Abbildung 1).



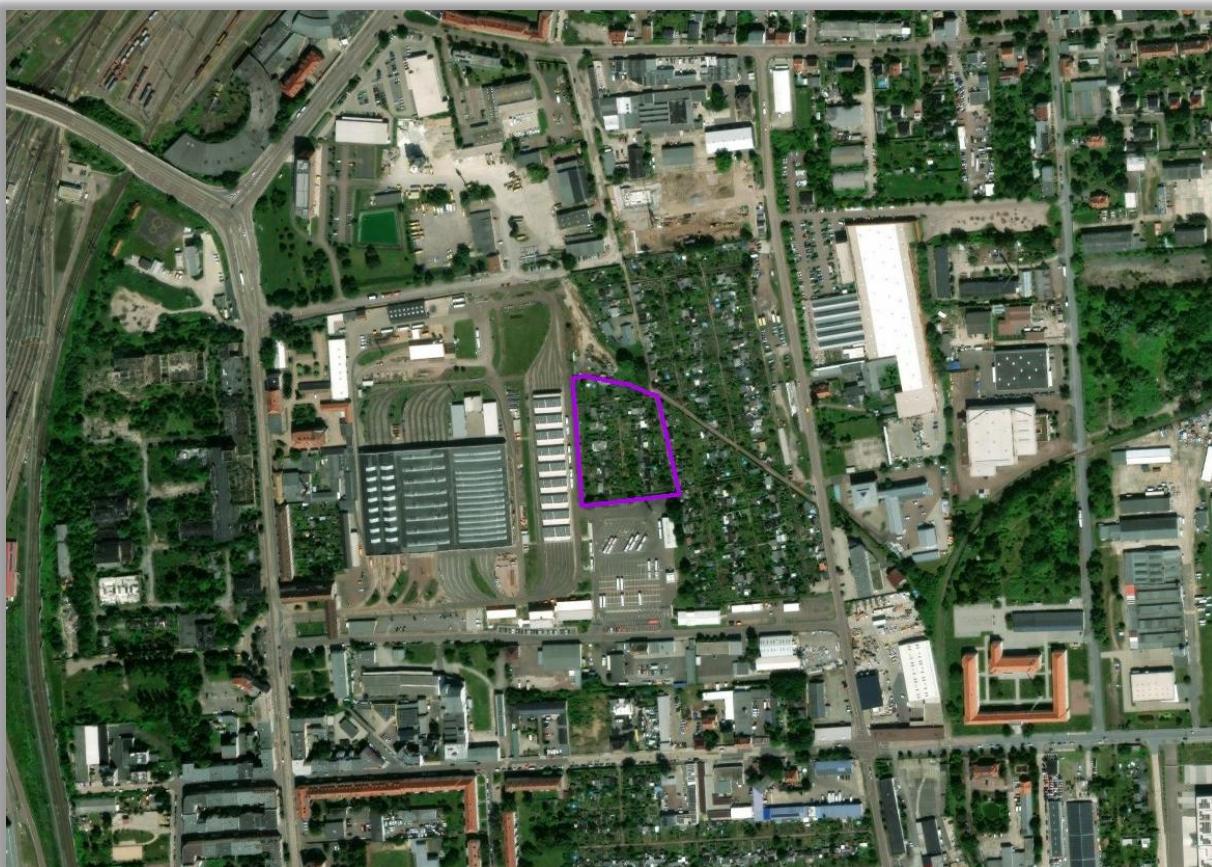
**Abb. 1: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage**

Diese Wetterlage wird wegen der belastenden Wirkung auf die Gesundheit des Menschen unter besonderer Beachtung von Älteren, Kranken und Kindern zur Beurteilung der bioklimatischen Situation gemäß VDI-RL 3785 Blatt 1 herangezogen. Die Nachtsituation ist dahingehend von Relevanz, da nur dann unter den windschwachen Bedingungen eine im Vergleich zu Siedlungsflächen intensivere Abkühlung auf Freiflächen mit Vegetation erfolgt. Dabei entstehen je nach Größe unterschiedliche Mengen an Kaltluft, welche als lokale Strömungssysteme Kalt-/Frischluft für den Siedlungsbereich liefern und dort die Wärmebelastung während sommerlicher Hitzeperioden abmildern können.

## 1.1 Grundlagen

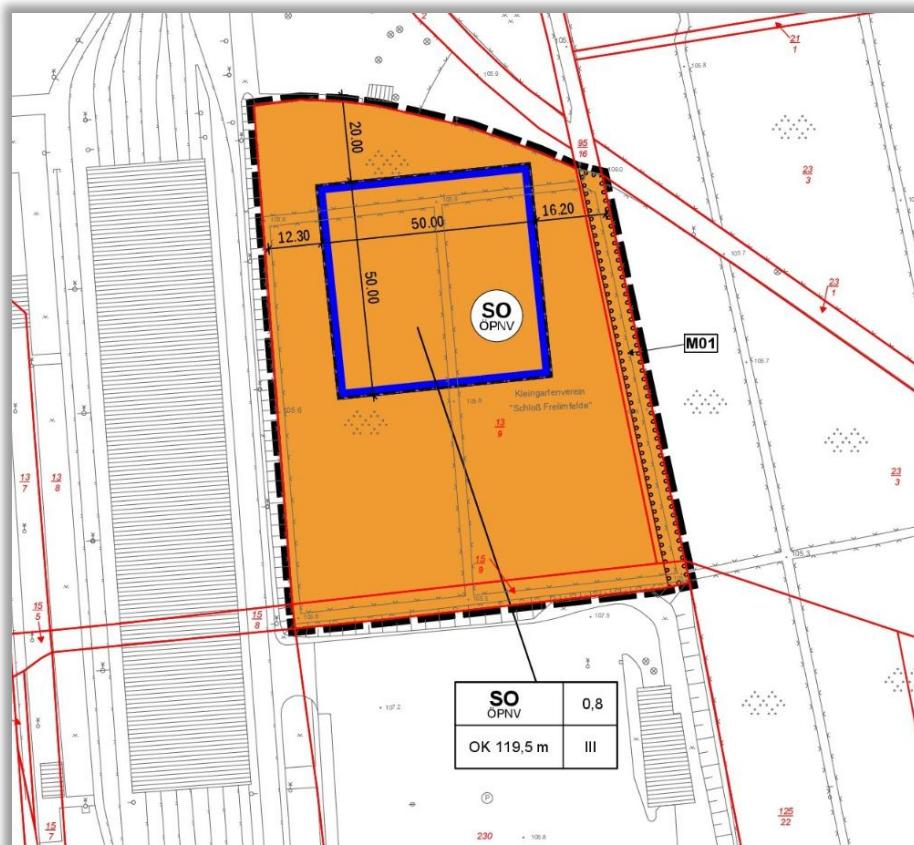
### Planvorhaben

Die Fläche des Bebauungsplans Nr. 221 - "Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs" befindet sich im Nordosten von Halle (Saale) im Stadtbezirk Ost und setzt sich im derzeitigen Zustand aus Kleingartenflächen des Kleingartenvereins „Schloß Freiimfelde“ zusammen (Abbildung 2). Im Westen grenzt das Gebiet direkt an den HAVAG-Betriebshof an, wohingegen sich im Osten weitere Kleingärten anschließen. Im weiteren Umfeld des Bebauungsplangebietes dominieren darüber hinaus vor allem weitere Gewerbegebiete, vereinzelte Brachflächen sowie Wohnbebauung entlang der Freiimfelder Str. und Reideburger Str. im Südwesten sowie im Umfeld der Fritz-Hofmann-Straße im Nordosten.



**Abbildung 2: Übersichtskarte zum Untersuchungsraum sowie zum Status quo des Geltungsbereiches des BP Nr. 221 "Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs" (violetter Rahmen) (Kartenhintergrund: ESRI 2024).**

Die Darstellungen in Abbildung 3 veranschaulichen den aktuellen Stand der Planung anhand einer Übersichtskarte (Gesamtplan mit Legende im Anhang A 1). Die schwarz-gestrichelte Linie markiert den Geltungsbereich des Bebauungsgebiets. Die orangene Fläche stellt die Sonderbaufläche (ÖPNV) dar, auf welcher die Neubebauung vollzogen werden soll. Die blaue durchgezogene Umrandung zeigt den Bereich des geplanten quadratischen Baukörpers, für welchen eine Bauhöhe von 12 m angenommen wurde. Um den geplanten 2500 m<sup>2</sup> großen Baukörper herum ist entsprechend der geplanten Nutzung eine nahezu durchgehende Versiegelung zugrunde gelegt worden.



**Abbildung 3: Übersichtsplan zur geplanten Flächennutzung im Bereich des BP Nr. 221 „Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs“ (Ausschnitt des Rechtsplans mit Stand vom 14.11.2025)**

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

1. den Ist-Zustand (Auflösung 5 m):
  - Referenz-Szenario zur Untersuchung der klimaökologischen Auswirkungen des Planvorhabens.
2. den Plan-Zustand (Auflösung 5 m):
  - modelltechnische Umsetzung des Planvorhabens



## 2. Methodik

### 2.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH

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

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

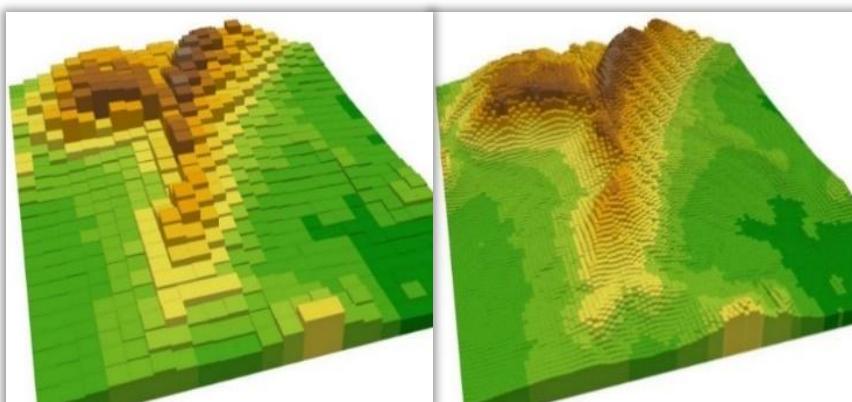
Obwohl die allgemeine Struktur und die physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Allgemeinen bekannt sind, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragung auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme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

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

**Grundlagen mesoskaliger Modelle:** Die Verteilung der lokalklimatisch relevanten Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings immer nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen, die nicht gemessen wurden und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den großen Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert werden können und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

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

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden, um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung der stadtklimatologisch wichtigen Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst (Abb. 4).



**Abbildung 4: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell.**

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und an die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite 5 bzw. 10 m, ist damit also vergleichsweise feingliedrig. Bei allen Modellrechnungen ist die vertikale Gitterweite nicht äquidistant. In der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand  $\Delta z$  immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind, also keine Auswirkungen mehr haben. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 bzw. 1,1 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

## 2.2 Modelleingangsdaten

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

Die Modellrechnungen wurden für den Ist-Zustand sowie für das Planungs-Szenario durchgeführt, um auf dieser Basis die klimaökologischen Auswirkungen der Planvorhaben auswerten und beurteilen zu können. Das gesamte Untersuchungs- bzw. Modellgebiet hat bei einer Abmessung von ca. 3,2 km x 2,9 km eine Fläche von etwa 9,4 km<sup>2</sup>. Mit der hohen räumlichen Auflösung von 5 m x 5 m ist es möglich, die Gebäudestrukturen sowie Einzelbäume realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den Luftaustausch abzubilden.

Die Abbildungen 5 und 6 veranschaulichen die aufbereitete Flächennutzung der modellierten Szenarien.

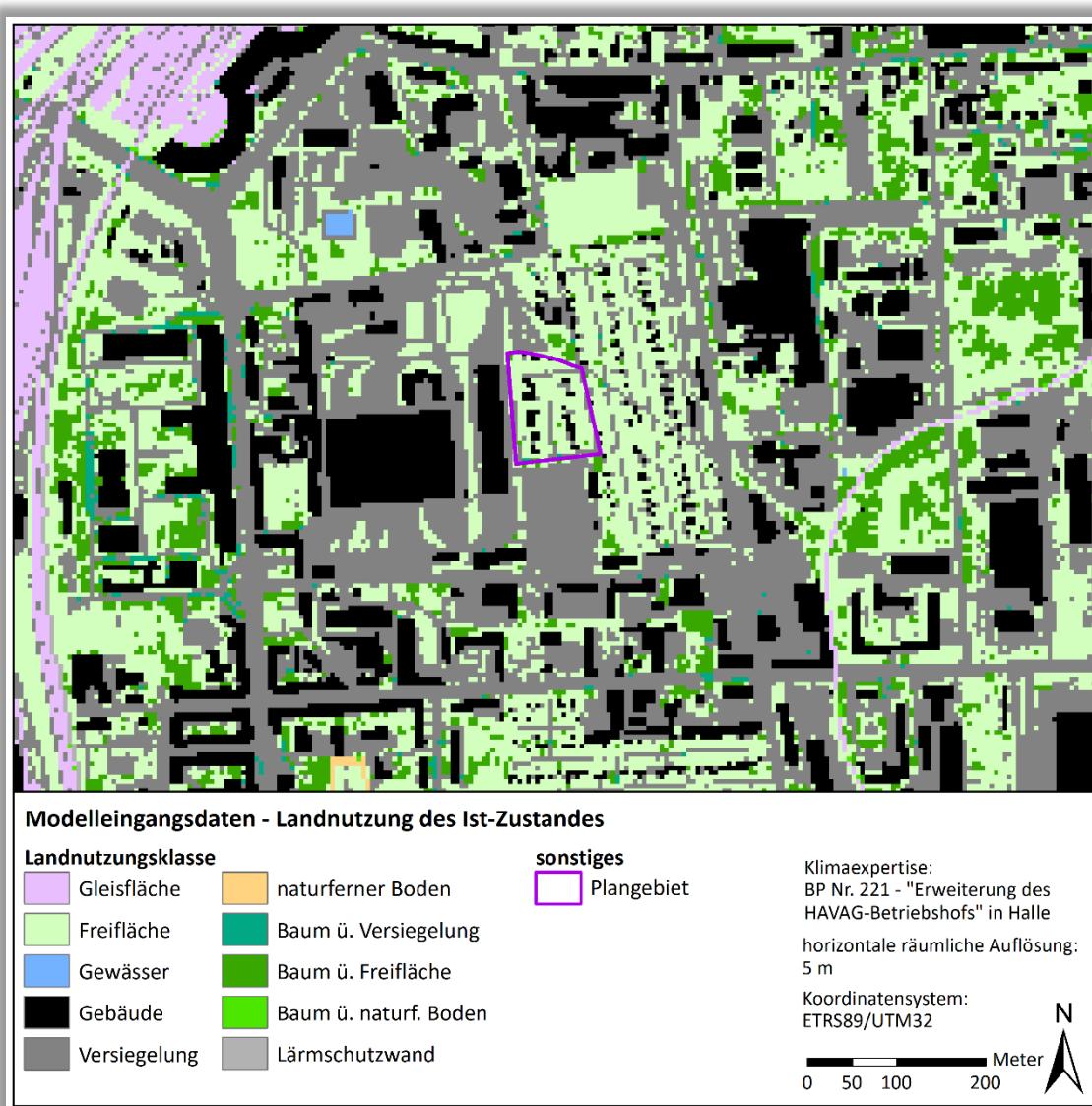
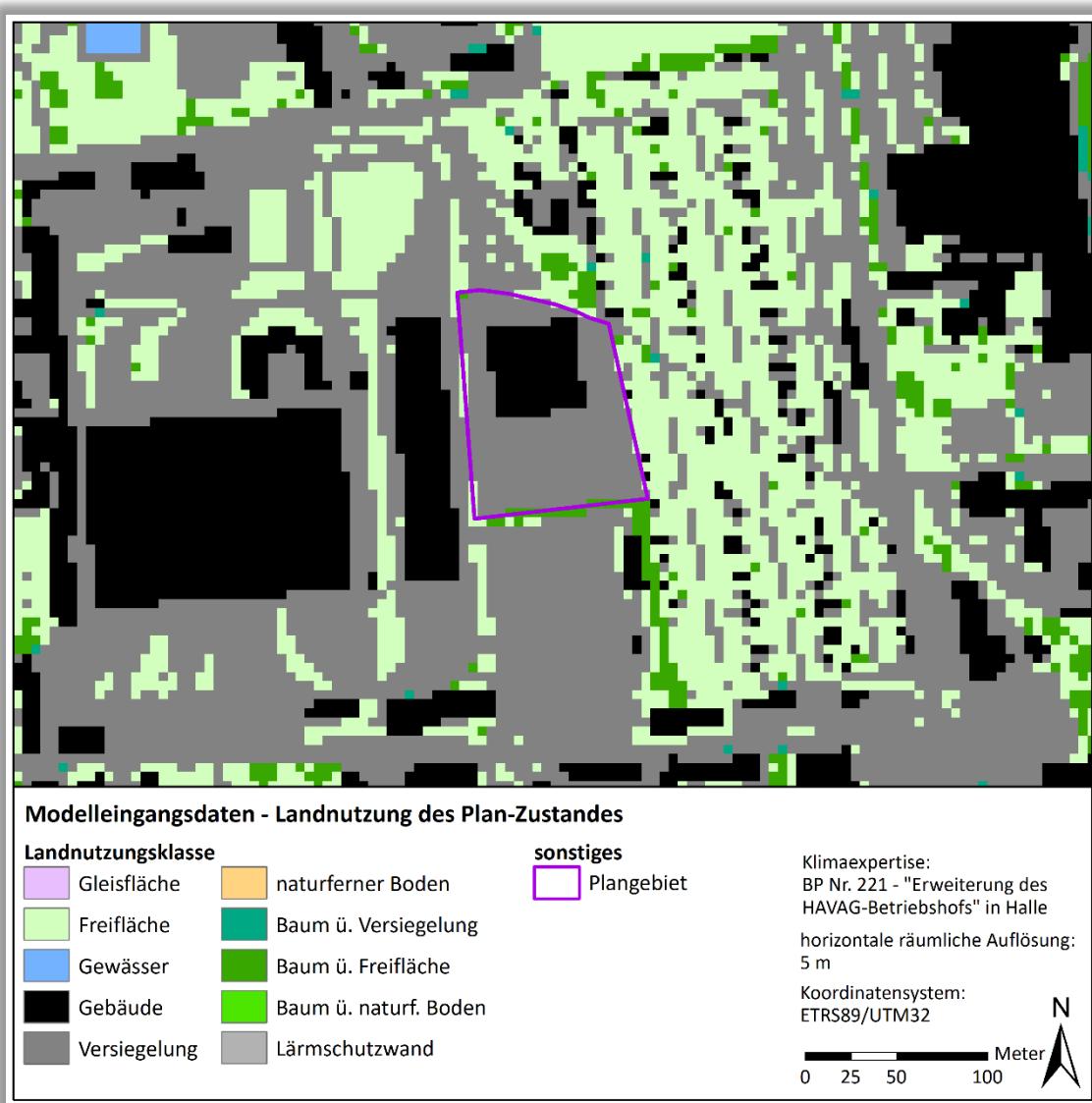


Abbildung 5: Klassifizierte Landnutzung des Ist-Zustandes in 5 m-Auflösung.



**Abbildung 6: Ausschnitt der klassifizierten Landnutzung des Plan-Zustandes in 5 m-Auflösung.**

Neben der Landnutzung stellt die Geländeoberfläche eine weitere wesentliche Modelleingangsgröße dar. Das in Abbildung 7 dargestellte Digitale Geländemodell zeigt die Geländehöhen des Modellgebiets in einer Auflösung von 5 m.

Es wird deutlich, dass der Untersuchungsraum ein weitestgehend flaches Relief aufweist und das Gelände von Ost nach West lediglich um 9 m von rund 102 m auf 111 m über NN ansteigt. Ausnahmen stellen künstliche Geländeerhöhungen von bis 121 m über NN im Bereich der Berliner Brücke dar. Das Plangebiet selbst weist mit ca. 106 m über NN keine nennenswerten Geländehöhenunterschiede auf.

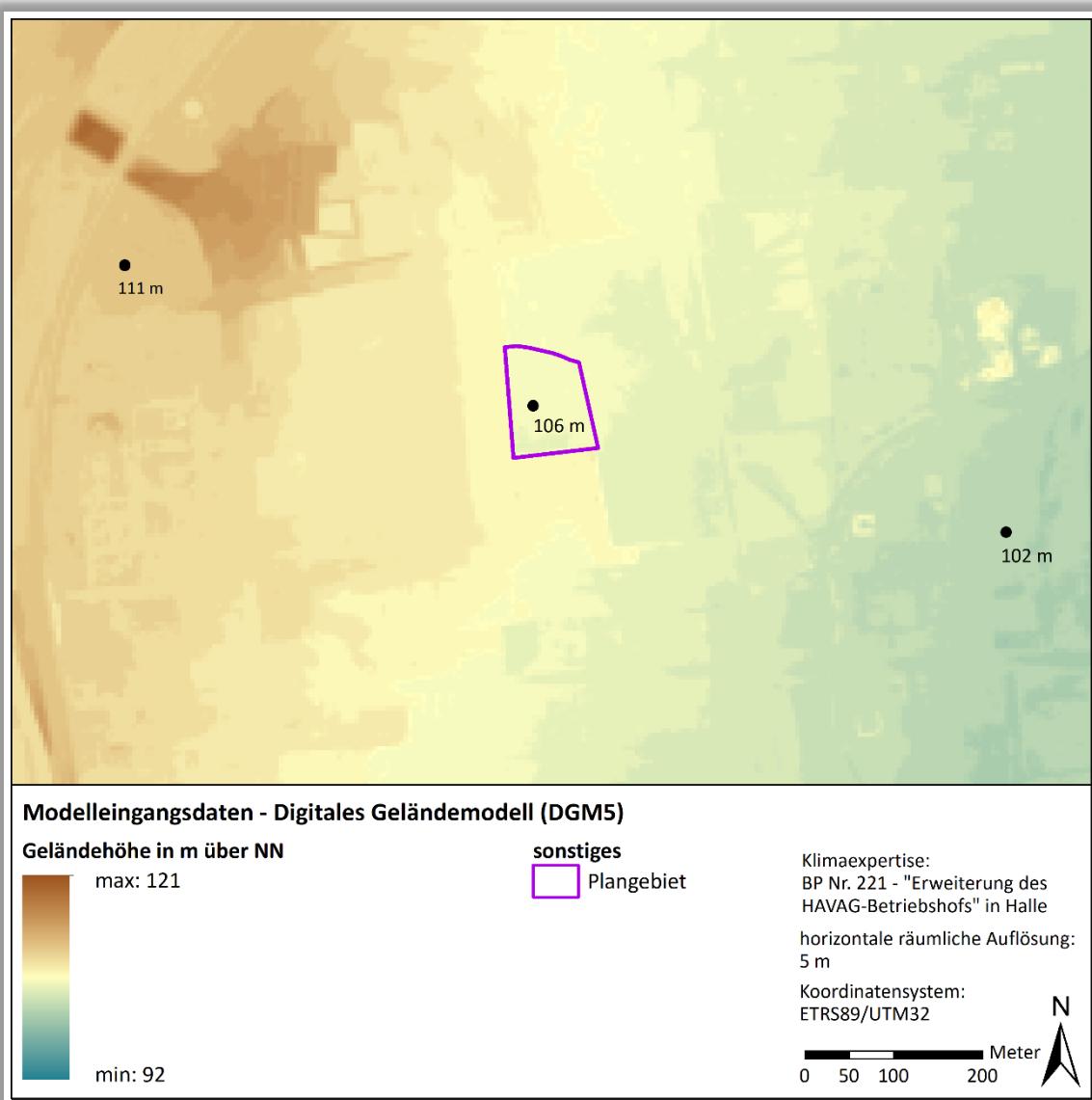


Abbildung 7: Digitales Geländemodell in 5 m-Auflösung.



## 2.3 Wetterlage

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

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

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



### 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 4 Uhr morgens bzw. die Tagsituation um 14 Uhr mittags. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur in 2 m Höhe, das Kaltluftprozessgeschehen (jeweils Nachtsituation) sowie die Physiologisch äquivalente Temperatur (PET) zur Bewertung der Wärmebelastung am Tag. Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine austauscharme Wetterlage zugrunde gelegt, da sich die stadtökologischen Effekte vor allem während windschwacher Strahlungswetterlagen im Sommer entwickeln. Auslöser dieser Prozesse sind die Temperaturunterschiede zwischen den überwärmten Siedlungsräumen und den kühleren vegetationsgeprägten bzw. unbebauten Flächen. Der 4 Uhr Zeitpunkt wurde gewählt, da sich die Luftaustauschprozesse zwischen dem Umland und den Siedlungsflächen zu diesem Zeitpunkt vollständig ausgebildet haben. Für die Tagsituation wurde der Zeitpunkt 14 Uhr gewählt, da zu dieser Zeit im Mittel mit der höchsten Wärmebelastung zu rechnen ist.

#### 3.1 Lufttemperatur in der Nacht

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

##### Ist-Zustand

Die Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Modellrechnung anhand des nächtlichen Temperaturfeldes um 4 Uhr in einer Höhe von 2 m über Grund. Im gegenwärtigen Zustand zeigt sich im Untersuchungsraum eine heterogene Temperaturverteilung mit Werten von rund 15 °C im Bereich von offenen Grün- bzw. Gartenflächen bis hin zu Werten von um 19 °C im Bereich der stark versiegelten Gewerbegebäuden (z.B. HAVAG-Betriebshof) sowie der dicht bebauten bzw. stark versiegelten Siedlungsflächen (z.B. entlang der Freimfelder Str.). Die höchsten nächtlichen Temperaturwerte sind dabei in gegen Luftaustausch abgeschirmten Bereichen (z.B. versiegelte Blockinnenhöfe) zu beobachten. Wald- und Gehölzstandorte sowie die weniger stark versiegelte Bebauung nehmen mit zumeist 16 bis 18 °C eine Zwischenstellung ein. Das Plangebiet selbst weist aufgrund der derzeitigen Kleingartennutzung und der damit einhergehenden geringen Oberflächenversiegelung ein relativ niedriges Temperaturniveau von durchschnittlich 16,5 °C auf und liegt damit in etwa auf dem Niveau der östlich angrenzenden Kleingartenflächen.

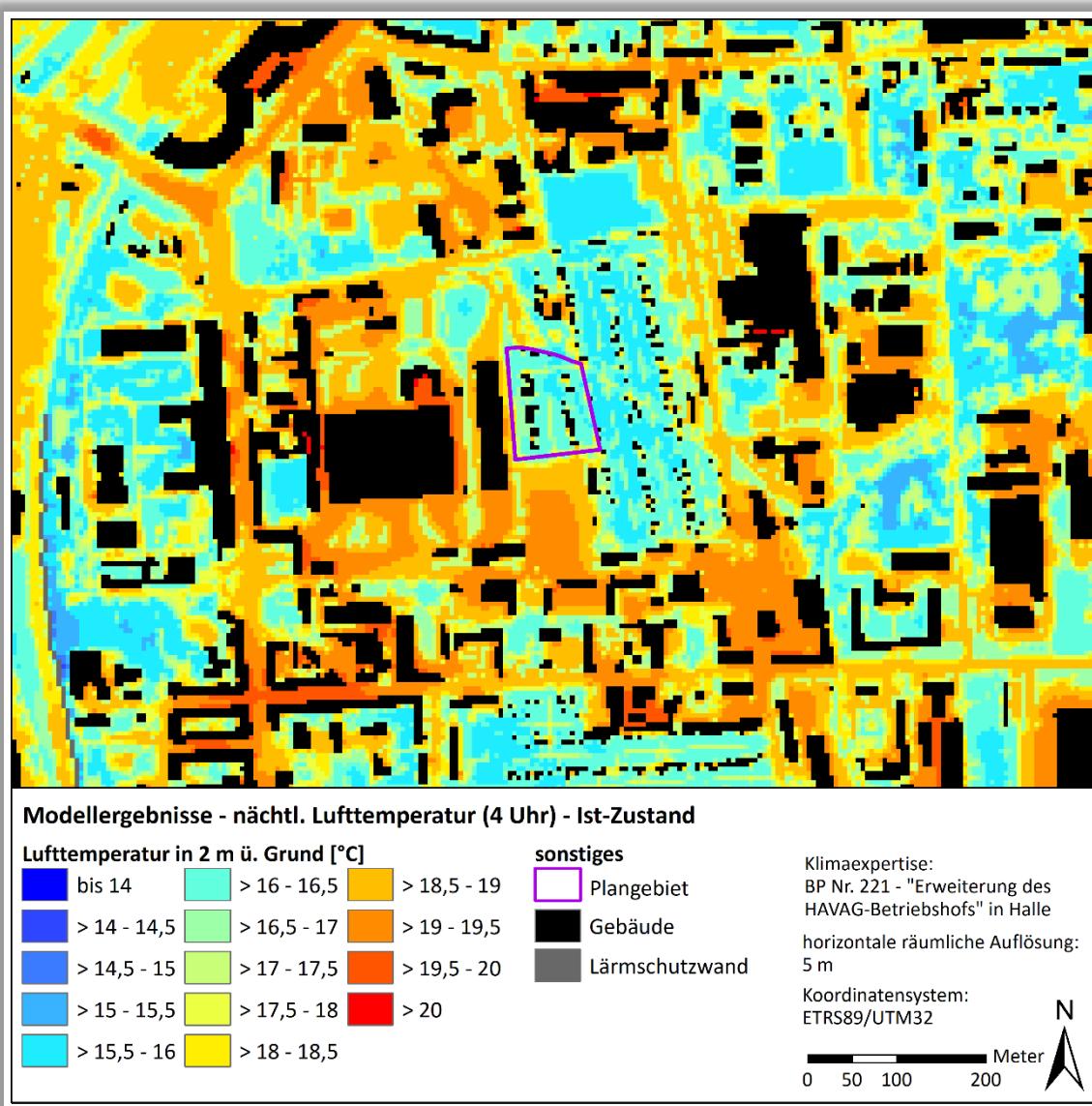


Abbildung 8: Ausprägung der nächtlichen Lufttemperatur im Ist-Zustand.

### Plan-Zustand und Differenz

Die Abbildung 9 stellt zum einen die Modellergebnisse des Plan-Zustandes und darüber hinaus die Differenz zwischen dem Ist- und Plan-Zustand dar. Die Karten zeigen, dass mit Umsetzung des geplanten Bauvorhabens hinsichtlich der modellierten nächtlichen Lufttemperatur eine deutliche Erhöhung von rund 2 K zu erwarten ist. Dies ist auf die grundlegende Flächennutzungsänderung und dem einhergehenden erhöhten Versiegelungs- bzw. Bebauungsgrad zurückzuführen. Neben der Erhöhung innerhalb des Plangebietes ist auch außerhalb in bis zu 100 m Entfernung von einer erhöhten nächtlichen Lufttemperatur auszugehen, wobei die Zunahmen mit 0,1 bis 0,5 K als geringfügig einzuschätzen sind. Darüber hinaus werden durch die planungsbedingten Auswirkungen keine Wohngebiete beeinträchtigt, welche aufgrund des Schutzgutes Nachtschlaf die höchste Relevanz hinsichtlich der nächtlichen Überwärmung darstellen.



Abbildung 9: Ausprägung der nächtl. Lufttemperatur im Plan-Zustand sowie dessen Differenz zum Ist-Zustand.

### 3.2 Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Ausgleichsströmungen dieser Art sind Hangabwinde und Flurwinde. Mit ihrer (dichten) Bebauung stellen Stadtkörper ein Strömungshindernis dar, so dass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirkt sich dieser Faktor bioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach bis gar nicht mehr durchlüftet wird. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer (und frischer) Luft eine bedeutende klimaökologische (und immissionsökologische) Ausgleichsleistung für Belastungsräume erbringen.

Den lokalen thermischen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grünfläche als Kaltluftentstehungsgebiet nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die Höhe der Kaltluft-schicht) bestimmt wird, wird zur Beurteilung der klimatischen Ausgangssituation mit dem Kaltluftvolumenstrom ein weiterer Parameter herangezogen (Abb. 10). Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit  $\text{m}^3$ , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt. Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite, ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstromdichte aufzufassen. Dies kann man so veranschaulichen, indem man sich ein quer zur Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man den rasterbasierten Kaltluftvolumenstrom. Der Volumenstrom ist ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes.

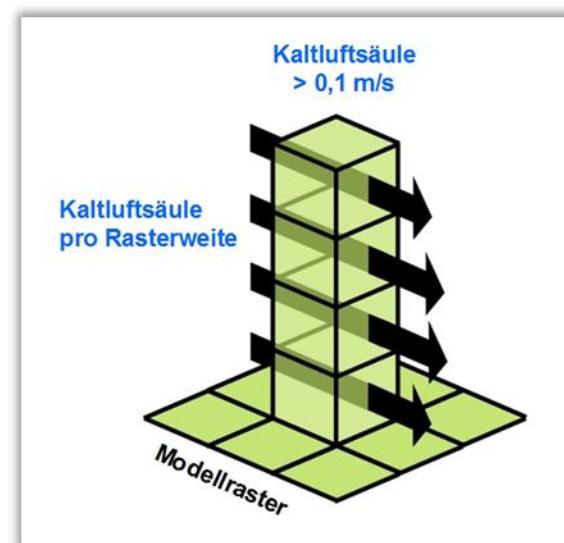
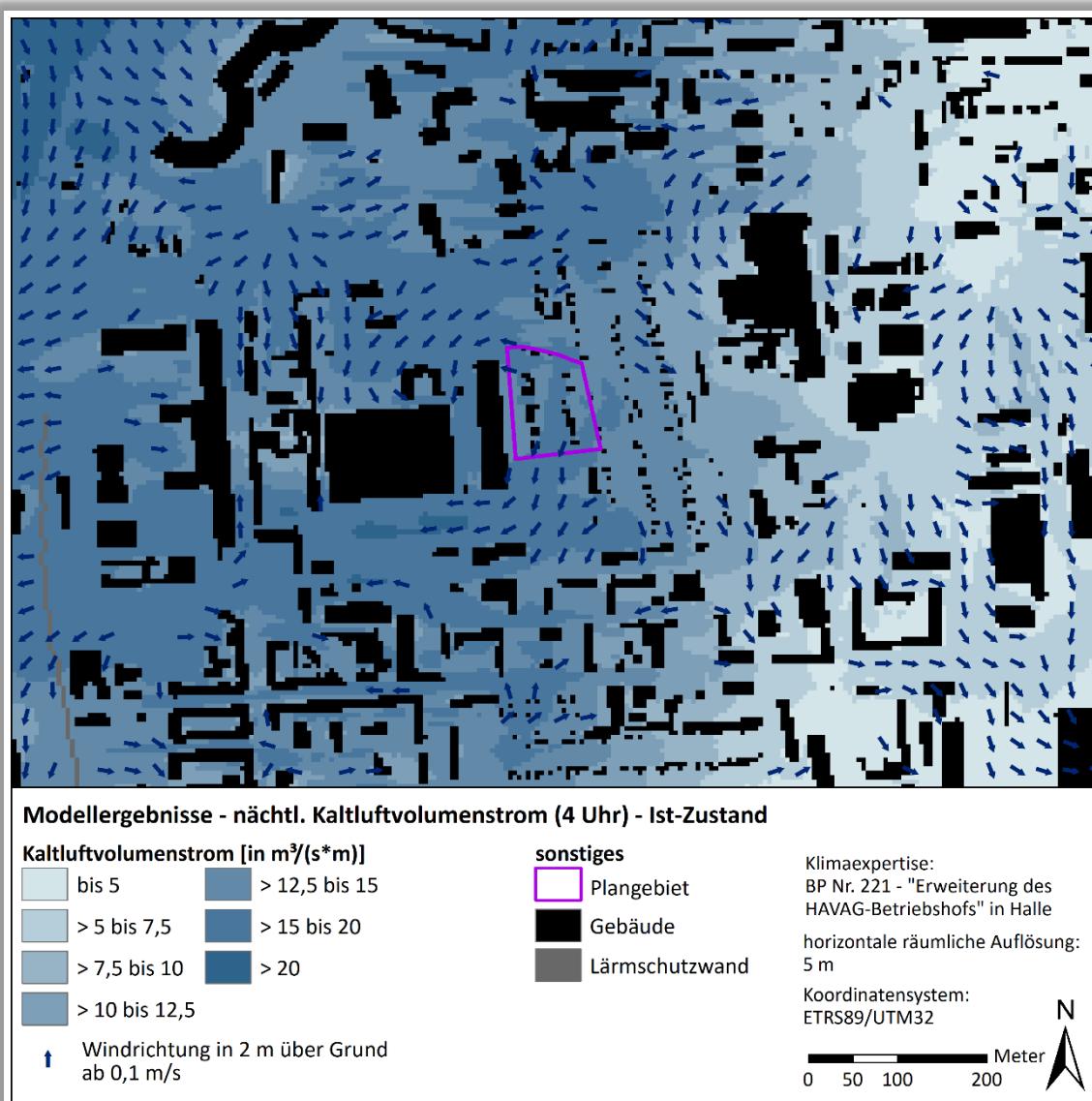


Abb. 10: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.

#### Ist-Zustand

Die Abbildung 11 zeigt die Modellergebnisse des modellierten nächtlichen Kaltluftvolumenstrom für den Ist-Zustand. Die Werte reichen dabei von über  $20 \text{ m}^3/(\text{s*m})$  im Nahbereich verstärkter Überwärmung bei gleichzeitig geringer Oberflächenrauigkeit (z.B. Gleisflächen und Straßenzüge) bis unter  $5 \text{ m}^3/(\text{s*m})$  im Nord- und Südosten. Das Plangebiet selbst weist mit rund  $15 \text{ m}^3/(\text{s*m})$  einen vergleichsweise hohen Kaltluftvolumenstrom auf, wobei die Strömungsrichtung in 10 m Höhe (nicht dargestellt) insgesamt nach Westen ausgerichtet ist. Die weitestgehend fehlenden Pfeilsignaturen verdeutlichen, dass das Plangebiet bodennah aufgrund der Hinderniswirkung der Kleingartennutzung kaum durchlüftet ist. Aufgrund der

geringen Strukturhöhen ist allerdings von einer relativ starken Überströmung der Fläche auszugehen. Die westlich angrenzende Bestandsbebauung des HAVAG-Betriebshofs bewirkt dabei, dass die Kaltluft nach Nord- und Südwesten umgelenkt wird.

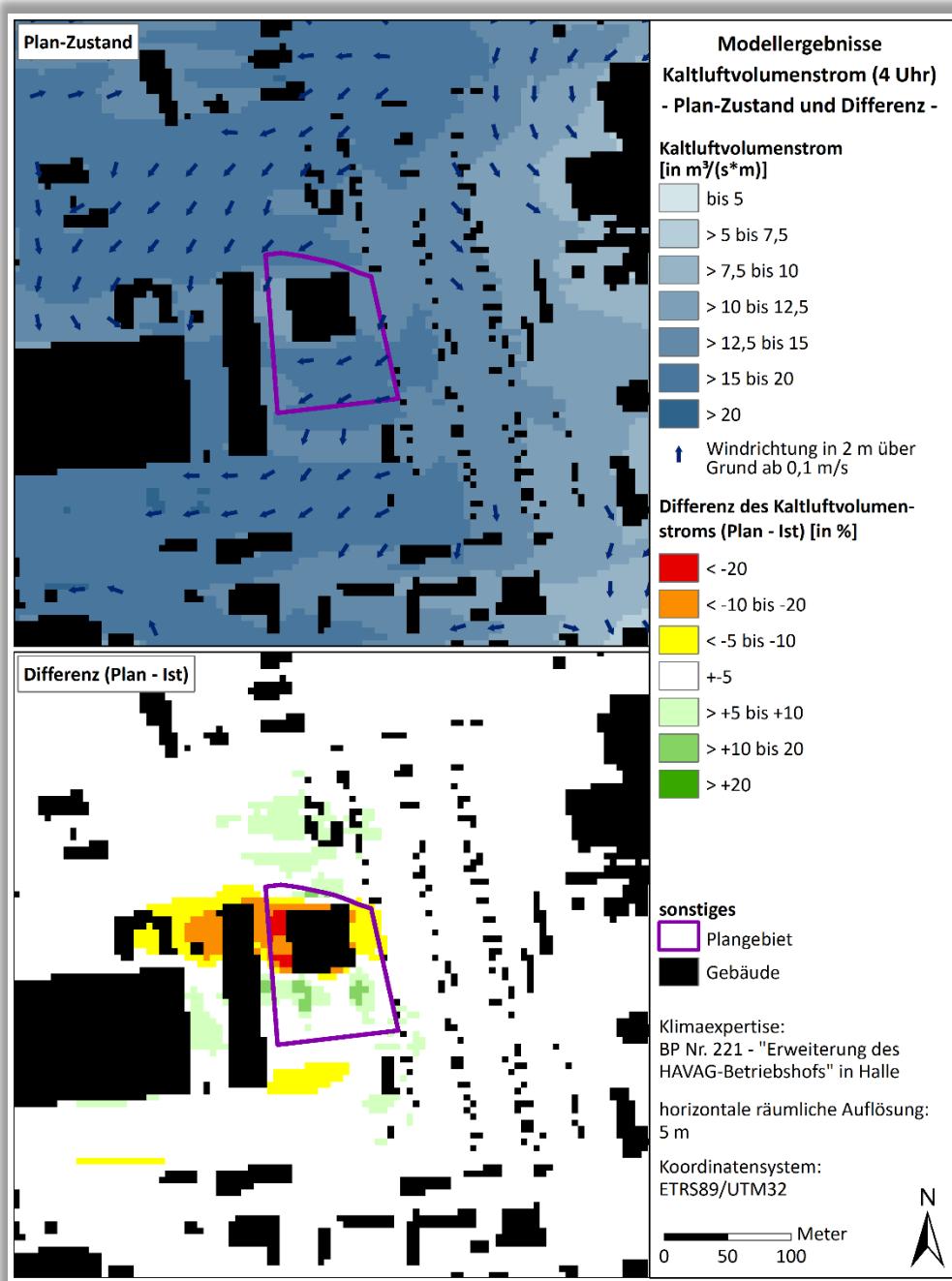


**Abbildung 11: Ausprägung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Ist-Zustand.**

### Plan-Zustand und Differenz

Abbildung 12 zeigt im oberen Teil den modellierten Kaltluftvolumenstrom des Plan-Zustandes und im unteren Teil die Differenz zwischen dem Ist- und Plan-Zustand. Dabei ist zu beachten, dass anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, es für die Beeinflussung des Kaltluftaushaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe gibt. Lediglich in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (VDI 2003) wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, dass eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 % im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten als „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ ausweist. Eine Verringerung um 5 bis 10 % wird als „mäßige Auswirkung“ eingestuft, unterhalb von 5 % wird die Auswirkung einer Volumenstromverringerung als „geringfügig“ angesehen. Entsprechend dieser Vorgabe werden bei der Differenzenkarte anstatt der ansonsten betrachteten Absolutwerte die prozentualen

Abweichungen dargestellt, wobei die gelbe bis rote Farbgebung eine Abnahme und die abgestuften Blau-töne eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms signalisieren.



**Abbildung 12: Ausprägung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Plan-Zustand sowie dessen Differenz zum Ist-Zustand.**

Durch die Umsetzung des Planvorhabens und des damit einhergehenden zusätzlichen Strömungshindernisses reduziert sich der Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Plangebietes von durchschnittlich 15,2 auf 13,5  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ . Dies ist auf den in der Differenzenkarte deutlich sichtbaren Windschatteneffekt zurückzuführen. So reduziert sich der Kaltluftvolumenstrom sowohl im Lee und Luv des geplanten Baukörpers als auch für dessen Grundfläche um bis zu 43 %, wobei die Reduktionen mit zunehmender Entfernung zügig abnehmen. Die Reichweite des Windschattens beträgt dabei lediglich 100 m (bezogen auf eine Reduktion von mind. 5 %) und tangiert damit im Wesentlichen die westlich angrenzende Bestandsbebauung des

HAVAG-Betriebshofs. Neben den Reduktionen werden in der Differenzenkarte auch Bereiche mit Erhöhungen des Kaltluftvolumenstroms sichtbar. Diese kommen im Wesentlichen durch Umlenkungseffekte zustande und betreffen die Flächen nördlich und südlich des geplanten Parkhauses.

### Auswirkungen auf die bodennahe Kaltluftströmung

Abbildung 13 stellt eine gesonderte Darstellung der Auswirkungen auf das bodennahe Strömungsfeld dar. Dabei zeigt sich, dass vergleichbar zum Kaltluftvolumenstrom ebenfalls nur kleinräumige Auswirkungen zu erwarten sind. So ist zwar ebenfalls ein Windschatteneffekt westlich bzw. südwestlich des geplanten Baukörpers zu verzeichnen, dieser wirkt sich allerdings kaum auf umliegende Siedlungsflächen aus. Demgegenüber sind zudem kleinräumige Zunahmen der bodennahen Windgeschwindigkeit zu beobachten, welche zum einen auf Umlenkungseffekte, als auch auf verstärkte Flurwinde in Folge der erhöhten nächtlichen Überwärmung des Plangebietes zurückzuführen sind.

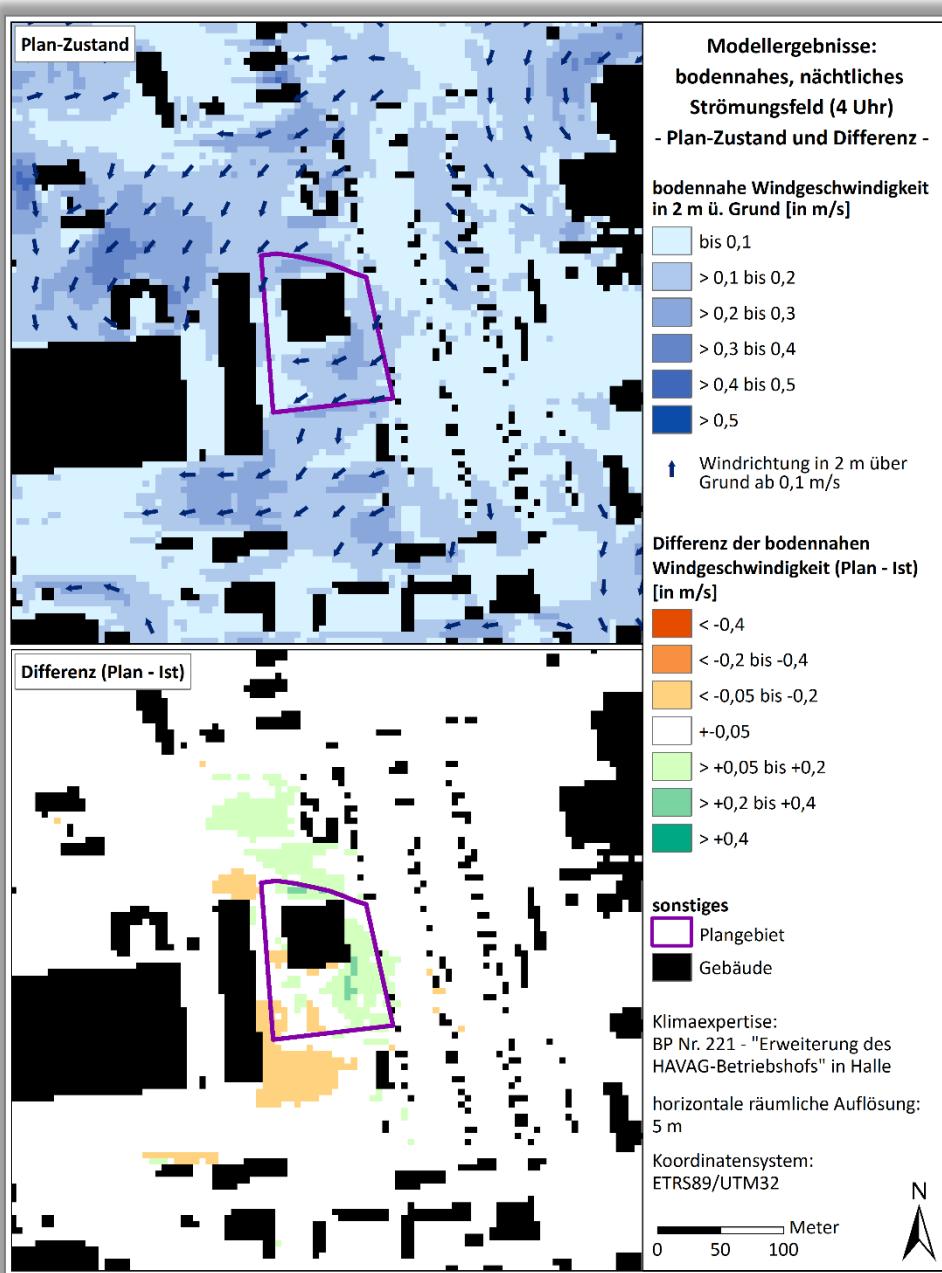


Abbildung 13: Bodennahen Kaltluftströmung im Plan-Zustand sowie dessen Differenz zum Ist-Zustand.

### 3.3 Wärmebelastung am Tag

Zur Bewertung der Wärmebelastung werden Indizes verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. In Modellen wird der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird der humanbioklimatische Index PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) um 14 Uhr herangezogen (Matzarakis und Mayer 1996). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert (siehe Anhang A2, VDI 2004).

Die Abbildung 14 zeigt die räumliche Verteilung der PET um 14 Uhr in 1,1 m über Grund für die derzeitige Situation. Dabei zeigen sich starke bis extreme Wärmebelastungen im Bereich unverschatteter Frei- und Siedlungsflächen, wohingegen geringere Wärmebelastungen vorwiegend in durch Baum- oder Gebäudeschatten begünstigten Bereichen auftreten. Darüber hinaus geht auch von Gewässern eine deutliche Kühlwirkung aus.

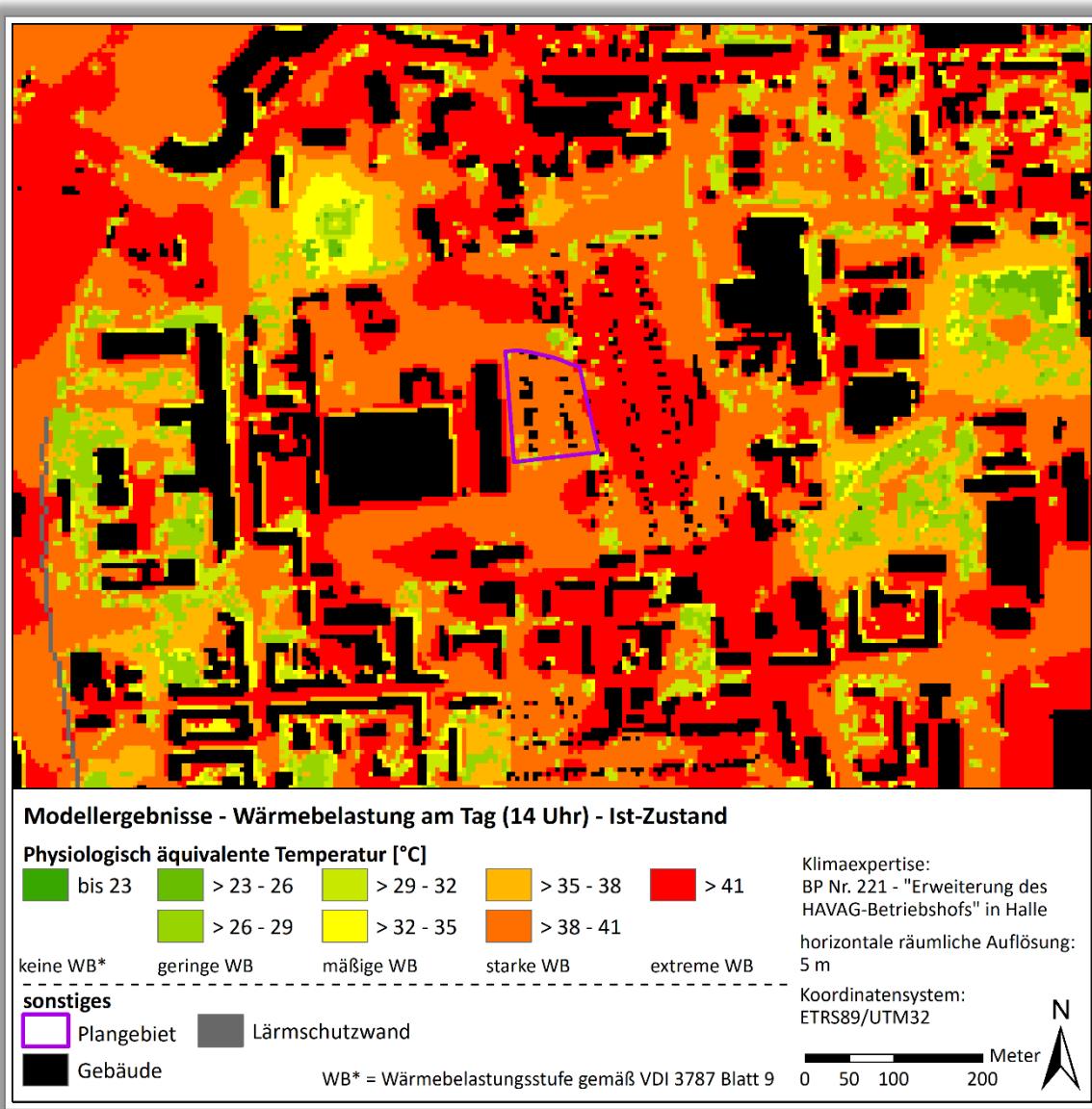


Abbildung 14: Ausprägung der Physiologisch äquivalenten Temperatur im Ist-Zustand.

Innerhalb des Plangebietes zeigen die Modellergebnisse für den Ist-Zustand (Abb. 14) eine nahezu durchgängig starke Wärmebelastung von durchschnittlich 37,5 °C, was auf die geringe Verschattung durch nur wenige ausreichend große Einzelbäume zurückzuführen ist. Dabei ist zu beachten, dass Bäume mit einem Kronendurchmesser von weniger als 5 Metern aufgrund der Modellauflösung nicht berücksichtigt wurden. Aufgrund der derzeitigen Nutzung als Kleingartenanlage ist daher davon auszugehen, dass die tatsächliche Wärmebelastung innerhalb der Fläche punktuell geringer ausfallen kann.

Auch das nähere Umfeld des Plangebietes ist durch einen geringen Baumflächenanteil gekennzeichnet und weist somit eine insgesamt starke bis extreme Wärmebelastung auf.

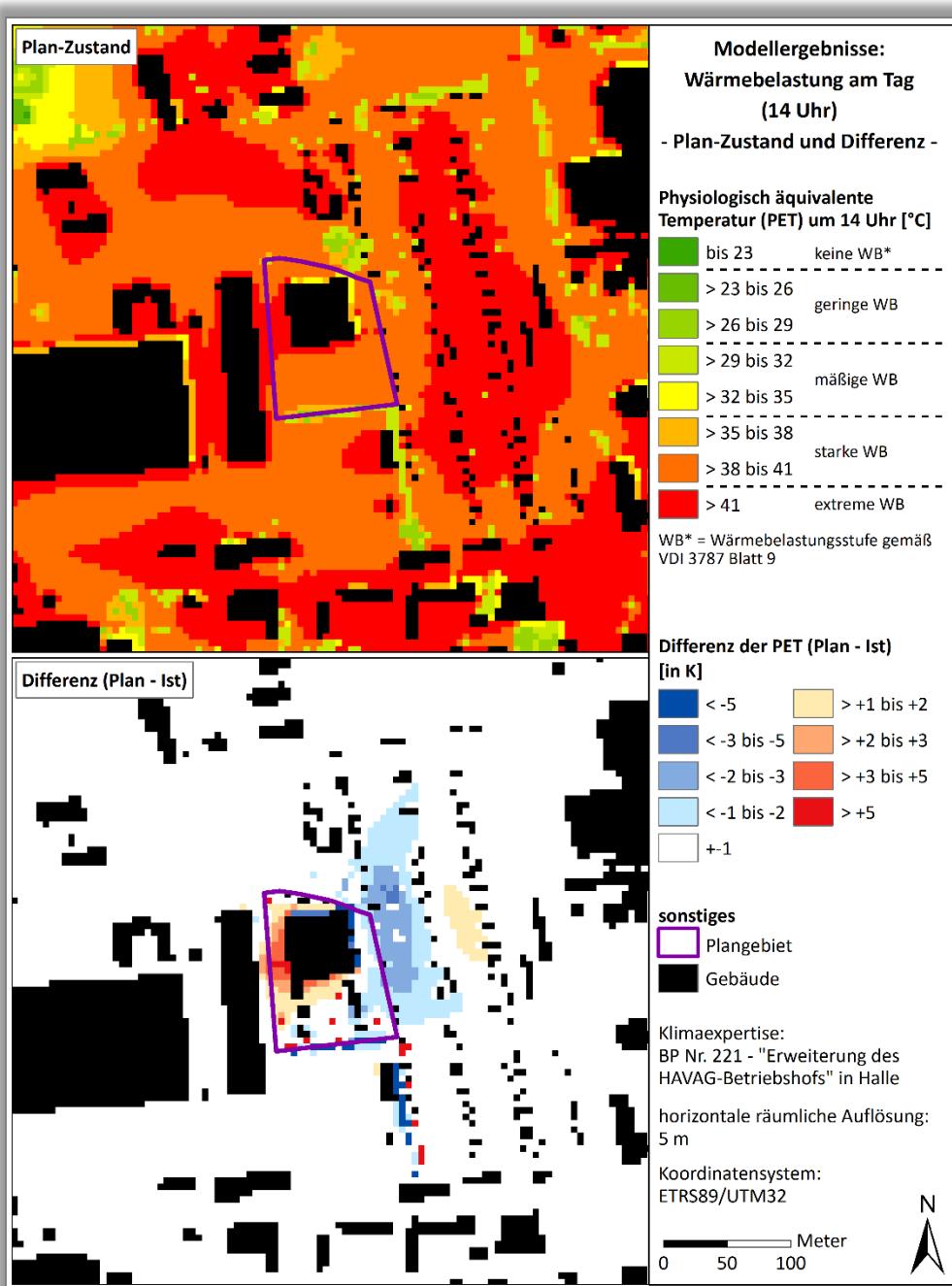


Abbildung 15: Physiologisch äquivalente Temperatur im Plan-Zustand und dessen Differenz zum Ist-Zustand.



Mit Umsetzung des Planvorhabens sind aufgrund des geplanten Gebäudekörpers für einen Teil des nördlichen Plangebiets keine PET-Werte mehr vorhanden. In den verbleibenden Bereichen zeigt sich am nördlichen und östlichen Rand des Gebiets aufgrund des Gebäudeschattens eine teils deutliche Abnahme der Wärmebelastung von bis zu -7,7 K. Entlang der Süd- und Westfassade ist hingegen eine Erhöhung der PET um bis zu +6,5 K zu verzeichnen (Abbildung 15), was auf die Mehrfachreflexionen der Sonneneinstrahlung zurückzuführen ist.

Außerhalb des Plangebiets ist in der östlich angrenzenden Kleingartenanlage eine vergleichsweise großflächigen Abnahme der PET von bis -3,2 K zu beobachten. Diese ist auf durch das geplante Bauvorhaben modifizierten Windverhältnisse zurückzuführen. So führt eine erhöhte Windgeschwindigkeit bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen zu einer deutlich reduzierten PET. Trotz der gebietsweisen Reduktion der Wärmebelastung zeigt sich innerhalb des Plangebietes sowie in dessen Umfeld eine weiterhin starke bis extreme Wärmebelastung, welche nur punktuell durch Gebäude- und Baumschatten spürbar reduziert wird. Diesen Verhältnissen kann durch relativ einfach umzusetzende Maßnahmen entgegengewirkt werden (siehe Kap. 4).



## 4. Schlussfolgerung und planerische Hinweise

In der vorliegenden Analyse wurden die klimaökologischen Auswirkungen, welche durch die Umsetzung der Planungen zum Bebauungsplan Nr. 221 - "Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs" in Halle an der Saale zu erwarten sind, untersucht. Hierbei wurde der Fokus sowohl auf das Vorhabengebiet selbst als auch auf die umliegenden Siedlungslagen gelegt. Die Modellergebnisse zu den untersuchten klimaökologischen Parametern (nächtliche Lufttemperatur, nächtliche Kaltluftströmung und Physiologisch äquivalente Temperatur) zeigen dabei in der Gesamtbetrachtung nur geringfügige vorhabenbedingte Auswirkungen. So werden umliegende Siedlungslagen nicht bzw. nur im unkritischen Ausmaß beeinflusst. Lediglich das Plangebiet selbst wird aufgrund der geplanten flächendeckenden Neuversiegelung eine starke Temperaturzunahme erfahren. Da es sich beim Plangebiet und dessen direkter Umgebung allerdings um keine Wohngebiete handelt und somit das Schutgzug Nachtschlaf nicht beeinträchtigt wird, sind auch diese Auswirkungen als unkritisch einzustufen.

Innerhalb und im nahen Umfeld des Plangebiets ist auch nach Umsetzung des Planvorhabens überwiegend von einer starken bis extremen Wärmebelastung auszugehen. Dieser kann durch relativ einfach umzusetzende Maßnahmen entgegengewirkt werden. So bieten sich vor allem ergänzende Baumpflanzungen z.B. in den Randbereichen des Plangebietes an, da diese durch ihre Schattenwirkung sowie ihre Verdunstungskühlung den größten Effekt erzielen können. Zudem sind im Bereich etwaiger Aufenthalts- bzw. Wartebereiche einzelne schattenspendende Elemente zu empfehlen.

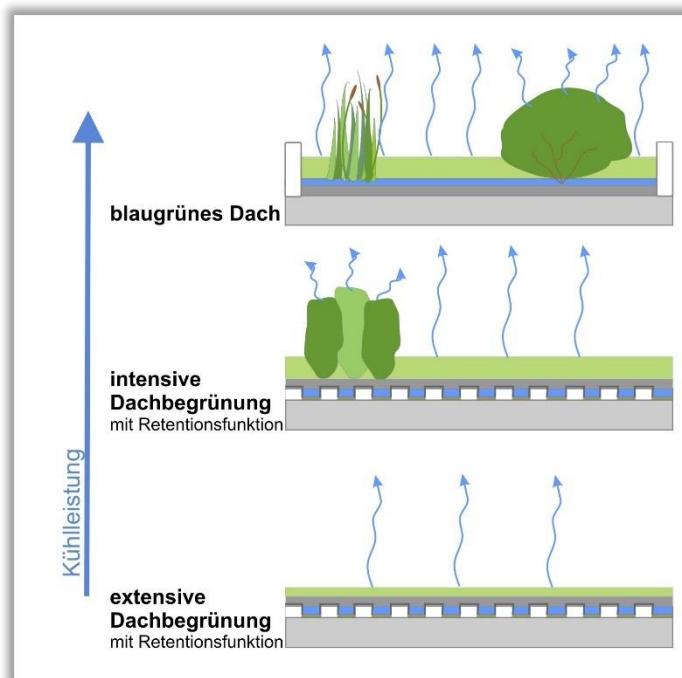


Abbildung 16: Prinzipskizze für unterschiedliche Arten von Dachbegrünungen (Quelle: BAFU 2018).

Des Weiteren kann das Anlegen von Gründächern nicht nur zur Abkühlung auf Dachniveau beitragen, sondern fungiert auch als Schutzschicht für den Dachaufbau. Die Kühlleistung ist dabei abhängig von der Art bzw. Intensität der Begrünung (siehe Abbildung 16). Die Vegetation hat in Verbindung mit dem Substrat darüber hinaus eine isolierende Wirkung, wodurch das Aufheizen des Gebäudeinneren verringert werden kann. Aufgrund der geplanten Gebäudehöhe von 12 Metern sind jedoch keine spürbaren Auswirkungen auf das bodennahe Niveau im Umfeld des geplanten Baukörpers zu erwarten, da solche Effekte



in der Regel auf Gebäudehöhen von bis zu 5-6 Metern begrenzt sind. Empfehlenswert wäre in diesem Zusammenhang die Begrünung etwaiger Nebengebäude und/oder Überdachungen. Darüber hinaus kann sich die Kühlwirkung von Gründächern positiv auf den Ertrag von Photovoltaikanlagen auswirken, was eine sinnvolle Kombination beider Maßnahmen für die Dachfläche unterstützt. Weitere Vorteile von Gründächern umfassen die Retention von Niederschlagswasser, wodurch Überschwemmungen abgemildert und das Abwassersystem entlastet werden kann, sowie die Förderung der Luftqualität und Biodiversität.

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit stellt die Verwendung geeigneter Baumaterialien dar. So können helle Anstriche dazu beitragen, der Aufheizung von versiegelten Oberflächen und Gebäuden am Tage entgegenzuwirken, so dass sie nachts weniger Wärme an ihre Umgebung abgeben. Da die erhöhte Reflexion durch helle Anstriche allerdings auch zu einer erhöhten Wärmebelastung am Tag führen kann, sind im bodennahen Bereich (bis ca. 3 m Wandhöhe) mittelhelle Farbtöne und/oder eine Fassadenbegrünung eine geeignete Ergänzung. Fassadenbegrünung wirkt sogar zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits die Verdunstungskälte des Wassers an Pflanzenbestandteilen einen leicht abkühlenden Effekt auf umgebende Luftmassen hat. Die Wirksamkeit von Fassadenbegrünung ist dabei allerdings auf den direkten Nahbereich begrenzt und auch hinsichtlich der Wirkintensität ist sie gegenüber den deutlich wirksameren Baumpflanzungen und Überdachungen als sekundäre (Ergänzungs-)Maßnahme zu verstehen.



## 5. Quellen

BAFU, BUNDESAMT FÜR UMWELT (HRSG.): Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Bern 2018, 108 S.

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

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

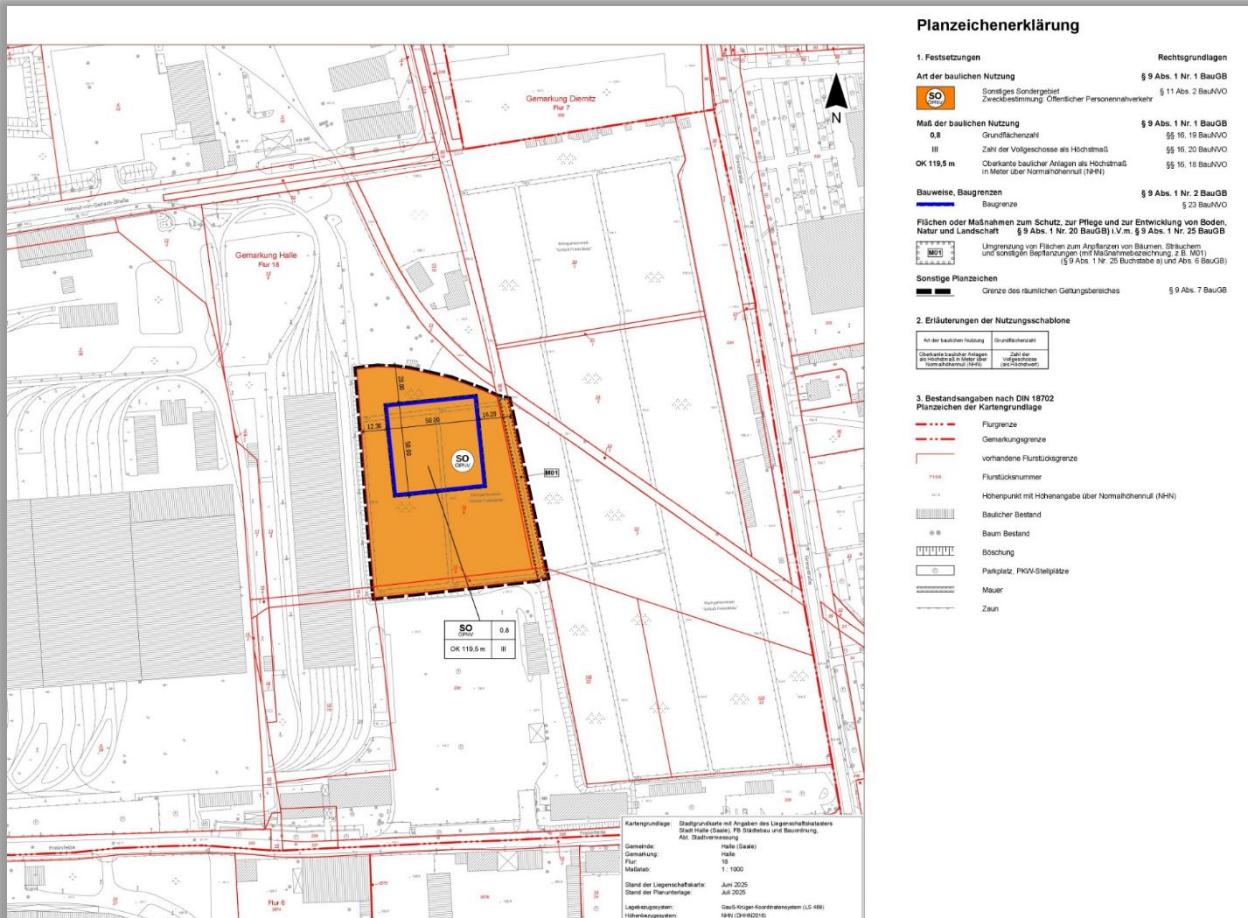
VDI 2003: RICHTLINIE VDI 3787 BLATT 5 UMWELTMETEOROLOGIE – LOKALE KALTLUFT. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, DÜSSELDORF.

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



## 6. Anhang

### Anhang A 1: Übersichtsplan zur geplanten Flächennutzung im Bereich des BP Nr. 221 „Erweiterung des HAVAG-Betriebshofs“ (Rechtsplans mit Stand vom 14.11.2025)



### Anhang A 2: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET in den Tagesstunden (Auszug nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung