

Peutz Consult GmbH • Borussiastraße 112 • 44149 Dortmund

beta Baulandentwicklungsgesellschaft mbH
Hafenweg 4
59192 Bergkamen

Ihr Zeichen

Unsere Projekt-Nr.
VA 8197

Unser Zeichen
BS / MFr

Datum
23.01.2023

Betreff: Klimauntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 230 „Grenzstraße“ in Lünen

hier: Ergänzung zum aktuellen städtebaulichen Konzept

Sehr geehrte Damen und Herren,

zum Bebauungsplan Nr. 230 „Grenzstraße“ in Lünen wurde unsererseits eine klimatische Untersuchung, Bericht VA 8197-1 vom 25.11.2022, erstellt, in der die Auswirkungen des Vorhabens auf das Kaltluftgeschehen und die sommerliche Hitzebelastung ermittelt und bewertet wurden. Da inzwischen das städtebauliche Konzept zum Bebauungsplan angepasst wurde, wird in der vorliegenden Stellungnahme erläutert, inwiefern Bericht und Ergebnisse der o.g. klimatischen Untersuchung weiterhin Gültigkeit haben.

Mit der aktuellen Fassung des städtebaulichen Konzepts vom 09.12.2022, siehe Anlage zu dieser Stellungnahme, wurde im Vergleich zu der in der o.g. Klimauntersuchung verwendeten Fassung des städtebaulichen Konzepts vom 05.10.2022, siehe Anlage 2 unseres o.g. Berichts, ausschließlich das östlichste geplante Gebäude mit zugehöriger Stellplatzanlage geändert. Bei der Erstellung der o.g. Klimauntersuchung war dieses östlichste geplante Gebäude als Mehrfamilienhaus mit drei Vollgeschossen zuzüglich zulässigem Staffelgeschoss vorgesehen, nun wird stattdessen an nahezu unveränderter Position ein Reihenhauses mit zwei Vollgeschossen zuzüglich zulässigem Dach-/Staffelgeschoss geplant. Zudem wird die zugehörige Stellplatzanlage von der Ost- auf die Südseite des Baukörpers verschoben.

Hinsichtlich des nächtlichen Kaltluftgeschehens sind durch die Änderungen im städtebaulichen Konzept nahezu keine Veränderungen gegenüber der zu Grunde gelegten Fassung vom 05.10.2022 zu erwarten, da sich der Anteil versiegelter und unversiegelter Flächen nur unwesentlich ändert. Durch die Verringerung der Gebäudehöhe ist die Hinderniswirkung auf die von Nordosten einströmende Kaltluft in geringem Maße reduziert, unserer Abschätzung nach sind jedoch keine gravierenden Unterschiede gegenüber den durchgeführten Simulationen mit der Fassung vom 05.10.2022 gegeben.

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Borussiastraße 112
44149 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Pestalozzistraße 3
10625 Berlin
Tel. +49 30 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21
90443 Nürnberg
Tel. +49 911 477 576 60
Fax +49 911 477 576 70
nuernberg@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
ir. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Eindhoven, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

peutz.de

Bezüglich der Berechnungsergebnisse zum Mikroklima sind die Veränderungen des östlichen Gebäudes und der zugehörigen Stellplatzflächen ebenfalls von geringer Bedeutung. Auf kleinräumiger Ebene ist davon auszugehen, dass durch die Reduzierung um ein Vollgeschoss die nächtliche Wärmeabgabe des Gebäudes etwas geringer ist, der PET-Wert am Nachmittag im unmittelbaren Umfeld des Gebäudes aufgrund der niedrigeren Gebäudehöhe und der damit einhergehenden kleineren Verschattungsfläche etwas höher ist.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich durch die veränderte Plangrundlage lediglich marginale Änderungen in den Berechnungsergebnissen im unmittelbaren Umfeld des östlichsten Plangebäudes ergeben würden. Die grundlegenden Aussagen des Klimagutachtens und die hieraus abgeleiteten Planungsempfehlungen haben somit auch mit einer in Teilbereichen geringfügig veränderten Plangrundlage Bestand.

Mit freundlichen Grüßen

Peutz Consult GmbH



i.A. M. Sc. Marisa Fritsch

Anlage:

Städtebauliches Konzept vom 09.12.2022

Anlage: Städtebauliches Konzept zum Bebauungsplan



STÄDTEBAULICHES KONZEPT

Flächenbilanz

| | | |
|--|-----------------------------|----------------|
| Plangebiet | 28.127 m² | 100,0 % |
| Wohnbaufläche | 21.938 m ² | 78,0 % |
| priv. Erschließungsstraßen + Stellplätze | 967 m ² | 3,4 % |
| Straßenverkehrsfläche | 5.295 m² | 19,0 % |
| ersch. Parkeinflächen | 581 m ² | 2,1 % |
| ersch. Verkehrsgrünflächen | 173 m ² | 0,6 % |
| ersch. Nebenbereich | 104 m ² | 0,4 % |
| Lärmschutzwand | 894 m ² | 3,0 % |
| 5 Reihenhausergruppen | 17 WE | |
| 26 Doppelhäuser | 52 WE | |
| 1 Einzelhaus | 1 WE | |
| 2 Mehrfamilienhäuser | 22 WE | |
| Gesamt | 92 WE | |

09.12.2022

Planquadrat Dortmund
Büro für Raumplanung, Städtebau & Architektur



M. 1 : 1.000

Wohnbauflächenentwicklung Grenzstraße

Stadt Lünen

Klimauntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 230 „Grenzstraße“ in Lünen

Bericht VA 8197-1 vom 25.11.2022

Auftraggeber: beta Baulandentwicklungsgesellschaft mbH
 Hafenweg 4
 59192 Bergkamen

Bericht-Nr.: VA 8197-1

Datum: 25.11.2022

Ansprechpartner/in: Herr Siebers / Frau Fritsch

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 85 Seiten,
davon 54 Seiten Text und 31 Seiten Anlagen.

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Borussiastraße 112
44149 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Pestalozzistraße 3
10625 Berlin
Tel. +49 30 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21
90443 Nürnberg
Tel. +49 911 477 576 60
Fax +49 911 477 576 70
nuernberg@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
ir. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Eindhoven, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

peutz.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Situation und Aufgabenstellung..... | 5 |
| 2 | Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien..... | 7 |
| 3 | Örtliche Gegebenheiten..... | 10 |
| 4 | Grundlagen..... | 11 |
| 4.1 | Stadtklima..... | 11 |
| 4.1.1 | Lufttemperatur..... | 11 |
| 4.1.2 | Windfeld..... | 12 |
| 4.1.3 | Thermischer Komfort..... | 12 |
| 4.1.4 | Kaltluftabflüsse..... | 13 |
| 4.2 | Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens..... | 14 |
| 4.3 | Windrichtungsverteilung..... | 16 |
| 4.4 | Auswirkungen des Klimawandels..... | 16 |
| 5 | Themenkomplex Kaltluft..... | 20 |
| 5.1 | Berechnungsmodell..... | 20 |
| 5.1.1 | Modellbeschreibung..... | 20 |
| 5.1.2 | Eingangsdaten..... | 21 |
| 5.1.2.1 | Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes..... | 21 |
| 5.1.2.2 | Digitales Geländemodell..... | 21 |
| 5.1.2.3 | Landnutzung..... | 22 |
| 5.2 | Ergebnisse der Kaltluftberechnungen..... | 24 |
| 5.2.1 | Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang..... | 24 |
| 5.2.2 | Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang..... | 26 |
| 6 | Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung..... | 29 |
| 6.1 | Berechnungsmodell..... | 29 |
| 6.1.1 | Modellbeschreibung..... | 29 |
| 6.1.2 | Aufbau der Rechengitter..... | 30 |
| 6.2 | Eingangsdaten..... | 30 |
| 6.2.1 | Gebäude..... | 30 |
| 6.2.2 | Vegetation..... | 31 |
| 6.2.3 | Oberflächen..... | 31 |
| 6.2.4 | Initialisierungsparameter..... | 32 |
| 6.3 | Ergebnisse der mikroklimatischen Simulation..... | 35 |
| 6.3.1 | Durchlüftung..... | 35 |

| | | |
|---------|--|----|
| 6.3.2 | Lufttemperaturen..... | 37 |
| 6.3.2.1 | 14 Uhr..... | 37 |
| 6.3.2.2 | 4 Uhr..... | 39 |
| 6.3.3 | Bioklima (PET)..... | 40 |
| 7 | Planungsempfehlungen..... | 43 |
| 8 | Eingangsdaten und Ergebnisse der optimierten Planvariante..... | 46 |
| 9 | Zusammenfassung..... | 48 |

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Bewertung des thermischen Komforts mit PET..... 13

Tabelle 4.2: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [6]..... 14

Tabelle 5.1: Verwendete Landnutzungsklassen im Rechenmodell KLAM_21.....23

Tabelle 5.2: Bilanzierung des Kaltluftvolumenstroms in Bereichen mit signifikanten Zu- oder Abnahmen – 2 Stunden nach Sonnenuntergang.....26

Tabelle 5.3: Bilanzierung des Kaltluftvolumenstroms in Bereichen mit signifikanten Zu- oder Abnahmen – 6 Stunden nach Sonnenuntergang.....28

Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen.....34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung in Lünen..... 18

Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing..... 33

1 Situation und Aufgabenstellung

Auf einer ehemals als Grabeland genutzten Freifläche in Lünen soll der Bebauungsplan „Grenzstraße“ [1] aufgestellt werden. Vorgesehen ist die Festsetzung eines allgemeinen Wohngebietes mit überwiegend zwei, teilweise auch dreigeschossigen Wohngebäuden. Südwestlich des Plangebietes verläuft auf einem Damm die Bahnstrecke 2000. Zur Minderung, der von dieser Bahnstrecke ausgehenden Lärmbelastung ist die Errichtung einer parallel zum Bahndamm verlaufenden 8,5 m hohen und 300 m langen Lärmschutzwand vorgesehen [3]. Im nordwestlichen Teilbereich des Plangebietes wird weiterhin die Nutzung „Kleingartenanlage“ festgeschrieben.

In der Klimaanalyse der Stadt Lünen [4] wird das Plangebiet als „Lokal bedeutender Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen“ klassifiziert, welcher von Bebauung und Versiegelung freigehalten werden sollte. Darüber hinaus verläuft südöstlich des Plangebietes eine Luftleitbahn in Südwest-Nordost-Richtung, welche ebenfalls von Bebauung und Emittenten freigehalten und zu den Rändern hin geöffnet werden sollte.

Aufgrund der stadtklimatisch sensiblen Funktion des Plangebietes ist auf Veranlassung der Stadt Lünen eine Klimauntersuchung durchzuführen, welche die Auswirkungen des Vorhabens auf das Kaltluftgeschehen und die sommerliche Hitzebelastung ermittelt und bewertet.

Die Kaltluftuntersuchungen werden mit dem Kaltluftmodell KLAM_21 in der aktuellen Version 2.012 [7][8] unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung durchgeführt. Die Beurteilung der Veränderung erfolgt anhand eines Vergleiches der im Modell berechneten Kenngrößen Strömungsfeld und Kaltluftvolumenstrom.

Es werden die folgenden Szenarien untersucht:

| | |
|-----------|--|
| Istfall: | derzeitig unbebaute Freifläche |
| Planfall: | geplante Bebauungssituation nach Realisierung des Planvorhabens, abgeleitet aus dem vorliegenden städtebaulichen Konzept [2] |

Die mikroklimatischen Untersuchungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung werden mithilfe des Stadtklimamodells ENVI-met in der Version 5.03 (Summer Release 2022) [9] für den Ist- und den Planfall durchgeführt. Hierbei wird die in Lünen an heißen Sommertagen typische östliche Anströmungsrichtung berücksichtigt. In die Klimasimulation fließen Gebäudestellungen und -höhen, die vorgesehene Lärmschutzwand, der Vegetationsbestand sowie die Oberflächenbeschaffenheit ein. Ergänzend wird ein zweiter Planfall untersucht, in welchem die Lärmschutzwand auf der gesamten Länge bis in eine Höhe von 2,5 m unterströmbar ausgeführt wird.

Die Beurteilung der klimatischen Veränderungen erfolgt anhand der simulierten Temperaturverhältnisse zu zwei verschiedenen Uhrzeiten sowie anhand der bioklimatischen Kenngröße des PET-Wertes am Nachmittag. Zusätzlich werden die Durchlüftungsverhältnisse in einer Höhe von 1,5 m über Grund ausgewertet und dargestellt.

Aufbauend auf den Berechnungsergebnissen werden Planungsempfehlungen abgeleitet, deren Wirksamkeit im Rahmen einer weiteren Simulationsrechnung („optimierter Planfall“) überprüft wird.

Die den Berechnungen der Istsituation zugrunde liegenden örtlichen Gegebenheiten sowie die Abgrenzung des Plangebietes werden in Anlage 1 dargestellt. Anlage 2 zeigt einen Überblick über die lokalen Gegebenheiten für den Planfall.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

| Titel / Beschreibung / Bemerkung | | Kat. | Datum |
|----------------------------------|---|---|------------------------------|
| [1] | Bebauungsplan „Grenzstraße“ in Lünen – Vorabzug | Planquadrat Dortmund | P. Stand 26.07.2022 |
| [2] | Wohnbauflächenentwicklung Grenzstraße in Lünen – städtebauliches Konzept | Planquadrat Dortmund | P. Stand 05.10.2022 |
| [3] | Schalltechnische Untersuchung zum Bebauungsplan Nr. 230 „Grenzstraße“ in Lünen | Bericht VA 8197-2 der Peutz Consult GmbH | Lit. 27.10.2022 |
| [4] | Klimaanalyse der Stadt Lünen | In Auszügen zur Verfügung gestellt durch die Stadt Lünen (mail v. 08.09.2022) | P. September 2022 |
| [5] | Klimaatlas NRW | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas | Lit. Abruf am: 19.10.2022 |
| [6] | VDI 3787 Blatt 5 Lokale Kaltluft | Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL | RIL 2003 |
| [7] | Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms | Deutscher Wetterdienst | Lit. 2008 |
| [8] | Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21 | Deutscher Wetterdienst | Lit. November 2017 |
| [9] | Rechenmodell ENVI-met, Version 5.03 - Summer Release 2022 | ENVI_MET GmbH https://www.envi-met.com/ | Lit. 2022 |
| [10] | Mapping Guide v6.1 for a European Urban Atlas | Copernicus – Europe's eyes on Earth: https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/urban_atlas_2012_2018_mapping_guide_v6-1.pdf | Lit. 2020 |
| [11] | Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der LANUV-Station Lünen Niederaden aus dem Zeitraum 01.01.2011 – 31.12.2020 | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/luftqualitaet/luqs/konti_nach_station/OpenKontiLUQS_NIED_vorjahre_validiert.csv | P 2022 |

| Titel / Beschreibung / Bemerkung | Kat. | Datum |
|---|---|-----------|
| [12] LOD2-Modell des Untersuchungsgebietes im CityGML-Format | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [13] Normalisiertes digitales Oberflächenmodell (NDOM) des Untersuchungsgebietes | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [14] Digitales Geländemodell (DGM) – Gitterweite 2 m | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [15] Digitale Orthophotos (DOP) | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [16] Amtliche Basiskarte (ABK) des Untersuchungsgebietes | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [17] INSPIRE-WFS NW Bodenbedeckungsvektor ALKIS | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [18] BK 50; Bodenkarte von NRW 1:50.000 | Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/ | P 2022 |
| [19] Rechenmodell ENVI-met, Version 5.03 (Summer Release 2022) | ENVI_MET GmbH https://www.envi-met.com/ | Lit. 2022 |
| [20] GALK-Straßenbaumliste | GALK e.V., Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz: http://strassenbaumliste.galk.de/ | P 2022 |
| [21] VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. | Verein Deutscher Ingenieure | RIL 2008 |
| [22] VDI 3787, Blatt 8. Umweltmeteorologie. Stadtentwicklung im Klimawandel | Verein Deutscher Ingenieure | RIL 2022 |
| [23] Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels | A. Matzarakis, in Umweltmeteorologie, Nr. 3, 2013 | Lit. 2013 |
| [24] Stadtklima | S. Henninger & S. Weber, 2019 | Lit 2019 |
| [25] Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume | Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur-Verbraucherschutz NRW | Lit 2011 |
| [26] Meteorologie | H. Häckel, 4. Auflage | Lit 1999 |
| [27] Klimatologie | W. Kuttler, 2. Auflage | Lit 2013 |

| Titel / Beschreibung / Bemerkung | | Kat. | Datum |
|----------------------------------|---|------|-------------------------|
| [28] | Stadtklima in Hamburg Heinke Schlünzen, K., Riecke W., Bechtel B. et al. Enthalten in: Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum, S. 37-53 | Lit. | 2018 |
| [29] | DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit Deutsches Institut für Normung e.V. www.din.de | N | 2006 |
| [30] | Beaufort-Skala Wetter- und Klimalexikon des Deutschen Wetterdienstes: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=100310&lv3=100390 | Lit. | Abruf am: 23.02.2022 |
| [31] | VDI 3787, Blatt 8. Umweltmeteorologie. Stadtentwicklung im Klimawandel. Verein Deutscher Ingenieure | RIL | 2020 |

Kategorien:

| | | | |
|--------|-----------------------|-----|----------------------------------|
| G | Gesetz | N | Norm |
| V | Verordnung | RIL | Richtlinie |
| VV | Verwaltungsvorschrift | Lit | Buch, Aufsatz, Berichtigung |
| RdErl. | Runderlass | P | Planunterlagen / Betriebsangaben |

3 Örtliche Gegebenheiten

Das ca. 4 ha große Plangebiet befindet sich am nordöstlichen Stadtrand von Lünen. Es wird auf seiner südöstlichen Seite vom ca. 5 m hohen, mit Bäumen bewachsenen Bahndamm der Bahnstrecke 2000 und im Westen von der Grenzstraße begrenzt. Nördlich des Plangebietes schließen sich Gebäude und Gärten der Augustin-Wibbelt-Straße an. Bebaut werden soll lediglich der südwestliche ca. 3 ha große Teil des Plangebietes. Auf diesem Teil des Plangebietes befand sich eine Kleingartenanlage mit Gärten und Lauben. Diese Anlage wurde abgerissen, so dass sich das Plangebiet derzeit als unversiegelte Freifläche mit lediglich niedrigem krautigem Bewuchs darstellt.

Anlage 1 zeigt die derzeitige Bebauungssituation.

Auf dem kleineren nordöstlichen Teilbereich des Plangebietes soll die derzeitige Kleingarten-
nutzung erhalten bleiben.

Vorgesehen ist die Errichtung eines allgemeinen Wohngebietes mit überwiegend zweigeschossigen in Teilbereichen auch dreigeschossigen Gebäuden. Zur Minderung, der von der Bahnstrecke ausgehenden Lärmbelastung ist zudem die Errichtung einer parallel zum Bahndamm verlaufenden 8,5 m hohen und 300 m langen Lärmschutzwand vorgesehen [3]. Derzeit wird überprüft, ob diese Lärmschutzwand ggf. unterströmbar, also in den unteren Wandsegmenten offen ausgebildet werden kann. In den mikroskaligen Berechnungen zur Hitzebelastung und Durchlüftung werden beide Lärmschutzvarianten (geschlossen und unten geöffnet) untersucht.

Anlage 2 zeigt die vorgesehene Bebauungssituation gemäß städtebaulichem Konzept mit Stand Oktober 2022 [2].

4 Grundlagen

4.1 Stadtklima

Durch die Umgestaltung der natürlichen Oberflächen und ihrer Eigenschaften wird lokal das Klima verändert. In urbanen Gebieten mit ihren zahlreichen künstlichen Materialien und Formen resultiert daraus das Stadtklima [28].

4.1.1 Lufttemperatur

Durch die Überwärmung von Stadtgebieten, die im Allgemeinen als städtische Wärmeinsel bezeichnet wird, sind im Vergleich zur ländlichen Umgebung bodennah höhere Lufttemperaturen zu verzeichnen. Im Jahresmittel beträgt der Temperaturunterschied zwischen 1 und 2 K, in den Sommermonaten kann die Differenz mehr als 10 K betragen [26]. Das Maximum der städtischen Wärmeinsel bildet sich vor allem in den späten Abendstunden sowie in der Nacht aus. Tagsüber werden deutlich geringere Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland beobachtet [28].

Dem Überwärmungseffekt, der üblicherweise vom Stadtrand hin zum Stadtzentrum zunimmt, liegen verschiedene Ursachen zugrunde. Zum einen trägt eine veränderte Energiebilanz dazu bei, dass im Stadtgebiet verschiedene raum-zeitliche Ausprägungen von Wärmeinseln auftreten. Künstliche Baumaterialien können aufgrund ihres geringen Reflexionsvermögens und Wärmeleitfähigkeit tagsüber die einfallende kurzwellige Sonneneinstrahlung besonders gut absorbieren, was zur Bildung hoher Oberflächentemperaturen führen kann. Die tagsüber absorbierte Strahlung wird nachts in Form von langwelliger Rückstrahlung an die unteren Luftschichten abgegeben, sodass daraus hohe nächtliche Temperaturen resultieren. Zum anderen trägt die anthropogene Wärmezeugung im privaten und gewerblichen Bereich zu einer Erhöhung der Lufttemperatur bei.

Die raum-zeitliche Ausprägung der städtischen Überwärmung hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen neben geographischen Gegebenheiten wie Lage, Topographie und Relief auch meteorologischen Rahmenbedingungen wie Witterung und Wetterlagen. Darüber hinaus ist die Lufttemperatur in Städten stark an die Bebauungsdichte, die Flächennutzungsanteile (Versiegelung, Grün- und Wasserflächen), die thermischen Eigenschaften der Oberflächen und den Grad der anthropogenen Wärmefreisetzung gebunden [24].

Für die menschliche Gesundheit stellen die erhöhten Lufttemperaturen im Stadtgebiet ein erhöhtes Risiko dar. So erhöht sich die Gefahr für Hitzestress und vor allem ältere Menschen, vorerkrankte Personen oder Kleinkinder können sich häufig nur unzureichend an die erhöhte Wärmebelastung anpassen.

4.1.2 Windfeld

Städte, insbesondere Großstädte, stellen durch einen Komplex aus Grünflächen, Straßenzügen, Parkplätzen und verschiedensten Bauweisen eine äußerst strukturierte Oberfläche dar. Dementsprechend zeichnet sich ein Stadtkörper vor allem durch eine erhöhte aerodynamische Rauigkeit gegenüber dem nicht bebauten, unbewaldeten Umland aus [26].

Wesentliche Effekte einer erhöhten Oberflächenrauigkeit sind die Beeinflussung der Strömungsrichtung, die Verminderung der bodennahen Windgeschwindigkeit durch Reibung an der Oberfläche, häufigere Windstillen sowie Auswirkungen auf das vertikale Windgeschwindigkeitsprofil. Dabei hängt der Reibungseinfluss maßgeblich von der Oberflächenbeschaffenheit ab. Durch Wechselwirkungen zwischen der Bebauung und der Windströmung prägen sich in Abhängigkeit der Anordnung der Gebäude charakteristische Windfelder aus. Mit einer zunehmend dichteren Bebauung wird die Strömung oberhalb sowie im Bereich innerhalb der Bebauung zunehmend gestört. Jedoch sinkt in der Regel mit zunehmender Höhe der Widerstand, sodass in Abhängigkeit von der atmosphärischen Schichtung und dem Grad der Bodenrauigkeit mit zunehmender Höhe höhere Windgeschwindigkeiten auftreten [24]. Auch Kanalisierungseffekte in Straßenschluchten können innerhalb eines Stadtgebietes zu höheren Windgeschwindigkeiten führen. Weiterhin können sich beim Durchströmen der Stadtstrukturen mechanisch und thermisch bedingte Wirbel ausbilden [27].

4.1.3 Thermischer Komfort

Das physiologische Wärmeempfinden des Menschen wird nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von den Einstrahlungsbedingungen (jahres- und tageszeitliche Varianz, Schattenwurf, langwellige Abstrahlung von Objekten in der Umgebung), der Windgeschwindigkeit sowie der Luftfeuchtigkeit beeinflusst [23]. Dabei ist die Lufttemperatur nicht immer der maßgebliche Faktor, sondern je nach Situation und Tageszeit können auch die Strahlungs- und Windverhältnisse dominant sein. Charakteristisch für das Stadtklima sind Wärmebelastungen bis zum Hitzestress, die insbesondere aus der zusätzlichen Abstrahlung der erwärmten Gebäude und der versiegelten Flächen sowie der infolge der erhöhten Rauigkeit gegenüber dem Umland reduzierten Windgeschwindigkeit resultieren.

In der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 [21] werden verschiedene Methoden zur Quantifizierung des thermischen Komforts aufgeführt. Im Folgenden wird zur Beurteilung des thermischen Komforts die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) herangezogen. Die PET beschreibt das thermische Empfinden bei wechselnden Umgebungsbedingungen. Eine thermische Belastung kann sowohl durch Kälte (niedriger PET-Wert) als auch durch Hitze (hoher PET-Wert) verursacht werden. Neben der Temperatur berücksichtigt der PET-Wert die für die Beschreibung des physiologischen Wärmeempfindens notwendigen Parameter Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung. Ein

PET-Wert zwischen 18 °C und 23 °C beschreibt ein Temperaturempfinden, das als behaglich bezeichnet wird.

Die durch den PET-Wert definierten Klassen des thermischen Komforts sind in der nachfolgenden Tabelle 4.1 dargestellt:

Tabelle 4.1: Bewertung des thermischen Komforts mit PET

| PET | Thermisches Empfinden | Thermophysiological Belastungsstufe |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|
| < 4 °C | sehr kalt | extreme Kältebelastung |
| 4 °C – 8 °C | kalt | starke Kältebelastung |
| 8 °C – 13 °C | kühl | mäßige Kältebelastung |
| 13 °C – 18 °C | leicht kühl | schwache Kältebelastung |
| 18 °C – 23 °C | behaglich | keine thermische Belastung |
| 23 °C – 29 °C | leicht warm | schwache Wärmebelastung |
| 29 °C – 35 °C | warm | mäßige Wärmebelastung |
| 35 °C – 41 °C | heiß | starke Wärmebelastung |
| > 41 °C | sehr heiß | extreme Wärmebelastung |

4.1.4 Kaltluftabflüsse

In wolkenarmen, windschwachen Nächten (Strahlungsnächten) bildet sich durch die negative Strahlungsbilanz über Freiflächen eine bodennahe Kaltluftschicht aus. Im topographisch gegliederten Gelände fließt diese Kaltluft entsprechend der Neigung des Geländes hangabwärts. Damit nennenswerte Kaltluftabflüsse entstehen, sollte die Hangneigung erfahrungsgemäß wenigstens 1 bis 2 Grad betragen.

Die Mächtigkeit einer solchen Kaltluftschicht kann in Abhängigkeit des Nachtzeitpunktes, der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes sowie den meteorologischen Rahmenbedingungen stark schwanken. Im Allgemeinen beträgt sie zwischen 1 und 50 m. Staut sich der Kaltluftabfluss an Hindernissen oder in Senken, bildet sich ein sogenannter Kaltluftsee, in dem die Kaltluft zum Stehen kommt. In solchen Kaltluftseen kann die Kaltluftschichtdicke auch deutlich größere Mächtigkeiten annehmen. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Kaltluftabflusses liegt typischerweise in der Größenordnung zwischen 1 und 3 m/s. Aufgrund der oftmals nur sehr flachen Ausprägung und den geringen Strömungsgeschwindigkeiten sind Kaltluftabflüsse sehr störanfällig, sodass Hindernisse wie Gebäude, Wälle oder Lärmschutzwände unter gewissen Randbedingungen zu einem Strömungsabbruch führen können.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark von der Landnutzung ab: Freilandflächen weisen die höchsten Kaltluftproduktionsraten (zwischen 10-20 m³/m²h) auf, für Waldflächen schwan-

ken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m³/m²h in ebenem Gelände und 30-40 m³/m²h am Hang). Besiedelte, versiegelte Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel).

Unter Umweltgesichtspunkten werden Kaltluftabflüssen sowohl positive als auch negative Auswirkungen zugewiesen. Zum einen kann Kaltluft nachts für Belüftung und damit Abkühlung thermisch belasteter Siedlungsgebiete sorgen. Zum anderen sorgt Kaltluft, die aus Reinluftgebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein.

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Gemäß [6] ist der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z.B. Sekunde) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Der Kaltluftvolumenstrom ist somit ein lokal gültiges Maß und damit für die Messung, die Bewertung und die Modellrechnung sehr gut geeignet.

Die Bewertung der planbedingten Veränderungen im Kaltluftgeschehen erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [6]. Diese Richtlinie schlägt vor, als Maß der Beeinflussung die prozentuale Änderung eines Parameters gegenüber dem Istzustand sowie die Häufigkeit des Auftretens heranzuziehen. Zur Bewertung einer planbedingten Veränderung wird daher in dieser Untersuchung die in Tabelle 4.2 dargestellte Skala verwendet.

Tabelle 4.2: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [6]

| Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand | ≤ 5 % | ≤ 10 % | > 10 % |
|--|--------|--------|--------|
| Auswirkung | gering | mäßig | hoch |

4.2 Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens

Zur stadtklimatologischen Einordnung des Plangebietes wird die Klimaanalyse der Stadt Lünen aus dem Jahr 2022 herangezogen. Die Analyse ist derzeit noch unveröffentlicht und wurde uns vom Stadtplanungsamt der Stadt Lünen in Auszügen zur Verfügung gestellt. Grundlage dieser Klimaanalyse sind mesoskalige Klimasimulationen, die für das gesamte Stadtgebiet von Lünen durchgeführt wurden.

Aus den Modellberechnungen wurde u.a. eine Klimaanalysekarte abgeleitet, welche die klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Lünen darstellt. Anlage 3 zeigt die klimaökologischen Funktionen im Umfeld des Plangebietes. Es wird deutlich, dass über das Plangebiet Kaltluft aus den östlich gelegenen ausgedehnten Freiflächen in Richtung der Lünener Innenstadt transportiert wird. Die Kaltluftvolumenstromdichte im östlichen Teil des Plangebietes beträgt hierbei 5 - 10 m³/m/s und sinkt in Richtung Westen auf Werte zwischen 2,5 – 5 m³/m/s, bzw. an den Nordrändern des Plangebietes auch auf Werte < 2,5 m³/m/s. Im Osten des Plangebietes wird dem Kaltluftvolumenstrom eine mittlere Bedeutung zugewiesen, im Westen des Plangebietes liegt hingegen eher eine geringe Bedeutung vor. Des Weiteren verläuft über das Plangebiet und den angrenzenden Bahndamm eine Luftleitbahn in Südwest-Nordost-Richtung, über die bei allochthonen Wetterlagen unbelastete Luft sowohl stadtein- als auch stadtauswärts transportiert werden kann.

Den bestehenden Siedlungsstrukturen im Umfeld des Plangebietes werden überwiegend günstige bioklimatische Verhältnisse des Stadtrandklimas zugewiesen. Eine Ausnahme hiervon bildet die Siedlung nördlich der Wilhelm-Hauff-Straße. Aufgrund der vergleichsweise dichten und hohen Bebauungsstruktur liegen hier die ungünstigen bioklimatischen Verhältnisse des Stadtklimas vor.

Abgeleitet aus der Analyse der bestehenden klimatischen Situation werden innerhalb der Planungshinweiskarte Hinweise zur klimatischen Optimierung der Klimatope gegeben. Anlage 4 zeigt die Planungshinweiskarte für das Umfeld des Plangebietes.

Das gesamte Plangebiet wird demnach als lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen klassifiziert. Die Fläche sollte nach Möglichkeit von Bebauung oder Versiegelung freigehalten werden, vorhandene Vegetationsstrukturen sollten erhalten und ausgebaut werden. Eine Vernetzung der Grünflächen ist anzustreben. Durch den Erhalt und Aufbau vielgestaltiger Gehölzstrukturen sollte der Luftaustausch gefördert werden und differenzierte Mikroklimata geschaffen werden. Durch Öffnung des Parks zu den Rändern hin sollte eine Vernetzung mit den angrenzenden Siedlungsräumen hergestellt werden.

Für das gesamte Plangebiet liegen zudem raumspezifische Hinweise vor. Demnach sollte

- die Vernetzung vorhandener Wald- und Freiflächen durch Grünzüge angestrebt werden,
- die Fläche sollte parkartig mit Wald-, Gehölz- und Wiesenflächen zur Unterstützung von Luftgeneration, Filterfunktion und als Pufferwirkung ausgestaltet werden,
- auf weitere Bebauung und weitere zusätzliche Emissionen sollte verzichtet werden,
- Luftleitbahnen sollten beachtet werden,
- für vorhandene Gebäude sollte eine Dach- und Fassadenbegrünung angestrebt werden.

Die umgebenden Siedlungsbereiche werden überwiegend als Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete eingeordnet. Die Bebauungsstrukturen und die erhaltenen Begrünungen sind bioklimatisch positiv zu bewerten und sollten erhalten werden. Eine Reduktion der Verkehrs- und Hausbrandemissionen sollte angestrebt werden und kleinräumige Entsiegelungsmaßnahmen vorgesehen werden.

4.3 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung im Untersuchungsgebiet wurde auf Grundlage von Wetterdaten der LANUV-Wetterstation Lünen-Niederaden abgeleitet [11]. Diese Station liegt etwa 4 km südöstlich des Plangebietes und gibt auf Grund ihrer Nähe sehr gut die übergeordneten Windverhältnisse im Plangebiet wieder.

Die Anlage 5 zeigt die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station in allen Situationen des Auswertzeitraumes 2011 - 2020 (links) sowie für Tage mit einer Temperatur > 30°C (Hitzetage) auf der rechten Seite.

Die Windrichtungsverteilung für den gesamten Zeitraum zeigt ein deutliches Windrichtungsmaximum aus dem südwestlichen Sektor. Ein sekundäres Windrichtungsmaximum entfällt auf nordöstliche Anströmungen.

Die Windrichtungsverteilung an Hitzetagen (rechte Seite) weicht deutlich von diesem Bild ab. So gehen Strahlungswetterlagen mit hohen Temperaturen in der Regel mit nordöstlichen Anströmungen einher. Südwestliche Windrichtungen treten indes kaum mehr auf. In den Mikroklimatechnischen Untersuchungen zur thermischen Belastung und Durchlüftung wird daher ein besonderer Fokus auf die nordöstliche Anströmungsrichtungen gelegt.

4.4 Auswirkungen des Klimawandels

Städte werden bereits heute mit den Auswirkungen des Klimawandels konfrontiert. Dazu gehören steigende Temperaturen, Hitzestress sowie eine Zunahme von Extremereignissen wie beispielsweise Starkregen. Mit Blick auf die Zukunft und unter dem Aspekt der zunehmenden Urbanisierung ist besonders in städtischen Gebieten mit einer Zunahme dieser Betroffenheit zu rechnen. Daher stehen diese vor der Herausforderung, Synergien zwischen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren und umzusetzen. Das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Klima und Städtebau erlangt daher eine wachsende Bedeutung.

Um Aussagen zu möglichen zukünftigen Klimaentwicklungen zu treffen, können komplexe Klimarechenmodelle herangezogen werden, die die physikalischen Prozesse im Klimasys-

tem abbilden. Unter der Annahme verschiedener Klimaszenarien, die die zukünftige Entwicklung wie beispielsweise das Bevölkerungswachstum, den technischen Fortschritt oder den Energiemix berücksichtigen, können aus den Ergebnissen Klimaprojektionen aufgestellt werden.

Der Klimaatlas NRW [5] liefert für drei verschiedenen RCP-Klimaszenarien Informationen zur Entwicklung zukünftiger Klimavariablen und -kenntage aus regionalen Klimamodellen. Die RCP-Szenarien kamen im fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates zum Einsatz und stehen für repräsentative Konzentrationspfade (englisch: Representative Concentration Pathways). Diese berücksichtigen bestimmte Szenarien von anthropogenen Treibhausgasemissionen, die den Energie- und Strahlungshaushalt der Erde und damit auch das Klima beeinflussen .

- RCP8.5: „weiter-wie-bisher“-Szenario
- RCP4.5: mittleres Szenario
- RCP2.6: „Klimaschutz-Szenario“ zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels

Für die Sommermonate Juni, Juli und August veranschaulichen die folgenden Grafiken die zukünftigen Entwicklungen der mittleren Lufttemperaturen sowie die Anzahl der heißen Tage (Tagesmaximum > 30 °C) und Tropennächte (Tagesminimum > 20 °C) im Untersuchungsgebiet auf Basis des Klimaatlas NRW für den Referenzzeitraum 1971-2000 sowie die Projektionen für die „nahe Zukunft“ 2031-2060 und für die „ferne Zukunft“ 2071-2100. Diese Prognosewerte beruhen auf Ergebnissen verschiedener Modellrechnungen, denen unterschiedliche Eingangsdaten, Randannahmen und Modellierungstechniken zu Grunde liegen. Die Ergebnisse der verschiedenen Modellrechnungen sind aber grundsätzlich als gleich wahrscheinlich anzusehen. Für die Auswertung wird daher das 50. Perzentil der Klimaprojektionen herangezogen. Das 50. Perzentil teilt hierbei die Berechnungsergebnisse, so dass 50 % der Modelle geringere Ergebnisse und 50 % der Modelle größere Ergebnisse zeigen.

Bei Zugrundelegung des Szenarios RCP2.6 ist demnach davon auszugehen, dass:

- die mittlere Lufttemperatur im Sommer bis Ende des Jahrhunderts um 1,1 °C steigt,
- sich die Anzahl der heißen Tage und der Tropennächte bis Ende des Jahrhunderts in etwa verdoppelt

Für das mittlere Szenario RCP4.5 wird prognostiziert, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1970-2000:

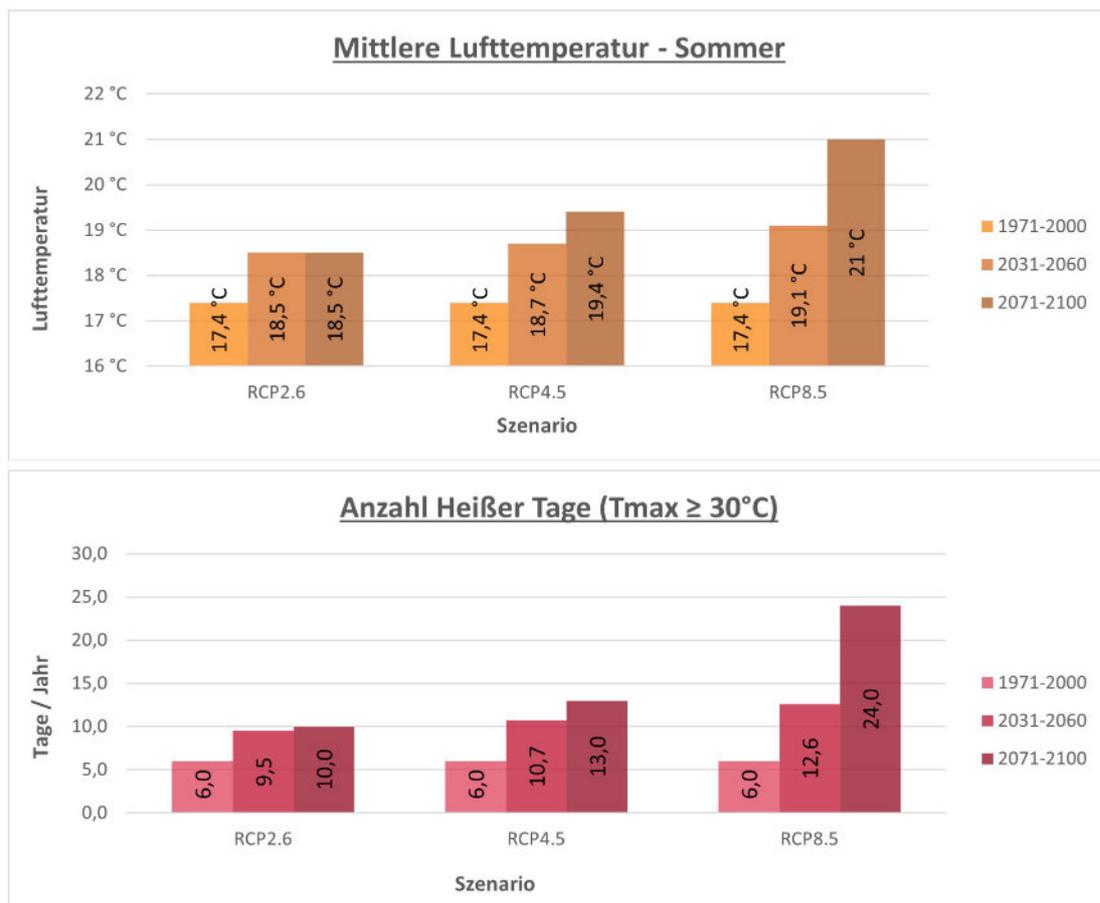
- die mittlere Lufttemperatur im Sommer von 17,4 °C auf 19,4 °C in der „fernen“ Zukunft ansteigt,

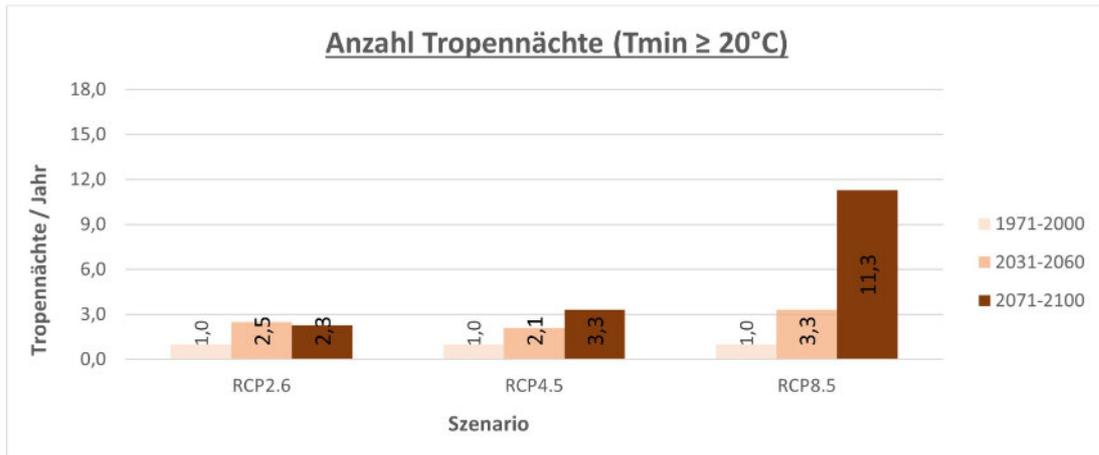
- die Anzahl der Heißen Tage bis zum Jahr 2100 von 6 auf 13 ansteigt und im Schnitt 3,3 Tropennächte pro Jahr auftreten.

Die Klimamodelle geben für das worst-case-Szenario RCP8.5 an, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1970-2000:

- sich die sommerlichen Temperaturen im Mittel um 1,7 °C (2031-2060) bzw. um 3,6 °C (2071-2100) erhöhen
- sich bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der Heißen Tage vervierfacht und im Mittel 11,3 Tropennächte pro Jahr auftreten werden.

Abbildung 4.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung in Lünen





5 Themenkomplex Kaltluft

5.1 Berechnungsmodell

5.1.1 Modellbeschreibung

Die Kaltluftberechnungen wurden mit der aktuellen Version des vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodells KLAM_21 [8] durchgeführt.

KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem beliebig auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt, typische Gitterabstände sind dabei 20 bis 50 m.

Die Modellgebietsgröße wird in der Regel so gewählt, dass alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete erfasst sind. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jede Landnutzungs-kategorie wiederum entspricht einer fest vorgegebenen Kälteproduktionsrate und einer Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Außerdem können aus dem Gelände herausragende Hindernisse (z.B. Einzelgebäude, Dämme, Schallschutzwände) modelliert werden, die von der Kaltluft erst überwunden werden, wenn sie eine bestimmte Höhe erreicht hat. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, Fließen und die Ansammlung der Kaltluft.

Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, also ein wolkenloser Himmel angenommen.

KLAM_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben.

Die physikalische Basis des Modells bilden eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann (unter der Annahme einer bestimmten Höhenabhängigkeit der Abkühlung) die Kaltluflhöhe errechnet. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten.

5.1.2 Eingangsdaten

5.1.2.1 Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes

Zur korrekten Quantifizierung der Kaltluftabflüsse im Plangebiet muss sichergestellt werden, dass das gesamte Kaltlufteinzugsgebiet oberhalb des Plangebietes in den Berechnungen berücksichtigt wird. Daher wurde vor Beginn der Berechnungen eine Geländeanalyse erstellt und das Untersuchungsgebiet entsprechend großzügig dimensioniert. Das Untersuchungsgebiet entspricht in seinen Ausmaßen dem in Anlage 6 dargestellten Bereich. Die Abmessungen des gesamten Untersuchungsraumes betragen ca 13 km x 12 km. In den äußeren Bereichen des Rechengebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 22,5 m realisiert.

Bei den zu erwartenden Auswirkungen des Planvorhabens handelt es sich eher um kleinräumige Effekte. Um diese Auswirkungen sichtbar zu machen, ist es sinnvoll, die Gebäudestrukturen innerhalb des Plangebietes sowie in dessen Umfeld explizit abzubilden und als Strömungshindernisse zu berücksichtigen.

Das Rechenmodell KLAM_21 gestattet eine explizite Gebäudeberücksichtigung mithilfe eines „Nesting“ des Modellgebietes, d. h. die Einbettung eines (oder mehrerer) hoch aufgelöster „Kernbereiche“ in einen gröber aufgelösten „Einflussbereich“. Ein solches Nesting ist dann von Vorteil, wenn das eigentliche Interessensgebiet relativ klein ist, dabei aber einen großen Einflussbereich besitzt, der bei einer angemessenen Simulation des Kaltluftgeschehens mit berücksichtigt werden muss. Innerhalb des Nestinggebietes wird die Gitterauflösung des größeren Einflussbereichs um den Faktor 5 erhöht.

Die Lage des in dieser Untersuchung verwendeten Nestingbereiches, in dem die Gebäudestrukturen explizit aufgelöst wurden, zeigt Anlage 6. In diesem Bereich wurde eine horizontale Gitterauflösung von 4,5 m realisiert. Die Abmessungen des Nestinggebietes betragen etwa 1,7 km in Ost-West- und etwa 1,4 km in Nord-Süd-Richtung.

Für die Berechnung wurde eine Strahlungsnacht ohne übergeordneten Regionalwind angenommen, d. h. die Berechnungsergebnisse zeigen das reine, thermisch bedingte Kaltluftgeschehen.

5.1.2.2 Digitales Geländemodell

Die für die Berechnung notwendigen Informationen zur Geländehöhe wurden aus einem frei verfügbaren digitalen Geländemodell von Deutschland mit einer Gitterweite von 20 m [14] abgeleitet. Innerhalb des Nestinggebietes wurden die Geländehöhen dem hochaufgelösten, vom Land NRW kostenfrei zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell (DGM1) [14] entnommen. Das hochaufgelöste DGM wurde dem 20 m-DGM aufgeprägt und das Gesamt-

DGM in eine einheitliche horizontale Gitterauflösung von 4,5 m überführt. Anlage 6 zeigt die Geländehöhen im gesamten Untersuchungsraum.

Für die fachgerechte Berücksichtigung des Gebäudeeinflusses innerhalb des Nestinggebietes müssen die Gebäudehöhen auf das digitale Geländemodell aufgeprägt werden (vgl. Kapitel 5.1.2.3). Hierzu wurde für die Bestandsbebauung ein vom Land NRW kostenfrei zur Verfügung gestelltes 3D-Gebäudemodell [12] herangezogen.

Lage und Höhe der zukünftigen Bebauung wurden dem städtebaulichen Konzept [2] entnommen.

5.1.2.3 Landnutzung

Die zur Bestimmung von Kaltluftproduktionsraten und Rauigkeiten benötigten Informationen zur Landnutzung im Untersuchungsraum wurden mithilfe des von der EU zur Verfügung gestellten Datensatzes Urban-Atlas mit Stand 2018 [10] abgeleitet. Dieser Dienst stellt sehr hoch aufgelöste Landnutzungsdaten, die aus Satellitenbildern abgeleitet werden, für europäische Ballungsgebiete zur Verfügung. Der Vorteil dieses Datensatzes gegenüber anderen Datenquellen zur Landbedeckung (z.B. Corine und ALK) besteht darin, dass in den Siedlungsbereichen nach verschiedenen Versiegelungsgraden unterschieden wird und somit die Rauigkeit und Kälteproduktion innerhalb von Siedlungsgebieten in den KLAM-Berechnungen deutlich genauer erfasst werden kann.

Da die Landnutzungsklassen des Urban Atlas, bzw. des Corine-Katasters nicht den in KLAM_21 verwendeten Landnutzungsklassen entsprechen, mussten zunächst die jeweiligen Landnutzungsklassen-Klassen in die standardmäßig vorgegebenen KLAM-Klassen reklassifiziert werden. Anlage 7 zeigt die in den Berechnungen berücksichtigte Landnutzung im gesamten Rechengebiet im Istfall.

Innerhalb des Nestinggebietes mit aufgelöster Bebauung sollten gemäß eines Hinweises der Modellentwickler die Einzelgebäude als orographische Strukturen innerhalb des Geländemodells simuliert werden. Hierzu wird empfohlen, die Landnutzung der Modellgitterzellen mit Gebäuden als versiegelte Fläche zu modellieren. Bereiche innerhalb von städtischer Bebauung, die nicht einem Gebäude zuzuordnen sind, sollten je nach Durchgrünungsgrad als halb versiegelte oder komplett versiegelte Freiflächen berücksichtigt werden. Im vorliegenden Fall wurden in Abhängigkeit von der Nutzung außerhalb der Gebäudestrukturen zusätzlich auch die Landnutzungsklassen Schrebergarten, Park und unversiegelte Freifläche angesetzt.

Die in den Kaltluftberechnungen verwendeten Landnutzungsklassen mit den entsprechenden Parametern können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 5.1: Verwendete Landnutzungsklassen im Rechenmodell KLAM_21

| Nutzungen | z0g | grz | hg | wai | bg | hv | xlai | a | vsg |
|---|-------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Wald | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 20,0 | 6,0 | 0,56 | 0,0 |
| halb vers. Fläche | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,5 |
| Park | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 20,0 | 6,0 | 1,0 | 0,05 |
| unvers. Freifläche | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 |
| versiegelte Fläche | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 1,0 |
| Wasser | 0,001 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Bahnfläche | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,75 | 0,0 |
| Schrebergarten | 0,05 | 0,1 | 3,0 | 0,15 | 0,1 | 10,0 | 3,0 | 0,8 | 0,15 |
| Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad > 80% | 0,1 | 0,6 | 12,0 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,9 |
| Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 50 - 80% | 0,1 | 0,4 | 10,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,65 |
| Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 30 - 50% | 0,1 | 0,2 | 8,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,4 |
| Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 10 - 30% | 0,1 | 0,1 | 8,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,2 |
| Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad < 10% | 0,1 | 0,05 | 8,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,1 |
| Isolierte Strukturen | 0,1 | 0,2 | 8,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,4 |
| Industrie – und Gewerbegebiete | 0,1 | 0,6 | 12,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -99 | 0,9 |

Mit:

- z0g(i)** Rauigkeitslänge des Bodens in m ohne Beachtung explizit spezifizierter Bebauung oder Bewaldung
- grz(i)** Grundflächenzahl, Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche
- hg(i)** mittlere Gebäudehöhe in m
- wai(i)** Wandflächenindex, mittleres Verhältnis der Wandfläche eines Gebäudes zu dessen Grundfläche
- bg(i)** mittlerer Bedeckungsgrad des Bodens mit Bäumen
- xlai(i)** Blattflächenindex, über die Höhe aufsummierte einseitige Blattfläche eines Baumes im Verhältnis zu seiner Kronenquerschnittsfläche
- hv(i)** mittlere Baumhöhe in m
- a(i)** relativer Wirkungsgrad der effektiven Ausstrahlung im Vergleich zu einer optimalen Abkühlungsfläche (Bei einem Wert von -99 wird a als Funktion von Bebauung und Versiegelung berechnet [8])
- vsg(i)** Versiegelungsgrad der Gesamtfläche einschließlich der bebauten Flächenanteile

5.2 Ergebnisse der Kaltluftberechnungen

Die Kaltluftsimulationen wurden ohne übergeordneten Regionalwind durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen somit ausschließlich das thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Im Folgenden wird die Kaltluftsituation (Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom und bodennahes Strömungsfeld) zu zwei Zeitpunkten ausgewertet und dargestellt. Der erste Auswertzeitpunkt ist zwei Stunden nach Sonnenuntergang und der zweite Auswertzeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Erfahrungen zeigen, dass nach sechs Stunden das Kaltluftgeschehen stationär wird, d. h. dass sich nach diesem Zeitpunkt kaum noch Änderungen im Strömungsgeschehen ergeben.

Bei der Interpretation der Darstellungen des Kaltluftvolumenstroms ist zu beachten, dass die Windpfeile die mittlere Strömung innerhalb der gesamten Kaltluftsäule angeben.

5.2.1 Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 10 weist die Höhe der Kaltluftschicht im Istfall zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang aus. Ergänzend verdeutlichen die Windpfeile das bodennahe Strömungsfeld in einer Höhe von 2 m über Grund.

Die Abbildung zeigt, dass sich bereits in den frühen Nachtstunden eine Kaltluftströmung aus Richtung der ausgedehnten Freiflächen zwischen Lünen, Werne und Cappenberg in Richtung der Lünener Innenstadt ausgebildet hat. Die Höhe der Kaltluftschicht liegt typischerweise zwischen 20 und 25 m und nimmt in Richtung der dichter bebauten Bereiche von Lünen ab. Aufgrund der Dammlage der an das Plangebiet angrenzenden verlaufenden Bahnstrecke weist die Kaltluftschicht hier mit einer Mächtigkeit zwischen 15 und 20 m eine etwas niedrigere Höhe auf.

Die höchsten bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten treten oberhalb von Flächen mit niedriger Rauigkeit auf. Hierzu zählen insbesondere die landwirtschaftlich genutzten Flächen im nordöstlichen Abbildungsausschnitt aber auch das Plangebiet sowie die Schrebergartensiedlung südöstlich des Bahndammes. Mit dem Auftreffen auf bebaute Bereiche sinkt im Allgemeinen die Strömungsgeschwindigkeit aufgrund der Hinderniswirkung der städtischen Objekte. Auf Grund des dichten Bewuchses des Bahndammes sind auch hier vergleichsweise niedrige Strömungsgeschwindigkeiten zu erwarten.

Anlage 11 zeigt die Höhe der Kaltluftschicht sowie das bodennahe Strömungsfeld zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang nach Realisierung des Planvorhabens. Ergänzend weist die Anlage 12 die prozentuale Veränderung der Kaltluftmächtigkeit klassifiziert nach den Kriterien der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 [6] (vgl. Tabelle 4.2) aus.

Beide Abbildungen verdeutlichen, dass sich in Bezug auf die Kaltluftmächtigkeit durch die Realisierung des Planvorhabens keine relevanten Veränderungen im Umfeld der Planung ergeben. Dies ist ein Indiz dafür, dass das Plangebiet weiterhin durchströmt werden kann und sich kein Kaltluftstau ausbildet. Zudem kann ausgeschlossen werden, dass sich durch den Verlust an Kaltluftproduktionsfläche mäßige, bzw. hohe Veränderungen gemäß VDI 3787 Blatt 5 gegenüber der Bestandssituation in Bezug auf die Kaltluftschichtdicke ergeben.

Anlage 13 zeigt den Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Plangebietes zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall. Die Abbildung zeigt, dass die aus Richtung der Freiflächen zwischen Lünen, Werne und Cappenberg Tals einströmende Kaltluft über Flächen mit geringer Rauigkeit (z.B. Plangebiet, Schrebergartensiedlung südöstlich der Bahntrassen, Sportplatz nördlich der Wehrenboldstraße) in Richtung der Lünener Innenstadt strömt. Die höchsten Kaltluftvolumenstromdichten liegen hierbei etwas oberhalb von $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Aufgrund des erhöhten Widerstandes nimmt die Kaltluftvolumenstromdichte beim Auftreffen auf bebaute Bereiche auf zum Teil unter $2,5 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ ab. Niedrige Volumenstromdichten werden zudem auf Grund der hohen Rauigkeit und der geringeren Kaltluftmächtigkeit oberhalb des an das Plangebiet angrenzenden Bahndammes ausgewiesen.

Innerhalb des Plangebietes liegt eine durchgehend nordöstliche Strömungsrichtung vor. Der erhöhte Bahndamm mit seinem dichten Bewuchs wirkt hierbei als Strömungshindernis, an dem die einströmende Luft entlang geleitet wird. Die Kaltluftvolumenstromdichte liegt innerhalb des Plangebietes zwischen $4 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ in der Nähe der Bestandsbebauung entlang der Grenzstraße und $11 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ im Südwesten des Plangebietes, wo die Strömung in der Engstelle zwischen den Bestandsgebäuden und dem Bahndamm kanalisiert wird. Aufgrund der im Bestand geringen Rauigkeit weist das Plangebiet eine insgesamt gute Durchlüftungsqualität auf. Die von Nordosten einströmende Kaltluft wird über das Plangebiet, die sich südwestlich anschließende Kleingartenanlage südlich der Mörikestraße sowie die im Anschluss nicht mehr in Hochlage verlaufenden Bahngleise in Richtung der Lünener Innenstadt geleitet.

Durch die Umsetzung des Planvorhabens erhöht sich die Rauigkeit innerhalb des Plangebietes und hiermit auch die Hinderniswirkung für die südwestlich gerichtete Strömung. Zudem sinkt innerhalb der Plangebietsgrenzen auf Grund des erhöhten Anteils an versiegelten Flächen die Kaltluftproduktion.

Hierzu zeigt Anlage 14 den Kaltluftvolumenstrom zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang nach Realisierung des Planvorhabens und Anlage 15 die entsprechende prozentuale Differenz gegenüber der Istsituation. Es wird deutlich, dass infolge der geplanten Bebauung die Kaltluftvolumenstromdichte innerhalb des Plangebietes um mehr als 10 % abnimmt. Gemäß dem Klassifizierungsschema der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 wären die Auswirkungen des Planvorhabens mit „hoch“ zu bewerten. „Mäßige“ Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms von $> 5 \%$ treten stromabwärts in etwa bis zum Spielplatz zwischen der Mörike-

straße und der Grenzstraße auf. Südwestlich hiervon sind keine signifikanten Abnahmen mehr zu erwarten. Ein Abriss der Kaltluftströmung in Richtung der Lünener Innenstadt aufgrund der Realisierung des Planvorhabens kann daher ausgeschlossen werden.

Aufgrund der erhöhten Rauigkeit im Plangebiet wird die Kaltluft zum Teil um das Plangebiet herumgelenkt. Dies führt sowohl in den Wohngebieten nordwestlich des Plangebietes als auch auf dem Bahndamm und in der Schrebergartensiedlung südlich des Plangebietes zu einer Erhöhung des Kaltluftvolumenstroms.

Zur Bilanzierung der dargelegten Veränderungen wurde der Kaltluftvolumenstrom in Bereichen, in denen eine signifikante Minderung oder Zunahme von mehr als 5 % durch das Planvorhaben erfolgte, für den Ist- und den Planfall aufsummiert und anschließend die prozentuale Veränderung ermittelt. Die nachfolgende Tabelle weist die so ermittelten Kaltluftvolumenströme für Bereiche mit signifikanten Änderungen für den Ist- und den Planfall und deren prozentuale Veränderung aus. Insgesamt ergibt sich eine Minderung des Kaltluftvolumenstroms von 3,5 %. Gemäß dem vorgeschlagenen Klassifizierungsschema der VDI 3787 Blatt 5 (vgl. Tabelle 4.1) sind die bilanzierten planerischen Auswirkungen auf das Kaltluftgeschehen in den frühen Nachtstunden somit als gering zu bewerten.

Tabelle 5.2: Bilanzierung des Kaltluftvolumenstroms in Bereichen mit signifikanten Zu- oder Abnahmen – 2 Stunden nach Sonnenuntergang

| Aufsummierter Kaltluftvolumenstrom – Istfall (m ³ /m·s) | Aufsummierter Kaltluftvolumenstrom – Planfall (m ³ /m·s) | Prozentuale Veränderung |
|--|---|-------------------------|
| 64.219 | 61.998 | -3,5% |

5.2.2 Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 16 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht sowie das bodennahe Strömungsfeld im Istfall im Umfeld des Plangebietes zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Im Vergleich zur Situation in den frühen Nachtstunden ist die Kaltluftschichtdicke um etwa 15 m angewachsen und liegt überwiegend zwischen 35 und 40 m. Lediglich oberhalb des Bahnstrecke werden aufgrund der Dammlage mit 30 bis 35 m etwas niedrigere Kaltluftmächtigkeiten erreicht.

In Bezug auf das bodennahe Strömungsfeld wird deutlich, dass die Strömungsgeschwindigkeiten gegenüber den frühen Nachtstunden deutlich abgenommen haben und ein gerichteter und spürbarer Kaltluftabfluss in Bodennähe nicht mehr stattfindet. Das Kaltluftgeschehen in Bodennähe stagniert somit weitestgehend und es findet lediglich eine Akkumulation der Kaltluft statt. Positive Effekte in Form einer verbesserten Durchlüftung und Frischluftzufuhr aus den umliegenden Freiflächen sind somit zum Zeitpunkt 6 Stunden nach Sonnenuntergang zumindest in Bodennähe nicht mehr zu erwarten.

Anlage 17 stellt die Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Planfall dar. Anlage 18 zeigt die entsprechende prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit gegenüber der Istsituation. Es wird deutlich, dass keine ausgeprägten signifikante Änderungen der Kaltluftmächtigkeit oberhalb von 5 % auftreten.

Anlage 19 zeigt den Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Plangebietes sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall. Die Abbildung verdeutlicht, dass im Lauf der Nacht die Intensität der Kaltluftströmung über die gesamte Kaltluftsäule nur noch leicht zunimmt. Weiterhin liegt eine von Nordost nach Südwest gerichtete Strömung vor. Innerhalb des Plangebietes beträgt die Kaltluftvolumenstromdichte größtenteils zwischen $5 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ und $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$, lediglich im südwestlichen Teil des Plangebietes liegen aufgrund von Kanalisierungseffekten zwischen Bahndamm und den Gebäuden der Grenzstraße etwas höhere Werte vor.

Die Situation nach Realisierung des Planvorhabens zeigt Anlage 20. Anlage 21 weist die entsprechende prozentuale Differenz gegenüber der Istsituation aus. Auch in den späteren Nachtstunden zeigt sich, dass durch die Umsetzung des Planvorhabens die Kaltluftvolumenstromdichte innerhalb der Plangebietsgrenzen infolge der erhöhten Hinderniswirkung größtenteils um mehr als 10 % abnimmt, aufgrund von Umströmungseffekten aber eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms nordwestlich und südöstlich des Vorhabens zu erwarten ist. Signifikante Abnahmen außerhalb des Plangebietes in bebauten Bereichen sind analog zur Situation in den frühen Nachtstunden in etwa bis zum Spielplatz zwischen Grenz- und Mörikestraße zu erwarten.

Insgesamt zeigt sich, dass sich im Umfeld des Planvorhabens zwar lokal deutliche Veränderungen in der Kaltluftdynamik ergeben, eine signifikante Schwächung der Kaltluftleitbahn in Richtung der Lünener Innenstadt jedoch ausgeschlossen werden kann.

Analog zur Situation in den frühen Nachtstunden wurde auch für den Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang der Kaltluftvolumenstrom in Bereichen, in denen eine signifikante Minderung oder Zunahme von mehr als 5 % durch das Planvorhaben erfolgte, für den Ist- und den Planfall aufsummiert und anschließend die prozentuale Veränderung ermittelt. Die nachfolgende Tabelle weist die so ermittelten Kaltluftvolumenströme für Bereiche mit signifikanten Änderungen für den Ist- und den Planfall und deren prozentuale Veränderung aus. Insgesamt ergibt sich eine Minderung des Kaltluftvolumenstroms von 3,6 %. Gemäß dem vorgeschlagenen Klassifizierungsschema der VDI 3787 Blatt 5 (vgl. Tabelle 4.1) sind die bilanzierten planerischen Auswirkungen somit auch in der zweiten Nachthälfte als „gering“ zu bewerten.

Tabelle 5.3: Bilanzierung des Kaltluftvolumenstroms in Bereichen mit signifikanten Zu- oder Abnahmen – 6 Stunden nach Sonnenuntergang

| Aufsummierter Kaltluftvolumenstrom – Istfall (m³/m·s) | Aufsummierter Kaltluftvolumenstrom – Planfall (m³/m·s) | Prozentuale Veränderung |
|---|--|--------------------------------|
| 59.788 | 57.624 | -3,6% |

6 Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung

6.1 Berechnungsmodell

Die infolge des Planvorhabens zu erwartenden Klimaänderungen im lokalen Umfeld des Bauvorhabens werden mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.0.3 [19] für die nachfolgend aufgeführten Varianten mit der bei sommerlichen Wetterlagen auftretenden Hauptwindrichtung Südost durchgeführt:

- Istfall: Bestandsbebauung, aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit nach Abriss der Kleingartenanlagen
- Planfall 1: Zukünftige Bebauungssituation nach Realisierung der Planung, abgeleitet aus dem städtebaulichen Konzept mit Stand Oktober 2022 [2] mit einer durchgehenden Lärmschutzwand entlang des Bahndamms
- Planfall 2: Zukünftige Bebauungssituation nach Realisierung der Planung, abgeleitet aus dem städtebaulichen Konzept mit Stand Oktober 2022 [2] inklusive einer Lärmschutzwand, die auf der gesamten Länge bis in eine Höhe von 2,5 m unterströmbar ist

Anhand der Ergebnisse werden anschließend Planungsempfehlungen zur Minimierung negativer lokalklimatischer Folgen erarbeitet. Im Anschluss wird eine optimierte Planvariante simuliert und ausgewertet.

6.1.1 Modellbeschreibung

ENVI-met ist ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches Modell zur Simulation der Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Pflanzen und der Luft. Es wurde für die Mikroskala mit typischen horizontalen Gitterauflösungen zwischen 0,5 und 5 m und typischen Simulationszeiten zwischen 24 und 48 Stunden mit Zeitschritten zwischen 1 und 5 Sekunden entwickelt. Diese sowohl räumlich als auch zeitlich sehr detaillierte Auflösung erlaubt die Analyse kleinräumiger Wechselwirkungen zwischen Gebäuden, Oberflächen, Pflanzen und der Atmosphäre.

Zur Berechnung nutzt ENVI-met verschiedene Untermodelle, die miteinander gekoppelt sind. Einen Überblick über die miteinander gekoppelten Modelle gibt die Anlage 22.

Als Ergebnis liefert das Rechenmodell die räumlich und zeitlich variierenden Ausgabegrößen für Boden, Luft, Gebäude und Vegetation. Berechnet werden unter anderem Temperaturen,

Feuchte, Strahlungsparameter, bioklimatische Kenngrößen (z. B. PET- und PMV-Werte) sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

6.1.2 Aufbau der Rechengitter

Die Ausdehnung des Untersuchungsraumes wurde so groß definiert, dass zum einen das gesamte Plangebiet abgedeckt ist und zum anderen Aussagen zu den klimatischen Auswirkungen in den umliegenden Flächen getroffen werden können.

Die Modellrechnungen erfordern die Definition eines Rechengebietes und eine Aufteilung dieses Gebietes in viele quaderförmige Rechenzellen. Für die vorliegende Untersuchung wurde eine horizontale Gitterauflösung von 3,0 m realisiert. Mikroskalige Effekte durch Kleinstrukturen wie Bäume und Einzelgebäude werden bei dieser Gitterauflösung noch hinreichend genau abgebildet. Zur optimalen Wiedergabe der vorgesehenen Lärmschutzwand in den Simulationsrechnungen wurde das Rechengebiet um 43° aus der Nordrichtung gedreht. Die Ausdehnung des Rechengebietes beträgt 1008,0 m in x- und 720,0 m in y-Richtung. Die Lage des Rechengebietes kann den Ergebnisgrafiken (Anlage 27 bis Anlage 30) entnommen werden.

Für die Auflösung der Rechenzellen in der Vertikalen wurde ein variabler Ansatz mit in der Höhe zunehmenden vertikalen Ausdehnungen der Gitterboxen gewählt. So wurde für die unteren zehn Schichten eine feine Vertikalauflösung von 1,0 m festgelegt. Ab der Modellhöhe von 10 m erhöht sich die vertikale Zellausdehnung um jeweils 9 %. Bei einer Anzahl von 25 Gitterzellen in z-Richtung ergibt sich hieraus eine maximale Modellhöhe von 42,0 m.

6.2 Eingangsdaten

6.2.1 Gebäude

Gebäude fließen in die ENVI-met Simulationsrechnungen mit ihrer Lage und Höhe sowie den verbauten Materialien und ihren thermischen und strahlungstechnischen Eigenschaften ein.

Lage und Höhe der Bestandsbebauung außerhalb des Plangebietes im Untersuchungsgebiet wurden aus dem vom Land NRW zu Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodell [12] abgeleitet. Anlage 1 zeigt hierzu den berücksichtigten Gebäudebestand im Istfall, Anlage 2 enthält den Gebäudebestand sowie die Plangebäude im Planfall, welche auf Grundlage des städtebaulichen Konzeptes [2] abgeleitet wurden. Für die Einzelhäuser im Westen und Osten des Plangebietes sowie für alle Nebenanlagen wurde gemäß dem zu Grunde gelegten städtebaulichen Konzept [2] eine vollständige extensive Dachbegrünung mit einer Substrat-

dicke von 12 cm und einem aufliegenden Bewuchs von 10 cm in den Berechnungen berücksichtigt.

Neben der Lage und Höhe müssen den Gebäuden in ENVI-met auch thermische und strahlungstechnische Eigenschaften zugewiesen werden. Hier wurden bei den Gebäudewänden und -dächern nach dunklen und hellen Oberflächen unterschieden. Den Dächern und Fassaden wurde der ENVI-met Standardaufbau (moderate Isolierung) zugeordnet. Nur das Reflexionsvermögen (Albedo) der äußersten Schicht wurde angepasst. Die Rauminnentemperatur beträgt bei allen Gebäuden zum Startzeitpunkt der Simulationsrechnung 20 °C.

6.2.2 Vegetation

Neben den Gebäuden ist die Vegetation eine weitere wichtige Einflussgröße zur Ausprägung des individuellen Stadtklimas. Der Einfluss von Bäumen und niedrigem Bewuchs auf das Mikroklima kann mit ENVI-met detailliert untersucht werden. In den Simulationsrechnungen werden u.a. die Verschattung durch die Baumkronen, die Verdunstung und Transpiration der Blätter und der Einfluss der Vegetation auf die Windverhältnisse berücksichtigt.

Neben der Wuchsform (Breite und Höhe des Baumes) muss für jeden im Modell platzierten Baum die Belaubungsdichte vorgegeben werden, da diese Informationen über die Lichtdurchlässigkeit enthält.

Die Erfassung der Lage und Höhe der Bäume im öffentlichen und privaten Raum erfolgte mithilfe des hochaufgelösten digitalen Oberflächenmodells (NDOM) [13]. Da uns keine Informationen zu Baumtypen vorlagen, wurde allen Bäumen im Untersuchungsgebiet im Istfall ein „dichter“ Belaubungsgrad zugewiesen.

Für die Berechnungen zum Planfall wurden die Standorte der Baumneupflanzungen aus dem städtebaulichen Konzept entnommen. Für die Neuanpflanzungen von Bäumen wurde eine Höhe von 10 m und ein „dichter Belaubungsgrad“ festgelegt.

Unversiegelten Bereichen im Untersuchungsgebiet ohne Baumbewuchs wurde im Ist- und Planfall pauschal ein niedriger Bewuchs (Gras, Rasen) mit einer Wuchshöhe von 10 cm zugewiesen.

In Anlage 23 und Anlage 24 sind die in die Berechnungen eingehenden Vegetationsbestände für beide Planungssituationen dargestellt.

6.2.3 Oberflächen

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor zur Ausprägung des innerstädtischen Klimas ist die Oberflächenbeschaffenheit. So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung die Ver-

dunstung gegenüber einer Freifläche reduziert, was zu einer Erhöhung der Temperaturen führt. Über versiegelten Flächen erfolgt zudem eine stärkere Wärmespeicherung der einfallenden kurzwelligen Strahlung. Diese Wärme wird nachts wieder an die Umgebungsluft abgegeben und sorgt für eine gegenüber dem Umland deutlich reduzierte Abkühlung.

Anders als bei den versiegelten Flächen werden bei unversiegelten Grünflächen zusätzlich die Bodeneigenschaften des Untergrundes berücksichtigt, da sich je nach Bodenart und damit einhergehender Korngrößenzusammensetzung unterschiedliche Versickerungsraten und Wasserspeicherfähigkeiten ergeben. Die benötigten Informationen zu den Bodenprofilen wurden auf Grundlage des Informationssystems „Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50.000 (BK50)“ [18] abgeleitet.

Die versiegelten Flächen im Bestand im und außerhalb des Plangebietes wurden anhand aktueller Orthofotos [15] sowie anhand von ALKIS - Bodenbedeckungsdaten des Landes NRW [17] erfasst. Für Straßen wurde hierbei Asphalt, für weitere versiegelte Flächen wie z.B. Parkplätze Beton bzw. Pflaster als Versiegelungsmaterial vorgegeben.

Die Ableitung der Oberflächenarten im Planfall erfolgte auf Grundlage des städtebaulichen Konzeptes [2]. Für die im Plangebiet verlaufenden Straßen wurde Asphalt angenommen. Bei den Grundstücken innerhalb des Plangebietes werden die Zufahrten der Nebenanlagen und die Terrassenflächen als mit Beton versiegelten Oberflächen im Modell berücksichtigt.

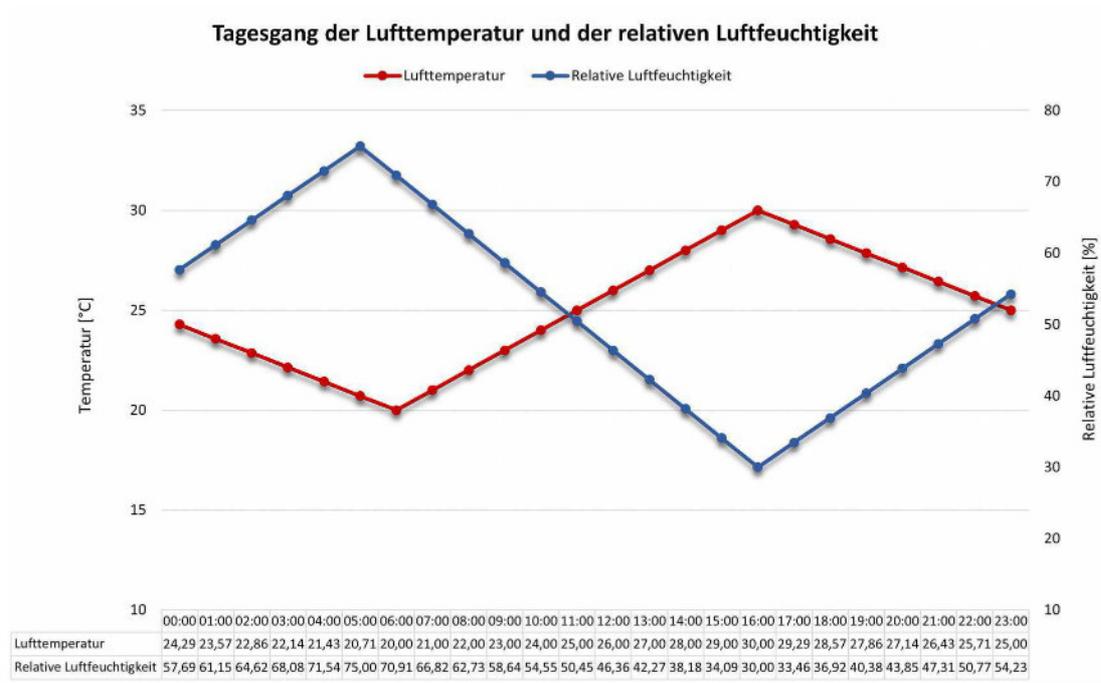
Grundsätzlich wird in beiden Planungssituationen den unversiegelten Vegetationsflächen unterhalb der angesetzten Rasenfläche die zugrunde liegende Bodeneigenschaft zugewiesen.

Anlage 25 und Anlage 26 zeigen die ins Modell einfließenden Oberflächenbeschaffenheiten für den Ist- und Planfall.

6.2.4 Initialisierungsparameter

Innerhalb von ENVI-met können die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter Lufttemperatur und relative Feuchte entweder über feste Startparameter oder durch ein sogenanntes „Simple-Forcing“ vorgegeben werden. Beim Simple-Forcing werden die Bedingungen am Einströmrand für jede Stunde des Tages explizit vorgegeben. Als meteorologischer Antrieb für die Klimamodelle wurde ein heißer Sommertag mit einer nachmittäglichen Maximaltemperatur von 30°C und einer nächtlichen Minimaltemperatur von 20°C gewählt. Die Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit können aus der folgenden Abbildung 6.1 entnommen werden:

Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing



Ein weiterer wichtiger Initialisierungsparameter ist die Bodenfeuchte zum Startzeitpunkt der Simulation. Im vorliegenden Fall wurde eine Bodenfeuchte von 75 % in der oberflächennahen Bodenschicht angesetzt, d.h. dass noch ausreichend Wasser für Verdunstungsprozesse im Boden vorhanden ist. Dies repräsentiert die typischen Verhältnisse an einem Sommertag, dem wenige Tage zuvor Regenfälle vorausgegangen waren. Durch Verdunstung wirkt diese Feuchte kühlend auf die darüber liegenden Luftschichten. Ein komplett ausgetrockneter Boden nach einer Hitzeperiode hat demnach eine deutlich niedrigere Kühlleistung, was einerseits durch insgesamt höhere Temperaturen im Rechenmodell sichtbar werden würde und andererseits zu einem geringeren Unterschied zwischen versiegelten und unversiegelten Flächen führen würde. Im Gegensatz dazu ist ein gesättigter Boden nach anhaltendem sommerlichen Landregen mit einer höheren Kühlleistung und damit mit insgesamt niedrigeren Temperaturen und stärkeren Unterschieden zwischen den Oberflächenarten verbunden.

Für die Anströmung wurde eine konstante Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s in 10 m Höhe vorgegeben. Dies entspricht einer typischen sommerlichen Schwachwindsituation. Zur Ableitung der zu untersuchenden Windrichtung an Tagen mit einer Maximaltemperatur über 30 °C wurden Wetterdaten von der LANUV-Station herangezogen. Anlage 5 zeigt die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an dieser Station in allen Situationen des Auswertzeitraumes (links) sowie für heiße Tage mit einer Maximaltemperatur > 30 °C (rechts). Die Hitze-Windrose zeigt ein deutliches Windrichtungs-Maximum aus östlichen Windrichtungen.

gen. Daher wurde die Windrichtung Ost (80°) als die beurteilungsrelevante Anströmungsrichtung bei Hitzewetterlagen ausgewählt (vgl. Kapitel 4.3 und Anlage 5).

Die Berechnungen umfassen insgesamt 36 h und starten um 4 Uhr zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs. Für die Ergebnisanalyse werden die Modellausgaben des zweiten Tages genutzt. Der erste Tag dient lediglich als Modell-Einschwingphase.

Als Eingangsparameter zur Berechnung des thermischen Komforts mittels des PET-Wertes werden die Standardeinstellung gemäß der Norm DIN EN ISO 7730 verwendet [29]. Dabei wird von einer 35-jährigen männlichen Person mit einem Körpergewicht von 75 kg und einer Größe von 1,75 m ausgegangen, die eine leichte körperliche Aktivität (langsames Gehen mit 4 km/h) ausübt. Hieraus ergibt sich eine metabolische Rate von 164,5 W. Weiterhin wird ein Bekleidungsindex von 0,9 einbezogen, was einem leichten Anzug entspricht.

Die nachfolgende Tabelle 6.1 dokumentiert die wichtigsten Initialisierungsparameter der Simulationsrechnungen:

Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen

| Initialisierungsparameter | Startwert |
|--|--|
| Geographische Position | 50,37°N, 7,63°E |
| Startzeit der Simulation | 20.06., 04:00 Uhr |
| Dauer der Simulation | 36 Stunden |
| Lufttemperatur in 2 m über Grund | Simple Forcing (Spanne zwischen 20,0 °C und 30,0 °C) |
| Relative Feuchte in 2 m über Grund | Simple Forcing (Spanne zwischen 30 % und 75 %) |
| Rauigkeitslänge z0 | 0,1 m |
| Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund | 1,5 m/s |
| Windrichtung | 80° (Ost) |
| Bodentemperatur | |
| Oberste Schicht (0-20 cm) | 20,5 °C |
| mittlere Schicht (20 – 50 cm) | 21,5 °C |
| tiefe Schicht (50 – 200 cm) | 20,3 °C |
| Gesteinsschicht (> 200 cm) | 20,3 °C |
| Bodenfeuchte | |
| Oberste Schicht (0-20 cm) | 75,0 % |
| mittlere Schicht (20 – 50 cm) | 80,0 % |
| tiefe Schicht (50 – 200 cm) | 70,0 % |
| Gesteinsschicht (> 200 cm) | 70,0 % |

6.3 Ergebnisse der mikroklimatischen Simulation

Die Berechnungen wurden mit den dokumentierten Eingangsdaten für den Istfall und die beiden Planvarianten für jeweils eine Anströmungsrichtung durchgeführt.

Für die Untersuchung zur Durchlüftung wurden die Windfelder um 14 Uhr analysiert und im bodennahen Höhengniveau (1,5 m ü. Grund) ausgewertet und dargestellt. Die Windfelder zu anderen Tageszeiten unterscheiden sich nur unwesentlich von der 14 Uhr Situation und werden daher nicht analysiert.

Zur Bestimmung der thermischen Belastung wurden die beiden Kenngrößen Lufttemperatur und PET-Wert analysiert. Dabei wird die Lufttemperatur zu zwei verschiedenen Tageszeiten (14 Uhr – wärmste Stunde des Tages und 4 Uhr – kälteste Nachtstunde) ausgewertet und dargestellt, in der Ergebnisauswertung zum PET-Wert wurde der Mittelwert zwischen 12 und 16 Uhr visualisiert.

Nachts ist für die Bewertung der bioklimatischen Belastungssituation insbesondere die Lufttemperatur von Bedeutung, da bei hohen nächtlichen Temperaturen die Erholung durch das Schlafen deutlich eingeschränkt wird.

Tagsüber wird die thermische Belastung neben der Lufttemperatur zusätzlich durch die Strahlungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die relative Luftfeuchte geprägt. Diese Einflussparameter werden durch den PET-Wert beschrieben.

Die Anlage 27 bis Anlage 30 sind so aufgebaut, dass die obere Abbildungsreihe den Istfall und den Planfall mit einer nicht unterströmbaren Lärmschutzwand sowie die planungsbedingten Differenzen bei östlicher Anströmungsrichtung zeigt. Die untere Abbildungsreihe zeigt ebenfalls den Istfall, allerdings mit der zweiten Planungsvariante (unterströmbare Lärmschutzwand) sowie die daraus resultierenden Differenzwerte.

Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt grundsätzlich zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse die stadtklimatologischen Verhältnisse unter den zugrunde gelegten Einström- und Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 6.2.4) repräsentieren. Änderungen der aufgeführten Initialisierungsparameter werden zu abweichenden Ergebnissen führen.

6.3.1 Durchlüftung

Anlage 27 zeigt die simulierten Windgeschwindigkeiten für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Windgeschwindigkeitsdifferenzen für die untersuchte östliche Windrichtung im bodennahen Niveau von 1,5 m über Grund um 14 Uhr. Die berechneten Windfelder beziehen sich hierbei auf eine typische Schwachwindsituation mit einer ungestör-

ten Anströmgeschwindigkeit von 1,5 m/s in 10 m Höhe. Gemäß der Beaufort-Skala [30] mit der die Auswirkungen des Windes beschrieben werden können, entspricht eine derartige Windgeschwindigkeit einem „leichten Zug“. Die Wirkung an Land wird als „kaum merklich, Rauch treibt leicht ab, Windflügel und Windfahnen unbewegt“ beschrieben.

In den Ergebnisdarstellungen zeigen grüne Farbtöne deutlich reduzierte Windgeschwindigkeiten an. Orangene Farbtöne weisen Flächen aus, in denen die mittlere Windgeschwindigkeit in etwa der ungestörten Freilandgeschwindigkeit entspricht.

Für die Berechnungsergebnisse im Istfall lassen sich folgende allgemeine Aussagen treffen:

- Insgesamt erweisen sich insbesondere ausgedehnte Bereiche mit geringer Rauigkeit als gut durchlüftet. Hierzu zählen beispielsweise die Freiflächen nördlich der Wehrenboldstraße sowie parallel zur östlichen Windrichtung verlaufende Straßen, wie beispielsweise die Wilhelm-Hauff-Straße nördlich des Plangebietes.
- In den bebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes ist die Belüftungssituation aufgrund der erhöhten Rauigkeit gegenüber den ungestörten Freilandverhältnissen bereits deutlich reduziert. Diese Situation ist typisch für eine städtische Bebauung und ist damit als üblich anzusehen.
- Das Plangebiet erweist sich insgesamt als gut durchlüftet. Dies ist auf den aktuell niedrigen Bewuchs der Brachfläche zurückzuführen. Trotz der Hinderniswirkung des quer zur Windrichtung verlaufenden Bahndamms, hat sich das Windfeld auf der windabgewandten Seite des Damms in wenigen Metern Entfernung bereits normalisiert. Somit werden im Plangebiet weitestgehend Windgeschwindigkeiten von rund 1 m/s erreicht. Im Umfeld der Kleingartenanlage im nördlichen Plangebiet sind die Geschwindigkeitswerte vergleichsweise zwar etwas geringer, aufgrund der niedrigen Höhe der Kleingartenhäuser und des niedrigen Anteils an hoher Vegetation wird diese jedoch ebenfalls gut durchlüftet.

Aus der Ergebnisauswertung zu den beiden Planvarianten und zu den planungsbedingten Differenzen können folgende Aussagen zur Durchlüftungssituation in Bodennähe getroffen werden:

- Neben einer veränderten Vegetationsbeschaffenheit haben die vorgesehenen Plangebäude aufgrund ihrer Höhe, ihrer Ausrichtung und ihrer Kubatur einen deutlichen Einfluss auf die Durchströmbarkeit des Plangebietes.
- Aufgrund der Hinderniswirkung der Plangebäude zeigen die Simulationen im Umfeld der neuen Bebauung deutliche Geschwindigkeitsreduktionen. Den deutlichsten, geschwindigkeitsmindernden Einfluss haben die quer zur Windrichtung ausgerichteten

Mietreihenhäuser im südlichen, westlichen und vereinzelt im östlichen Plangebiet. Die Bereiche zwischen den parallel zur Windrichtung ausgerichteten Reihenhäusern im nördlichen Abschnitt des Plangebietes sind im Vergleich zum restlichen Plangebiet besser durchlüftet.

- Im neu bebauten Teil des Plangebietes werden demnach nur noch Windgeschwindigkeiten von bis 0,5 m/s erreicht. In der angrenzenden Kleingartenanlage sind keine Veränderungen der Durchlüftungssituation erkennbar.
- Aus den Ergebnissen kann außerdem ein strömungsmindernder Einfluss der Lärmschutzwand abgeleitet werden, da auf der windabgewandten Seite der Vorrichtung ebenfalls geringe Windgeschwindigkeiten ausgewiesen werden.
- Aus den Differenzdarstellungen zu den beiden Planungsvarianten der Lärmschutzwand wird zudem ersichtlich, dass durch eine Unterströmbarkeit der vorgesehenen Lärmschutzwand keine spürbare Verbesserung der Durchlüftung im Plangebiet erreicht werden kann.
- Insgesamt beschränkt sich der Einfluss des Planvorhabens auf die Durchlüftung auf das direkte Umfeld der neuen Bebauung. Auswirkungen außerhalb der Plangrenzen sind auf Grundlage der Simulationsergebnisse nicht zu erwarten.

6.3.2 Lufttemperaturen

6.3.2.1 14 Uhr

Anlage 28 zeigt die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für die untersuchte Hauptwindrichtung an Hitzetagen (80°) für den Istfall und die beiden Planvarianten sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen zur wärmsten Tagesstunde (14 Uhr).

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Temperaturniveau getroffen werden:

- An den Einströmrändern im Untersuchungsgebiet werden bei der untersuchten Windrichtung vereinzelt relativ hohe Temperaturen ausgewiesen. Diese hohen Temperaturen resultieren allerdings aus modelltechnischen Randeffekten und sollten daher nicht weiter interpretiert werden. Verlässliche Ergebnisse sind etwa ab Entfernungen von 100 m zum Einströmrand zu erwarten.

- Grundsätzlich erwärmt sich die Luft bei der an Hitzetagen typischen Anströmungsrichtung Ost vergleichsweise stark beim Überströmen von großflächigen Freiflächen, da sich die bodennahen Luftschichten trotz einer guten Durchlüftung durch die direkte solare Einstrahlung in Kombination mit fehlender Verschattung hier besonders stark aufheizen. Somit werden auf den freien Wiesenflächen und auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen nördlich der Wehrenboldstraße relativ hohe Temperaturen ausgewiesen.
- Bereiche, die relativ gut durchlüftet und durch umstehende Gebäude verschattet werden, wie beispielsweise in der Bebauung nördlich und südlich der Friedrich-Wilhelm-Weber-Straße, weisen im Gegensatz zu den Freiflächen geringere Lufttemperaturen auf.
- Aufgrund der Verschattungs- und Verdunstungskühlleistung von Vegetation werden in Bereichen mit dichten Baumbeständen insgesamt die niedrigsten Temperaturen am Nachmittag ausgewiesen. Dahingehend wird beispielsweise innerhalb der südlich an den Bahndamm angrenzenden Waldfläche ein geringes Temperaturniveau erreicht.
- Innerhalb des Plangebietes zeigen die Ergebnisse, dass von der südlich angrenzenden Waldfläche kühlere Luft in das Plangebiet einströmt und sich aufgrund der fehlenden Verschattung durch Bäume oder Gebäude beim Überströmen der Brachfläche leicht erwärmt. Daraus ergibt sich innerhalb der Plangrenzen ein Temperaturunterschied von bis zu 1 °C.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall und zu den planungsbedingten Differenzen können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Temperaturniveau getroffen werden:

- Sowohl die Abbildungen zur Lufttemperatur am Nachmittag als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass durch das Planvorhaben eine leichte Veränderung des nachmittäglichen Temperaturniveaus erfolgt.
- Durch die neue Bebauungssituation ist das Temperaturniveau innerhalb des Plangebietes im Vergleich zum Istfall homogener ausgeprägt, sodass nach Realisierung des Vorhabens lediglich ein Temperaturunterschied von bis zu 0,6 °C innerhalb des Plangebietes zu erwarten ist.
- Bei der an Hitzetagen dominierenden Windrichtung Ost zeigt sich, dass durch die neuen Gebäude und die vorgesehenen Baumpflanzungen Verschattungszonen generiert werden, was zu einer verminderten direkten Sonneneinstrahlung und demzufolge zu einer reduzierten Aufheizung der Bodenoberflächen führt.

- Dies hat zur Folge, dass gegenüber der Istsituation eine Abkühlung von bis zu 0,6 °C aus den Berechnungsergebnissen hervorgeht.
- Diese Abkühlung beschränkt sich hierbei nicht nur auf die Flächen innerhalb der Plangebietsgrenzen, sondern betrifft auch die angrenzenden Bereiche außerhalb des Plangebietes. So resultiert in der westlich an das Plangebiet angrenzenden Wohnbebauung entlang der Grenzstraße eine negative Temperaturdifferenz gegenüber dem Istfall von bis zu -0,4 °C. Diese Abkühlung der Lufttemperatur reicht bis in 150-200 m Entfernung über die Plangebietsgrenzen hinaus.
- Die Ergebnisse zeigen somit, dass durch die Realisierung des Planvorhabens insgesamt eine Reduktion des nachmittäglichen Temperaturniveaus innerhalb des Plangebietes sowie in dessen näheren Umgebung am Nachmittag hervorgerufen wird.
- Durch die Umsetzung einer unterströmbaren Lärmschutzwand (vgl. untere Abbildungsreihe in Anlage 28) können im Vergleich zur geschlossenen Lärmschutzwand keine spürbaren Effekte auf das nachmittägliche Temperatur festgestellt werden.

6.3.2.2 4 Uhr

Anlage 29 zeigt die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen für die untersuchte Anströmungsrichtung um 4 Uhr in der kältesten Nachtstunde.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall können folgende Aussagen zum nächtlichen Temperaturniveau im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- An den Einströmrändern des Rechengebietes werden sehr geringe Temperaturen ausgewiesen. Diese niedrigen Temperaturen resultieren aus modelltechnischen Randeffekten und sollten daher nicht weiter interpretiert werden. Verlässliche Ergebnisse sind ab Entfernungen von 100 m zum Einströmrand zu erwarten.
- Die Luft hat sich in den Nachtstunden gegenüber der Nachmittagssituation aufgrund der langwelligen Ausstrahlung und der damit einhergehenden negativen Energiebilanz abgekühlt.
- Da im Istfall das Plangebiet weitestgehend unversiegelt ist, nehmen die Oberflächen innerhalb des Plangebietes im Vergleich zu versiegelten Bereichen außerhalb des Plangebietes, wie beispielsweise in der nördlich bis westlich angrenzenden Bebauung, tagsüber weniger Wärme auf. Dadurch kühlen die unversiegelten Bereiche im Vergleich zu versiegelten Oberflächen deutlich effektiver aus.

- Im Plangebiet wird in den Nachtstunden insgesamt ein sehr homogenes Temperaturniveau mit Werten zwischen 22,8 und 23,2 °C erreicht.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall und zu den planungsbedingten Differenzen können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Temperaturniveau getroffen werden:

- Sowohl die Abbildungen zur Lufttemperatur in der Nacht als auch die Differenzdarstellungen liefern die Erkenntnis, dass durch die Realisierung des Planvorhabens bei der untersuchten Windrichtung Ost von einer geringen nächtlichen Erwärmung gegenüber der Bestandssituation auszugehen ist.
- Die Erwärmung ist auf eine veränderte Bebauungssituation zurückzuführen. Sowohl die geplanten Gebäude als auch die neuen versiegelten Flächen haben sich aufgrund einer hohen Wärmespeicherkapazität der Baumaterialien im Tagesverlauf aufgeheizt und geben die gespeicherte Wärme nun im Lauf der Nacht an die Umgebungsluft ab, während die unversiegelten Flächen im Bestand effektiver auskühlen.
- Innerhalb des Plangebietes werden somit zum Zeitpunkt der stärksten nächtlichen Abkühlung um 4 Uhr Temperaturen ausgewiesen, die weitestgehend um 0,2 °C höher sind als im Istfall.
- Diese Erwärmungen können zudem über die Plangebietsgrenzen hinaus in den Modellen nachgewiesen werden. Somit ist auch die westlich angrenzenden Bebauung entlang der Grenzstraße bis in 100 m Entfernung von einer leichten Erwärmung von bis zu 0,2 °C betroffen.
- Diese Temperaturerhöhungen in und außerhalb des Plangebietes sind jedoch aufgrund der geringen Ausprägung als unkritisch zu bewerten.
- Durch die Umsetzung einer unterströmbaren Lärmschutzwand (vgl. untere Abbildungsreihe in Anlage 29) können im Vergleich zur geschlossenen Lärmschutzwand keine fühlbaren Verbesserungen in Bezug auf das nächtliche Temperatur erzielt werden.

6.3.3 Bioklima (PET)

Anlage 30 zeigt die simulierten PET-Werte für den Istfall und die Planvarianten sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Differenzen für die untersuchte Windrichtung am Nachmittag. Die dargestellten PET-Werte sind das Ergebnis einer Mittelwertwertbildung aus den Simulationsergebnissen zwischen 12 und 16 Uhr.

Die Grafiken in Anlage 30 zeigen, dass infolge der gewählten Initialisierungsparameter (Sommertag mit einer maximalen Temperatur von 30 °C) sowohl Ist- als auch im Planfall im gesamten Untersuchungsgebiet mit Wärmebelastungen (vgl. Tabelle 4.1) gerechnet werden muss. Dabei ist die Wärmebelastung in von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen mit eingeschränkter Durchlüftung als mäßig bis stark zu bezeichnen, in unverschatteten Bereichen mit eingeschränkter Durchlüftung wird die Wärmebelastung aber als extrem empfunden.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Bioklima im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Grundsätzlich ergeben sich sehr hohe bioklimatische Belastungen mit PET-Werten > 47 °C insbesondere in Bereichen mit niedrigen Windgeschwindigkeiten und gleichzeitig unverminderter Sonneneinstrahlung.
- Außerhalb des Plangebietes treten bei der an Hitzetagen in Lünen typischen östlichen Anströmungsrichtung extreme bioklimatische Belastungen mit PET-Werten > 51 °C in den dicht bebauten Bereichen auf. Davon betroffen sind insbesondere die sonnenzugewandten, windabgewandten Gebäudeseiten, da die Reflexion der einfallenden Strahlung an den Gebäuden bei gleichzeitig fehlender Verschattung und geringer Durchlüftung besonders belastend auf das Bioklima wirkt.
- Geringere thermische Belastungen herrschen dagegen in den von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen. Aufgrund der Verschattungswirkung und Verdunstungskühlleistung der Vegetation werden die insgesamt niedrigsten PET-Werte innerhalb der Waldfläche entlang des Bahndamms erreicht.
- In gut durchlüfteten Bereichen, wie beispielsweise auf der Freifläche nördlich der Wehrenboldstraße oder innerhalb der Wohnbebauung südöstlich des Bahndammes ist der PET-Wert ebenfalls weniger extrem ausgeprägt, dennoch ist die bioklimatische Belastung aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung weitestgehend sehr hoch.
- Auf der zukünftig bebauten Fläche innerhalb des Plangebietes ist die Wärmebelastung infolge von fehlenden Verschattungselementen und der daraus resultierenden direkten solaren Einstrahlung stark ausgeprägt.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall und zu den planungsbedingten Differenzen können folgende Aussagen zur nachmittäglichen bioklimatischen Belastung getroffen werden:

- Durch die Realisierung des Planvorhabens nach aktuellem Stand ist innerhalb des Plangebietes weitestgehend mit einer deutlichen Erhöhung der thermischen Belas-

tung zu rechnen. Sehr hohe thermische Belastungen von $> 47^{\circ} \text{C}$ treten hierbei insbesondere in Bereichen westlich und südlich der besonnten Gebäudefassaden mit geringem Durchlüftungspotenzial auf. In diesen Bereichen sollte mit geeigneten Maßnahmen versucht werden, das bioklimatische Belastungsniveau zu senken.

- Vereinzelt wird infolge der neuen Bebauung und der vorgesehenen Baumpflanzungen und einer hierdurch lokal erhöhten Verschattung aber auch eine Verbesserung des Bioklimas prognostiziert.
- Die Verschlechterung der bioklimatischen Belastung wird insbesondere durch die verminderte Durchlüftung in Kombination mit der erhöhten reflektierten Strahlung an Gebäuden hervorgerufen.
- Die Differenzdarstellungen in Anlage 30 zeigen auch, dass, bedingt durch die Höhe der Plangebäude und der Lärmschutzwand sowie der neuen Baumpflanzungen im Umfeld der neuen Bebauung Verschattungszonen generiert werden, in denen nur eine mäßige thermische Belastung vorliegt. Demnach ist auf den sonnenabgewandten Seiten der Mietreihenhäuser im nördlichen Plangebiet und der Einzelhäuser im Westen und Osten die bioklimatische Belastung geringer als im Istfall. Ebenfalls werden auf der sonnenabgewandten Seite der Lärmschutzwand nur geringe PET-Werte erreicht.
- Beim Vergleich zwischen Istfall und den beiden Planvarianten wird deutlich, dass sich die Änderungen des thermischen Belastungsempfindens auf das Plangebiet beschränken und somit die bioklimatische Belastung im Umfeld des Vorhabens nicht verändert wird.
- Durch die Umsetzung einer unterströmbaren Lärmschutzwand (vgl. untere Abbildungsreihe in Anlage 30) können im Vergleich zur geschlossenen Lärmschutzwand keine signifikanten Effekte auf das nachmittägliche Bioklima festgestellt werden.

7 Planungsempfehlungen

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken. Dies trifft insbesondere auf die Durchlüftung und die bioklimatische Belastung zu.

In Bezug auf das Temperaturniveau hingegen ist am Nachmittag auf Grund des höheren Anteils an verschatteten Flächen mit einer geringfügigen Temperaturreduzierung zu rechnen, welche zum Teil bis in die angrenzende Wohnbebauung entlang der Grenzstraße hineinreicht. In den Nachtstunden ist auf Grund der Wärmeabgabe der geplanten Gebäude anders als in den Nachmittagsstunden eher mit einer geringfügigen Temperaturzunahme zu rechnen. Diese betrifft außerhalb des Plangebietes insbesondere die Gebäude entlang der Grenzstraße südlich der Friedrich-Wilhelm-Weber Straße.

Aufgrund der verminderten Durchlüftung, der geringen Verschattung und der Wärmeabstrahlung der Gebäude bilden sich innerhalb der Plangebietsgrenzen Bereiche mit zum Teil sehr hohen bioklimatischen Belastungen aus.

Zur Reduktion der bioklimatischen Belastung innerhalb des Plangebietes und der geringfügigen nächtlichen Erwärmung im Bereich der Grenzstraße sollten bei fortschreitender Planung nach Möglichkeit folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden. Diese können einzeln oder in Kombination umgesetzt zur Reduktion des Belastungsniveaus beitragen.

Erhöhung des Baumanteils

Da Bäume sowohl durch Verschattung als auch über Abkühlungsprozesse durch Evapotranspiration zur Verminderung der bodennahen Lufttemperatur beitragen, wird empfohlen weitere Baumstandorte in Erwägung zu ziehen. Dabei sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass das ohnehin durch die geplante Bebauung beeinträchtigte Windfeld nicht zusätzlich gestört wird. Daher sollten die Bäume eine ausgeprägte Krone aufweisen und im Stammbereich möglichst wenig Strömungswiderstand durch Äste und Blätter liefern. Für weitere Baumstandorte sollten vornehmlich Bereichen mit hohen bioklimatischen Belastungen ausgewählt werden. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels empfiehlt die VDI 3787 Blatt 8 [31], insbesondere stadtklimafeste, also hitze- und trockenheitsresistente Arten auszuwählen, die jedoch während andauernden Hitzeperioden ausreichend bewässert werden sollten, um eine Verbesserung der thermischen Verhältnisse sicherzustellen. Weiterhin sollte beachtet werden, großkronige Arten mit geringer oder mittlerer Lichtdurchlässigkeit zu wählen, um eine effektive Transpiration und Verschattungswirkung zu erzielen. Hinweise zu geeigneten Arten liefert zum Beispiel die GALK-Straßenbaumliste [20].

Fassadenbegrünung und intensive Dachbegrünung

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine zusätzliche Gebäudebegrünung in Form von Fassadenbegrünung vorzunehmen, besonders in den Bereichen mit sehr hoher thermischer Belastung auf der sonnenzugewandten Seite der Plangebäude. Diese Begrünungsart liefert zwar keine zusätzlichen Verschattungsflächen, kann aber die Reflexion von den Gebäuden in Richtung Boden reduzieren und die Verdunstung erhöhen, wodurch sich ebenfalls das Bioklima verbessert. Ein weiterer Vorteil dieser Begrünungsart liegt darin, dass die Gebäude tagsüber weniger Wärme aufnehmen, wodurch sich die nächtliche Wärmerückstrahlung ebenfalls reduziert. Zudem greift diese Begrünungsart nur geringfügig in das Windfeld ein. Durch die aktive Bewässerung der Fassadenbegrünung kann auch während anhaltenden Trockenphasen durch Verdunstung Kühle entstehen.

Neben der bereits extensiv genutzten Dachflächen würde sich eine intensive Dachbegrünung zusätzlich positiv auf das Mikroklima auswirken, da mehrschichtige und mächtigere Substrate die Regenwasserrückhaltung verbessern und gleichzeitig in Trockenphasen für eine längere Wasserversorgung der Pflanzen sorgen können. Für eine intensive Dachflächenbegrünung bieten sich insbesondere die Dachflächen der vorgesehenen Garagen an.

Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten

Um die nachmittägliche Wärmeaufnahme zu reduzieren, eignen sich im Außenbereich Oberflächen bzw. Baumaterialien mit hellen Oberflächen, da diese tagsüber weniger Wärme speichern und dementsprechend auch nachts weniger Wärme an die umliegenden Luftschichten abgeben. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die Zufahrten zu den Nebenanlagen und die Terrassenflächen der Grundstücke, die in den Berechnungen als betoniert angenommen wurden, durch teilversiegelte Materialien wie Rasengittersteine zu ersetzen.

Geeignete Baumaterialien verwenden

Typische städtische Baumaterialien wie Beton nehmen aufgrund ihrer thermischen Eigenschaften tagsüber deutlich mehr Energie auf als natürliche Oberflächen wie beispielsweise Holz und geben diese nachts wieder an die Umgebungsluft ab. Um die nächtliche Wärmebelastung zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialien entsprechend ihrer thermischen Eigenschaften sinnvoll. Neben den stofflichen Eigenschaften ist auch die Oberflächenbeschaffenheit der Baumaterialien relevant. Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der auftreffenden Sonnenenergie sofort wieder reflektiert und steht damit nicht zur Erwärmung zur Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzweilige Strahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf und geben im Lauf der Nacht entsprechend weniger Wärme an die Umgebungsluft ab. Allerdings muss hier auch darauf geachtet werden,

dass die Reflexionen nicht zu einer Verschlechterung des Bioklimas in bodennahen Bereichen führen.

Klimaoptimierte Gestaltung der Lärmschutzwand

Für die vorgesehene Lärmschutzwand entlang des Bahndamms empfiehlt es sich aus klimatischer Sicht statt konventioneller Baumaterialien wie Beton oder Metall natürliche Materialien wie zum Beispiel Holz einzusetzen, da sich diese nicht nur gut in die Landschaft eingliedern, sondern auch günstigere thermische Eigenschaften aufweisen. In Kombination mit einer Begrünung könnte somit der thermische Einfluss auf die umliegenden Luftschichten minimiert werden.

Der Nachteil einer begrünten Wand besteht in den gegenüber einer konventionellen Wand deutlich höheren Anforderungen an die Statik und Erschließung sowie dem erhöhten Bewirtschaftungs- und Pflegeaufwand. Auf Grund dieser negativen Eigenschaften wird auf die Berücksichtigung einer begrünten Wand in den Berechnungen zur optimierten Planvariante (vgl. Kapitel 8) zunächst verzichtet.

Grünflächenbewässerung

Während langer Hitzeperioden trocknen die Böden aus. Die trockenen Böden verhalten sich dann ähnlich wie Stein und Beton und können keinen Beitrag mehr zur Kühlung leisten. Auf ausreichend mit Wasser versorgten Grünflächen und Böden wird dagegen ein Teil der Energie durch Verdunstung (Transpiration von Pflanzen und Evaporation von Böden) in latente Wärme umgewandelt. Flächen mit hoher Evaporation heizen sich deshalb deutlich weniger auf und können angrenzende städtische Flächen kühlen. Um eine ausreichende Bewässerung der Grünflächen auch in Trockenperioden zu gewährleisten, eignen sich beispielsweise oberirdische oder unterirdische Regenwasserspeicher, um in Zeiten des Wasserüberschusses (z.B. nach Starkregen) das anfallende Wasser zwischenzuspeichern, damit es dann in Hitzeperioden wieder abgegeben werden kann.

Offene Wasserflächen

Eine weitere Möglichkeit hohen Wärmebelastungen entgegenzuwirken besteht darin, offene Wasserflächen zu schaffen. Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und kühlt so die aufgeheizte Luft. Indem der Anteil von Wasserflächen in Städten erhöht wird, kann ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Bewegte Wasser wie Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen hierbei insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen.

8 Eingangsdaten und Ergebnisse der optimierten Planvariante

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden realisierbare Maßnahmen erarbeitet, mit denen den zu erwartenden Erwärmungstendenzen entgegengewirkt werden kann. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen wurde eine weitere Simulationsrechnung („optimierter Planfall“) durchgeführt.

Hierbei wurden folgende Optimierungsmaßnahmen berücksichtigt:

- Neupflanzung von Bäumen mit einer Höhe von 5 m und einem dichten Belaubungsgrad auf den Einzelgrundstücken der Doppelhäuser und Mietreihenhäuser
- Zusätzliche extensive Dachbegrünung auf 30 % der Doppelhäuser
- Intensive Dachbegrünung auf allen Dächern der Nebenanlagen

Die Anlage 31 zeigt die abgestimmten Begrünungsmaßnahmen im optimierten Planfall.

In Anlage 32 bis Anlage 35 werden die durch das Zusammenspiel der Optimierungsmaßnahmen hervorgerufenen Veränderungen der betrachteten klimatologischen Parameter (Windgeschwindigkeit um 14 Uhr, Lufttemperaturen um 4 Uhr und um 14 Uhr sowie PET-Wert am Nachmittag) gegenüber dem Planfall 2 mit einer unterströmbaren Lärmschutzwand dargestellt. Die Lärmschutzwand wurde auch in der optimierten Planungsvariante als unterströmbaar berücksichtigt.

Anlage 32 zeigt, dass aus der Realisierung der Optimierungsmaßnahmen keine signifikante Veränderung in der bodennahen Durchlüftungssituation resultiert.

Anlage 33 verdeutlicht, dass durch die Optimierungsmaßnahmen nur geringfügige Veränderungen der nachmittäglichen Temperaturen gegenüber dem Planfall 2 resultieren. Durch die zusätzliche Verschattung infolge der neu hinzugekommen Baumpflanzungen ergeben sich kleinräumig geringe Temperaturabnahmen von bis 0,2 °C in Bodennähe innerhalb der Planbereichsgrenzen.

In den frühen Morgenstunden können durch die zusätzlichen Begrünungsmaßnahmen die Erwärmungstendenzen gegenüber der Bestandssituation reduziert werden. Wie Anlage 34 verdeutlicht, reduzieren sich die bodennahen Lufttemperaturen im Vergleich zum Planfall 2 sowohl im Plangebiet selbst als auch in der angrenzenden Bebauung entlang der Grenzstraße und dem Wevelsbacher Weg teilweise um bis zu 0,2 °C. Die von dem Vorhaben ausgehenden nächtlichen Erwärmungstendenzen können durch die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen somit ca. um die Hälfte reduziert werden. Dies ist insbesondere auf die zusätzliche extensive Dachbegrünung auf 30% der Doppelhäuser und die damit verbundene geringere Wärmeaufnahme der Plangebäude in den Tagstunden zurückzuführen.

In Bezug auf die bioklimatische Belastungssituation wird durch die Realisierung der Maßnahmen eine deutliche Verbesserung im Bereich mit zusätzlichen Bäumen bepflanzten Vorgärten und dem jeweils angrenzenden Straßenraum innerhalb des Plangebietes erreicht (vgl. Anlage 35). Der PET-Wert sinkt hier bedingt durch die Verschattung der Baumkronen zum Teil auf unter 30 °C, so dass die Wärmebelastung hier nur noch mit schwach bis mäßig einzuordnen ist (vgl. Tabelle 4.1). Weiterhin werden hohe PET-Werte in den privaten, als weitestgehend unverschattet angenommenen Gartenflächen ausgewiesen. Anhand der Ergebnisdarstellung wird zudem deutlich, dass in Bezug auf die bioklimatische Belastung vor allem die Baumpflanzungen zu einer signifikanten Verbesserung führen. Ein spürbarer Effekt der zusätzlichen Dachbegrünungen kann nicht nachgewiesen werden.

9 Zusammenfassung

Auf einer ehemals als Grabeland genutzten Freifläche in Lünen soll der Bebauungsplan Nr. 230 „Grenzstraße“ aufgestellt werden. Vorgesehen ist die Festsetzung eines allgemeinen Wohngebietes mit überwiegend zwei, teilweise auch dreigeschossigen Wohngebäuden. Südwestlich des Plangebietes verläuft auf einem Damm die Bahnstrecke 2000. Zur Minderung, der von dieser Bahnstrecke ausgehenden Lärmbelastung ist die Errichtung einer parallel zum Bahndamm verlaufenden 8,5 m hohen und 300 m langen Lärmschutzwand vorgesehen. Im nordwestlichen Teilbereich des Plangebietes wird weiterhin die Nutzung „Kleingartenanlage“ festgeschrieben.

In der Klimaanalyse der Stadt Lünen wird das Plangebiet als „Lokal bedeutender Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen“ klassifiziert, welcher von Bebauung und Versiegelung freigehalten werden sollte. Darüber hinaus verläuft südöstlich des Plangebietes eine Luftleitbahn in Südwest-Nordost-Richtung, welche ebenfalls von Bebauung und Emittenten freigehalten und zu den Rändern hin geöffnet werden sollte.

Aufgrund der stadtklimatisch sensiblen Funktion des Plangebietes wurde auf Veranlassung der Stadt Lünen eine Klimauntersuchung durchgeführt, welche die Auswirkungen des Vorhabens auf das Kaltluftgeschehen und die sommerliche Hitzebelastung ermittelt und bewertet.

Die Kaltluftuntersuchungen wurden mit dem Kaltluftmodell KLAM_21 in der aktuellen Version 2.012 durchgeführt.

Es wurden die Szenarien

Istfall: derzeitig unbebaute Freifläche und
Planfall: geplante Bebauungssituation nach Realisierung des Planvorhabens, abgeleitet aus dem vorliegenden städtebaulichen Konzept [2]

untersucht.

Die mikroklimatischen Untersuchungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung wurden mithilfe des Stadtklimamodells ENVI-met in der Version 5.03 (Summer Release 2022) für den Ist- und den Planfall durchgeführt. Hierbei wurde die in Lünen an heißen Sommertagen typische östliche Anströmungsrichtung berücksichtigt. Ergänzend wurde ein zweiter Planfall untersucht, in welchem die Lärmschutzwand auf der gesamten Länge bis in eine Höhe von 2,5 m unterströmbar ausgeführt wird.

Die Berechnungsergebnisse der Kaltluftuntersuchung zeigen, dass das Plangebiet in der Bestandssituation für die aus Richtung der Freiflächen zwischen Lünen, Werne und Cappen-

berg einströmende Kaltluft auf Grund seiner geringen Rauigkeit eine Leitfunktion insbesondere in den frühen Nachtstunden ausübt.

Durch die Realisierung des Planvorhabens wird die Bebauungsdichte und damit die Hinderwirkung für die Kaltluftströmung erhöht. Dies führt dazu, dass innerhalb des Plangebietes und insbesondere in den frühen Nachtstunden auch im Lee des Plangebietes der Kaltluftvolumenstrom um mehr als 10 % abnimmt. Gemäß dem Klassifizierungsschema der VDI 3787 Blatt entspricht dies einer „hohen“ Änderung. Im Gegenzug steigt nordwestlich und südöstlich des Planvorhabens die Volumenstromdichte auf Grund von Umlenkungseffekten zum Teil deutlich an. Hiervon profitieren insbesondere die Wohngebiete nordwestlich des Planvorhabens.

Zur Bilanzierung der dargelegten Veränderungen wurde der Kaltluftvolumenstrom in Bereichen, in denen eine signifikante Minderung oder Zunahme von mehr als 5 % durch das Planvorhaben erfolgte, für den Ist- und den Planfall aufsummiert und anschließend die prozentuale Veränderung ermittelt. Die Bilanzierung zeigt sowohl für die Situation zwei Stunden nach Sonnenuntergang als auch für die Situation 6 Stunden nach Sonnenuntergang einen Rückgang des Kaltluftvolumenstroms von unter 5 % an. Gemäß dem vorgeschlagenen Klassifizierungsschema der VDI 3787 Blatt 5 sind die bilanzierten planerischen Auswirkungen somit insgesamt als gering zu bewerten.

Weiterhin zeigt sich, dass sich im Umfeld des Planvorhabens zwar lokal deutliche Veränderungen in der Kaltluftdynamik ergeben, eine signifikante Schwächung der Kaltluftzufuhr in Richtung der Lünener Innenstadt jedoch ausgeschlossen werden kann.

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken. Dies trifft insbesondere auf die Durchlüftung und die bioklimatische Belastung zu.

In Bezug auf das Temperaturniveau hingegen ist am Nachmittag auf Grund des höheren Anteils an verschatteten Flächen mit einer geringfügigen Temperaturreduzierung zu rechnen, welche zum Teil bis in die angrenzende Wohnbebauung entlang der Grenzstraße hineinreicht. In den Nachtstunden ist infolge der Wärmeabgabe der geplanten Gebäude anders als in den Nachmittagsstunden eher mit einer geringfügigen Temperaturzunahme zu rechnen. Diese betrifft außerhalb des Plangebietes insbesondere die Gebäude entlang der Grenzstraße südlich der Friedrich-Wilhelm-Weber Straße.

Durch die Simulationsrechnungen konnte weiterhin gezeigt werden, dass mit der Öffnung der Lärmschutzwand im Bereich der unteren 2,5 m keine signifikanten Verbesserungen in Bezug auf die mikroklimatischen Verhältnisse an Hitzetagen erzielt werden.

Aufgrund der verminderten Durchlüftung, der geringen Verschattung und der Wärmeabstrahlung der Gebäude bilden sich innerhalb der Plangebietsgrenzen Bereiche mit zum Teil sehr hohen bioklimatischen Belastungen aus. Zur Reduktion dieser hohen bioklimatischen Belastungen innerhalb des Plangebietes und der geringfügigen nächtlichen Erwärmung im Bereich der Grenzstraße sollten bei fortschreitender Planung nach Möglichkeit folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden. Diese können einzeln oder in Kombination umgesetzt zur Reduktion des Belastungsniveaus beitragen.

- Erhöhung der Verschattungswirkung und Verdunstungskühlung durch zusätzliche Baumstandorte
- weitere Gebäudebegrünung in Form von Fassadenbegrünung und intensiver Dachbegrünung zur Verringerung von Reflexionen in Aufenthaltsbereiche sowie der Erhöhung der Verdunstungsleistung
- Verwendung von natürlichen Baumaterialien mit hellen Oberflächen
- klimatische Optimierung der vorgesehenen Lärmschutzwand (Begrünung und/oder Verwendung natürlicher Materialien wie z.B. Holz)
- Bewässerung der Grün- und Rasenflächen aus Regenwasserspeichern, um die Verdunstungsleistung auch während langer Hitze- bzw. Trockenperioden aufrecht zu erhalten
- Schaffung offener Wasserflächen bzw. Realisierung von Springbrunnen oder Wasserzerstäubern

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden realisierbare Maßnahmen erarbeitet, mit denen den zu erwartenden Erwärmungstendenzen entgegengewirkt werden kann. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen wurde eine weitere Simulationsrechnung („optimierter Planfall“) durchgeführt.

Hierbei wurden folgende Optimierungsmaßnahmen berücksichtigt:

- Neupflanzung von Bäumen mit einer Höhe von 5 m und einem dichten Belaubungsgrad auf den Einzelgrundstücken der Doppelhäuser und Mietreihenhäuser
- Zusätzliche extensive Dachbegrünung auf 30 % der Doppelhäuser
- Intensive Dachbegrünung auf allen Dächern der Nebenanlagen

Auf eine Begrünung der Lärmschutzwand wurde auf Grund des absehbar hohen Wartungs- und Pflegeaufwands verzichtet.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch die Optimierungsmaßnahmen die bereits in den nicht-optimierten Planvarianten vorhandene Abkühlung in den Nachmittagsstunden gegenüber der Istsituation zusätzlich leicht verstärkt werden kann. Besonders effektiv wirken die Begrünungsmaßnahmen hingegen in der Nacht. Hier kann die Erwärmung gegenüber den nicht-optimierten Planvarianten um etwa die Hälfte reduziert werden. Dies ist insbesondere auf die zusätzliche extensive Dachbegrünung auf 30% der Dachflächen der Doppelhäuser und die damit verbundene geringere Wärmeaufnahme der Plangebäude in den Tagstunden zurückzuführen.

In Bezug auf die bioklimatische Belastungssituation wird durch die Realisierung der Maßnahmen eine deutliche Verbesserung in den Bereichen der mit zusätzlichen Bäumen bepflanzten Vorgärten und dem jeweils angrenzenden Straßenraum erreicht. Der PET-Wert sinkt hier bedingt durch die Verschattung der Baumkronen zum Teil auf unter 30 °C, so dass hier nur noch eine schwache bis mäßige Wärmebelastung vorliegt. Die Berechnungsergebnisse zeigen zudem, dass in Bezug auf die bioklimatische Belastung vor allem die Baumpflanzungen zu einer signifikanten Verbesserung führen. Ein spürbarer Effekt der zusätzlichen Dachbegrünungen kann nicht nachgewiesen werden.

Signifikante Abkühlungen werden somit insbesondere mit den zusätzlichen extensiven Dachbegrünungen auf den Dachflächen der Doppelhäuser sowie den umfangreichen Baumpflanzungen erreicht. Diese Maßnahmen sollten daher zur Gewährleistung gesunder Wohnverhältnisse umgesetzt werden. Aufgrund der hohen statischen Anforderungen an eine intensive Dachbegrünung bei gleichzeitig eher geringem Minderungspotential ist aus unserer Sicht eine extensive Dachbegrünung der Nebenanlagen aus klimatischer Sicht ausreichend und sollte entsprechend weiterverfolgt werden.

Peutz Consult GmbH

i.V. Dipl.-Geogr. Björn Siebers
(Projektbearbeitung / fachliche Verantwortung)

i.A. M.Sc. Marisa Fritsch
(Projektbearbeitung)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Übersichtslageplan Istfall
- Anlage 2 Übersichtslageplan Planfall
- Anlage 3 Auszug aus der Klimaanalysekarte der Stadt Lünen
- Anlage 4 Auszug aus Planungshinweiskarte der Stadt Lünen
- Anlage 5 Windrichtungs- und geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Lünen-Niederaden im Zeitraum 2011 – 2020
- Anlage 6 Geländehöhen innerhalb des KLAM-Rechengebietes – Übersicht
- Anlage 7 Landnutzung innerhalb des KLAM-Rechengebietes – Übersicht
- Anlage 8 Landnutzung innerhalb des KLAM-Nestinggebietes im Istfall
- Anlage 9 Landnutzung innerhalb des KLAM-Nestinggebietes im Planfall
- Anlage 10 Kaltfluthöhe im Istfall – 2 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 11 Kaltfluthöhe im Planfall – 2 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 12 Prozentuale Änderung der Kaltfluthöhe – 2 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 13 Kaltluftvolumenstrom im Istfall – 2 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 14 Kaltluftvolumenstrom im Planfall – 2 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 15 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms – 2 Stunden nach Sonnenuntergang

- Anlage 16 Kaltluflthöhe im Istfall – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 17 Kaltluflthöhe im Planfall – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 18 Prozentuale Änderung der Kaltluflthöhe – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 19 Kaltluftvolumenstrom im Istfall – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 20 Kaltluftvolumenstrom im Planfall – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 21 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms – 6 Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 22 ENVI-met Modell-Architektur
- Anlage 23 Vegetation im Istfall
- Anlage 24 Vegetation im Planfall
- Anlage 25 Oberflächenbeschaffenheit im Istfall
- Anlage 26 Oberflächenbeschaffenheit im Planfall
- Anlage 27 Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr
- Anlage 28 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr
- Anlage 29 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr
- Anlage 30 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag
- Anlage 31 Vegetation im optimierten Planfall

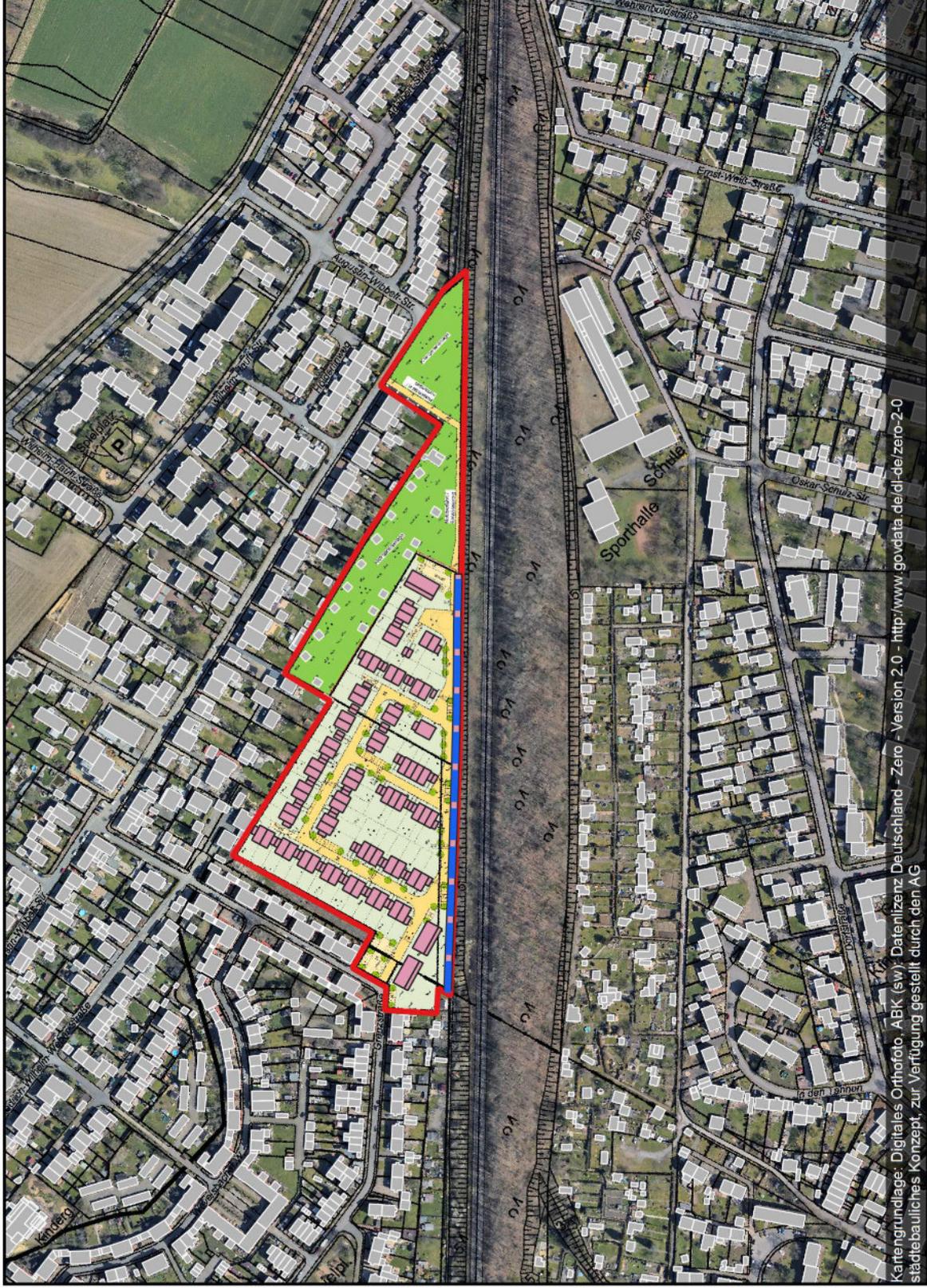
Anlage 32 Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall

Anlage 33 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall

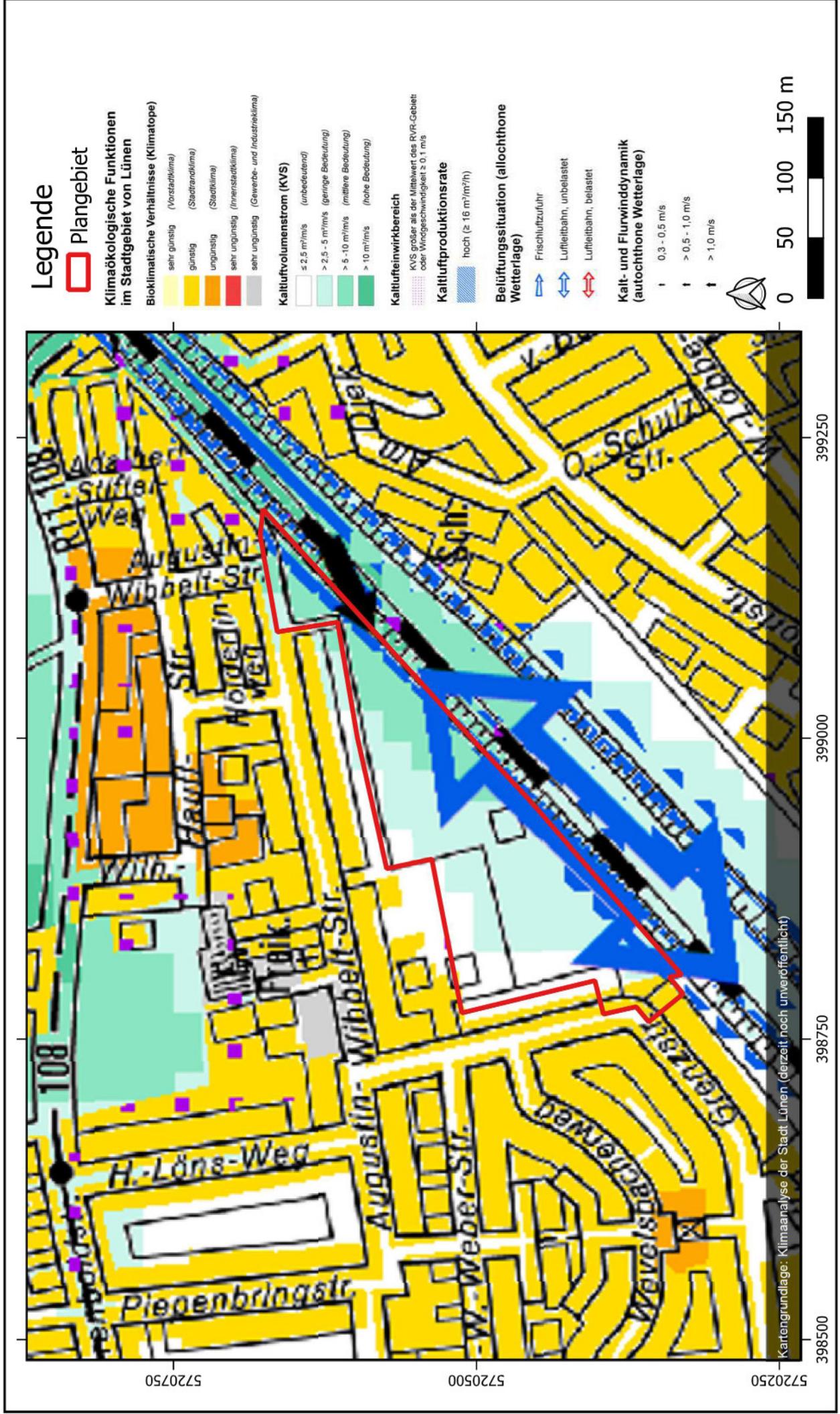
Anlage 34 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall

Anlage 35 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall

Anlage 2: Übersichtslageplan Planfall

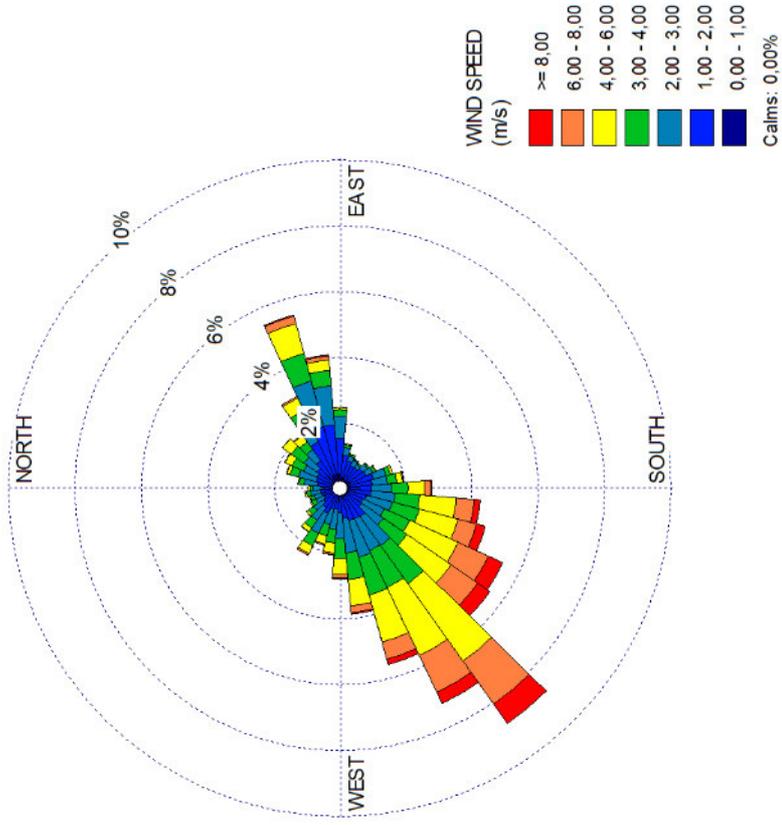


Anlage 3: Auszug aus der Klimaanalysekarte der Stadt Lünen

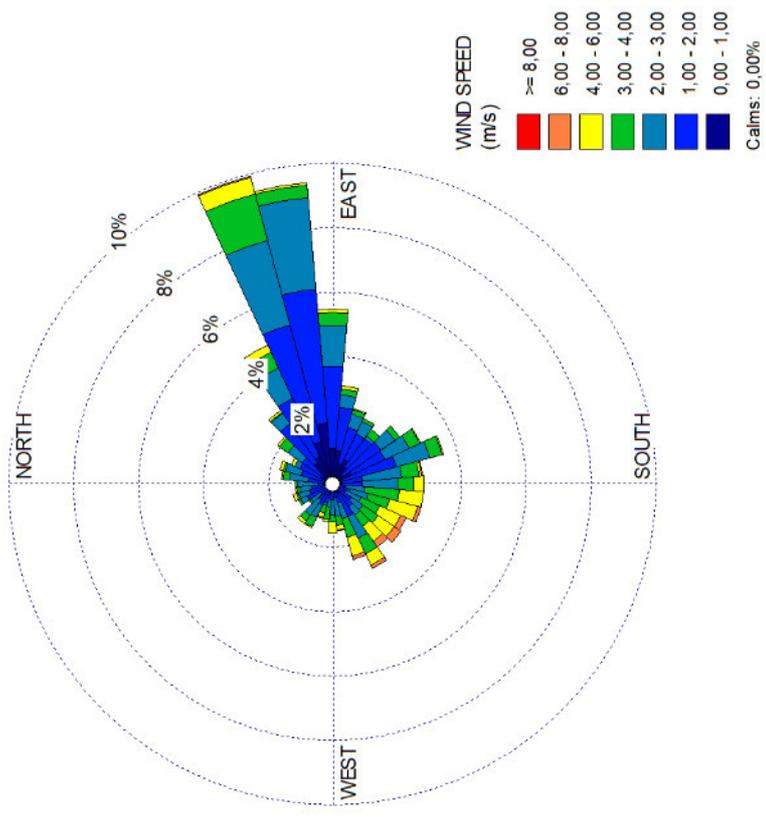


Anlage 5: Windrichtungs- und geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Lünen-Niederaden im Zeitraum 2011 - 2020

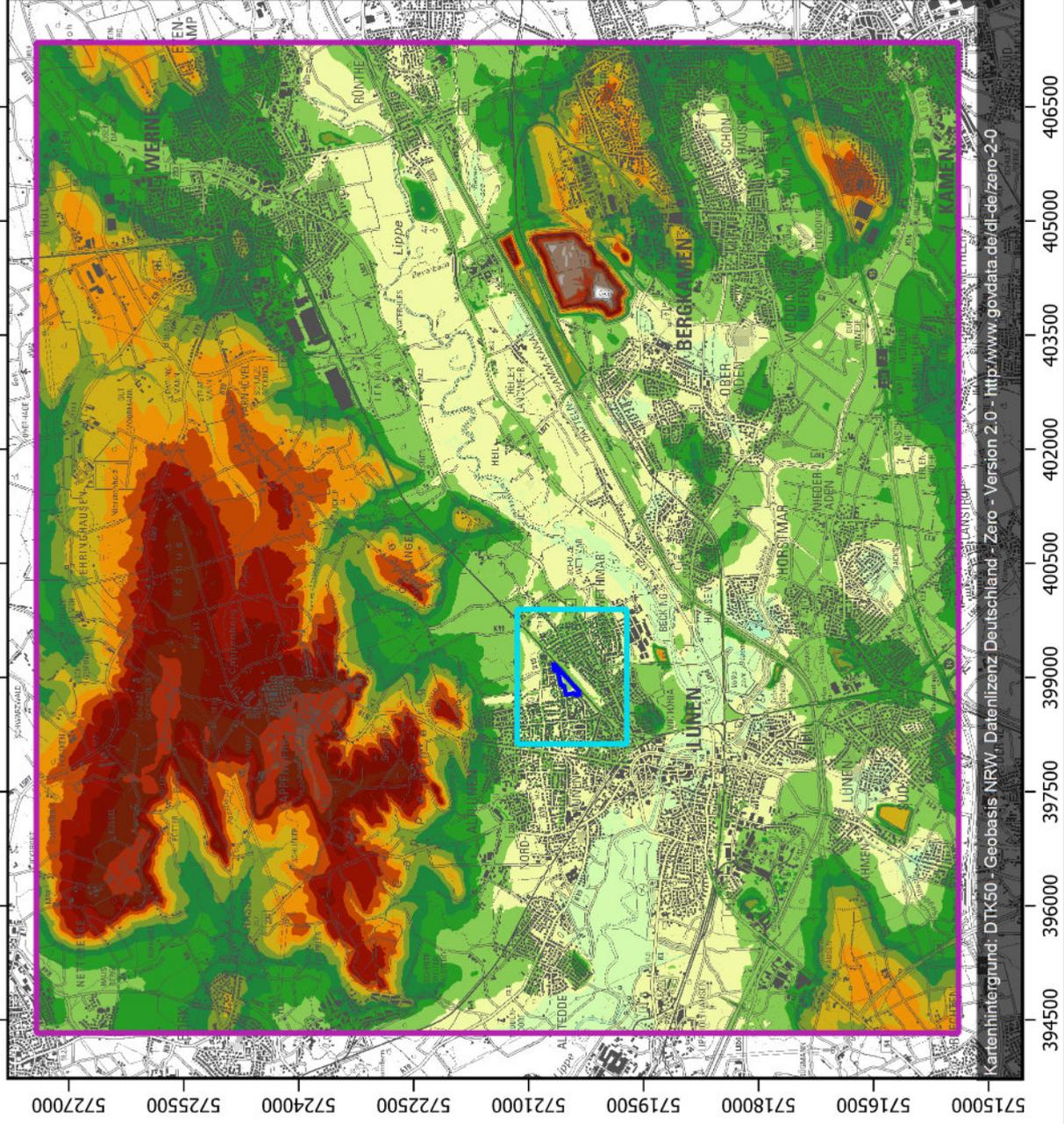
- alle Situationen -



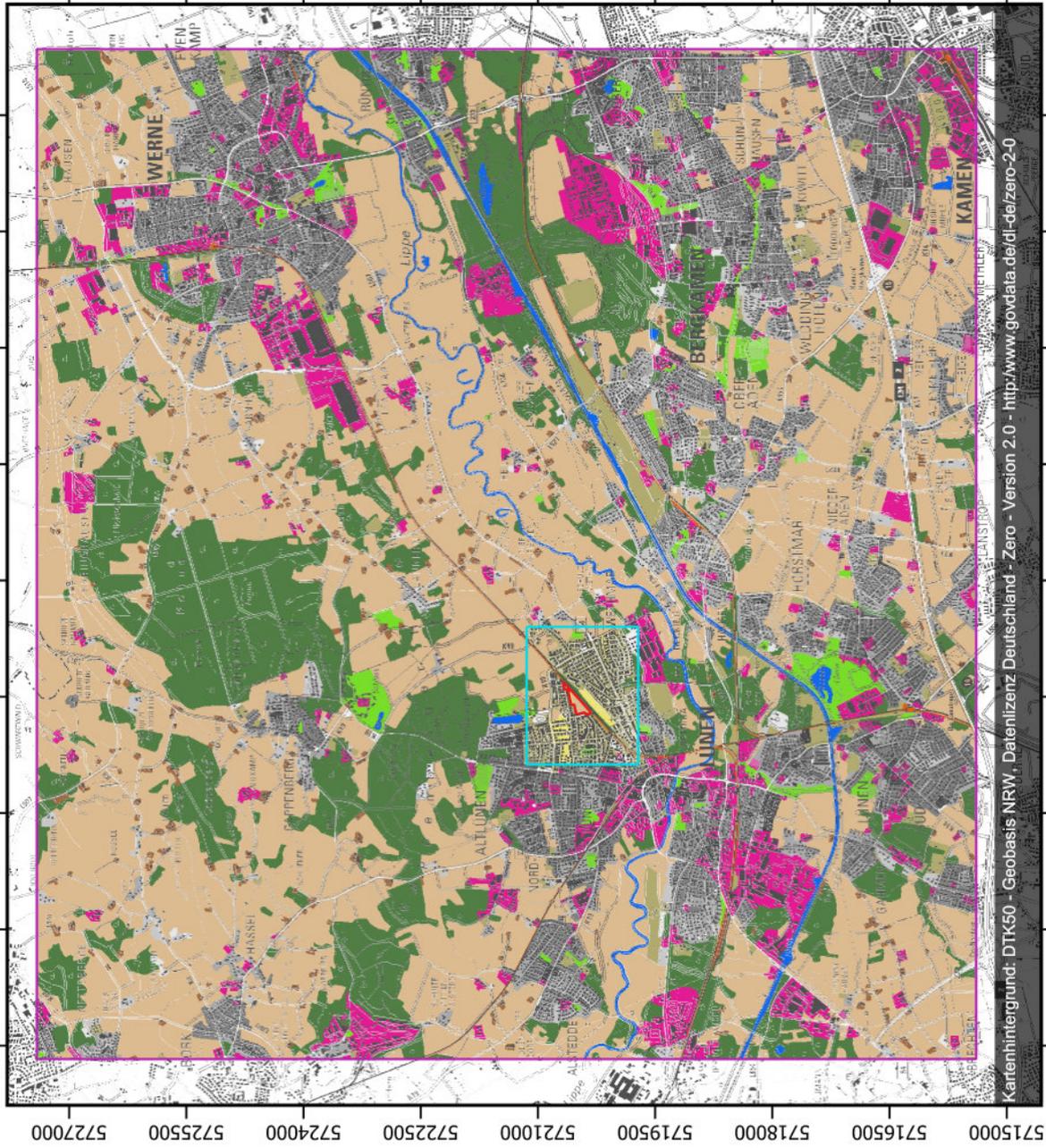
- Tage mit T_{mx} > 30°C -



Anlage 6: Geländehöhen innerhalb des KLAM-Rechengebietes - Übersicht



Anlage 7: Landnutzung innerhalb des KLAM-Rechengebietes - Übersicht Istfall



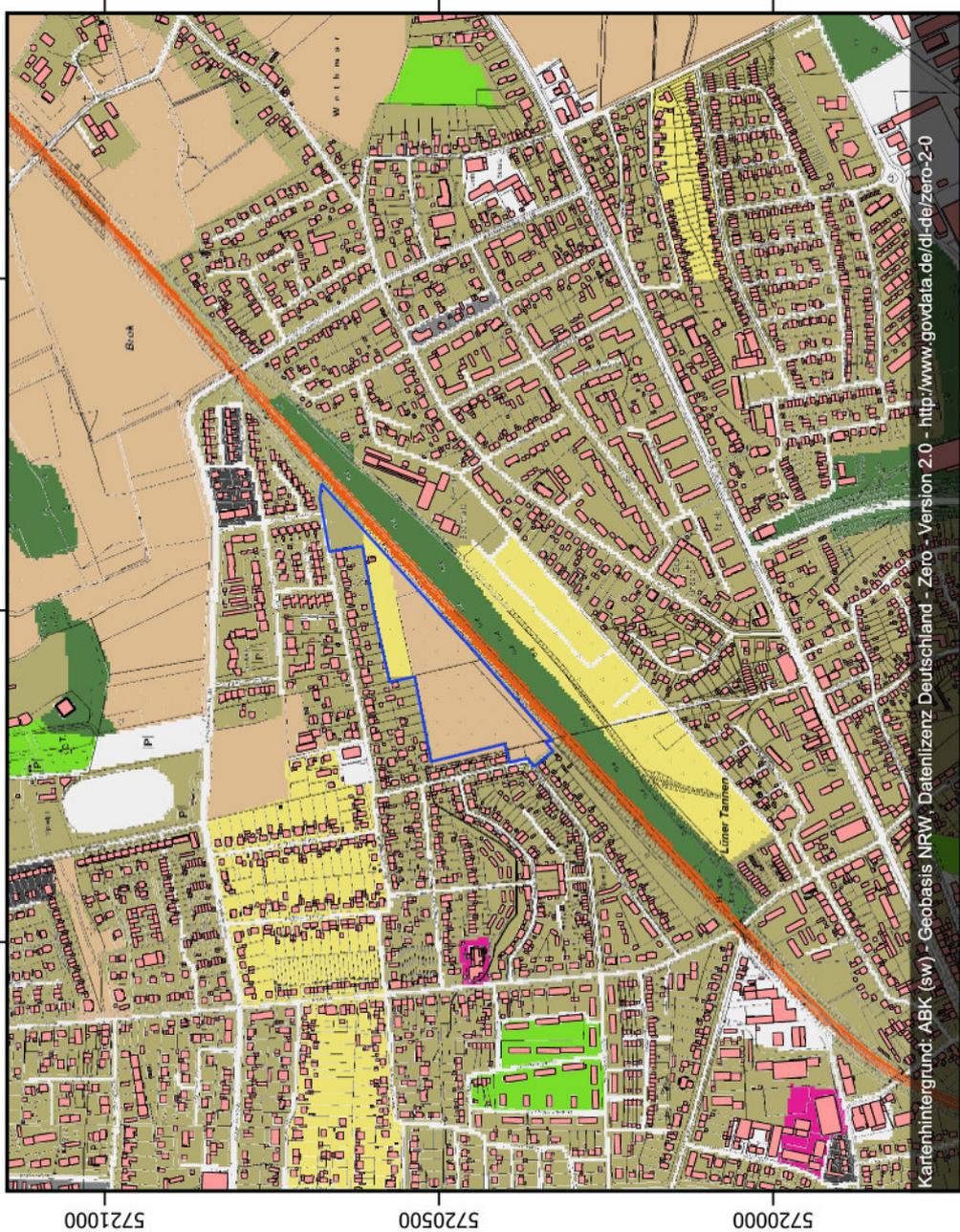
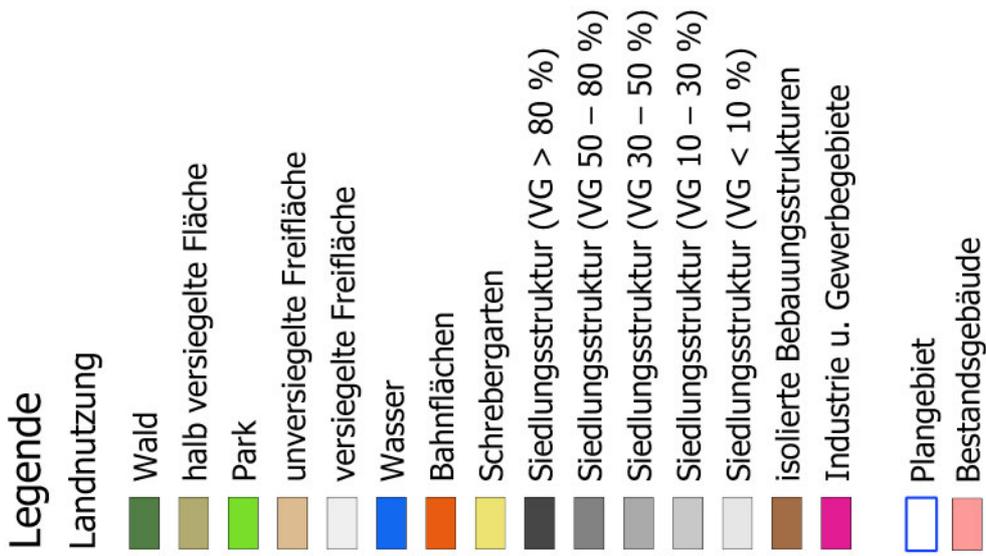
Legende

- Landnutzung**
- Wald
 - halb versiegelte Fläche
 - Park
 - unversiegelte Freifläche
 - versiegelte Freifläche
 - Wasser
 - Bahnflächen
 - Schrebergarten
 - Siedlungsstruktur (VG > 80 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 50 – 80 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 30 – 50 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 10 – 30 %)
 - Siedlungsstruktur (VG < 10 %)
 - isolierte Bebauungsstrukturen
 - Industrie u. Gewerbegebiete
- Rechengebiet**
- Plangebiet
 - Inneres Rechengebiet ("Nesting")
 - Äußeres Rechengebiet



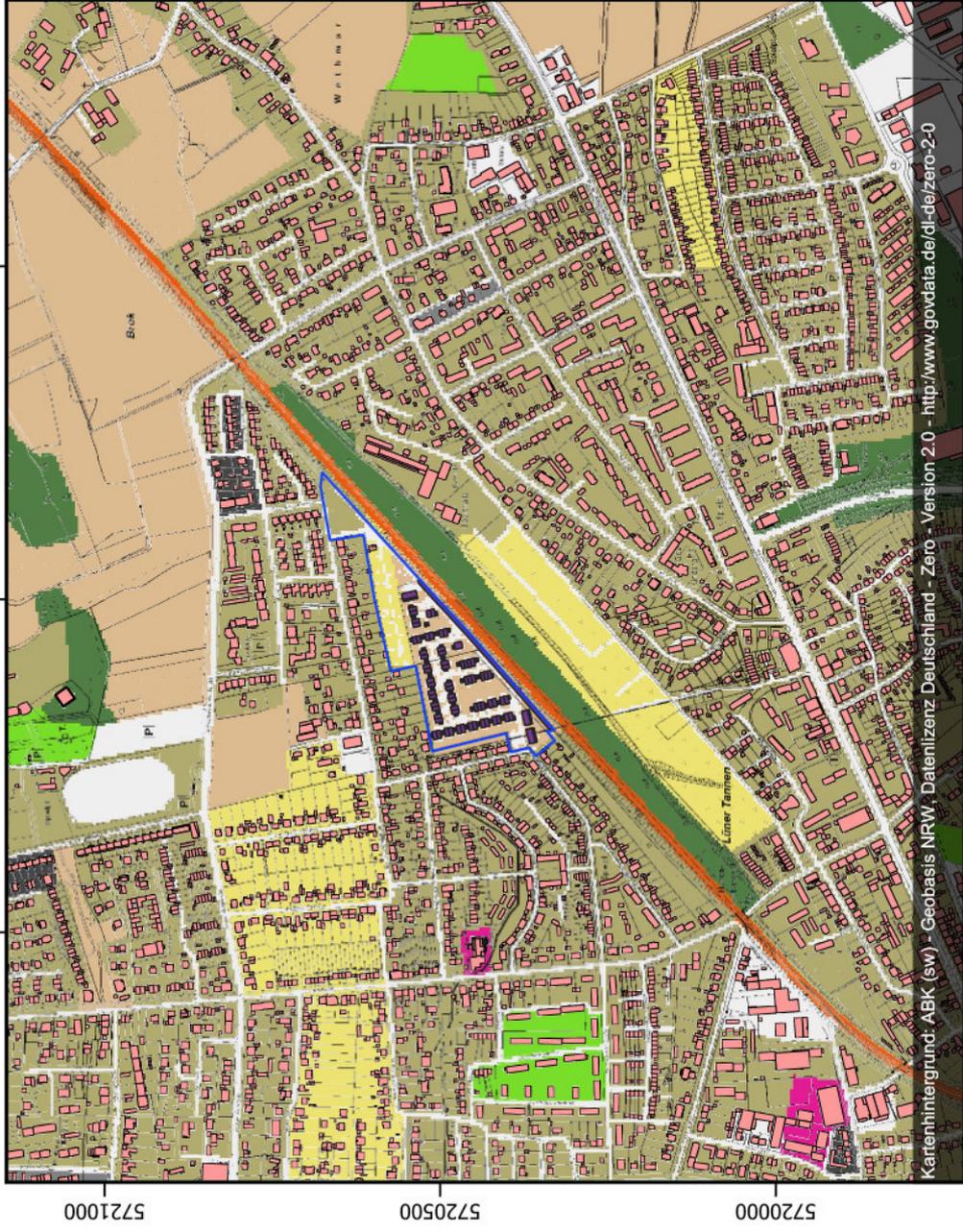
Kartenhintergrund: DTK50 - Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>

Anlage 8: Landnutzung innerhalb des KLAM-Nestinggebietes im Istfall



Anlage 9: Landnutzung innerhalb des KLAM-Nestinggebietes im Planfall

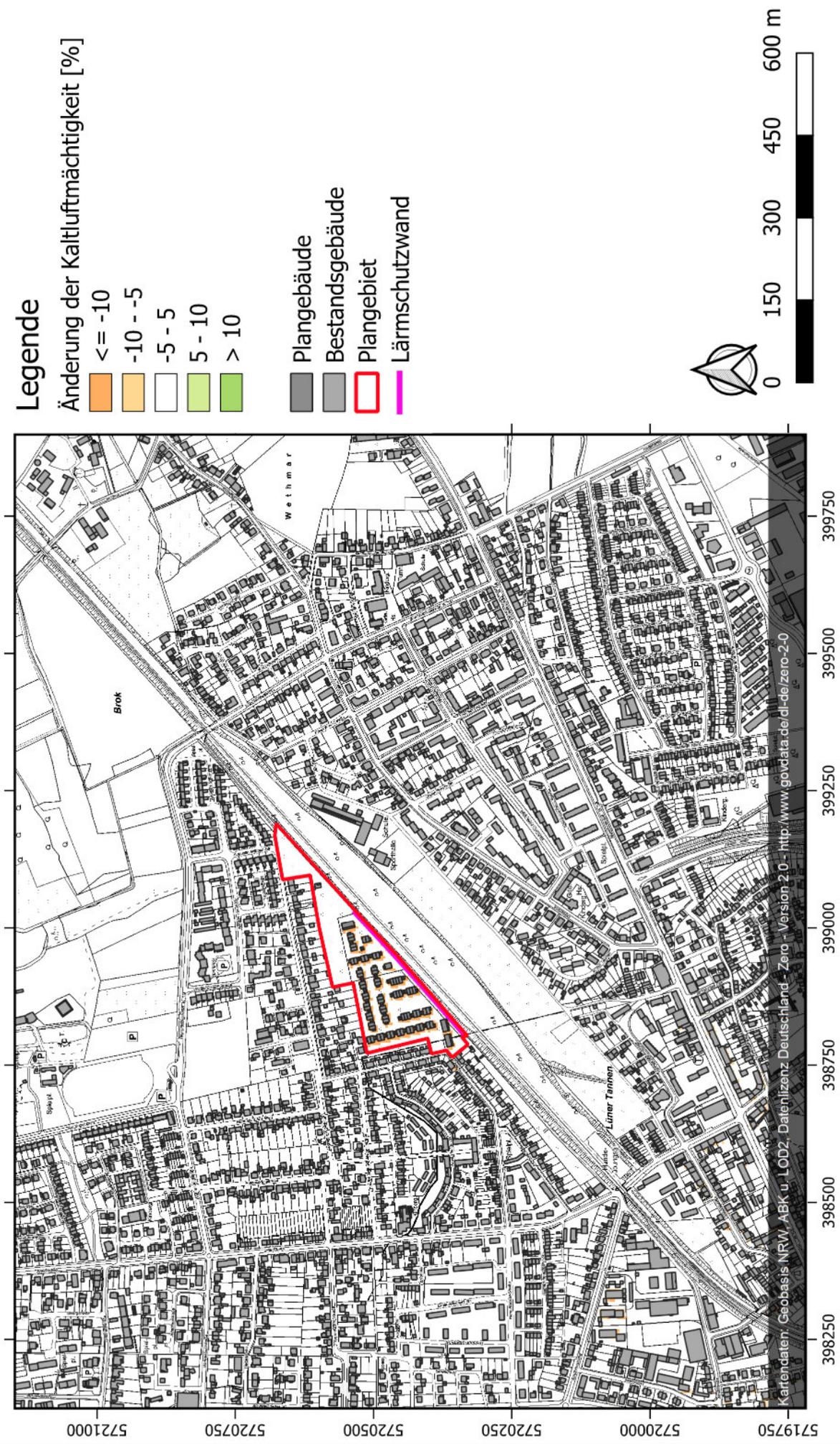
- Legende**
- Landnutzung**
- Wald
 - halb versiegelte Fläche
 - Park
 - unversiegelte Freifläche
 - versiegelte Freifläche
 - Wasser
 - Bahnflächen
 - Schrebergarten
 - Siedlungsstruktur (VG > 80 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 50 – 80 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 30 – 50 %)
 - Siedlungsstruktur (VG 10 – 30 %)
 - Siedlungsstruktur (VG < 10 %)
 - isolierte Bebauungsstrukturen
 - Industrie u. Gewerbegebiete
- Plangebiet**
- Plangebiet
 - Bestandsgebäude
 - Plangebauten





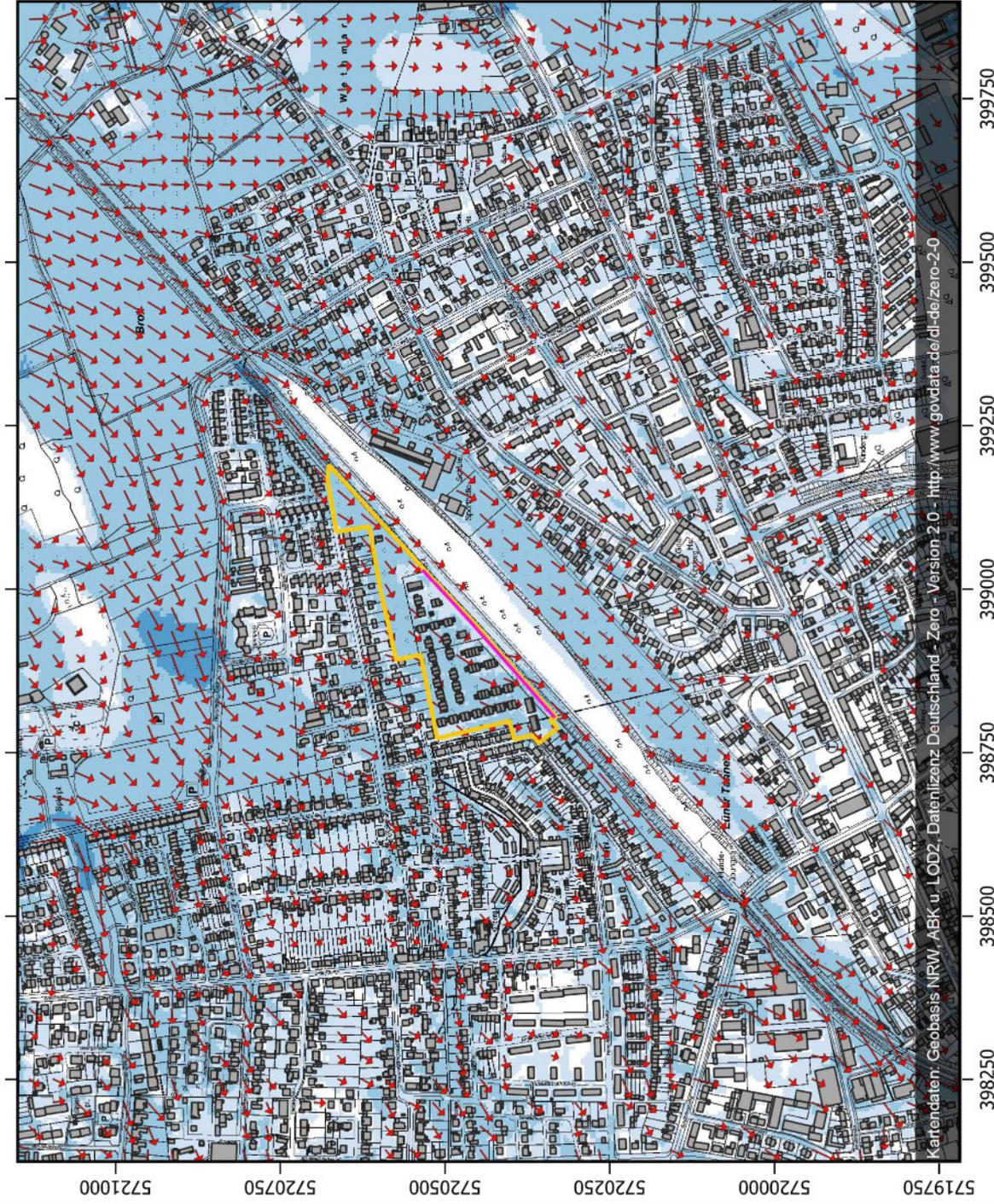


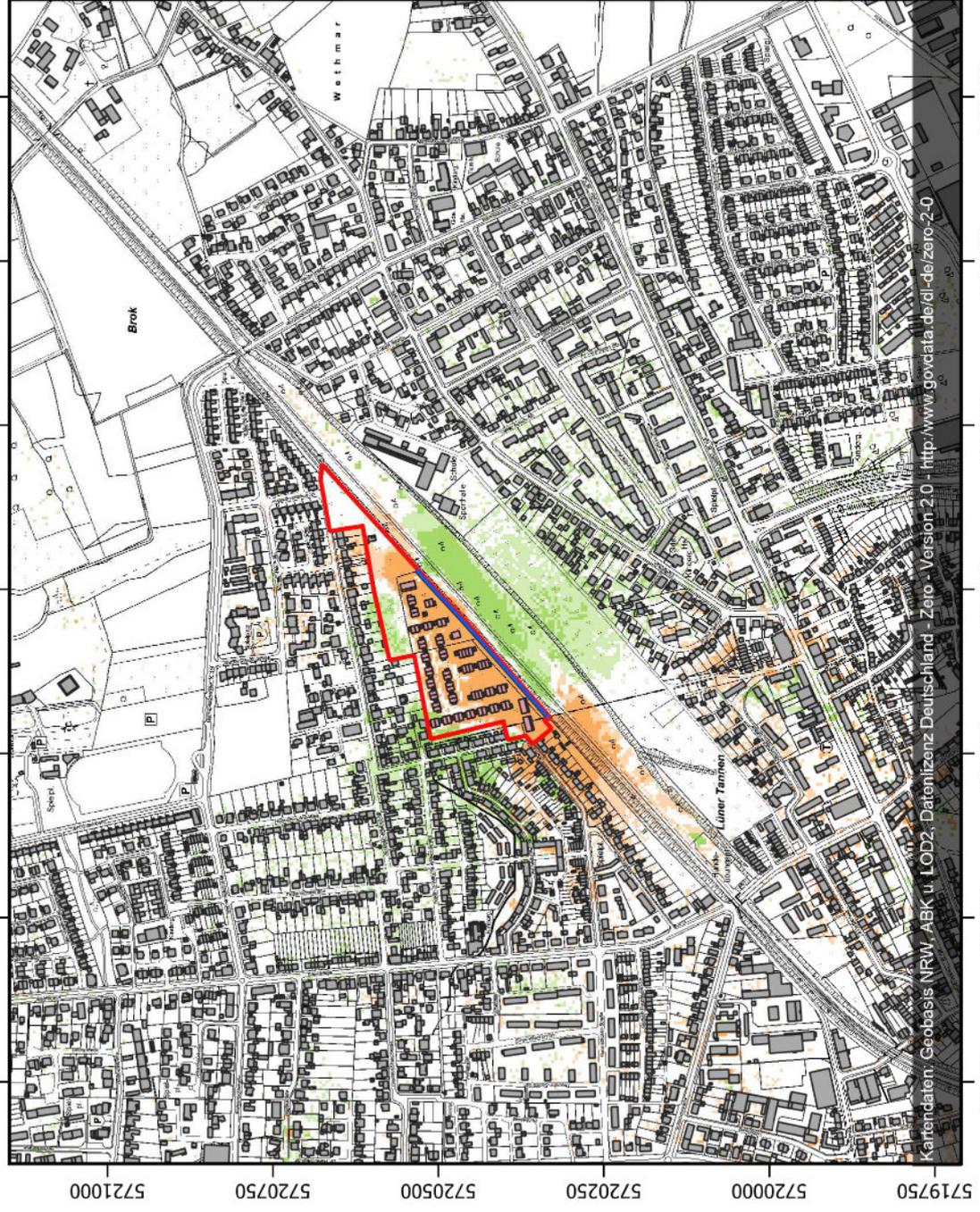
Anlage 12: Prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit - 2 Stunden nach Sonnenuntergang



Anlage 13: Kaltluftvolumenstrom im Istfall - 2 Stunden nach Sonnenuntergang







Legende

Änderung des Kaltluftvolumenstroms [%]

- <= -10
- 10 - -5
- 5 - 5
- 5 - 10
- > 10

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Lärmschutzwand
- Plangebiet

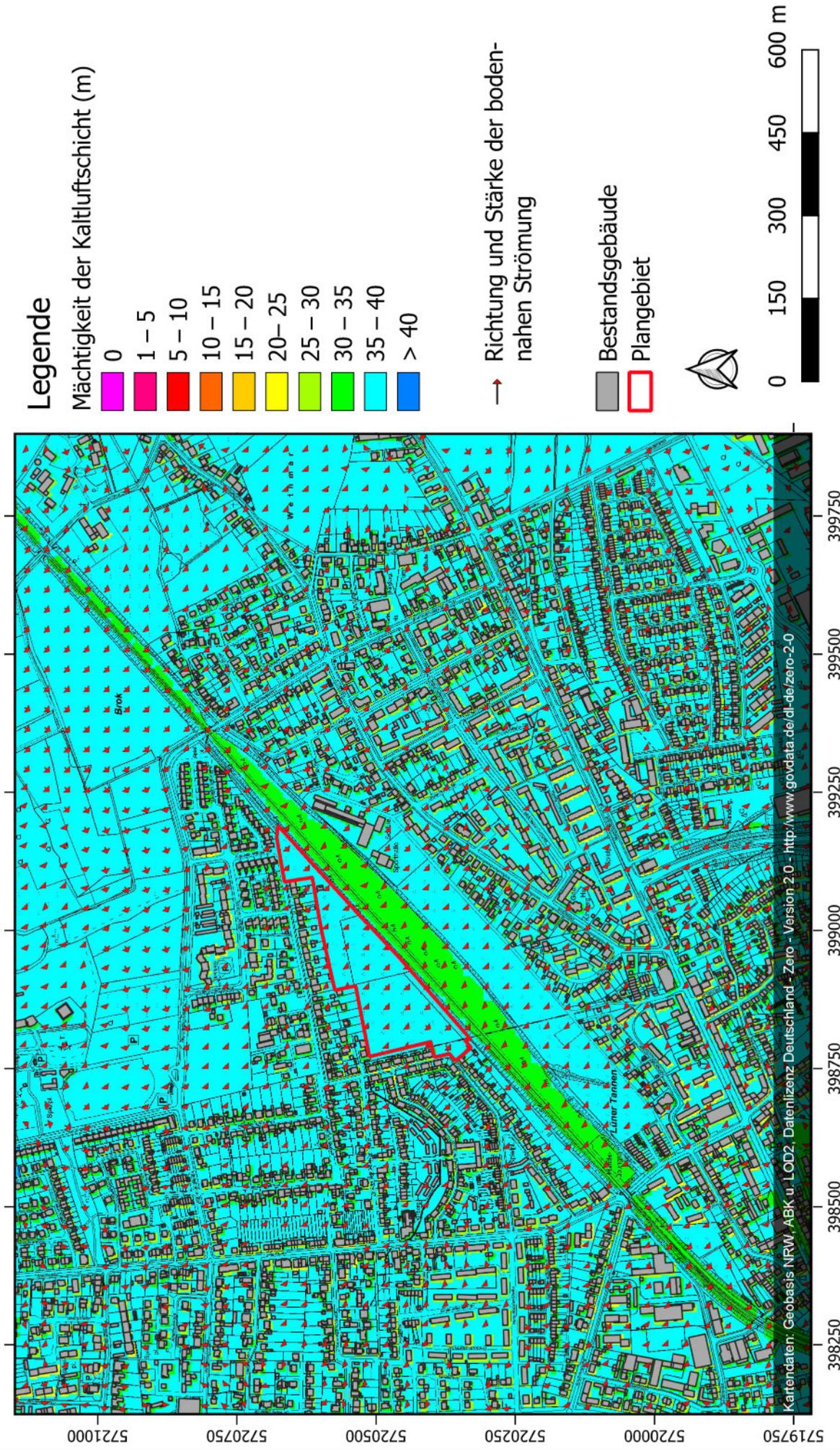


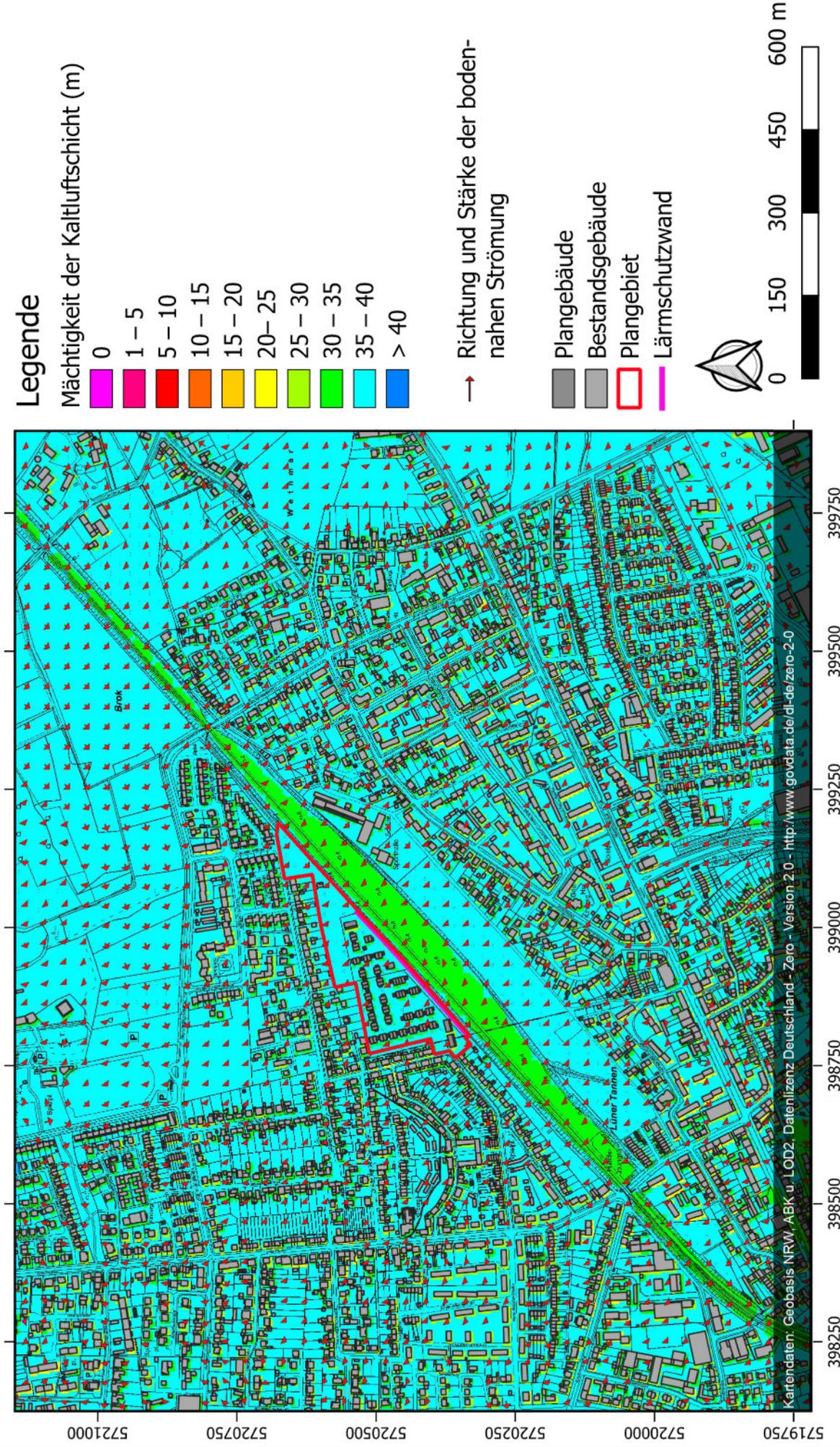
0 150 300 450 600 m



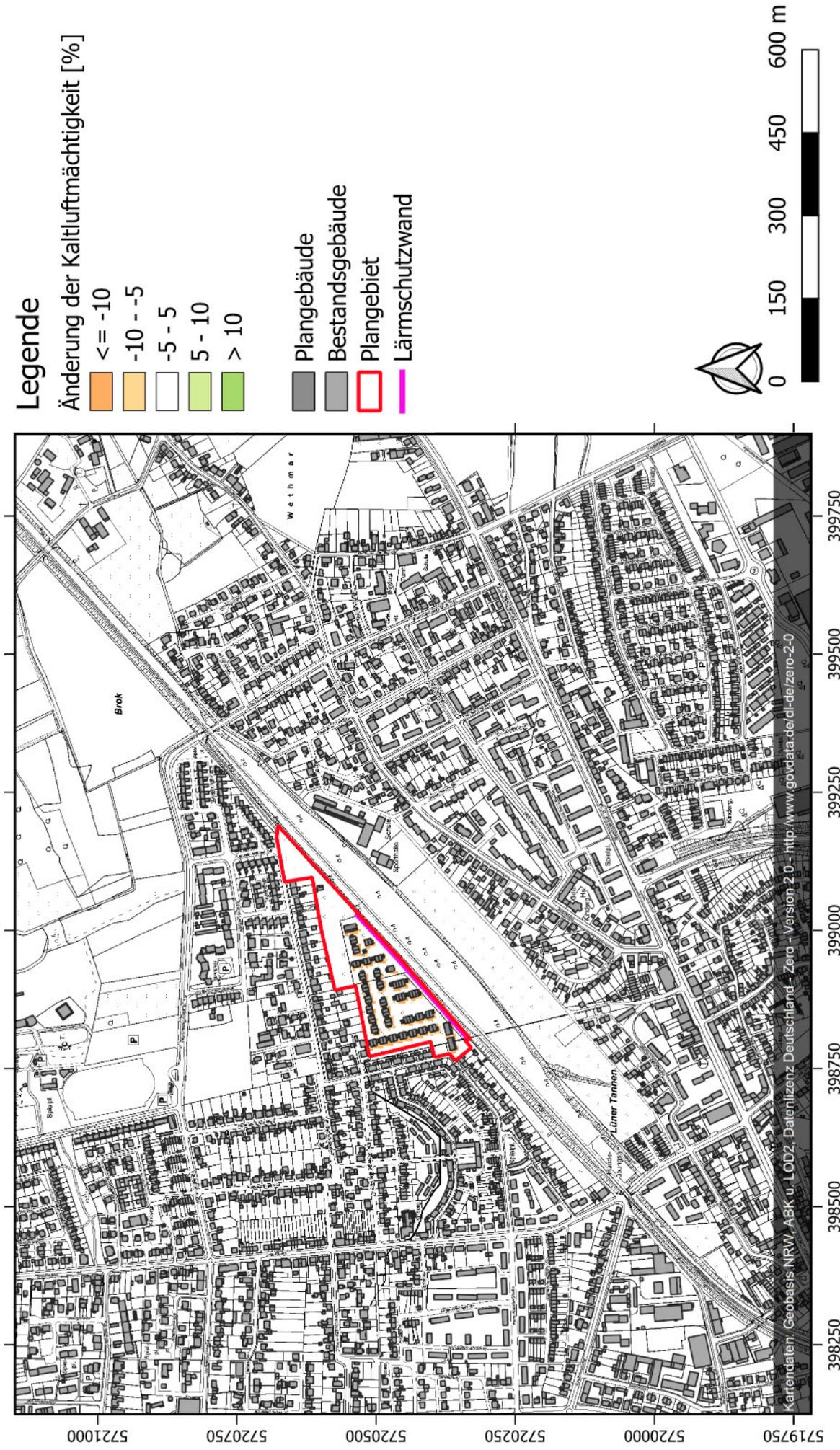
Kartendaten: Geobasis NRW, ABK u. LOD2, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de-zero-2.0>

Anlage 16: Kaltlufluffhöhe im Istfall - 6 Stunden nach Sonnenuntergang



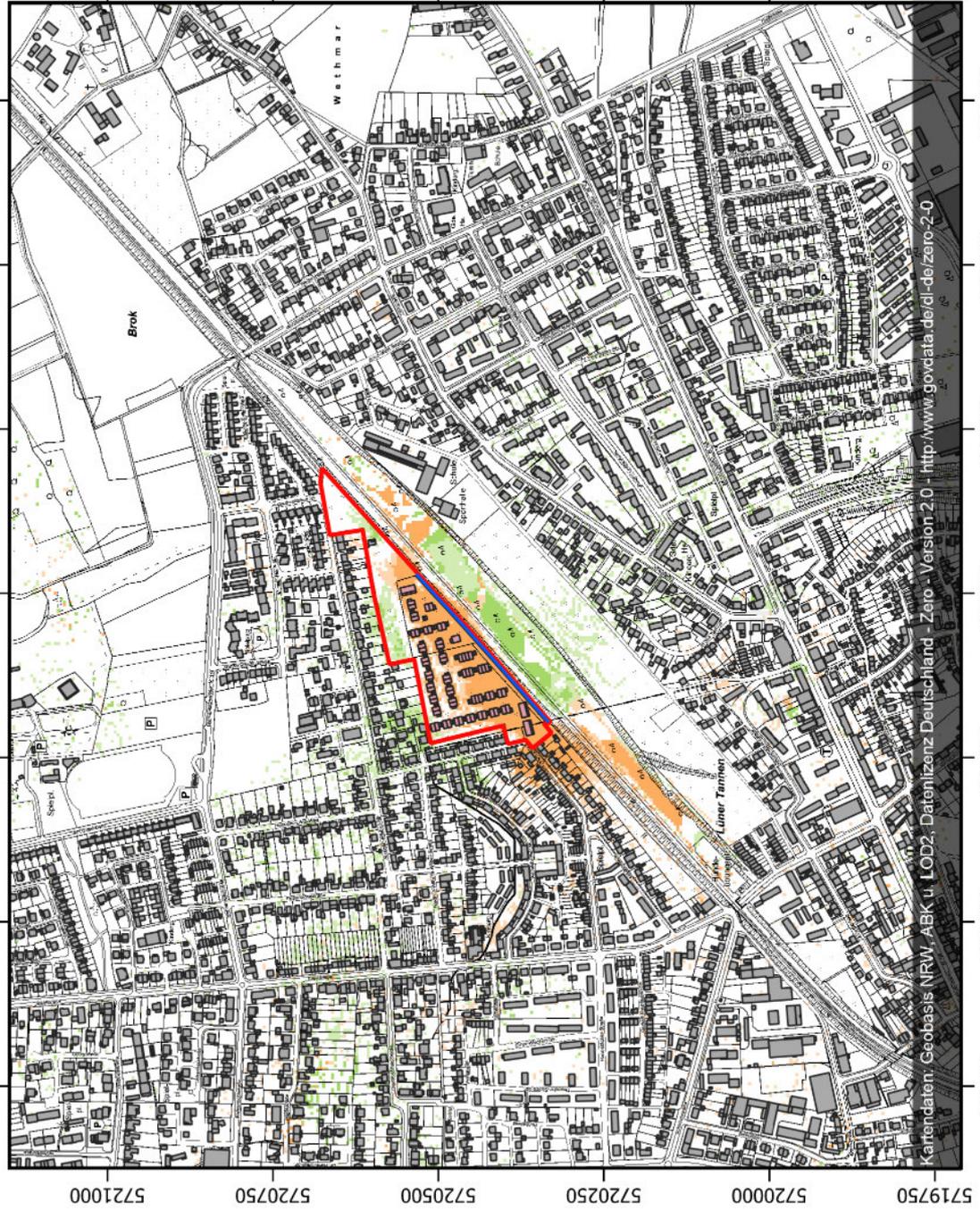


Anlage 18: Prozentuale Änderung der Kaltflughöhe - 6 Stunden nach Sonnenuntergang



Anlage 19: Kaltluftvolumenstrom im Istfall - 6 Stunden nach Sonnenuntergang





Legende
 Änderung des Kaltluftvolumenstroms [%]

- <= -10
- 10 - -5
- 5 - 5
- 5 - 10
- > 10

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Lärmschutzwand
- Plangebiet



0 150 300 450 600 m



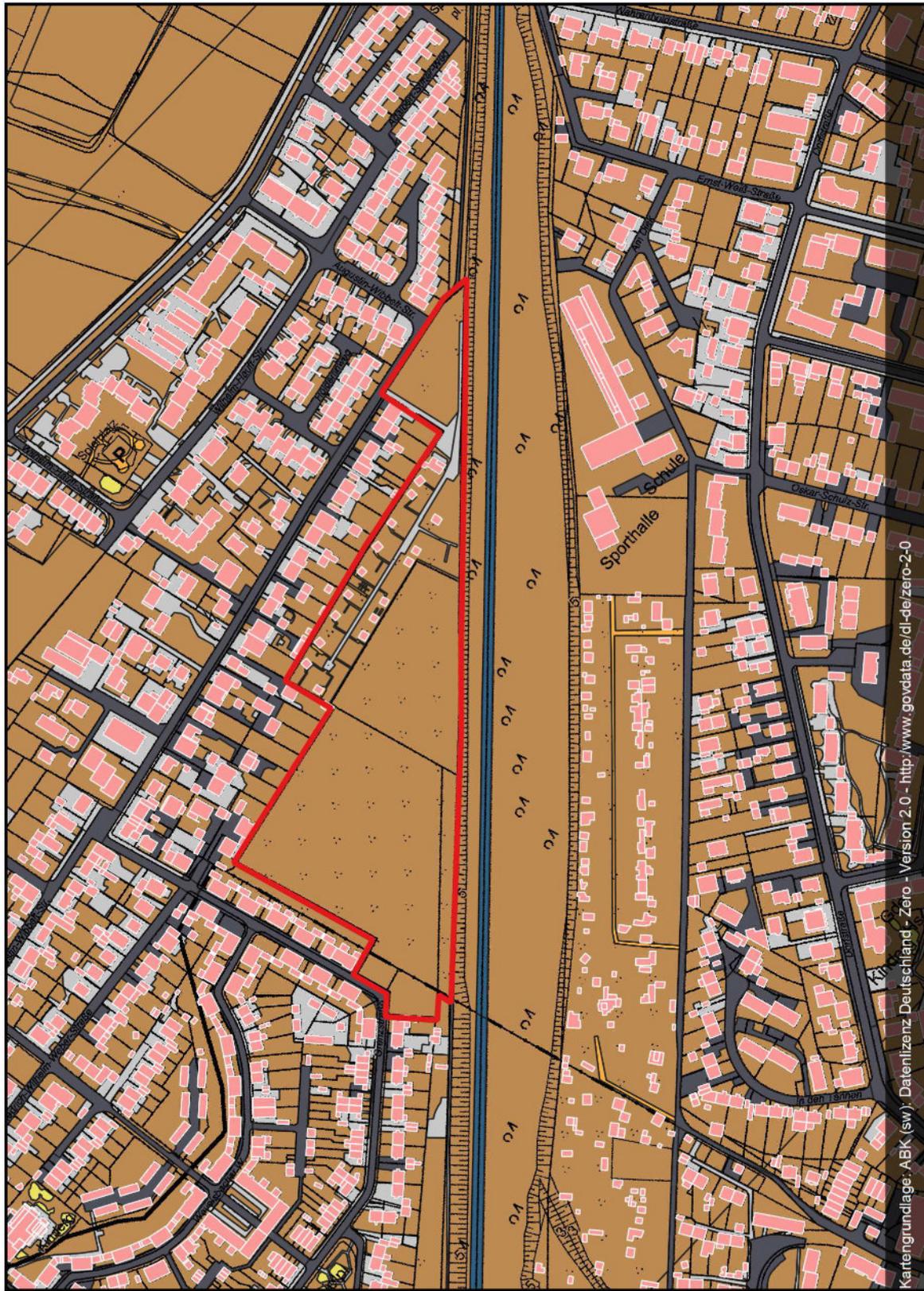
5719750 5720000 5720250 5720500 5720750 5721000 398250 398500 398750 399000 399250 399500 399750

Kartendaten: Geobasis NRW, ABK u. LOD2, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de-zero-2.0>

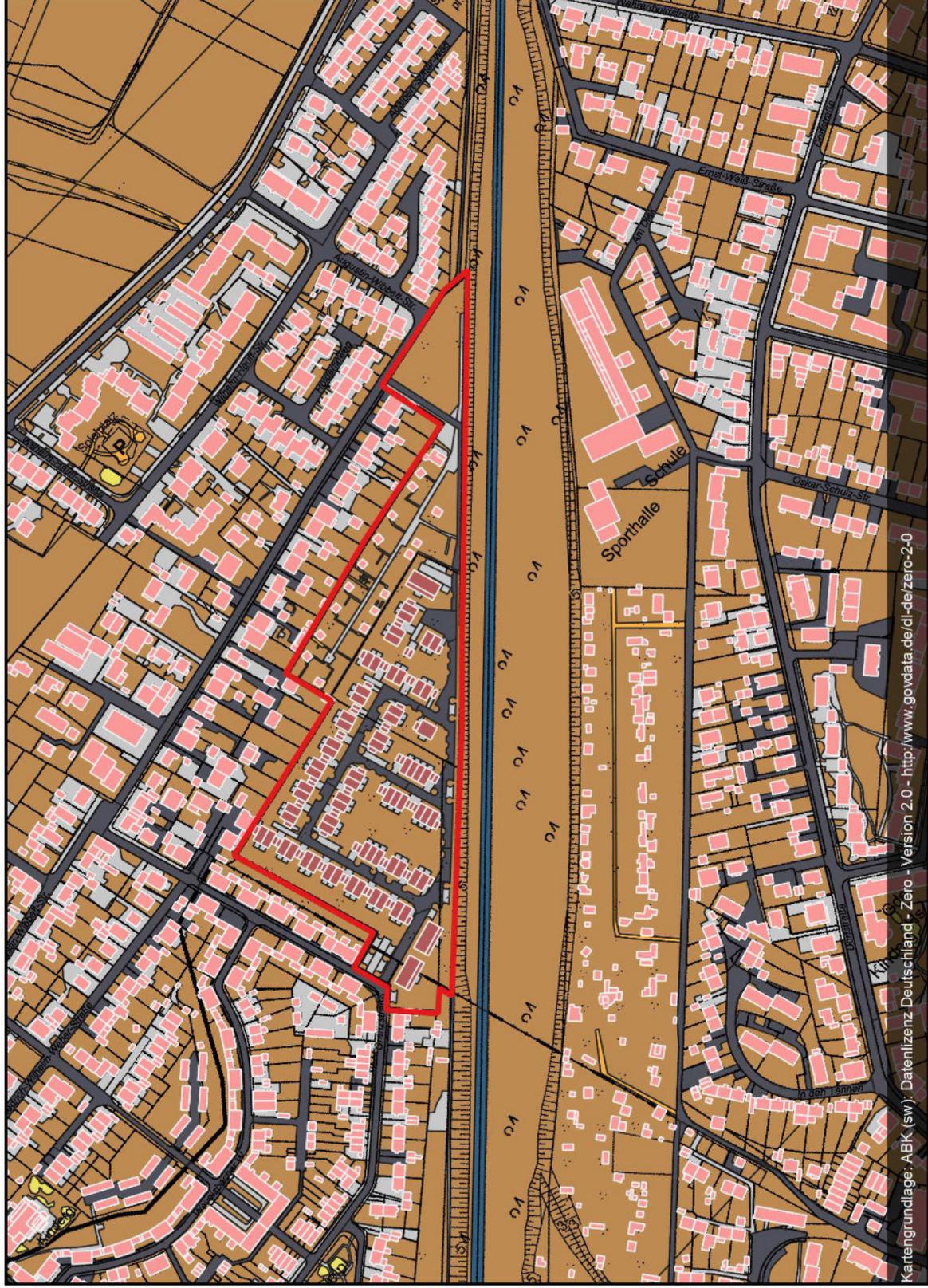
Anlage 22: ENVI-met Model Architektur (Bildquelle: <https://www.envi-met.com/overview-in-a-nutshell/>)



Anlage 25: Oberflächenbeschaffenheit im Istfall



Anlage 26: Oberflächenbeschaffenheit im Planfall



Legende

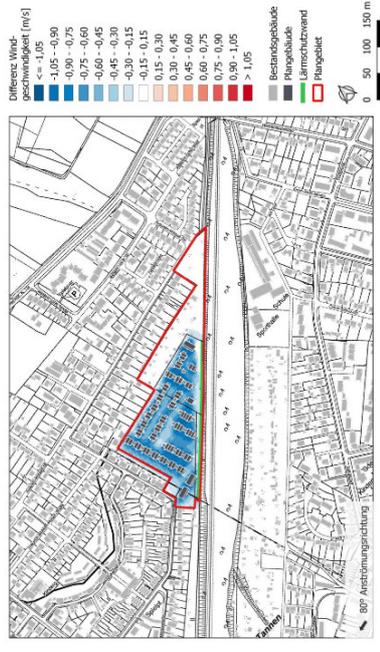
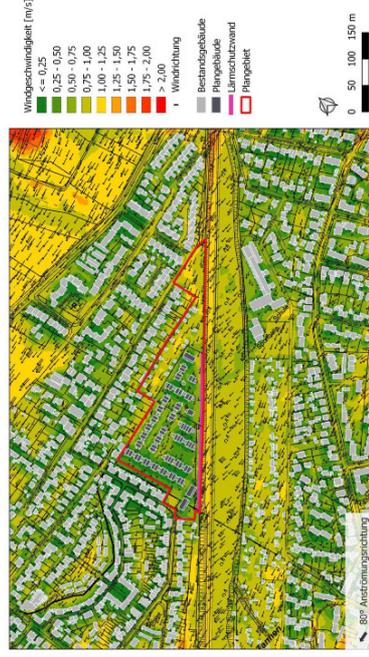
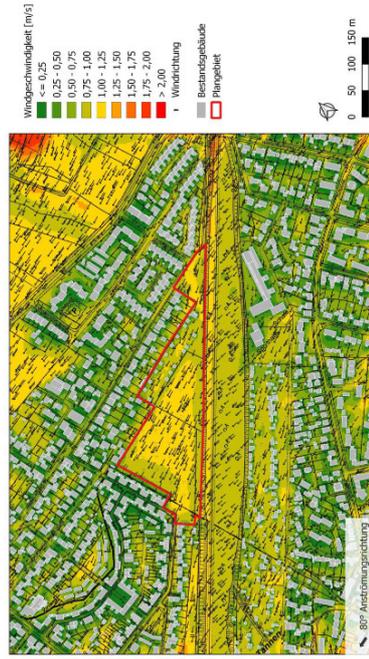
- Beton/Pflaster
- Asphalt
- wassergebundene
- Wegedecke
- Gleisuntergrund
- Spielsand
- sandiger Boden
- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 m



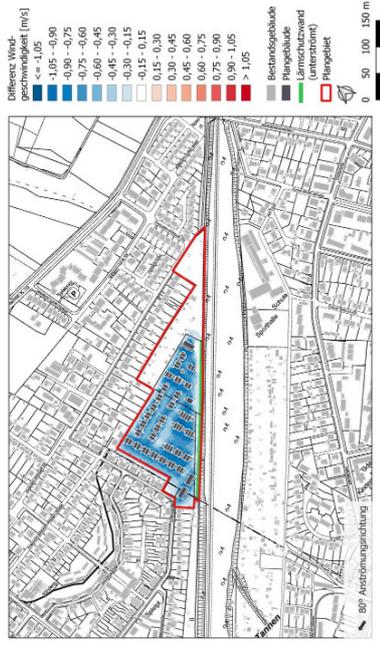
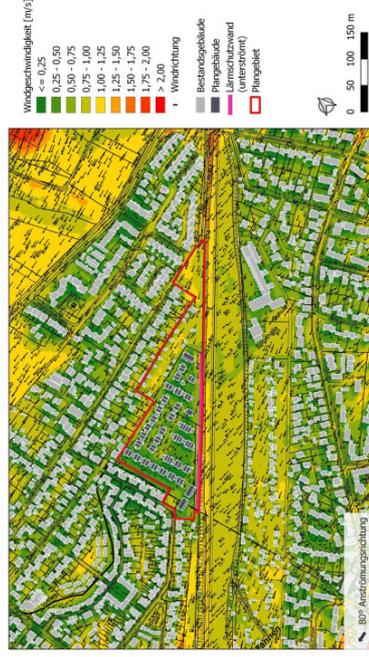
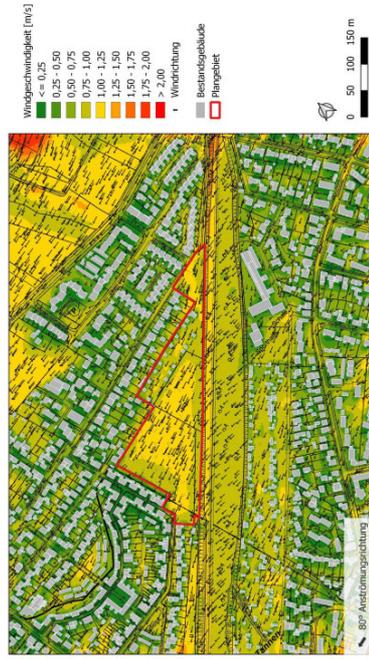
Anlage 27: Windfeld in 1,5 m Höhe um 14 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80°



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung

Planfall 1 mit 80° Anströmungsrichtung

Differenz mit 80° Anströmungsrichtung



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung

Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung

Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

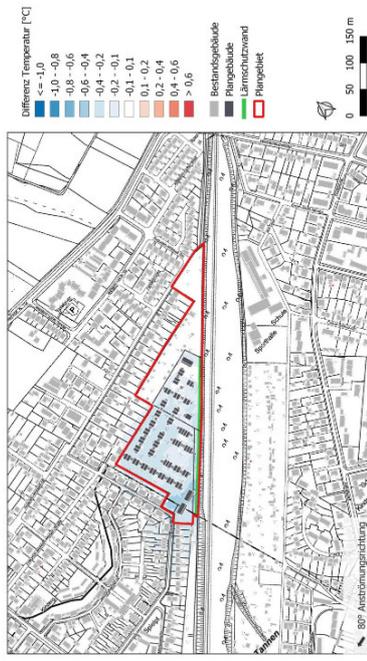
Anlage 28: Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe um 14 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80°



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung



Planfall 1 mit 80° Anströmungsrichtung



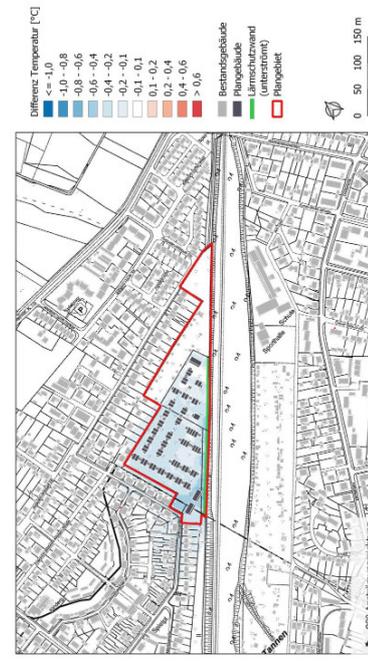
Differenz mit 80° Anströmungsrichtung



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

Anlage 29: Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe um 4 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80°



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung



Planfall 1 mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

Anlage 30: PET-Wert in 1,5m Höhe am Nachmittag bei einer Anströmungsrichtung von 80°



Isfall mit 80° Anströmungsrichtung



Planfall 1 mit 80° Anströmungsrichtung

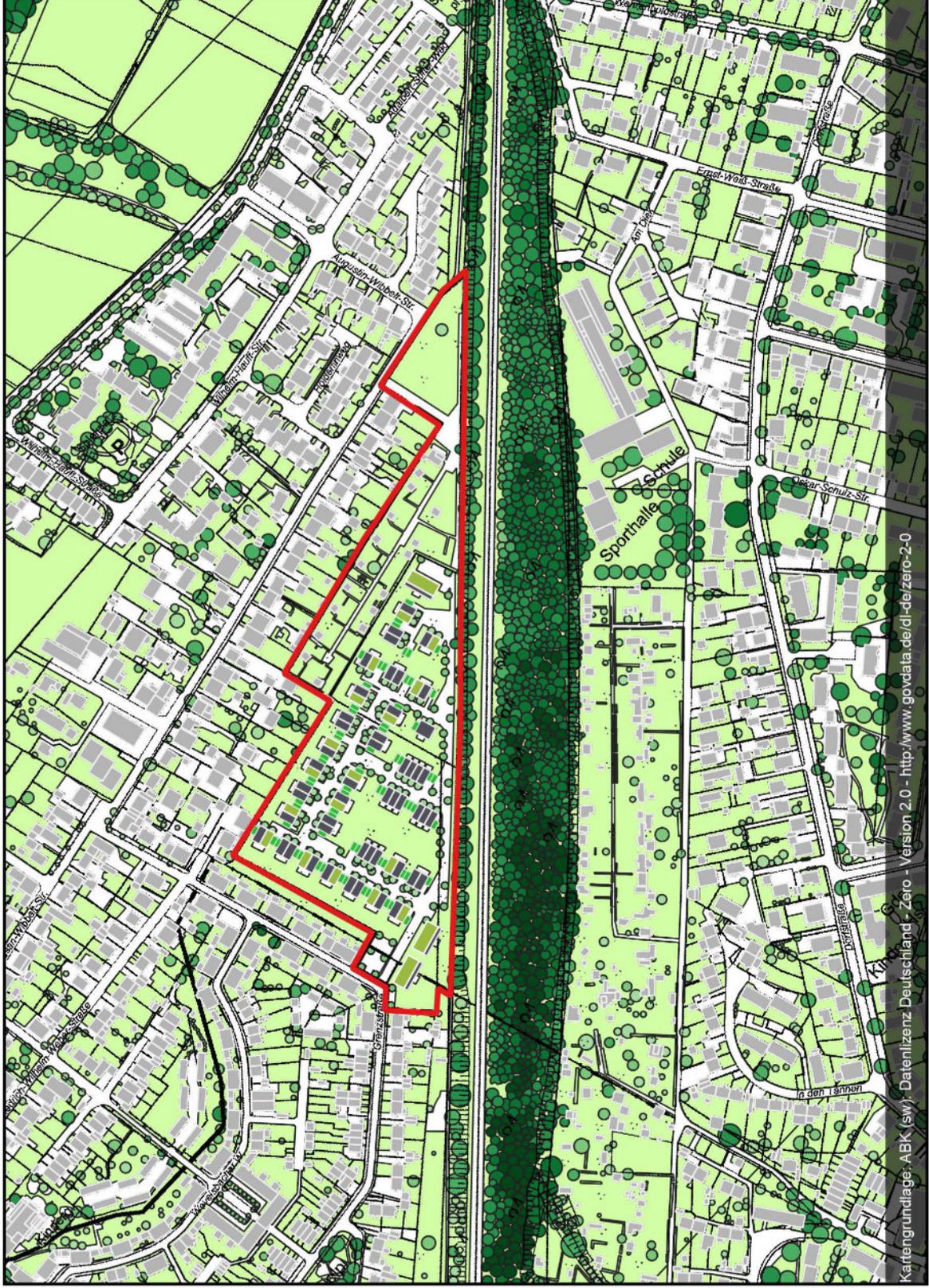
Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

Isfall mit 80° Anströmungsrichtung

Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung

Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

Anlage 31: Vegetation im optimierten Planfall



Legende

Vegetation

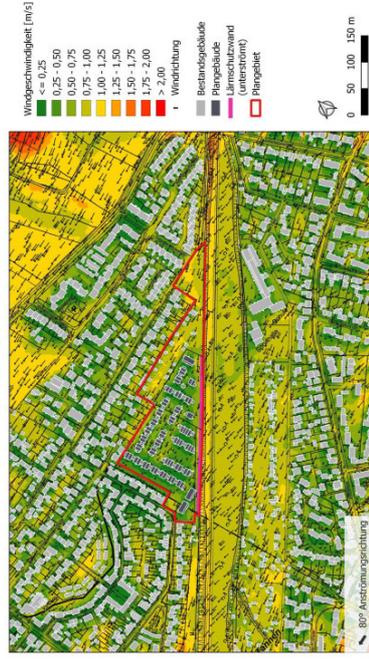
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 20 m
- 25 m
- 30 m
- Gras, 10 cm
- Hecke, 2m
- landwirtschaftlicher Bewuchs, 1m

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebäude mit ext. Dachbegrünung
- Plangebäude mit int. Dachbegrünung
- Plangebiet

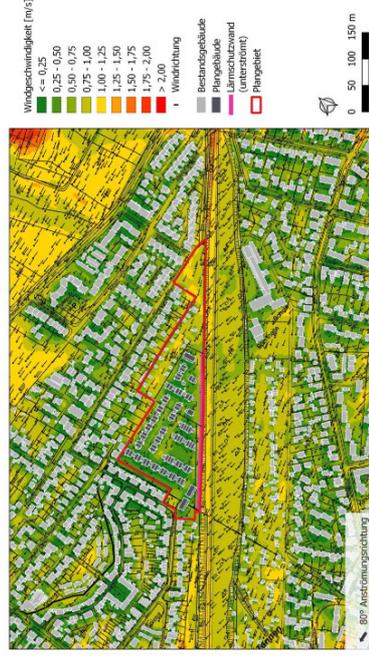


0 50 100 150 m

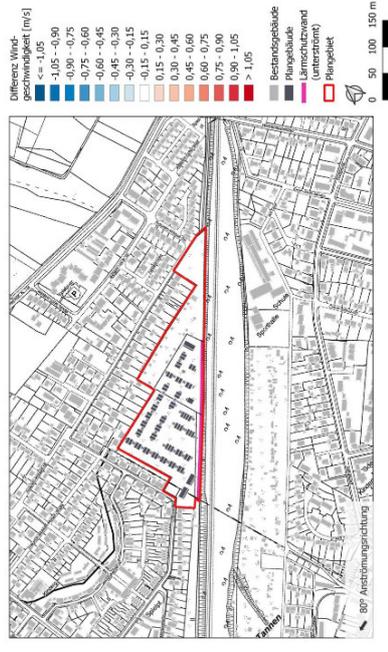
Anlage 32: Windfeld in 1,5 m Höhe um 14 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80° - Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



optimierter Planfall mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

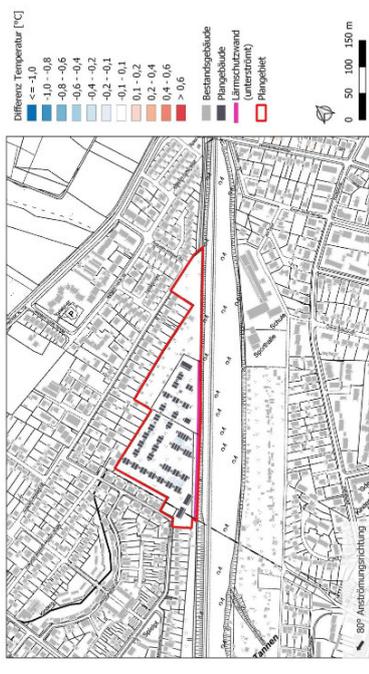
Anlage 33: Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe um 14 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80° - Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



optimierter Planfall mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

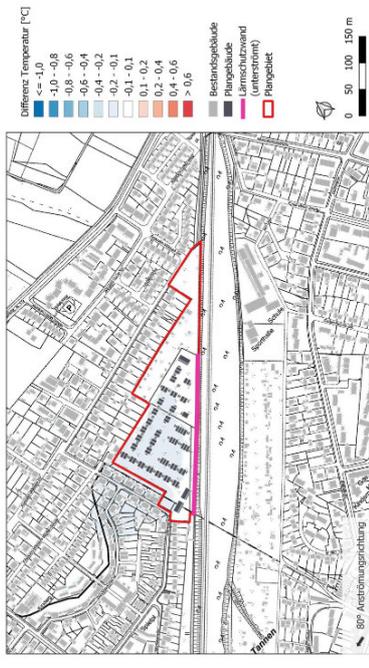
Anlage 34: Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe um 4 Uhr bei einer Anströmungsrichtung von 80° - Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



optimierter Planfall mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung

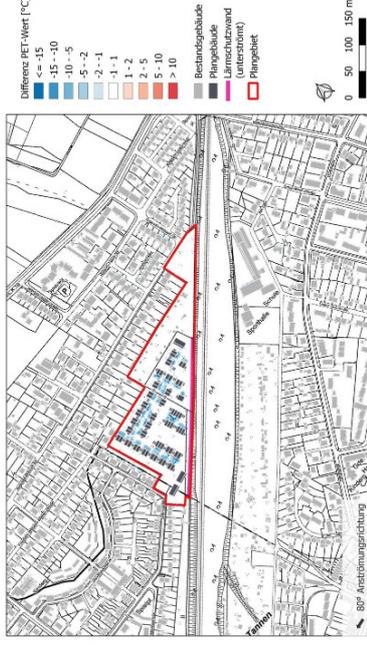
Anlage 35: PET-Wert in 1,5m Höhe am Nachmittag bei einer Anströmungsrichtung von 80° - Vergleich Planfall 2 und optimierter Planfall



Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



optimierter Planfall 2 mit 80° Anströmungsrichtung



Differenz mit 80° Anströmungsrichtung