

## Klimauntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 100 „newPark“ Datteln

Bericht CF 5085-8 vom 30.06.2022

Auftraggeber: Stadt Datteln  
Genthiner Straße 8  
45711 Datteln

Bericht-Nr.: CF 5085-8

Datum: 30.06.2022

Ansprechpartner/in: Herr Siebers

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 101 Seiten,  
davon 65 Seiten Text und 36 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.....	8
3	Örtliche Gegebenheiten.....	12
3.1	Städtebauliches Konzept.....	12
3.1.1	Nutzungs- und Bebauungskonzept.....	12
3.2	Freiraum- und Grünkonzept.....	13
4	Grundlagen.....	15
4.1	Stadtklima.....	15
4.1.1	Lufttemperatur.....	15
4.1.2	Windfeld.....	16
4.1.3	Thermischer Komfort.....	16
4.2	Langjährige klimatische Verhältnisse.....	17
4.3	Auswirkungen des Klimawandels.....	18
4.4	Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens.....	22
5	Themenkomplex Kaltluft.....	23
5.1	Grundlagen.....	23
5.1.1	Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen.....	23
5.1.2	Bewertung von Kaltluftabflüssen.....	23
5.1.3	Berechnungsmodell.....	24
5.1.4	Eingangsdaten.....	25
5.1.4.1	Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes.....	25
5.1.4.2	Digitales Geländemodell.....	26
5.1.4.3	Landnutzung.....	26
5.2	Ergebnisse der Kaltluftberechnung.....	28
5.2.1	Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang.....	28
5.2.2	Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang.....	29
6	Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung.....	31
6.1	Berechnungsmodell.....	31
6.1.1	Modellbeschreibung.....	31
6.1.2	Aufbau der Rechengitter.....	32
6.1.3	Eingangsdaten.....	32
6.1.3.1	Gebäude.....	32
6.1.3.2	Vegetation.....	33

6.1.3.3	Oberflächen.....	34
6.1.3.4	Initialisierungsparameter.....	34
6.2	Ergebnisse.....	37
6.2.1	Lufttemperaturen.....	38
6.2.1.1	Nachmittag.....	38
6.2.1.2	Abends.....	39
6.2.1.3	Morgens.....	40
6.2.2	Durchlüftung.....	40
6.2.3	Bioklima (PET).....	41
7	Themenkomplex Windkomfort.....	43
7.1	Beurteilungskriterien und Einstufungen.....	43
7.1.1	Beurteilungskriterium Windgefahr.....	46
7.2	Durchführung der Windfeldberechnungen.....	47
7.2.1	Berechnungsmodell.....	47
7.2.2	Eingangsdaten.....	47
7.2.2.1	Geometriedaten.....	47
7.2.2.2	Auswertebereich und Größe des virtuellen Windkanals.....	48
7.2.2.3	Meteorologiedaten.....	49
7.2.2.4	Gitterdefinition.....	51
7.3	Durchführung der Windfeldberechnungen.....	51
7.4	Ergebnisse der Windkomfortuntersuchung.....	52
7.4.1	Windkomfort.....	52
7.4.2	Windgefahren im Planfall.....	52
8	Planungsempfehlungen.....	54
8.1	Kaltluft.....	54
8.2	Mikroklima.....	54
8.3	Windkomfort.....	57
9	Zusammenfassung.....	59

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 4.1: Bewertung des thermischen Komforts mit PET.....	17
Tabelle 4.2: Mittlere Lufttemperatur [°C] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8].....	18
Tabelle 4.3: Niederschlagssumme [mm] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8].....	18
Tabelle 4.4: Summe der Sonnenscheindauer [h] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8].....	18
Tabelle 5.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [13].....	24
Tabelle 5.2: Im Rechenmodell KLAM_21 verwendete Landnutzungsklassen und deren assoziierte Parameter.....	27
Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen.....	37
Tabelle 7.1: Beurteilung des Windkomforts anhand der Überschreitungshäufigkeit mittlerer Stunden-Grenz-Windgeschwindigkeiten gemäß NEN 8100 [5].....	45
Tabelle 7.2: Beurteilung der Windgefahr anhand der Überschreitungshäufigkeit einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s im Stundenmittel gemäß NEN 8100 [5].....	46
Tabelle 7.3: Windstatistik der LANUV-Station Lünen-Niederaden bezogen auf eine Höhe von 60 m über Grund.....	50
Tabelle 7.4: Sektorabhängige Landnutzungsklassen am Rand des Einströmgebietes.....	51

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 4.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung bei Datteln..	21
Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple Forcing.....	35

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die newPark Planungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH plant in Datteln die Entwicklung des Industrieareals newPark. Es sollen Forschung und Entwicklung sowie Service- und Infrastruktureinrichtungen angesiedelt werden. Das Areal soll als Bindeglied zwischen Großindustrie und light Industries bilden. Der Fokus soll auf Unternehmen liegen die im Greentech Bereich arbeiten und in ihren Produkten oder Produktionsprozessen umsetzen. Beim Aufbau des Areals soll auf eine Ressourcen schonende Entwicklung und den Einbezug der umgebenden Landschaft geachtet werden.

Für den Aufbau des Gebietes wurde neben dem Bebauungsplan [2] ein Rahmenplan erarbeitet [1], der das Areal gliedert. In einem ersten Schritt soll der Bauabschnitt 1, der den mittleren Teil sowie die Erschließungsstraße des Bebauungsplans umfasst, realisiert werden.

Für das Vorhaben wurde in einem früheren Planungsstadium ein Gutachten zu den zu erwartenden klimatischen Auswirkungen des Vorhabens erstellt [4]. Aufgrund veralteter Datengrundlagen sowie zwischenzeitlich vorgeschrittener Modellierungstechniken ist dieses Gutachten zu überarbeiten.

Neben der Aktualisierung grundlegender klimatologischer Kenngrößen für den Bebauungsplanbereich werden hierbei verschiedene Berechnungen durchgeführt:

- Kaltluftuntersuchung mit KLAM\_21 zur Ermittlung der Auswirkungen auf das Kaltluftgeschehen im Umfeld des Plangebietes
- mikroklimatische Untersuchungen mit ENVI-met zur Abschätzung der Auswirkungen auf das thermische Niveau, die bioklimatische Belastung und die Durchlüftungsverhältnisse an sommerlichen Hitzetagen
- CFD-gestützte Windfeldberechnungen zur Ermittlung des Windkomforts innerhalb des Plangebietes

Die Kaltluftberechnungen werden mit dem Kaltluftmodell KLAM\_21 in der aktuellen Version 2.012 [14][15] unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung innerhalb des Plangebietes und dessen weiteren Umfelds durchgeführt. Die Beurteilung der Veränderung erfolgt anhand eines Vergleiches der im Modell berechneten Kenngrößen Kaltluftmächtigkeit und Kaltluftvolumenstrom.

Es werden die folgenden Szenarien untersucht:

Istfall: derzeitige Bebauungssituation und Landnutzung  
Planfall: geplante Bebauungssituation nach Realisierung des Planvorhabens, abgeleitet aus den vorliegenden Rahmenplanungen [1]

Die mikroklimatischen Untersuchungen werden mithilfe des Stadtklimamodells ENVI-met in der Version 5.02 (Winter Release 2021/2022) für den Ist- und den Planfall durchgeführt. Berechnet werden dabei zwei Hauptwindrichtungen für einen heißen Sommertag. In die Klimamodelle fließen Gebäudestellungen und -höhen, der Vegetationsbestand sowie die Oberflächenbeschaffenheit ein.

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.

Im Umfeld von großen und hohen Gebäuden werden oft spezielle Windverhältnisse beobachtet. Während an der windabgewandten Seite zumeist niedrige Windgeschwindigkeiten auftreten, können an den Gebäudekanten oder an der windzugewandten Seite durch Umströmungen, Kanalisierungen oder Fallwinde lokal deutlich erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten auftreten. Diese speziellen Strömungsverhältnisse können unter Umständen zu einer Verminderung des Windkomforts oder zu Windgefahren führen.

Zur Abschätzung der Auswirkung des Vorhabens auf den Windkomfort im Umfeld der geplanten bis zu 50 m hohen Hochlager-Gebäude wird eine Windkomfortstudie erstellt. Hierzu werden CFD (computational fluid dynamics)-Windfeldberechnungen mit der Lattice Boltzmann Methode (LBM) auf der Grundlage einer für den Standort repräsentativen Wetterstatistik durchgeführt.

Mit den Berechnungen zum Windkomfort und möglicher Windgefahren sollen die Auswirkungen der Gebäudestruktur auf die öffentlichen Räume und deren Aufenthaltsqualität aufgrund der Windeinwirkung beurteilt werden. Die Simulationsberechnungen werden für den Planfall durchgeführt.

Die Beurteilung des Windkomforts und möglicher Windgefahren erfolgt gemäß der niederländischen Norm NEN 8100 (Windkomfort und Windgefahren in der Umgebung von Gebäuden) [5]. Hierbei ist zu beachten, dass aus der Norm kein Rechtsanspruch auf einen guten Windkomfort abzuleiten ist. In Bereichen mit unbefriedigendem Windkomfort sollten – wenn möglich – planerische Verbesserungsmaßnahmen zur Herstellung eines günstigeren Windkomforts durchgeführt werden.

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

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Rahmenplanung lediglich eine mögliche Bebauung gemäß den Festlegungen des Bebauungsplanes darstellt. Im Detail können Anordnung, Ausrichtung und Höhe der zukünftigen Bebauung von dem hier zu Grunde gelegten Konzept abweichen. Es ist aber davon auszugehen, dass mit dem derzeitigen Kenntnisstand die Rahmenplanung die Grundlage darstellt, mit der die Auswirkungen des Vorhabens am genauesten abgebildet werden.

## 2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	Industrieareal newPark Datteln Rahmenplan	ARGE FPB/ Edmaier, FPB GmbH + Büro Müller und Partner Landschaftsarchitekten	P 26.04.2014
[2]	Bebauungsplan Nr. 100 1. Bauabschnitt -newPerk- Übersichtskarte Teil 1/3	Stadt Datteln Fachdienst 6.1 – Stadtplanung und Bauordnung	P Oktober 2021
[3]	Bebauungsplan „newPark“ - Textliche Festsetzungen und örtliche Bauvorschriften sowie nachrichtliche Übernahmen, Hinweise und Empfehlungen	Stadt Datteln	P. Oktober 2021
[4]	Klimatische und Luftschadstoffbewertung der Planungen zur Entwicklung des Industrieareals „newPark“ in Datteln“	Bericht C 5085-1 der Peutz Consult GmbH	Lit. Juni 2013
[5]	Niederländische Norm NEN 8100 – Wind comfort and wind danger in the built environment	Nederlands Normalisatie Instituut	N. Februar 2006
[6]	Klimaserver RVR – Klimaökologische Funktionen	Klima Geoportal Ruhr	P Abruf am: 08.06.2022
[7]	Klimaserver RVR – Regionale Klimatope (Stand 2012)	Klima Geoportal Ruhr	P Abruf am: 08.06.2022
[8]	Klimaatlas NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: <a href="https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas">https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas</a>	Abruf am: 03.02.2022
[9]	Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der DWD-Station Lünen-Niederaden aus dem Zeitraum 1991-2020	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen <a href="https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/einzelwerte-kontinuierlicher-messungen">https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/einzelwerte-kontinuierlicher-messungen</a>	P 2022
[10]	Prüfung der Übertragbarkeit von Daten der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen von einem vorgegebenen Messort auf den Anlagenstandort Datteln / Waltrop und Selektion eines repräsentativen Jahres	ArguSoft GmbH & Co. KG, zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	Lit 20.04.2012



Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[11] 200 x 200m Rasterdaten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in 60 m Höhe und Weibullparameter für Deutschland	Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes: <a href="https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/wind_wdat_geo_60m_BRD_200m.asc.zip">https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/wind_wdat_geo_60m_BRD_200m.asc.zip</a>	P. Zugriff Januar 2022
[12] Windkarten und Winddaten für Deutschland – Bezugszeitraum 1981 - 2000	Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes: <a href="https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/Wind1981-2000_Info.pdf">https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/Wind1981-2000_Info.pdf</a>	Lit. Mai 2013
[13] VDI 3787 Blatt 5 Lokale Kaltluft	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL	RIL 2003
[14] Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms	Deutscher Wetterdienst	Lit. 2008
[15] Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21	Deutscher Wetterdienst	Lit. November 2017
[16] DTM Germany 20m v1 by Sonny	Open Data Portal Österreich: <a href="https://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/resource/ca7e923e-094d-425e-9e00-e80d40540fa5">https://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/resource/ca7e923e-094d-425e-9e00-e80d40540fa5</a>	P 17.03.2021
[17] Digitales Geländemodell (DGM1)	Landesregierung NRW:	P. 2022
[18] LOD2-Gebäudemodell	<a href="https://www.geoportal.nrw.de">https://www.geoportal.nrw.de</a>	
[19] Normalisiertes digitales Oberflächenmodell (NDOM) des Untersuchungsgebietes	Datenlizenz Deutschland – Zero -Version 2.0 ( <a href="https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0">https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0</a> )	
[20] Digitale Orthophotos (DOP)		
[21] Amtliche Basiskarte (ABK) des Untersuchungsgebietes		
[22] INSPIRE-WFS NW Bodenbedeckungsvektor ALKIS		
[23] BK 50; Bodenkarte von NRW 1:50.000		

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[24]	Urban Atlas LCLU 2018	European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme: <a href="https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018">https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018</a>	P 2022
[25]	Rechenmodell ENVI-met, Version 5.02 - Winter Release 2021/2022	ENVI_MET GmbH <a href="https://www.envi-met.com/">https://www.envi-met.com/</a>	Lit. 2021
[26]	GALK-Straßenbaumliste	GALK e.V., Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz: <a href="http://strassenbaumliste.galk.de/">http://strassenbaumliste.galk.de/</a>	P 2022
[27]	VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung.	Verein Deutscher Ingenieure	RIL 2008
[28]	Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels	A. Matzarakis, in Umweltmeteorologie, Nr. 3, 2013	Lit. 2013
[29]	Stadtklima	S. Henninger & S. Weber, 2019	Lit 2019
[30]	Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur-Verbraucherschutz NRW	Lit 2011
[31]	Meteorologie	H. Häckel, 4. Auflage	Lit 1999
[32]	Klimatologie	W. Kuttler, 2. Auflage	Lit 2013
[33]	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
[34]	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. <a href="http://www.din.de">www.din.de</a>	N 2006

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[35] Beaufort-Skala	Wetter- und Klimalexikon des Deutschen Wetterdienstes: <a href="https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&amp;lv2=100310&amp;lv3=100390">https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&amp;lv2=100310&amp;lv3=100390</a>	Lit.	Abruf am: 23.02.2022
[36] 200 x 200m Rasterdaten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in 60 m Höhe und Weibullparameter für Deutschland	Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes: <a href="https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/wind_wdat_geo_60m_BRD_200m.asc.zip">https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/wind_wdat_geo_60m_BRD_200m.asc.zip</a>	P.	Zugriff Januar 2022
[37] Windkarten und Winddaten für Deutschland – Bezugszeitraum 1981 - 2000	Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes: <a href="https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/Wind1981-2000_Info.pdf">https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/wind_parameters/resol_200x200/Wind1981-2000_Info.pdf</a>	Lit.	Mai 2013
[38] Pedestrian Wind Comfort Analysis	<a href="https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/">https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/</a>	Lit.	Juli 2021
[39] Wind Conditions in PWC	<a href="https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/wind-conditions/">https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/wind-conditions/</a>	Lit.	Juli 2021
[40] Region of Interest	<a href="https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/region-of-interest/">https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/region-of-interest/</a>	Lit.	Juli 2021
[41] Lattice Boltzmann method for fluid flows	Shiyi, C, Doolen, G. D. In Annual Review of Fluid Mechanics. Band 30, Nr. 1, S. 329 - 364	Lit.	Januar 1998

Kategorien:

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

### **3 Örtliche Gegebenheiten**

Der newPark soll ein innovatives Flächenangebot für flächenintensive und gewerbliche Großvorhaben mit besonderer Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes darstellen.

Die Entwicklungsfläche newPark befindet sich im Bereich der ehemaligen Rieselfelder zwischen den Städten Datteln und Waltrop. Die Fläche wird im Westen und Norden durch die Kreisstraße 12 (K12) und im Süden durch den Schwarzbach begrenzt.

Das Plangebiet ist derzeit nahezu eben und komplett unversiegelt. Insbesondere liegen landwirtschaftliche genutzte Felder und Äcker vor. Zudem befinden sich innerhalb des Plangebietes einige kleinere Wäldchen. Im südlichen Teil des Plangebietes verläuft der Schwarzbach. Die Siedlungsstruktur im Umfeld des Plangebietes ist insbesondere von verstreuten landwirtschaftlichen Betrieben und Reiterhöfen geprägt. Die Ortslage von Datteln beginnt etwa 1,2 km westlich und die Ortslage von Waltrop 2 km südlich des Plangebietes.

Der Übersichtslageplan in Anlage 1 zeigt die derzeitige Nutzung der Plangebietsfläche, Anlage 2 zeigt eine mögliche zukünftige Nutzung gemäß der vorliegenden Rahmenplanung [1].

#### **3.1 Städtebauliches Konzept**

##### **3.1.1 Nutzungs- und Bebauungskonzept**

newPark ist ein innovatives Flächenangebot für flächenintensive industrielle und gewerbliche Großvorhaben mit besonderer Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes. Die Projektfläche newPark liegt im nordöstlichen Ruhrgebiet auf den Stadtgebieten der Städte Datteln und Waltrop im Kreis Recklinghausen. Die Fläche ist im Landesentwicklungsplan des Landes Nordrhein-Westfalen (LEP NRW) als Gebiet für flächenintensive Großvorhaben festgelegt. Die Stadt Datteln entwickelt zusammen mit der newPark GmbH die Flächen auf dem Gebiet der Stadt Datteln. Die Flächenentwicklung soll zunächst für den Bauabschnitt 1 (vgl. Anlage 2) erfolgen.

Mit dem Industrieareal newPark wird ein Industrie- und Gewerbestandort für neue Industrie in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Die Fläche soll sich im Wettbewerb der Standorte um industrielle Großansiedlungen durch eine besonders attraktive städtebauliche Planung sowie ein herausragendes Flächenangebot für nationale und internationale Unternehmen profilieren. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Flexibilität der Flächen- und Erschließungsstrukturen, der Profilierung als GreenTech-Standort und dem Parkcharakter von newPark zu.

Die newPark-Gesamtfläche umfasst ca. 288 ha. Zunächst wird der 1. Bauabschnitt entwickelt, dieser 1. Bauabschnitt hat eine Fläche von ca. 120,2 ha. Die Baugebiete stellen dabei 60,03 ha dar. Auch werden für diesen Bauabschnitt Erschließungsflächen für den 2. Bauabschnitt hergestellt und externe Flächen für vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (CEF-Maßnahmen), den ökologischen Ausgleich sowie Schadensminderungsmaßnahmen benötigt. Die bauliche Entwicklung der Flächen wird durch eine angestrebte Festsetzung von Sondergebieten im Bebauungsplan ermöglicht.

Regelungen zur Bebaubarkeit der Grundstücke sowie Regelung zu Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen innerhalb des Geltungsbereiches setzt der Bebauungsplan fest, welcher zurzeit erarbeitet wird. Unter anderem werden die Gebäudehöhen in der Regel bei 30 m liegen. Aus produktionstechnischen und lagertechnischen Gründen sind Höhen bis maximal 50 m innerhalb einer festgelegten Zone innerhalb des Bereiches der Großindustrie möglich. Die Abstufung der Gebäudehöhen erfolgt von innen nach außen. Dadurch wird eine Anpassung an die Erfordernisse des Landschaftsbildes erreicht. Für die Industrieflächen wird von einer Begrenzung des Verkehrsflächenanteils von 20 % der Grundstücksfläche ausgegangen. Des Weiteren sind Regelungen bezüglich der Zulässigkeit von Vorhaben in Abhängigkeit des Abstandserlasses NRW getroffen worden.

### **3.2 Freiraum- und Grünkonzept**

Die Industrieflächen sind umgeben von einem Landschaftsraum, dessen Elemente, wie der Schwarzbach und die Lippe, sowie die dazwischen liegenden Verbindungen und einige Wald- und Biotopflächen in das Areal integriert werden.

Bei der Planung wurde besonderer Wert auf einen hochwertigen Grünanteil gelegt, der die Attraktivität und die Nachhaltigkeit des Gesamtprojektes sicherstellt. Dabei liegt das besondere Augenmerk der Planung auf der Gestaltung der öffentlichen Grünflächen, die rund 40 % des Plangebiets ausmachen. Auch im 1. Bauabschnitt ist der hohe Anteil an Grün- und Freiflächen anzumerken. Der 1. Bauabschnitt sichert bereits die fundamentalen Grünstrukturen, welche das städtebauliche Konzept des newParks ausmacht.

Die Flächen entlang des Schwarzbaches werden für die Regenwasserrückhaltung und -klärung genutzt. Zu den Alleen der K 12 werden die Industrieflächen durch eine Begrünung abgeschirmt, während sie nach Süden hin zum Landschaftsraum geöffnet und durch den Waldbestand auch verzahnt werden.

Regelungen zur Bebaubarkeit der Grundstücke sowie Regelung zu Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen innerhalb des Geltungsbereiches setzt der Bebauungsplan fest, welcher zurzeit erarbeitet wird.

In der Regel werden die vorhandenen Gewässer erhalten und weiterentwickelt. Einzige Ausnahme bildet ein Graben, der die 80 ha-Fläche durchschneidet. Ebenso wurde wertvoller Baumbestand in bestimmten Bereichen in die Planung integriert. Entlang der Grenze zu Waltrup entwickelt sich im Zusammenhang mit den zu erhaltenden Waldflächen ein unterschiedlich breites grünes Band, das auch bei einer möglichen Erweiterung in Richtung Osten die Gliederung durch einen Grünzug garantiert.

Neben den öffentlichen Grünflächen sind auch auf den privaten Flächen Grünbereiche vorzusehen. Der Grünanteil der privaten Grundstücksflächen wird durch die Grundflächenzahl sowie die gesetzliche Grenze der BauNVO definiert. Auf diesen internen Grünflächen befinden sich neben Repräsentations- und Erholungsbereichen die Mulden für das zu versickernde Regenwasser der Dachflächen. Die Stadt Datteln stellt parallel zum Bebauungsplan eine Satzung über die Niederschlagwasserbeseitigung auf.

## **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 [33].

#### **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 [31]. 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 [33].

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 Wärmeerzeugung 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 [29].

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 [31].

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 [29]. 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 [32].

#### 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 [28]. 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 [27] 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	Thermophysiologische 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

## 4.2 Langjährige klimatische Verhältnisse

Das Klima der Region ist - bezogen auf die letzten 30 Jahre - maritim geprägt und durch milde Winter und regenreiche Sommer gekennzeichnet. Es herrschen gute Austauschbedingungen und nur schwach ausgeprägte geländeklimatische Variationen. Weiterhin liegt das Gebiet in einem Niederungsbereich mit Bildung von nächtlichen Bodeninversionen und erhöhter Bodennebelgefahr.

In Anlage 3 sind verschiedene klimatische Parameter für den Zeitraum der letzten 30 Jahre (1991-2020) dargestellt. Die Karten wurden dem Klimaatlas NRW [8] entnommen.

Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt im Plangebiet bei etwa 10,7 °C (vgl. Anlage 3). Tabelle 4.2 zeigt zusätzlich die mittleren Lufttemperaturen für jeden Monat. Demnach ist der Januar mit einer mittleren Temperatur von 3,2°C der kälteste Monat, der August mit einer mittleren Temperatur von 19,0°C der wärmste Monat.

Tabelle 4.2: Mittlere Lufttemperatur [°C] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8]

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Tagesmittel (°C)	3,2	3,6	6,5	10,3	14,2	17,1	19,0	18,5	14,7	10,8	6,8	3,9

Die Anzahl der Sommertage (Lufttemperatur > 25 °C) über das Jahr beläuft sich auf 40,3. Wie sich die Lufttemperatur speziell für den Sommer in Folge des Klimawandels verändert, wird im folgenden Kapitel thematisiert.

Die Windgeschwindigkeit im Jahresmittel gemittelt über den Zeitraum 1981 – 2000 in 10 m Höhe über Grund ist ebenfalls in Anlage 3 dargestellt. Aufgrund der überwiegenden landwirtschaftlichen Nutzungen im Umfeld des Plangebietes mit vorwiegend geringen Rauigkeiten ergibt sich für das Plangebiet mit 4 m/s eine relativ hohe mittlere Windgeschwindigkeit.

Die Jahresniederschlagssumme lag in den vergangenen 30 Jahren etwa 788 mm. Tabelle 4.3 zeigt die Summen je Monat. Sie schwankt zwischen 78,2 mm im niederschlagsreichsten Monat Juli und 42,0 mm im niederschlagsärmsten Monat April.

Tabelle 4.3: Niederschlagssumme [mm] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8]

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Monatssumme	72,3	61,4	55,9	42,0	58,2	68,3	78,2	75,9	67,5	66,4	65,8	76,3

Zuletzt sind zur Beschreibung der klimatischen Situation die Sonnenscheindauern für das gesamte Jahr, für den Sommer und für den Winter dargestellt. Die Jahressumme der Sonnenstunden beläuft sich demnach auf 1574 h wobei im Schnitt 607 h davon auf den Sommer entfallen. Im Winter scheint die Sonne etwa 160 h. In Tabelle 4.4 sind die Sonnenstunden zusätzlich nach Monaten aufgeteilt. Mit nur 40 Stunden ist der Dezember der sonnenschei-närmste Monat und der Juli mit 209 Sonnenstunden der sonnenreichste Monat.

Tabelle 4.4: Summe der Sonnenscheindauer [h] im Plangebiet gemittelt über 30 Jahre (1991-2020) [8]

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Monatssumme	50	70	123	175	203	202	209	196	146	104	54	40

### 4.3 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 Klimasystem 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 [8] liefert für drei verschiedenen RCP-Klimaszenarien Informationen zur Entwicklung zukünftiger Klimavariablen und -kenntnis 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,

- die Anzahl der Heißen Tage bis zum Jahr 2100 von 7 auf 12 ansteigt und im Schnitt 2 Tropennächte pro Jahr auftreten.

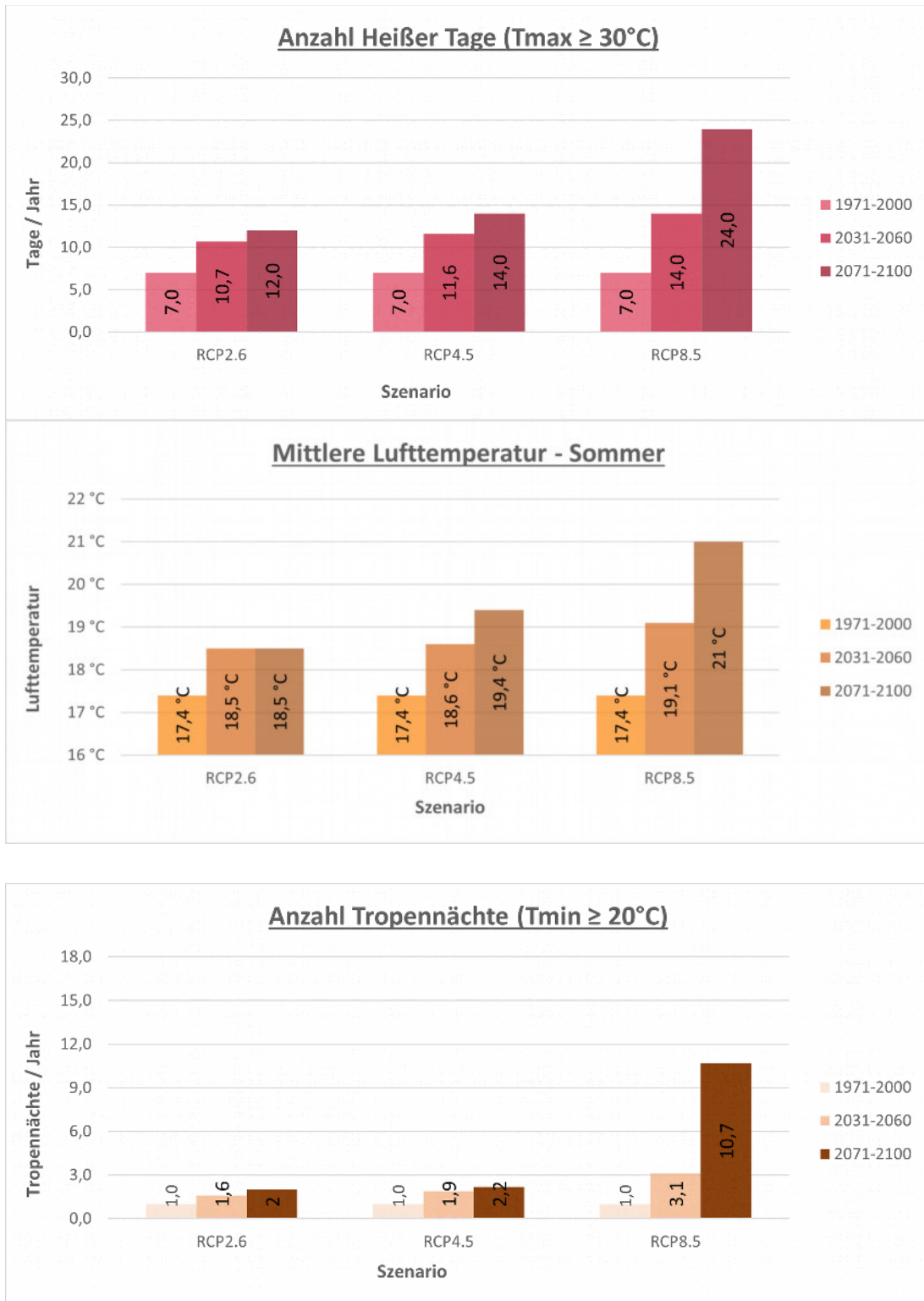
Für das mittlere Szenario RCP4.5 wird prognostiziert, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1970-2000:

- die mittlere Lufttemperatur im Sommer von 17,4 °C um 2,0 °C auf 19,4 °C in der „fernen“ Zukunft ansteigt,
- sich die Anzahl der Heißen Tage und der Tropennächte bis Ende des Jahrhunderts in etwa verdoppelt.

Die Klimamodelle geben für das „weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 an, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1970-2000:

- sich die sommerlichen Temperaturen im Mittel um 1,7 °C (2031-2060) bzw. um 3,4 °C (2071-2100) erhöhen
- sich bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der Heißen Tage mehr als verdreifacht und im Mittel 10,7 Tropennächte pro Jahr auftreten werden.

Abbildung 4.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung bei Datteln



#### **4.4 Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens**

Zur Beschreibung des Klimas im Umfeld des Planvorhabens wurden die klimaökologische Funktionskarte [6] sowie die Klimatopenkarte [7] des Regionalverbands Ruhr herangezogen.

In der klimaökologischen Funktionskarte Anlage 4 ist für Freiflächen die Intensität des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms dargestellt. Demnach weist der Kaltluftvolumenstrom im Plangebiet lediglich eine geringe bis mittlere Mächtigkeit auf. Die gesamte Fläche dient als Kaltluftproduzent wobei insbesondere entlang des Schwarzbaches Bereiche mit einer hohen Kaltluftproduktionsrate von mehr als  $16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  vorliegen. Ausgeprägte Kaltluft- oder Frischluftleitbahnen werden für das Plangebiet nicht ausgewiesen.

Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, die aufgrund vergleichbarer Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, des Versiegelungsgrades, der Rauigkeit und des Vegetationsbestandes ähnliche mikroklimatische Bedingungen aufweisen. Die Anlage 5 zeigt die Klimatoptypen im Umfeld des Plangebietes. Das Plangebiet wird demnach hauptsächlich dem Freilandklimatop zugewiesen. Das Freilandklima ist durch eine emissionsarme Umgebung gekennzeichnet und dient somit der Frischluft- und auch der Kaltluftproduktion. Es dient aufgrund der geringen Wärme- und Emissionsbelastung als Erholungsgebiet und Ausgleichsraum für angrenzende bebaute Flächen.

Zudem gibt es zwei Bereiche die als Waldklimatop gekennzeichnet sind. Das Waldklimatop dient als Erholungsraum und trägt zur Lufthygiene bei. Es ist durch einen gedämpften Tagesgang gezeichnet der mit geringer thermischer Belastung am Tag einhergeht. Im Gegensatz zum Freilandklima, das eine Funktion als Luftleitbahn einnimmt, dient das Waldklimatop nicht dazu. Die Luftleitung ist aufgrund der hohen Rauigkeit und des Bewuchses stark beeinträchtigt.

## 5 Themenkomplex Kaltluft

### 5.1 Grundlagen

#### 5.1.1 Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen

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 und 20 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h in ebenem Gelände und 30 bis 40 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 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.

#### 5.1.2 Bewertung von Kaltluftabflüssen

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Gemäß der VDI-Richtli-

nie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [13] 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 vorhabenbedingten Veränderungen im Kaltluftgeschehen erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [13]. 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 5.1 dargestellte Skala verwendet.

Tabelle 5.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [13].

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

### 5.1.3 Berechnungsmodell

Die Kaltluftberechnungen wurden mit der aktuellen Version des vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodells KLAM\_21 [14][15] 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. Jeder Landnutzungs-kategorie wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine 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.

#### **5.1.4 Eingangsdaten**

##### **5.1.4.1 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 7 dargestellten Bereich. Die Abmessungen des gesamten Untersuchungsraumes betragen ca. 44,0 km x 37,5 km. In den äußeren Bereichen des Rechengebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 37,5 m realisiert.

Das Rechenmodell KLAM\_21 gestattet eine Verfeinerung der Gitterstrukturen 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 Kaltluft-Einzugsbereich besitzt, der bei einer angemessenen Simulation des Kaltluftgeschehens mit berücksichtigt werden muss. Innerhalb des Nestinggebietes wird die Gitterauflösung des gröbereren Einflussbereichs um den Faktor 5 erhöht. Im vorliegenden Fall wurde ein großzügiges Nestinggebiet im Umfeld des Planvorhabens definiert.

Die Lage des in dieser Untersuchung verwendeten Nestingbereiches zeigt u.a. Anlage 7. In diesem Bereich wurde eine horizontale Gitterauflösung von 7,5 m realisiert. Die Abmessungen des Nestinggebietes betragen etwa 13,3 km in Ost-West- und etwa 11,3 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.

#### **5.1.4.2 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 [16] abgeleitet. Innerhalb des Nestinggebietes wurden die Geländehöhen dem hochaufgelösten, vom Land NRW kostenfrei zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell (DGM1) [17] entnommen. Das hochaufgelöste DGM wurde dem 20 m-DGM aufgeprägt und das Gesamt-DGM in eine einheitliche horizontale Gitterauflösung von 7,5 m überführt. Anlage 7 zeigt die Geländehöhen im gesamten Untersuchungsraum.

#### **5.1.4.3 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 [24] 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 nicht den in KLAM\_21 verwendeten Landnutzungsklassen entsprechen, müssen die Urban Atlas-Klassen zunächst in die standardmäßig vorgegebenen KLAM-Klassen umgewandelt werden. Für die Siedlungsbereiche wurden zudem ergänzende benutzerdefinierte KLAM-Klassen erzeugt, die neben dem Versiegelungsgrad auch die Grundflächenzahl (Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche) sowie die typischen mittleren Gebäudehöhen pro Klasse berücksichtigen. Auf Grundlage des zur Verfügung gestellten städtebaulichen Konzeptes [1] wurden zudem für das Plangebiet eine eigene Landnutzungsklasse mit einer entsprechenden mittleren Gebäudehöhe und einem realistischen Versiegelungsgrad abgeleitet. Die in den Kaltluftberechnungen verwendeten Landnutzungsklassen und deren assoziierte Parameter können Tabelle 5.2 entnommen werden.

Tabelle 5.2: Im Rechenmodell KLAM\_21 verwendete Landnutzungsklassen und deren assoziierte Parameter.

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
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
Plangebiet	0,1	0,45	32,0	1,2	0,0	0,0	0,0	-99	0,9

Mit:

- z0g(i):** Rauigkeitslänge des Bodens ohne Beachtung explizit spezifizierter Bebauung oder Bewaldung [m]
- grz(i):** Grundflächenzahl (Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche) [-]
- hg(i):** mittlere Gebäudehöhe [m]
- wa(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 [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 [15])
- vsg(i):** Versiegelungsgrad (einschließlich der bebauten Flächenanteile) der Gesamtfläche

Anlage 8 zeigt die im Istfall angesetzten Landnutzungen für das gesamte Plangebiet, während Anlage 9 und Anlage 10 die angesetzten Landnutzungen im Umfeld des Plangebietes im Ist- und Planfall zeigen.

## **5.2 Ergebnisse der Kaltluftberechnung**

Die Kaltluftsimulationen wurden ohne übergeordneten Regionalwind durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen somit ausschließlich das thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Im Folgenden wird die Kaltluftsituation (Kaltluflhöhe und Kaltluftvolumenstrom) 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 11 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Istfall im Umfeld des Plangebietes zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Demnach liegt bereits in den frühen Nachtstunden die Kaltluflhöhe innerhalb des Plangebietes aufgrund der starken Kaltluftproduktion auf den Freiflächen zwischen 25 und 30 m. Etwas größere Kaltluftmächtigkeiten zwischen 30 und 40 m werden aufgrund des eingeschnittenen Geländes im Flusstal der Lippe ausgewiesen. Geringe Kaltluftmächtigkeiten von < 5 m treten insbesondere im Bereich des schwach ausgeprägten Höhenzuges zwischen Olfen und Bork auf, da die hier gebildete Kaltluft in Richtung der tiefer gelegenen Bereiche abfließt.

Anlage 12 stellt die Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang nach Realisierung des Planvorhabens dar. Anlage 13 zeigt die entsprechende prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit im Planfall bezogen auf den Istfall. Es wird deutlich, dass Änderungen der Kaltluftmächtigkeit oberhalb von 5 % lediglich in kleinen Gebieten der Städte Datteln und Waltrup westlich und südlich des Plangebietes auftreten. Aufgrund der hier vorliegenden sehr geringen Kaltluftmächtigkeiten und dementsprechenden sehr geringen absoluten Änderungen im cm-Bereich sind diese Veränderungen als nicht-signifikant einzustufen.

Anlage 14 zeigt den Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Plangebietes zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall. Die Abbildung verdeutlicht, dass aufgrund des nur sehr schwach ausgeprägten Geländes und den hieraus resultierenden geringen Abflussmengen insgesamt sehr niedrige Kaltluftvolumenstromdichten im Untersuchungsraum vorliegen. Innerhalb des Plangebietes liegt insgesamt eine nur sehr schwach ausgeprägte Strömung mit Kaltluftvolu-

menstromdichten zwischen  $<1,0$  und maximal  $3 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$  vor. Das Plangebiet wird hierbei in den frühen Nachtstunden aus Richtung Südosten mit Kaltluft durchströmt, die lokal auf den südöstlich an das Plangebiet angrenzenden Freiflächen produziert wurde. Die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit (nicht dargestellt) liegt hierbei innerhalb des Plangebietes durchgehend unterhalb von  $0,1 \text{ m/s}$ . Gemäß der VDI Richtlinie 3787 Blatt 5 [13] ist bei Strömungsgeschwindigkeiten  $< 0,5 \text{ m/s}$  von einem Kaltluftstau und keinem Kaltluftabfluss mehr auszugehen. Vom Plangebiet geht somit keine signifikante Belüftungsfunktion für umliegende Bereiche aus.

Durch die Realisierung des Planvorhabens nimmt der Versiegelungsgrad auf der Plangebietsfläche zu, so dass insgesamt weniger Kaltluft produziert wird. Des Weiteren steigt die Hinderniswirkung infolge der geplanten Gebäude. Anlage 15 zeigt den Kaltluftvolumenstrom zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang nach Realisierung des Planvorhabens und Anlage 16 die entsprechende prozentuale Differenz gegenüber der Istsituation. Aufgrund der extrem niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten und der hieraus resultierenden geringen Relevanz wurden Bereiche, in denen die absolute Differenz weniger als  $1 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$  beträgt, nicht dargestellt.

Die Differenzdarstellung zeigt, dass im Luv des Vorhabens der Kaltluftvolumenstrom auf Grund von Umströmungseffekten auf einem sehr geringen absoluten Niveau zunimmt. Im Lee des Vorhabens ist eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms festzustellen. Absolute Abnahmen von mehr als  $1 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$  und einer prozentualen Differenz von mehr als 5 % sind hierbei in etwa bis zur Markfelder Straße zu erwarten. Aufgrund der bereits in der Istsituation sehr geringen Durchlüftung („Kaltluftstau“) ist durch die Realisierung des Planvorhabens somit in den frühen Nachtstunden von keiner signifikanten Verschlechterung der Belüftungssituation im Umfeld des Vorhabens auszugehen.

### **5.2.2 Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang**

Anlage 17 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Istfall im Umfeld des Plangebietes zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Im Vergleich zur Situation in den frühen Nachtstunden ist die Kaltluftschichtdicke um 20 bis 30 m angewachsen und liegt innerhalb des Plangebietes zwischen 50 und 75 m.

Anlage 18 stellt die Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang nach Realisierung des Planvorhabens dar. Anlage 19 zeigt die entsprechende prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit im Planfall bezogen auf den Istfall. Es wird deutlich, dass keine ausgeprägten signifikante Änderungen der Kaltluftmächtigkeit oberhalb von 5 % auftreten.

Anlage 20 zeigt den Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Plangebietes sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall. Die Abbildung zeigt, dass im Lauf der Nacht die Intensität der Kaltluftströmung zunimmt. Innerhalb des Plangebietes bildet sich eine von Nordost nach

Südwest gerichtete Strömung aus, welche von Kaltluft gespeist wird, die auf den Freiflächen des nördlich angrenzenden Höhenzuges zwischen Vinnum, Altenbork und Bork gebildet wird. Zudem wird der angesprochene Höhenzug mit Kaltluft aus dem Stevertal überströmt. Innerhalb des Plangebietes beträgt die Kaltluftvolumenstromdichte zwischen  $1 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$  in den Grünstrukturen am westlichen Rand des Plangebietes und bis zu  $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$  im restlichen Plangebiet. Aus der vorliegenden Strömungsrichtung kann abgeleitet werden, dass das Plangebiet keine Belüftungsfunktion für die dicht bebauten Bereiche von Datteln übernimmt, da die Kaltluft östlich der südlich des Plangebietes liegenden Waldflächen an Datteln vorbeiströmt.

Die Situation nach Realisierung des Planvorhabens zeigt Anlage 21. Anlage 22 weist die entsprechende prozentuale Differenz gegenüber der Istsituation aus. Es wird deutlich, dass durch die erhöhte Hinderniswirkung im Bereich der geplanten Bebauung ein Umlenken der aus Richtung Nordosten einfließenden Kaltluft stattfindet. Während innerhalb der zukünftig bebauten Strukturen der Kaltluftvolumenstrom um zum Teil mehr als 10% sinkt, erhöht sich die Kaltluftvolumenstromdichte durch die Umlenkung westlich und östlich des Vorhabens.

Insgesamt wird deutlich, dass die Auswirkungen des Vorhabens auf die Kaltluftdynamik in der zweiten Nachthälfte lokal begrenzt sind. Eine signifikante Schwächung der Kaltluftströmungen in Richtung der dichter bebauten Bereiche von Waltrop kann ausgeschlossen werden kann.

## **6 Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung**

### **6.1 Berechnungsmodell**

Die infolge des Planvorhabens zu erwartenden Klimaänderungen im lokalen Umfeld des Bauvorhabens werden mit dem mikroskaligen Stadtklimamodelle ENVI-met in der Version 5.02 (Winter Release 2021/2022) [25] für die nachfolgend aufgeführten Varianten mit den bei sommerlichen Wetterlagen auftretenden Hauptwindrichtungen Ost und Südost durchgeführt:

Istfall:

- Bestandsbebauung
- aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit

Planfall Bauabschnitt 1:

- Zukünftige Bebauungssituation im Bauabschnitt 1 gemäß dem Bebauungsplan [2] und dem Rahmenplan Industrieareal newPark Datteln [1]
- Vegetationsbestand und Oberflächenbeschaffenheit gemäß dem Rahmenplan Industrieareal newPark Datteln [1]

#### **6.1.1 Modellbeschreibung**

ENVI-met in der Version 5.02 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 10 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 23.

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 6,0 m realisiert. Mikroskalige Effekte durch Kleinstrukturen wie Bäume und Einzelgebäude werden bei dieser Gitterauflösung noch hinreichend genau abgebildet. Die Ausdehnung des Rechengebietes beträgt 2.358 m in x- und 1.818 m in y-Richtung.

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 sechs Schichten eine feine Vertikalauflösung von 1,0 m festgelegt. Ab der Modellhöhe von 6 m erhöht sich die vertikale Zellausdehnung um jeweils 15 %. Bei einer Anzahl von 25 Gitterzellen in z-Richtung ergibt sich hieraus eine maximale Modellhöhe von 100 m.

## **6.1.3 Eingangsdaten**

### **6.1.3.1 Gebäude**

Gebäude sind ein maßgeblicher Einflussfaktor für die typische Ausprägung des Stadtklimas. Die in ihnen verbauten Materialien wie z. B. Stahl und Beton heizen sich im Tagesverlauf aufgrund ihrer Wärmespeicherfähigkeiten deutlich stärker auf als eine unversiegelte Freifläche. Die über den Tag gespeicherte Wärme wird während der Nacht wieder an die Umgebungsluft abgegeben.

Tagsüber lassen sich aber auch gegenläufige Effekte feststellen. So können sich durch Gebäude verschattete Flächen in Bodennähe deutlich weniger stark aufheizen als unverschattete Freiflächen. Zudem wird der Luft, durch die Zwischenspeicherung in den Gebäuden, Wärme entzogen. Dementsprechend ist der städtische Wärmeinseleffekt nachts oftmals deutlich ausgeprägter als am Tag.

Neben dem Einfluss auf den Wärmehaushalt beeinflusst die dichte Bebauungsstruktur einer Stadt zudem die Windverhältnisse. Aufgrund der gegenüber dem Umland deutlich erhöhten Rauigkeit ist die mittlere Windgeschwindigkeit in städtischen Gebieten oftmals deutlich reduziert mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Durchlüftung. Daher kann die nachts abgegebene Wärme nicht oder nicht vollständig aus der Stadt ausgetragen werden.



Lage und Höhe der Bestandsbebauung außerhalb des Plangebietes im Untersuchungsgebiet wurden aus dem vom Land NRW zu Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodell [18] abgeleitet. Anlage 24 zeigt hierzu den berücksichtigten Gebäudebestand im Istfall, Anlage 25 enthält den Gebäudebestand sowie die berücksichtigten Plangebäude im Planfall. Lage und Höhe der geplanten Bebauung wurden auf Grundlage des Bebauungsplans [2] sowie des Rahmenplans [1] abgeleitet.

Neben der Lage und Höhe müssen den Gebäuden in ENVI-met auch thermische und strahlungstechnische Eigenschaften zugewiesen werden. Hier wurden für alle Gebäudewände und -dächer die ENVI-met Standardeigenschaften (moderate Isolierung) zu Grund gelegt. Die Rauminnentemperatur beträgt bei allen Gebäuden zum Startzeitpunkt der Simulationsrechnung 20 °C.

### **6.1.3.2 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. Diese wird im Anschluss in die von ENVI-met vorgegebenen Belaubungsklassen übersetzt. Hierbei entspricht eine geringe Lichtdurchlässigkeit einem sehr dichten Belaubungsgrad, eine mittlere Lichtdurchlässigkeit einem dichten Belaubungsgrad und eine starke Lichtdurchlässigkeit einem lichten Belaubungsgrad.

Die Erfassung der Bäume im öffentlichen und privaten Raum erfolgte mithilfe des hochaufgelösten normierten digitalen Oberflächenmodells (NDOM) [19]. Da in diesem Fall die Lage und Höhe, nicht aber deren Art bestimmt werden konnte, wurde diesen Bäumen pauschal ein „dichter“ Belaubungsgrad zugewiesen.

Das Umfeld des Plangebietes ist insbesondere durch landwirtschaftlich genutzte Freiflächen gekennzeichnet. Auf diesen Feldern und Wiesen wurde ein landwirtschaftlicher Bewuchs mit einer Höhe von 1,0 m zu Grunde gelegt.

Der Vegetationsbestand im Planfall wurde auf Grundlage der Festsetzungen des Bebauungsplanes sowie den im Rahmenplan eingezeichneten Baumstandortorten abgeleitet. Für die geplanten Bäume wurde eine Höhe von 10 m und ein „dichter Belaubungsgrad“ festgelegt.

In Anlage 24 und Anlage 25 sind die in die Berechnungen eingehenden Vegetationsbestände für beide Situationen dargestellt.

### **6.1.3.3 Oberflächen**

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor zur Ausprägung des innerstädtischen Klimas ist die Oberflächenbeschaffenheit. So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung die Verdunstung 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)“ [23] abgeleitet.

Die versiegelten Flächen im Bestand inner- und außerhalb des Plangebietes wurden anhand aktueller Orthofotos [20] sowie anhand von ALKIS - Bodenbedeckungsdaten des Landes NRW [22] 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 Rahmenplans [1]. Für die Straßen im Plangebiet wurde eine Versiegelung mit Asphalt angenommen. Für alle weiteren versiegelten Flächen wie Gehwege und Parkplätze wurde eine Betonoberfläche angenommen.

Grundsätzlich wird in beiden Situationen den unversiegelten Vegetationsflächen unterhalb der angesetzten Rasenfläche die zugrunde liegende Bodeneigenschaft entsprechen der Bodenkarte 50 [23] zugewiesen.

Anlage 26 und Anlage 27 zeigen die ins Modell einfließenden Oberflächenbeschaffenheiten für den Ist- und Planfall.

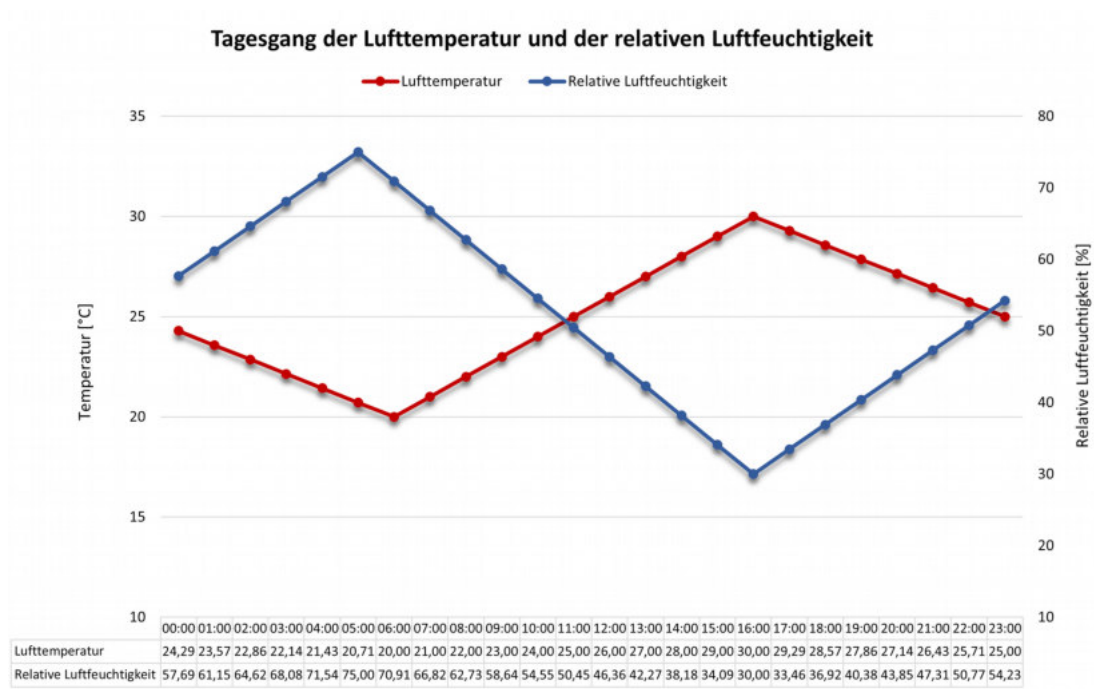
### **6.1.3.4 Initialisierungsparameter**

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. Im vorliegenden Fall wurde ein simple-forcing verwendet.

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 Windrichtungen wurden Wetterdaten von der LANUV-Station in Lünen-Niederaden herangezogen. Diese Station befindet sich etwa 14 km südwestlich des Untersuchungsgebietes. Im Rahmen der Ermittlung einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Windstatistik wurde eine „Prüfung der Übertragbarkeit von Daten der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen von einem vorgegebenen Messort auf den Anlagenstandort“ [10] gemäß TA Luft durch den Auftraggeber beauftragt. Diese Prüfung ergab, dass die Windstatistik der Windmessstation Lünen-Niederaden mit hinreichender Genauigkeit auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden kann.

Anlage 6 zeigt die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an dieser Station für heiße Tage mit einer Maximaltemperatur > 30 °C im Zeitraum 2011-2020.

Die Windrichtungsverteilung im Auswertzeitraum (2011-2020) zeigt, dass der Wind an Hitzetagen in Lünen bevorzugt aus einer nordöstlichen Richtung weht. Ein Maximum liegt bei einer Anströmungsrichtung von 70° und 80°. Darüber hinaus treten südöstliche Windrichtungen gehäuft auf. Anströmungen aus verbleibenden Windrichtungen sind vergleichsweise selten.

Um die Auswirkungen des Planvorhabens auf die Umgebung des Plangebietes beurteilen zu können, werden im Rahmen der Klimasimulationen zur Hitzebelastung daher nachfolgend die Windrichtungen Südost (160°) und Nordost (80°) untersucht.

Die Berechnungen umfassen insgesamt 35 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 [34]. 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 84,5 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	51,63°N, 7,36°E
Startzeit der Simulation	20.06., 04:00 Uhr
Dauer der Simulation	35 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° (Nordost) und 160° (Südost)
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 %

## 6.2 Ergebnisse

Die Berechnungen wurden mit den dokumentierten Eingangsdaten für den Ist- und den Planfall für jeweils zwei Anströmungsrichtungen durchgeführt. Zur Bestimmung der thermischen Belastung wurden die beiden Kenngrößen Lufttemperatur und PET-Wert analysiert. Dabei wird die Lufttemperatur zu drei verschiedenen Tageszeiten (15 Uhr – wärmste Stunde des Tages, 5 Uhr – kälteste Nachtstunde und 22 Uhr – typische Einschlafzeit) ausgewertet und dargestellt, in der Ergebnisauswertung zum PET-Wert wurde der Mittelwert zwischen 11 und 15 Uhr visualisiert.

Für die Untersuchung zur Durchlüftung wurden die Windfelder um 15 Uhr analysiert und in einer bodennahen Schicht (1,5 m ü. Grund) ausgewertet und dargestellt. Die Windfelder zu anderen Tageszeiten unterscheiden sich nur unwesentlich von der 15 Uhr Situation und werden daher nicht analysiert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt grundsätzlich zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse die stadtklimatologischen Verhältnisse unter den zugrunde gelegten Einström- und Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 6.1.3.4) eines für Datteln typischen Hitzetages repräsentieren. Änderungen der aufgeführten Initialisierungsparameter werden zu abweichenden Ergebnissen führen.

## **6.2.1 Lufttemperaturen**

Die Anlagen 28 bis 30 zeigen die simulierten Lufttemperaturen zu den drei Auswertezeiten für den Ist- und Planfall. Zusätzlich wird jeweils die planbedingte Temperaturdifferenz ausgegeben. In der oberen Abbildungsreihe sind jeweils die Ergebnisse für die östliche Anströmungsrichtung und in der unteren Abbildungsreihe die Ergebnisse für die südöstliche Anströmungsrichtung dargestellt.

An den Einströmrändern im Süden und Osten des Untersuchungsgebietes werden zum Teil deutliche Abweichungen zum Temperaturniveau des restlichen Untersuchungsgebietes ausgewiesen. Diese Abweichungen resultieren aus modelltechnischen Randeffekten im Einströmbereich und sollten daher nicht weiter interpretiert werden. Verlässliche Ergebnisse sind etwa ab Entfernungen von 100 m zum Einströmrand zu erwarten.

### **6.2.1.1 Nachmittag**

Anlage 28 zeigt die simulierten bodennahen Lufttemperaturen für den Ist- und Planfall sowie die daraus resultierende planungsbedingte Temperaturdifferenz für beide Anströmungsrichtungen zur wärmsten Stunde des Tages (15 Uhr).

Die Ergebnisse für die Istsituation zeigen für beide Anströmungsrichtungen ein relativ homogenes Temperaturniveau im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Hier liegen die Temperaturen zwischen 28,5 °C und 29,0 °C. Etwas niedrigere Temperaturen werden im Bereich der bewaldeten Flächen prognostiziert. Dies ist zum einen auf die Verschattung der Bäume sowie zum anderen auf die Evaporation (Verdunstung) der Bäume zurückzuführen, welche der Luft Energie entzieht und so zur Kühlung beiträgt. Im Luv der bewaldeten Flächen ergibt sich zum Teil ein etwas höheres Temperaturniveau, da sich die über den Feldern erwärmte Luft hier staut.

In der Plansituation wird innerhalb des bebauten Teils des Plangebietes überwiegend ein Temperaturrückgang gegenüber der Bestandssituation berechnet. Dies zeigt sich insbesondere in den Differenzdarstellungen sehr deutlich. Die Abkühlung beträgt bis zu 1 °C und wird vor allem durch die Verschattung von Freiflächen durch die neu gepflanzte Bäume und die Plangebäude hervorgerufen. Hierdurch heizen die bodennahen Oberflächen des Plangebietes weniger stark auf und geben im Vergleich zum Istfall entsprechend weniger Energie an

die Umgebungsluft ab. Ein weiterer Grund für die Abkühlung ist der, dass der Luft durch die Zwischenspeicherung in den Gebäuden tagsüber Wärme entzogen wird.

Bei der an Hitzetagen am häufigsten auftretenden östlichen Anströmungsrichtung ergeben sich innerhalb des bebauten Teils des Plangebietes am Nachmittag keine signifikanten Erwärmungen. Dies deutet darauf hin, dass bei östlichen Windrichtungen das Plangebiet insgesamt gut durchlüftet ist und keine Staueffekte vor den Plangebäuden auftreten.

Bei den an Hitzetagen seltener auftretenden südöstlichen Anströmung hingegen werden an den Südwestseiten von drei der vier großen Hallen in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 Temperaturerhöhungen von bis zu 0,4°C prognostiziert. Hier strömt die Luft zunächst über versiegelte Flächen, wobei Wärme aufgenommen wird und staut sich dann vor den von der Sonne erwärmten Südfassaden, was zu einer zusätzlichen Erwärmung führt.

Grundsätzlich zeigt sich, dass sich planungsbedingte nachmittägliche Erwärmungstendenzen weitestgehend auf das Plangebiet beschränken. Eine Fernwirkung, die umliegende Wohnnutzungen betreffen würde, sind nicht zu erwarten.

Die bei südöstlichen Anströmungsrichtungen prognostizierten Abkühlungen innerhalb der Plangebäude sind hingegen noch 500 m im Lee der Plangebäude nachweisbar. Somit würden die landwirtschaftlichen Betriebe entlang der Markfelder Straße in den Nachmittagsstunden geringfügig entlastet.

### **6.2.1.2 Abends**

Anlage 29 zeigt die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen zur typischen Einschlafzeit (22 Uhr).

Am Abend sinken die Lufttemperaturen auf Grund der fehlenden kurzwelligen Einstrahlung und der einsetzenden langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche. Im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen die Lufttemperaturen zwischen 26,0 °C und 26,3 °C. Etwas höhere Werte werden innerhalb der Gehölzstrukturen sowie in deren Lee prognostiziert. Die gegenüber den landwirtschaftlichen Nutzflächen verlangsamte Abkühlung ist auf das Blätterdach der Bäume zurückzuführen, welches die langwellige Ausstrahlung der Oberfläche reflektiert und wieder zum Boden zurückwirft.

Anders als am Nachmittag zeigen die Differenzkarten am Abend ausschließlich Erwärmungen innerhalb des Plangebietes. Diese zeigen sich zum einen entlang des Schwarzbachs, wo sie durch die zusätzlichen Baumpflanzungen und die reflektierte langwellige Ausstrah-

lung hervorgerufen werden, und zum anderen im Umfeld der geplanten Gebäude. Diese geben die im Tagesverlauf gespeicherte Energie nun wieder ab und erwärmen so die umgebende Luft.

Bei südöstlicher Anströmung zeigt sich zudem eine Erwärmung über der Zufahrtsstraße. Diese gibt ebenfalls Energie ab und da sich die Luft bei dieser Anströmungsrichtung entlang der Straße bewegt, kommt es zu einer stärkeren Erwärmung als bei östlicher Anströmung. Alle genannten Erwärmungen betragen bis zu 0,4 °C und beschränken sich auf das Plangebiet. Ein planungsbedingter negativer Einfluss auf die abendliche Abkühlung in den umgebenden Wohnnutzungen kann somit ausgeschlossen werden.

Aufgrund der nicht vorgesehenen Schlafnutzungen innerhalb des Plangebietes sind die abendlichen Erwärmungstendenzen innerhalb der Plangebietsgrenzen zudem als unkritisch einzustufen.

### **6.2.1.3 Morgens**

Anlage 30 zeigt die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen um 5 Uhr.

Gegenüber der Abendsituation hat sich die Luft aufgrund der negativen nächtlichen Strahlungsbilanz insgesamt weiter abgekühlt. Auch in den Morgenstunden werden in der Bestandssituation die höchsten Temperaturen in bewaldeten Bereichen sowie in deren Lee prognostiziert, was auf die reduzierte langwellige Ausstrahlung zurückzuführen ist.

Ebenso wie am Abend ergeben sich durch die Realisierung des Planvorhabens gegenüber dem Istfall Erwärmungen der Luft um bis zu 0,4 °C. Diese fallen in den frühen Morgenstunden vor allem bei östlicher Anströmung deutlich großflächiger aus als am Abend. Zurückzuführen sind die Erwärmungen auf die hohe Wärmespeicherkapazität der verbauten städtischen Materialien. Insgesamt beschränken sich signifikante Erwärmungen > 0,1 °C weitestgehend auf die Plangebietsgrenzen. Spürbare Effekte, die deutlich über das Plangebiet hinausgehen und zu einer Erwärmung im Umfeld von bestehenden Wohnnutzungen führen würden, können auf Grund der Simulationsergebnisse ausgeschlossen werden.

Aufgrund der nicht vorgesehenen Schlafnutzungen innerhalb des Plangebietes sind die nächtlichen Erwärmungstendenzen innerhalb der Plangebietsgrenzen zudem als unkritisch einzustufen.

## **6.2.2 Durchlüftung**

Anlage 31 zeigt die simulierten Windgeschwindigkeiten für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Geschwindigkeitsänderungen für beide Haupt-



windrichtungen in 1,5 m Höhe. In der oberen Abbildungsreihe sind die Ergebnisse für die östliche Anströmungsrichtung und in der unteren die Ergebnisse für die südöstliche Anströmungsrichtung dargestellt.

Aufgrund der geringen Rauigkeit in der Bestandssituation ergibt sich über den landwirtschaftlich genutzten Flächen ein sehr homogenes Windfeld und Windgeschwindigkeiten bis zu 1,50 m/s. Im Bereich der bewaldeten Flächen wird der Wind auf Grund der höheren Rauigkeiten abgebremst, sodass sich hier Windgeschwindigkeiten von 0,50 – 0,75 m/s ergeben. Dies gilt für beide Anströmungsrichtungen.

Erwartungsgemäß wird durch die Realisierung des Planvorhabens das Windfeld im Bereich der Neubauten gestört. Gegenüber dem Istfall sind durch die abbremsende Wirkung der Gebäudestrukturen hauptsächlich geringere Windgeschwindigkeiten zu erwarten. Lokal begrenzt erhöht sich infolge von Strömungskanalierungen und Umströmungseffekten an Gebäudeecken die Windgeschwindigkeit gegenüber der Istsituation aber auch deutlich. Diese lokal hohen Windgeschwindigkeiten resultieren vor allem aus der Größe und Höhe und der daraus resultierenden hohen Verdrängungswirkung der Vorhaben in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2. In den sich südlich anschließenden Baufeldern SO 1.3 bis SO 1.5 sind die Kanteneffekte auf Grund der deutlich kleineren Baukörper weniger stark ausgeprägt.

Die hohen Windgeschwindigkeiten im Umfeld der Gebäudekanten in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 geben einen Hinweis darauf, dass ggf. bei einer Betrachtung aller vorkommenden Situationen eines Jahres mit Einbußen beim Windkomfort gerechnet werden muss. Die Untersuchungen zum Windkomfort folgen in Kapitel 7.

Verringerungen der Windgeschwindigkeit ergeben sich des Weiteren in Bereichen mit Baumneupflanzungen, z.B. entlang des Schwarzbaches aber auch im Bereich der Zufahrtsstraße zum newPark.

Signifikante Änderungen in der Belüftungssituation Windfeld werden weitestgehend innerhalb der Plangebietsgrenzen ausgewiesen. Eine über die Plangebietsgrenzen hinausgehende, deutliche Abnahme der Windgeschwindigkeit kann auf Grundlage der Rechenergebnisse ausgeschlossen werden.

### **6.2.3 Bioklima (PET)**

Anlage 32 zeigt die simulierten PET-Werte für den Ist- und Planfall sowie die sich daraus ergebenden planungsbedingten Differenzen für beide Anströmungsrichtungen am Nachmittag.

Die Grafiken zeigen, dass infolge der gewählten Initialisierungsparameter (Sommertag mit einer Maximaltemperatur von 30 °C) sowohl im Ist- als auch im Planfall mit Wärmebelastungen zu rechnen ist.

In der Bestandssituation wird auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen des Plangebietes mit PET-Werten zwischen 36 °C und 38 °C eine starke Wärmebelastung ausgewiesen (vgl. 4.1 auf Seite 17). Negativ wirkt sich hier die unverminderte solare Einstrahlung aus, wohingegen durch die gute Belüftung noch stärkere Wärmebelastungen verhindert werden.

Deutlich günstigere bioklimatische Verhältnisse werden innerhalb der Gehölzstrukturen im Umfeld des Planvorhabens prognostiziert. Diese sind vor allem auf die reduzierte direkte Sonneneinstrahlung infolge von Verschattungen durch die Baumkronen sowie auf die erhöhte Luftfeuchte resultierend aus der Verdunstung von Wasser durch die Bäume zurückzuführen. Innerhalb der Gehölzstrukturen ist die Wärmebelastung lediglich als „mäßig“ einzustufen.

Durch die Realisierung des Planvorhabens verändert sich die bioklimatische Belastungssituation insbesondere im bebauten Teilbereich des Bebauungsplanes deutlich. Dies ist insbesondere auf die Veränderung der Oberflächeneigenschaften, des Windfeldes und der Einstrahlungsbedingungen zurückzuführen. Tendenziell ist im überwiegenden Teil des bebauten Teilbereichs mit einer Erhöhung der bioklimatischen Belastung zu rechnen. Die Erhöhungen des PET-Wertes gegenüber der Bestandssituation betragen hierbei bis zu 15 °C.

Die höchsten PET-Werte werden in versiegelten und verschatteten Bereichen mit gleichzeitig niedrigen Windgeschwindigkeiten simuliert. Diese Bereiche finden sich insbesondere innerhalb der schlecht durchlüfteten Gebäudestrukturen der Baufelder SO 1.3 bis SO 1.5. Hier werden in Teilbereichen PET-Werte > 44 °C prognostiziert, was gemäß Tabelle 4.1 auf Seite 17 einer „extremen“ Wärmebelastung entspricht.

Hohe PET-Werte > 40°C werden zudem entlang der unverschatteten Südwest-Fassaden der großen Hallen in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 ausgegeben. Ursächlich hierfür ist neben den oben angesprochen Einflussfaktoren zusätzlich die langwellige Ausstrahlung der erwärmten Fassaden.

Vergleichsweise günstige Bedingungen werden in Bereichen ermittelt, die durch Gebäude oder Bäume verschattet werden. Positiv treten insbesondere die geplante Grünfläche öG 2 „Landschaftspark mit Teich“, die nördlich des Baufeldes SO 1.1 angedachten Grünflächen öG 3 und öG 4 sowie die Gehölzfläche P 2 südlich des Baufeldes SO 1.5 hervor. Hier werden gegenüber der Bestandssituation PET-Wert Reduktionen von bis zu 5 °C ausgewiesen. Die absoluten PET-Werte in den aufgeführten Grünflächen liegen zwischen 32 und 34 °C, die empfunden Wärmebelastung ist somit als „mäßig“ zu klassifizieren.

Sowohl bei der östlichen als auch bei der südöstlichen Anströmungsrichtung beschränken sich signifikante Veränderungen der bioklimatischen Verhältnisse auf die Plangebietsgrenzen. Eine Verschlechterung des Bioklimas über die Plangebietsgrenzen hinaus kann auf Grundlage der Rechenergebnisse ausgeschlossen werden.

## 7 Themenkomplex Windkomfort

Im Umfeld von hohen oder langgezogenen Gebäudekomplexen werden oft spezielle Windverhältnisse beobachtet. Während an der windabgewandten Seite zumeist niedrige Windgeschwindigkeiten auftreten, können an den Gebäudekanten oder an der windzugewandten Seite durch Umströmungen, Kanalisierungen oder Fallwinde lokal deutlich erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten auftreten. Diese speziellen Strömungsverhältnisse können unter Umständen zu einer Verminderung des Windkomforts oder zu Windgefahren führen.

Da die vorliegende Planung Hochpunkte von bis zu 50 m vorsieht und zudem aufgrund der Freiflächen im Umfeld des Vorhabens ein insgesamt relativ ungestörtes Windfeld mit hohen Windgeschwindigkeiten vorliegt, wurde neben den Kaltluft- und mikroklimatischen Verhältnissen zusätzlich der Windkomfort innerhalb des Plangebietes untersucht.

### 7.1 Beurteilungskriterien und Einstufungen

Zur Beurteilung des Windkomforts wird im vorliegenden Fall die niederländische Norm NEN 8100 [5] herangezogen, welche auf lange Erfahrung gründet und auch in Deutschland bei der Beurteilung des Windkomforts Verwendung findet.

Beurteilungskriterium im Fall von Windkomfortmessungen sind dabei Windgrenzgeschwindigkeiten im Stundenmittel, die zur Einordnung in einer bestimmten Qualitätsstufe nur zu einer bestimmten Anzahl von Stunden im Jahr überschritten werden sollten.

Die Windgrenzgeschwindigkeiten werden dabei für unterschiedliche Nutzungsrandbedingungen (Bereichstypen) verschieden festgelegt. So sind die zulässigen Windgrenzgeschwindigkeiten auf Fuß- und Radwegen zum Beispiel weniger streng als etwa innerhalb überdachter Passagen. Die unter Windkomfortgesichtspunkten definierten Bereichstypen gliedern sich in:

Bereichstyp I: In den Bereichstyp I fallen die (öffentlichen) Flächen, auf denen sich Personen als Fußgänger oder Radfahrer mit dem vordringlichen Ziel bewegen, voranzukommen. Die Kurzbezeichnung des Bereichstyps I ist daher Verkehrsfläche. Verkehrsflächen sind zum Beispiel Parkplätze, Parkdecks, Geh- und Radwege, öffentliche Straßen.

Bereichstyp II: In den Bereichstyp II fallen die Flächen, die Personen zum Schlendern oder zum kurzzeitigen Verweilen im Freien aufsuchen. Diese Flächen erfordern eine höhere Aufenthaltsqualität als diejenigen des Bereichstyps I. Bereichstyp II schließt Flächen wie Bus- und Bahnsteige oder auch (strömungstechnisch offene beziehungsweise halb offene) Bahnhofshallen ein. Als Kurzbezeichnung für den Bereichstyp II wurde Bewegungsfläche gewählt. Bewe-

gungsflächen sind z. B. Bus- und Bahnsteige, Plätze und Parks, Fußgängerzonen, Gebäudezugänge, überdachte Straßen, Bahnhofshallen.

Bereichstyp III: An Flächen, die in den Bereichstyp III eingestuft werden, sind die höchsten Ansprüche an die Aufenthaltsqualität zu stellen. Sie sollen ein Behaglichkeitsgefühl auch bei längerem Verweilen ermöglichen. Windzugerscheinungen werden auf solchen Flächen häufig als sehr problematisch eingestuft, da das angestrebte Behaglichkeitsgefühl dadurch maßgeblich beeinträchtigt wird. Viele Flächen des Bereichstyps III werden deshalb standortbedingt häufig als (strömungstechnisch) geschlossene Bereiche wie etwa bei Einkaufsmalls oder (überwiegend) überdachten Stadien ausgebildet. Unter Bereichstyp III fallen aber auch solche Flächen, auf denen aufgrund ihrer spezifischen Nutzung größere Windbewegungen nicht akzeptabel sind wie bei Freibädern oder Sommerterrassen zum hochwertigen Verweilen, für die daher die Standortwahl von großer Bedeutung ist. Die Kurzbezeichnung für den Bereichstyp III ist Verweilfläche. Beispiele für Verweilflächen sind Terrassen mit Sitzplätzen, Sportstadien und Schwimmbäder, überdachte Einkaufspassagen.

International haben sich für die Beurteilung von Windkomfortverhältnissen die mittleren Windgrenzgeschwindigkeiten von 5 m/s stundengemittelt etabliert. Ab dieser Windgeschwindigkeit kann Staub aufgewirbelt werden oder können Türen durch den Windzug ungewollt geöffnet oder geschlossen werden und es liegt ein schlechter Windkomfort vor. Die Beurteilung des Windkomforts gemäß der NEN 8100 erfolgt dabei anhand der Überschreitungshäufigkeiten dieser mittleren Windgeschwindigkeit. Die ermittelten Überschreitungsstunden pro Jahr werden anhand eines 3-stufigen Komfortkriteriums bewertet. Die Komfortstufen umfassen dabei die Kategorien:

Gut,  
Mäßig,  
Unbefriedigend, verbesserungswürdig.

Für die Beurteilungskriterien ergibt sich somit die in der nachfolgenden Tabelle 7.1 erläuterte Bewertungsmatrix aus Bereichstypen und Kategorien.

Tabelle 7.1: Beurteilung des Windkomforts anhand der Überschreitungshäufigkeit mittlerer Stunden-Grenz-Windgeschwindigkeiten gemäß NEN 8100 [5]

Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr des Komfortkriteriums ( $v > 5\text{m/s}$ )	Qualitätsstufe	Bereichstyp / Aktivitätsgrad		
		Verkehrsflächen [I, Durchlaufen]	Bewegungsflächen [II, Schlendern]	Verweilflächen [III, Sitzen]
< 2,5	A	Gut	Gut	Gut
2,5 – 5,0	B	Gut	Gut	Mäßig
5,0 – 10,0	C	Gut	Mäßig	Unbefriedigend
10,0 – 20,0	D	Mäßig	Unbefriedigend	Unbefriedigend
≥ 20,0	E	Unbefriedigend	Unbefriedigend	Unbefriedigend

Zur inhaltlichen Bewertung des Komfortkriteriums gilt Folgendes:

**Gut:** In der Bewertungskategorie „Gut“ ist mit einer Behinderung oder Belästigung durch zu häufig auftretende größere Windgeschwindigkeiten nicht zu rechnen. Der Windkomfort ist grundsätzlich als gut anzusehen.

**Mäßig:** In die Kategorie „Mäßig“ sind Bereiche einzuordnen, die hinsichtlich des gewünschten bzw. erforderlichen Komforts geringer als gut aber immer noch als ausreichend (mäßig) beurteilt werden. Sofern durch einfache Maßnahmen umsetzbar, sollten Verbesserungen des Windkomforts angestrebt werden.

**Unbefriedigend:** Für die Kategorie „Unbefriedigend“ kann von "Komfort" nur noch sehr eingeschränkt gesprochen werden, da hier im Allgemeinen regelmäßig störende Windgeschwindigkeiten auftreten. An Messpunkten, die der Kategorie „Unbefriedigend“ zugeordnet werden, sollten Verbesserungsmaßnahmen zur Herstellung eines günstigeren Windkomforts durchgeführt werden.

Diese Beurteilungskriterien und Beurteilungsmaßstäbe berücksichtigen das Empfindungsvermögen des Menschen auf Windbewegungen, das stark abhängig vom Aktivitätsgrad der Person und ebenso abhängig von der Umgebung ist, in der die Person sich aufhält.

Bei geringer Aktivität, beispielsweise im Sitzen auf einer Außenterrasse oder beim Verweilen auf Bahnsteigen, werden bereits geringe Windgeschwindigkeiten als störend empfunden. Beim Radfahren, etwa unter warmen sommerlichen Bedingungen, werden selbst größere Windbewegungen eher angenehm beurteilt.

Identische Windgeschwindigkeiten werden als erheblich störender innerhalb als außerhalb eines Raumes empfunden. Das menschliche Empfinden wird in den Beurteilungskriterien in

Form der unterschiedlich festgelegten zulässigen Überschreitungen der Windgrenzgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufenthaltssituation berücksichtigt.

Windströmungen sind fluktuierend, das heißt, die Windgeschwindigkeit setzt sich zusammen aus einem Mittelwert sowie einer fluktuierenden Komponente. Diese turbulenten Geschwindigkeitsschwankungen werden als Böen bezeichnet. Bei Stundenmittelwindgeschwindigkeiten von 5 m/s können Windböen bis zu 8 m/s auftreten.

### 7.1.1 Beurteilungskriterium Windgefahr

Neben den Komfortkriterien beschreibt die Norm ein Gefahrenkriterium. Bei höheren Windgeschwindigkeiten können gefährliche Situationen auftreten, welche zum Beispiel zum Verlust des Gleichgewichtes beim Passieren einer Gebäudeecke führen können. Zur Beurteilung von möglichen Windgefahren wird ein Schwellenwert der Windgeschwindigkeit im Stundenmittel von 15 m/s (Böenwindgeschwindigkeit 18 bis 23 m/s) herangezogen.

**Gefahrenkriterium:** Bei Überschreitungen der stundengemittelten Windgrenzgeschwindigkeit von 15 m/s muss grundsätzlich mit der Gefährdung von Personen gerechnet werden. Wird das Gefahrenkriterium überschritten, so sind Maßnahmen zur Verbesserung der Windgeschwindigkeitssituation erforderlich. Diese Maßnahmen sollten dann gezielt auf die Vermeidung der Gefährdung von Personen, wie Fußgängern oder Radfahrern, abgestimmt werden.

Bei dieser stundengemittelten Windgeschwindigkeit können Böen bis zu etwa 23 m/s (80-85 km/h) auftreten. Diese Böen bergen ein mögliches Gefahrenpotenzial für Passanten. Personen zum Beispiel mit Kinderwagen, ältere Personen, Radfahrer und Personen mit Regenschirmen können durch solche Böen ihr Gleichgewicht verlieren und stürzen. Da das Auftreten einzelner Böen nur schwer zu untersuchen ist, wird im Sinne einer empirisch abgesicherten Konstruktion auf die Beurteilung einer Stundenmittelwindgeschwindigkeit von 15 m/s zurückgegriffen (siehe Tabelle 7.2).

Tabelle 7.2: Beurteilung der Windgefahr anhand der Überschreitungshäufigkeit einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s im Stundenmittel gemäß NEN 8100 [5]

Prozent der Überschreitungsstunden p pro Jahr; Gefahrenkriterium ( $v > 15\text{m/s}$ )	Einstufung
$0,05 < p < 0,30 \%$	Stufe 1: beschränktes Risiko
$p \geq 0,30 \%$	Stufe 2: gefährlich

Bereiche mit einer Überschreitungshäufigkeit größer 0,05 bis 0,30 %, entsprechend einer Windgefahr der Stufe 1, sind für den Bereichstyp I (Verkehrsflächen) noch akzeptabel. Für

die Bereichstypen II (Bewegungsflächen) bzw. III (Verweilflächen) gilt die Anforderung bis maximal 0,05 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 15 m/s.

Hierbei ist zu beachten, dass die untere Grenze von 0,05 % der Jahresstunden ca. 4,5 Stunden pro Jahr entspricht. Die obere Grenze von 0,30 % entspricht rund 26 Stunden pro Jahr.

Treten an 0,3 % der Jahresstunden oder mehr Windgeschwindigkeiten im Stundenmittel von 15 m/s auf (Stufe 2), so sind solche Bereiche unzugänglich zu gestalten oder durch Minderungsmaßnahmen zu schützen [5].

## **7.2 Durchführung der Windfeldberechnungen**

Die Windkomfortuntersuchung erfolgte mittels CFD-Simulationen unter Anwendung der Lattice Boltzmann Methode (LBM) [41].

### **7.2.1 Berechnungsmodell**

Der Solver, der zur Lösung der Gleichungen für die Gebäudeumströmungen verwendet wird, ist hierbei die Lattice Boltzmann Methode (LBM) [41]. Der Vorteil der LBM besteht darin, dass die Strömungsgleichungen fast unabhängig von der Qualität der zugrunde liegenden Geometrie gelöst werden können, sodass auf eine zeitaufwändige Geometrievorbereitung, wie sie in anderen CFD-Systemen notwendig ist, nahezu verzichtet werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die LBM GPUs (Grafikprozessoren) verwendet, die viel mehr parallel laufende Prozesse als Berechnungen auf CPUs (PC-Prozessoren) ermöglichen, sodass trotz eines sehr hohen Rechenaufwandes, die Berechnungsergebnisse nach einer überschaubaren Rechenzeit zur Verfügung stehen.

### **7.2.2 Eingangsdaten**

#### **7.2.2.1 Geometriedaten**

Zur Berechnung der Windfelder müssen die Bebauungsstrukturen und Geländeformen im Umfeld des Vorhabens definiert werden.

Die Lage und Höhe der bestehenden Gebäude im weiteren Umfeld der Planung wurden aus den von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodellen [18] abgeleitet und inklusive der enthaltenen Dachformen in das Rechenmodell übertragen. Lage und Höhe der geplanten Bebauung wurden auf Grundlage des Rahmenplanung aus dem Jahr 2014 [1] abgeleitet.

Neben den Gebäuden wurde auch der strömungsmindernde Einfluss von bestehenden und geplanten Bäumen in den Berechnungen berücksichtigt. Deren Lage, Höhe und Kronenbrei-

te wurde hierbei analog zur Vorgehensweise in der mikroklimatischen Untersuchung (vgl. Kapitel 6.1.3.2) ermittelt. Da der Windkomfort über alle Situationen des Jahres ermittelt wird, und die Vorgabe einer dichten Belaubung somit zu einer Überschätzung des strömungsmindernden Einflusses führen würde, wurde für alle Bäume eine leichte Belaubung mit einem Leaf Area Index von 3,2 angesetzt.

Zudem wurde auch das Gelände auf Grundlage des landesweit vorliegenden digitalen Geländemodells mit einer Gitterauflösung von 1 m (DGM1) [17] bei der Modellbildung berücksichtigt. Anlage 33 zeigt die berücksichtigten Geometriedaten für den Planfall. Hierbei ist zu beachten, dass die bestehenden und geplanten Waldflächen / Gehölzstrukturen als Rauigkeitselemente in das Modell eingebracht wurden. Diese können in der 3D-Visualisierung nicht abgebildet werden wurden aber in der Simulationsrechnung entsprechend berücksichtigt.

#### **7.2.2.2 Auswertebereich und Größe des virtuellen Windkanals**

Vor Beginn der Berechnungen wird ein Auswertebereich definiert, für das die berechneten Windfelder gespeichert werden, damit im Anschluss der Berechnungen die Kenngrößen zum Windkomfort berechnet werden können [40]. Im vorliegenden Fall wurde ein Auswertebereich mit einem Radius von 650 m um das Zentrum des bebauten Teils des Plangebietes vorgegeben. Dieses Auswertebereich entspricht der Modellgröße in einem klassischen Windkanal.

Der Einfluss umgebender Bebauung auf die Strömungsverhältnisse wird in einem deutlich größeren Bereich berücksichtigt, welches über die Größe des virtuellen Windkanals für die CFD-Berechnungen definiert wird. Während bei klassischen Windkanalmessungen das Modell gedreht wird, um die verschiedenen Anströmrichtungen messtechnische zu erfassen, wird im Rahmen der CFD-Berechnungen der virtuelle Windkanal um das Auswertebereich (Modell) gedreht. Hierdurch können sich je nach Anströmrichtung verändernde Einströmbedingungen (unterschiedliche Rauigkeiten) explizit berücksichtigt werden.

Für das vorliegende Projekt wurde eine moderate virtuelle Windtunnelgröße mit den folgenden Parametern definiert:

$$H, S, I = 3h$$

$$O = 9h$$

Hierbei ist  $S$  die seitliche Ausdehnung,  $I$  die Ausdehnung des Einströmrandes,  $O$  die Ausdehnung des Ausströmrandes und  $H$  die vertikale Ausdehnung des virtuellen Windkanals.  $h$  wird durch die Höhe des höchsten Gebäudes im Auswertebereich definiert. Diese Information wird automatisiert den hinterlegten Geometriedaten entnommen. Innerhalb dieses so definierten Bereiches werden in den Windfeldberechnungen die Gebäude- und Geländestrukturen explizit aufgelöst.



### 7.2.2.3 Meteorologiedaten

Zur Berechnung des Windkomforts gemäß der NEN 8100 werden repräsentative Winddaten in einer Auswertehöhe von 60 m über Grund benötigt. Für die vorliegende Untersuchung wurden hierzu langjährige Wetterdaten aus dem Zeitraum 1991 - 2020 der LANUV-Station Lünen-Niederaden [9] verwendet. Diese Station befindet sich etwa 14 km südwestlich des Untersuchungsgebietes.

Im Rahmen der Ermittlung einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Windstatistik wurde eine „Prüfung der Übertragbarkeit von Daten der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen von einem vorgegebenen Messort auf den Anlagenstandort“ [10] gemäß TA Luft durch den Auftraggeber beauftragt. Diese Prüfung ergab, dass die Windstatistik der Windmessstation Lünen-Niederaden mit hinreichender Genauigkeit auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden kann.

Anlage 6 zeigt auf der linken Seite die langjährige Windrichtungs- und windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Lünen-Niederaden in Anemometerhöhe (20 m ü. Grund). Es wird deutlich, dass der Wind im Untersuchungsgebiet bevorzugt aus südwestlichen Richtungen weht. Ein sekundäres Windrichtungsmaximum entfällt auf östliche Anströmungsrichtungen. Die für die hier betrachtete Fragestellung maßgeblichen hohen Windgeschwindigkeiten treten insbesondere bei südwestlichen Anströmungsrichtungen auf. Der langjährige Mittelwert der Windgeschwindigkeit beträgt 3,3 m/s in der Messhöhe von 20 m über Grund.

Zur Übertragung der Windstatistik auf das von der NEN-Norm geforderte Anströmniveau von 60 m über Grund wurden für ganz Deutschland vorliegende Rasterdaten der jahresmittleren Windgeschwindigkeit des Deutschen Wetterdienstes [36] genutzt. Die Grundlage für diesen Datensatz bildet das Statistische Windfeldmodell (SWM) des Deutschen Wetterdienstes. Anhand von 218 Windmessstationen des Deutschen Wetterdienstes wurde die räumliche Verteilung des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussgrößen wie z.B. der Höhe über dem Meeresspiegel, der geographischen Lage, der Geländeform und der Landnutzung mittels statistischer Verfahren bestimmt. Mit dem SWM werden zwischen den gemessenen und den berechneten Windgeschwindigkeiten im Mittel Abweichungen von  $\pm 0,15$  m/s erzielt.

Für das Plangebiet weisen die Windkarten des DWD in der Auswertehöhe von 60 m über Grund eine jahresmittlere Windgeschwindigkeit von 5,6 m/s aus. Für die Windfeldberechnung wurde daher die langjährige Zeitreihe der Windgeschwindigkeit der Station Lünen-Niederaden [9] mit dem Faktor 1,7 (Verhältnis der gemessenen Windgeschwindigkeit an der Station Lünen-Niederaden zum modellierten Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit in 60 m Höhe) multipliziert. Die nachfolgende Tabelle weist die so ermittelte Windstatistik für das 60 m - Niveau im Plangebiet aus:

Tabelle 7.3: Windstatistik der LANUV-Station Lünen-Niederaden bezogen auf eine Höhe von 60 m über Grund

WG	Windrichtung (°)												Cum.
	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	
m/s	Prozentuale Verteilung												
0,5	0,07	0,11	0,16	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	1,46
1,5	0,51	0,66	1,47	1,68	1,15	1,12	0,92	0,80	0,87	0,61	0,54	0,47	10,80
2,5	0,74	0,92	1,97	2,29	1,01	1,24	1,20	0,96	1,44	1,09	0,99	0,72	14,57
3,5	0,64	0,83	1,71	1,91	0,43	0,78	1,25	1,20	1,92	1,48	1,04	0,61	13,80
4,5	0,46	0,70	1,31	1,29	0,20	0,41	1,20	1,40	2,19	1,45	0,98	0,49	12,08
5,5	0,27	0,61	0,99	0,67	0,10	0,22	1,08	1,57	2,43	1,31	0,78	0,34	10,37
6,5	0,14	0,40	0,73	0,35	0,04	0,11	0,94	1,61	2,41	1,04	0,59	0,20	8,56
7,5	0,06	0,25	0,59	0,26	0,02	0,06	0,73	1,47	2,21	0,77	0,36	0,10	6,88
8,5	0,02	0,14	0,35	0,14	0,01	0,03	0,48	1,14	1,65	0,51	0,18	0,05	4,70
9,5	0,01	0,08	0,29	0,13	0,00	0,01	0,45	1,20	1,70	0,45	0,12	0,03	4,47
10,5	0,00	0,04	0,19	0,09	0,00	0,01	0,35	1,02	1,37	0,29	0,09	0,02	3,47
11,5	0,00	0,02	0,10	0,05	0,00	0,00	0,25	0,83	1,09	0,19	0,05	0,01	2,59
12,5	0,00	0,01	0,05	0,02	0,00	0,00	0,19	0,65	0,82	0,12	0,03	0,00	1,89
13,5	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,13	0,53	0,59	0,08	0,01	0,00	1,39
14,5	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,10	0,41	0,42	0,06	0,01	0,00	1,03
15,5	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,29	0,31	0,03	0,00	0,00	0,69
16,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,18	0,17	0,02	0,00	0,00	0,40
17,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,14	0,01	0,00	0,00	0,30
18,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,10	0,01	0,00	0,00	0,21
19,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,06	0,01	0,00	0,00	0,13
20,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08
21,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06
22,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
23,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
24,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02

Zur korrekten Abbildung des Windprofils an den Einströmrändern der CFD-Simulation ist es zudem notwendig, die vorherrschenden Landnutzungen im Bereich des Einströmrandes sektorweise vorzugeben [39]. Die sektorabhängige Landnutzung wurde aufgrund von Luftbildauswertungen sowie aufgrund der Landnutzungsklassen des Urban Atlas Stand 2018 [24] ermittelt. Die nachfolgende Tabelle weist die sektorabhängigen Landnutzungsklassen am Rand des Einströmgebietes aus.

Tabelle 7.4: Sektorabhängige Landnutzungsklassen am Rand des Einströmgebietes

Anströmrichtung (°)	Landnutzung	Rauigkeitslänge (m)
0	rauh	0,25
30	rauh	0,25
60	rauh	0,25
90	rauh	0,25
120	rauh	0,25
150	rauh	0,25
180	rauh	0,25
210	rauh	0,25
240	rauh	0,25
270	rauh	0,25
300	rauh	0,25
330	rauh	0,25

#### 7.2.2.4 Gitterdefinition

Das Rechengitter, das für eine Windkomfortberechnung innerhalb des Simulationsmodells erzeugt wird, basiert auf der Lattice Boltzmann Methode (LBM) [41]. Dabei wird ein kartesisches Hintergrundnetz erzeugt, das aus Würfелеlementen besteht, die nicht unbedingt an der Geometrie der Gebäude oder des Geländes ausgerichtet sind. Die erforderliche Feinheit des Netzes kann in globalen Netzeinstellungen festgelegt werden. Für ausgewählte Bereiche können zudem weitere Netzverfeinerungen hinzugefügt werden.

Im vorliegenden Fall wurde als globale Einstellung eine „grobe“ Gitterzellgröße vorgegeben. Hieraus resultiert eine minimale Zellgröße von 2,5 m an den Fassaden des geplanten Hochhauses.

Aus den vorgenommenen Einstellungen zur Windtunnelgröße und der Gitterstruktur resultiert eine Gitterzellenanzahl von 5,6 Mio. im Planfall.

### 7.3 Durchführung der Windfeldberechnungen

Die lokale Windverteilung wird für 12 Windrichtungen in 30°-Schritten berechnet. Auf Grundlage der verwendeten Wetterstatistik (vgl. Tabelle 7.3) und den berechneten Windgeschwindigkeiten je Windrichtung wird die Häufigkeit des Überschreitens der Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit im Stundenmittel für das Untersuchungsgebiet ermittelt.

Die Gesamthäufigkeit der Überschreitungen eines Schwellenwertes ergibt sich anschließend durch Summation der Einzelfälle gemäß der Windstatistik. Um den Windkomfort zu beurteilen

len, werden für die vorliegenden Situationen die Häufigkeiten der Überschreitungen des Schwellenwertes mit den Anforderungen für den Windkomfort verglichen und beurteilt.

Die Beurteilung des Windkomforts im Plangebiet und der Umgebung erfolgt in grafischer Form gemäß der Windkomfort-Qualitätsstufen der NEN 8100 (vgl. Tabelle 7.1) für eine bodennahe Schicht in 1,5 m Höhe über Grund.

## **7.4 Ergebnisse der Windkomfortuntersuchung**

### **7.4.1 Windkomfort**

Die Anlage 34 weist die berechneten Windqualitätsstufen gemäß der NEN 8100 für den bebauten Teil des Plangebietes aus. Es wird deutlich, dass im überwiegenden Teil des Plangebietes ein Windkomfort der Stufe A vorliegt, d.h. dass für alle Nutzungsarten der Windkomfort mit „gut“ zu beurteilen ist.

Aufgrund von Kanalisierungseffekten und Fallwinden zwischen den Gebäuden in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 werden im Bereich der Planstraße G1 sowie den angrenzenden Stellplätzen deutliche Einbußen beim Windkomfort prognostiziert. Hier wird in großen Bereichen lediglich die Qualitätsstufe D erreicht. Da es sich bei den mit hohen Windgeschwindigkeiten beaufschlagten Bereichen ausschließlich um Verkehrsflächen handelt, ist der Windkomfort jedoch weiterhin zumindest mit „mäßig“ zu beurteilen (vgl. Tabelle 7.1 auf Seite 45).

Etwas kleinräumigere Bereiche mit reduziertem Windkomfort (schlechteste Qualitätsstufe: C) werden zudem in den Baufeldern SO 1.3 bis SO 1.5 ausgewiesen. Für Verweilflächen liegt hier ein „unbefriedigender“ Windkomfort, für Bewegungsflächen ein „mäßiger“ und für Verkehrsflächen ein „guter“ Windkomfort vor.

Insgesamt ist zu beachten, dass aufgrund der niedrigen Rauigkeiten im Umfeld und den hieraus resultierenden, bereits im Bestand vorliegenden hohen Windgeschwindigkeiten auch Bereiche außerhalb des Plangebietes einen reduzierten Windkomfort aufweisen. Die zusätzliche Beaufschlagung durch gebäudeinduzierte Windgeschwindigkeitserhöhungen ist daher als eher niedrig einzuschätzen.

### **7.4.2 Windgefahren im Planfall**

Die Anlage 35 weist zusätzlich die berechneten Windgefahrkriterien für den bebauten Teil des Plangebietes aus. Ein beschränktes Risiko wird hierbei im Bereich der Planstraße G1 sowie den angrenzenden Stellplätzen in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 ausgewiesen. In diesen Bereichen liegt eine Überschreitungshäufigkeit zwischen 0,05 bis 0,30 % vor, diese ist für den hier vorliegenden Bereichstyp I (Verkehrsflächen) noch akzeptabel.

Ein kleiner Bereich im Osten des Baufeldes SO 1.2 wird in einem räumlich eng abgegrenzten Bereich das Kriterium für eine Windgefahr überschritten. Hier sollte nach Möglichkeit mit geeigneten Maßnahmen für eine Reduktion der Windgeschwindigkeit gesorgt werden (vgl. Kapitel 8 „Planungsempfehlungen“).

## 8 Planungsempfehlungen

### 8.1 Kaltluft

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass auf dem derzeit nahezu unversiegelte Plangebiet in Strahlungsnächten Kaltluft produziert wird. Aufgrund der nur sehr schwach ausgeprägten Geländeneigungen kann die hier gebildete Kaltluft aber nicht abfließen, sondern türmt sich auf, so dass keine positiven abkühlenden Wirkungen für die umliegenden Siedlungsbereiche von Datteln und Waltrop generiert werden.

In der zweiten Nachthälfte fließt mit nördlicher Strömung Kaltluft aus Richtung des nördlich angrenzenden Höhenzuges zwischen Vinnum und Bork in das Plangebiet ein und wird in Richtung der Siedlungsrandlage von Waltrop weitertransportiert. Durch die Realisierung des Planvorhabens sinkt im Luv und Lee des Planvorhabens der Kaltluftvolumenstrom, während westlich und östlich der Planung aufgrund von Umlenkungseffekten mit einer Erhöhung des Kaltluftvolumenstroms zu rechnen ist. Eine signifikante Schwächung der Kaltluftströmungen in Richtung der dichter bebauten Bereiche von Waltrop kann ausgeschlossen werden kann. Die Ortslage von Datteln profitiert unter Kaltluftgesichtspunkten weder in der ersten, noch in der zweiten Nachthälfte vom Plangebiet.

Grundsätzlich sollte angestrebt werden, die in der zweiten Nachthälfte einsetzende Kaltluftzufuhr in Richtung Waltrop so wenig wie möglich zu stören. Hierzu sollten nach Möglichkeit Öffnungen in den Gebäudestrukturen realisiert werden, die ein Durchströmen des Plangebietes von Nord nach Richtung Süd ermöglichen. Diese Öffnungen sollten, wenn möglich, begrünt oder nur schwach versiegelt sein, um beim Überströmen einer Erwärmung, die letztendlich zum Verlust der positiven Eigenschaften des thermischen Windsystems führen könnte, entgegenzuwirken. Zur Minimierung von Erwärmungen der Kaltluft wäre zudem zu empfehlen, einen möglichst großen Teil der Dachflächen zumindest extensiv zu begrünen, da hierdurch der Aufheizung am Tag entgegengewirkt wird, und sich die Dachflächen in der Nacht deutlich effektiver abkühlen können.

### 8.2 Mikroklima

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken. Signifikante negative Effekte sind auf Grund des ausreichenden Abstandes zu umliegenden Siedlungsflächen nicht zu erwarten.

Allerdings ergeben sich innerhalb der Plangebietsgrenzen in Teilbereichen sehr hohe bioklimatische Belastungen sowie Temperaturerwärmungen gegenüber der Istsituation, die insbe-

sondere aus schlechten Durchlüftungsverhältnissen, der Wärmeabgabe der Plangebäude sowie aus fehlenden Schattenzonen resultieren.

Um die klimatische Situation im und um das Plangebiet zu verbessern sollten bei fortschreitender Planung folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden:

### **Schaffung von durchströmbaren Gebäudestrukturen**

Durchströmbare Gebäudestrukturen ermöglichen die Belüftung wärmebelasteter Bereiche und sorgen dafür, dass sich warme Luft nicht staut, sondern abtransportiert wird. Im zu Grunde gelegten städtebaulichen Konzept werden die höchsten bioklimatischen Belastungen innerhalb des Baufeldes SO 1.3 in einer nur nach Südosten geöffneten Bebauungsstruktur ermittelt. Innerhalb des zugehörigen Innenhofes werden aufgrund der fehlenden Austrittsmöglichkeit sehr niedrige Windgeschwindigkeiten ermittelt. Die hohen bioklimatischen Belastungen resultieren aus der schlechten Durchlüftung bei gleichzeitig hohen Einstrahlungsverhältnissen. Schlecht durchlüftete Innenhofsituation sollten daher nach Möglichkeit vermieden werden, in dem Öffnungen sowohl nach Osten als auch zum Abtransport der Luft nach Westen vorgesehen werden. Falls dies nicht möglich sein sollte, ist dafür zu sorgen, dass in den Innenhöfen ausreichende Verschattung (z.B. durch Anpflanzung von Bäumen oder die Realisierung von Sonnensegeln) generiert wird.

### **Pflanzung von Bäumen**

In den textlichen Festsetzungen zum Bebauungsplan [3] ist bereits eine Vielzahl von Baumneupflanzungen vorgesehen, durch die der klimatische Einfluss des Vorhabens auf die Umgebung reduziert wird. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels sollte darauf geachtet werden, insbesondere stadtklimafeste, also hitze- und trockenheitsresistente Arten auszuwählen, die zudem eine geringe oder mittlere Lichtdurchlässigkeit aufweisen und hierdurch eine effektive Transpiration und Verschattungswirkung erzielen. Hinweise zu geeigneten Arten liefert z. B. die GALK-Straßenbaumliste [26].

Die mikroklimatischen Berechnungen haben gezeigt, dass sich insbesondere die Südwest- und Südostfassaden der großen Gebäude in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2 aufheizen und durch ihre Rückstrahlung für ungünstige bioklimatische Verhältnisse sorgen. Zur Minimierung der Aufheizung der Fassaden durch Schattenwurf bieten sich zusätzliche Baumpflanzungen entlang dieser besonders sonnenexponierten Fassaden an.

Weitere Bereiche, in denen über zusätzliche Baumpflanzungen nachgedacht werden sollte, sind die großen weitestgehend unverschatteten versiegelten Flächen im Umfeld der großen Hallen in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2.

### **Klimaoptimierte Gestaltung von Oberflächen**

Um die nachmittägliche Wärmeaufnahme zu reduzieren, sollten im Außenbereich Oberflächen und Baumaterialien mit hellen Oberflächen genutzt werden, da bei hellen Oberflächen ein Großteil der eintreffenden Strahlung reflektiert wird und sich die Baumaterialien somit weniger stark erwärmen. Anzustreben ist ein Hellbezugswert  $> 50$ . Es ist jedoch z.B. durch die Schaffung von verschatteten Zonen darauf zu achten, dass durch die erhöhte Reflexion keine Verschlechterung des Bioklimas im Straßenraum hervorgerufen wird. Zur Verringerung der Wärmebelastung sollten zudem Baumaterialien nach ihren thermischen Eigenschaften ausgewählt werden. So erwärmen sich insbesondere Stahl und Beton tagsüber stark und geben nachts die gespeicherte Energie an die Umgebungsluft. Das Gegenteil ist bei natürlichen Baumaterialien wie z.B. Holz der Fall.

Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, den Versiegelungsgrad weitestgehend zu reduzieren. Hierzu sollten auf Stellplätzen sowie den Geh- und Zufahrtswegen nach Möglichkeit wasserdurchlässige Befestigungen realisiert werden. Mögliche Beläge sind Schotterterrassen, Rasengittersteine, Kunststoffrasengitter, Rasenfugenpflaster, Betonpflastersteine, Kies-/Splittabdeckungen, Splittfugenpflaster- oder Porenpflaster.

### **Realisierung von Fassadenbegrünungen und Dachbegrünungen**

Eine weitere Möglichkeit zum Erhalt bzw. zur Steigerung der Kühlfunktion besteht darin, eine zusätzliche Gebäudebegrünung in Form von Fassadenbegrünung vorzunehmen. Hierzu bieten sich besonders Fassaden mit sehr hoher thermischer Belastung auf den sonnenzugewandten Seiten der Plangebäude an. Diese Begrünungsart reduziert die Reflexion von den Gebäuden in Richtung Boden und erhöht die Verdunstung, wodurch eine Verbesserung des Bioklimas erzielt werden kann. Ein weiterer Vorteil dieser Begrünungsart liegt darin, dass die Gebäude tagsüber weniger Wärme aufnehmen, wodurch sich die nächtliche Wärmerückstrahlung ebenfalls reduziert und die Kühlung der umgebenden Luftschichten weiter gefördert wird. 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.

In den textlichen Festsetzungen zum Bebauungsplan [3] ist für das Sondergebiet festgelegt, dass auf mindestens 80 % der Dachflächen eine extensive Dachbegrünung mit einer Mindeststärke der Vegetationstragschicht von 10 cm herzustellen ist. Diese Festlegung ist aus klimatologischer Sicht zu begrüßen, da durch eine extensive Dachbegrünung der Aufheizung der Gebäude entgegengewirkt werden kann und zusätzliches Wasser gebunden wird, welches an Hitzetagen die Verdunstungskühlung innerhalb des Plangebietes erhöht.



Darüber hinaus würde sich insbesondere auf niedrigen Gebäuden eine intensive Dachbegrünung 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. Durch diese Begrünungsart kann ebenfalls die Wärmeaufnahme der Gebäude am Tag reduziert werden und nachts im Dachniveau Kaltluft gebildet werden.

### **Schaffung von Regenrückhalteflächen**

Zum Erhalt der Kühlleistung der Fläche sollte ein möglichst großer Teil des anfallenden Niederschlagswasser versickert, bzw. zwischengespeichert werden. Die Versickerung kann in Form von Flächenversickerung, Mulden-bzw. Beckenversickerung, Rigolenversickerung oder Mulden-Rigolen-Versickerung erfolgen wie sie zum Teil bereits in der Planung vorgesehen sind. Dieses Reservoir stellt einen längerfristigen Wasserspeicher für die Vegetation dar, sodass während warmer Trockenphasen die Verdunstungsleistung der Vegetation und der Böden aufrechterhalten werden kann. Falls es möglich sein sollte, das Niederschlagswasser, z.B. in Zisternen zwischenzuspeichern, kann dieses Wasser in Hitzeperioden dazu genutzt werden, die Vegetationsflächen zu bewässern, wodurch die Verdunstungskühlleistung der Freiflächen deutlich gesteigert werden kann.

### **Schaffung von offenen Wasserflächen**

Eine weitere Möglichkeit hohen Wärmebelastungen entgegenzuwirken besteht darin, offene Wasserflächen zu schaffen. Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und wirkt dementsprechend kühlend. Bewegte Wasser wie Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen hierbei insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen und bieten sich vor allem für Aufenthaltsflächen an.

## **8.3 Windkomfort**

Die Berechnungsergebnisse der Windkomfortuntersuchung zeigen, dass sich auf Grund der angestrebten Gebäudehöhen von bis zu 50 m und dem offenen Umfeld mit hohen Windgeschwindigkeiten in Teilbereichen hohe Windgeschwindigkeiten ausbilden können, die zu einer Reduktion des Windkomforts führen. Diese Bereiche mit Windkomforteinbußen finden sich insbesondere im Bereich der Planstraße G1 sowie den umliegenden Stellplätzen und sonstigen Flächen und resultieren vor allem aus horizontalen und vertikalen Strömungsumlenkungen im Bereich der bis zu 50 m hohen Hochpunkte. Für Verkehrsflächen wird hier weiterhin ein mäßiger Windkomfort ermittelt. Sollte im Umfeld der Hochpunkte höherwertige Nutzungen (Bewegungsflächen oder Verweilflächen) realisiert werden, sollte eine Verbesserung des Windkomforts angestrebt werden. Dies kann erreicht werden

- durch zusätzliche Baumpflanzungen im Bereich der Freiflächen zwischen den Gebäudekomplexen
- durch eine Verlagerung der Hochpunkte in Richtung Gebäudemitte oder an die rückwärtigen Gebäudeteile, wo keine sensiblen Nutzungen im Umfeld realisiert werden sollen.

## 9 Zusammenfassung

Die newPark Planungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH plant in Datteln die Entwicklung des Industrieareals newPark. Es sollen Forschung und Entwicklung sowie Service- und Infrastruktureinrichtungen angesiedelt werden. Das Areal soll als Bindeglied zwischen Großindustrie und light Industries bilden. Der Fokus soll auf Unternehmen liegen die im Greentech Bereich arbeiten und in ihren Produkten oder Produktionsprozessen umsetzen. Beim Aufbau des Areals soll auf eine Ressourcen schonende Entwicklung und den Einbezug der umgebenden Landschaft geachtet werden.

Für den Aufbau des Gebietes wurde neben dem Bebauungsplan [2] ein Rahmenplan erarbeitet [1], der das Areal gliedert. In einem ersten Schritt soll der Bauabschnitt 1, der den mittleren Teil sowie die Erschließungsstraße des Bebauungsplans umfasst, realisiert werden.

Für das Vorhaben wurde in einem früheren Planungsstadium ein Gutachten zu den zu erwartenden klimatischen Auswirkungen des Vorhabens erstellt [4]. Aufgrund veralteter Datengrundlagen sowie zwischenzeitlich vorgeschrittener Modellierungstechniken war dieses Gutachten zu überarbeiten.

Neben der Aktualisierung grundlegender klimatologischer Kenngrößen für den Bebauungsbereich wurden hierbei verschiedene Berechnungen auf Grundlage der vorliegenden Rahmenplanung durchgeführt:

- Kaltluftuntersuchung mit KLAM\_21 zur Ermittlung der Auswirkungen auf das Kaltluftgeschehen im Umfeld des Plangebietes
- mikroklimatische Untersuchungen mit ENVI-met zur Abschätzung der Auswirkungen auf das thermische Niveau, die bioklimatische Belastung und die Durchlüftungsverhältnisse an sommerlichen Hitzetagen
- CFD-gestützte Windfeldberechnungen zur Ermittlung des Windkomforts innerhalb des Plangebietes

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Rahmenplanung lediglich eine mögliche Bebauung gemäß den Festlegungen des Bebauungsplanes darstellt. Im Detail können Anordnung, Ausrichtung und Höhe der zukünftigen Bebauung von dem hier zu Grunde gelegten Konzept abweichen. Es ist aber davon auszugehen, dass mit dem derzeitigen Kenntnisstand die Rahmenplanung die Grundlage darstellt, mit der die Auswirkungen des Vorhabens am genauesten abgebildet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Kaltluftuntersuchung zeigen, dass auf dem derzeit nahezu unversiegelte Plangebiet in Strahlungs Nächten Kaltluft produziert wird. Aufgrund der nur sehr schwach ausgeprägten Geländeneigungen kann die hier gebildete Kaltluft aber nicht abflie-

ßen, sondern türmt sich auf, so dass keine positiven abkühlenden Wirkungen für die umliegenden Siedlungsbereiche von Datteln und Waltrup generiert werden.

In der zweiten Nachthälfte fließt mit nördlicher Strömung Kaltluft aus Richtung des nördlich angrenzenden Höhenzuges zwischen Vinnum und Bork in das Plangebiet ein und wird in Richtung der Siedlungsrandlage von Waltrup weitertransportiert. Durch die Realisierung des Planvorhabens sinkt im Luv und Lee des Planvorhabens der Kaltluftvolumenstrom, während westlich und östlich der Planung aufgrund von Umlenkungseffekten mit einer Erhöhung des Kaltluftvolumenstroms zu rechnen ist. Eine signifikante Schwächung der Kaltluftströmungen in Richtung der dichter bebauten Bereiche von Waltrup kann ausgeschlossen werden kann. Die Ortslage von Datteln profitiert unter Kaltluftgesichtspunkten weder in der ersten, noch in der zweiten Nachthälfte vom Plangebiet.

Grundsätzlich sollte angestrebt werden, Beeinflussungen der in der zweiten Nachthälfte einsetzende Kaltluftzufuhr in Richtung Waltrup weitestgehend zu minimieren. Dies kann durch Umsetzung der folgenden Maßnahmen realisiert werden:

- Schaffung von begrünten oder nur leicht versiegelten Öffnungen in der Gebäudestruktur, die ein Durchströmen des Plangebietes von Nord nach Richtung Süd ermöglichen und durch Reduktion der Wärmeaufnahme die Charakteristik der Kaltluftströmung erhalten
- Realisierung von Dachbegrünungen (extensiv oder auch intensiv) auf einem möglichst großen Teil der Dachflächen zur Minimierung von Erwärmungstendenzen beim Überströmen der Gebäude.

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken. Signifikante negative Effekte sind auf Grund des ausreichenden Abstandes zu umliegenden Siedlungsflächen nicht zu erwarten.

Allerdings ergeben sich innerhalb der Plangebietsgrenzen in Teilbereichen sehr hohe bioklimatische Belastungen sowie Temperaturerwärmungen gegenüber der Istsituation, die insbesondere aus schlechten Durchlüftungsverhältnissen, der Wärmeabgabe der Plangebäude sowie aus fehlenden Schattenzonen resultieren.

Um die klimatische Situation im und um das Plangebiet zu verbessern sollten bei fortschreitender Planung folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden:

- Schaffung von durchströmbaren Gebäudestrukturen, insbesondere Vermeidung von abgeschlossenen Innenhofsituation,

- Auswahl von stadtklimafesten, also hitze- und trockenheitsresistente Arten für die in den textlichen Festsetzungen zum Bebauungsplan bereits festgelegten Baumneupflanzungen,
- zusätzliche Baumpflanzungen entlang der Südwest- und Südostfassaden der großen Hallen in den Sondergebieten 1.1 und 1.2 zur Reduktion deren Aufheizung,
- zusätzliche Baumpflanzungen im Bereich der großen, weitestgehend unverschatteten versiegelten Flächen im Umfeld der großen Hallen in den Baufeldern SO 1.1 und SO 1.2,
- klimaoptimierte Gestaltung von städtischen Materialien
  - Auswahl von hellen Materialien mit Hellbezugswert  $> 0,5$  zur Erhöhung der Rückstrahlung
  - Reduktion des Stahl- und Betonanteils, Erhöhung des Anteils natürlicher Baustoffe wie z.B. Holz
  - Reduktion des Versiegelungsgrades im Bereich von Stellplätzen, Geh- und Zufahrtswegen durch die Verwendung von Schotterterrassen, Rasengittersteinen, Kunststoffrasengitter, Rasenfugenpflaster, Betonpflastersteinen, Kies-/Splittabdeckungen, Splittfugenpflaster- oder Porenpflaster
- Realisierung von Fassadenbegrünungen auf den sonnenzugewandten Seiten der Plangebäude
- Realisierung von intensiv begrünten Dachflächen auf niedrigen Gebäudeteilen ergänzend zu den ohnehin vorgesehenen extensiven Dachbegrünungen
- Schaffung von Regenrückhalteflächen (Flächenversickerung, Mulden-bzw. Beckenversickerung, Rigolenversickerung oder Mulden-Rigolen-Versickerung) zur Erhöhung der Verdunstungsabkühlung
- Anlagen von Brunnen und Zisternen, deren Wasser in Hitzeperioden dazu genutzt werden kann, die Vegetationsflächen zu bewässern, wodurch die Verdunstungskühlleistung der Freiflächen deutlich gesteigert werden kann,
- Schaffung von weiteren offenen Wasserflächen zur Erhöhung der Verdunstungskühlung, hierfür bieten sich insbesondere bewegte Wasser wie Springbrunnen oder Wasserzerstäuber an

Die Berechnungsergebnisse der Windkomfortuntersuchung zeigen, dass sich auf Grund der angestrebten Gebäudehöhen von bis zu 50 m und dem offenen Umfeld mit hohen Windgeschwindigkeiten in Teilbereichen hohe Windgeschwindigkeiten ausbilden können, die zu einer Reduktion des Windkomforts führen. Diese Bereiche mit Windkomforteinbußen finden sich insbesondere im Bereich der Planstraße G1 sowie den umliegenden Stellplätzen und sonstigen Flächen und resultieren vor allem aus horizontalen und vertikalen Strömungsumlenkungen im Bereich der bis zu 50 m hohen Hochpunkte. Für Verkehrsflächen wird hier weiterhin ein mäßiger Windkomfort ermittelt. Sollte im Umfeld der Hochpunkte höherwertige Nutzungen (Bewegungsflächen oder Verweilflächen) realisiert werden, sollte eine Verbesserung des Windkomforts angestrebt werden. Dies kann erreicht werden:

- durch zusätzliche Baumpflanzungen im Bereich der Freiflächen zwischen den Gebäudekomplexen
- durch eine Verlagerung der Hochpunkte in Richtung Gebäudemitte oder an die rückwärtigen Gebäudeteile, wo keine sensiblen Nutzungen im Umfeld realisiert werden sollen.

Insgesamt ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten, dass sich die ermittelten und beschriebenen klimatischen Auswirkungen lediglich auf die Realisierung des Bauabschnittes 1 beziehen. Eine Realisierung weiterer Bauabschnitte wird den klimatischen Einflußbereich des Plangebietes auf die Umgebung vergrößern.

Peutz Consult GmbH

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

i.A. M. Sc. Karina Zühlke  
(Projektbearbeitung)

i.V. Dipl. Ing. Oliver Streuber  
(Qualitätskontrolle)

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lageplan Istfall

Anlage 2 Lageplan Planfall

Anlage 3 Darstellung der klimatischen Bestandssituation

Anlage 4 Klimaökologische Funktionskarte

Anlage 5 Klimatopenkarte

Anlage 6 Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Niederaden

Anlage 7 Geländehöhen für die KLAM-Berechnung (Übersicht)

Anlage 8 Landnutzung für die KLAM-Berechnung (Übersicht)

Anlage 9 Landnutzung im Istfall im Umfeld des Plangebietes

Anlage 10 Landnutzung im Planfall im Umfeld des Plangebietes

Anlage 11 Mächtigkeit der Kaltluftschicht zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall

Anlage 12 Mächtigkeit der Kaltluftschicht zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall

Anlage 13 Prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 14 Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall

- Anlage 15 Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 16 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 17 Mächtigkeit der Kaltluftschicht sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall
- Anlage 18 Mächtigkeit der Kaltluftschicht sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 19 Prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 20 Kaltluftvolumenstrom sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall
- Anlage 21 Kaltluftvolumenstrom sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 22 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 23 ENVI-met Modell-Architektur
- Anlage 24 Gebäude und Vegetation im Istfall BA1
- Anlage 25 Gebäude und Vegetation im Planfall BA1
- Anlage 26 Oberflächenbeschaffenheit im Istfall BA1
- Anlage 27 Oberflächenbeschaffenheit im Planfall BA1
- Anlage 28 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 15 Uhr
- Anlage 29 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 22 Uhr



Anlage 30 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 5 Uhr

Anlage 31 Windgeschwindigkeit in 1,5 m Höhe über Grund um 15 Uhr

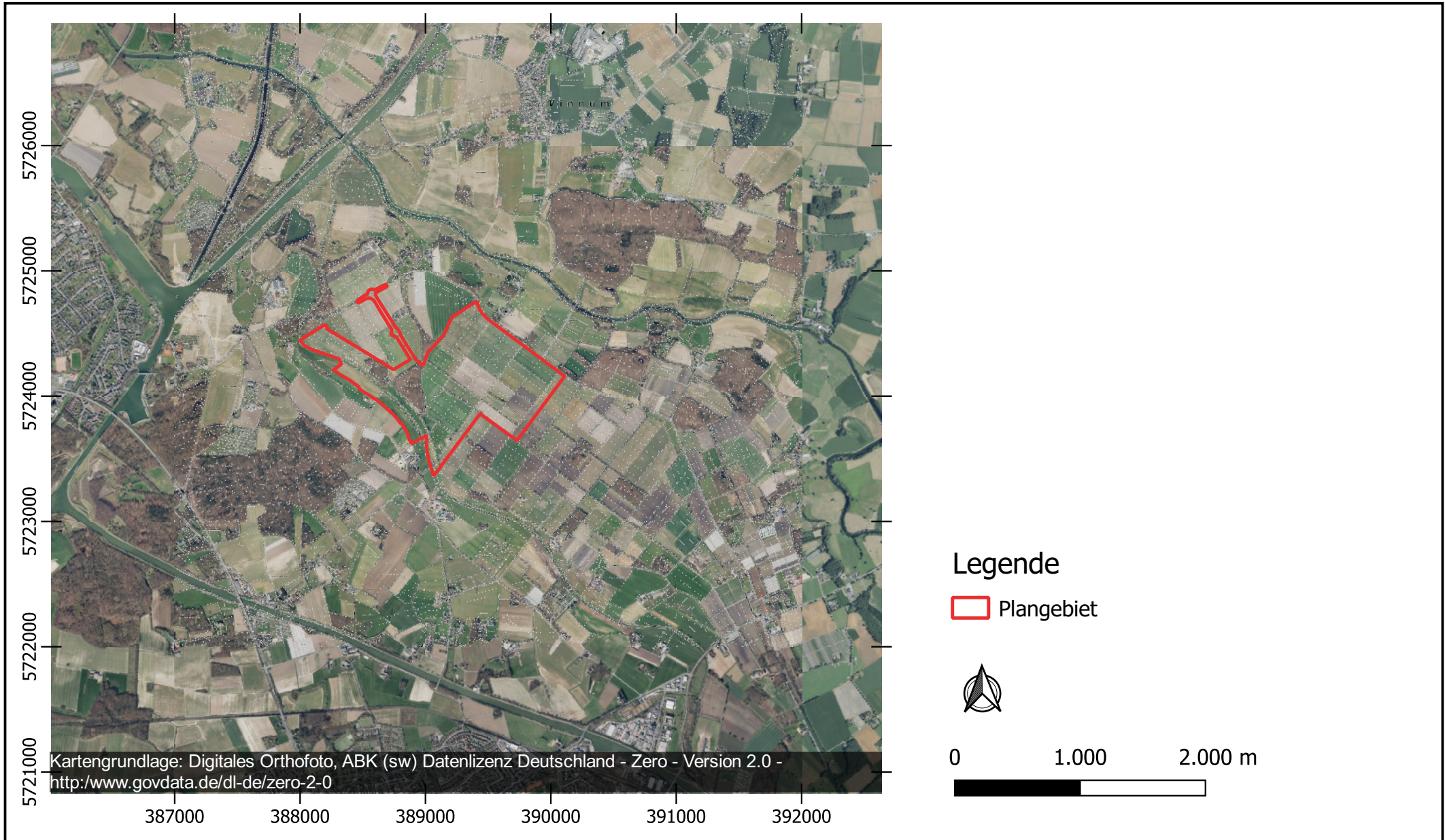
Anlage 32 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund in den Nachmittagsstunden

Anlage 33 3D-Modell für den Planfall (Windkomfortuntersuchung)

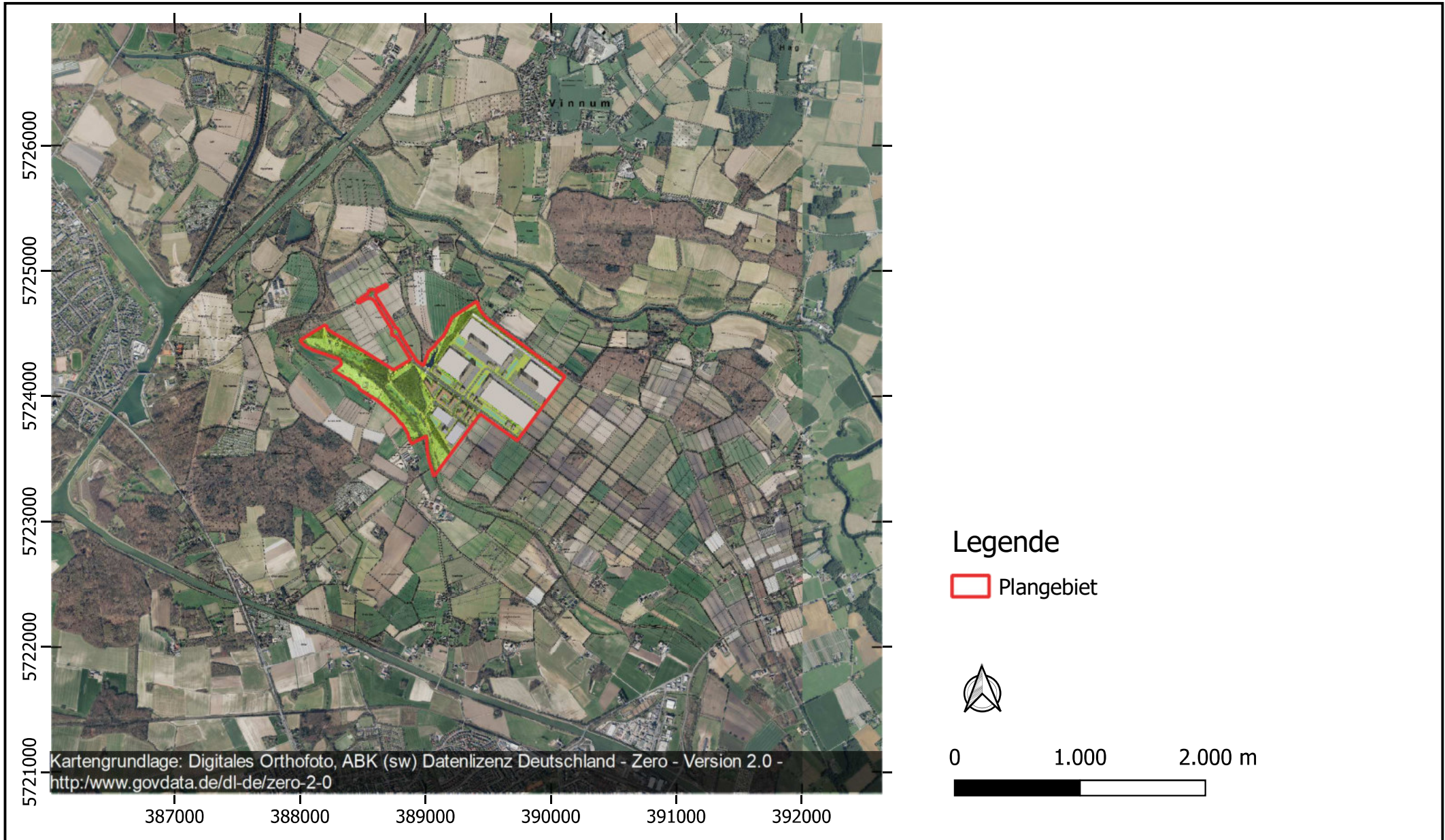
Anlage 34 Windkomfort gem. NEN 8100 im Planfall in einer Auswertehöhe von 1,5 m über Grund

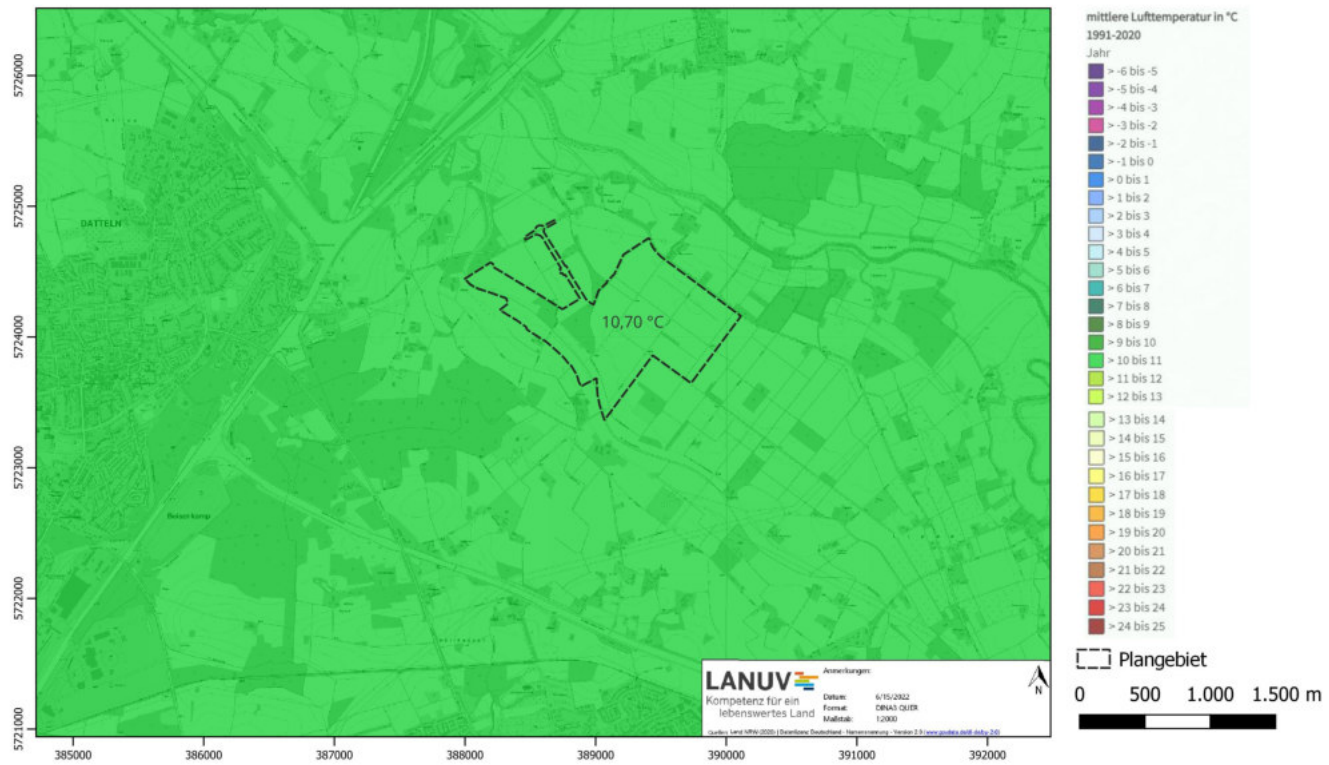
Anlage 35 Windgefahr gem. NEN 8100 im Planfall in einer Auswertehöhe von 1,5 m über Grund

# Anlage 1: Übersichtslageplan im Istfall

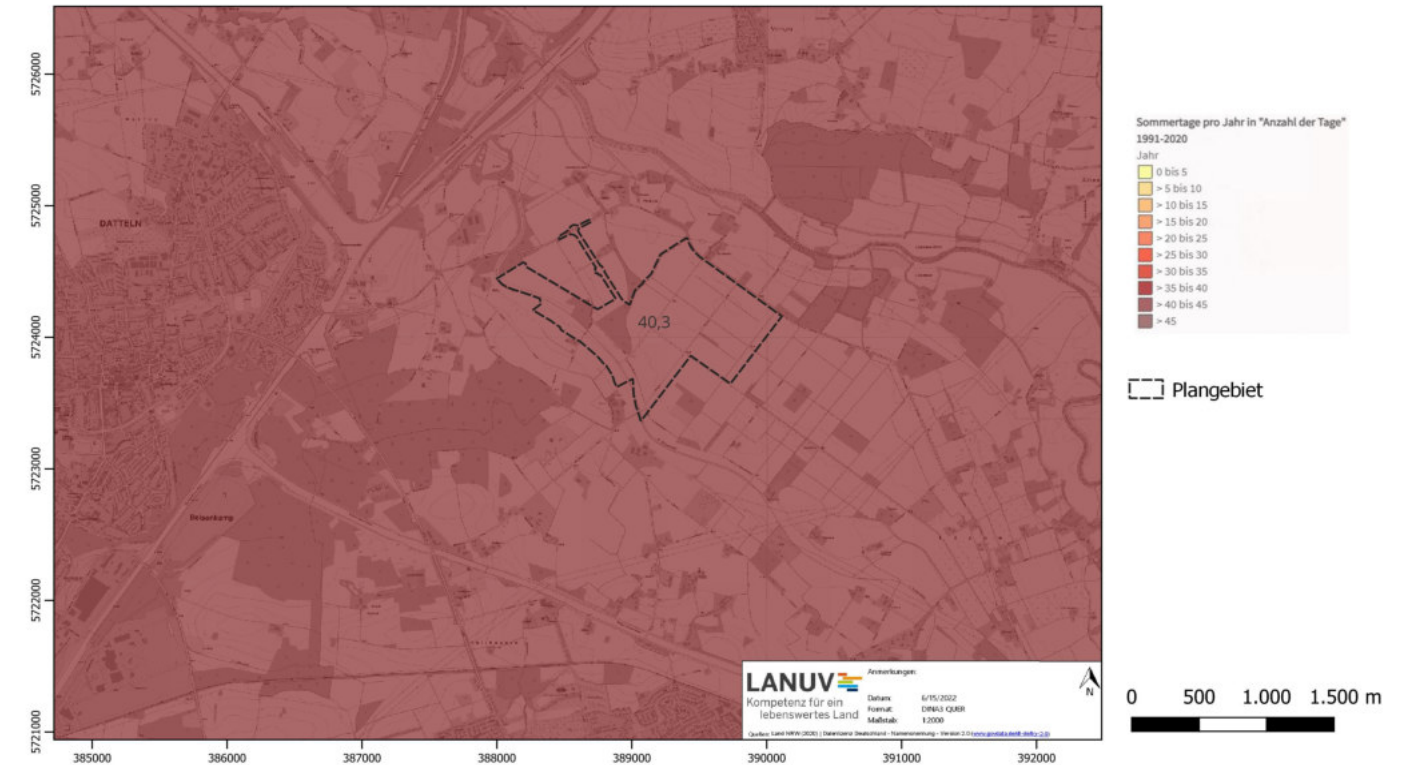


# Anlage 2: Übersichtslageplan im Planfall

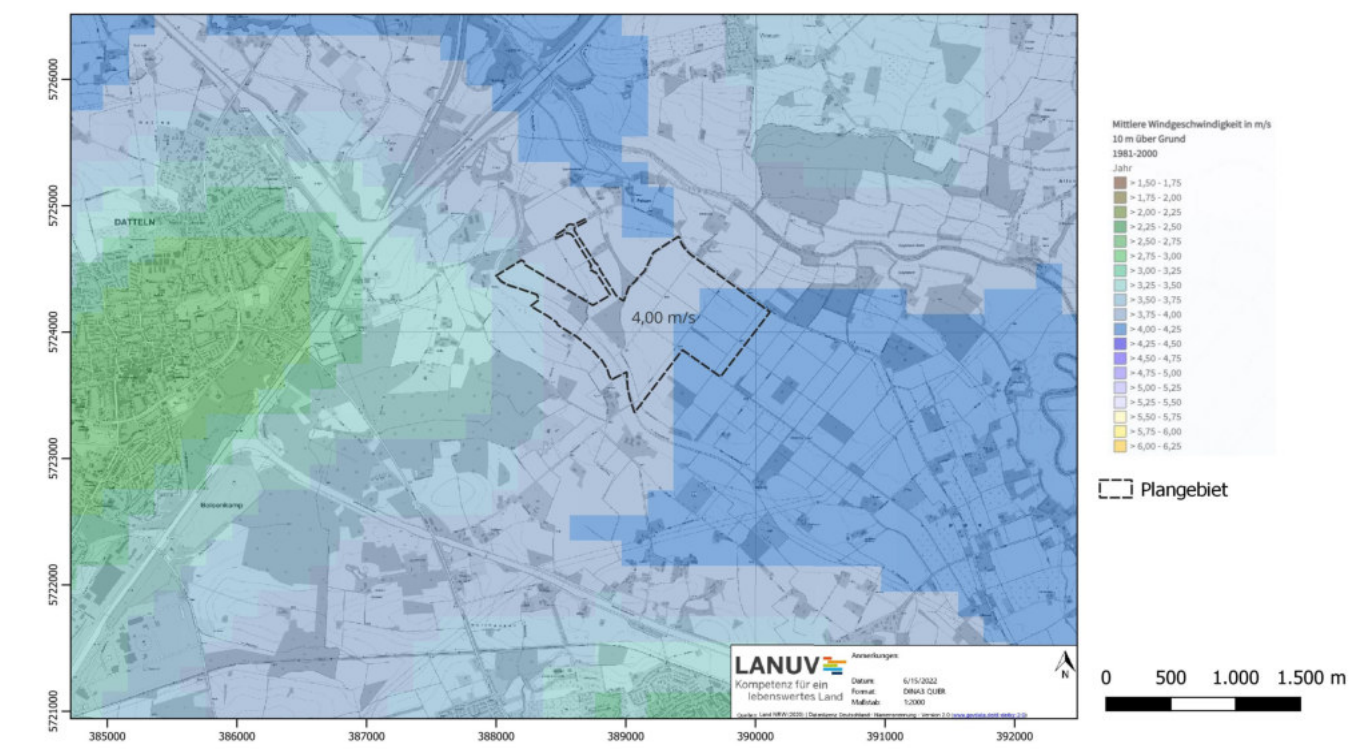




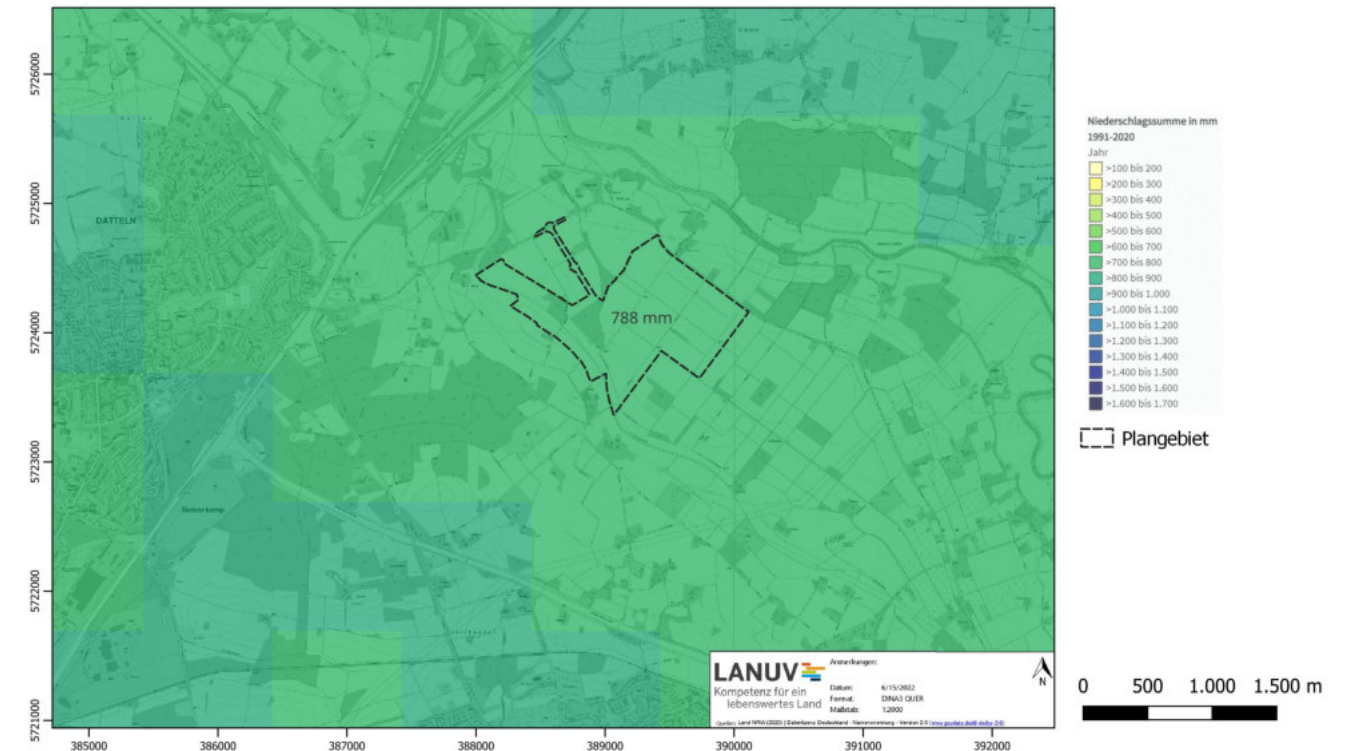
Jahresmittel der Lufttemperatur



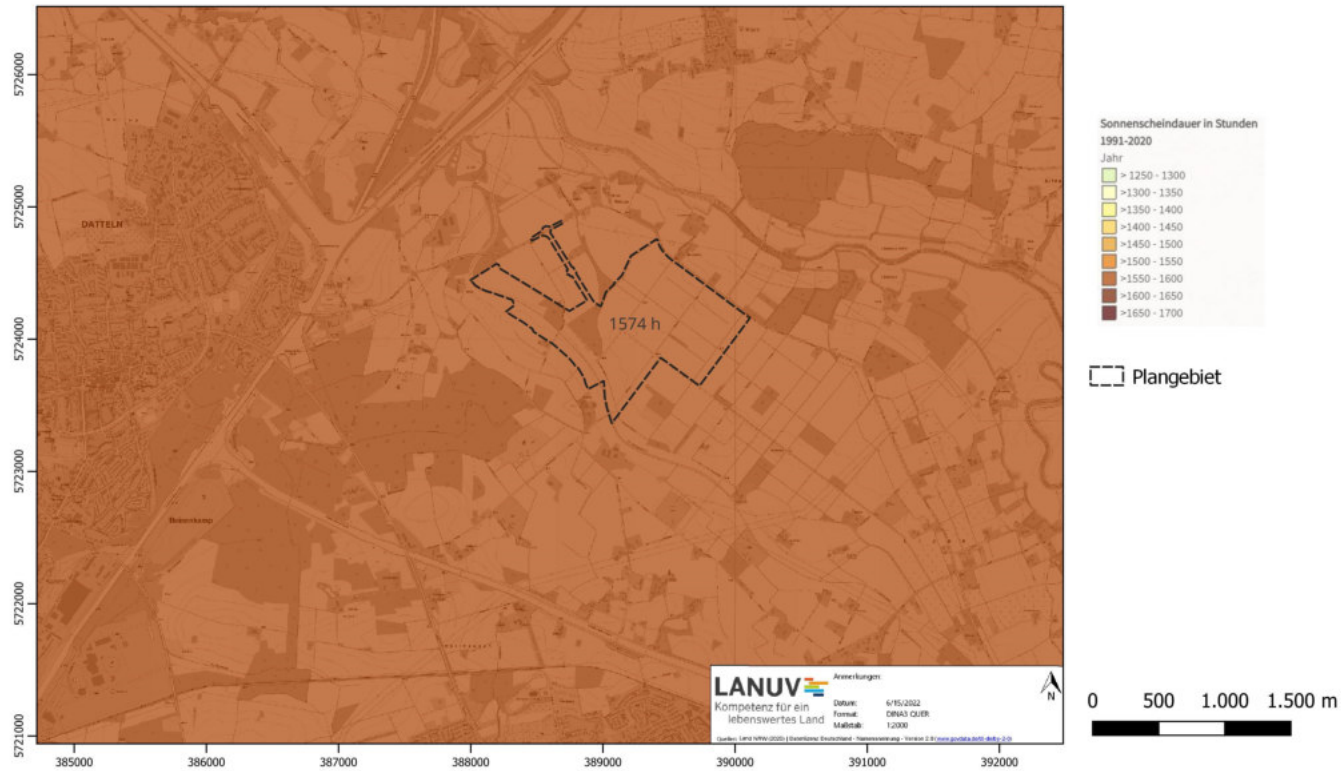
Anzahl der Sommertage (>25°C) pro Jahr



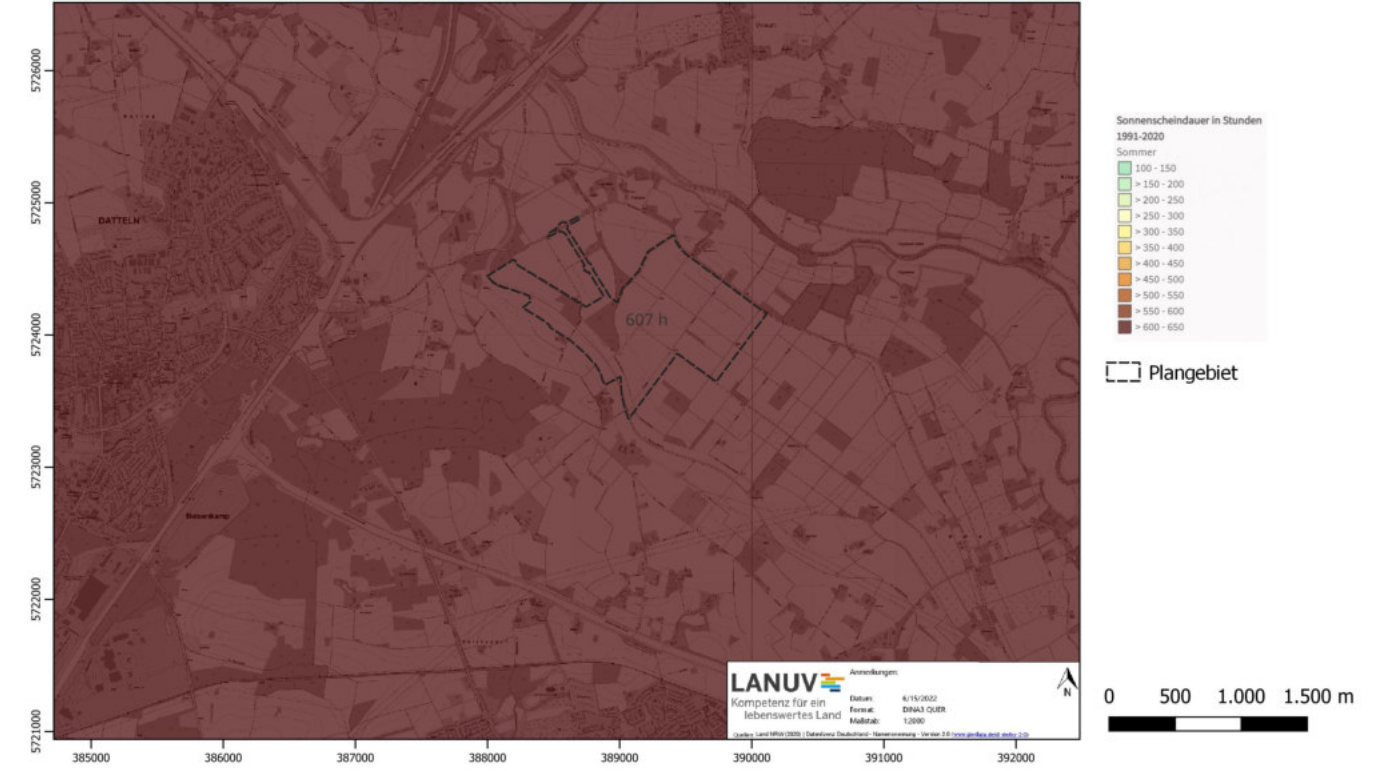
Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit



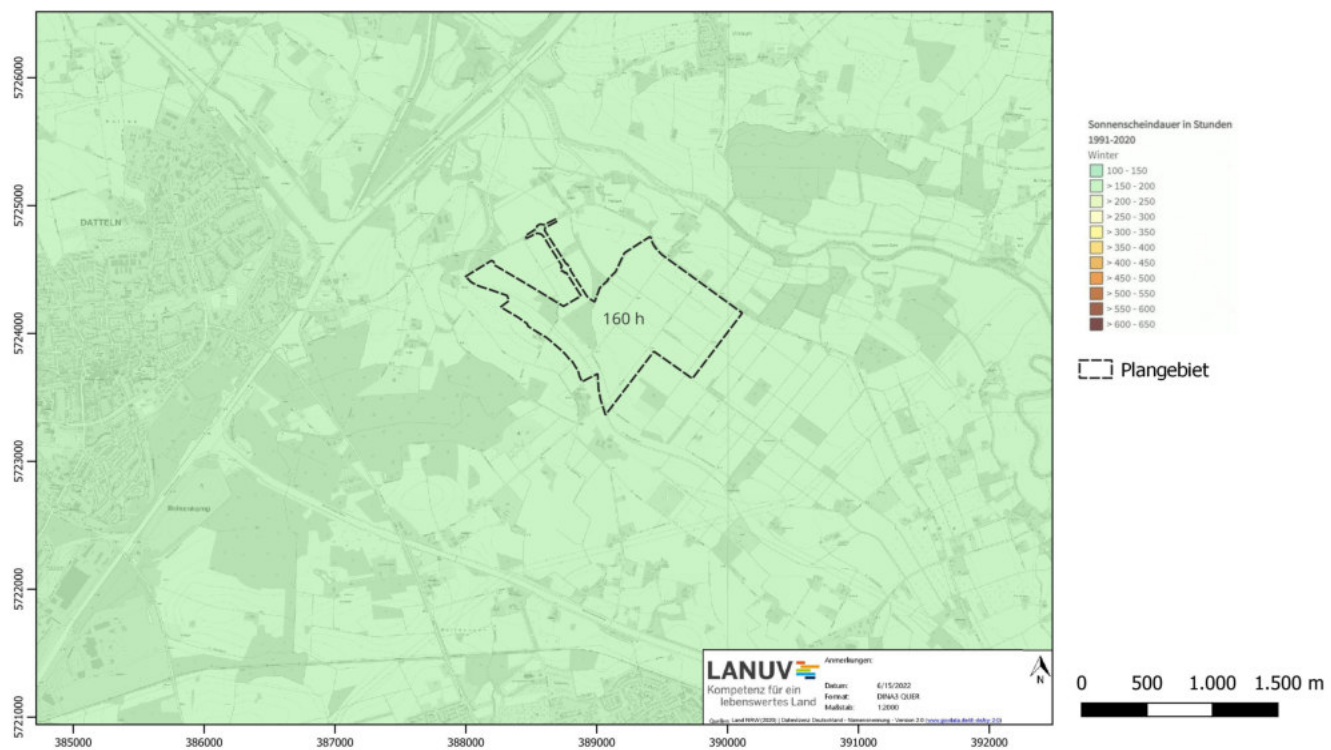
Jahressumme des Niederschlags



Sonnenscheindauer im gesamten Jahr

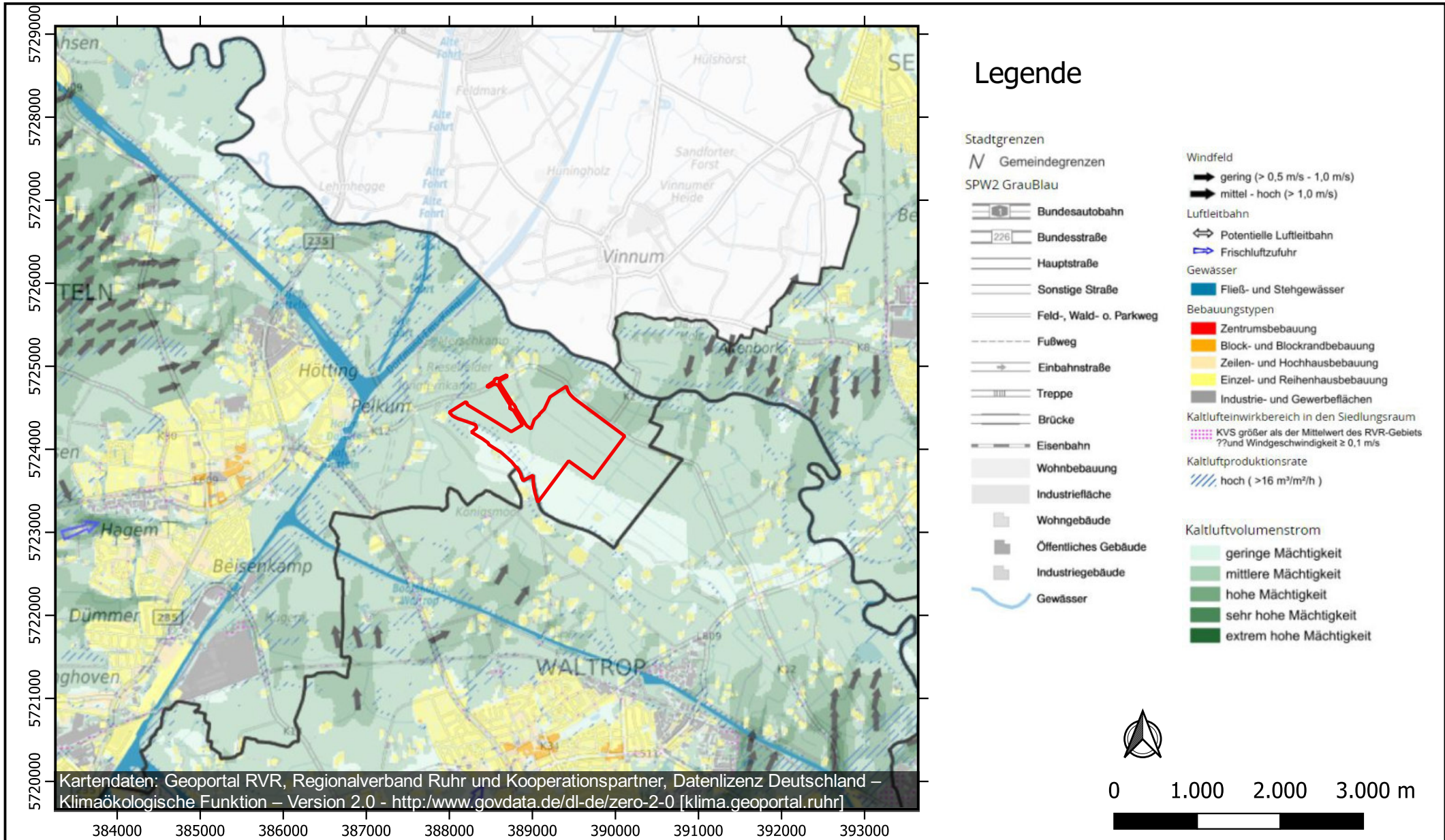


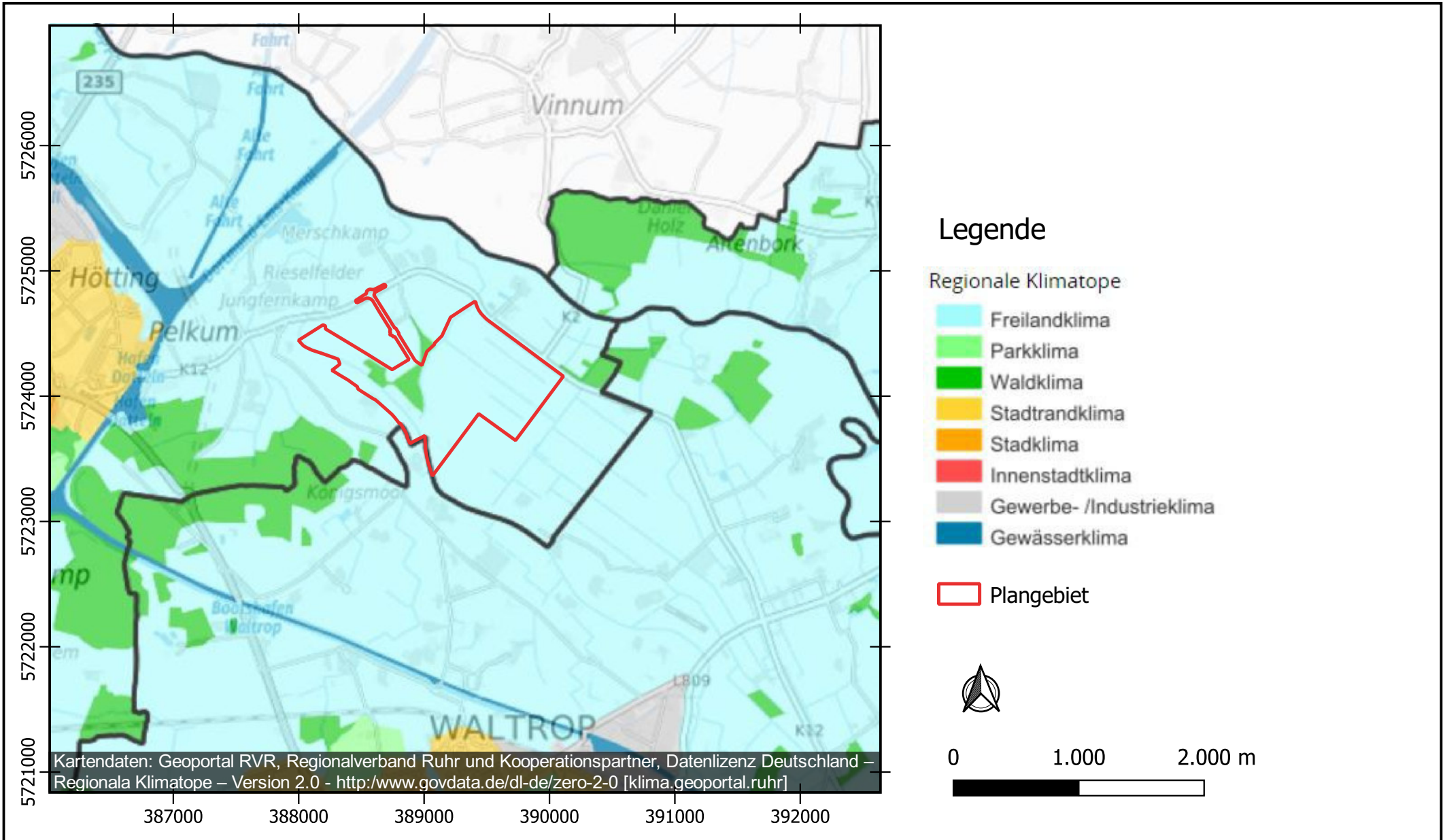
Sonnenscheindauer im Sommer



Sonnenscheindauer im Winter

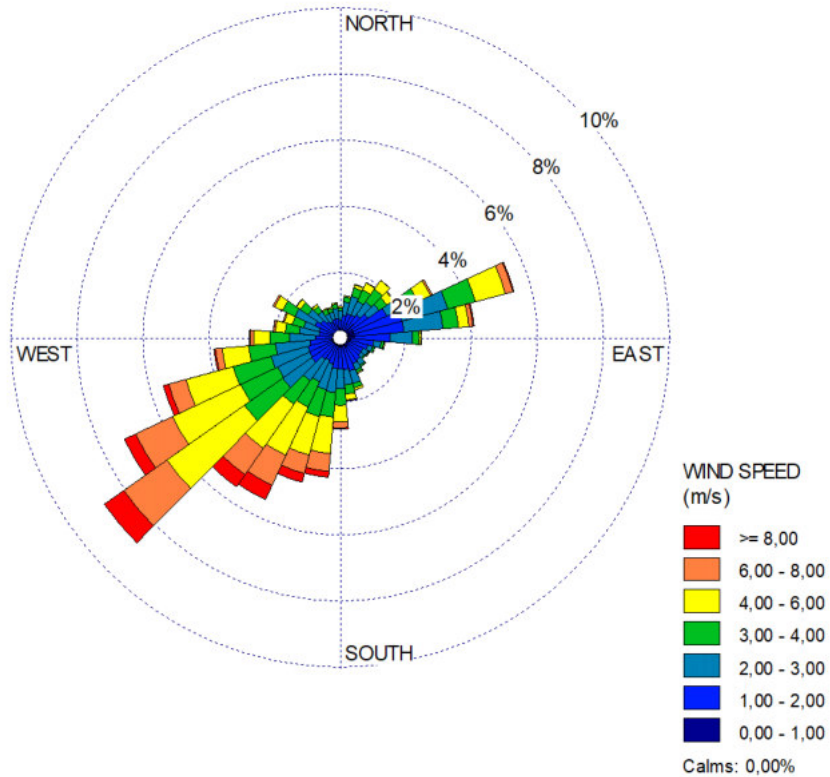
# Anlage 4: Klimaökologische Funktionskarte



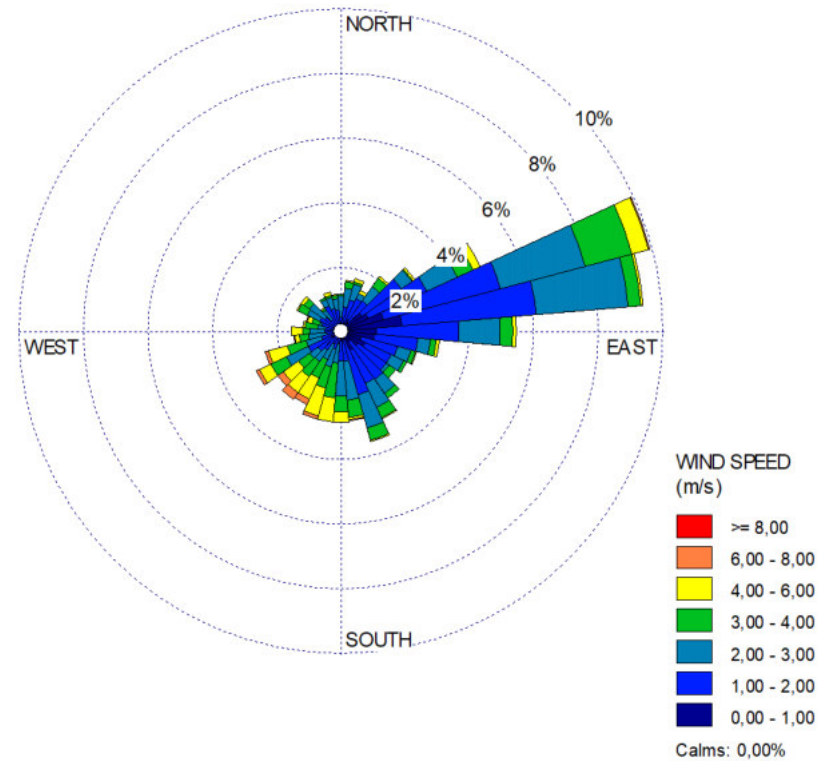


Anlage 6: Windrichtungs- und geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Lünen-Niederaden  
im Zeitraum 2011 - 2020

- alle Situationen -

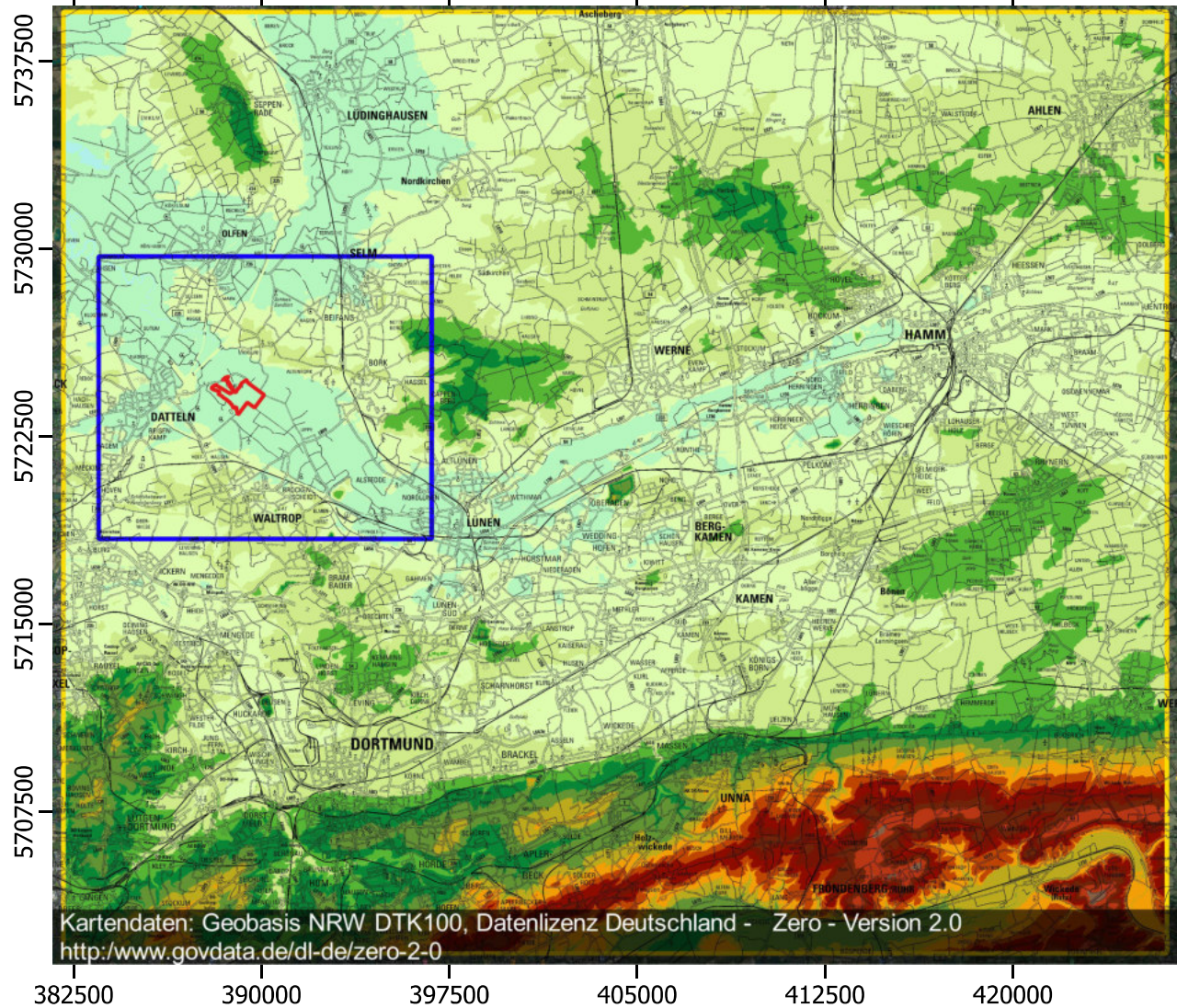


- Tage mit Tmx > 30°C -





# Anlage 7: Geländehöhen und Lage des Nestinggebietes (Übersicht)

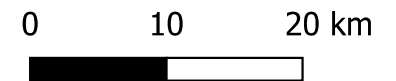


## Legende

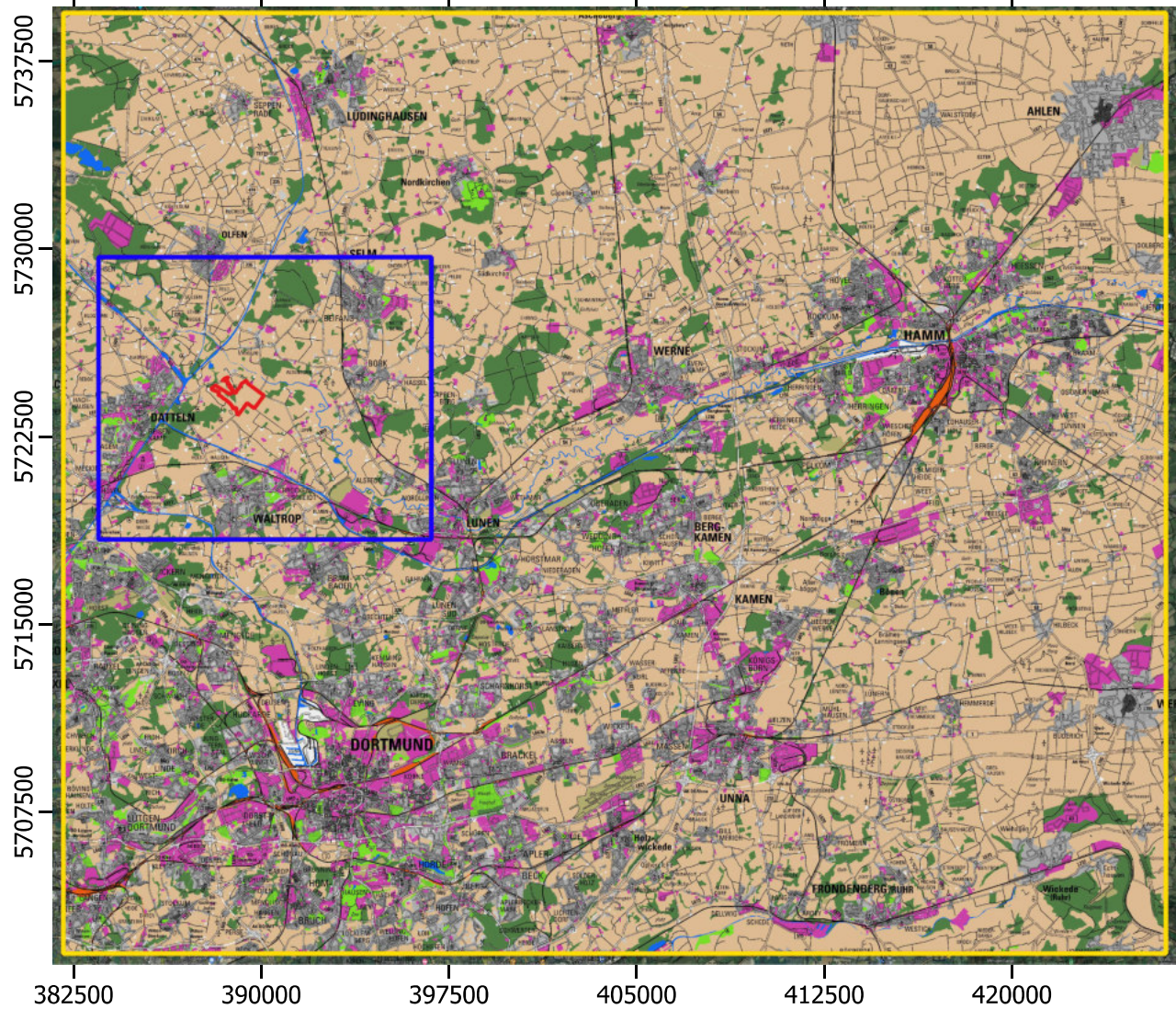
Geländehöhe über NN (m)

- |  |           |  |                      |
|--|-----------|--|----------------------|
|  | <= 40     |  | 190 - 205            |
|  | 40 - 55   |  | 205 - 220            |
|  | 55 - 70   |  | 220 - 235            |
|  | 70 - 85   |  | 235 - 250            |
|  | 85 - 100  |  | 250 - 265            |
|  | 100 - 115 |  | 265 - 280            |
|  | 115 - 130 |  | > 280                |
|  | 130 - 145 |  | äußeres Rechengebiet |
|  | 145 - 160 |  | inneres Rechengebiet |
|  | 160 - 175 |  | Plangebiet           |
|  | 175 - 190 |  |                      |

Kartendaten: Geobasis NRW DTK100, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0  
<http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>



# Anlage 8: Landnutzung für die KLAM-Berechnung (Übersicht)



## Legende

### Landnutzung

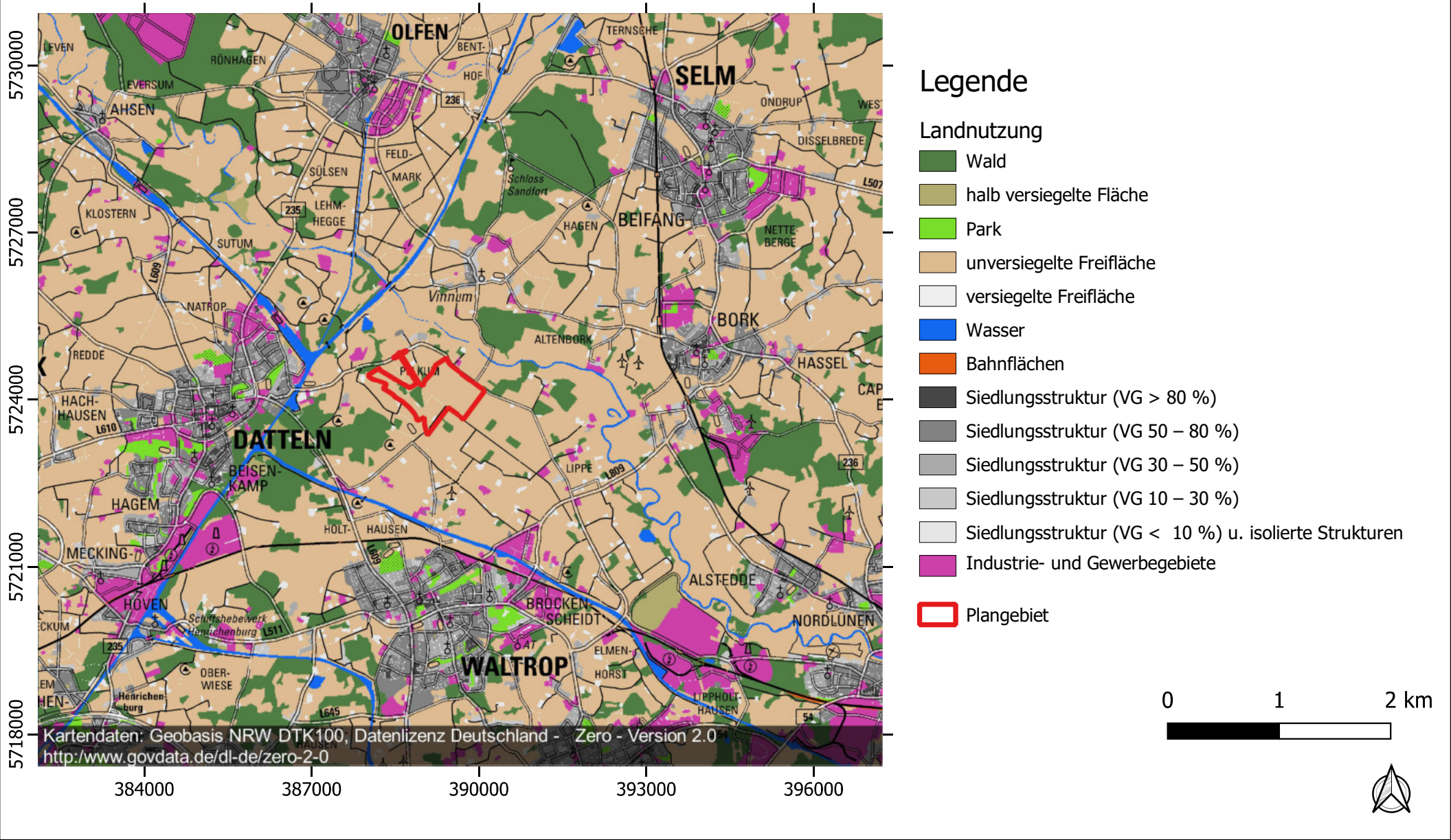
- Wald
- halb versiegelte Fläche
- Park
- unversiegelte Freifläche
- versiegelte Freifläche
- Wasser
- Bahnflächen
- Siedlungsstruktur (VG > 80 %)
- Siedlungsstruktur (VG 50 – 80 %)
- Siedlungsstruktur (VG 30 – 50 %)
- Siedlungsstruktur (VG 10 – 30 %)
- Siedlungsstruktur (VG < 10 %) u. isolierte Strukturen
- Industrie- und Gewerbegebiete

- äußeres Rechengebiet
- inneres Rechengebiet
- Plangebiet

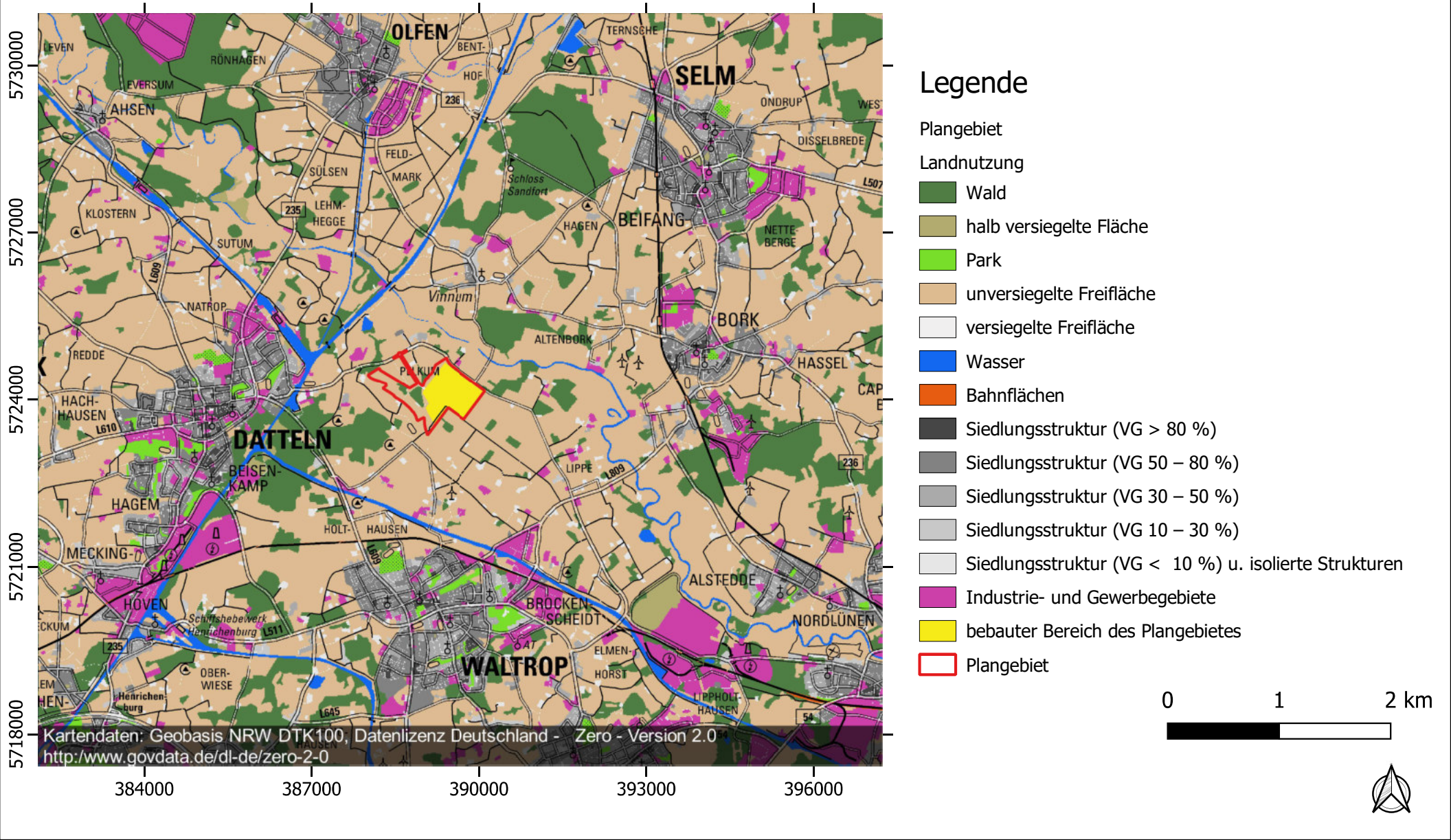
0 10 20 km



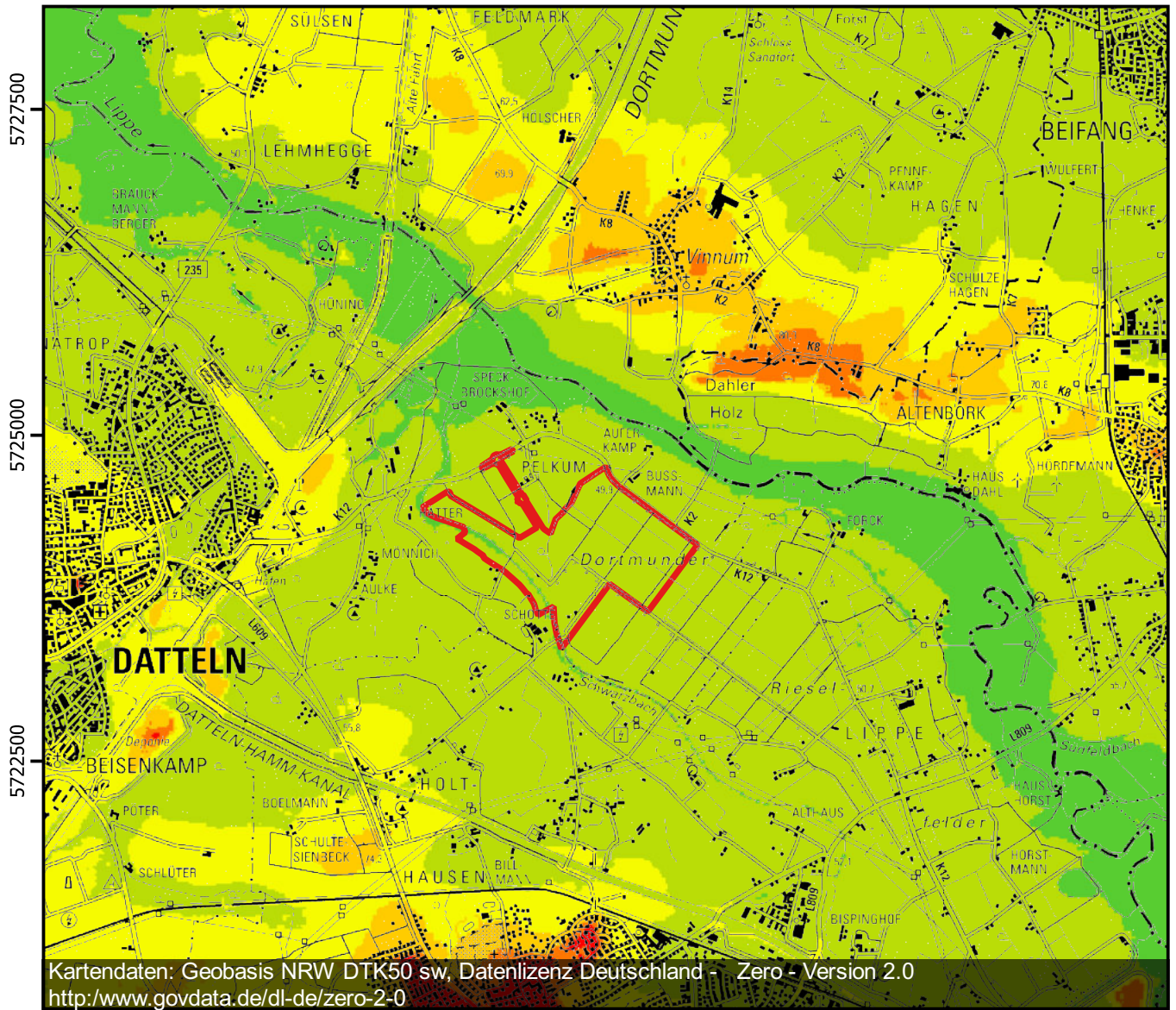
# Anlage 9: Landnutzung im Istfall im Umfeld des Plangebietes



# Anlage 10: Landnutzung im Planfall im Umfeld des Plangebietes



Anlage 11: Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Istfall - 2 Stunden nach Sonnenuntergang im Nestinggebiet

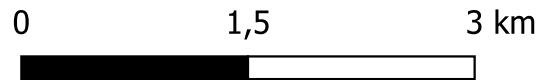


Kartendaten: Geobasis NRW DTK50 sw, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0  
<http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>

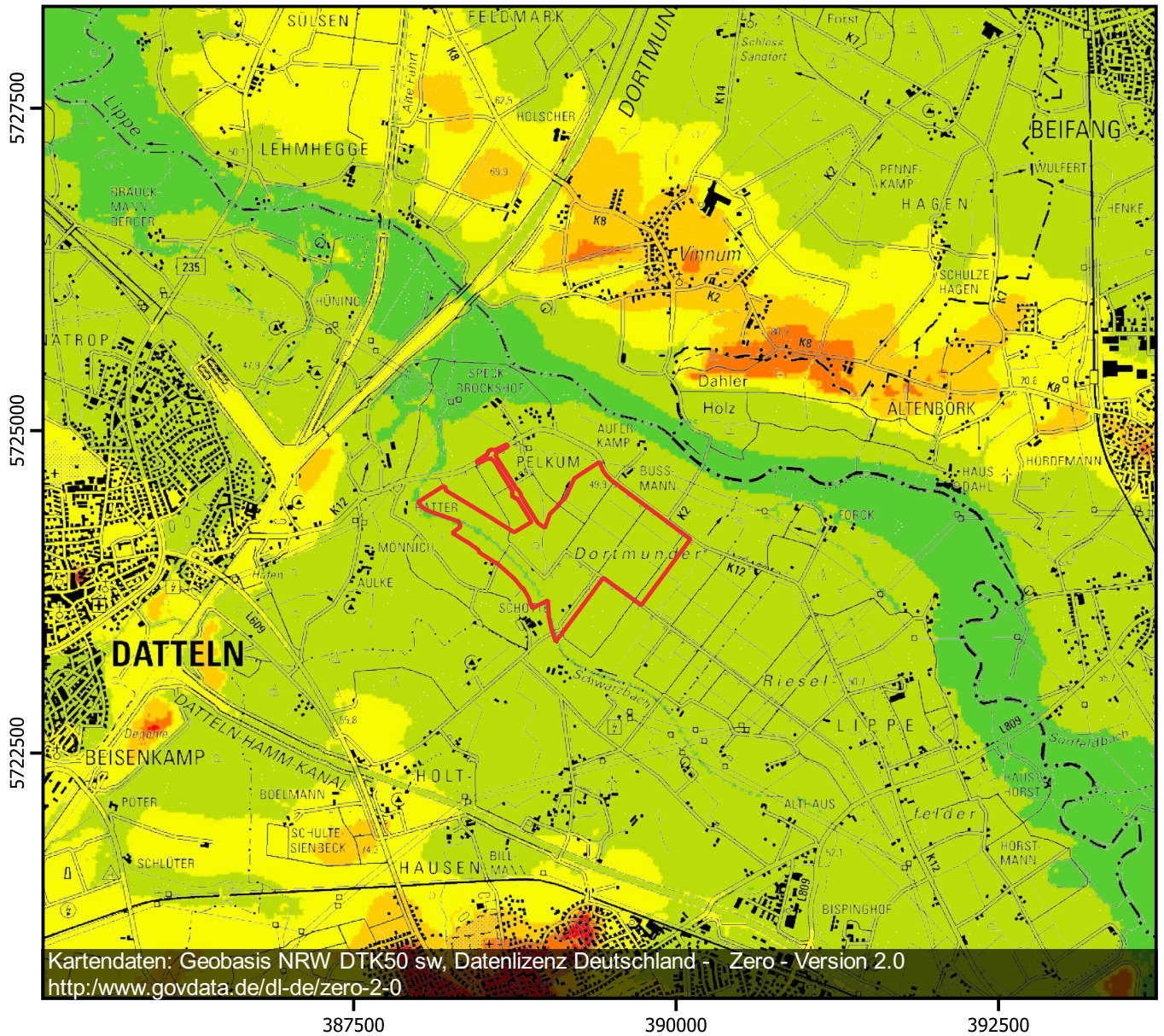
387500 390000 392500

Höhe Kaltluftschicht (m)

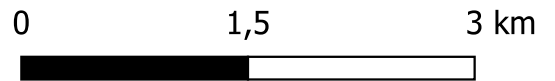
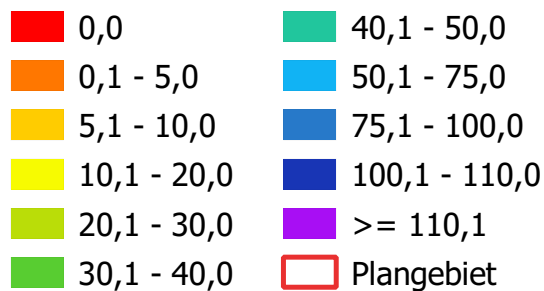
- |                                                   |                                                                                                           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <span style="color: red;">■</span> ≤ 0            | <span style="color: green;">■</span> 40 - 50                                                              |
| <span style="color: orange;">■</span> 0 - 5       | <span style="color: cyan;">■</span> 50 - 75                                                               |
| <span style="color: yellow;">■</span> 5 - 10      | <span style="color: blue;">■</span> 75 - 100                                                              |
| <span style="color: lightgreen;">■</span> 10 - 20 | <span style="color: darkblue;">■</span> 100 - 110                                                         |
| <span style="color: limegreen;">■</span> 20 - 30  | <span style="color: purple;">■</span> > 110                                                               |
| <span style="color: green;">■</span> 30 - 40      | <span style="border: 2px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Plangebiet |



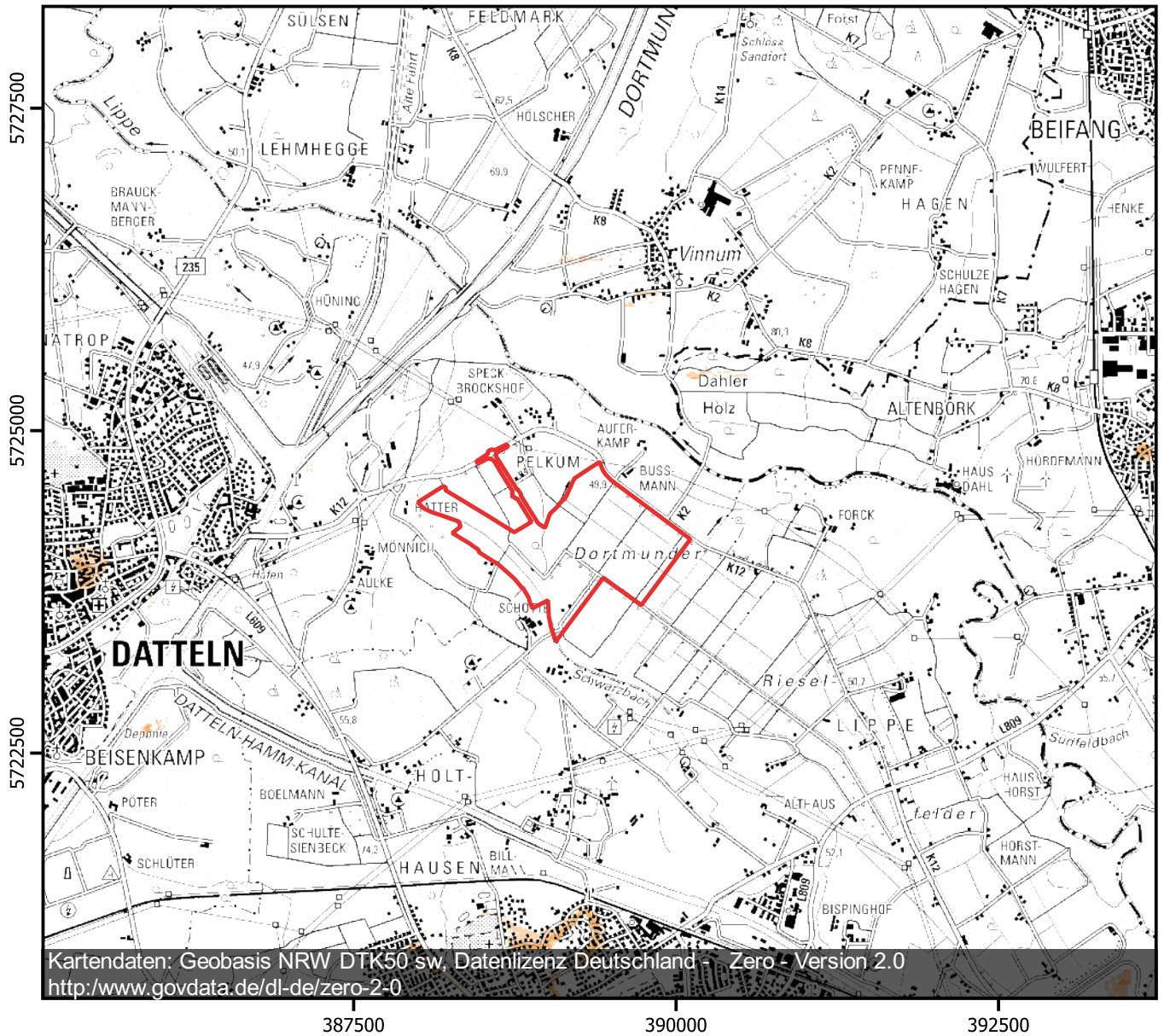
Anlage 12: Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Planfall -  
2 Stunden nach Sonnenuntergang im Nestinggebiet



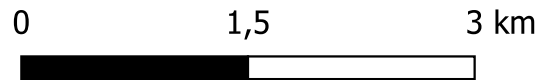
Höhe der Kaltluftschicht (m)



Anlage 13: Prozentuale Veränderung der Mächtigkeit der Kaltluftschicht zwischen Ist- und Planfall, zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Nestingebiet



387500 390000 392500

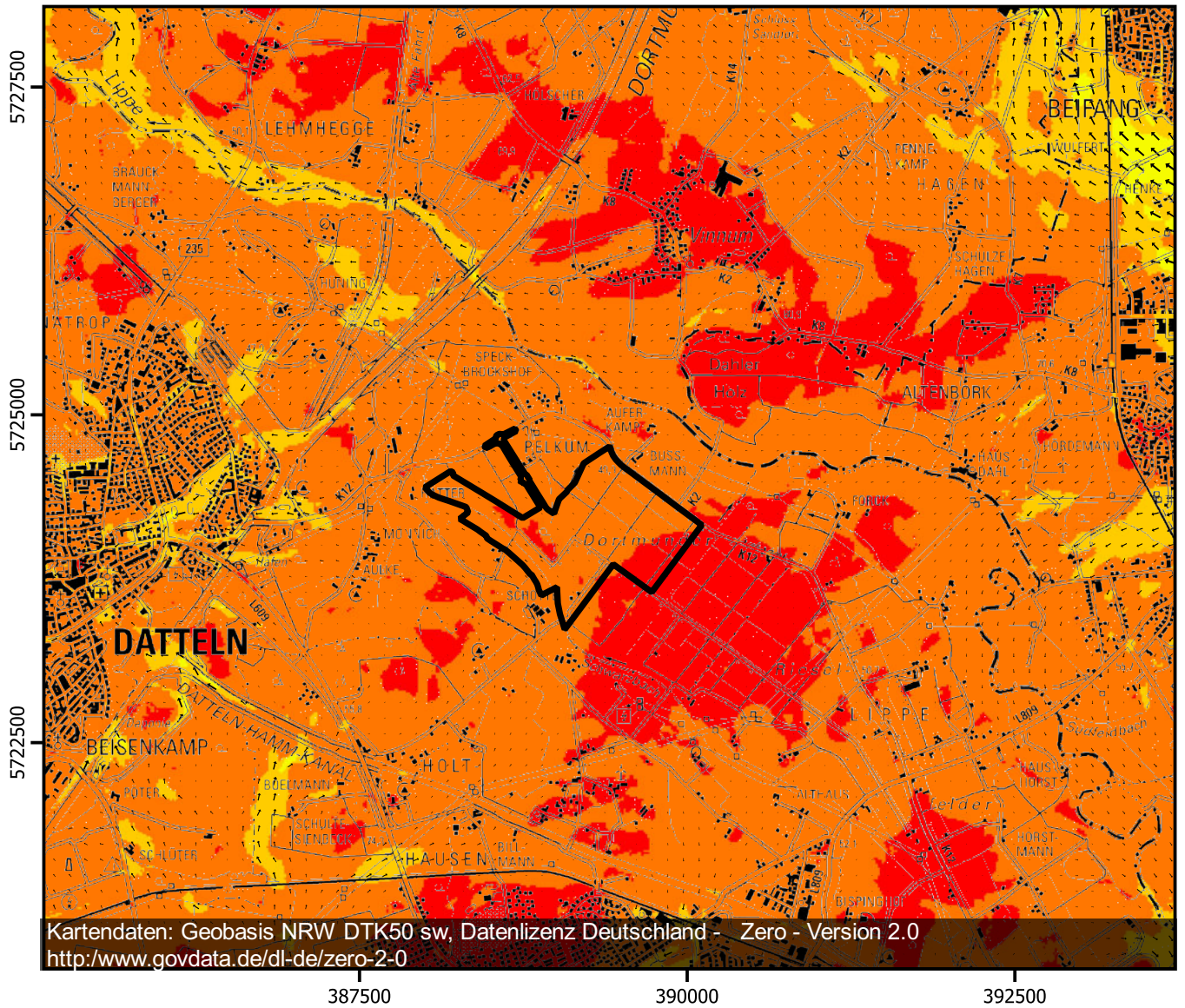


Veränderung Kaltfluthöhe  
(Differenz in %)

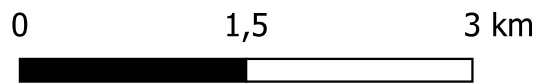
- |          |            |
|----------|------------|
| <= -10   | 5 - 10     |
| -10 - -5 | > 10       |
| -5 - 5   | Plangebiet |



Anlage 14: Kaltluftvolumenstrom im Istfall - 2 Stunden nach  
Sonnenuntergang im Nestingebiet



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



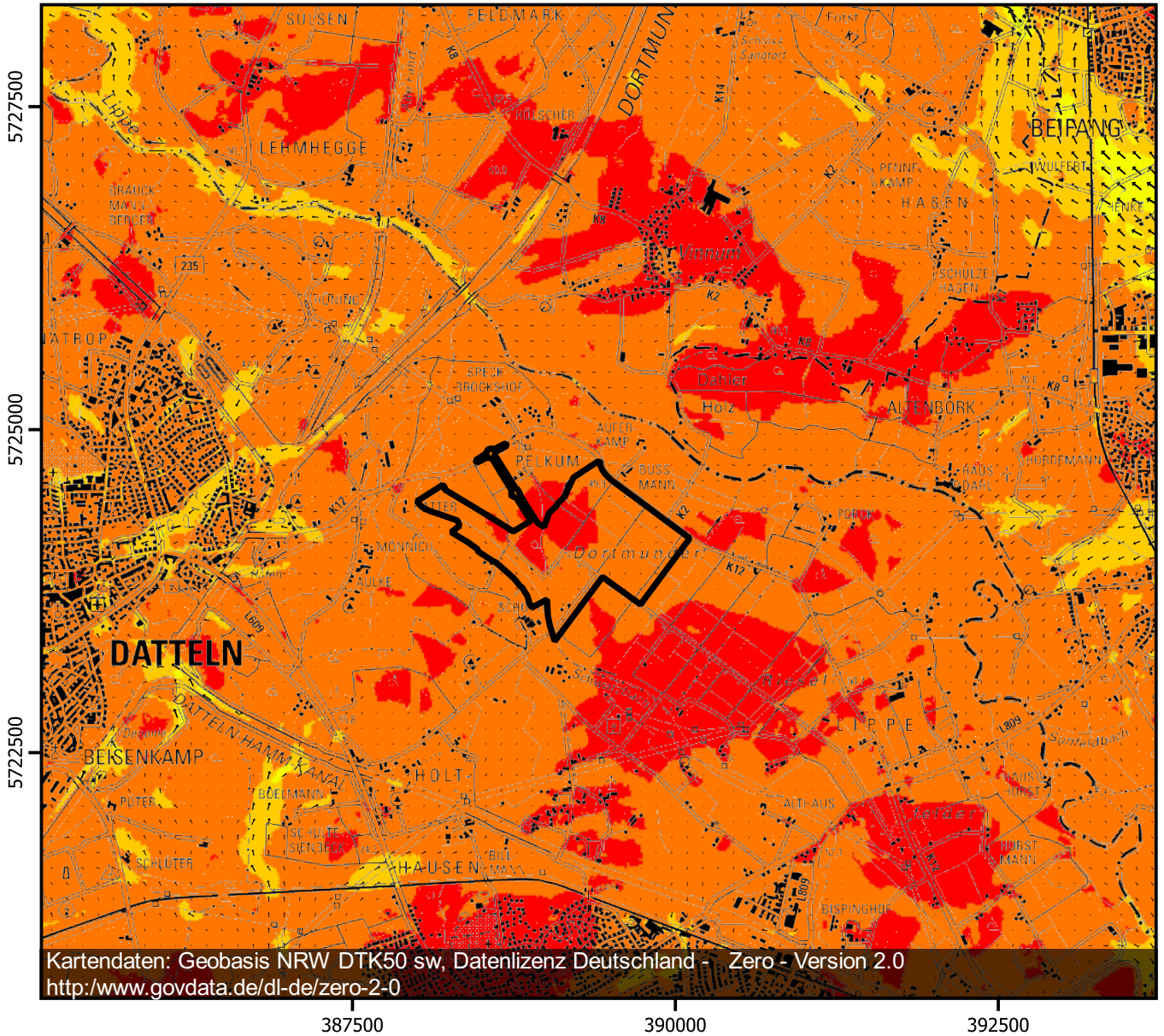
Kaltluftvolumenstrom ( $m^3/m \cdot s$ )

	0,0-1,0		40,1 - 50,0
	1,1 - 5,1		50,1 - 75,0
	5,1 - 10,0		75,1 - 100,0
	10,1 - 20,0		100,1 - 110,0
	20,1 - 30,0		$\geq 110,1$
	30,1 - 40,0		Plangebiet

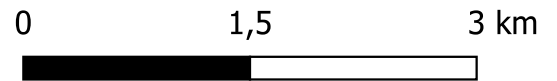
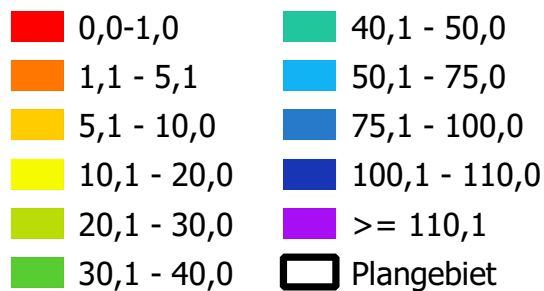




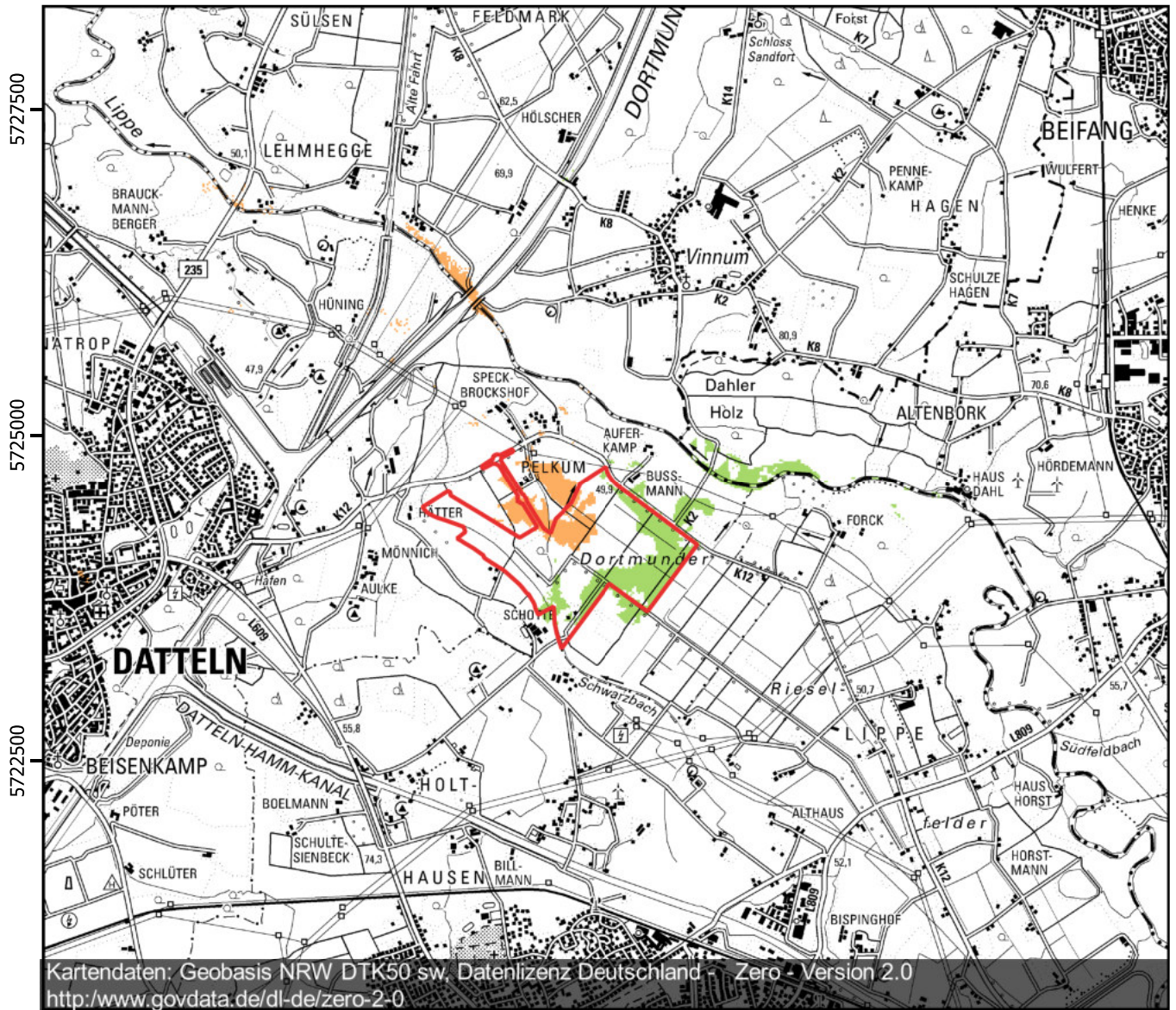
Anlage 15: Kaltluftvolumenstrom im Planfall - 2 Stunden nach  
Sonnenuntergang im Nestingebiet



Kaltluftvolumenstrom ( $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$ )

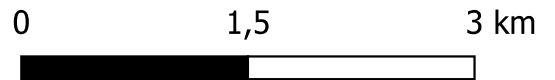


Anlage 16: Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Planfall, zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Nestingebiet



387500 390000 392500

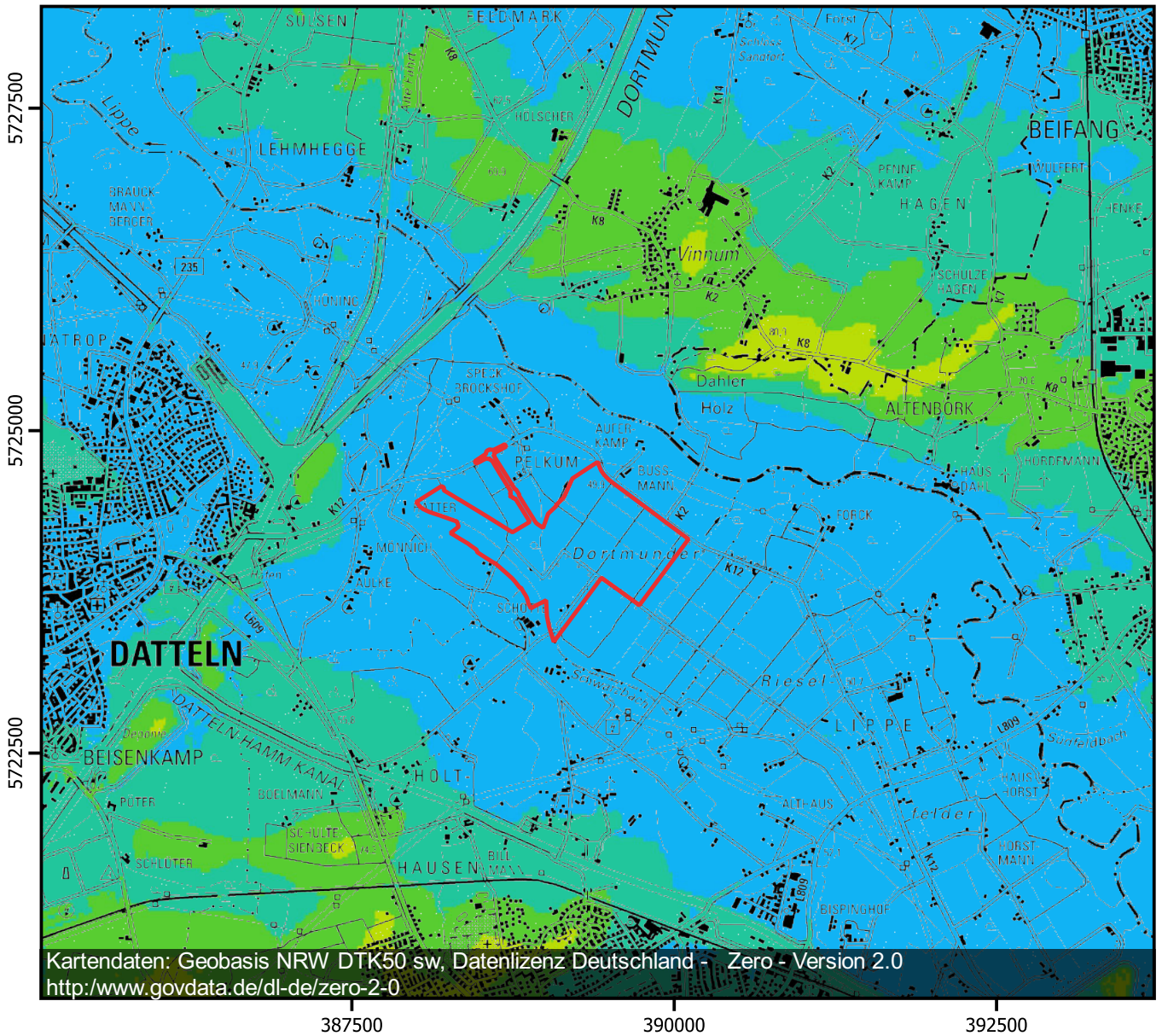
Veränderung Kaltluftvolumenstrom  
(Differenz in %)



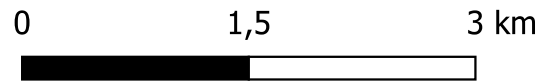
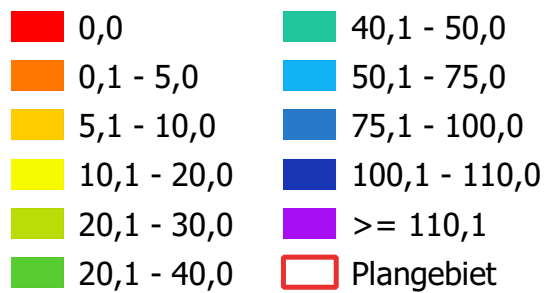
- <= -10
- 5 - 10
- 10 - -5
- > 10
- 5 - 5
- Plangebiet



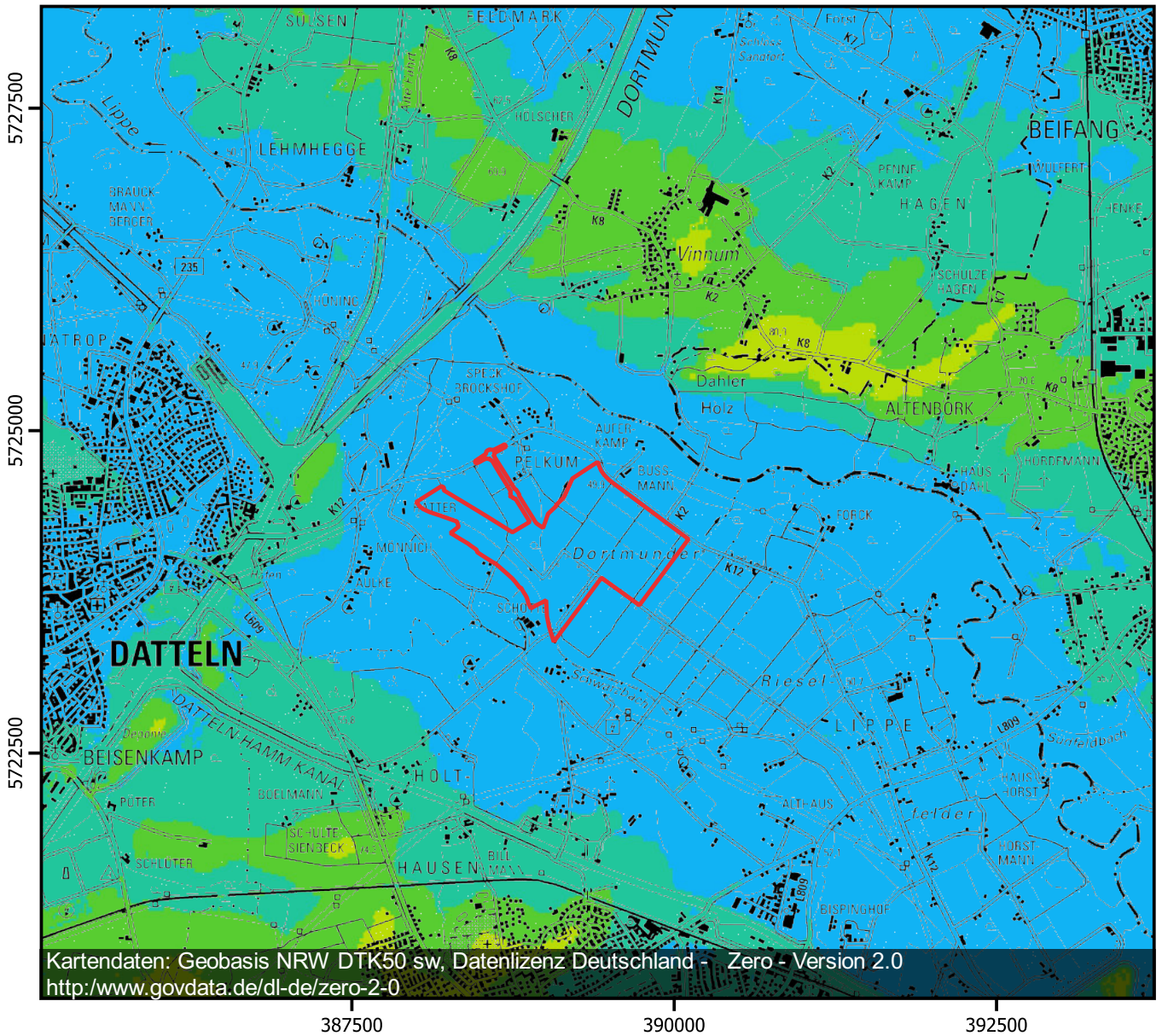
Anlage 17: Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Istfall - 6 Stunden nach Sonnenuntergang im Nestinggebiet



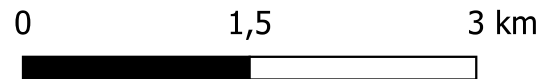
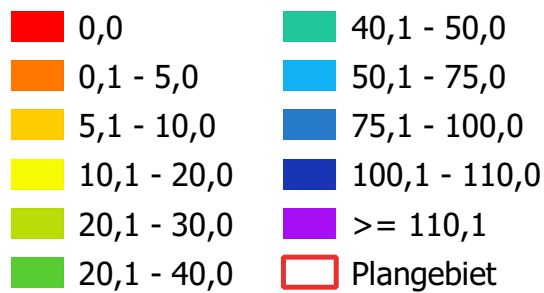
Höhe der Kaltluftschicht (m)



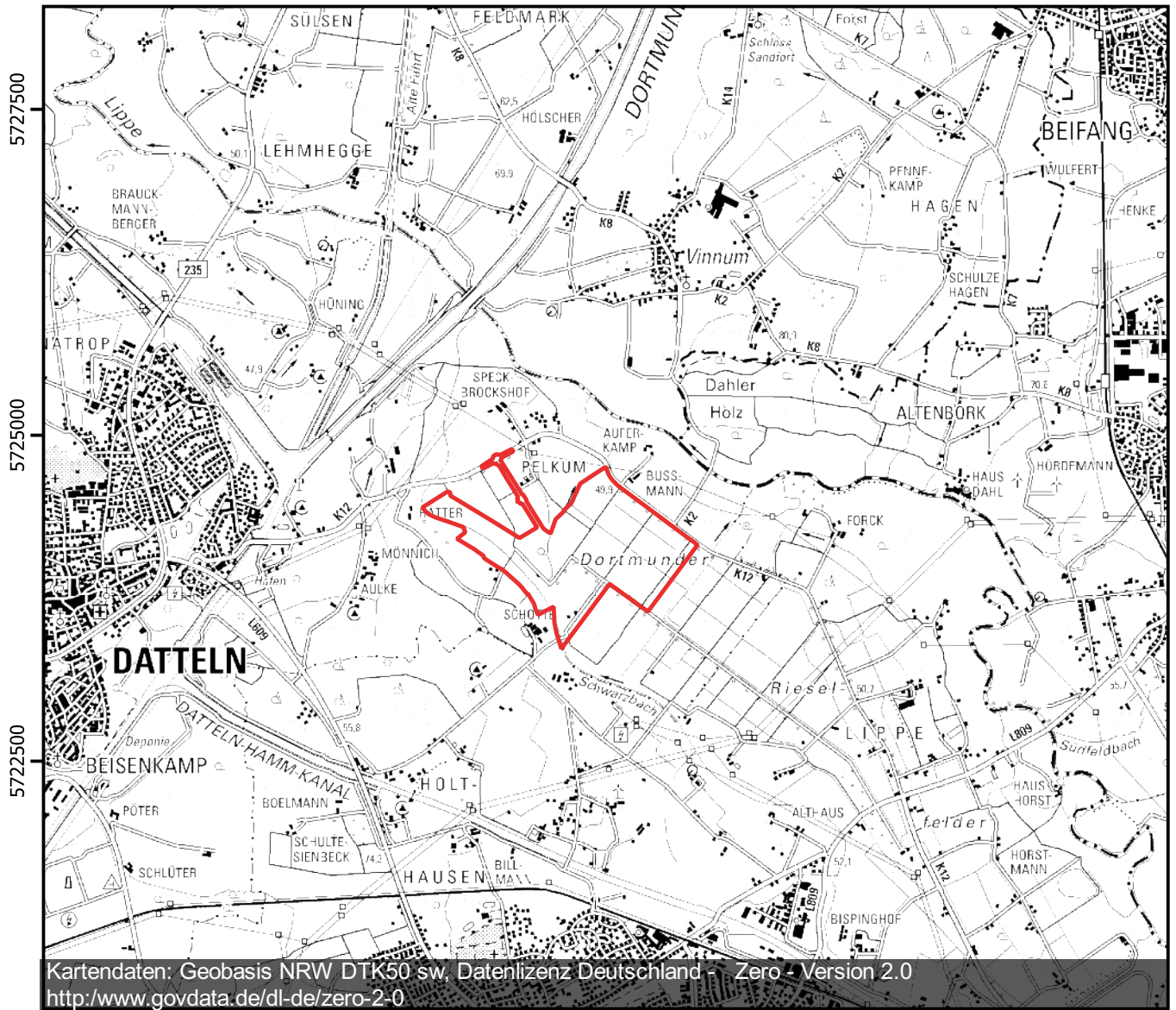
Anlage 18: Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Planfall -  
6 Stunden nach Sonnenuntergang im Nestinggebiet



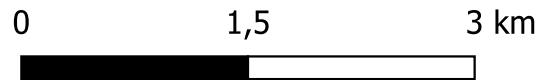
Höhe der Kaltluftschicht (m)



Anlage 19: Prozentuale Veränderung der Mächtigkeit der Kaltluftschicht zwischen Ist- und Planfall, sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Nestingebiet



387500 390000 392500

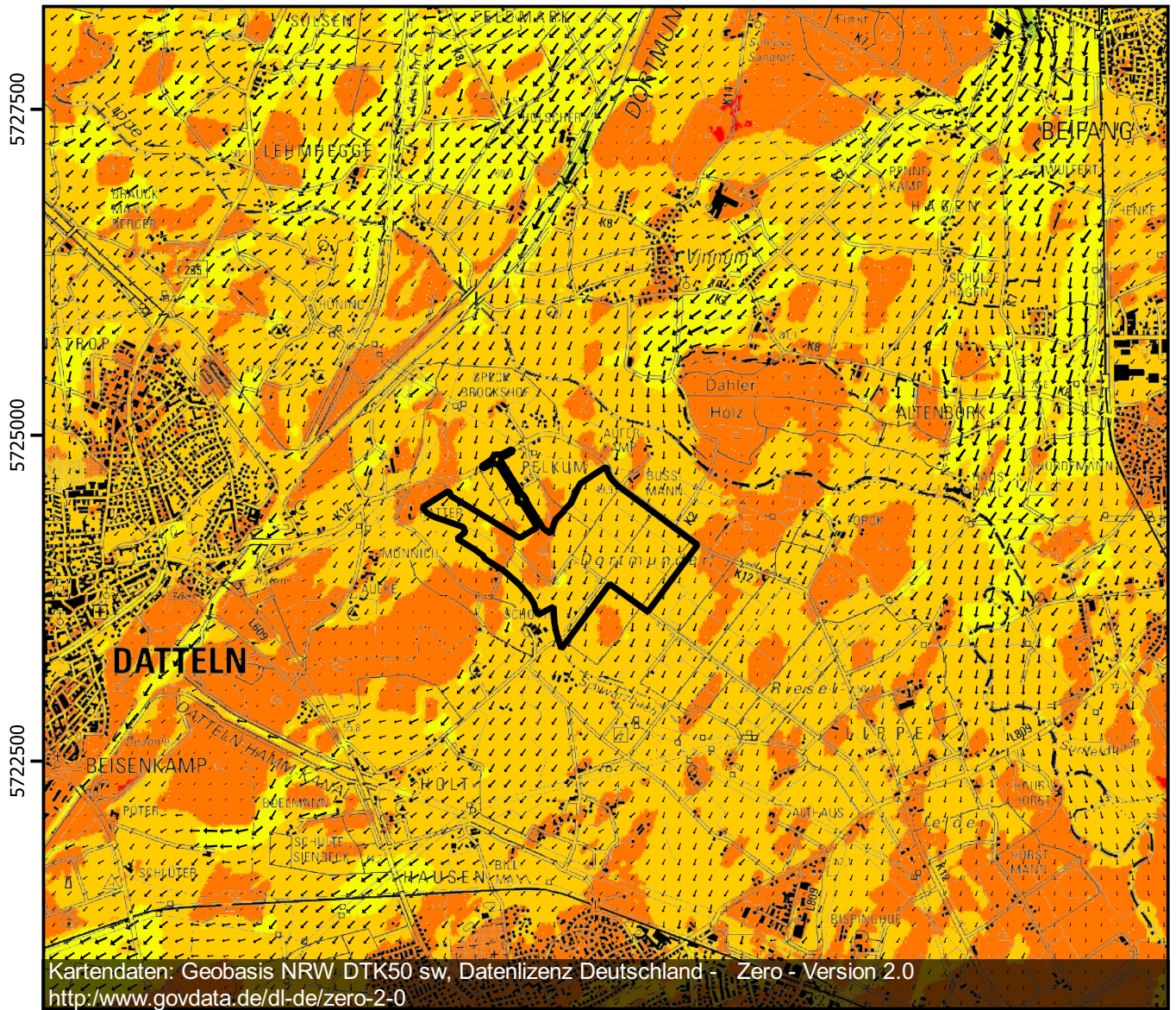


Veränderung Kaltfluthöhe  
(Differenz in %)

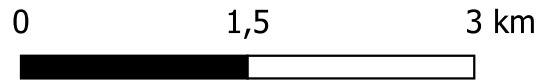
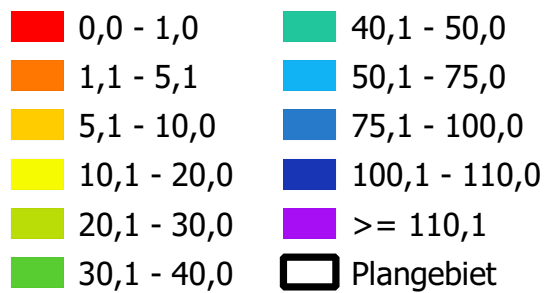
- |                                                                                              |                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <= -10   |  5 - 10     |
|  -10 - -5 |  > 10       |
|  -5 - 5   |  Plangebiet |



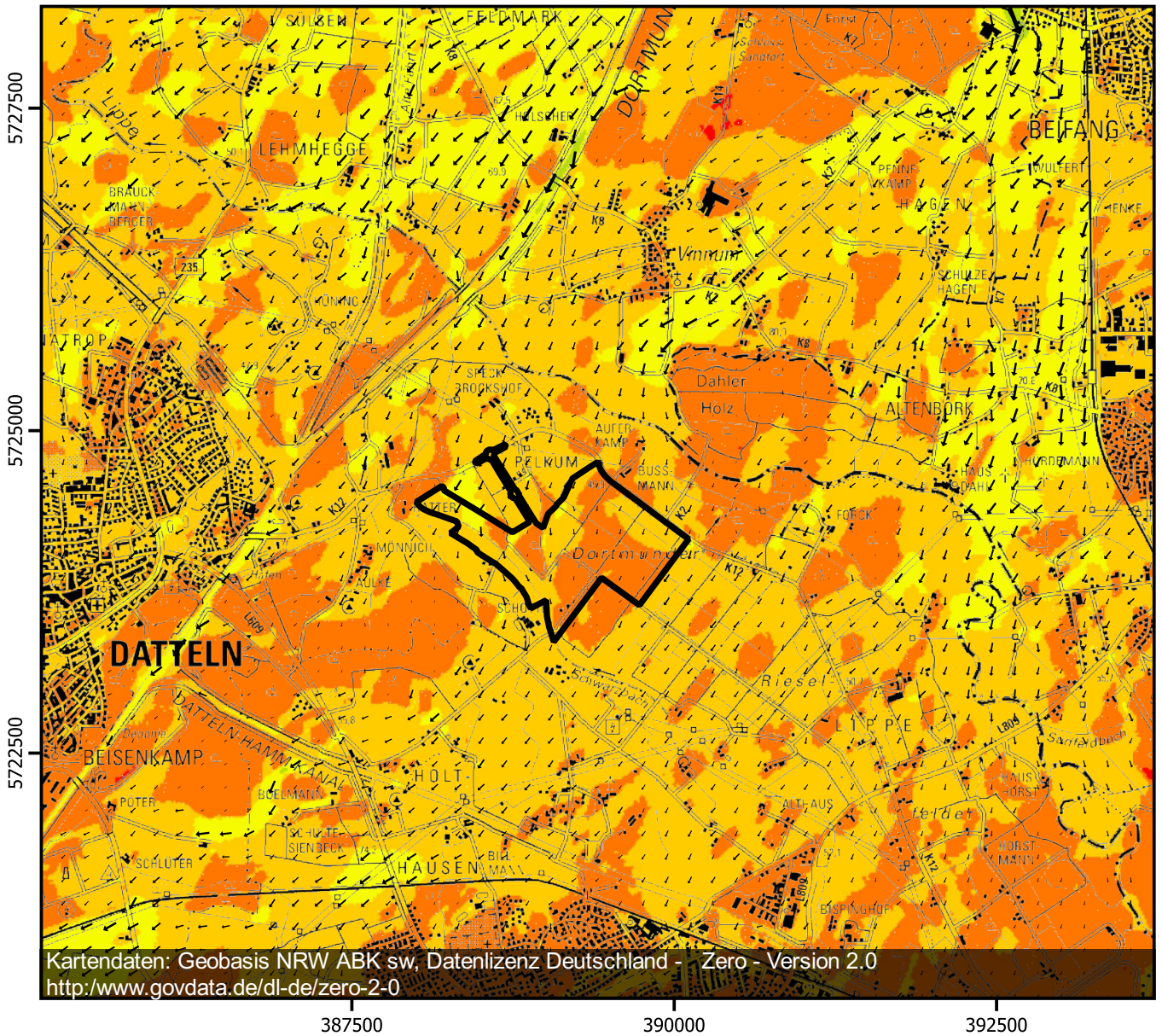
Anlage 20: Kaltluftvolumenstrom im Istfall - 6 Stunden nach  
Sonnenuntergang im Nestinggebiet



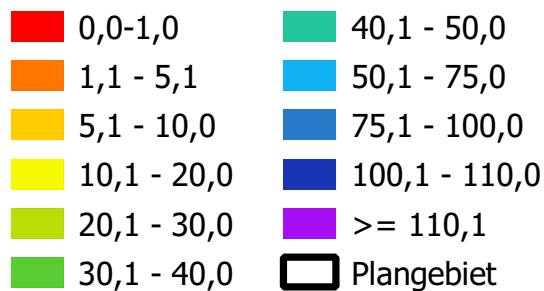
Kaltluftvolumenstrom ( $m^3/m \cdot s$ )



Anlage 21: Kaltluftvolumenstrom im Planfall - 6 Stunden nach  
Sonnenuntergang im Nestingebiet



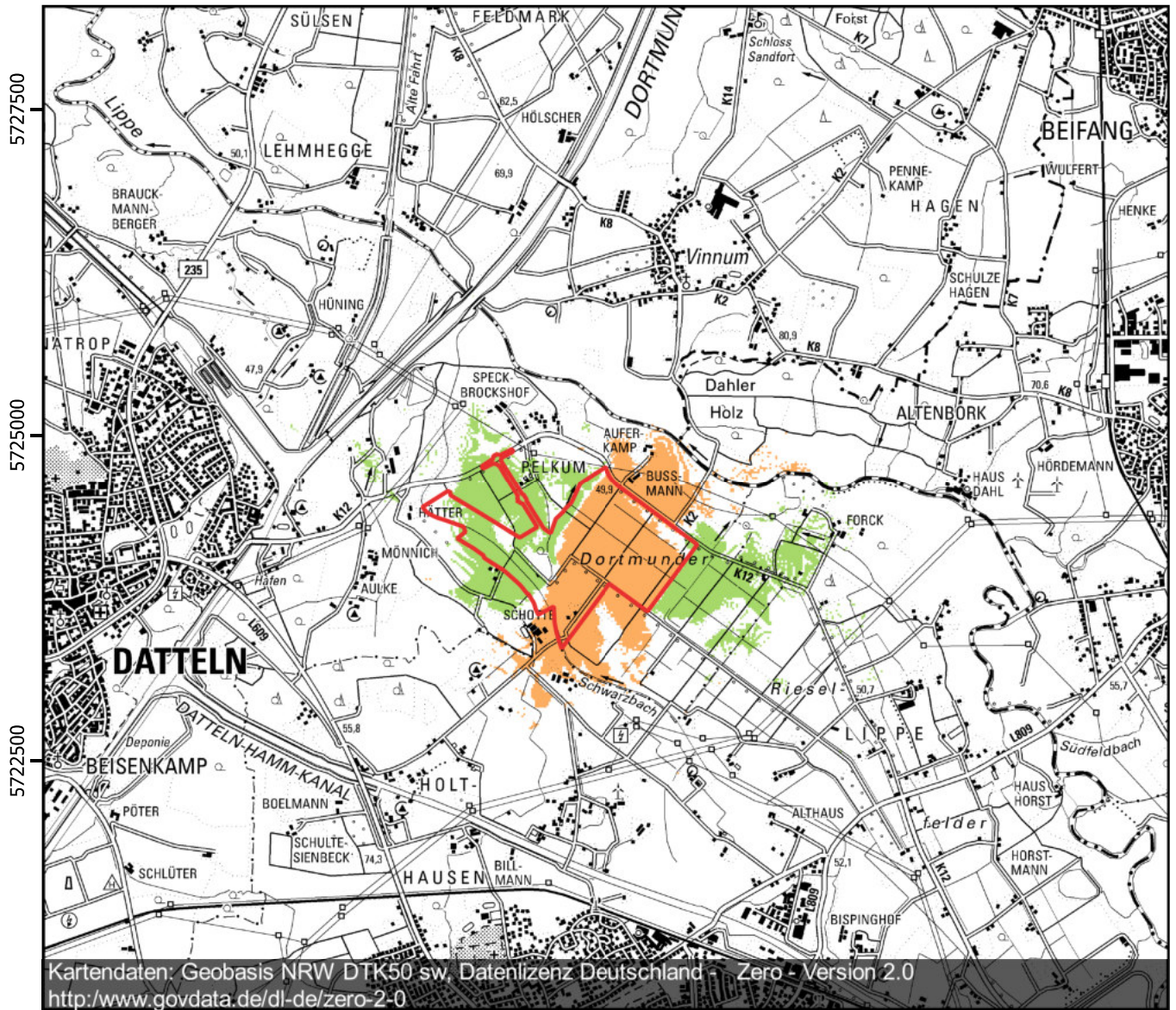
Kaltluftvolumenstrom ( $m^3/m \cdot s$ )



0 1,5 3 km

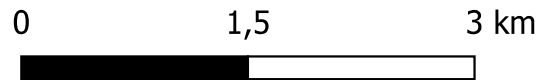


Anlage 22: Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwischen Ist- und Planfall, sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Nestingebiet



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

387500 390000 392500

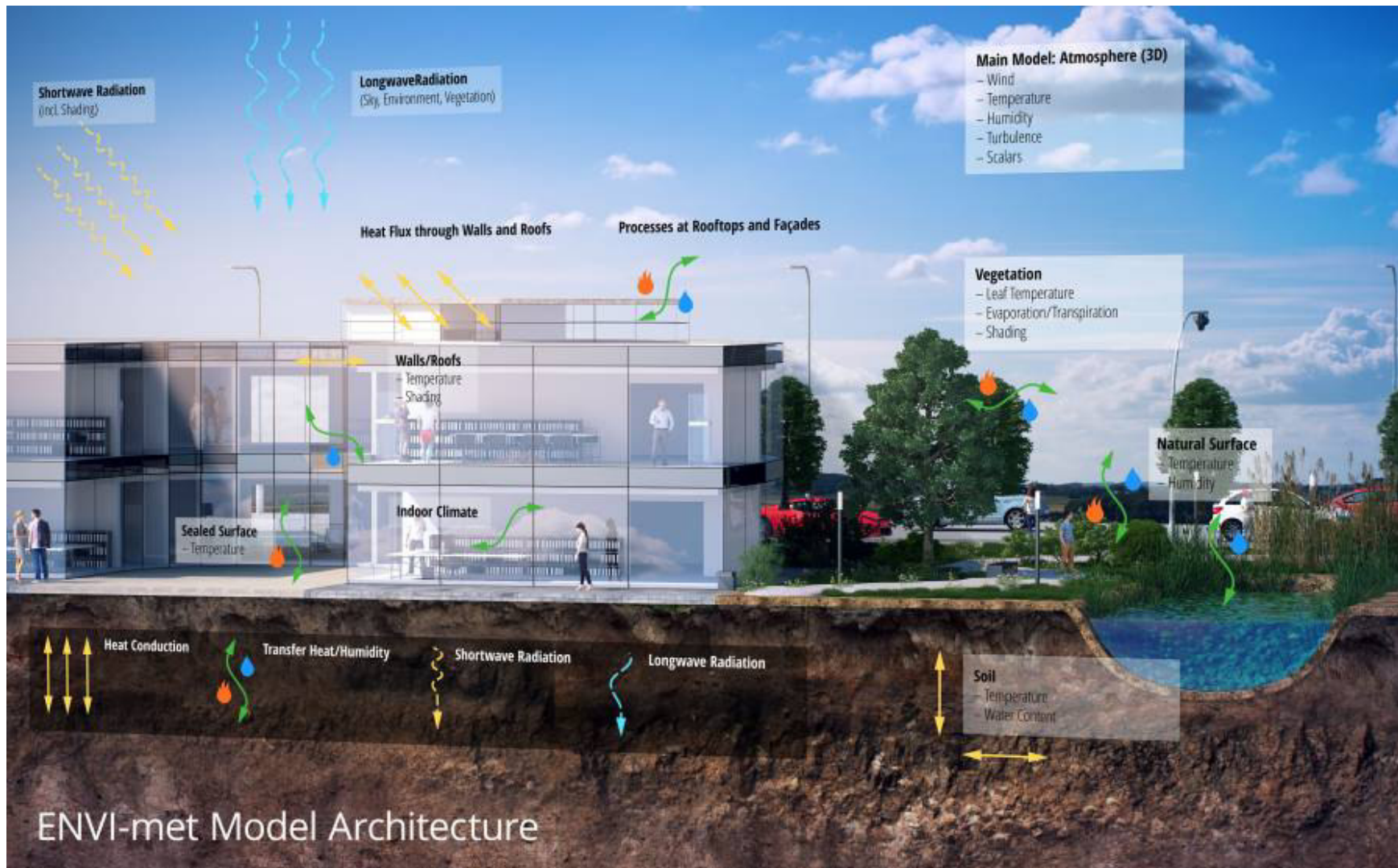


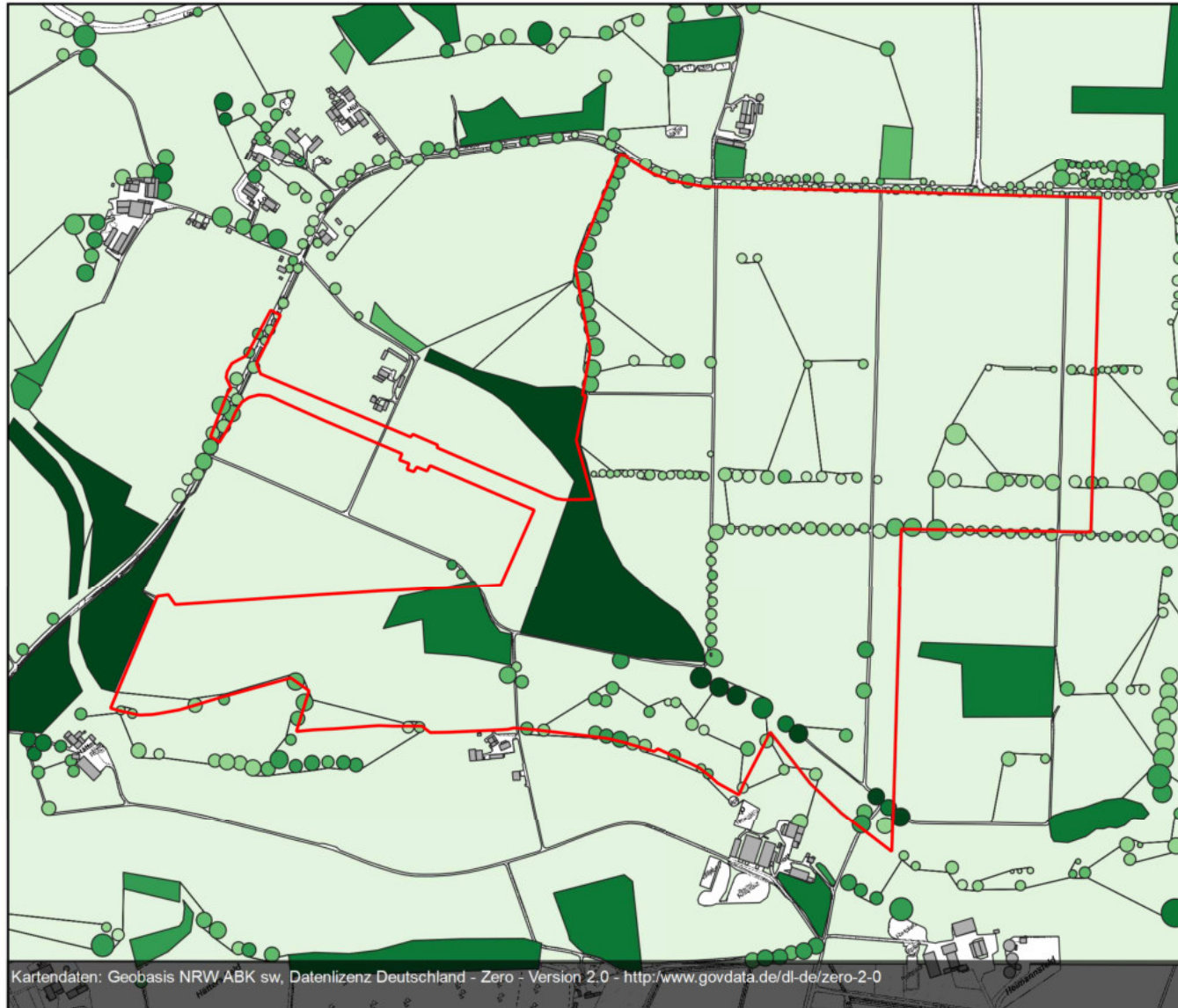
Veränderung Kaltluftvolumenstrom  
 (Differenz in %)

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







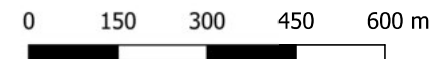


### Legende

Vegetationshöhe

- Gras (10 cm)
- 1 m (landwirtschaftlicher Bewuchs)
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 20 m
- 25 m
- 30 m

- Bestandsgebäude
- Plangebiet



Kartendaten: Geobasis NRW ABK sw, Datenlizenz Deutschland – Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>

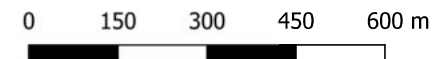


### Legende

#### Vegetationshöhe

- Gras (10 cm)
- 1 m (landwirtschaftlicher Bewuchs)
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 20 m
- 25 m
- 30 m

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



Kartendaten: Geobasis NRW ABK sw, Datenlizenz Deutschland – Zero - Version 2.0 – <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>



### Legende

#### Oberflächen

- tonig-lehmiger Boden
- sandig-lehmiger Boden
- lehmig-sandiger Boden
- sandiger Boden
- Beton
- Asphalt
- Wasser
- wassergebundene Wegedecke

- Gebäude
- Plangebiet

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



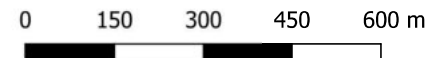
### Legende

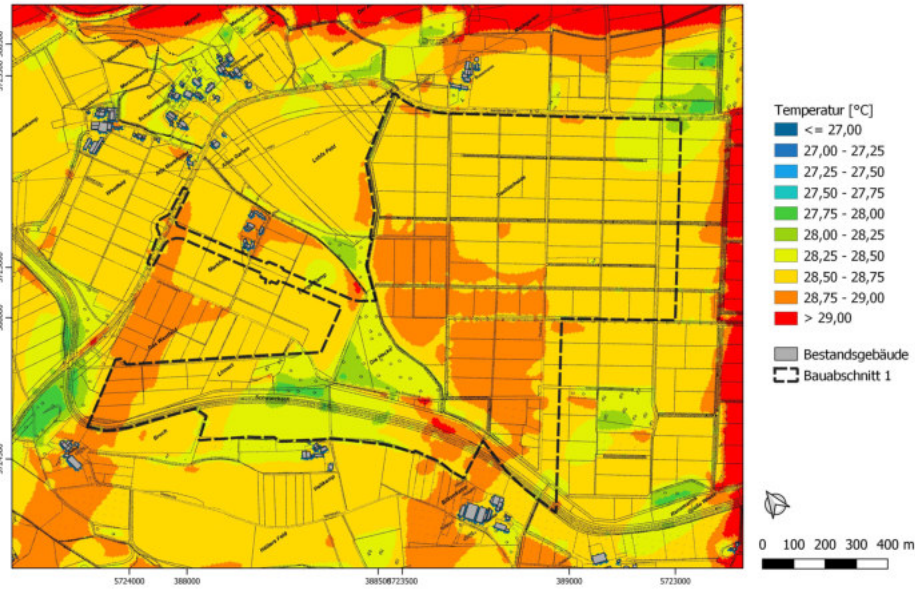
#### Oberflächen

- tonig-lehmiger Boden
- sandig-lehmiger Boden
- lehmig-sandiger Boden
- sandiger Boden
- Beton
- Asphalt
- Wasser
- wassergebundene Wegedecke

- Gebäude
- Plangebiet

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

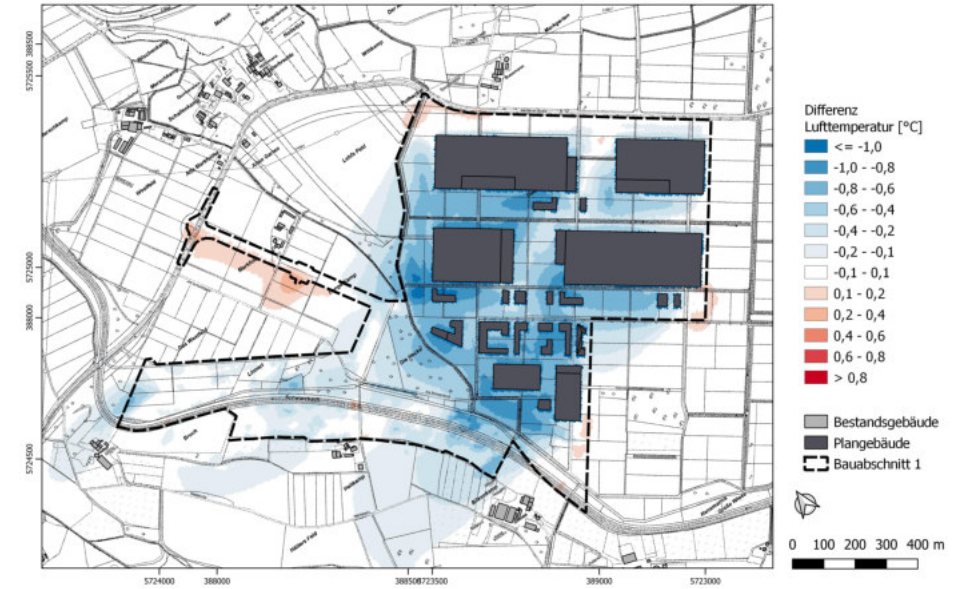




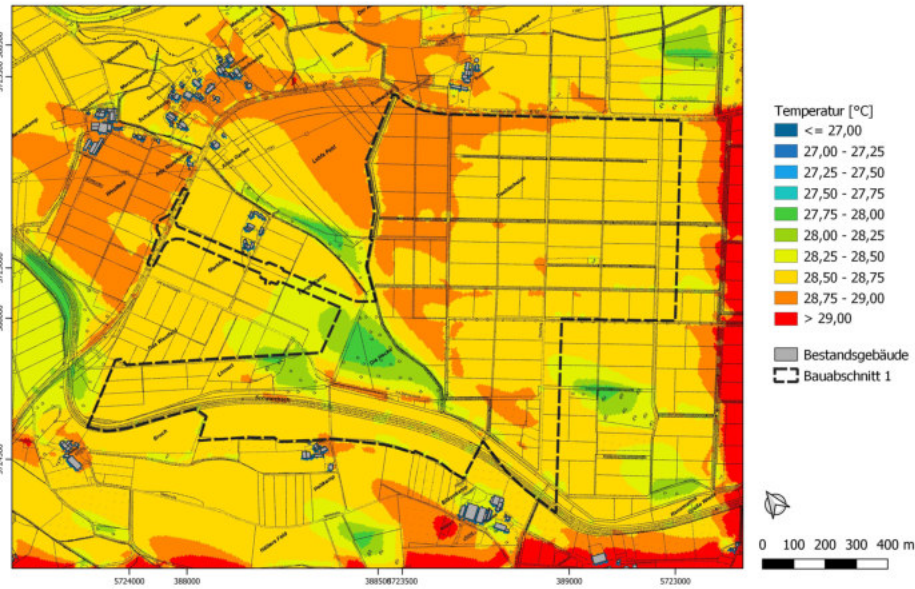
Istfall (80°)



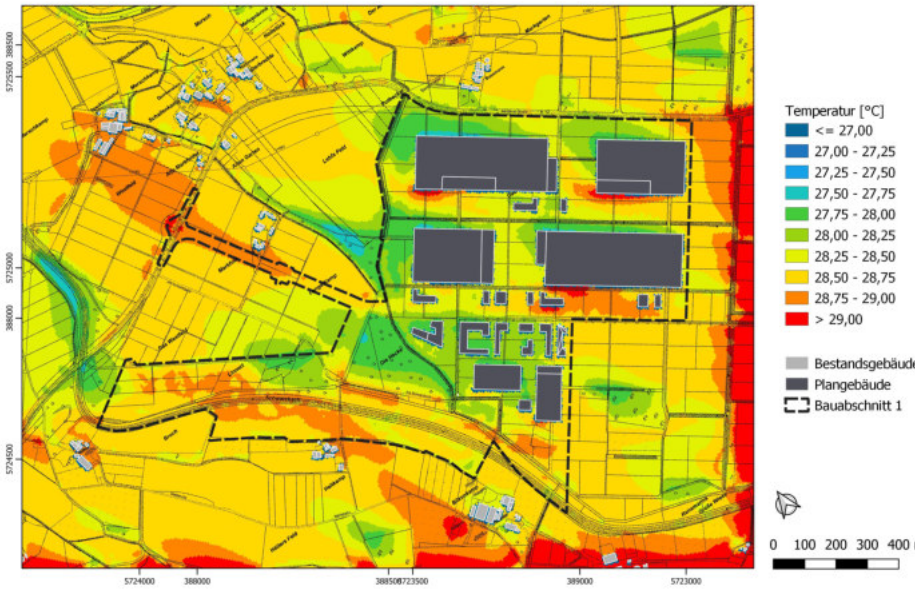
Planfall (80°)



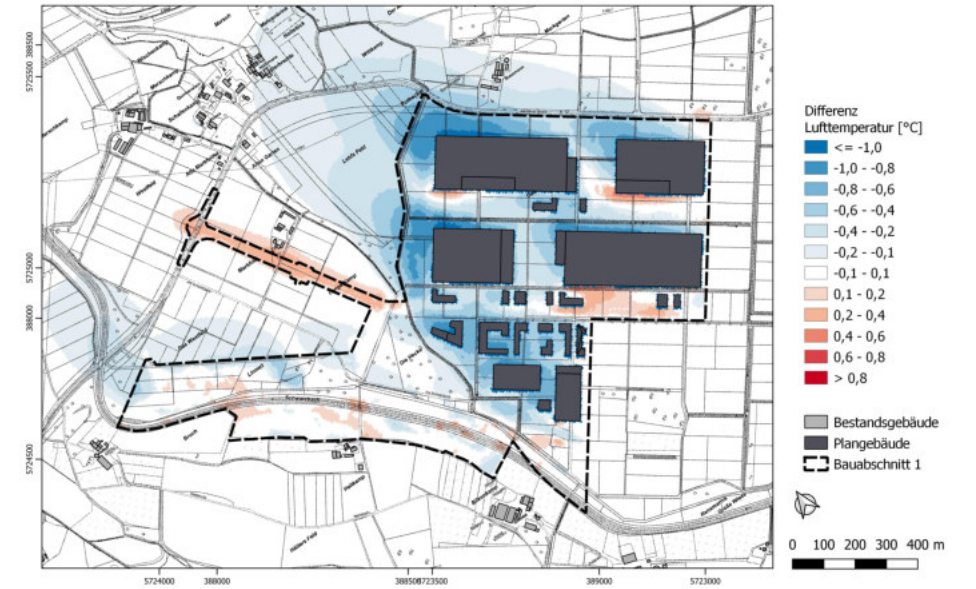
Differenz: Planfall minus Istfall (80°)



Istfall (160°)



Planfall (160°)



Differenz: Planfall minus Istfall (160°)



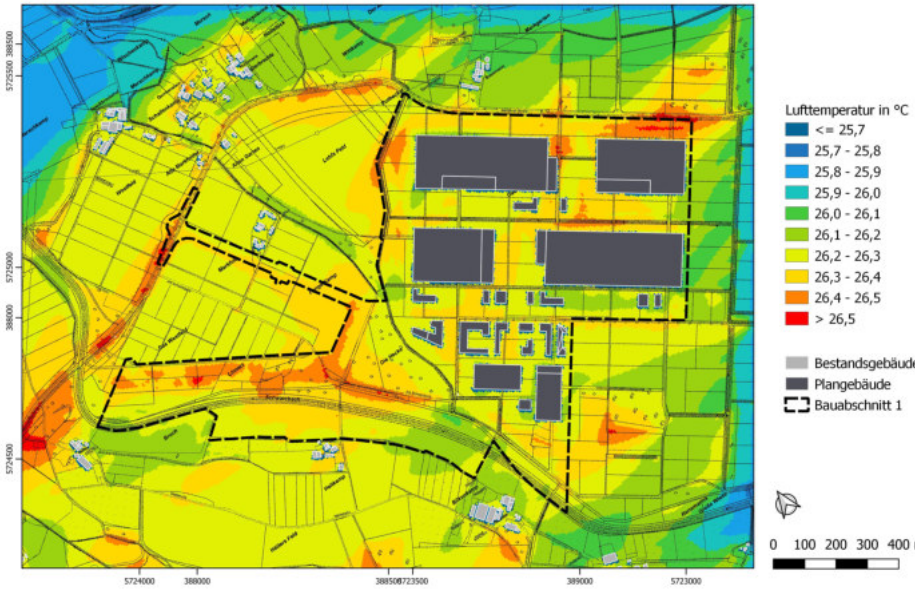
80° Anströmungsrichtung



160° Anströmungsrichtung



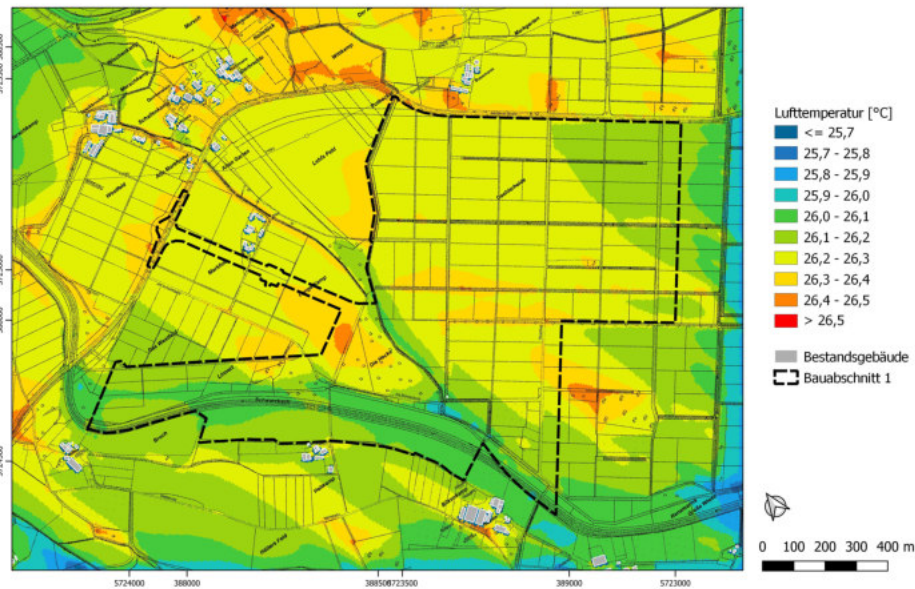
Istfall (80°)



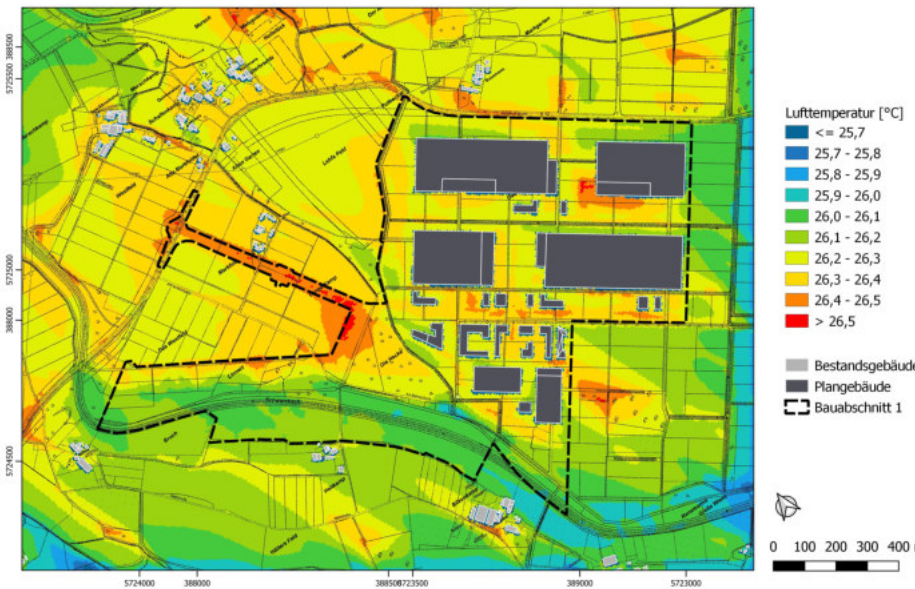
Planfall (80°)



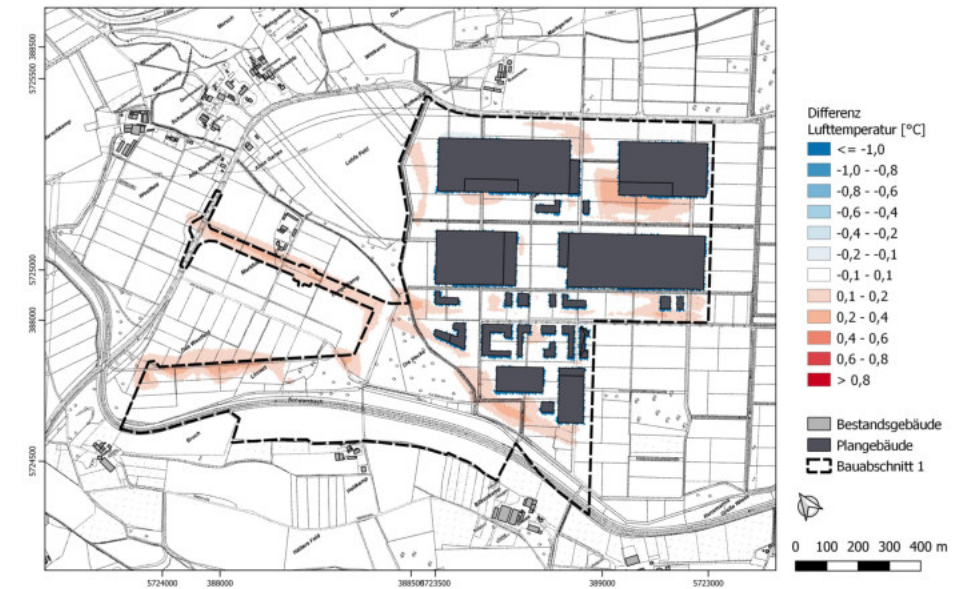
Differenz: Planfall minus Istfall (80°)



Istfall (160°)



Planfall (160°)



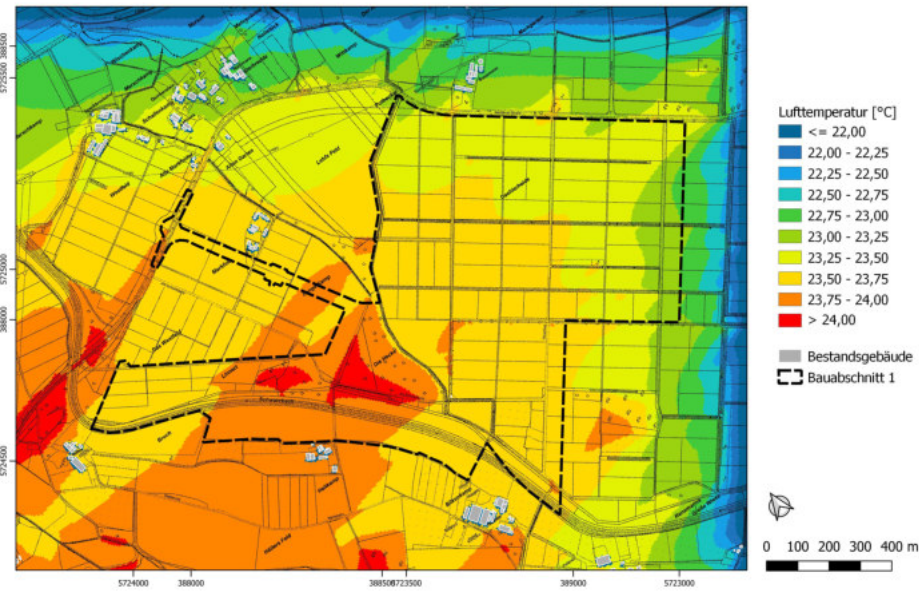
Differenz: Planfall minus Istfall (160°)



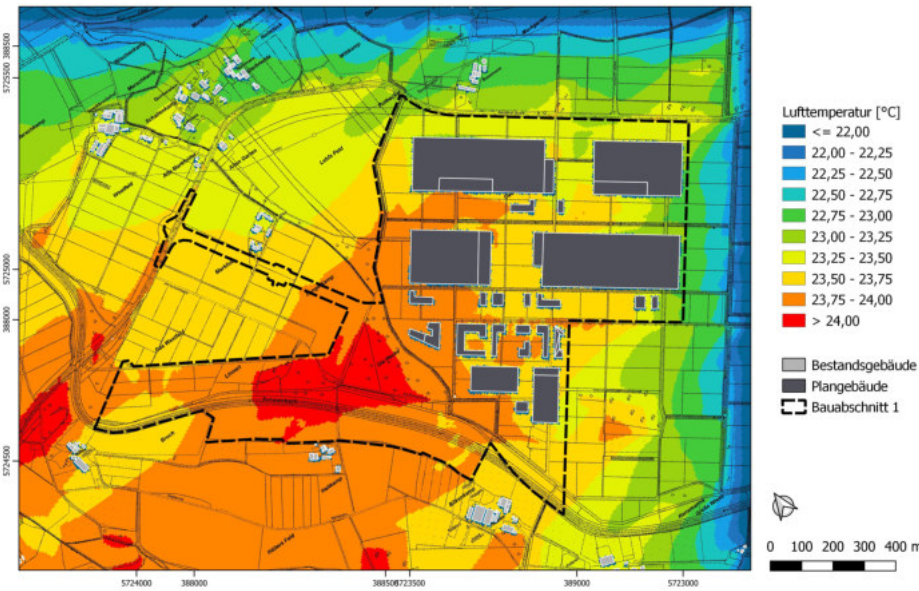
80° Anströmungsrichtung



160° Anströmungsrichtung



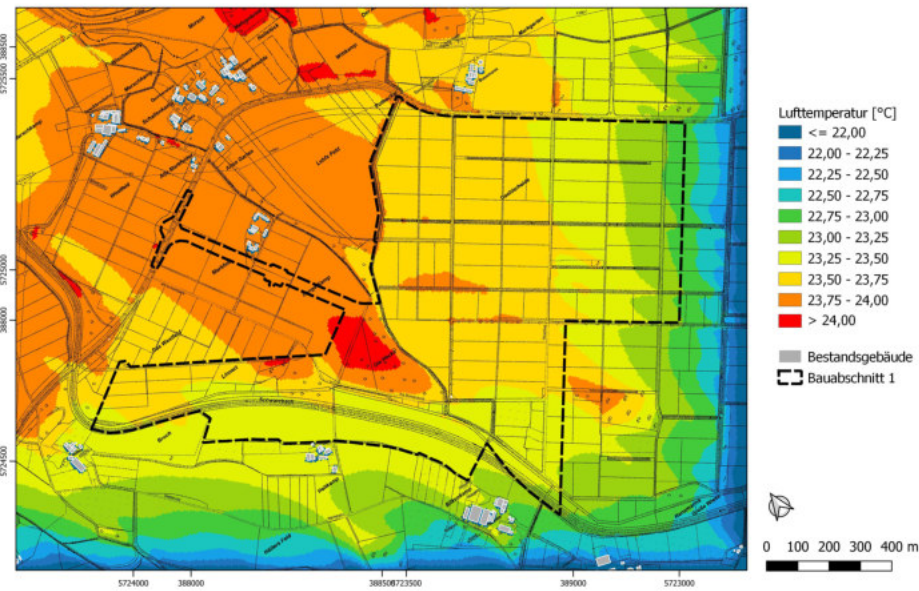
Istfall (80°)



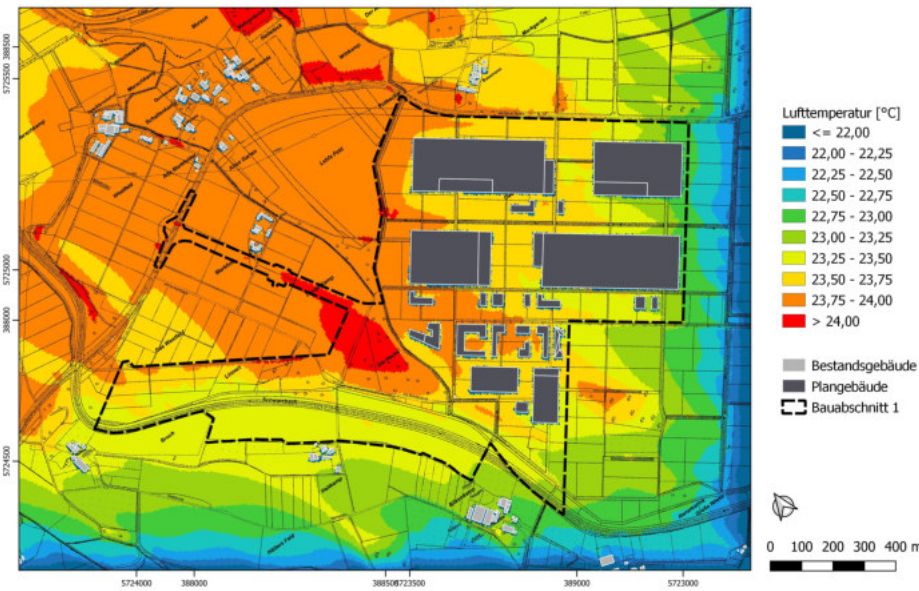
Planfall (80°)



Differenz: Planfall minus Istfall (80°)



Istfall (160°)



Planfall (160°)



Differenz: Planfall minus Istfall (160°)

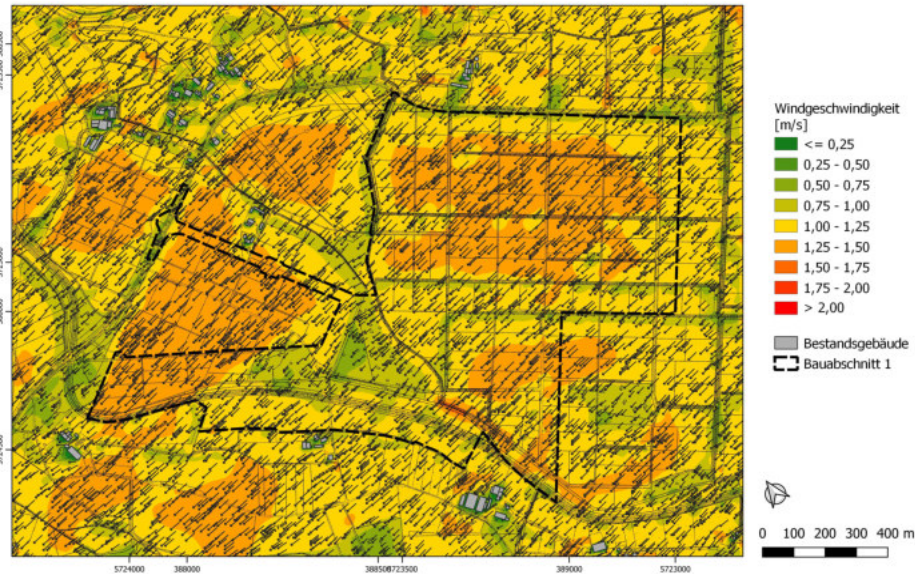


80° Anströmungsrichtung

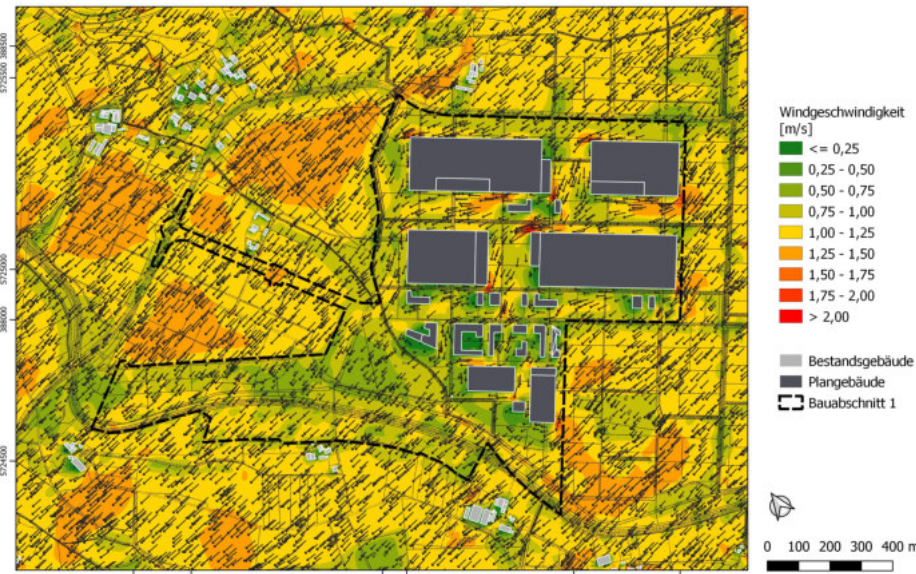


160° Anströmungsrichtung

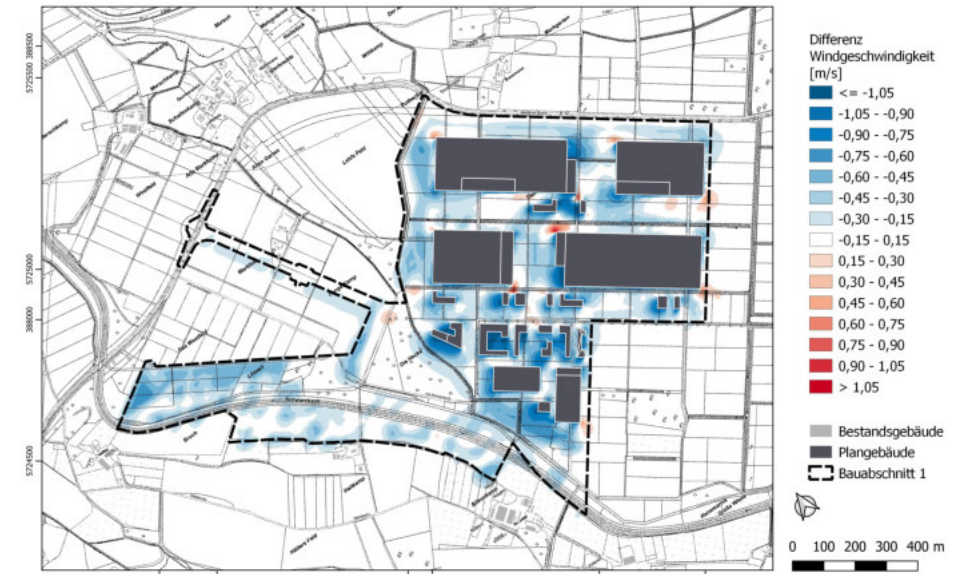




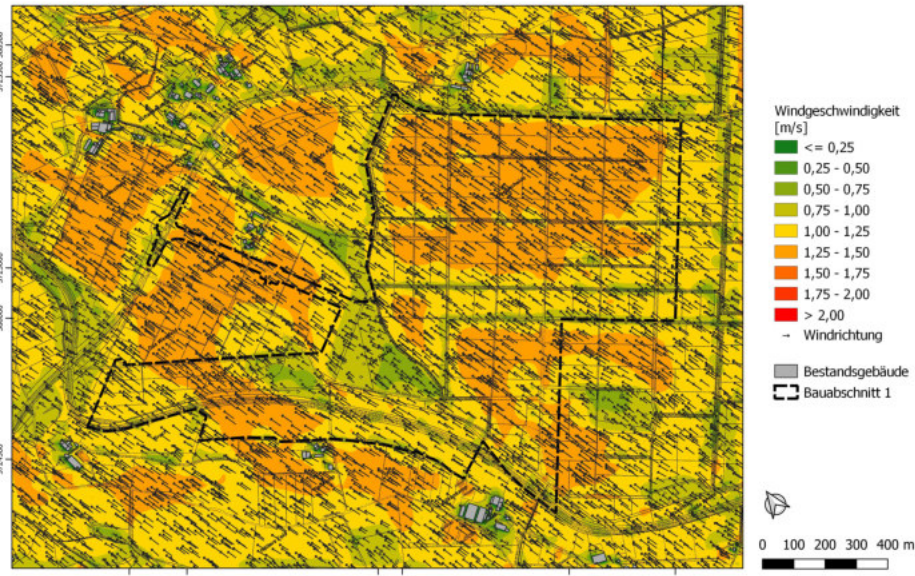
Istfall (80°)



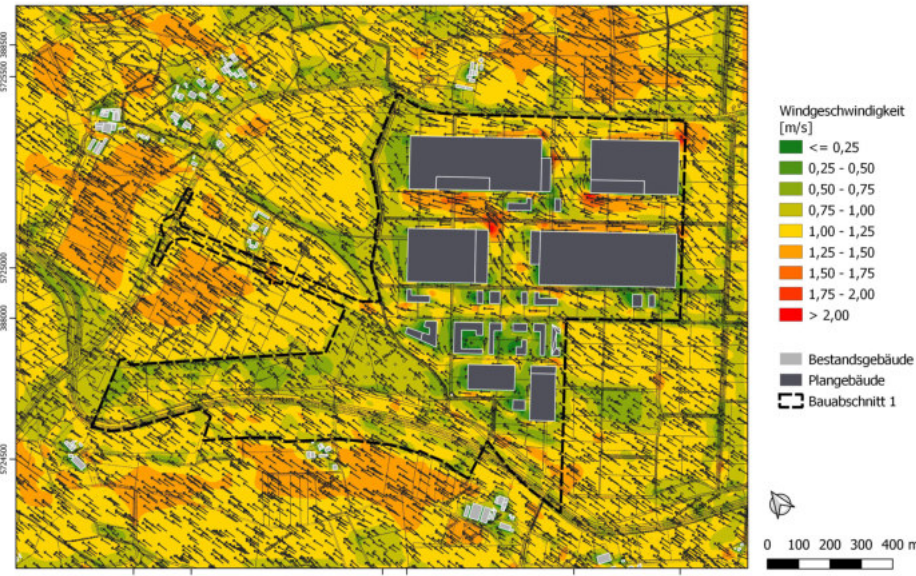
Planfall (80°)



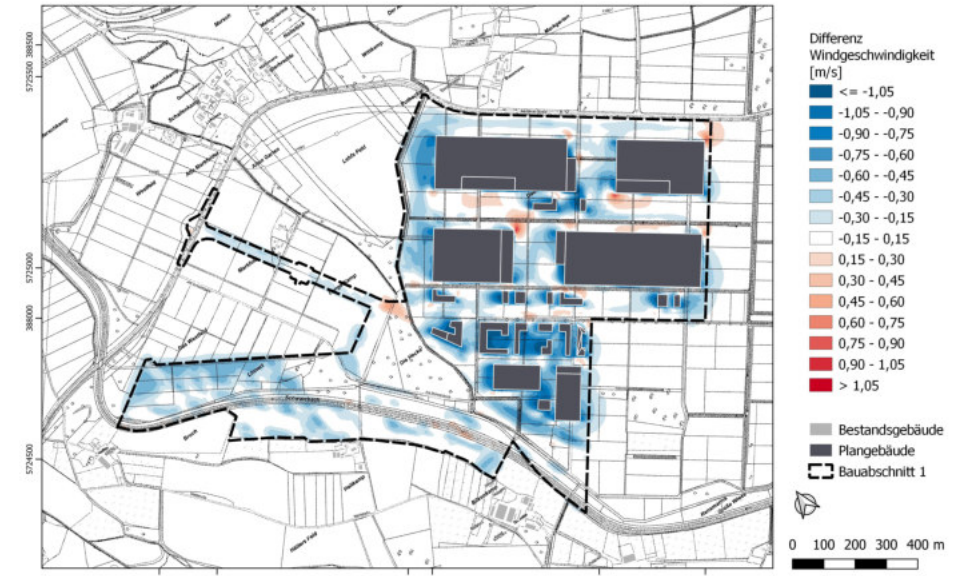
Differenz: Planfall minus Istfall (80°)



Istfall (160°)



Planfall (160°)



Differenz: Planfall minus Istfall (160°)



80° Anströmungsrichtung



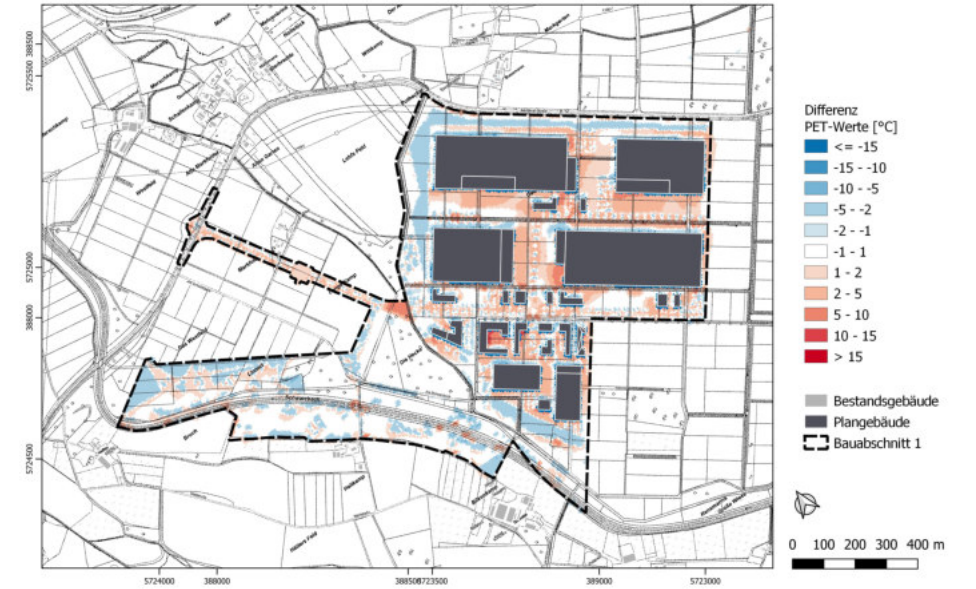
160° Anströmungsrichtung



Istfall (80°)



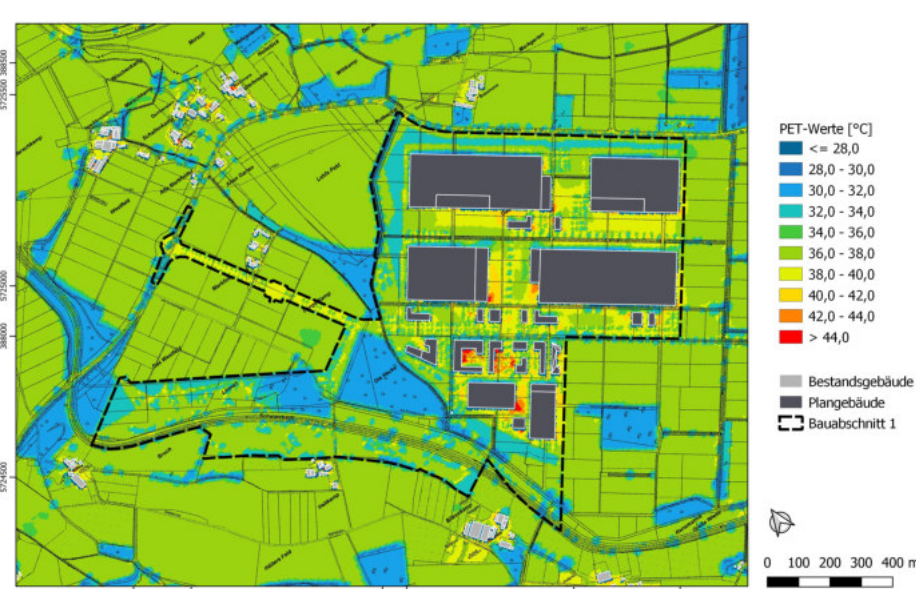
Planfall (80°)



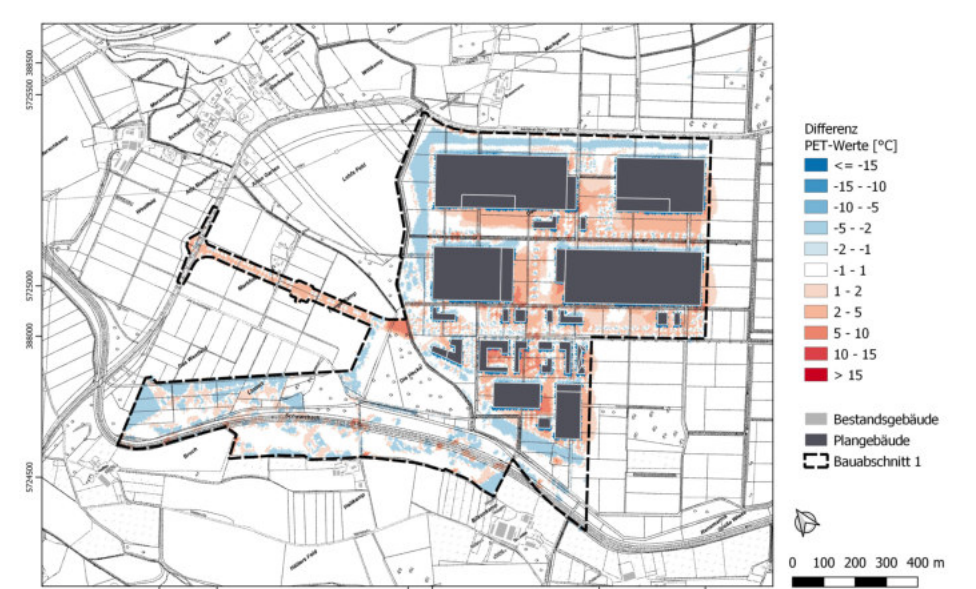
Differenz: Planfall minus Istfall (80°)



Istfall (160°)



Planfall (160°)



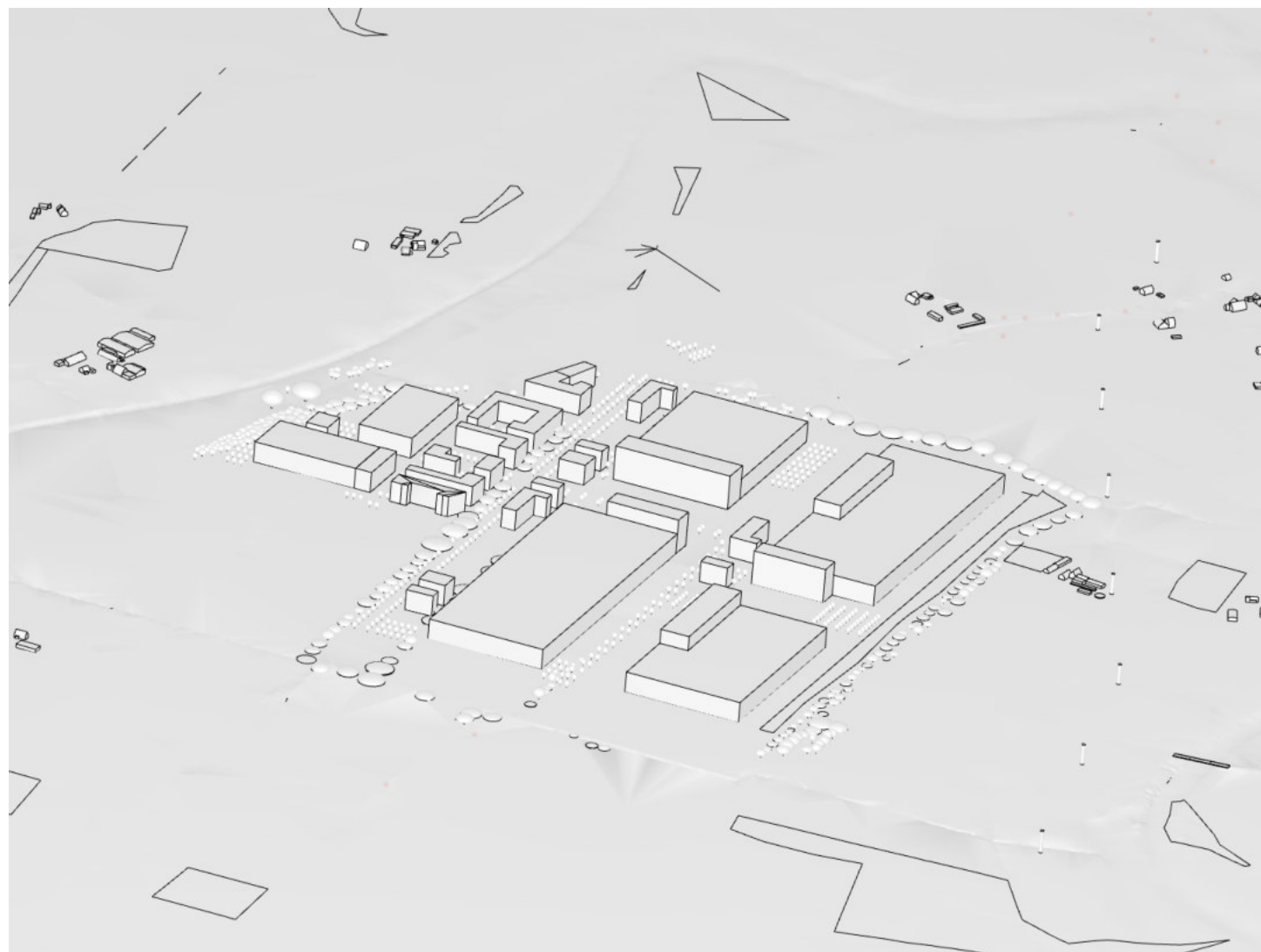
Differenz: Planfall minus Istfall (160°)

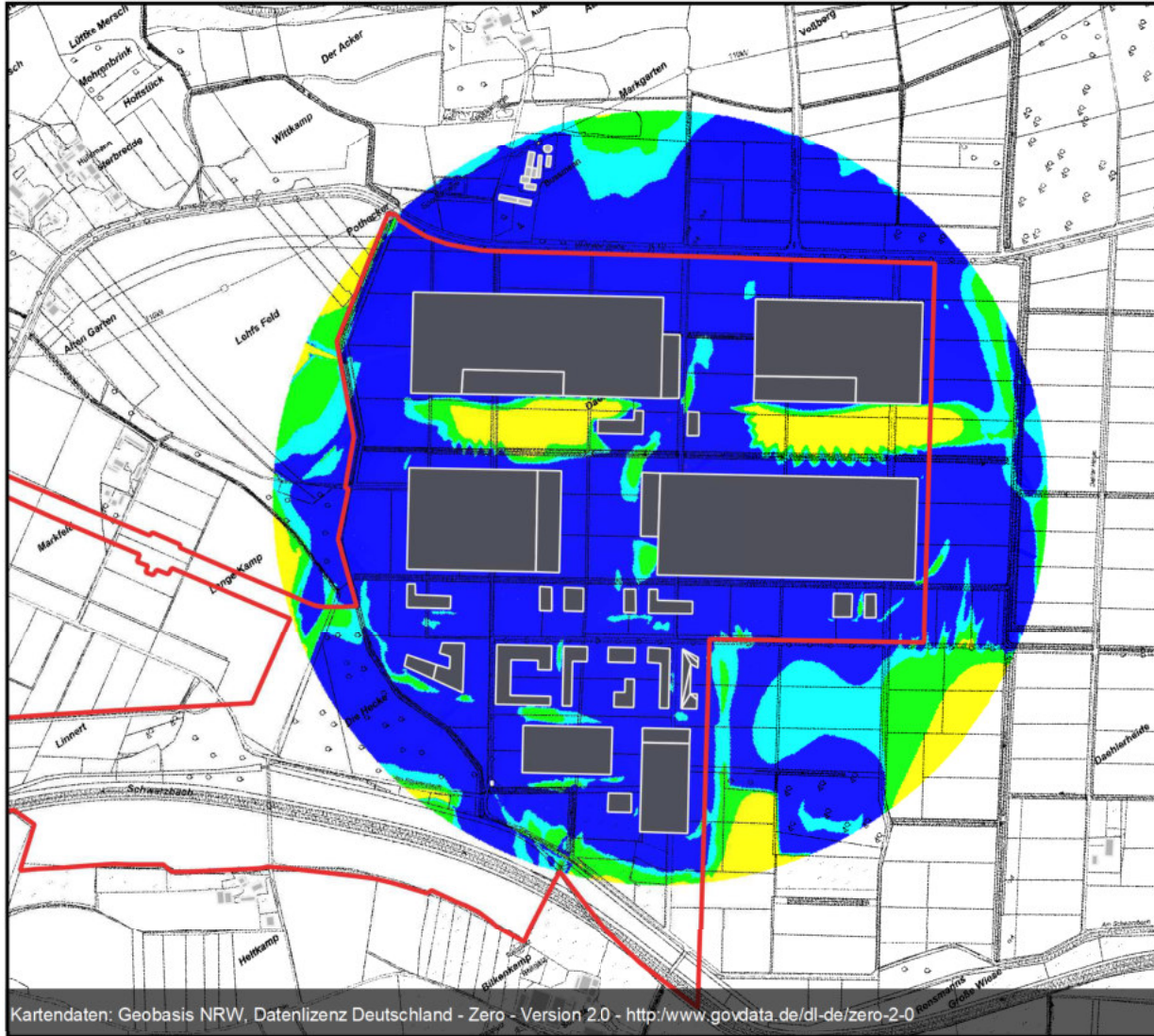


80° Anströmungsrichtung



160° Anströmungsrichtung





### Legende

#### Qualitätsstufen

- A
- B
- C
- D
- E

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet





### Legende

#### Windgefahr

- Kein Risiko
- Beschränktes Risiko
- Windgefahr

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



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