

Stadtklimatologische Untersuchung für den Bebauungsplan T395 „Kaiserswerther Straße/ Am roten Kreuz“ in Ratingen

Bericht C 5342-1 vom 22.02.2023

Auftraggeber: PE baucon fünf GmbH & Co.KG
Karl-Kaulen-Straße 35a
50859 Köln
c/o baucon
Theodor-Heuss-Ring 32

Bericht-Nr.: C 5342-1

Datum: 22.02.2023

Ansprechpartner/in: Herr Siebers/ Frau Zühlke

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 91 Seiten,
davon 48 Seiten Text und 43 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.....	6
3	Örtliche Gegebenheiten.....	9
4	Grundlagen.....	10
4.1	Kaltluft.....	10
4.1.1	Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen.....	10
4.1.2	Bewertung von Kaltluftabflüssen.....	11
4.2	Stadtklima.....	11
4.2.1	Lufttemperatur.....	11
4.2.2	Windfeld.....	12
4.2.3	Bioklimatischer Komfort.....	13
5	Klimatische Situation in Ratingen.....	15
5.1	Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens.....	15
5.2	Auswirkungen des Klimawandels.....	16
5.3	Windrichtungsverteilung.....	20
6	Themenkomplex Kaltluft.....	21
6.1	Berechnungsmodell.....	21
6.1.1	Modellbeschreibung.....	21
6.1.2	Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes.....	22
6.2	Eingangsdaten.....	22
6.2.1	Digitales Geländemodell.....	22
6.2.2	Landnutzung.....	23
6.3	Ergebnisse der Kaltluftberechnung.....	25
6.3.1	Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang.....	25
6.3.2	Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang.....	26
7	Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung.....	28
7.1	Berechnungsmodell.....	28
7.1.1	Modellbeschreibung.....	28
7.1.2	Aufbau der Rechengitter.....	28
7.2	Eingangsdaten.....	29
7.2.1	Gebäude.....	29
7.2.2	Vegetation.....	30

7.2.3	Oberflächen.....	30
7.2.4	Initialisierungsparameter.....	32
7.3	Ergebnisse der mikroklimatischen Simulation.....	35
7.3.1	Durchlüftung.....	35
7.3.2	Lufttemperatur.....	36
7.3.2.1	14 Uhr.....	36
7.3.2.2	4 Uhr.....	37
7.3.3	Bioklima (PET).....	38
8	Planungsempfehlungen.....	40
9	Zusammenfassung.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [20]..... 11
Tabelle 4.2: Bewertung des bioklimatischen Komforts mit PET 13
Tabelle 6.1: Verwendete Landnutzungsklassen im Rechenmodell KLAM_2123
Tabelle 7.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen.....33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Plangebiet
in Ratingen..... 18
Abbildung 7.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-
Forcing..... 32

1 Situation und Aufgabenstellung

Im Ratinger Stadtteil Tiefenbroich ist auf dem 1,62 ha großen Bebauungsplangebiet T 395 „Kaiserswerther Straße / Am Roten Kreuz“ die bauliche Entwicklung des derzeit brachliegenden Grundstücks vorgesehen. Geplant ist die Errichtung von zwei Gebäudekomplexen als Bürobauten.

Im Rahmen der Offenlage ist zur Ermittlung der planbedingten, stadtklimatischen Auswirkungen eine mikroklimatische Klimauntersuchung und eine Kaltluftuntersuchung durchzuführen.

Vor dem Hintergrund, dass eine veränderte Bebauung des Plangebietes das lokale Kaltluftgeschehen beeinflussen kann, soll geprüft werden, wie sich die Neuentwicklung des Grundstücks auf das Kaltluftgeschehen auswirkt. Zu diesem Zweck werden Kaltluftberechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM_21 in der aktuellen Version 2.012 ([5][6]) unter Berücksichtigung des Reliefs, der Landnutzung sowie der Bebauungssituation auf dem Plangebiet durchgeführt. Die Beurteilung der Veränderungen erfolgt anhand des Vergleichs der im Modell berechneten Kaltluftkenngößen.

Zusätzlich soll beurteilt werden, wie sich das Planvorhaben auf das lokale Mikroklima auswirkt. Die Veränderungen der thermischen Belastungssituation und der Durchlüftungsverhältnisse werden anhand von Simulationsrechnungen mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.1.1 (Winter Release 2022/23) für eine Hauptwindrichtung an einem heißen Sommertag bestimmt. In die Berechnungen 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 Windverhältnisse in einer Höhe von 1,5 m über Grund ausgewertet und dargestellt.

Die zugrunde liegenden örtlichen Gegebenheiten der Istsituation sowie die Abgrenzung des Plangebietes sind in Anlage 1 dargestellt. Anlage 2 gibt einen Überblick über das entwickelte Plangebiet.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung			Kat.	Datum
[1]	Neubau eines Bürogebäudes in Ratingen Tiefenbroich – Lageplan	KRAFT.RAUM	P	30.01.2023
[2]	Neubau eines Bürogebäudes in Ratingen Tiefenbroich - Querschnitte	KRAFT.RAUM	P	30.01.2023
[3]	Entwurfsbegründung zum Bebauungsplan T 395 „Kaiserswether Straße/ Am Roten Kreuz“ - Umweltbericht	Landschafts- und Freiraumplanung Leser, Albert, Bielefeld GbR	Lit.	22.11.2016
[4]	Klimaanalyse der Stadt Ratingen	GeoNet Umweltconsulting GmbH, www.stadt-ratingen.de	Lit.	2022
[5]	Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms	Deutscher Wetterdienst	Lit.	2008
[6]	Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21	Deutscher Wetterdienst	Lit.	November 2017
[7]	Urban Atlas LCLU 2018	European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme: https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018	P	2023
[8]	Klimaatlas NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas	P	Abruf am: 04.01.2023
[9]	Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der LANUV-Station Düsseldorf-Flughafen aus dem Zeitraum 2011-2020	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	P	2022
[10]	LOD2-Modell des Untersuchungsgebietes im CityGML-Format	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[11]	Normalisiertes digitales Oberflächenmodell (NDOM) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[12]	Digitales Geländemodell (DGM) – Gitterweite 1 m	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[13]	Digitales Geländemodell (DGM) – Gitterweite 20 m	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[14]	Digitale Orthophotos (DOP)	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[15] Amtliche Basiskarte (ABK) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[16] INSPIRE-WFS NW Bodenbedeckungsvektor ALKIS	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[17] BK 50; Bodenkarte von NRW 1:50.000	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[18] Rechenmodell ENVI-met, Version 5.1.1 - Winter Release 2022/23	ENVI_MET GmbH https://www.envi-met.com/	Lit.	2023
[19] VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung.	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2008
[20] VDI 3787 Blatt 5 Lokale Kaltluft	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL	RIL	2003
[21] VDI 3787, Blatt 8. Umweltmeteorologie. Stadtentwicklung im Klimawandel	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2022
[22] Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels	A. Matzarakis, in Umweltmeteorologie, Nr. 3, 2013	Lit.	2013
[23] Stadtklima	S. Henninger & S. Weber, 2019	Lit	2019
[24] Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur-Verbraucherschutz NRW	Lit	2011
[25] Meteorologie	H. Häckel, 4. Auflage	Lit	1999
[26] Klimatologie	W. Kuttler, 2. Auflage	Lit	2013
[27] 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
[28] DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit	Deutsches Institut für Normung e.V. www.din.de	N	2006

Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[29] Beaufort-Skala	Lit.	Abruf am: 23.02.2022
Wetter- und Klimalexikon des Deutschen Wetterdienstes: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html? nn=103346&lv2=100310&lv3= 100390		

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet befindet im Ratinger Stadtteil Tiefenbroich an der Straßenkreuzung Kaiserswerther Straße/ Am Roten Kreuz und liegt zur Zeit brach. Das Grundstück ist vollständig mit hoher Vegetation bewachsen. In der nordwestlichen Ecke des Plangebietes befindet sich derzeit ein Rückhaltebecken.

Das Plangebiet wird im Norden durch den Angerbach, im Osten durch die Straße „Am Roten Kreuz“ und im Süden durch die Kaiserswerther Straße begrenzt. Westlich schließt ein Gewerbebetrieb an.

Direkt nördlich des Angerbaches befindet sich eine Kleingartensiedlung an welche in ca. 330 m Entfernung zum Plangebiet ein Gewerbegebiet anschließt. Nordöstlich liegt eine landwirtschaftlich genutzte Fläche sowie ein Klärwerk in ca. 150 m Entfernung. Im Osten und Südosten erstreckt sich ein Gewerbegebiet und im Süden grenzt eine parkähnliche Fläche sowie Wohnbebauung an das Plangebiet an. Im Westen befinden sich ebenfalls Gewerbebetriebe sowie weitere Wohnbebauung in ca. 300 m Entfernung.

Anlage 1 zeigt die derzeitige Bestandssituation.

Die Planung sieht die Entwicklung eines Bürostandortes mit zwei Gebäudekomplexen vor. Der Lageplan [1] und die exemplarischen Querschnitte [2] sehen zwei Gebäude in einer Ost-West-Achse mit bis zu sieben Geschossen vor. Die Dachflächen der Plangebäude werden mit einer extensiven Dachbegrünung ausgeführt.

Erschlossen wird das Grundstück über die Kaiserswerther Straße an der südwestlichen und über die Straße Am Roten Kreuz an der nordöstlichen Grenze des Plangebietes. An diesen Punkten ist jeweils eine Zufahrt zur geplanten Tiefgarage sowie zum Umfahrtsweg für Entsorgungs- und Rettungsfahrzeuge vorgesehen. Der Großteil des neu entwickelten Bereiches ist versiegelt. Der Teilbereich des Plangebietes nördlich der Umfahrt wird nicht überplant.

Anlage 2 zeigt die Situation nach Realisierung des Planvorhabens.

4 Grundlagen

Die beschriebenen örtlichen Gegebenheiten werden für die klimatischen Untersuchungen in Simulationsmodelle überführt. Die Ergebnisse dieser Rechenmodelle werden im Anschluss quantitativ und qualitativ bewertet. Zur Einordnung der Ergebnisse ist die Kenntnis der zugrunde liegenden Vorgänge im Kaltluftgeschehen sowie der Größen, welche das städtische Mikroklima beeinflussen entscheidend. Daher werden die Grundlagen beider Themenkomplexe im Folgenden erläutert.

4.1 Kaltluft

Für den Themenkomplex Kaltluft ist das Wissen um die Entstehung und die Wirkung von Kaltluftabflüssen für die Ergebnisinterpretation wichtig. Auf diese wird daher im Folgenden eingegangen. Darüber hinaus wird die Ergebnisbewertung entsprechend der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 [20] erläutert.

4.1.1 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 10-20 m³/m²h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m³/m²h in ebenem Gelände und 30-40 m³/m²h am Hang). Besiedelte, versiegelte Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel).

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

4.1.2 Bewertung von Kaltluftabflüssen

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Gemäß der VDI 3787 Blatt 5 [20] ist der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z.B. Sekunde) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Der Kaltluftvolumenstrom ist somit ein lokal gültiges Maß und damit für die Messung, die Bewertung und die Modellrechnung sehr gut geeignet.

Die Bewertung der planbedingten Veränderungen im Kaltluftgeschehen erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [20]. Diese Richtlinie schlägt vor, als Maß der Beeinflussung die prozentuale Änderung eines Parameters gegenüber dem Istzustand sowie die Häufigkeit des Auftretens heranzuziehen. Zur Bewertung einer planbedingten Veränderung wird daher in dieser Untersuchung die in Tabelle 4.1 dargestellte Skala verwendet.

Tabelle 4.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen [20]

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

4.2 Stadtklima

Für die Untersuchung des lokalen Mikroklimas ist das Wissen um die Ausbildung des städtischen Klimas notwendig. 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 [27].

4.2.1 Lufttemperatur

Durch die Überwärmung von Stadtgebieten, die im Allgemeinen als städtische Wärmeinsel bezeichnet wird, sind im Vergleich zur ländlichen Umgebung bodennah höhere Lufttempera-

turen zu verzeichnen. Im Jahresmittel beträgt der Temperaturunterschied zwischen 1 und 2 °C, in den Sommermonaten kann die Differenz mehr als 10 °C betragen [25]. 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 [27].

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 ihrer 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 Lufttemperaturen resultieren. Zum anderen trägt die anthropogene Wärmezeugung im privaten und gewerblichen Bereich zu einer Erhöhung der Lufttemperatur bei.

Die raum-zeitliche Ausprägung der städtischen Überwärmung hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen neben geographischen Gegebenheiten wie Lage, Topographie und Relief auch meteorologischen Rahmenbedingungen wie Witterung und Wetterlagen. Darüber hinaus ist die Lufttemperatur in Städten stark an die Bebauungsdichte, die Flächennutzungsanteile (Versiegelung, Grün- und Wasserflächen), die thermischen Eigenschaften der Oberflächen und den Grad der anthropogenen Wärmefreisetzung gebunden [23].

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.

4.2.2 Windfeld

Neben der Lufttemperatur wird auch das Windfeld durch städtische Strukturen beeinflusst. 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 [25].

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 [23]. Auch Kanalisierungseffekte in Straßenschluchten können innerhalb eines Stadtgebietes zu höheren Windgeschwindigkeiten führen. Weiterhin können sich beim Durchströmen der Stadtstrukturen mechanisch und thermisch bedingte Turbulenzen ausbilden [26].

4.2.3 Bioklimatischer 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 [22]. 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 [19] werden verschiedene Methoden zur Quantifizierung des bioklimatischen Komforts aufgeführt. Im Folgenden wird zur Beurteilung des Bioklimas die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) herangezogen. Die PET beschreibt das bioklimatische Empfinden bei wechselnden Umgebungsbedingungen. Eine bioklimatische 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 bioklimatischen Komforts sind in der nachfolgenden Tabelle 4.2 dargestellt:

Tabelle 4.2: Bewertung des bioklimatischen Komforts mit PET

PET	Bioklimatisches Empfinden	Thermophysiological Belastungsstufe
< 4 °C	sehr kalt	extreme Kältebelastung
4 °C – 8 °C	kalt	starke Kältebelastung
8 °C – 13 °C	kühl	mäßige Kältebelastung

PET	Bioklimatisches Empfinden	Thermophysiologische Belastungsstufe
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

5 Klimatische Situation in Ratingen

5.1 Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens

Zur Beschreibung des lokalen Klimas werden die Planungshinweiskarten für die Tag- und Nachtsituation sowie die Klimaanalysekarte für den Zeitpunkt 4 Uhr aus der Klimaanalyse der Stadt Ratingen [4] herangezogen.

Die Planungshinweiskarte für den Tag (s. Anlage 3) weist das Plangebiet hauptsächlich als ein Gebiet mit einer „sehr hoher bioklimatischer Bedeutung“ aus. Das Grundstück dient laut der Legende als Ausgleichsraum dessen Aufenthaltsqualität und verschattende Vegetationselemente zu schützen sind. Zudem ist die Erreichbarkeit aus belasteten Gebieten zu erhalten. Da das Gebiet jedoch eingezäunt ist, kann es als Aufenthaltsraum zum aktuellen Zeitpunkt nicht genutzt werden. Die parkähnliche Fläche südwestlich des Plangebietes ist als Hauptausgleichsraum gekennzeichnet. Bei der nördlich angrenzende Schrebergartensiedlung sowie dem nordöstlich angrenzende Feld handelt es sich um Ausgleichsräume mit einer „hohen bioklimatischen Bedeutung“. Auch in diesen Gebieten sind der Vegetationsbestand und die Erreichbarkeit zu sichern. Für die an das Plangebiet angrenzenden bebauten Flächen besteht überwiegend ein mäßiger bis hoher Handlungsbedarf. Zur Verbesserung der thermischen Situation sollten in solchen Gebieten zusätzliche Verschattungsmaßnahmen getroffen werden und Ausgleichsräume fußläufig erreichbar sein.

In der Nachtsituation (s. Anlage 4) weist das Plangebiet eine „hohe bioklimatische Bedeutung“ auf. Daraus folgt eine sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber einer Nutzungsintensivierung. Bei der Planung sollte auf die grundsätzliche Klimafunktion Rücksicht genommen und die Durchströmbarkeit angrenzender Bebauung nicht gestört werden. Zudem sollte eine Verbindung zu benachbarten Ausgleichsräumen erhalten bleiben oder geschaffen werden. Die nördlich gelegenen Grünflächen dienen laut der Planungshinweiskarte als Kaltluftentstehungsgebiet sowie als Kaltflutleitbahn. Die bebauten Gebiete in der Umgebung, denen ein mäßiger bis sehr hoher Handlungsbedarf zugeordnet wird, sind hingegen als Kaltlufteinwirkungsbereiche gekennzeichnet.

Aus der Klimaanalysekarte für den Nachtzeitraum in Anlage 5 geht hervor, dass auch das Plangebiet von Kaltluft überströmt wird. Der Kaltluftvolumenstrom hier, sowie auf der nördlich angrenzenden Flächen der Kleingartensiedlung beträgt zwischen $20 \text{ m}^3/(10 \text{ m}\cdot\text{s})$ und $40 \text{ m}^3/(10 \text{ m}\cdot\text{s})$. Diese dient laut der Karte als Kaltflutleitbahn.

5.2 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 -kenntage aus regionalen Klimamodellen. Die RCP-Szenarien kamen im fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates zum Einsatz und stehen für repräsentative Konzentrationspfade (englisch: Representative Concentration Pathways). Diese berücksichtigen bestimmte Szenarien von anthropogenen Treibhausgasemissionen, die den Energie- und Strahlungshaushalt der Erde und damit auch das Klima beeinflussen .

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

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

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

- die mittlere Lufttemperatur im Sommer bis Ende des Jahrhunderts um 1,2 °C steigt,
- die Anzahl der Heißen Tage bis zum Jahr 2100 von 8 auf 14 ansteigt und sich die Anzahl der Tropennächte mehr als verdreifacht

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

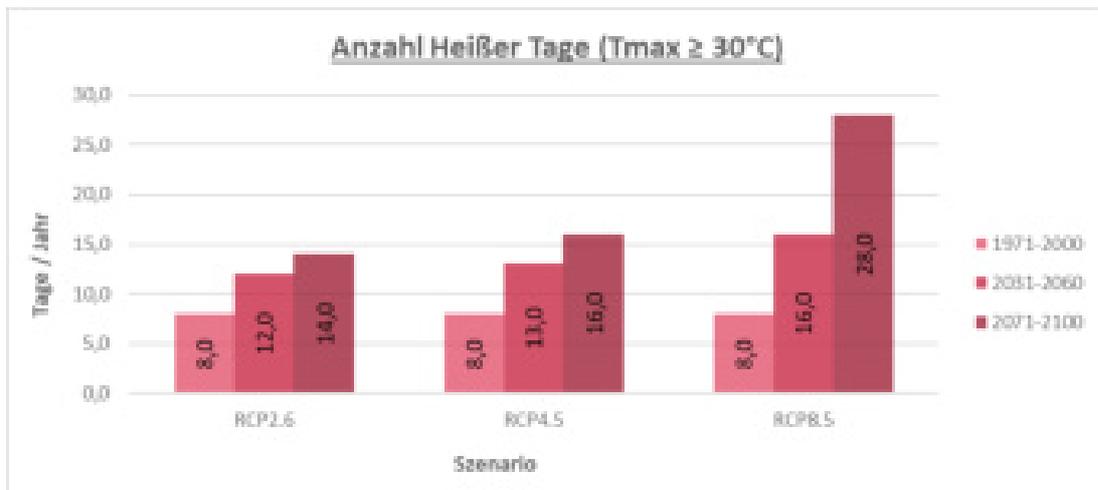
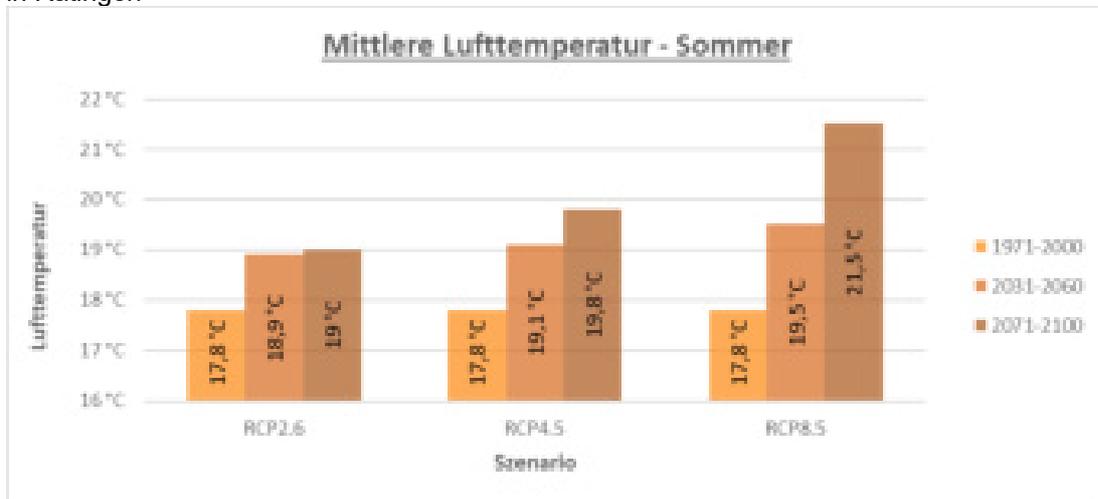
- die mittlere Lufttemperatur im Sommer von 17,8 °C auf 19,8 °C in der „fernen“ Zukunft ansteigt,
- sich die Anzahl der Heißen Tage bis zum Jahr 2100 verdoppelt und im Schnitt 6 Tropennächte pro Jahr auftreten.

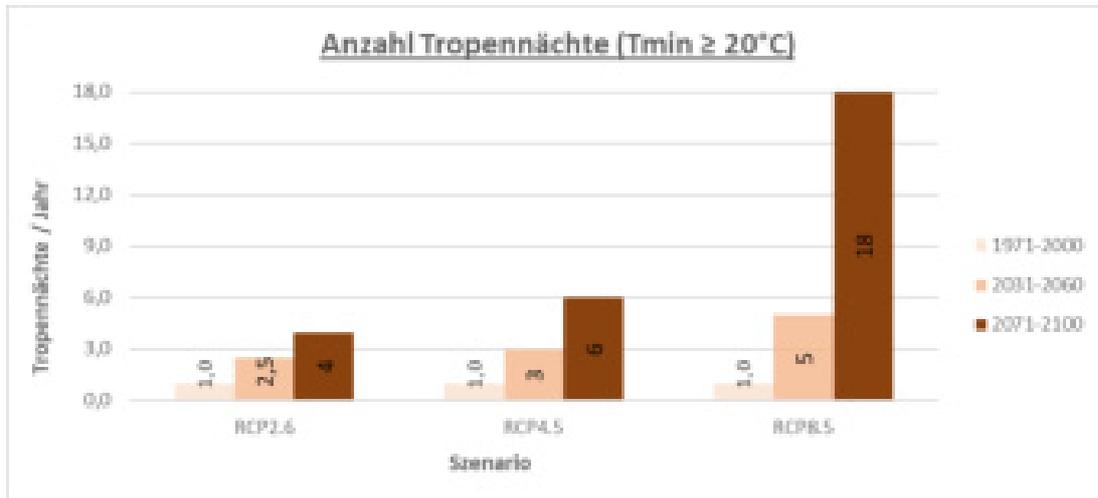
Die Klimamodelle geben für das worst-case-Szenario RCP8.5 an, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1970-2000:

- sich die sommerlichen Temperaturen im Mittel um 1,7 °C (2031-2060) bzw. um 3,7 °C (2071-2100) erhöhen
- sich bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der Heißen Tage mehr als verdreifacht und im Mittel 18 Tropennächte pro Jahr auftreten werden.

Jedes der Szenarien verdeutlicht, dass die sommerliche Hitzebelastung in der Zukunft zum Teil drastisch zunehmen wird. Bei der Planung von Bauvorhaben sollten daher klimatische Belange berücksichtigt und falls notwendig Optimierungen vorgesehen werden, um auch in Zukunft gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewährleisten zu können.

Abbildung 5.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Plangebiet in Ratingen





5.3 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung im Untersuchungsgebiet wurde auf Grundlage von Wetterdaten der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen aus dem Zeitraum 2011 – 2020 abgeleitet [9]. Die Station liegt etwa 12,5 km südöstlich des Untersuchungsgebietes.

Anlage 6 zeigt die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an dieser Station in allen Situationen des Auswertezitraumes (links) sowie für heiße Tage mit einer Maximaltemperatur > 30 °C (rechts).

Die Windrichtungsverteilung für den gesamten Auswertezitraum (2011-2020) zeigt, dass der Wind an der Station bevorzugt aus einer südöstlichen Richtung weht. Ein weiteres Maximum ergibt sich aus südwestlicher Richtung. Anströmungen aus verbleibenden Windrichtungen treten vergleichsweise selten auf.

Die Windrichtungsverteilung an Hitzetagen unterscheidet sich deutlich von der Windrichtungsverteilung des gesamten Auswertezitraumes. So weht der Wind an Hitzetagen überwiegend aus südöstlicher Richtung mit einem deutlichen Maximum bei 150°. Ein sekundäres Windrichtungsmaximum entfällt auf nordöstliche Anströmungsrichtungen (50°). Im Vergleich zur südöstlichen Hauptanströmungsrichtung sind die Windgeschwindigkeiten bei Nordostwind deutlich reduziert. Die in allen Situationen des Auswertezitraums relativ häufig auftretenden südwestlichen Windrichtungen sind in der Hitze-Windrose fast nicht mehr vertreten.

6 Themenkomplex Kaltluft

6.1 Berechnungsmodell

Die Kaltluftberechnungen wurden mit der aktuellen Version des vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodells KLAM_21 [6] durchgeführt.

6.1.1 Modellbeschreibung

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 Klasse 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.

6.1.2 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 17,7 km in x- und 10,8 km in y-Richtung. In den äußeren Bereichen des Rechengebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 30 m realisiert.

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

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

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

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

6.2 Eingangsdaten

6.2.1 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 abgeleitet. Innerhalb des Nestinggebietes wurden die Geländehöhen dem hochauflösten, vom Land NRW zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell (DGM) [12] entnommen. Das

hochaufgelöste DGM wurde dem 20 m-DGM [13] aufgeprägt und das Gesamt-DGM in eine einheitliche horizontale Gitterauflösung von 6 m überführt. Anlage 7 zeigt die Geländehöhen im gesamten Untersuchungsraum.

Für die fachgerechte Berücksichtigung des Gebäudeeinflusses innerhalb des Nestinggebietes müssen die Gebäudehöhen auf das digitale Geländemodell aufgeprägt werden (vgl. Kapitel 6.2.2). Hierzu wurde für die Bestandsbebauung ein vom Land NRW zur Verfügung gestelltes 3D-Gebäudemodell [10] herangezogen.

Lage und Höhe der geplanten Bebauung innerhalb des Plangebietes wurden dem Lageplan [1] entnommen.

6.2.2 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 [7] 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 können.

Da die Landnutzungsklassen des Urban Atlas nicht den in KLAM_21 verwendeten Landnutzungsklassen entsprechen, mussten zunächst die jeweiligen Landnutzungsklassen in die standardmäßig vorgegebenen KLAM-Klassen reklassifiziert werden. Anlage 8 zeigt die in den Berechnungen berücksichtigte Landnutzung im gesamten Untersuchungsgebiet.

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

Tabelle 6.1: Verwendete Landnutzungsklassen im Rechenmodell KLAM_21

Nutzungen	z0g	grz	hg	wai	bg	hv	xlai	a	vsg
Wald	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	20,0	6,0	0,56	0,0
halb vers. Fläche	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,5
Park	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	20,0	6,0	1,0	0,05
unvers. Freifläche	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
versiegelte Fläche	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-99	1,0
Wasser	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bahnfläche	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,75	0,0

Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad > 80%	0,1	0,6	12,0	3,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,9
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 50 - 80%	0,1	0,4	10,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,65
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 30 - 50%	0,1	0,2	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,4
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 10 - 30%	0,1	0,1	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,2
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad < 10%	0,1	0,05	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,1
Isolierte Strukturen	0,1	0,2	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,4
Industrie – und Gewerbegebiete	0,1	0,6	12,0	0,9	0,0	0,0	0,0	-99	0,9

Mit:

- z0g(i)** Rauigkeitslänge des Bodens in m ohne Beachtung explizit spezifizierter Bebauung oder Bewaldung
- grz(i)** Grundflächenzahl, Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche
- hg(i)** mittlere Gebäudehöhe in m
- 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 in m
- a(i)** relativer Wirkungsgrad der effektiven Ausstrahlung im Vergleich zu einer optimalen Abkühlungsfläche (Bei einem Wert von -99 wird a als Funktion von Bebauung und Versiegelung berechnet [6])
- vsg(i)** Versiegelungsgrad der Gesamtfläche einschließlich der bebauten Flächenanteile

6.3 Ergebnisse der Kaltluftberechnung

Die Kaltluftsimulationen wurden ohne übergeordneten Regionalwind durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen somit ausschließlich das thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Im Folgenden wird die Kaltluftsituation (Kaltfluthöhe 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 ab 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. In den Darstellungen der Kaltluftmächtigkeit wird hingegen die bodennahe Strömung abgebildet.

6.3.1 Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 11 bis Anlage 18 zeigen das Kaltluftgeschehen im Ist- und Planfall sowie die aus dem Planvorhaben resultierenden prozentualen und absoluten Veränderungen der Kaltfluthöhe und des Kaltluftvolumenstroms zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang.

In Anlage 11 ist die Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Untersuchungsgebietes im Istfall dargestellt. Diese bewegt sich hauptsächlich zwischen 10 m und 15 m. In Senken, wie z.B. dem Regenrückhaltebecken ergeben sich auch Werte von bis zu 20 m. Innerhalb des Plangebietes liegt die Kaltluftschichtdicke zwischen 10 m und 15 m. Die Schichtdicken resultieren in den frühen Nachtstunden insbesondere aus der auf den innerstädtischen Freiflächen lokal gebildeten Kaltluft. Im Plangebiet liegt bodennah eine schwach ausgeprägte Strömung aus Richtung Nordost vor.

Anlage 12 zeigt die Kaltfluthöhe im Planfall und Anlage 13 die aus der Realisierung des Planvorhabens resultierenden prozentualen Veränderungen. Für die Kaltfluthöhe ergeben sich aus dem Planvorhaben mäßige Veränderungen in einem eng abgegrenzten Bereich südlich der Plangebäude, da die Kaltluftproduktion durch die Versiegelung auf dem Grundstück abnimmt und die aus Richtung Nordost einströmende Kaltluft durch die geplanten Gebäude abgebremst wird. Auch in den absoluten Differenzen für die Kaltfluthöhe (s. Anlage 14) zeigen sich nur geringe Auswirkungen des Planvorhabens.

Anlage 15 zeigt den Kaltluftvolumenstrom in den frühen Nachtstunden für den Bestandsfall. Dieser beträgt in einem Großteil des Nestinggebietes weniger als $2 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$. Nur vereinzelt zeigen sich in Bereichen mit geringen Rauigkeiten (z.B. Straßen oder im Bereich der Freiflächen zwischen Kaiserswerther Straße und Borsigstraße) sowie an der nordöstlichen und südöstlichen Grenze des Darstellungsbereiches Volumenströme von bis zu $4 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$. Innerhalb des Plangebietes liegt ein nur sehr geringer Kaltluftvolumenstrom von $< 1 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$

vor. Dieser zunächst nur geringe Kaltluftvolumenstrom resultiert aus den örtlichen Gegebenheiten. Da das Umfeld des Plangebietes nur schwach ausgeprägte Höhenunterschiede aufweist, fließt die lokal gebildete Kaltluft kaum ab. Zudem hat in den frühen Nachtstunden die auf den topographisch gegliederten Freiflächen östlich von Ratingen gebildete Kaltluft das Plangebiet noch nicht erreicht, bzw. wird durch die hohe städtische Rauigkeit abgebremst.

Anlage 16 zeigt den Kaltluftvolumenstrom im Planfall. Anlage 17 zeigt die aus der Realisierung des Planvorhabens resultierenden prozentualen Veränderungen.

Es zeigen sich weiträumig um das Plangebiet prozentuale Zu- und Abnahmen von mehr als 10 %. Die Veränderungen werden durch die neue Gebäudestellung im Planfall hervorgerufen, welche ein geringfügig verändertes Abflussverhalten der im Bereich des Plangebietes gebildeten Kaltluft hervorrufen.

Zur besseren Einordnung der Veränderungen wurden neben den prozentualen auch die absoluten Differenzen (s. Anlage 18) dargestellt. Es wird deutlich, dass sich die weiträumigen hohen prozentualen Veränderungen aufgrund der allgemein geringen Strömung im Umfeld des Plangebietes ergeben. Absolute Veränderungen von mehr als $0,5 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ zeigen sich nur im direkten Umfeld der geplanten Gebäude.

Ein relevanter Einfluss des Planvorhabens auf das ohnehin nur sehr schwach ausgeprägte Kaltluftgeschehen in den frühen Nachtstunden ist daher nur auf dem Plangebiet sowie in dessen direktem Umfeld zu erwarten.

6.3.2 Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 19 bis Anlage 26 zeigen das Kaltluftgeschehen im Ist- und Planfall sowie die aus dem Planvorhaben resultierenden prozentualen und absoluten Veränderungen sechs Stunden nach Sonnenuntergang.

Die Berechnungsergebnisse zeigen für die Kaltfluthöhe im Bestandsfall (s. Anlage 19), dass deren Mächtigkeit in der zweiten Nachthälfte weiter angewachsen ist. Im Umfeld des Plangebietes ergeben sich Kaltfluthöhen von mehr als 40 m. In tiefer gelegenen Bereichen ist die Mächtigkeit auch auf mehr als 50 m angewachsen.

Wie bereits in der ersten Nachthälfte zeigt die prozentuale Differenz der Kaltfluthöhe in Anlage 21, dass durch das Planvorhaben keine Veränderungen hervorgerufen werden.

Auch die Kaltluftvolumenstromdichte im Bestand (s. Anlage 23) erhöht sich in der zweiten Nachthälfte deutlich. Über Freiflächen ergeben sich Werte von bis zu $15 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$. Auf dem Plangebiet werden zum Teil auch Volumenstromdichten von mehr als $35 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ prognosti-

ziert. Diese Erhöhung des Kaltluftvolumenstroms wird durch den Abfluss von Kaltluft aus den östlichen, höher gelegenen Gebieten hervorgerufen.

Bodennah herrscht in der zweiten Nachthälfte im gesamten dargestellten Bereich eine schwach ausgeprägte östliche bis südöstliche Kaltluftströmung vor.

Die prozentualen Veränderungen im Kaltluftvolumenstrom (s. Anlage 25) betragen wie bereits zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang mehr als 10 % und erstrecken sich über große Teile des Untersuchungsgebietes. Dies gilt sowohl für die Zu- als auch für die Abnahmen. Diese Veränderungen zeigen sich auch in den Absolutdarstellungen in Anlage 26. Der im Istfall vorhandene hohe Kaltluftvolumenstrom über dem Plangebiet wird durch die geplanten Gebäude gestört und umgelenkt. Nördlich und südlich der Planung erhöht sich dadurch die Volumenstromdichte wohingegen sie östlich und westlich abnimmt. Von den Abnahmen sind jedoch nur Gewerbegebiete und Freiflächen betroffen. In den südlich und westlich gelegenen Wohngebieten nimmt die Volumenstromdichte zu bzw. verändert sich nicht.

Im Bezug auf die Kaltluftmächtigkeit zeigen sich analog zur Situation in den frühen Nachtstunden nur geringfügige planbedingte Veränderungen im direkten Umfeld des Plangebietes. Der Einfluss der Planung auf den Kaltluftvolumenstrom ist in der zweiten Nachthälfte hingegen deutlich angestiegen. Eine durchgreifende Verschlechterung der Durchlüftung in den angrenzenden Wohngebieten kann jedoch auch für die zweite Nachthälfte ausgeschlossen werden.

7 Themenkomplex Überhitzung und Durchlüftung

7.1 Berechnungsmodell

Die infolge des Planvorhabens zu erwartenden Klimaänderungen im lokalen Umfeld des Bauvorhabens werden mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.1.1 (Winter Release 2022/23) für die nachfolgend aufgeführten Varianten mit der bei sommerlichen Wetterlagen häufig auftretenden Windrichtung Nordost durchgeführt:

Istfall:	Bestandsbebauung, aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit
Planfall:	Zukünftige Bebauungssituation nach Realisierung der Planung entsprechend der zur Verfügung gestellten Planunterlagen[1] und [2]

Anhand der Ergebnisse dieser beiden Varianten werden anschließend Planungsempfehlungen zur Minimierung negativer lokalklimatischer Folgen erarbeitet.

7.1.1 Modellbeschreibung

ENVI-met in der Version 5.1.1 ist ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches Modell zur Simulation der Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Pflanzen und der Luft. Es wurde für die Mikroskala mit typischen horizontalen Gitterauflösungen zwischen 0,5 und 5 m und typischen Simulationszeiten zwischen 24 und 48 Stunden mit Zeitschritten zwischen 1 und 5 Sekunden entwickelt. Diese sowohl räumlich als auch zeitlich sehr detaillierte Auflösung erlaubt die Analyse kleinräumiger Wechselwirkungen zwischen Gebäuden, Oberflächen, Pflanzen und der Atmosphäre.

Zur Berechnung nutzt ENVI-met verschiedene Untermodelle, die miteinander gekoppelt sind. Einen Überblick über die miteinander gekoppelten Modelle gibt die Anlage 27.

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.

7.1.2 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 2,5 m realisiert. Mikroskalige Effekte durch Kleinstrukturen wie Bäume und Einzelgebäude werden bei dieser Gitterauflösung noch hinreichend genau abgebildet. Die Ausdehnung des Rechengebietes beträgt 802,5 m in x- und 702,5 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 zehn Schichten eine feine Vertikalauflösung von 1,0 m festgelegt. Ab der Modellhöhe von 10 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 64,72 m.

7.2 Eingangsdaten

7.2.1 Gebäude

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

Lage und Höhe der Bestandsbebauung wurden für das Untersuchungsgebiet aus dem vom Land NRW zu Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodell [10] abgeleitet. Anlage 28 zeigt hierzu den berücksichtigten Gebäudebestand im Istfall. Anlage 29 enthält den Gebäudebestand sowie die Plangebäude im Planfall, welche auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Planunterlagen [1] und [2] abgeleitet wurden. Zudem fließt entsprechend der Absprache mit dem Büro H+B Stadtplanung eine extensive Dachbegrünung der Gebäude mit einer Substratdicke von 12 cm und einem aufliegenden Bewuchs von 10 cm in die Berechnung ein. Die Dachbegrünung ist in Anlage 29 dargestellt.

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

7.2.2 Vegetation

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

Neben der Wuchsform (Breite und Höhe des Baumes) muss für jeden im Modell platzierten Baum die Belaubungsdichte vorgegeben werden. Die Erfassung der Bäume und ihrer Wuchsform im öffentlichen und privaten Raum erfolgte mithilfe des hochaufgelösten digitalen Oberflächenmodells (NDOM) [11].

Neben der Höhe muss den erfassten Bäumen auch ein Belaubungsgrad zugewiesen werden. Da uns keine weitergehenden Informationen zu den Bäumen im Untersuchungsgebiet vorlagen, wurde dieser pauschal als „dicht“ angenommen.

Da die Außenanlagenplanung zum derzeitigen Planungsstand noch abgeschlossen ist, wurde für den Planfall im Vergleich zum Istfall lediglich die Bestandsvegetation im Bereich der geplanten Bebauung entnommen um den Worst-Case abzubilden. Dem Rechenmodell wurde daher keine neuen Bäume zugefügt. Die Bestandsvegetation im Norden, zwischen der Planbebauung und dem Angerbach, wurde nach Rücksprache mit dem Büro H+B Stadtplanung beibehalten.

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

In Anlage 28 und Anlage 29 sind die in die Berechnungen eingehenden Vegetationsbestände für beide Situationen dargestellt.

7.2.3 Oberflächen

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

Die benötigten Informationen zu den vorhandenen Bodenprofilen wurden auf Grundlage des Informationssystems „Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50.000 (BK50)“ [17] abgeleitet.

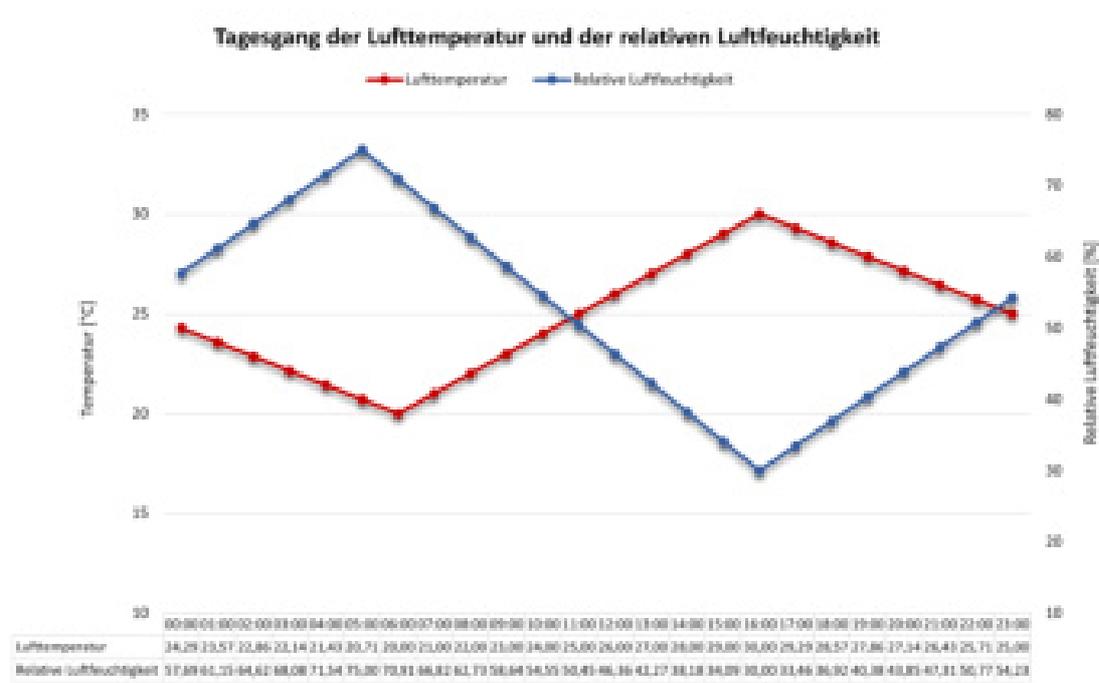
Die versiegelten Flächen im Bestand inner- und außerhalb des Plangebietes wurden anhand aktueller Orthofotos [14] sowie anhand von ALKIS - Bodenbedeckungsdaten des Landes NRW [16] erfasst. Für Straßen wurde hierbei Asphalt, für weitere versiegelte Flächen wie z.B. Parkplätze Beton bzw. Pflaster als Versiegelungsmaterial vorgegeben. Die Ableitung der Oberflächenarten im Planfall erfolgte auf Grundlage des zur Verfügung gestellten Lageplans [1]. Grundsätzlich wird in beiden Planungssituationen den unversiegelten Vegetationsflächen unterhalb der angesetzten Rasenfläche die zugrunde liegende Bodeneigenschaft zugewiesen. Für das Plangebiet wurden zusätzlich die Bodeninformationen aus dem Umweltbericht [3] berücksichtigt.

Anlage 30 und Anlage 31 zeigen die ins Modell einfließenden Oberflächenbeschaffenheiten für den Ist- und Planfall.

7.2.4 Initialisierungsparameter

Innerhalb von ENVI-met können die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter Lufttemperatur und relative Feuchte entweder über feste Startparameter oder durch ein sogenanntes „Simple-Forcing“ vorgegeben werden. Beim Simple-Forcing werden die Bedingungen am Einströmrand für jede Stunde des Tages explizit vorgegeben. Als meteorologischer Antrieb für die Klimamodelle wurde ein heißer Sommertag mit einer nachmittäglichen Maximaltemperatur von 30°C und einer nächtlichen Minimaltemperatur von 20 °C gewählt. Die Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit können der folgenden Abbildung 7.1 entnommen werden:

Abbildung 7.1: 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, das heißt, dass noch ausreichend Wasser für Verdunstungsprozesse im Boden vorhanden ist. Dies repräsentiert die typischen Verhältnisse an einem Sommertag, dem wenige Tage zuvor Regenfälle vorausgegangen sind. 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 anhal-

tendem 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. Aufgrund der Windrichtungsverteilung an Hitzetagen (vgl. Abschnitt 5.3 und Anlage 6) und der Lage von Wohngebieten im Umfeld des Plangrundstücks wird die sekundäre Hauptanströmungsrichtung Nordost (50°) in der Simulationsrechnung berücksichtigt.

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

Als Eingangsparameter zur Berechnung des thermischen Komforts mittels des PET-Wertes werden die Standardeinstellung gemäß der Norm DIN EN ISO 7730 verwendet [28]. 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 berücksichtigt, was einem leichten Anzug entspricht.

Die nachfolgende Tabelle 7.1 dokumentiert die wichtigsten Initialisierungsparameter der Simulationsrechnungen:

Tabelle 7.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen

Initialisierungsparameter	Startwert
Geographische Position	51,29°N, 6,82°E
Startzeit der Simulation	20.06., 04:00 Uhr
Dauer der Simulation	36 Stunden
Lufttemperatur in 2 m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 20,0 °C und 30,0 °C)
Relative Feuchte in 2 m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 30 % und 75 %)
Rauigkeitslänge z0	0,1 m
Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund	1,5 m/s
Windrichtung	50° (Nordost)
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

Initialisierungsparameter	Startwert
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 %

7.3 Ergebnisse der mikroklimatischen Simulation

Die Berechnungen wurden mit den dokumentierten Eingangsdaten für den Ist- und den Planfall für die sekundäre Hauptanströmungsrichtung an Hitzetagen durchgeführt. Zur Bestimmung der thermischen Belastung wurden die beiden Kenngrößen Lufttemperatur und PET-Wert analysiert. Dabei wird die Lufttemperatur zu zwei verschiedenen Tageszeiten (14 Uhr und 4 Uhr) ausgewertet und dargestellt. In der Ergebnisauswertung zum PET-Wert wurde der Mittelwert im Zeitraum zwischen 12 und 16 Uhr visualisiert.

Für die Untersuchung zur Durchlüftung wurde das Windfeld um 14 Uhr analysiert und bodennah, in 1,5 m ü. Grund ausgewertet und dargestellt. Die Windfelder zu anderen Tageszeiten unterscheiden sich nur unwesentlich von der 14 Uhr Situation und werden daher nicht analysiert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist grundsätzlich zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse die stadtklimatologischen Verhältnisse unter den zugrunde gelegten Einström- und Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 7.2.4) repräsentieren. Änderungen der aufgeführten Initialisierungsparameter würden zu abweichenden Ergebnissen führen.

7.3.1 Durchlüftung

Anlage 32 bis Anlage 34 zeigen die simulierte Windgeschwindigkeit für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Windgeschwindigkeitsdifferenzen für die untersuchte Windrichtung (50°).

Das berechnete Windfeld beziehen sich hierbei auf eine typische Schwachwindsituation mit einer ungestörten Anströmgeschwindigkeit von 1,5 m/s in 10 m Höhe. Gemäß der Beaufort-Skala [29] mit der die Auswirkungen des Windes beschrieben werden können, entspricht eine derartige Windgeschwindigkeit einem „leichten Zug“. Die Wirkung an Land wird als „kaum merklich, Rauch treibt leicht ab, Windflügel und Windfahnen unbewegt“ beschrieben.

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

Anlage 32 zeigt, dass die Durchlüftungssituation im Bestand (s. Anlage 32) in den dichter bebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes wie dem Wohngebiet südwestlich des Plangrundstücks aufgrund der erhöhten Rauigkeit gegenüber den ungestörten Freilandverhältnissen deutlich reduziert ist. Bezogen auf die zu Grunde gelegte Anströmgeschwindigkeit von 1,5 m/s werden hier typischerweise Strömungsgeschwindigkeiten von unter 0,5 m/s erreicht. Diese Situation ist typisch für eine städtische Bebauung und damit als üblich anzusehen. Auch in der nördlich gelegenen Kleingartenanlage ist die Windgeschwindigkeit aufgrund

von Bebauung und Vegetation leicht verringert. Unbebaute Freiflächen wie beispielsweise die landwirtschaftliche Fläche nordöstlich des Plangebietes fungieren mit Windgeschwindigkeiten von zum Teil mehr als 1,0 m/s als Belüftungsleitbahnen.

Innerhalb des Plangebietes beträgt die Windgeschwindigkeit aufgrund der Hinderniswirkung des aktuell dichten Vegetationsbestandes zwischen 0,5 m/s und 0,75 m/s. Insgesamt ist das Windfeld hier sehr homogen. Nur über dem Rückhaltebecken an der Straße Am Roten Kreuz zeigen sich etwas höhere Windgeschwindigkeiten von bis zu 1,0 m/s.

Durch die Realisierung des Planvorhabens (s. Anlage 33) sinkt die Windgeschwindigkeit aufgrund der Bebauung innerhalb des Plangebietes zum Teil deutlich. Die geplanten Gebäude bilden bei der betrachteten nordöstlichen Anströmungsrichtung Riegel, welche in das Windfeld eingreifen. Durch die Lücke zwischen den beiden Gebäude wird dieser Bereich des Plangebietes jedoch gut durchlüftet.

Anlage 34 zeigt die planungsbedingten Differenzen für das bodennahe Niveau. Die stärksten Abnahmen treten nördlich und südlich der Plangebäude auf. Geschwindigkeitserhöhungen ergeben sich zwischen den geplanten Gebäuden sowie an der östlichen Grenze des Plangebietes. Die Veränderungen der bodennahen Durchlüftung beschränken sich weitestgehend auf das Plangebiet und dessen direktes Umfeld. Sie reichen bis maximal 30 m über die Plangebietsgrenzen hinaus. Geringfügige Geschwindigkeitsabnahmen an benachbarten Gebäuden ergeben sich nur am Gewerbebetrieb an der westlichen Grenze des Plangebietes.

7.3.2 Lufttemperatur

Anlage 35 bis Anlage 40 zeigen die simulierten Lufttemperaturen zu den zwei Auswertezeiten für den Ist- und Planfall. Zusätzlich wird jeweils die planbedingte Temperaturdifferenz ausgegeben.

7.3.2.1 14 Uhr

Anlage 35 bis Anlage 37 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für die untersuchte Windrichtung (50 °) an Hitzetagen für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen zum nachmittäglichen Auswertzeitpunkt 14 Uhr.

Die Rechenergebnisse zum Istfall (s. Anlage 35) zeigen, dass sich an sommerlichen Strahlungstagen aufgrund der unterschiedlichen Nutzungen im Untersuchungsgebiet ein sehr heterogene Temperaturverhältnisse ausprägen. Die Temperatur reicht von 26,0 °C im bewaldeten Bereich südlich des Plangebietes bis zu 28,4 °C über versiegelten und unverschatteten Flächen, wie über der Kaiserswerther Straße östlich des Plangebietes.

Die geringeren Temperaturen in dem südlich gelegenen Bereich resultieren aus dem hohen Vegetationsanteil. Die Vegetation entzieht der Luft durch Transpiration Energie. Bäume sorgen zudem für Verschattung, wodurch sich darunter liegende Flächen weniger stark aufheizen als unverschattete Freiflächen. Auf versiegelten Flächen mit fehlender Vegetation wie auf der Kaiserswerther Straße werden hingegen erkennbar höheren Temperaturen erreicht.

Innerhalb des Plangebietes wird mit Temperaturen zwischen 26,6 °C und 27,8 °C aufgrund des hohen Vegetationsanteils ein eher günstiges Temperaturniveau prognostiziert.

Durch die Realisierung des Planvorhabens erhöht sich das Temperaturniveau sowohl innerhalb als auch außerhalb des Plangebietes (s. Anlage 37). Im nördlichen Teil des Plangebietes, im Luv der geplanten Gebäude werden die größten Temperaturzunahmen von zum Teil mehr als 0,8 °C prognostiziert. Die zusätzliche thermische Belastung reicht südlich des Plangebietes über die Kaiserswerther Straße und das anschließende begrünte Areal hinaus bis an die ca. 180 m entfernte Wohnbebauung an der Heinrich-Hertz-Straße heran. Hier werden noch Temperaturerhöhungen von bis zu 0,1 °C prognostiziert.

Die Temperaturzunahmen sind auf den im Modell angesetzten hohen Versiegelungsgrad, den im Vergleich zur Bestandssituation geringeren Vegetationsbestand sowie auf die Erwärmung der neuen Gebäude zurückzuführen. Besonders stark wirkt sich der Wegfall von Bäumen mit der hieraus resultierenden sinkenden Transpirationsleistung und einem Rückgang des Anteils verschatteter Freiflächen aus. Zusätzlich bilden die neuen Gebäude Hindernisse für den Wind, wodurch sich die einströmende Luft staut und infolge der von der Sonne beschienenen versiegelten Oberflächen erwärmt wird.

Aus der Neuplanung ergeben sich zusätzliche thermische Belastungen innerhalb und außerhalb des Plangebietes. Da diese Erwärmungen auch an umliegende Bestands-Wohngebäude heranreichen sollte mit geeigneten Maßnahmen auf die Reduktion der Erwärmung hingearbeitet werden.

7.3.2.2 4 Uhr

Anlage 38 bis Anlage 40 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und den Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen für die untersuchte Anströmungsrichtung um 4 Uhr.

In der Nacht zeigt sich ein deutlich geringeres Temperaturniveau als am Tag. Die Temperaturen in der Bestandssituation (s. Anlage 38) liegen zwischen 22,0 °C und 23,6 °C. Innerhalb des Plangebietes werden Temperaturen zwischen 22,4 °C und 23,0 °C ausgewiesen.

Wie bereits am Nachmittag wird durch die Realisierung des Planvorhabens auch am Morgen (s. Anlage 39) eine Temperaturzunahme hervorgerufen. Diese beträgt an der Südseite des Plangebietes bis zu 0,6 °C. Außerhalb des Plangebietes erreicht die Erwärmung die Bebauung südlich des Plangebietes an der Kaiserswerther Straße sowie Wohngebäude weiter südlich an der Heinrich-Hertz-Straße.

Die Temperaturzunahmen werden durch den Wegfall von Bäumen und die Erhöhung der Versiegelung sowie durch die Erwärmung der geplanten Gebäude hervorgerufen. Da tagsüber ein Großteil der Flächen innerhalb des Plangebietes nicht mehr durch Vegetation verschattet ist, erreicht ein hoher Anteil der solare Strahlung die Oberflächen. Die versiegelten Flächen und die Gebäude nehmen diese Energie auf. In der Nacht wird die gespeicherte Energie dann an die kühlere Umgebungsluft abgegeben und erwärmt diese.

Auf Grundlage der Simulationsergebnisse ist mit zusätzlichen, durch das Planvorhaben hervorgerufenen, nächtlichen thermischen Belastungen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Plangebietes zu rechnen. Diesen sollte mit geeigneten Maßnahmen entgegengewirkt werden, um den negativen Einfluss auf die südlich gelegene Wohnbebauung zu verringern.

7.3.3 Bioklima (PET)

Anlage 41 bis Anlage 43 zeigt die simulierten PET-Werte für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Differenzen für die untersuchte Windrichtung am Nachmittag. Die dargestellten PET-Werte sind das Ergebnis einer Mittelwertwertbildung aus den Simulationsergebnissen zwischen 12 und 16 Uhr.

Die Grafiken zeigen, dass infolge der gewählten Initialisierungsparameter (Sommertag mit einer maximalen Temperatur von 30°C) sowohl im Ist- als auch im Planfall im gesamten Untersuchungsgebiet mit Wärmebelastungen (vgl. Tabelle 4.2) gerechnet werden muss. Dabei ist die Wärmebelastung in von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen als schwach bis mäßig zu bezeichnen, in unverschatteten und versiegelten Bereichen mit eingeschränkter Durchlüftung wird die Wärmebelastung hingegen als extrem empfunden. Besonders ungünstige Bedingungen liegen in dem Gewerbebetrieb im Südosten des Untersuchungsgebietes vor. Auf dem Plangebiet ist überwiegend mit höchstens mäßigen Wärmebelastungen zu rechnen. Eine Ausnahme bildet aufgrund der Versiegelung und der fehlenden Verschattung das Regenrückhaltebecken.

Durch die Realisierung der Planung steigt die bioklimatische Belastung in überwiegenden Teilen des Plangebietes gegenüber der Istsituation (s. Anlage 41) an, was insbesondere auf den Wegfall der verschattenden Vegetation sowie auf die geringeren Windgeschwindigkeiten zurückzuführen ist. Extreme Wärmebelastungen im Planfall (s. Anlage 42) ergeben sich über

versiegelten Bereichen die im ausgewerteten Zeitraum die meiste Zeit in der Sonne liegen. Das ist im Umfeld der Plangebäude vor allem auf deren Südseite der Fall.

In der Differenzdarstellung (s. Anlage 43) werden die Veränderungen in der bioklimatischen Belastungssituation deutlich. In Bereichen, die im Istfall verschattet waren und im Planfall nun unverschattet sind, muss zum Teil mit einer Zunahme der bioklimatischen Belastung von mehr als 20 °C gerechnet werden. Die höchsten Zunahmen im PET-Wert ergeben sich in unverschatteten Bereichen vor beschienenen Südfassaden.

Verringerungen der bioklimatischen Belastungssituation sind nur an wenigen Stellen zu erkennen. Sie ergeben sich insbesondere in Bereichen nördlich der Plangebäude und sind auf Gebäudeverschattung zurückzuführen.

Die stärksten Veränderungen der bioklimatischen Belastung beschränken sich auf das Plangebiet. Es ergeben sich aber auch außerhalb des Grundstücks auf dem Gehweg entlang der Straße Am Roten Kreuz und der Kaiserswerther Straße sowie an der angrenzenden Bebauung südlich des Plangebietes Verschlechterungen der bioklimatischen Belastungssituation um bis zu 5 °C. Auch an dem westlich angrenzenden Gewerbebetrieb sind Verschlechterungen zu erwarten. Diesen zusätzlichen bioklimatischen Belastungen im Umfeld sowie den hohen Belastungen innerhalb des Plangebietes sollte mit geeigneten Maßnahmen entgegengewirkt werden um eine gute Aufenthaltsqualität im Freien zu gewährleisten.

8 Planungsempfehlungen

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch die Umwandlung der aktuell stark begrünten Plangebietsfläche sowohl innerhalb als auch außerhalb des Plangebietes Veränderung der mikroklimatischen Verhältnisse an den zukünftig immer häufiger auftretenden Hitzetagen zu erwarten sind.

So sind planungsbedingte leichte Temperaturzunahmen bis in die angrenzenden Wohngebiete entlang der Heinrich-Hertz-Straße sowie der Bergiusstraße zu erwarten. Dies gilt sowohl für die Tag- als auch für die Nachtsituation. Die Veränderung der Durchlüftung sowie der bioklimatischen Belastung beschränken sich hingegen hauptsächlich auf das Plangebiet sowie dessen nahes Umfeld.

Zudem bilden sich aufgrund der verminderten Durchlüftung und der Wärmeabstrahlung der Gebäude insbesondere innerhalb der Plangebietsgrenzen Bereiche mit zum Teil sehr hohen bioklimatischen Belastungen sowie einem erhöhten Temperaturniveau aus.

Um eine Verschlechterung der klimatischen Bedingungen an der Wohnbebauung außerhalb des Plangebietes zu vermeiden und eine gute Aufenthaltsqualität auf den Freiflächen des Plangebietes zu gewährleisten, sollte bei der Entwicklung der Außenanlagen nach Möglichkeit planerisch auf die Reduktion der thermischen und bioklimatischen Belastung abgezielt werden. Folgende Maßnahmen können einzeln oder in Kombination umgesetzt zur Reduktion des Belastungsniveaus beitragen:

Erhöhung des Baumanteils

Da Bäume sowohl durch Verschattung als auch über Abkühlungsprozesse durch Evapotranspiration zur Verminderung der bodennahen Lufttemperatur beitragen, können Baumpflanzungen zur Verbesserung des Lokalklimas beitragen. Dabei sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass Bäume und Hecke das Windfeld negativ beeinträchtigen können. Daher sollten die Bäume eine ausgeprägte Krone aufweisen und im Stammbereich möglichst wenig Strömungswiderstand durch Äste und Blätter liefern um die Windgeschwindigkeiten auf dem Plangebiet nicht weiter zu senken.

Im nördlichen Teil des Plangebietes stehen im Bestand ältere Bäume, die im Vergleich zu Neupflanzungen bereits viel Schatten spenden und mehr Wasser verdunsten können. Zum Zeitpunkt der durchgeführten Simulationen ist noch nicht bekannt, welche und wie viele dieser Bäume für das Planvorhaben entnommen werden. Empfohlen wird hier möglichst viele der Bestandsbäume zu erhalten, um das aktuell geringe thermische und bioklimatische Belastungsniveau in diesem Bereich zu erhalten.

Bei der Planung von Neupflanzungen sollten vor allem Bereiche in Betracht gezogen werden, in denen die bioklimatischen Belastungen am höchsten sind, wie beispielsweise an der Südseite der Neubauten entlang der Kaiserswerther Straße. Hier können Bäume durch ihre Verschattungswirkung einen positiven Einfluss auf das Bioklima nehmen.

Als zusätzliche Maßnahme, insbesondere so lange die neu gepflanzten Bäume nur eine geringe Höhe und somit auch geringe Verschattungswirkung aufweisen, können Sonnensegel oder bewachsene Pergolen eingesetzt werden. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels empfiehlt die VDI 3787 Blatt 8 [21] Bäume anhand von vier Kriterien auszuwählen. Die gewählten Bäume sollten trocken- und hitzeresistent sein. Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, dass die Bäume geringe biogene Emissionen und ein niedriges Allergiepotehtial haben.

Gebäudebegrünung

Das derzeitige Planungskonzept sieht bereits eine extensive Dachbegrünung auf allen Dächern innerhalb des Plangebietes vor. Diese sollten so ausgeführt werden, dass sie möglichst viel Regenwasser aufnehmen und zwischenspeichern und in Trockenphasen für eine längere Wasserversorgung der Pflanzen sorgen kann.

Sind in Bereichen mit hoher bioklimatischer Belastung keine Baumpflanzungen zur Verbesserung möglich, sollte die Realisierung einer Fassadenbegrünung geprüft werden um die Reflexionen von Gebäuden in Richtung Boden zu verringern. Hierdurch kann die bioklimatische Belastung leicht gesenkt werden. Der Einfluss durch die Verschattung von Bäumen ist jedoch deutlich höher.

Geeignete Baumaterialien verwenden

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

Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten

Um die nachmittägliche Wärmeaufnahme zu reduzieren, eignen sich im Außenbereich Oberflächen bzw. Baumaterialien mit hellen Oberflächen, da diese tagsüber weniger Wärme speichern und dementsprechend auch nachts weniger Wärme an die umliegenden Luftschichten abgeben. Darüber hinaus empfiehlt es sich, einen möglichst hohen Anteil der Außenflächen unversiegelt zu gestalten und zu begrünen. Flächen, wie Parkplätze oder Feuerwehraufstellflächen sollten nach Möglichkeit teil- und nicht vollversiegelt z.B. mit Rasengittersteinen oder Sickerpflaster ausgeführt werden.

Offene Wasserflächen

Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und kühlt so die aufgeheizte Luft. Indem der Anteil von Wasserflächen in Städten erhöht wird, kann ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Bewegte Wasser wie Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen hierbei insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen. Besonders eignet sich hierfür der Durchgang zwischen den beiden Gebäuden. Hier kann durch die gute Durchlüftung die vorbeiströmende Luft durch das Wasser gekühlt werden und die Erwärmung südlich des Plangebietes wird reduziert.

Regenrückhaltung und Grünflächenbewässerung

Oberflächen sollten nach Möglichkeit entsiegelt und mit hohem Bewuchs versehen werden, um die Versickerungs- und Verdunstungsleistung und damit die Kühlung der Luft im Plangebiet zu erhöhen.

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

9 Zusammenfassung

Im Ratinger Stadtteil Tiefenbroich ist auf dem 1,62 ha großen Bebauungsplangebiet T 395 „Kaiserswerther Straße / Am Roten Kreuz“ die bauliche Entwicklung des derzeit brachliegenden Grundstücks vorgesehen. Geplant ist die Errichtung von zwei Gebäudekomplexen als Bürobauten.

Im Rahmen der Offenlage ist zur Ermittlung der planbedingten, stadtklimatischen Auswirkungen sowohl eine mikroklimatische Klimauntersuchung als auch eine Kaltluftuntersuchung durchzuführen.

Vor dem Hintergrund, dass eine veränderte Bebauung des Plangebietes das lokale Kaltluftgeschehen beeinflussen kann, sollte geprüft werden, wie sich die Neuentwicklung des Grundstücks auf das Kaltluftgeschehen auswirkt. Zu diesem Zweck wurden Kaltluftberechnungen mit dem Kaltluftabflussmodelle KLAM_21 in der aktuellen Version 2.012 ([5][6]) unter Berücksichtigung des Reliefs, der Landnutzung sowie der Bebauungssituation auf dem Plangebiet durchgeführt. Die Beurteilung der Veränderungen erfolgte anhand des Vergleichs der im Modell berechneten Kaltluftkenngößen.

Zusätzlich sollte beurteilt werden, wie sich das Planvorhaben auf das lokale Mikroklima auswirkt. Die Veränderungen der thermischen Belastungssituation und der Durchlüftungsverhältnisse wurden anhand von Simulationsrechnungen mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.1.1 (Winter Release 2022/23) für die Bestands- und Plansituation für eine Hauptwindrichtung an einem heißen Sommertag bestimmt. In die Berechnungen flossen Gebäudestellungen und -höhen, der Vegetationsbestand sowie die Oberflächenbeschaffenheit ein. Die Beurteilung der klimatischen Veränderungen erfolgte anhand der simulierten Temperaturverhältnisse zu zwei verschiedenen Uhrzeiten sowie anhand der bioklimatischen Kenngröße des PET-Wertes am Nachmittag. Zusätzlich wurden die Windverhältnisse in einer Höhe von 1,5 m über Grund ausgewertet und dargestellt.

Die Ergebnisse der Kaltluftsimulation zeigen, dass das Planvorhaben nur einen geringen Einfluss auf die Mächtigkeit der Kaltluftschicht hat. Durch die Versiegelung des Plangebietes sinkt die Kaltluflhöhe im direkten Umfeld des Plangebietes in der ersten Nachthälfte. Diese Veränderung fällt jedoch sehr gering aus und in der zweiten Nachthälfte werden durch das Planvorhaben keine Veränderungen mehr hervorgerufen.

Im Kaltluftvolumenstrom zeigt sich hingegen eine deutliche prozentuale Veränderung. Da der Kaltluftvolumenstrom in der ersten Nachthälfte jedoch insgesamt noch sehr gering ist, beschränken sich die absoluten Veränderungen auf das Plangebiet und dessen direktes Umfeld. In der zweiten Nachthälfte steigt der Einfluss der Planung jedoch und die Veränderungen reichen deutlich über das Plangebiet hinaus. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass sich in

angrenzenden Wohngebieten keine signifikanten Abnahmen im Kaltluftvolumenstrom ergeben, sodass infolge des Planvorhabens in diesen sensiblen Bereichen auch in der zweiten Nachthälfte nicht mit einer verschlechterten Durchlüftung gerechnet werden muss.

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass innerhalb des Plangebietes aufgrund des hohen Vegetationsbestandes im Istfall ein eher günstiges Mikroklima herrscht. Durch die Planung steigt die thermische und bioklimatische Belastung inner- und außerhalb des Plangebietes.

Vor allem der hohe Versiegelungsgrad gegenüber dem Istfall wirkt sich negativ auf die thermische Situation aus, woraus sowohl am Tag als auch in der Nacht Temperaturzunahmen resultieren. Diese reichen deutlich über das Plangebiet hinaus auch an sensible Wohnnutzungen heran. Auch die bioklimatische Belastung steigt infolge der Versiegelung. Der Wegfall von Verschattung durch Vegetation und die geplanten Gebäude sorgt zusätzlich für eine Zunahme der Belastung. Hiervon sind sowohl die Außenbereiche des Plangrundstücks als auch der angrenzende Gehweg betroffen. Bei der Entwicklung der Außenanlagen sollte daher auf die Verbesserung der Aufenthaltsqualität hingearbeitet werden.

- Erhalt von Bestandsbäumen zur Sicherung der Verschattung und Verdunstung und Ergänzung durch die Neuanpflanzung von Bäume in Bereichen mit hoher bioklimatischer Belastung
- Entsiegelung und Begrünung der Oberflächen zur Erhöhung der Speicherfähigkeit und Erhöhung der Verdunstung sowie Regenwasserspeichern zur Aufrechterhaltung der Verdunstungsleistung in Trockenperioden
- Schaffung von Wasserflächen in gut durchlüfteten Bereichen zur Kühlung der Luft
- zusätzliche Gebäudebegrünung in Form von Fassadenbegrünung zur Verringerung von Reflexionen in Aufenthaltsbereiche, falls Baumpflanzungen nicht möglich sind und Ausführung der Dachbegrünung mit einer hohen Speicherfähigkeit für Regenwasser
- Grünflächenbewässerung mit dem gespeicherten Regenwas

Peutz Consult GmbH

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

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

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Übersichtslageplan Istfall
- Anlage 2 Übersichtslageplan Planfall
- Anlage 3 Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Ratingen – Planungshinweiskarte Tag
- Anlage 4 Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Ratingen – Planungshinweiskarte Nacht
- Anlage 5 Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Ratingen – Klimaanalysekarte Nacht
- Anlage 6 Windrichtungs- und geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Düsseldorf-Flughafen im Zeitraum 2011-2020 (links: Allgemein; rechts: Tmx > 30 °C)
- 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 Absolute Änderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang

- Anlage 15 Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall
- Anlage 16 Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 17 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 18 Absolute Änderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 19 Mächtigkeit der Kaltluftschicht sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall
- Anlage 20 Mächtigkeit der Kaltluftschicht sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 21 Prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 22 Absolute Änderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 23 Kaltluftvolumenstrom sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Istfall
- Anlage 24 Kaltluftvolumenstrom sechs Stunden nach Sonnenuntergang – Planfall
- Anlage 25 Prozentuale Änderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 26 Absolute Änderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 27 ENVI-met Modell-Architektur
- Anlage 28 Vegetation im Istfall

Anlage 29 Vegetation im Planfall

Anlage 30 Oberflächenbeschaffenheit im Istfall

Anlage 31 Oberflächenbeschaffenheit im Planfall

Anlage 32 Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr - Istfall

Anlage 33 Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr - Planfall

Anlage 34 Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall minus Istfall

Anlage 35 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr - Istfall

Anlage 36 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr - Planfall

Anlage 37 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall minus Istfall

Anlage 38 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr - Istfall

Anlage 39 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr - Planfall

Anlage 40 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall minus Istfall

Anlage 41 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag - Istfall

Anlage 42 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag - Planfall

Anlage 43 PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Planfall minus Istfall

Anlage 1: Übersichtslageplan im Istfall



Legende

 Plangebiet

0 100 200 m





Legende

 Plangebiet

0 100 200 m



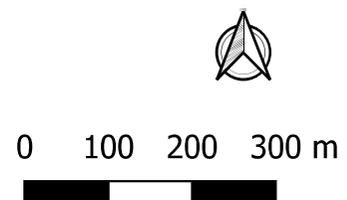
Kartengrundlage: Digitales Orthofoto, ABB (SW); Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-dv-zero-2-0>; DSM-Data: <http://opendatacommons.org/licenses/odby/1.0/>; Lageplan "Neubau eines Bürohauses in Ratingen-Tiefenbruch", Kraft Raum



Legende

- Plangebiet**
- Kein Handlungsbedarf**
Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht erforderlich. Dies wird geringe Dichte an zu bebauen.
- Kaum Handlungsbedarf**
Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht erforderlich. Dies geringe Dichte an zu bebauen.
- Mäßiger Handlungsbedarf**
Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation werden empfohlen. z.B. in Form von Verschattungselementen (z.B. ausdifferenzierter Begrünung, Außenbänke, etc.) vollständig umsetzen und zugänglich sein.
- Hoher Handlungsbedarf**
Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig. Dieser Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie zusätzlicher Begrünung und Verschattung sowie ggf. Entlüftung, Außenbänke, Außenbänke sollen vollständig umzusetzen und zugänglich sein.
- Sehr hoher Handlungsbedarf**
Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und werden. Dieser Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie zusätzlicher Begrünung z.B. Freizeitanlagen, Verschattung und Entlüftung, Außenbänke, Außenbänke sollen vollständig umsetzen und zugänglich sein.
- Sehr hohe ökologische Bedeutung**
Ausgangspunkt mit einer hohen bis sehr hohen ökologischen Qualität, die Erfüllung von für vielfältigen Nutzungspotenzialen erreicht werden können. Naturschutzfachliche Maßnahmen sind zu erheben und zu erfüllen (z.B. Begrünung, die gute Erreichbarkeit zu erreichen zu gewährleisten).
- Hohe ökologische Bedeutung**
Ausgangspunkt mit einer mittleren bis hohen ökologischen Qualität, die Erfüllung von für vielfältigen Nutzungspotenzialen erreicht werden können. Naturschutzfachliche Maßnahmen sind zu erheben und zu erfüllen (z.B. Begrünung, die gute Erreichbarkeit zu erreichen zu gewährleisten).
- Mittlere ökologische Bedeutung**
Ausgangspunkt mit einer mittleren bis hohen ökologischen Qualität, die Erfüllung von für vielfältigen Nutzungspotenzialen erreicht werden können. Naturschutzfachliche Maßnahmen sind zu erheben und zu erfüllen (z.B. Begrünung, die gute Erreichbarkeit zu erreichen zu gewährleisten).
- Geringe ökologische Bedeutung**
Ausgangspunkt mit einem Defizit in der Erfüllung geringer Nutzungspotenzialen. Ein zentraler Bestandteil der Bewertung ist die Bewertung der Erreichbarkeit von Grünflächen. Naturschutzfachliche Maßnahmen sind zu erheben und zu erfüllen (z.B. Begrünung, die gute Erreichbarkeit zu erreichen zu gewährleisten).
- Sehr geringe ökologische Bedeutung**
Ausgangspunkt mit einem Defizit in der Erfüllung geringer Nutzungspotenzialen. Ein zentraler Bestandteil der Bewertung ist die Bewertung der Erreichbarkeit von Grünflächen. Naturschutzfachliche Maßnahmen sind zu erheben und zu erfüllen (z.B. Begrünung, die gute Erreichbarkeit zu erreichen zu gewährleisten).
- Stadtgebiet Ratingen**
- Hauptausgleichsraum**
Öffentliche Grünflächen und Wasser
- Gebäude**
- Gewässer**
- Bereifen, Plätze (Hintergrund)**
- Gleise**

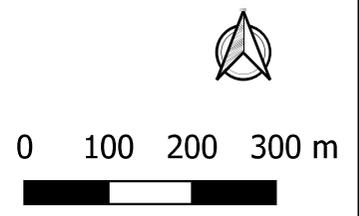
Kartendaten: Stadtklimaanalyse Ratingen 2022, GeoNet, www.stadt-ratingen.de/umwelt_plaen_bauen_wohnen/klimaschutzservice/stadtklima.php

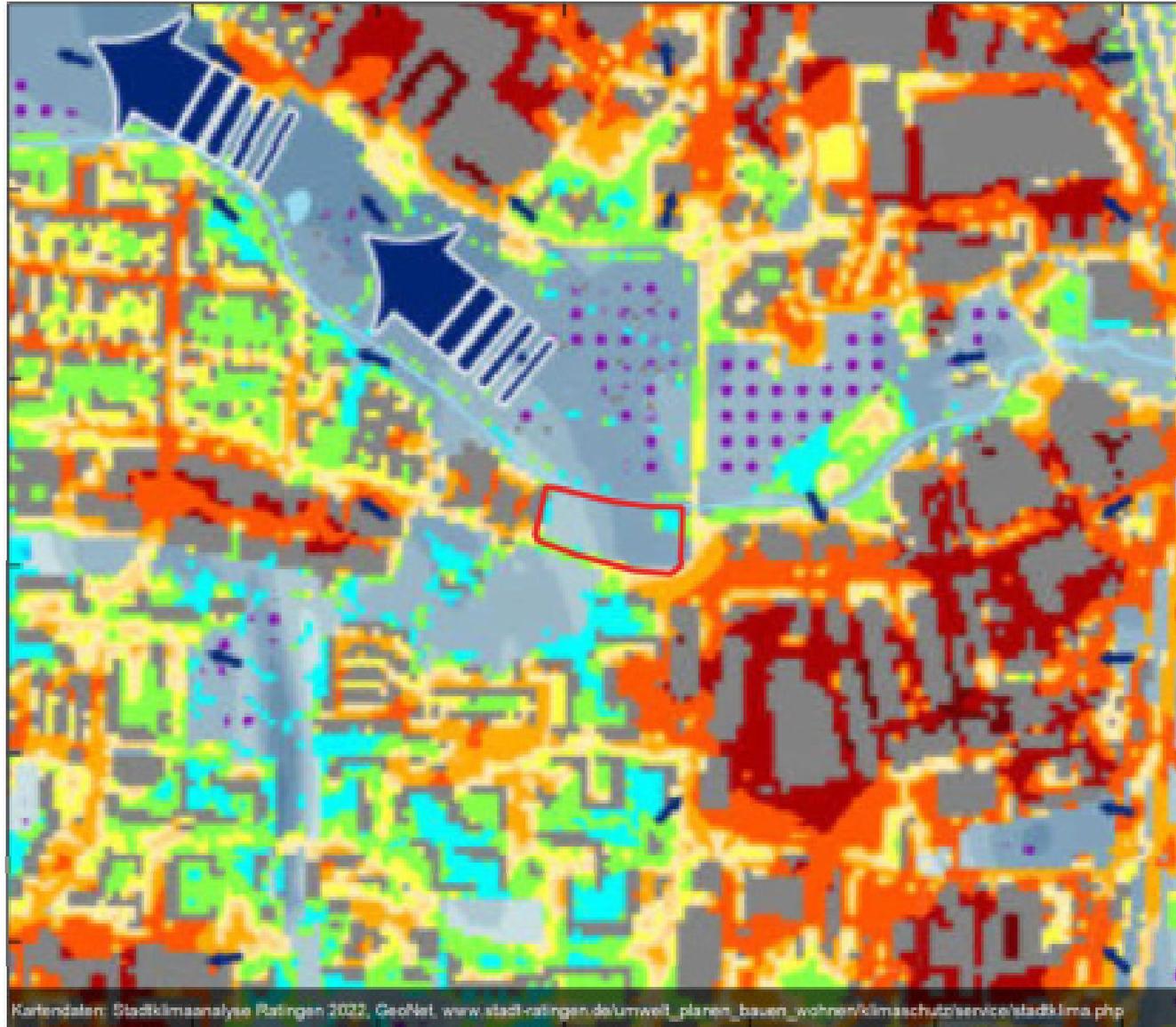




Legende

- Plangebiet
- Kein Handlungsbedarf**
Ausgewiesene Flächen entsprechen mit guter Orientierung und einer geringen Gebäudehöhe (maximaler Gebäudehöhe von 12 m) den Anforderungen an die Nachtsituation. Eine weitere Erhöhung der Gebäudehöhe ist nicht erforderlich. Der negative Einfluss wird durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Kleiner Handlungsbedarf**
Für eine geringere Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Mäßiger Handlungsbedarf**
Für eine geringeren Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Hoher Handlungsbedarf**
Für eine geringeren Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Sehr hoher Handlungsbedarf**
Für eine geringeren Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Sehr hohe ökologische Bedeutung**
Grün- und Freizeitanlagen, die eine zentrale Rolle im städtischen Grünstrukturplan spielen und die wichtigsten ökologischen Funktionen erfüllen. Besondere Eingriffe sind nicht zulässig. Die Flächen sind als Grün- und Freizeitanlagen zu erhalten und zu entwickeln. Die Flächen sind als Grün- und Freizeitanlagen zu erhalten und zu entwickeln.
- Hohe ökologische Bedeutung**
Für die geringere Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Mittlere ökologische Bedeutung**
Für die geringere Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Geringe ökologische Bedeutung**
Für die geringere Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Sehr geringe ökologische Bedeutung**
Für die geringere Gebäudehöhe gegenüber der aktuellen Situation ist eine Erhöhung der Gebäudehöhe erforderlich. Die Erhöhung der Gebäudehöhe ist durch die gute Orientierung ausgeglichen.
- Katluftleitbahn**
- Katluftabfluss**
- Parkwind**
- Katlufteinwirkungsbereich**
- Katluftentlastungsgebiet**
- unbewehrte Bedingungsfläche (aus ALP08-Daten interpretiert)**





Legende

Plangebiet

Siedlungs- und Verkehrsflächen Lufttemperatur (°C) in 2 m ü. Gr.



Grün- und Freiflächen Kaltluftvolumenstromdichte in m³/(s·m)



Kaltluftprozesse

- Kaltluftleitbahn**
Linienhafte Struktur, welche über Flurwinde kalte Luft aus umliegenden Grünflächen in das überwärmte Stadtgebiet transportiert
- Flächenhafter Kaltluftzufluss**
Kühle, flächenhaft auftretende Flurwinde
- Parkwind**
Kühlende Ausgleichsströmung aus einer umkauten Grünfläche
- Kaltluftentzehrungsgebiet**

Sonstiges

- Stadtgrenze
- Gebäude
- Gewässer

Windfeld in 2 m ü. Gr.

- Windgeschwindigkeit in m/s
- > 0,1 - 0,3
 - > 0,3 - 0,5
 - > 0,5 - 1,0
 - > 1,0

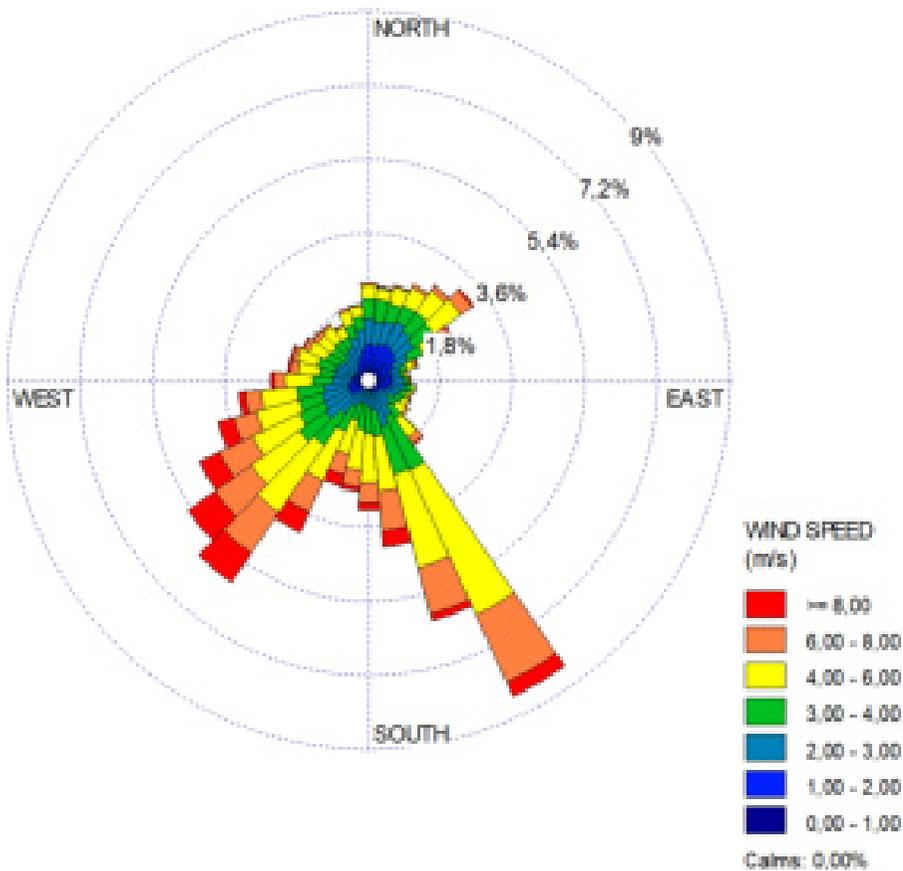


0 100 200 300 m

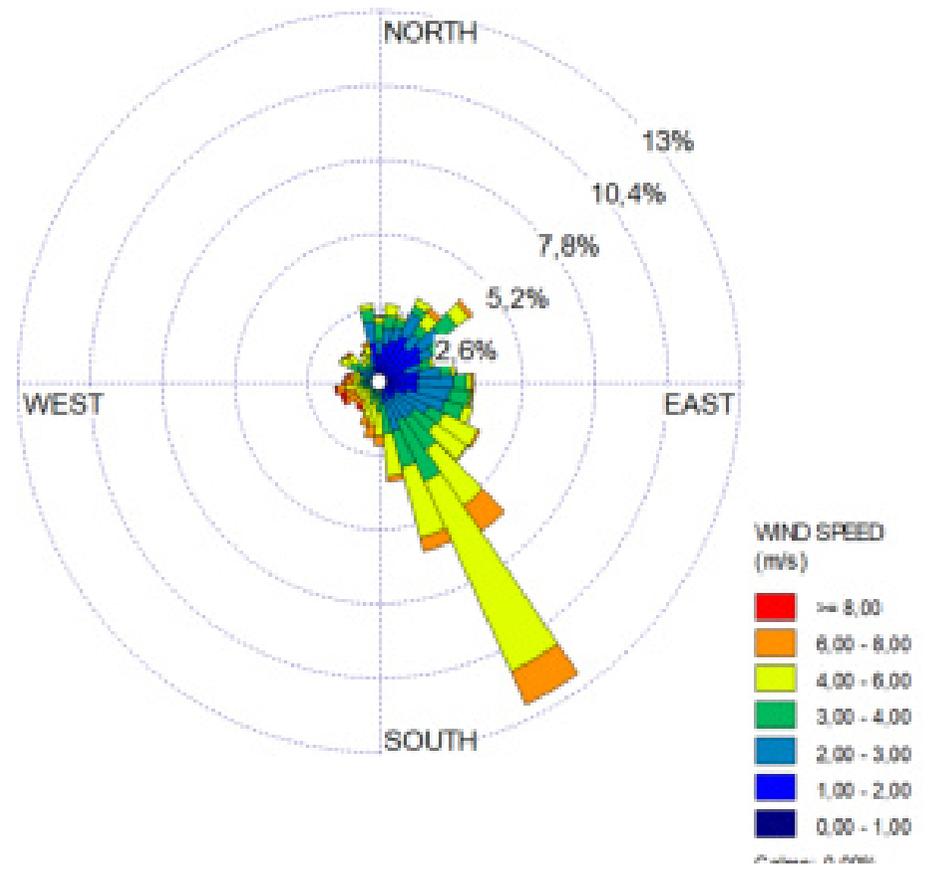


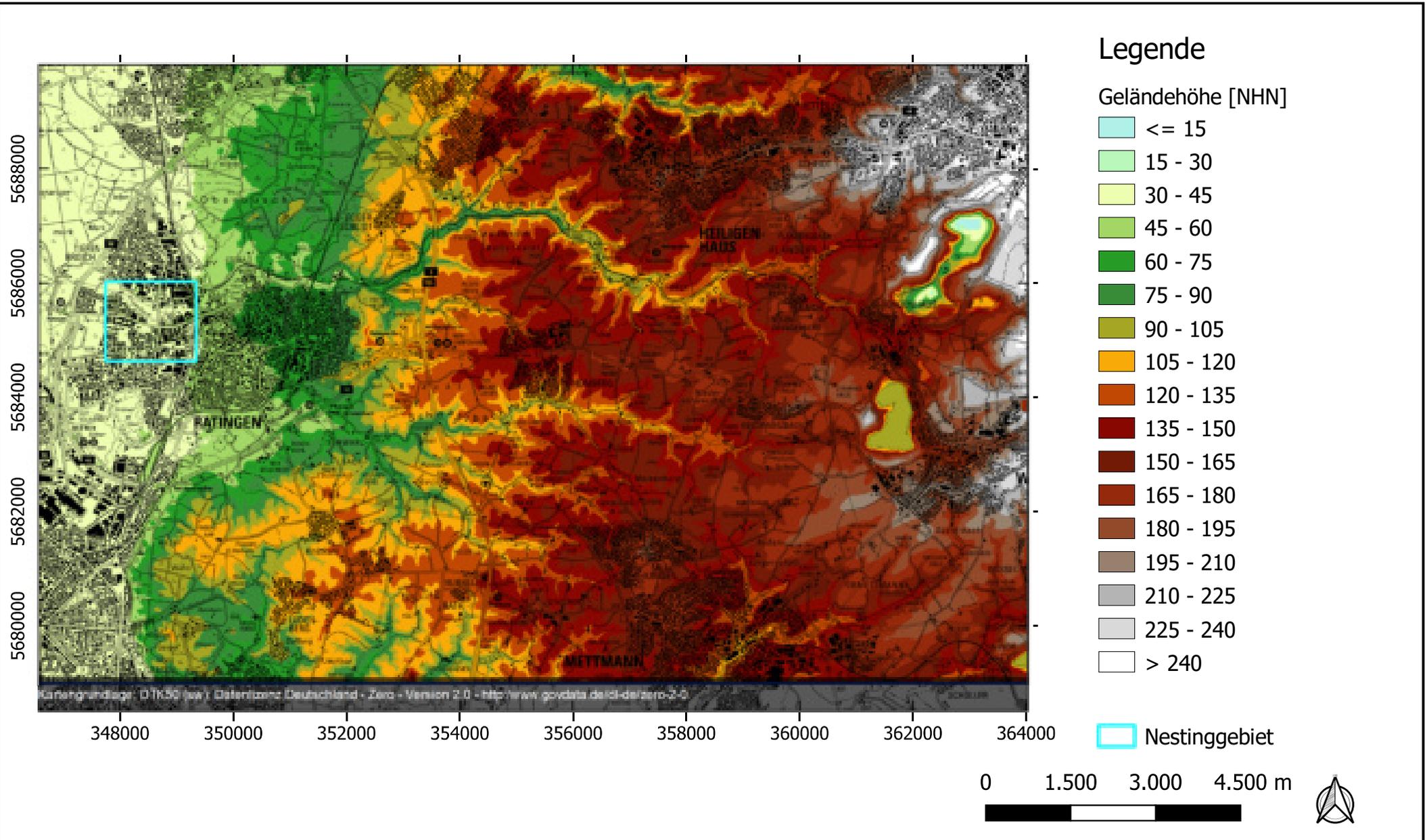
Kartendaten: Stadtklimaanalyse Ratingen 2022, GeoNet, www.stadt-ratingen.de/umwelt_planen_bauen_wohnen/klimaschutz/service/stadtklima.php

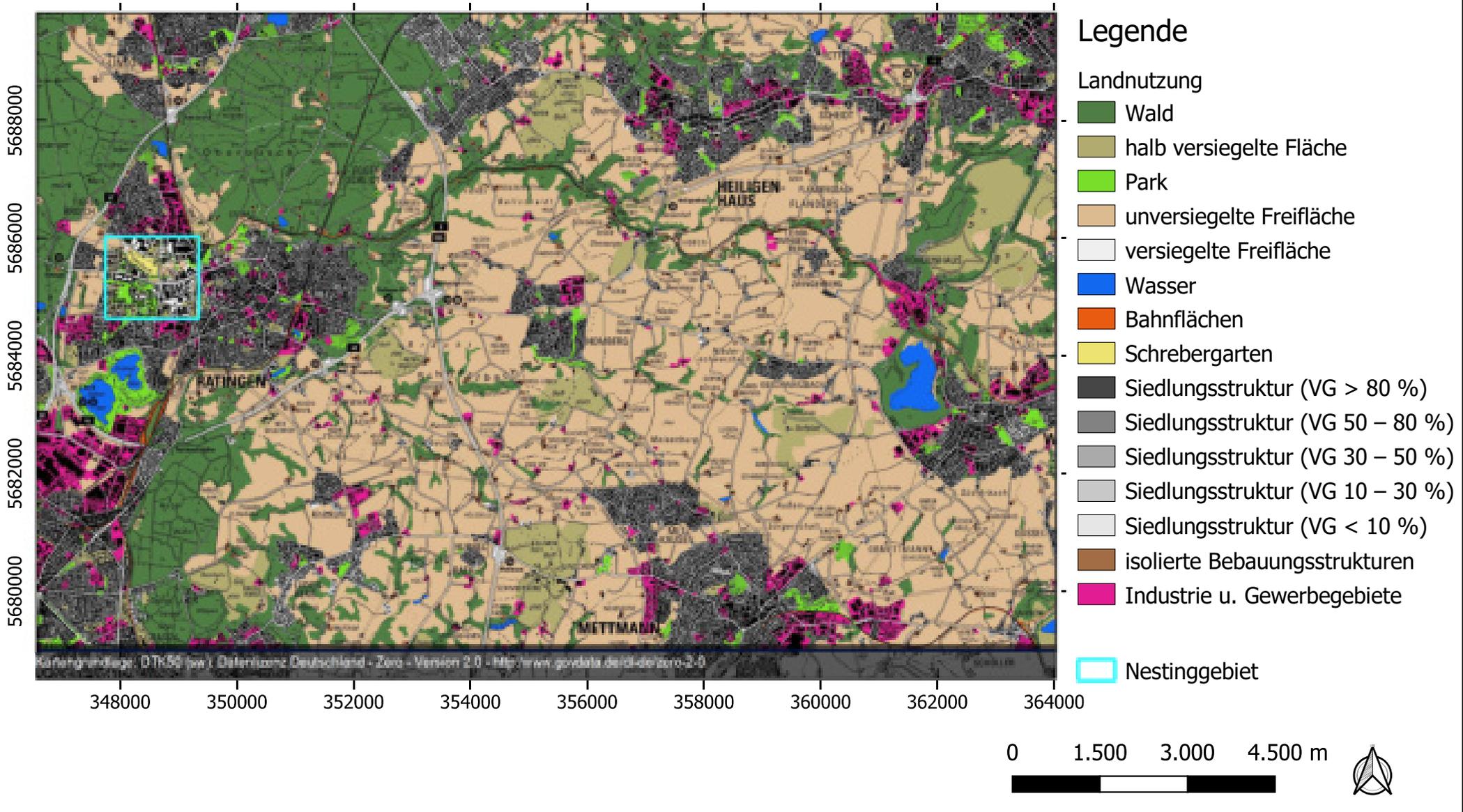
- alle Situationen -

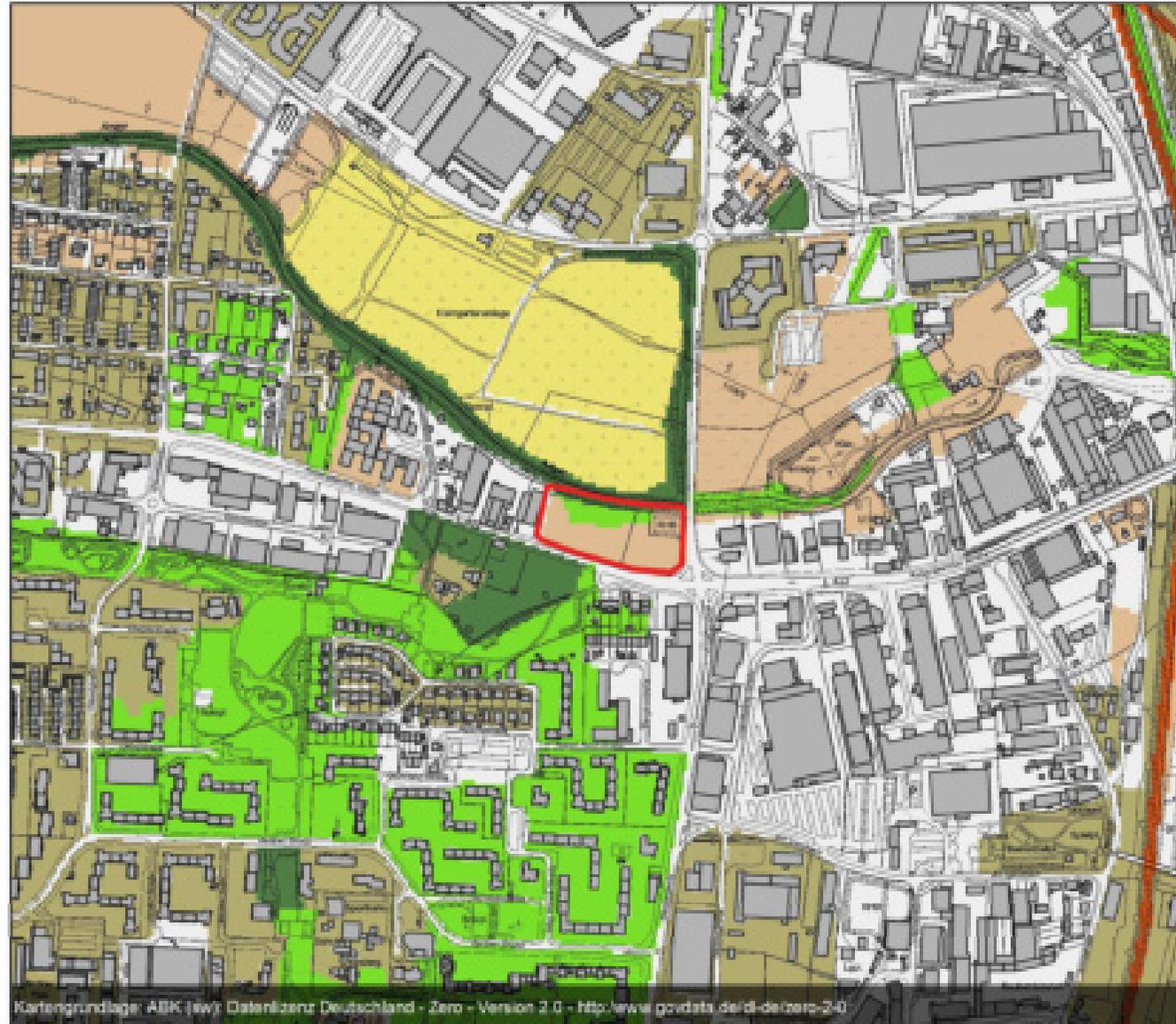


- Tage mit Tmx > 30°C -









Legende

Landnutzung

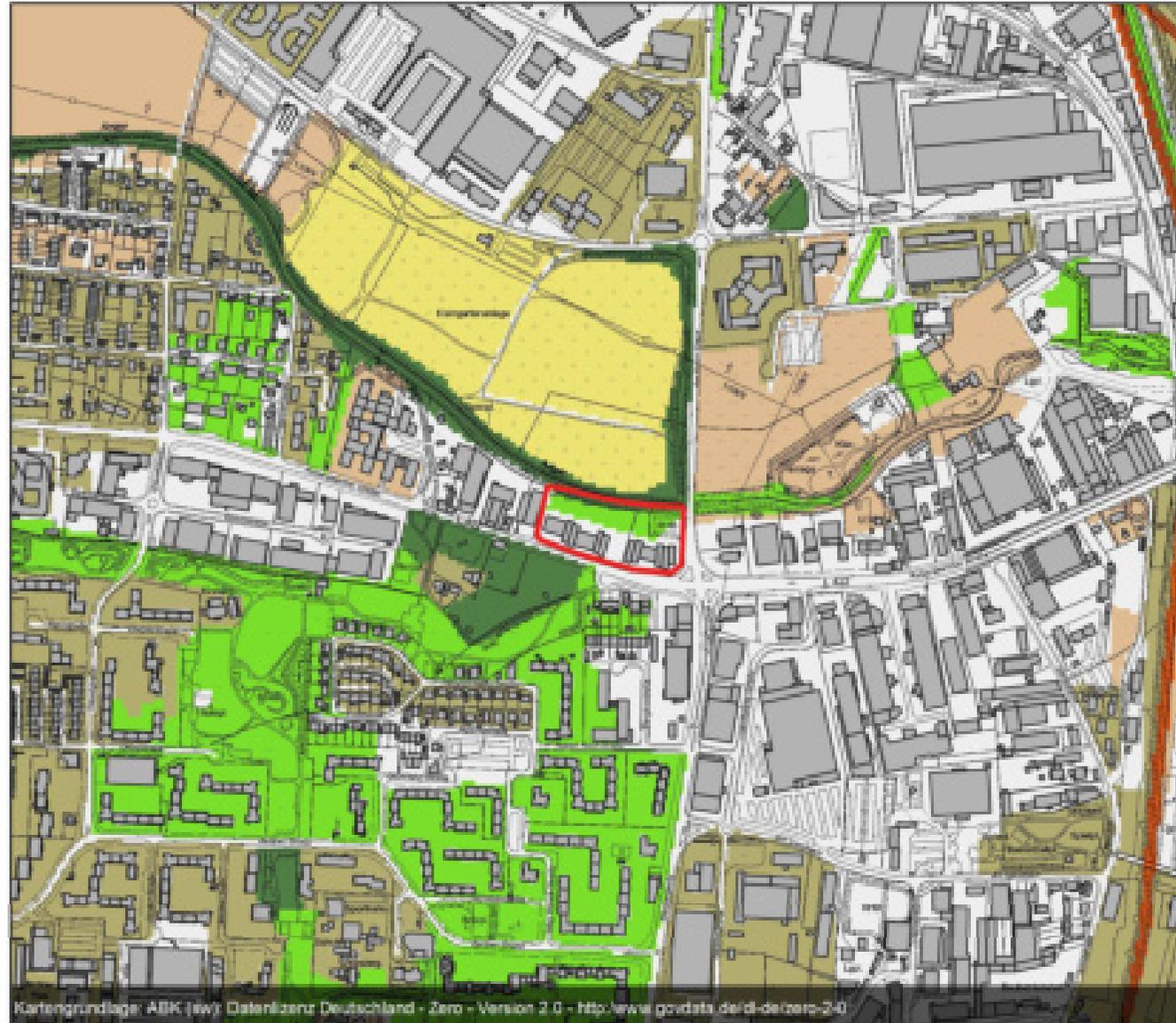
- Wald
- halb versiegelte Fläche
- Park
- unversiegelte Freifläche
- versiegelte Freifläche
- Wasser
- Bahnflächen
- Schrebergarten
- Siedlungsstruktur (VG > 80 %)
- Siedlungsstruktur (VG 50 – 80 %)
- Siedlungsstruktur (VG 30 – 50 %)
- Siedlungsstruktur (VG 10 – 30 %)
- Siedlungsstruktur (VG < 10 %)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

- Bebauung
- Plangebiet



0 100 200 300 400 m





Legende

Landnutzung

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

- Bebauung
- Plangebiet



0 100 200 300 400 m





Legende

Höhe der Kaltluftschicht [m]

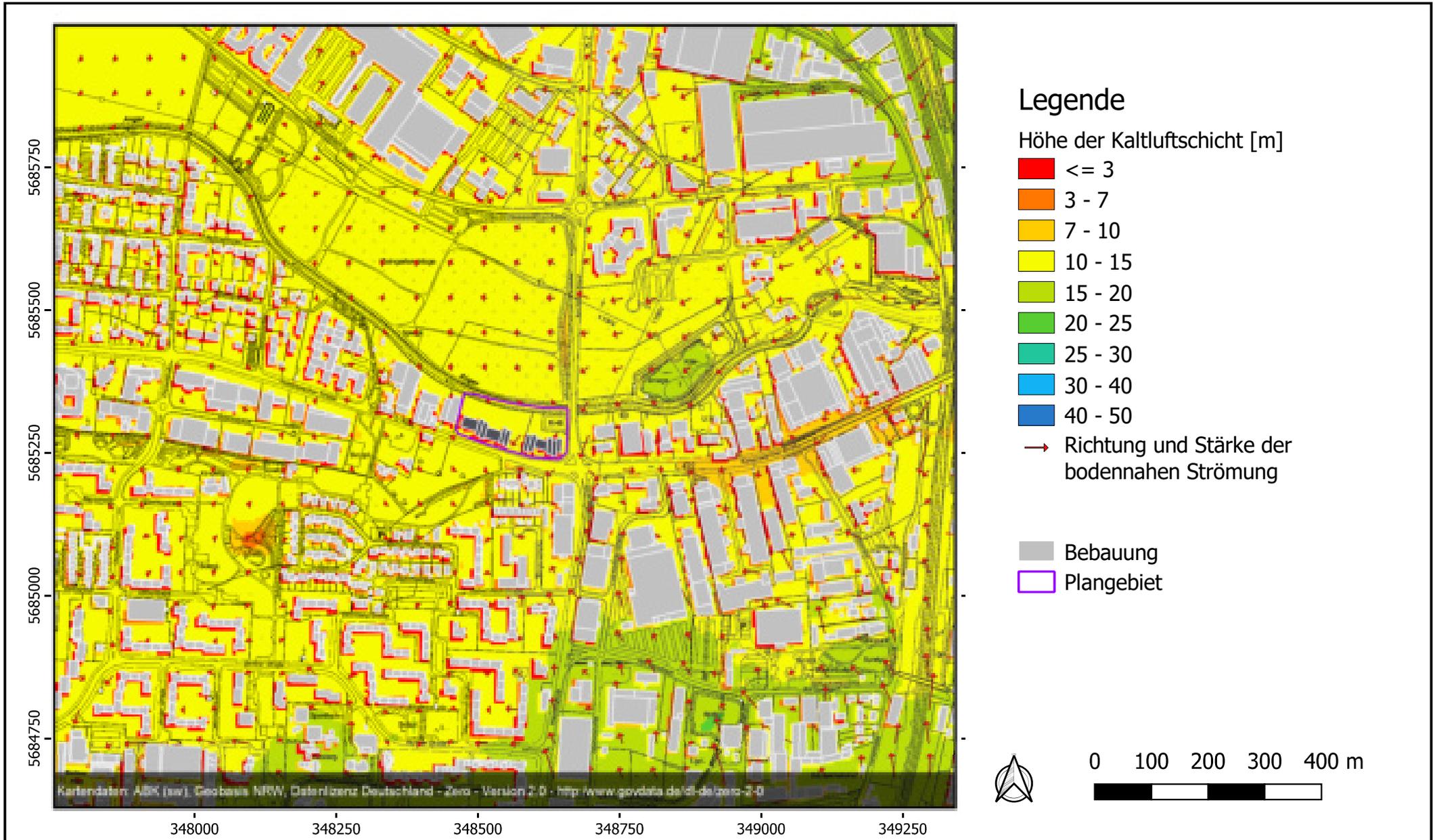
-  ≤ 3
-  3 - 7
-  7 - 10
-  10 - 15
-  15 - 20
-  20 - 25
-  25 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50
-  Richtung und Stärke der bodennahen Strömung

-  Bebauung
-  Plangebiet

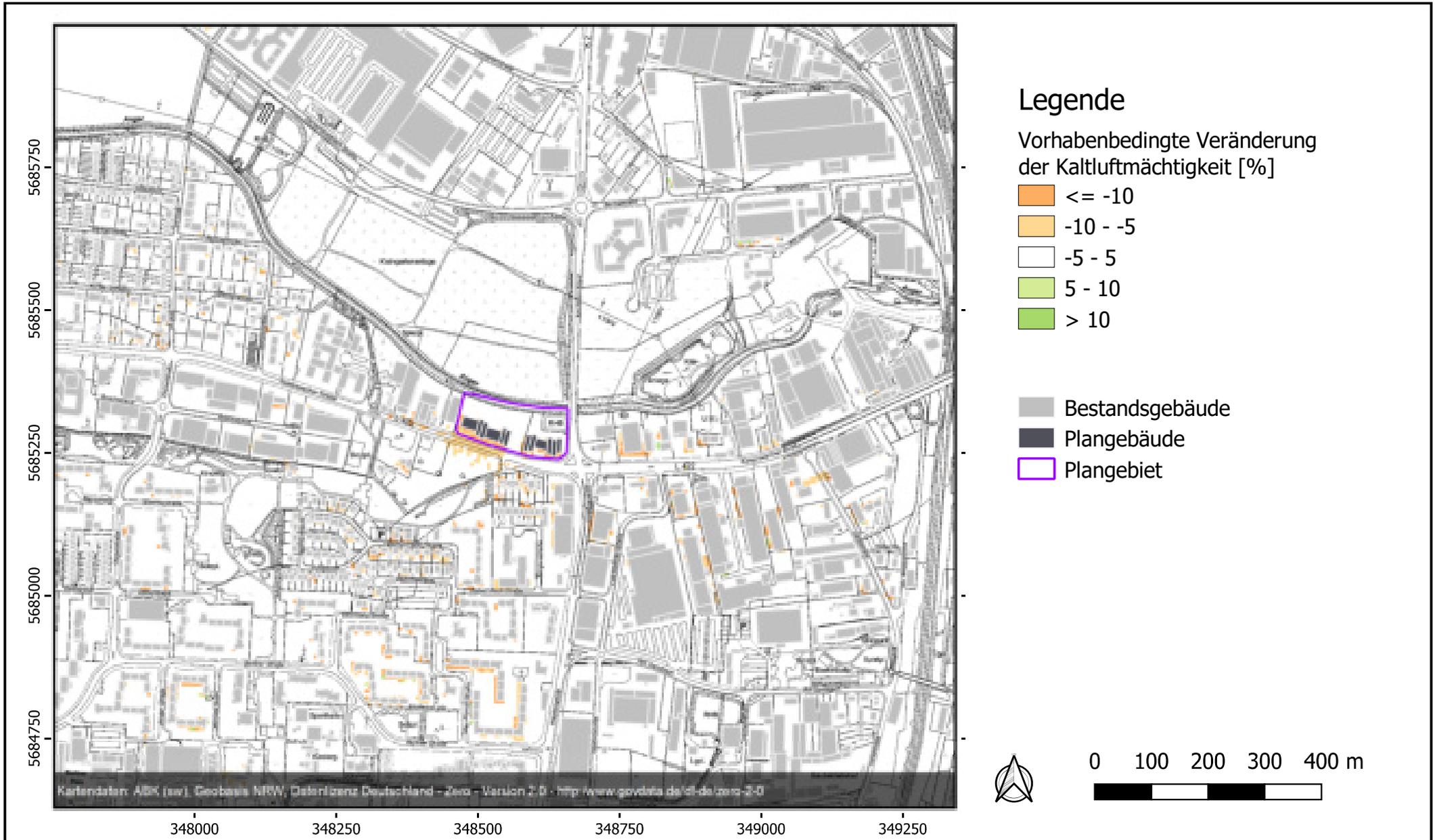


0 100 200 300 400 m

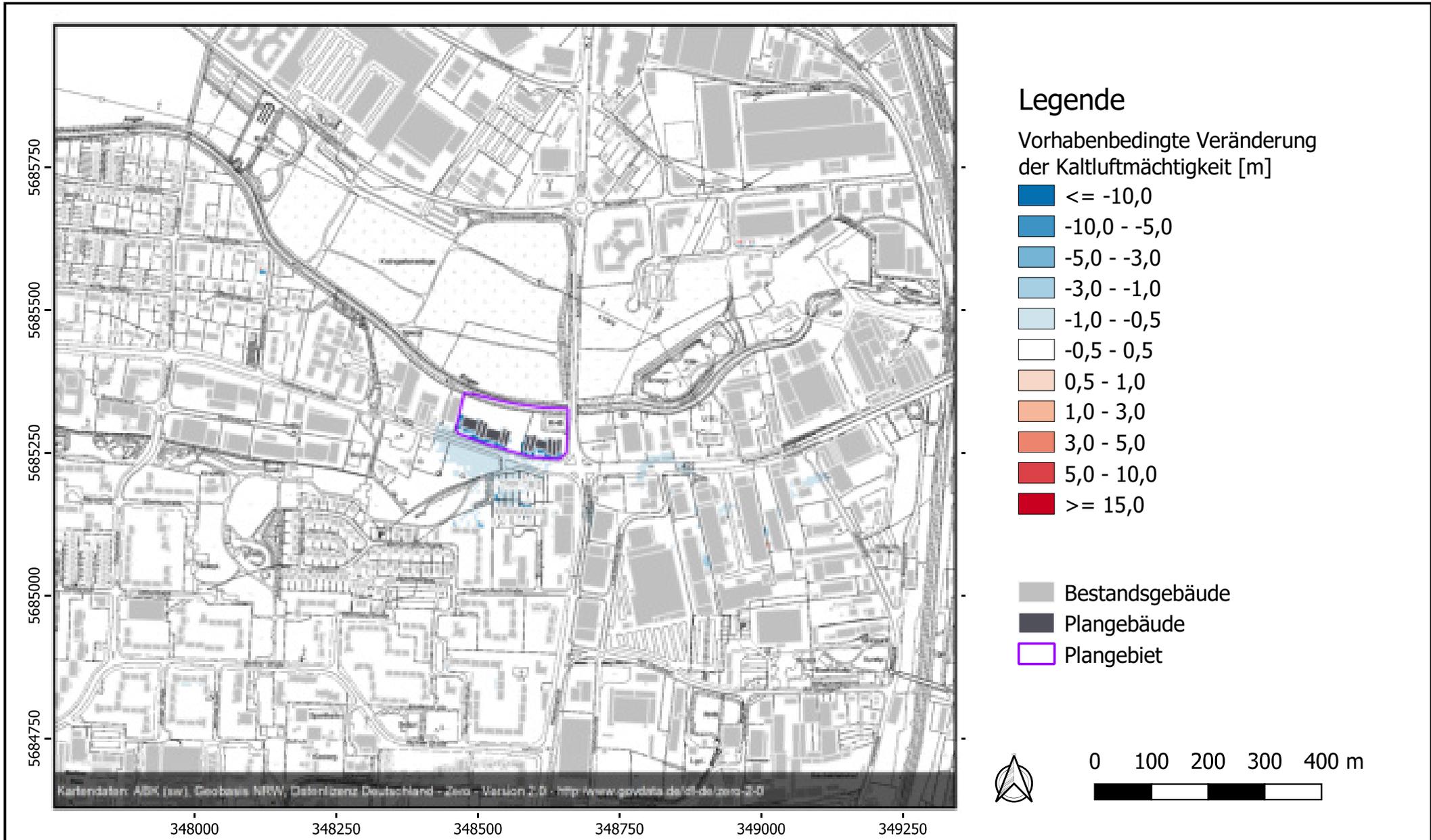




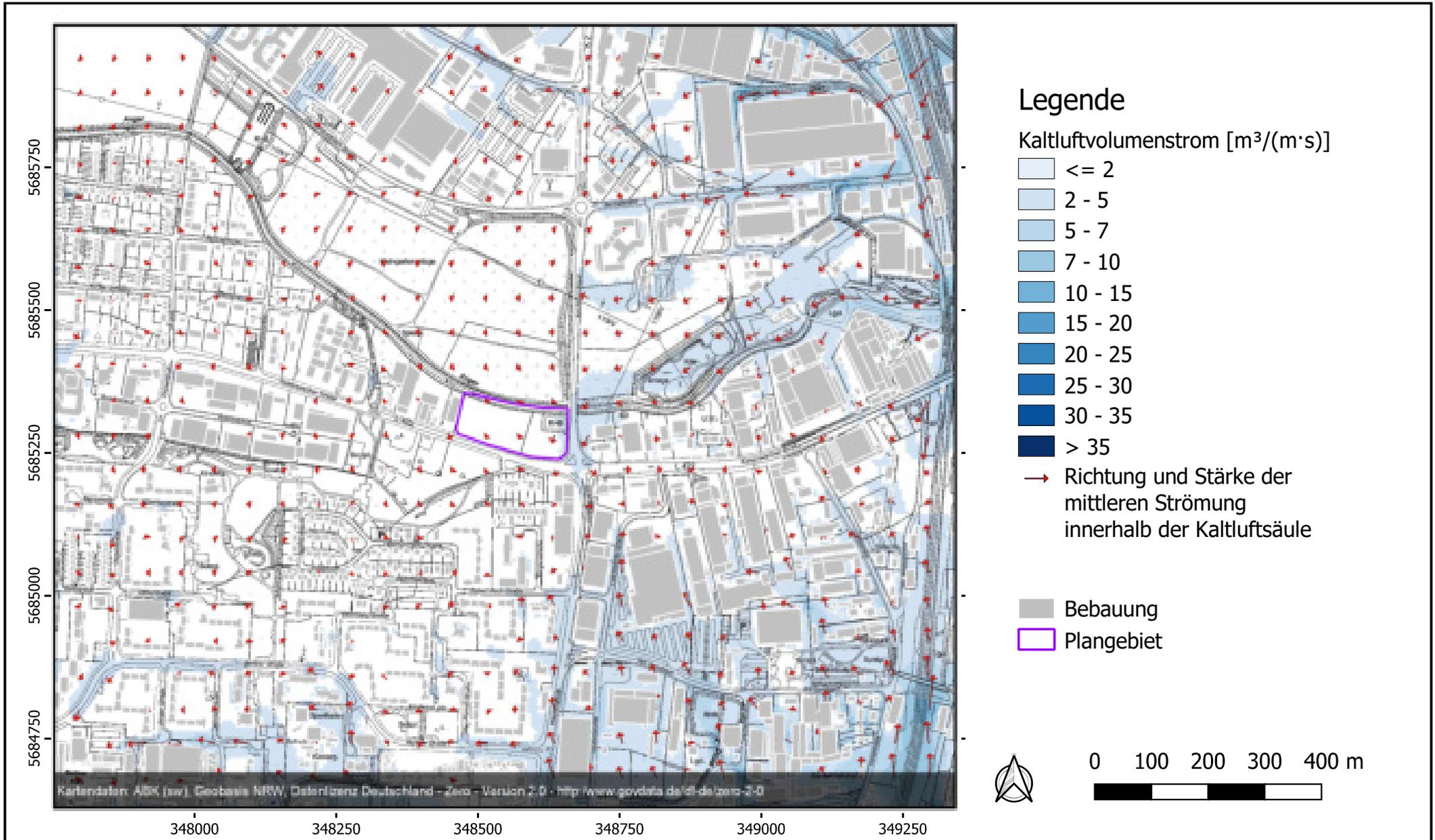
Anlage 13: Prozentuale vorhabenbedingte Änderungen der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens



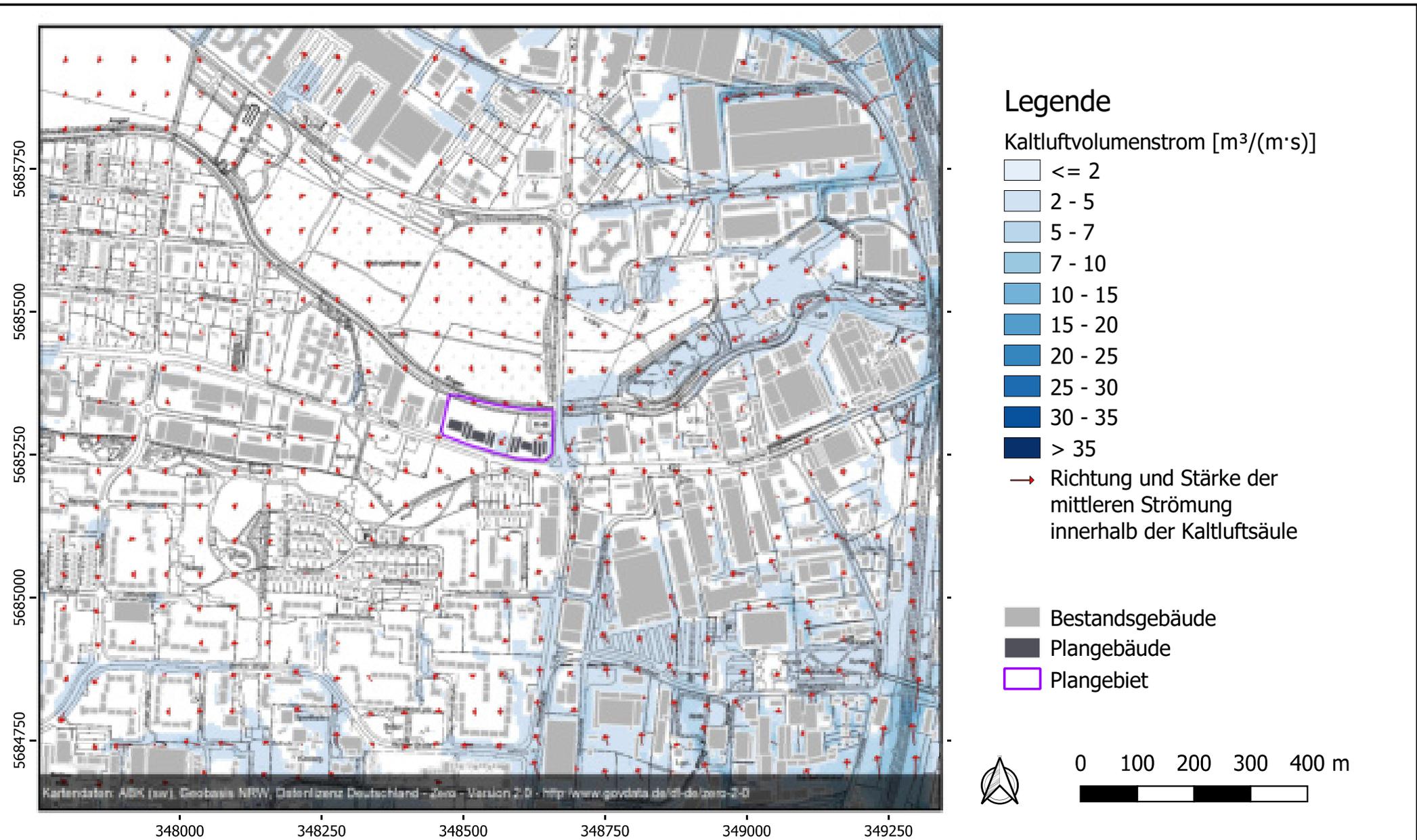
Anlage 14: Absolute vorhabenbedingte Änderungen der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens



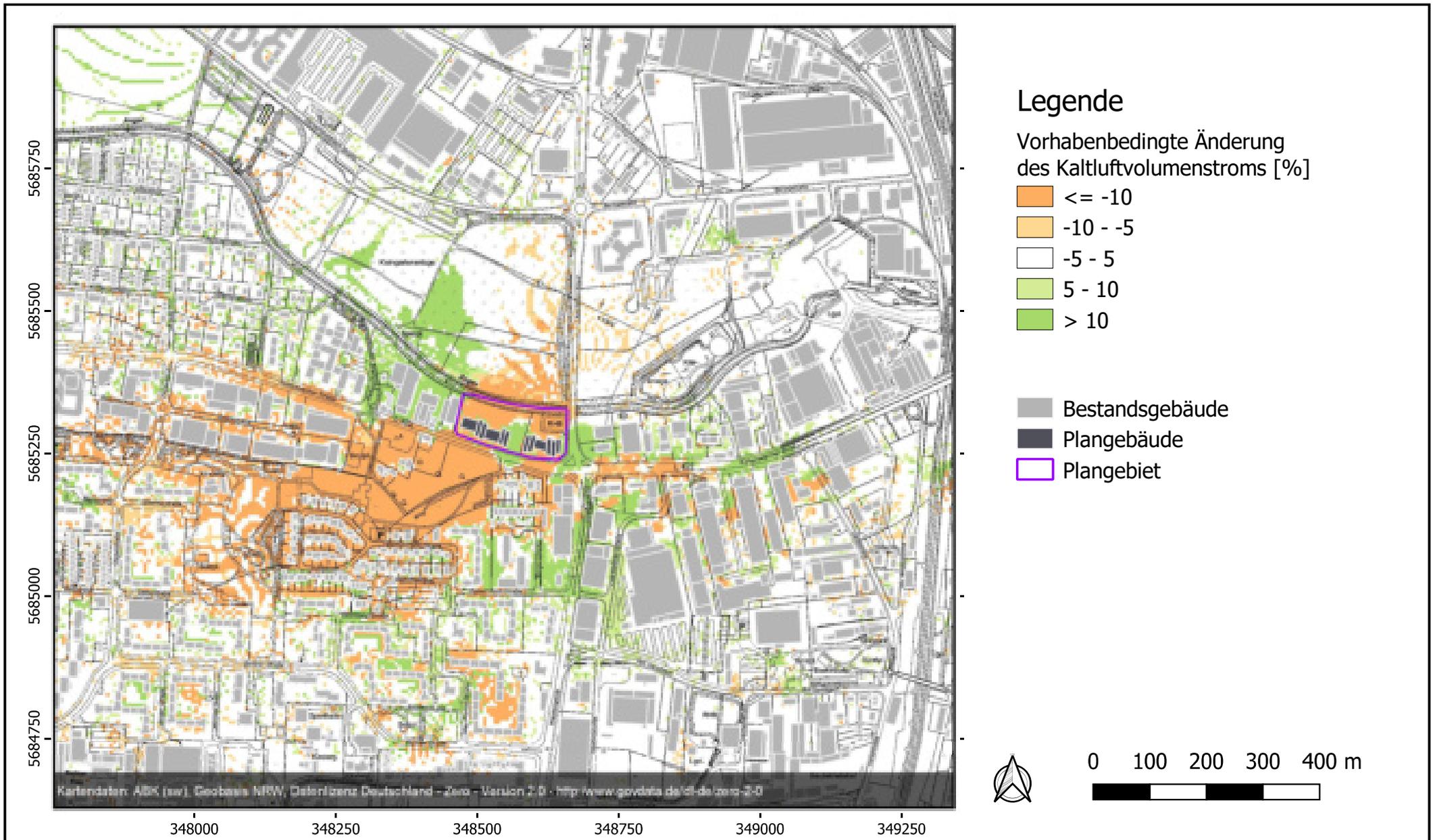
Anlage 15: Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens - Istfall



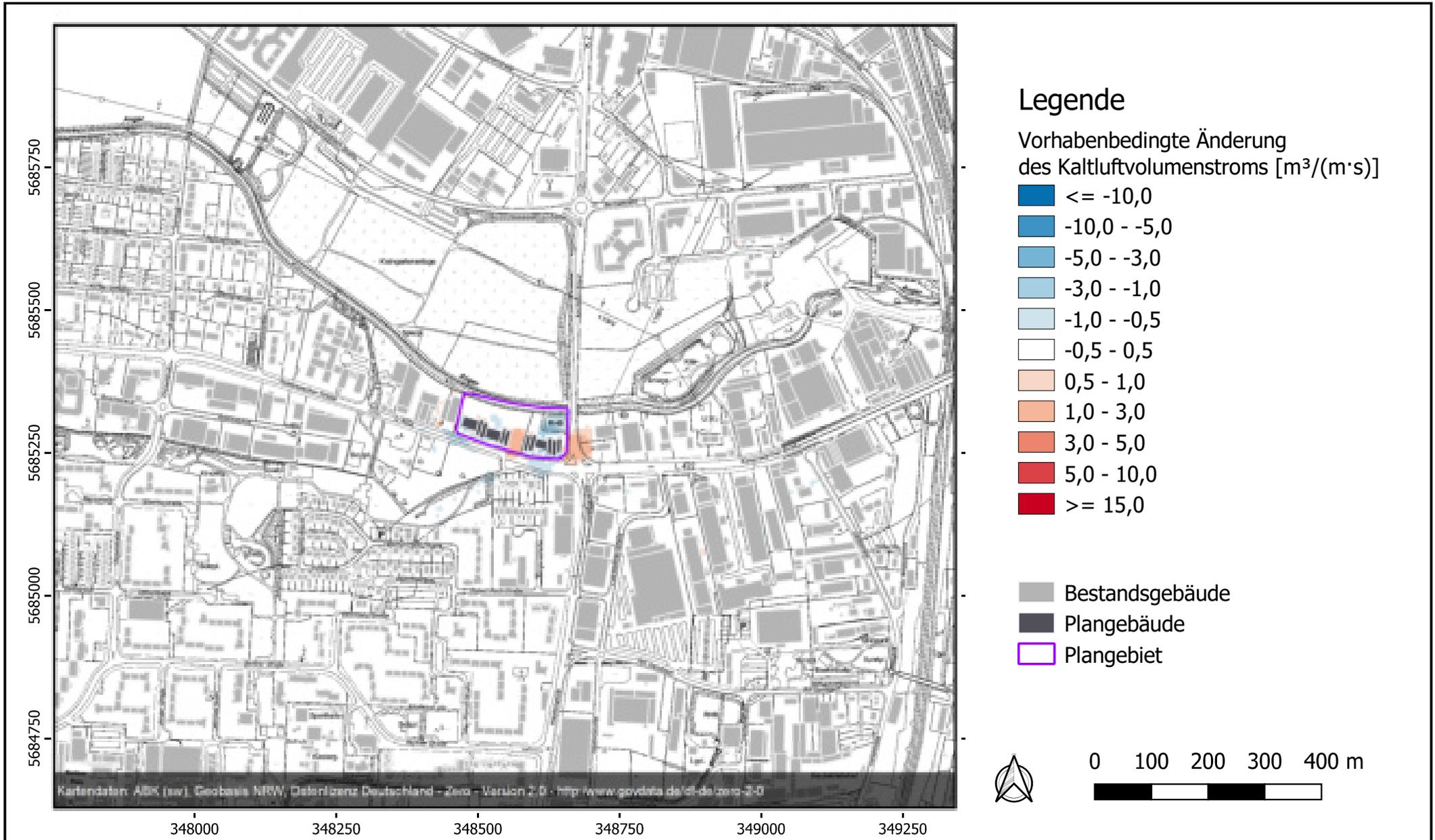
Anlage 16: Kaltluftvolumenstrom zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens - Planfall

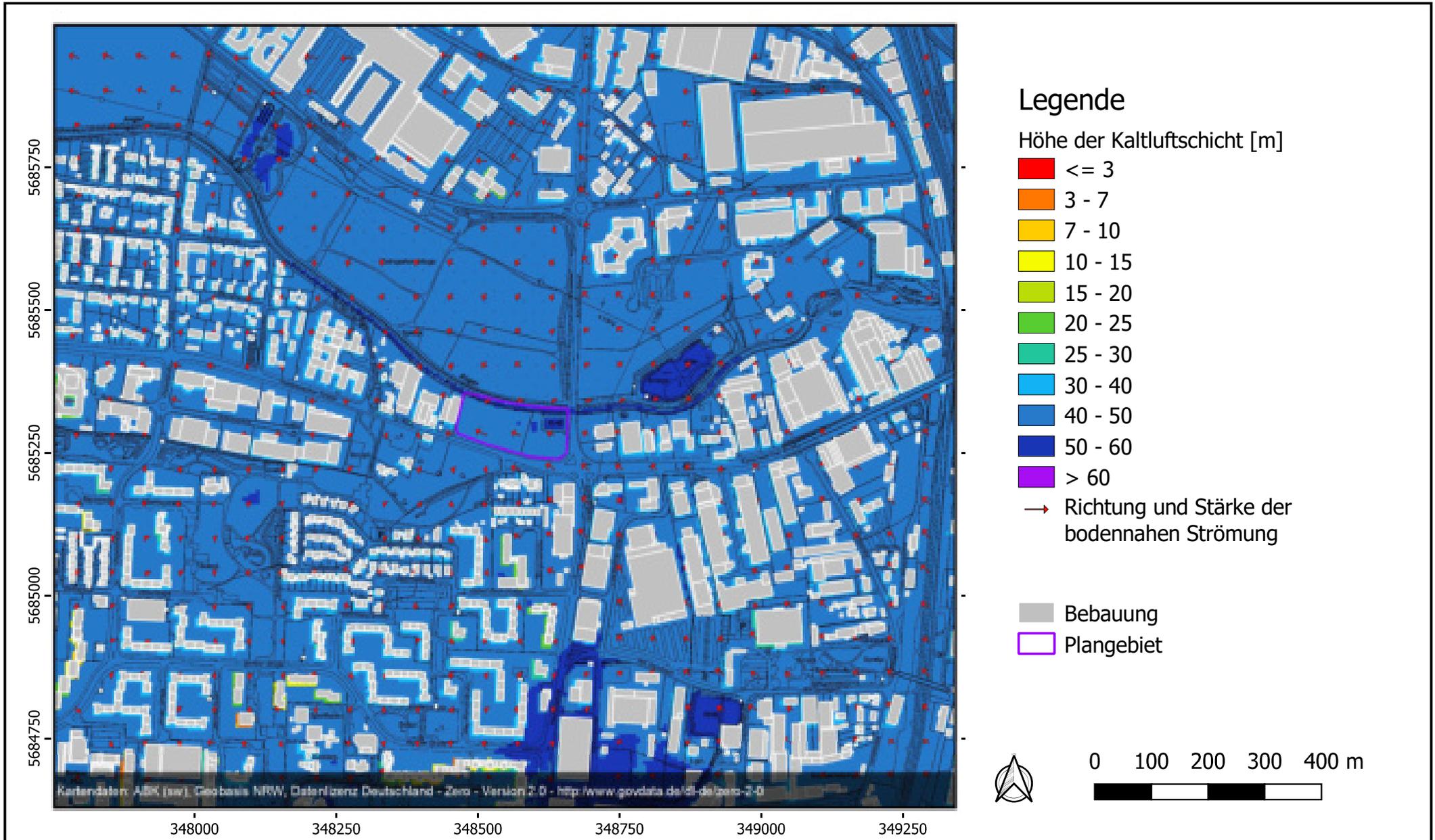


Anlage 17: Prozentuale vorhabenbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens

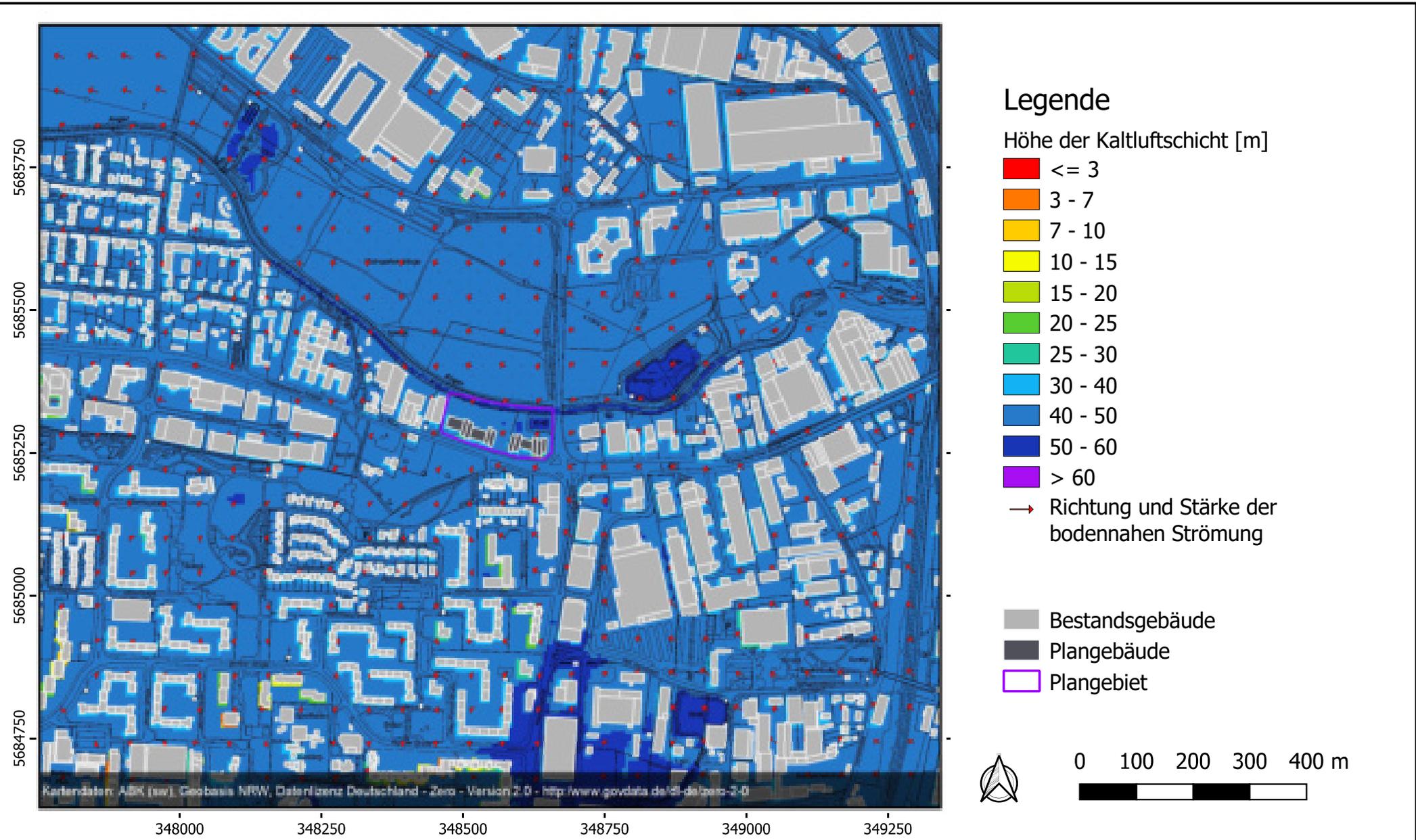


Anlage 18: Absolute vorhabenbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens

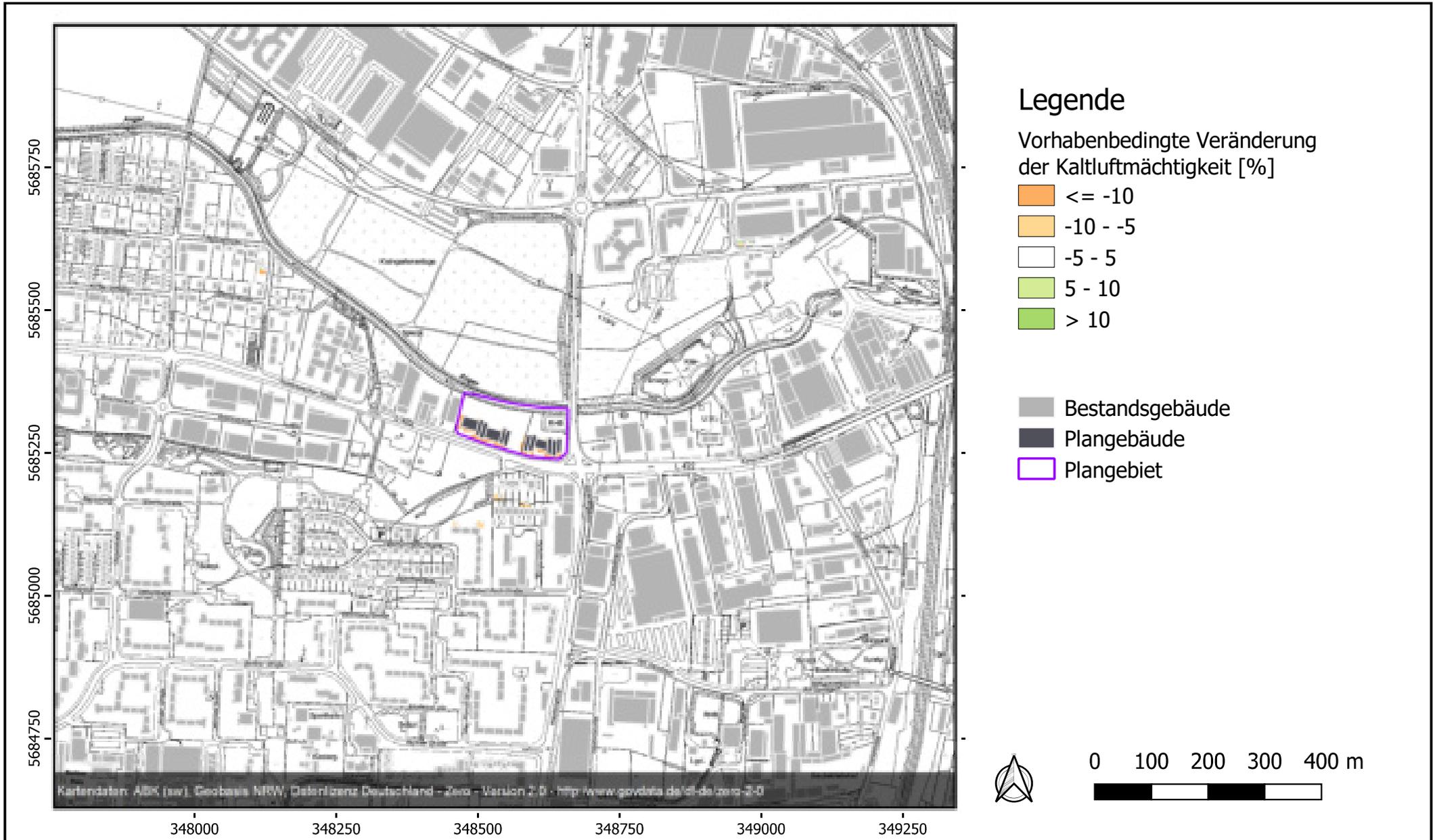




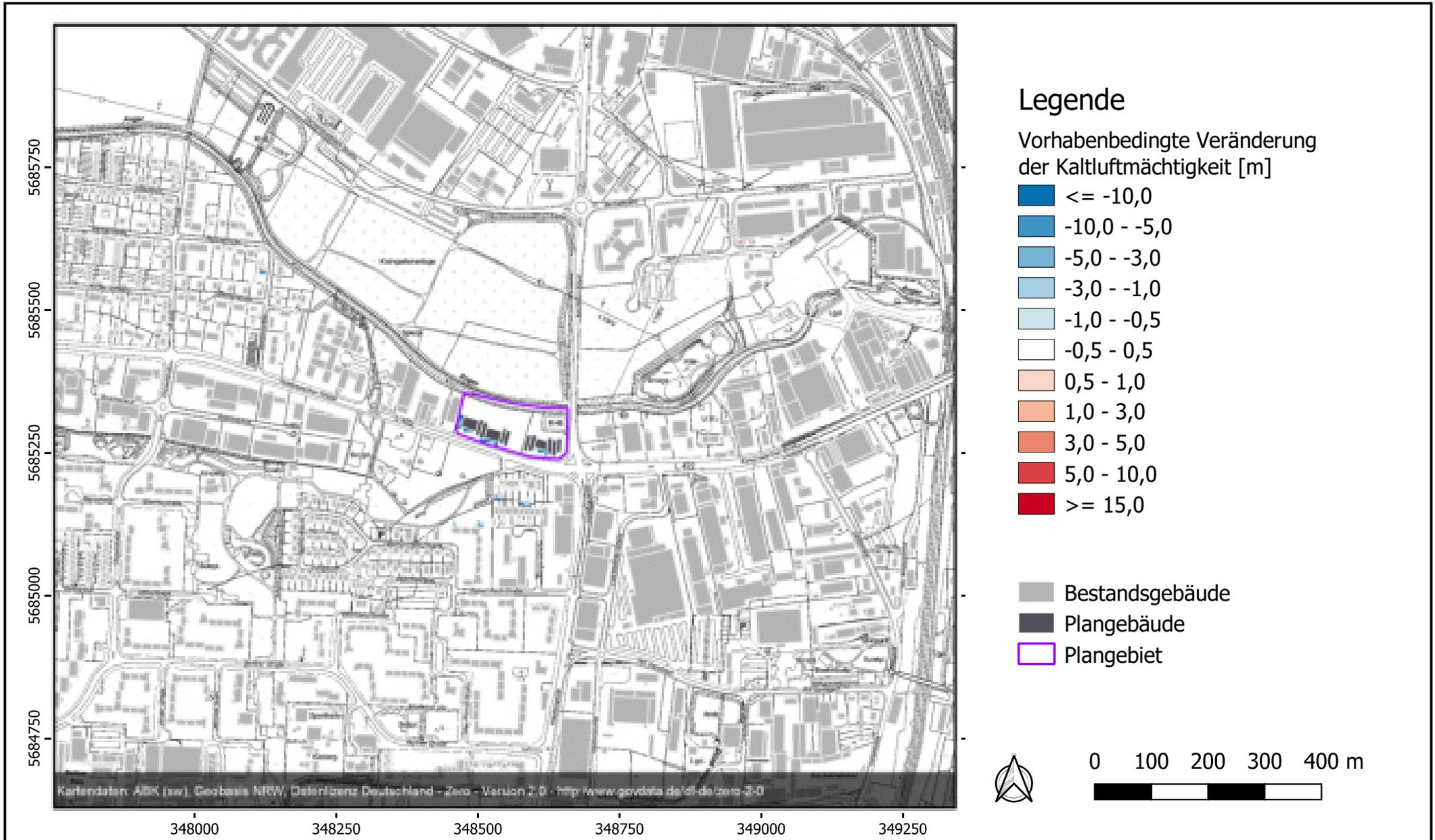
Anlage 20: Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens - Planfall



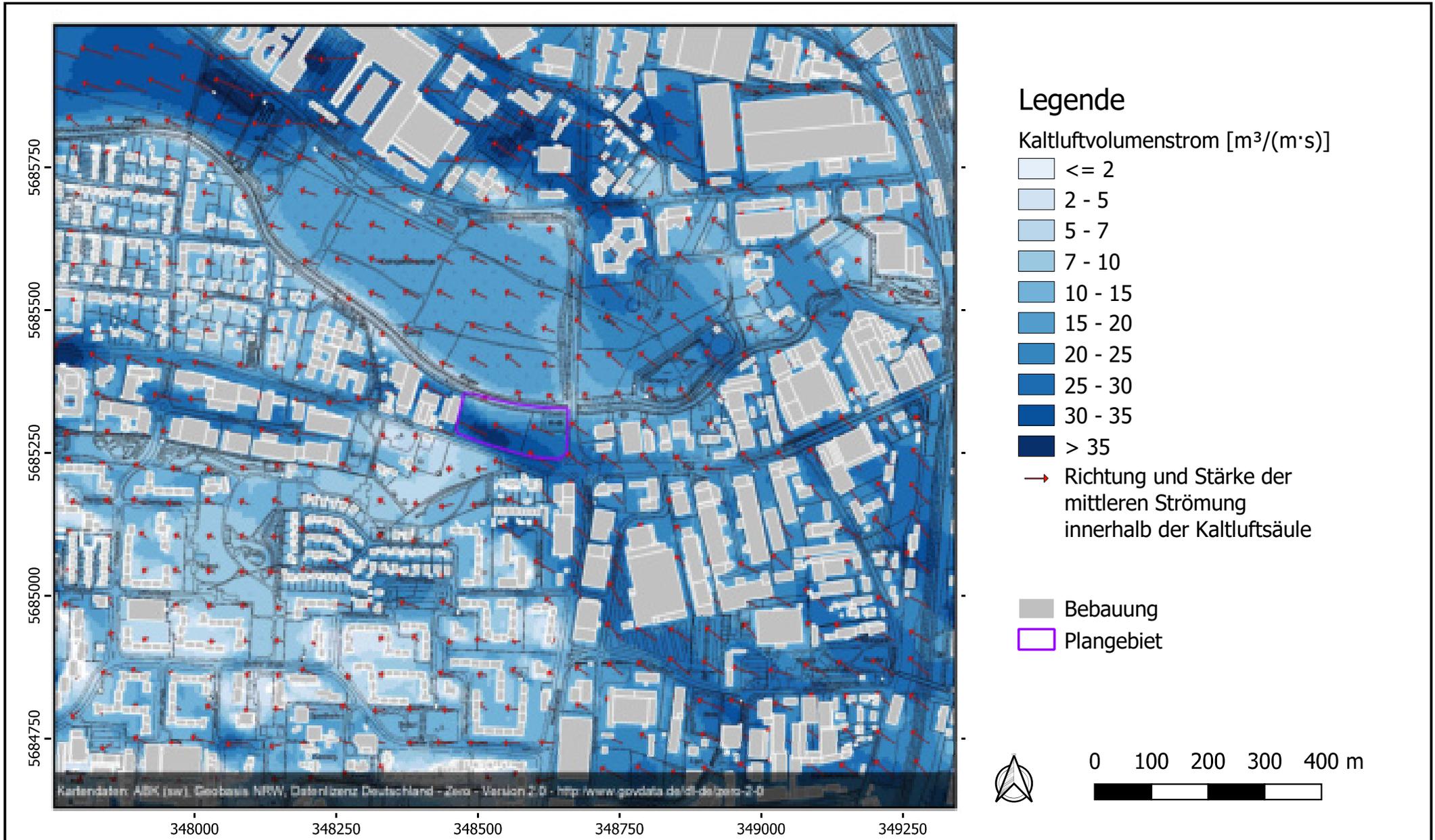
Anlage 21: Prozentuale vorhabenbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens



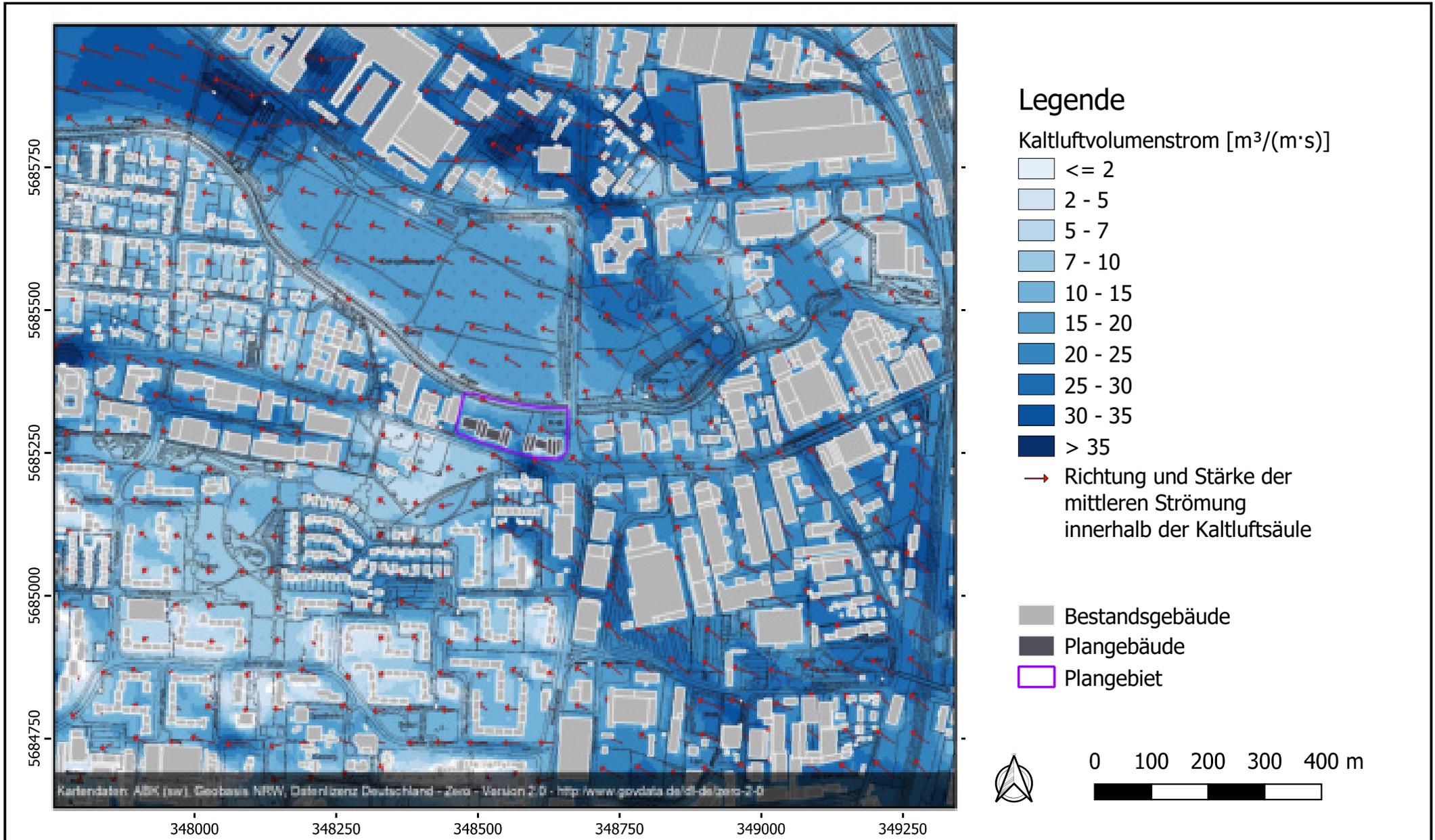
Anlage 22: Absolute vorhabenbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens



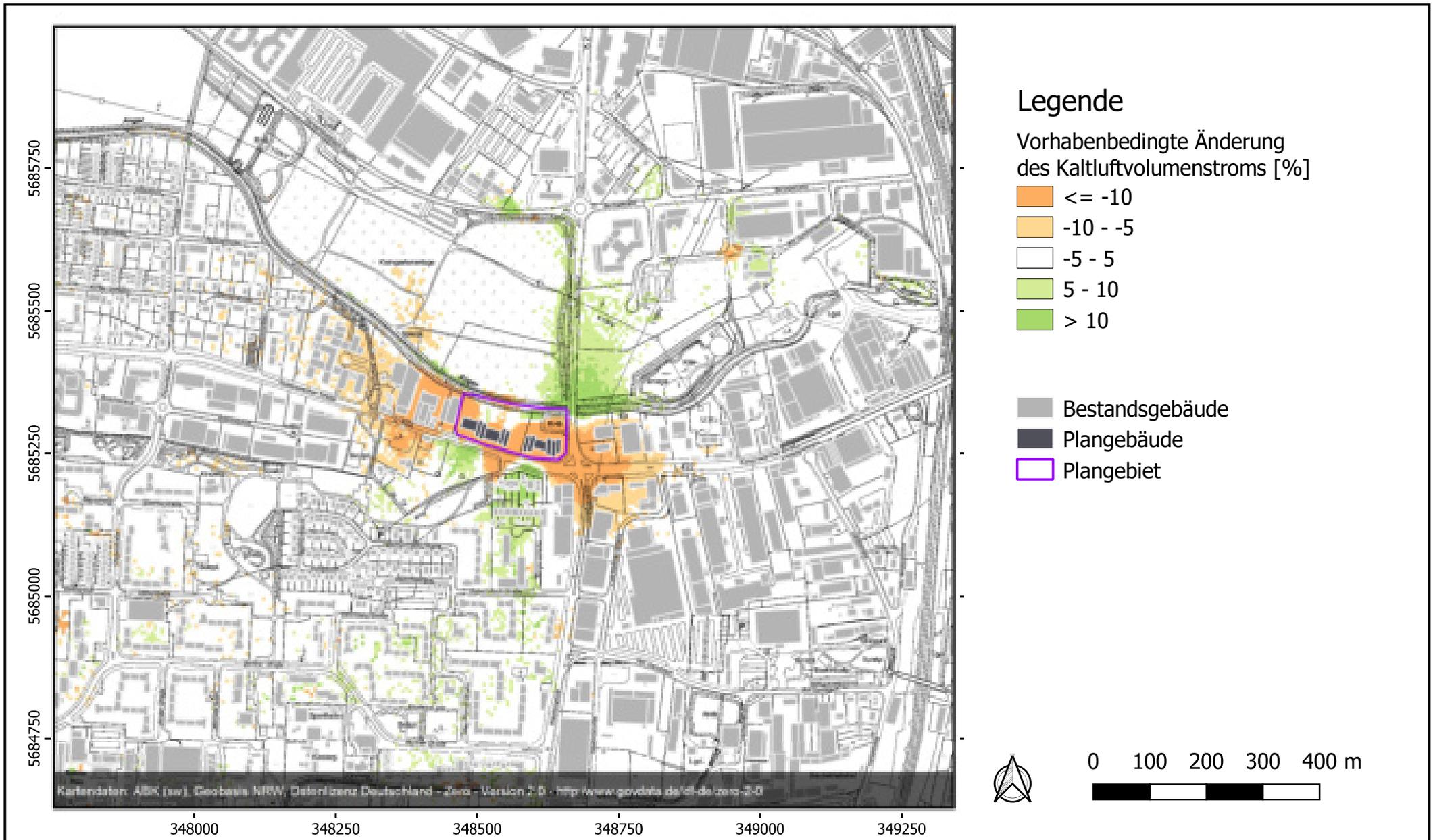
Anlage 23: Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens



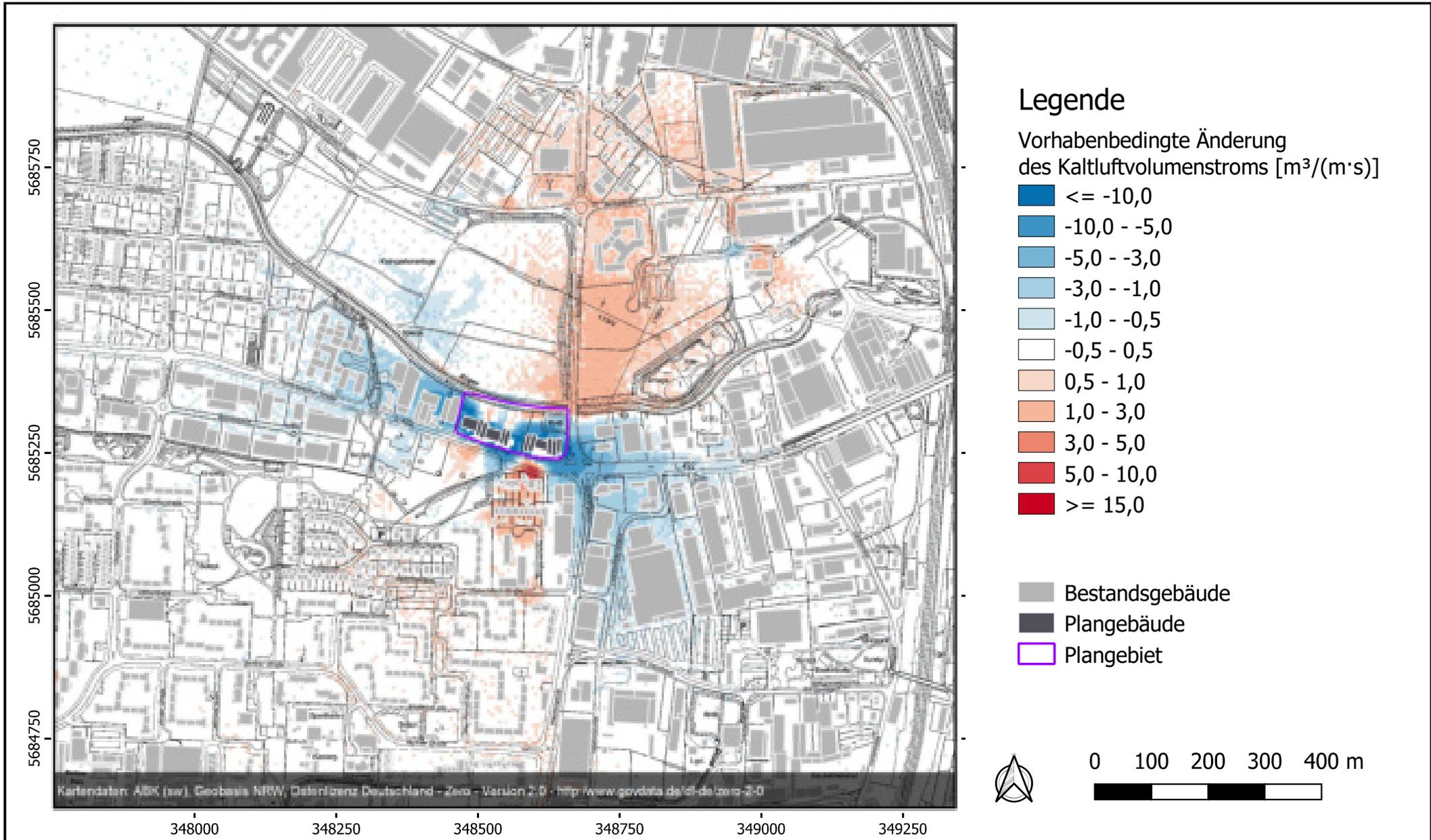
Anlage 24: Kaltluftvolumenstrom sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens - Planfall

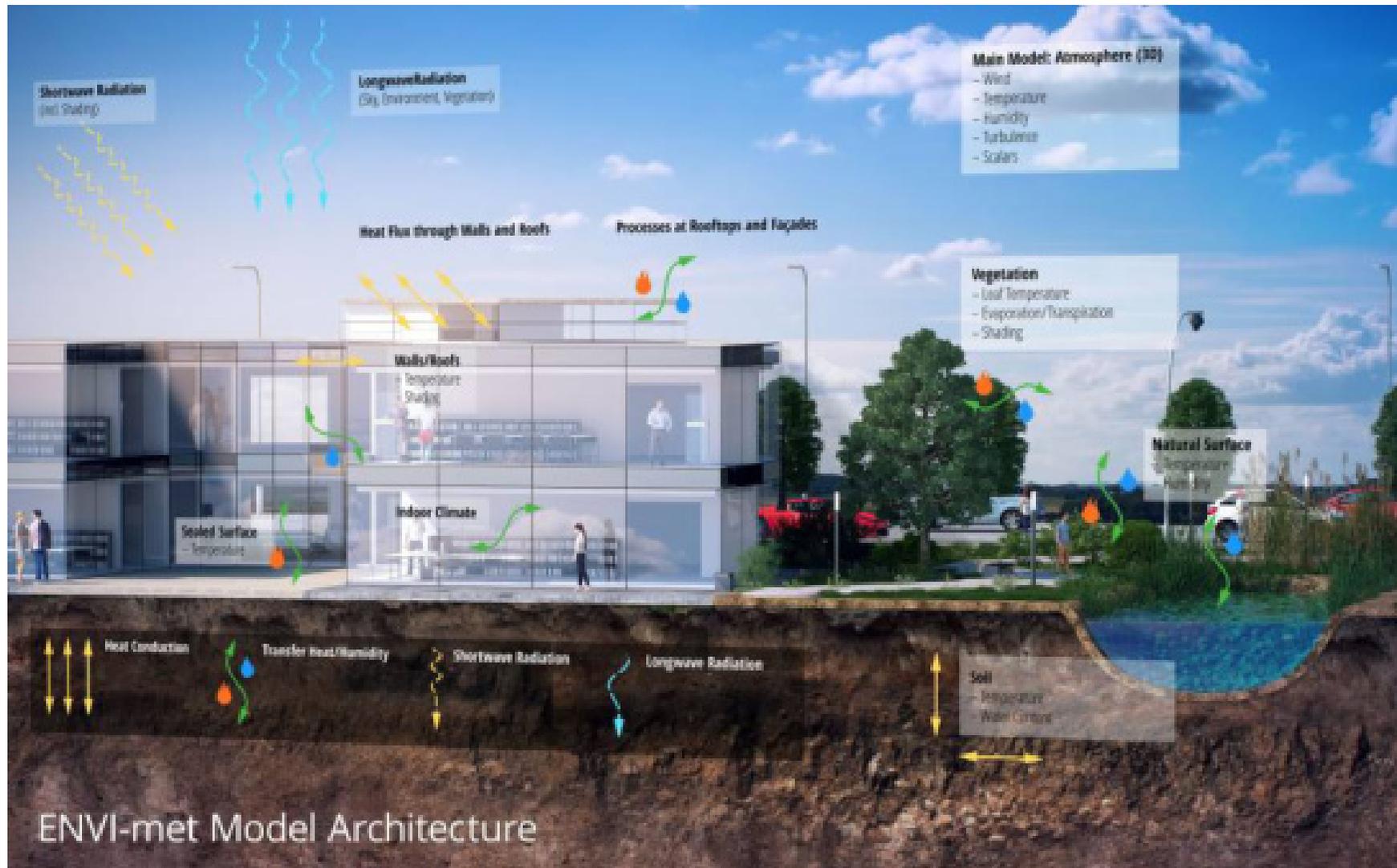


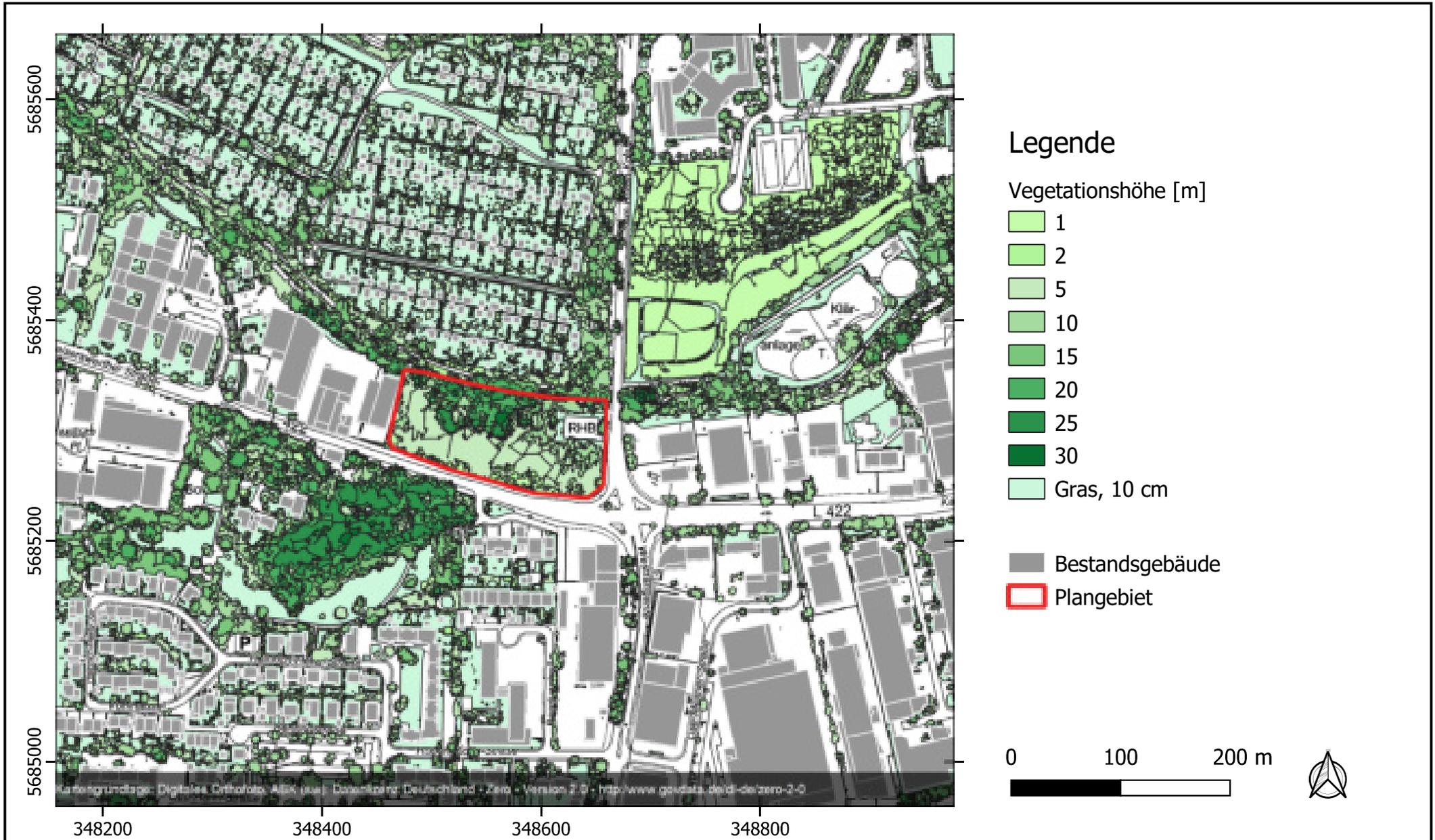
Anlage 25: Prozentuale vorhabenbedingte Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens

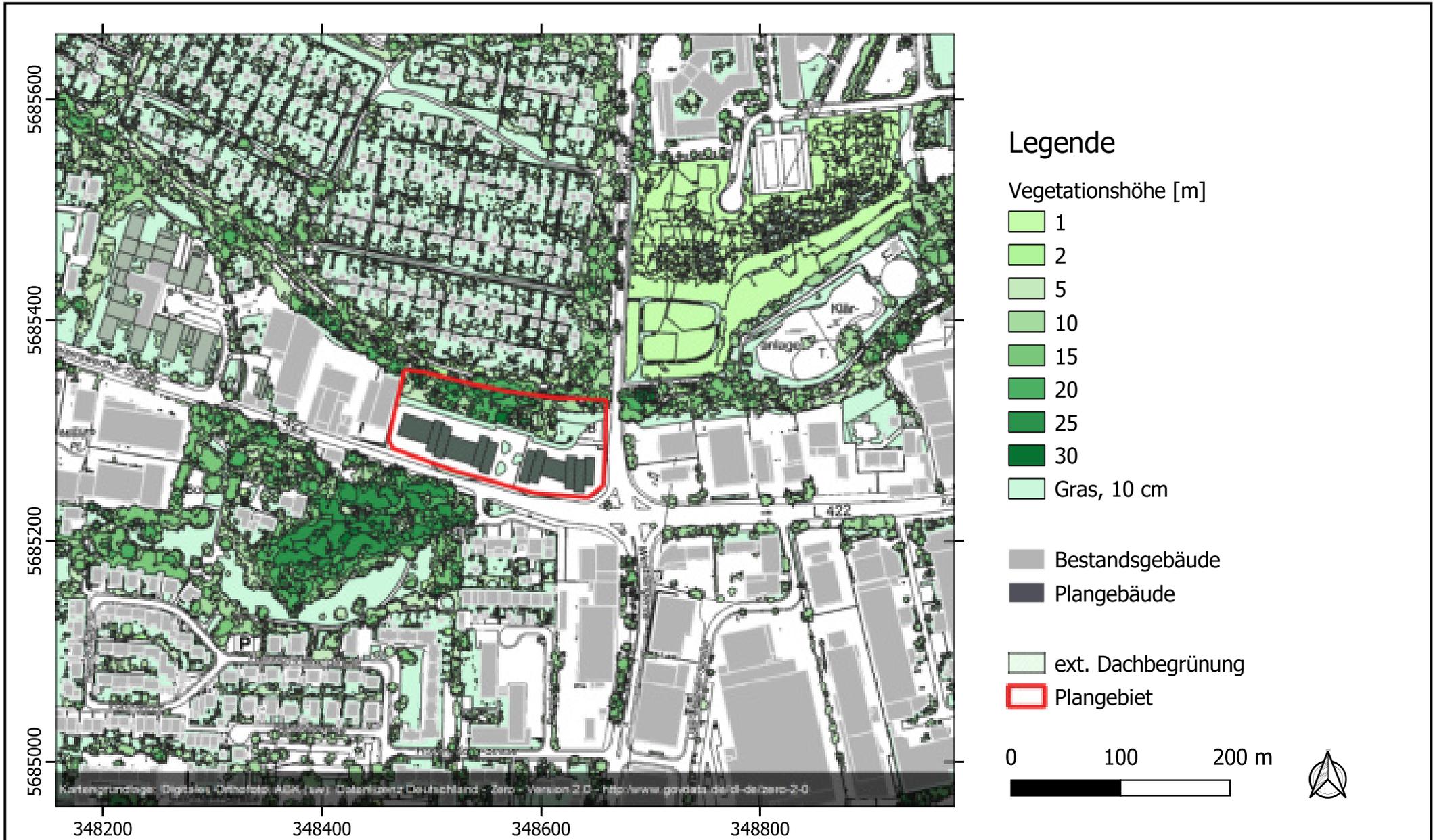


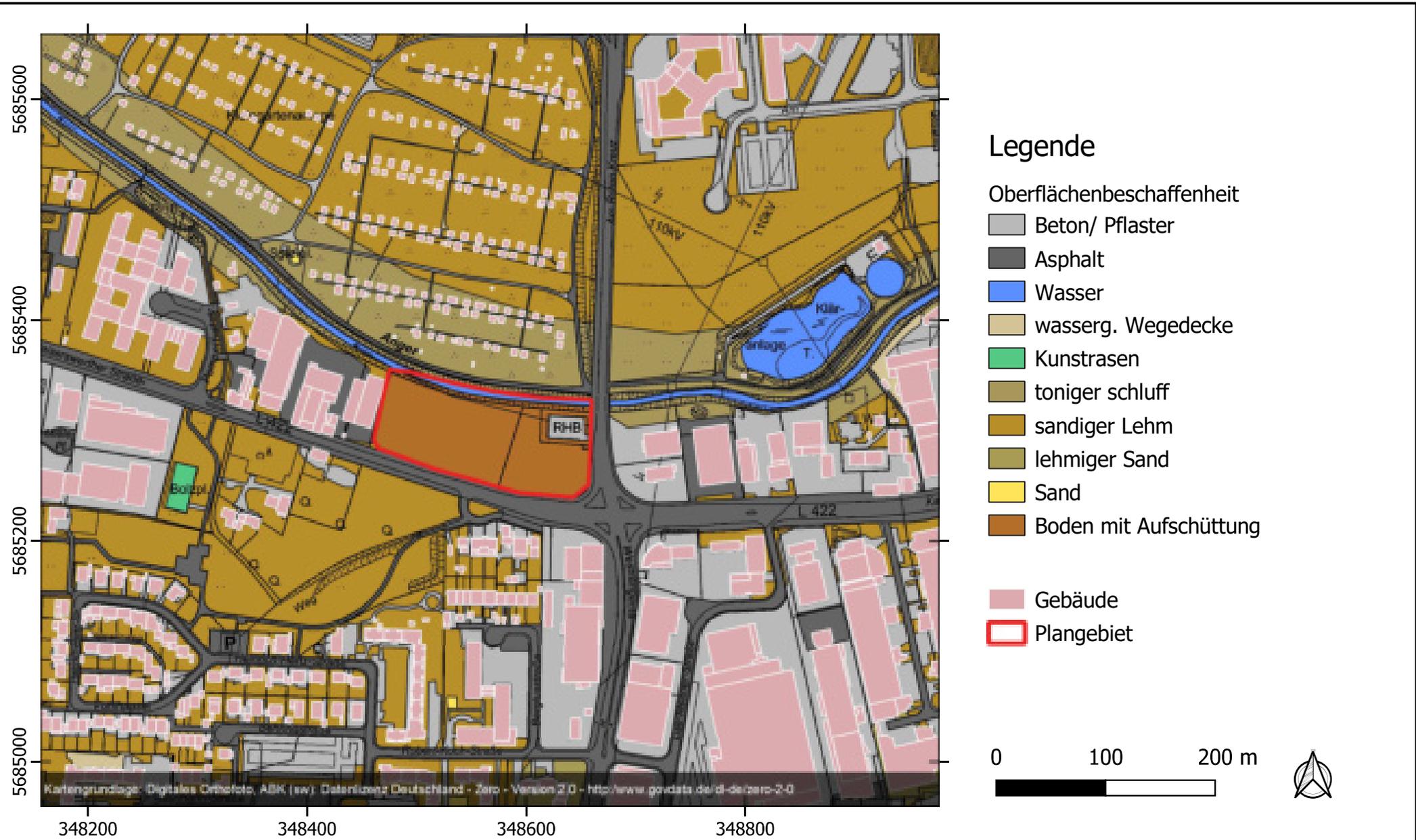
Anlage 26: Absolute vorhabendbedingte Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Umfeld des Planvorhabens

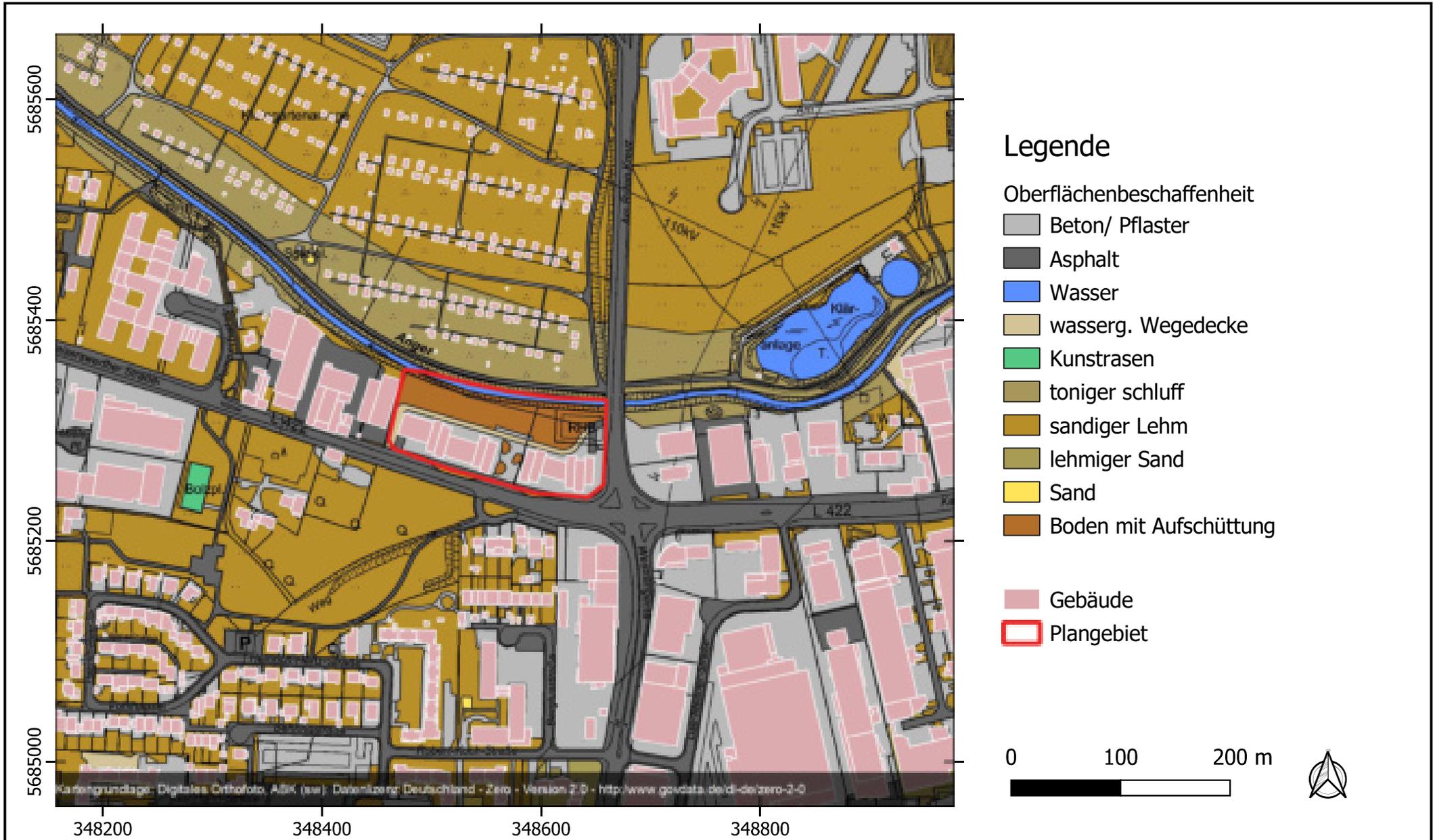














Kartendaten: ABK (sw), Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2.0>

Legende

Windgeschwindigkeit [m/s]

- <= 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1,00
- 1,00 - 1,25
- 1,25 - 1,50
- 1,50 - 1,75
- 1,75 - 2,00
- > 2,00

→ Windrichtung

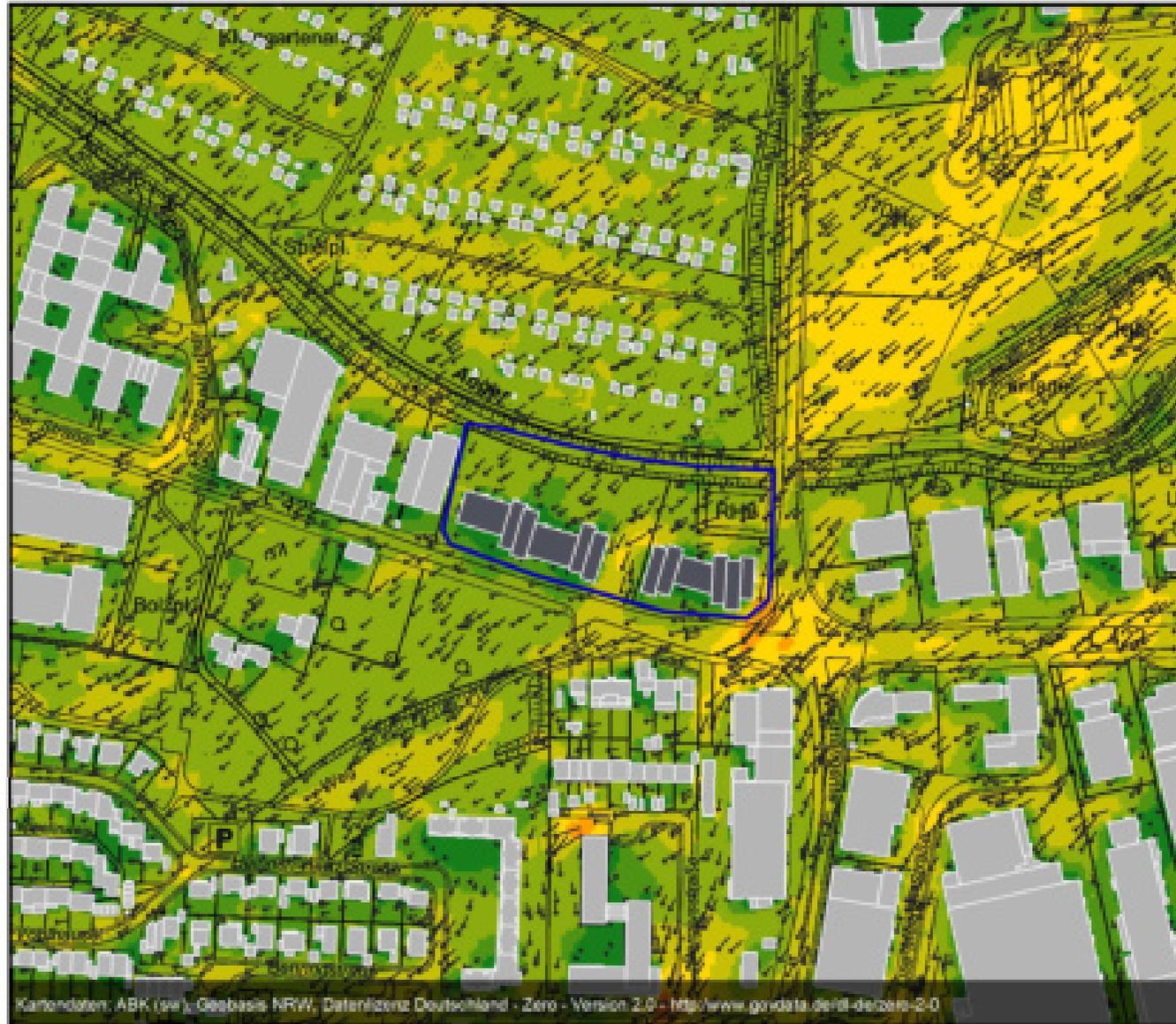
Bestandsgebäude

Plangebiet



0 50 100 150 200 m





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

Legende

Windgeschwindigkeit [m/s]

- <= 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1,00
- 1,00 - 1,25
- 1,25 - 1,50
- 1,50 - 1,75
- 1,75 - 2,00
- > 2,00

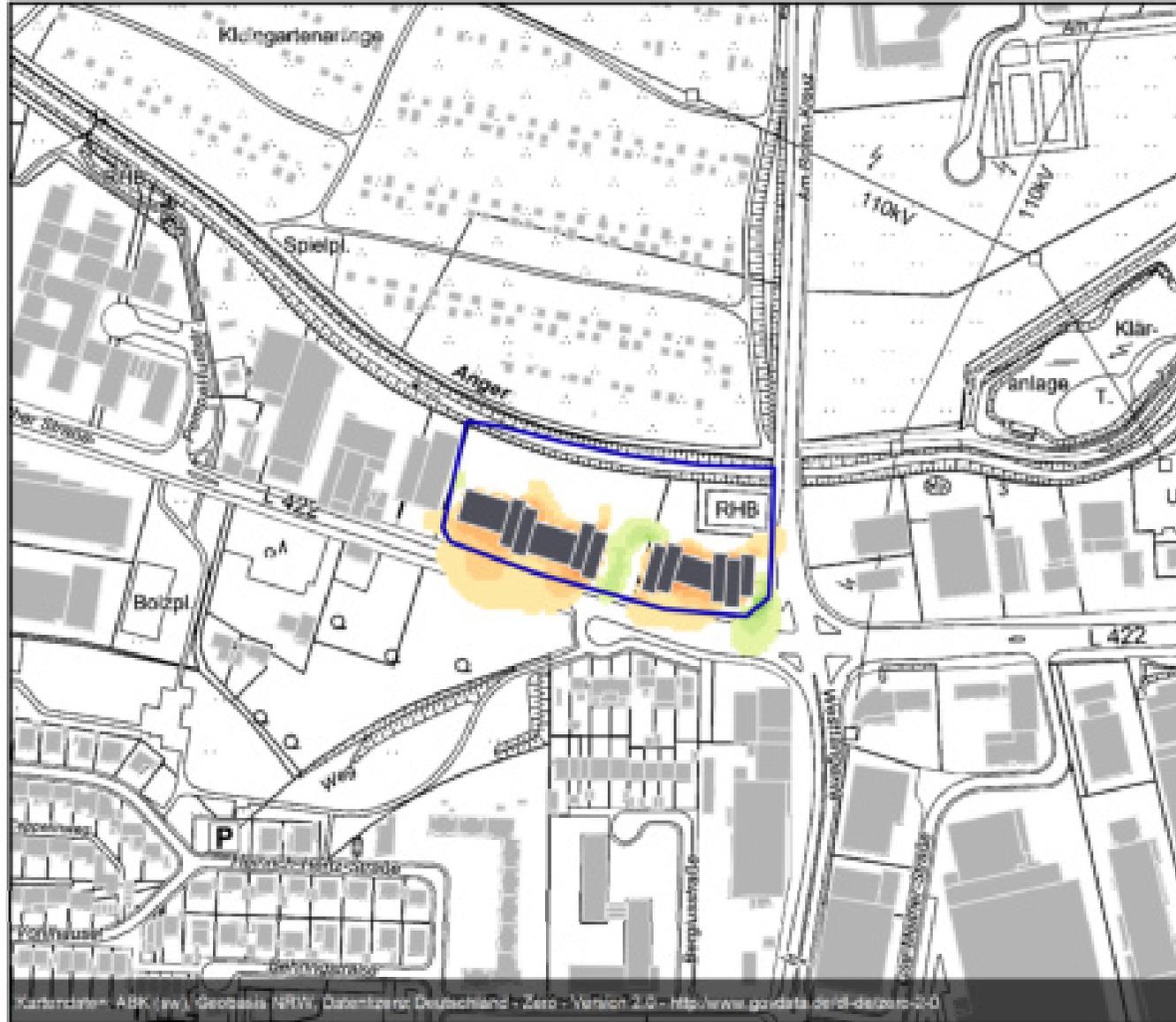
→ Windrichtung

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m



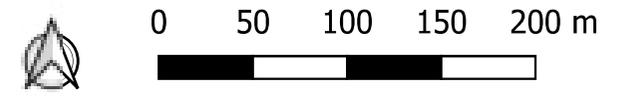


Legende

Differenz [m/s]

- <= -1,05
- 1,05 - -0,90
- 0,90 - -0,75
- 0,75 - -0,60
- 0,60 - -0,45
- 0,45 - -0,30
- 0,30 - -0,15
- 0,15 - 0,15
- 0,15 - 0,30
- 0,30 - 0,45
- 0,45 - 0,60
- 0,60 - 0,75
- 0,75 - 0,90
- 0,90 - 1,05
- > 1,05

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet





Legende

Lufttemperatur [°C]

- <= 25,80
- 25,80 - 26,00
- 26,00 - 26,20
- 26,20 - 26,40
- 26,40 - 26,60
- 26,60 - 26,80
- 26,80 - 27,00
- 27,00 - 27,20
- 27,20 - 27,40
- 27,40 - 27,60
- 27,60 - 27,80
- 27,80 - 28,00
- 28,00 - 28,20
- 28,20 - 28,40
- > 28,40

Bestandsgebäude

Plangebiet



0 50 100 150 200 m



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



Legende

Lufttemperatur [°C]

- <= 25,80
- 25,80 - 26,00
- 26,00 - 26,20
- 26,20 - 26,40
- 26,40 - 26,60
- 26,60 - 26,80
- 26,80 - 27,00
- 27,00 - 27,20
- 27,20 - 27,40
- 27,40 - 27,60
- 27,60 - 27,80
- 27,80 - 28,00
- 28,00 - 28,20
- 28,20 - 28,40
- > 28,40

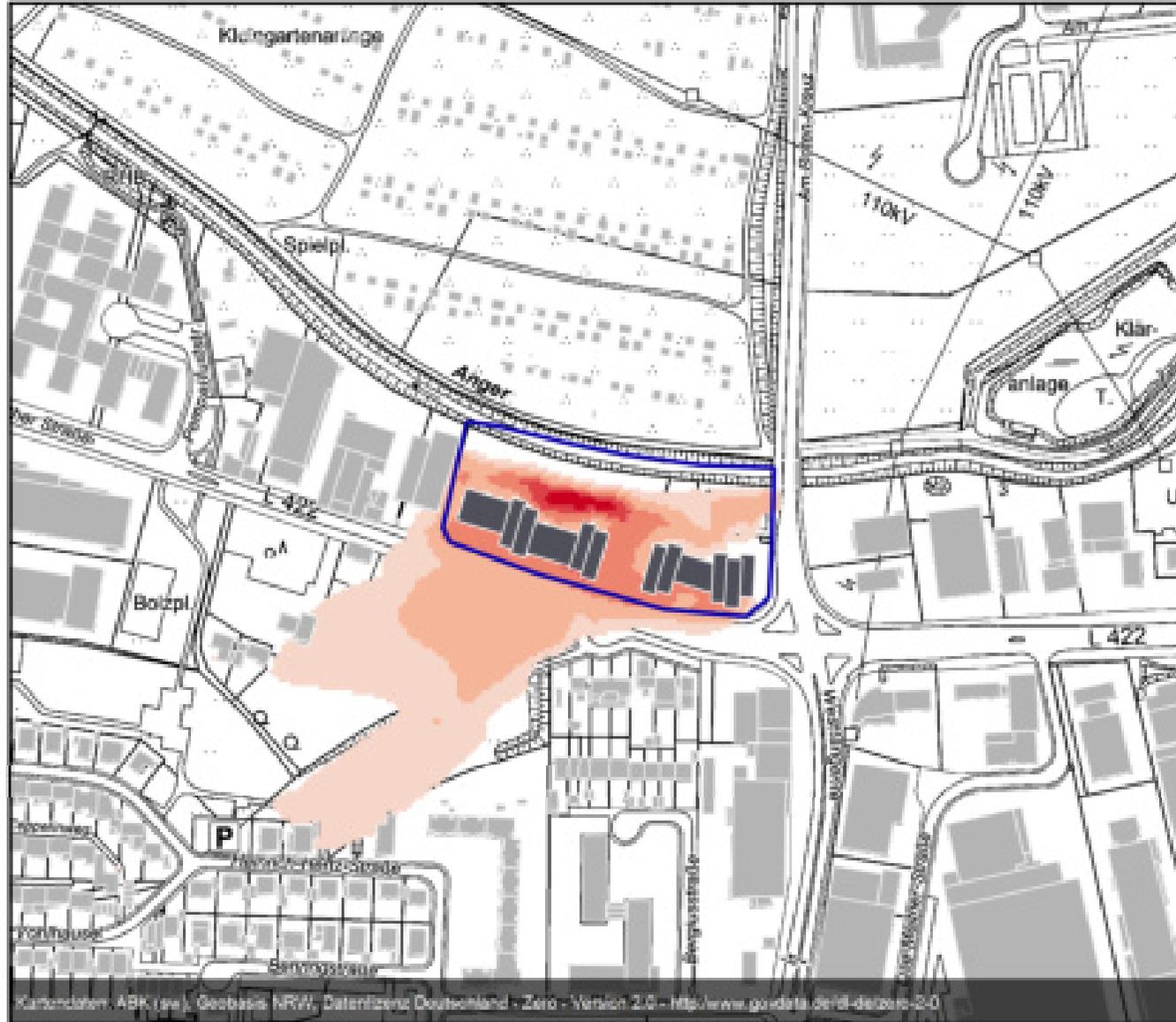
- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m



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



Legende

Differenz [°C]

- <= -1,0
- 1,0 - -0,8
- 0,8 - -0,6
- 0,6 - -0,4
- 0,4 - -0,2
- 0,2 - -0,1
- 0,1 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- > 0,8

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m



Kartendaten: ABS (s.n.), Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.government.de/abs-geobasis-2.0>



Legende

Lufttemperatur [°C]

- <= 21,40
- 21,40 - 21,60
- 21,60 - 21,80
- 21,80 - 22,00
- 22,00 - 22,20
- 22,20 - 22,40
- 22,40 - 22,60
- 22,60 - 22,80
- 22,80 - 23,00
- 23,00 - 23,20
- 23,20 - 23,40
- 23,40 - 23,60
- 23,60 - 23,80
- 23,80 - 24,00
- > 24,00

Bestandsgebäude

Plangebiet



0 50 100 150 200 m



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



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

Legende

Lufttemperatur [°C]

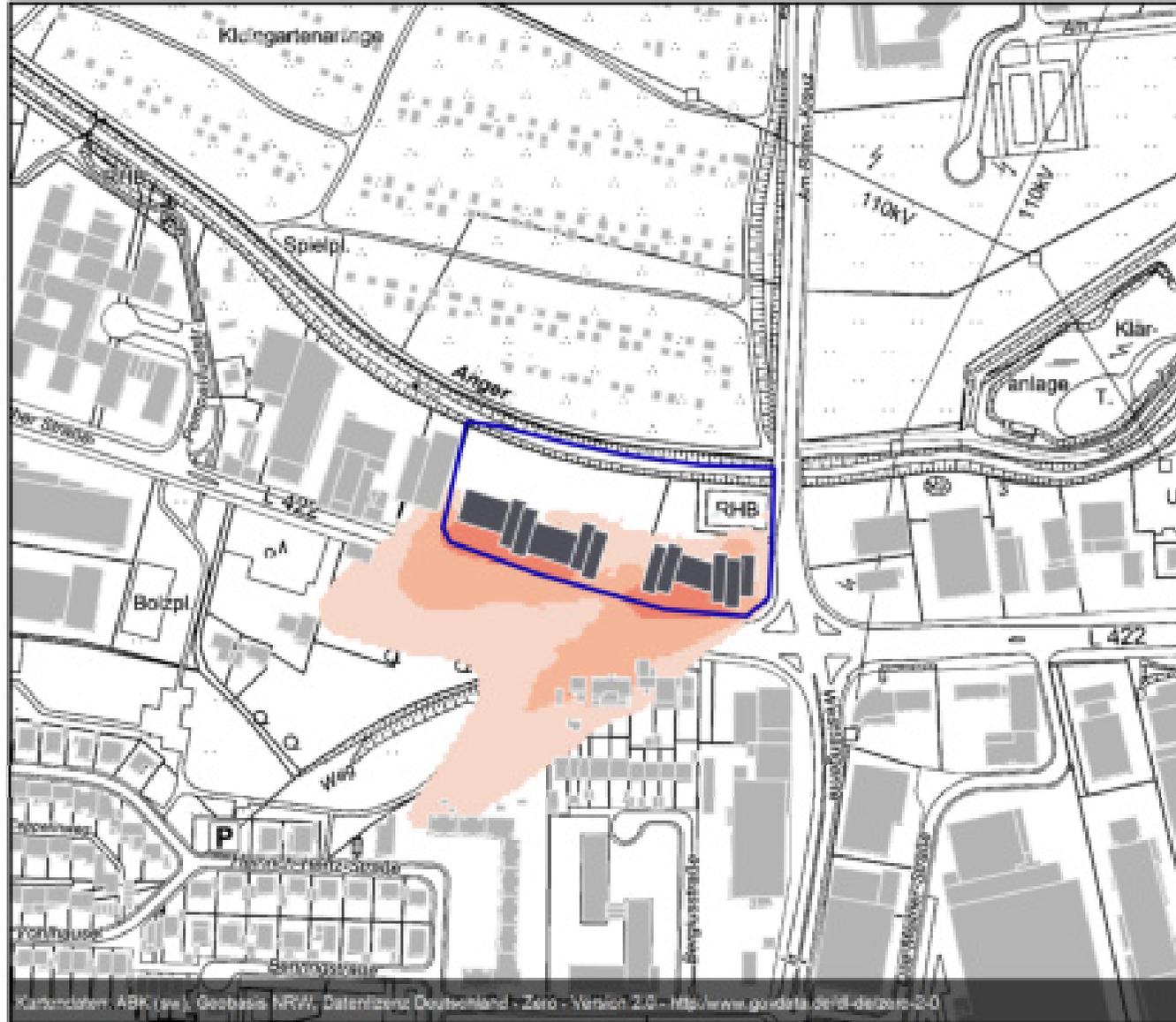
- <= 21,40
- 21,40 - 21,60
- 21,60 - 21,80
- 21,80 - 22,00
- 22,00 - 22,20
- 22,20 - 22,40
- 22,40 - 22,60
- 22,60 - 22,80
- 22,80 - 23,00
- 23,00 - 23,20
- 23,20 - 23,40
- 23,40 - 23,60
- 23,60 - 23,80
- 23,80 - 24,00
- > 24,00

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m





Legende

Differenz [°C]

- <= -1,0
- 1,0 - -0,8
- 0,8 - -0,6
- 0,6 - -0,4
- 0,4 - -0,2
- 0,2 - -0,1
- 0,1 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- > 0,8

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m



Kartendaten: ABS (©), Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.gisdaten.de/abs-daten-2-0>

Anlage 41: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag - Istfall



Legende

PET-Wert [°C]

	<= 29	leicht warm - schwache Wärmebelastung
	29 - 31	
	31 - 33	warm - mäßige Wärmebelastung
	33 - 35	
	35 - 37	
	37 - 39	heiß - starke Wärmebelastung
	39 - 41	
	41 - 43	
	43 - 45	
	45 - 47	sehr heiß - extreme Wärmebelastung
	47 - 49	
	> 49	

- Bestandsgebäude
- Plangebiet



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



Legende

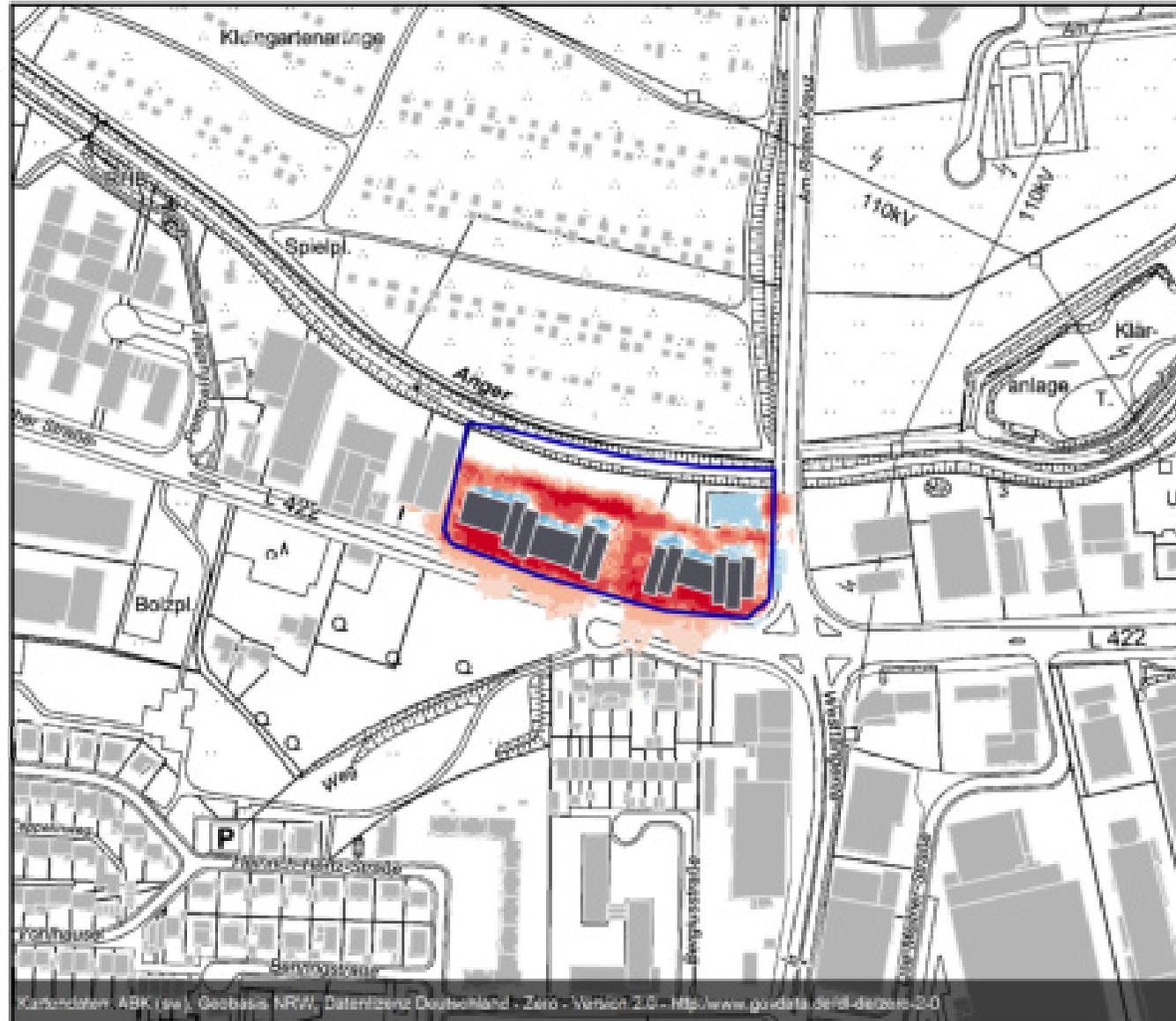
PET-Wert [°C]

	<= 29	leicht warm - schwache Wärmebelastung
	29 - 31	
	31 - 33	warm - mäßige Wärmebelastung
	33 - 35	
	35 - 37	
	37 - 39	heiß - starke Wärmebelastung
	39 - 41	
	41 - 43	
	43 - 45	
	45 - 47	sehr heiß - extreme Wärmebelastung
	47 - 49	
	> 49	

- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet

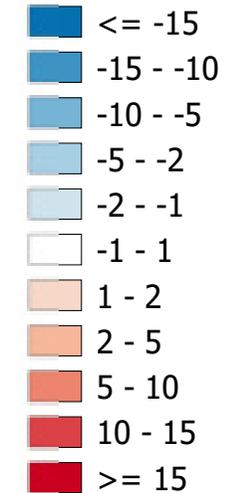


Kartendaten: ABK (sw), Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de-zero-2-0>



Legende

Differenz [°C]



- Bestandsgebäude
- Plangebäude
- Plangebiet



0 50 100 150 200 m



Kartendienste ABK (s.w.), Geobasis NRW, Datenzugriff Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.gisdata.de/P8-GeoBase-2.0>