



Mikroklimauntersuchung zum Vorhaben "Widdersdorfer Straße / Maarweg" in Köln



Mikroklimauntersuchung zum Vorhaben "Widdersdorfer Straße / Maarweg" in Köln

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 83 Seiten, davon 52 Seiten Text und 31 Seiten Anlagen.

Auftraggeber: Pandion XI GmbH
Berichtsnummer: VL 8321-6
Datum: 08.04.2024
Druckdatum: 20.01.2026
Referenz: BS/MFr
Ansprechperson: Marisa Fritsch
0231/7254991-11
mfr@peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	6
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien	8
3	Örtliche Gegebenheiten	12
4	Grundlagen	13
4.1	Stadtklima	13
4.2	Lufttemperatur	13
4.3	Windfeld	13
4.4	Bioklimatischer Komfort	14
5	Klimatische Situation in Köln-Ehrenfeld	16
5.1	Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens	16
5.2	Auswirkungen des Klimawandels	18
5.3	Windrichtungsverteilung	21
6	Berechnungsmodell	22
6.1	Modellbeschreibung	22
6.2	Aufbau der Rechengitter	22
6.3	Eingangsdaten	23
6.3.1	Gebäude	23
6.3.2	Vegetation	23
6.3.3	Oberflächen und Böden	24
6.3.4	Initialisierungsparameter	25
7	Ergebnisse der mikroklimatischen Situation	29
7.1	Ergebnisse Feuchtszenario ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)	29
7.1.1	Durchlüftung	29
7.1.2	Lufttemperatur um 14 Uhr	31
7.1.3	Lufttemperatur um 4 Uhr	33
7.1.4	Bioklima (PET) am Nachmittag	35
7.2	Ergebnisse Trockenszenario ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$)	37
7.2.1	Lufttemperatur um 14 Uhr	38
7.2.2	Lufttemperatur um 4 Uhr	40

7.2.3	Bioklima (PET) am Nachmittag	41
8	Planungsempfehlungen	43
9	Zusammenfassung	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Bewertung des thermischen Komforts mit PET	15
Tabelle 2: Einordnung der thermischen Situation und Planungshinweise für Wohn- und Gewerbeflächen	17
Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung in Köln-Ehrenfeld - mittlere Lufttemperatur - Sommer	20
Abbildung 5.2: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung Köln-Ehrenfeld - Anzahl Heiße Tage	20
Abbildung 5.3: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung Köln-Ehrenfeld – Anzahl Tropennächte	20
Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing; $T_{\max} = 30 \text{ °C}$	26
Abbildung 6.2: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing; $T_{\max} = 35 \text{ °C}$	26

1 Situation und Aufgabenstellung

In Köln soll das Max Becker-Areal nördlich der Widdersdorfer Straße 194 in Ehrenfeld zu einem neuen Stadtquartier entwickelt werden. Der Wegzug des Rohstoffverwertungsunternehmens Max Becker ermöglicht es, das Areal zusammen mit dem angrenzenden Grundstück der RheinEnergie AG in den Stadtteil Ehrenfeld zu integrieren. Vorgesehen ist eine Mischnutzung aus Wohnen, Gewerbe, Kitas, Sport- Grün und Spielflächen sowie einer Grundschule. Hierfür ist die Aufstellung eines Bebauungsplanes sowie die Änderung des Flächennutzungsplanes notwendig.

Die Planungshinweiskarte Hitze der Stadt Köln klassifiziert das Plangebiet weitestgehend als belastete Siedlungsfläche, welche eine stadtklimatische Übergangszone zwischen stärker belasteten Siedlungsflächen und klimaaktiven Freiflächen darstellt. Aufgrund der ungünstigen stadtklimatischen Ausgangssituation und der zusätzlichen städtebaulichen Verdichtung sind im Rahmen des planungsrechtlichen Verfahrens die Auswirkungen auf das lokale Mikroklima zu untersuchen.

Um die zu erwartenden Auswirkungen der fortschreitenden Klimaveränderungen und die Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen besser beurteilen und bewerten zu können, wird seitens der Stadt Köln gefordert, für beide Planungsszenarien (Bestandsfall und Planfall) jeweils zwei verschiedene Temperatur- und Bodenfeuchteszenarien zu simulieren. Hierfür werden ein typischer heißer Sommertag mit Maximaltemperaturen von rund 30 °C und vorangegangenen Regen mit dementsprechend höheren Bodenfeuchtwerten (Feuchtszenario) sowie ein typischer Wüstentag mit extremen und zukünftig immer häufiger auftretenden Temperaturwerten von über 35 °C bei einem trockenen Bodenzustand (Trockenszenario) untersucht.

Es werden die folgenden vier Szenarien untersucht:

- Istfall: derzeitige Bebauungssituation, aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit
- Istfall mit Feuchtszenario (Heißer Tag mit $T_{\max} > 30 \text{ °C}$)
 - Istfall mit Trockenszenario (Wüstentag mit $T_{\max} > 35 \text{ °C}$)
- Planfall: Zukünftige Bebauungssituation nach Realisierung des Planvorhabens, abgeleitet aus den aktuellen Planungsunterlagen ([1],[2],[3])
- Planfall mit Feuchtszenario (Heißer Tag mit $T_{\max} > 30 \text{ °C}$)
 - Planfall mit Trockenszenario (Wüstentag mit $T_{\max} > 35 \text{ °C}$)

Die mikroklimatischen Untersuchungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung werden mithilfe des mikroskaligen Stadtklimamodells ENVI-met in der aktuellen Version 5.6.1 (Winter Release 2023/2024) durchgeführt. Hierbei wird in allen untersuchten Szenarien, die in Köln an heißen Sommertagen typische südöstliche

Anströmungsrichtung berücksichtigt. In die Klimasimulation 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. Anhand der Ergebnisse werden anschließend lokalspezifische Planungsempfehlungen zur Minimierung negativer lokalklimatischer Folgen erarbeitet.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[1] Masterplan Max-Becker-Areal	Cityförster architecture + urbanism / urbanegestalt Part-GmbB	P	12.10.2023
[2] Übersichtslageplan Tiefgaragen Max-Becker-Areal	urbanism / urbanegestalt Part-GmbB	P	o. A.
[3] Übersichtslageplan Oberflächen Max-Becker-Areal	urbanism / urbanegestalt Part-GmbB	P	o. A.
[4] Bebauungsplan Nr. 63469/07 "Ehemaliger Güterbahnhof in Köln-Ehrenfeld"	Geoportal Stadt Köln: https://geoportal.stadt-koeln.de/pdf/bplan-public/63469.07.000.00.pdf	P	13.09.2017
[5] Bebauungsplan-Entwurf Nr. 63457/03 "Wohnbebauung Alsdorfer Straße in Köln-Braunsfeld/-Ehrenfeld"	Stadt Köln	P	07.09.2022
[6] Klimawandelgerechte Metro-pole Köln – Abschlussbericht (Planungshinweiskarte)	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Lit.	2013
[7] Klimaatlas NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas		Letzter Zugriff am 09.01.2024
[8] Baumkataster der Stadt Köln	Offene Daten Köln: https://of-fenedaten-koeln.de/dataset/baumkataster-koeln	P	Juni 2020
[9] Baumbewertung: Max-Becker-Gelände im Projektentwicklungsgebiet "Widdersdorfer Straße 194" in Köln Ehrenfeld	Kölner Büro für Faunistik	P	17.12.2020
[10] Baumbewertung: Gelände der Rhein-Energie am Maarweg in Köln Ehrenfeld	Kölner Büro für Faunistik	P	31.01.2022
[11] Zustandsfeststellung repräsentativer Flächen (Bodengutachten)	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH	P	November 2022

[12]	Shapefile mit für ENVI-met übersetzten Bodenarten für das Max-Becker-Areal	Zur Verfügung gestellt durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen		02.02.2024
[13]	Bodendaten der Stadt Köln	Zur Verfügung gestellt durch Umwelt- und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln	P	Februar 2024
[14]	Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der LANUV-Station Köln-Chorweiler im Zeitraum 2014 – 2023	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/einzelwerte-kontinuierlicher-messungen	P	Stand: 14.01.2024
[15]	Zeitreihe der Lufttemperatur und relativen Feuchte der DWD Station Köln-Bonn aus dem Zeitraum 1960-2022	Deutscher Wetterdienst: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/air_temperature/historical/	Lit.	Abruf am 05.02.2024
[16]	Zeitreihe der Erdbodentemperatur der DWD Station Köln-Bonn aus dem Zeitraum 1960-2022	Deutscher Wetterdienst: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/soil_temperature/historical/	Lit.	Abruf am 05.02.2024
[17]	LOD2-Modell des Untersuchungsgebietes im CityGML-Format	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2022
[18]	Normalisiertes digitales Oberflächenmodell (NDOM) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2022
[19]	Digitales Geländemodell (DGM) – Gitterweite 2 m	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2024
[20]	Digitale Orthophotos (DOP)	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[21]	Amtliche Basiskarte (ABK) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[22]	INSPIRE-WFS NW Bodenbedeckungsvektor ALKIS	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023

[23]	BK 50; Bodenkarte von NRW 1:50.000	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2022
[24]	Rechenmodell ENVI-met, Version 5.6.1 – Winter Release 2023/2024	ENVI_MET GmbH https://www.envi-met.com/	Lit.	2024
[25]	GALK-Straßenbaumliste	GALK e.V., Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz: https://strassenbaumliste.galk.de/	P	2022
[26]	VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2021
[27]	VDI 3787, Blatt 8. Umweltmeteorologie. Stadtentwicklung und Klimawandel	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2020
[28]	Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels	A.Matzarakis, in Umweltmeteorologie, Nr. 3, 2013	Lit.	2013
[29]	Stadtklima	S.Henninger & S.Weber, 2019	Lit.	2019
[30]	Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur Verbraucherschutz NRW	Lit.	2011
[31]	Meteorologie	H.Häckel, 4.Auflage	Lit.	1999
[32]	Klimatologie	W. Kuttler, 2.Auflage	Lit.	2013
[33]	Stadtklima in Hamburg	Heinke Schlünze, K., Riecke, W., Bechtel B. et al. Enthalten in: Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum, S. 37-53	Lit.	2018
[34]	[22] Einfluss von Gebäudebegrünung auf das Innenraumklima: Simulationen mit einem mikroskaligen Modell	R. von Tils, Universität Hannover	Lit.	2020

[35]	DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMW- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit	Deutsches Institut für Normung e.V. www.din.de	N	2006
[36]	Beaufort Skala	Wetter- und Klimalexikon des Deutschen Wetterdienstes: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Func-tions/glosar/html?nn=103346&lv2=100310&lv3=100390	Lit.	Abruf am: 23.02.2022

Kategorien:

G: Gesetz

V: Verordnung

VV: Verwaltungsvorschrift

RdErl.: Runderlass

N: Norm

RIL: Richtlinie

Lit: Buch, Aufsatz, Berichtigung

P: Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Örtliche Gegebenheiten

Das Max-Becker-Areal, das bis zum Jahr 2022 durch das Rohstoffverwertungsunternehmen Max Becker als Betriebsgelände für Schrottreycling genutzt wurde, soll zusammen mit dem angrenzenden Grundstück der RheinEnergie AG in Köln-Ehrenfeld zu einem neuen Stadtquartier entwickelt werden. Das Plangrundstück reicht in Richtung Westen bis zur Vitalisstraße und in Richtung Osten bis zur Oskar-Jäger-Straße.

Im Norden des Grundstücks verläuft in Hochlage die Bahnlinie Köln-Aachen, die südliche Abgrenzung bildet die Widdersdorfer Straße 194 – 208 mit der Grundstückszufahrt und im Westen des RheinEnergie-Areals verläuft der Maarweg. Östlich, südlich und westlich grenzen Gewerbebetriebe an das Areal an. Nördlich des Bahndamms wird derzeit der Bebauungsplan Nr. 63469/07 „Ehemaliger Güterbahnhof in Köln - Ehrenfeld“ [4] umgesetzt. Dieser wird, wie auch der vorhabenbezogene Bebauungsplan Entwurf 63457/03 [5] an der Alsdorfer Straße südlich des Plangebiets, in beiden Szenarien als realisiert angenommen.

Der nördliche und nordwestliche Bereich des Plangebietes ist durch die ehemaligen Betriebs- und Lagerflächen des Schrottplatzes überwiegend teilversiegelt und vegetationsfrei geprägt. Im Umfeld der Gaskugel Ehrenfeld auf dem RheinEnergie-Gelände, die weiterhin bestehen bleiben soll, sowie im südlichen Teilbereich des Plangebietes ist der Anteil an Gehölzen und Bäumen höher und der Versiegelungsanteil geringer. Darüber hinaus ist im südlichen Plangebiet Bestandsbebauung vorhaben, die mit Ausnahme der Arbeitervilla an der Widdersdorfer Straße und des Uhrenhauses abgebrochen werden soll.

Anlage 2 zeigt eine Übersicht über die derzeitige Situation im Umfeld des Planvorhabens.

In dem zukünftigen Quartier sollen verschiedene Nutzungen wie Wohnen, Gewerbe, Kultur, Kindergärten und eine Schule, Nahversorgung, Gastronomie, öffentliche Grün-, Spiel-, und Sportflächen sowie moderne Anlagen zur Energieversorgung untergebracht werden. Die geplante Bebauung ist mit durchschnittlich 4-6 Vollgeschossen angesetzt. Staffelgeschosse und bauliche Akzente sind mit bis zu 9 Geschossen vorgesehen. Die Dächer der neuen Gebäude sollen in Teilen extensiv und intensiv begrünt werden.

Im nördlichen Teil des Plangebiets sollen eine relativ dichte Bebauung mit Wohn- und Bürogebäuden sowie eine Grundschule realisiert werden. Aus schallschutztechnischen Gründen sind die Plangebäude entlang des Bahndamms durch lückenschließende Lärmschutzwände mit offenen Durchwegungen miteinander verbunden. Für den zentralen Bereich ist die Anlegung eines Quartiersparks vorgesehen, welcher hauptsächlich durch Wohngebäude umschlossen wird. Ergänzt wird diese Grünfläche durch den Pocketwald im Süden des Plangebiets und die Sport- und Spielflächen auf dem Annexgrundstück westlich des Maarwegs. Das Konzept sieht neben planungsbedingten Baumfällungen auch zahlreiche Baumneupflanzungen vor. Mit Ausnahme der neuen von Nord nach Süd gerichteten Erschließungsstraße im östlichen Plangebiet soll ein Großteil der Wege und Plätze gepflastert werden. Aufgrund der Vornutzung ist im gesamten Plangebiet ein vollständiger Bodenaustausch notwendig. Weiterhin ist in Teilen eine Unterbauung mit Tiefgaragen vorgesehen, was ebenfalls in den Simulationen berücksichtigt wird.

In Anlage 3 ist eine Übersicht über die Situation im Planfall auf Grundlage verschiedener Planungsunterlagen ([1], [2], [3]) dargestellt.

4 Grundlagen

4.1 Stadtklima

Durch die Umgestaltung der natürlichen Oberflächen und ihrer Eigenschaften wird lokal das Klima verändert. In urbanen Gebieten mit ihren zahlreichen künstlichen Materialien und Formen resultiert daraus das Stadtklima [33].

4.2 Lufttemperatur

Durch die Überwärmung von Stadtgebieten, die im Allgemeinen als städtische Wärmeinsel bezeichnet wird, sind im Vergleich zur ländlichen Umgebung bodennah höhere Lufttemperaturen zu verzeichnen. Im Jahresmittel beträgt der Temperaturunterschied zwischen 1 und 2 °C, in den Sommermonaten kann die Differenz mehr als 10 °C betragen [31]. Das Maximum der städtischen Wärmeinsel bildet sich vor allem in den späten Abendstunden sowie in der Nacht aus. Tagsüber werden deutlich geringere Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland beobachtet [33].

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

Die raum-zeitliche Ausprägung der städtischen Überwärmung hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen neben geographischen Gegebenheiten wie Lage, Topographie und Relief auch meteorologischen Rahmenbedingungen wie Witterung und Wetterlagen. Darüber hinaus ist die Lufttemperatur in Städten stark an die Bebauungsdichte, die Flächennutzungsanteile (Versiegelung, Grün- und Wasserflächen), die thermischen Eigenschaften der Oberflächen und den Grad der anthropogenen Wärmefreisetzung gebunden [29].

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

4.3 Windfeld

Städte, insbesondere Großstädte, stellen durch einen Komplex aus Grünflächen, Straßenzügen, Parkplätzen und verschiedensten Bauweisen eine äußerst strukturierte Oberfläche

dar. Dementsprechend zeichnet sich ein Stadtkörper vor allem durch eine erhöhte aerodynamische Rauigkeit gegenüber dem nicht bebauten, unbewaldeten Umland aus [31].

Wesentliche Effekte einer erhöhten Oberflächenrauigkeit sind die Beeinflussung der Strömungsrichtung, die Verminderung der bodennahen Windgeschwindigkeit durch Reibung an der Oberfläche, häufigere Windstillen sowie Auswirkungen auf das vertikale Windgeschwindigkeitsprofil. Dabei hängt der Reibungseinfluss maßgeblich von der Oberflächenbeschaffenheit ab. Durch Wechselwirkungen zwischen der Bebauung und der Windströmung prägen sich in Abhängigkeit der Anordnung der Gebäude charakteristische Windfelder aus. Mit einer zunehmend dichteren Bebauung wird die Strömung oberhalb sowie im Bereich innerhalb der Bebauung zunehmend gestört. Jedoch sinkt in der Regel mit zunehmender Höhe der Widerstand, sodass in Abhängigkeit von der atmosphärischen Schichtung und dem Grad der Bodenrauigkeit mit zunehmender Höhe höhere Windgeschwindigkeiten auftreten [29]. Auch Kanalisierungseffekte in Straßenschluchten können innerhalb eines Stadtgebietes zu höheren Windgeschwindigkeiten führen. Weiterhin können sich beim Durchströmen der Stadtstrukturen mechanisch und thermisch bedingte Turbulenzen ausbilden [32].

4.4 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 [28]. Dabei ist die Lufttemperatur nicht immer der maßgebliche Faktor, sondern je nach Situation und Tageszeit können auch die Strahlungs- und Windverhältnisse dominant sein. Charakteristisch für das Stadtklima sind Wärmebelastungen bis zum Hitzestress, die insbesondere aus der zusätzlichen Abstrahlung der erwärmten Gebäude und der versiegelten Flächen sowie der infolge der erhöhten Rauigkeit gegenüber dem Umland reduzierten Windgeschwindigkeit resultieren.

In der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 [26] werden verschiedene Methoden zur Quantifizierung des thermischen Komforts aufgeführt. Im Folgenden wird zur Beurteilung des thermischen Komforts die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) herangezogen. Die PET beschreibt das thermische Empfinden bei wechselnden Umgebungsbedingungen. Eine thermische Belastung kann sowohl durch Kälte (niedriger PET-Wert) als auch durch Hitze (hoher PET-Wert) verursacht werden. Neben der Temperatur berücksichtigt der PET-Wert die für die Beschreibung des physiologischen Wärmeempfindens notwendigen Parameter Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung. Ein PET-Wert zwischen 18 °C und 23 °C beschreibt ein Temperaturempfinden, das als behaglich bezeichnet wird.

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

Tabelle 4.1: Bewertung des thermischen Komforts mit PET

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

5 Klimatische Situation in Köln-Ehrenfeld

Zur Einordnung der derzeitigen sowie zukünftigen klimatischen Situation im Umfeld des Planvorhabens werden die Planungshinweiskarte der Stadt Köln [6] sowie die Prognosen entsprechend der RCP-Klimaszenarien, abgeleitet aus dem Klimaatlas NRW [7], herangezogen. Darüber hinaus wird die für das Plangebiet repräsentative Windstatistik analysiert.

5.1 Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens

Zur stadtklimatologischen Einordnung und Beschreibung der zukünftigen Belastungssituation im Umfeld des Planvorhabens wurde die Planungshinweiskarte Hitze der Stadt Köln herangezogen. Ein Ausschnitt für das Umfeld des Planvorhabens ist in Anlage 4 dargestellt.

Die Planungshinweiskarte Hitze zeigt die zukünftige Wärmebelastung in Köln bezogen auf die Referenzperiode 2021 bis 2050. Grundlage der Karte sind Modellberechnungen des Deutschen Wetterdienstes mit dem Klimamodell MUKLIMO_3. Genauere Informationen zur Karte und den hier verwendeten Klasseneinteilungen können dem Abschlussbericht zur klimawandelgerechten Metropole Köln [6] entnommen werden.

Das Areal des Plangebietes ist mit seiner jetzigen Nutzung weitestgehend der Klasse 3 (belastete Siedlungsfläche) zuzuordnen. Lediglich im südlichen Teil des Plangebiets liegen Bereiche der Klasse 2 (hoch belastete Siedlungsfläche) bis 1 (sehr hoch belastete Siedlungsfläche) vor. Die östlich und südlich an das Plangebiet angrenzenden stark versiegelten Gewerbegebiete werden als Klasse 1 (sehr hoch belastete Siedlungsfläche) ausgewiesen. Die parallel zur nördlichen Grenze des Plangebiets verlaufenden Gleise und die westlich angrenzenden Bereiche werden der Klasse 3 (belastete Siedlungsfläche) zugeordnet. Klimaaktive Flächen (Klasse 2) in der näheren Umgebung des Planvorhabens liegen im Bereich des Feuchtebiotops Wassermannsee außerhalb des Untersuchungsgebietes vor.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, die mit den Klasseneinteilungen assoziierten klimatologischen Eigenschaften:

Tabelle 2: Einordnung der thermischen Situation und Planungshinweise für Wohn- und Gewerbeflächen

Belastungsklasse	Klimatologische Eigenschaft
Klasse 1 (rot) – sehr hoch belastete Siedlungsflächen	<p>Die Flächen der Klasse 1 stellen ein stadtklimatisches Belastungsgebiet höchster Ausprägung dar, das gekennzeichnet ist durch einen maximal ausgeprägten Wärmeinseleffekt, tagsüber eine hohe Aufheizung, einen verminderten Luftaustausch und eine hohe Luftschadstoffbelastung aufweist. Die Klasse ist durch einen hohen Versiegelungsgrad und eine dichte Bebauung charakterisiert. Die Grünanteile sind sehr gering, daher erfolgt kaum Abkühlung durch Verdunstung. Tagsüber findet eine starke Aufheizung statt, die nächtliche Abkühlung ist stark vermindert. Die dichte Bebauung führt zu einer Beeinträchtigung lokaler Windsysteme und zur Minderung der Frischluftzirkulation. In den Straßenschluchten können hohe Luftschadstoffkonzentrationen auftreten. Die rote Klasse weist die höchste Wärmebelastung im Vergleich zum Umland auf.</p>
Klasse 2 (orange) – hoch belastete Siedlungsflächen	<p>Die Flächen der Klasse 2 stellen ein stadtklimatisches Belastungsgebiet dar, das gekennzeichnet ist durch eine starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, einer potenziell hohen Luftschadstoffbelastung und dem Wärmeinseleffekt.</p> <p>Die Flächen sind durch eine dichte Bebauung mit mehrgeschossigen Gebäuden und Mehrfamilien- und Einfamilienhäusern geprägt. Durch die geringen Grünanteile in Verbindung mit der Bebauung und dem hohen Anteil versiegelter Flächen ist ein Wärmeinseleffekt gegeben, der jedoch gegenüber der Klasse 1 aufgrund des geringeren Versiegelungsgrad und der in Teilen vorhandenen Grünbereiche etwas niedriger ausfällt. Die Grünflächen tragen lokal zur Abkühlung bei. Durch die immer noch relativ dichte Bebauung ist der Luftaustausch beeinträchtigt und die Luft kann daher mit Schadstoffen belastet sein. Flächen dieser Klasse sind durch eine hohe Wärmebelastung gegenüber dem Umland gekennzeichnet.</p>

Belastungsklasse	Klimatologische Eigenschaft
Klasse 3 (gelb) – belastete Siedlungsflächen	Flächen der Klasse 3 stellen eine stadtklimatische Übergangszone dar. Die hierzu gehörigen Flächen liegen am Tand der Klassen 1 und 2 und sind heterogen gestaltet. Sowohl dichte Bebauung, als auch weniger dichte Bebauung und angrenzende Freiflächen sind hier zu finden. Diese Randlagen können auch aus Grün- und Verkehrsflächen bestehen. Je nach Vegetationsbestand kann lokal eine hohe Abkühlung stattfinden (z. B. Friedhofsflächen). Die nächtliche Abkühlung ist etwas höher als in den Klassen 1 und 2, jedoch immer noch eingeschränkt. Lokale Winde werden behindert oder abgebremst. Durch die zusätzliche Versiegelung kann es hier schnell zu einer Verstärkung der klimatischen Belastung kommen.
Klasse 4 (hellblau) – klimaaktive Freiflächen	Flächen der Klasse 4 stellen stadtklimatisch wichtige Freiflächen mit ausgeprägtem Tagesgang von Temperatur und Feuchte dar. Sie sind windoffen, weisen eine starke Frisch- und Kaltluftproduktion auf und sind von hoher Sensibilität gegenüber Nutzungsänderungen zum Beispiel Bebauung. Das Gebiet weist große Freiflächen auf. Durch seinen windoffenen Charakter und die nächtliche Kaltluftproduktion wirkt es als klimatische Ausgleichsfläche für angrenzende Bereiche der Klasse 3.

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 [7] 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 berücksichtigten bestimmte Szenarien von anthropogenen Treibhaus-

gasemissionen, 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,
- sich die Anzahl der heißen Tage bis Ende des Jahrhunderts in etwa verdoppelt und im Schnitt 4 Tropennächte pro Jahr auftreten.

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

- die mittlere Lufttemperatur im Sommer von 18,2 °C auf 20,2 °C in der „fernen“ Zukunft ansteigt,
- die Anzahl der heißen Tage bis zum Jahr 2100 von 7 auf 17 ansteigt 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 3,8 °C (2071-2100) erhöhen
- sich bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der heißen Tage mehr als vervierfacht und im Mittel 20 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 gegebenenfalls notwendige Optimierungen berücksichtigt werden, um auch in Zukunft gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewährleisten zu können.

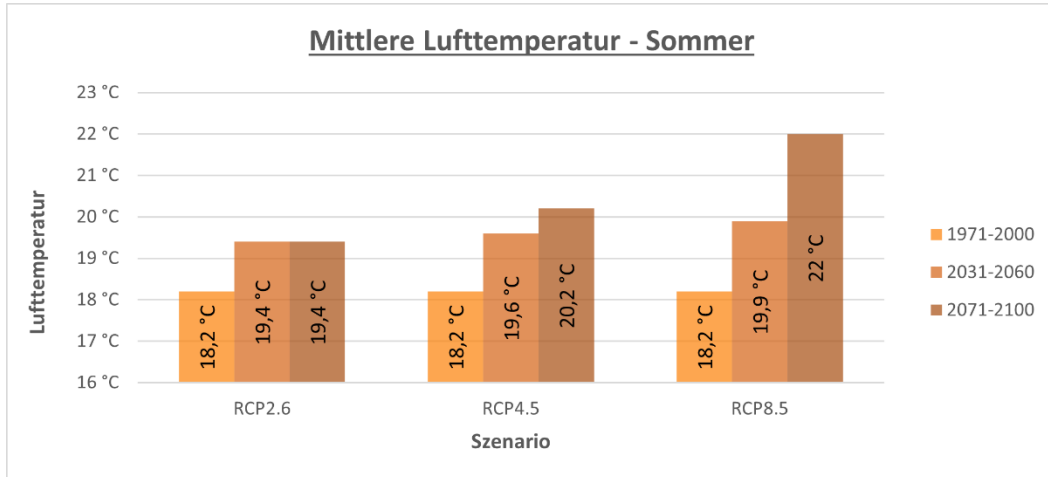


Abbildung 5.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung in Köln-Ehrenfeld - mittlere Lufttemperatur - Sommer

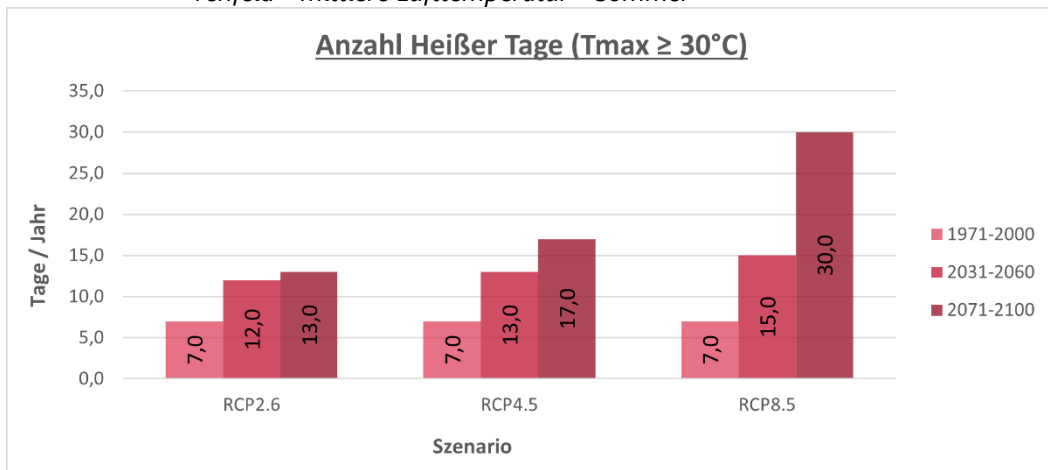


Abbildung 5.2: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung Köln-Ehrenfeld - Anzahl Heißer Tage

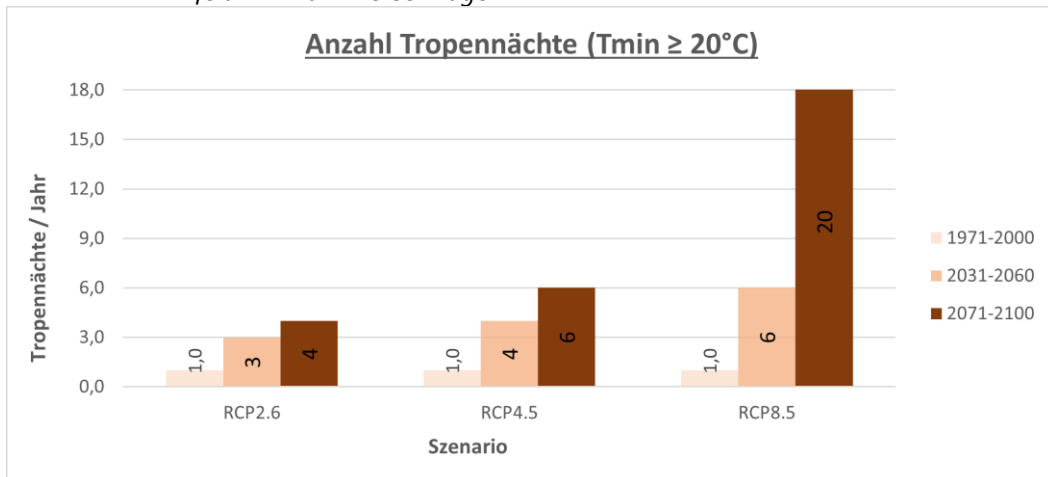


Abbildung 5.3: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung Köln-Ehrenfeld - Anzahl Tropennächte

5.3 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung im Untersuchungsgebiet wurde auf Grundlage von Wetterdaten der LANUV-Station Köln-Chorweiler aus dem Zeitraum 2014 – 2023 [14] abgeleitet. Die Station liegt etwa 7,4 km nördlich des Untersuchungsgebietes und gibt auf Grund ihrer räumlichen Nähe gut die übergeordnete Windrichtungsverteilung im Plangebiet wieder.

Anlage 5 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 (2014 – 2023) zeigt für alle Situationen, 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 130°. Die in allen Situationen des Auswertezitraums relativ häufig auftretenden südwestlichen Windrichtungen sind in der Hitze-Windrose fast nicht mehr vertreten.

6 Berechnungsmodell

Zur Beurteilung der infolge des Planvorhabens zu erwartenden Klimaänderungen in dessen lokalem Umfeld werden Simulationen mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.6.1 (Winter Release 23/24) [24] durchgeführt.

6.1 Modellbeschreibung

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

Zur Berechnung nutzt ENVI-met verschiedene Untermodelle, die miteinander gekoppelt sind. Einen Überblick über die miteinander gekoppelten Modelle gibt die Anlage 6.

Als Ergebnis liefert das Rechenmodell die räumlich und zeitlich variierenden Ausgabegrößen für Boden, Luft, Gebäude und Vegetation. Berechnet werden unter anderem Temperaturen, Feuchte, Strahlungsparameter, bioklimatische Kenngrößen (z. B. PET- und PMV-Werte) sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

6.2 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 4 m realisiert. Mikroskalige Effekte durch Kleinstrukturen wie Bäume und Einzelgebäude werden bei dieser Gitterauflösung noch hinreichend genau abgebildet. Die Ausdehnung des Rechengebietes beträgt 1.548 m in x- und 1.048 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 13 %. Bei einer Anzahl von 30 Gitterzellen in z-Richtung ergibt sich hieraus eine maximale Modellhöhe von 101,5 m.

6.3 Eingangsdaten

6.3.1 Gebäude

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

Lage und Höhe der Bestandsbebauung außerhalb des Plangebietes im Untersuchungsgebietes wurden aus dem vom Land NRW zu Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodell [17] abgeleitet. Zusätzlich wurden die beiden Bebauungspläne Nr. 63469/07 "Ehemaliger Güterbahnhof in Köln-Ehrenfeld" [4] nördlich des Plangebietes und Nr. 63457/03 "Wohnbebauung Alsdorfer Straße in Köln-Braunsfeld/-Ehrenfeld" [5] südlich des Plangebietes als realisiert angenommen. Anlage 7 und Anlage 9 zeigen hierzu den berücksichtigten Gebäudebestand im Istfall.

Anlage 8 und Anlage 10 enthalten den Gebäudebestand sowie die Plangebäude im Planfall, welche auf Grundlage des Masterplans zum Vorhaben [1] abgeleitet wurden. Die Dächer der Plangebäude sollen in Teilen extensiv und intensiv begrünt werden. Da die Verteilung der unterschiedlichen Dachbegrünungen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht feststeht, wurde eine mittlere Dachbegrünung mit 32 cm Substratstärke und einem 30 cm hohen aufliegendem Bewuchs definiert und auf zwei Dritteln der Dachfläche in den Berechnungen berücksichtigt.

Neben der Lage und Höhe müssen den Gebäuden in ENVI-met auch thermische und strahlungstechnische Eigenschaften zugewiesen werden. Hier wurden bei den Gebäudewänden und -dächern nach dunklen und hellen Oberflächen unterschieden. Den Dächern und Fassaden wurde der ENVI-met Standardaufbau (moderate Isolierung) zugeordnet. Hier wurde bei den Gebäudewänden und -dächern der Bestandsbebauung im Umfeld wie folgt nach dunklen und hellen Oberflächen unterschieden:

- Mittelhelle Fassade: Albedo 0,5
- Mittelhelle Dachfläche: Albedo 0,5
- Klinkergebäude (rot): Albedo 0,3
- Dunkle Dachfläche: Albedo 0,2

Den Plangebäuden wurden die ENVI-met Standardeigenschaften mit einer mittelhellen Dach- und Fassadenfläche (Albedowert 0,4) zugewiesen. Die Rauminnentemperatur beträgt bei allen Gebäuden zum Startzeitpunkt der Simulationsrechnung 20 °C.

6.3.2 Vegetation

Neben den Gebäuden ist die Vegetation eine weitere wichtige Einflussgröße zur Ausprägung des individuellen Stadtklimas. Der Einfluss von Bäumen und niedrigem Bewuchs auf das Mikroklima kann mit ENVI-met detailliert untersucht werden. In den

Simulationsrechnungen werden u.a. die Verschattung durch die Baumkronen, die Verdunstung und Transpiration der Blätter und der Einfluss der Vegetation auf die Windverhältnisse berücksichtigt.

Die Erfassung der Lage und Höhe der Bäume im öffentlichen und privaten Raum erfolgte mithilfe des hochaufgelösten digitalen Oberflächenmodells (NDOM) des Landes NRW [18]. In Teilen des Untersuchungsgebietes außerhalb des Plangebietes konnten zudem die Baumarten mithilfe des Baumkatasters der Stadt Köln [8] bestimmt werden. Zur Bestimmung von Lage und Art der Bestandsbäume auf dem Max-Becker-Areal sowie auf dem Gelände der RheinEnergie wurden Baumbewertungsgutachten ([9], [10]) herangezogen.

Neben der Wuchsform (Breite und Höhe des Baumes) muss für jeden im Modell platzierten Baum die Belaubungsdichte vorgegeben werden. Der Belaubungsgrad wurde für alle Bäume, denen eine Baumart zugewiesen werden konnte, mithilfe der GALK-Straßenbaumliste [25] abgeleitet. Hierbei entspricht eine geringe Lichtdurchlässigkeit einem sehr dichten Belaubungsgrad, eine mittlere Lichtdurchlässigkeit einem dichten Belaubungsgrad und eine starke Lichtdurchlässigkeit einem lichten Belaubungsgrad. Bei Bäumen, für die uns keine Information zur Baumart vorlagen, wurde pauschal ein "dichter" Belaubungsgrad angesetzt.

Für die Berechnungen zum Planfall wurden die Standorte der Baumneupflanzungen aus dem Masterplan [1] entnommen. Für die Neuanpflanzungen von Bäumen wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Höhe von 4 m für Bäume oberhalb von Tiefgaragen und von 10 m für die restlichen Neupflanzungen angesetzt. Alle neuangepflanzten Bäume wurden mit einem dichten Belaubungsgrad in den Berechnungen berücksichtigt.

Den restlichen unversiegelten Bereichen im Untersuchungsgebiet ohne Baumbewuchs wurde im Ist- und Planfall pauschal ein niedriger Bewuchs (Gras, Rasen) mit einer Wuchshöhe von 10 cm zugewiesen. Eine Ausnahme hiervon bilden die weitestgehend vegetationslosen unversiegelten Bereiche des Max-Becker-Areals.

In Anlage 7 und Anlage 8 sind die in die Berechnungen eingehenden Vegetationsbestände für beide Planungssituationen dargestellt.

6.3.3 Oberflächen und Böden

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor zur Ausprägung des innerstädtischen Klimas ist die Oberflächenbeschaffenheit. So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung die Verdunstung gegenüber einer Freifläche reduziert, was zu einer Erhöhung der Temperaturen führt. Auf 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 versiegelten Flächen im Bestand inner- und außerhalb des Plangebietes wurden anhand aktueller Orthofotos [20] sowie anhand von ALKIS - Bodenbedeckungsdaten des Landes NRW [22] erfasst. Für Straßen wurde hierbei Asphalt, für weitere versiegelte Flächen wie z.B. Parkplätze Beton bzw. Pflaster als Versiegelungsmaterial vorgegeben.

Die Ableitung der Oberflächenarten im Planfall wurde auf Grundlage des Übersichtslageplanes für Oberflächen [3] abgeleitet. Für die versiegelten Bereiche wurde demnach überwiegend eine gepflasterte Fläche angenommen.

Anders als bei den versiegelten Flächen werden bei unversiegelten Grünflächen zusätzlich die Bodeneigenschaften des Untergrundes berücksichtigt, da sich je nach Bodenart und damit einhergehender Korngrößenzusammensetzung unterschiedliche Versickerungsraten und Wasserspeicherfähigkeiten ergeben.

Zur Bestimmung der Bodenarten im Max-Becker-Areal lag eine bodenkundliche Zustandsfeststellung [11] vor. Hieraus wurden die benötigten Informationen zu den Bodenprofilen vom Umwelt- und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln abgeleitet und in die in ENVI-met hinterlegten Bodenarten übersetzt [12]. Innerhalb des Max-Becker-Areals liegt demnach eine heterogene Zusammensetzung aus verschiedenen Bodenarten und Auffüllungen vor. Die Bodenarten im restlichen Untersuchungsgebiet wurden ebenfalls von der Stadt Köln [13] bereitgestellt.

Aufgrund des infolge der Vornutzung belasteten Bodens ist im Zuge der Neuentwicklung des Areals ein vollständiger Bodenaustausch notwendig. Welche Böden konkret in das Plangebiet eingebracht werden, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt. Im Planfall wurde daher in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem zuständigen Bodengutachterbüro ein unter klimatologischen Gesichtspunkten ungünstiger Sandboden mit humosem Oberboden angesetzt. Für die Bereiche der Tiefgaragen [2] wurde ein 50 cm mächtiger Sandboden mit einer sich darunter anschließenden Betonschicht berücksichtigt.

Anlage 9 und Anlage 10 zeigen die ins Modell einfließenden Oberflächenbeschaffenheiten für den Ist- und Planfall.

6.3.4 Initialisierungsparameter

Innerhalb von ENVI-met können die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter Lufttemperatur und relative Feuchte entweder über ein sogenanntes „Simple-Forcing“, oder durch ein sogenanntes „Full-Forcing“ vorgegeben werden. Bei Ersterem werden lediglich die Lufttemperatur und die relative Feuchte in 2 m Höhe am Einströmrund für jede Stunde des Tages explizit vorgegeben.

Das Full-Forcing ermöglicht die Definition von tageszeitlichen Zyklen weiterer meteorologischer Parameter wie Strahlung, Bewölkung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Da im vorliegenden Fall ein typischer Hitzetag mit konstant hohem Strahlungseintrag und homogenen Windbedingungen zu untersuchen war, wurde das Simple Forcing genutzt. Als meteorologischer Antrieb für die Klimamodelle wurden Wetterdaten der DWD Station Köln-Bonn [30] für die Jahre 2013 bis 2022 ausgewertet. Um die lokalklimatische Situation an einem heißen Tag mit Maximaltemperaturen über 30 °C und an einem Wüstentag mit Maximaltemperaturen über 35 °C möglichst genau abzubilden, wurde für diese beiden klimatologischen Kenntage der mittlere Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte ermittelt. Die ins Modell einfließenden Tagesgänge können aus Abbildung 6.1 und Abbildung 6.2 entnommen werden.

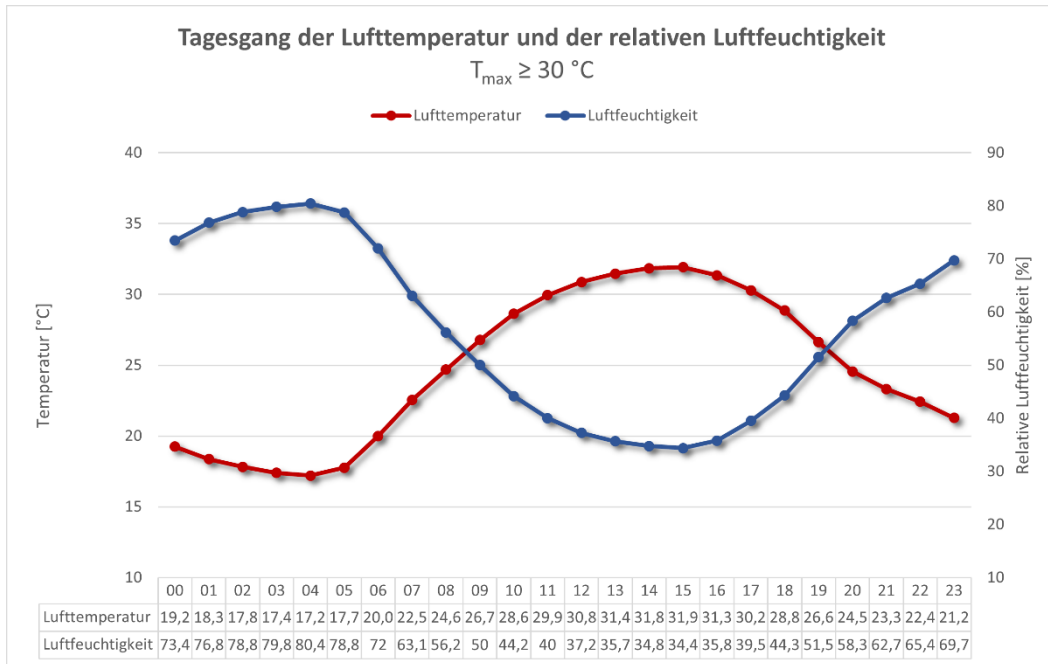


Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing; $T_{max} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

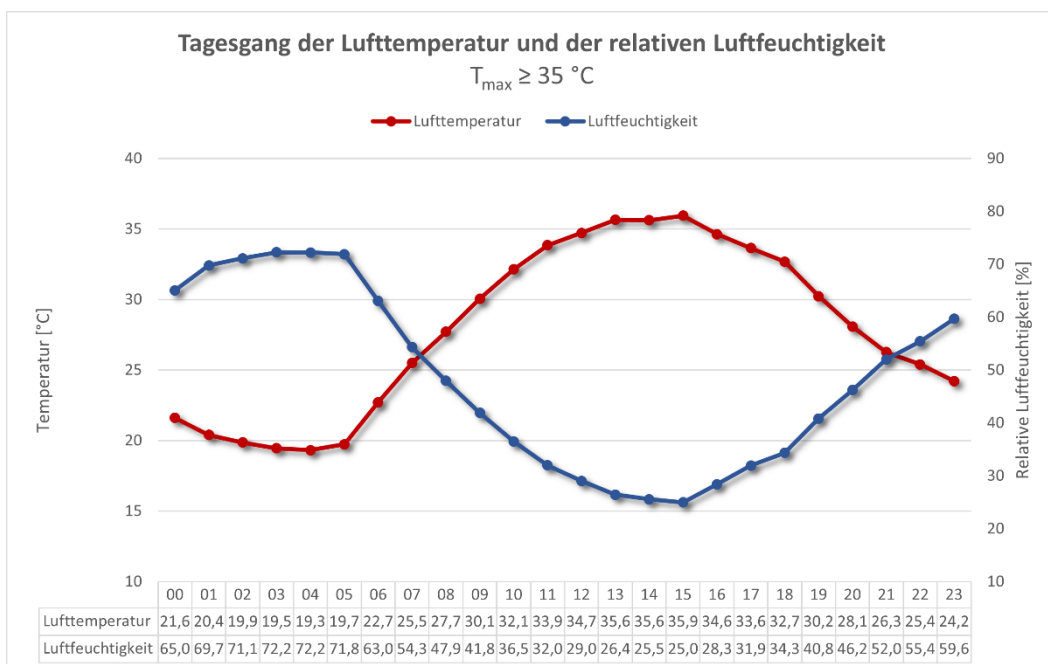


Abbildung 6.2: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing; $T_{max} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Für die Anströmung wurde eine konstante Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s in 10 m Höhe vorgegeben. Dies entspricht einer typischen sommerlichen Schwachwindsituation. Gemäß der Beaufort-Skala [36], 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.

Zur Ableitung der typischen Anströmrichtung an Hitzetagen wurde anders als für die Temperatur- und Feuchteprofile die nächstgelegene Windmessstation (LANUV-Station Köln-Chorweiler) herangezogen, aus der sich für heiße Tage eine südöstliche Anströmung (130°) ergibt (vgl. Kapitel 5.3).

Weitere wichtige Initialisierungsparameter sind die Bodenfeuchte sowie die Bodentemperatur zum Startzeitpunkt der Simulation. Die Bodenfeuchte wird in ENVI-met als nutzbare Feldkapazität (nFK) angegeben, welche ein Maß für die Wassermenge ist, die ein Boden pflanzenverfügbar speichern kann. Für die Simulation der Tage mit einer Temperatur von mindestens 30 °C wird ein feuchter Boden angenommen, wobei noch ausreichend Wasser für Verdunstungsprozesse vorhanden ist. Im vorliegenden Fall entspricht dies einer Bodenfeuchte von 75 % nFK in den ersten 20 cm, 80 % nFK in einer Tiefe von 20-50 cm und 70 % nFK in den darunter liegenden Schichten. Dies repräsentiert die typischen Verhältnisse an einem Sommertag, dem wenige Tage zuvor Regenfälle vorangegangen waren. Durch Verdunstung wirkt diese Feuchte kühlend auf die darüber liegenden Luftschichten.

Für die Simulation der Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 35 °C wird hingegen ein trockener Boden angenommen. Hieraus resultiert eine deutlich reduzierte Kühlleistung des Bodens mit entsprechend höheren bodennahen Lufttemperaturen im gesamten Rechenmodell. Für den 35°-Grad Fall wurde eine Bodenfeuchte von 35 % nFK über die gesamte Tiefe des Bodens angenommen.

Neben den Bodenfeuchten muss auch die Bodentemperatur in verschiedenen Schichten zum Startzeitpunkt der Simulation angegeben werden. Informationen zu typischen Bodentemperaturen in Anhängigkeit der Lufttemperatur können ebenfalls den Stationsdaten der DWD Station Köln-Bonn [31] entnommen werden. Als Eingangsparameter für die Simulation werden die Bodentemperaturen um 4 Uhr (Start der Simulation) in den Tiefen 0-20 cm, 20-50 cm, 50-200 cm sowie >200 cm benötigt. Zur Ableitung dieser Parameter wurden die mittleren Tagesgänge der Bodentemperatur für einen Hitze- und einen Wüstentag an der Station Köln-Bonn ermittelt. In den Simulationen wurden anschließend die mittleren Bodentemperaturen um 4 Uhr morgens zum Startzeitpunkt der Simulation angesetzt. Die entsprechenden Werte können Tabelle 6.1 entnommen werden.

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 [35]. Dabei wird von einer 3≥5-jährigen männlichen Person mit einem Körpergewicht von 75 kg und einer Größe von 1,75 m ausgegangen, die eine leichte körperliche Aktivität (langsames Gehen mit 4 km/h) ausübt. Hieraus ergibt sich eine metabolische Rate von 164,5 W. Weiterhin wird ein Bekleidungsindex von 0,9 einbezogen, was einem leichten Anzug entspricht.

Die nachfolgende Tabelle 6.1 dokumentiert die wichtigsten Initialisierungsparameter der Simulationsrechnungen:

Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen

Initialisierungsparameter	Startwert	
	Feuchtszenario (Heißer Tag mit $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)	Trockenszenario (Wüstentag mit $T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$)
Geographische Position	50,94°N, 6,90°E	
Startzeit der Simulation	20.06., 04:00 Uhr	
Dauer der Simulation	36 Stunden	
Lufttemperatur in 2 m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 17,2 °C und 31,92 °C)	Simple Forcing (Spanne zwischen 19,32 °C und 35,94 °C)
Relative Feuchte in 2 m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 34,38 % und 80,42 %)	Simple Forcing (Spanne zwischen 25 % und 72,28 %)
Rauigkeitslänge z	0,1 m	
Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund	1,5 m/s	
Windrichtung	130° (Südost)	
Bodentemperatur:		
Oberste Schicht (0-20 cm)	21,95 °C	24,25 °C
mittlere Schicht (20 – 50 cm)	23,05 °C	24,75 °C
tiefe Schicht (50 – 200 cm)	21,15 °C	22,15 °C
Gesteinsschicht (> 200 cm)	19,65 °C	20,35 °C
Bodenfeuchte:		
Oberste Schicht (0-20 cm)	75,0 % nFK	35,0 % nFK
mittlere Schicht (20 – 50 cm)	80,0 % nFK	35,0 % nFK
tiefe Schicht (50 – 200 cm)	70,0 % nFK	35,0 % nFK
Gesteinsschicht (> 200 cm)	70,0 % nFK	35,0 % nFK

7 Ergebnisse der mikroklimatischen Situation

Die Berechnungen wurden mit den dokumentierten Eingangsdaten für den Ist- und Planfall für jeweils eine Anströmungsrichtung und zwei Feuchteszenarien durchgeführt.

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

Zur Bestimmung der thermischen und bioklimatischen Belastung wurden die beiden Kenngrößen Lufttemperatur und PET-Wert analysiert. Nachts ist für die Bewertung der Belastungssituation insbesondere die Lufttemperatur von Bedeutung, da bei hohen nächtlichen Temperaturen die Erholung durch das Schlafen deutlich eingeschränkt wird. Daher wird für den Zeitpunkt 4 Uhr die Lufttemperatur ausgewertet. Tagsüber wird die Belastungssituation darüber hinaus durch die Strahlungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die relative Luftfeuchte beeinflusst. Diese Einflussparameter werden durch den PET-Wert beschrieben. Daher wird zur Erfassung der mikroklimatischen Situation am Tag die Lufttemperatur um 14 Uhr sowie der PET-Wert gemittelt von 12 bis 16 Uhr ausgewertet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt grundsätzlich zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse die stadtklimatologischen Verhältnisse unter den zugrunde gelegten Einström- und Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 6.3.4) repräsentieren. Änderungen der aufgeführten Initialisierungsparameter werden zu abweichenden Ergebnissen führen.

Im nachfolgenden Kapitel 7.1 werden zunächst die klimatischen Verhältnisse und die aus der Planung resultierenden Veränderungen hinsichtlich der Durchlüftung, der Lufttemperatur und des PET-Wertes für die Situation an heißen Tagen mit einer Maximaltemperatur von über 30 °C analysiert und bewertet (Feuchtszenario). Im daran anschließenden Kapitel 7.2 erfolgt eine Beschreibung und Auswertung der mikroklimatischen Simulation für einen Wüstentag mit Maximaltemperaturen über 35 °C (Trockenszenario). Da sich die Durchlüftungssituation beider Szenarien nur unwesentlich unterscheidet, wird für das trockene Szenario der Fokus auf die thermische Belastung gelegt.

7.1 Ergebnisse Feuchtszenario ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)

7.1.1 Durchlüftung

Anlage 11 bis Anlage 13 zeigen die simulierten Windgeschwindigkeiten für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Windgeschwindigkeitsdifferenzen für die untersuchte Windrichtung Südost in einer Höhe von 1,5 m über Grund um 14 Uhr.

In den Ergebnisdarstellungen zeigen orange Farbtöne Flächen, in denen die mittlere Windgeschwindigkeit in etwa der ungestörten Freilandgeschwindigkeit entspricht. Grüne Farbtöne weisen Bereiche, in denen die Windgeschwindigkeit deutlich reduziert ist, aus.

Für die Berechnungsergebnisse im Istfall (Anlage 11) lassen sich folgende allgemeine Aussagen treffen:

- Als gut durchlüftet erweisen sich insbesondere ausgedehnte Bereiche mit geringer Rauigkeit. Hierzu zählen vor allem größere Frei-, Gewerbe- oder Parkplatzflächen im Untersuchungsgebiet, wie beispielsweise das Gelände südlich der Mercedes Allee im südlichen Untersuchungsgebiet oder der höher gelegene Bahndamm, der entlang der nördlichen Plangebietsgrenze verläuft.
- In den dichter bebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes ist die Belüftungssituation aufgrund der erhöhten Rauigkeit gegenüber den ungestörten Freiflächen deutlich schlechter. Somit werden beispielsweise im direkten Umfeld der Gewerbe- und Wohnbauten im Untersuchungsgebiet bei der simulierten sommerlichen Schwachwindsituation überwiegend Windgeschwindigkeiten von unter 0,5 m/s erreicht.
- Innerhalb des Plangebietes ist ein von Südost nach Nordwest gerichteter Strömungsverlauf vorhanden, wobei die Windgeschwindigkeiten je nach Dichte des Vegetationsbestandes und des Bebauungsgrades unterschiedlich hoch ausgeprägt sind.
- Im Bereich der heutigen Brachfläche innerhalb des Plangebietes werden aufgrund der kaum vorhandenen Hinderniswirkung durch Gebäude oder Vegetation insgesamt hohe Windgeschwindigkeiten ausgewiesen. Die Anströmung dieses Teilbereiches erfolgt aus südöstlicher Richtung über die Flächen der angrenzenden Logistik- und Gewerbebetriebe. Eine durchgängige Durchströmungsachse, die über die Plangebietsgrenzen hinaus reicht, ist bedingt durch die bestehenden Lärmschutzwände entlang der östlichen Plangebietsgrenze und entlang des Bahndamms nördlich des Plangebietes nicht zu erkennen.
- Im südlichen und westlichen Teilbereich des Plangebietes sind die Windgeschwindigkeiten hingegen deutlich niedriger, was auf den deutlich höheren Vegetationsanteil und auf die Hinderniswirkung der Bestandsgebäude zurückzuführen ist. Die Anströmung dieses Teilbereiches erfolgt vermehrt aus Richtung Widdersdorfer Straße. Das südliche Plangebiet wird zu einem Großteil über die Parkplatzflächen der südlich der Widdersdorfer gelegenen Gewerbe- und Supermarktbetreiber angeströmt.
- Zwischen Maarweg und der westlichen Grenze des Plangebietes an der Vitalisstraße variieren die Windgeschwindigkeiten je nach Bebauungs- und Bewuchsdichte. Niedrige bodennahe Windgeschwindigkeiten werden hierbei insbesondere im Bereich des derzeit dicht bewachsenen Gleisbogens ausgewiesen.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 12) und aus den planungsbedingten Differenzen (Anlage 13) können folgende Aussagen zur zukünftigen Durchlüftungssituation in Bodennähe getroffen werden:

- Neben einer veränderten Vegetationsbeschaffenheit und den neuen Lärmschutzwänden haben die vorgesehenen Plangebäude aufgrund ihrer Höhe, ihrer Ausrichtung und ihrer Kubatur einen deutlichen Einfluss auf die Durchströmbarkeit des Plangebietes. Die Simulationsergebnisse zeigen im Umfeld der neuen

Bebauung bei der untersuchten Windrichtung Südost erwartungsgemäß überwiegend deutliche Geschwindigkeitsreduktionen gegenüber der Bestandssituation.

- Zudem wird durch die neue Bebauungssituation die im Bestand vorherrschende Südost-Windrichtung weitestgehend überprägt. Nach Realisierung des Planvorhabens orientiert sich die Windrichtung entlang der Achsen zwischen den neuen Gebäuden.
- Auf den windzu- und windabgewandten Seiten der Plangebäude übersteigen die Windgeschwindigkeiten kaum mehr als 0,5 m/s. Den deutlichsten windgeschwindigkeitsmindernden Einfluss haben Baukörper mit geschlossenen Innenhofsituationen. In den vorgesehenen Innenhöfen werden kaum mehr als 0,2 m/s erreicht.
- Aufgrund von Kanalisierungseffekten zwischen der neuen Bebauung auf dem ehemaligen RheinEnergie-Gelände im westlichen Plangebiet und der neuen Bebauung auf dem Max-Becker-Areal sowie aufgrund des geringen Strömungswiderstandes bildet sich im Bereich der neuen Parkflächen zwischen Widdersdorfer Straße und Maarweg eine neue Durchlüftungsachse aus. Hierdurch werden im Umfeld des Kugelgasbehälters auch Windgeschwindigkeitszunahmen gegenüber der Istsituation prognostiziert.
- Aus der Differenzdarstellung (Anlage 13) lässt sich weiterhin ableiten, dass infolge der neuen Bebauung auch mit geringfügigen Auswirkungen auf die Durchlüftung außerhalb der Plangebietsgrenzen zu rechnen ist. Aufgrund der Hinderniswirkung der neuen Gebäude sind im Vergleich zum Istfall Geschwindigkeitsreduktionen im Maarweg, in Teilbereichen des Bahndamms, auf den Gewerbeflächen des östlich angrenzenden Logistikunternehmens sowie am westlichen Ende an der Vitalisstraße feststellbar. An der Ecke Widdersdorfer Straße / Maarweg, in Teilbereichen des Bahndamms sowie an der Vitalisstraße wird hingegen infolge von Umlenkeffekten kleinräumig eine Windgeschwindigkeitszunahme prognostiziert.
- Veränderungen gegenüber der Istsituation außerhalb der Plangebietsgrenzen beschränken sich weitestgehend auf benachbarte Verkehrs- und Gewerbeflächen. Sensible Nutzungen sind von einer planungsbedingten, veränderten Durchlüftung nicht betroffen. Eine signifikante Verschlechterung der Belüftungssituation, die deutlich über die Plangebietsgrenzen in die Nachbarschaft wirkt, kann ausgeschlossen werden.

7.1.2 Lufttemperatur um 14 Uhr

Die Anlage 14 bis Anlage 16 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für die untersuchte Hauptwindrichtung an Hitzetagen (130°) für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen zur wärmsten Tagesstunde (14 Uhr).

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 14) können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Temperaturniveau im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Grundsätzlich erwärmt sich die Luft bei der an Hitzetagen typischen Anströmungsrichtung Südost besonders stark beim Überströmen der weitestgehend unverschatteten und stark versiegelten Verkehrs- und Gewerbeflächen, da sich die bodennahen Luftschichten trotz einer guten Durchlüftung durch die direkte solare Einstrahlung und die heißen Oberflächen hier besonders stark aufheizen. Somit werden beispielsweise auf den stark versiegelten Gewerbeflächen östlich, südlich und westlich des Plangebietes oder nördlich des Bahndamms zwischen Maarweg und Vitalisstraße relativ hohe Temperaturen ausgewiesen.
- Bedingt durch die höhere Verdunstungskühlleistung weisen unversiegelte und unverschattete Grünflächen wie beispielsweise zwischen der Lärmschutzwand auf der gegenüberliegenden Seite des Bahndamms und der neuen Bebauung entlang der Straße Am alten Güterbahnhof im Gegensatz zu unverschatteten versiegelten Flächen um ca. 1,2 °C geringer ist. Durch die vorhandene Bodenfeuchte wird den Pflanzen Wasser zur Verdunstung zur Verfügung gestellt. Die für den Verdunstungsprozess benötigte Energie wird der Luft in Form von Wärme entzogen und in latente Wärme umgewandelt, wodurch sich diese abkühlt.
- Bereiche, die relativ gut durchlüftet und durch umstehende Gebäude verschattet werden, wie beispielsweise im Umfeld der neuen Wohnbebauung an der Straße Am alten Güterbahnhof auf der gegenüberliegenden Seite des Bahndamms, weisen im Gegensatz zu den unverschatteten Freiflächen ebenfalls geringere Lufttemperaturen auf.
- Aufgrund der kombinierten Verschattungs- und Verdunstungskühlleistung von Vegetation werden in Bereichen mit dichten Baumbeständen insgesamt die niedrigsten Temperaturen am Nachmittag ausgewiesen. So wird beispielsweise innerhalb der Kleingartenanlage zwischen Maarweg und der Straße Am alten Güterbahnhof nördlich des Bahndamms ein um 2 °C geringeres Temperaturniveau als in den östlich daran angrenzenden, gewerblich genutzten Flächen erreicht.
- Im Bereich der Brachfläche innerhalb des Plangebietes erwärmt sich die Luft aufgrund fehlender Verschattung in den Nachmittagsstunden relativ stark, sodass hier bodennah bis zu 31,8 °C erreicht werden. Die höchsten Temperaturen werden hierbei im nordöstlichen Plangebiet ausgewiesen, da hier zusätzlich zur fehlenden Verschattung, die über den angrenzenden Gewerbeflächen erwärmte Luft in das Plangebiet einströmt und am Bahndamm leicht gestaut wird.
- Durch die Verdunstungskühlleistung und Verschattung des Baumbestandes im südlichen Teilbereich des Plangebietes wird die Luft beim Überströmen leicht abgekühlt, sodass im südlichen, westlichen und nordwestlichen Plangebiet das Temperaturniveau deutlich geringer als auf der Brachfläche ist. Die Temperaturen betragen hier an einem heißen Sommertag zwischen 29,4 °C und 31,0 °C. Aufgrund des dichten Vegetationsbestandes sind auch die Temperaturen im Bereich des Gleisbogens im westlichen Teilbereich des Plangebietes etwas niedriger.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 15) und zu den planungsbedingten Differenzen (Anlage 16) können folgende Aussagen zum zukünftigen nachmittäglichen Temperaturniveau getroffen werden:

- Sowohl die Abbildungen zur Lufttemperatur am Nachmittag als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass durch das Planvorhaben eine deutliche Veränderung des nachmittäglichen Temperaturniveaus erfolgt.
- Durch die neue Bebauungssituation ergeben sich im Großteil des Plangebietes in den Nachmittagsstunden trotz der eingeschränkten Durchlüftung geringere Temperaturen als im Istfall. Die mit bis zu 1,3 °C höchsten Temperaturabnahmen treten entlang der nördlichen Plangebietsgrenze und im nordöstlichen Plangebiet im Bereich des Innenhofes auf. Die Abkühlungen sind vor allem auf die neuen Verschattungszonen, die durch die neuen Plangebäude generiert werden, zurückzuführen. Dadurch wird die Sonneneinstrahlung im Bodenniveau vermindert um demzufolge die Aufheizung der Bodenoberfläche reduziert. Zudem entziehen die Plangebäude in den Nachmittagsstunden der Luft Energie in Form von Wärme, die sie im Lauf der Nacht als langwellige Ausstrahlung wieder an die Umgebungsluft abgeben.
- Diese Abkühlungstendenzen beschränken sich hierbei nicht nur auf die Flächen innerhalb der Plangebietsgrenzen, sondern betreffen auch die angrenzenden Bereiche außerhalb des Plangebietes. So resultiert auf den nördlich bis nordwestlich an das Plangebiet angrenzenden Flächen bis zur Vogelsanger Straße und darüber hinaus eine deutliche negative Temperaturdifferenz gegenüber dem Istfall. Abkühlungen von bis zu 1,3 °C reichen bis zur Lärmschutzwand auf der gegenüberliegenden Seite des Bahndamms. Temperaturreduktionen von bis zu 0,2 °C können auch noch bis in ca. 300 m Entfernung zu den Plangebietsgrenzen im Modell nachgewiesen werden.
- Neben den großflächigen Abkühlungen im Untersuchungsgebiet sind auch kleinräumig vorhabenbedingte Temperaturzunahmen insbesondere im südlichen und westlichen Teilbereich des Plangebietes zu erwarten.
- Infolge der notwendigen Baumfällungen und eines höheren Versiegelungsgrades sowie aufgrund von Stauwirkungen an der neuen Bebauung betragen die Temperaturzunahmen im südlichen Plangebiet an einem heißen Tag bis zu 0,6 °C.
- Im westlichen Teilbereich des Plangebietes zwischen Max-Becker-Areal und Vitalisstraße (Gleisbogen) werden ebenfalls infolge eines verminderten Vegetationsbestandes Temperaturzunahmen von bis zu 0,6 °C prognostiziert. Das absolute Temperaturniveau in diesem Bereich bleibt jedoch weiterhin vergleichsweise niedrig.
- Die Temperaturzunahmen beschränken sich weitestgehend auf Bereiche innerhalb der Plangebietsgrenzen und deren nahes Umfeld. Von den geringfügigen Temperaturzunahmen außerhalb des Plangebietes in Höhe von 0,1-0,2 °C sind angrenzende Verkehrsflächen sowie die straßenbegleitende Bebauung an der Kreuzung Widdersdorfer Straße / Maarweg betroffen.

7.1.3 Lufttemperatur um 4 Uhr

Anlage 17 bis Anlage 19 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall im Feuchtszenario sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten

Temperaturdifferenzen für die untersuchte Anströmungsrichtung um 4 Uhr am frühen Morgen zum Zeitpunkt der stärksten nächtlichen Abkühlung.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 17) können folgende Aussagen zum nächtlichen Temperaturniveau im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Die Luft hat sich in den Nachtstunden gegenüber der Nachmittagssituation aufgrund der langwelligen Ausstrahlung und der damit einhergehenden negativen Energiebilanz abgekühlt. Am südlichen und östlichen Einströmrand des Rechengebietes werden sehr geringe Temperaturen ausgewiesen. Diese niedrigen Temperaturen resultieren aus modelltechnischen Randeffekten und sollten daher nicht interpretiert werden.
- Bereiche mit einem hohen Vegetationsanteil und einem geringeren Anteil versiegelter oder bebauter Fläche kühlen am stärksten aus. Hierzu zählt beispielsweise die Kleingartenanlage zwischen Maarweg und der Straße Am alten Güterbahnhof nördlich des Bahndamms.
- In dicht bebauten und stark versiegelten Bereichen werden grundsätzlich die höchsten nächtlichen Temperaturen erreicht. Dies ist auf die wärmespezifischen Eigenschaften der städtischen Materialien sowie auf die geringen Windgeschwindigkeiten zurückzuführen. Tagsüber nehmen die Gebäude und versiegelten Flächen Wärme auf und geben diese im Verlauf der Nacht an die Umgebungsluft ab. Wenn gleichzeitig schlechte Durchlüftungsverhältnisse vorliegen, wird die abgegebene Wärme verzögert abtransportiert und hierdurch die Abkühlung erschwert. Demzufolge werden beispielsweise auf den Gewerbeflächen entlang der Vitalisstraße nördlich des Bahndamms relativ hohe Temperaturen erreicht.
- Innerhalb des Plangebietes ist das nächtliche Temperaturniveau unterschiedlich hoch ausgeprägt. Im südlichen bis westlichen Teilbereich sind die Temperaturen niedriger, was auf den deutlich höheren Vegetationsanteil und die damit verbundenen höheren Auskühlungsraten zurückzuführen ist. Die Temperaturen betragen in diesem Bereich 19,5 – 20,6 °C.
- Bedingt durch die Zufuhr wärmerer Luftmassen von den östlich angrenzenden Gewerbeflächen und den geringen Anteil an Grünflächen ist das Temperaturniveau im Bereich der heutigen Brachfläche auf dem Max-Becker-Areal etwas höher ausgeprägt. Insgesamt trägt die derzeitige gute Durchlüftungssituation dazu bei, dass die Luftschichten gut durchmischt und dadurch abgekühlt werden. Somit betragen die Temperaturwerte in diesem Teilbereich überwiegend zwischen 20,4 und 20,7 °C. Kleinräumig werden 21,0 °C erreicht.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 18) und zu den planungsbedingten Differenzen (Anlage 19) können folgende Aussagen zum zukünftigen nächtlichen Temperaturniveau getroffen werden:

- Sowohl die Absolutdarstellungen zum Planfall als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass durch die Realisierung des Planvorhabens eine deutliche nächtliche Erwärmung gegenüber der Bestandssituation zu erwarten ist.

- Die Erwärmung ist auf die zunehmende Versiegelung des Plangebietes zurückzuführen. Sowohl die geplanten Gebäude als auch die neuen versiegelten Flächen haben sich aufgrund einer hohen Wärmespeicherkapazität der Baumaterialien im Verlauf des Tages aufgeheizt und geben die gespeicherte Wärme nun im Lauf der Nacht an die Umgebungsluft ab. Die teilversiegelte Fläche im Bestand kühlt demgegenüber effektiver aus.
- Die Temperaturerhöhungen betragen bei der an Hitzetagen dominierenden südöstlichen Windrichtung innerhalb des Plangebietes bis zu 0,7 °C. Die höchsten Temperaturabweichungen gegenüber der Istsituation sind im südlichen und mittleren Plangebiet zu erwarten, was insbesondere auf die Reduktion des Grünflächen- und Baumbestandes zurückzuführen ist. Auch im westlichen Teilbereich des Plangebietes zwischen Maarweg und Vitalisstraße zeigen die Ergebnisse aufgrund des veränderten Vegetations- und Bebauungszustandes Temperaturzunahmen.
- Diese Erwärmungen beschränken sich hierbei nicht nur auf die Flächen innerhalb der Plangebietsgrenzen. Auf dem nördlich angrenzenden Bahndamm betragen die Temperaturdifferenzen gegenüber dem Bestandsfall zwischen 0,3 und 0,5 °C. Auf den nördlich bis nordwestlich angrenzenden Wohn- und Gewerbeflächen entlang des Maarwegs werden Temperaturwerte prognostiziert, die 0,4 °C höher als im Istfall sind. Mit zunehmender Entfernung verringern sich zwar die Auswirkungen des Planvorhabens, in ca. 300-400 m Entfernung zu den Plangebietsgrenzen treten weiterhin leichte Temperaturerhöhungen von bis zu 0,2 °C auf.
- Von den großflächigen Erwärmungen außerhalb der Plangebietsgrenzen sind überwiegend nicht sensible Bereiche (z.B. Gewerbe-, Büronutzungen) ohne nächtliche Nutzungen betroffen. Diese sind daher eher als unkritisch einzustufen. Ausnahmen hiervon bilden die Wohnbebauung am Maarweg sowie am alten Güterbahnhof.
- Die neuen Grünflächen zwischen Widdersdorfer Straße und dem Kugelgasbehälter bewirken eine nächtliche Kühlung, sodass innerhalb der Parkflächen keine, bzw. nur geringe Temperaturzunahmen zu erwarten ist. Ebenfalls wirkt sich die vorgesehene Dachbegrünung bereits positiv auf die Wärmeabgabe der Plangebäude in den Nachtstunden aus. Es sollte jedoch mit weiteren geeigneten Maßnahmen darauf abgezielt werden, die nächtliche Erwärmung innerhalb und außerhalb der Plangebietsgrenzen, insbesondere in der angrenzenden Wohnbebauung zu reduzieren.

7.1.4 Bioklima (PET) am Nachmittag

Anlage 20 und Anlage 21 zeigen die simulierten PET-Werte für den Ist- und Planfall für die untersuchte Windrichtung am Nachmittag in 1,5 m Höhe. Die dargestellten PET-Werte sind das Ergebnis einer Mittelwertwertbildung aus den Simulationsergebnissen zwischen 12 und 16 Uhr an einem heißen Sommertag. Die aus dem Planungsvorhaben resultierenden Differenzen sind in Anlage 22 dargestellt.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 20) können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Bioklima im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Infolge der gewählten Initialisierungsparameter sind im gesamten Untersuchungsgebiet Wärmebelastungen (vgl. Tabelle 4.1) vorhanden. Dabei ist die Wärmebelastung in von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen mit guter Durchlüftung als mäßig bis stark zu bezeichnen, in unverschatteten Bereiche mit eingeschränkter Durchlüftung wird die Wärmebelastung aber als extrem empfunden.
- Die Ergebnisse zeigen, dass das Untersuchungsgebiet an einem heißen Sommertag mit Maximaltemperaturen über 30 °C im Allgemeinen sehr stark durch hohe Hitzebelastungen vorbelastet ist, was vor allem auf den sehr hohen Versiegelungsgrad durch die hohe Anzahl an gewerblichen Flächen bei gleichzeitig sehr geringem Baumbestand zurückzuführen ist. Mit PET-Werten > 53 °C sind besonders extrem die Bereiche der sonnenzugewandten, windabgewandten Gebäudeseiten sowie abgeschlossene Innenhofstrukturen belastet, da hier die Reflexion der einfallenden Strahlung an den Gebäuden bei gleichzeitig fehlender Verschattung und geringer Durchlüftung besonders belastend auf das Bioklima wirkt.
- In gut durchlüfteten Bereichen, wie beispielsweise auf der Freifläche südlich der Mercedes Allee im südlichen Untersuchungsgebiet, ist der PET-Wert etwas weniger extrem ausgeprägt, dennoch ist die bioklimatische Belastung aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung als „stark“ bis „extrem“ einzustufen.
- Geringere thermische Belastungen herrschen dagegen in den von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen vor. Aufgrund der Verschattungswirkung und Verdunstungskühlleistung der Vegetation werden die insgesamt niedrigsten PET-Werte außerhalb des Plangebietes in der Kleingartenanlage zwischen Maarweg und der Straße Am alten Güterbahnhof erreicht. Hier liegen nur mäßige bis starke bioklimatischen Belastungen vor.
- Auf der zukünftig bebauten Fläche innerhalb des Plangebietes ist die Wärmebelastung unterschiedlich hoch ausgeprägt. Im Bereich der Brachfläche auf dem Max-Becker-Areal wirkt sich die gute Durchlüftungssituation positiv auf die thermische Belastung aus. Aufgrund der fehlenden Verschattung durch Bäume oder Gebäude ist der PET-Wert jedoch als "extrem" einzustufen. Besonders hohe PET-Werte (> 53 °C) werden auf der windangewandten Seite der Wand an der östlichen Plangebietsgrenze ausgewiesen.
- Der dichte und hohe Vegetationsbestand im südlichen und mittleren Plangebiet sowie im westlichen Teilbereich zwischen Maarweg und Vitalisstraße hat einen deutlichen Einfluss auf die lokale Hitzebelastung. Hier liegen trotz der eingeschränkten Durchlüftung die bioklimatisch günstigsten Bereiche im gesamten Untersuchungsgebiet vor.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 21) und zu den planungsbedingten Differenzen (Anlage 22) können folgende Aussagen zur zukünftigen nachmittäglichen bioklimatischen Belastung getroffen werden:

- Durch die Realisierung des Planvorhabens ist in Teilen des Plangebietes mit einer Zunahme von extremen bioklimatischen Belastungen zu rechnen. In einigen Teilbereichen wird infolge der neuen Bebauung auch eine Verbesserung des Bioklimas prognostiziert.
- Sowohl die Absolutdarstellungen als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass sich die neuen Bäume positiv auf die nachmittägliche Hitzebelastung auswirken. Demzufolge werden im zukünftigen Pocketwald im Süden sowie im Umfeld des Kugelgasbehälters Aufenthaltsbereiche geschaffen, in denen nur eine mäßige Hitzebelastung vorliegt. Zudem entstehen durch die neuen Plangebäude neue Verschattungszonen, in denen lediglich eine mäßige bis starke Belastung prognostiziert wird.
- Durch die zu erwartende Einschränkung der Durchlüftung, die Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit und die Reflexion der Sonneneinstrahlung an den Plangebäuden entstehen auch Bereiche, in denen zukünftig extreme Wärmebelastungen zu erwarten sind. Diese Belastungszonen entstehen insbesondere auf den sonnenzugewandten Gebäudeseiten sowie im Bereich der Innenhöfe. Auch die geplante Bummelmeile und der sich nördlich daran anschließende Quartiersplatz weisen in Teilen sehr hohe Belastungswerte auf. Um die Aufenthaltsqualität an den zukünftig immer häufiger auftretenden Hitzetagen zu verbessern, sollten in diesen Bereichen nach Möglichkeit geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen vorgenommen werden.
- Beim Vergleich zwischen Ist- und Planfall wird weiterhin deutlich, dass sich auch außerhalb der Plangrenzen Änderungen des thermischen Belastungsempfindens ergeben. Höhere PET-Werte sind demnach besonders dort zu erwarten, wo sich durch das Vorhaben auch Änderungen der Windgeschwindigkeiten ergeben. Hier von sind ausschließlich Verkehrs- und Gewerbeflächen und keine sensiblen Nutzungen betroffen. Zunahmen des PET-Wertes sind demnach im Umfeld des Hochpunktes an der westlichen Grenze des Plangebietes, entlang des Maarwegs sowie innerhalb der östlich angrenzenden Gewerbeflächen zu erwarten. Diese Änderungen reichen bis in ca. 60 m Entfernung zu den Plangebietsgrenzen.
- Durch den Wegfall des Bestandsgebäudes zwischen Maarweg und dem ehemaligen Gleisbogen wird dieser Bereich in Form von niedrigeren PET-Werten entlastet.

7.2 Ergebnisse Trockenszenario ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$)

Bedingt durch den Klimawandel ist zukünftig in den Sommermonaten von einer Abnahme der Niederschläge und einer Zunahme der mittleren Temperaturen und der Temperatur-extreme auszugehen. Dies führt unter anderem zu einer Austrocknung der Bodenschicht, woraus ein weiterer Verlust von Kühlungspotential resultiert. Zur Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung wurde in den Modellberechnungen ein weiteres Szenario mit einer Absenkung der Bodenfeuchte auf 30 % und einer nachmittäglichen Höchsttemperatur von $> 35 \text{ °C}$ berechnet.

7.2.1 Lufttemperatur um 14 Uhr

Die Anlage 23 bis Anlage 25 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen zur wärmsten Tagesstunde (14 Uhr) für das Trockenszenario.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 23) können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Temperaturniveau im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Infolge der gewählten Initialisierungsparameter mit nachmittäglichen Lufttemperaturen über 35 °C für das Trockenszenario ist das Temperaturniveau am Nachmittag deutlich höher als im Feuchtszenario.
- Die höchsten bodennahen Temperaturen von bis zu 35,5 °C werden dabei auf unverschatteten, schlecht durchlüfteten versiegelten Flächen wie zum Beispiel auf der Gewerbefläche zwischen Vogelsanger Straße und Vitalisstraße im nördlichen Untersuchungsgebiet ausgewiesen.
- Im Vergleich zum Feuchtszenario heizen sich zudem unverschattete Grünflächen stärker auf, da die verdunstungsaktive Wirkung von Grünflächen nur bei ausreichender Wasserversorgung stattfinden kann. Hält die Trockenheit mehrere Tage an, verliert eine Grünfläche ihre Kühlwirkung, sodass die einfallende kurzweilige Energie unmittelbar in fühlbare Wärme umgewandelt wird, was insbesondere in der Tagsituation zu einer Erhöhung der bodennahen Lufttemperatur beiträgt. Der Temperaturunterschied zwischen versiegelten und unversiegelten Bereichen beträgt im Trockenszenario daher nur noch ca. 0,7 °C.
- Aufgrund der Verschattungswirkung von Vegetation werden auch bei dem zugrunde gelegten Trockenszenario die niedrigsten Temperaturen in Bereichen mit dichten Baumbeständen ausgewiesen. So ist das Temperaturniveau innerhalb der Kleingartenanlage zwischen Maarweg und der Straße Am alten Güterbahnhof nördlich des Bahndamms um 1,3 °C niedriger als auf den östlich daran angrenzenden Gewerbeflächen.
- Innerhalb des Plangebietes werden analog zum Feuchtszenario die höchsten Temperaturen im nordöstlichen Bereich der Brachfläche ausgewiesen. Durch das Anstauen der über den östlich angrenzenden Gewerbeflächen erwärmten Luft am Bahndamm werden an einem Wüstentag hier bodennah Temperaturen von bis zu 35,6 °C erreicht.
- Durch die Verschattung der dichten Vegetation werden im Umfeld des Kugelgasbehälters, im südlichen Teilbereich des Plangebietes sowie im westlichen Teilbereich zwischen Maarweg und Vitalisstraße bodennah die geringsten Temperaturen zwischen 33,8 °C und 34,4 °C erreicht.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 24) und zu den planungsbedingten Differenzen (Anlage 25) können folgende Aussagen zum zukünftigen nachmittäglichen Temperaturniveau getroffen werden:

- Sowohl die Abbildungen zur Lufttemperatur am Nachmittag als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass durch das Planvorhaben auch bei den zukünftig immer häufig auftretenden extrem heißen Tagen eine deutliche Veränderung des nachmittäglichen Temperaturniveaus erfolgt.
- Durch die neue Bebauungssituation ergeben sich analog zum Feuchtszenario zum Teil deutliche Temperaturreduktionen gegenüber der Bestandssituation. Die mit bis 1,5 °C höchsten Temperaturabnahmen treten hierbei ebenfalls entlang der nördlichen Plangebietsgrenze auf.
- Beim Vergleich von Feucht- und Trockenszenario fällt auf, dass die Temperaturabnahmen gegenüber der Bestandssituation im Trockenszenario geringfügig höher sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich ausgetrocknete Böden ähnlich wie versiegelte Flächen verhalten. Da im Istfall des Trockenszenarios der freiliegende, ausgetrocknete Boden auf der Brachfläche im Vergleich zu einem wassergesättigten Boden nur noch eine stark eingeschränkte Kühlfunktion besitzt, werden sehr hohe Oberflächentemperaturen erreicht, wodurch sich bereits im Bestand die bodennahen Luftschichten stärker als im Feuchtszenario erwärmen. Die aus dem Planvorhaben resultierende großflächige Verschattung durch die neuen Bäume und Gebäude bewirkt eine deutlich verminderte Aufheizung der neuen versiegelten Flächen, woraus die großflächigen Temperaturabnahmen resultieren.
- Aus der Differenzdarstellung in Anlage 25 geht weiterhin hervor, dass in Teilen des zukünftigen Quartierspark eine Erwärmung gegenüber der Bestandssituation zu erwarten ist. Im Feuchtszenario ist diese Erwärmung weniger deutlich ausgeprägt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich der im Planfall angesetzte Sandboden aufgrund seiner geringeren Bodenwasserspeicherkapazität und der damit verbundenen verminderten Kühlleistung stärker aufheizt, als der zugrunde gelegte Sandboden mit Lehmanteilen im Istfall.
- Vereinzelt werden innerhalb des südöstlichen Teils des Plangebietes um bis zu 1,0 °C hohe Lufttemperaturen prognostiziert. Auch hier fällt die Erwärmung in Feuchtszenario weniger stark aus. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass Bewässerungsmaßnahmen auf Grünflächen in Kombination mit wasserspeichernden Böden ein geeignetes Mittel darstellen, Abkühlungen an heißen Sommertagen zu gewährleisten.
- Analog zur Situation an einem heißen Tag mit Temperaturen über 30 °C werden auch im Trockenszenario aufgrund von Stauwirkungen an der neuen Bebauung und aufgrund des veränderten Vegetationsbestandes im südlichen Plangebiet Temperaturzunahmen erwartet, die über die Plangebietsgrenzen hinaus bis zur angrenzenden Wohnbebauung an der Ecke Widdersdorfer Straße / Maarweg reichen. Die Temperaturzunahmen außerhalb des Plangebietes betragen bis zu 0,2 °C.

7.2.2 Lufttemperatur um 4 Uhr

Die Anlage 26 bis Anlage 28 zeigen die simulierten Lufttemperaturen in 1,5 m Höhe für den Ist- und Planfall im Trockenszenario sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Temperaturdifferenzen um 4 Uhr am frühen Morgen

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 26) können folgende Aussagen zum nächtlichen Temperaturniveau im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Die Luft hat sich in den Nachtstunden gegenüber der Nachmittagsituation aufgrund der langwelligen Ausstrahlung und der damit einhergehenden negativen Energiebilanz abgekühlt. Am südlichen und östlichen Einströmrand des Rechengebietes werden sehr geringe Temperaturen ausgewiesen. Diese niedrigen Temperaturen resultieren aus modelltechnischen Randeffekten und sollten daher nicht interpretiert werden.
- Bereiche mit einem vergleichsweise hohen Vegetationsanteil und einem geringen Anteil versiegelter oder bebauter Flächen kühlen in einem ausgetrockneten Zustand schneller und stärker aus als in einem feuchten Zustand. Feuchte Böden haben aufgrund des gespeicherten Wassers eine höhere Wärmekapazität als trockene Böden und können somit tagsüber mehr Wärme speichern und die gespeicherte Wärme dann in Lauf der Nacht langsam abgeben. Demzufolge ist der Temperaturgradient zwischen Grünflächen und versiegelten Flächen bei dem zugrunde gelegten Trockenszenario etwas höher.
- Innerhalb des Plangebietes ist das nächtliche Temperaturniveau beim Trockenszenario ebenfalls unterschiedlich ausgeprägt. Aufgrund des höheren Vegetationsanteils und der damit verbundenen höheren Auskühlungsrate sind die Lufttemperaturen mit 21,9 °C bis 22,8 °C im südlichen Plangebiet am geringsten. Zwar kühlen die freiliegenden Böden auf der Brachfläche ebenfalls gut aus, hier erfolgt jedoch eine Zufuhr wärmerer Luftmassen über die östlich angrenzenden Gewerbebetriebe, sodass im nordöstlichen Plangebiet das Temperaturniveau insgesamt höher ist. Die Temperaturen betragen hier rund 22,8 °C bis 23,4 °C.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 27) und zu den planungsbedingten Temperaturdifferenzen (Anlage 28) können folgende Aussagen zum zukünftigen nächtlichen Temperaturniveau an einem in Köln typischen Wüstentag getroffen werden:

- Sowohl die Absolutdarstellungen zum Planfall als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass durch die Realisierung des Planvorhabens eine deutliche nächtliche Erwärmung gegenüber der Bestandssituation zu erwarten ist.
- Die Temperaturerhöhungen betragen innerhalb des Plangebietes bis zu 0,9 °C. Die höchsten Temperaturabweichungen gegenüber der Istsituation sind analog zum Feuchtszenario im südlichen und mittleren Plangebiet zu erwarten, was insbesondere auf die Reduktion des Grünflächen- und Baumbestandes bei gleichzeitiger Erhöhung der Speichermasse durch Gebäude und versiegelte Flächen

zurückzuführen ist. Hierdurch wird die Kühlleistung innerhalb des Plangebietes gegenüber der Bestandssituation deutlich reduziert und die Wärmeabgabe durch die städtischen Materialien erhöht. Auch im westlichen und nördlichen Plangebiet ist durch den Wegfall von kühlenden, unversiegelten eine deutliche Erwärmungstendenz in den Ergebnissen zu erkennen.

- Beim Vergleich der nächtlichen Temperaturdifferenzen in den beiden untersuchten Szenarien wird deutlich, dass im Trockenszenario eine stärkere planungsbedingte Erwärmung zu erwarten ist, da bei den zugrunde gelegten höheren nachmittäglichen Temperaturen die neuen versiegelten Flächen und Gebäude tagsüber mehr Wärme aufgenommen haben und diese im Lauf der Nacht wieder an die Umgebungsluft abgeben.
- Diese Erwärmungen beschränken sich hierbei nicht nur auf die Flächen innerhalb der Plangebietsgrenzen. Auf dem nördlich angrenzenden Bahndamm betragen die Temperaturdifferenzen gegenüber dem Bestandsfalls zwischen 0,3 °C und 0,5 °C. Auf den nördlich bis nordwestlich angrenzenden Wohn- und Gewerbeflächen entlang des Maarwegs werden bis zur Vitalisstraße Temperaturwerte prognostiziert, die 0,4 °C höher als im Istfall sind. Mit zunehmender Entfernung verringern sich die Auswirkungen des Planvorhabens. Die Erwärmungstendenzen sind bei diesem Szenario jedoch insgesamt weiträumiger als im Feuchtszenario.
- Die neuen Grünflächen zwischen Widdersdorfer Straße und dem Kugelgasbehälter bewirken eine nächtliche Kühlung, sodass in Teilen dieses Bereiches keine Temperaturzunahme zu erwarten ist. Ebenfalls wirkt sich die vorgesehene Dachbegrünung bereits positiv auf die Wärmeabgabe der Plangebäude in den Nachtstunden aus.

7.2.3 Bioklima (PET) am Nachmittag

Anlage 29 und Anlage 30 zeigen die simulierten PET-Werte für den Ist- und Planfall im Trockenszenario am Nachmittag in 1,5 m Höhe. Die dargestellten PET-Werte sind das Ergebnis einer Mittelwertwertbildung aus den Simulationsergebnissen zwischen 12 und 16 Uhr an einem heißen Sommertag. Die aus dem Planungsvorhaben resultierenden Differenzen sind in Anlage 31 dargestellt.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall (Anlage 29) können folgende Aussagen zum nachmittäglichen Bioklima an einem sehr heißen Tag im Untersuchungsgebiet getroffen werden:

- Infolge der gewählten Initialisierungsparameter sind folgerichtig an extrem heißen Tagen im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich höhere Wärmebelastungen (vgl. Tabelle 4.1) als im Feuchtszenario vorhanden. Dabei ist die Wärmebelastung in von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen als "stark" einzustufen, in nahezu allen unverschatteten Bereichen wird die Belastung als "extrem" empfunden.
- Auf der zukünftig bebauten Fläche innerhalb des Plangebietes ist die Wärmebelastung unterschiedlich hoch ausgeprägt. Trotz der guten Durchlüftungssituation wird die Hitzebelastung auf der Brachfläche des Max-Becker-Areals aufgrund der fehlenden Verschattung und der langwelligen Ausstrahlung des ausgetrockneten

Bodens als "extrem" klassifiziert. Im nordöstlichen Plangebiet werden PET-Werte von bis 54 °C erreicht.

- Auf den durch die Bestandsbäume verschatteten Flächen im südlichen, mittleren und nordwestlichen Plangebiet ist die Hitzebelastung etwas geringer. Die PET-Werten betragen am Nachmittag in den Verschattungszonen zwischen 35 °C und 43 °C.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall (Anlage 30) und den planungsbedingten Differenzen (Anlage 31) können folgende Aussagen zur zukünftigen nachmittäglichen bioklimatischen Belastung getroffen werden:

- Durch die Realisierung des Planvorhabens ist in Teilen des Plangebietes mit einer Zunahme von extremen bioklimatischen Belastungen zu rechnen. In einigen Teilbereichen wird infolge der neuen Bebauung auch an einem Wüstentag mit Maximaltemperaturen über 35 °C eine Verbesserung des Bioklimas erzielt.
- Sowohl die Absolutdarstellungen als auch die Differenzdarstellungen zeigen, dass sich die neuen Bäume positiv auf die nachmittägliche Hitzebelastung auswirken. Demzufolge werden im zukünftigen Pocketwald im Süden sowie im Umfeld des Kugelgasbehälters Aufenthaltsbereiche geschaffen, in denen nur eine "starke" Hitzebelastung vorliegt. Zusätzlich entstehen durch die neuen Plangebäude neue Verschattungszonen, in denen lediglich eine starke Belastung prognostiziert wird.
- Alle verbleibenden Flächen innerhalb des Plangebietes, die nicht durch Bäume oder Gebäude verschattet werden, sind durch eine extrem hohe Hitzebelastung gekennzeichnet. Insbesondere auf Aufenthaltsflächen wie beispielsweise auf der Bummelmeile, den Quartiersplätzen und in den Innenhöfen sollte die Hitzebelastung durch zusätzliche geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen gesenkt werden, um die Aufenthaltsqualität an den zukünftig immer häufiger auftretenden extrem heißen Tagen zu verbessern.
- Beim Vergleich zwischen Ist- und Planfall zeigt sich weiterhin, dass an einem Wüstentag keine nennenswerten Änderungen der bioklimatischen Belastung außerhalb des Plangebietes zu erwarten sind.

8 Planungsempfehlungen

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen der Durchlüftung und der bioklimatischen Belastung weitestgehend auf das Plangebiet sowie dessen nahes Umfeld beschränken.

Derzeit wird die Brachfläche aufgrund der geringen Rauigkeit weitestgehend sehr gut durchlüftet. Durch die Realisierung des Planvorhabens bildet sich im Bereich des neuen Quartierparks eine neue Durchlüftungssachse aus, gleichzeitig bewirken die neuen Plangebäude und die vorgesehenen Lärmschutzwände entlang des Bahndamms jedoch auch eine Einschränkung der Durchströmbarkeit des Plangebietes, die mit deutlichen Geschwindigkeitsreduktionen gegenüber des Istfalls einhergeht.

In Bezug auf das Temperaturniveau ist bei beiden untersuchten Feuchte-/ Temperaturszenarien am Nachmittag aufgrund des höheren Anteils an verschatteten Flächen, der Wärmehaufnahme der versiegelten Flächen und Gebäude überwiegend mit einer deutlichen Abkühlung zu rechnen, welche bis in die westlich bis nördlich angrenzende Bebauung hineinreicht. Aufgrund von Stauwirkungen und eines veränderten Vegetationsbestandes sind insbesondere im südlichen und westlichen Teilbereich des Plangebietes auch Temperaturzunahmen zu erwarten. In den Nachtstunden werden aufgrund der Wärmeabgabe der neuen Gebäude und versiegelten Flächen deutliche Erwärmungen prognostiziert, die bis in die angrenzenden Nutzungen hineinreichen.

Durchgehend positiv wirken sich die umfangreichen Baumpflanzungen auf das bioklimatische Belastungsniveau innerhalb des Plangebietes aus. Durch deren Verschattung und Verdunstungskühlung sowie durch die zusätzliche Gebäudeverschattung wird hinsichtlich des Bioklimas innerhalb des Plangebietes in einigen Teilbereichen eine Verbesserung erzielt. Durch die neue Bebauungssituation und den notwendigen Baumfällungen und einer daraus resultierenden veränderten Durchlüftungs- und Strahlungssituation bilden sich zudem bei beiden untersuchten Szenarien innerhalb des Plangebietes Bereiche mit zum Teil extremen bioklimatischen und thermischen Belastungen aus.

Mittlerweile wurden in einer Vielzahl von Veröffentlichungen sinnvolle Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion von Hitzebelastungen im städtischen Raum aufgeführt und beschrieben. Beispiele für Anpassungsmaßnahmen finden sich im Handbuch Stadtklima [30], herausgegeben vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur Verbraucherschutz NRW und in der VDI 3787 Blatt 8 „Stadtentwicklung im Klimawandel“ [27].

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

Erhöhung des Baumanteils

Da Bäume sowohl durch Verschattung als auch über Abkühlungsprozesse durch Evapotranspiration zur Verminderung der bodennahen Lufttemperatur beitragen, wird empfohlen, weitere Baumstandorte in Erwägung zu ziehen. Dabei sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass das ohnehin durch die geplante Bebauung beeinträchtigte Windfeld

nicht zusätzlich gestört wird. Daher sollten die Bäume eine ausgeprägte Krone aufweisen und im Stammbereich möglichst wenig Strömungswiderstand durch Äste und Blätter liefern.

Innerhalb des Plangebietes sollten vornehmlich in Aufenthaltsbereichen mit sehr hohen bioklimatischen Belastungen (vgl. hierzu Anlage 21 und 30) weitere Baumpflanzungen in Erwägung gezogen werden. Hierzu zählen beispielsweise die von Süd nach Nord verlaufende Bummelmeile, die Quartiersplätze und der Quartierspark. Um die Wärmeaufnahme in den Tagstunden und damit die Wärmeabgabe in den Nachtstunden zu reduzieren, bieten sich auch weitere Baumstandorte vor den sonnenexponierten Süd- und Westfassaden der Plangebäude an.

In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels sollten insbesondere stadtklimafeste, also hitze- und trockenheitsresistente Arten ausgewählt werden, die jedoch während andauernden Hitzeperioden ausreichend bewässert werden sollten, um eine Verbesserung der thermischen Verhältnisse sicherzustellen. Weiterhin sollte beachtet werden, großkronige Arten mit geringer oder mittlerer Lichtdurchlässigkeit zu wählen, um eine effektive Transpiration und Verschattungswirkung zu erzielen. Hinweise zu geeigneten Arten liefert zum Beispiel die GALK-Straßenbaumliste [25].

Temporäre Verschattungsflächen

Um die hohe bioklimatische Belastung in Bereichen mit direkter Sonneneinstrahlung zu reduzieren, können als zusätzliche Alternative auch Sonnensegel oder bewachsene Pergolen eingesetzt werden, um in den heißen Nachmittagsstunden Aufenthaltsflächen zu schaffen, in denen nur eine mäßige thermische Belastung vorliegt. Hierfür eignen sich besonders die bioklimatisch hoch belasteten Aufenthaltsflächen im Quartierpark, auf den Quartiersplätzen oder in den Innenhöfen.

Fassadenbegrünung und zusätzliche Dachbegrünung

Derzeit ist bereits vorgesehen, die Dachflächen zu jeweils einem Drittel extensiv und intensiv zu begrünen.

Zusätzliche Gebäudebegrünungen mit positiven klimatischen Effekten können in Form von Fassadenbegrünungen vorgenommen werden. Für die Realisierung von Fassadenbegrünung bieten sich insbesondere die stark aufheizenden Süd- und Westfassaden der Plangebäude an. Diese Begrünungsart liefert zwar keine zusätzlichen Verschattungsflächen, kann aber die Reflexion von den Gebäuden in Richtung Boden reduzieren und die Verdunstung erhöhen, wodurch sich ebenfalls das Bioklima verbessert. Ein weiterer Vorteil dieser Begrünungsart liegt darin, dass die Gebäude tagsüber weniger Wärme aufnehmen, wodurch sich die nächtliche Wärmerückstrahlung ebenfalls reduziert. Zudem greift diese Begrünungsart nur geringfügig in das Windfeld ein. Durch die aktive Bewässerung der Fassadenbegrünung kann auch während anhaltenden Trockenphasen durch Verdunstung Kühle entstehen.

Bezüglich der Dachbegrünung sollte der Anteil und die Fläche der intensiven Begrünungsform möglichst hoch sein, da mehrschichtige und mächtigere Substrate die Regenwasserrückhaltung verbessern und gleichzeitig in Trockenphasen für eine längere

Wasserversorgung der Pflanzen sorgen können. Dachbegrünungen vermindern darüber hinaus die Wärmeaufnahme in den Tagstunden und fördern somit die Verringerung der nächtlichen Wärmeabgabe von Gebäuden. Für die bodennahen Temperaturverhältnisse wirken sich insbesondere Dachbegrünungen auf niedrigen Dächern positiv aus, da hier die im Dachniveau abgekühlte Luft effektiver in den bodennahen Bereich heruntergemischt werden kann, während die auf hohen Dächern abgekühlte Luft nur unwesentlich zu einer Abkühlung im Bodenniveau beitragen kann.

Darüber hinaus wirken sich Dachbegrünungen auch auf die angrenzenden Räume im Innenraum positiv aus, indem die Aufheizung und die Kühllast verringert wird. Dabei haben bewässerte, intensive Dachbegrünungen eine kühlendere Wirkung als unbewässerte extensive Dachbegrünungsarten. Auch ist der Tagesgang der Temperatur insbesondere in nördlich ausgerichteten Räumen bei Dachbegrünungen [22] mit mächtigeren Substraten aufgrund des zusätzlichen Dämmeffekts niedriger ausgeprägt als bei unbegrünten Dächern.

Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass neben der nächtlichen Wärmeabgabe durch Gebäude auch die neu versiegelten Flächen aufgrund ihrer Wärmespeicherkapazität gegenüber den überwiegend unversiegelten Flächen im Bestand zur nächtlichen Erwärmung beitragen.

Um die nachmittägliche Wärmeaufnahme und damit die nächtliche Wärmeabgabe zu reduzieren und um Versickerung und Verdunstung zu gewährleisten, sollte die Flächenversiegelung so weit wie möglich reduziert werden. Versiegelte Oberflächen im Außenraum sollten möglichst hell gestaltet werden, da helle Materialien tagsüber weniger Wärme speichern und dementsprechend auch nachts weniger Wärme an die umliegenden Luftschichten abgeben. Darüber hinaus empfiehlt es sich, Wege, Fahrrad- (stellplätze) sowie die Quartiersplätze teilversiegelt, z.B. mit Rasengittersteinen oder Sickerpflaster auszuführen. „Schottergärten“ sollten bereits in den Festsetzungen zum Bebauungsplan ausgeschlossen werden.

Geeignete Baumaterialien verwenden

Neben der Entsiegelung ist der gezielte Einsatz von Materialien mit geringer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf Oberflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklerem Asphalt einen größeren Anteil der einfallenden Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der bodennahen Oberflächen erheblich verringern. Auch helle Fassaden, die idealerweise mit natürlichen Materialien wie Holz kombiniert werden, heizen sich weniger stark auf und geben im Lauf der Nacht entsprechend weniger Wärme an die Umgebungsluft ab. Um das Bioklima nicht zusätzlich durch starke Reflexionen an sehr hellen Oberflächen und Fassaden negativ zu beeinflussen, sollten diese nach Möglichkeit „mittelhell“ mit einem Hellbezugswert (Albedo) zwischen 0,5 und 0,6 gestaltet 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 und können in ihrem Umfeld so zur thermischen Entlastung beitragen. Hierbei sollte darauf geachtet werden, Wasserflächen vorzugsweise in Bereichen mit einer guten Durchlüftung vorzusehen, um nicht einen bioklimatisch eher belastenden Schwüleeffekt zu erzeugen.

Insbesondere der neue Quartierspark, das Umfeld von Spielflächen und die Quartiersplätze bieten sich an, Wasserelemente zur Kühlung an heißen Tagen zu integrieren.

Schaffung von Regenrückhalteflächen zur Grünflächenbewässerung

Während der zukünftig immer häufiger auftretenden Hitzeperioden trocknen die Böden aus, verhalten sich dadurch ähnlich wie eine versiegelte Fläche und können somit keinen Beitrag mehr zur Kühlung leisten. Zum Erhalt der Kühlleistung durch Evaporation von unversiegelten Bereichen während Hitzeperioden sollte ein Großteil der Niederschläge in Zeiten des Wasserüberschusses (z.B. nach Starkregen) oder in den Wintermonaten zurückgehalten werden, um es in den warmen Sommermonaten über die Vegetation zur Verdunstung zu bringen oder für die Bewässerung bereitzustellen. Auf ausreichend mit Wasser versorgten Grünflächen und Böden kann auch während warmer Trockenphasen im Sommer die Verdunstungskühlleistung der Vegetation und der Böden aufrecht erhalten werden, um so einen Beitrag zur Kühlung von städtischen Flächen zu leisten. Die beste Tageszeit zur Bewässerung der Vegetation ist der frühe Morgen. Solange es noch kühl ist, kann das Wasser besser in den Boden einsickern und sorgt somit für eine ausreichende Versorgung der Pflanzen während der heißen Tagstunden.

Regenrückhaltung kann beispielsweise durch eine wassersensible Oberflächengestaltung in Form von Tiefbeeten, Mulden und Rigolen sowie durch Speicherung mittels Zisternen umgesetzt werden. Zudem eignen sich für den temporären und dauerhaften Rückhalt großer Mengen von Regenwasser besonders unterirdische Retentionsbecken oder -dächer. Hierüber kann das zwischengespeicherte Niederschlagswasser entweder direkt vor Ort oder über Kaskadensysteme an anderer Stelle zur Bewässerung und Verdunstung bereitgestellt werden. Überschüssiges Niederschlagswasser sollte über Versickerung dem Wasserhaushalt zurückgeführt werden.

Aufbringen von Böden mit hoher Bodenwasserspeicherkapazität

Funktionsfähige Böden sind ein wichtiger Baustein, wenn es im Sommer um die Vermeidung von Hitzestauwirkungen in urbanen Räumen geht. Durch ihre Funktion als Wasserspeicher und Wasserlieferant und das damit verbunden Potential zur Verdunstungskühlung haben Böden gerade in heißen Trockenperioden einen großen Einfluss auf das Stadtklima. Anpassungs- und Optimierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Bodenkühlleistung sollten

daher bei stadtklimatischen Belangen berücksichtigt werden. Das Prinzip der Bodenkühlung besteht in der Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern und den Pflanzen zeitverzögert zur Verdunstung zur Verfügung zu stellen. Dabei wird die genutzte Energie in latente Wärme umgewandelt, bei der der Umgebungsluft Wärme entzogen und somit gekühlt wird. Entscheidend für eine hohe Verdunstungsrate und den einhergehenden Kühlungseffekt ist die Wasserverfügbarkeit. Je mehr Wasser von Bodenoberflächen und durch Pflanzen verdunstet kann, desto mehr kühlt sich die umgebende Luft fühlbar ab.

Aufgrund der Vornutzung ist im gesamten Plangebiet ein vollständiger Bodenaustausch notwendig. Hierbei sollten möglichst Bodenarten aufgebracht werden, die über eine hohe Bodenwasserspeicherkapazität verfügen. Je feinkörniger und gleichförmiger ein Boden ist, desto größer ist das Porenvolumen, in dem das pflanzenverfügbare Wasser (= nutzbare Feldkapazität (nFK)) gespeichert werden kann. Schluff- und Lehmböden weisen beispielsweise im Vergleich zu Sand- und Tonböden eine hohe nutzbare Feldkapazität auf.

Neben der Eigenschaft des Bodens kann auch durch die Auswahl von standortangepassten Pflanzenarten mit höheren Verdunstungsleistungen und die gezielte Auffüllung des Bodenwasserspeichers durch Bewässerung die Kühlleistung einer Freifläche verbessert werden.

9 Zusammenfassung

In Köln soll das Max Becker-Areal nördlich der Widdersdorfer Straße 194 in Ehrenfeld zu einem neuen Stadtquartier entwickelt werden. Der Wegzug des Rohstoffverwertungsunternehmens Max Becker ermöglicht es, das Areal zusammen mit dem angrenzenden Grundstück der RheinEnergie AG in den Stadtteil Ehrenfeld zu integrieren. Vorgesehen ist eine Mischnutzung aus Wohnen, Gewerbe, Kitas, Sport- Grün und Spielflächen sowie einer Grundschule. Hierfür ist die Aufstellung eines Bebauungsplanes sowie die Änderung des Flächennutzungsplanes notwendig.

Die Planungshinweiskarte Hitze der Stadt Köln klassifiziert das Plangebiet weitestgehend als belastete Siedlungsfläche, welche eine stadtklimatische Übergangszone zwischen stärker belasteten Siedlungsflächen und klimaaktiven Freiflächen darstellt. Aufgrund der ungünstigen stadtklimatischen Ausgangssituation und der zusätzlichen städtebaulichen Verdichtung wurden im Rahmen des planungsrechtlichen Verfahrens die Auswirkungen auf das lokale Mikroklima untersucht.

Um die zu erwartenden Auswirkungen der fortschreitenden Klimaveränderungen und die Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen besser beurteilen und bewerten zu können, wird seitens der Stadt Köln gefordert, für beide Planungsszenarien (Bestandsfall und Planfall) jeweils zwei verschiedene Temperatur- und Bodenfeuchteszenarien zu simulieren. Hierfür wurde ein typischer heißer Sommertag mit Maximaltemperaturen von rund 30 °C und vorangegangenen Regen mit dementsprechend höheren Bodenfeuchtwerten (Feuchtszenario) sowie ein typischer Wüstentag mit extremen und zukünftig immer häufiger auftretenden Temperaturwerten von über 35 °C bei einem trockenen Bodenzustand (Trockenszenario) untersucht.

Es wurden die folgenden vier Szenarien untersucht:

- Istfall: derzeitige Bebauungssituation, aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit
- Istfall mit Feuchtszenario (Heißer Tag mit $T_{\max} > 30 \text{ °C}$)
 - Istfall mit Trockenszenario (Wüstentag mit $T_{\max} > 35 \text{ °C}$)
- Planfall: Zukünftige Bebauungssituation nach Realisierung des Planvorhabens, abgeleitet aus den aktuellen Planungsunterlagen ([1],[2],[3])
- Planfall mit Feuchtszenario (Heißer Tag mit $T_{\max} > 30 \text{ °C}$)
 - Planfall mit Trockenszenario (Wüstentag mit $T_{\max} > 35 \text{ °C}$)

Die mikroklimatischen Untersuchungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung wurden mithilfe des mikroskaligen Stadtklimamodells ENVI-met in der aktuellen Version 5.6.1 (Winter Release 2023/2024) durchgeführt. Hierbei wurde in allen untersuchten Szenarien, die in Köln an heißen Sommertagen typische südöstliche

Anströmungsrichtung berücksichtigt. In die Klimasimulation 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. Anhand der Ergebnisse wurden anschließend lokalspezifische Planungsempfehlungen zur Minimierung negativer lokalklimatischer Folgen erarbeitet.

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung haben gezeigt, dass sich Veränderungen der Durchlüftung und der bioklimatischen Belastung weitestgehend auf das Plangebiet sowie dessen nahes Umfeld beschränken.

Derzeit wird die Brachfläche aufgrund der geringen Rauigkeit weitestgehend sehr gut durchlüftet. Durch die Realisierung des Planvorhabens bildet sich im Bereich des neuen Quartierparks eine neue Durchlüftungssachse aus, gleichzeitig bewirken die neuen Plangebäude und die vorgesehenen Lärmschutzwände entlang des Bahndamms jedoch auch eine Einschränkung der Durchströmbarkeit des Plangebietes, die mit deutlichen Geschwindigkeitsreduktionen gegenüber des Istfalls einhergeht.

In Bezug auf das Temperaturniveau ist bei beiden untersuchten Feuchte-/ Temperaturszenarien am Nachmittag aufgrund des höheren Anteils an verschatteten Flächen, der Wärmefangaufnahme der versiegelten Flächen und Gebäude überwiegend mit einer deutlichen Abkühlung zu rechnen, welche bis in die westlich bis nördlich angrenzende Bebauung hineinreicht. Aufgrund von Stauwirkungen und eines veränderten Vegetationsbestandes sind insbesondere im südlichen und westlichen Teilbereich des Plangebietes auch Temperaturzunahmen zu erwarten. In den Nachtstunden werden aufgrund der Wärmeabgabe der neuen Gebäude und versiegelten Flächen deutliche Erwärmungen prognostiziert, die bis in die angrenzenden Nutzungen hineinreichen.

Durchgehend positiv wirken sich die umfangreichen Baumpflanzungen auf das bioklimatische Belastungsniveau innerhalb des Plangebietes aus. Durch deren Verschattung und Verdunstungskühlung sowie durch die zusätzliche Gebäudeverschattung wird hinsichtlich des Bioklimas innerhalb des Plangebietes in einigen Teilbereichen eine Verbesserung erzielt. Durch die neue Bebauungssituation und den notwendigen Baumfällungen und einer daraus resultierenden veränderten Durchlüftungs- und Strahlungssituation bilden sich zudem bei beiden untersuchten Szenarien innerhalb des Plangebietes Bereiche mit zum Teil extremen bioklimatischen und thermischen Belastungen aus.

Zur Reduktion der zum Teil extremen bioklimatischen Belastung innerhalb des Plangebietes und der nächtlichen Erwärmungstendenzen inner- und außerhalb der Plangebietsgrenzen sollten bei fortgeschreitender Planung nach Möglichkeit folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden. Diese können einzeln oder in Kombination umgesetzt zur Reduktion des Belastungsniveaus beitragen:

- Zusätzliche Baumpflanzungen vor sonnenexponierten Fenstern und Fassaden sowie in bioklimatisch hoch belasteten Aufenthaltsbereichen zur Erhöhung der Verschattungswirkung und Verdunstungsabkühlung

- Temporäre Verschattungselement wie z.B. Sonnensegel oder Pergolen in Aufenthaltsbereichen in bioklimatisch hoch belasteten Bereichen mit direkter Sonneneinstrahlung
- Zusätzliche, möglichst intensive Dachbegrünung und Fassadenbegrünungen an den sonnenexponierten Gebäudeseiten zur Reduktion der nachmittäglichen Wärmeaufnahme und Erhöhung der Verdunstungsabkühlung
- Klimaoptimierte Gestaltung der Oberflächen im Außenraum durch den Einsatz heller oder wasserdurchlässiger Materialien, um die nachmittägliche Wärmeaufnahme zu reduzieren, zum Beispiel auf den vorgesehenen Quartiersplätzen und Erschließungsflächen
- Verwendung geeigneter Baumaterialien für Gebäude, um die Wärmeaufnahme in den Tagstunden und die Wärmeabgabe in den Nachtstunden zu reduzieren
- Schaffung von offenen Wasserflächen zur Förderung der Verdunstungskühlung in den sensiblen Bereichen mit hohen PET-Werten, beispielsweise innerhalb der neuen Grünfläche oder auf den Quartiersplätzen
- Schaffung von Regenrückhaltebecken oder Zisternen, um durch Grünflächenbewässerung die Verdunstungskühlleistung auf entsiegelten Flächen während sommerlicher Hitzeperioden zu erhöhen oder aufrechtzuerhalten
- Aufbringen von hochwertigen Böden mit hohen Bodenwasserspeicherkapazitäten, um die Verdunstungskühlleistung der Vegetation während Trockenperioden aufrechtzuerhalten

Peutz Consult GmbH

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

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

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Masterplan zur Entwicklung des Max-Becker-Areals in Köln
Anlage 2	Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Istfall
Anlage 3	Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Planfall
Anlage 4	Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte Hitze der Stadt Köln
Anlage 5	Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der LANUV-Station Köln-Chorweiler im Zeitraum 2014 – 2023
Anlage 6	ENVI-met Modellarchitektur
Anlage 7	Vegetationsbeschaffenheit im Istfall
Anlage 8	Vegetationsbeschaffenheit im Planfall
Anlage 9	Oberflächenbeschaffenheit im Istfall
Anlage 10	Oberflächenbeschaffenheit im Planfall
Anlage 11	Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 12	Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 13	Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Differenz (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 14	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 15	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 16	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Differenz (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)
Anlage 17	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Istfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}C$)

- Anlage 18 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 19 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Differenz (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 20 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag – Istfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 21 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag -Planfall (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 22 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag – Differenz (Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 23 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 24 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 25 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Differenz (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 26 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Istfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 27 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 28 Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Differenz (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 29 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag – Istfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 30 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag -Planfall (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)
- Anlage 31 PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittage – Differenz (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)

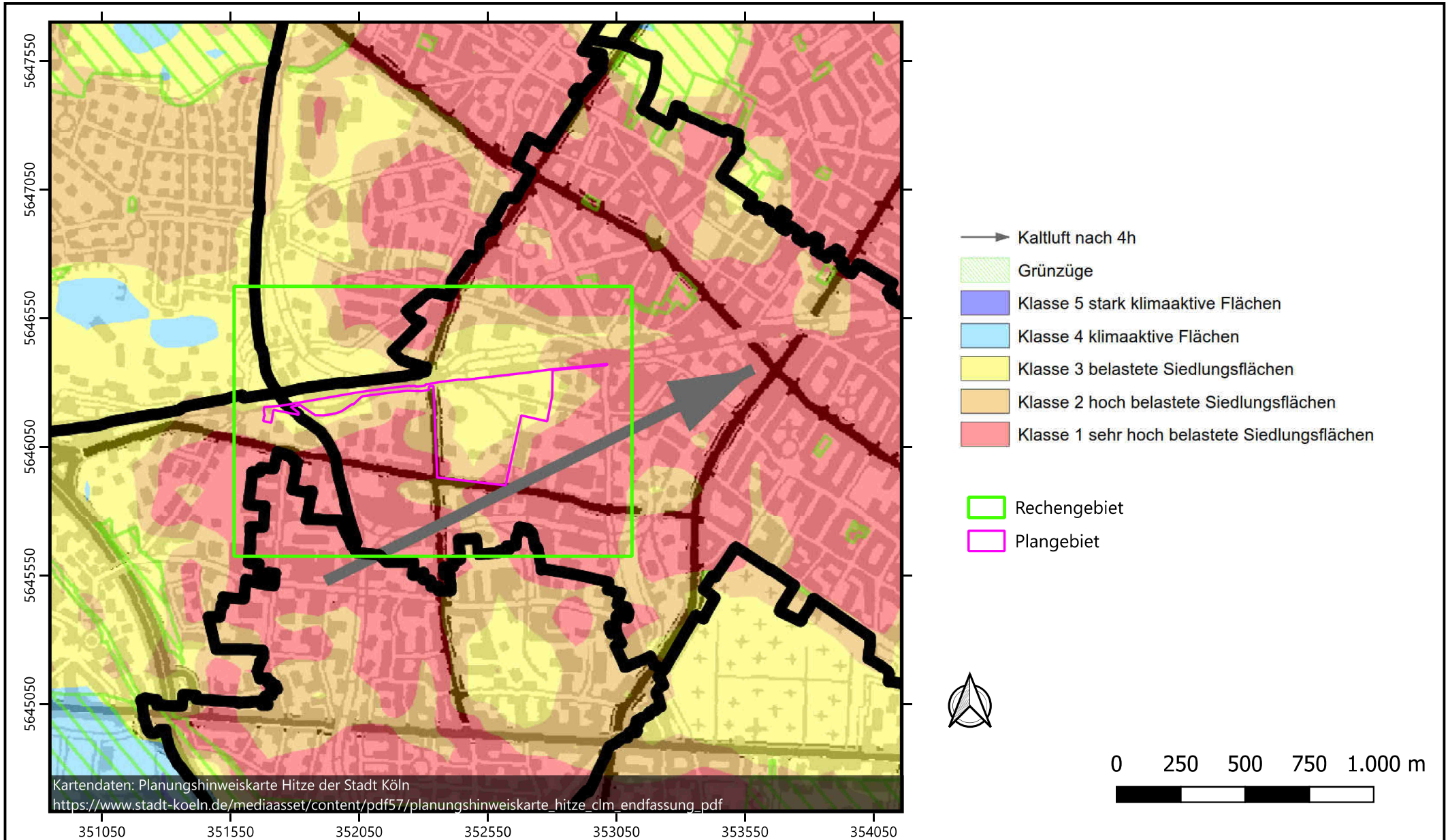
Anlage 2: Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Istfall



Anlage 3: Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Planfall



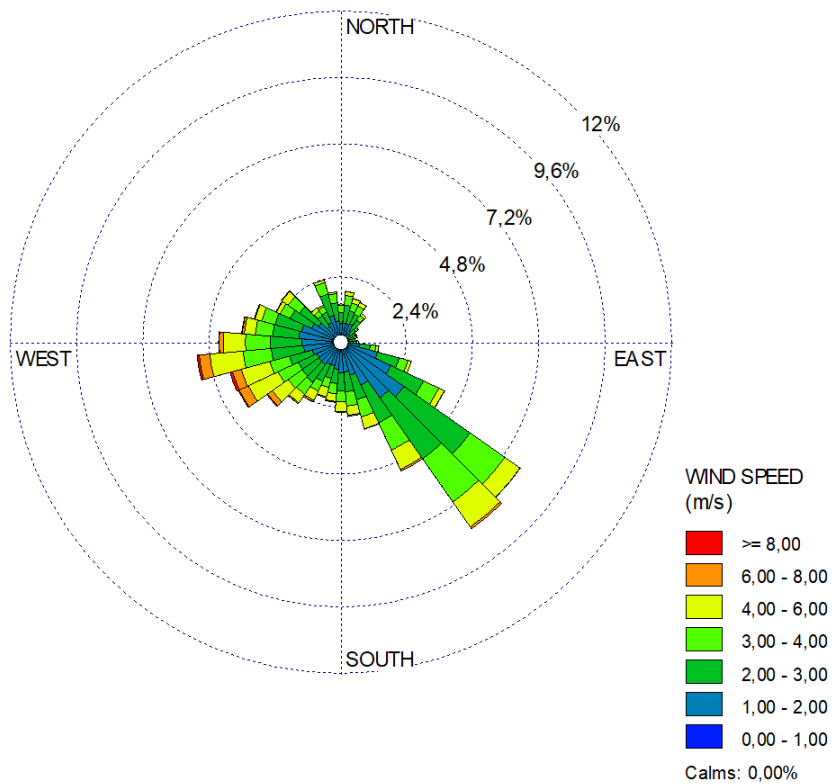
Anlage 4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte Hitze der Stadt Köln



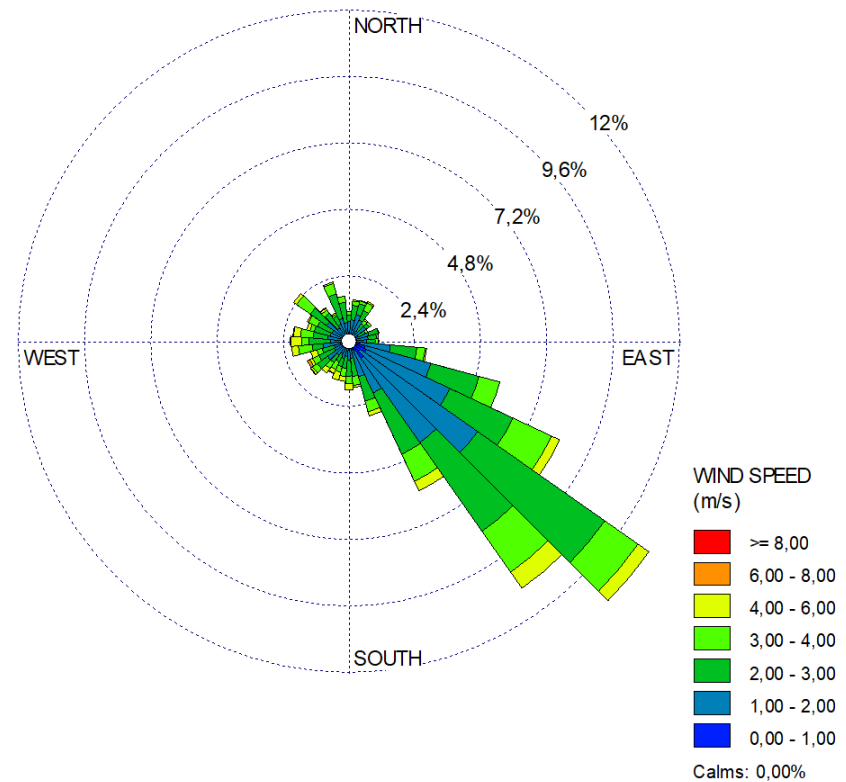
Anlage 5: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der LANUV-Station Köln-Chorweiler im Zeitraum 2014 – 2023



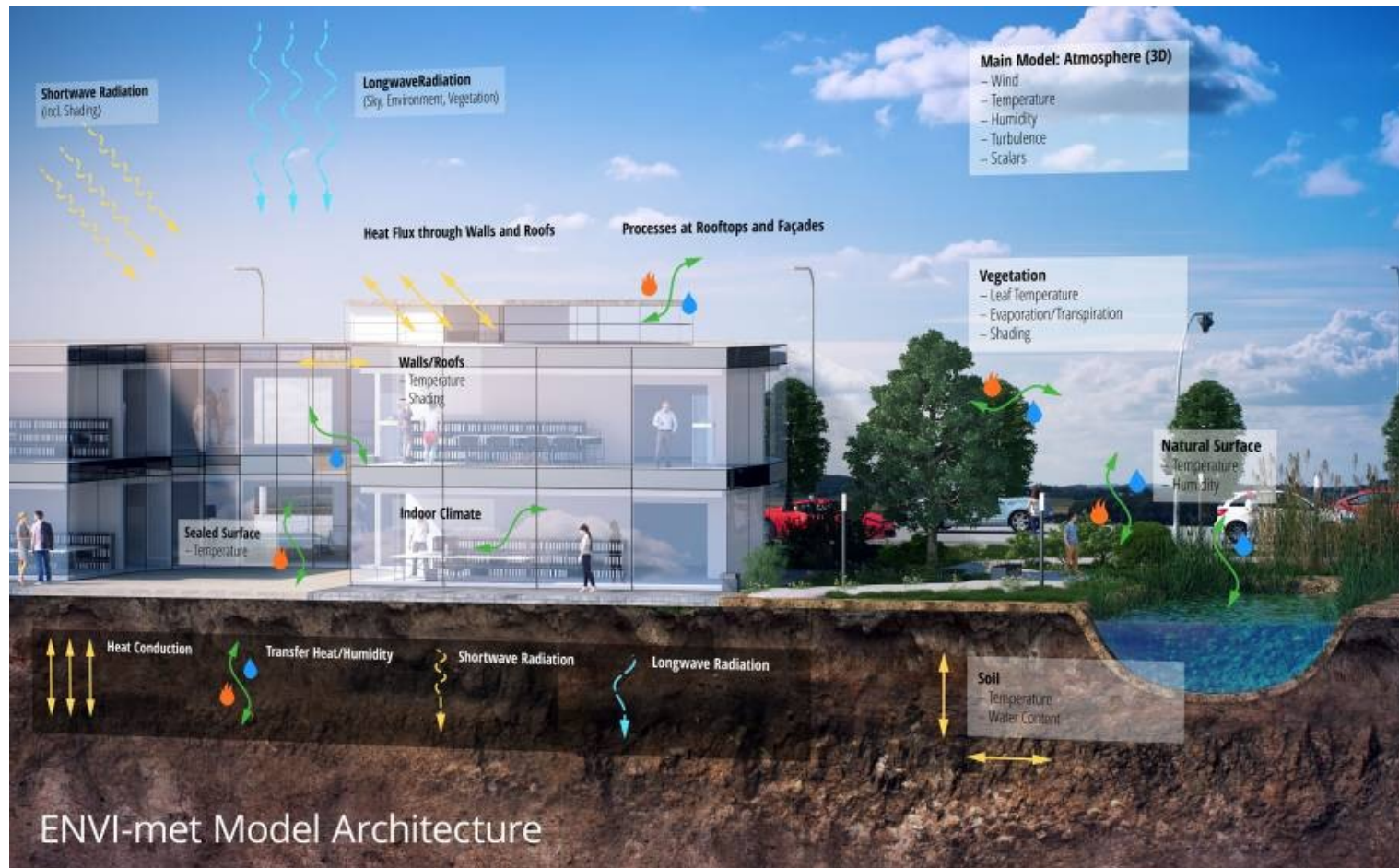
Alle Situationen



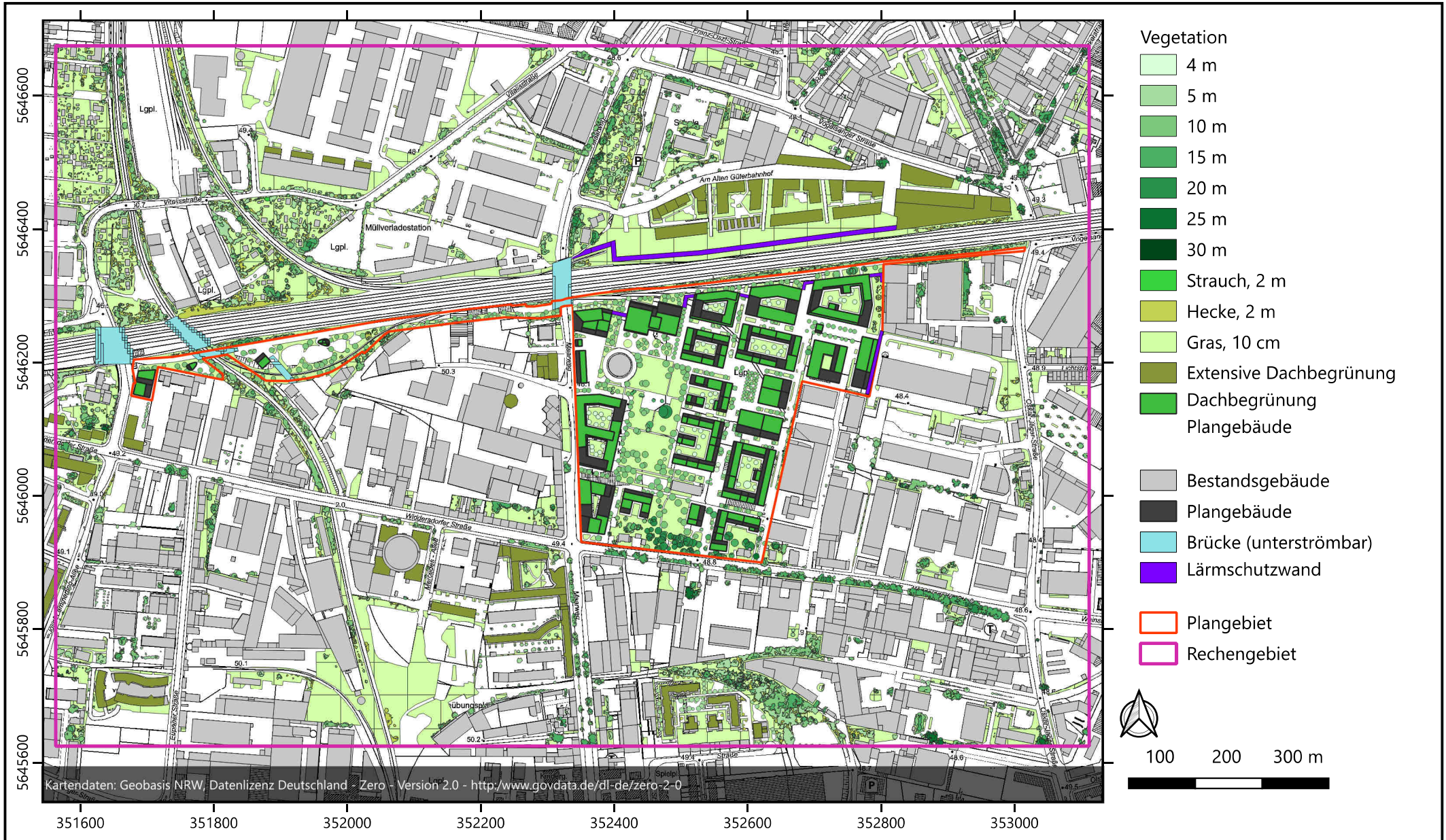
Tage mit $T_{max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$



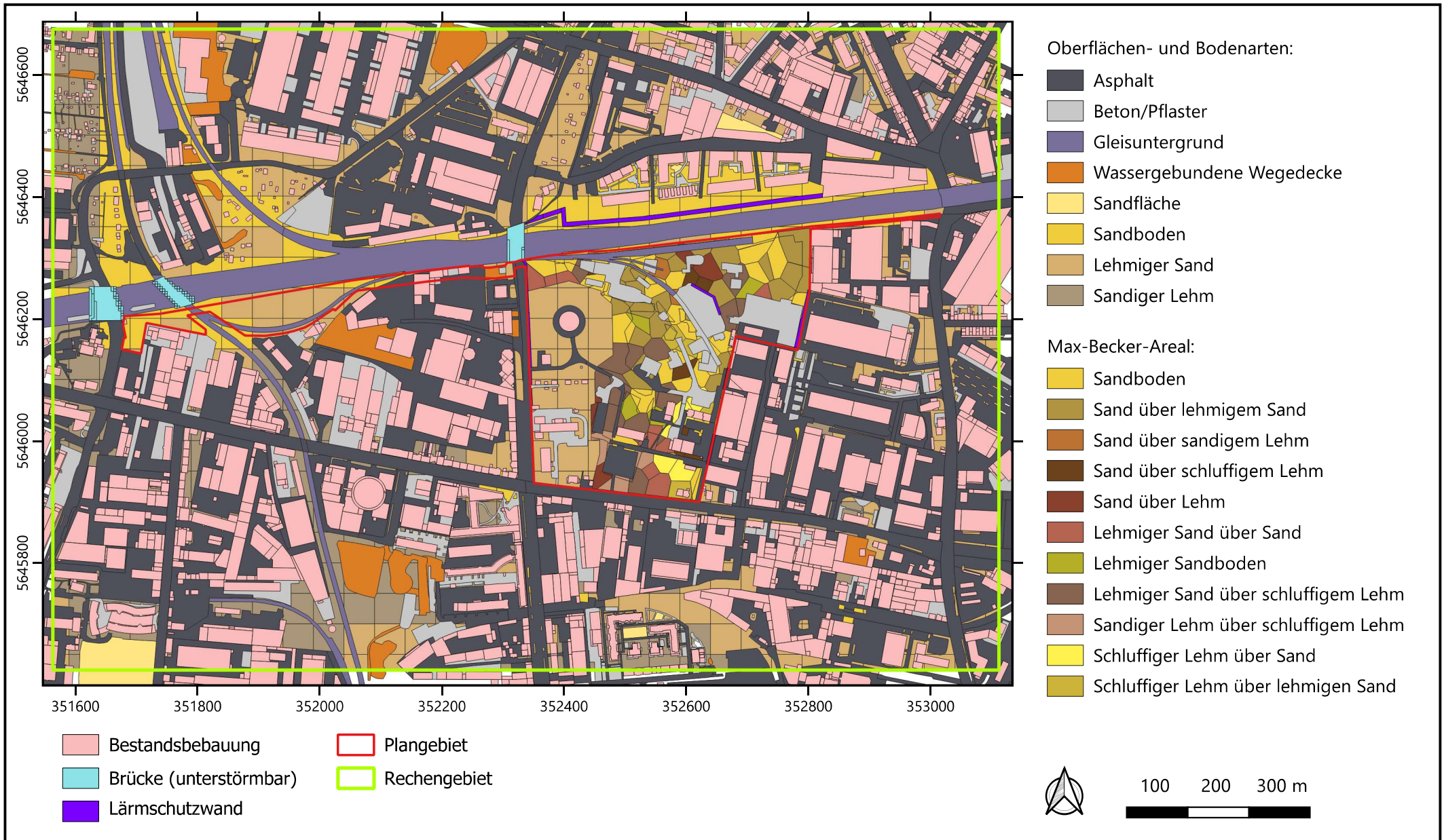
Anlage 6: ENVI-met Modellarchitektur
Bildquelle: ENVI-met



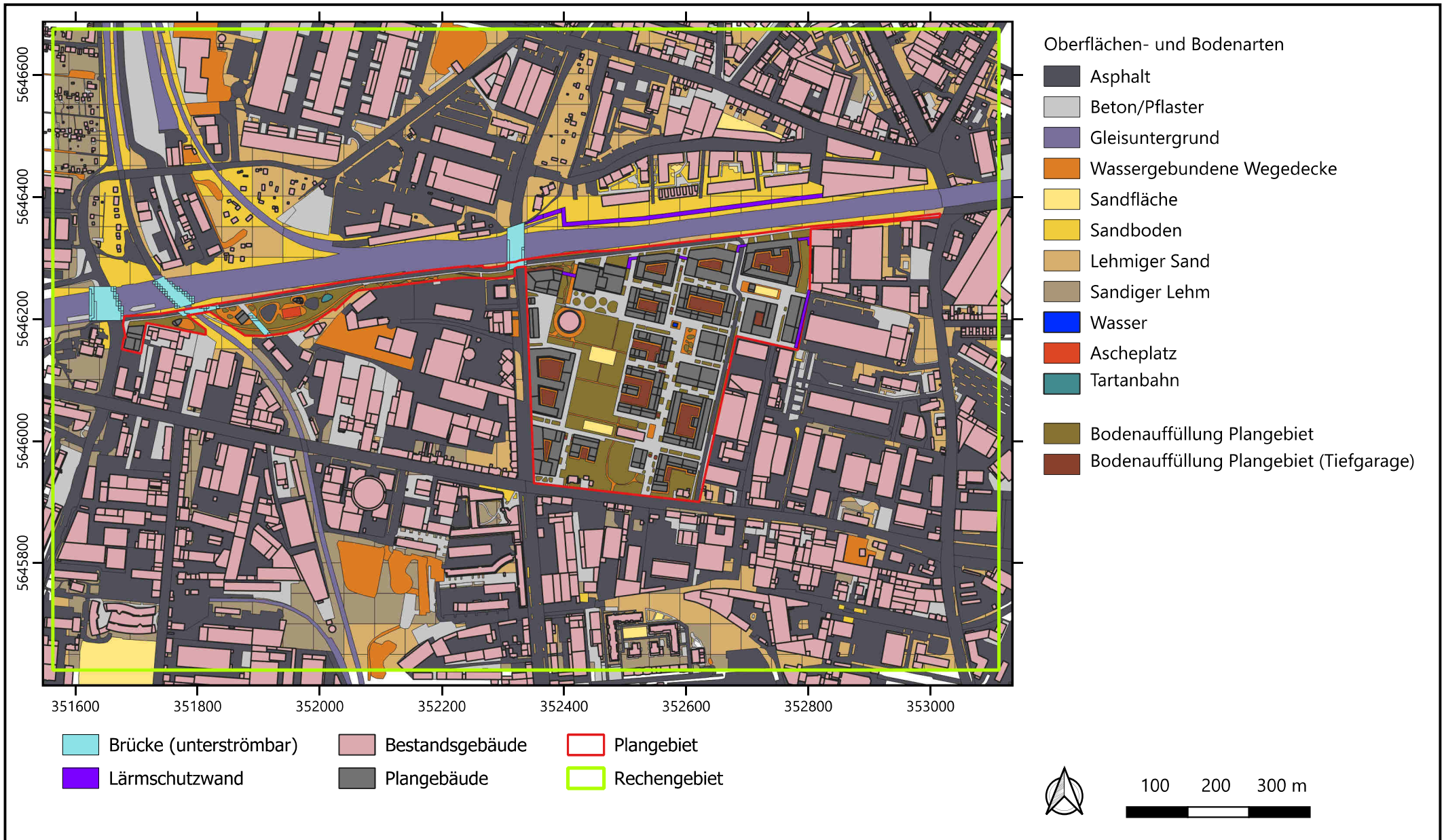
Anlage 8: Vegetationsbeschaffenheit im Planfall



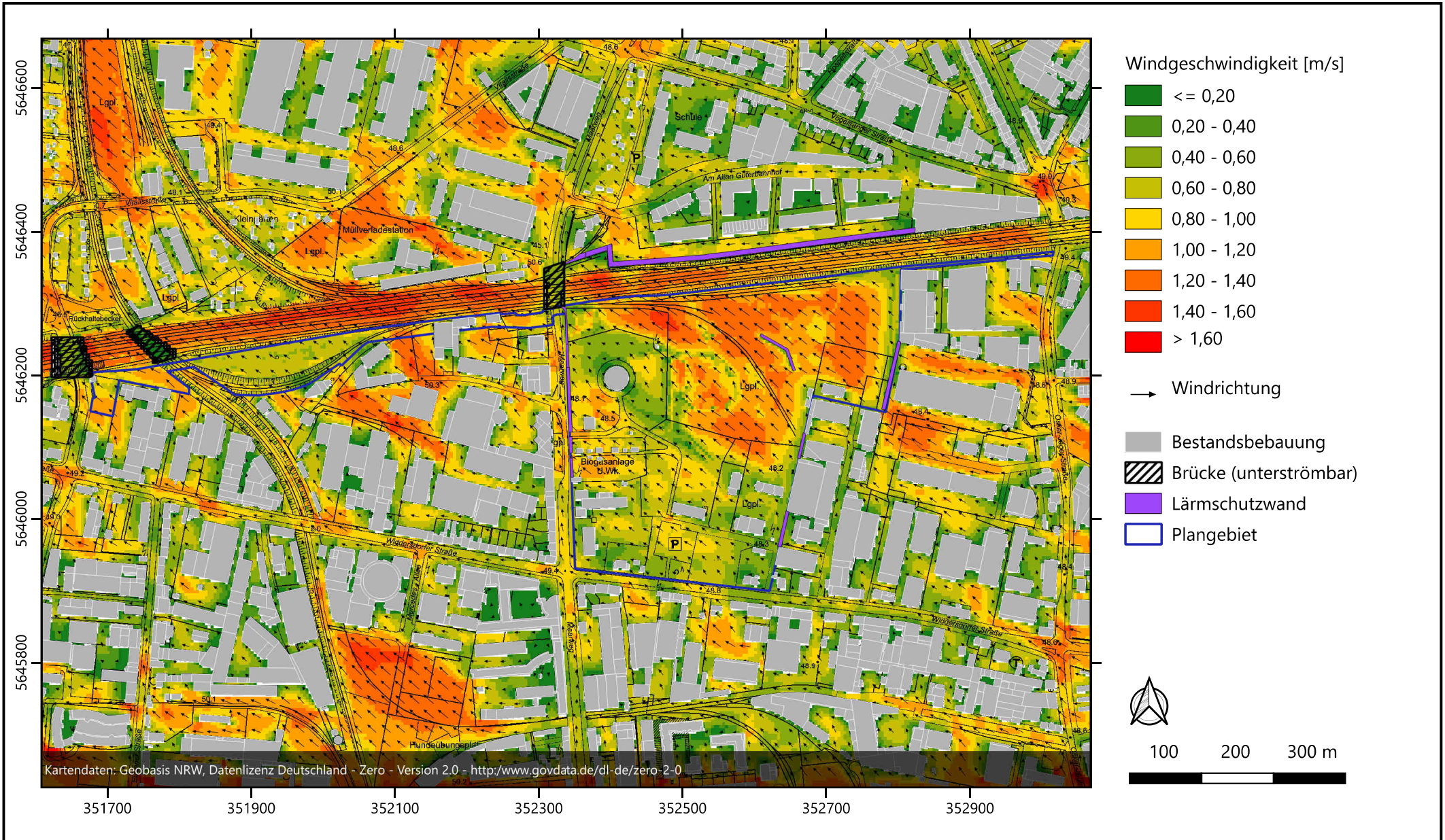
Anlage 9: Oberflächenbeschaffenheit ist Istfall



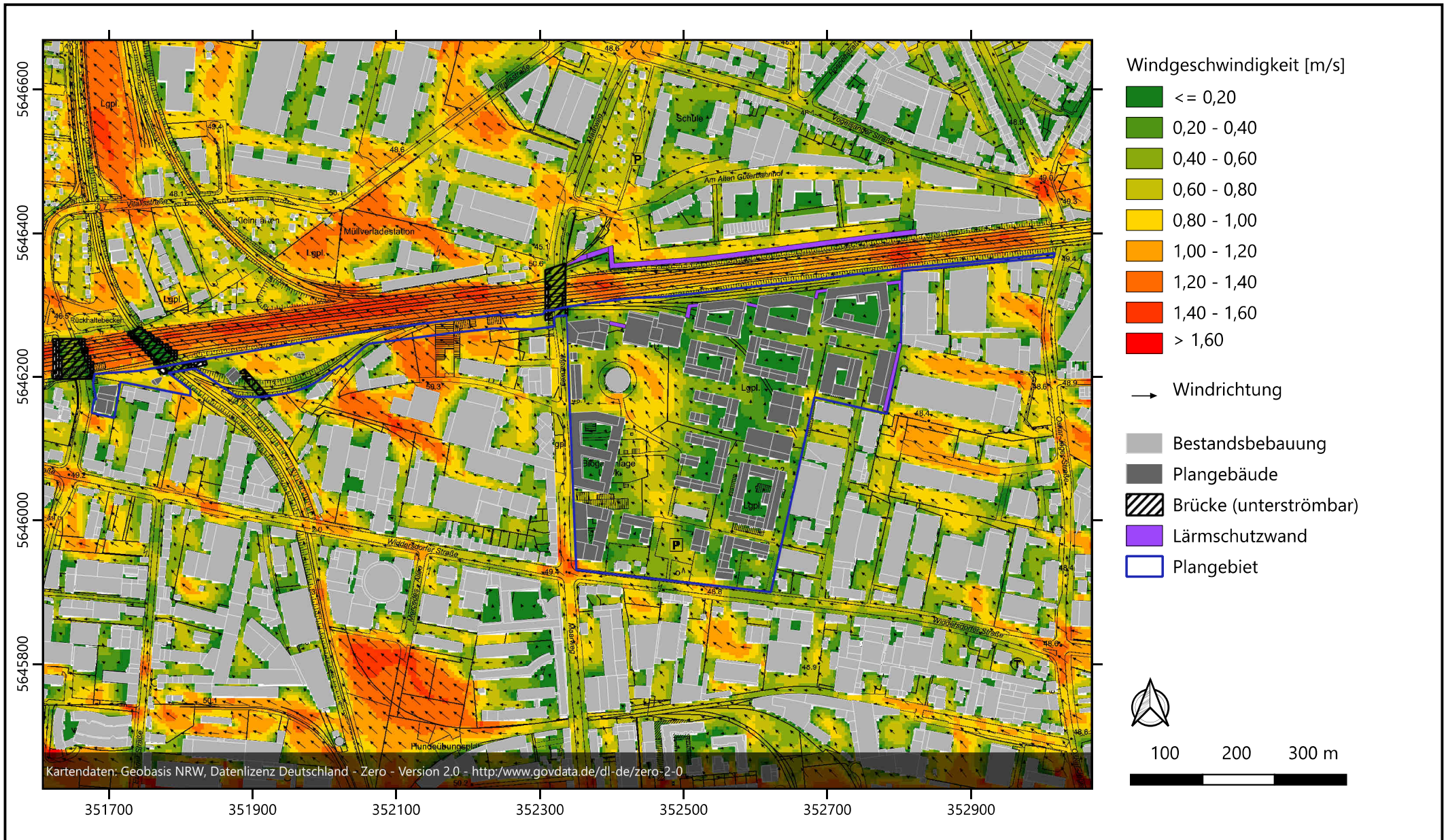
Anlage 10: Oberflächenbeschaffenheit ist Planfall



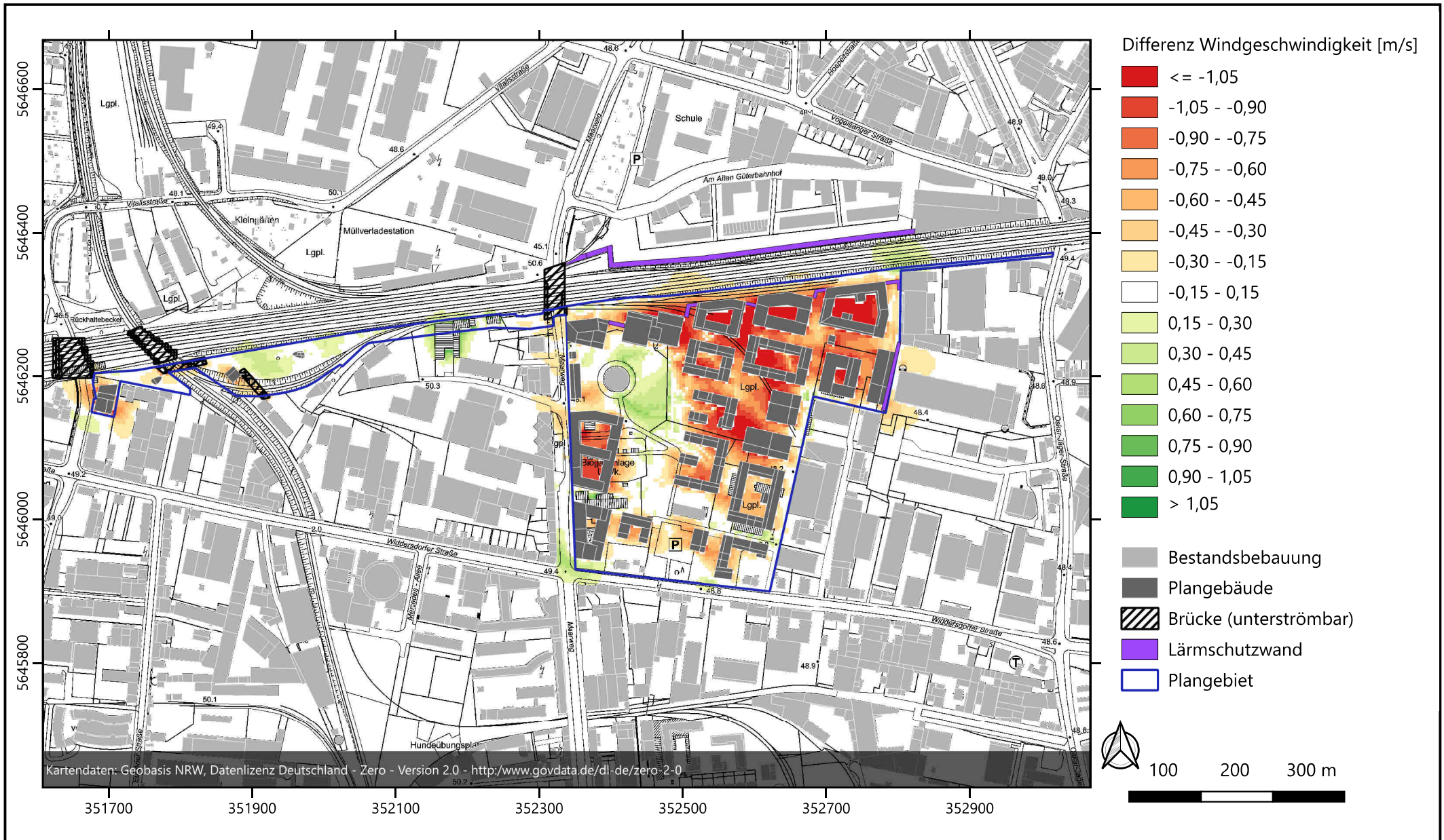
Anlage 11: Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



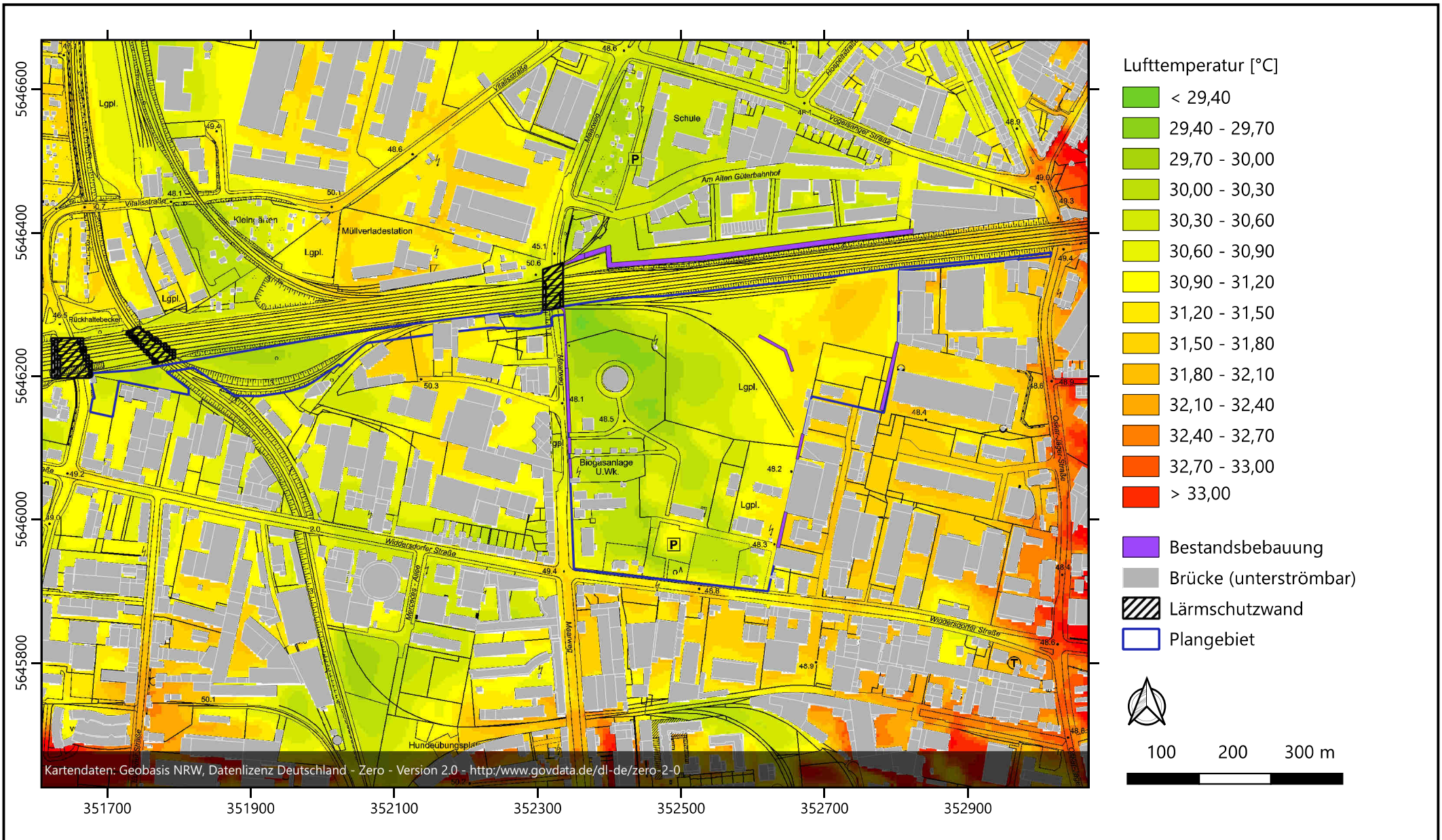
Anlage 12: Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall
(Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



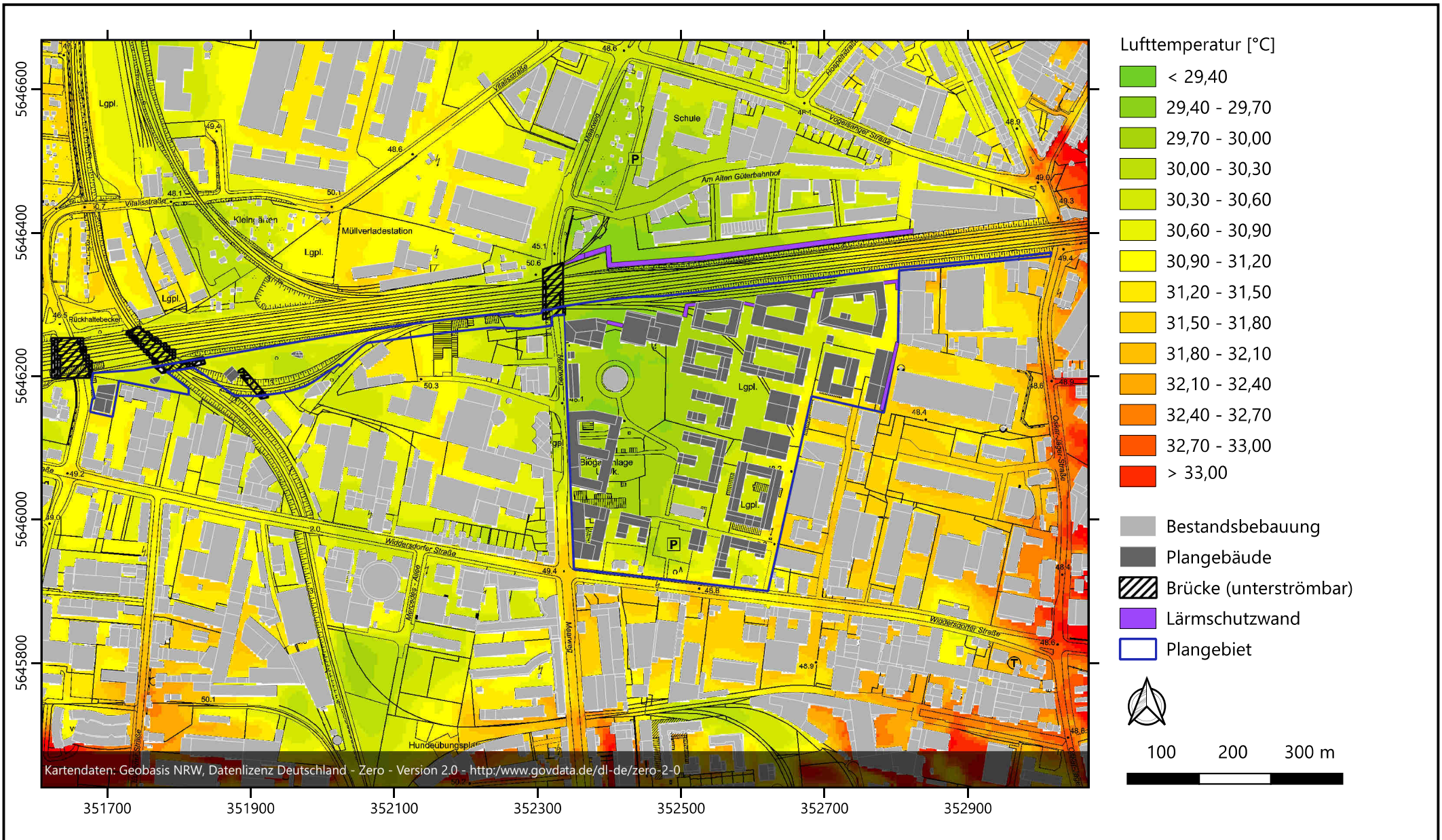
Anlage 13: Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr - Differenz
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



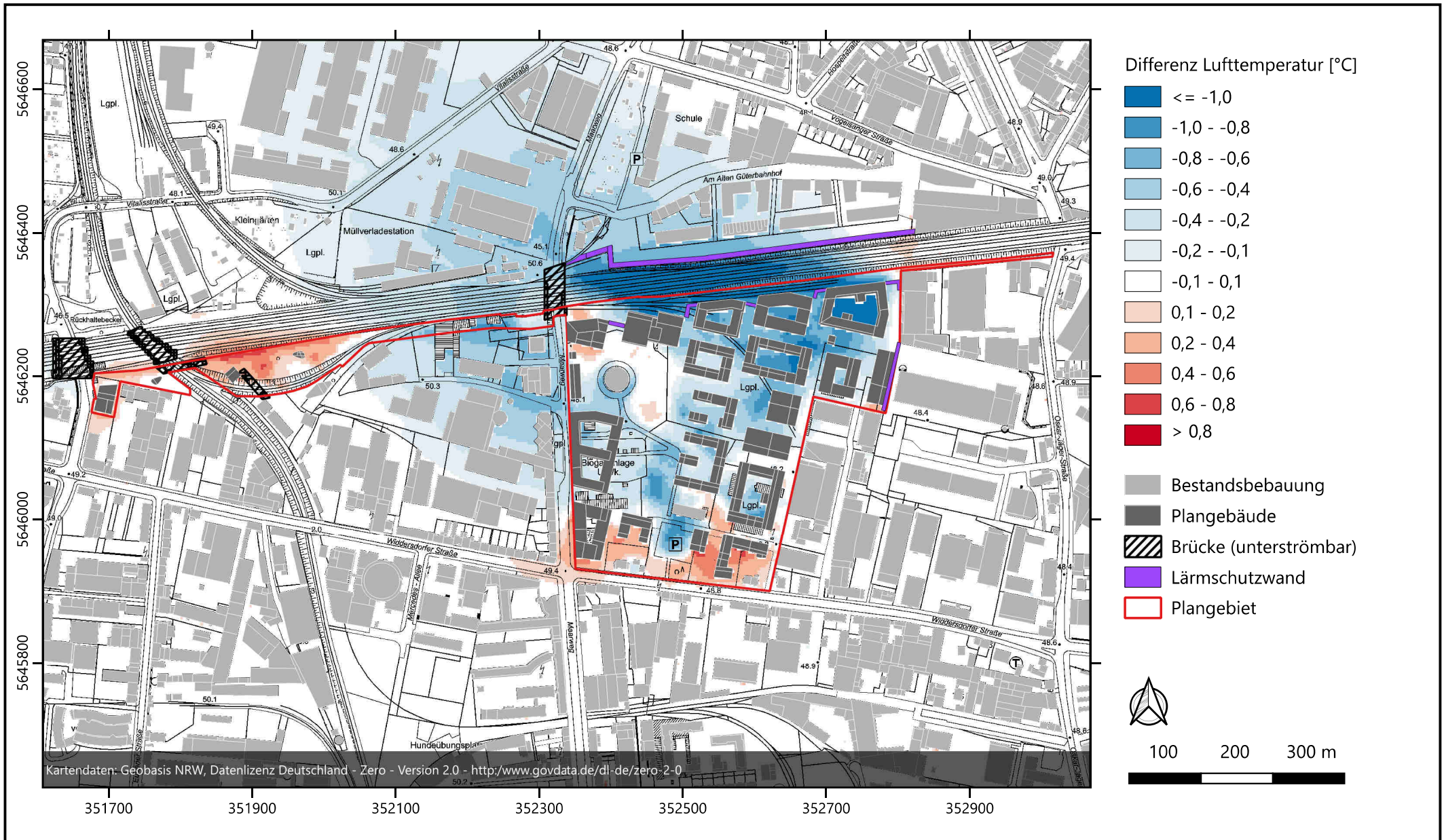
Anlage 14: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



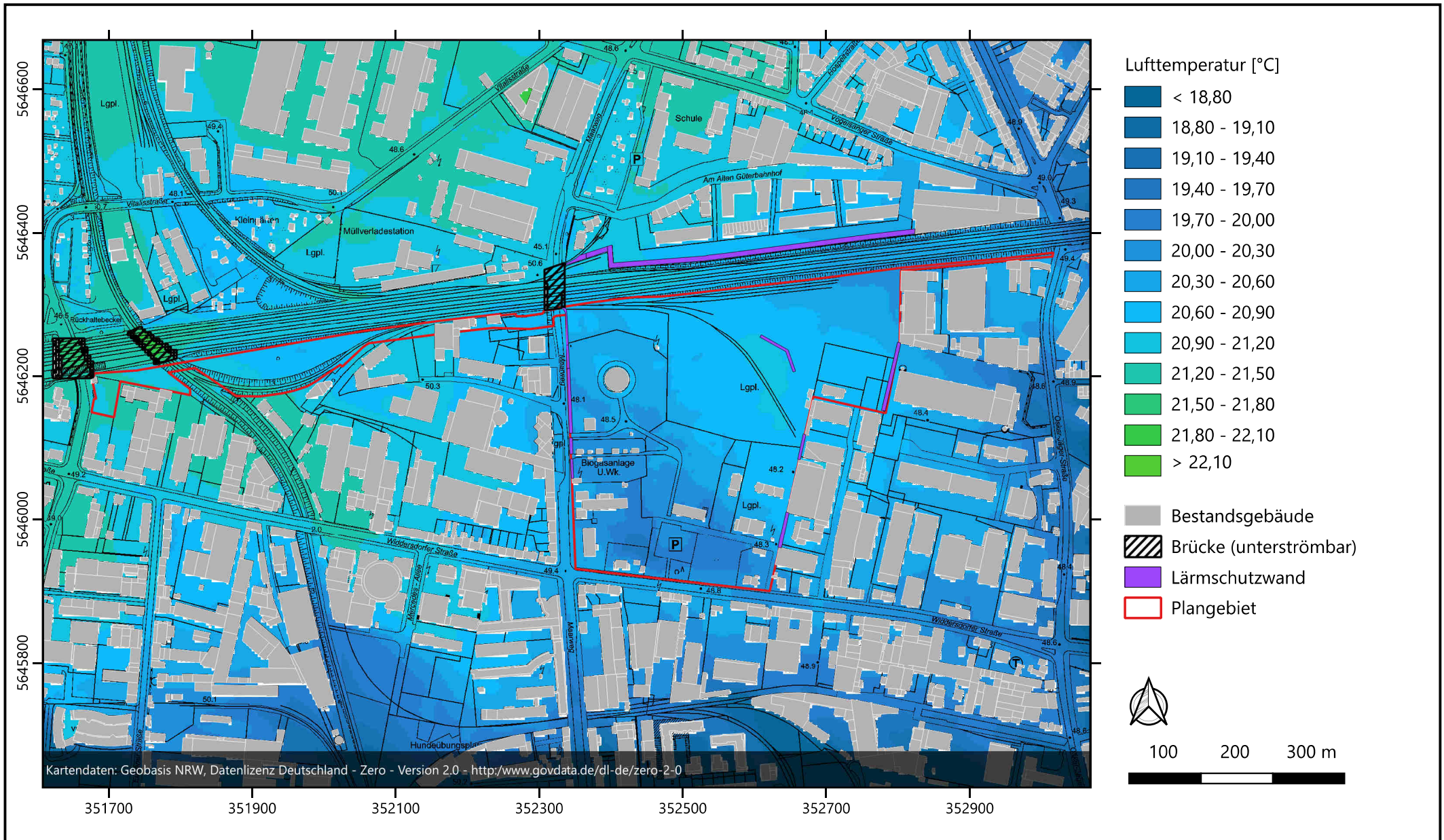
Anlage 15: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



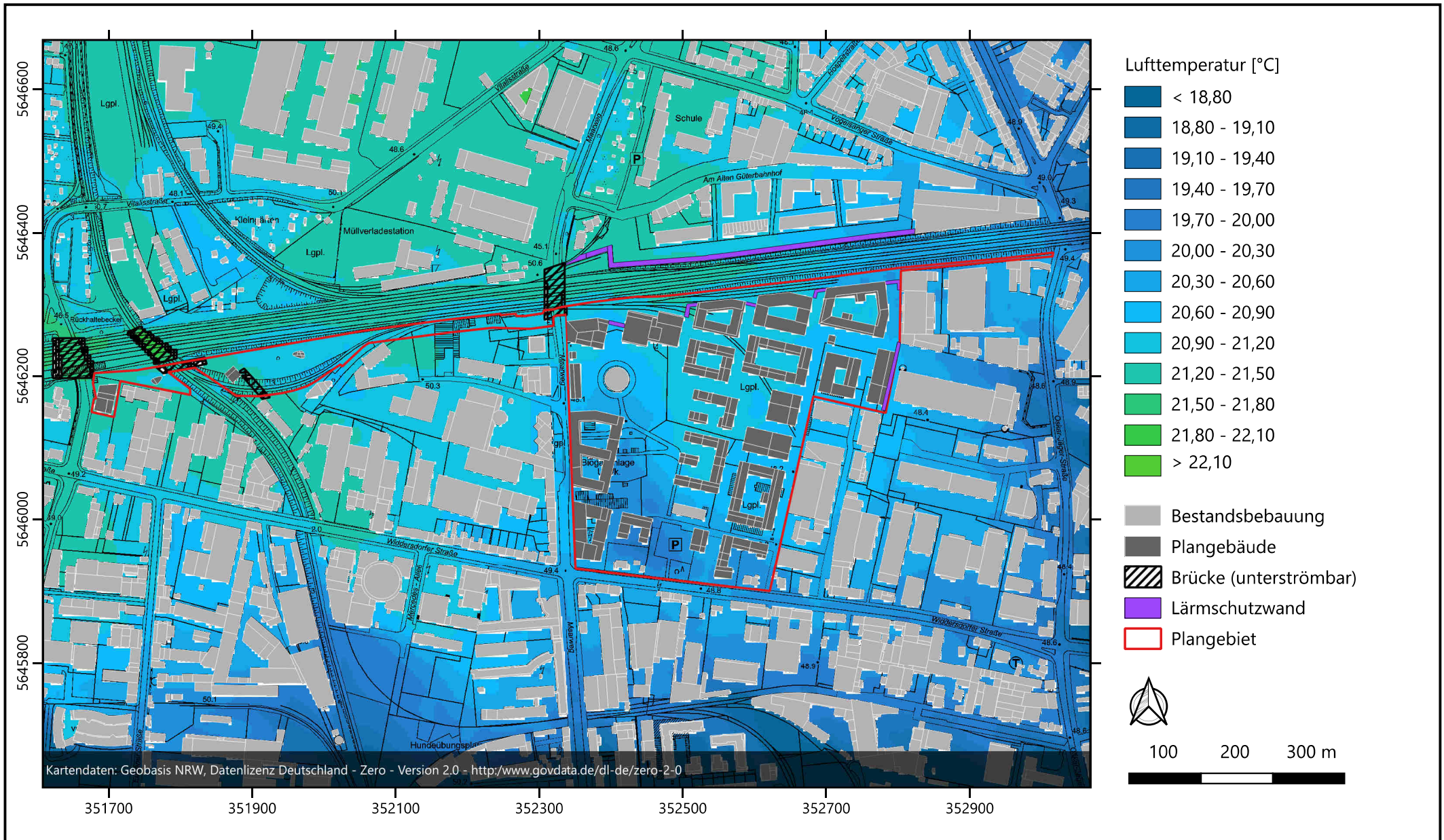
Anlage 16: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall minus Istfall
(Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



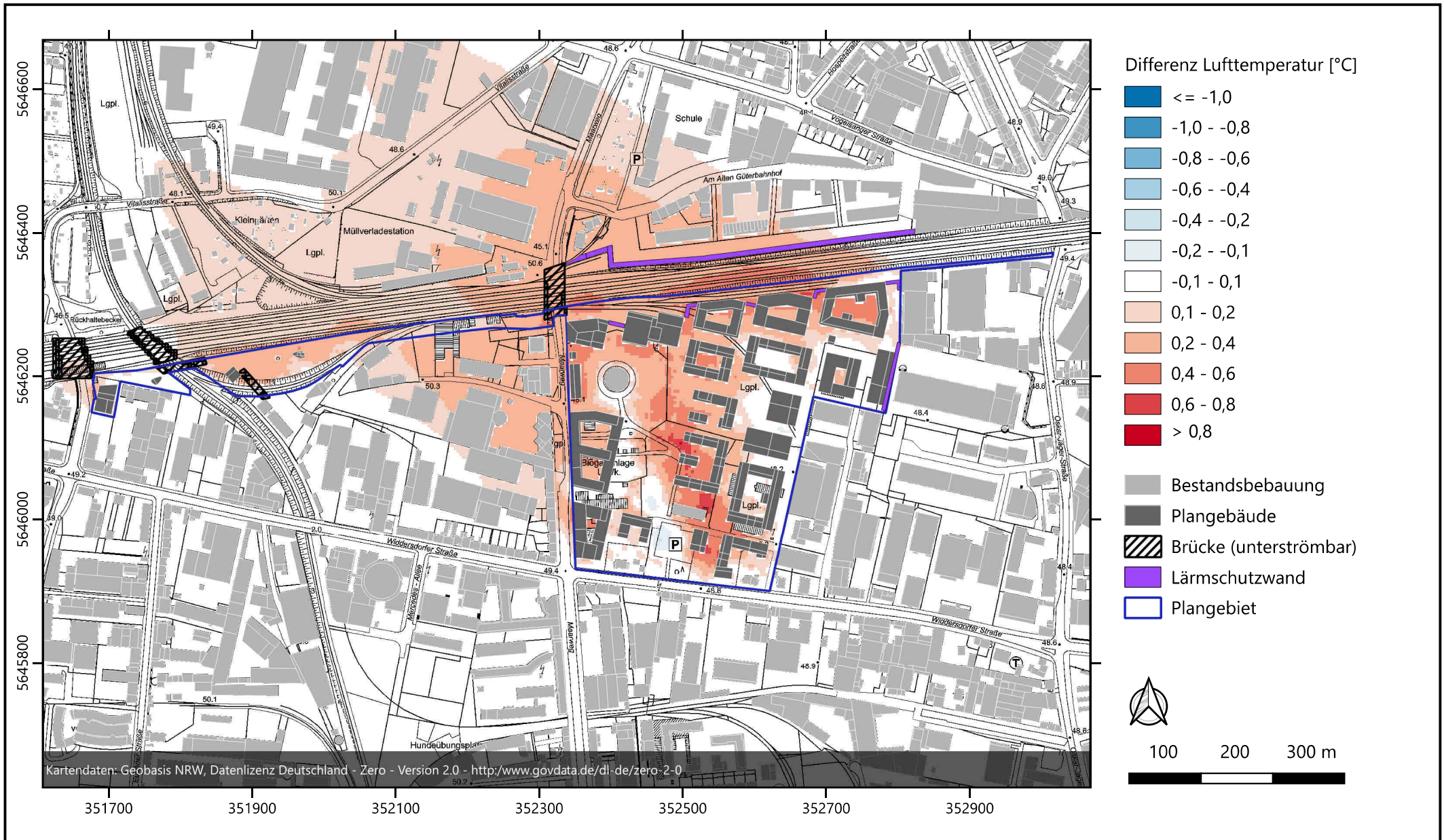
Anlage 17: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Istfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



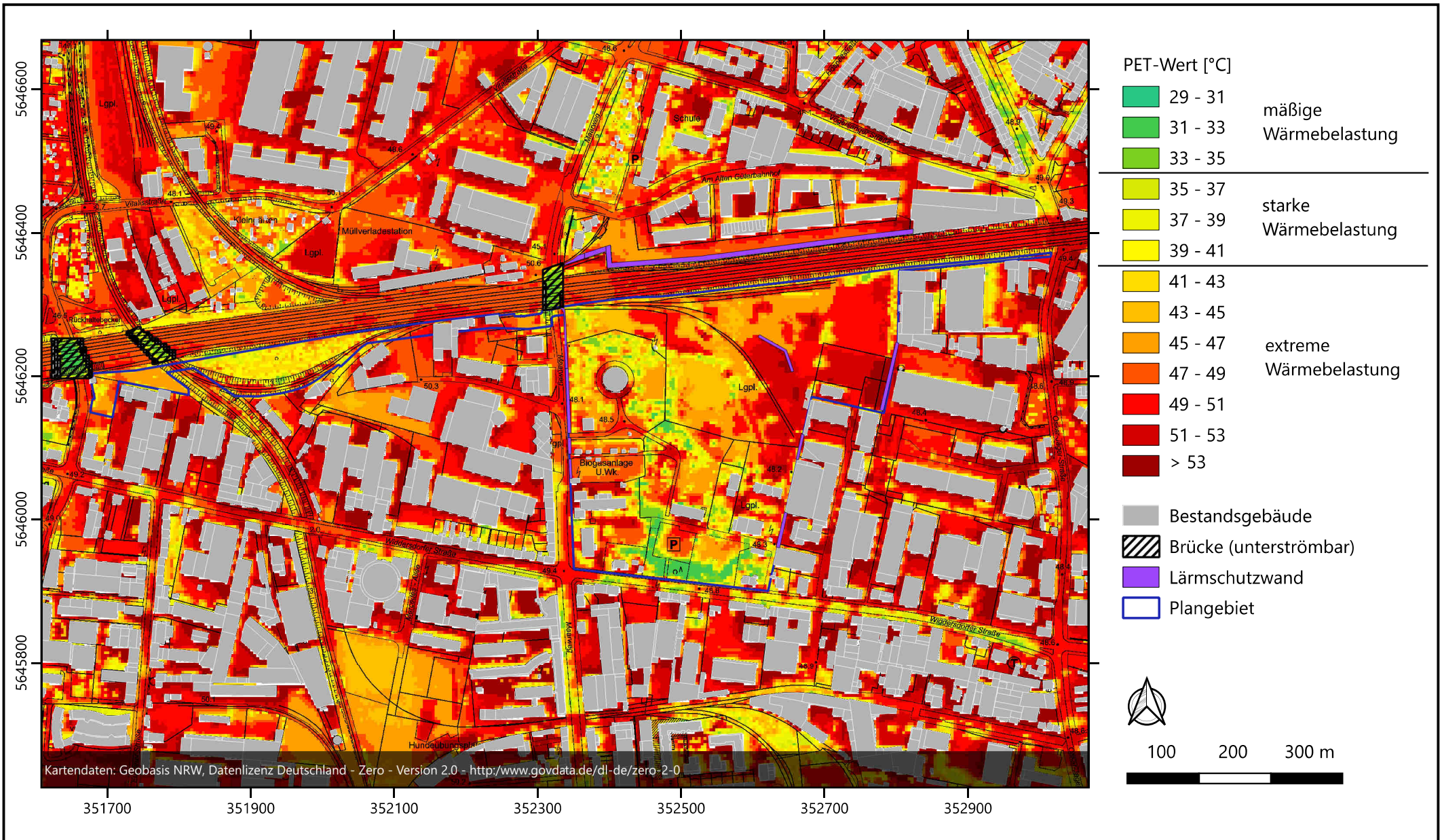
Anlage 18: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



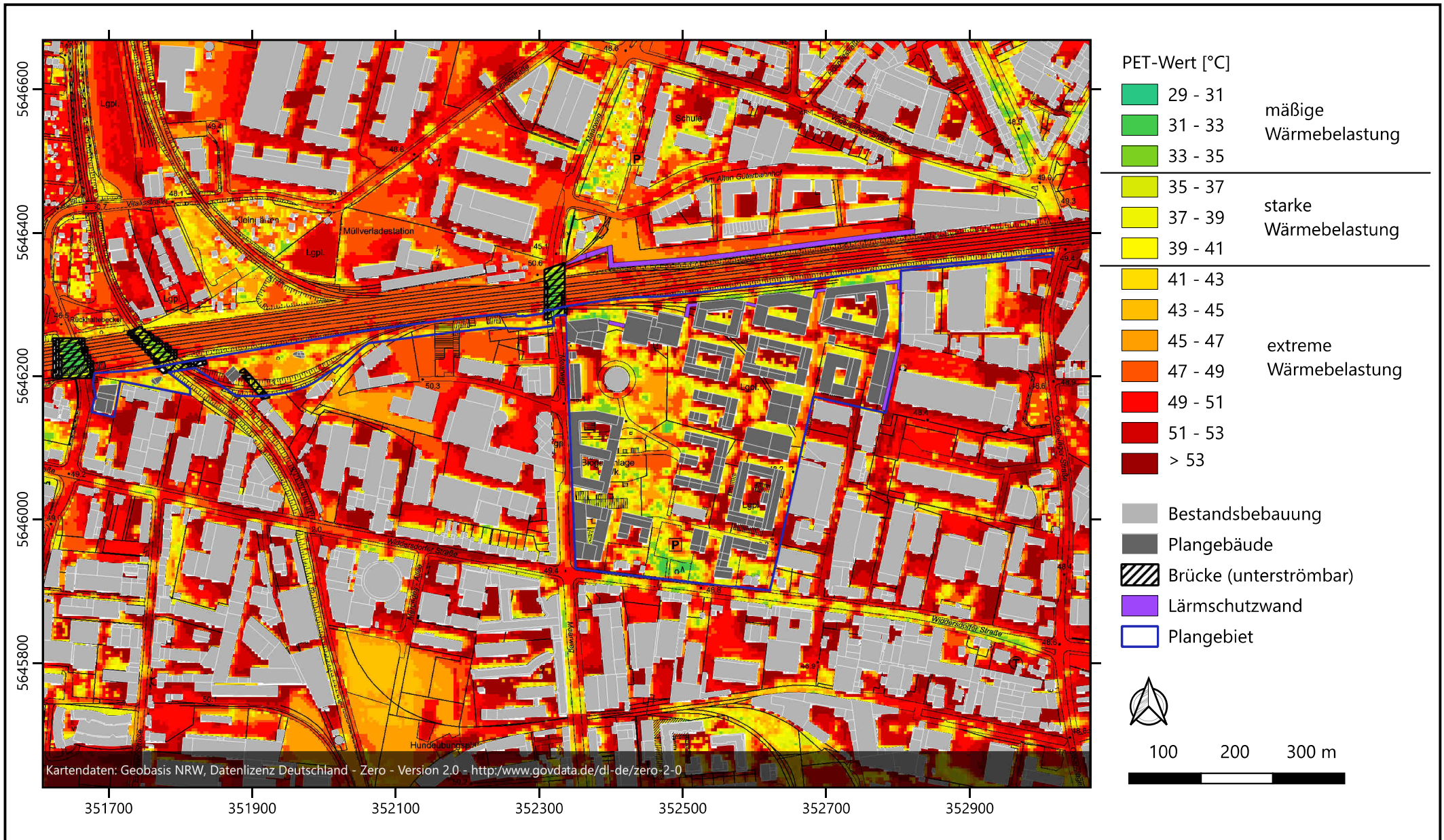
Anlage 19: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall minus Istfall
(Heißer Tag mit $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)



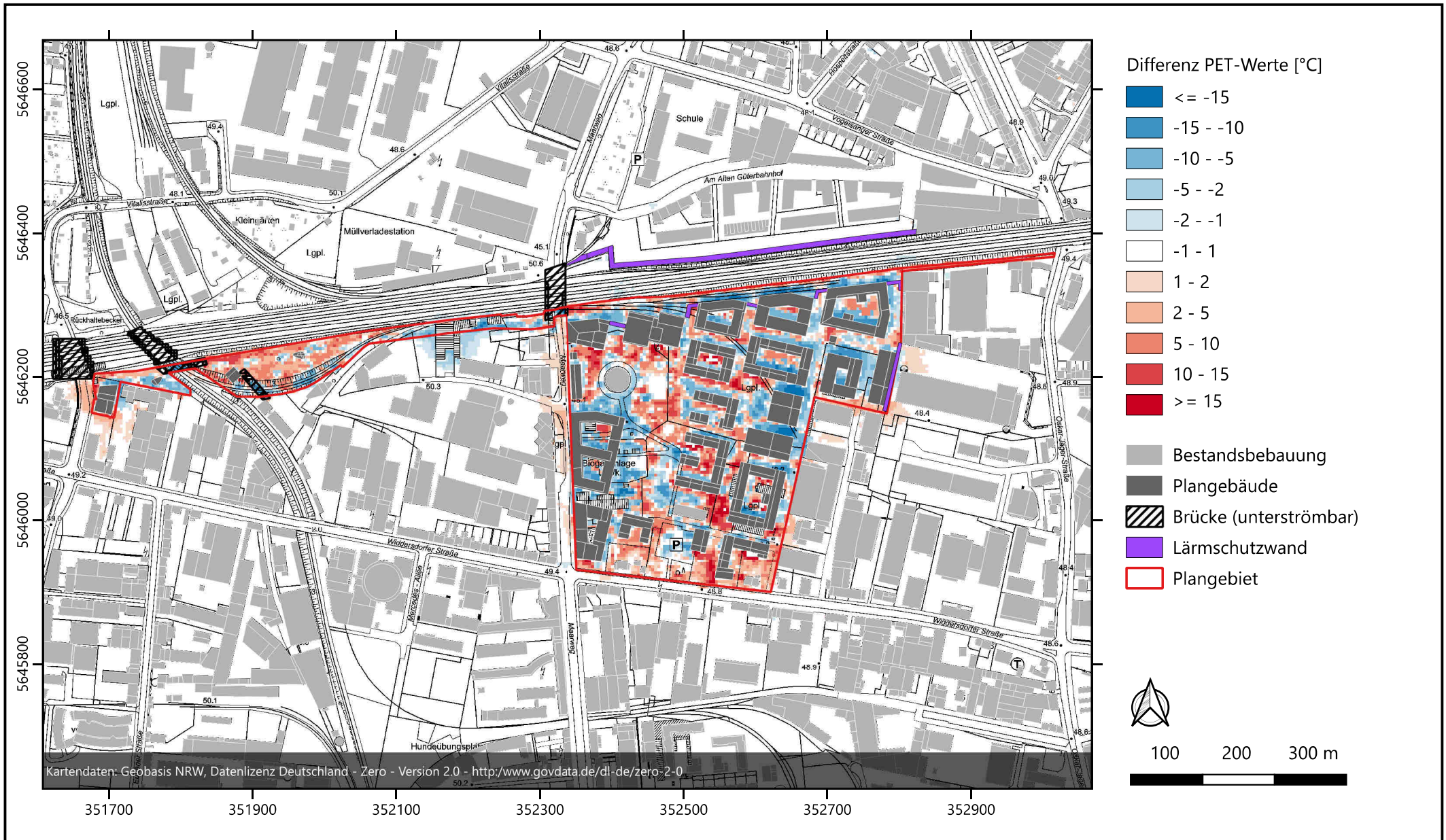
Anlage 20: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Istfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



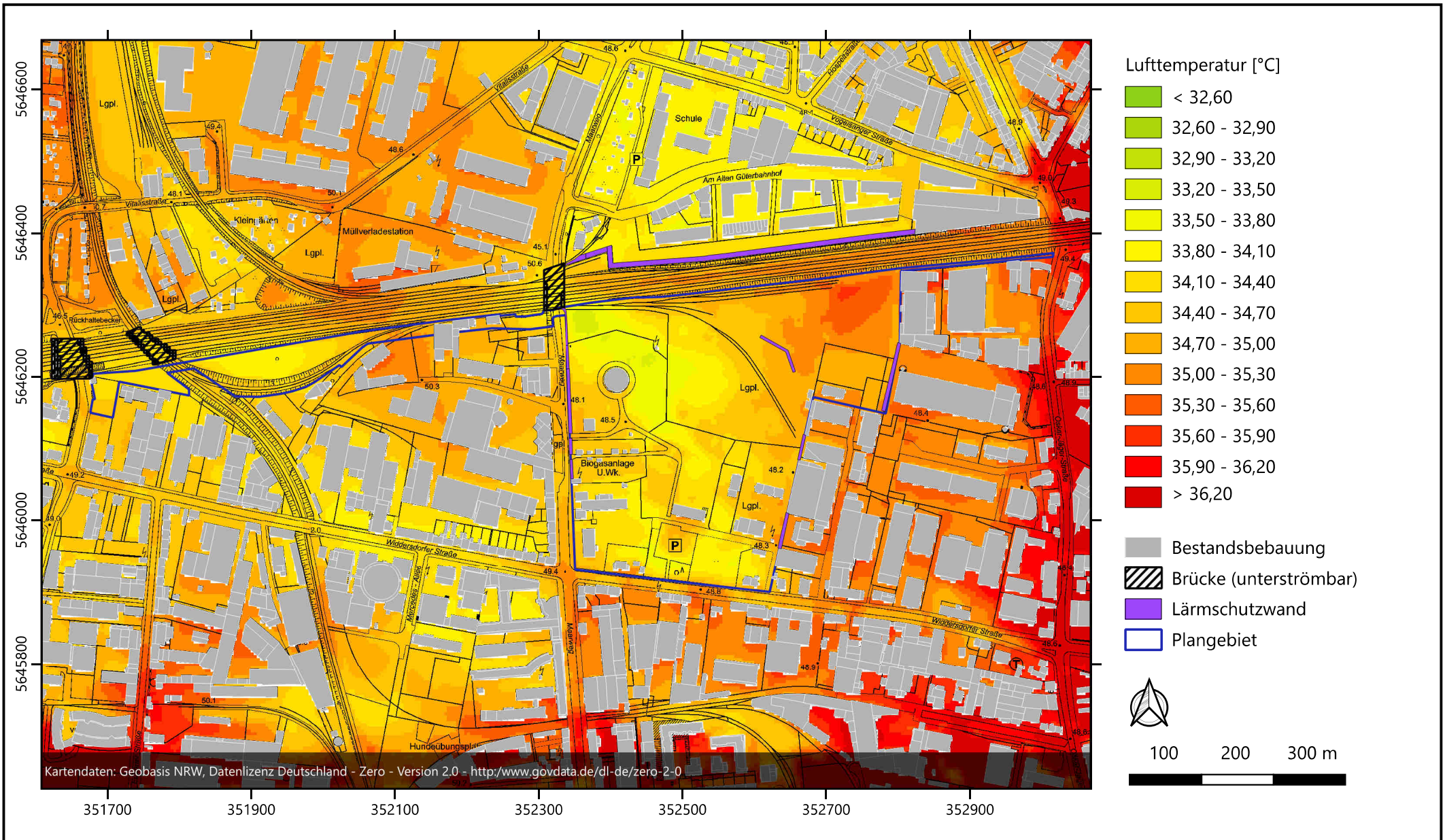
Anlage 21: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Planfall
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



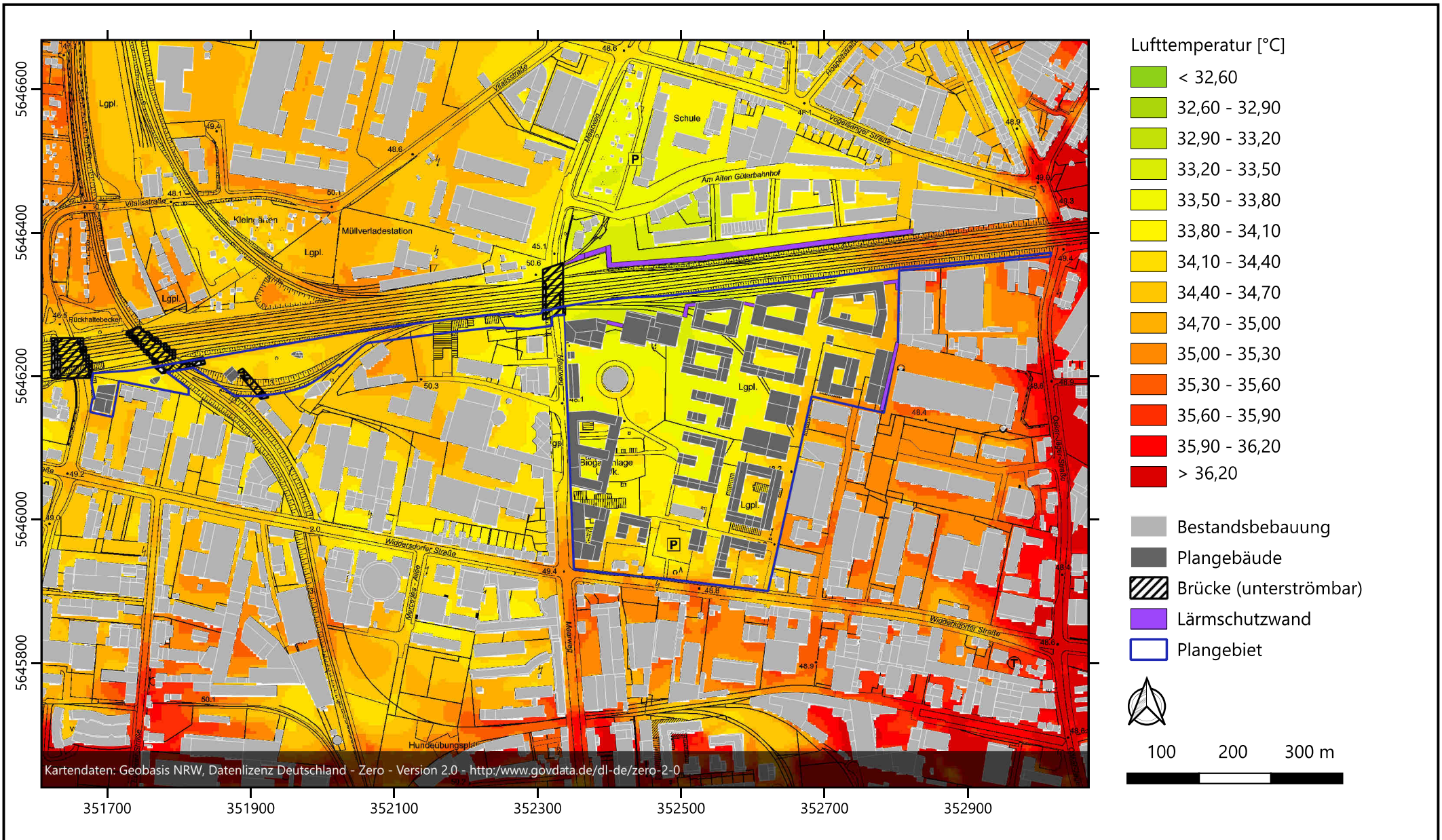
Anlage 22: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag - Differenz
 (Heißer Tag mit Tmax > 30°C)



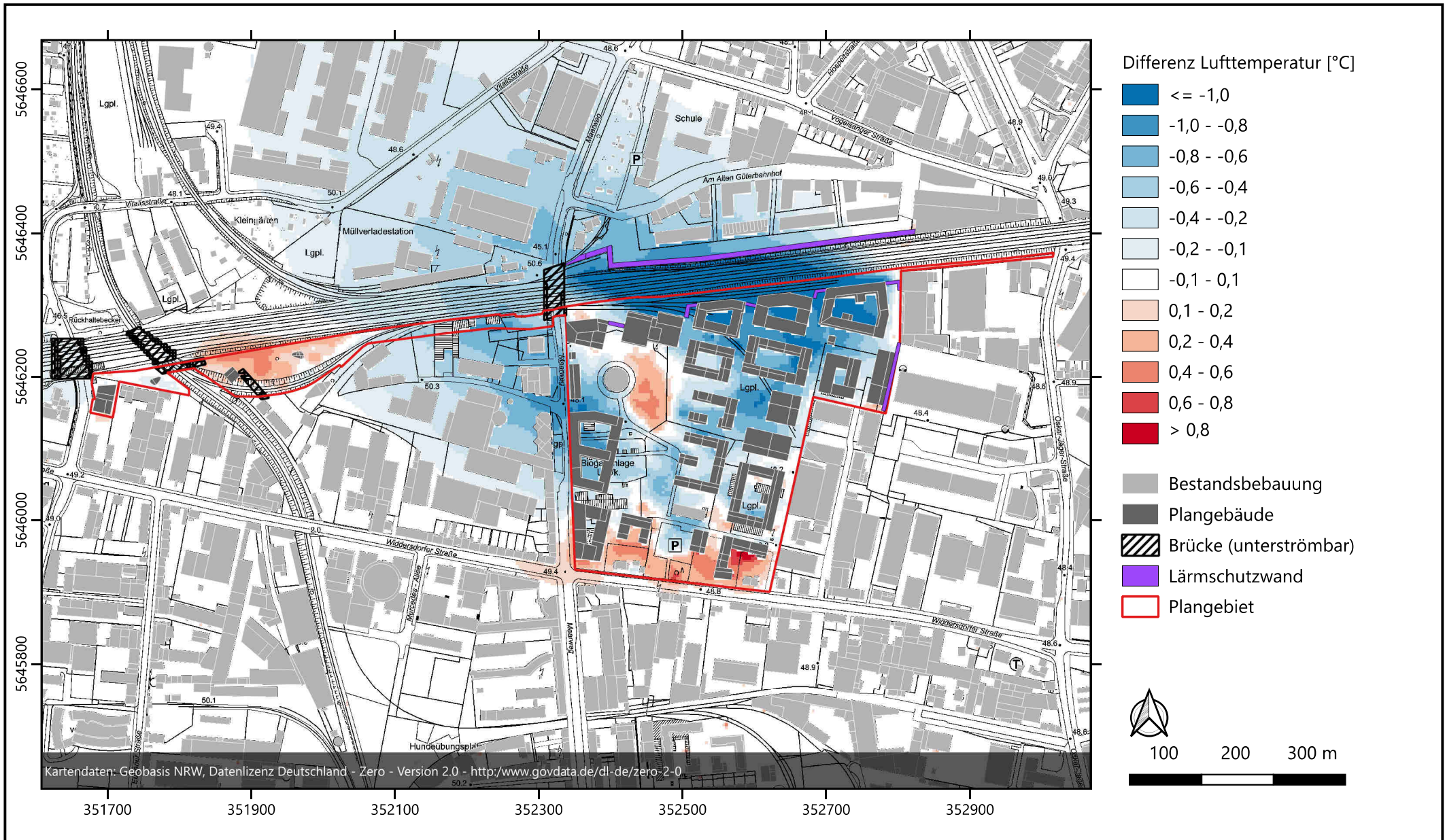
Anlage 23: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Istfall
(Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)



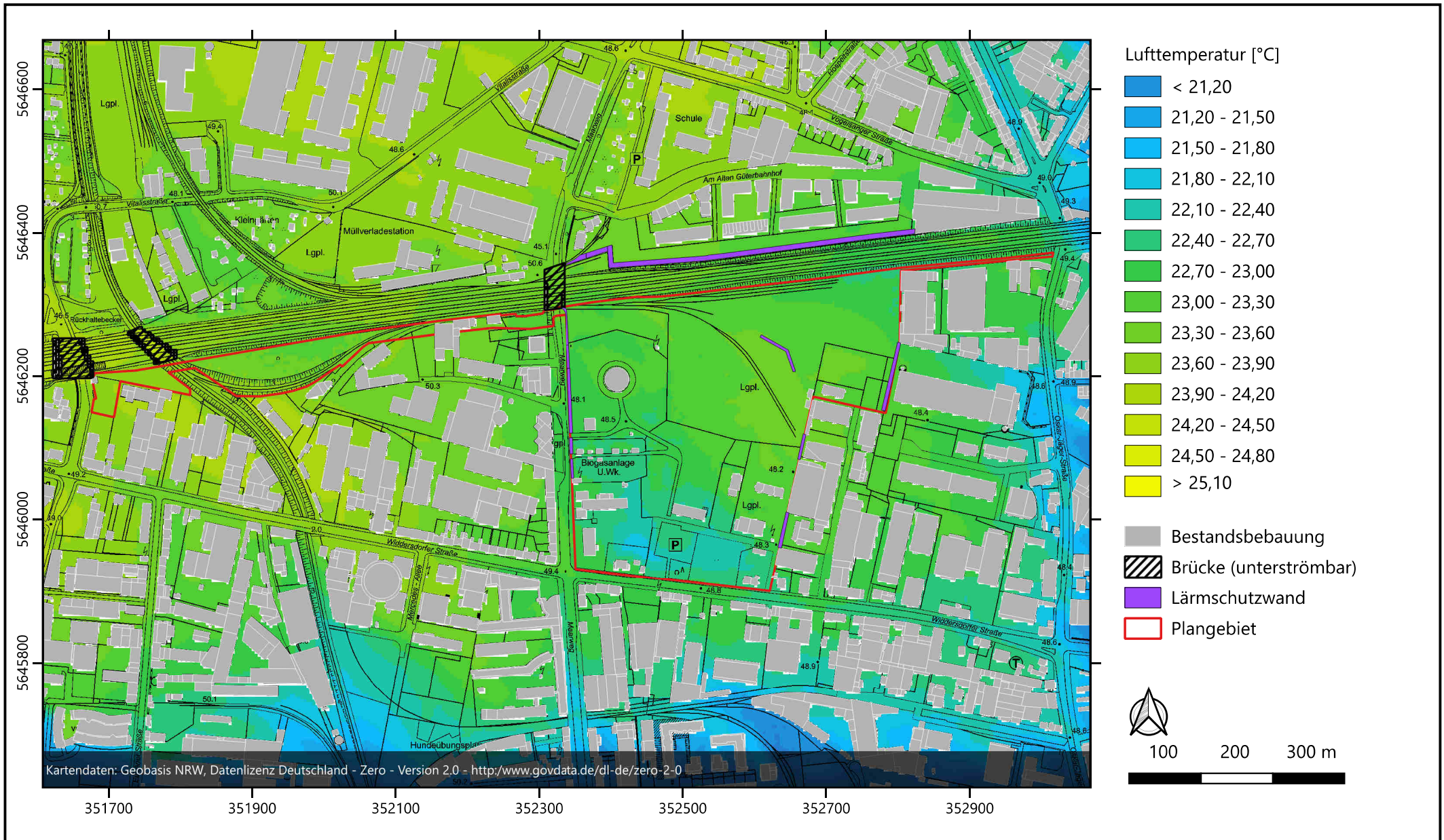
Anlage 24: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall
 (Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)



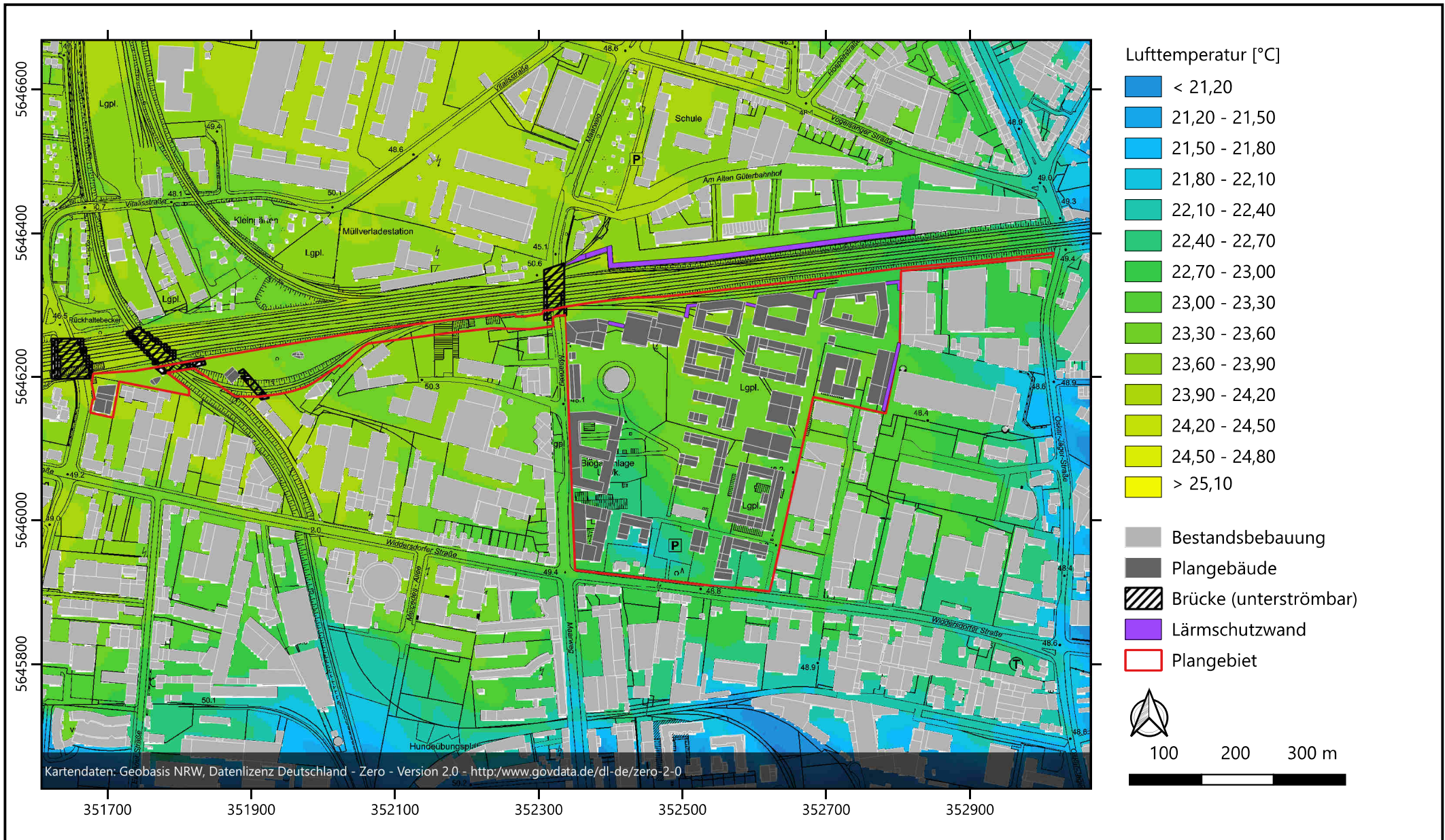
Anlage 25: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr – Planfall minus Istfall
(Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)



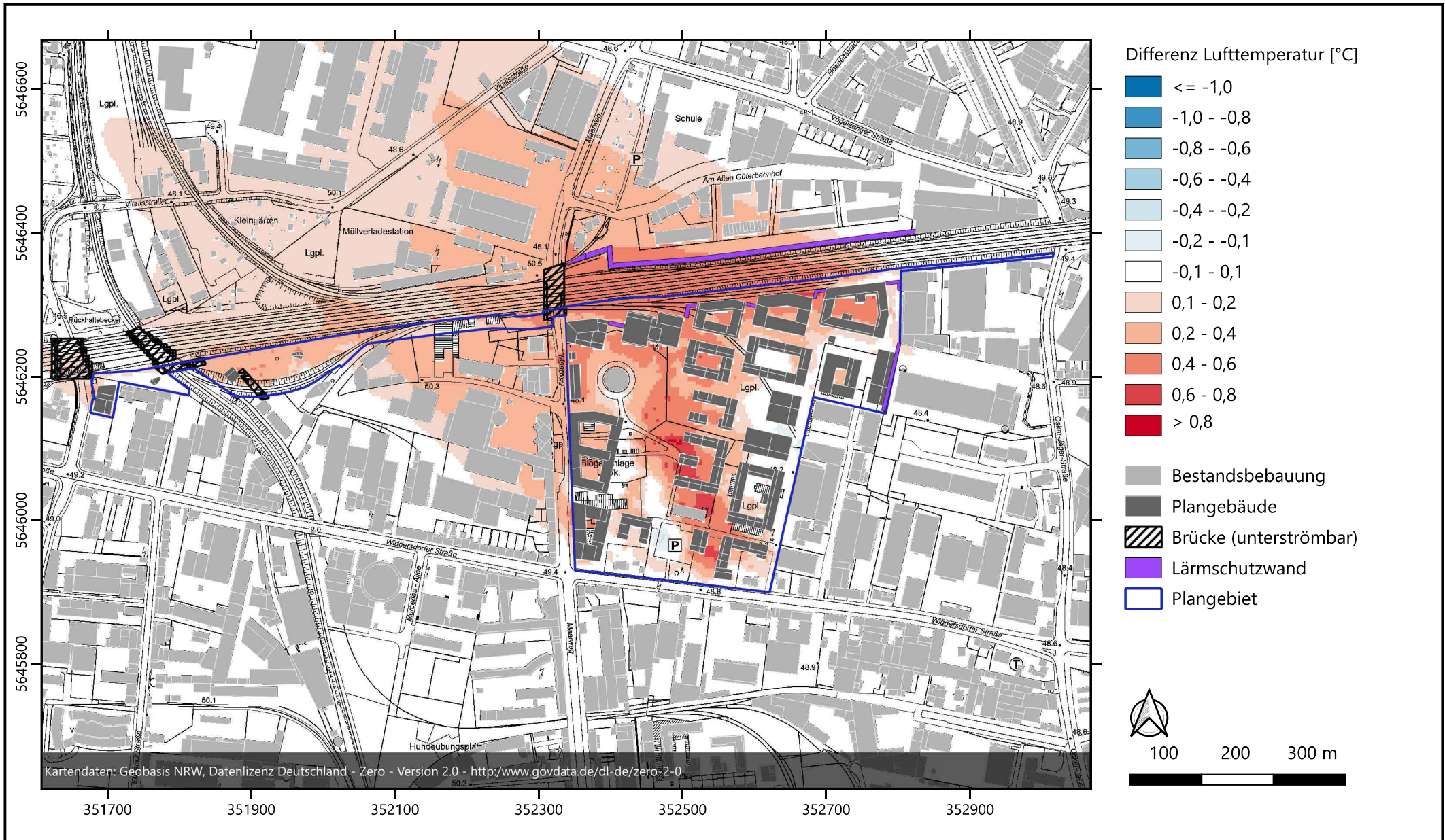
Anlage 26: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Istfall
(Wüstentag mit Tmax > 35°C)



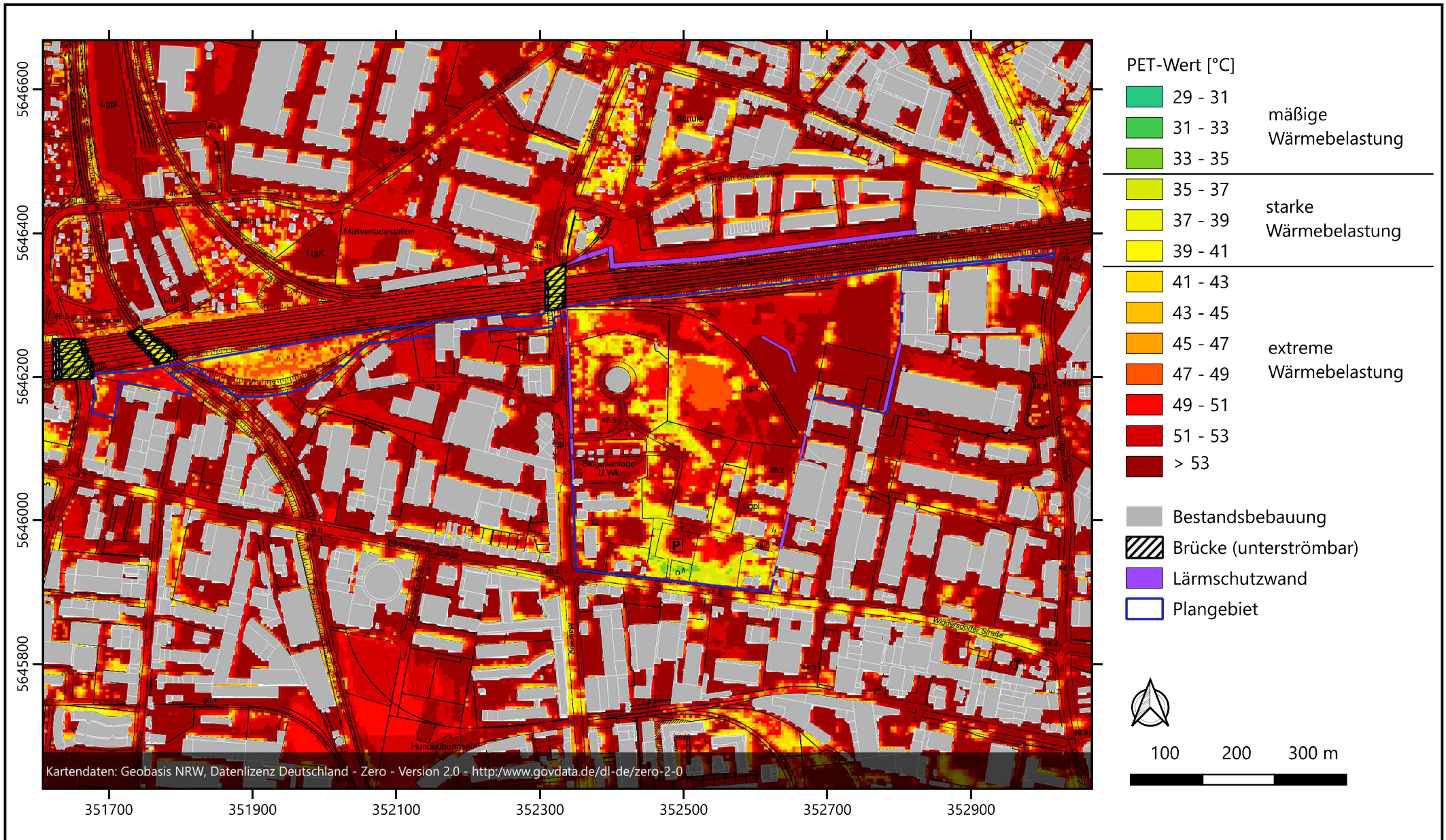
Anlage 27: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall
 (Wüstentag mit Tmax > 35°C)



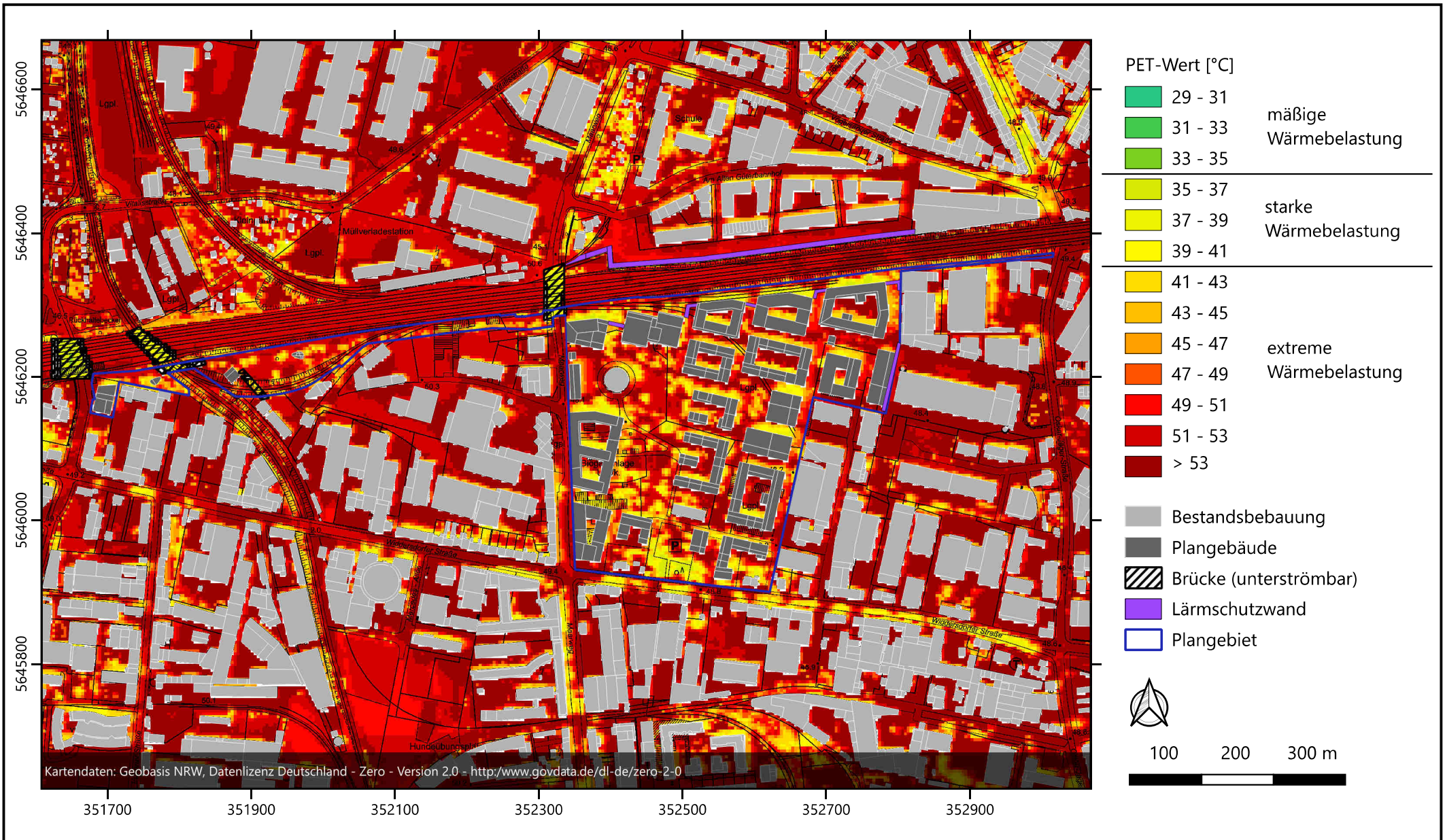
Anlage 28: Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr – Planfall minus Istfall
(Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)



Anlage 29: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Istfall
(Wüstentag mit Tmax > 35°C)



Anlage 30: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag – Planfall
(Wüstentag mit $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)



Anlage 31: PET-Wert in 1,5 m Höhe über Grund am Nachmittag - Differenz
(Wüstentag mit Tmax > 35°C)

