



Mikroklimauntersuchung zum Bebauungsplanverfahren Nr. 7723-41 "Ehemalige Poliklinik" in Bonn



Mikroklimauntersuchung zum Bebauungsplanverfahren Nr. 7723-41 "Ehemalige Poliklinik" in Bonn

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 49 Seiten, davon 34 Seiten Text und 15 Seiten Anlagen.

Auftraggeber: UTB Projektmanagement GmbH
Columbiadamm 25
10965 Berlin

Berichtsnummer: VL 9756-1
Datum: 15.01.2024

Referenz: BS/KaZ
Ansprechperson: Karina Zühlke
+49 231 725 4991-82
karina.zuehlke@peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	5
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien	6
3	Örtliche Gegebenheiten	9
4	Grundlagen	10
4.1	Stadtklima	10
4.2	Lufttemperatur	10
4.3	Windfeld	10
4.4	Bioklimatischer Komfort	11
5	Klimatische Situation in Bonn	13
5.1	Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens	13
5.2	Auswirkungen des Klimawandels	13
5.3	Windrichtungsverteilung	16
6	Berechnungsmodell	17
6.1	Modellbeschreibung	17
6.2	Aufbau der Rechengitter	17
6.3	Eingangsdaten	18
6.3.1	Gebäude	18
6.3.2	Vegetation	18
6.3.3	Oberflächen	19
6.3.4	Initialisierungsparameter	20
7	Ergebnisse	23
7.1	Durchlüftung	23
7.2	Lufttemperatur um 14 Uhr	24
7.3	Lufttemperatur um 4 Uhr	26
7.4	Bioklima (PET)	26
8	Planungsempfehlungen	29
9	Zusammenfassung	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1:	Bewertung des thermischen Komforts mit PET	12
Tabelle 6.1:	Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1:	Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn - mittlere Lufttemperatur - Sommer	15
Abbildung 5.2:	Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn - Anzahl Heißer Tage	15
Abbildung 5.3:	Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn – Anzahl Tropennächte	16
Abbildung 6.1:	Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing	21

1 Situation und Aufgabenstellung

In Bonn Zentrum soll zwischen dem Annagraben und der Wilhelmstraße der Bebauungsplan Nr. 7723-41 "ehemalige Poliklinik" aufgestellt werden, um Planrecht für eine Bebauung mit Wohn- und Gewerbegebäude zu schaffen. Die Planung sieht Bestandssanierung sowie den Neubau von Gebäuden vor. Anlage 1 zeigt den aktuellen Lageplan des Vorhabens.

Bei städtebaulichen Planungen und Bauleitverfahren gewinnen Fragestellungen einer klimatisch optimierten Stadtentwicklung immer mehr an Bedeutung.

In der Stadtklimaanalyse der Stadt Bonn [5] wird in Teilen des Plangebietes eine nächtliche Überwärmung detektiert. Zudem weist die Planungshinweiskarte dem Gebiet eine Handlungspriorität der Stufe 2 zu. Es besteht daher ein hoher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie beispielsweise Begrünung, Entsiegelung und Verschattung.

Daher wird im Rahmen der Entwicklung des Geländes eine mikroklimatische Untersuchung zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung mithilfe des Stadtklimamodells ENVI-met in der Version 5.5.1 (Summer Release 2023) [16] für den Ist- und den Planfall durchgeführt. Hierbei wird die in Bonn an heißen Sommertagen typische südöstlich Anströmungsrichtung berücksichtigt. Zusätzlich wird das sekundäre Windrichtungsmaximum aus Südwesten betrachtet, um den Einfluss des Vorhabens auf die nordöstlich gelegenen Gesundheitseinrichtungen beurteilen zu können. In die Klimasimulation fließen Gebäudestellungen und -höhen, der Vegetationsbestand sowie die Oberflächenbeschaffenheit und Bodentypen ein.

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

Die den Berechnungen der Istsituation zugrunde liegenden örtlichen Gegebenheiten sowie die Abgrenzung des Plangebietes werden in Anlage 2 dargestellt. Anlage 3 zeigt einen Überblick über die lokalen Gegebenheiten des Planfalls.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[1] Umnutzung Poliklinik Projektentwicklung Präsentation	BauWerkStadt Architekten	P	Planstand: 22.04.2022
[2] Lageplan Erdgeschoss	BauWerkStadt Architekten	P	Planstand: 04.12.2023
[3] Amtlicher Lageplan zum Bauantrag – Neubau ZZMK	Pilhatsch Ingenieure	P	Planstand: 20.04.2022
[4] Neubau ZZMK (Ansichten und Schnitte)	sgp Hachtel Bauer GmbH	P	Erhalten am: 01.12.2023
[5] Klimaanalyse der Stadt Bonn	Stadt Bonn, Amt für Umwelt, Verbraucherschutz und lokale Agenda	Lit.	2023
[6] Klimaatlas NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas		Abruf am 24.11.2023
[7] Baumkataster der Stadt Bonn	https://opendata.bonn.de/dataset/baumstandorte	P	2023
[8] Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der LANUV-Station Bonn-Auerberg aus dem Zeitraum 2011-2020	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	P	2022
[9] LOD2-Modell des Untersuchungsgebietes im CityGML-Format	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[10] Normalisiertes digitales Oberflächenmodell (NDOM) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[11] Digitales Geländemodell (DGM) – Gitterweite 1 m	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[12] Digitale Orthophotos (DOP)	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[13] Amtliche Basiskarte (ABK) des Untersuchungsgebietes	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023

[14]	INSPIRE-WFS NW Bodenbedeckungsvektor ALKIS	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[15]	BK 50; Bodenkarte von NRW 1:50.000	Geoportal NRW: https://www.geoportal.nrw/	P	2023
[16]	Rechenmodell ENVI-met, Version 5.5.1 – Summe Release 2023	ENVI_MET GmbH https://www.envi-met.com/	Lit.	2023
[17]	GALK-Straßenbaumliste	GALK e.V., Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz: https://strassenbaumliste.galk.de/	P	2023
[18]	VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2021
[19]	VDI 3787, Blatt 8. Umweltmeteorologie. Stadtentwicklung und Klimawandel	Verein Deutscher Ingenieure	RIL	2020
[20]	Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels	A.Matzarakis, in Umweltmeteorologie, Nr. 3, 2013	Lit.	2013
[21]	Stadtklima	S.Henninger & S.Weber, 2019	Lit.	2019
[22]	Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur Verbraucherschutz NRW	Lit.	2011
[23]	Meteorologie	H.Häckel, 4.Auflage	Lit.	1999
[24]	Klimatologie	W. Kuttler, 2.Auflage	Lit.	2013
[25]	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

[26]	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
[27]	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 Planvorhaben soll auf dem ehemaligen Grundstück der Poliklinik in Bonn Zentrum zwischen dem Annagraben im Westen und der Wilhelmstraße im Osten realisiert werden.

Anlage 2 zeigt die aktuelle Situation im Untersuchungsgebiet. Das Umfeld des Plangebietes ist durch Gebäude mit Wohnungen sowie Gewerbebetrieben geprägt, welche größtenteils um Innenhöfe angeordnet sind. Darüber hinaus sind nordöstlich des Plangebietes nordöstlich des Kölnstraße verschiedene Gesundheitseinrichtungen angesiedelt. Etwa 600 m östlich verläuft der Rhein und im Süden führt in ca. 200 m Entfernung die B 54 am Plangebiet vorbei. Im Südwesten liegt das Stadthaus in etwa 250 m Entfernung zum Plangebiet. Ergänzend wurde eine etwa 100 m nordöstlich des Plangebietes gelegene im Bau befindliche Zahnklinik in den Bestandsfall aufgenommen.

Die Bestandsbebauungsstruktur und -dichte innerhalb des Plangebietes ähneln der Bauungsstruktur im Umfeld des Vorhabens. Am Annagraben befindet sich das ehemalige Gebäude der Augenklinik. An der Wilhelmstraße ist das Gebäude der ehemaligen Poliklinik angesiedelt. Dazwischen liegt ein Innenhof. Die Gebäude sind zum aktuellen Zeitpunkt größtenteils ungenutzt. Nur in dem im Innenhof liegende Ost-West-Flügel der Poliklinik befindet sich aktuell die Diamorphinambulanz. Der größtenteils versiegelte Innenhof kann über einen Zugang von der Wilhelmstraße erreicht werden. Weitere Zugänge befinden sich entlang des Annagrabens, sind aber durch ein Tor verschlossen. Bäume sowie niedrige Vegetation wachsen im Innenhof entlang des Gebäudes der Diamorphinambulanz und dem Gebäude der Poliklinik an der Wilhelmstraße.

In Anlage 1 ist der Lageplan dargestellt, aus dem die zukünftige Entwicklung des Plangebietes abgeleitet werden kann. Vorgesehen ist, die Gebäude der Poliklinik und der Augenklinik zu erhalten und zu sanieren. Der Ost-West-Flügel der Poliklinik soll zurückgebaut werden. Nördlich und Südlich des Bestandsgebäudes am Annagraben sind Neubauten vorgesehen. Für den Fuß- und Radverkehr wird das Gebiet über einen Zugang am Annagraben erschlossen, welcher gleichzeitig als Feuerwehrezufahrt dient. Für den sonstigen motorisierten Verkehr sind zwei Tiefgarageneinfahrten am Annagraben geplant. Der Innenhof soll bis auf einen Weg, welcher zu den einzelnen Gebäuden führt, entsiegelt werden.

Anlage 3 zeigt, wie das Neubauvorhaben in die Umgebung eingebunden wird.

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 [25].

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 K, in den Sommermonaten kann die Differenz mehr als 10 K betragen [23]. 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 [25].

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, Topografie 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 [21].

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

4.3 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 [23].

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 [21]. 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 [24].

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 [20]. 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 [18] 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 Bonn

Zur Einordnung der derzeitigen sowie zukünftigen klimatischen Situation im Umfeld des Planvorhabens werden die Klimaanalyse der Stadt Bonn [5] sowie die Prognosen entsprechend den RCP-Klimaszenarien, abgeleitet aus dem Klimaatlas NRW [6], herangezogen. Darüber hinaus wird die für das Plangebiet repräsentative Windstatistik analysiert.

5.1 Lokalklima im Umfeld des Planvorhabens

Zur stadtklimatologischen Einordnung des Plangebietes wird die Klimaanalyse der Stadt Bonn aus dem Jahr 2023 [5] herangezogen. Grundlage dieser Klimaanalyse sind mesoskalige Klimasimulationen für das gesamte Stadtgebiet. Aus den Modellberechnungen wurden u.a. Planungshinweise abgeleitet, die in einer Planungshinweiskarte zusammengefasst dargestellt sind. Ein Auszug dieser Karte für das Umfeld des Plangebietes sind in Anlage 4 dargestellt. Ergänzend wurde in der Klimaanalyse für die Nachtsituation der Status quo mit der nächtlichen Überwärmung sowie dem Kaltluftgeschehen analysiert. Diese Karte ist in Anlage 5 abgebildet.

Die Planungshinweiskarte (vgl. Anlage 4) weist dem Plangebiet als Siedlungsfläche eine Handlungspriorität 2 zu. Laut der Klimaanalyse sind in solchen Bereichen Maßnahmen zur Verbesserung der klimatischen Situation bei allen baulichen Entwicklungen möglichst proaktiv umzusetzen.

Östlich sowie südlich des Plangebietes weist ein Großteil der bebauten Flächen ebenfalls eine sehr hohe Handlungspriorität (1 oder 2) auf. Nördlich und westlich ist die thermische Belastung etwas geringer ausgeprägt. Hier werden den Flächen die Handlungsprioritäten 3 und 4 bzw. 5 zugeordnet. In diesen Bereichen sollten bei einer baulichen Entwicklung oder Nachverdichtung klimaökologische Standards eingehalten bzw. durch zusätzliche Maßnahmen ergänzt werden. Teilweise wird bei den Flächen auch eine thermische Belastung ausgewiesen, die nur in der Nacht besteht.

Nördlich, östlich sowie südwestlich des Plangebietes weist die Planungshinweiskarte einzelne Bereiche als Grün- bzw. Freifläche aus, welche aber keinen besonderen Schutzbedarf aufweisen.

In der Nacht (vgl. Anlage 5) ist laut der Klimaanalyse auf dem Plangebiet sowie in dessen Umfeld zum Teil mit Nachttemperaturen von bis zu 20 °C und damit einer nächtlichen Überwärmung zu rechnen. Kaltluftvolumenströme mit bis zu 10 m³/m*s werden innerhalb der Grünflächen nördlich und nordöstlich ausgewiesen. Diese reichen jedoch nicht in die angrenzenden bebauten Gebiete hinein.

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

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

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

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

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

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

- die mittlere Lufttemperatur im Sommer von 18,0°C auf 20,0°C in der „fernen“ Zukunft ansteigt,
- die Anzahl der heißen Tage bis zum Jahr 2100 von 8 auf 18 ansteigt und im Schnitt 4 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 1,8°C (2031-2060) bzw. um 3,9°C (2071-2100) erhöhen
- sich bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der heißen Tage mehr als verdreifacht und im Mittel 15 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.

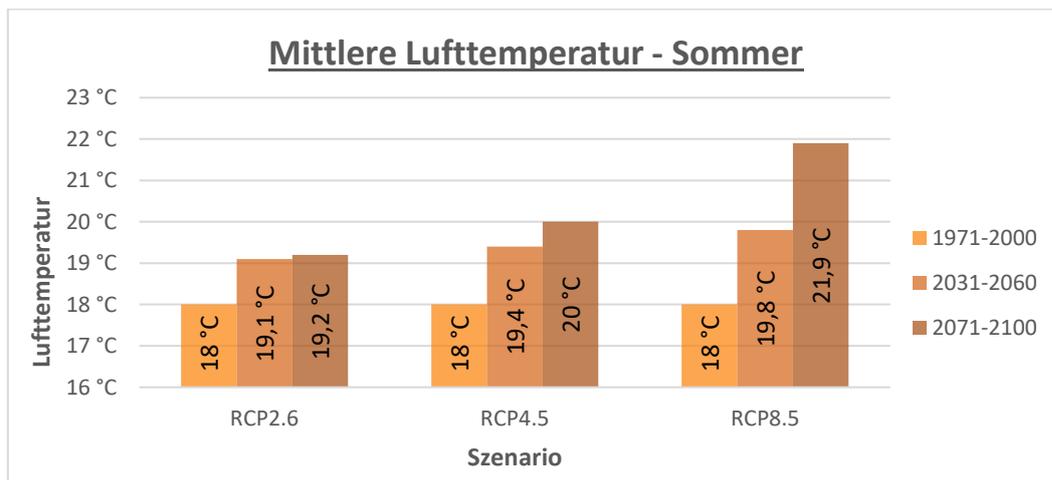


Abbildung 5.1: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn - mittlere Lufttemperatur - Sommer

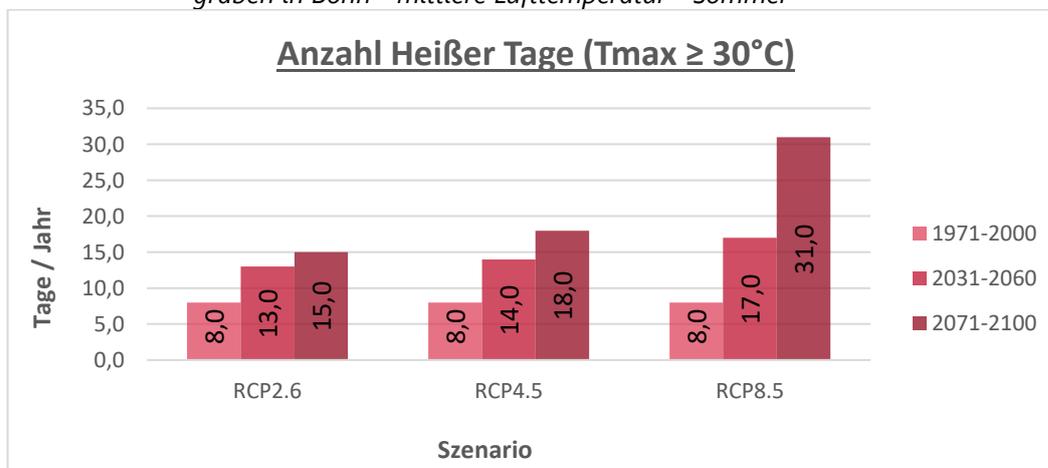


Abbildung 5.2: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn - Anzahl Heißer Tage

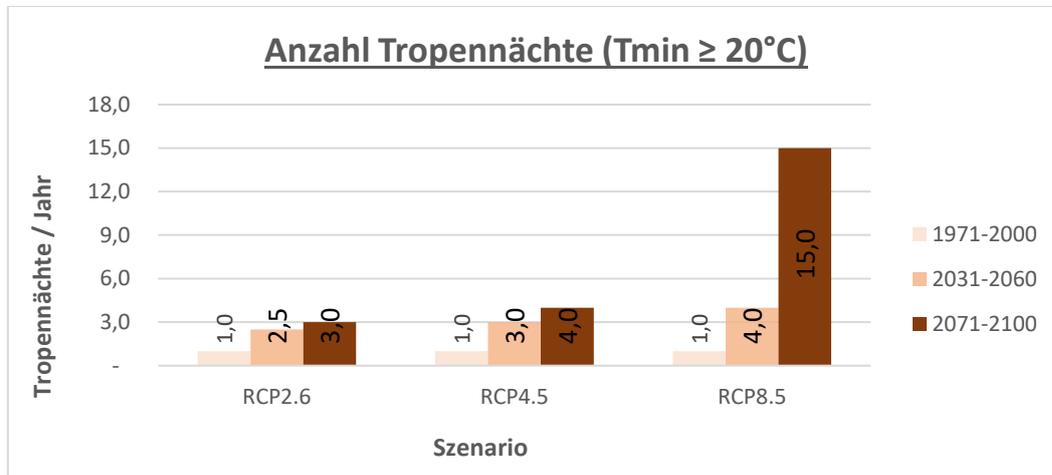


Abbildung 5.3: Prognose der Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung am Annagraben in Bonn – Anzahl Tropennächte

5.3 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung im Untersuchungsgebiet wurde auf Grundlage von Wetterdaten der LANUV-Station Bonn-Auerberg aus dem Zeitraum 2011 – 2020 abgeleitet [8]. Die Station liegt etwa 1,9 km nordwestlich des Untersuchungsgebietes und gibt auf Grund ihrer Nähe gut die übergeordneten Windverhältnisse im Plangebiet wieder.

Anlage 11 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 zeigt, dass der Wind in Bonn bevorzugt aus einer südöstlichen Richtung weht. Sekundäre Windrichtungsmaxima ergeben sich aus südwestlicher und nordwestlicher Richtung.

Die Windrichtungsverteilung an Hitzetagen unterscheidet sich nur unwesentlich von der des gesamten Auswertezitraums. Auch hier entfällt das Maximum auf die südöstliche Anströmungsrichtung, weitere Häufungen ergeben sich aus südwestlicher und nordwestlicher Richtung.

Daher wird im Rahmen der Klimasimulationen zur Hitzebelastung nachfolgend die Windrichtung 120°(Südost) untersucht. Darüber hinaus wird die Windrichtung 210° (Südwest) begutachtet, um die Auswirkungen des Planvorhabens auf die nordöstlich gelegenen Gesundheitseinrichtungen beurteilen zu können.

6 Berechnungsmodell

Die infolge des Planvorhabens zu erwartenden Klimaänderungen im lokalen Umfeld des Bauvorhabens werden mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met in der Version 5.5.1 (Summer Release 2023) [16] für die nachfolgend aufgeführten Varianten mit den bei sommerlichen Wetterlagen auftretenden Windrichtung Südost und Südwest durchgeführt:

Istfall: derzeitige Bebauungssituation, aktueller Vegetationsbestand und aktuelle Oberflächenbeschaffenheit unter Berücksichtigung des Neubaus der Zahnklinik an der Wachsbleiche [3][4]

Planfall: Zukünftige Bebauungssituation abgeleitet aus der Präsentation zur Projektentwicklung [1] und dem Lageplan [2] unter Berücksichtigung des Neubaus der Zahnklinik an der Wachsbleiche [3][4]

Anhand der Ergebnisse werden anschließend Planungsempfehlungen für eine mikroklimatechnisch angepasste Entwicklung des Plangebietes gegeben.

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 2,5 m realisiert. Mikroskalige Effekte durch Kleinstrukturen wie Bäume und Einzelgebäude werden bei dieser Gitterauflösung noch hinreichend genau abgebildet. Die Ausdehnung des Rechengebietes beträgt 700 m in x- und 730 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 sieben Schichten eine feine Vertikalauflösung von 1,0 m festgelegt. Ab der Modellhöhe von 10 m erhöht sich die vertikale Zellausdehnung um jeweils 18 %. Bei einer Anzahl von 30 Gitterzellen in z-Richtung ergibt sich hieraus eine maximale Modellhöhe von 183,02 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 innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden aus dem vom Land NRW zu Verfügung gestellten LOD2-Gebäudemodell [9] und den Plänen zum Neubau der Zahnklinik an der Wachsbleiche [3][4] abgeleitet. 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 Erdgeschossplans [2] abgeleitet wurden.

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

Für die Neubauten wurde der ENVI-met Standardaufbau mit einer Albedo von 0,4 angesetzt.

Die Rauminnentemperatur beträgt bei allen Gebäuden konstant 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.

Neben der Wuchsform (Breite und Höhe des Baumes) muss für jeden im Modell platzierten Baum die Belaubungsdichte vorgegeben werden. Die Erfassung der Bäume und ihrer Wuchsform (Kronenbreite und Höhe) im öffentlichen und privaten Raum erfolgte mithilfe des hochaufgelösten digitalen Oberflächenmodells (NDOM) [10].

Mit Hilfe des Baumkatasters der Stadt Bonn [7] konnte zudem die Baumart verschiedener Bäume im Umfeld des Plangebietes ermittelt werden. Auf Grundlage der im Internet veröffentlichten Straßenbaumliste der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz [17] und dem hier hinterlegten artspezifischen Parameter der Lichtdurchlässigkeit konnte anschließend der Belaubungsgrad abgeleitet werden. Hierbei entspricht eine geringe Lichtdurchlässigkeit einem sehr dichten Belaubungsgrad, eine mittlere Lichtdurchlässigkeit einem dichten Belaubungsgrad und eine starke Lichtdurchlässigkeit einem lichten Belaubungsgrad. Allen nicht im Baumkataster erfassten Bäume wurde pauschal ein „dichter“ Belaubungsgrad zugewiesen.

Für die Berechnungen zum Planfall wurden die Standorte der Baumneupflanzungen der Präsentation zur Umnutzung der Poliklinik (Seite 3) [1] entnommen. Für die Neuanpflanzungen von Bäumen wurde eine Höhe von 7 m und ein „dichter Belaubungsgrad“ angesetzt.

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

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

6.3.3 Oberflächen

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor zur Ausprägung des innerstädtischen Klimas ist die Oberflächenbeschaffenheit. So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung die Verdunstung gegenüber einer Freifläche reduziert, was zu einer Erhöhung der Temperaturen führt. 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 [12], von ALKIS-Bodenbedeckungsdaten des Landes NRW [14] sowie für die Zahnklinik auf Grundlage des amtlichen Lageplans [3] erfasst. Für Straßen wurde hierbei Asphalt, für weitere versiegelte Flächen wie z.B. Parkplätze Beton bzw. Pflaster als Versiegelungsmaterial vorgegeben.

Die Ableitung der Oberflächenarten im Planfall erfolgte auf Grundlage des Erdgeschossplans [2] sowie der Präsentation zur Umnutzung der Poliklinik [1]. Der geplante Weg im Innenhof wurde als gepflastert 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 Versickerungsarten und Wasserspeicherfähigkeiten ergeben. Hierfür wurden die benötigten Informationen aus dem Informationssystem „Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50.000 (BK50)“ [15] abgeleitet.

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 einen sogenannten „Full-Forcing“, oder durch ein sogenanntes „Simple-Forcing“ vorgegeben werden. Bei Ersterem werden die Bedingungen am Einströmrand für jede Stunde des Tages explizit vorgegeben. Hierzu ist ein Wetterdatensatz, beispielsweise aus einem Testreferenzjahr, notwendig. Beim Simple-Forcing wird für zwei Zeitpunkte innerhalb von 24 Stunden der Minimal- und Maximalwert für die Lufttemperatur und die relative Feuchte vorgegeben. Für die dazwischen liegenden Stunden werden die Werte linear interpoliert.

Zusätzlich muss für den Antrieb des Modells eine Windgeschwindigkeit und -richtung vorgegeben werden. Beim Simple-Forcing können hierfür nur Werte angegeben werden, welche über den gesamten Simulationszeitraum hinweg konstant sind. Beim Full-Forcing hingegen werden auch die Winddaten dem Wetterdatensatz entnommen und können dementsprechend variabel sein.

Im vorliegenden Fall wurde das Simple-Forcing genutzt. Als meteorologischer Antrieb für die Klimamodelle wurde ein heißer Sommertag mit einer nachmittäglichen Maximaltemperatur von 30 °C und einer nächtlichen Minimaltemperatur von 20 °C gewählt. Die Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit können der folgenden Abbildung 6.1 entnommen werden:

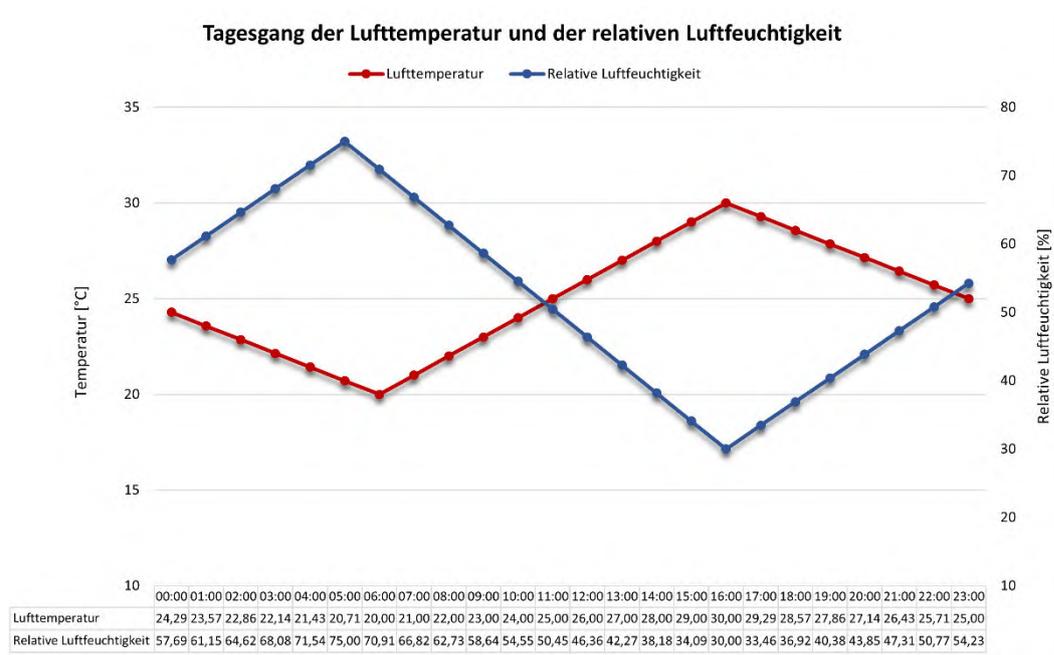


Abbildung 6.1: Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beim Simple-Forcing

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 [27], 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 wurden Winddaten der LANUV-Station Bonn-Auerberg herangezogen und daraus die Windrichtungen 120° sowie 210° abgeleitet (vgl. Kapitel 5.3).

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

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

Die nachfolgende Tabelle 6.1 dokumentiert die wichtigsten Initialisierungsparameter der Simulationsrechnungen:

Tabelle 6.1: Initialisierungsparameter für die Modellberechnungen

Initialisierungsparameter	Startwert
Geographische Position	50,73°N 7,09°E
Startzeit der Simulation	20.06., 04:00 Uhr
Dauer der Simulation	36 Stunden
Lufttemperatur in 2m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 20,0°C und 30,0°C)
Relative Feuchte in 2m über Grund	Simple Forcing (Spanne zwischen 30 % und 75 %)
Rauigkeitslänge z_0	0,1 m
Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund	1,5 m/s
Windrichtungen	120° (Südost), 210° (Südwest)
Bodentemperatur	
Oberste Schicht (0-20 cm)	20,5 °C
mittlere Schicht (20 – 50 cm)	21,5 °C
tiefe Schicht (50 – 200 cm)	20,3 °C
Gesteinsschicht (> 200 cm)	20,3 °C
Bodenfeuchte	
Oberste Schicht (0-20 cm)	75,0 %
mittlere Schicht (20 – 50 cm)	80,0 %
tiefe Schicht (50 – 200 cm)	70,0 %
Gesteinsschicht (> 200 cm)	70,0 %

7 Ergebnisse

Die Berechnungen wurden mit den dokumentierten Eingangsdaten für den Ist- und Planfall für die beiden gewählten Anströmungsrichtungen durchgeführt.

Für die Untersuchung zur Durchlüftung wurde das Windfeld um 14 Uhr analysiert und im bodennahen Höhengniveau (1,5 m ü. Grund) ausgewertet und dargestellt. Das Windfeld zu anderen Tageszeiten unterscheidet sich nur unwesentlich von der 14 Uhr Situation und wurde 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 das Mikroklima zusätzlich durch die Strahlungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die relative Luftfeuchte geprägt. 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 ist 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.

7.1 Durchlüftung

Anlage 12 zeigt die simulierten Windgeschwindigkeiten für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Windgeschwindigkeitsdifferenzen für die untersuchten Windrichtungen Südost (obere Reihe) und Südwest (untere Reihen) in einer Höhe von 1,5 m über Grund um 14 Uhr.

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

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

- Aufgrund der überwiegend hohen Bebauungsdichte im Untersuchungsgebiet ist die Belüftungssituation aufgrund der erhöhten Rauigkeit gegenüber den ungestörten Freiflächen deutlich reduziert. Somit werden in dem überwiegend innerstädtisch geprägten Untersuchungsgebiet größtenteils Windgeschwindigkeiten von weniger als 0,2 m/s ausgewiesen.
- Als gut durchlüftet erweisen sich insbesondere ausgedehnte Bereiche mit geringer Rauigkeit. Hierzu zählen vor allem größere Freiflächen im Untersuchungsgebiet, wie beispielsweise die B 56 am südlichen Rand der Untersuchungsgebietes oder die Kreuzung Wachsbleichen und Welschnonnenstraße östlich des Plangebietes. Aufgrund der Ausrichtung der Straßen und der Umgebungsbebauung zeigen sich bei einer Anströmung aus Südost in diesen Bereichen höhere

Windgeschwindigkeiten als bei einer südwestlichen Anströmung, da der Wind bei dieser Anströmungsrichtung durch die vorgelagerten Gebäude abgebremst wird.

- Aufgrund der derzeitigen Bebauungssituation weist das Plangebiet bei einer südöstlichen Anströmung ähnlich geringe Windgeschwindigkeiten auf wie die umliegenden bebauten Bereiche. Nur nördlich und südlich des Gebäudes am Annagraben kann mit geringfügig höheren Windgeschwindigkeiten gerechnet werden. Bei einer Anströmung aus Südwesten zeigen sich hingegen höhere Geschwindigkeiten, da der Innenhof des Grundstücks parallel zu dieser Anströmungsrichtung ausgerichtet ist. Aufgrund der Bebauungsstruktur bildet sich auf dem Plangebiet in beiden Windrichtungen jedoch keine durchgehende Durchlüftungsbahn aus.

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

- Aufgrund der nur geringfügigen Veränderungen in der Bebauungs- und Vegetationsstruktur fallen die Änderungen in der Durchlüftung des Plangebietes sowie dessen Umfeld nur minimal aus.
- Bei einer Anströmung aus Südosten ist zum einen mit einer geringfügigen Geschwindigkeitsminderung infolge des Lückenschlusses zwischen dem Gebäude der ehemaligen Augenklinik und der südlich an das Plangebiet angrenzenden Nachbarbebauung zu rechnen. Eine weitere Reduktion zeigt sich zwischen der ehemaligen Augenklinik und dem nördlich davon gelegenen Neubau. Diese kann auf die geringfügige Verengung des Durchgangs zwischen den beiden Gebäuden zurückgeführt werden. Im Bestand ist dieser 22 m breit, nach Realisierung der Planung beträgt der Abstand nur noch 18 m.
- Bei südwestlicher Anströmung ist eine geringfügige Reduktion der Windgeschwindigkeit im Bereich des Neubaus am Annagraben, im Norden des Plangebietes zu erwarten. Ursache hierfür ist das neue Gebäude, welches näher an die Straße heranrückt und dadurch ein Hindernis auf der vorherigen Freifläche bildet.
- Für beide Anströmrichtungen kann festgehalten werden, dass die Geschwindigkeitsminderungen maximal 0,3 m/s betragen, lokal eng begrenzt sind und sich auf das Plangebiet bzw. dessen direktes Umfeld beschränken. Eine Verschlechterung der übergeordneten Durchlüftungssituation infolge der Realisierung des Planvorhabens kann daher ausgeschlossen werden.

7.2 Lufttemperatur um 14 Uhr

Anlage 13 zeigt die simulierten Lufttemperaturen für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Temperaturdifferenzen für die untersuchten Windrichtungen Südost (obere Reihe) und Südwest (untere Reihen) in einer Höhe von 1,5 m über Grund um 14 Uhr.

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

- Grundsätzlich erwärmt sich die Luft an Hitzetagen vergleichsweise stark beim Überströmen von unverschatteten und versiegelten Flächen, da sich der Boden und dadurch auch die darüber liegenden Luftschichten durch die unverminderte Einstrahlung und die fehlende Verdunstung besonders stark aufheizen. Dadurch zeigen sich bei einer Anströmung aus Südost die höchsten Lufttemperaturen im Südosten des Untersuchungsgebietes über der B 56, der von der B 56 nach Norden abgehenden Kölnstraße sowie dem Stiftsplatz. Ein weiterer Bereich mit höheren Temperaturen ist nördlich des Plangebietes östlich der Römerstraße und nördlich der Wachsbleiche festzustellen.
- Bei südwestlicher Anströmung ist entlang der gesamten B 56 mit deutlich höheren Temperaturen zu rechnen. Weitere kleinere überwärmte Flächen werden an der Westseite des Untersuchungsgebietes über der Wolf-, Dorotheen- und Maxstraße prognostiziert.
- In Bereichen, die einen vergleichsweise hohen Vegetationsbestand aufweisen, werden hingegen geringere Lufttemperaturen prognostiziert. Dazu zählt bei südöstlicher Anströmung das Umfeld der Heerstraße im Nordwesten des Untersuchungsgebietes und bei südwestlicher Anströmung der Bereich nördlich des Gesundheitszentrums im Nordosten. Die Gebiete zeichnen sich dadurch aus, dass sowohl die Innenhöfe als auch die Straßen durchgrünt sind.
- Auf dem Plangebiet ist bei beiden Anströmrichtungen mit einem mittleren Temperaturniveau zu rechnen, da der Innenhof zwar versiegelt, aber dennoch durch einzelne Bäume verschattet wird, welche zur Kühlung beitragen. Bei südwestlicher Anströmung ist das Temperaturniveau etwas geringer als bei einer Anströmung aus Südosten. Dies ist auf die bessere Durchlüftung des Innenhofes bei südwestlicher Anströmung zurückzuführen.

Aus der Ergebnisauswertung zum Planfall und zu den planungsbedingten Differenzen 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 nur eine geringfügige Veränderung des nachmittäglichen Temperaturniveaus erfolgt.
- In beiden Anströmrichtungen kann durch die Realisierung des Planvorhabens mit einer leichten Temperaturreduktion östlich des Neubaus am Annagraben im Süden des Plangebietes gerechnet werden. Dies kann auf den geringeren Versiegelungsanteil im Planfall zurückgeführt werden. Die Rasenfläche im Innenhof kühlt durch Verdunstung die darüber liegende Luftschicht.
- Darüberhinausgehende Veränderungen im Temperaturfeld sind im gesamten Untersuchungsgebiet weder bei einer südöstlichen noch bei einer südwestlichen Anströmung zu erwarten.

7.3 Lufttemperatur um 4 Uhr

Anlage 14 zeigt die simulierten Lufttemperaturen für den Ist- und Planfall sowie die aus der Planung resultierenden Temperaturdifferenzen für die untersuchten Windrichtungen Südost (obere Reihe) und Südwest (untere Reihen) in einer Höhe von 1,5 m über Grund um 4 Uhr.

Aus der Ergebnisauswertung zum Bestandsfall 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.
- Wie bereits am Nachmittag herrscht auf dem Plangebiet ein mittleres Temperaturniveau.

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

- Durch die Realisierung des Planvorhabens ist bei beiden untersuchten Windrichtungen von geringen, lokalen nächtlichen Erwärmungen gegenüber der Bestandsituation auszugehen.
- Die Erwärmung kann auf den Wegfall von Bäumen entlang des Ost-West-Gebäudes der Poliklinik und dem Gebäudeteil entlang der Wilhelmstraße zurückgeführt werden. Im Bestand sorgen diese Bäume dafür, dass die dahinter liegenden Fassaden verschattet sind und dadurch weniger Energie aufnehmen. Da diese nach Realisierung des Planvorhabens unverschattet sind, können sie mehr Energie aufnehmen und diese in der Nacht wieder abgeben, was gegenüber dem Bestand zu einer höheren Lufttemperatur führt.
- Eine Temperaturreduktion wird nur bei südwestlicher Anströmung in einem sehr begrenzten Bereich im Innenhof an der südlichen Spitze der ehemaligen Augenklinik prognostiziert.
- Die Temperaturveränderungen beschränken sich in beiden Anströmsituationen vollständig auf das Plangebiet und reichen nicht an die Nachbarbebauung heran. In Bezug auf die Nachbarbebauung sind die nächtlichen Erwärmungstendenzen daher als unkritisch einzustufen.

7.4 Bioklima (PET)

Die Anlage 15 zeigt die simulierten PET-Werte für den Ist- und Planfall sowie die sich hieraus ergebenden planungsbedingten Differenzen für die untersuchten Windrichtungen Südost (obere Reihe) und Südwest (untere Reihen) am Nachmittag. Die dargestellten PET-Werte sind das Ergebnis einer Mittelwertwertbildung aus den Simulationsergebnissen zwischen 12 und 16 Uhr.

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

- Infolge der gewählten Initialisierungsparameter (Sommertag mit einer maximalen Temperatur von 30 °C) sind im gesamten Untersuchungsgebiet Wärmebelastungen (vgl. Tabelle 4.1) vorhanden. Dabei ist die Wärmebelastung in von Bäumen und Gebäuden verschatteten Bereichen als schwach bis mäßig zu charakterisieren. In unverschatteten Bereichen mit eingeschränkter Durchlüftung wird die Wärmebelastung hingegen als extrem empfunden.
- Grundsätzlich ergeben sich sehr hohe bioklimatische Belastungen mit PET-Werten > 41 C insbesondere in Bereichen mit einem hohen Versiegelungsanteil und gleichzeitig unverminderter Sonneneinstrahlung.
- Besonders extreme Belastungen sind in Bereichen auf sonnenzugewandten und gleichzeitig windabgewandten Gebäudeseiten zu erwarten, da hier die Reflexion der einfallenden Strahlung von den Gebäuden bei gleichzeitig fehlender Verschattung und Durchlüftung besonders belastend auf das Bioklima wirkt.
- In gut durchlüfteten Bereichen, wie beispielsweise in parallel zur Windrichtung ausgerichteten Straßen wie der B 56 im Süden des Untersuchungsgebietes bei südöstlicher Anströmung, 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. Aufgrund der Verschattungswirkung und Verdunstungskühlleistung der Vegetation werden die insgesamt niedrigsten PET-Werte beispielsweise auf dem Vorplatz des Gesundheitszentrums an der Kölnstraße nördlich des Plangebietes erreicht. Aufgrund der starken Verschattung durch die Bäume liegen hier nur schwache bioklimatischen Belastungen vor.
- Auf dem Plangebiet reicht die bioklimatische Belastung von "mäßig" in den durch Bäume verschatteten Bereichen bis "extrem" in den unverschatteten und versiegelten Teilen. Am höchsten ist die Belastung in beiden Anströmsituationen in einem Bereich an der südlichen Plangebietsgrenze, da die mit Asphalt versiegelte Fläche vollständig unverschattet ist. Bei einer Anströmung aus Südost zeigt sich aufgrund der eingeschränkten Durchlüftung darüber hinaus eine extreme Belastung zwischen dem Gebäude am Annagraben und dem an der Wilhelmstraße.

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

- Durch die Realisierung des Planvorhabens nach aktuellem Stand ist innerhalb des Plangebietes sowie dessen nahem Umfeld in beiden Anströmsituationen eher mit einer Reduktion der bioklimatischen Belastung zu rechnen. Vereinzelt wird infolge der neuen Bebauung und des Wegfalls von Bäumen jedoch auch eine Verschlechterung des Bioklimas prognostiziert.
- Sehr hohe thermische Belastungen von mehr als 52°C treten insbesondere auf der Südseite des neuen Gebäudes am Annagraben im Norden des Plangebietes auf.

Die hohe Belastung auf der Westseite des Bestandgebäudes an der Wilhelmstraße bleibt auch nach Realisierung der Planung bestehen.

- Erhöhungen des PET-Wertes gegenüber der Bestandssituation sind in den Bereichen zu erwarten, in denen Bäume entfallen. Hierzu gehört das nördliche Ende des Innenhofes sowie eine Fläche im Südosten des Innenhofes.
- Die Berechnungsergebnisse zeigen jedoch auch, dass durch die Entsiegelung des Innenhofes und die dadurch zur Verfügung gestellte Feuchtigkeit sowie infolge neuer Baumpflanzungen die bioklimatische Belastung in Teilbereichen reduziert werden kann.
- Beim Vergleich zwischen Ist- und Planfall wird weiterhin deutlich, dass sich auch außerhalb der Plangrenzen entlang der Wilhelmstraße sowie auf dem Annagraben Änderungen der bioklimatischen Belastung ergeben. Höhere PET-Werte sind demnach besonders dort zu erwarten, wo durch das Vorhaben Bäume entfallen. Dies betrifft einen Bereich des Annagrabens am nördlichen Ende des Plangebietes. Belastungsreduktionen sind hingegen dort zu erwarten, wo zusätzliche Verschattung durch Bäume oder Gebäude generiert wird, wie beispielsweise entlang der Wilhelmstraße.
- Insgesamt beschränken sich die Veränderungen der bioklimatischen Belastung auf das Plangebiet und das unmittelbare Umfeld. Eine durchgreifende Verschlechterung des Bioklimas deutlich über die Plangebietsgrenzen hinaus kann auf Grundlage der Rechenergebnisse ausgeschlossen werden.
- In den Bereichen des Plangebietes mit einer hohen Belastung, welche zum Aufenthalt vorgesehen sind, sollten planerische Maßnahmen zur Reduktion in Betracht gezogen werden, um eine gute Aufenthaltsqualität bieten zu können.

8 Planungsempfehlungen

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken und nur geringfügig ausfallen.

Durchgehend positiv wirkt sich die Entsiegelung des Innenhofes auf das thermische und bioklimatische Belastungsniveau innerhalb des Plangebietes aus. Auch von den Baumneupflanzungen geht ein positiver Einfluss auf das Mikroklima aus. Durch beides wird die Erhöhung der Bebauungsdichte und deren Einfluss auf die Lufttemperatur sowohl in der Nacht als auch am Tag weitestgehend kompensiert.

Aufgrund der solaren Einstrahlung verbleiben jedoch Bereiche mit einer hohen bioklimatischen Belastung innerhalb des Plangebietes. Zur Reduktion dieser Belastung und der geringfügigen 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 und Erhalt von Bestandsbäumen

Da Bäume sowohl durch Verschattung als auch über Abkühlungsprozesse durch Evapotranspiration zur Verminderung der bodennahen Lufttemperatur beitragen, wird empfohlen, einen möglichst hohen Anteil der Bestandsbäume zu erhalten, da diese Bäume aufgrund ihrer Größe einen deutlich positiveren Einfluss auf das Mikroklima haben als Neupflanzungen. Können Bäume nicht erhalten werden sollte geprüft werden, wo Neupflanzungen zur Kompensation realisiert werden können. Die Bäume sollten dabei eine ausgeprägte Krone aufweisen und im Stammbereich möglichst wenig Strömungswiderstand durch Äste und Blätter liefern, um einen negativen Einfluss auf das Windfeld und die Durchlüftung zu reduzieren. Innerhalb des Plangebietes sollten vornehmlich in Bereichen mit hohen bioklimatischen Belastungen oder in geplanten Aufenthaltsbereichen weitere Baumpflanzungen in Erwägung gezogen werden, um die thermische und bioklimatische Belastung lokal zu reduzieren. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels empfiehlt die VDI 3787 Blatt 8 [19], insbesondere stadtklimafeste, also hitze- und trockenheitsresistente Arten auszuwählen, die jedoch während andauernden Hitzeperioden ausreichend bewässert werden sollten, um eine Verbesserung der thermischen Verhältnisse sicherzustellen. Weiterhin sollte beachtet werden, großkronige Arten mit geringer oder mittlerer Lichtdurchlässigkeit zu wählen, um eine effektive Transpiration und Verschattungswirkung zu erzielen. Hinweise zu geeigneten Arten liefert zum Beispiel die GALK-Straßenbaumliste [17].

Fassadenbegrünung und intensive Dachbegrünung

Dachbegrünungen wirken sich insbesondere bei intensiver Ausführung positiv auf das Mikroklima aus, da mehrschichtige und mächtigere Substrate die Regenwasserrückhaltung verbessern und gleichzeitig in Trockenphasen für eine längere Wasserversorgung der Pflanzen sorgen können. Aufgrund der Gebäudehöhe ist in der vorliegenden Planung jedoch nicht davon auszugehen, dass sich durch die Dachbegrünung ein positiver Effekt auf das bodennahe Mikroklima erzielen lässt.

Retentionsdächer bieten jedoch die Möglichkeit Regenwasser zu speichern, um dieses anschließender zur Bewässerung der Vegetation nutzen zu können. Neben dem positiven

Einfluss auf das Außenklima kann Gebäudebegrünung jedoch auch auf das Innenklima regulierend wirken, da durch die Verdunstung von den Gebäudeoberflächen weniger Wärme über die Außenhaut in das Gebäude gelangen kann.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine zusätzliche Gebäudebegrünung in Form von Fassadenbegrünung vorzunehmen, besonders in den Bereichen mit sehr hoher thermischer Belastung auf der sonnenzugewandten Seite der Plangebäude wie im Norden des Innenhofes. 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.

Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten

Um die nachmittägliche Wärmeaufnahme zu reduzieren, eignen sich im Außenbereich Oberflächen bzw. Baumaterialien mit hellen Oberflächen, da diese tagsüber weniger Wärme speichern und dementsprechend auch nachts weniger Wärme an die umliegenden Luftschichten abgeben. Darüber hinaus empfiehlt es sich, Wege, Terrassenflächen sowie die vorgesehenen Parkplätze teilversiegelt, z.B. mit Rasengittersteinen oder Sickerpflaster auszuführen.

Allgemein sollte die Flächenversiegelung so weit wie möglich reduziert werden, um Versickerung und Verdunstung zu gewährleisten, wie es bereits in der Planung vorgesehen ist.

Geeignete Baumaterialien verwenden

Typisch städtische Baumaterial wie Beton nehmen aufgrund ihrer thermischen Eigenschaften tagsüber deutlich mehr Energie auf als natürliche Oberflächen wie beispielsweise Holz und geben diese nachts wieder an die Umgebungsluft ab. Um die nächtliche Wärmebelastung zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialien entsprechend ihrer thermischen Eigenschaften sinnvoll, wie sie für die Bauteile D und F sowie die Aufstockung von Bauteil A mit einer Holzfassade bereits vorgesehen sind. Neben den stofflichen Eigenschaften ist auch die Oberflächenbeschaffenheit der Baumaterialien relevant. Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der auftreffenden Sonnenenergie sofort wieder reflektiert und steht damit nicht zur Erwärmung zur Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzweilige Strahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf und geben im Lauf der Nacht entsprechend weniger Wärme an die Umgebungsluft ab. Allerdings muss hier auch darauf geachtet werden, dass die Reflexionen nicht zu einer Verschlechterung des Bioklimas in bodennahen Bereichen führen. Empfohlen werden "mittelhelle" Oberflächen mit einem Reflexionsgrad (Albedo) zwischen 0,5 und 0,6.

Schaffung von Regenrückhalteflächen

Zum Erhalt der Kühlleistung der Fläche sollte ein Großteil der Niederschläge, insbesondere in den Wintermonaten zurückgehalten werden, um das Wasser in den warmen Sommermonaten über die Vegetation zur Verdunstung zu bringen oder für die Bewässerung bereitzustellen. Hierdurch kann während warmer Trockenphasen im Sommer die

Verdunstungsleistung der Vegetation und der Böden aufrechterhalten werden. Dies kann beispielsweise durch eine wassersensible Oberflächengestaltung in Form von Tiefbeeten und Mulden sowie Rigolen 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 zugeführt werden.

Grünflächenbewässerung

Während langer Hitzeperioden trocknen die Böden aus. Die trockenen Böden verhalten sich dann ähnlich wie Stein und Beton und können keinen Beitrag mehr zur Kühlung leisten. Auf ausreichend mit Wasser versorgten Grünflächen und Böden wird dagegen ein Teil der Energie durch Verdunstung (Transpiration von Pflanzen und Evaporation von Böden) in latente Wärme umgewandelt. Flächen mit hoher Evaporation heizen sich deshalb deutlich weniger auf und können angrenzende städtische Flächen kühlen. Daher sollte sichergestellt werden, dass die bewachsenen Freiflächen in sommerlichen Hitzeperioden ausreichend bewässert werden. Hierfür bietet es sich an, oberirdische oder unterirdische Regenwasserspeicher vorzusehen, um in Zeiten des Wasserüberschusses (z.B. nach Starkregen) das anfallende Wasser zwischenzuspeichern, damit es dann in Hitzeperioden wieder abgegeben werden kann.

9 Zusammenfassung

In Bonn Zentrum soll zwischen dem Annagraben und der Wilhelmstraße der Bebauungsplan Nr. 7723-41 "ehemalige Poliklinik" aufgestellt werden, um Planrecht für eine Bebauung mit Wohn- und Gewerbegebäude zu schaffen. Die Planung sieht Bestandssanierung sowie den Neubau von Gebäuden vor.

Bei städtebaulichen Planungen und Bauleitverfahren gewinnen Fragestellungen einer klimatisch optimierten Stadtentwicklung immer mehr an Bedeutung.

In der Stadtklimaanalyse der Stadt Bonn [5] wird in Teilen des Plangebietes eine nächtliche Überwärmung detektiert. Zudem weist die Planungshinweiskarte dem Gebiet eine Handlungspriorität der Stufe 2 zu. Es besteht daher ein hoher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie beispielsweise Begrünung, Entsiegelung und Verschattung.

Daher wurde im Rahmen der Entwicklung des Geländes eine mikroklimatische Untersuchung zur Ermittlung der Auswirkungen auf die sommerliche Hitzebelastung mithilfe des Stadtklimamodells ENVI-met in der Version 5.5.1 (Summer Release 2023) [16] für den Ist- und den Planfall durchgeführt. Hierbei wurde die in Bonn an heißen Sommertagen typische südöstlich Anströmungsrichtung berücksichtigt. Zusätzlich wurde die sekundäre Anströmung aus Südwesten betrachtet, um den Einfluss des Vorhabens auf die nordöstlich gelegenen Gesundheitseinrichtungen beurteilen zu können. In die Klimasimulation flossen Gebäudestellungen und -höhen, der Vegetationsbestand sowie die Oberflächenbeschaffenheit und Bodentypen 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 Durchlüftungsverhältnisse in einer Höhe von 1,5 m über Grund ausgewertet und dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse der mikroklimatischen Untersuchung zeigen, dass sich Veränderungen des lokalen Klimas weitestgehend auf das Plangebiet und dessen nahes Umfeld beschränken und nur geringfügig ausfallen.

Durchgehend positiv wirkt sich die Entsiegelung des Innenhofes auf das thermische und bioklimatische Belastungsniveau innerhalb des Plangebietes aus. Auch von den Baumneupflanzungen geht ein positiver Einfluss auf das Mikroklima aus. Durch beides wird die Erhöhung der Bebauungsdichte und deren Einfluss auf die Lufttemperatur in der Nacht weitestgehend kompensiert.

Es verbleiben jedoch aufgrund der solaren Einstrahlung Bereiche mit einer hohen bioklimatischen Belastung innerhalb des Plangebietes. Zur Reduktion dieser Belastung und der geringfügigen nächtlichen Erwärmung sollten bei fortschreitender Planung nach Möglichkeit folgende Planungsempfehlungen berücksichtigt werden. Diese können einzeln oder in Kombination umgesetzt zur Reduktion des Belastungsniveaus beitragen.

- Erhalt möglichst vieler Bestandsbäume bzw. Kompensation durch Neupflanzungen insbesondere in Bereichen, die für den Aufenthalt genutzt werden sollen.

- Realisierung von intensiver Dachbegrünung zur Erhöhung der Verdunstungsleistung und der Regulierung des Innenraumklimas sowie Fassadenbegrünung an Südfassaden
- Verwendung von natürlichen Baumaterialien mit hellen Oberflächen
- Schaffung von Regenrückhalteflächen
- Bewässerung der Grün- und Rasenflächen aus Regenwasserspeichern, um die Verdunstungsleistung auch während langer Hitze- bzw. Trockenperioden aufrecht zu erhalten

Peutz Consult GmbH



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



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

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Plangrundlage
Anlage 2:	Übersichtslageplan im Istfall
Anlage 3:	Übersichtslageplan im Planfall
Anlage 4:	Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Bonn - Planungshinweiskarte
Anlage 5:	Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Bonn - Nachtsituation
Anlage 6:	ENVI-met Modell-Architektur
Anlage 7	Vegetation im Istfall
Anlage 8	Vegetation im Istfall
Anlage 9	Oberflächenbeschaffenheit im Istfall
Anlage 10	Oberflächenbeschaffenheit im Planfall
Anlage 11	Windrichtungs- und geschwindigkeitsverteilung an der LANUV-Station Bonn-Auerberg im Zeitraum 2011-2020
Anlage 12	Windfeld in 1,5 m Höhe über Grund um 14 Uhr
Anlage 13	Lufttemperatur in 1,5 Höhe über Grund um 14 Uhr
Anlage 14	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe über Grund um 4 Uhr
Anlage 15	PET-Wert in 1,5 Höhe über Grund am Nachmittag



Poliklinik

Erdgeschoss

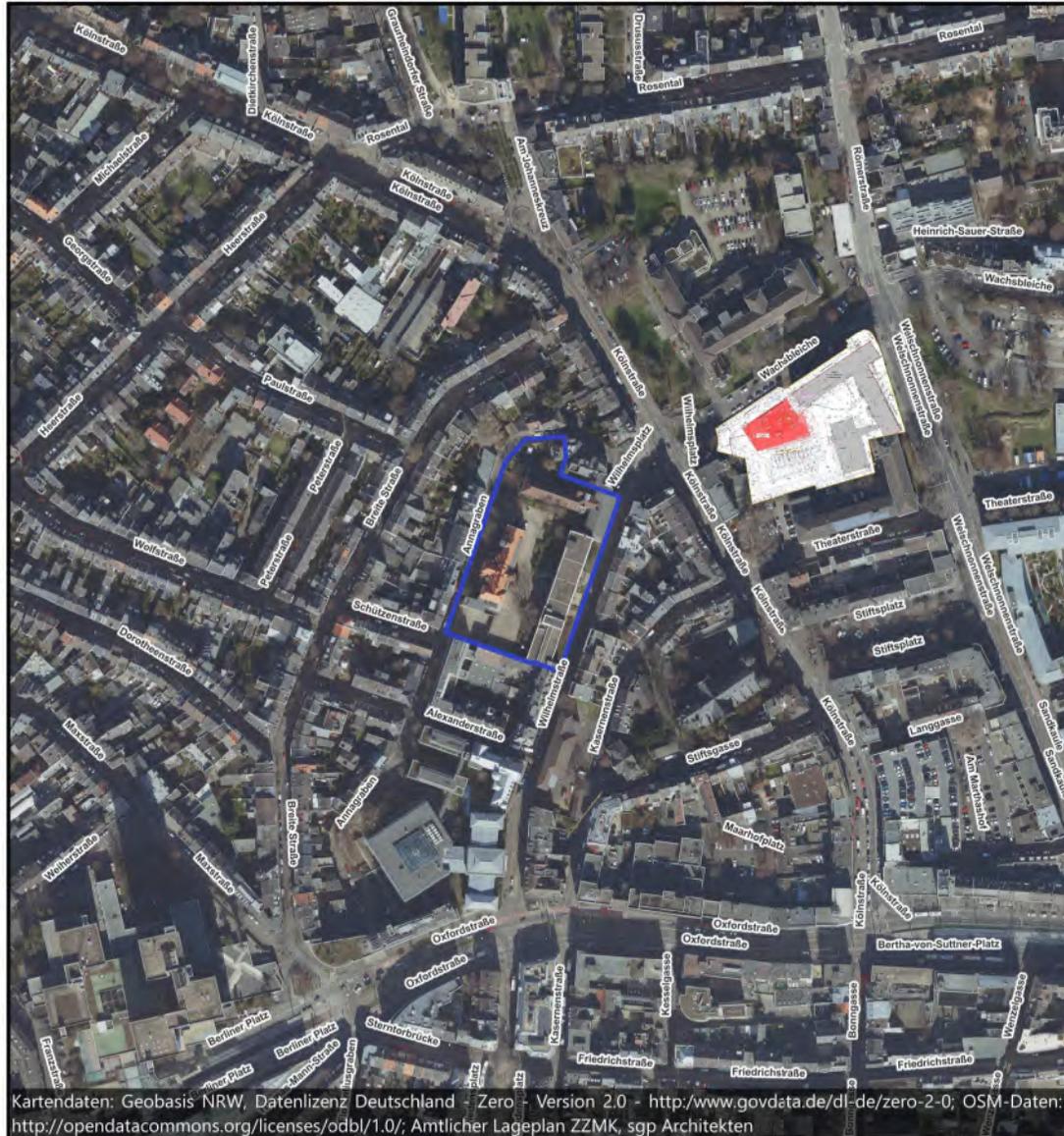
Maßstab 1:500

2023.12.04



BAU
WERK
STADT

Anlage 2: Übersicht der Bestandssituation

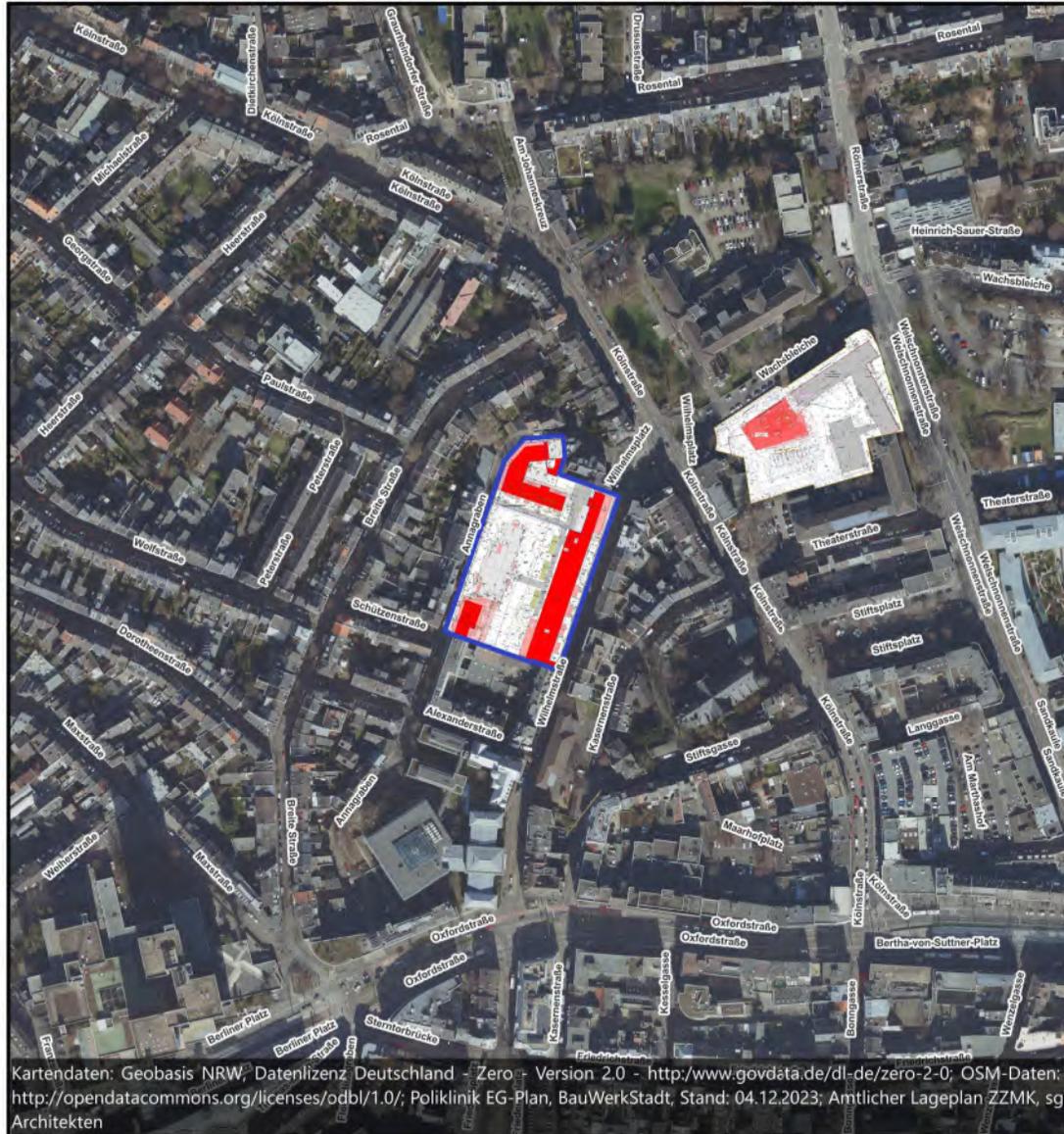


 Plangebiet



Kartendaten: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>; OSM-Daten: <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0/>; Amtlicher Lageplan ZZMK, sgp Architekten

Anlage 3: Übersicht der Plansituation

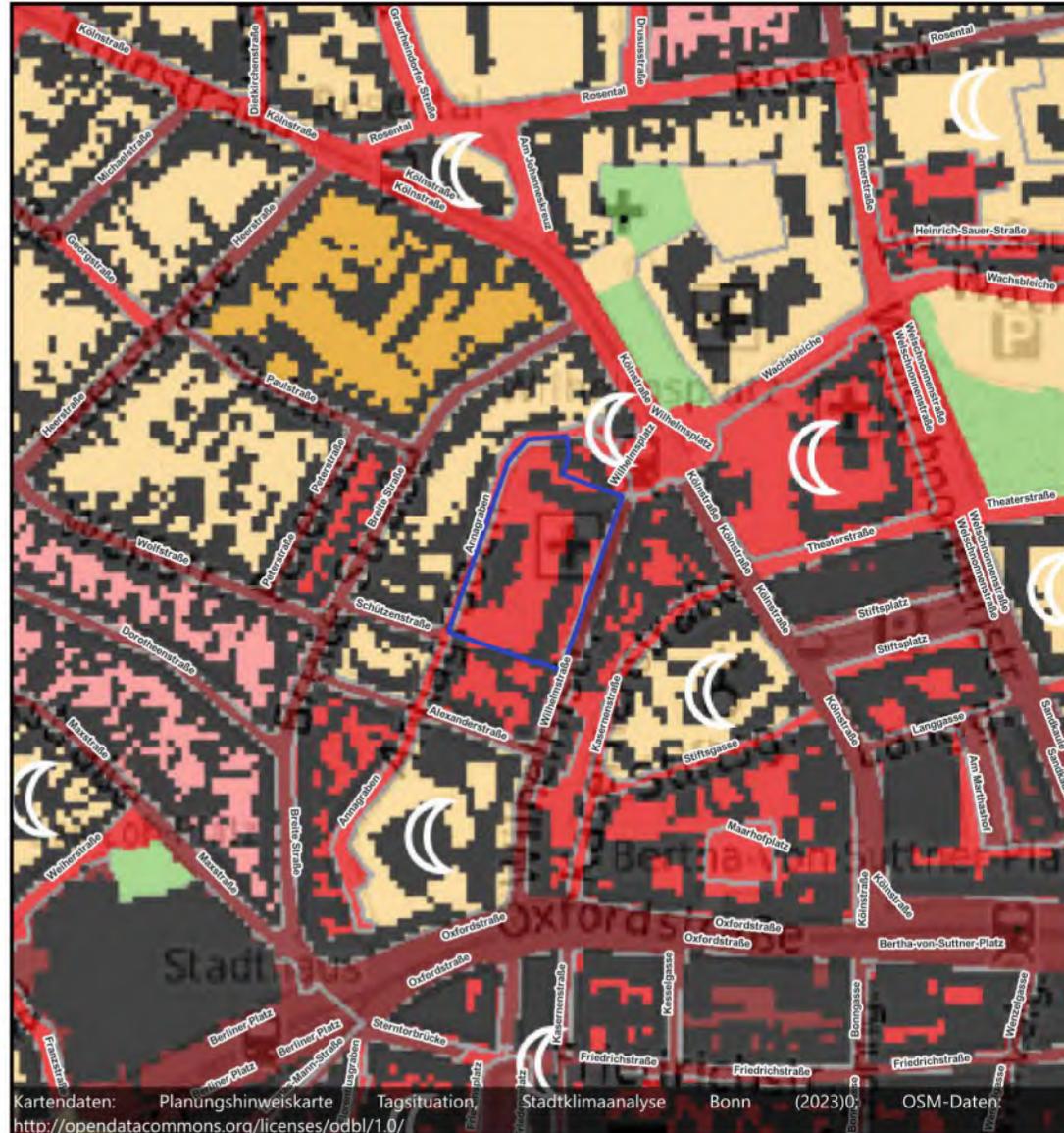


 Plangebiet



Kartendaten: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0/>; OSM-Daten: <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0/>; Poliklinik EG-Plan, BauWerkStadt, Stand: 04.12.2023; Amtlicher Lageplan ZZMK, sgp Architekten

Anlage 4: Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Bonn - Planungshinweiskarte



Kartendaten: Planungshinweiskarte Tagsituation, Stadtklimaanalyse Bonn (2023) OSM-Daten
<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0/>

WIRKRAUM: SIEDLUNGSFLÄCHEN UND ÖFFENTLICHER RAUM

Stadtklimatische Handlungspriorität

- **Handlungspriorität 1** (2,3 % Flächenanteil)
Maßnahmen zur Verbesserung der klimatischen Situation sind bei allen baulichen Entwicklungen und Sanierungen möglichst proaktiv umzusetzen. Im Bestand ist die Möglichkeit entsprechender Maßnahmen sowie ggf. einer (klimagerechten) Gebäudekühlung, vor allem bei Nutzung von vulnerabler Gruppen, zu prüfen.
- **Handlungspriorität 2** (26,9 % Flächenanteil)
- **Handlungspriorität 3** (10,1 % Flächenanteil)
Bei Nachverdichtungen, baulichen Entwicklungen und im Zuge von Straßensanierungen sind über den Klimakologischen Standard hinausgehende, optimierende Maßnahmen umzusetzen (bspw. Entsiegelung, Fassadenbegrünung, Flächen mit hoher Aufenthaltsqualität schaffen).
- **Handlungspriorität 4** (6,6 % Flächenanteil)
- **Handlungspriorität 5** (39,6 % Flächenanteil)
Klimakologische Standards zur baulichen Entwicklung sind bei allen baulichen Entwicklungen einzuhalten (Bäume, Dachbegrünung, geringe Versiegelung, etc.).
- **keine vorrangige Handlungspriorität** (14,5 % Flächenanteil)

Ausschließlich in der Nacht / am Tag thermisch belastet
Siedlungsflächen, die zukünftig (unter Annahme eines starken Klimawandels - RCP6.5) nur in der Nacht bzw. nur am Tag belastet sind. Flächen ohne Markierung sind unter dieser Annahme sowohl tagstüber als auch nachts belastet.

AUSGLEICHSRaum: GRÜN- / FREIFLÄCHEN, LANDWIRTSCHAFTLICHE FLÄCHEN, WALD

Stadtklimatischer Schutzbedarf

- **Sehr hoher Schutzbedarf** (48,7 % Flächenanteil)
Grün- und Freiflächen die für die Kaltluftzufuhr in den Wirkraum und/oder als Ausgleichsraum zur Hitzeerholung am Tage eine sehr hohe Bedeutung aufweisen und damit unbedingt in ihrer Funktion erhalten bleiben sollten. Bei Eingriffen in die Flächen ist die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion nachzuweisen (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung).
- **Hoher Schutzbedarf** (44,7 % Flächenanteil)
Innerstädtische oder stadtnahe Grün- und Freiflächen, denen heute und zukünftig eine hohe Bedeutung als nächtlicher Luftaustauschbereich und/oder Erholungsfläche am Tage zukommen wird. Bei Eingriffen in die Fläche ist die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion anzustreben (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung).
- **Erhöhter Schutzbedarf** (6,2 % Flächenanteil)
Stadtnahe Grün- und Freiflächen, die die Zufuhr von Kaltluft zu den Leitbahnen und Luftaustauschbereichen unterstützen oder als Erholungsfläche am Tage dienen. Bei Eingriffen in die Flächen ist auf die jeweilige stadtklimatische Funktion zu achten (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung).
- **Kein besonderer Schutzbedarf** (0,4 % Flächenanteil)
Siedlungsnahe Grün- und Freiflächen, denen sowohl heute als auch unter dem Einfluss des Klimawandels eine nur geringe bis mittlere klimakologische Bedeutung zukommt bzw. zukommen wird. Für diese Flächen besteht kein vorrangiger Schutzbedarf.
- Siedlungsraum mit Kaltluftfunktion**
Flächen mit einer hohen Kaltluftströmung, die potentiell auch auf angrenzende Räume günstig wirken. Bei Vorhaben in diesen Bereichen ist die Kaltluftfunktion der Flächen zu beachten (Grünflächen erhalten, Gebäudestellung beachten, etc.).

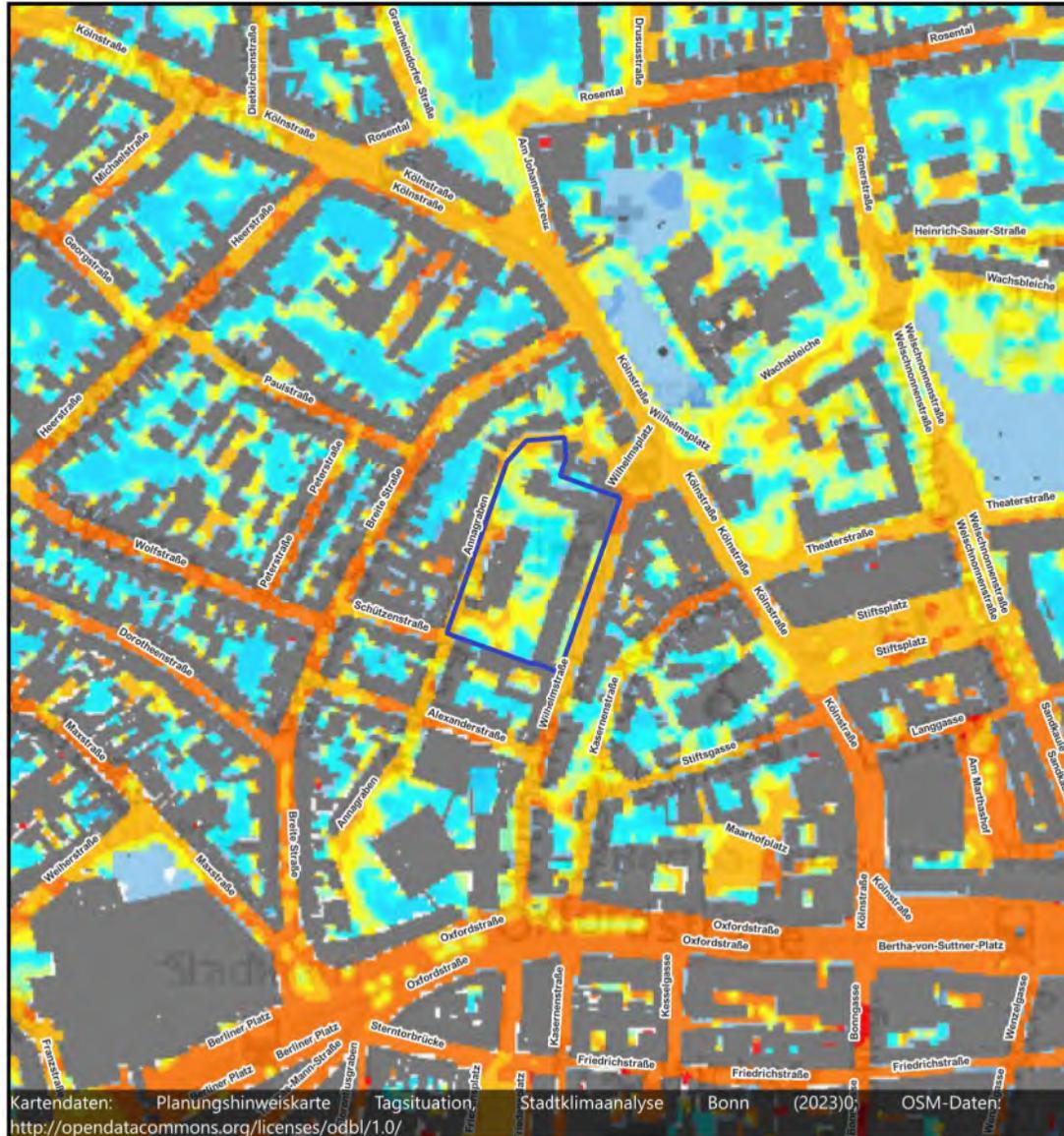
KALTLUFTPROZESSE IM AUSGLEICHSRaum

- Kaltluftleitbahn / lokale Leitbahn / Kaltluftabfluss**
- Bodennahes nächtl. Strömungsfeld**
(aggregiert, Windgeschwindigkeit > 0,1 m/s)

Plangebiet



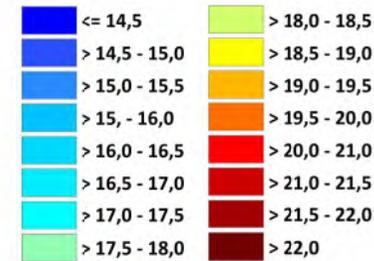
Anlage 5: Auszug aus der Klimaanalyse der Stadt Bonn - Nachtsituation



SIEDLUNGS- / VERKEHRSFLÄCHEN

NÄCHTLICHE ÜBERWÄRMUNG

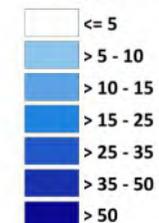
(LUFTTEMPERATUR IN [°C] UM 04:00 UHR IN 2 M Ü.G.R.)



GRÜN- UND FREIPLÄCHEN

KALTLUFTVOLUMENSTROMDICHTEN

(IN [M³/S/M] UM 04:00 UHR)



BODENNAHES STRÖMUNGSFELD

(UM 04:00 UHR, AGGREGIERT AUF EINE AUFLÖSUNG VON 200 M)

↑ Windgeschwindigkeit > 0,1 m/s

KALTLUFTPROZESSE IM STADTGEBIET

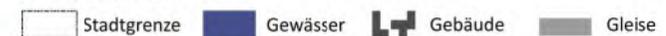
↑ Kaltluftleitbahn

↑ Kaltluftlabluss

▲ lokale Leitbahn

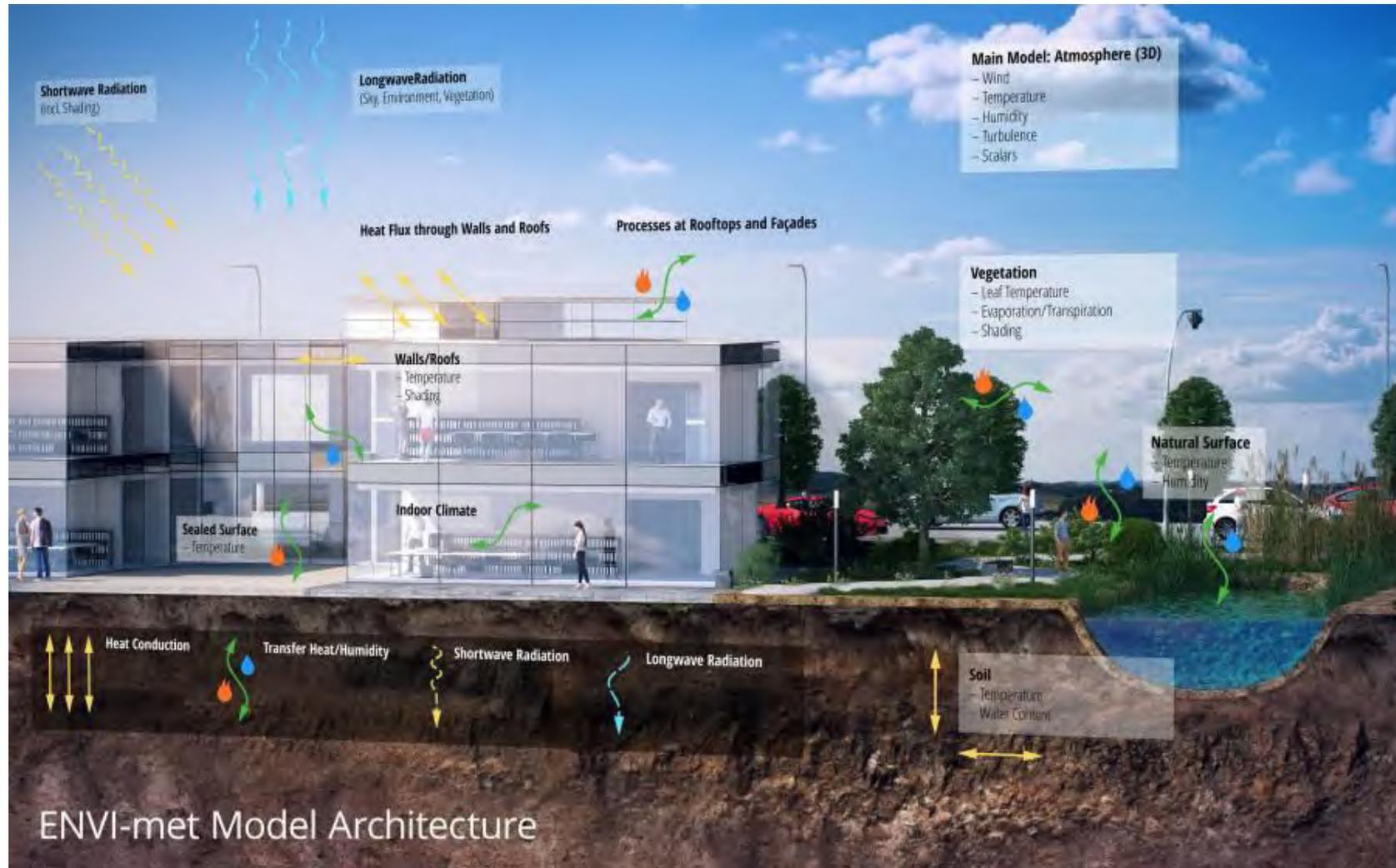
▒ Kaltluftentstehungsgebiete

RAUMSTRUKTUR

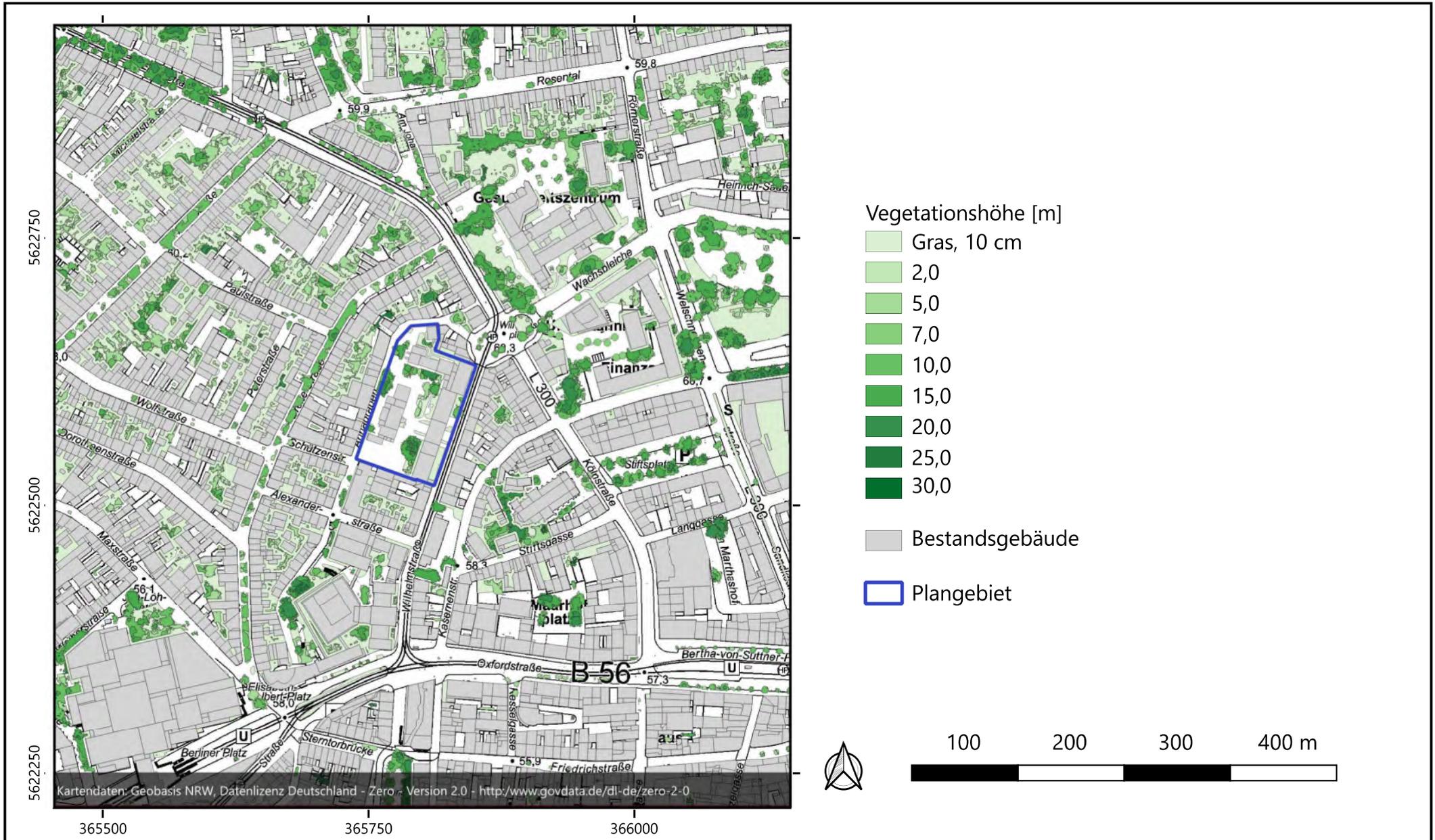


Plangebiet

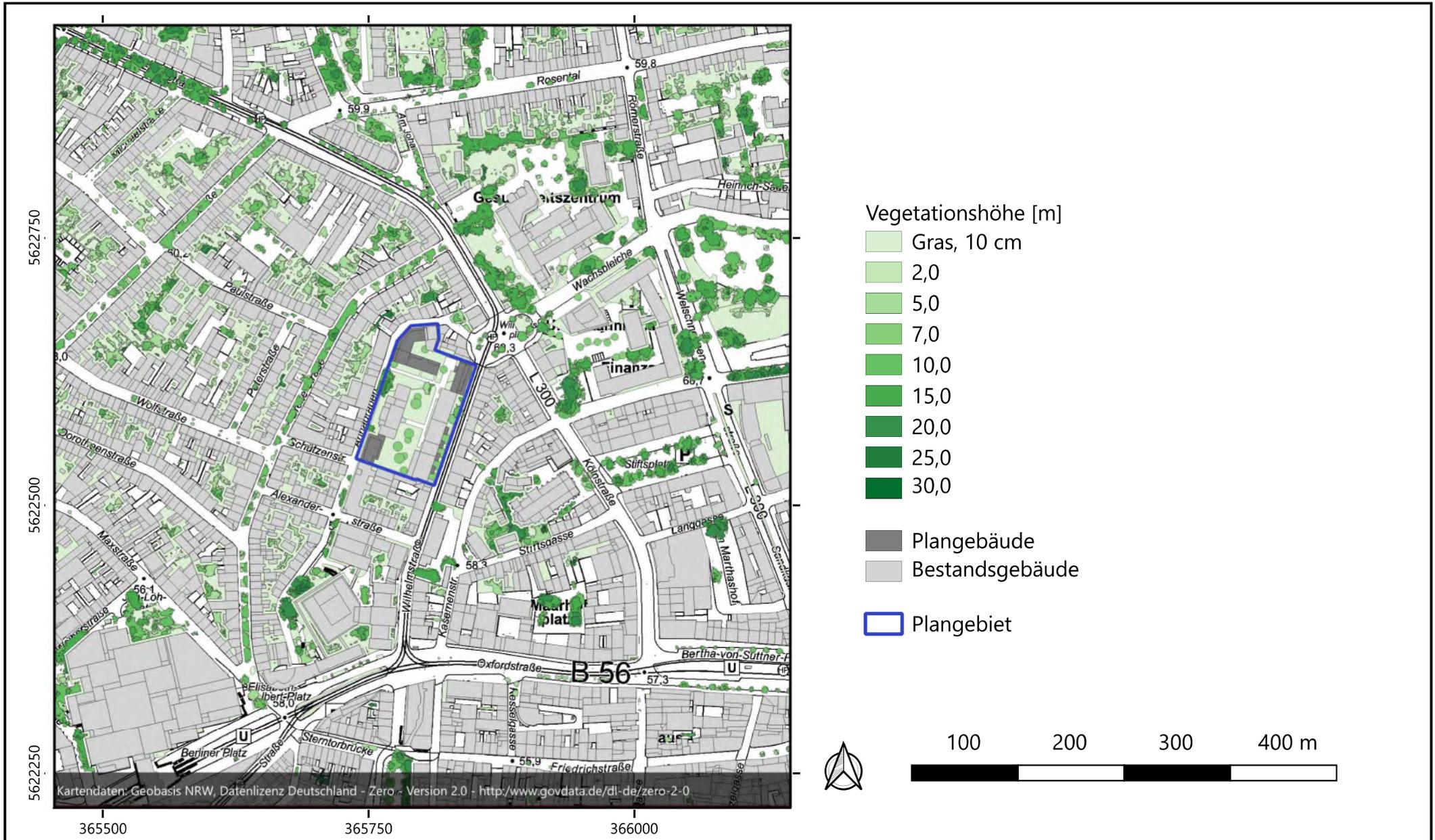




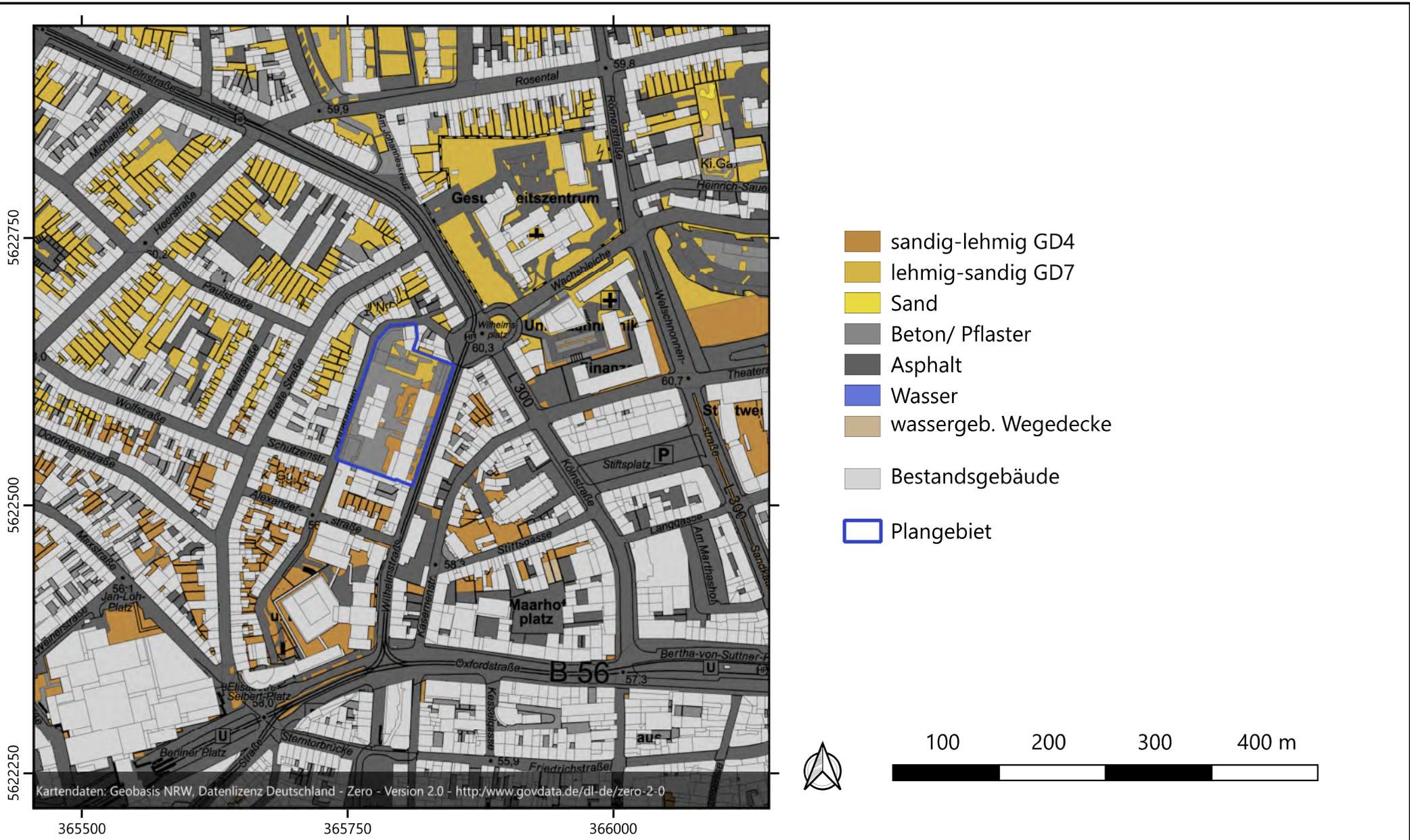
Anlage 7: Vegetation in der Bestandssituation



Anlage 8: Vegetation in der Plansituation



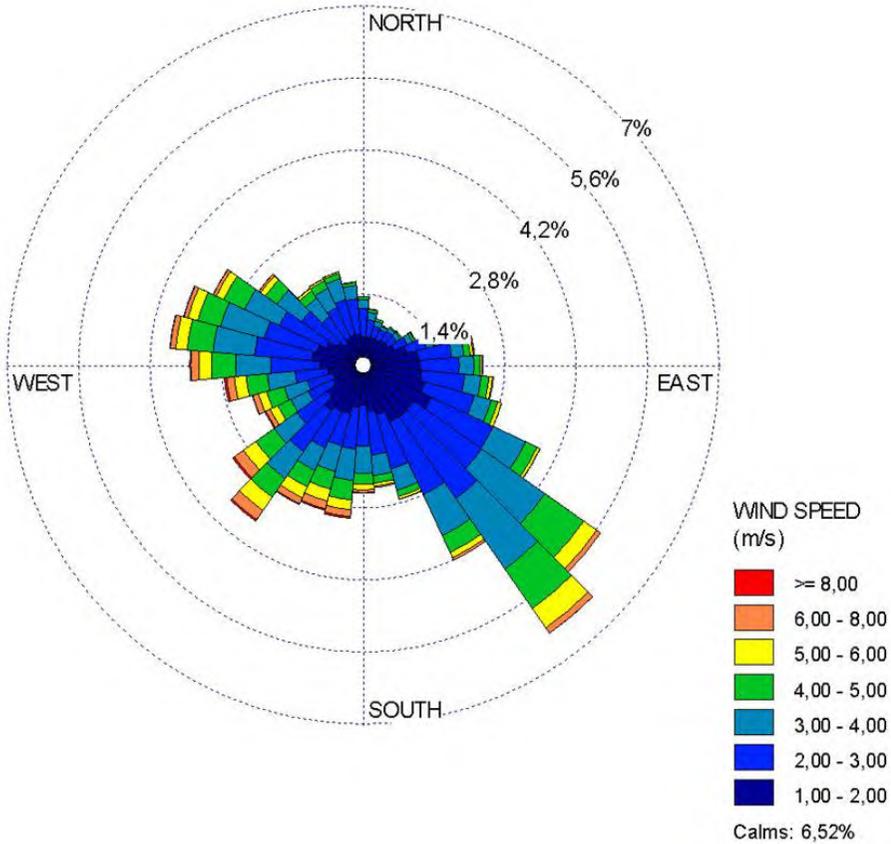
Anlage 9: Oberflächenbeschaffenheit in der Bestandssituation



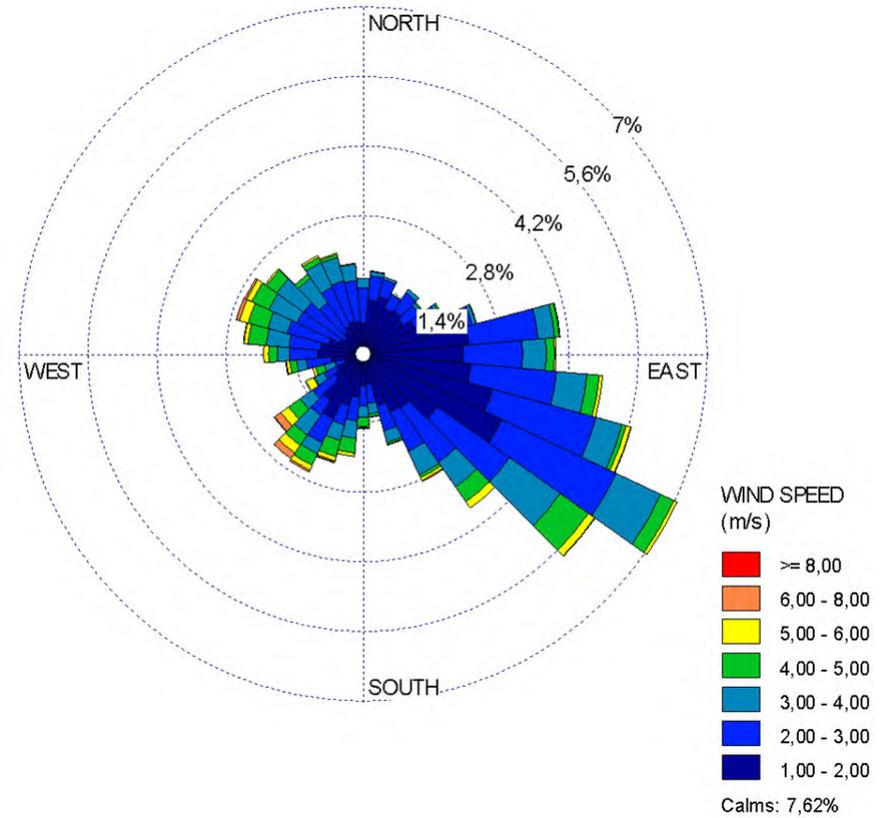
Anlage 10: Oberflächenbeschaffenheit in der Plansituation

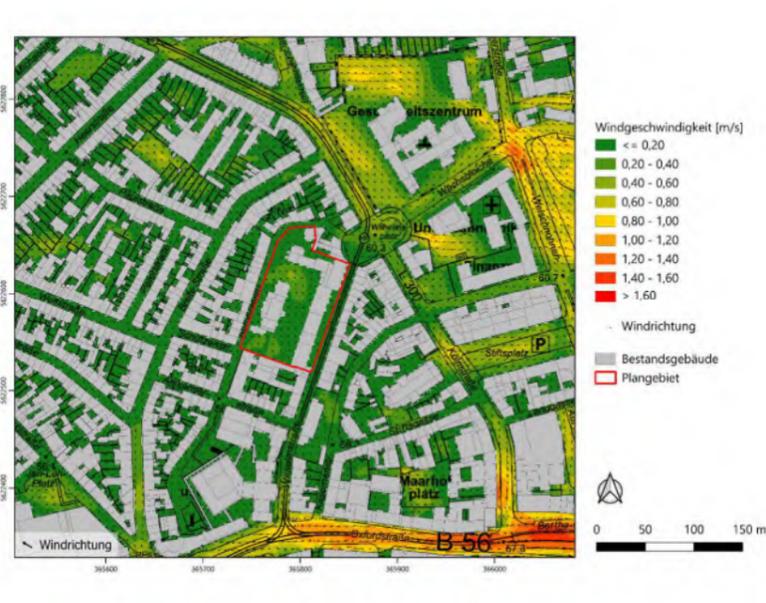


- Alle Situationen -

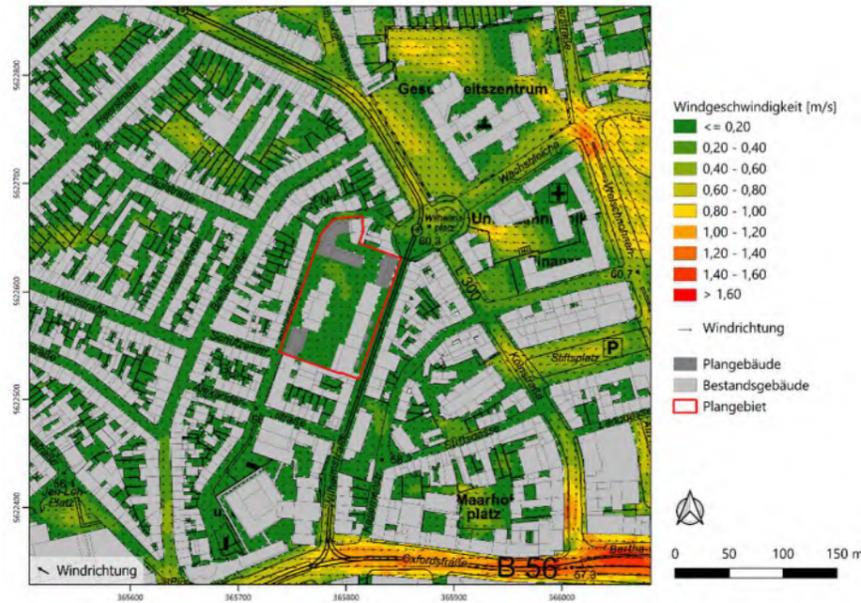


- Tage mit Tmax > 30 °C -

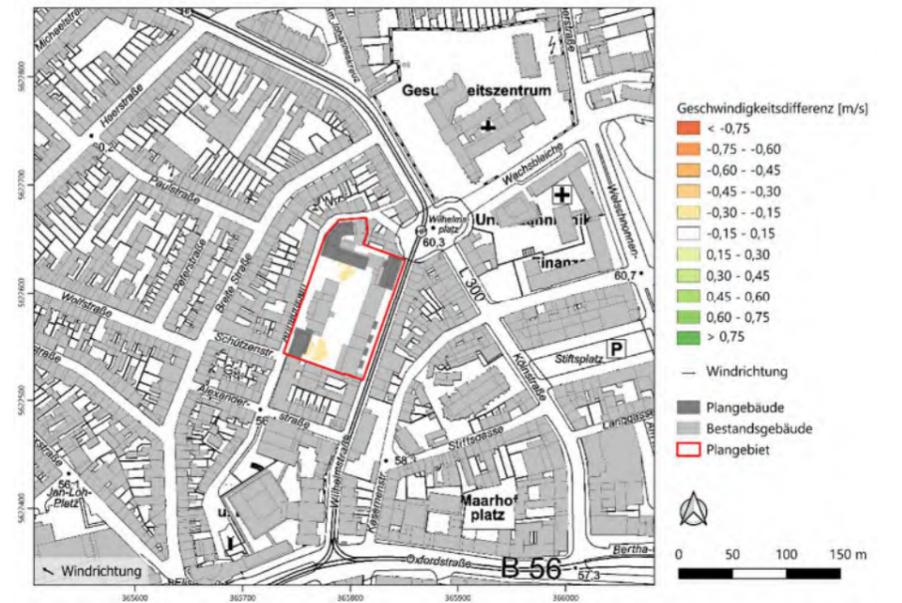




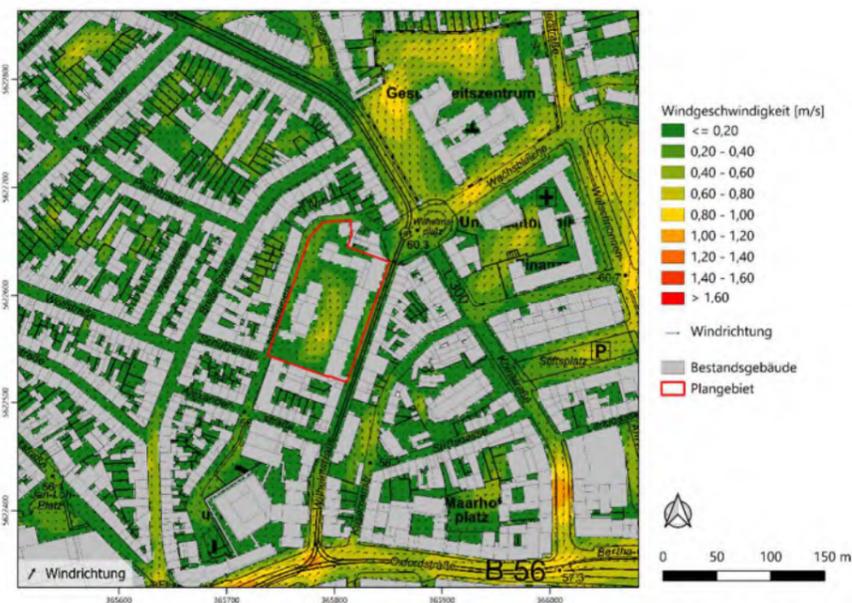
Istfall 120°



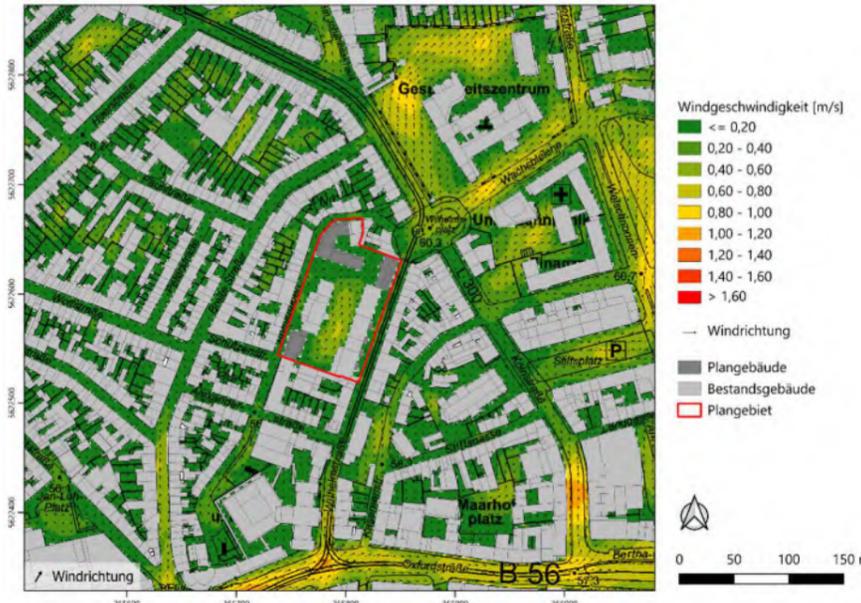
Planfall 120°



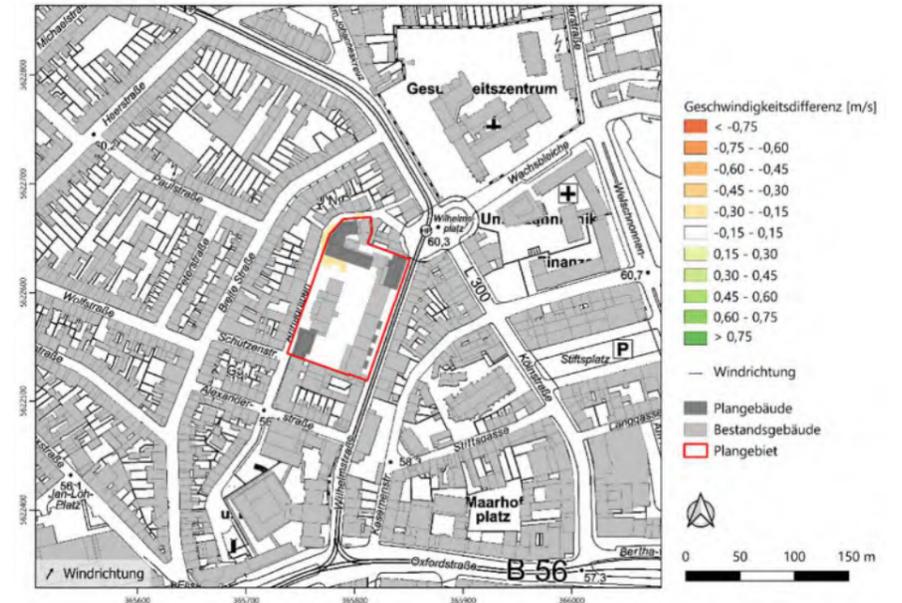
Differenz (Planfall minus Istfall) 120°



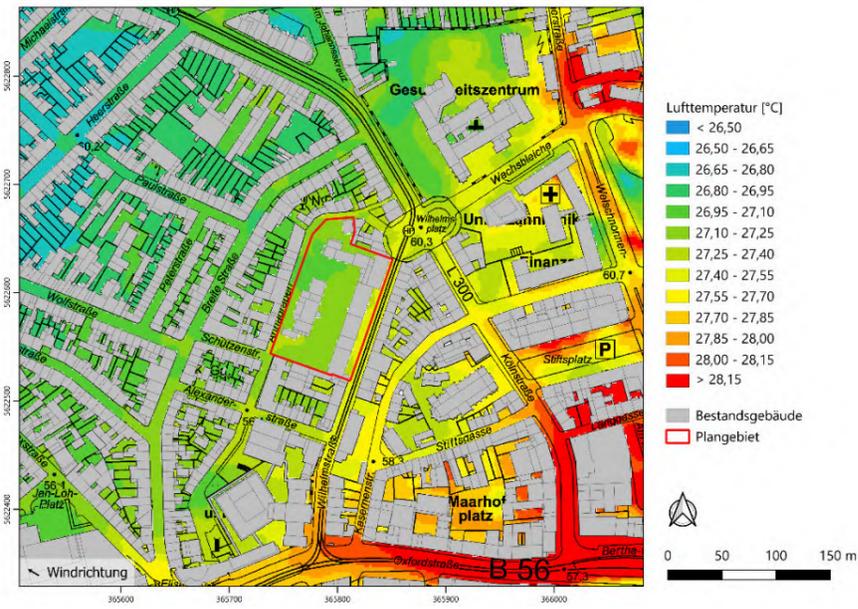
Istfall 210°



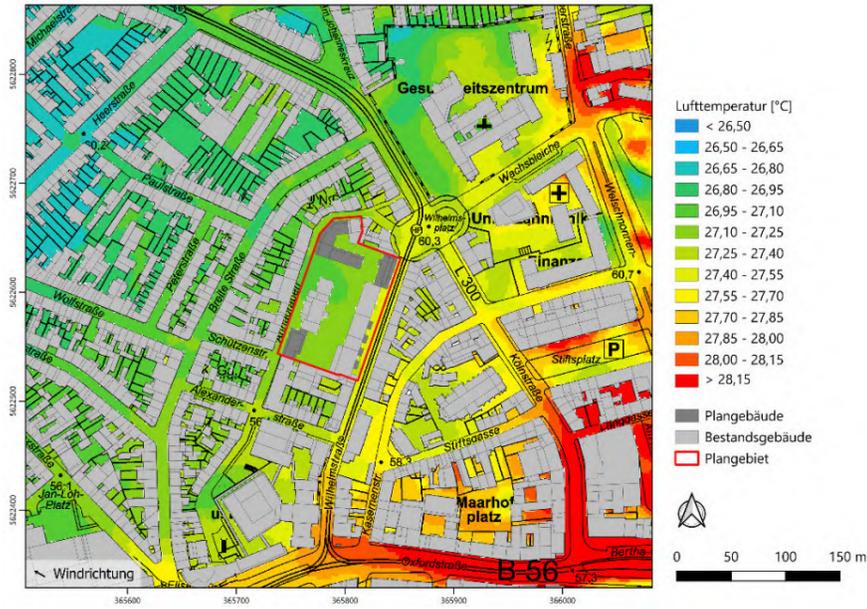
Planfall 210°



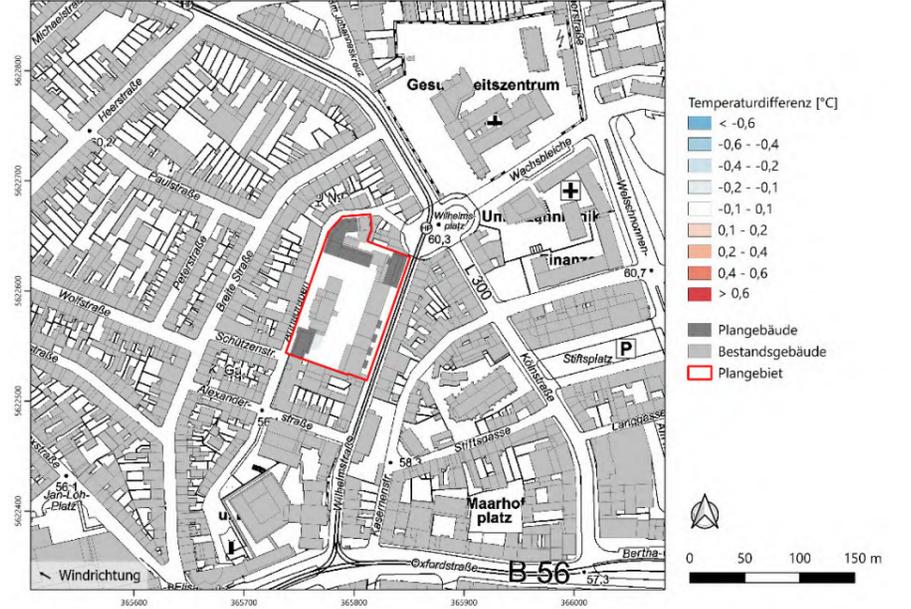
Differenz (Planfall minus Istfall) 210°



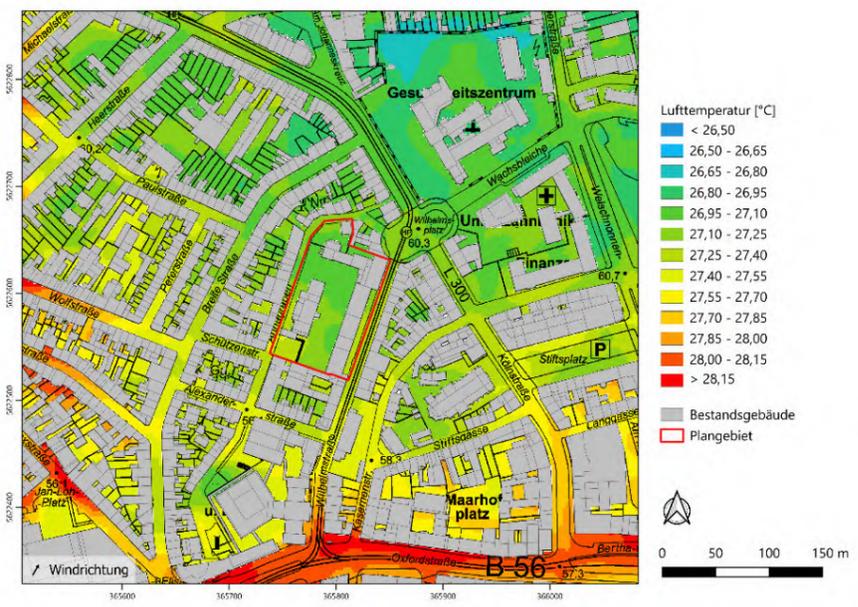
Istfall 120°



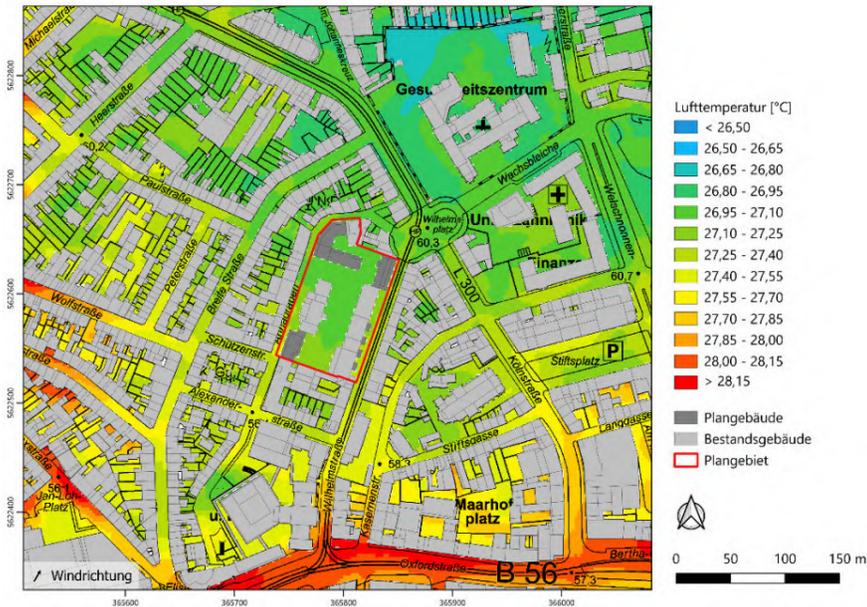
Planfall 120°



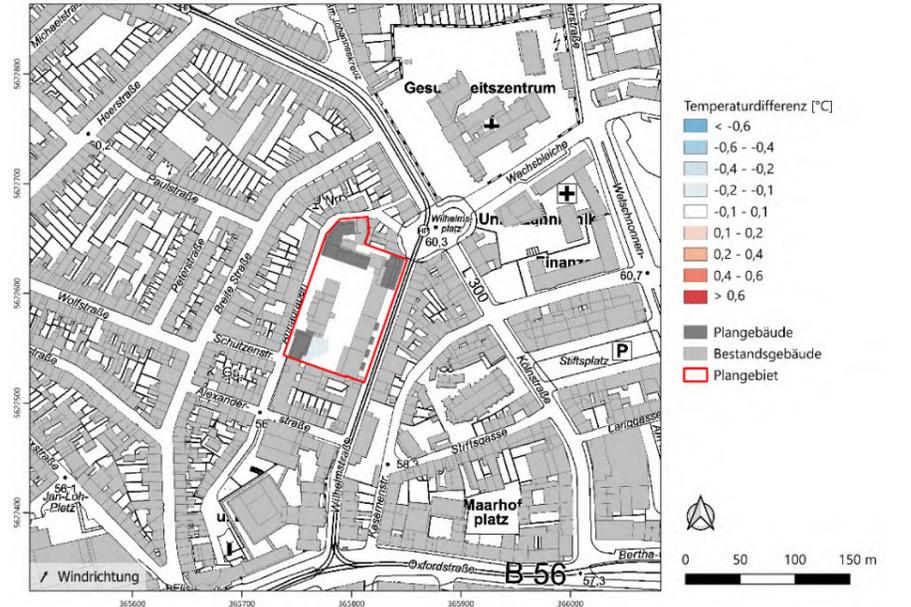
Differenz (Planfall minus Istfall) 120°



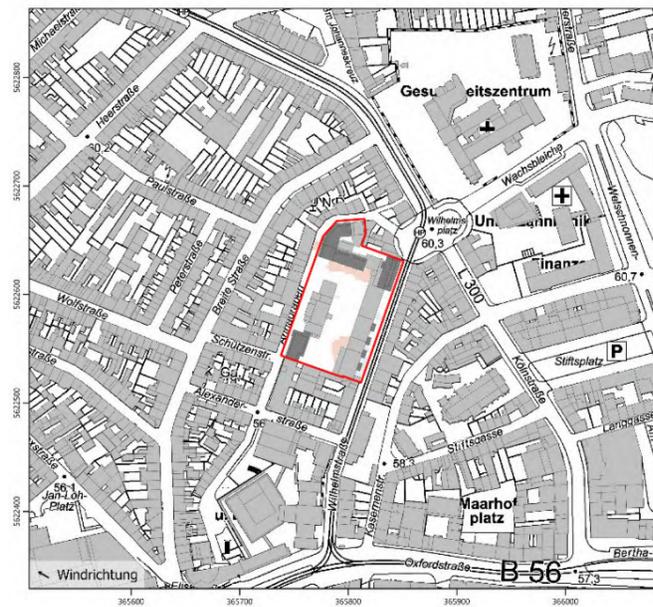
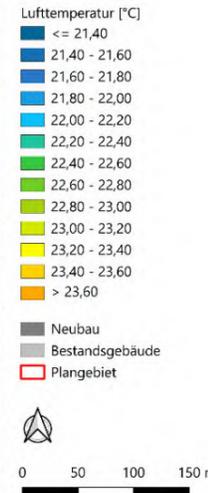
Istfall 210°



Planfall 210°



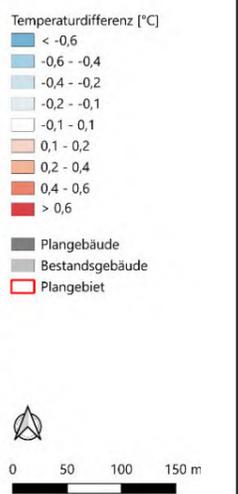
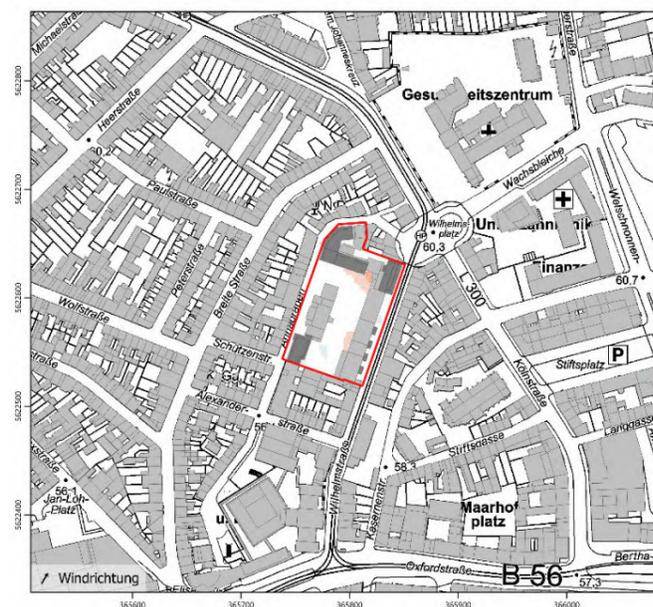
Differenz (Planfall minus Istfall) 210°



Istfall 120°

Planfall 120°

Differenz (Planfall minus Istfall) 120°



Istfall 210°

Planfall 210°

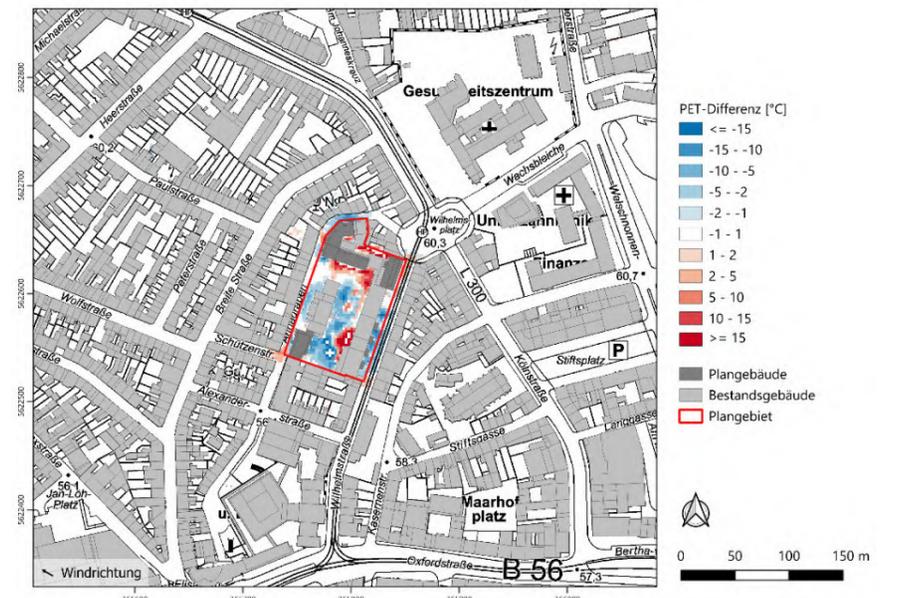
Differenz (Planfall minus Istfall) 210°



Istfall 120°



Planfall 120°



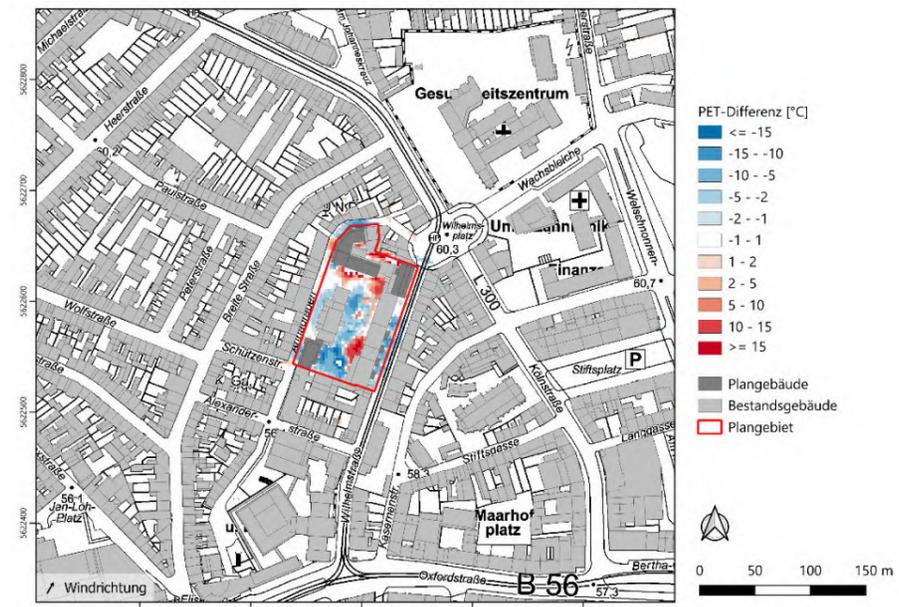
Differenz (Planfall minus Istfall) 120°



Istfall 210°



Planfall 210°



Differenz (Planfall minus Istfall) 210°