

Bebauungsplan Nr. 964 II – Westlich Schloßstraße –

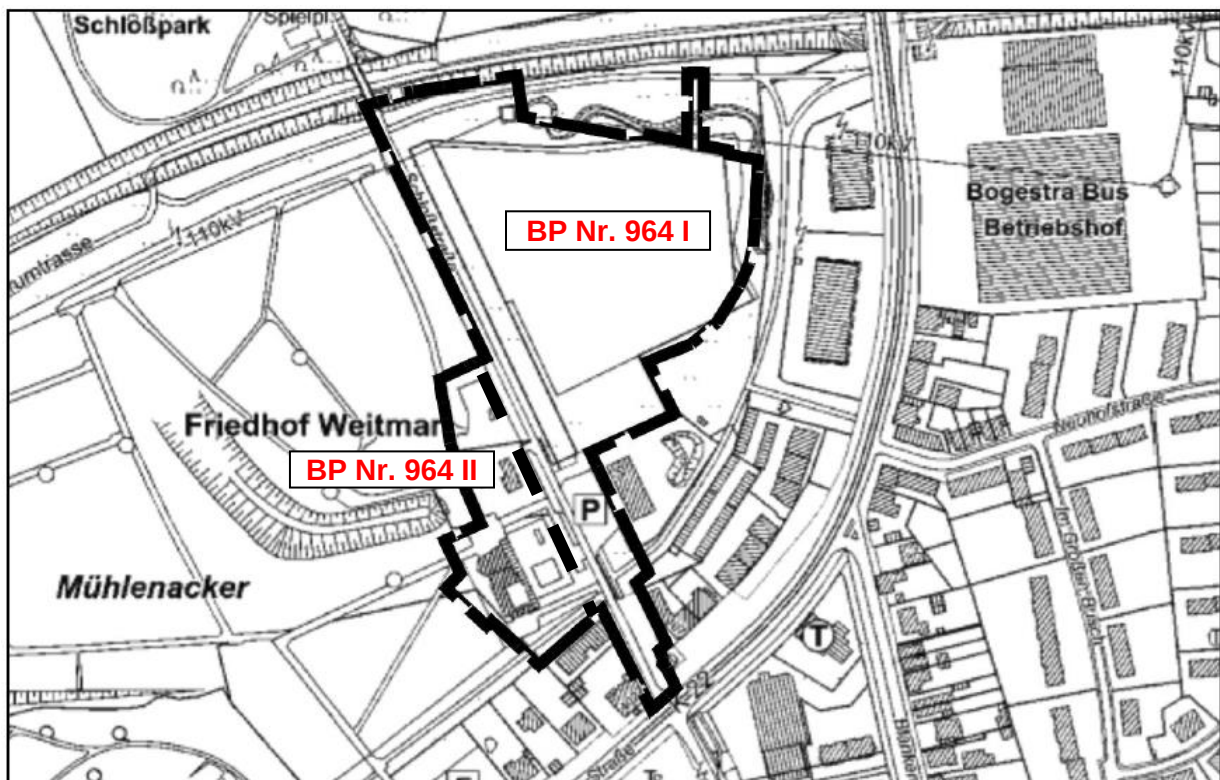
Satzungsbeschluss

Fachgutachten zum Themenkomplex Klima

(K.PLAN-Klima. Umwelt & Planung, August 2021)

Im Rahmen der erneuten Offenlage des Bebauungsplanes Nr. 964 wurde eine Teilung des Planes in die räumlichen Geltungsbereiche Nr. 964 I – Östlich Schloßstraße – und 964 II – Westlich Schloßstraße – vorgenommen.

Das dem Bebauungsplan Nr. 964 – Schloßstraße – zugrundeliegende, diesem Vorblatt folgende Dokument hat weiterhin Bestand und ist Bestandteil der beiden Bauungspläne 964 I und 964 II. Eine Anpassung an die veränderten Geltungsbereiche ist nicht erforderlich, da das Gutachten jeweils im Sinne einer pessimalen Betrachtung die Auswirkungen beider Bebauungspläne berücksichtigt.



Grobe Abgrenzungen der Bebauungspläne Nr. 964 I – Östlich Schloßstraße – und Nr. 964 II – Westlich Schloßstraße –

Fachgutachten zum Themenkomplex Klima
für den Bebauungsplan Nr. 964 – Schloßstraße
in Bochum Weitmar

an die
Projektgesellschaft Am Schlosspark Weitmar GmbH
Bismarckstraße 53
45128 Essen



K.PLAN Klima.Umwelt&Planung GmbH
Firmensitz: Bochum
Steinring 55 | 44789 Bochum
Tel: 0234 | 966 48 166
E-Mail: info@stadtklima.ruhr
www.K.Plan.ruhr

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ZIELSETZUNG	1
2.	ZUSAMMENSTELLUNG UND AUSWERTUNG DER VORHANDENEN INFORMATIONEN UND KARTEN	2
2.1	BISHERIGE UND ZUKÜNFTIGE VERÄNDERUNGEN DES KLIMAS IN BOCHUM	3
2.2	AUSWERTUNG REGIONALER KLIMAKARTEN	4
3.	MESOSKALIGE SIMULATION DES KALTLUFTFLUSSES	8
3.1	MODELLBESCHREIBUNG	8
3.2	ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN	11
4.	MIKROSKALIGE KLIMAMODELLIERUNGEN	15
4.1	MODELLEINGABEPARAMETER	15
4.2	ERGEBNISSE DER MIKROKLIMATISCHEN SIMULATIONEN	19
5.	ZUSAMMENSTELLUNG VON ZIELVORGABEN UND ANPASSUNGSMÄßNAHMEN	31

1. ZIELSETZUNG

Grünflächen stellen häufig klimatische Ausgleichsfunktionen zur Verfügung. Aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Wenn die Funktion über das Stadtgebiet hinausgeht, besitzen solche Flächen eine regionale Bedeutung. Auf der anderen Seite sollte ein neu geplantes Quartier auch vor Ort für die zukünftigen Bewohner und Nutzer keine klimatischen Belastungen unter den Bedingungen des Klimawandels aufweisen.

Auf der Grundlage der Untersuchungen des LANUV NRW, des RVR und insbesondere zur Klimaanalyse der Stadt Bochum und zum Klimaanpassungskonzept für Bochum wird die bestehende klimatische Funktion der Untersuchungsfläche an der Schloßstraße in Bochum Weitmar analysiert. Es werden die folgenden Informationen und Karten zur Bewertung der klimatischen Ersteinschätzung der Untersuchungsflächen herangezogen:

Übergeordnete Daten:

- Oberflächentemperaturen (IR-Daten aus Satellitenaufnahmen)
- Klimakarten des Regionalverbandes Ruhr
- Klima FIS des LANUV NRW

Lokale Daten aus Bochum:

- Klimaanpassungskonzept für die Stadt Bochum
- Daten zum Klimawandel (Auswertungen der Bochumer Klimastationen)
- Flächennutzungsdaten der Stadt
- Höhenmodell der Stadt

Auf der Grundlage der klimatischen IST-Situation in der Umgebung des Untersuchungsgebietes Schloßstraße in Weitmar sollen durch klimatische Modellrechnungen die Auswirkungen der geplanten Bebauungen ermittelt und bewertet werden. Die klimaökologische Analyse für die Planungen erfolgt in aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten:

Arbeitsschritt 1:

Da insbesondere bei austauscharmen sommerlichen Hitzewetterlagen lokale Windsysteme für die Belüftungsverhältnisse von Bedeutung sind, werden diese durch den Einsatz eines Kaltluftabflußmodells großräumig betrachtet. Durch die Kaltluftsimulation werden qualitative und quantitative Aussagen für den Luftaustausch und den Kaltluftfluss erarbeitet. Die Modellsimulation wird mit dem Kaltluftabflußmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes durchgeführt (Sievers, U., 2005. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 227, Offenbach am Main).

Arbeitsschritt 2:

Die Ergebnisse der Kaltluftsimulation werden in dem folgenden Arbeitsschritt durch Klimamodellierungen vertieft und auf die mikroklimatische Ebene verfeinert. Hierzu wird das mikroskalige Klimamodell ENVI-met in der Version 4 eingesetzt (ENVI-met Website: www.envi-met.com, ENVI-met GmbH).

Arbeitsschritt 3:

Anschließend werden aus den Ergebnissen der Arbeitsschritte 1 und 2 Empfehlungen für eine klimangepasste Planung im Untersuchungsgebiet Schloßstraße in Weitmar abgeleitet. Lokal werden Vorschläge für Klimaanpassungsmaßnahmen zur Abmilderung von zukünftigen Auswirkungen auf das Stadtklima erarbeitet.

Die Abbildung 1 zeigt eine Zusammenfassung der Handlungsnotwendigkeiten bezüglich des Klimawandels bei allen Planungen mit Raumbezug.

Warum ist Klimaanpassung wichtig?

Das Klima wandelt sich, uns erwarten mehr Extreme:

- Hitze – Hitzeinseln (z.B. Sommer 2018)
- Stürme – Sturmschäden (z.B. Kyrill)
- Starkregen – Schäden durch Überflutung

Extremwetterereignisse vergangener Jahre lassen Folgen des Klimawandels **stärker als bisher** in Bewusstsein der Bevölkerung und der kommunalen Verantwortlichen rücken



Kommunen müssen sich **verstärkt mit Auswirkungen des Klimawandels** beschäftigen und Anpassungsstrategien entwickeln



Nachhaltiger Stadtumbau beinhaltet oft **langwierige Prozesse** → **rechtzeitiges** Ergreifen von Anpassungsmaßnahmen erforderlich

Abb. 1 Handlungsnotwendigkeiten für Planungen unter den Bedingungen des Klimawandels

2. ZUSAMMENSTELLUNG UND AUSWERTUNG DER VORHANDENEN INFORMATIONEN UND KARTEN

Die lokalen Ausprägungen des Klimas im Bereich des Ruhrgebietes werden in erster Linie von den verschiedenen Flächennutzungen bestimmt. Bei austauscharmen Wetterlagen, beispielsweise bei sommerlichen Hitzewetterlagen, treten die mikroklimatischen Unterschiede zwischen unterschiedlichen Flächennutzungen am stärksten hervor. Zur Beschreibung der klimatischen Eigenschaften von Flächen werden sogenannte „Klimatope“ benutzt. Unter dem Begriff Klimatop sind Flächen mit vergleichbaren mikroklimatischen Verhältnissen zu verstehen. Freiland-, Wald-, Gewässer-, Parkklimatope sowie Gewerbe- und Industrieflächen werden auf Grund ihrer inhaltlichen Definition ausschließlich mit Hilfe der Daten der Nutzungsstruktur abgegrenzt. Für Bereiche mit Bebauung ist die Einteilung in Klimatope jedoch nicht so einfach durchführbar, da diese Gebiete ausgesprochen heterogene Strukturen bilden. Um die Zuordnung zu einem der Vorstadt-, Siedlungs-, Stadt- oder Innenstadtklimatope zu klären, ist es notwendig, die thermische Situation des jeweiligen Ortes zu berücksichtigen. Insbesondere aufgrund der fließenden Übergänge der Bebauungsflächen über die Stadtgrenzen hinweg und der zum Teil fehlenden Ausgleichsräume kann es in Bochum bei sommerlichen Strahlungswetterlagen zu signifikanten klimatischen Unterschieden zwischen den Innenstädten, den Industrie- und Gewerbegebieten und dem unbebauten Umland kommen.

2.1 BISHERIGE UND ZUKÜNFTIGE VERÄNDERUNGEN DES KLIMAS IN BOCHUM

Im Vergleich zu den Klimaänderungen der Erdgeschichte ist die Geschwindigkeit, mit der der globale Temperaturanstieg heute voranschreitet, besonders hoch. Hauptgrund für diesen Trend ist die enorme Freisetzung von so genannten Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Methan, die vor allem von Industrie, Haushalten, Verkehr und der Landwirtschaft ausgehen. Trotz aller Bemühungen der letzten Jahre, die Treibhausgasbelastung zu verringern, ist der Trend zur Klimaerwärmung mit seinen Folgen im besten Falle zu bremsen, nicht aber aufzuhalten oder gar rückgängig zu machen. Daher ist es notwendig, sich auf langfristige Veränderungen des Klimas einzustellen.

Für das Gebiet der Stadt Bochum werden seit über hundert Jahren Wetterdaten gesammelt und ausgewertet. Besondere Bedeutung hat die Station für die Stadt- und Landschaftsplanung sowie für die Klimaforschung in Bezug auf die Entwicklung des Stadtklimas und bei der Erforschung der Klimaschwankungen in den letzten 100 Jahren. Mit Hilfe der vorliegenden Daten und Auswertungen kann die vergangene und aktuelle Klimasituation in Bochum gut beschrieben und analysiert werden. Stellvertretend für die Region des Ruhrgebietes lässt sich für den Zeitraum von 1912 bis heute aus den Bochumer Daten eine leichte, aber stetige Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur von fast 2 Kelvin ablesen. Dabei ist nicht der Klimawandel die alleinige Ursache für diesen Temperaturanstieg in den letzten 100 Jahren, sondern etwa die Hälfte der Erwärmung resultiert aus dem Wachstum der Stadt Bochum seit 1912, also aus der Verstärkung des Stadtklimaeffektes.

Nicht der mittlere Temperaturanstieg von rund 2 Kelvin in den letzten 100 Jahren ist von Bedeutung für Klimaanpassungsmaßnahmen, sondern die aus der Verschiebung der Temperaturverteilung resultierende zunehmende Hitzebelastung in den Innenstädten. In länger andauernden Perioden mit hohen Tagesdurchschnittstemperaturen und mehreren Hitzetagen heizen sich insbesondere in dicht bebauten und großflächig versiegelten Gebieten Gebäude und Verkehrsflächen stark auf, weil die Bauten und Flächenbefestigungen aus Stein, Beton, Klinker und Asphalt die Wärme speichern und diese nur langsam wieder abgeben. Entscheidend für eine Belastung durch die Klimaerwärmung ist also das Verhalten von Sommertagen (Temperaturmaxima $\geq 25\text{ °C}$) und Heißen Tagen (Temperaturmaxima $\geq 30\text{ °C}$) in der aktuellen und der zukünftigen Entwicklung des Klimas. Die Anzahl der Sommertage im Jahr mit Temperaturmaxima von mindestens 25 °C ist seit 1912 kontinuierlich gestiegen. Lag das 30jährige Mittel zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch bei rund 25 Tagen im Jahr, so sind es aktuell rund 42 Sommertage pro Jahr. Damit gab es über einen Zeitraum von 100 Jahren einen Anstieg von 68 %. Noch deutlicher wird die Zunahme der Wärmebelastung bei der Betrachtung der Heißen Tage mit Temperaturmaxima von mindestens 30 °C . Die Anzahl der Heißen Tage ist von rund 4 Tagen im Jahr zu Beginn der Messungen auf aktuell im Mittel 10 Tage im Jahr angestiegen. Das macht einen Zuwachs von 150 % aus.

Die für Nordrhein-Westfalen prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels zeigen, dass sich die Randbedingungen in Richtung Hitzewellen mit hohem Sterberisiko verändern werden. Der Effekt der städtischen Wärmeinsel führt durch Speicherung der eingestrahlten Sonnenenergie zu stark überhöhten Temperaturen. Insbesondere die Zunahme der Streuung, also das häufige Auftreten von Extremereignissen, führt dazu, dass die Hitze in Zukunft um ein Vielfaches zunimmt, während die kalten Wintertemperaturen nur eine geringe Änderung zeigen.

Zusammengefasst kann neben einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur davon ausgegangen werden, dass sich die Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen in Zukunft verändern werden. Hierzu zählen unter anderem häufigere Sommergewitter mit Starkregen sowie ein vermehrtes Auftreten von Hitzeperioden. Die Ursache liegt darin, dass sich das Spektrum der Großwetterlagen in

Mitteleuropa im Zuge des Klimawandels verändern wird. Die Häufigkeit von Hochdruckwetterlagen mit austauscharmen Witterungsverhältnissen wird in ganz Mitteleuropa zunehmen. Da sich die gegenüber dem unbebauten Umland negativen klimatischen Verhältnisse in Städten während dieser austauscharmen Wetterlagen am stärksten ausprägen, ist davon auszugehen, dass der Klimawandel zu einer Verschärfung der stadtklimatischen Verhältnisse im Ruhrgebiet führen wird. Dies wird sich beispielsweise in einer häufigeren, länger andauernden und intensiveren Ausprägung städtischer Wärmeinseln.

2.2 AUSWERTUNG REGIONALER KLIMAKARTEN

Die für Bochum-Weitmar relevanten Konzepte für eine klimaangepasste Entwicklung des Bauvorhabens an der Schloßstraße umfassen neben den regionalen Klimakarten des RVR und des LANUV NRW insbesondere das Bochumer Klimaanpassungskonzept von 2012. Um die Entwicklung und Ausprägung der Hitzeinseln in Bochum im Umfeld der zu untersuchenden Flächen beurteilen zu können, ist in der Abbildung 2 eine Infrarotaufnahme (Satellitendaten des Landsat 8 vom 21.05.2020) der Oberflächentemperaturen aus dem Sommer 2020 dargestellt. Die Karte weist die ansteigenden Oberflächentemperaturen von Kaltluftflächen zu Wärmeinseln in den Farbstufen Blau, Grün, Gelb und Rot aus.

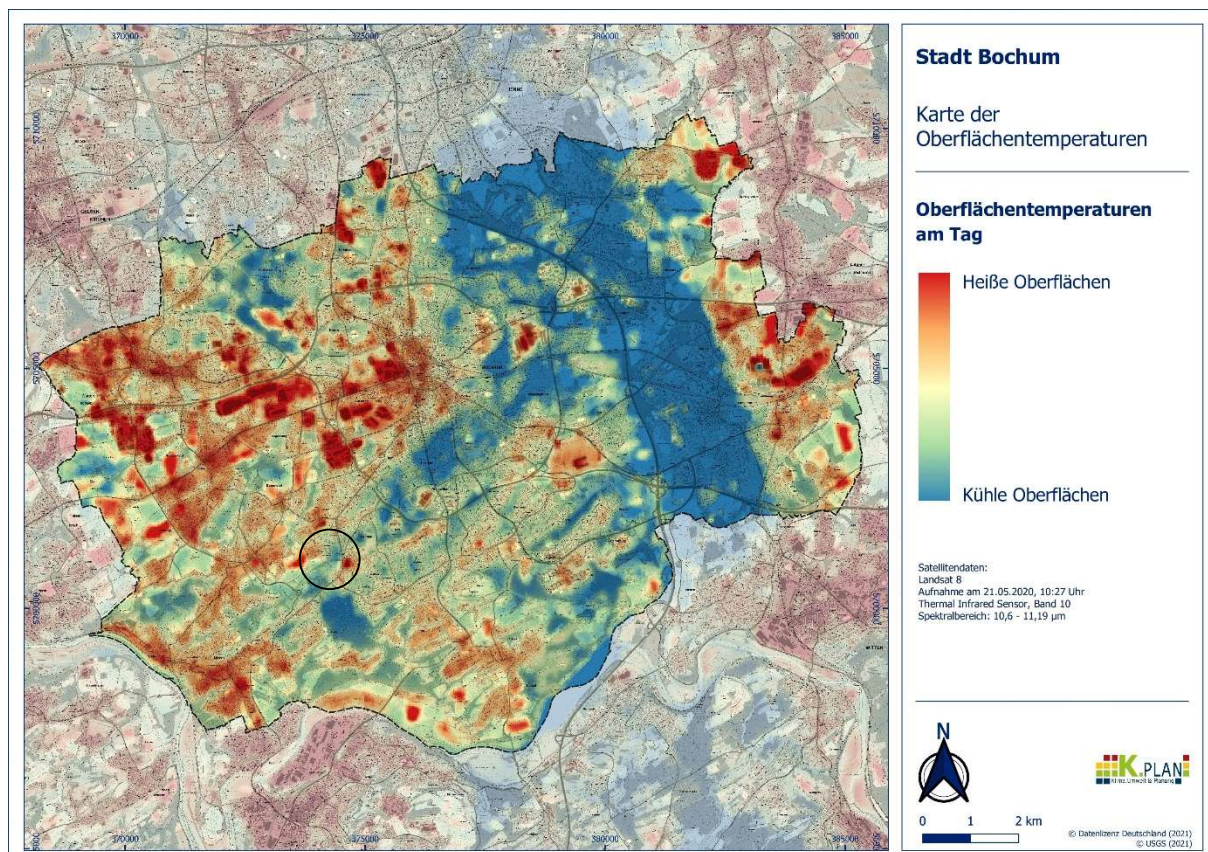
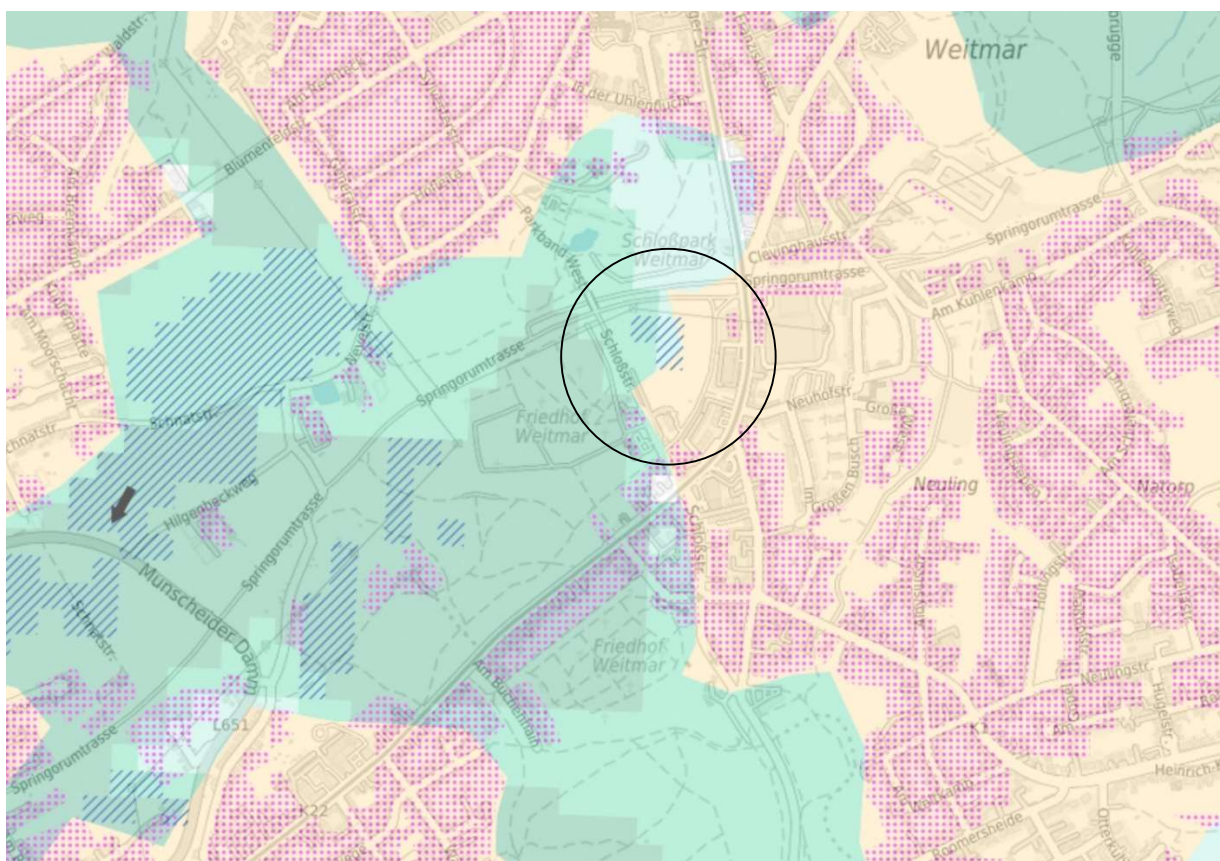


Abb. 2 Karte der Oberflächentemperaturen für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ und Umgebung in Bochum-Weitmar (Satellitendaten Landsat 8 vom 21.05.2020)

Thermalbilder sind in ihrer Eigenschaft der strikten Abbildung der Oberflächentemperaturen für die Beurteilung der stadtklimatischen Situation nur indirekt nutzbar. Die Luft wird über den Oberflächen

erwärmt oder abgekühlt, das heißt, dass sehr warme Oberflächen zu erhöhten Lufttemperaturen führen können. Versiegelte Flächen und Bebauungen werden tagsüber sehr heiß, speichern viel Energie und kühlen sich deshalb nachts nur langsam ab. In Verbindung mit einem geringen Luftaustausch in bebauten Stadtgebieten führt dies zur Ausprägung von Wärmeinseln. Die höchsten Oberflächentemperaturen treten in der Bochumer Innenstadt und den Industrie- und Gewerbegebieten auf. In der Umgebung der Untersuchungsfläche an der Schloßstraße betrifft dies den Betriebshof der BOGESTRA. Die Wohngebiete in der weiteren Umgebung sind mit mittleren Oberflächentemperaturen weniger stark überwärmt. Freiflächen kühlen nachts sehr schnell ab und haben niedrige Oberflächentemperaturen. Diese kühlen die darüber liegenden Luftschichten und führen zu einer nächtlichen Kaltluftbildung auf den Flächen. Bei austauscharmen Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten können die entsprechend der Geländeneigung abfließenden Kaltluftmassen einen erheblichen Betrag zur Belüftung und Kühlung von erwärmten Stadtgebieten leisten. Im Winter kann es dagegen im Bereich von Kaltluftbildungs-, Kaltluftabfluss- und Kaltluftammelgebieten zu vermehrter Nebel- oder Frostbildung kommen. Ausgedehnte Kaltluftflächen sind südlich und westlich des Untersuchungsgebietes zu erkennen.



Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope)

sehr günstig	(Vorstadtklima)
günstig	(Stadttrandklima)
ungünstig	(Stadtklima)
sehr ungünstig	(Innenstadtklima)
sehr ungünstig	(Gewerbe-/ Industrieklima)

Kaltluftvolumenstrom

unbedeutend	(< 250 m³/s)
geringe Bedeutung	(> 250 - 500 m³/s)
mittlere Bedeutung	(> 500 - 1.000 m³/s)
hohe Bedeutung	(> 1.000 m³/s)

Kaltluft- und Flurwinddynamik

- gering (> 0,5 m/s - 1,0 m/s)
- mittel - hoch (> 1,0 m/s)

Belüftungssituation

- Potentielle Luftleitbahn
- Frischluftezufuhr

Kaltluftproduktionsrate

- hoch (> 16 m³/m²/h)

Kaltluftfeinwirkungsbereich in den Siedlungsraum

- Kaltluftvolumenstrom $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ innerhalb der Bebauung

Abb. 3 Ausschnitt aus den Klimakarten des RVR, Thema „Klimaökologische Funktionen“
(Quelle: <https://klima.geoportal.ruhr>)

Die für ganz NRW bereitgestellten Klimaanalysekarten des LANUV zeigen in der Tagsituation (Abb. 4) eine starke Wärmeentwicklung sowohl auf den unbeschatteten Grünflächen des Untersuchungsgebietes wie auch in der umliegenden Bebauung. Die fehlende oder in der Siedlung nur geringe Beschattung führt bei sommerlicher starker Sonneneinstrahlung am Tag zu sehr hohen Strahlungstemperaturen und damit zu einer thermischen Belastung. Die stärker durch Vegetation beschatteten nördlichen (Schlosspark) und südwestlichen (Friedhof) Flächen weisen dagegen nur eine mäßige thermische Belastung auf.

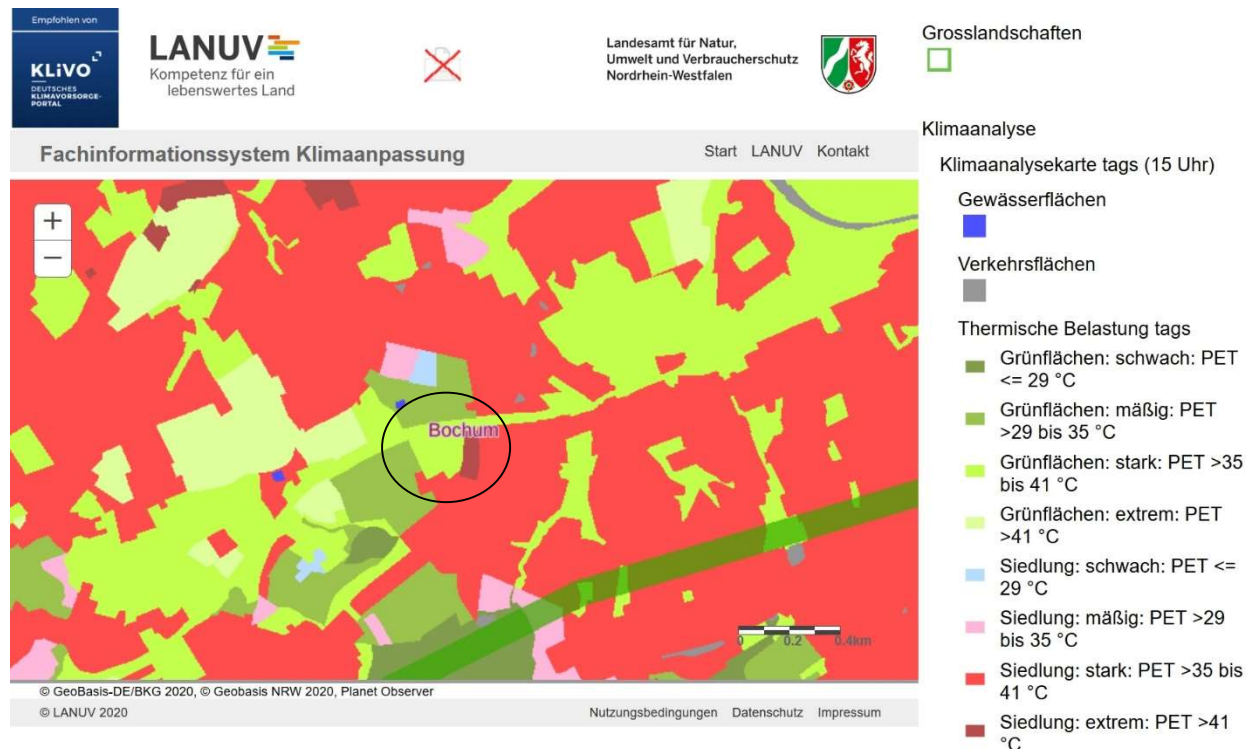


Abb. 4 Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte (tags) des LANUV NRW (Quelle: <http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de>)

Nachts kühlen die Freiflächen schnell aus und es kann Kaltluftbildung einsetzen. Im Gegensatz zu den Klimakarten des RVR sieht das LANUV einen mittleren nächtlichen Kaltluftfluss, der sich von Süden über die Untersuchungsflächen Richtung Schlosspark bewegt. Die direkte Umgebung des Untersuchungsgebietes wird überwiegend nur mit einer schwachen nächtlichen Überwärmung gekennzeichnet. Aber auch bei der Analyse des LANUV ist der Luftaustausch über die westlich und südlich gelegenen Freiflächen deutlich stärker ausgeprägt. Die nördlich des Untersuchungsgebietes gelegenen Siedlungsbereiche profitieren von der aus dem Süden herantransportierten Kaltluft.

Kleinere Geländekanten wie der Springorum Radweg, die ein Strömungshindernis für den Kaltluftfluss darstellen können, fließen auf dieser Betrachtungsebene von Gesamt-NRW nicht in die Analyse ein. Die vorliegenden Klimaanalysekarten des RVR und des LANUV können deshalb die Frage nach einem Kaltluftfluss von Freiflächen des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße Weitmar“ in die überwärmten Stadtteile von Bochum nicht beantworten. Deshalb muss im Folgenden durch eine hoch aufgelöste Kaltluftsimulation für den Raum Weitmar untersucht werden, welche Kühlungseffekte von den Untersuchungsflächen ausgeht und wie groß die Reichweite ist. Die für das Untersuchungsgebiet relevante Kaltluftsystematik wird im Kapitel 3 genauer untersucht.

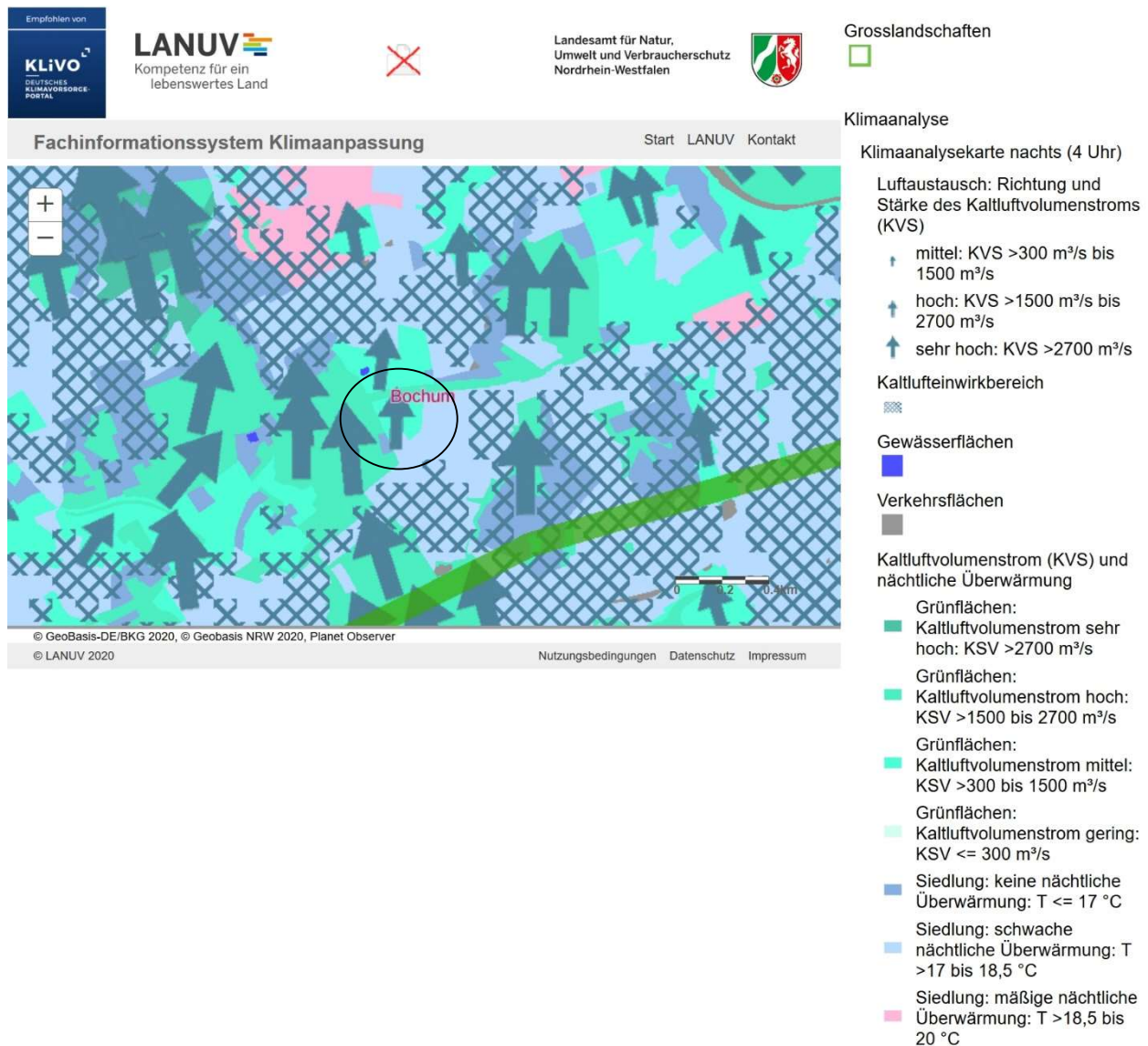


Abb. 5 Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte (nachts) des LANUV NRW (Quelle: <http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de>)

Insgesamt herrschen im Untersuchungsgebiet an der Schloßstraße günstige klimatische Bedingungen, die in der weiteren Umgebung nur geringe bis mittlere Überwärmungen zeigen und aus der Umgebung ausreichend mit Kaltluft versorgt werden.

3. MESOSKALIGE SIMULATION DES KALTLUFTFLUSSES

Da insbesondere bei austauscharmen sommerlichen Hitzewetterlagen lokale Windsysteme für die Belüftungsverhältnisse von Bedeutung sind, werden diese durch den Einsatz eines Kaltluftabflußmodells betrachtet. Durch die Kaltluftsimulation werden qualitative und quantitative Aussagen erarbeitet. Für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ und die weitere Umgebung wurden Modellsimulationen mit dem Kaltluftabflußmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (Sievers, U., 2005; VDI, 2003) durchgeführt. KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen und Kaltluftansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände (Sievers, U., 2005. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 227, Offenbach am Main).

3.1 MODELLBESCHREIBUNG

Das Kaltluftmodell KLAM_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben. Die physikalische Basis des Modells bildet eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann (unter der Annahme einer bestimmten Höhenabhängigkeit der Abkühlung) die Kaltluftpöhe errechnet. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluftpöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten.

Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (standardmäßig schematisiert in 8 Nutzungsklassen) sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Für die vorliegende Untersuchung wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Landnutzungsklassen mit ihren im Rechenmodell hinterlegten Eigenschaften verwendet, die sich hinsichtlich ihrer dynamischen und thermischen Oberflächeneigenschaften wie z. B. Oberflächenrauigkeit, Verdrängungsschichtdicke, Versiegelungsgrad und Kaltluftproduktivität unterscheiden.

Tab.1 Landnutzungsklassen im KLAM_21

Nutzungen	z0g	grz	hg	wai	bg	hv	xlai	a
Siedlung (dicht)	0,1	0,6	15,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Siedlung (locker)	0,1	0,4	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,28
Wald	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	20,0	6,0	0,56
Halb vers. Flächen (z. B. Bahnanlagen)	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,64
Park	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	20,0	6,0	1,0
Unversiegelte Freiflächen	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Versiegelte Flächen	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,28
Wasser	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

mit: z0g Rauigkeitslänge des Bodens in m ohne Beachtung explizit spezifizierter Bebauung oder Bewaldung
grz Grundflächenzahl, Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche
hg mittlere Gebäudehöhe in m

wai	Wandflächenindex, mittleres Verhältnis der Wandfläche eines Gebäudes zu dessen Grundfläche
bg	mittlerer Bedeckungsgrad des Bodens mit Bäumen
hv	mittlere Baumhöhe in m
xlai	Blattflächenindex, über die Höhe aufsummierte einseitige Blattfläche eines Baumes im Verhältnis zu seiner Kronenquerschnittsfläche
a	relativer Wirkungsgrad der effektiven Ausstrahlung im Vergleich zu einer optimalen Abkühlungsfläche

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark von der Landnutzung ab: Freilandflächen weisen die höchsten Kaltluftproduktionsraten (zwischen 10 und 20 m³/m²h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m³/m²h in ebenem Gelände und 30– 40 m³/m²h am Hang). Besiedelte, versiegelte Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) und können zufließende Kaltluft auflösen.

Voraussetzung für Kaltluftflüsse ist eine optimale Situation, d.h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Die Kaltluftflüsse hängen in erster Linie von den orographischen Gegebenheiten ab. Sowohl die Daten der Flächennutzungen wie auch die Geländehöhen wurden weiträumig um das Untersuchungsgebiet in Weitmar herum in die Simulation aufgenommen, damit die Kaltluftströmungen auch in den Randbereichen entsprechend den topographischen Gegebenheiten der umliegenden Bereiche erfasst werden können.

Die Mächtigkeit einer Kaltluftschicht kann in Abhängigkeit des Nachtzeitpunktes, der Größe des Kaltluftinzugsgebietes sowie den meteorologischen Rahmenbedingungen stark schwanken. Im Allgemeinen beträgt sie zwischen 1 und 50 m. Staut sich der Kaltluftabfluss an Hindernissen oder in Senken, bildet sich ein sogenannter Kaltluftsee, in dem die Kaltluft zum Stehen kommt. In solchen Kaltluftseen kann die Kaltluftschichtdicke auch deutlich größere Mächtigkeiten annehmen. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Kaltluftabflusses liegen typischerweise in einer Größenordnung von 0,2 bis 3 m/s. Aufgrund der oftmals nur sehr flachen Ausprägung und den geringen Strömungsgeschwindigkeiten sind Kaltluftabflüsse sehr störanfällig, sodass Hindernisse wie Gebäude, Wälle oder Lärmschutzwände unter gewissen Randbedingungen zu einem Strömungsabbruch führen können.

Für die Berechnungen wurde eine sommerliche Strahlungsnacht ohne übergeordneten Regionalwind angenommen, das heißt die Berechnungsergebnisse zeigen das reine, thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, d. h. eine geringe Bewölkung, angenommen.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft eine doppelte Bedeutung: zum einen kann Kaltluft nachts für Belüftung und damit Abkühlung thermisch belasteter Siedlungsgebiete sorgen. Zum anderen sorgt Kaltluft, die aus Reinluftgebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Für die Stadtplanung ist es daher von großer Bedeutung, Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können.

Das Kaltluftmodell wurde zur Erfassung der regionalen Kaltluftströme zunächst für ein 5 km x 5 km großes Gebiet mit einer Auflösung von 5 m Rasterweite gerechnet und anschließend auf ein 2,4 km x 2,4

km großes Gebiet mit 2 m Rasterauflösung verfeinert. Die Abbildung 6 zeigt die Modell-Eingangsdaten der Geländehöhen im verfeinerten Untersuchungsgebiet Schloßstraße für die Kaltluftsimulation.

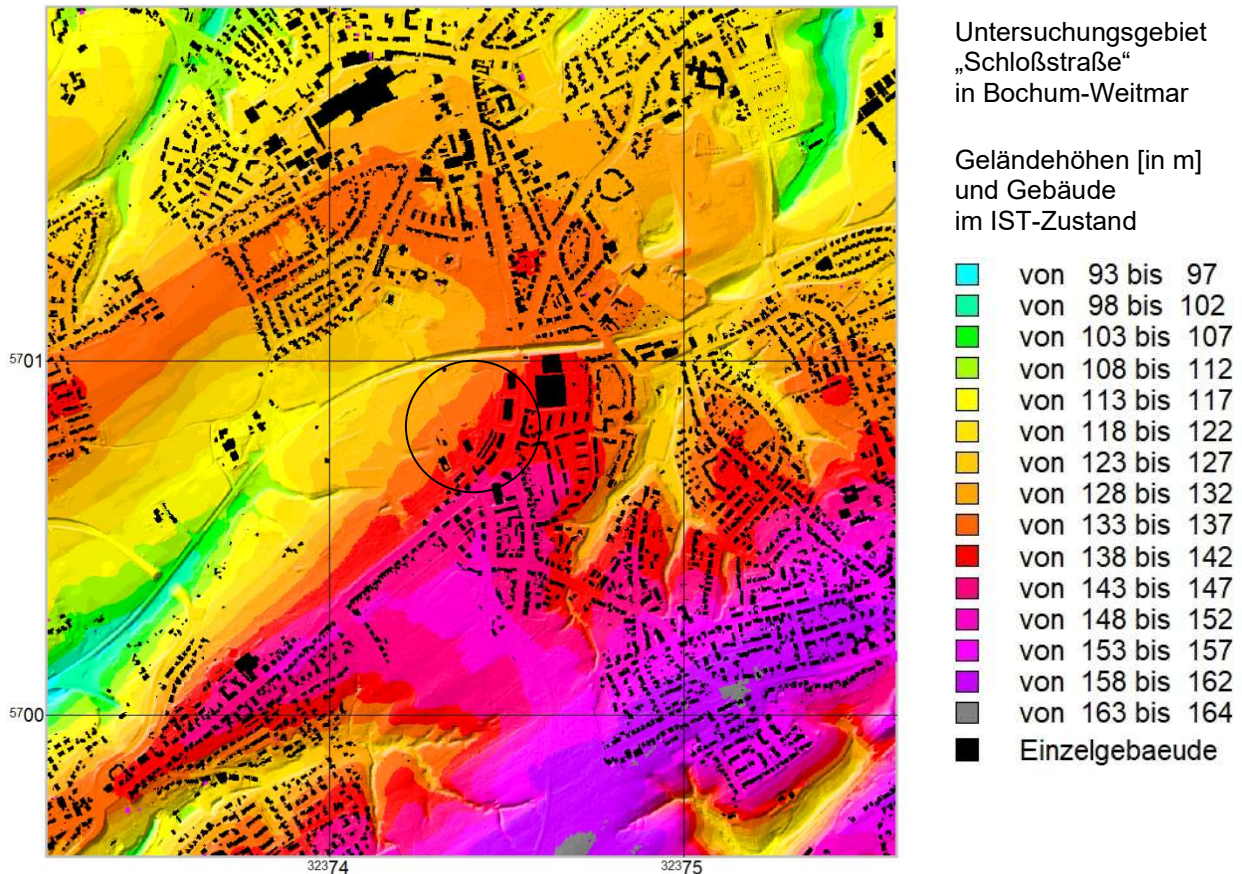


Abb. 6 Geländehöhen in einer 2,4 km x 2,4 km Umgebung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“ für die Kaltluftsimulations-Eingabedatei im IST-Zustand

Das Gelände des Untersuchungsgebietes fällt von Südosten nach Nordwesten zum Einschnitt des Springorum Radweges und dann weiter Richtung Ruhrtal deutlich ab. Die Bebauungsstruktur sowie die Vegetation des 2,4 km x 2,4 km großen Untersuchungsgebietes sind über die Flächennutzung aufgelöst. Zusätzlich wurden alle Bebauungsstrukturen als Einzelhindernisse in das Modell einmal im IST-Zustand und einmal für das Bebauungsszenario an der Schloßstraße (Abb. 7) eingegeben. Die IST-Situation der Gelände- und Gebäudestruktur wird anschließend mit dem Planszenario durch das Einfügen von zusätzlicher angenommener Bebauungen in die Simulationsdatei verglichen. Dadurch erhält man einen großräumigen Überblick über die möglichen klimatischen Auswirkungen auf die Kaltluftsystematik der Flächen.

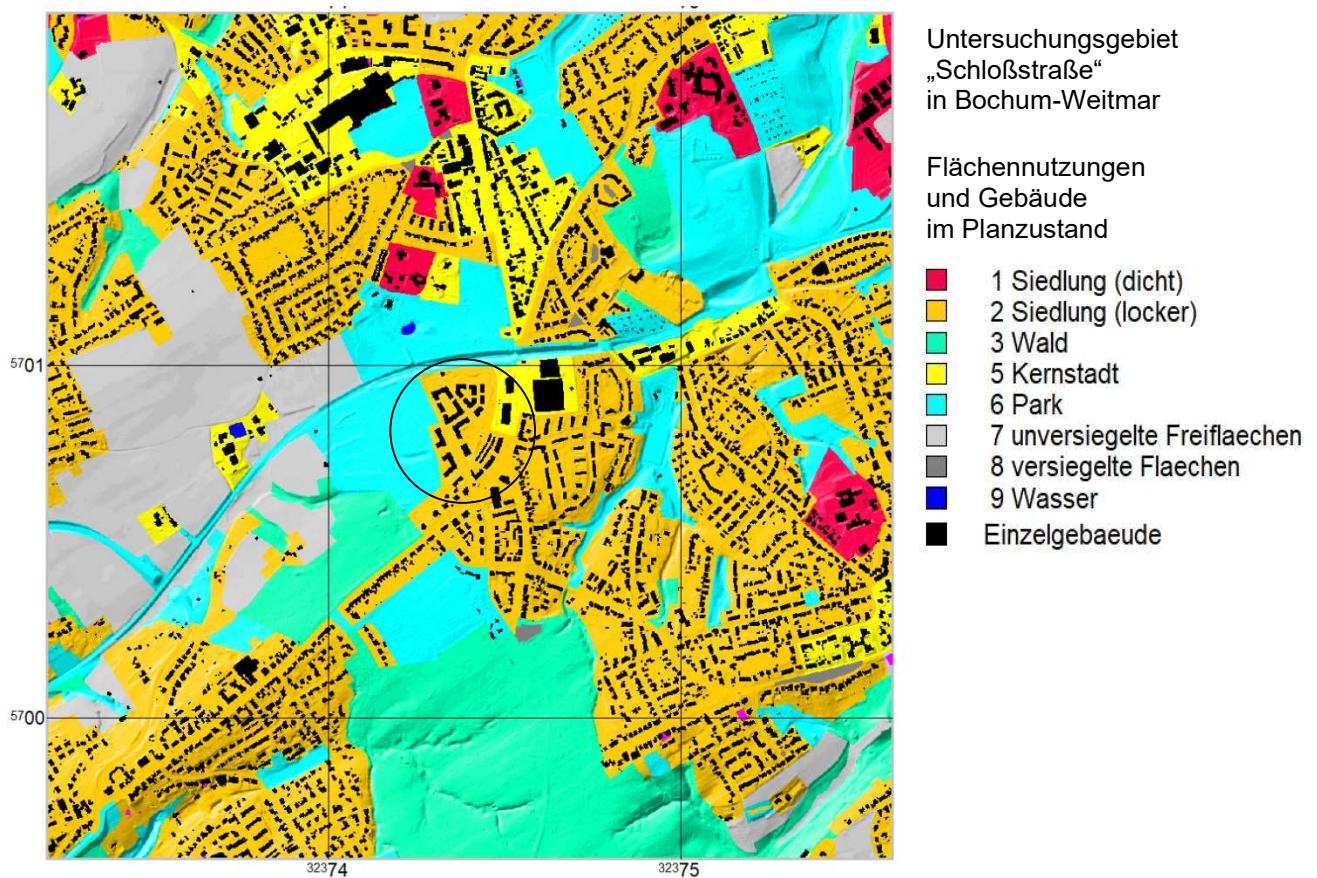


Abb. 7 Landnutzungsklassen und Gebäudestruktur in einer 2,4 km x 2,4 km Umgebung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“ für die Kaltluftsimulations-Eingabedatei im Plan-Szenario

3.2 ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN

Zur Verdeutlichung des Kaltluftgeschehens innerhalb und im Umfeld des Untersuchungsgebietes werden im Folgenden die simulierten Kaltluftmächtigkeiten und die Kaltluftbewegungen vier und acht Stunden nach Sonnenuntergang für den IST-Zustand und für das Plan-Szenario dargestellt. Die Kaltluftverteilung über dem Untersuchungsgebiet Weitmar ist in den Karten zur Kaltluftmächtigkeit visualisiert, die die Schichtmächtigkeit nach vier (Abb. 8 und Abb. 9) und acht Stunden (Abb. 10 und Abb. 11) infolge ungehinderter nächtlicher Kaltluftentwicklung bei autochthonen Wetterlagen, d.h. bei Strahlungswetter (wolkenfrei und windstill), zeigen.

Die IST-Situation der großräumigen Kaltluftströmung wird mit der Plansituation durch das Einfügen der vorgesehenen Bebauungen in die Simulationsdatei verglichen. Dargestellt in den Ergebniskarten für die Nacht (Ist und Plan) sind die Höhen der angestauten Kaltluft in verschiedenen Blautönen und die Fließrichtungen der Kaltluft mittels roter Pfeile. Die Kaltluft sammelt sich entsprechend der Geländeneigungen in den Tallagen. Die auf der aktuell existierenden, landwirtschaftlich genutzten Freifläche gebildete Kaltluft fließt im IST-Zustand zunächst hangabwärts in Richtung des Einschnittes des Springorum Radweges und weiter talabwärts Richtung Ruhrtal. Damit hat diese Kaltluft keine lokale Bedeutung für das Stadtgebiet, da im Einflussbereich kein überwärmtes Wirkgebiet existiert.

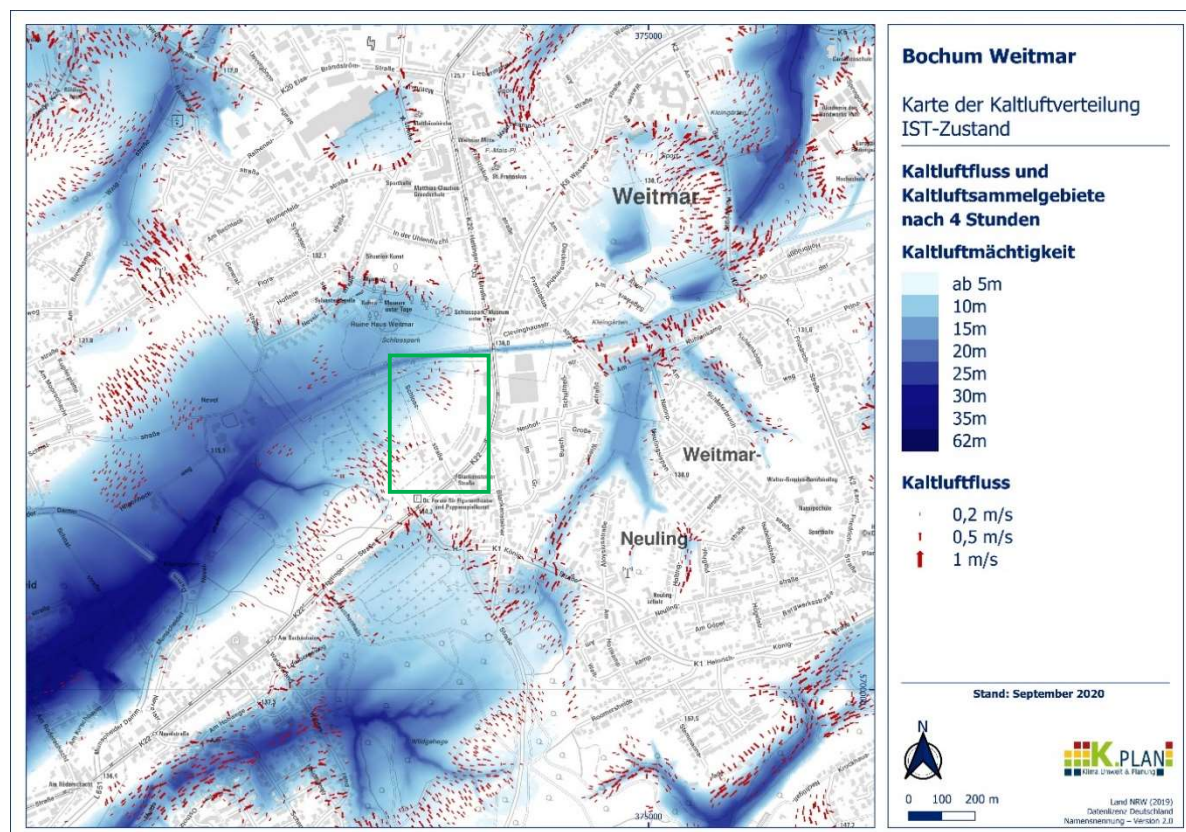


Abb. 8 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar im IST-Zustand 4 Stunden nach Sonnenuntergang

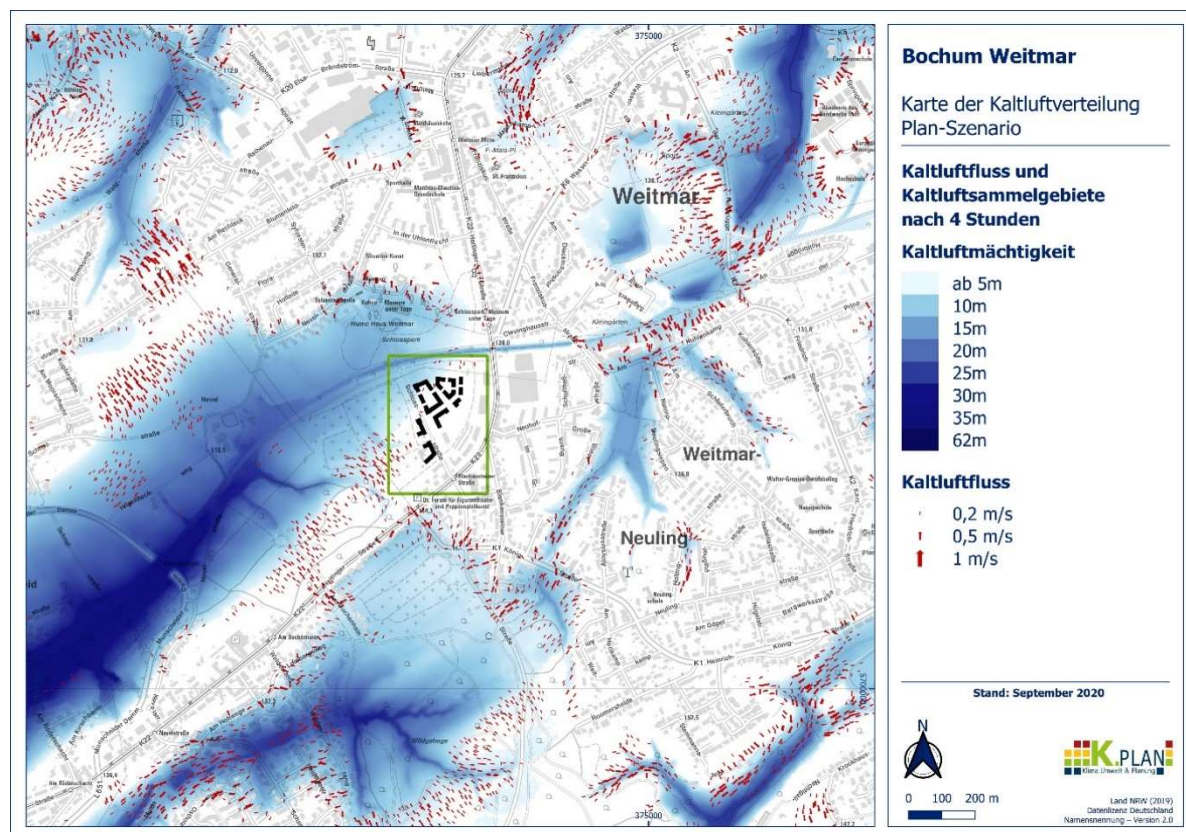


Abb. 9 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar im Plan-Szenario 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Im Planzustand verschwindet dieser Kaltluftabfluss auf der Fläche durch Versiegelung und Bebauung vollständig. Dabei ist aber kein Rückgang der Kaltluftmächtigkeit im Taleinschnitt zu erkennen, da ausreichen andere Freiflächen stärker als die Untersuchungsfläche weiterhin ausreichend Kaltluft in die Talbereiche abführen. Aus dem nördlich des Plangebietes gelegenen Taleinschnitt entlang des Springorum Radweges, der gut mit Kaltluft gefüllt ist, zeigt sich ein „Überschwappen“ der Kaltluft in das neue Baugebiet. Dies sollte zur Abschwächung einer möglichen neuen Wärmeinsel im Baugebiet beachtet und gefördert werden.

Die Abbildungen 10 und 11 zeigen für den IST-Zustand sowie das Plan-Szenario die Mächtigkeit der Kaltluft am Ende einer sommerlichen Strahlungsnacht, acht Stunden nach Sonnenuntergang. Gegenüber der Situation zum Zeitpunkt vier Stunden nach Sonnenuntergang ist ein deutliches Anwachsen der Kaltluftschichten zu verzeichnen. Die Täler sind vollständig mit Kaltluft gefüllt. Dies führt dazu, dass aus den Talbereichen am Rand Kaltluft in die Bebauung hineinfließt. Auch der Hangbereich des Plangebietes an der Schloßstraße ist im IST-Zustand mit Kaltluft bedeckt und weist einen Einwirkungsbereich in die anschließende Bebauung am westlichen Rand des Gebietes auf. Hier fließt Kaltluft in die Bestandsbebauung hinein. Dadurch, dass die Untersuchungsflächen im Plan-Szenario nicht mehr als Freiland, sondern als teilversiegelte Flächen ausgewiesen sind, reduziert sich die produzierte Kaltluft und steht den angeschlossenen Flächen entsprechend des Gefälles im Nordwesten nicht mehr zur Verfügung. Im direkten Vergleich des Plan-Szenario zum IST-Zustand zeigt sich ein leichter Rückgang der Kaltluft im südöstlichen Teil auf der Untersuchungsfläche selbst. Der Einwirkungsbereich der kühlen Luft aus dem komplett mit Kaltluft gefüllten Taleinschnitt nordwestlich des Plangebietes liegt jetzt nicht mehr am Rand der Bestandsbebauung, sondern auf der Planfläche selbst. Dadurch kann eine Kühlung der neu geplanten Bebauung mittels Kaltluftzufluss erfolgen.

Insgesamt sind die Unterschiede in der Kaltluftsystematik zwischen IST-Zustand und Planszenario nur sehr gering und eng lokal begrenzt. Sie betreffen nur das Plangebiet und die unmittelbar anschließende Bebauung im Osten. Erst am Ende einer Strahlungsnacht, nach 8 Stunden Kaltluftbildung, zeigt sich ein Rückgang der Kaltluft auf der Planfläche. Diese Auswirkungen können durch den Anteil der zukünftig versiegelten Flächen und die Gebäudestellungen beeinflusst werden. Eine Auswirkung auf die weitere Umgebung konnte nicht nachgewiesen werden, da hier stärkere Kaltluftströme wirken, die nicht im Zusammenhang mit den Untersuchungsflächen stehen. Der Kühleffekt der Kaltluft in der neu geplanten Bebauung kann bei idealen Bedingungen am Ende einer Strahlungsnacht erhalten bleiben, wenn die Randbereiche der Bebauung nach Nordwesten keine Riegelwirkung erzeugen und die kühle Luft aus dem gefüllten Taleinschnitt in das Quartier eindringen kann. Dies gelingt zumindest über den Straßenraum und die Baulücke zwischen Haus D und Haus E im nordöstlichen Baublock. Um genügend Kaltluft in den nordwestlichen Baublock einströmen lassen zu können, sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Der nordwestliche Riegel im mittleren Bereich ist maximal dreigeschossig zu halten. Dadurch kann die Kaltluft von Norden in das Blockinnere einströmen.
- Dieser dreigeschossige Gebäudeteil ist wie auch die anderen Gebäude unbedingt mit einem Gründach zu gestalten, damit sich die darüber fließende Kaltluft möglichst wenig erwärmt.
- Begünstigend für die Kaltluftzufuhr aus Nordwesten wirkt außerdem, wenn die beiden geplanten Durchlässe entlang der Schloßstraße beibehalten und besonders luftdurchlässig gestaltet werden. Das heißt auch, dass diese Durchlässe möglichst nicht mit Bäumen verstellt sein sollen.

Diese Ergebnisse werden in den folgenden Arbeitsschritten vertieft und auf die mikroklimatische Ebene verfeinert. Zur genaueren Betrachtung der Belüftung und der Hitzeentwicklung im Untersuchungsgebiet wurde eine mikroskalige Modellierung für den IST-Zustand und das Plan-Szenario durchgeführt.

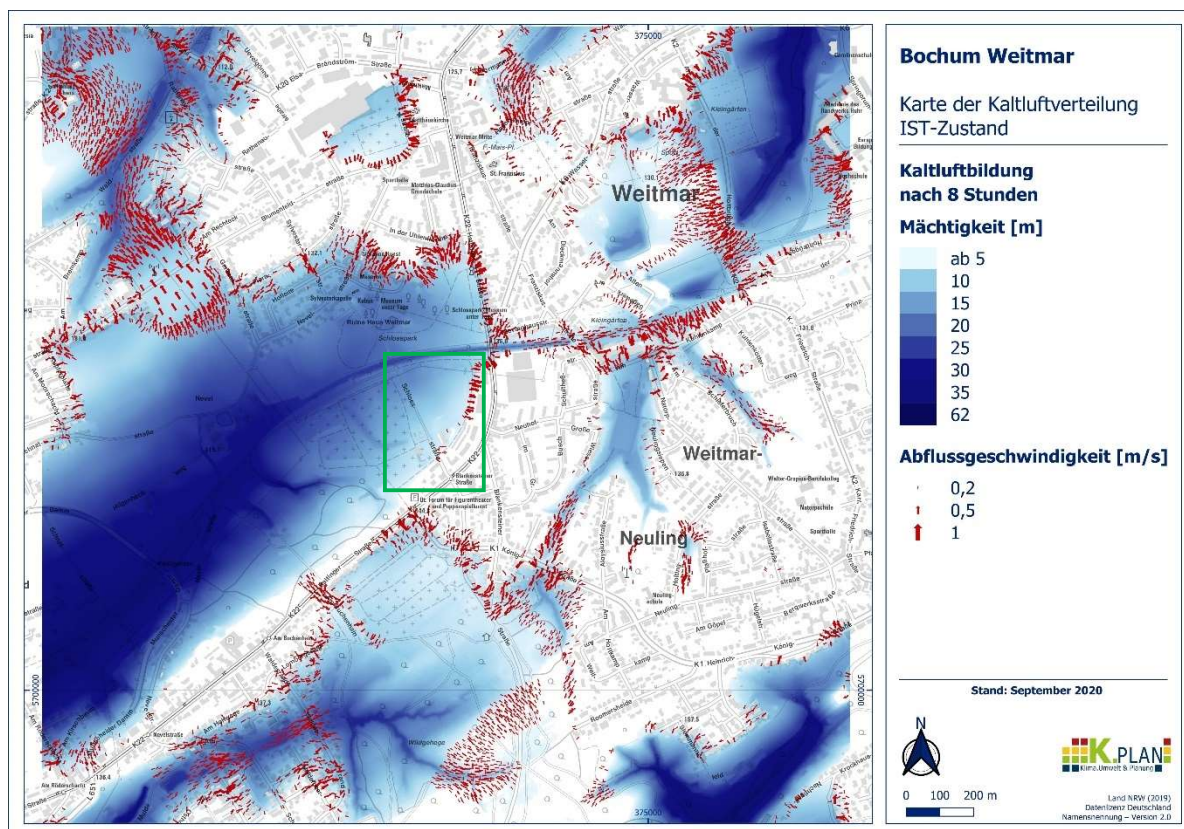


Abb. 10 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar im IST-Zustand am Ende einer klaren Sommernacht

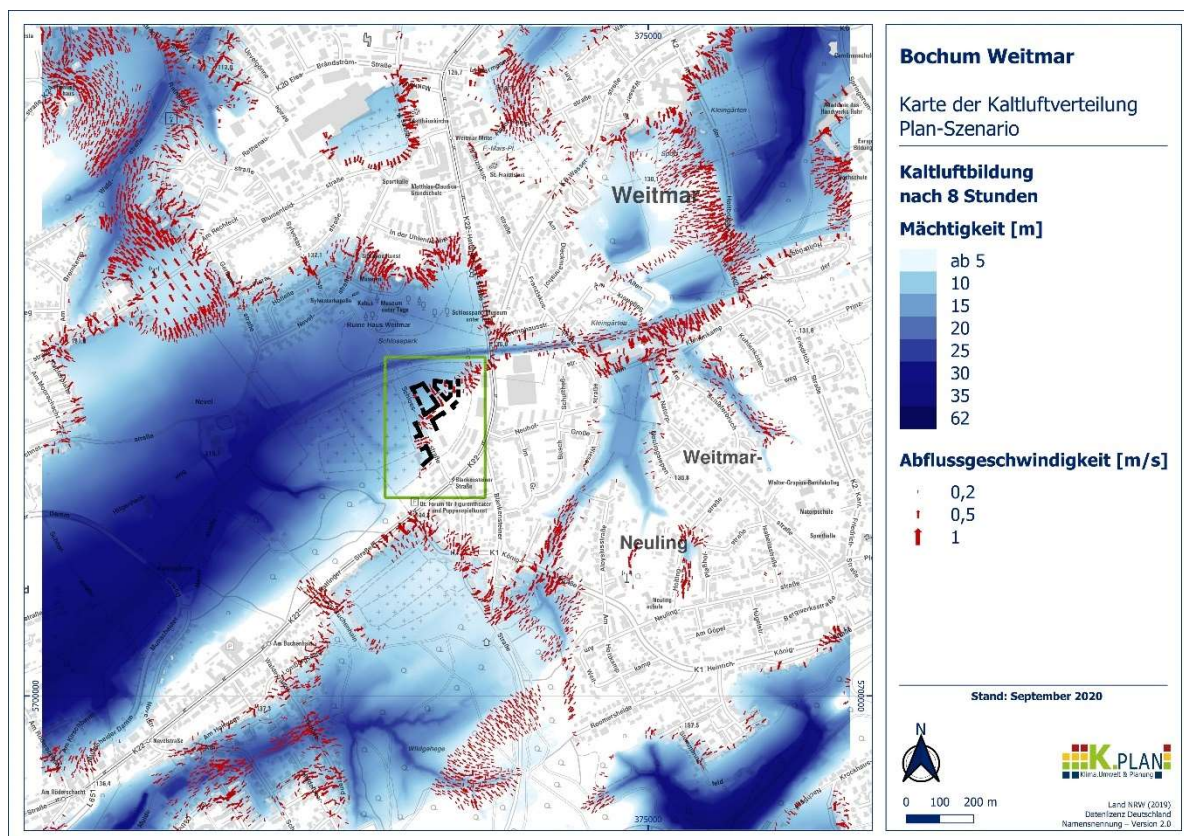


Abb. 11 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar im Plan-Szenario am Ende einer klaren Sommernacht

4. MIKROSKALIGE KLIMAMODELLIERUNGEN

Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und dem Plan-Szenario aus dem städtebaulichen Entwurf zu ermöglichen, ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. ENVI-met ist ein dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell. Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Atmosphärenphysik. Das Modell dient zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigenschaften, ...) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben. ENVI-met versetzt Planer in die Lage, die klimatischen Auswirkungen von Bauvorhaben zu simulieren und mit dem Istzustand zu vergleichen, ohne dass das untersuchte Gebiet bzw. die Planungsmaßnahmen in der Realität existieren müssen. Es gilt zu untersuchen, wie weit diese Veränderungen des Kleinklimas in die Umgebung hineinwirken. Hauptaugenmerk muss hierbei auf die möglichen Veränderungen der Luftströmungen und Aufheizungen der bebauten Flächen gelegt werden.

Simuliert wird jeweils ein sommerlicher Strahlungstag über 24 Stunden, um eine maximale Erwärmung im Modellgebiet zu erreichen. Neben der Gebäude-, Vegetations- und Oberflächenstruktur des Modellgebietes können meteorologische Parameter für eine mikroskalige Modellierung des Ist-Zustandes sowie des Planentwurfs festgelegt werden. Diese Werte entsprechen den typischen Ausgangsbedingungen einer sommerlichen Strahlungswetterlage mit Hitzebelastung. Sommerliche Strahlungstage sind in der Regel Schwachwindwetterlagen. Bei einer solchen Wetterlage treten lokalklimatische Effekte am deutlichsten hervor und die Auswirkungen der geplanten Bebauung auf das Kleinklima können gezeigt werden.

4.1 MODELLEINGABEPARAMETER

Die Kartierungsmethodik zur Aufnahme des Untersuchungsgebiets „Schloßstraße“ in Weitmar wurde in drei Schritten vollzogen: die Aufnahme der Bauwerksstrukturen (Form und Höhe), die Aufnahme der Straßen und Fußwege (Bodenbelag) sowie die Aufnahme der Vegetation (Gestalt und Höhe). Die Kartierungen erfolgten auf der Grundlage von vorhandenen GIS-Daten, Luftbildern sowie durch Begehungen vor Ort. Die aufgenommenen Daten der drei Kartierungen wurden dann im nächsten Schritt in das Programm ENVI-met übertragen und dort für eine virtuelle Modellierung vom Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes und als Grundlage für das Plan-Szenario verwendet. Das vorgegebene Plan-Szenario stammt aus dem städtebaulichen Entwurf (Abb. 12). Die Modellvarianten und die Startparameter für die jeweiligen Modellläufe sind in der Tabelle 2 zusammengefasst. Um die möglichen Belastungen einer sommerlichen Hitzewetterlage betrachten zu können, wurde zum Modellstart eine hohe Lufttemperatur und ein schwacher Wind gewählt. Entsprechend der Strömungen aus den Ergebnissen der Kaltluftsimulationen und zur Überprüfung des möglichen Luftaustausches bei Schwachwindwetterlagen wurden alle Modelle mit zwei verschiedenen Anströmungsrichtungen, jeweils einmal aus Ost und einmal aus Süd, berechnet.



Abb. 12 Städtebaulicher Entwurf als Grundlage für das Klimamodell zum Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar

Tab.2 Modellvarianten und Eingangsparameter für die mikroskaligen Modellierungen

Modell-Varianten:	Modell-Parameter zur Startzeit um 6 Uhr MEZ:
Schloßstraße_IST: IST-Situation im Untersuchungsgebiet	Startwerte der Lufttemperatur (2 m Höhe): 20,0 °C Windgeschwindigkeit (10 m Höhe): 1,5 m/s Windrichtung (10 m Höhe): 90 Grad (aus Ost) und 180 Grad (aus Süd)
Schloßstraße_Szenario: Plan-Szenario des städtebaulichen Entwurfs	Größe des Untersuchungsgebietes: 600 m x 650 m Modellgröße (Grid): x=300; y=325; z=27 Rasterauflösung: dx=2 m, dy=2 m, dz=2 m Simulationstag: sommerliches Strahlungswetter Simulationszeit: 24 Stunden (Tagesgang)

Zur Beurteilung des Bioklimas in einem städtischen Umfeld wurde der PMV-Index herangezogen, ein bioklimatischer Index, der die thermische Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit eines Menschen widerspiegelt. Die wichtigsten Einflussgrößen sind: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und die mittlere Strahlungstemperatur. Hinzu kommen noch die körperliche Aktivität des Menschen und der Wärmeleitwiderstand der Kleidung. Der PMV-Wert reicht von -4 bis +4, wobei -4 als sehr kalt mit einem extremen Kältestress und +4 als sehr heiß mit extremer Wärmebelastung empfunden wird.

Die Modelle des IST-Zustandes und des Plan-Szenarios zur Eingabe in die Simulationen sind in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt. Im Folgenden werden die durchgeführten Modellrechnungen und deren Ergebnisse dargestellt. Dabei werden insbesondere die folgenden Fragestellungen berücksichtigt:

- Wie ist die mikroklimatische IST-Situation während einer sommerlichen Strahlungswetterlage im Untersuchungsgebiet „Eltingviertel“ zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen können die im Plan vorgesehenen Veränderungen auf die Belüftungssituation in der Umgebung und innerhalb des neuen Quartiers haben?
- Wie ändert sich die Hitzebelastung im Quartier und in der unmittelbaren Umgebung?

Es werden für die Tag- und für die Nachtsituation die Lufttemperaturen und die Windverhältnisse sowie das Bioklima betrachtet. Die Ergebnisse des Szenarios aus dem Plan werden im direkten Vergleich mit der IST-Situation durch die Berechnung der Differenzen für die Größen Windgeschwindigkeit, Oberflächentemperaturen, Lufttemperaturen und Bioklimaindex (PMV) dargestellt.

Hierbei werden lokale Effekte und auch mögliche Wirkgebiete in angrenzenden Bereichen untersucht. Aus den berechneten Unterschieden der mikroklimatischen Ausprägungen der Modelle werden Rückschlüsse auf die Notwendigkeit von verschiedenen Anpassungsmaßnahmen gezogen.

Modellgebiet zur Schloßstraße in Bochum Weitmar IST-Zustand

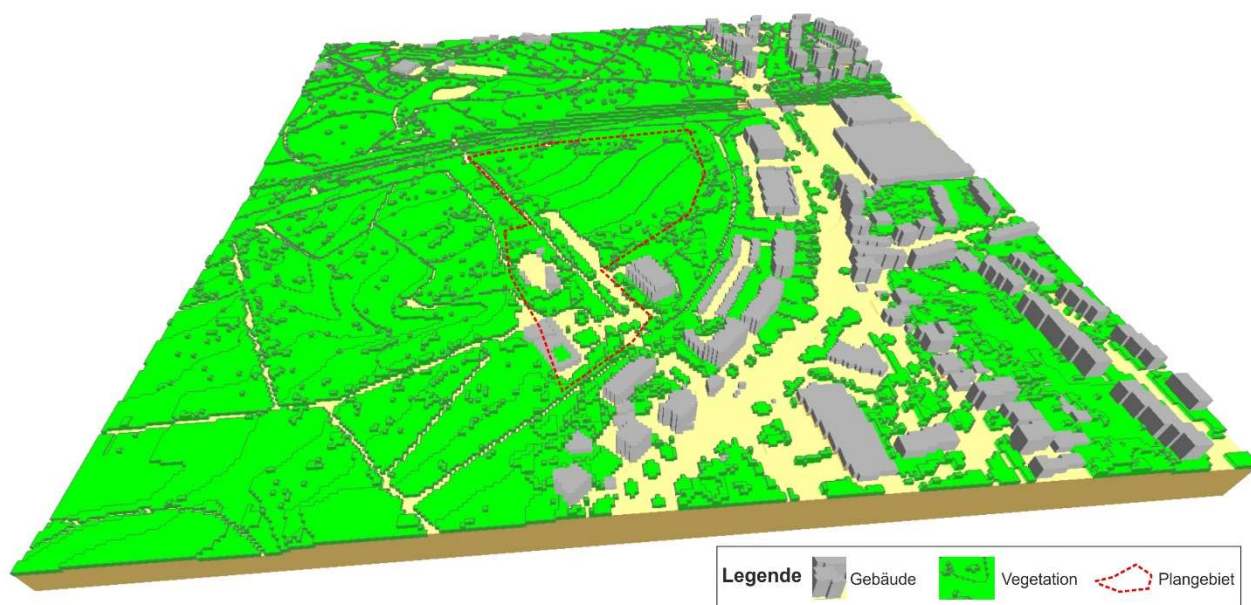


Abb. 13 Envi-Met Modell für die Berechnung des IST-Zustandes im Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar

Modellgebiet zur Schloßstraße in Bochum Weitmar Planzustand

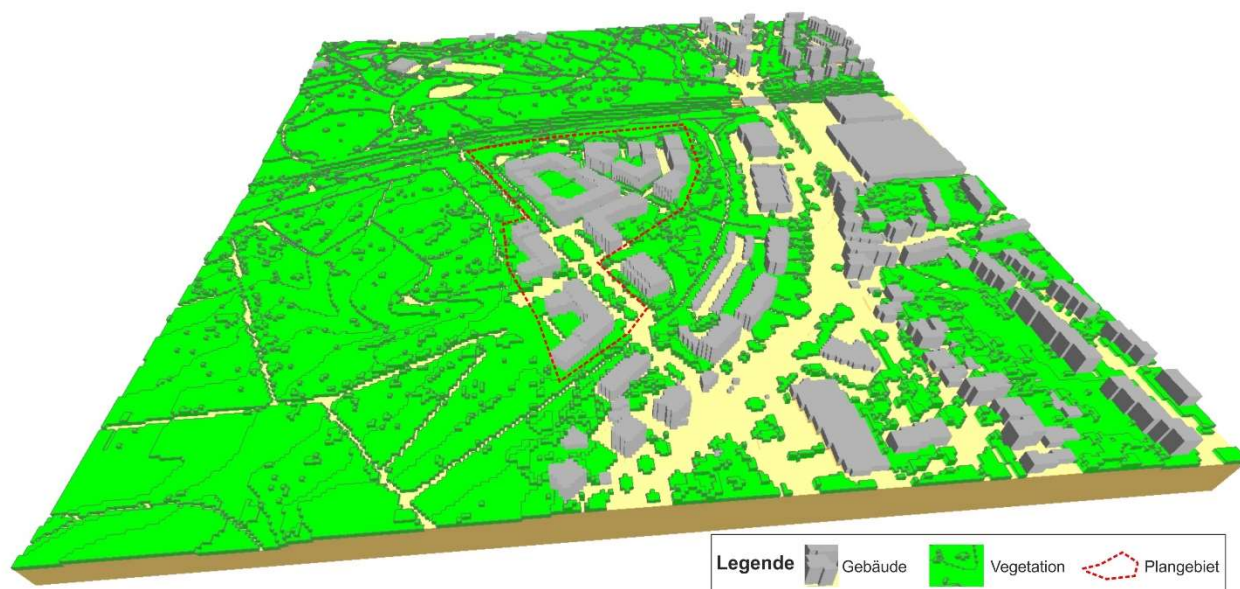


Abb. 14 Envi-Met Modell für die Berechnung des Plan-Szenarios im Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ in Weitmar

3.2 ERGEBNISSE DER MIKROKLIMATISCHEN SIMULATIONEN

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Belüftung

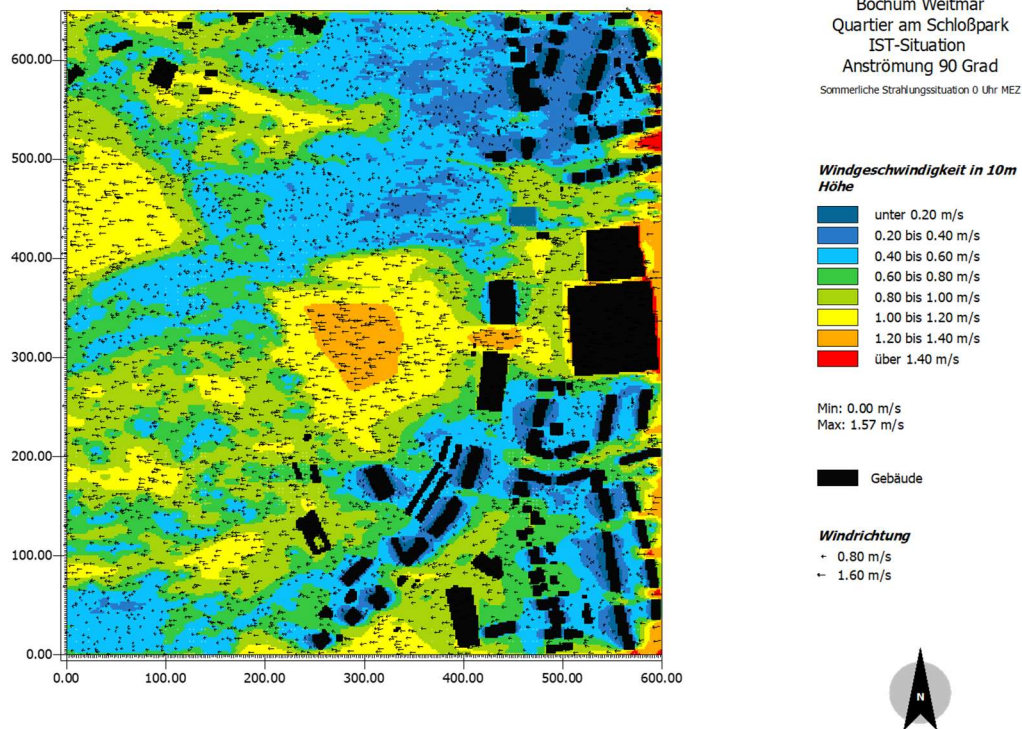


Abb. 15 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus Ost

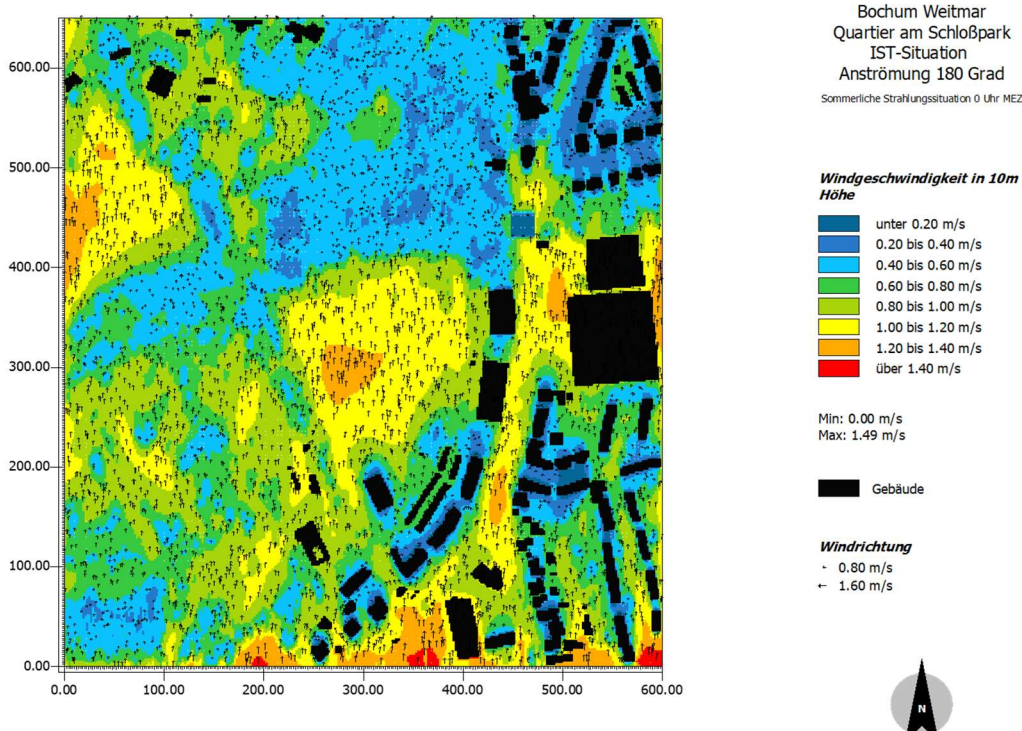


Abb. 16 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Ist-Zustand:
Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus Süd

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Belüftung

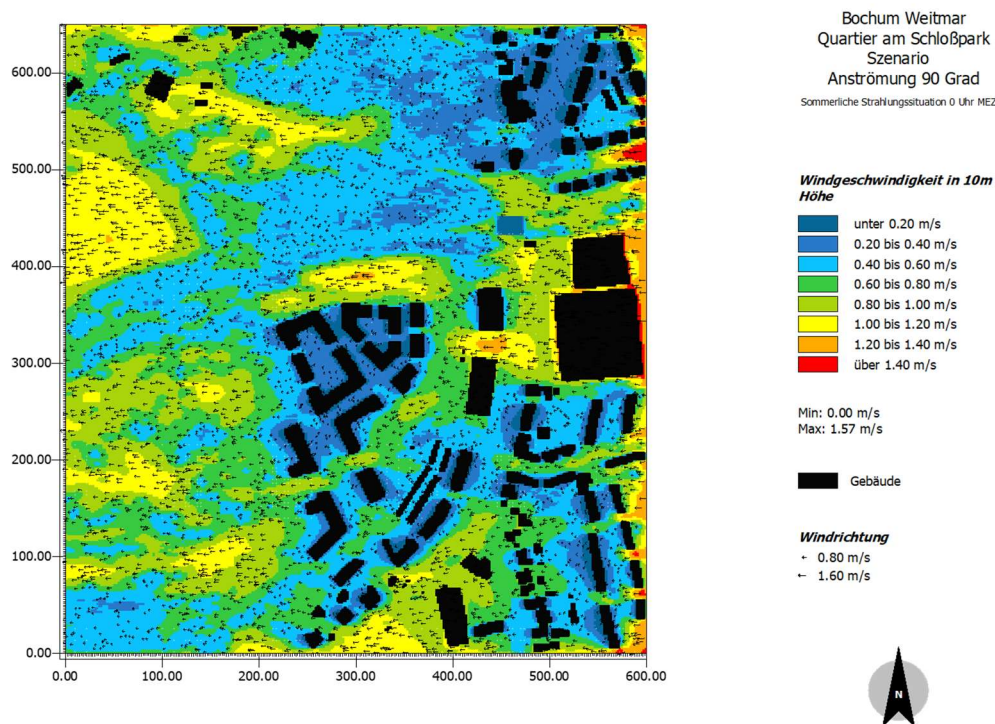


Abb. 17 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario:
Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus Ost

Mikroklimatische Bewertung der Belüftungssituation

Bei einem vorgegebenen Ausgangswind aus Ost bzw. aus Süd mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s zeigt sich das Plangebiet an der Schloßstraße im IST-Zustand (Abb. 15 und 16) im Vergleich zur Umgebung mit Windgeschwindigkeiten auch bei Hitzewetterlagen von über 1 m/s sehr gut durchlüftet. Die bebauten Bereiche ebenso wie die stärker durch Vegetation, insbesondere Bäume gegliederten Freilandbereiche weisen deutlich geringere Windgeschwindigkeiten auf. Im Planszenario (Abb. 17) zeigt sich deutlich die abbremsende Wirkung der Bebauungen. Hier werden zwischen den Gebäuden mit unter 0,4 m/s (blau) ähnlich wie in der Bestandsbebauung weitgehend nur sehr geringe Windgeschwindigkeiten erreicht.

In den Abbildungen 18 und 19 sind die Veränderungen der nächtlichen Windgeschwindigkeiten bei einer Hitzewetterlage im Vergleich zum IST-Zustand dargestellt. Abgesehen von einer leichten Winderhöhung durch Kanalisierungseffekte im südlichen Zipfel des Plangebietes (rot) nehmen die Windgeschwindigkeiten im Umfeld der neuen Bebauungen leicht und innerhalb der Gebäudestruktur deutlich ab. Bei einer für Hitzewetterlagen typischen Ostanströmung (Abb. 18) sind die Geschwindigkeitsreduzierungen deutlicher und nach Westen hin bis auf das Gelände des Friedhofs nachweisbar.

Bei einer südlichen Strömung, die auch der Strömungsrichtung des Kaltluftflusses entspricht, sind geringere Windabbremungen zu erkennen (Abb. 19). Die Schloßstraße funktioniert mit leichten Abschwächungen der Strömung von 0,1 bis 0,3 m/s weiterhin als Luftleitbahn. Auch die etwa Süd-Nord verlaufende Achse mitten durch die neue Bebauung ermöglicht eine noch ausreichende Belüftung des neuen Quartiers.

Die Unterschiede zwischen IST-Zustand und Plan-Szenario in der Belüftung sind insgesamt auf das direkte Umfeld der neuen Bebauung begrenzt und setzen sich nicht in die weitere Umgebung fort. In keinem Fall werden die Bestandsbebauungen durch eingeschränkte Belüftung bei windschwachen Wetterlagen beeinträchtigt.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Belüftung

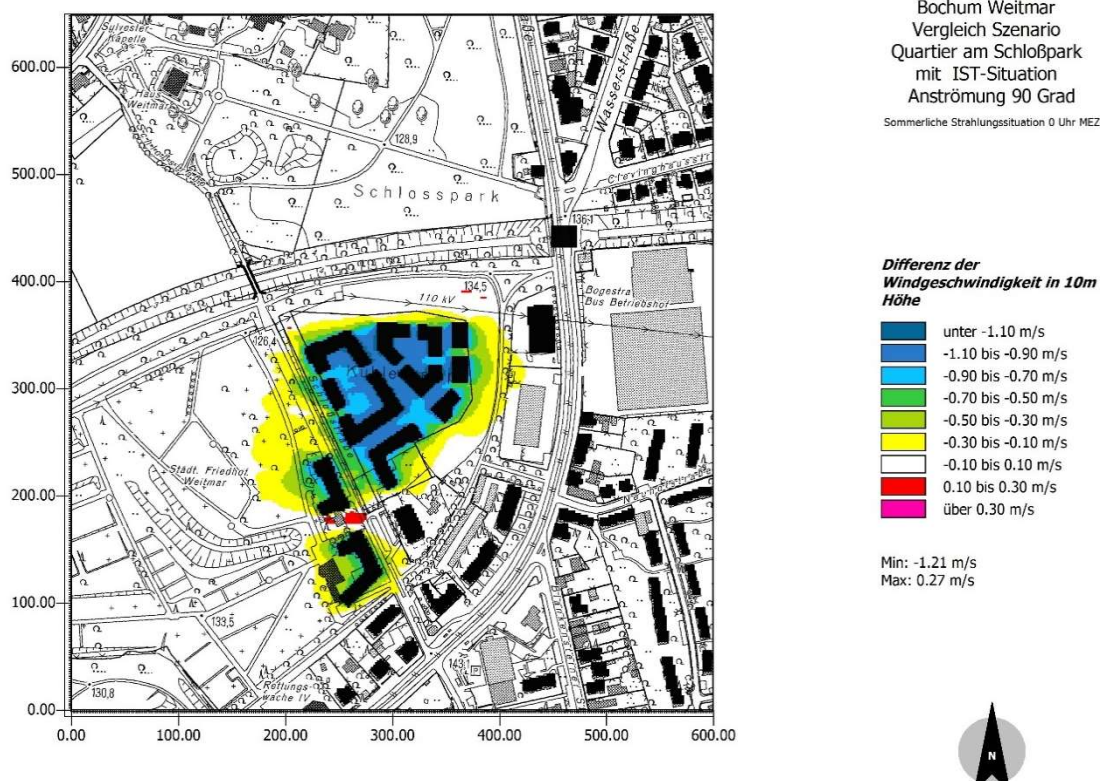


Abb. 18 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus Ost

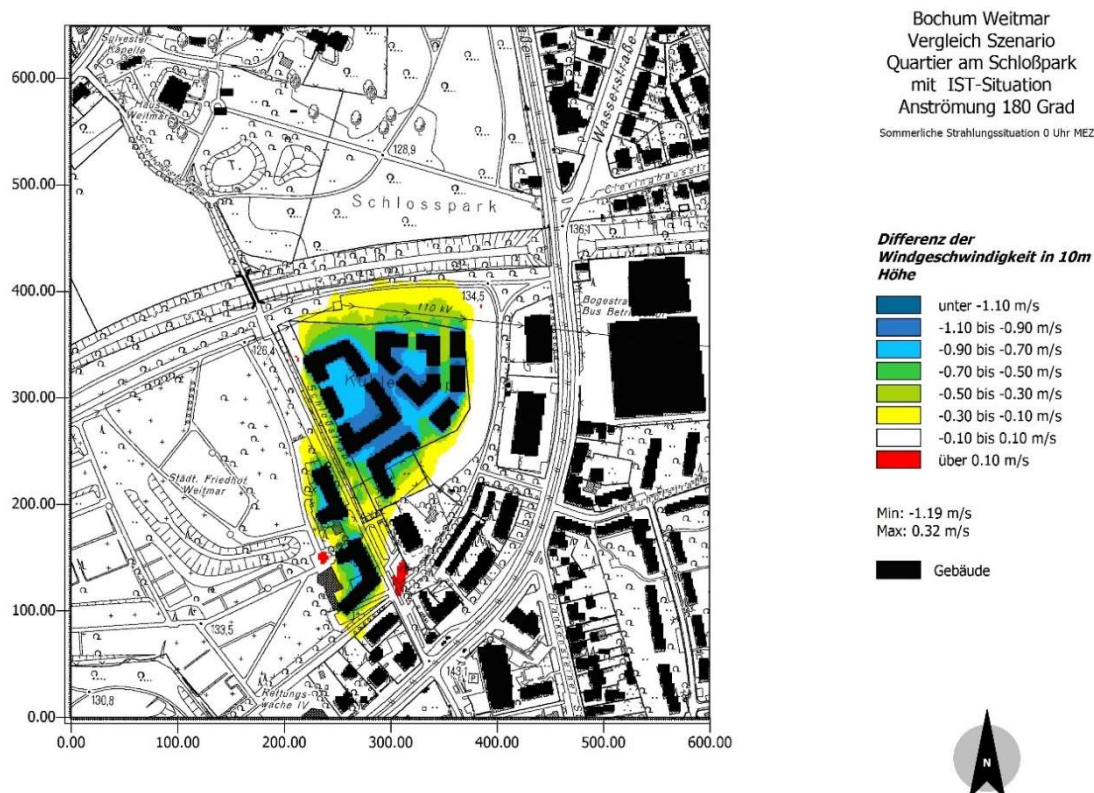


Abb. 19 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus Süd

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Bioklimatische Situation

Zur Beurteilung der bioklimatischen Situation im Untersuchungsgebiet werden die Oberflächentemperaturen als Indiz der Hitzeeinwirkungen auf den Menschen, aber auch auf die Lufttemperaturen, und der PMV-Wert als bioklimatischer Index herangezogen. Oberflächentemperaturen und PMV-Werte unterscheiden sich nicht bei unterschiedlichen Anströmrichtungen und werden deshalb nicht für Ost- und Südanströmung getrennt dargestellt.

Oberflächentemperaturen:

Die Freiflächen im IST-Zustand (Abb. 20) erreichen auch als unversiegelte Flächen tagsüber sehr hohe Oberflächentemperaturen von über 40 °C. Die ungehinderte Sonneneinstrahlung erwärmt das Gebiet großflächig. Auf den asphaltierten Verkehrsflächen erreichen die Oberflächentemperaturen Werte über 45 °C. Durch Vegetation beschattete Flächen sind um rund 15 Kelvin kühler.

Im Plan-Szenario verändern sich die Oberflächentemperaturen in einigen Bereichen zum Positiven, in anderen Abschnitten zum Negativen (Abb. 21). Durch die zusätzlichen Bebauungen nehmen die Oberflächentemperaturen in den Gebäudeschatten um 10 bis 15 Kelvin leicht ab (blaue Bereiche in der Differenzen-Abbildung 21). Durch zusätzliche Versiegelungen von Flächen im Umfeld der neuen Gebäude steigen hier die Oberflächentemperaturen um bis zu 20 Kelvin an (gelbe bis violette Bereiche in der Differenzen-Abbildung 21). Da insbesondere die erhöhten Oberflächentemperaturen zu einer Erwärmung der Luft und damit einer erhöhten Hitzebelastung beitragen, kann hier durch Verschattung und Änderung der Bodenversiegelung Abhilfe geschaffen werden.

PMV-Werte

In den Abbildungen 22 bis 24 sind die Verteilungen und Veränderungen der PMV Werte dargestellt. Die tagsüber bei sommerlichen Hitzewetterlagen erreichten PMV-Werte im Untersuchungsgebiet liegen zwischen +1 (nur leichte Überwärmung) und +4, das als sehr heiß mit extremer Wärmebelastung empfunden wird. Der hohe Anteil an versiegelten Flächen und die dichte Bebauung führen in der IST-Situation (Abb. 22) teilweise zu einer sehr hohen bioklimatischen Belastung im Straßenraum mit PMV-Werten von über 3. Diese in der Abbildung rot/ lila dargestellten Flächen stellen nach der PMV Skala eine starke Wärmebelastung dar. Auch die Freifläche des Plangebietes erreicht aufgrund der starken Sonneneinstrahlung bei fehlendem Schattenwurf PMV-Werte über 3 und ist damit tagsüber stark hitzebelastet. Auf den Geländen des Friedhofs und des Schloßparks liegen die bioklimatischen Belastungen insbesondere unter den Bäumen deutlich niedriger. In diesen Schattenbereichen wird nur eine mäßige Wärmebelastung empfunden.

Im Plan-Szenario (Abb. 23) verringern sich die PMV-Werte auf den durch die neuen Gebäude teilweise verschatteten Flächen leicht. Mit Werten knapp unter 3 ist die thermische Belastung noch immer hoch. Nur im direkten Schatten der neuen Gebäude werden Werte unter 2 erreicht. Die Differenzen der PMV-Werte im Vergleich zwischen IST-Zustand und Plan-Szenario (Abb. 24) zeigen für wenige Bereiche eine Abnahme um rund 1,5. Eine Erhöhung der PMV-Werte um bis zu 1,0 tritt nur sehr kleinräumig auf Flächen auf, bei denen der Schatten wegfällt oder neue Versiegelungen hinzukommen.

Insgesamt weist das Plangebiet im Innern der neuen Bebauung hohe bioklimatische Belastungen auf, die in Verbindung mit der herabgesetzten Belüftung zu einer schlechten klimatischen Situation für die zukünftigen Bewohner führen können. Auswirkungen auf das weitere Umfeld sind aber nicht zu erwarten.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Bioklimatische Situation

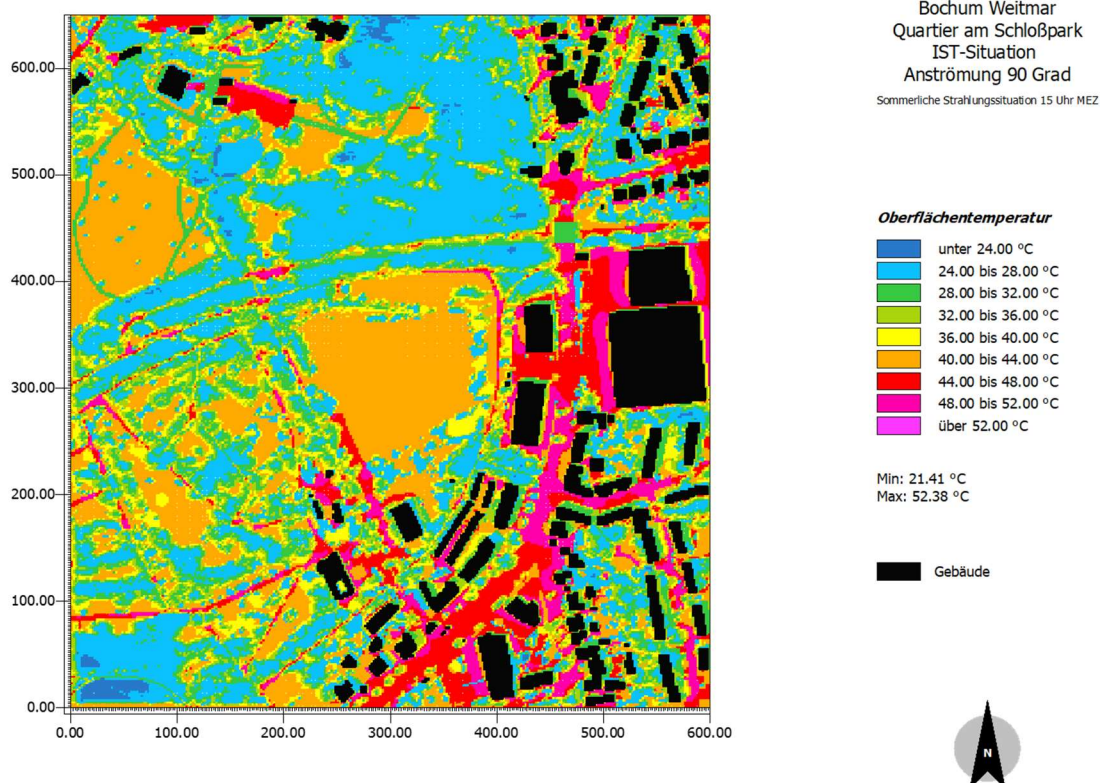


Abb. 20 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
Oberflächentemperaturen um 15 Uhr

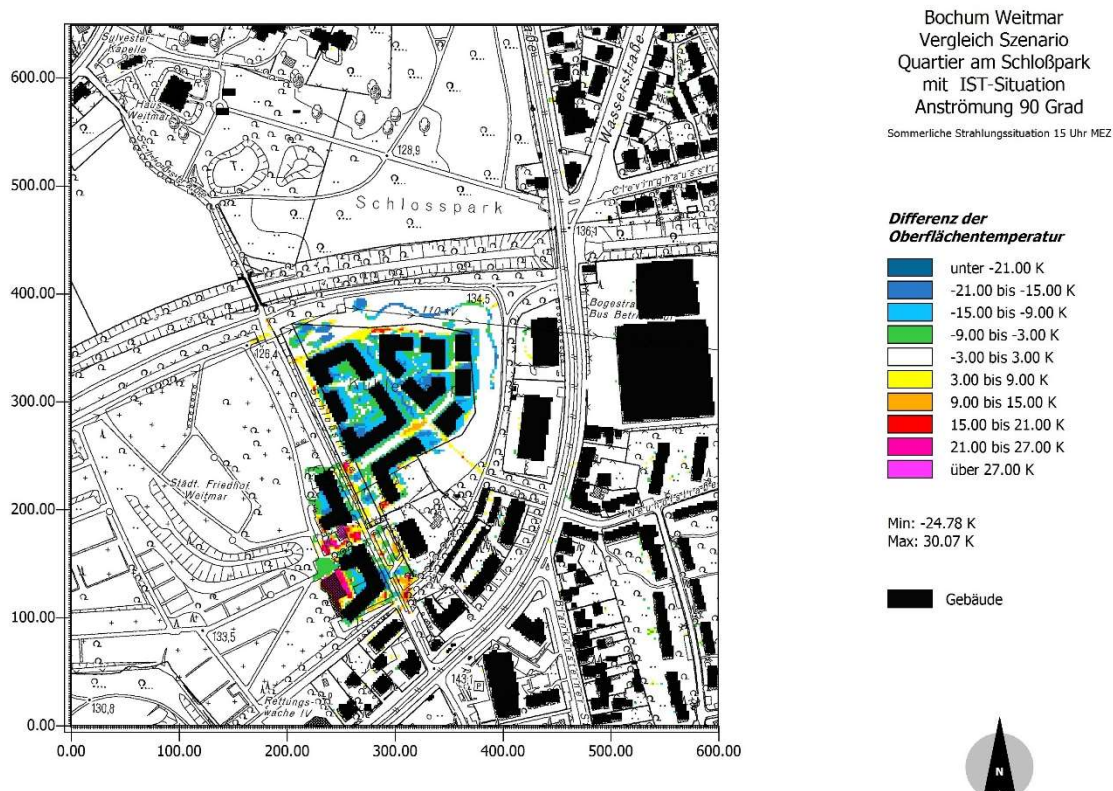


Abb. 21 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Oberflächentemperaturen um 15 Uhr

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Bioklimatische Situation

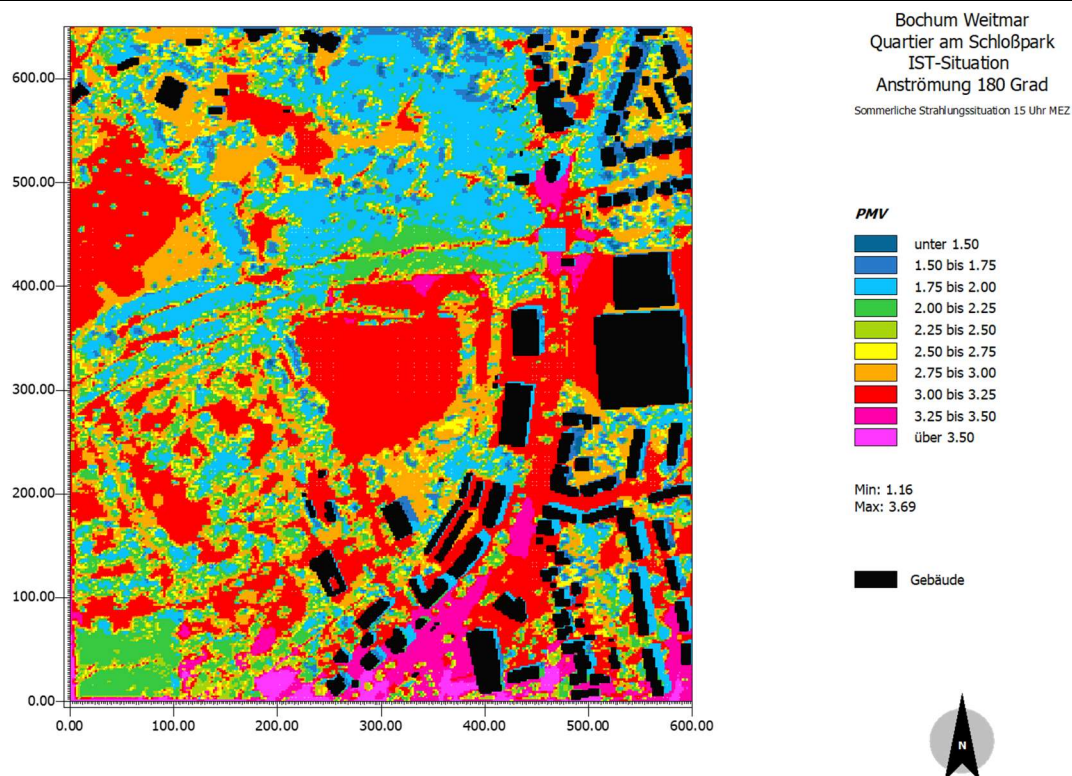


Abb. 22 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
PMV-Werte um 15 Uhr

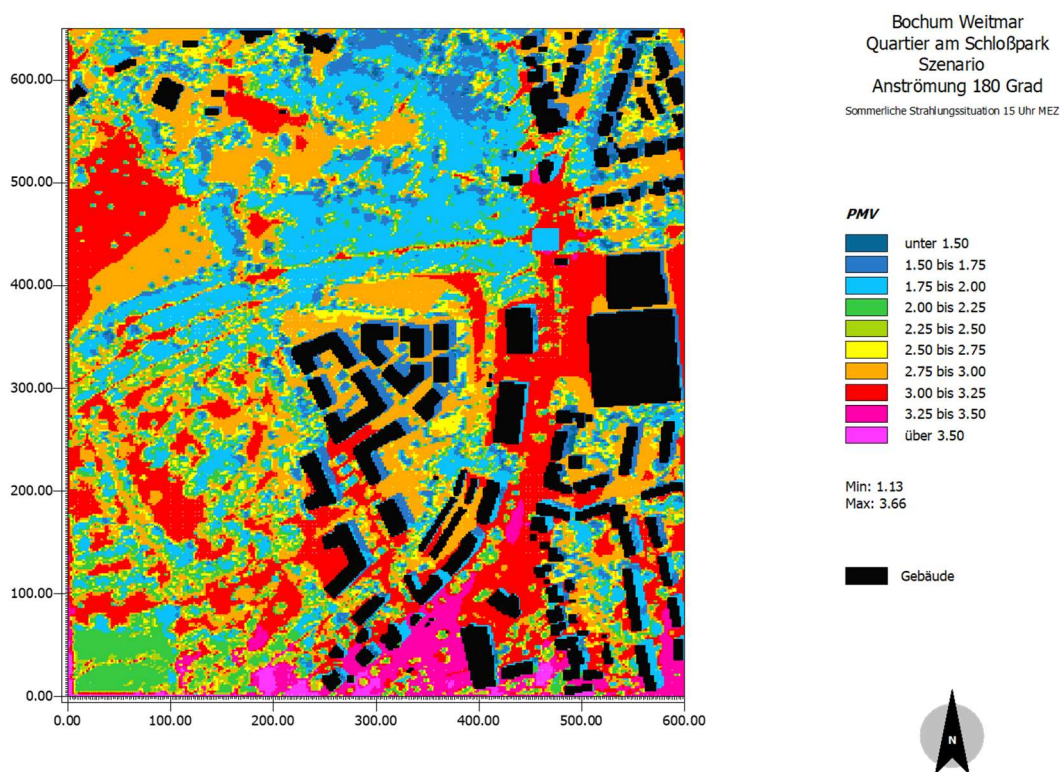


Abb. 23 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario:
PMV-Werte um 15 Uhr

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Bioklimatische Situation

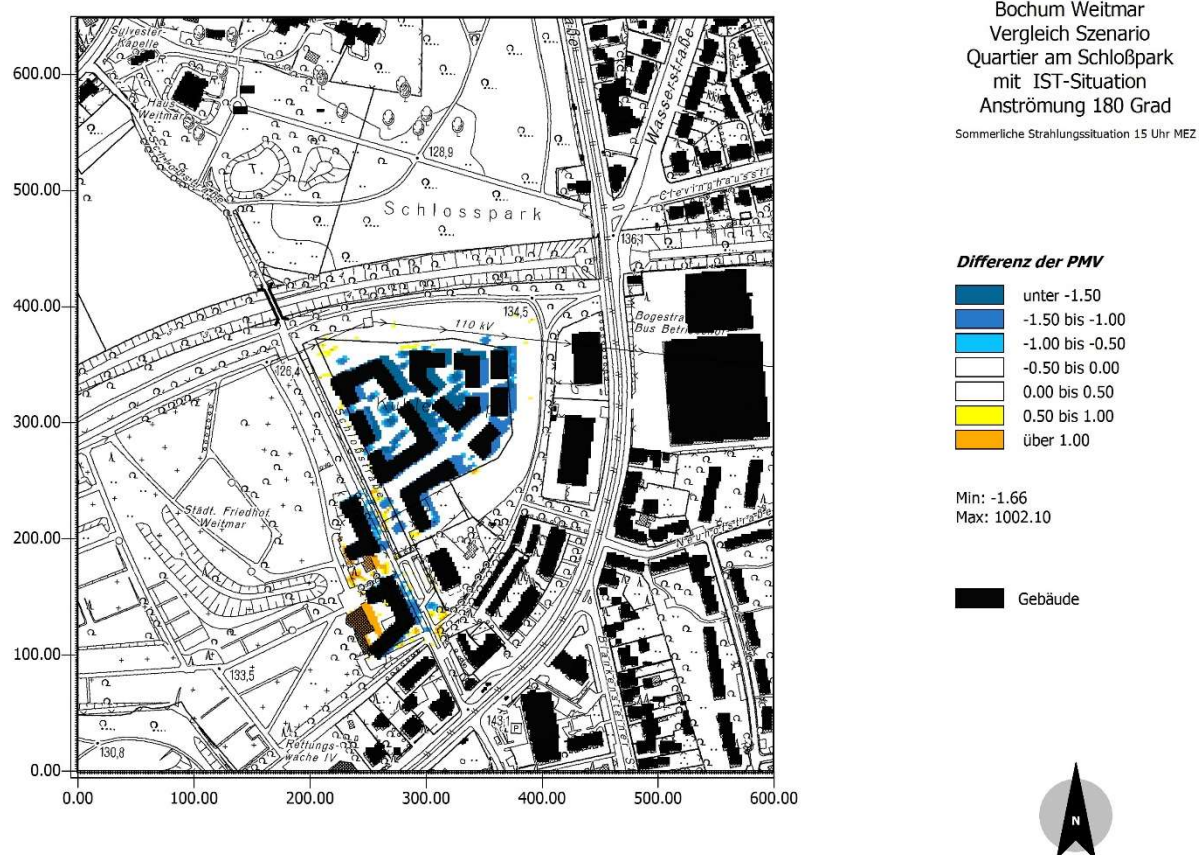


Abb. 24 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: PMV-Werte um 15 Uhr

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Thermische Situation

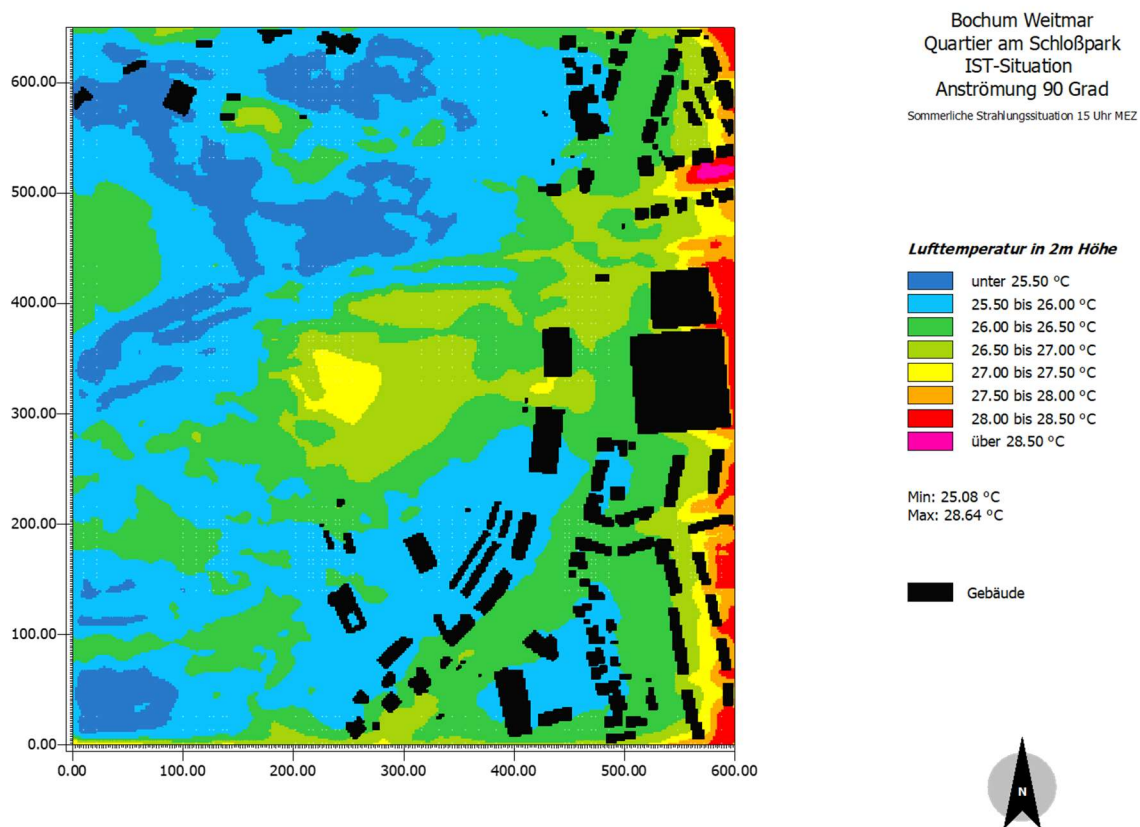


Abb. 25 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
Lufttemperaturen um 15 Uhr bei Anströmung aus Ost

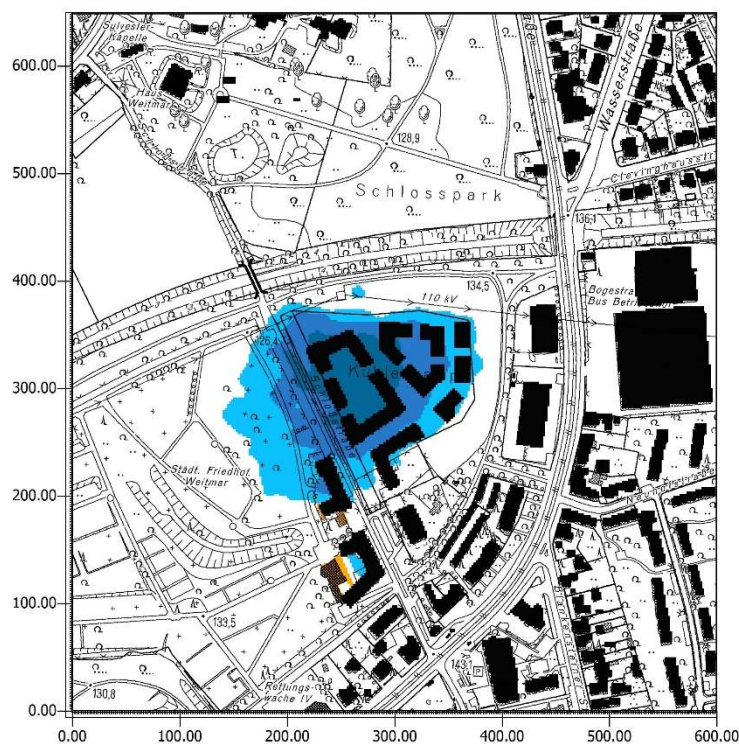
Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation am Tag

Die Lufttemperaturen am Tag im IST-Zustand (Abb. 25) zeigen eine Verteilung, die sich aus den unterschiedlichen Oberflächentemperaturen ergeben. In der Bestandsbebauung wird es über den unbeschatteten Verkehrsflächen sehr warm. Ebenfalls sehr hohe Lufttemperaturen entstehen über den unbeschatteten Freiflächen, während die Friedhofs- und Parkflächen mit vielen Bäumen auf kurzer Distanz um über 2 Kelvin kühler sind.

Tagsüber führt im Plan-Szenario (Abb. 26 und 27) die Bebauung dazu, dass die Lufttemperaturen im Plangebiet um rund 1 Kelvin abgesenkt werden. Der dominierende Faktor für die Verteilung der Lufttemperaturen an einem sonnigen Tag ist die Beschattung, auch durch Gebäude. Dies wirkt sich im Untersuchungsgebiet besonders stark aus, da die Fläche im IST-Zustand durch ungehinderte Sonneneinstrahlung sehr stark aufgeheizt wird. Die Wärmespeicherung in den neu geplanten Gebäuden und Versiegelungen sowie die Verringerung der Belüftung zwischen den Gebäuden wirkt sich aufgrund der vorgesehenen Dachbegrünungen und der intensiven Innenhofbegrünungen erst in den Nachstunden leicht negativ auf die Lufttemperaturverteilung aus.

Tagsüber reichen die Veränderungen der Lufttemperaturen deutlich über das Untersuchungsgebiet hinaus. Entsprechend der Anströmung aus Ost (Abb. 26) und aus Süd (Abb. 27) ist jeweils hinter dem neuen Quartier eine kühle Luftfahne erkennbar, die aber keine Kühleffekte auf die Bestandsbebauung im Süden und Osten hat.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Thermische Situation



Bochum Weitmar
Vergleich Szenario
Quartier am Schloßpark
mit IST-Situation
Anströmung 90 Grad
Sommerliche Strahlungssituation 15 Uhr MEZ

**Differenz der Lufttemperatur
in 2m Höhe**

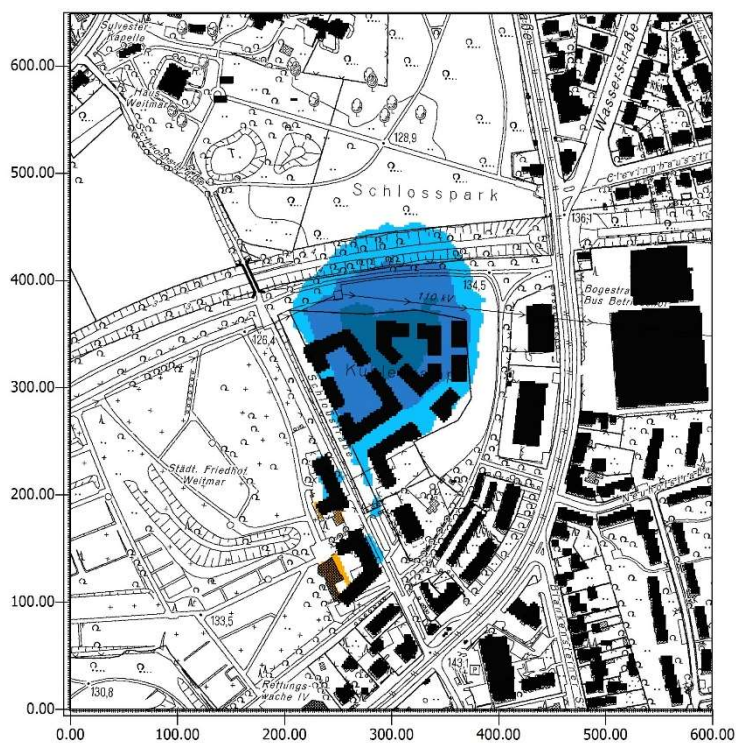
- unter -1.50 K
- 1.50 bis -1.00 K
- 1.00 bis -0.50 K
- 0.50 bis 0.00 K
- 0.00 bis 0.50 K
- 0.50 bis 1.00 K
- über 1.00 K

Min: -1.94 K
Max: 5.31 K

■ Gebäude



Abb. 26 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Lufttemperaturen 15 Uhr bei Anströmung aus Ost



Bochum Weitmar
Vergleich Szenario
Quartier am Schloßpark
mit IST-Situation
Anströmung 180 Grad
Sommerliche Strahlungssituation 15 Uhr MEZ

**Differenz der Lufttemperatur
in 2m Höhe**

- unter -1.50 K
- 1.50 bis -1.00 K
- 1.00 bis -0.50 K
- 0.50 bis 0.00 K
- 0.00 bis 0.50 K
- 0.50 bis 1.00 K
- über 1.00 K

Min: -1.79 K
Max: 5.98 K

■ Gebäude



Abb. 27 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Lufttemperaturen 15 Uhr bei Anströmung aus Süd

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Thermische Situation

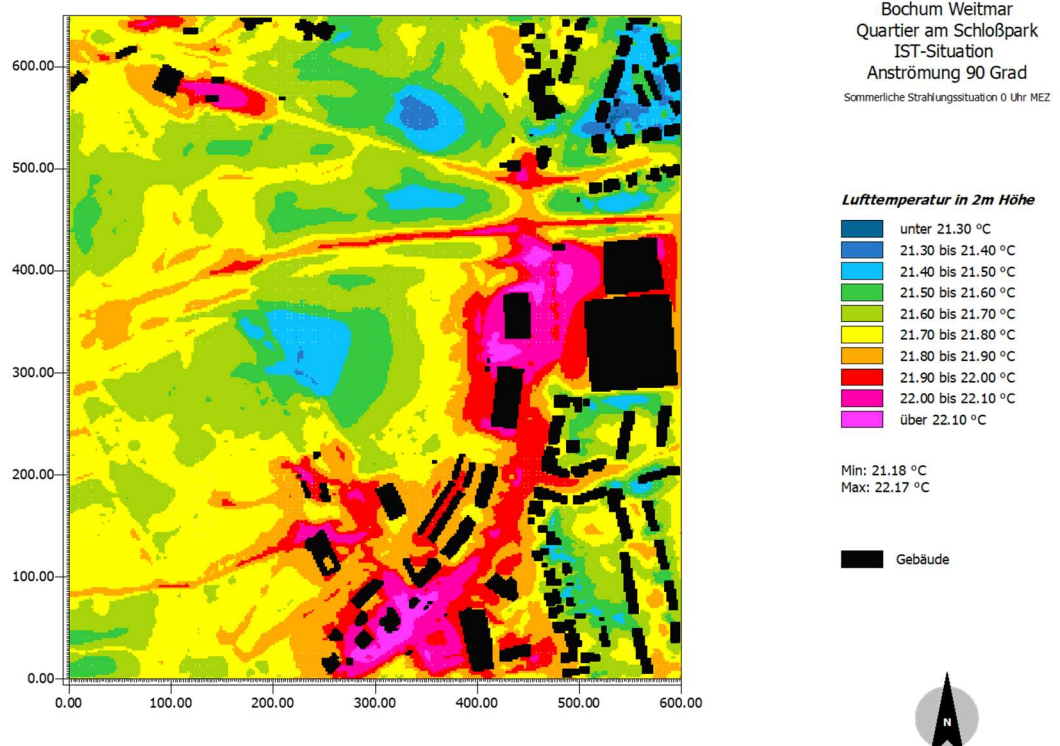


Abb. 28 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
Nächtliche Lufttemperaturen bei Anströmung aus Ost

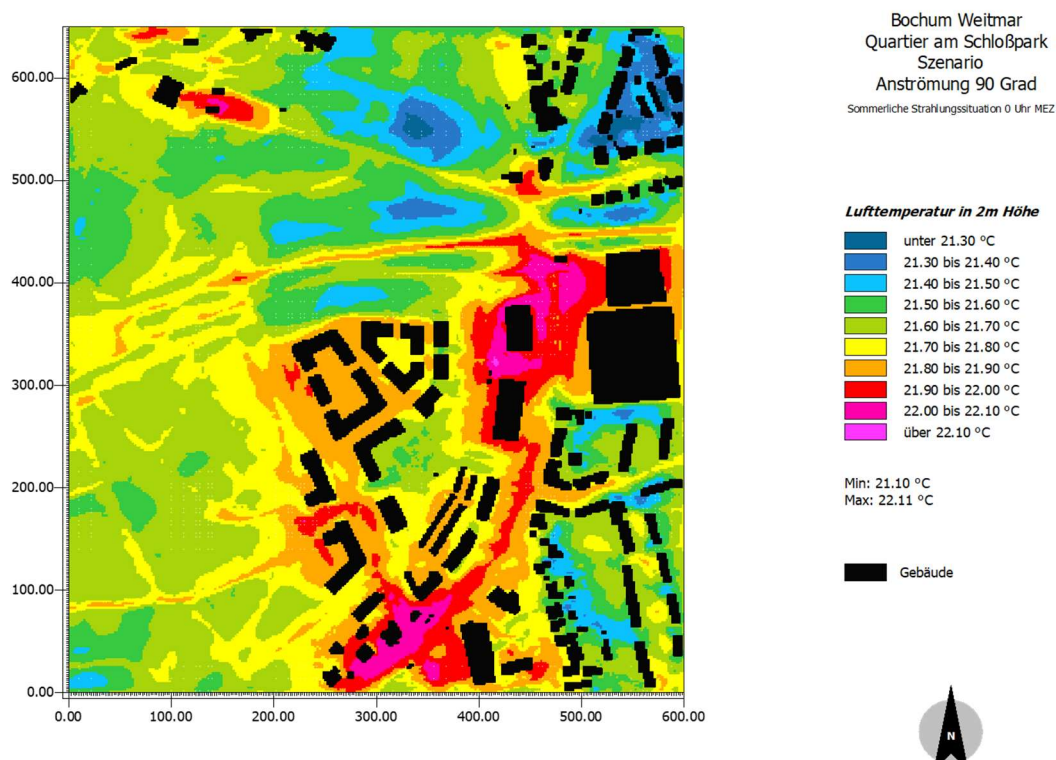


Abb. 29 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario:
Nächtliche Lufttemperaturen bei Anströmung aus Ost

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Thermische Situation

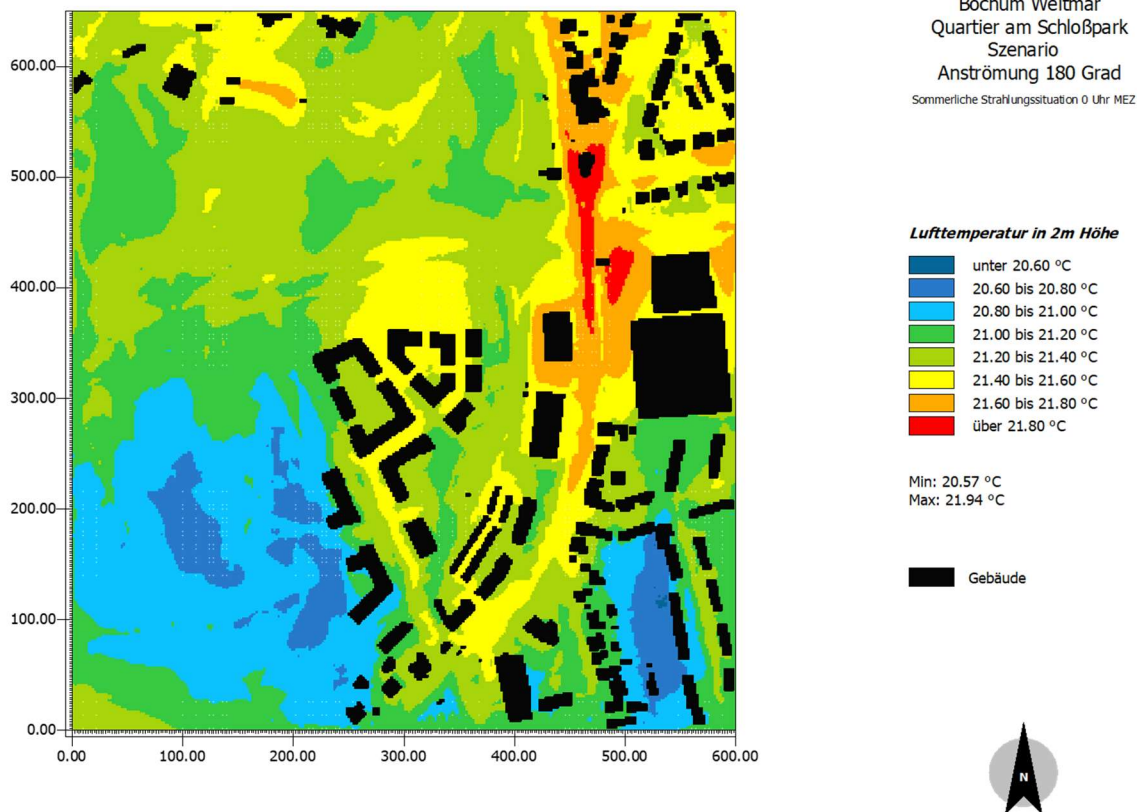


Abb. 30 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario:
Nächtliche Lufttemperaturen bei Anströmung aus Süd

Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation in der Nacht

In den Abbildungen 28 bis 32 sind die Verteilungen und Veränderungen der nächtlichen Lufttemperaturen dargestellt. Lokale Unterschiede in der thermischen Belastung ergeben sich insbesondere während der Nachtstunden. Die nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe liegen im IST-Zustand (Abb. 28) über der Freifläche deutlich niedriger als im gesamten Untersuchungsgebiet. Während die ungehinderte Sonneneinstrahlung tagsüber zu einer Erhöhung der Lufttemperaturen führt (siehe auch Abb. 25), lässt die ungehinderte Ausstrahlung nachts die Lufttemperaturen deutlich und stärker absinken als es in der Bestandsbebauung und auf den Friedhofs- und Parkflächen der Fall ist.

Im Szenario erhöhen sich die nächtlichen Lufttemperaturen im Umfeld der neuen Bebauungen leicht. Ursache sind die zunehmende Bebauung und Versiegelung mit erhöhter Wärmeaufnahme am Tag und Abgabe in der Nacht und die verminderte Durchlüftung des Gebietes. Bei Südanströmung (Abb. 30 und 32) ist die Überwärmung aufgrund der besseren Durchströmbarkeit des Gebietes etwas geringer als bei einer Anströmung aus Ost (Abb. 29 und 31).

Die Warmluftfahne, die entsprechend der Anströmrichtungen nach Norden bzw. nach Westen aus dem Neubauquartier herauskommt, wirkt weniger als 100m in die Umgebung hinein.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“: Thermische Situation

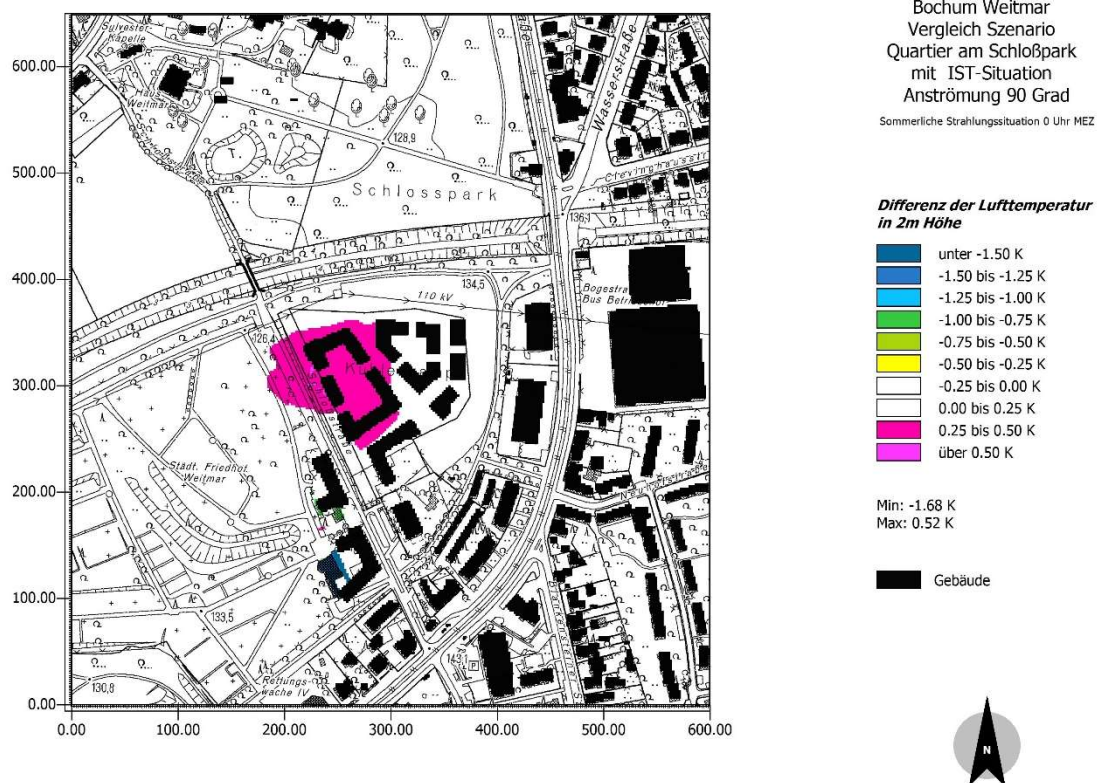


Abb. 31 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Lufttemperaturen 0 Uhr bei Anströmung aus Ost

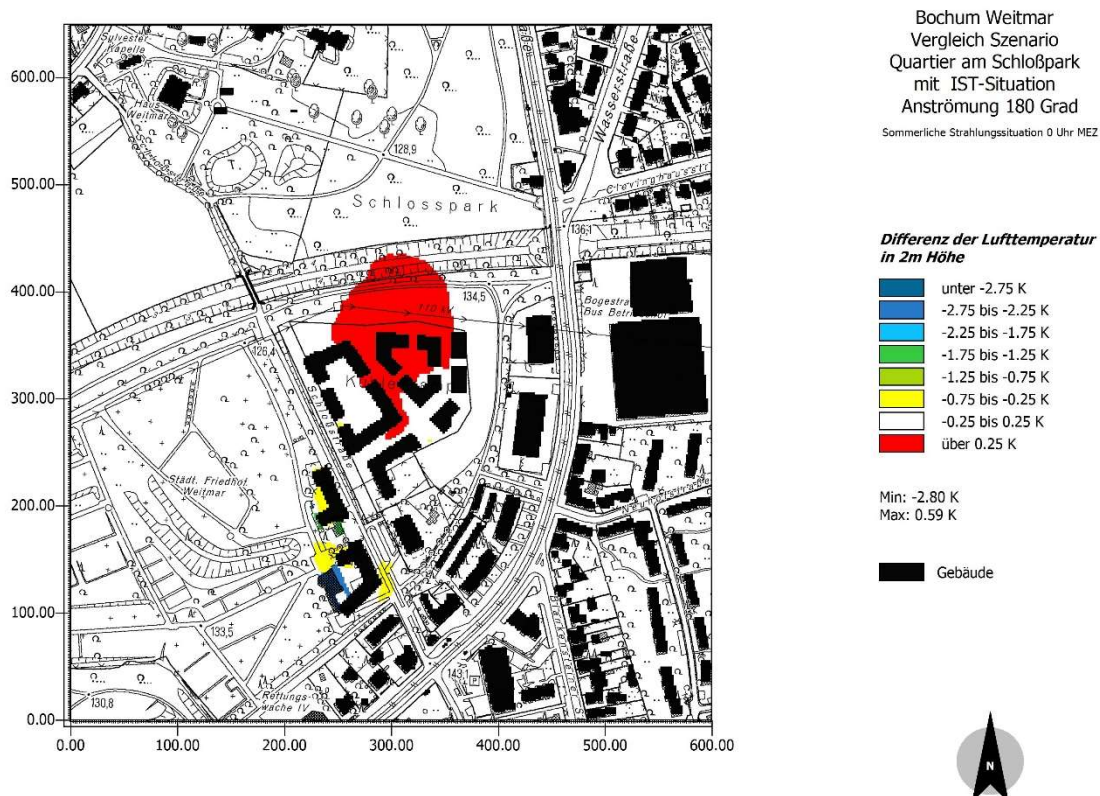


Abb. 32 Differenzen Plan-Szenario minus IST-Zustand: Lufttemperaturen 0 Uhr bei Anströmung aus Süd

Fazit

Insgesamt bleiben die Veränderungen sowohl zur Belüftung wie zur thermischen Situation im Plan-Szenario weitgehend lokal auf das Untersuchungsgebiet beschränkt. Es ist eine Zunahme der thermischen Belastung festzustellen. Diese ist zurückzuführen auf fehlende schattenspendende Vegetation, die eine Aufheizung am Tag reduzieren kann, und auf die erfolgten Versiegelungen im Neubaugebiet, die über Wärmespeicherung die nächtliche Abkühlung verringern. Da erhöhte Oberflächentemperaturen zu einer Erwärmung der Luft und damit einer erhöhten Hitzebelastung beitragen, kann hier durch Verschattungen, z. B. mit Bäumen, und Änderung der Bodenversiegelung Abhilfe geschaffen werden. Es ist je nach Anströmrichtung nur eine sehr leichte Auswirkung auf die direkt angrenzende Umgebung feststellbar. Die Bestandsbebauung wird nicht beeinflusst.

Die festgestellten Erhöhungen der nächtlichen Lufttemperaturen führen zu einer Abschwächung der Kaltluftbildung auf der Fläche. Dies wurde auch in der Kaltluftsimulation festgestellt. Die auf der Fläche im IST-Zustand gebildete Kaltluft hat aber keine unmittelbare Wirkfläche, für die ein Kühlpotenzial benötigt wird. Auf der anderen Seite sollte das Kühlpotenzial des großen Kaltluftpaketes nördlich der Planfläche zur Kühlung im Quartier herangezogen werden.

5. ZUSAMMENSTELLUNG VON ZIELVORGABEN UND ANPASSUNGSMABNAHMEN

Die klimatische Ersteinschätzung wurde unter zwei Gesichtspunkten durchgeführt:

- Beurteilt wurde die Bedeutung der Flächen in ihrem jetzigen Zustand auf das Lokalklima der direkten und erweiterten Umgebung. Dabei wurde ein Schwerpunkt auf die Kaltluftbildung gelegt und abgeleitet, wie sich die Situation bei einer Nutzungsveränderung entwickeln könnte.
- Durch eine Nutzungsänderung wird es auch zu einer klimatischen Veränderung auf den Flächen selbst kommen. Diese wurde in ihren Auswirkungen beschrieben.

Da das Lokalklima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Flächennutzung das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Generell können sich städtebauliche Nachverdichtungen auf das Temperatur- und Belüftungsverhältnis im Quartier auswirken. Relevant sind dabei der Versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung, weniger die Gebäudehöhen. Durch eine optimierte Gestaltung der Quartiers- und Gebäudearchitektur kann eine Verminderung der zukünftigen Belastungen durch die Folgen der geplanten Nutzungsveränderungen erreicht werden. Dies wird auch unter den Gegebenheiten des Klimawandels betrachtet.

Ziele einer klimaangepassten Bebauung des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“ in Bochum Weitmar sind:

1. Erhalt der kleinräumigen, lokalen Belüftungsfunktion
2. Minimierung der sommerlichen Hitzeentwicklung vor Ort

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 1 (Belüftung):

Insgesamt sind die Unterschiede in der Kaltluftsystematik zwischen IST-Zustand und Planszenario nur sehr gering und eng lokal begrenzt. Eine Auswirkung auf die weitere Umgebung konnte nicht nachgewiesen werden. Die großen, wirksamen Kaltluftströme sind unabhängig von der Kaltluftbildung auf der Untersuchungsfläche. Der große, übergeordnete Kaltluftstrom nördlich der Planfläche im Einschnitt des Springorum Radweges kann in der zweiten Nachthälfte bis in das Untersuchungsgebiet vordringen und zumindest die nächtliche Überwärmung reduzieren. Der Kühleffekt der Kaltluft in der neu geplanten Bebauung kann bei idealen Bedingungen am Ende einer Strahlungsnacht erhalten bleiben, wenn die Randbereiche der Bebauung nach Nordwesten keine Riegelwirkung erzeugen und die kühle Luft aus dem gefüllten Taleinschnitt in das Quartier eindringen kann.

Somit ist eine Abschwächung von sommerlicher Hitzebelastung bei einer Bebauung im Untersuchungsgebiet durch die Zufuhr kühlerer Umgebungsluft möglich und kann in ihrer Wirkung und Reichweite durch eine verbesserte Strömungsdurchlässigkeit und verminderte Flächenversiegelung optimiert werden. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen in das Untersuchungsgebiet „Schloßstraße“ gelangen kann, darf die Bebauung am Rand keine abriegelnden Bebauungsgürtel bilden.

Zur Unterstützung der Kaltluftbildung und des Kaltluftflusses sowohl über die Untersuchungsflächen als auch in die Umgebung hinein sollten hier die folgenden Maßnahmen eingehalten werden:

- Die Versiegelung sollte möglichst gering gehalten werden.
- Die randliche Bebauung sollte keine Riegelwirkung erzeugen.
- Dichte Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich der Kaltluftströmungen vermeiden.
- Übergangsbereiche zwischen den Kaltluftflächen und der Bebauung sollten offen gestaltet werden, um einen guten Luftaustausch zu fördern.

Die nächtliche Kaltluft kann im vorliegenden städtebaulichen Entwurf von Norden über den Straßenraum und die Baulücke zwischen Haus D und Haus E im nordöstlichen Baublock in das Quartier eindringen und die nächtliche Überwärmung spürbar reduzieren. Eine zusätzliche Öffnung des nordwestlichen Baublocks nach Norden im Bereich des Hauses A kann zu einer weiteren Verbesserung des Luftaustausches führen und ist deshalb zu empfehlen. Aber auch ohne Anpassung des städtebaulichen Entwurfs kann genügend Kaltluft in den nordwestlichen Baublock einströmen, wenn der nordwestliche Riegel im mittleren Bereich maximal dreigeschossig ist, damit die Kaltluft darüber in das Blockinnere einströmen kann. Dieser dreigeschossige Gebäudeteil ist unbedingt mit einem Gründach zu gestalten. Begünstigend für die Kaltluftzufuhr aus Nordwesten wirkt neben der Baulücke zwischen Haus D und Haus E im nordöstlichen Baublock außerdem, wenn die beiden geplanten Durchlässe entlang der Schloßstraße beibehalten und besonders luftdurchlässig gestaltet, also möglichst nicht mit Bäumen verstellt werden.

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 2 (Minimierung der Hitzeentwicklung):

Für die Ausbildung einer Hitzebelastung spielen in erster Linie die Bebauung und Versiegelung eines Gebietes eine Rolle. Variationen ergeben sich durch den Einsatz verschiedenen Materialien (je dunkler, desto stärker erwärmen sich Oberflächen) und durch den Durchgrünungsgrad. Vegetation kann durch Schattenwurf und Verdunstung erheblich zur Temperaturabsenkung beitragen. Auf Gebäudeebene können Dach- und Fassadenbegrünungen, Veränderungen im Gebäudedesign, wie die

Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien als Maßnahmen eingesetzt werden.

Viele Verkehrsflächen leisten aufgrund ihrer dunklen Farbe und Materialien einen großen Beitrag zur Aufheizung von Stadtgebieten. Verschattungen oder hellere Farben können hier einen Beitrag sowohl zur Hitzevermeidung am Tag wie auch zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung leisten. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einer Verkehrsfläche aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Da Straßen und Verkehrswege in Städten rund 20 % der Fläche ausmachen, können sie erheblich zum Erwärmungseffekt beitragen. Zur Verringerung von Bodenerwärmungen ist daher der gezielte Einsatz von Materialien mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf Verkehrsflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklem Asphalt einen größeren Anteil der eingestrahnten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der Stadtluft erheblich verringern. Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen von verschiedenen Bodenoberflächen auf die Oberflächentemperaturen (eigene Berechnungen).

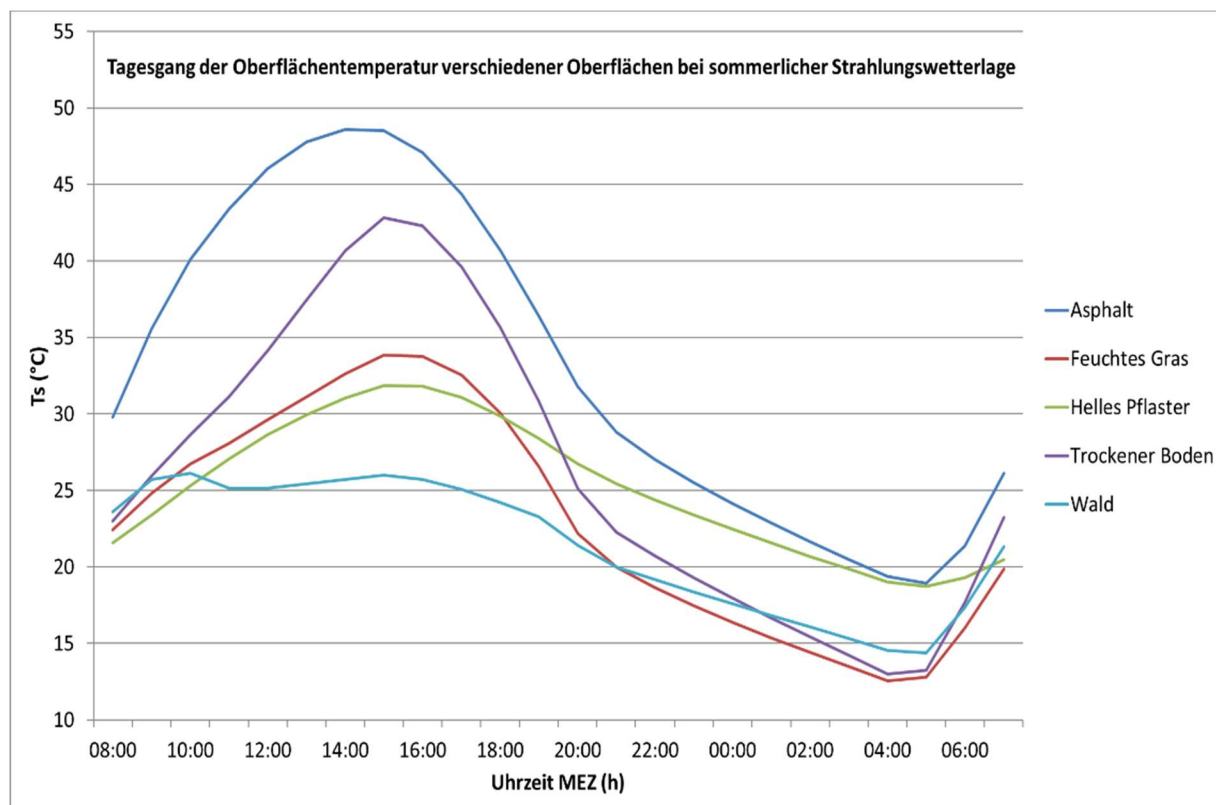


Abb. 33 Tagesgang der Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächen

Während die Asphaltoberflächen um die Mittagszeit Temperaturen von fast 50 °C aufweisen, verhält sich helles Pflaster tagsüber ähnlich wie feuchtes Gras und erwärmt sich nur auf gut 30 °C. Nachts kühlen die natürlichen Oberflächen stärker aus. Trockener unversiegelter Boden kann zwar tagsüber mit über 40 °C sehr warm werden, hält die Wärme aber in den Nachstunden nicht. Zur nächtlichen Wärmeinsel tragen unabhängig von den Oberflächentemperaturen am Tag nur die technischen Bodenbeläge wie Asphalt und Pflaster bei.

Ziel der Siedlungsplanung soll sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von

durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Zu beachten ist allerdings, dass auch der Unterbau und der Untergrund eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen müssen. Für Hofflächen, Terrassen, Gartenwege, Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders angebracht. Durch un- oder teilversiegelte Flächen ergeben sich neben der Reduktion der Aufheizung auch Synergien zur Regenwasserversickerung.

Im Quartier kann eine Aufheizung der Luft durch Begrünung mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Stadtbereiche. Eine Möglichkeit zur besseren Versorgung von städtischen Straßenbäumen mit Wasser ist bei Neupflanzungen die Kombination des Wurzelraums mit einer Rigole, die das aus dem Straßenraum abfließende Regenwasser aufnimmt (Synergie mit der Regenwasserbewirtschaftung) und als Speicher für den Wasservorrat des Baumes dient.

Die Gründachanteile des vorliegenden Entwurfs sind in die Rechnungen zu den Klimamodellierungen eingeflossen und sollen beibehalten werden. Begrünte Dächer oder Fassaden stellen die kleinsten Grünflächen im Stadtgebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund ergeben sich Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels. Die thermischen Effekte von Dach- und Fassadenbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen im Sommer und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70% bis 100% der normalen Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Bei Starkniederschlägen werden die Spitzenbelastungen abgefangen und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben.

Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer kommt der Kühlung von Gebäuden in Zukunft eine steigende Bedeutung zu. Die Nutzung konventioneller Klimaanlage ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätte damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlage und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern. Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz neben der Gebäudeausrichtung auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente, sonnenstandgesteuerte Außenrollos – beispielsweise an Bürogebäuden – und mittels Wärmedämmung erreicht werden. Verschattungen, beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hochstehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus.

Die Verdunstung von Wasser bietet eine Möglichkeit, auf relativ kleinem Raum eine sehr hohe Reichweite für die Abkühlung der Lufttemperatur zu erreichen. Für den Rückhalt von Niederschlagswasser bei Starkregen können neben der Dachbegrünung auch Versickerungsmulden in geeigneten oberirdischen Bereichen der Grasfläche eingerichtet werden. Neben der zeitverzögerten Versickerung kann hier das Wasser auch verdunsten und für eine zusätzliche Abkühlung der Lufttemperatur sorgen.

Zusammengefasst sollten die folgenden Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastungen bei einer Bebauung der Flächen des Untersuchungsgebietes „Schloßstraße“ umgesetzt werden:

- Flächensparende Bauweise, Vermeidung von Bodenversiegelungen bei Verkehrsflächen und im privaten Hausumfeld
- Material- und Farbauswahl unter den Gesichtspunkten der minimalen Aufheizung treffen
- Begrünung von Straßenzügen, Plätzen, Innenhöfen
- Dach- und Fassadenbegrünungen
- Gebäudeverschattungen
- Kühleffekte der Verdunstung von offenen Wasserflächen (Niederschlagsversickerung, -ablauf) nutzen

Großflächige Anpassungen z.B. durch hellere Oberflächen wirken weitaus stärker in die Fläche, sollten aber nach Möglichkeit zusätzlich beschattet werden. Verschattungen durch einzelne Bäume wirken hier lokal nur kleinräumig, können aber beim weitgehenden Erhalt der Durchlüftung in der Summe das Temperaturniveau während einer Hitzewelle niedrig halten. Eine Bepflanzung (Beete, Gras) der Baumscheiben vermindert die Erwärmung im unversiegelten Bereich.

Um eine wirksame Abkühlung der Lufttemperatur durch die Verdunstungskälte der Vegetation zu gewährleisten, ist ein zusammenhängender Baumbestand notwendig. Die alten Bäume sollten möglichst als Vergemeinschaftung erhalten bleiben. Für die Neupflanzung sollte auf klimaangepasste Arten (Zukunftsbäumlisten) mit Berücksichtigung des Biotopverbundes zurückgegriffen werden. Für die Wasserversorgung können an geeigneten Stellen Baumrigolen installiert werden.

Durch eine Kombination dieser einzelnen Maßnahmen kann die aktuelle Situation während einer Hitzeperiode verbessert und eine Anpassung an zukünftige Belastungen für die Bevölkerung durch den Klimawandel ermöglicht werden.