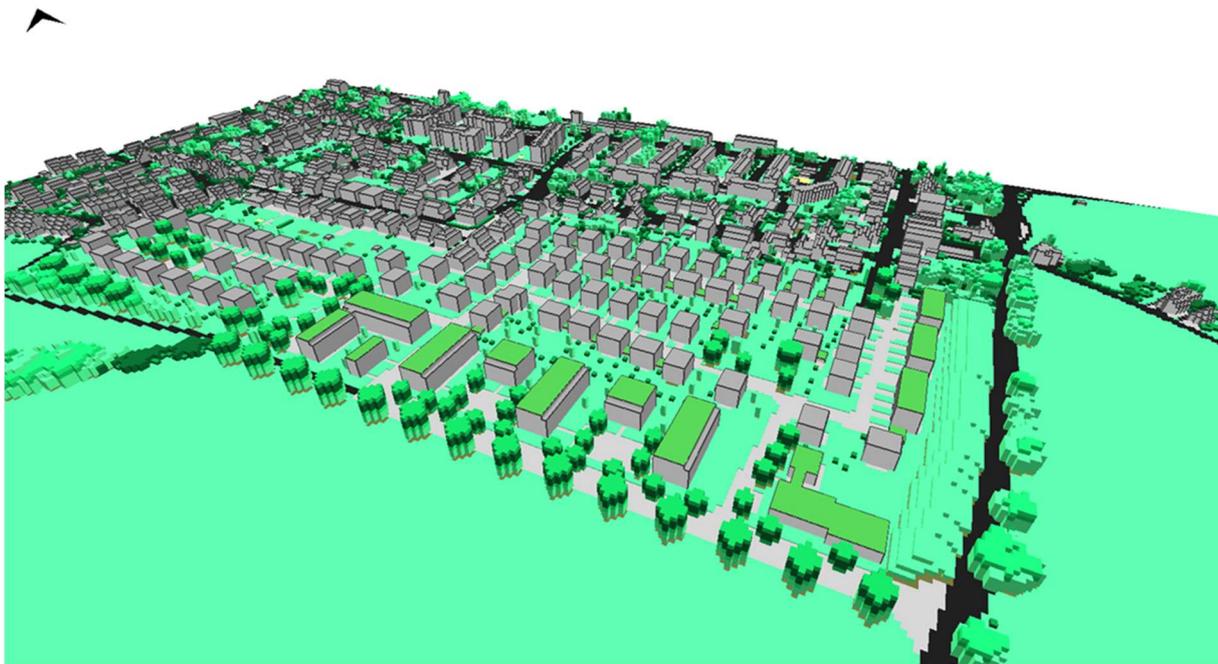


Klimagutachten zum Bebauungsplan 12 E – Bellingholz-Süd – in Werne



Auftraggeber:

Salzgitter Klöckner-Werke GmbH
vertreten durch die
RSE Grundbesitz und Beteiligungs-GmbH
Wiesenstraße 36
45473 Mülheim an der Ruhr

Auftragnehmer

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



Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

1.	ZIELSETZUNG	1
2.	ZUSAMMENSTELLUNG UND AUSWERTUNG DER VORHANDENEN INFORMATIONEN UND KARTEN	2
3.	MESOSKALIGE SIMULATIONEN DES KALTLUFTFLUSSES	4
3.1	MODELLBESCHREIBUNG	4
3.2	ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN FÜR IST UND PLAN	8
3.3	FAZIT AUS DEN KALTLUFTSIMULATIONEN	12
4.	MIKROSKALIGE MODELLIERUNGEN FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET „BELLINGHOLZ-SÜD“	13
4.1	MIKROSKALIGE MODELLIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES „BELLINGHOLZ-SÜD“: BELÜFTUNG“	17
4.2	MIKROSKALIGE MODELLIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES „BELLINGHOLZ-SÜD“: THERMISCHE SITUATION“	21
4.3	MIKROSKALIGE MODELLIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES „BELLINGHOLZ-SÜD“: BIOKLIMATISCHE SITUATION“	27
4.4	FAZIT AUS DEN MIKROSKALIGEN MODELLIERUNGEN	29
5.	ZUSAMMENSTELLUNG VON ZIELVORGABEN UND ANPASSUNGSMÄßNAHMEN	30

1. ZIELSETZUNG

Freiflächen stellen häufig klimatische Ausgleichsfunktionen zur Verfügung. Neben der lokal begrenzten klimatischen Bedeutung können Flächen aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen klimatischen Verbesserung beitragen. Auf der anderen Seite sollte eine Neuplanung auch vor Ort für die zukünftigen Nutzer keine klimatischen Belastungen unter den Bedingungen des Klimawandels aufweisen. Planungen sind hier nur sinnvoll unter Berücksichtigung wirkungsvoller Anpassungsmaßnahmen.

Auf der Grundlage der aktuellen Untersuchungen zum Stadtklima in Werne (Gesamtstädtische Klimafunktionskarte für die Stadt Werne, 2021) sollen durch klimatische Modellierungen die aktuelle Bedeutung der Fläche und die Auswirkungen des Bauvorhabens „Bellingholz-Süd“ in Werne ermittelt und bewertet werden. Lokal werden Vorschläge für Klimaanpassungsmaßnahmen zur Abmilderung von zukünftigen Auswirkungen auf das Stadtklima erarbeitet.

Sinnvoll ist eine Begutachtung in 2 Stufen, die sich nach dem Detaillierungsgrad der vorliegenden Planungsunterlagen richten. Im ersten Schritt werden die Auswirkungen einer Bebauung der Fläche bezüglich des Kaltluftverhaltens und der Belüftungsfunktion im Umfeld des Untersuchungsgebietes untersucht. Hierzu wird der IST-Zustand mit dem Entwurf der vorgesehenen Bebauungen verglichen, die als Strömungshindernis und durch Aufheizungen das bestehende Kaltluftsystem verändern können. In diesem Bearbeitungsschritt werden durch Kaltluftsimulationen die Bedeutung der Flächen für die Innenstadtbelüftung im IST-Zustand und die möglichen Veränderungen durch den Planentwurf im Bereich der Werner Innenstadt betrachtet. In einer zweiten Stufe werden anschließend detailliertere Pläne mit Angaben zu Materialien der Gebäude und der Oberflächen und zu konkreten Verkehrsflächen, Freiflächen und Begrünungen auf ihre klimatischen Auswirkungen hin untersucht werden. Durch mikroskalige Modellierungen werden die klimatischen Auswirkungen von Bauvorhaben simuliert und untereinander verglichen. Es gilt zu untersuchen, welche klimatischen Auswirkungen das Vorhaben vor Ort haben wird und wie weit diese Veränderungen des Kleinklimas in die Umgebung hineinwirken.

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

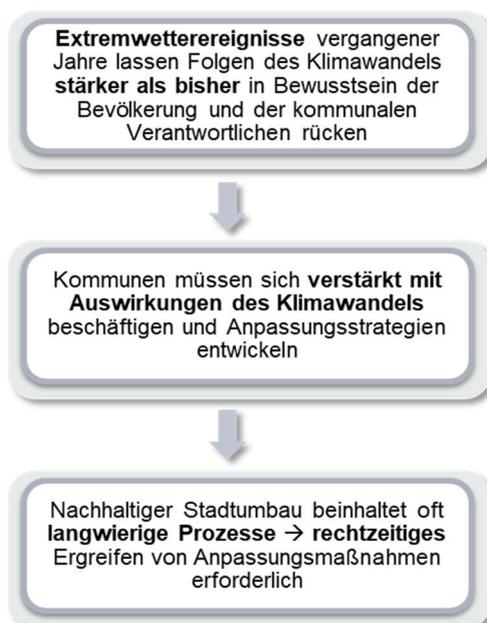


Abb. 1 Handlungsnotwendigkeiten für Planungen unter den Bedingungen des Klimawandels

2. ZUSAMMENSTELLUNG UND AUSWERTUNG DER VORHANDENEN INFORMATIONEN UND KARTEN

Die lokalen Ausprägungen des Klimas 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. Insbesondere aufgrund der Unterschiede im thermischen Verhalten der Bebauungsflächen und der Ausgleichsräume kann es bei sommerlichen Strahlungswetterlagen zu signifikanten klimatischen Unterschieden zwischen der Innenstadt, den Industrie- und Gewerbegebieten und dem unbebauten Umland kommen.

In der „Gesamtstädtische Klimafunktionskarte für die Stadt Werne“ (Abb. 2) werden entsprechend ihrem Konfliktpotenzial zwischen einer Nutzung und ihrer klimatischen Bedeutung Flächen ausgewiesen, die als Lastraum oder als klimatischer Ausgleichsraum eingestuft werden. Freilandbereiche, wie die Planfläche im IST-Zustand, haben grundsätzlich eine klimaausgleichende Funktion für die anschließenden Bebauungen. Insbesondere Freiflächen mit stadtklimarelevantem Kaltluftbildungspotenzial haben eine hohe Bedeutung für die Abschwächung von sommerlichen Hitzebelastungspotenzialen. Für die Planfläche in Bellingholz-Süd gilt es deshalb zu überprüfen, welche klimatische Funktion diese Freifläche für die sich nordöstlich anschließende Bebauung hat.

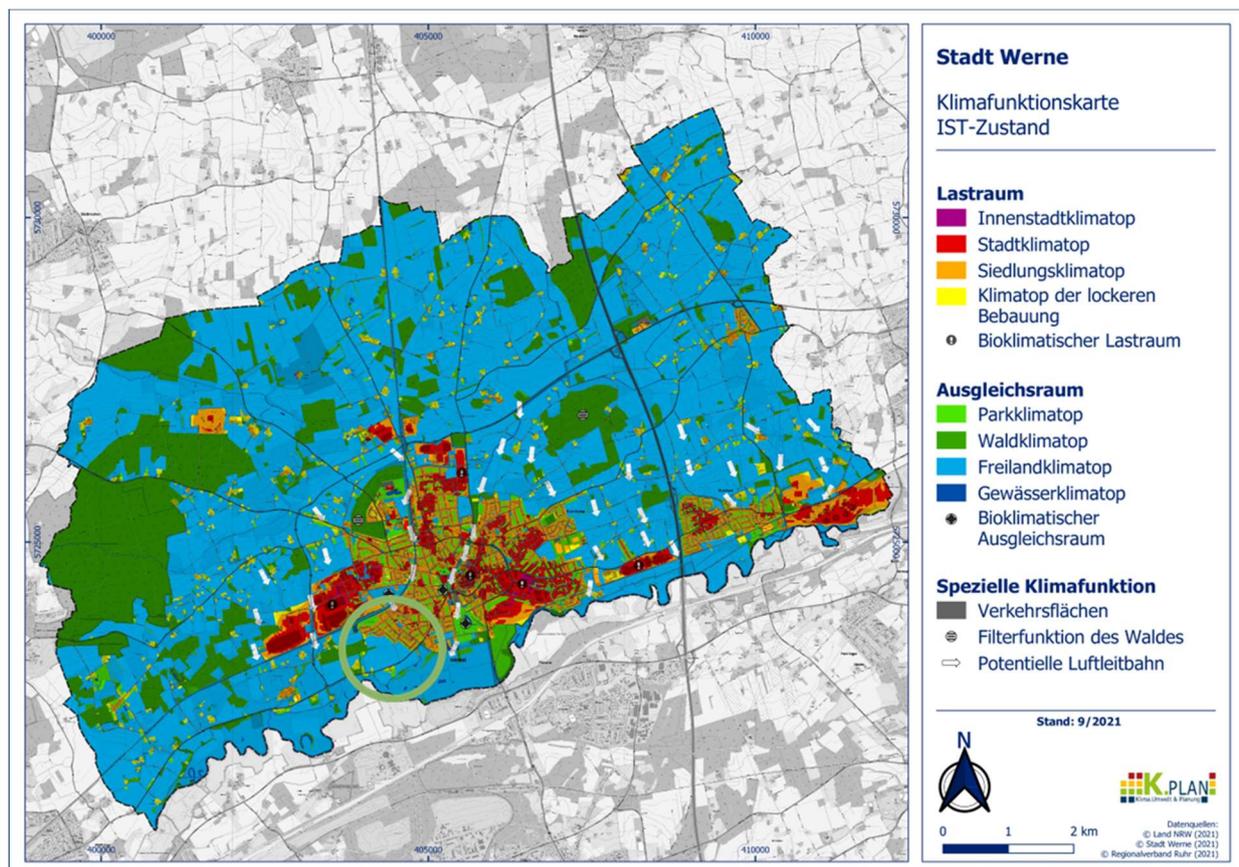


Abb. 2 Gesamtstädtische Klimafunktionskarte für die Stadt Werne (2021)

Eine gute Belüftungssituation in der Stadt trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden. Aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung

können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Dabei sind die vorherrschenden Strömungsrichtungen des Windes bei austauscharmen Warm- und Hitzewetterlagen zu berücksichtigen und die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen einzubeziehen. In der Klimafunktionskarte ist deutlich zu erkennen, dass die wichtigen Luftleitbahnen, die eine gesamtstädtische Bedeutung haben, von Norden in das Stadtgebiet führen und die Planfläche nicht betroffen ist.

Die stadtklimarelevanten Luftbewegungen des autochthonen Windfeldes aus der gesamtstädtischen Kaltluftsimulation sind in der Abbildung 3 dargestellt. Entlang dieser mit Pfeilen gekennzeichneten Bereiche findet bei Schwachwindlagen eine Belüftung des überwärmten Bereichs durch Kaltluftzufluss oder Flurwinde statt. Kaltluftströme sind empfindlich gegenüber Störungen wie Hindernisse. Bauliche Eingriffe in diese Bereiche können zu Einschränkungen der lokalen thermisch induzierten Windsysteme führen. Die Folgen wären eine geringere Abkühlung in heißen Sommernächten und ein verringerter Luftaustausch.

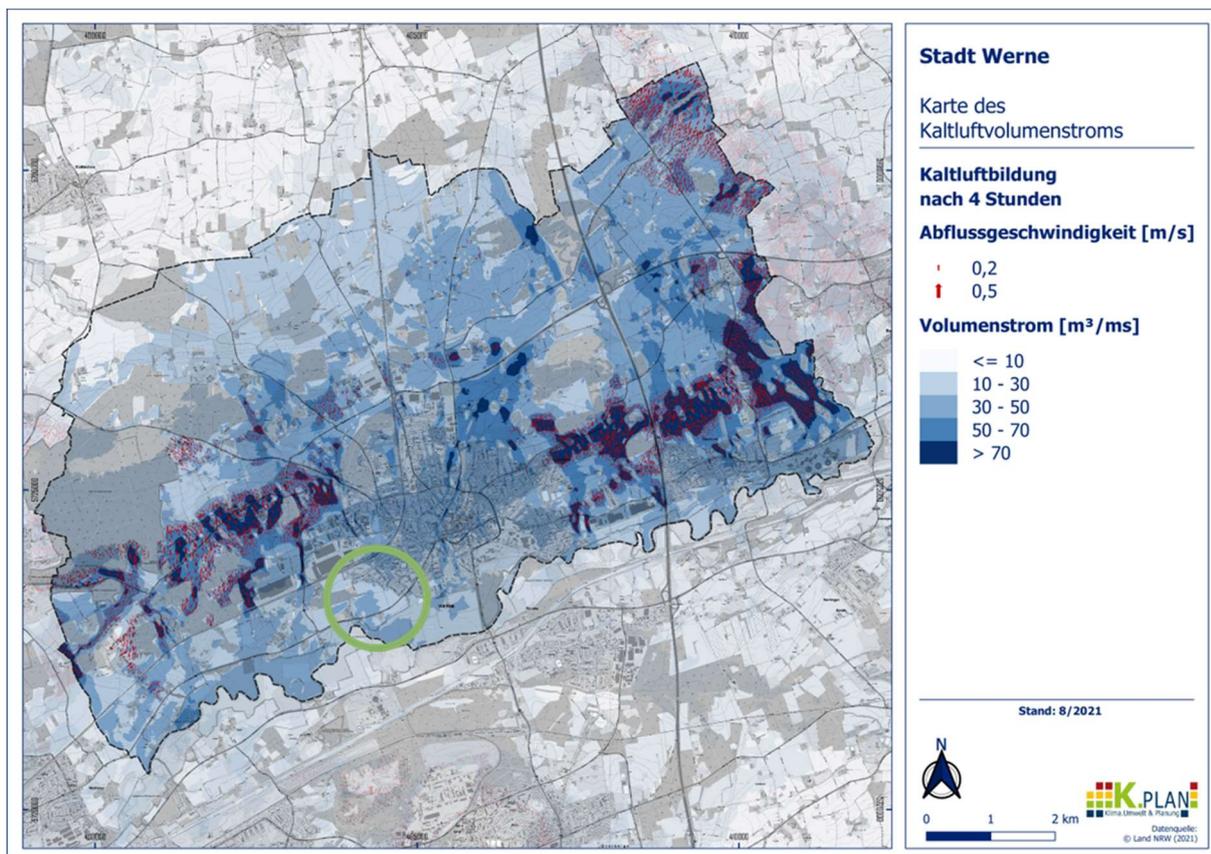


Abb. 3 Gesamtstädtische Kaltluftsimulationskarte für die Stadt Werne (2021)

Im Bereich des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ gibt es einen leichten, nur lokal wirksamen Kaltluftvolumenstrom, der kühle Luft aus dem Freiland in die Bebauung hineintransportiert. Deshalb wird im Folgenden durch eine hoch aufgelöste Kaltluftsimulation und durch mikroskalige Modellierungen für das Gebiet untersucht, welche Kühlungseffekte und Durchströmbarkeiten auf den Untersuchungsflächen vorhanden sind und wie groß die Reichweite ist. Die für das Untersuchungsgebiet relevante Kaltluftsystematik wird dazu im Kapitel 3 genauer untersucht, die Ergebnisse der mikroskaligen Klimamodellierungen sind im Kapitel 4 dargestellt.

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 durch Erwärmung 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 „Bellingholz-Süd“ 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. Unter Umweltsichtspunkten 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.

Für die Berechnungen wurde eine sommerliche Strahlungsnacht ohne Regionalwind angenommen, um die Dynamik der reinen Kaltluftströmung zu simulieren. 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.

Das Kaltluftmodell wurde zur Einbeziehung der großräumigen Kaltluftströme für ein 2,8 km x 2,8 km großes Gebiet mit einer Auflösung von 2 m Rasterweite gerechnet. Die Abbildung 4 zeigt die Modell-Eingangsdaten der Geländehöhen und die Gebäudestruktur im Untersuchungsgebiet „-Süd“ für die Kaltluftsimulation im IST-Zustand. Das Gelände des Untersuchungsgebietes steigt allmählich von Südosten nach Nordwesten an.

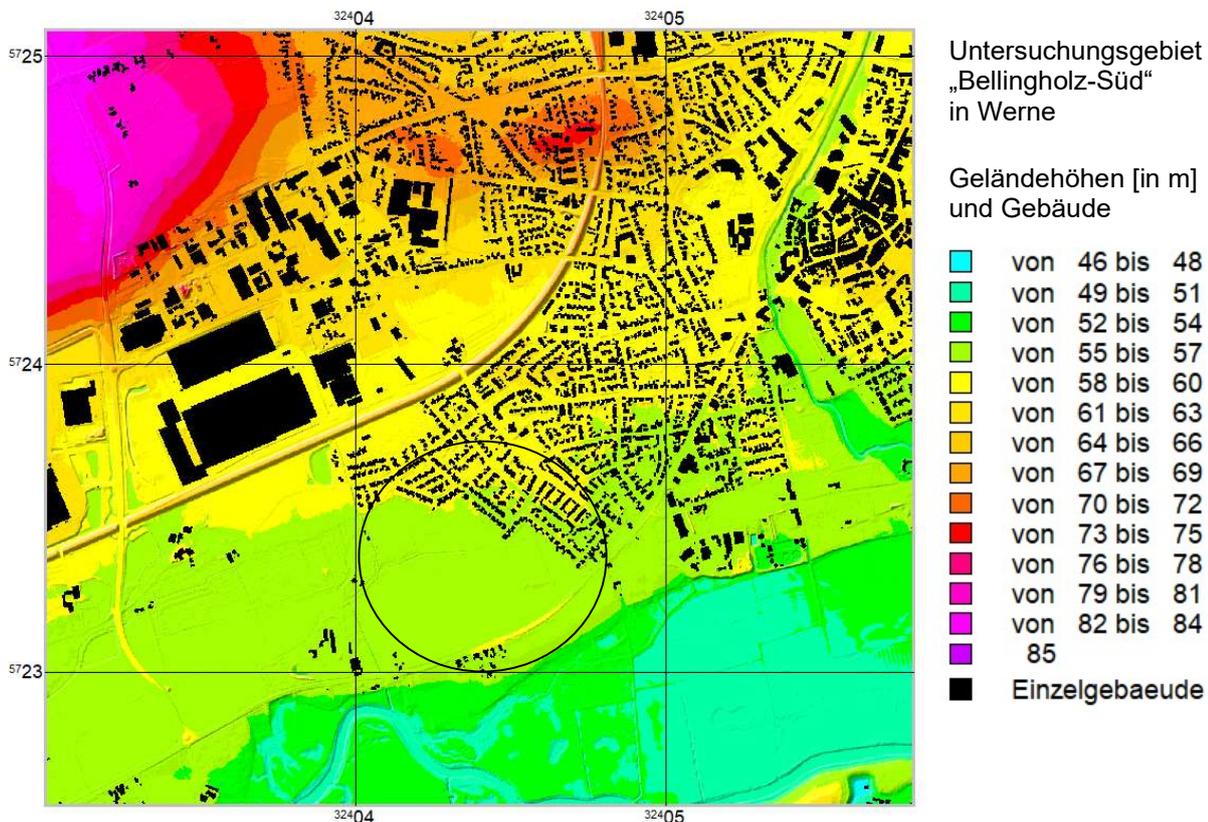


Abb. 4 Geländehöhen in einer 2,8 km x 2,8 km Umgebung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ für die Kaltluftsimulations-Eingabedatei im IST-Zustand

Die Nutzungsstruktur sowie die Vegetation des Modellgebietes sind über die Flächennutzungsklassen aufgelöst. Zusätzlich wurden alle Bebauungsstrukturen als Einzelhindernisse in das Modell für den IST-Zustand (Abb.5) und für das Plan-Szenario (Abb. 6) eingegeben. Die Ergebnisse dieser beiden Varianten werden anschließend verglichen. Dadurch erhält man einen großräumigen Überblick auf die aktuelle klimatische Funktion der Untersuchungsfläche „Bellingholz-Süd“ und über die möglichen klimatischen Auswirkungen auf die Kaltluftsystematik der umgebenden Flächen.

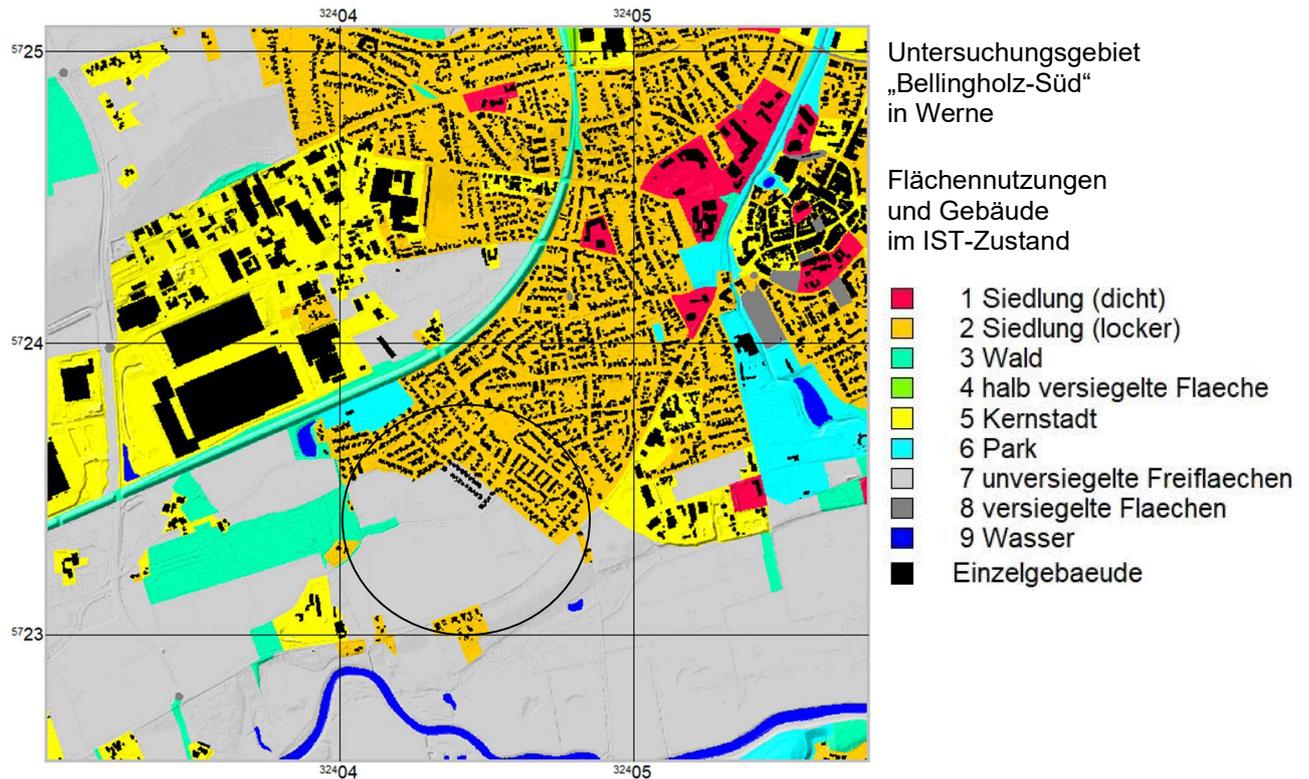


Abb. 5 Landnutzungsklassen und Gebäudestruktur in einer 2,8 km x 2,8 km Umgebung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ für die Kaltluftsimulations-Eingabedatei im IST-Zustand

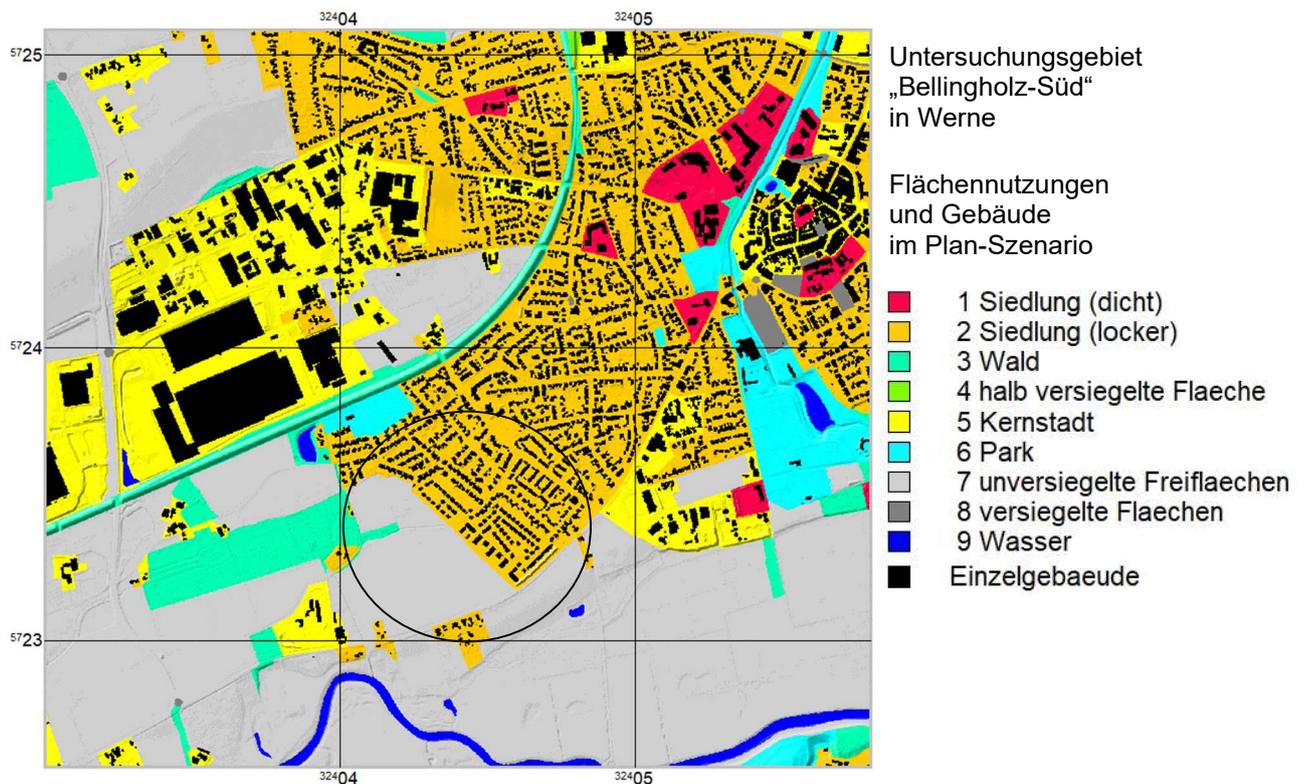


Abb. 6 Landnutzungsklassen und Gebäudestruktur in einer 4 km x 3 km Umgebung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ für die Kaltluftsimulations-Eingabedatei im Plan-Szenario

3.2 ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN FÜR IST UND PLAN

Zur Verdeutlichung des Kaltluftgeschehens innerhalb und im Umfeld des Untersuchungsgebietes werden im Folgenden die simulierten Kaltluftmächtigkeiten und die Kaltluftbewegungen vier Stunden nach Sonnenuntergang für den IST-Zustand und für das Plan-Szenario dargestellt. Die Kaltluftverteilung über dem Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ ist in den Karten zur Kaltluftmächtigkeit visualisiert, die die Schichtmächtigkeit nach vier Stunden Kaltluftbildung (Abb. 7 und 8) infolge ungehinderter nächtlicher Kaltluftentwicklung bei autochtonen Wetterlagen, d.h. bei Strahlungswetter (wolkenfrei und windstill), zeigen. Dargestellt in den Ergebniskarten für die Nacht sind die Höhen der angestauten Kaltluft in verschiedenen Blautönen und die Fließrichtungen und -geschwindigkeiten der Kaltluft mittels roter Pfeile. Die Kaltluft sammelt sich entsprechend der Geländeneigungen in tieferen Lagen, insbesondere im Tal der Lippe, und dringt in die Randbereiche der bebauten Flächen ein. Hier wird die zugeführte kalte Luft schnell erwärmt und die Kaltluftschicht löst sich auf.

Die Hauptzufuhr der Kaltluft am Bebauungsrand der Planfläche erfolgt von Südwesten aus dem entlang der Lippeaufgestauten Kaltluftsee. Auf der im IST-Zustand vorhandenen Freifläche des Plangebietes „Bellingholz-Süd“ liegt eine rund 20 m dicke Kaltluftschicht. Von dort dringt Kaltluft über die Bestandsstraßen nach Nordosten in die Bestandsbebauung von Bellingholz ein. Hier wird die Luft schnell erwärmt und die Mächtigkeit der Kaltluftschicht nimmt in rund 500 m Entfernung vom Bebauungsrand auf unter 10 m Höhe ab.

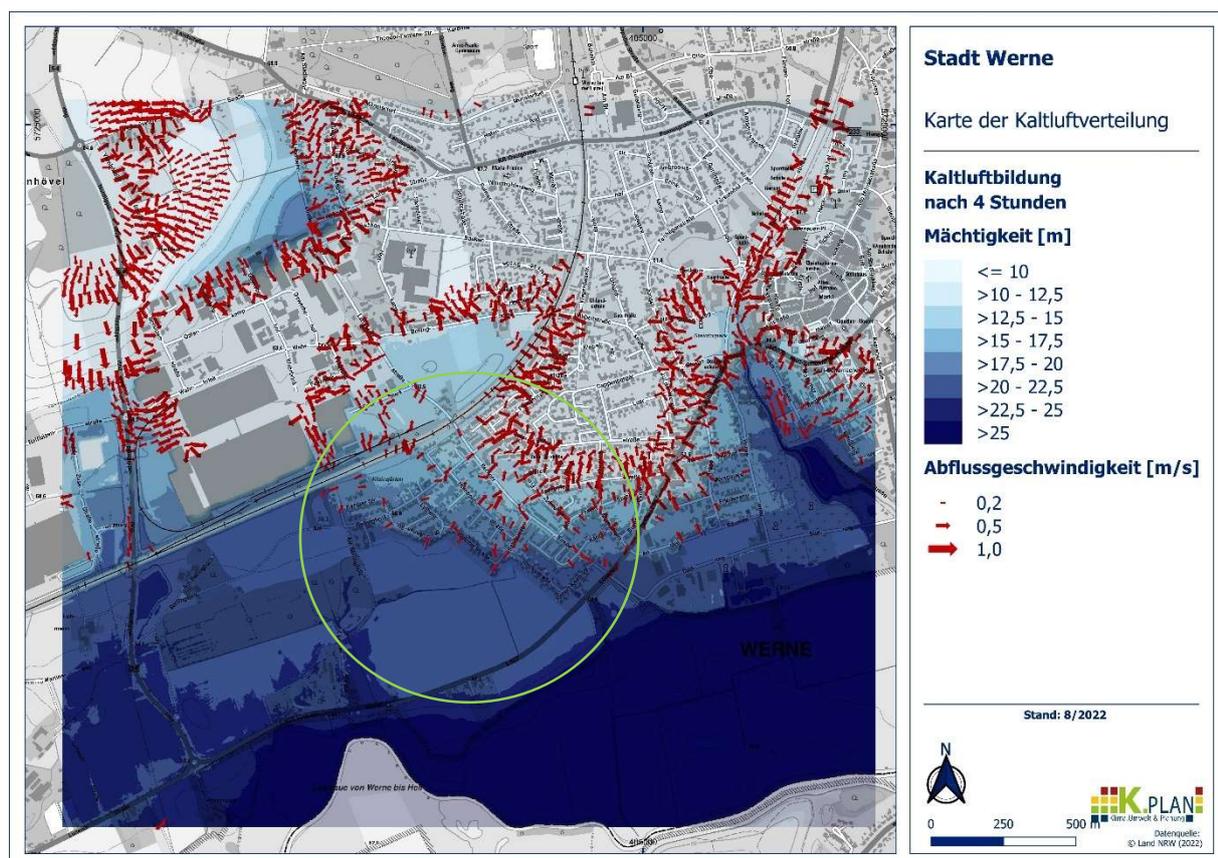


Abb. 7 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ im IST-Zustand, Kaltluflhöhe 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Im Plan-Szenario (Abb. 8) bleibt die Mächtigkeit der Kaltluft auf der Planfläche fast unverändert bei rund 20 m Höhe, reicht aber einige Meter weniger weit in die Bestandsbebauung hinein. Insgesamt ist die Kaltluftdynamik in die Umgebung hinein aber kaum verändert.

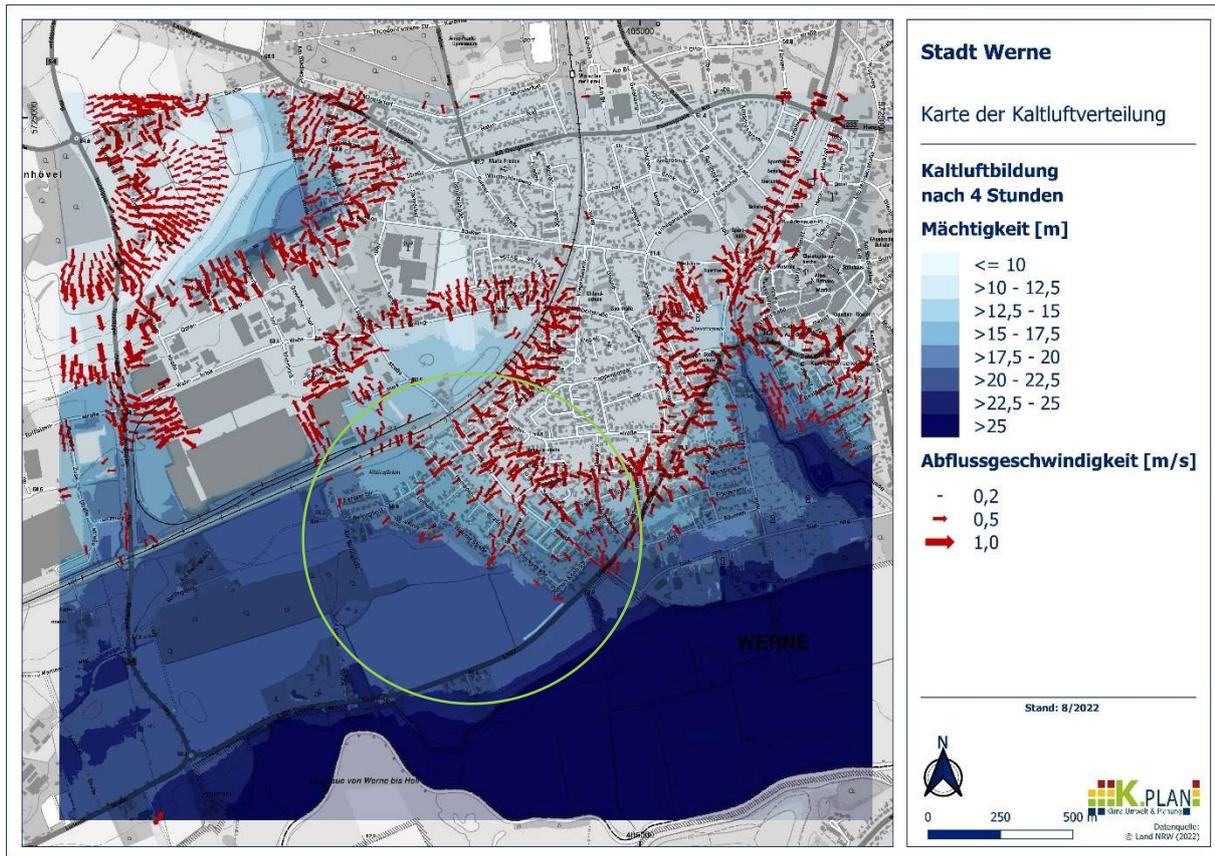


Abb. 8 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ im Plan-Szenario, Kaltluflhöhe 4 Stunden nach Sonnenuntergang

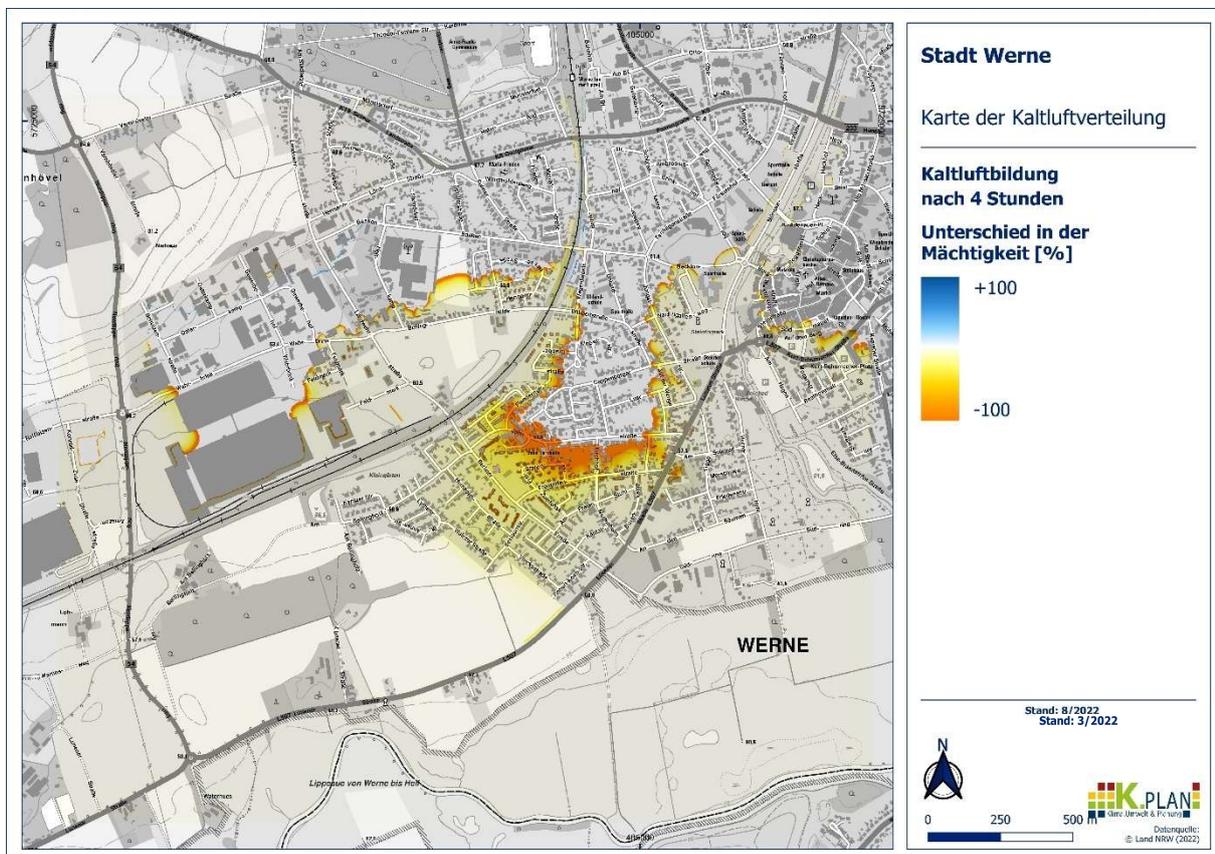


Abb. 9 Vergleich der Ergebnisse der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“: Kaltluflhöhe Plan-Szenario minus IST-Zustand 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Wichtig ist die genaue Betrachtung des Eindringens der Kaltluft in die bebauten Randbereiche. Hier können die Unterschiede besser über Differenzkarten sichtbar gemacht werden. Abbildung 9 zeigt die Veränderungen der Kaltluftmächtigkeit im Plan-Szenario im Vergleich zum IST-Zustand. Deutlich ist der Rückgang der Mächtigkeit der Kaltluftschicht in der Bebauung nördlich der Berliner Straße zu erkennen (oranger Bereich in der Abb. 9). Die Kaltluftschicht wies hier im IST-Zustand schon nur eine sehr geringe Mächtigkeit auf. Aufgrund des durch die neu geplanten Bauungen längeren Wegs der Kaltluft vom Freiland durch bebauten Bereiche geht die Reichweite um knapp 100 m zurück. In der weiteren Bestandsbebauung gibt es nur sehr geringe Veränderungen in der Kaltluflhöhe.

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Der Kaltluftvolumenstrom ist das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. 1 s) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Der Kaltluftvolumenstrom ist somit für die Messung, die Bewertung und die Modellrechnung sehr gut geeignet. Anhand der Karten zum Kaltluftvolumenstrom (Abb. 10 für den IST-Zustand und Abb. 11 für das Plan-Szenario) lassen sich Luftleitbahnen im Untersuchungsgebiet deutlich ausweisen. Die Karten zu den Volumenströmen zeigen ein deutlich differenzierteres Bild als die reinen Kaltluftmächtigkeiten. So werden konkrete Kaltluftabflusslinien und Luftleitbahnen für die Stadt erkennbar. Die Verbindungen zwischen den Kaltluftentstehungsgebieten, beispielsweise große Freiflächen, und den Wirkgebieten der Kaltluft werden durch die Darstellung des Kaltluftvolumenstroms sichtbar.

In den beiden Modellrechenergebnissen (IST in der Abb. 10 und Plan in der Abb. 11) wird die aus dem Bereich des Freilandes von Südwesten ausfließende und in den Gebäudebestand nach Nordosten eindringende Kaltluft deutlich. Die stärksten Kaltluftströme sind entlang der Südwest-Nordost verlaufenden Straßenzüge erkennbar. Im IST-Zustand sind auch nördlich der Berliner Straße im Bestand deutliche Kaltluftvolumenströme zu erkennen, die im Plan-Szenario schwächer und kürzer werden. Auf der Planfläche selbst zeigt sich durch die Ausprägung der Kaltluftvolumenströme ein Abbild der Straßenverläufe. Diese werden als Kaltluftbahnen genutzt und sorgen für eine gute Durchströmbarkeit des neuen Quartiers. Die neu geplante Bebauung am Südwestrand des Quartiers erzeugt keine Riegelwirkung für den Kaltluftzufluss. Es ist kein Aufstauen der Kaltluft vor der Neubebauung zu erkennen.

Deutlicher werden die Unterschiede wieder bei der Betrachtung der Differenzkarte „Plan-Szenario minus IST-Zustand“ (Abb. 12). Die Volumenströme ändern sich im Plan-Szenario nur kleinräumig, dann aber sehr stark. Durch Kanalisierungen entlang der Straßen im Neubaugebiet und anschließend weiter im Bestand verstärken sich die Kaltluftströme am Übergang zwischen Neubestand und Altbestand (blaue Bereiche in der Abb. 12). Das ist positiv für die Belüftung innerhalb der Neuplanungen. Dadurch steht aber dem Kaltluftfluss nach Nordosten etwas weniger Volumen zur Verfügung. Die Volumenströme im weiteren Verlauf nach Nordosten gehen leicht zurück. Im weiteren Umfeld des Plangebietes ändert sich nichts an der Kaltluftversorgung.

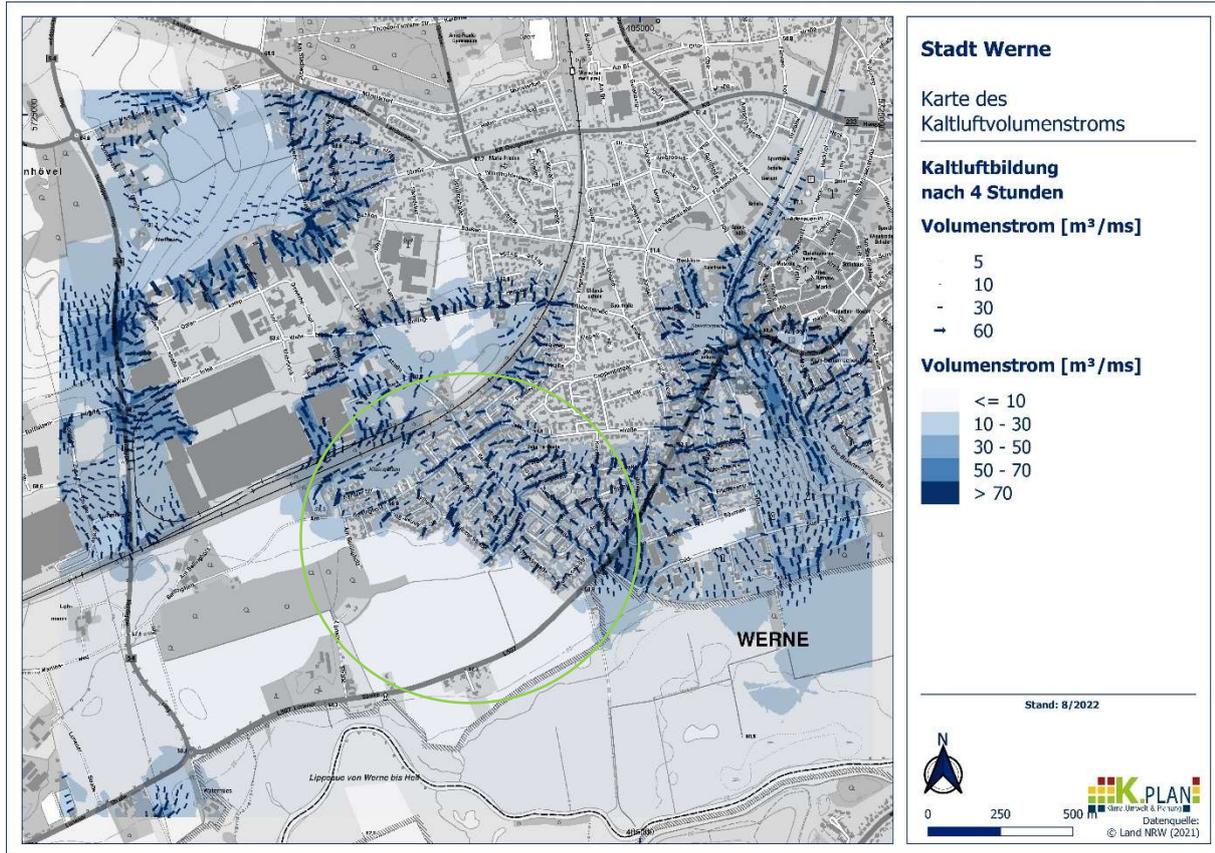


Abb. 10 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ im IST-Zustand, Volumenstrom 4 Stunden nach Sonnenuntergang

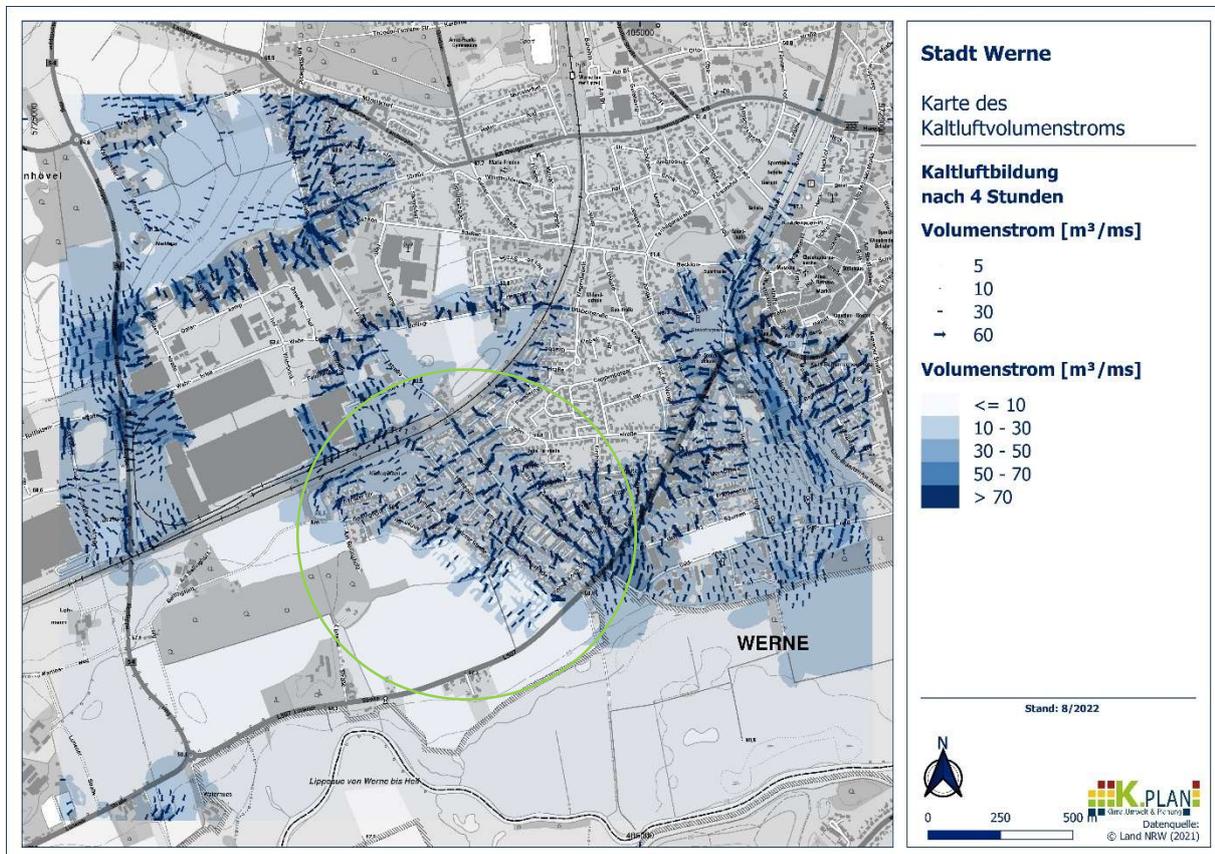


Abb. 11 Ergebnis der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ im Plan-Szenario, Volumenstrom 4 Stunden nach Sonnenuntergang

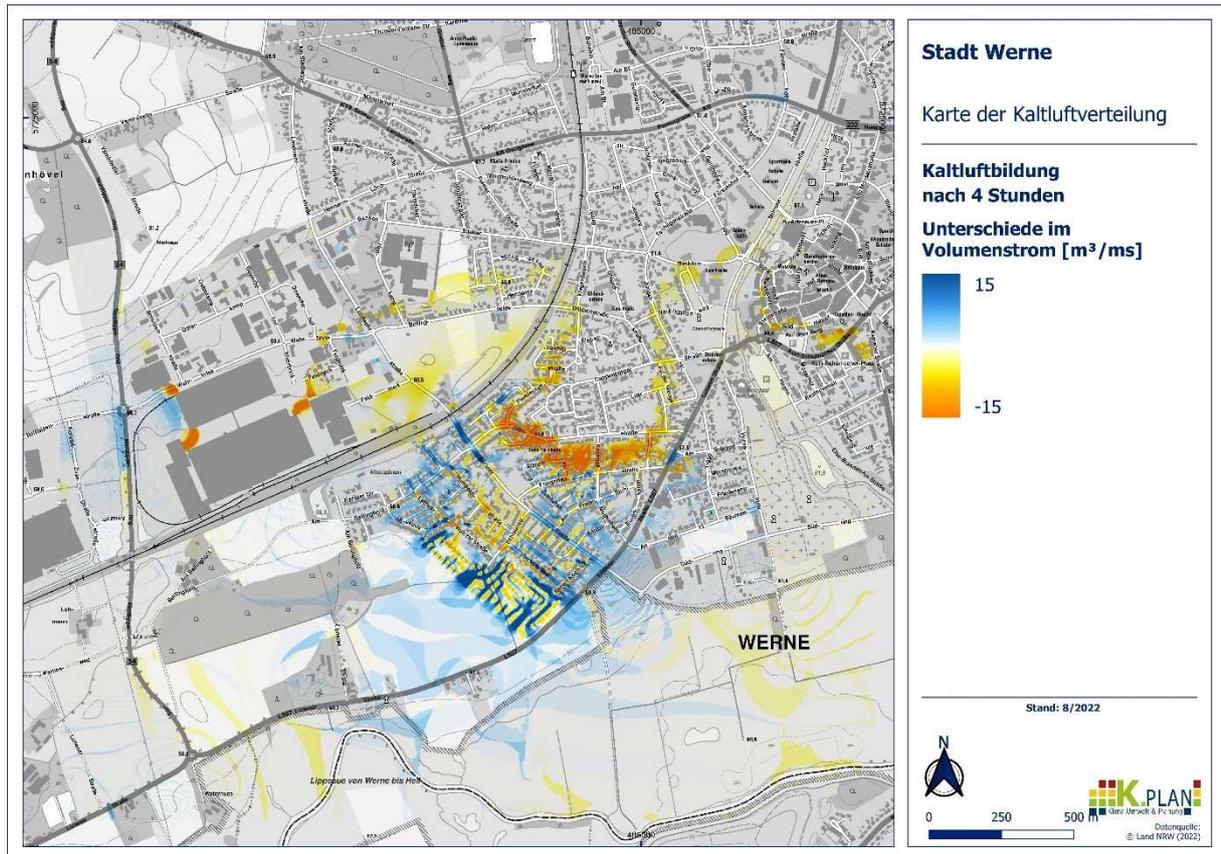


Abb. 12 Vergleich der Ergebnisse der Kaltluftsimulation für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“: Volumenstrom Plan-Szenario minus IST-Zustand 4 Stunden nach Sonnenuntergang

3.3 FAZIT AUS DEN KALTLUFTSIMULATIONEN

Das Kaltluftsystem in der weiteren Umgebung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ ändert sich durch die Neuplanungen nicht. Lediglich direkt im Umfeld des Plangebietes kommt es zu einigen Änderungen in der Intensität und der Reichweite der Kaltluftströme.

Das neu geplante Quartier erzeugt keine Riegelwirkung für die von Südwesten zufließende Kaltluft. Dadurch wird es gut mit Kaltluft versorgt und leitet die Kaltluftvolumenströme auch weiter nach Nordosten in die Bestandsbebauung hinein.

Nördlich der Berliner Straße ist im Bestand ein leichter Rückgang der Kaltluftströme zu erkennen. Hier kommt aber schon im IST-Zustand nur noch sehr wenig Kaltluft an. Die Neubebauung führt zu einem längeren Weg der Kaltluft durch bebaute Bereiche, die die Kaltluft langsam erwärmen, und damit zu einer maximal 100 m geringeren Reichweite der Kaltluft in die Bestandsbebauung hinein.

4. MIKROSKALIGE MODELLIERUNGEN FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET „BELLINGHOLZ-SÜD“

Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und Plan zu ermöglichen, ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. Hierzu wird das Modell ENVI-met eingesetzt (ENVI-met Website: www.envi-met.com, ENVI-met GmbH). 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 der Planentwürfe 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.

Im Folgenden werden die durchgeführten Modellrechnungen und deren Ergebnisse dargestellt. Die Kartierungsmethodik zur Aufnahme des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ wurde in drei Schritten vollzogen: die Aufnahme der Bauwerksstrukturen (Form und Höhe), die Aufnahme der Straßen und Fußwege (Bodenbelag) sowie die Aufnahme der Vegetation – hauptsächlich Bäume (Gestalt und Höhe). Die Kartierungen erfolgten auf der Grundlage von vorhandenem Kartenmaterial sowie Luftbildern. Die aufgenommenen Daten der Kartierungen wurden dann im nächsten Schritt in das Programm ENVI-met übertragen und dort für eine Modellierung vom Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes und für das Planszenario verwendet.

Das Untersuchungsgebiet ist in der Abbildung 13 dargestellt, das städtebauliche Konzept Bellingholz-Süd (vom 15.06.2021) in der Abbildung 14. Die Abbildungen 15 und 16 zeigen die daraus entwickelten Modelleingangsdaten für den IST-Zustand und das Plan-Szenario.



Abb. 15 Envi-met Modell für die Berechnung der IST-Situation im Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“

- Gebäude
- Rasenflächen
- Büsche und Hecker
- Bäume



Abb. 16 Envi-met Modell für die Berechnung des Plan-Szenarios im Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“

Mikroskalige Modellierungen für das Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“

Für die Erstellung der Modelle „IST“ und dem „Szenario“ wurden die Gebäude, die Vegetation und die Oberflächenbeläge in das Modell übertragen (Abb. 15 und 16). Die neuen Mehrfamilienhäuser, Gebäude mit Flachdach sowie die Garagen wurden mit einer extensiven Dachbegrünung versehen. Die neuen Bäume in den Szenarien sind zwischen 6m und 15m hoch, mit blattfreiem Stamm und mittlerer Kronendichte. Der vorgesehene Lärmschutzwall würde als Worst-Case-Szenario“ mit einer Höhe von 6 m in das Modell gesetzt. Um die möglichen Belastungen einer sommerlichen Hitzewetterlage betrachten zu können, wurde zum Modellstart eine hohe Lufttemperatur und ein schwacher Wind gewählt. Das Modell wurde entsprechend der Belüftungssituation und der möglichen Luftströmungen bei Hitzewetterlagen mit einer Anströmung aus Nordnordost sowie aus Südwest gerechnet. Die Anströmung aus Südwest entspricht der Kaltluftströmung, die sich aus den Ergebnissen der Kaltluftsimulation (Kap. 3) ableiten lässt.

Modell-Varianten:	Modell-Parameter (Startzeit 6 Uhr MEZ)
<ul style="list-style-type: none"> • Bebauungsplan 12 E: IST-Situation mit Anströmung aus NNE • Bebauungsplan 12 E: Plan-Szenario mit Anströmung aus NNE • Bebauungsplan 12 E: IST-Situation mit Anströmung aus SW • Bebauungsplan 12 E: Plan-Szenario mit Anströmung aus SW 	<p>Lufttemperatur (2 m Höhe): 19,8 °C Windgeschwindigkeit (10 m Höhe): 1,5 m/s</p> <p>Windrichtung (10 m Höhe): 30 Grad (NNE) Windrichtung (10 m Höhe): 225 Grad (SW)</p> <p>Größe des Untersuchungsgebietes: 838 m x 546 m Modellgröße (Grid): x=419; y=273; z=26 Rasterauflösung: dx=2 m, dy=2 m, dz=2 m</p> <p>Simulationstag: sommerliches Strahlungswetter Simulationszeit: 24 Stunden (Tagesgang)</p>

Fragestellungen

- Wie ist die mikroklimatische IST-Situation während einer sommerlichen Strahlungswetterlage im Untersuchungsgebiet zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen können die im Plan vorgesehenen Veränderungen auf die Belüftungssituation in der Umgebung haben?
- Wie ändert sich die Hitzebelastung und die bioklimatische Belastung im Quartier und in der unmittelbaren Umgebung?

Analyse der Modellergebnisse

Es werden für die Tag- und für die Nachtsituation die Lufttemperaturen und die Windverhältnisse betrachtet. Die Ergebnisse der Szenarien aus der Planvariante werden im direkten Vergleich mit der IST-Situation durch die Berechnung der Differenzen für die Größen Windgeschwindigkeit, Oberflächentemperaturen und Lufttemperaturen dargestellt. Ergänzend werden die Bioklimatischen Situationen mit Hilfe der PMV-Werte untersucht.

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.

4.1 Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Belüftung

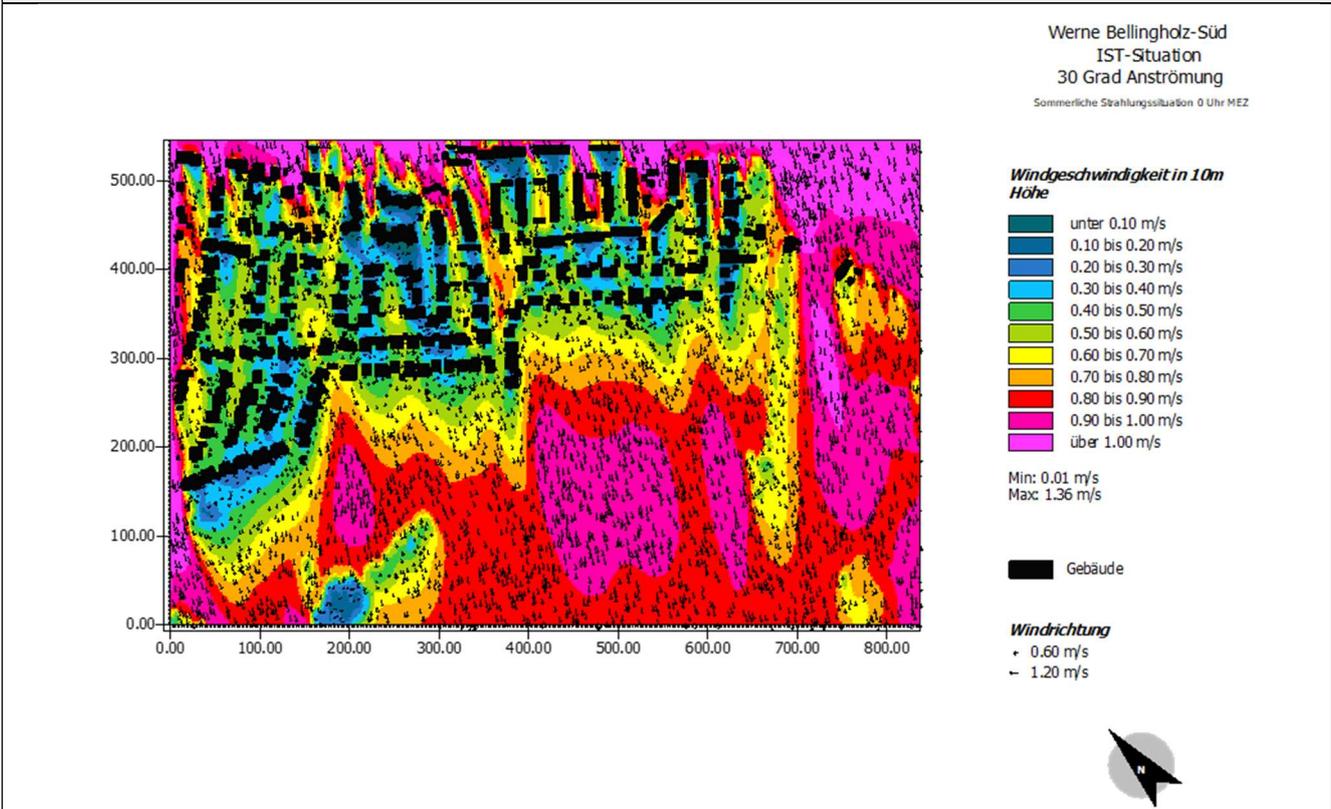


Abb. 17 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus NNE

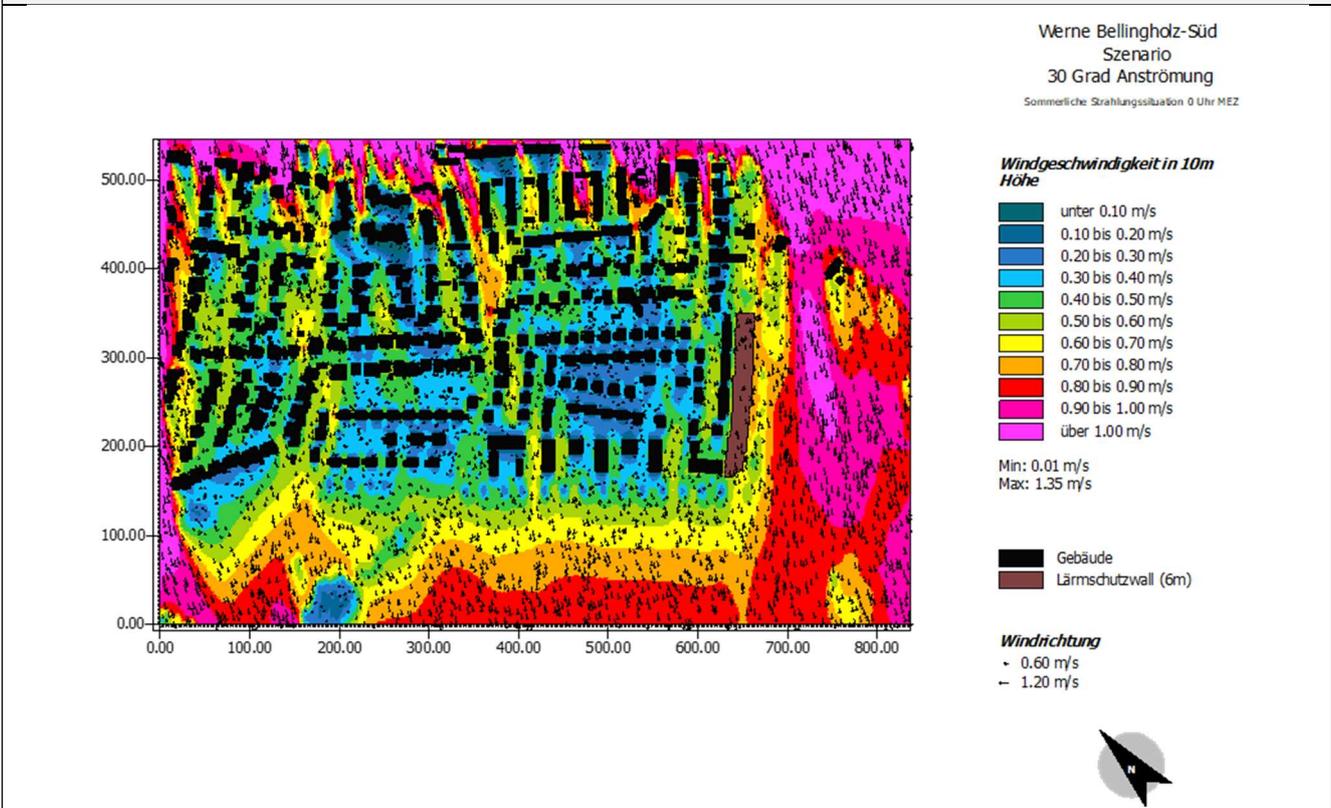


Abb. 18 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus NNE

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Belüftung

Werne Bellingholz-Süd
 IST-Situation
 225 Grad Anströmung
 Sommerliche Strahlungssituation 0 Uhr MEZ

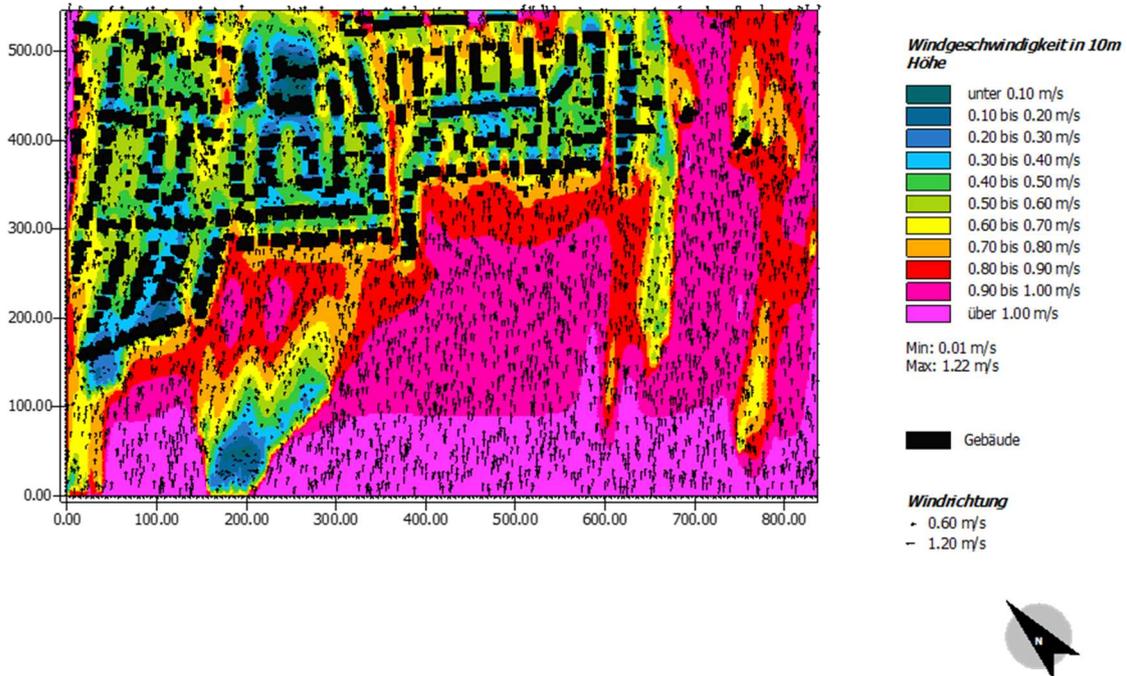


Abb. 19 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus SW

Werne Bellingholz-Süd
 Szenario
 225 Grad Anströmung
 Sommerliche Strahlungssituation 0 Uhr MEZ

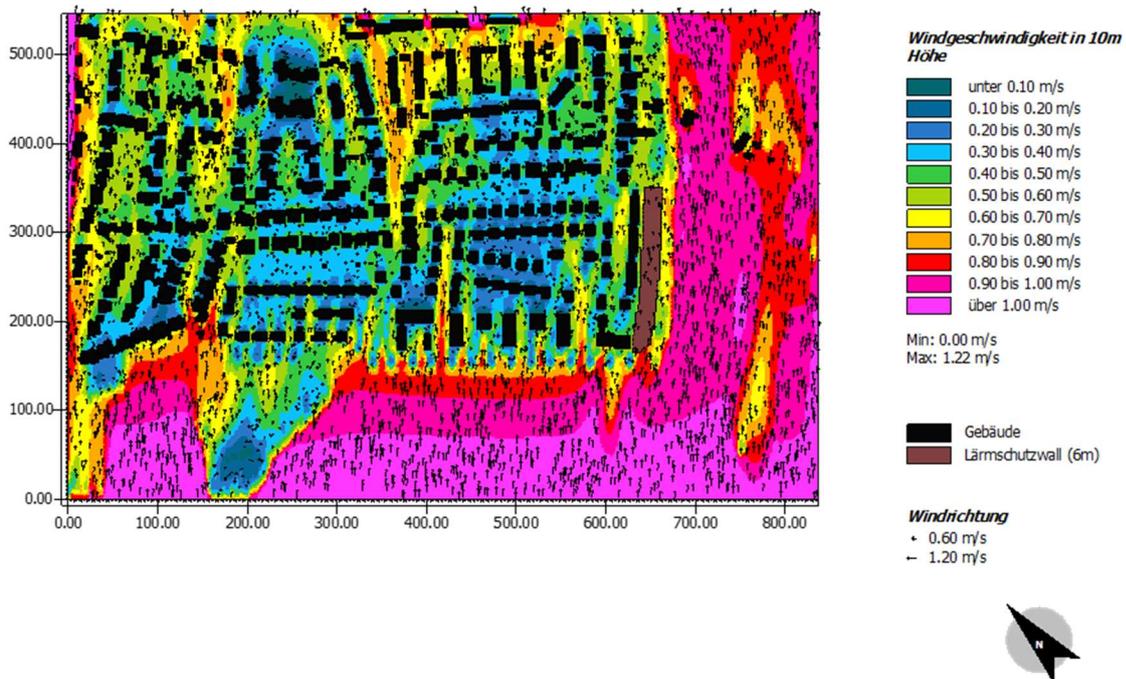
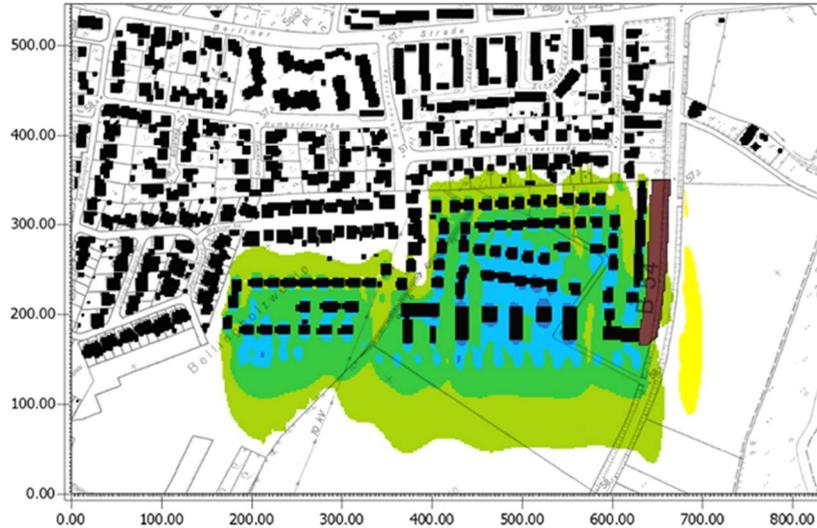


Abb. 20 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario: Nächtliche Windströmung bei Anströmung aus SW

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Belüftung

Werne Bellingholz-Süd
 Vergleich Szenario mit
 IST-Situation
 30 Grad Anströmung

Sommerliche Strahlungssituation 0 Uhr MEZ



Differenz der
 Windgeschwindigkeit in 10m
 Höhe

- unter -0.90 m/s
- 0.90 bis -0.70 m/s
- 0.70 bis -0.50 m/s
- 0.50 bis -0.30 m/s
- 0.30 bis -0.10 m/s
- 0.10 bis 0.10 m/s
- über 0.10 m/s

Min: -0.93 m/s
 Max: 0.16 m/s

- Gebäude
- Lärmschutzwall (6m)



Abb. 21 Differenzen der Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe: Plan-Szenario minus IST-Zustand bei Anströmung aus Nordnordost

Werne Bellingholz-Süd
 Vergleich Szenario mit
 IST-Situation
 225 Grad Anströmung

Sommerliche Strahlungssituation 0 Uhr MEZ



Differenz der
 Windgeschwindigkeit in 10m
 Höhe

- unter -0.90 m/s
- 0.90 bis -0.70 m/s
- 0.70 bis -0.50 m/s
- 0.50 bis -0.30 m/s
- 0.30 bis -0.10 m/s
- 0.10 bis 0.10 m/s
- über 0.10 m/s

Min: -0.90 m/s
 Max: 0.15 m/s

- Gebäude
- Lärmschutzwall (6m)



Abb. 22 Differenzen der Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe: Plan-Szenario minus IST-Zustand bei Anströmung aus Südwest

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Belüftung

Mikroklimatische Bewertung der Belüftungssituation

Während tagsüber die direkte Sonneneinstrahlung die größte Belastung für den Menschen darstellt, sind in der Nacht die Belüftung und die Absenkung der Lufttemperaturen die entscheidenden Faktoren zur Beurteilung der Hitzebelastung. Zur Beurteilung der Belüftung werden die Windströmungen um 0 Uhr MEZ in 10 m Höhe MEZ betrachtet.

Das Quartier wird in der IST-Situation (Abb. 17 und Abb. 19) bei einem vorgegebenen Ausgangswind aus NNE bzw. SW mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s in 10 m Höhe während der Nacht innerhalb der Bestandsbebauung nur schlecht durchlüftet. Innerhalb der Bebauung sind zwischen den Gebäuden mit 0,1 m/s (dunkelblau) bis zu 0,5 m/s (grün) weitgehend nur sehr geringe Windgeschwindigkeiten vorhanden. Über den südwestlich bis südöstlich der Bebauung angrenzenden Feldern werden hohe Windgeschwindigkeiten mit bis zu 1,3 m/s erreicht.

Auf der im IST-Zustand noch unbebauten Planfläche fallen die Windverhältnisse je nach Ausgangswind etwas unterschiedlich aus. Bei einer Anströmung aus NNE (Abb. 17) wirkt die Bestandsbebauung als Strömungshindernis und die Planfläche liegt im Lee der Bebauung. Auf der Freifläche im IST-Zustand liegen die Windgeschwindigkeiten noch unter 1 m/s und steigen langsam nach Südwesten wieder an. Im Plan-Szenario (Abb. 18) wird dieser Lee-Effekt durch die neu hinzugekommene Bebauung noch weiter nach Südwesten verschoben. Bei einer Anströmung aus Südwest trifft der Wind aus dem Freiland im IST-Zustand ungebremst auf die Bestandsbebauung (Abb. 19) und führt zu einer guten Durchlüftung der randlichen Baustrukturen. Im Plan-Szenario wirkt die Neubebauung als Strömungshindernis, da der Bestand nun im Lee des neuen Quartiers liegt. Die gut belüftete randliche Bebauung ist entsprechend weiter nach Südwesten gerückt und liegt jetzt im Neubaugebiet.

Deutlich wird dieser Unterschied in der Belüftung je nach Anströmrichtung bei der Betrachtung der Differenzkarten (Abb. 21 u.22). Erwartungsgemäß wird durch die neuen Gebäude im Plan-Szenario die Belüftung innerhalb des neuen Quartiers im Vergleich zur Freifläche im IST-Zustand deutlich reduziert. Bei einer Anströmung aus NNE fällt die Verringerung der Belüftung etwas weniger deutlich aus, da das Plangebiet, im Lee des Bestandes gelegen, schon im IST-Zustand geringere Windgeschwindigkeiten aufweist. Aufgrund dieser Anströmrichtung gibt es keine nachweisbaren Veränderungen der Belüftung im Bestand. Der Lee-Effekt der verringerten Windgeschwindigkeiten hinter der Neubebauung reicht um rund 150 m in den sich südwestlich anschließenden Freilandbereich hinein.

Bei der für die Kaltluftversorgung wichtigen Betrachtung der Windanströmung aus Südwest (Abb. 20 und 22) zeigt sich einerseits die gute Einströmung der Luft in die Randbereiche der Neubebauung. Die Ausrichtung der Mehrfamilienhäuser längs und nicht quer zur Strömungsrichtung ermöglicht ein gutes Eindringen der Kaltluft in das Quartier. Andererseits wirkt die Neubebauung jetzt als Strömungshindernis für den Bestand. Die Verringerung der Windgeschwindigkeiten um rund 0,3 m/s setzt sich um bis zu 100 m (z.B. Robert-Koch-Straße) über den Bereich der Vinckestraße hinaus in die Bestandsbebauung fort.

Der südöstlich des Neubaugebietes geplante Lärmschutzwall hat aufgrund seiner längs der relevanten Strömungsrichtungen ausgerichteten Ausdehnung kaum eine Auswirkung auf die Belüftung sowohl im neuen wie auch im Bestandsquartier. Über dem freien Feld kommt es durch einen Kanalisierungseffekt entlang des Lärmschutzwalls zu einer leichten Erhöhung der Windgeschwindigkeit.

4.2 Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation

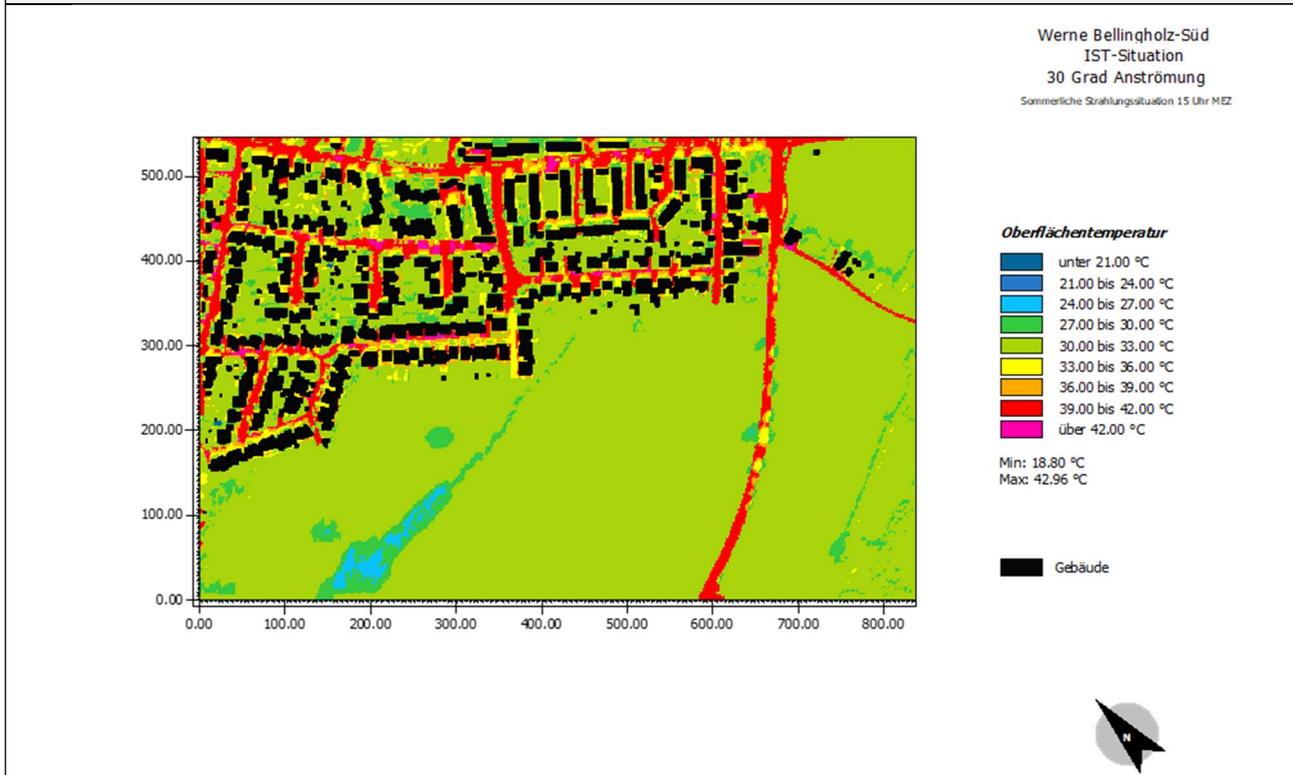


Abb. 23 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand:
 Oberflächentemperaturen um 15 Uhr



Abb. 24 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario:
 Oberflächentemperaturen um 15 Uhr

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation



Abb. 25 Differenzen der Oberflächentemperaturen: Plan-Szenario minus IST-Zustand um 15 Uhr

Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation: Oberflächentemperaturen

Ausgangspunkt für eine mögliche Überwärmung eines Gebietes sind die Temperaturen der Oberflächen. Diese heizen sich je nach Material und Farbe tagsüber bei Sonneneinstrahlung mehr oder weniger stark auf und geben die Energie an die darüber liegenden Luftschichten ab. Unversiegelte, feuchte oder beschattete Flächen erreichen deutlich geringere Oberflächentemperaturen. Auf den asphaltierten Verkehrsflächen und den versiegelten Flächen erreichen die Oberflächentemperaturen im IST-Zustand (Abb. 23) bis zu 42 °C. Durch Gebäude beschattete Flächen sind rund 10 Grad kühler und die Oberflächentemperaturen in den Bereichen mit ausgedehnter Vegetationsverschattung weisen bis zu 20 Grad geringere Werte auf. Das Niveau der Oberflächentemperaturen ist in Bereichen mit einem hohen Anteil an Vegetation insgesamt deutlich geringer als auf den Verkehrsflächen.

Im Szenario (Abb. 24) lassen sich gut die neuen Verkehrswege erkennen, die gegenüber der Freilandsituation höhere Oberflächentemperaturen aufweisen. Da im neuen Quartier überwiegend mit Betonpflaster für die Verkehrswege gearbeitet wurde, fallen die Oberflächentemperaturen deutlich niedriger aus als bei den Bestandsstraßen. Diese asphaltierten Bereiche heizen sich tagsüber bei Sonneneinstrahlung extrem auf. Die Differenzkarte (Abb. 25) zeigt, dass sich um 15 Uhr im Plangebiet auf den Verkehrsflächen mit Betonpflaster die Oberflächentemperaturen um bis zu 6 Grad (gelb) im Vergleich zum Freiland der IST-Situation erhöhen. Die Erweiterung der Straßenführung mit Asphalt erhöht die Oberflächentemperatur um bis zu 11 Grad (rot). Eine Verringerung der Oberflächentemperaturen auf den versiegelten Flächen um bis zu 6 Grad (grün) findet sich lokal in wenigen Bereichen mit Baumverschattung. Hier bessert sich die thermische Situation selbst gegenüber dem nicht versiegelten, aber auch unbeschatteten Freiland der IST-Situation.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation

Werne Bellingholz-Süd
 IST-Situation
 30 Grad Anströmung
 Sommerliche Strahlungssituation 15 Uhr MEZ



Lufttemperatur in 2m Höhe

- unter 30,60 °C
- 30,60 bis 31,00 °C
- 31,00 bis 31,40 °C
- 31,40 bis 31,80 °C
- 31,80 bis 32,20 °C
- 32,20 bis 32,60 °C
- 32,60 bis 33,00 °C
- über 33,00 °C

Min: 30,32 °C
 Max: 33,32 °C

■ Gebäude



Abb. 26 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: Lufttemperaturen um 15 Uhr bei einer Anströmung aus NNE

Werne Bellingholz-Süd
 Szenario
 30 Grad Anströmung
 Sommerliche Strahlungssituation 15 Uhr MEZ



Lufttemperatur in 2m Höhe

- unter 30,60 °C
- 30,60 bis 31,00 °C
- 31,00 bis 31,40 °C
- 31,40 bis 31,80 °C
- 31,80 bis 32,20 °C
- 32,20 bis 32,60 °C
- 32,60 bis 33,00 °C
- über 33,00 °C

Min: 30,48 °C
 Max: 33,33 °C

■ Gebäude
 ■ Lärmschutzwall (6m)



Abb. 27 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario: Lufttemperaturen um 15 Uhr bei einer Anströmung aus NNE

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation

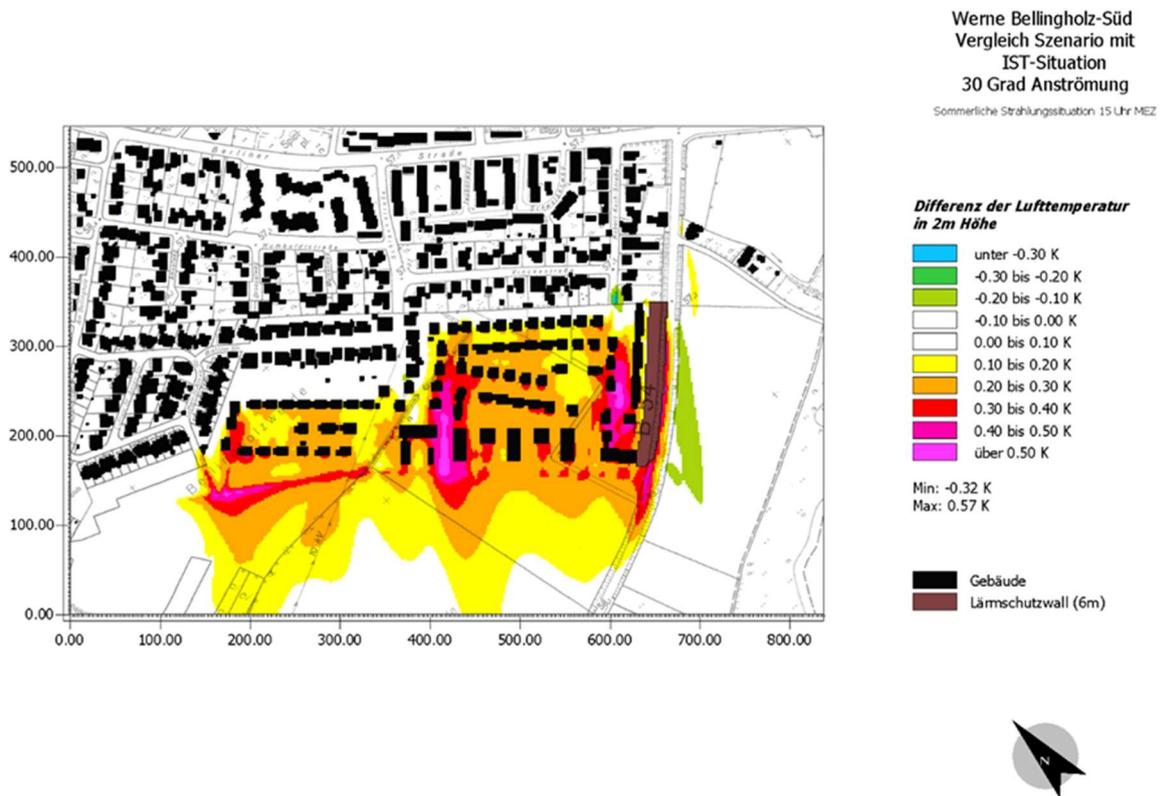


Abb. 28 Differenzen der Lufttemperaturen: Plan-Szenario minus IST-Zustand um 15 Uhr bei Anströmung aus NNE

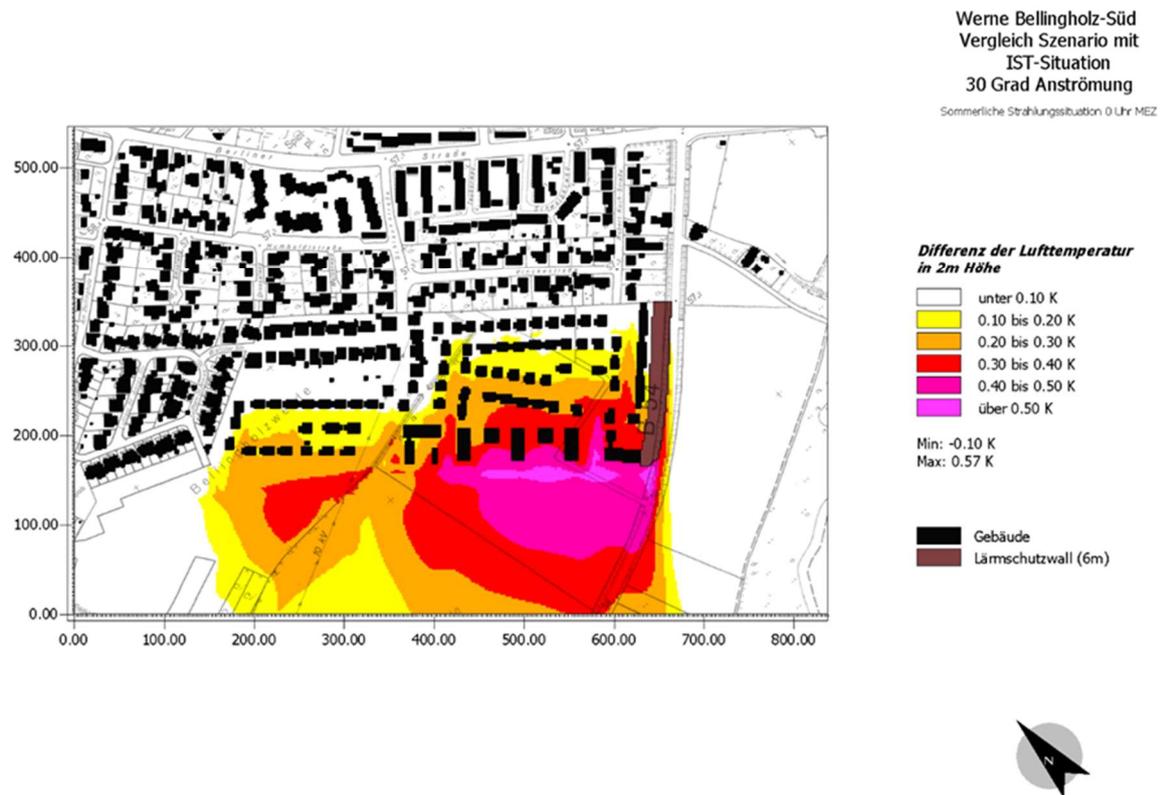


Abb. 29 Differenzen der Lufttemperaturen: Plan-Szenario minus IST-Zustand um 0 Uhr bei Anströmung aus NNE

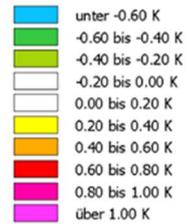
Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation

Werne Bellingholz-Süd
Vergleich Szenario mit
IST-Situation
225 Grad Anströmung

Sommerliche Strahlungssituation 15 Uhr MEZ



**Differenz der Lufttemperatur
in 2m Höhe**



Min: -0.69 K
Max: 1.02 K

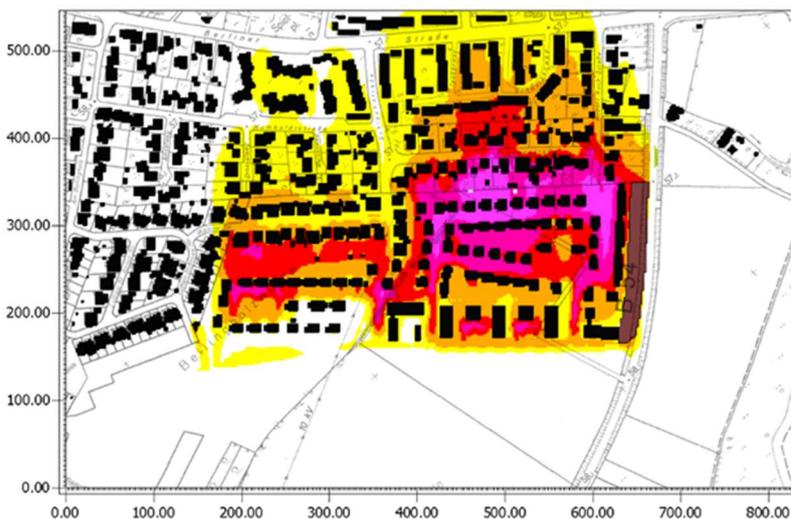
■ Gebäude
■ Lärmschutzwall (6m)



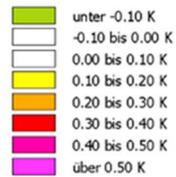
Abb. 30 Differenzen der Lufttemperaturen: Plan-Szenario minus IST-Zustand um 15 Uhr bei Anströmung aus SW

Werne Bellingholz-Süd
Vergleich Szenario mit
IST-Situation
225 Grad Anströmung

Sommerliche Strahlungssituation 0 Uhr MEZ



**Differenz der Lufttemperatur
in 2m Höhe**



Min: -0.11 K
Max: 0.61 K

■ Gebäude
■ Lärmschutzwall (6m)



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

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Thermische Situation

Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation: Lufttemperaturen

Das Zusammenspiel von Oberflächentemperaturen, Sonnenenergiespeicherung in den Materialien und Belüftung bildet die Grundlage für die Ausprägungen der **Lufttemperaturen** tagsüber und in der Nacht.

Im IST-Zustand liegen die höchsten Lufttemperaturen um 15 Uhr MEZ (Abb. 26) im Bereich der Nord-Süd ausgerichteten Verkehrswege mit bis zu 33 °C (rot/lila). Tagsüber werden auch über unversiegelten Freiflächen durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung hohe Lufttemperaturwerte erreicht. Über der Freifläche im Plangebiet liegen die Lufttemperaturen weitgehend zwischen 30,6 und 31,4 °C (grün).

Im Szenario (Abb. 27) erhöhen sich die Lufttemperaturen am Tag im Bereich des Plangebietes nur geringfügig um bis zu 0,5 Grad und in Strömungsrichtung wirkt eine warme Luftfahne mit einer Erhöhung der Lufttemperatur von 0,1 bis 0,3 °C ca. 150 m über die angrenzende Freifläche hinaus. Dies ist deutlich in der Differenzenabbildung 28 zu erkennen. Der Lärmschutzwall führt tagsüber durch Schattenwurf zu einer leichten Absenkung der Lufttemperaturen in der unmittelbaren Umgebung (hellgrüner Bereich in der Abb. 28). In der Nachtsituation (Abb. 29) ist bei Anströmung aus NNE die Erwärmung über der Freifläche insgesamt deutlich ausgeprägter. Es ist eine Warmluftfahne Richtung Südwesten zu erkennen. Die im neuen Quartier tagsüber gebildete Wärme wird durch die Luftbewegung teilweise aus dem Plangebiet hinausgetragen.

Bei einer Anströmung aus SW erhöhen sich die Lufttemperaturen im Plangebiet am Tag um bis zu 1 Grad (Abb. 30), da bei dieser Anströmung die Freifläche des IST-Zustandes besser durchlüftet und damit die Ausgangssituation etwas kühler ist. Die Erwärmung tagsüber bleibt auf das direkte Plangebiet beschränkt. Für die Nachtsituation (Abb. 31) ist eine deutliche Überwärmung um bis zu 0,6 Grad im Plangebiet erkennbar und in Strömungsrichtung wirkt eine warme Luftfahne mit Werten zwischen 0,2 bis 0,6 Grad in die Bestandsbebauung bis zum Modellrand.

4.3 Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Bioklimatische Situation

Zur Beurteilung des **Bioklimas** in einem städtischen Umfeld wurde der PMV-Index herangezogen. PMV, 1972 vom dänischen Wissenschaftler Ole Fanger entwickelt, steht für „predicted mean vote“ (durchschnittliche erwartete Empfindung) und ist ein bioklimatischer Index, der die thermische Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit eines Menschen widerspiegelt. Der Bioklima-Index ist sinnvoll, da die vom Menschen empfundene Wärmebelastung bzw. die wetterbedingte Belastung des Organismus nicht allein von der Lufttemperatur abhängt, sondern auch von anderen Einflussgrößen innerhalb des thermischen Wirkungskomplexes. Die wichtigsten Einflussgrößen, die zur Berechnung des PMV herangezogen werden, 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 (Abb. 32). Der Wert -4 wird als sehr kalt empfunden und der Wert +4 als sehr heiß mit einer extremen Belastung für den Organismus. Ein neutraler thermischer Komfort entspricht dem PMV-Wert 0. Dabei ist zu beachten, dass in diesem Kontext thermische Ausdrücke, wie etwa kühl, warm oder heiß in Verbindung mit dem entsprechenden PMV-Wert stehen und nicht allein mit der Lufttemperatur gleichzusetzen sind, sondern in diesem Falle eine Einordnung des Behaglichkeitsempfindens des Menschen auf der PMV-Skala darstellen.

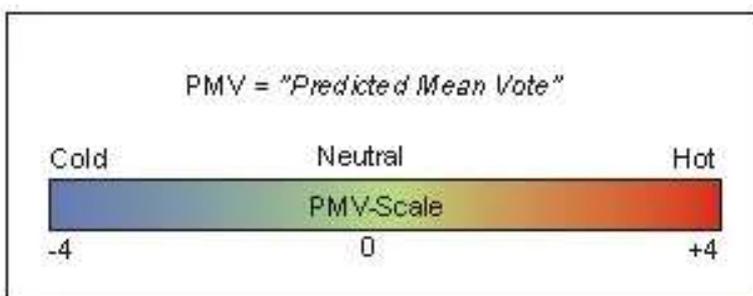


Abb. 32 Werteskala der PMV Grobeinteilung

Die bioklimatische Situation ist weitgehend unabhängig von der Richtung der Anströmung. Deshalb werden im Folgenden beispielhaft nur die Ergebnisse der Modellrechnungen mit Anströmung aus NNE dargestellt. Über den versiegelten Flächen ohne Verschattung werden um 15 Uhr MEZ in der IST-Situation (Abb. 33) sehr hohe bioklimatischen Belastungen mit PMV-Werten von 3 bis 4 erreicht. Diese Flächen stellen nach der PMV Skala eine starke bis extreme Wärmebelastung dar. In den Bereichen mit Gebäude- und Vegetationsverschattung sind die Werte etwas geringer und liegen zwischen 2,6 und 3,2. Die bioklimatische Situation der Planfläche im IST-Zustand ist aufgrund der ungehinderten Sonneneinstrahlung durch PMV-Werte zwischen 3,4 und 3,8 gekennzeichnet und damit sehr stark hitzebelastet.

Auf den durch die neuen Gebäude verschatteten Flächen sowie im Bereich der neu gesetzten Bäume im Plan-Szenario (Abb. 34) verringern sich die PMV-Werte lokal in der Tagsituation um bis zu 0,8 (grün/ hellblau). Da die Abschwächung der Hitzebelastung am Tag in erster Linie durch eine Beschattung erreicht wird, wird die Situation im bebauten Zustand immer in den Bereichen mit Hausverschattung verbessert und in den Bereichen mit Reduzierung der Vegetation des IST-Zustandes verschlechtert. Die Differenzen-Abbildung 35 zeigt deutlich, dass es durch die Neubebauungen zu keiner Verschlechterung der bioklimatischen Situation kommt, weder im Plangebiet noch in der Bestandsbebauung.

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Bioklimatische Situation

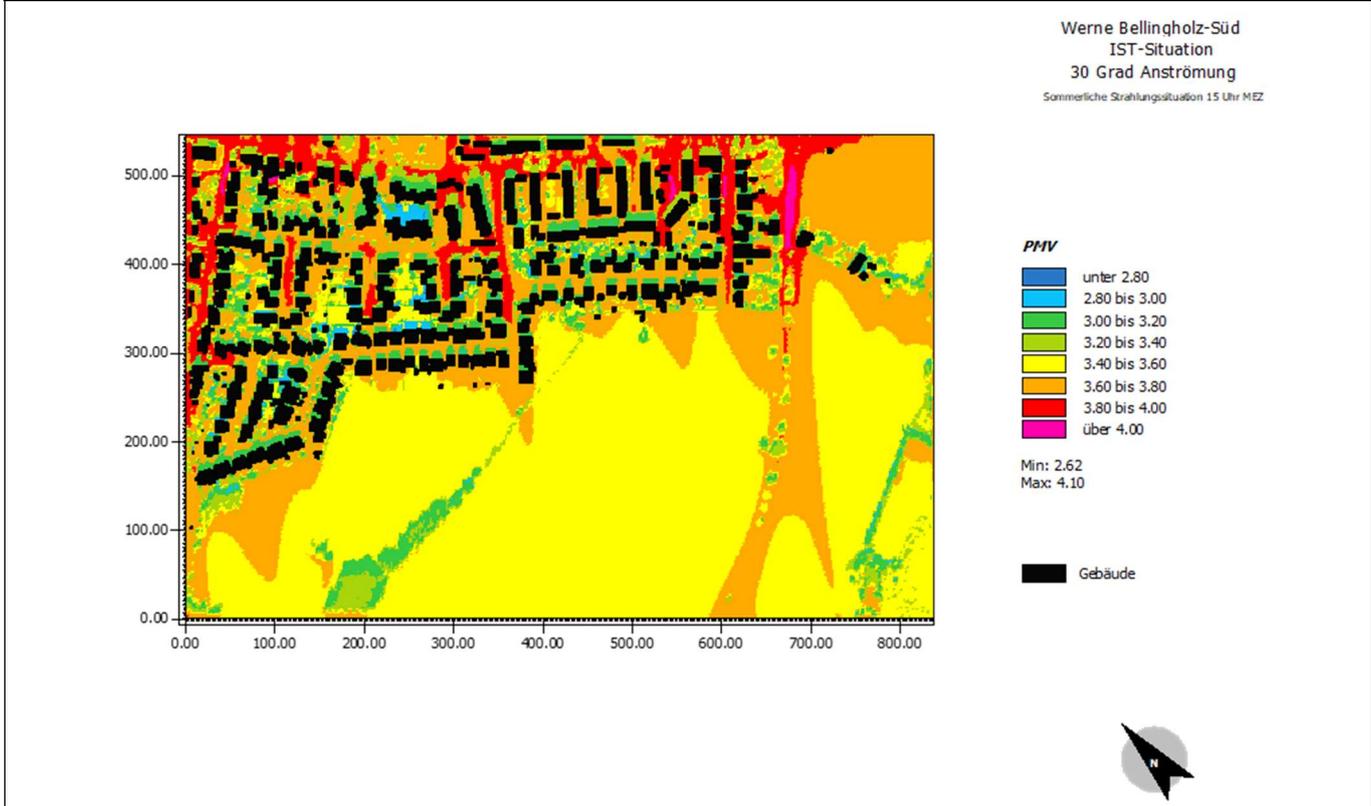


Abb. 33 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: PMV-Werte um 15 Uhr

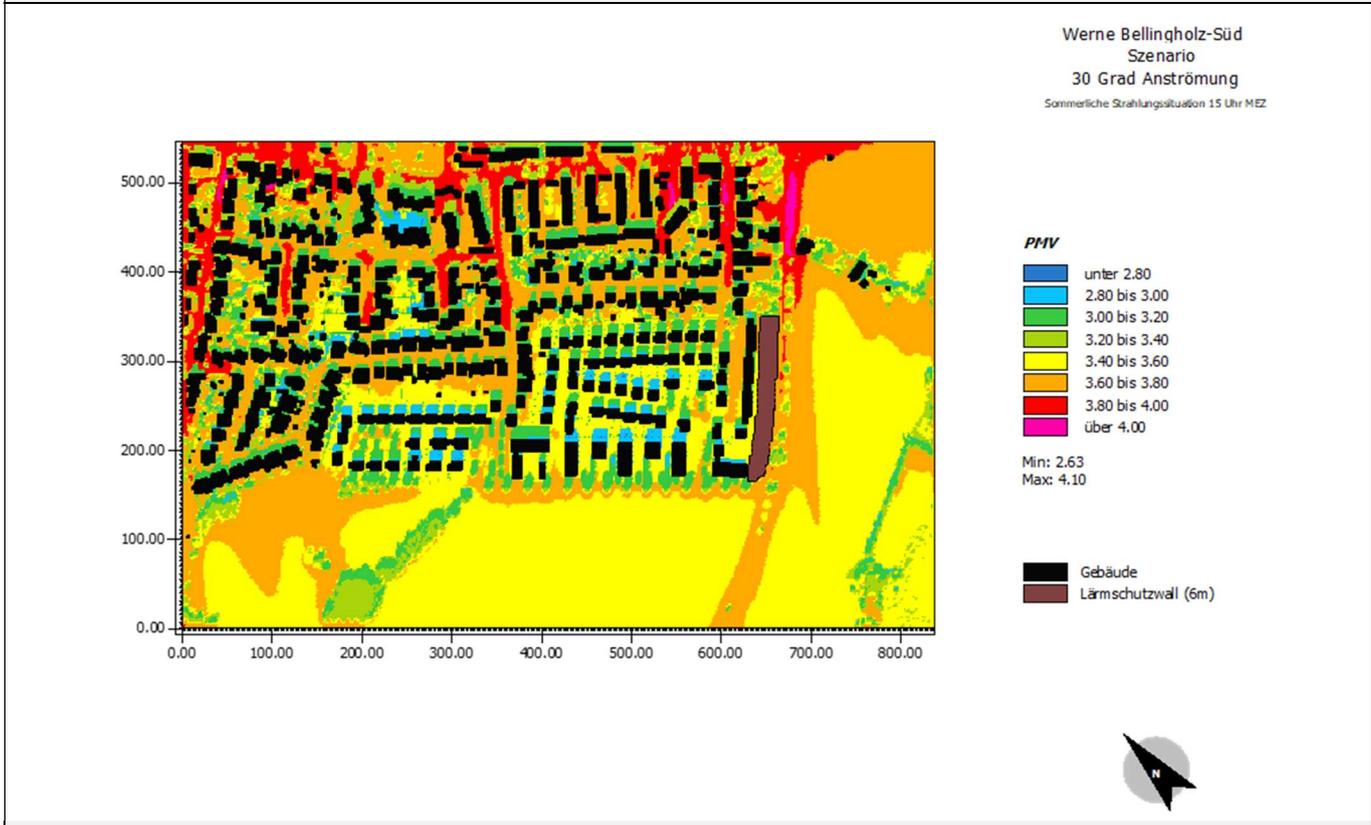
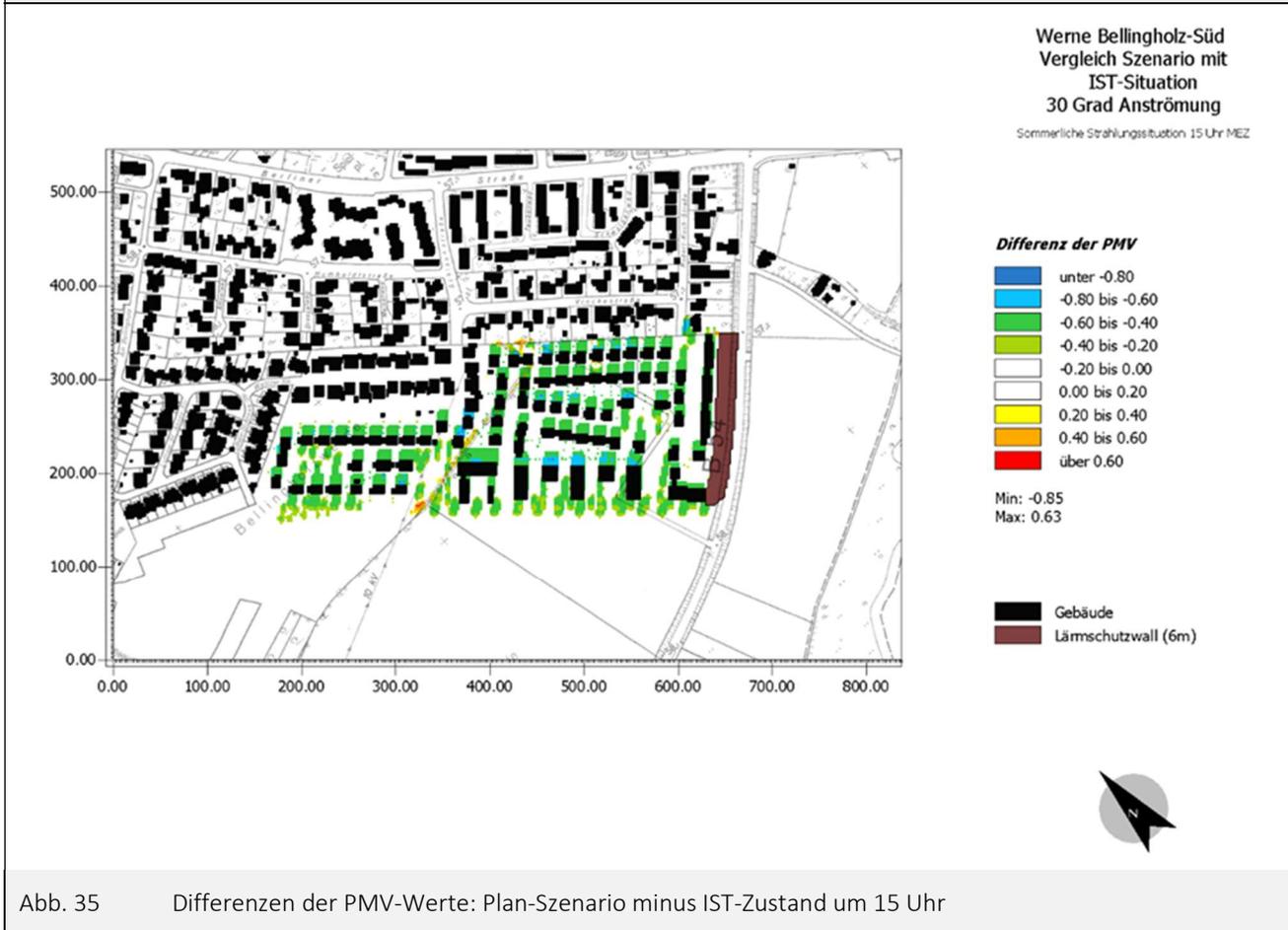


Abb. 34 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Plan-Szenario: PMV-Werte um 15 Uhr

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“: Bioklimatische Situation



4.4 FAZIT AUS DEN MIKROSKALIGEN MODELLIERUNGEN

Durch die neuen Gebäude im Plan-Szenario wird die Belüftung innerhalb des Gebietes selbst stark reduziert. Bei der für die Kaltluftversorgung wichtigen Betrachtung der Windanströmung aus Südwest zeigt sich aber eine gute Einströmung der Luft in die Randbereiche der Neubebauung. Die Ausrichtung der Mehrfamilienhäuser längs und nicht quer zur Strömungsrichtung ermöglicht ein gutes Eindringen der Kaltluft in das Quartier. Andererseits wirkt die Neubebauung jetzt als Strömungshindernis für den Bestand mit einer leichten Verringerung der Windgeschwindigkeiten.

Schon im IST-Zustand zeigt sich das Untersuchungsgebiet auf der unbeschatteten Freifläche sehr stark überwärmt. Durch die zusätzlichen Bebauungen sowie die Begrünungen insbesondere durch Bäume nehmen die Oberflächentemperaturen und in Folge auch die Lufttemperaturen an einem sonnigen Tag nur geringfügig in der Neubebauung zu. Dies wirkt sich in Folge auch auf die Lufttemperaturen bis in die Nachtstunden aus. In jeweiliger Strömungsrichtung ist eine leichte Warmluftfahne erkennbar, die nach Nordosten in den Bestand hinein wirkt. Eine Erwärmung um bis zu einem Grad findet nur in den offenen, besonnten Bereichen der Nord-Süd ausgerichteten neuen Straßen statt. Eine Bepflanzung dieser Straßenzüge mit Bäumen würde die thermischen Situation deutlich verbessern.

Die im Plan-Szenario vorgesehenen Begrünungen der Planfläche durch Baumreihen am Südwestrand und Einzelbäume, der Anteil an entsiegelten Flächen mit Vegetation und die extensive Dachbegrünung

für einen Teil der neuen Gebäude führen dazu, dass der Neubaubereich klimatisch günstiger ausfällt als die anschließenden Bestandsquartiere.

Um weitere Erwärmungen zu vermeiden, sollte die extensive Dachbegrünung für die neuen Gebäude unbedingt durchgeführt werden und die Begrünung der Planfläche durch einzelne Baumgruppen sowie der Anteil an entsiegelten Flächen mit Vegetation sollte intensiviert werden. Die im Szenario nur mit Gras und Kleingehölzen simulierten Grundstücksflächen sollten zur Verbesserung des Bioklimas zusätzlich mit geeigneter Vegetation für die Verschattung und Verdunstung erweitert werden. Hohe Bäume, wie die hier in den Szenarien verwendeten 10 m und 15 m hohen Bäumen mit blattfreiem Stamm und ausgeprägten Baumkronen, haben für die Aufenthaltsqualität während des Tages lokal begrenzt einen starken positiven Effekt auf die mikroklimatische Situation.

Für signifikante Verbesserungen der klimatischen Situation spielt die Material- und Farbauswahl des Straßenbelags aber auch der Gebäudefassade eine große Rolle. Der für die Planstraße im Modell verwendete helle Beton als Oberflächenmaterial sollte unbedingt beibehalten werden.

5. ZUSAMMENSTELLUNG VON ZIELVORGABEN UND ANPASSUNGSMABNAHMEN

Die klimatische Beurteilung der Untersuchungsfläche „Bellingholz-Süd“ wurde unter zwei Gesichtspunkten durchgeführt:

- Beurteilt wurde die Bedeutung der Fläche 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 durch mikroklimatische Modellrechnungen dargestellt und beurteilt.

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 in den umliegenden Stadtvierteln auswirken. Relevant sind dabei für die Beeinflussung der weiteren Umgebung die Gebäudedichte und insbesondere die Gebäudestellungen und für die klimatischen Veränderungen auf der Fläche selbst der Versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung. Durch eine optimierte Gestaltung der Gebäudearchitektur kann eine Verminderung der zukünftigen Belastungen durch die Folgen der geplanten Nutzungsveränderungen erreicht werden. Dies hat unter den Gegebenheiten des Klimawandels einen hohen Stellenwert in der Planung.

Die Ergebnisse der großräumigen Kaltluftsimulationen wurden in einer folgenden Arbeitsstufe vertieft und auf die mikroklimatische Ebene verfeinert. Zur genaueren Betrachtung der Belüftung und der Hitzeentwicklung im Untersuchungsgebiet wurden mikroskalige Modellierungen durchgeführt. Ziele einer klimaangepassten Bebauung des Untersuchungsgebietes „Bellingholz-Süd“ in Werne sind:

1. Erhalt der Durchströmbarkeit des Gebietes insbesondere für die von Südwesten kommende nächtliche Kaltluftströmung
2. Minimierung der sommerlichen Hitzeentwicklung vor Ort

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 1 (Belüftung):

Die über das Plangebiet geführte Kaltluft wird schon im IST-Zustand durch die Flächenversiegelungen und unbegrünten Flächen der Bestandsbebauung allmählich erwärmt und aufgelöst. Dies verstärkt sich im Plan-Szenario, dadurch nimmt die Reichweite der Kaltluftströmung um rund 100 m ab. Es bleibt aber auch im Plan-Szenario ausreichend Kaltluft für das randliche Eindringen in die Bestandsbebauung erhalten.

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

- Die Versiegelung im Bereich der geplanten Häuser sollte möglichst gering gehalten werden, um das Kaltluftpotenzial verbessern zu können.
- Zur Erhöhung der kühlenden Wirkung der durchströmenden Luft, auch für die angrenzende Bestandsbebauung, sollten die im Planentwurf vorgegebenen Dachbegrünungen beibehalten werden.
- Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen durch das Untersuchungsgebiet „Bebauungsplan Nr. 12“ fließen kann, darf die Bebauung am Südwestrand keine abriegelnden Baureihen bilden.
- Um eine gute Durchlüftung für das Quartier zu gewährleisten, sollten die Strömungshindernisse gering bleiben.

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 verschiedener Materialien (je dunkler, desto stärker erwärmen sich Oberflächen) und durch den Durchgrünungsgrad. 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. Vegetation kann durch Schattenwurf und Verdunstung erheblich zur Temperaturabsenkung beitragen. Auf Gebäudeebene können Dach- und Fassadenbegrünungen, 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 eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der Luft erheblich verringern. Die folgende Abbildung 36 zeigt die Auswirkungen von verschiedenen Bodenoberflächen auf die Oberflächentemperaturen (eigene Berechnungen).

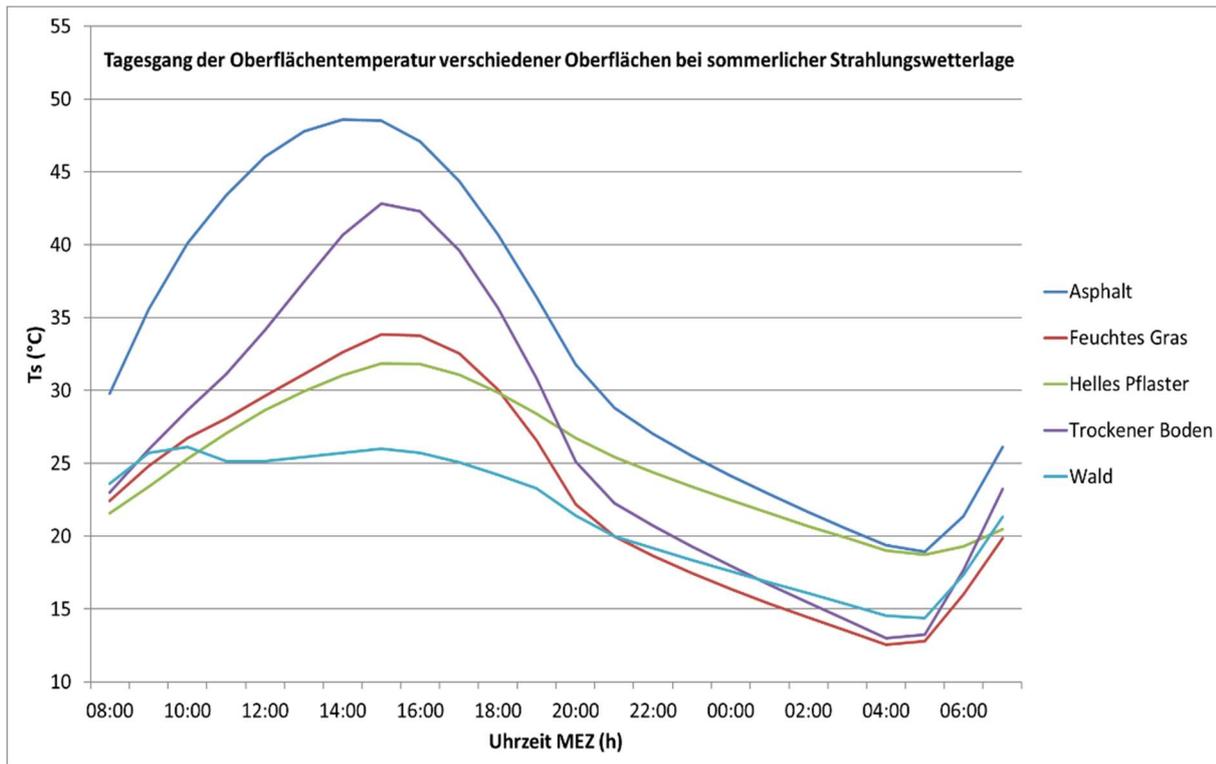


Abb. 36 Tagesgang der Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächenmaterialien

Während die Asphaltflächen 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. Großflächige Anpassungen z.B. durch hellere Oberflächen wirken stark 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.

Ziel der Quartiersplanung soll sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. Dort, wo es aufgrund der Ausgangssituation des Bodens möglich ist, können Bodenversiegelungen 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. Durch un- oder teilversiegelte Flächen ergeben sich neben der Reduktion der Aufheizung auch Synergien zur Regenwasserversickerung.

Zusätzlich kann eine Aufheizung der Luft durch die Begrünung des fast Nord-Süd verlaufenden Straßenzugs mit weiteren Bäumen vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Bereiche. 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.

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 über das Plangebiet „Bellingholz-Süd“ fließenden Kaltluftströme sollten möglichst wenig aufgeheizt werden. Dies kann auch durch eine konsequente Begrünung aller Dachflächen der neu geplanten Gebäude im Verbund verbessert werden. Die thermischen Effekte von einzelnen 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 Bereichen 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 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.

Zusammengefasst sollten die folgenden Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastungen im Untersuchungsgebiet „Bellingholz-Süd“ umgesetzt werden:

- Flächensparende Bauweise, Vermeidung von Bodenversiegelungen bei Verkehrsflächen und im Hausumfeld
- Material- und Farbauswahl unter den Gesichtspunkten der minimalen Aufheizung treffen
- Begrünung des Straßenbereichs und der Hofflächen
- Weitgehender Erhalt des Baumbestandes
- Dachbegrünungen
- Bauliche Gebäudeverschattungen