Anlage 6 der Vorlage 2024/2758

Klima-Gutachten

verwendet für den Bebauungsplan
Nr. 251/III „Mathildenhof – Kita Bohofsweg“

Lohmeyer

BEBAUUNGSPLAN NR. 233/III
„MATHILDENHOF – ÖSTLICH BOHOFSWEG“
IN LEVERKUSEN

- KLIMAGUTACHTEN -

Auftraggeber:

Stadt Leverkusen
Fachbereich Stadtplanung
Hauptstraße 101
51373 Leverkusen

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Geographie Jessica Lehmkühler

Dipl.-Met. Georg Ludes

Juni 2020
Projekt 30046-20-02
Berichtsumfang 25 Seiten

Niederlassung Karlsruhe: An der Rossweid 3, 76229 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721 / 62510-0, E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Niederlassung Dresden: Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul, Tel.: +49 (0) 351 / 8394-0, E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Niederlassung Dorsten: Alleestraße 10, 46282 Dorsten, Tel.: +49 (0) 2362 / 99337-10, E-Mail: info.dorsten@lohmeyer.de

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1 ZUSAMMENFASSUNG 3

2 AUFGABENSTELLUNG 4

3 LOKALES KLIMA IM UNTERSUCHUNGSRAUM 8

4 KALTLUFTSIMULATIONSRECHNUNGEN 12

4.1 Eingangsdaten 12

4.1.1 Topographie 12

4.1.2 Oberflächeneigenschaften 13

4.2 Ergebnisse der mikroklimatischen Simulationsrechnungen 15

4.3 Fazit 19

5 PLANUNGSEMPFEHLUNGEN 20

6 LITERATUR 22

A BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS 24

Hinweise:

Der vorliegende Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch den Namen und die Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Autochthone Witterung

Als autochthone Witterung bezeichnet man eine "eigenbürtige", durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Witterung, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist. Sie entsteht zumeist bei Hochdruckwetterlagen und begünstigt durch lokale Temperaturunterschiede hervorgerufene Ausgleichsströmungen (kleinräumige Windsysteme, wie z.B. Flurwind, Land- und Seewind, Berg- und Talwind, Hangwinde). Nachts bilden sich zumeist ausstrahlungsbedingte Bodeninversionen und orografische Kaltluftseen (z.B. in Mulden und Tälern).

Kaltluftproduktion

Kaltluft wird insbesondere nachts bei windschwachen autochthonen Hochdruckwetterlagen produziert. Ursache für die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luft ist die effektive langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche, d.h. die Differenz zwischen der Wärmestrahlung der aktiven Oberfläche (Boden, Vegetation) und der langwelligen Gegenstrahlung der Atmosphäre. Letztere ist insbesondere bei klarem Himmel zu gering, um die Ausstrahlung zu kompensieren, so dass letztlich ein Wärmeverlust und eine Abkühlung der Oberflächen resultiert. Hiermit gehen ein Wärmeverlust und eine Abkühlung der bodennahen Luftschicht einher, so dass bodennahe Kaltluft produziert wird.

Kaltluftabfluss

In geneigtem Gelände setzt sie sich die Kaltluft infolge der horizontalen Dichteunterschiede hangabwärts in Bewegung (Hangabwind). Hierfür ist eine Hangneigung von mindestens 1 bis 2° erforderlich. Die vertikale Mächtigkeit und die Geschwindigkeit von Hangabwinden ist von der Länge des Hanges, der Hangneigung, der Bodenreibung (Bewuchs, Bebauung) und dem Dichteunterschied abhängig.

In Tälern fließen die Hangabwinde zusammen und es kann ein mehr oder weniger mächtiger Talabwind entstehen, der als Bergwind bezeichnet wird. Typische Geschwindigkeiten von Hangwinden liegen im Bereich von 0.5 m/s bis 2.0 m/s. Bergwinde können mit ca. 1 m/s bis zu 10 m/s erheblich höhere Geschwindigkeiten erreichen. Die vertikale Mächtigkeit der abfließenden Kaltluft und die Geschwindigkeit des Abflusses hängen im Wesentlichen von der Fläche des Einzugsgebietes, der Kaltluftproduktionsrate, dem Hang- bzw. Talgefälle und den Rauigkeiten im Hang- bzw. -Talbereich ab. Die Fließrichtung wird durch die Geländeform bestimmt. Als Leitlinien des Kaltluftabflusses treten talwärts führende Einsenkungen des Geländes, wie z.B. Seitentäler, Schluchten und Rinnen in Erscheinung.

In topographisch gegliedertem Gelände kommt thermisch induzierten Windsystemen unter bioklimatischen und lufthygienischen Gesichtspunkten eine besondere Bedeutung zu. So

ermöglichen Bergwinde während austauscharmer Wetterlagen einen nächtlichen Luftaustausch der belasteten städtischen Luftmassen mit unbelasteter Frischluft. Zudem sorgen nächtliche Kaltluftabflüsse im Sommer für eine Minderung der innerstädtischen Überwärmung.

Ungünstige lufthygienische Auswirkungen durch Kaltluftabflüsse können auftreten, wenn bodennahe Emittenten von Luftschadstoffen oder Gerüchen in deren Einflussbereich liegen, da die im Kaltluftabflussbereich freigesetzten Schadstoffe und Gerüche mittransportiert werden ohne dass hierbei eine wirksame Verdünnung stattfindet. Hierdurch kann auch in größeren Entfernungen vom Freisetzungsort „flussabwärts“ gelegene Wohnbebauung in starkem Maße von den entsprechenden Immissionen beaufschlagt werden.

Als Maß für die Menge der abfließenden Kaltluft hat sich die sogenannte Kaltluft-volumenstromdichte etabliert. Diese Kenngröße beschreibt die Kaltluftmenge, die in einer Sekunde durch einen ein Meter breiten Streifen fließt, der sich von der Erdoberfläche bis zur Obergrenze des Kaltluftstroms erstreckt.

Flurwind

Als Flurwind wird ein thermisches Windsystem bezeichnet, welches bei autochthonen Wetterlagen aufgrund des Temperaturkontrastes zwischen der Stadt und dem Umland entsteht. Die für das Stadtklima typische Überwärmung der städtischen Grenzschicht in den Abend- und Nachtstunden bewirkt bodennahe Druckdifferenzen. Sind die sich dadurch ergebenden Druckgradientkräfte größer als die Reibungskräfte, dann können sich Flurwindsysteme ausbilden, deren Intensität vom Grad der thermischen Anomalie der Stadt und den aerodynamischen Eigenschaften des überströmten Gebietes abhängen. Im Allgemeinen sind Flurwinde vom Umland zum Zentrum der Überwärmung hingerichtet, doch erfolgen in der Stadtgrenzschicht häufig Ablenkungen durch eine Ausrichtung an Erschließungs- oder Bebauungsachsen.

Bei geschlossener Bebauung können Flurwinde nur wenige hundert Meter in das bebaute Gebiet eindringen, entlang von großen radial verlaufenden Freiflächen wesentlich weiter, so dass sie auch lufthygienisch positive Wirkungen entfalten können.

Mit Flurwinden kann durch die Zufuhr kühlerer Luft aus dem Umland die Überwärmung städtischer Bereiche gemindert werden. Sie erreichen selten größere Windgeschwindigkeiten als 1 bis 2 m/s und werden durch Reibungseinflüsse wie Bewuchs oder Bebauung leicht abgebremst oder sogar komplett aufgelöst. Die Mächtigkeit der Luftströmung bewegt sich im Meter- bis Dekameter-Bereich.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Stadt Leverkusen erarbeitet derzeit den Bebauungsplan Nr.233/III „Mathildenhof – östlich Bohofsweg“. Das Plangebiet liegt im Stadtteil Mathildenhof östlich von Leverkusen und umfasst eine Größe von ca. 2.9 ha. Derzeit wird die Fläche landwirtschaftlich genutzt. Im Bereich des Bebauungsplanes sollen Wohnnutzungen mit Einfamilienhäusern und Geschosswohnungsbau sowie eine Kindertagesstätte (Kita) realisiert werden

Im Zuge der Planung wurden zwei Bebauugnsvarianten entwickelt, die in dieser Untersuchung neben dem Ist-Fall als Plan-Fall 1 und Plan-Fall 2 berücksichtigt werden.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses sind die Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens auf die lokalen klimatischen Verhältnisse (Kaltluftgeschehen, bioklimatische / thermische Umgebungsbedingungen) zu untersuchen und zu bewerten sowie ggf. Planungsempfehlungen zur lokalklimatischen Optimierung zu erarbeiten. Bewertungsgrundlage bildet u.a. die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“.

Als wesentliche Untersuchungsgrundlage wurden für den Ist-Fall und die beiden Plan-Fälle mikroskalige Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Rechenmodell KLAM_21 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für den Ist-Fall zeigen, dass sich im Untersuchungsgebiet während windschwacher Strahlungsnächte Kaltluftsysteme ausbilden. In den nahe des Plangebiets gelegenen Wohngebieten sind die Kaltluftverhältnisse aufgrund der Kuppenlage meist nur gering ausgeprägt. Die hier gebildete Kaltluft fließt bereits in den frühen Stunden der Nacht hangabwärts ab. Die Kaltluftvolumenströme im Plangebiet und im angrenzenden Wohngebiet weisen daher nur geringe Intensitäten auf und können aufgrund fehlender Kaltluftneubildung nicht weit in die benachbarten Wohn-siedlungen eindringen.

Die vorgesehenen Bebauungskonzepte verursachen keine relevanten Veränderungen in der Kaltluftversorgung und -dynamik im Bereich der angrenzenden Wohnsiedlungen, da der Kaltluftvolumenstrom im Tal des Ophovener Mühlenbachs weitestgehend ungestört südlich des Plangebiets abfließen kann. Eine Realisierung der Planung wird sich daher nicht negativ auf die Wärmebelastung im Bereich der nahegelegenen Wohngebiete auswirken und kann daher unseres Erachtens realisiert werden.

Unter Berücksichtigung der mit dem Klimawandel einhergehenden Zunahme der Hitzebelastung sollten dennoch bei der weiteren Planung und der sich hieran anschließenden baulichen Umsetzung die im Kapitel 5 formulierten Planungsempfehlungen möglichst umfänglich beachtet und umgesetzt werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Stadt Leverkusen erarbeitet derzeit den Bebauungsplan Nr.233/III „Mathildenhof – östlich Bohofsweg“. Das Plangebiet liegt im Stadtteil Mathildenhof östlich von Leverkusen und umfasst eine Größe von ca. 2.9 ha. Derzeit wird die Fläche landwirtschaftlich genutzt. Im Westen grenzt eine Wohnsiedlung aus mehrgeschossiger Wohnbebauung an. Im Norden und Osten grenzen landwirtschaftliche Nutzungen an und im Süden befinden sich Parkflächen.

Im Bereich des Bebauungsplanes sollen Wohnnutzungen mit Einfamilienhäusern und Geschosswohnungsbau, sowie eine Kindertagesstätte (Kita) realisiert werden.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses sind die Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderung auf die lokalen klimatischen Verhältnisse (Kaltluftgeschehen, bioklimatische/thermische Bedingungen) zu untersuchen und zu bewerten sowie ggf. Planungsempfehlungen zur Optimierung der lokalklimatischen Umgebungsbedingungen zu erarbeiten.

Im Hinblick auf den Klimawandel werden extreme Hitzebelastungen am Tag und in der Nacht zunehmen, wodurch sich gesundheitliche Risiken für bestimmte Personengruppen erhöhen können [Umweltbundesamt 2020]. Kaltluftabflüsse und Flurwinde können zu einer Reduzierung der städtischen Überwärmung beitragen, da sie kühle Frischluft in Richtung der Innenstadt transportieren und somit eine positive thermische Ausgleichsfunktion gewährleisten.

Unter Beachtung der zunehmenden bioklimatischen Belastungen durch den Klimawandel gilt es daher, bestehende Kaltluftabflüsse zu identifizieren und zu sichern, um der zunehmenden innerstädtischen Wärmebelastung entgegenzuwirken. Dies gilt insbesondere für Kaltluftbahnen, die in Richtung von thermisch besonders belasteten Räumen verlaufen.

Bei der Planung von Neubauten sollte daher geprüft werden, ob die Planung einen stadtklimatisch relevanten Kaltluftabfluss schneidet und ob nach der baulichen Umsetzung der Planung eine ausreichende Zufuhr von Kaltluft in angrenzende, thermisch belastete Bereiche gewährleistet ist.

Bewertungsgrundlage bildet u.a. die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“. Mit diesen Zielvorstellungen soll den Forderungen des BauGB und des BNatSchG Rechnung getragen werden.

Für die Klimauntersuchung sowie für die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in planungsbezogene Bewertungen und Empfehlungen sind dabei folgende Schwerpunkte zu setzen:

- Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens

- Qualitative und quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen Freiflächen und Bebauung sowie der zu erwartenden strömungsdynamischen (Kaltluftdynamik) und thermischen Veränderungen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld mit Hilfe numerische Modellrechnungen

- Ggf. Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer, thermischer Umgebungsbedingungen

Mit der vorliegenden lokalklimatischen Untersuchung sollen auf der Grundlage vorhandener Erkenntnisse und zusätzlicher mikroskaliger Modellrechnungen die derzeitige klimaökologische Situation bewertet und der Einfluss der vorgesehenen Bebauung auf das örtliche klimatische Wirkungsgefüge ermittelt werden. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse sind die klimaökologischen Auswirkungen zu bewerten und ggf. Möglichkeiten zur Optimierung der lokalen Situation aufzuzeigen.

Im Zuge der Planung wurden zwei Varianten entwickelt, die in dieser Untersuchung neben dem Ist-Fall als Plan-Fall 1 und Plan-Fall 2 berücksichtigt werden. Im Wesentlichen unterscheiden sich beide Varianten durch die Art der Erschließung, des geplanten Wohngebiets und die damit verbundene Ausrichtung der Gebäude bzw. der Lage der planten Kita sowie der Lage der öffentlichen Grünflächen.

Die Lage und die Abgrenzung des Bebauungsplans sind auf der **Abb. 2.1** und **Abb. 2.2** gekennzeichnet**.**

Abb. 2.1: Übersichtsplan mit der geplanten Bebauung in der Variante 1 (Plan-Fall 1)

Abb. 2.2: Übersichtsplan mit der geplanten Bebauung in der Variante 2 (Plan-Fall 2)

3 LOKALES KLIMA IM UNTERSUCHUNGSRAUM

Da in der näheren Umgebung des Plangebietes keine repräsentative Wetterstation vorhanden ist, wurden zur ersten Einschätzung der thermischen Belastungssituation Daten aus dem digitalen Klimaatlas Nordrhein-Westfalen [LANUV WEB_1] herangezogen, die in der **Tab. 3.1** zusammen gestellt sind. Die **Tab. 3.1** dokumentiert, dass die Wärmebelastung zukünftig aufgrund des Klimawandels deutlich zunehmen wird. Maßnahmen zur Klimaanpassung werden daher im Rahmen der Bauleitplanung immer wichtiger.

Tab. 3.1: Thermische Kenngrößen für das Plangebiet

Thermische Kenngröße	**Zeiträume**		
	1981 - 2010	**2021 - 2050**	**2071 - 2100**
Mittelwert der Lufttemperatur in °C	10.5	11.5	13.6
Mittlere Anzahl von heißen Tagen im Jahr (Bedingung: Tmax ≥ 30,0°C)	8	9.4	21.4
Mittlere Anzahl von Sommertagen im Jahr (Bedingung: Tmax ≥ 25,0°C)	37	40.3	58.9

Lokalklimatische Eigenheiten lassen sich ebenfalls auf der Grundlage der „Synthetischen Klimafunktionskarte“ des LANUV charakterisieren (vgl. **Abb. 3.1**). Die Karte stellt die kleinklimatische räumliche Gliederung in so genannte Klimatope dar. Die Ausbildung von Klimatopen ergibt sich aus den unterschiedlichen klimatisch-energetischen Eigenschaften von Freiflächen, Waldgebieten, Wasserflächen und Bebauungsstrukturen.

Die **Abb. 3.1**, die aus dem Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung [LANUV WEB_2] exportiert wurde, zeugt einen Ausschnitt der Klimatopkarte im Bereich der Planung.

Im Umfeld der Planung überwiegen Klimatope mit günstigen bioklimatischen Eigenschaften (Wald-, und Freilandklima). Das Plangebiet wird derzeit landwirtschaftlich genutzt (Fettwiese), die dem Freilandklimatop zuzuordnen ist (siehe **Abb. 3.1** bis **Abb. 3.3**). Freilandklimatope zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte und weitgehend unbeeinträchtigte Windströmungsbedingungen aus und wirken als Kaltluftentstehungsgebiete. Dadurch stellen diese Flächen potenzielle Ausgleichsräume dar, die bei Hitzewetterlagen eine positive klimatische Ausgleichsfunktion für die angrenzenden Siedlungsräume bewirken können.

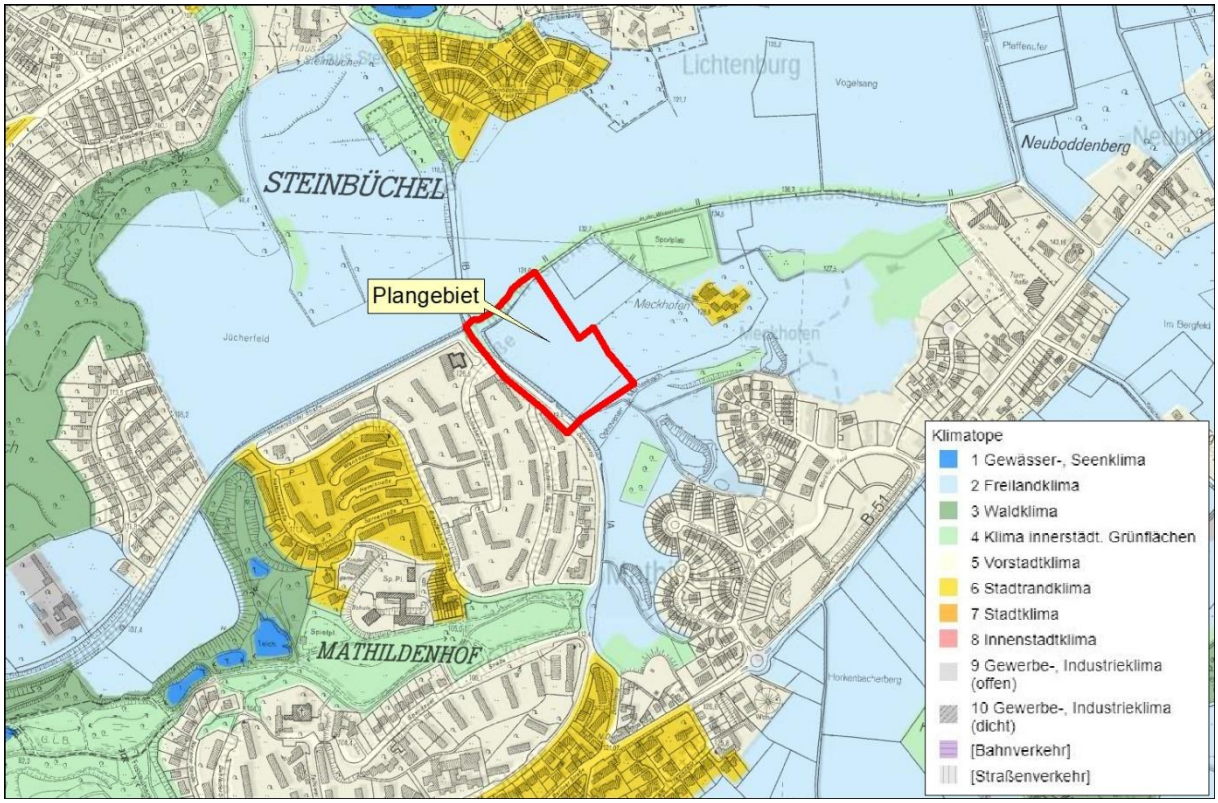

Abb. 3.1: Lokalklima in der Umgebung des Plangebiets [LANUV WEB]

Abb. 3.2: Umfeld des Plangebiet im Luftbild

Die dem Plangebiet nächstgelegenen Siedlungen werden als Vorstadt- bzw. Stadtrandklimatope gekennzeichnet (vgl. **Abb. 3.1**). Diese Klimatope stehen oft im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes und weisen daher günstige bioklimatische Verhältnisse auf. Nächtliche Wärmebelastungen treten hier nur selten auf.

Die **Abb. 3.4** zeigt die westlich an das Plangebiet angrenzenden Wohnsiedlung, die durch aufgrund der Bebauungsstrukturen und der großen Breite der Straßenzüge gute Durchlüftungsverhältnisse aufweist. Zwischen den Wohngebäuden befinden sich Rasenflächen mit Bäumen, die an heißen Sommertagen Schatten spenden.

Südlich vom Plangebiet befindet sich eine parkähnliche Fläche mit großen Wiesenflächen und kleinen Baumgruppen bzw. Baumstreifen (vgl. **Abb. 3.5)** Aufgrund der Größe der Fläche besitzt dieser Bereich eine hohe Ausgleichsfunktion für die angrenzenden Siedlungsräume.

Abb. 3.3: Freifläche im Plangebiet (Blick nach Südosten)

Abb. 3.5: Angrenzendes Wohngebiet westlich des Plangebiets (Blick nach Süden in die Potsdamer Str.)

Abb. 3.4: Kleiner Waldsaum südlich des Plangebiets (Blick nach Osten)

4 KALTLUFTSIMULATIONSRECHNUNGEN

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Kaltluftsimulationen für den baulichen Bestand und die beiden Plan-Fälle mit dem Kaltluftmodell KLAM (Beschreibung siehe Anhang A) durchgeführt. Das Gebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen vollständig erfasst werden.

4.1 Eingangsdaten

Die Eigenschaften der Kaltluft werden im Modell auf der Basis von Geländeeigenschaften (Neigung, Ausrichtung), der Landnutzung und Strömungshindernissen wie Gebäuden oder Dämmen bestimmt.

4.1.1 Topographie

Die Topographie des Untersuchungsgebietes wurde aus dem digitalen Geländemodell von NRW mit einer Auflösung von zwei Meter abgeleitet (s. **Abb. 4.1**).

Das Rechengebiet liegt im Ausläufer des Bergischen Land und die Geländehöhen liegen zwischen 74 m und 189 m ü. NHN. Das Gelände im Rechengebiet ist grundsätzlich von Nordosten nach Südwesten abfallend. Das Leimbachtal bildet einen tiefen Taleinschnitt, der nach Südwesten ausläuft. Das Plangebiet liegt auf der nordwestlichen Hangseite des Ophovener Mühlenbachtals.

Das Plangebiet selbst ist sehr hängig und fällt von Norden nach Süden ab. Die Geländehöhen liegen zwischen 115 und 130 m ü NHN.

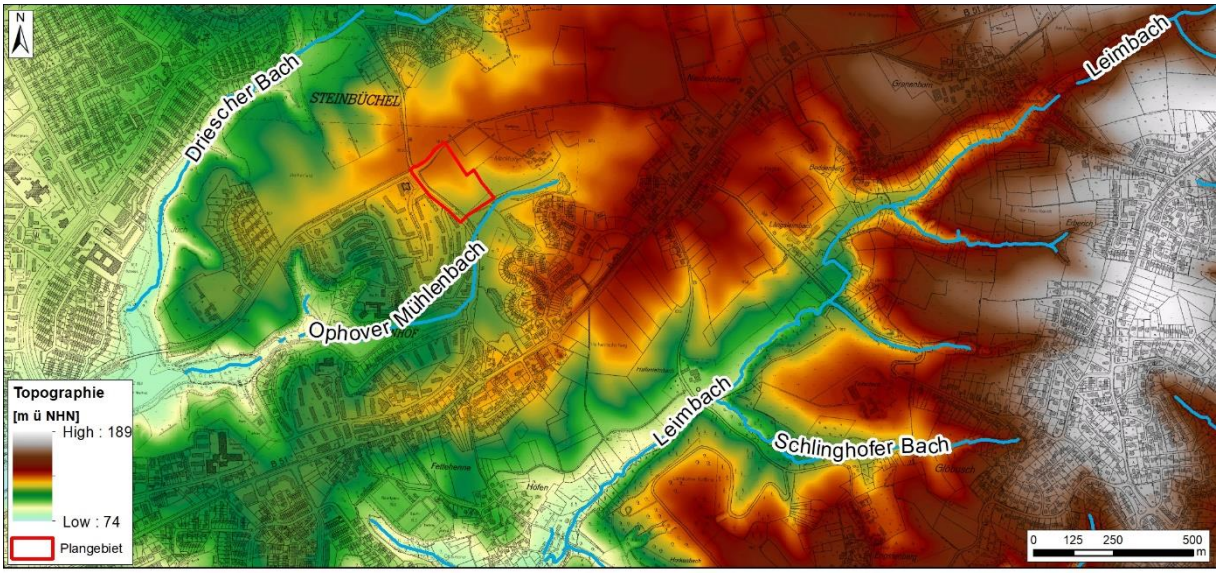

Abb. 4.1: Topographie im Rechengebiet

4.1.2 Oberflächeneigenschaften

Die Landnutzungsklassen, die Einfluss auf die lokale Kaltluftproduktion haben, wurden dem digitalen Landschaftsmodell von NRW und dem Copernicus Urban Atlas Datensatz der EU entnommen. Hierin sind die wichtigsten Formen der Landnutzung von urbanen Gebieten erfasst und klassifiziert. Im Umfeld der Planung wurden diese Daten auf der Grundlage von digitalen Planunterlagen und aktuellen Luftbildern ergänzt.

Da das Kaltluftmodell KLAM_21 nur eine begrenzte Anzahl von parametrisierten Oberflächentypen zur Verfügung stellt, muss in der Regel eine Generalisierung der vorhandenen Landnutzungen vorgenommen werden. Die Nutzungsklassen, die im Rahmen der Simulationen berücksichtigt wurden, sind in den folgenden Abbildungen für den Ist-Fall und den beiden Plan-Fälle dargestellt.

Der Untersuchungsraum wird durch großflächige Frei- und Waldflächen geprägt. Die Wohnsiedlungen haben eine aufgelockerte Baustruktur mit teils großen zusammenhängenden Gartenflächen und parkähnlichen Grünstrukturen. Die unmittelbar westlich an das Plangebiet angrenzende Wohnsiedlung weist parkähnlichen Charakterzüge mit Wiesenflächen und Einzelbäumen auf (vgl. **Abb. 4.2**).

Gegenwärtig befinden sich im Plangebiet landwirtschaftlich genutzte Freiflächen. Bei den Plan-Fällen sollen neben den geplanten Wohngebäuden, Gartenflächen, öffentliche Spielplätze und eine KITA entstehen. (vgl. **Abb. 4.3** und **Abb. 4.4**).

Abb. 4.2: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Ist-Fall

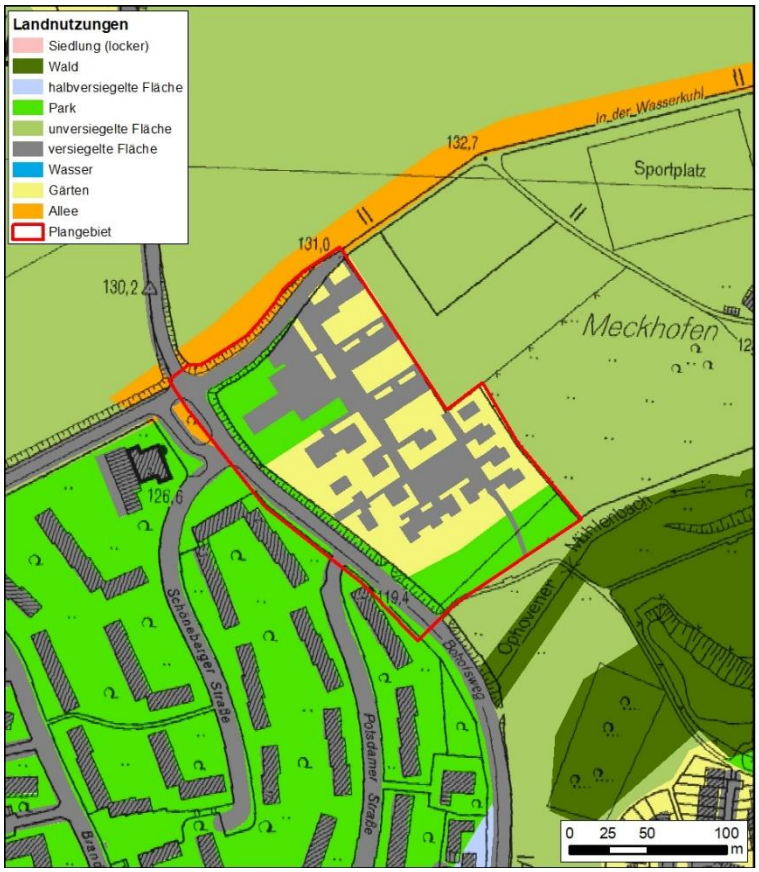

Abb. 4.3: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Plan-Fall 1

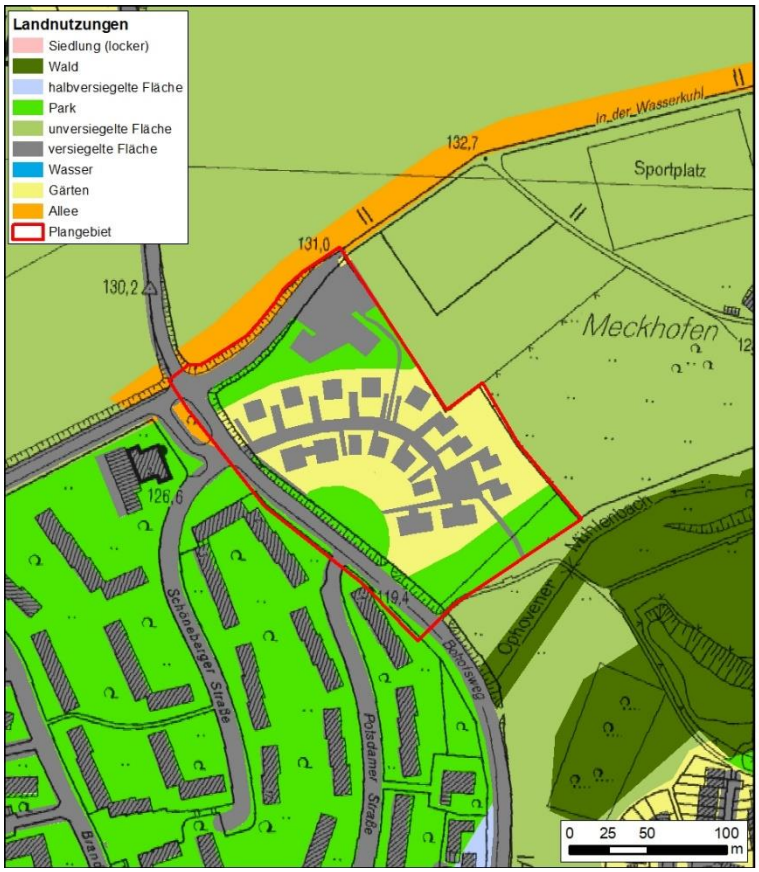

Abb. 4.4: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Plan-Fall 2

4.2 Ergebnisse der mikroklimatischen Simulationsrechnungen

Auf der Grundlage der dargelegten Eingangsdaten wurde das Kaltluftgeschehen für eine windstille Strahlungsnacht mit KLAM_21 für den Ist-Fall und für die beiden Plan-Fälle simuliert. Um einen Überblick über die Entwicklung des Kaltluftgeschehens zu ermöglichen, wurden die Kenngrößen Kaltlufthöhe und Kaltluftvolumenstromdichte bei vollständig ausgebildeter Kaltluftdynamik ausgewertet und graphisch dargestellt.

Kaltlufthöhe

Die **Abb. 4.5** stellt die Kaltlufthöhe im Untersuchungsgebiet bei voll ausgebildeter Kaltluftdynamik dar. Die Abbildung zeigt, dass sich Kaltluft vor allem in den Tälern ansammelt, so dass sich hier im Laufe der Nacht die höchsten Kaltluftschichthöhen ausbilden. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt im Leimbachtal. Hier wächst die Kaltlufthöhe im südlichen Bereich des Untersuchungsgebiets auf ca. 60 m an. Auch im Tal des Ophovener Mühlenbachs sammelt sich Kaltluft an. Die Kaltlufthöhe im Plangebiet liegt im oberen Hangbereich bei ca. 5 m und steigt hangabwärts auf ca. 20 m an.

Auf den Bergkuppen bilden sich erwartungsgemäß nur geringe Kaltluftschichthöhen aus.

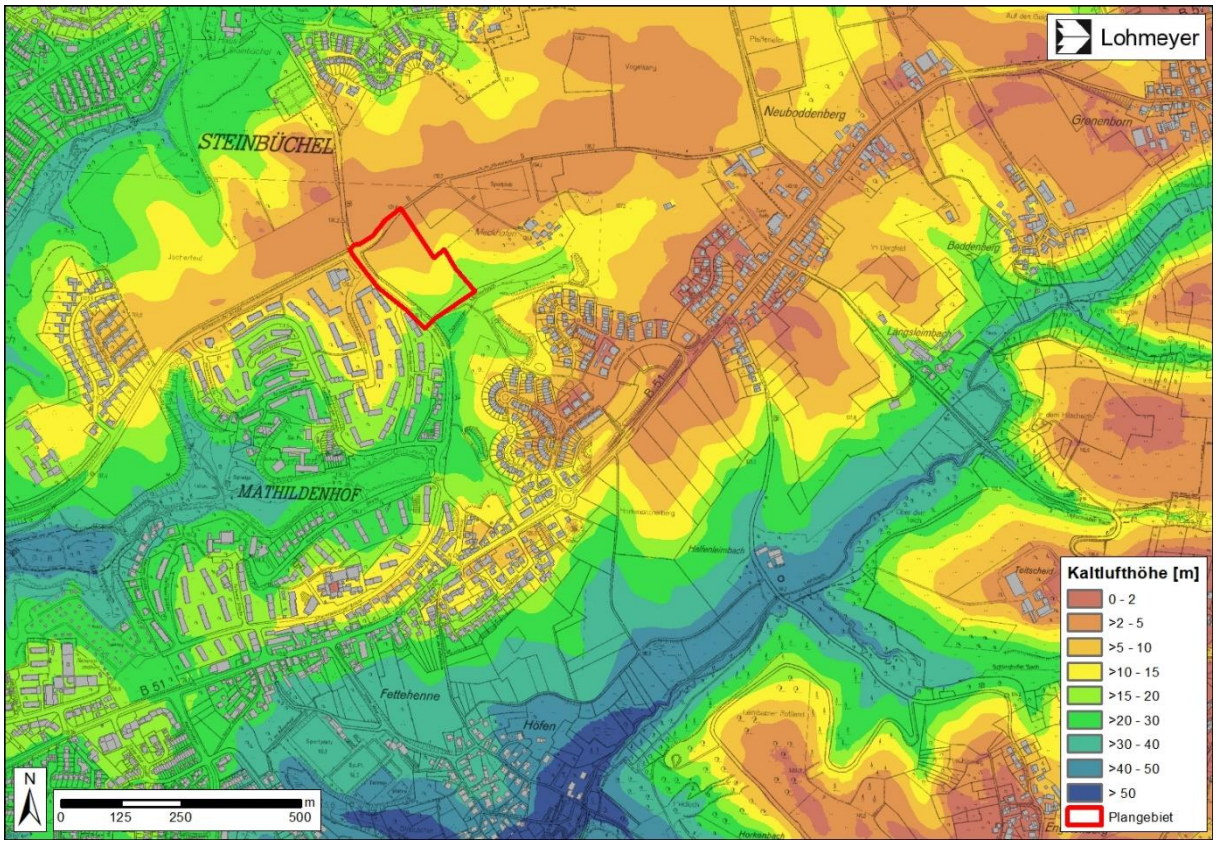

Abb. 4.5: Kaltlufthöhe im Istfall

Volumenstromdichte

Als Maß für die Menge der abfließenden Kaltluft hat sich die sogenannte Kaltluftvolumenstromdichte etabliert. Diese Kenngröße beschreibt die Kaltluftmenge, die in einer Sekunde durch einen ein Meter breiten Streifen, fließt, der sich von der Erdoberfläche bis zur Obergrenze des Kaltluftstroms erstreckt. Sie ist somit eine geeignete Kenngröße, um die Intensität von Kaltluftabflüssen bzw. Flurwinden einzuordnen und miteinander zu vergleichen. Die Einheit der Kaltluftvolumenstromdichte wird in $m^3/(m \cdot s)$ bzw. m^2/s angegeben.

Die Ergebnisdarstellungen **Abb. 4.6** stellen die flächenhafte Verteilung der Volumenstromdichte bei voll ausgebildeter Kaltluftdynamik für den Ist-Fall dar. Neben der flächenhaften Darstellung der Volumenstromdichte werden in der Abbildung durch Pfeilsymbole die Richtung und die Intensität von Kaltluftströmen angegeben. Kaltluftvolumenströme von 300 bis 1 500 m^2/s kommt eine mittlere und ein Volumenstrom größer als 1 500 m^2/s eine hohe klimaökologische Bedeutung zu.

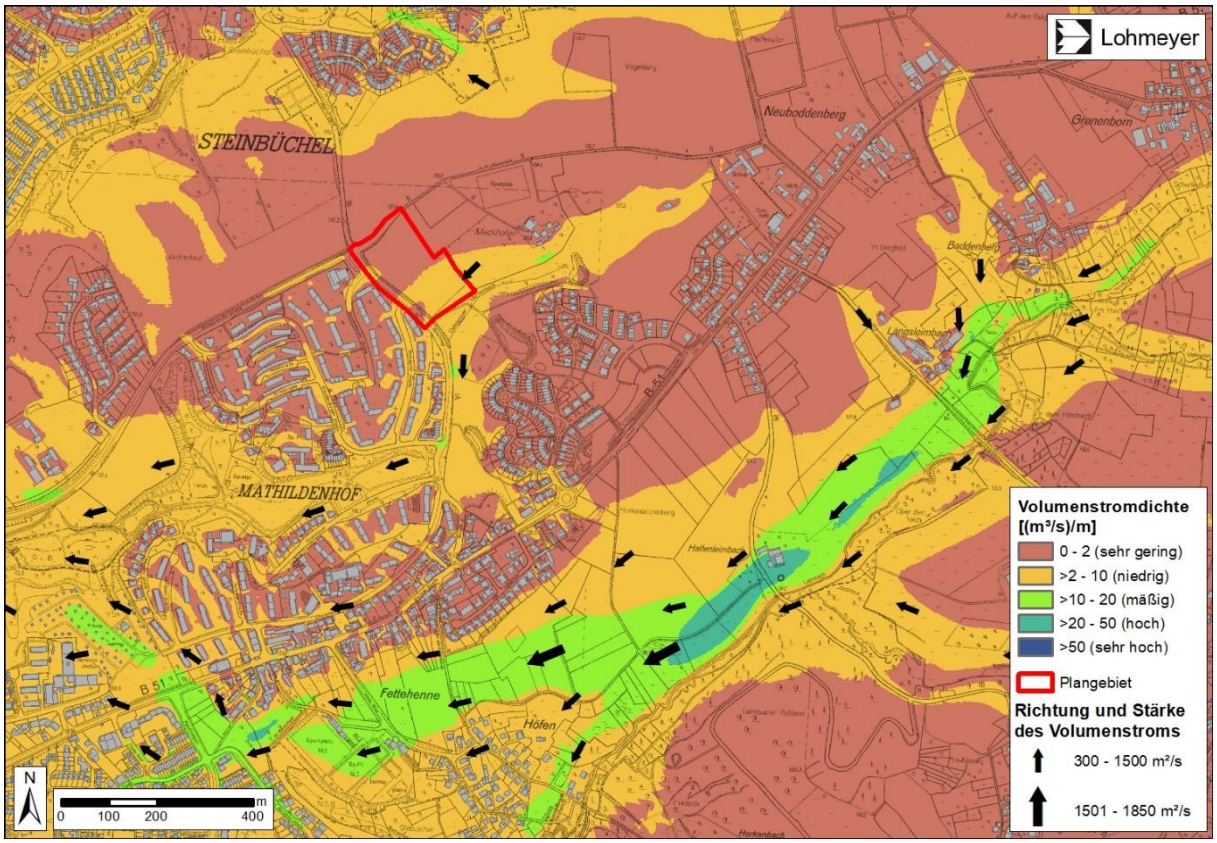

Abb. 4.6: Volumenstromdichte im Ist-Fall

Die **Abb. 4.6** belegt, dass sich nachts im Untersuchungsgebiet Kaltluftsysteme ausbilden. Besonders im Leimbachtal entwickeln sich intensive Kaltluftabflüsse mit hohen Volumenstromdichten bis zu 35 $m^3/(m\ s)$.

Die nahe des Plangebietes befindlichen Siedlungsbereichen wiesen zumeist eine Kuppenlage auf, so dass hier die Kaltluft nach Sonnenuntergang der Hangneigung folgend in die Täler abfließt. Hierzu zählt auch die Wohnsiedlung westlich des Plangebiets. Aufgrund dieser besonderen topografischen Situation liegt daher die Volumenstromdichte in den Siedlungsgebieten meist unter 10 $m^3/(m\ s)$ und ist damit als sehr gering bis niedrig einzustufen. Dies betrifft insbesondere auch die westlich des Plangebiets gelegene Wohnsiedlung.

Im Tal des Ophovener Mühlenbachs bildet sich ein Kaltluftsystem niedriger bis mäßiger Intensität aus. Die Kaltluftbewegung folgt dem Bachverlauf und tangiert hierbei den südlichen Bereich des Plangebiets. Von hier aus fließt die Kaltluft weiter nach Süden in die Potsdamer Straße und den Bohofsweg ab und wird über die Parkfläche weiter nach Westen transportiert Im nördlichen Bereich des Plangebiets werden allenfalls sehr geringe Kaltluftabflussmengen ausgewiesen.

Die **Abb. 4.7** zeigt die Veränderung des Volumenstroms nach Realisierung des Plan-Falls 1. Aus der Abbildung lässt sich entnehmen, dass die Veränderungen in der Kaltluftdynamik, die durch die neue Bebauung verursacht werden, sich nur auf das Plangebiet selbst beschränken. Die Plangebäude wirken als Strömungshindernisse und bremsen die Kaltluftabflüsse ab, so dass es im Plangebiet zu einer Abnahme der Volumenstromdichte kommt. Nördlich des Plangebiets ergeben sich keine relevanten planungsbedingten Veränderungen, da die Kaltluftmengen hier bereits im Ist-Fall sehr niedrig sind. Südöstlich und südwestlich des Plangebiets kommt es vereinzelt zu Zunahmen der Volumenströme, die durch die Verengung des Strömungsquerschnittes durch die neuen Plangebäude verursacht wird. Es werden keine Veränderungen der Kaltluftmenge, die in die Potsdamer Straße und Bohofsweg abfließt, durch die Planung verursacht.

Die **Abb. 4.8** zeigt die Veränderung des Volumenstroms nach Realisierung des Plan-Falls 2. Die räumlichen Veränderungen der Volumenstromdichte ähneln denen des Plan-Falls 1 und begrenzen sich ebenfalls auf das Plangebiet. Die planungsbedingten Zunahmen der Volumenströme können mit denen des Plan-Falls 1 gleichgesetzt werden.

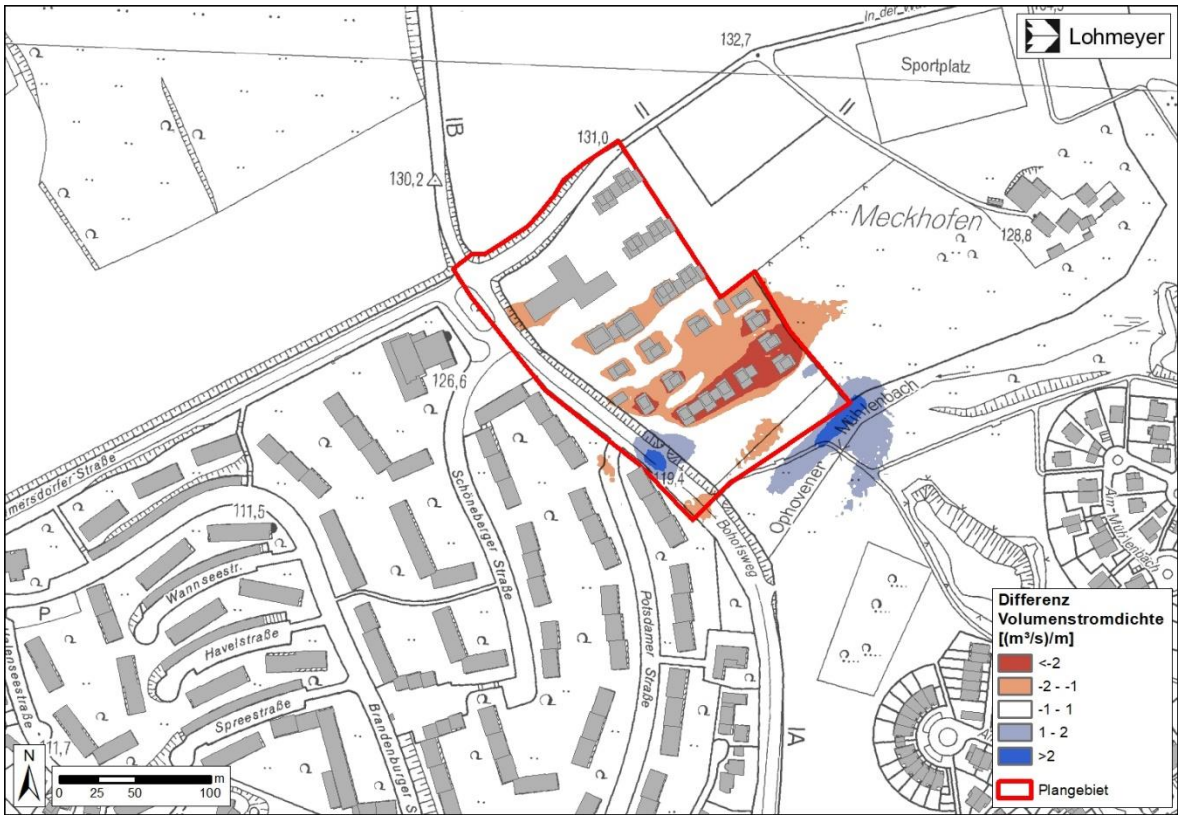

Abb. 4.7: Differenz Plan-Fall 1 zum Ist-Fall

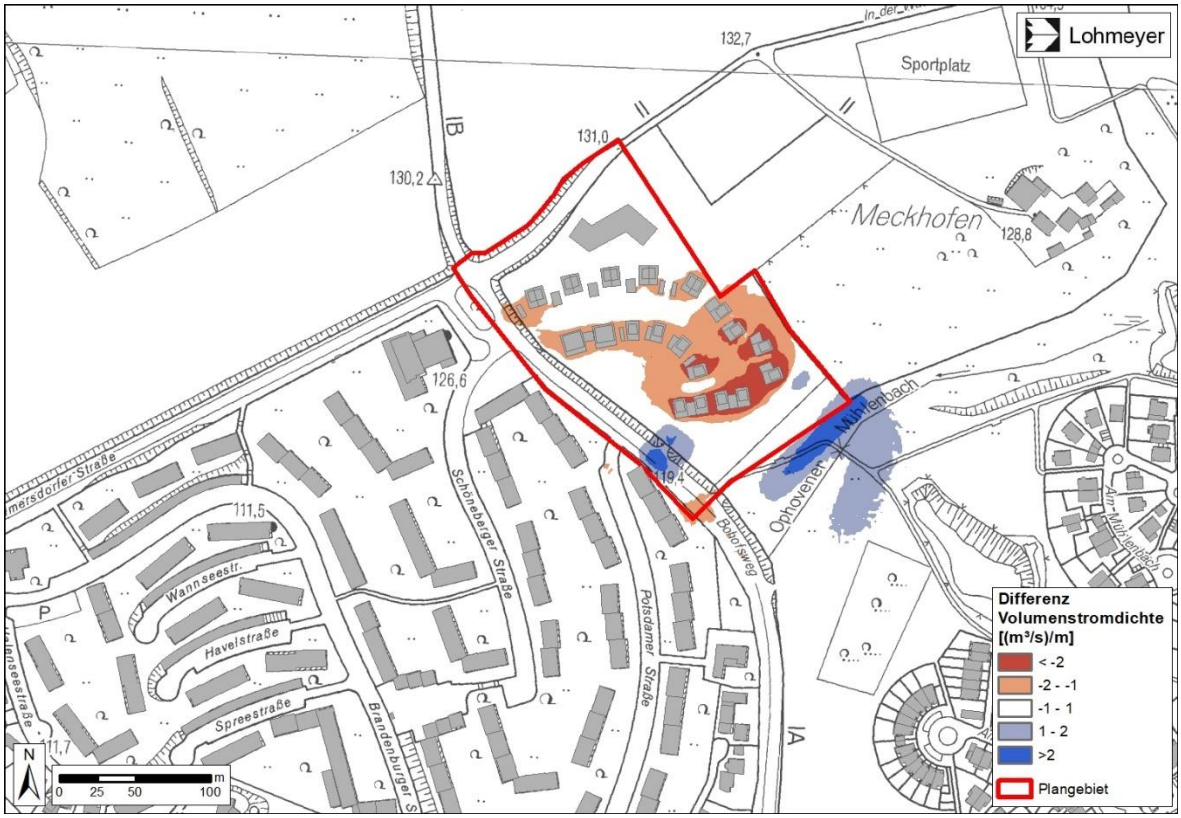

Abb. 4.8: Differenz Plan-Fall 2 zum Ist-Fall

4.3 Fazit

Aus den vorliegenden Untersuchungen und den Ergebnissen der Simulationsrechnungen lassen sich folgende Rückschlüsse ableiten:

Ist-Fall

- Im Plangebiet und im Bereich der hieran angrenzenden Wohngebiete liegen derzeit aufgrund der großen Freiflächen und der lockeren Bebauungsstrukturen gute bioklimatische Verhältnisse vor.

- Im Leimbachtal entwickelt sich in den Nachtstunden ein dynamisches Kaltluftsystem. Ein weiterer Kaltluftvolumenstrom fließt mit niedriger mit mäßiger Intensität über das Tal des Ophovener Mühlenbachs ab.

- Viele Wohnsiedlungen im Untersuchungsgebiet weisen eine geringe Kaltlufthöhe auf. Bioklimatisch relevante Volumenströme treten hier kaum auf. Ursachen hierfür ist die Kuppenlage der Siedlungen, so dass Kaltluft bereits in den Anfängen der Nacht hangabwärts abfließt und sich in den Tälern ansammelt und über diese weiter talabwärts fließt.

Plan-Fälle

- Veränderungen der Kaltluftverhältnisse, die durch die geplante Bebauung verursacht werden, sind nur im Plangebiet selbst zu erwarten. Es gibt dabei keine relevanten Unterschiede der räumlichen Veränderungen zwischen den beiden Plan-Fällen.

- Eine bauliche Umsetzung der Planung bewirkt keine bioklimatisch relevanten Veränderungen der Frischluftzufuhr in den an das Plangebiet angrenzenden Wohngebieten. Die Kaltluftverhältnisse im Plangebiet sind nach Realisierung der Planung schwach ausgeprägt und sind vergleichbar mit den Verhältnissen in den angrenzenden Wohngebieten.

Unter Berücksichtigung des Lokalklimas im Untersuchungsgebiet und auf der Grundlage der Ergebnisse aus mikroklimatischen Kaltluftsimulationsrechnungen kann unseres Erachtens die geplante Bebauung in beiden Varianten realisiert werden.

5 PLANUNGSEMPFEHLUNGEN

Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten bei den textlichen Festsetzungen des Bebauungsplans folgende Hinweise geprüft und weitestgehend berücksichtigt werden:

- Grundsätzlich ist ein hoher Grünflächenanteil anzustreben. Vegetationsreiche Gärten mit einem geringen Versiegelungsgrad als lokale Kaltluftproduktionsfläche tragen zu einem besseren Stadtklima bei. Zur Verbesserung der thermischen Ausgleichsfunktion ist hier ein möglichst hoher Baumanteil anzustreben.

- Die Plangebäude sind in beiden Varianten bereits parallel zur Kaltluftfließrichtung (Nordost – Südwest) angeordnet, so dass die Funktion von Frischluft- und Kaltluftleitbahnen sowie die allgemeine Durchlüftungssituation weiterhin gewährleistet ist.

- Die Frei- und Parkflächen südlich des Plangebietes sind aufgrund ihrer wichtigen Funktion als Frischluft- und Kaltluftleitbahn unbedingt festzuschreiben.

- Durch eine Begrünung der Dachflächen und der Fassaden wird die Aufheizung der Oberflächen verringert. Hierdurch werden die Lufterwärmung und die Wärmespeicherung in den Bauteilen gemindert. Dies wirkt sich ganztägig positiv auf die Wärmebelastung im Außenbereich aus und verbessert den thermischen Komfort im Inneren der Gebäude. Eine Dachbegrünung leistet auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, da hierdurch Niederschlagswasser gespeichert wird.

- Oberflächen von Verkehrs- und Stellplatzflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen.

- Um Raumerwärmungen in den geplanten Gebäuden zu vermeiden, sind wirksame Maßnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz vorzusehen. Hierzu sollte der Fensterflächenanteil auf ein sinnvolles Maß beschränkt werden. Zusätzlich sind Glasflächen an den West-, Ost-, und Südfassaden mit beweglichen Sonnenschutzanlagen auszustatten.

- Für Außenwände und Bodenbeläge im Außenbereich sind möglichst helle Farben zu favorisieren, um eine starke Überhitzung der Oberflächen und eine starke Wärmespeicherung in den Baustoffen zu vermeiden.

- Aufgrund der positiven thermischen Wirkungen von Bäumen (Verschattung, Verdunstung) sind Baumpflanzungen im Plangebiet vorzusehen. Um Beeinträchtigungen der Frischluft- Kaltluftzufuhr aufgrund des Strömungswiderstands der Baumkronen zu vermeiden sollten Baumarten mit höheren und aufgelockerten Baumkronen favorisiert werden. Zusätzlich sind Arten zu favorisieren, die an die zunehmende Wärmebelastung angepasst sind.

- Parkähnliche Strukturen oder Plätze können im Plangebiet als lokale „Klimaoasen“ wirken. Dieser Effekt kann durch Wasserflächen oder Brunnen zur Abkühlung verstärkt werden.

6 LITERATUR

[LANUV WEB_1]

Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz: Klimaatlas NRW, *https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas*

[LANUV WEB_2]

Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz: Fachinformationssystem Klimaanpassung NRW, http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de/

[Sievers 2005]

Sievers, u.: Das Kaltluftabflussmodell KLAM 21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 227, Offenbach am Main, 2005.

[Umweltbundesamt 2020]

Umweltbundesamt: Klimawandel und Gesundheit: https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/klimawandel-gesundheit

[VDI 3787-1

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1: Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Februar 2014.

[VDI 3787-5]

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5: Umweltmeteorologie –Lokale Kaltluft, Dezember 2003.

ANHANG A:

BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS

A BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS

A1 Allgemeines

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden; dabei fließt in Bodennähe (bzw. bei Wald über dem Kronenraum) gebildete kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m, in Kaltluftsammelgebieten, in denen sich die Kaltluft staut, kann die Schicht auf über 100 m anwachsen. Die typische Fließgeschwindigkeit der Kaltluft liegt in der Größenordnung von 1 m/s bis 3 m/s. Die folgenden beiden meteorologischen Bedingungen müssen für die Ausbildung von Kaltluftabflüssen erfüllt sein:

i) wolkenarme Nächte: durch die aufgrund fehlender Wolken reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre kann die Erdoberfläche kräftig auskühlen

ii) großräumig windschwache Situation: dadurch kann sich die Tendenz der Kaltluft, an geneigten Flächen abzufließen, gegenüber dem Umgebungswind durchsetzen.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft, wie in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (2003), zusammenfassend beschrieben, 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. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Vom Standpunkt der Regional- und Stadtplanung her ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können.

A2 Modellbeschreibung

Um genauere Aussagen über die klimatischen Verhältnisse und die stadtklimatische Bedeutung der Kaltluftleitbahn treffen zu können, wurden ergänzend mikroklimatische Kaltluftsimulationsrechnungen mit einer horizontalen Auflösung von 2,0 m durchgeführt. Hierdurch können die Einflüsse der Bebauung auf die bodennahen Kaltluftströmungen im Untersuchungsgebiet erfasst werden. Eine detaillierte und belastbare Einschätzung der

Auswirkungen der geplanten Änderung des Bebauungsplans auf die bodennahen Kaltluftsysteme im Untersuchungsgebiet wird somit ermöglicht.

Die Berechnungen wurden mit der aktuellen Version von KLAM_21 durchgeführt. KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell, welches vom Deutschen Wetterdienst entwickelt wurde [SIEVERS 2005]. Das Modell ermöglicht die Ermittlung von Kaltluftabflüssen und Kaltluftansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände und hat sich in zahlreichen Gutachten zur Standort-, Stadt- und Regionalplanung bewährt.

Die Kaltluftmodellierung mit KLAM_21 berücksichtigt Angaben zur Geländehöhe und zur Flächennutzung innerhalb des in äquidistante Gitterzellen aufgeteilten Untersuchungsgebietes. Modellintern werden hieraus die Rauigkeitslängen der Oberflächen sowie die langwellige Ausstrahlung abgeleitet. Für Siedlungsbereiche oder bewaldete Flächen werden zusätzliche Kenngrößen, wie z.B. die mittlere Gebäudehöhe oder der Blattflächenindex berücksichtigt.

Das Modell simuliert die Bildung von Kaltluft und die sich im Laufe der Nacht entwickelten Kaltluftströmungen und ermöglicht für den Untersuchungsraum Aussagen zu Kaltlufthöhen, Strömungsgeschwindigkeiten und Volumenstromdichten. Angaben zur Größe und Lage des Untersuchungsgebietes können der **Tab. A2.1** und der **Abb. 4.1** entnommen werden.

Tab. A2.1: Größe des KLAM_21-Rechengebiets

Gitterauflösung [m]	Ausdehnung in X-Richtung [m]	Ausdehnung in Y-Richtung [m]	Anzahl Rechenzellen
2.00	2900	2800	2 030 000