



Lohmeyer

9. ÄNDERUNG BEBAUUNGSPLAN 10.22 „WÄSSIGERTAL“, REMAGEN

- KALTLUFTUNTERSUCHUNG -

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Remagen
Bauverwaltung
Bachstraße 2
53424 Remagen

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Met. Patrick Hogan

M.Sc. Geoinformatik Sandra Deimel

Juli 2021
Projekt 30126-21-02
Berichtsumfang 22 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUFGABENSTELLUNG	5
3	KALTLUFTSIMULATIONSRECHNUNGEN.....	8
3.1	Eingangsdaten	8
3.1.1	Topographie	8
3.1.2	Oberflächeneigenschaften.....	11
3.2	Ergebnisse der mikroklimatischen Simulationsrechnungen	12
3.2.1	Kaltlufthöhe	12
3.2.2	Volumenstromdichte	15
4	FAZIT	18
5	PLANUNGSEMPFEHLUNGEN.....	19
6	LITERATUR	20
A1	BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS	21

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Namen und 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

An ca. 20 bis 30 Prozent der Tage im Jahr treten windschwache autochthone Hochdruckwetterlagen mit nächtlicher Kaltluftproduktion auf. 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, sodass letztlich ein Wärmeverlust und eine Abkühlung der Oberflächen resultiert. Hiermit gehen ein Wärmeverlust und eine Abkühlung der bodennahen Luftschicht einher, sodass bodennahe Kaltluft produziert wird.

Besonders intensive Kaltluftbildung findet auf unversiegelten Freiflächen, z. B. Wiesen- und Ackerflächen, statt. Mit zunehmender Versiegelung und Bebauungsdichte reduziert sich die Kaltluftproduktion. Typische Kaltluftproduktionsraten verschiedener Klimatope sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (absteigend sortiert).

Klimatope	Produktionsraten [m³/m²h] nach Wiesner (1986)
Wiese / Baumwiese	14.7
Acker	14.6
Park	14.5
Brache	14.4
Laub- / Nadel- / Mischwald	13.5
Gewässer	13.5
Gartenstadt / Dorf	7.4
Gewerbe / Industrie	0.0
Stadttrand / Innenstadt	0.0
Verkehrsfläche / Versiegelte Flächen	0.0

Kaltluftabfluss

In geneigtem Gelände setzt 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 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.

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, sodass 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

Städtebaulich soll die bestehende Bebauung in der Straße Wässigertal nachverdichtet werden. Der Geltungsbereich liegt im Südwesten der Kernstadt Remagen im Hangbereich. Östlich des Plangebiets befinden sich Wohngebiete.

Aufgrund der Lage des Plangebietes sind die Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens auf das Kaltluftgeschehen zu untersuchen und zu bewerten. Zur Quantifizierung und Bewertung möglicher Auswirkungen wurden daher für den Status Quo und den Planfall mikroskalige Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Rechenmodell *KLAM_21* durchgeführt.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für den Status Quo belegen, dass das Wässigertal als Kaltluftleitbahn fungiert. Die nächtliche Kaltluftdynamik im Geltungsbereich des Bebauungsplans und der angrenzenden Umgebung ist mäßig ausgeprägt.

Negative Auswirkungen der Planung im Hinblick auf die Aspekte Kaltluft, beschränken sich weitestgehend auf das Plangebiet. Für die Bewohner der Stadt Remagen sind nach der Planungsrealisierung keine Erhöhungen der thermischen Belastungen zu erwarten.

Die geplante bauliche Nachverdichtung kann daher aus klimatischer Sicht realisiert werden.

Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten die in Kapitel 5 (Planungsempfehlungen) formulierten Hinweise möglichst umfassend berücksichtigt werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Städtebaulich soll die bestehende Bebauung in der Straße Wässigertal nachverdichtet werden. An geeigneten Stellen wird eine zweite Baureihe ausgewiesen. Der Geltungsbereich liegt im Südwesten der Kernstadt Remagen im Hangbereich. Dieser fällt von Südwesten nach Nordosten ab. Das Plangebiet ist im Norden durch die B 9, im Westen und Süden durch Baumbestände, und im Osten durch landwirtschaftlich genutzte Flächen begrenzt. Östlich der B 9 schließen gewerblich genutzte Flächen und Wohnsiedlungen an (vgl. **Abb. 2.1** und **Abb. 2.2**).

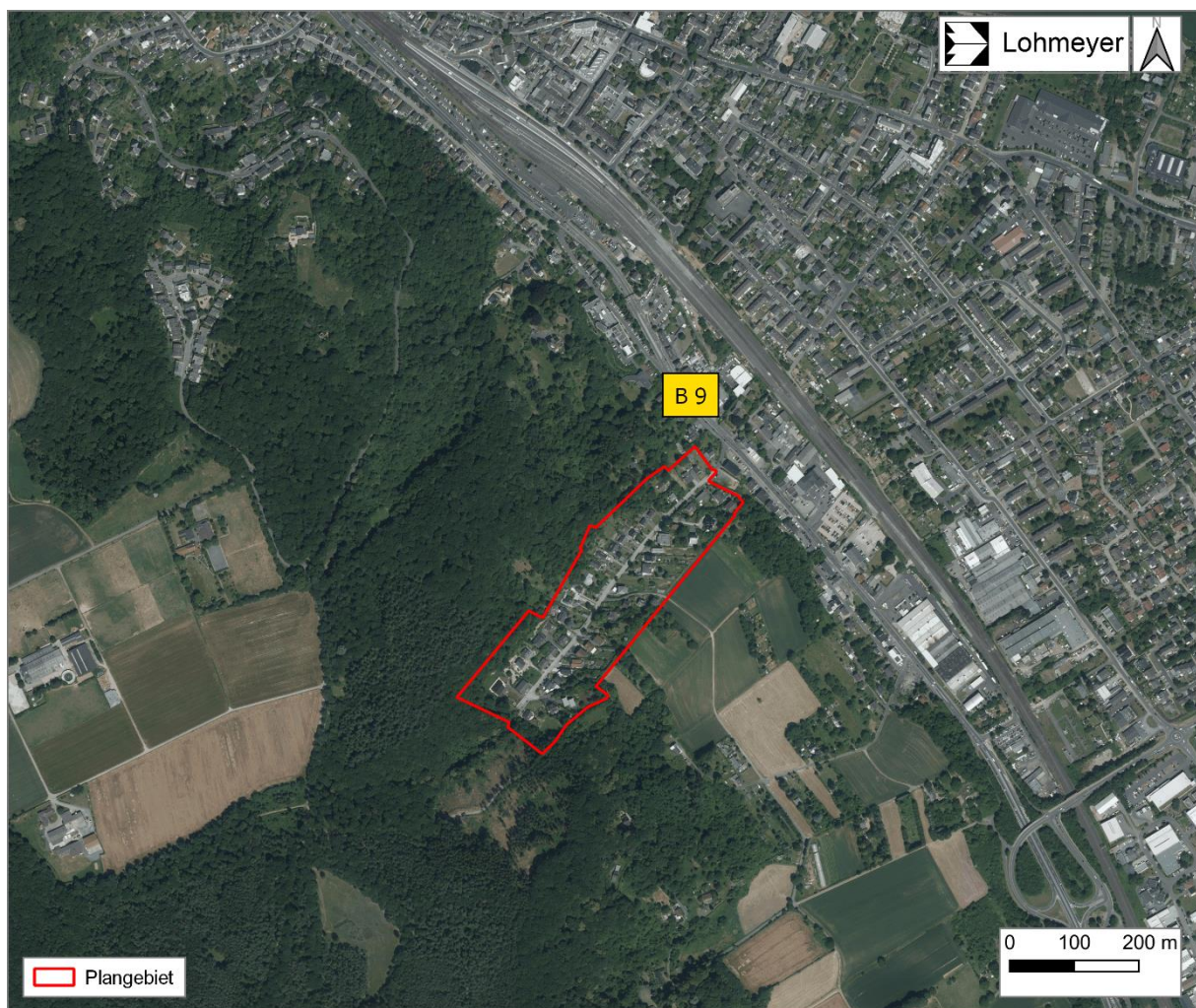


Abb. 2.1: Lageplan des Bebauungsplans



Abb. 2.2: Übersichtsplan der Planung (Quelle: Auftraggeber)

Das geplante Gebiet der baulichen Nachverdichtung befindet sich im Talbereich, welches aufgrund seiner Neigung und Ausrichtung als Kaltluftleitbahn fungiert.

Zur umweltverträglichen Gestaltung des weiteren Planungsprozesses sind daher 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 unter Berücksichtigung der klimatischen Belange der Stadt Remagen zu erarbeiten.

Bei den lokalklimatischen Simulationen werden folgende Fälle untersucht:

- **Status-Quo:** Gegenwärtige Bebauung
- **Planfall:** Planung mit den maximal möglichen Baugrenzen

Als Bewertungsgrundlage wird u.a. die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ herangezogen. 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:

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

Mit der vorliegenden lokalklimatischen Untersuchung sollen auf der Grundlage mikroskaliger Modellrechnungen die derzeitige klima-ökologische 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 lokalklimatischen Situation aufzuzeigen.

3 KALTLUFTSIMULATIONSRECHNUNGEN

Zur Bestimmung der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Kaltluftsimulationen für die Bestandssituation und für den Planzustand mit dem Kaltluftmodell *KLAM_21* (Beschreibung siehe Anhang A1) durchgeführt. Die Abmessungen des Untersuchungsgebiets wurde so dimensioniert, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen vollständig erfasst werden.

3.1 Eingangsdaten

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

3.1.1 Topographie

Die Topographie des Untersuchungsgebietes wurde aus dem digitalen Geländemodell von Rheinland-Pfalz mit einer Auflösung von einem Metern abgeleitet (siehe **Abb. 3.1** und **Abb. 3.2**). Das Gelände im Untersuchungsraum weist vorwiegend Höhen zwischen 50 und 270 m ü. NHN auf und ist geprägt von Geländeeinschnitten, die durch die Flüsse Rhein und Ahr entstanden sind.

Das Plangebiet liegt am höchsten Punkt 70 m höher als das Rheintal und fällt von Westen nach Osten von 130 m auf 70 m ü. NHN ab. Die kürzeste Entfernung zum Rhein beträgt ungefähr 750 m.

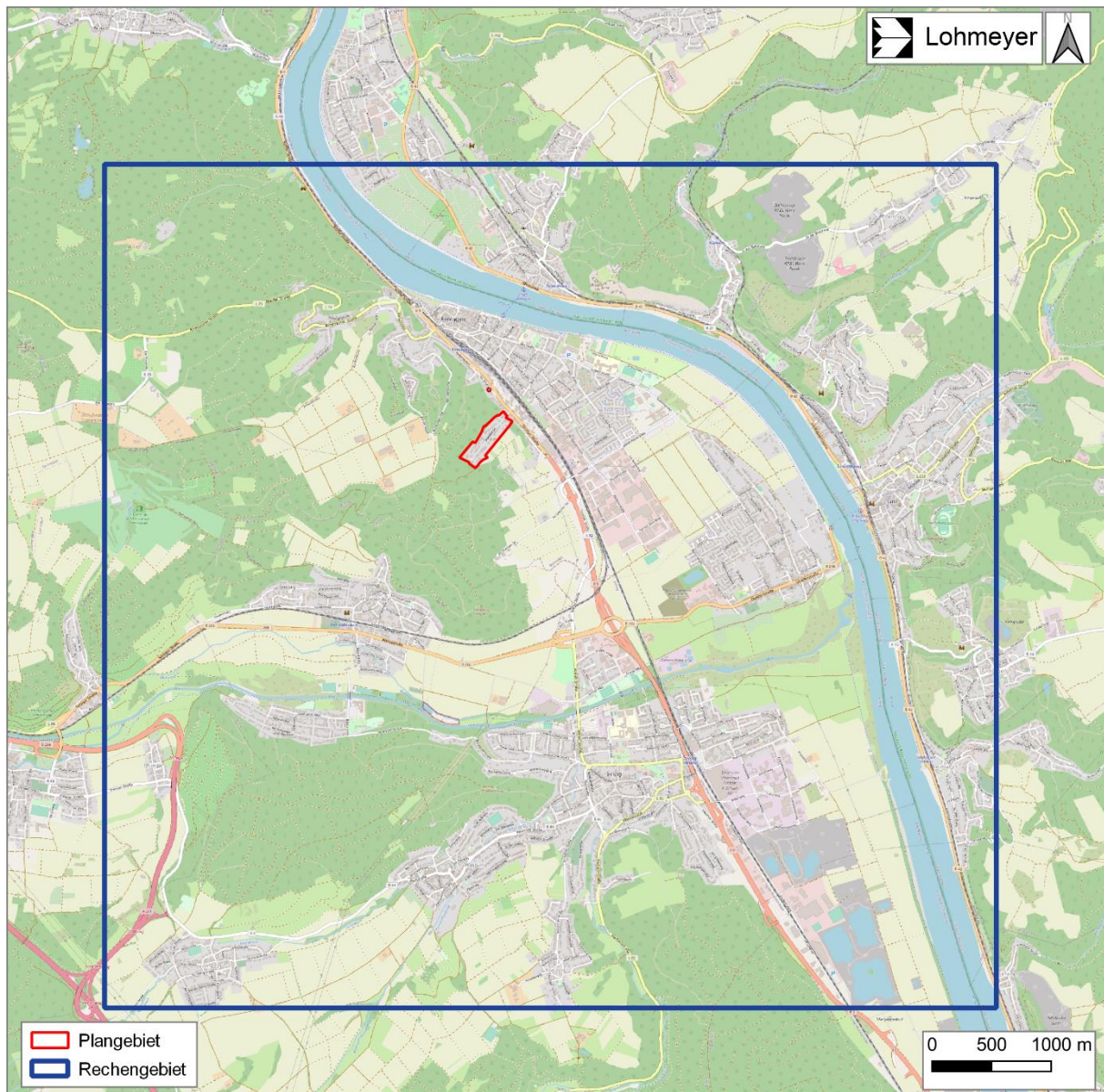


Abb. 3.1: Abgrenzung des Rechengebiets

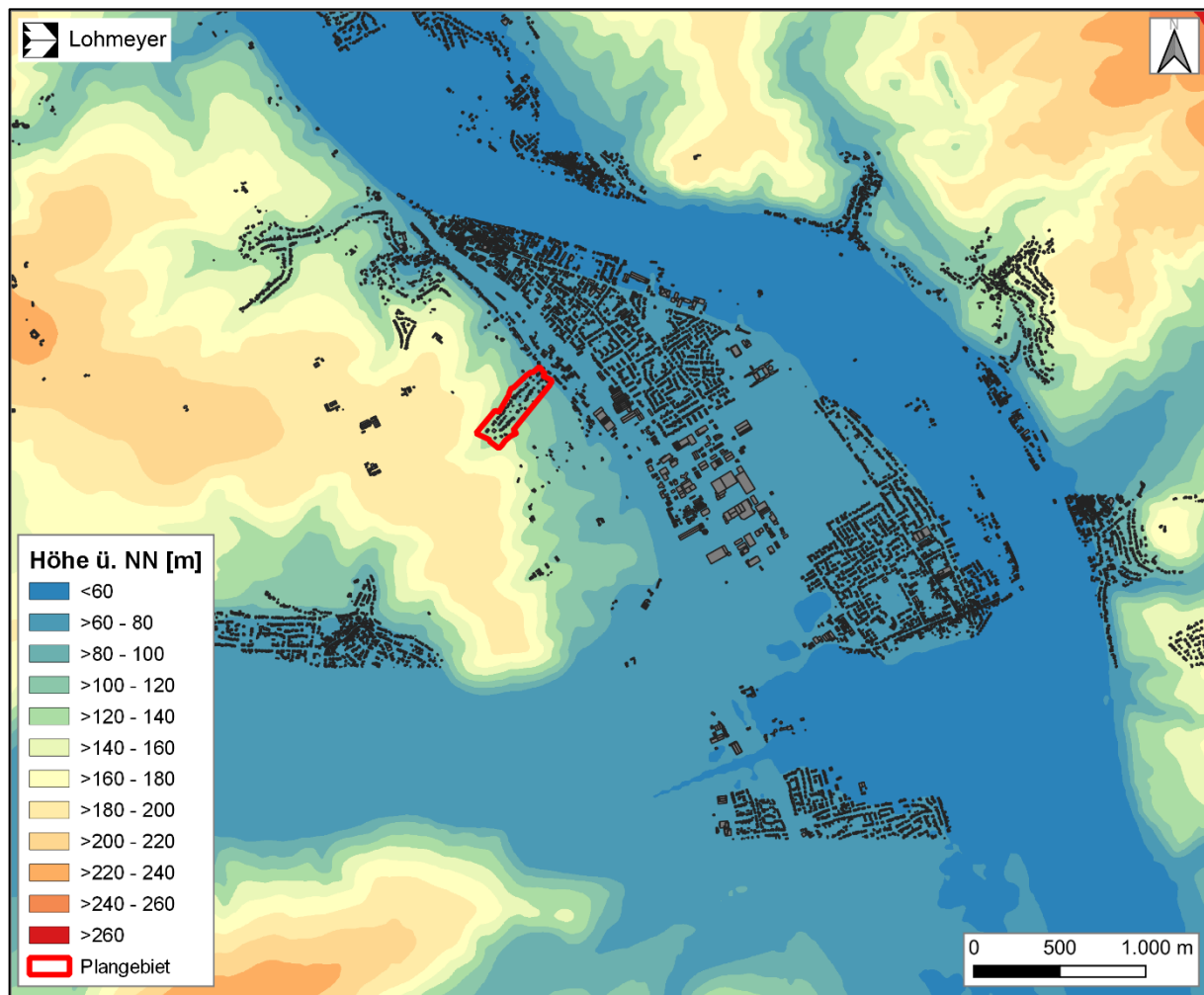


Abb. 3.2: Topographie

3.1.2 Oberflächeneigenschaften

Die Landnutzungsklassen, die einen wesentlichen Einfluss auf die lokale Kaltluftproduktion haben, wurden dem CORINE Datensatz der EU entnommen. Hierin sind die wichtigsten Formen der Landnutzung 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 Status Quo und den Planfall dargestellt.

Der Untersuchungsraum wird durch lockeren, teils versiegelte Wohnsiedlungen, Flüsse, Straßen, Äcker, und Baumbestände geprägt (vgl. **Abb. 3.3**). Das Plangebiet besteht aus einer Wohnstraße, die zum Teil durch die Gebäude und Zufahrten versiegelt ist. Direkt an das Plangebiet angrenzend befinden sich östlich unversiegelte Landwirtschaftliche Freiflächen und südlich und westlich gewachsene Waldflächen.



Abb. 3.3: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Status Quo

Für den Planfall wird eine Siedlung mit maximal möglicher Bebauung angenommen (vgl. **Abb. 3.4**).

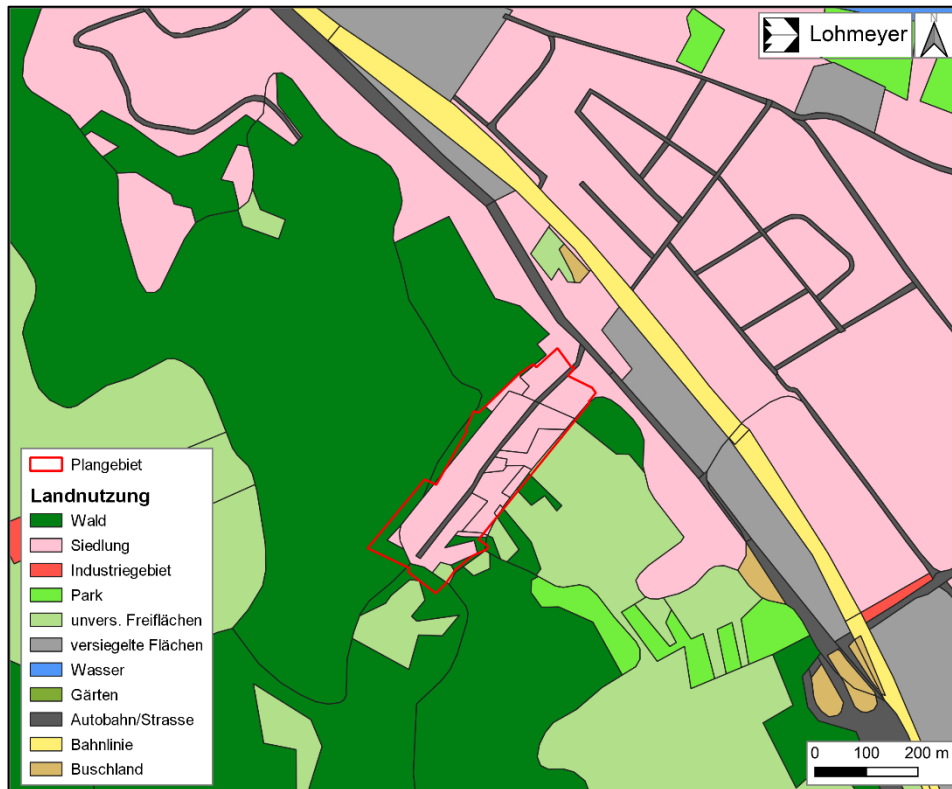


Abb. 3.4: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Planfall

3.2 Ergebnisse der mikroklimatischen Simulationsrechnungen

Auf der Grundlage der dargelegten Eingangsdaten wurde das Kaltluftgeschehen für eine windstille Strahlungsnacht mit *KLAM_21* für den Status Quo und für die beiden Planvarianten simuliert. Hierbei wurde für die Ergebnisauswertung der Zeitpunkt 01:00 Uhr gewählt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Kaltluftdynamik am stärksten ausgeprägt. Die Ergebnisdarstellungen 3.5 bis 3.9, die das Kaltluftgeschehen zu diesem Zeitpunkt dokumentieren, bieten somit eine fundierte Grundlage zur Analyse und Beurteilung möglicher planungsbedingter Veränderungen der Kaltluftdynamik. Der Kartenausschnitt der Ergebnisgrafiken beschränkt sich auf das Plangebiet und die Bereiche der angrenzenden Umgebung, für die planungsdingte Veränderungen des Kaltluftgeschehens prognostiziert werden.

3.2.1 Kaltlufthöhe

Die **Abb. 3.5** stellt die Kaltlufthöhe im **Status Quo** um 01:00 Uhr nachts dar. Die Kaltlufthöhen im Untersuchungsgebiet schwanken zwischen wenigen Metern und ca. 60 m. Die Mächtigkeit der Kaltluftschicht wird maßgeblich von der Topographie bestimmt (vgl. **Abb. 3.2**). Aufgrund der höheren Dichte sammelt sich Kaltluft, ähnlich wie Wasser, in tieferliegenden Mulden,

Senken, Tälern oder sonstigen Geländeeinschnitten an. Hier liegen daher höhere Kaltluftschichten vor als in den topographisch höher liegenden Bereichen südlich und westlich der Planung. Die höchsten Schichtdicken werden über der Ahr und über dem Rhein ausgewiesen; im Stadtkern Remagen liegt die Schichtdicke bei ca. 30 m. Im Plangebiet beträgt die Mächtigkeit zwischen 2 und 20 m.

Nach Planungsrealisierung wird sich die Höhe der Kaltluftschicht im Plangebiet und der Umgebung nicht signifikant verändern. Zwischen den Gebäudereihen staut sich die Kaltluft an, wodurch sich die Mächtigkeit um bis zu 4 m erhöht. Am unteren Ende der Straße ist die Kaltluft Höhe um ca. 1 m reduziert. Die Veränderungen der Kaltluftschichtdicke beschränken sich auf das Plangebiet. Östlich der B 9 bleibt die Kaltfluthöhe unverändert (vgl. **Abb. 3.6**).

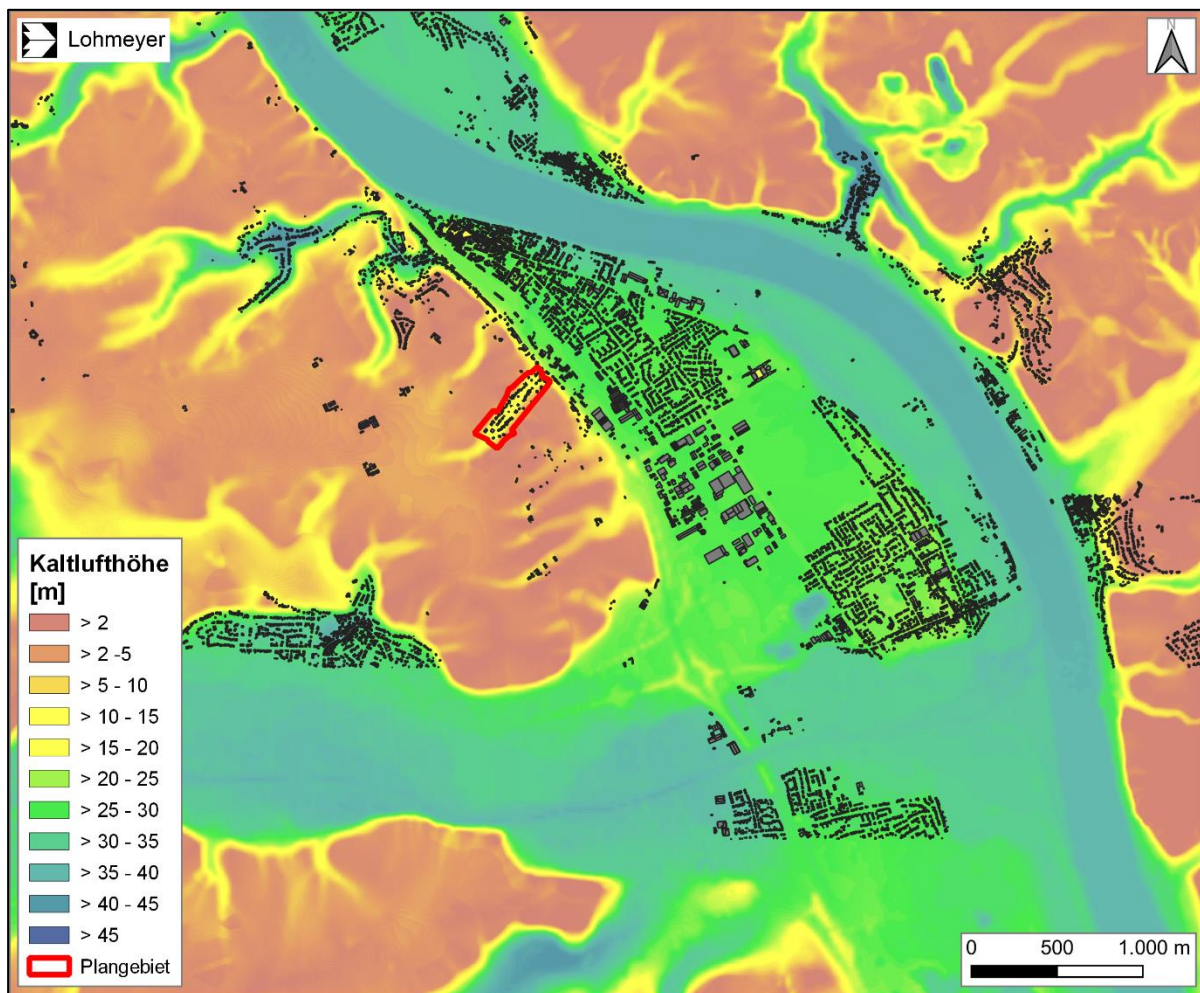


Abb. 3.5: Kaltfluthöhe im Untersuchungsgebiet für den Status Quo um 1 Uhr morgens

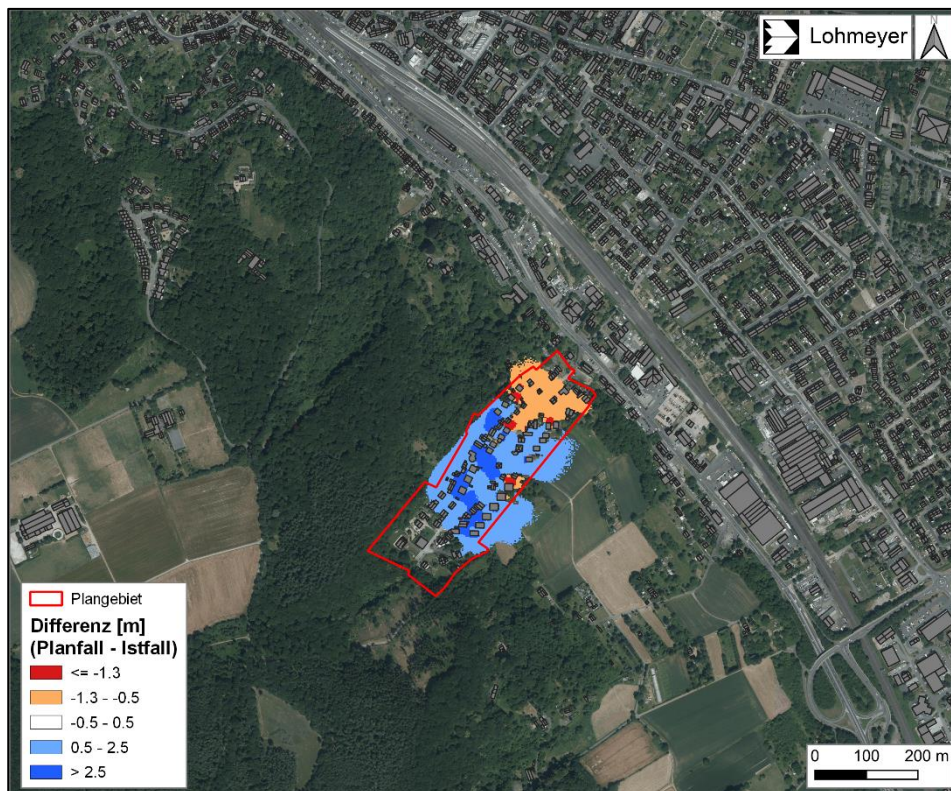


Abb. 3.6: Differenz der Kaltluflhöhe

3.2.2 Volumenstromdichte

Neben der Mächtigkeit der Kaltluft spielen die bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten für die klimatische Ausgleichsleistung eine wesentliche Rolle. Als Maß für die Kaltluftdynamik 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 $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ bzw. m^2/s angegeben.

Die **Abb. 3.7** zeigt für den **Status Quo** die flächenhafte Verteilung der Kaltluftvolumenstromdichte für den Zeitpunkt 01:00 Uhr nachts. Die Abbildung belegt, dass sich im Laufe der Nacht ein Kaltluftsystem entlang des Wässigertals ausbildet. Hier liegt die Volumenstromdichte hauptsächlich bei ca. $20 \text{ m}^2/\text{s}$, in engbegrenzten Bereichen über der Fahrbahn bis zu $25 \text{ m}^2/\text{s}$. Der Kaltluftabfluss wird durch die Gebäudereihen kanalisiert; neben der Hauptströmung entlang der Straße treten schwache Strömungen an den Rückseiten der bestehenden Gebäude auf. In den östlich angrenzenden Siedlungsbereichen und im Stadtkern von Remagen werden zu diesem Zeitpunkt nur Kaltluftvolumenströme von geringer Intensität prognostiziert.

Im Plangebiet werden Kaltluftströme von mäßiger Intensität prognostiziert.

Die **planungsbedingten Veränderungen** der Volumenstromdichte beschränken sich im Wesentlichen auf das Plangebiet. In der **Abb. 3.8** wird deutlich, dass das aus dem Wässigertal kommende Kaltluftsystem durch die Planung nicht signifikant beeinflusst wird. Der Kaltluftabfluss wird aufgrund der zusätzlichen Gebäude weiter kanalisiert. Die **Abb. 3.9** zeigt, dass nahe gelegene Wohngebiete im Stadtkern von Remagen nicht von negativen Auswirkungen betroffen sind. Signifikante Verschlechterungen der Kaltluftzufuhr können somit für die Anwohner in Remagen ausgeschlossen werden.

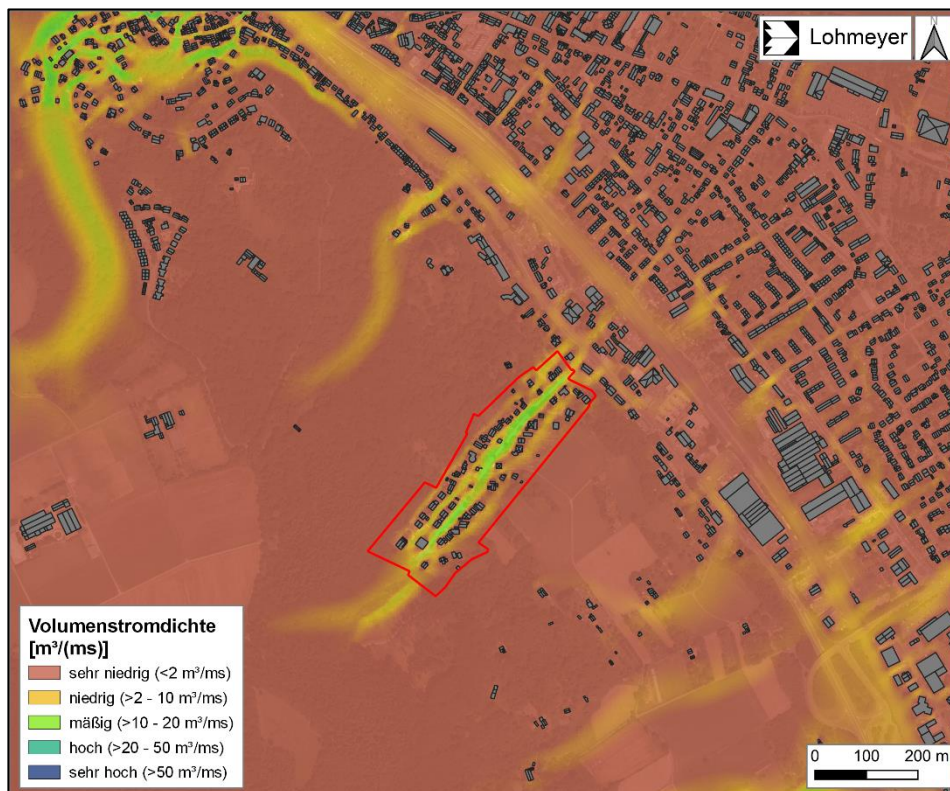


Abb. 3.7: Volumenstromdichte für den Status Quo um 1 Uhr morgens

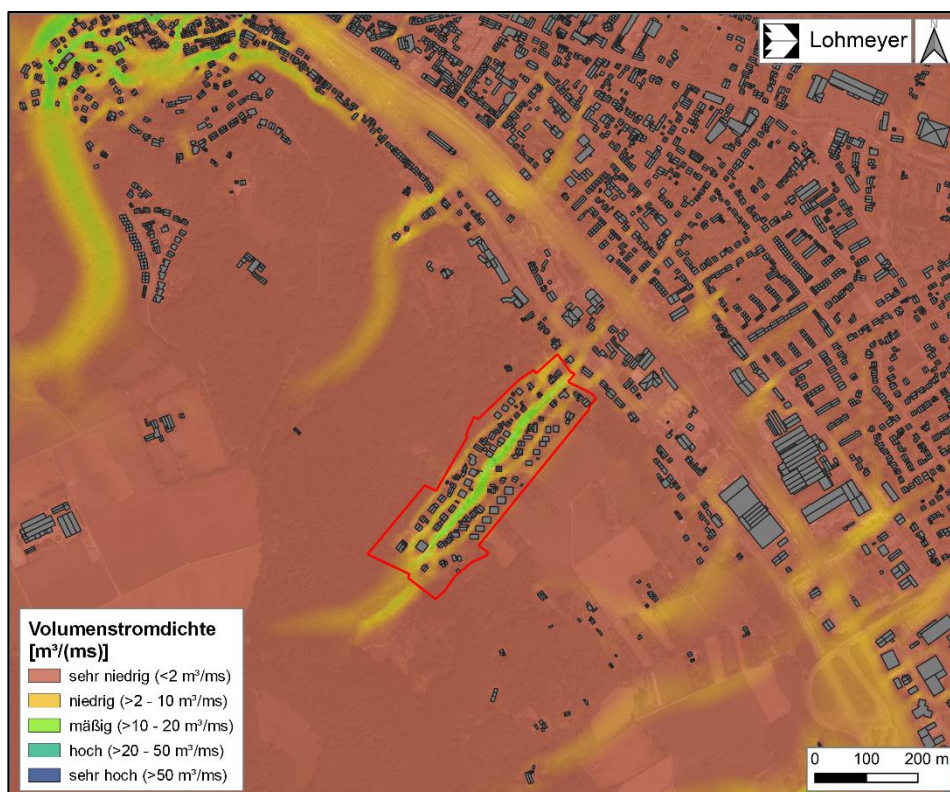


Abb. 3.8: Volumenstromdichte für den Planfall um 1 Uhr morgens

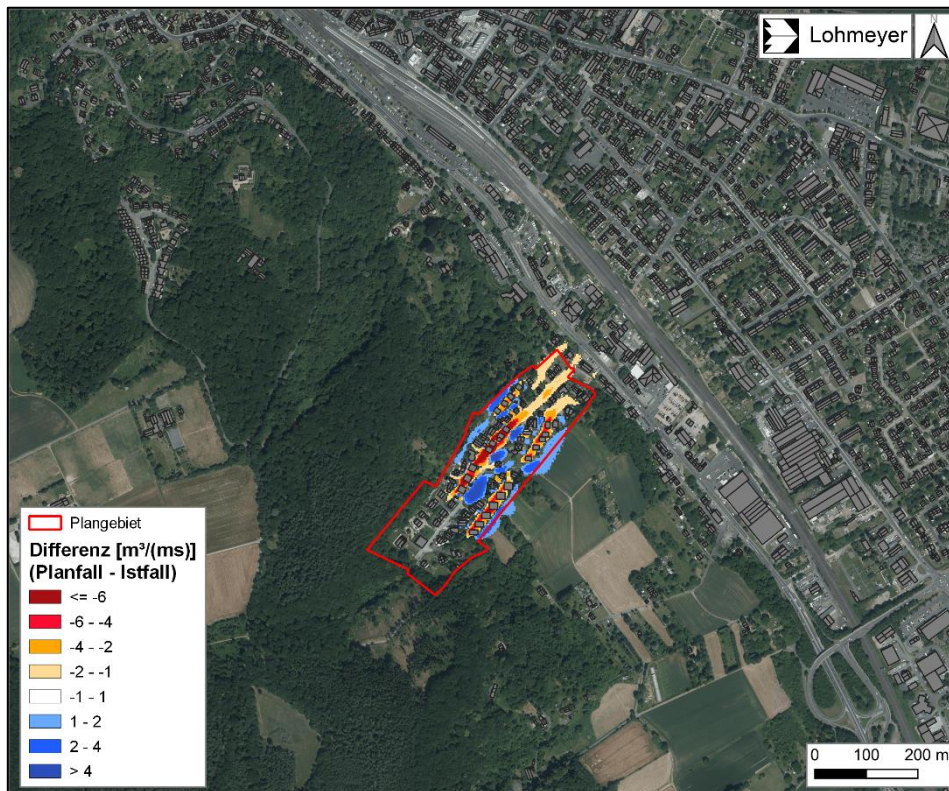


Abb. 3.9: Differenz der Volumenstromdichte

4 FAZIT

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

Das Gebiet der geplanten baulichen Verdichtung befindet sich im Wässigertal. Hier weisen die Simulationsrechnungen für die gegenwärtige Bebauungssituation ein Kaltluftsystem mit mäßiger Intensität aus. Planungsbedingte Veränderungen der Kaltluftzufuhr beschränken sich auf das Plangebiet und das unmittelbare Umfeld. Eine erhöhte Wärmebelastung im Bereich der östlich der B 9 gelegenen Wohngebiete kann aufgrund der Ergebnisse der Modellrechnungen ausgeschlossen werden.

Unseres Erachtens kann daher das Bauvorhaben realisiert werden. Bei der weiteren Planung und der sich hieran anschließenden baulichen Umsetzung, sollten die im folgenden Kapitel formulierten Planungsempfehlungen dennoch möglichst umfänglich beachtet und umgesetzt werden.

5 PLANUNGSEMPFEHLUNGEN

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

- Grundsätzlich ist ein hoher Grünflächenanteil anzustreben. Vegetationsreiche Grünflächen mit einem geringen Versiegelungsgrad als lokale Kaltluftproduktionsfläche tragen zu einem besseren Stadtklima bei.
- Durch eine Begrünung der Dachflächen und der Fassaden wird die Aufheizung der Oberflächen und somit 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 bei Starkregenereignissen, da hierdurch Niederschlagswasser gespeichert wird.
- Oberflächen von Stellplatzflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen und den oberirdischen Abfluss zu verringern. Das führt zu einer Verbesserung der Grundwasserneubildung. Geeignete Befestigungen sind zum Beispiel Rasengittersteine, Splittfugenpflaster, Schotter- und Kiesabdeckung. Zudem wird die Bodenfeuchte erhöht, sodass den Pflanzen mehr Wasser zur Verfügung steht und diese durch ihre Verdunstung zur Abkühlung der näheren Umgebung beitragen.
- Um Raumerwärmungen in den geplanten Gebäuden zu vermeiden, sollten wirksame Maßnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz unternommen werden.

6 LITERATUR

Sievers, U. (2005): Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21: Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 227, Offenbach am Main, 2005.

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

ANHANG A1:

BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS

A1 BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS

A1.1 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.

A1.1 Modellbeschreibung

Um genauere Aussagen über die lokalklimatischen Verhältnisse und mögliche Auswirkungen durch die geplante Bebauung treffen zu können, wurden mikroklimatische Kaltlufts simulationsrechnungen 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. A1.1** und der **Abb. 3.1** entnommen werden.

Gitterauflösung [m]	Ausdehnung in X- Richtung [m]	Ausdehnung in Y- Richtung [m]	Anzahl Rechenzellen
2.50	7 485	7 080	8 479 008

Tab. A1.1: Größe des *KLAM_21*-Rechengebiets