



Lohmeyer

**STÄDTEBAULICHE
ENTWICKLUNGSMASSNAHME AN DER A61
IN KOBLENZ**

**- KLIMATOLOGISCHE
VORUNTERSUCHUNG -**

Auftraggeber:

Stadt Koblenz
Amt für Stadtentwicklung und Bauordnung
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Geoinformatik Sandra Deimel

Dipl.-Met. Georg Ludes

November 2020
Projekt 30001-20-02
Berichtsumfang 33 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	AUFGABENSTELLUNG	5
3	LOKALES KLIMA IM UNTERSUCHUNGSRAUM.....	8
4	KALTLUFTSIMULATIONSRECHNUNGEN.....	12
4.1	Eingangsdaten.....	12
4.1.1	Topographie	12
4.1.2	Oberflächeneigenschaften.....	14
4.2	Ergebnisse der mikroklimatischen Simulationsrechnungen	15
4.2.1	Kaltluflthöhe	16
4.2.2	Volumenstromdichte.....	18
4.3	Fazit	22
5	MASSNAHMENVORSCHLÄGE	23
5.1	Vorgaben zur Freiraumplanung	23
5.2	Konkrete Maßnahmenvorschläge für G-West 01	24
5.2.1	Verschiebung des Geltungsbereiches	24
5.2.2	Ermöglichen einer Kaltluftschneise.....	24
5.2.3	Gebäude.....	25
5.3	Konkrete Maßnahmenvorschläge für G-West 02.....	26
5.4	Planungsrechtliche Festsetzungen	26
5.5	Weitere Maßnahmen	27
6	MASSNAHMEN FÜR EIN MONITORING	29
7	LITERATUR	30
A	BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS	32

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 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

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 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 Flurwindssysteme 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 hingerrichtet, 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

Für den städtebaulichen Entwicklungsbereich an der A61 / L52 in Koblenz soll im Rahmen der „vorbereitenden Untersuchungen“ ein Klimagutachten erstellt werden, um die Auswirkungen der geplanten Gebietserweiterungen auf die Klimafunktionen im Zustrombereich und Wirkungsbereich dieser Flächen qualitativ und quantitativ beurteilen zu können und daraus die erforderlichen Konsequenzen für die Planung und notwendigen Maßnahmen abzuleiten.

Gemäß den Darstellungen der Klimafunktionskarte von 1997 und dem Landschaftsplan von 2007 liegen die Gewerbegebiete G-West 01 und 02 auf Kaltluftproduktionsflächen. Zudem wird in dem Bereich von G-West 01 ein Kaltluftabfluss ausgewiesen. Aufgrund der Lage der Plangebiete und der vorliegenden Erkenntnisse sind hierbei insbesondere die Auswirkungen der geplanten Gewerbegebiete auf das Kaltluftgeschehen und den Luftaustausch zu untersuchen und zu bewerten. Zur Quantifizierung und Bewertung möglicher Auswirkungen wurden daher für den Status Quo und die drei Planfälle mikroskalige Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Rechenmodell *KLAM_21* durchgeführt.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für den Status Quo belegen, dass sich im Untersuchungsgebiet drei Kaltluftabflüsse bilden. Der Kaltluftabfluss im Brücker Bachtal wird nicht, wie in dem Landschaftsplan prognostiziert, blockiert, sondern aufgrund der Leitwirkung der Bebauung nach Osten abgelenkt. Dort trifft er dann auf den Kaltluftstrom aus dem Anderbachtal

Über dem Gewerbegebiet G-West 01 strömt der Kaltluftabfluss des Anderbachtals hinweg. Südlich von G-West 02 fließt die Kaltluft vorbei in das Schleider Bachtal. Die nächtliche Kaltluftdynamik ist dort aufgrund geringer Geländeneigungen nur schwach ausgeprägt.

Negative Auswirkungen der Planung im Hinblick auf die Aspekte Kaltluft, Frischluftzufuhr und Luftaustausch wurden für das Gewerbegebiet G-West 01 und das Anderbachtal ermittelt. Aufgrund der Änderung der Landnutzung in G-West 01 und der daraus resultierenden Erhöhung der Oberflächenrauigkeit und Versiegelungsgrades wird der Kaltluftabfluss im Anderbachtal abgebremst und teilweise abgelenkt. Dadurch schwächt sich die Kaltluftdynamik ab, wodurch weniger Kaltluft über das Anderbachtal nach Rübenach strömen kann. Da die Kaltluftdynamik im Brücker Bachtal dominanter und stärker ist, wird nach der Realisierung genügend Kaltluft Richtung Rübenach transportiert.

Im südlichen Bereich des Gewerbegebietes G-West 02 wird die Volumenstromdichte geringfügig abgeschwächt, wodurch die Kaltluftdynamik im Schleider Bachtal nicht maßgeblich beeinflusst wird. Durch die Abschwächung der Kaltluftdynamik im Anderbachtal werden weniger Luftschadstoffe, die nachts von der A 61 und dem Industriepark emittieren, in Richtung Rübenach und Metternich transportiert.

Die Simulationsrechnungen der Planfälle P2 und P3 verdeutlichen, dass die Ergebnisse von G-West 01 und 02 unabhängig voneinander sind und somit bei städtebaulichen Entscheidungen getrennt voneinander betrachtet werden können.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse vorliegender Untersuchungen und auf der Grundlage der neuen Ergebnisse aus mikroklimatischen Kaltluftsimulationsrechnungen kann unseres Erachtens die Erweiterung des Industrieparks GVZ durch die Gewerbegebiete G-West 01 und 02 realisiert werden. Aufgrund der negativen Auswirkungen auf das Kaltluftgeschehen im Anderbachtal müssen die in Kapitel 5 formulierten Maßnahmen für das Gewerbegebiet G-West 01 möglichst umfassend berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten für das Gewerbegebiet G-West 02 ebenfalls die in Kapitel 5 vorgeschlagenen Hinweise möglichst umfassend beachtet werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den städtebaulichen Entwicklungsbereich an der A61 / L52 in Koblenz soll im Rahmen der „vorbereitenden Untersuchungen“ ein Klimagutachten erstellt werden, um die Auswirkungen der geplanten Gebietserweiterungen auf die Klimafunktionen im Einwirkungsbereich dieser Flächen qualitativ und quantitativ beurteilen zu können und daraus die erforderlichen Konsequenzen für die Planung und notwendigen Maßnahmen abzuleiten (vgl. **Abb. 2.1** und **Abb. 2.2**).

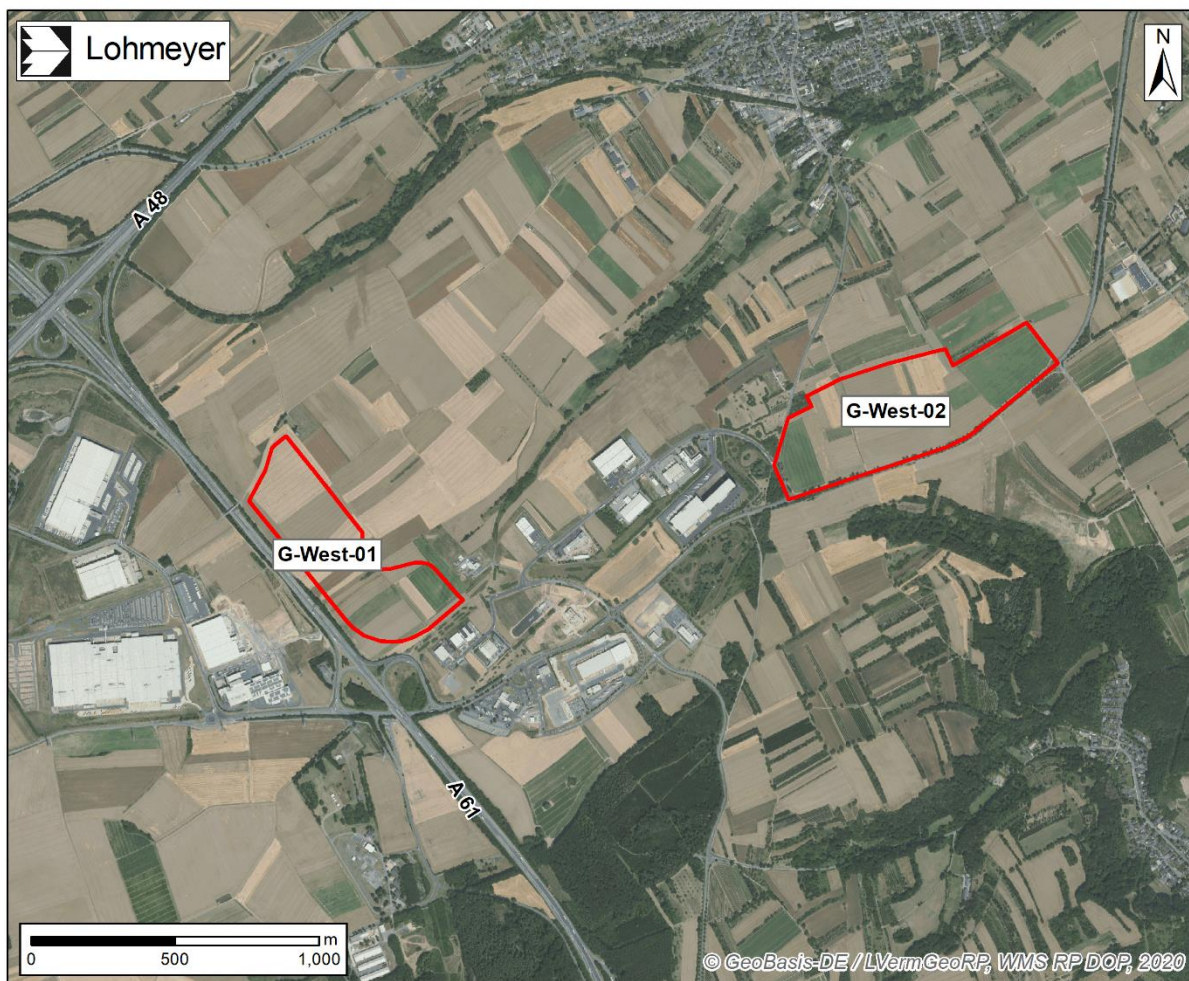


Abb. 2.1: Lageplan der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahmen

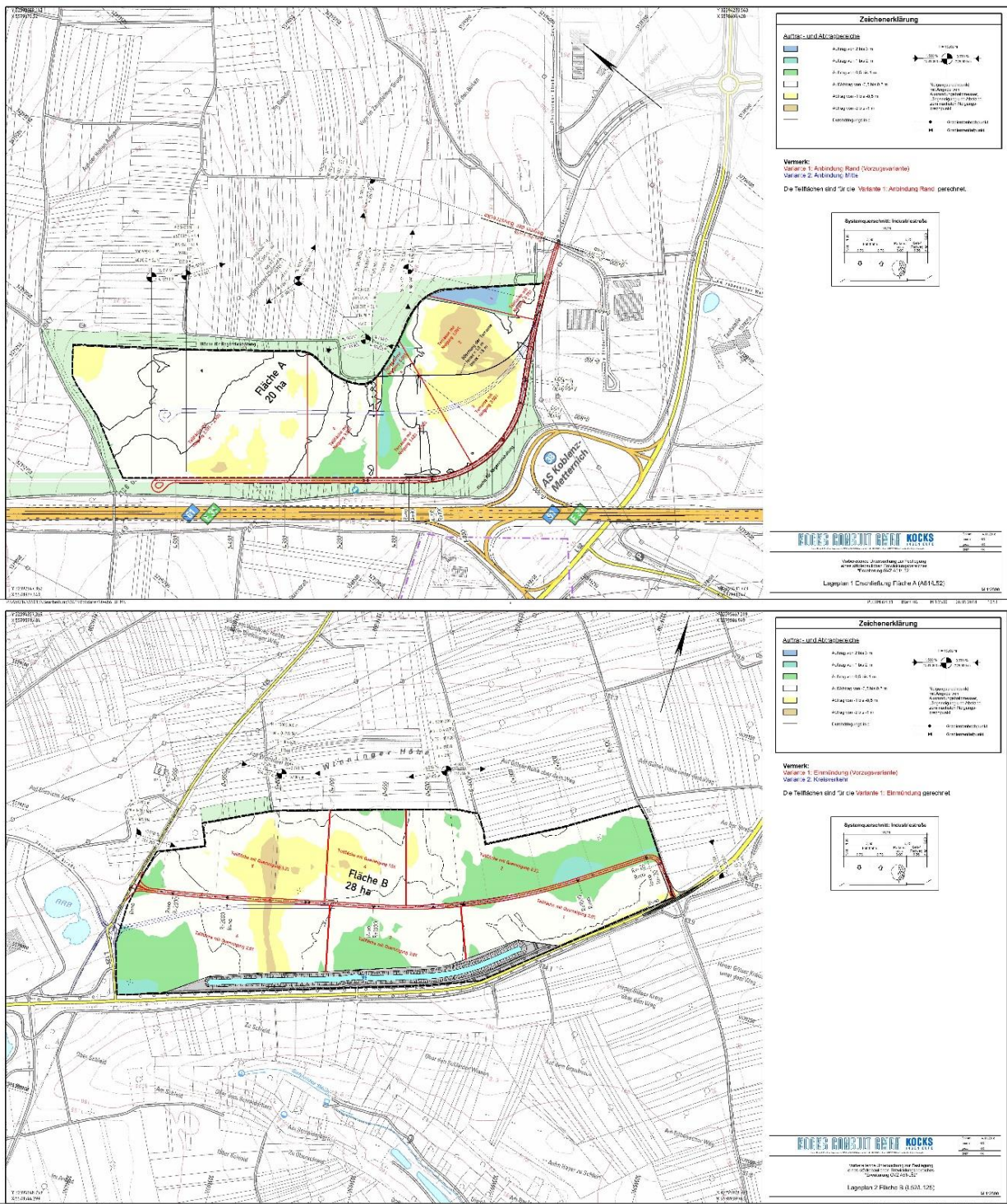


Abb. 2.2: Übersichtspläne von G-West 01 (oben) und G-West 02 (unten)

Gemäß der Stadtklimaanalyse (SPACETEC, 1997) befinden sich die Plangebiete in Kaltluftentstehungsgebieten mit eingeschränkten bis mäßigen Abflussmöglichkeiten.

Zur umweltverträglichen Gestaltung des weiteren Planungsprozesses sind daher die Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderung auf die lokalen klimatischen Verhältnisse (Kaltluftgeschehen, bioklimatische/thermische Bedingungen, Durchlüftung) für die benachbarten Stadtteile zu untersuchen und zu bewerten sowie ggf. Planungsempfehlungen zur Optimierung der lokalklimatischen Umgebungsbedingungen unter Berücksichtigung der klimatischen Belange der Stadt Koblenz zu erarbeiten.

Bei den lokalklimatischen Simulationen werden folgende Fälle untersucht:

- **Status-Quo:** Gegenwärtige Bebauung mit Berücksichtigung der bereits festgesetzten Bebauungspläne
- **Planfall P1:** Maximalvariante - Entwicklung der Gewerbeflächen G-West 01 und G-West 02
- **Planfall P2:** Annahme der alleinigen Entwicklung der Gewerbeflächen G-West 01
- **Planfall P3:** Annahme der alleinigen Entwicklung der Gewerbeflächen G-West 02

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:

- 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 numerischer 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 lokalklimatischen Situation aufzuzeigen.

3 LOKALES KLIMA IM UNTERSUCHUNGSRAUM

Die lokalen klimatischen Eigenheiten des Standortklimas lassen sich auf der Grundlage der Klimaanalyse „Stadtklimauntersuchung Koblenz“ (SPACETEC, 1997) und des Landschaftsplanes der Stadt Koblenz (GfL, 2007) charakterisieren. Hier wird dargestellt, dass das Umfeld der Plangebiete vor allem durch Freiflächen und durch einen hohen Anteil an Kaltluftproduktionsflächen geprägt ist. Die Kaltluft fließt entlang der Topographie in Richtung der angrenzenden Siedlungen.

Da in der näheren Umgebung des Plangebietes keine langjährige Wetterstation vorhanden ist, die die dortigen klimatischen Verhältnisse repräsentieren könnte, wurden dafür die landesweiten Raster-Datensätze aus dem Klimadaten-Center (CDC) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Diese Daten wurden unter Berücksichtigung der langjährigen Klimatologie aus Messungen der DWD-Stationen und qualitativ gleichgestellten Partnernetzstationen in Deutschland abgeleitet.

Aus diesen Daten, die sich auf die zeitliche Periode 1981 bis 2010 beziehen, haben wir die Jahresmittelwerte der relevanten meteorologischen Größen Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und Niederschlag für das Plangebiet ausgewertet.

Die durchschnittliche Lufttemperatur im Untersuchungsraum beträgt hier 10,2°C. Die mittlere Anzahl von Hitzetagen ($T_{\max} \geq 30,0^{\circ}\text{C}$) und Sommertagen ($T_{\max} \geq 25,0^{\circ}\text{C}$) beträgt 11 bzw. 46 Tage.

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme im selben Bezugszeitraum wird mit 716 mm angegeben. Dieser Wert liegt deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von ca. 837 mm für den zeitlichen Bezugsraum 1981 bis 2010 (DWD, 2020).

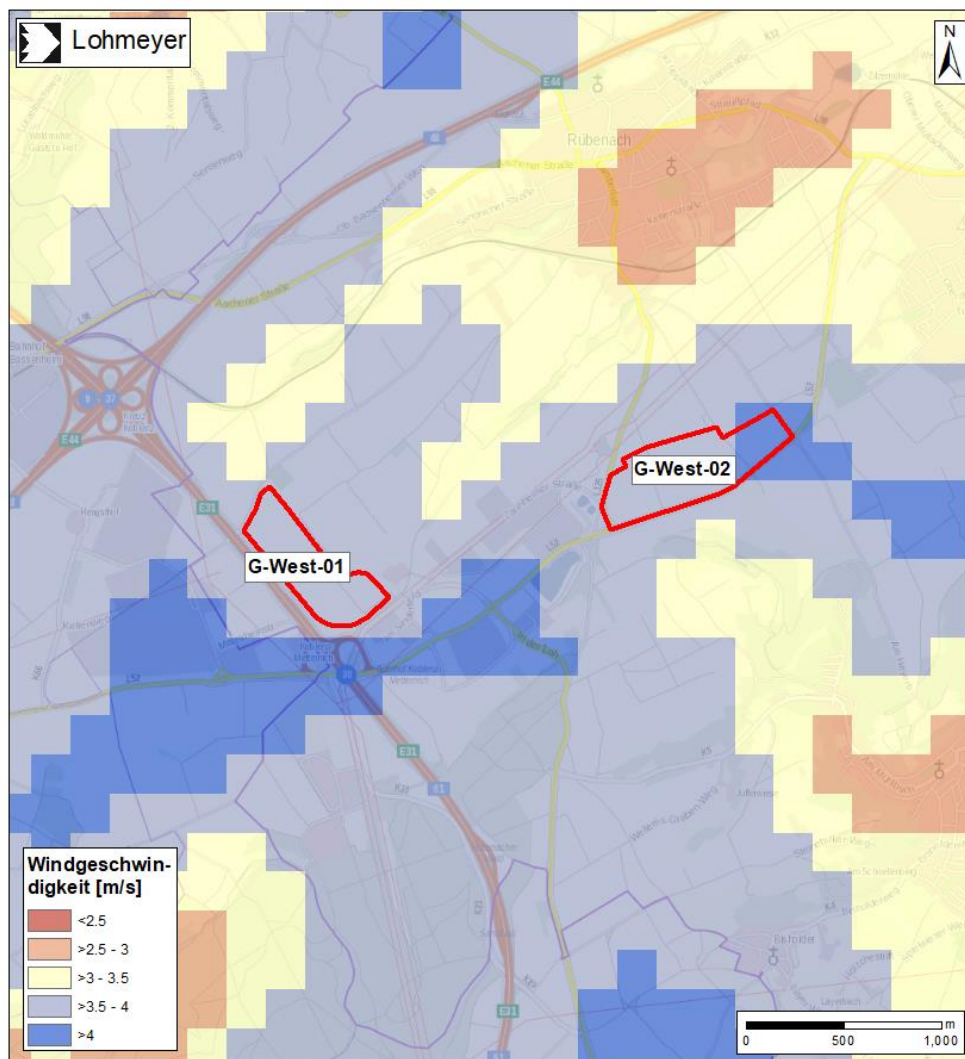


Abb. 3.1: Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit im Bereich der A48 und A61

Die **Abb. 3.1** repräsentiert die übergeordneten Windverhältnisse im Umfeld der Gewerbegebiete. Sie veranschaulicht, dass die mittleren Windgeschwindigkeiten über den höher gelegenen Freiflächen aufgrund der geringen Rauigkeit und der topographischen Lage mit über 3.5 m/s und teilweise über 4.0 m/s am höchsten sind. In den angrenzenden Siedlungsbereichen sinken die Windgeschwindigkeiten unter 3.0 m/s. Für das Gewerbegebiet G-West 01 und G-West 02 liegen die Windgeschwindigkeiten im Jahresmittel zwischen 3.9 m/s und 4.1 m/s. Hier liegen somit sehr gute Luftaustauschbedingungen vor.

Klimafunktionskarten stellen die räumliche kleinklimatische Gliederung in so genannte Klimatope sowie Luftleitbahnen und Bereiche mit Kaltluftbildung und Kaltluftabflüssen dar (vgl. **Abb. 3.2** und **Abb. 3.3**). Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, die aufgrund vergleichbarer Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, des Versiegelungsgrads, der Rauigkeit und des Vegetationsbestandes ähnliche mikroklimatische Bedingungen aufweisen.

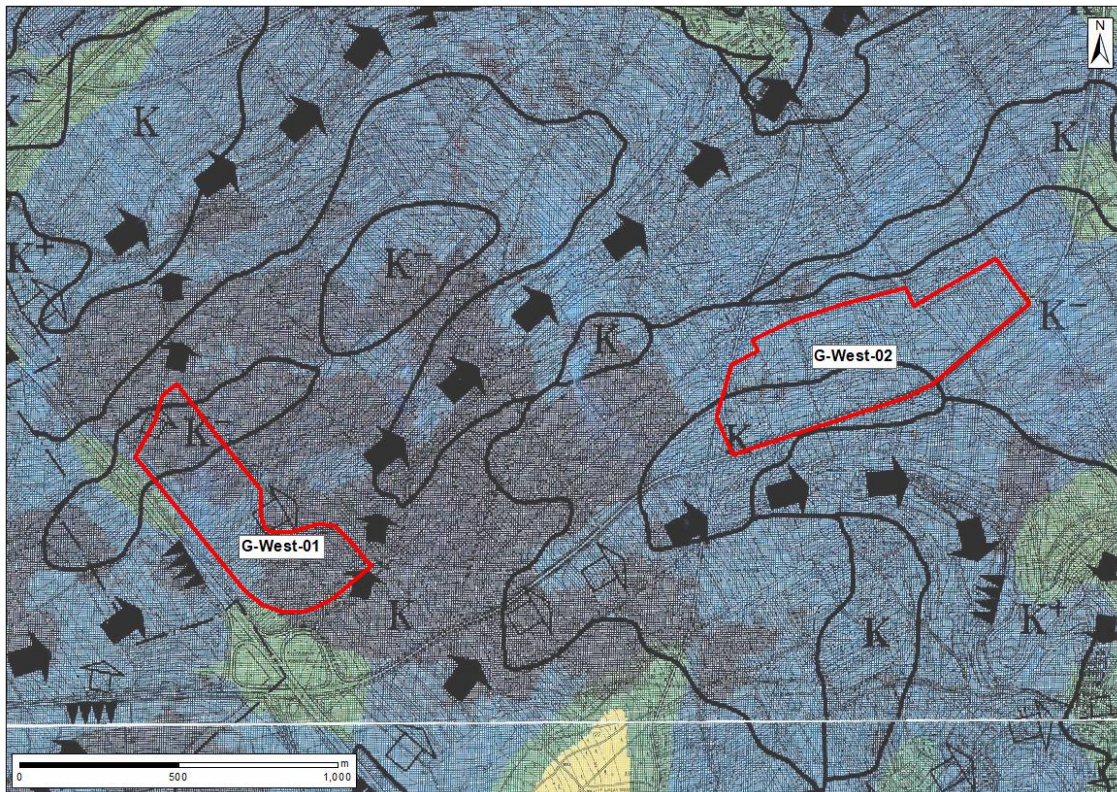


Abb. 3.2: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte der Stadt Koblenz (SPACETEC, 1997)

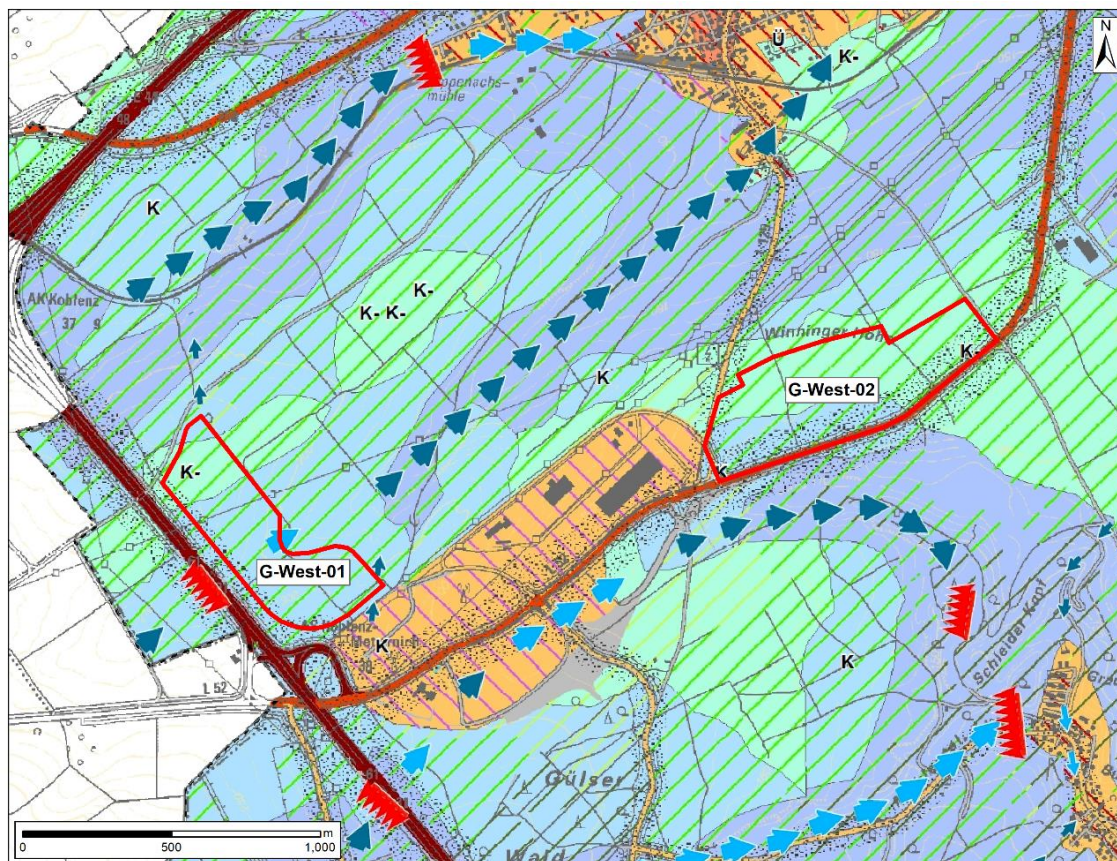


Abb. 3.3: Ausschnitt aus dem Landschaftsplan für die Stadt Koblenz (GfL, 2007)

Im Umfeld des Plangebietes überwiegt das Freilandklimatop. Freilandklimatope zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte und weitgehend unbeeinträchtigte Windströmungsbedingungen aus und wirken als Kaltluftentstehungsgebiete. Da über Freilandflächen bei geeigneten Wetterlagen in den Nachtstunden Kaltluft gebildet wird, können diese Bereiche eine hohe Ausgleichsfunktion für die hieran angrenzenden human-biometeorologisch und lufthygienisch belasteten Baugebiete aufweisen.

Die beiden Plangebiete grenzen an bestehende Gewerbegebiete an, die aufgrund des hohen Versiegelungsgrades meist ungünstige bioklimatische Eigenschaften aufweisen. Die lufthygienische Belastung ist stark von der Nutzung und den Emissionsbedingungen abhängig

Die Siedlungsräume Rübenach, Metternich und Güls sind dem Stadtrandklima zuzuordnen. Aufgrund der lockeren Bauungsstrukturen und des relativ hohen Grünflächenanteils ist hier die nächtliche Überwärmung deutlich geringer als beispielsweise in der dicht bebauten und hochgradig versiegelten Koblenzer Innenstadt, so dass hier relativ günstige bioklimatische Bedingungen vorliegen (VDI 3787 Blatt 1, 2014).

Der Klimafunktionskarte kennzeichnet die Plangebiete und die nähere Umgebung als Kaltluftproduktionsflächen. Zusätzlich werden aufgrund der topographischen Situation im Untersuchungsraum drei Kaltluftabflüsse ausgewiesen (vgl. **Abb. 3.2** und **Abb. 3.3**). Zum einen fließen zwei Kaltluftabflüsse entlang des Brücker Bachtals und des Anderbachtals in Richtung Rübenach ab, wobei die Siedlung als Barriere den Abfluss blockiert (vgl. **Abb. 3.3**). Der Kaltluftabfluss im Anderbachtal strömt über das Gewerbegebiet G-West 01 hinweg. Zum anderen verläuft südlich der L52 und des Gewerbegebietes G-West 02 ein dritter Kaltluftabfluss, der dem Verlauf des Schleider Bachtals in Richtung Güls und Moseltal folgt.

4 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 A) durchgeführt. Die Abmessungen des Untersuchungsgebiets wurden so dimensioniert, 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 Rheinland-Pfalz mit einer Auflösung von einem Meter abgeleitet (siehe **Abb. 4.1**). Das Gelände im Untersuchungsraum weist vorwiegend Höhen zwischen 70 und 340 m ü. NHN auf und ist geprägt von Taleinschnitten entlang des Brücker Baches, Anderbaches und Schleider Baches. Südwestlich der A 61 liegt der höchste Punkt des Geländes, das nach Osten hin Richtung Mosel abfällt.

Die Plangebiete weisen eine unterschiedliche topographische Lage auf (siehe **Abb. 4.2**). In der Mitte von G-West 01 tritt ein Geländeeinschnitt auf, wodurch ein Höhenunterschied von ca. 15 m entsteht. Das Gewerbegebiet G-West 02 liegt auf einem Geländerrücken, wobei das Gelände nach Süden ins Schleider Bachtal abfällt. Die Siedlungen Rübenach, Metternich und Güls liegen in Taleinschnitten und haben somit ein niedrigeres Höhenniveau als die Plangebiete.

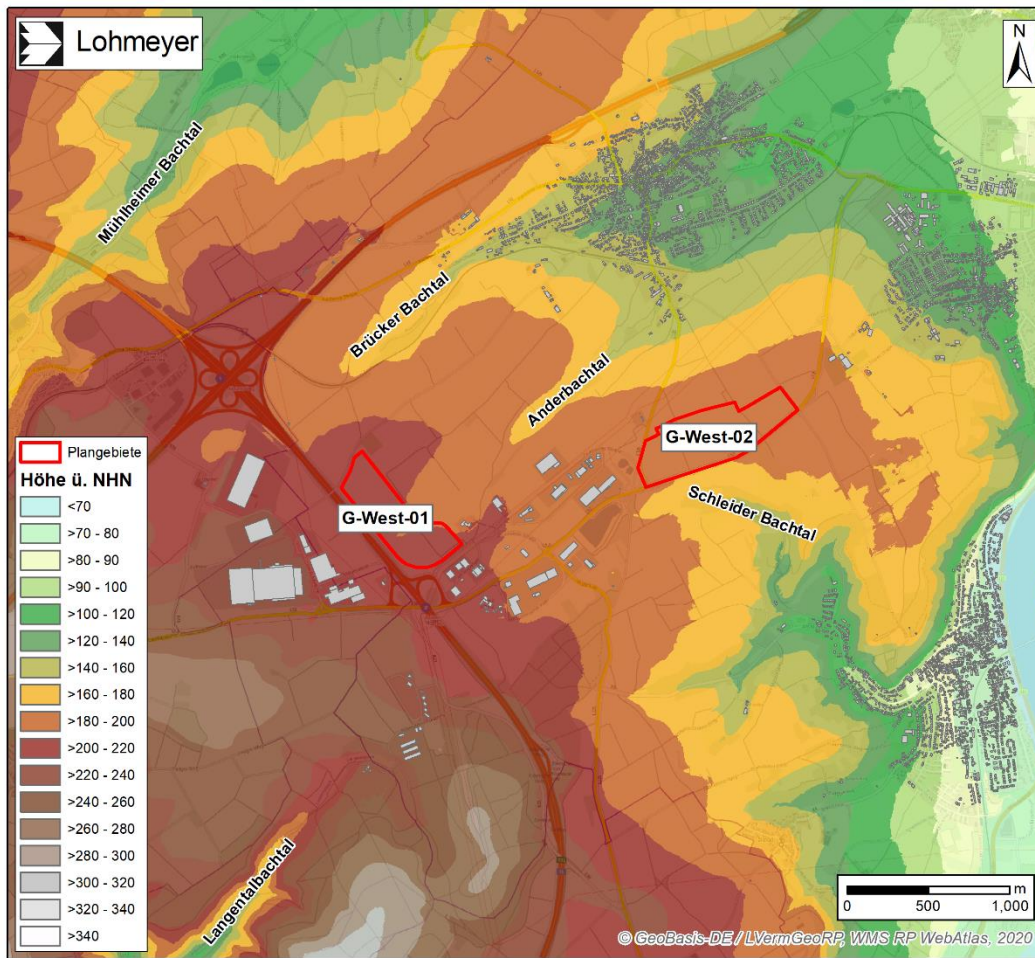


Abb. 4.1: Topographie und Abgrenzung des Rechengebiets

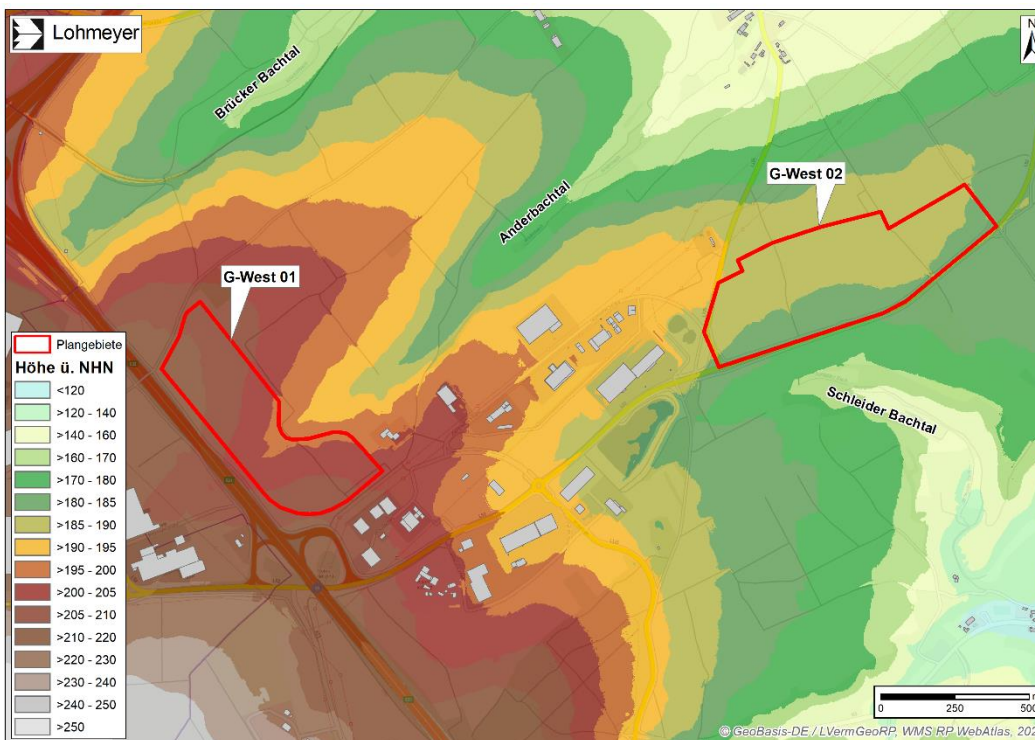


Abb. 4.2: Topographie in den Plangebieten

4.1.2 Oberflächeneigenschaften

Die Landnutzungsklassen, die einen wesentlichen Einfluss auf die lokale Kaltluftproduktion haben, wurden dem Copernicus Urban Atlas 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 P1 dargestellt.

Der Untersuchungsraum wird durch großflächige und unversiegelte Freiflächen geprägt (vgl. **Abb. 4.3**). Westlich der Plangebiete schließen Gewerbeflächen mit teilweise großräumigen Bebauungsstrukturen an. Im Norden und Osten grenzen Wohnsiedlungen mit einer lockeren Bebauungsstruktur an. Gegenwertig befinden sich in den Plangebieten Freiflächen mit landwirtschaftlicher Nutzung.

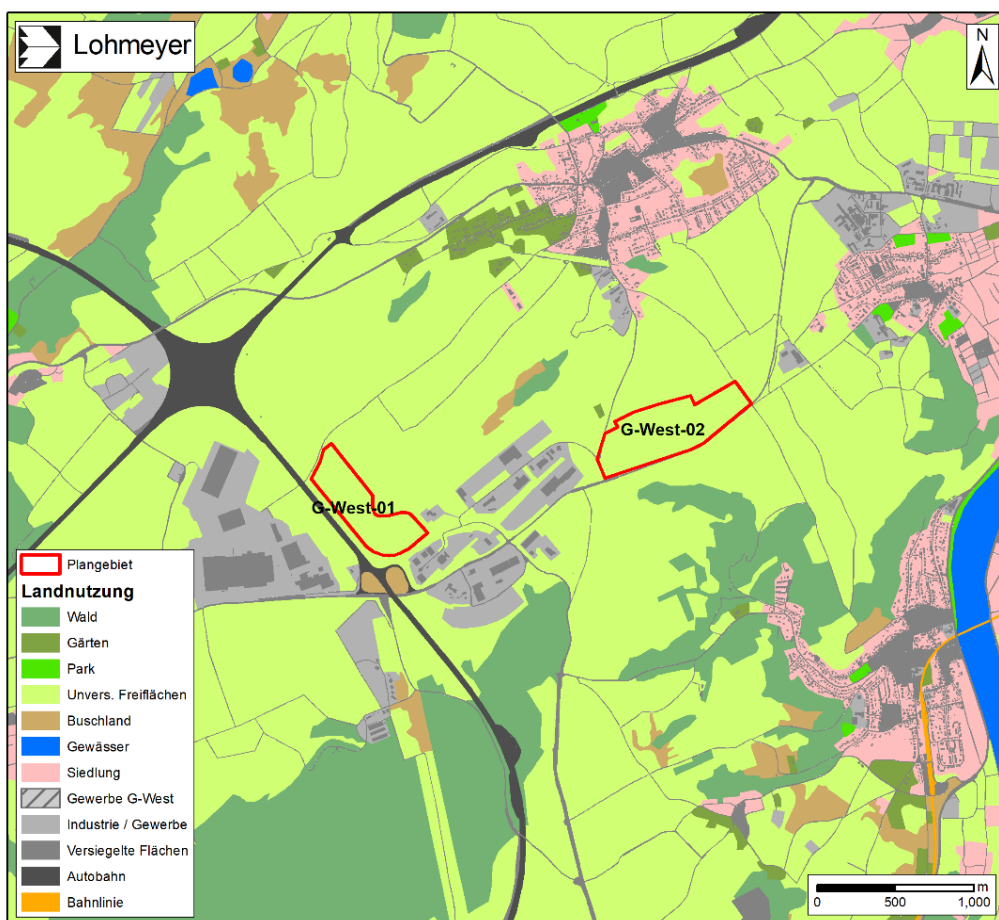


Abb. 4.3: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Status Quo

Da für die Planfälle noch keine konkrete Bebauungsstruktur vorliegt, wurde eine neue Gewerbeklasse als Landnutzung angelegt, die mit einer maximalen Gebäudehöhe von 20 m und einem Versiegelungsgrad von 60 % parametrisiert wurde. Diese Landnutzungs-kategorie wurde für alle drei Planfälle als konservative Annahme verwendet. Die **Abb. 4.4** zeigt die Landnutzung des Planfalls P1 und steht repräsentativ für alle Planfälle.

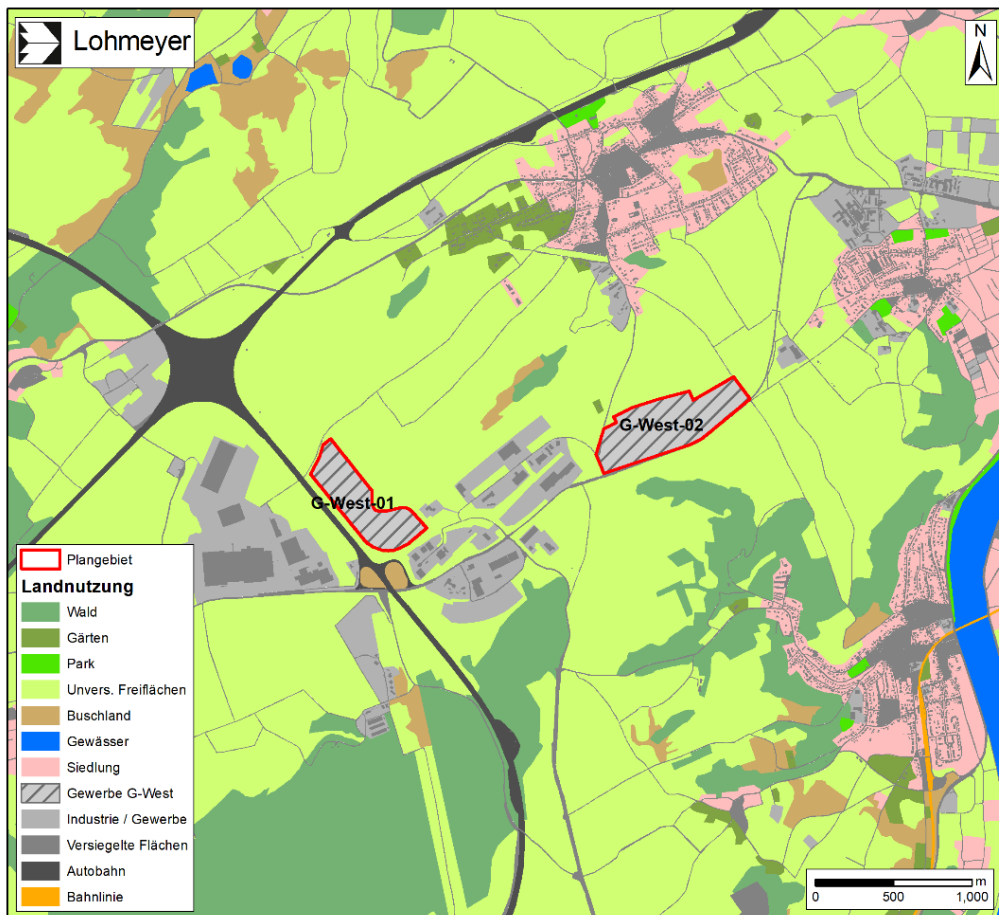


Abb. 4.4: KLAM_21-Landnutzungsklassen für den Planfall P1

4.2 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 drei Planfälle simuliert. Hierbei wurde für die Ergebnisauswertung der Zeitpunkt 02:00 Uhr gewählt, da zu dieser Uhrzeit die Kaltluftsysteme im Untersuchungsraum vollständig ausgebildet sind. Die **Abb. 4.5** bis **Abb. 4.11**, die das Kaltluftgeschehen zu diesem Zeitpunkt dokumentieren, bieten somit eine fundierte Grundlage zur Beurteilung des Plangebiets als Kaltluftentstehungsgebiet und ermöglichen es, die Auswirkungen der geplanten Bebauung auf die Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet zu analysieren. Der Kartenausschnitt der Ergebnisgrafiken beschränkt sich auf das Plangebiet und die Bereiche der angrenzenden Umgebung, für die planungsbedingte Veränderungen des Kaltluftgeschehens prognostiziert werden.

4.2.1 Kaltlufthöhe

Die **Abb. 4.5** stellt die Kaltlufthöhe im Status Quo um 02:00 Uhr nachts dar, nachdem sich das Kaltluftsystem vollständig ausgebildet hat. Die Kaltlufthöhen im Untersuchungsgebiet schwanken zwischen wenigen Metern und ca. 100 m. Die Mächtigkeit der Kaltluftschicht wird maßgeblich von der Topographie bestimmt (vgl. **Abb. 4.1**). Aufgrund der höheren Dichte sammelt sich Kaltluft, ähnlich wie Wasser, in tieferliegenden Mulden, Senken, Tälern oder sonstigen Geländeeinschnitten, wie zum Beispiel entlang des Langentalbaches, an. Hier liegen daher höhere Kaltluftschichten vor als in den topographisch höher liegenden Bereichen der Planung. Die höchsten Schichtdicken mit 80 m bis 100 m werden über dem Langentalbach südwestlich der A 61 und dem Mühlheimer Bach nördlich der A 48 ausgewiesen. In den Plangebieten selbst werden aufgrund der Lage auf dem Höhenrücken nur geringe Schichtdicken ausgewiesen. Ihre Mächtigkeit beträgt hier nur bis zu 12 m.

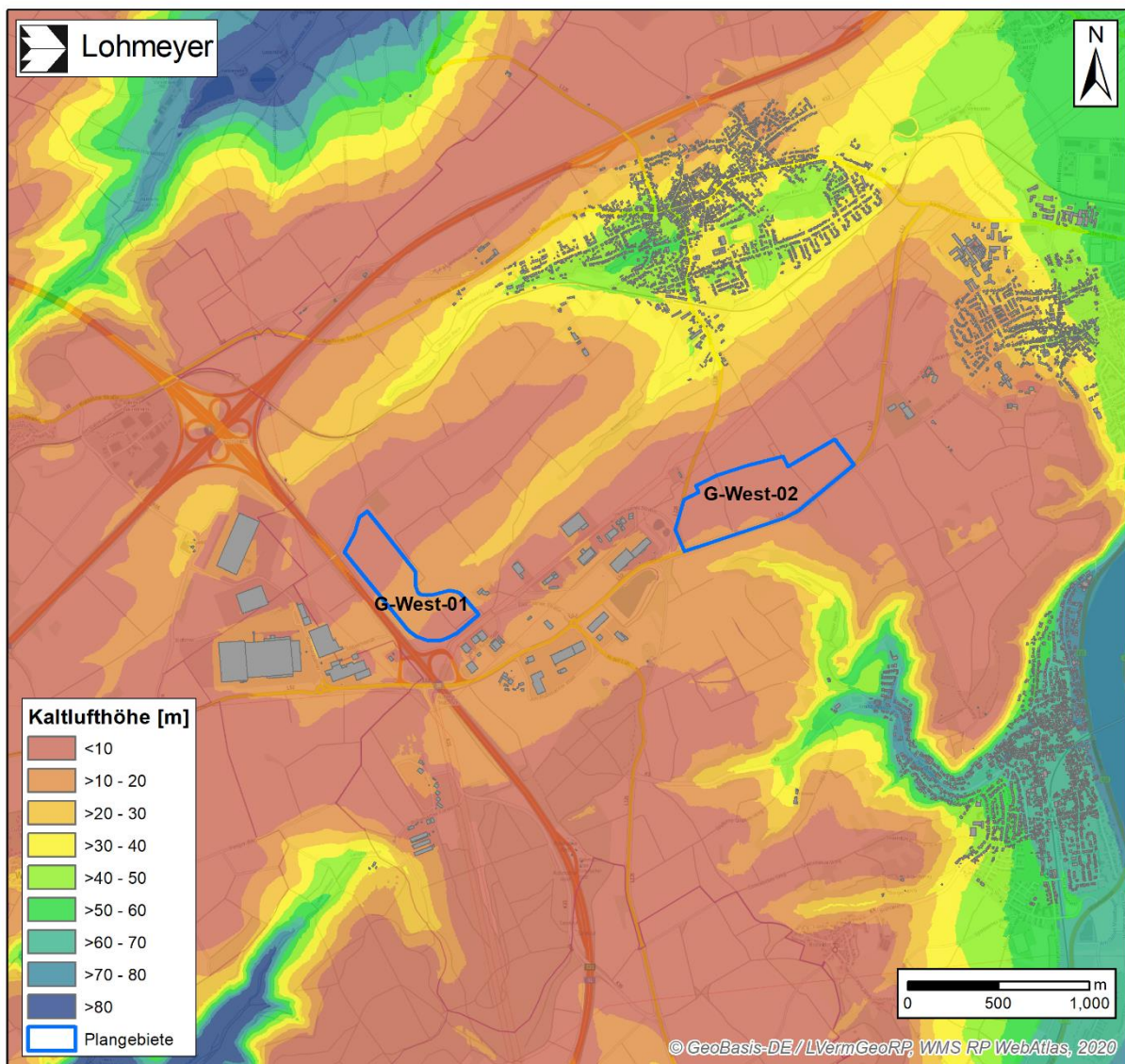


Abb. 4.5: Kaltlufthöhe für den Status-Quo um 2 Uhr

Nach **Planungsrealisierung** wird sich die Höhe der Kaltluftschicht in den Plangebieten und der Umgebung nicht signifikant verändern (vgl. **Abb. 4.6**). Aufgrund von Stauwirkungen an dem südwestlichen Rand von G-West 01 erhöht sich die Kaltluftschicht in einem engbegrenzten Bereich auf 21 m. Im Gewerbegebiet G-West 02 werden Schichtdicken von unter 10 m ermittelt.

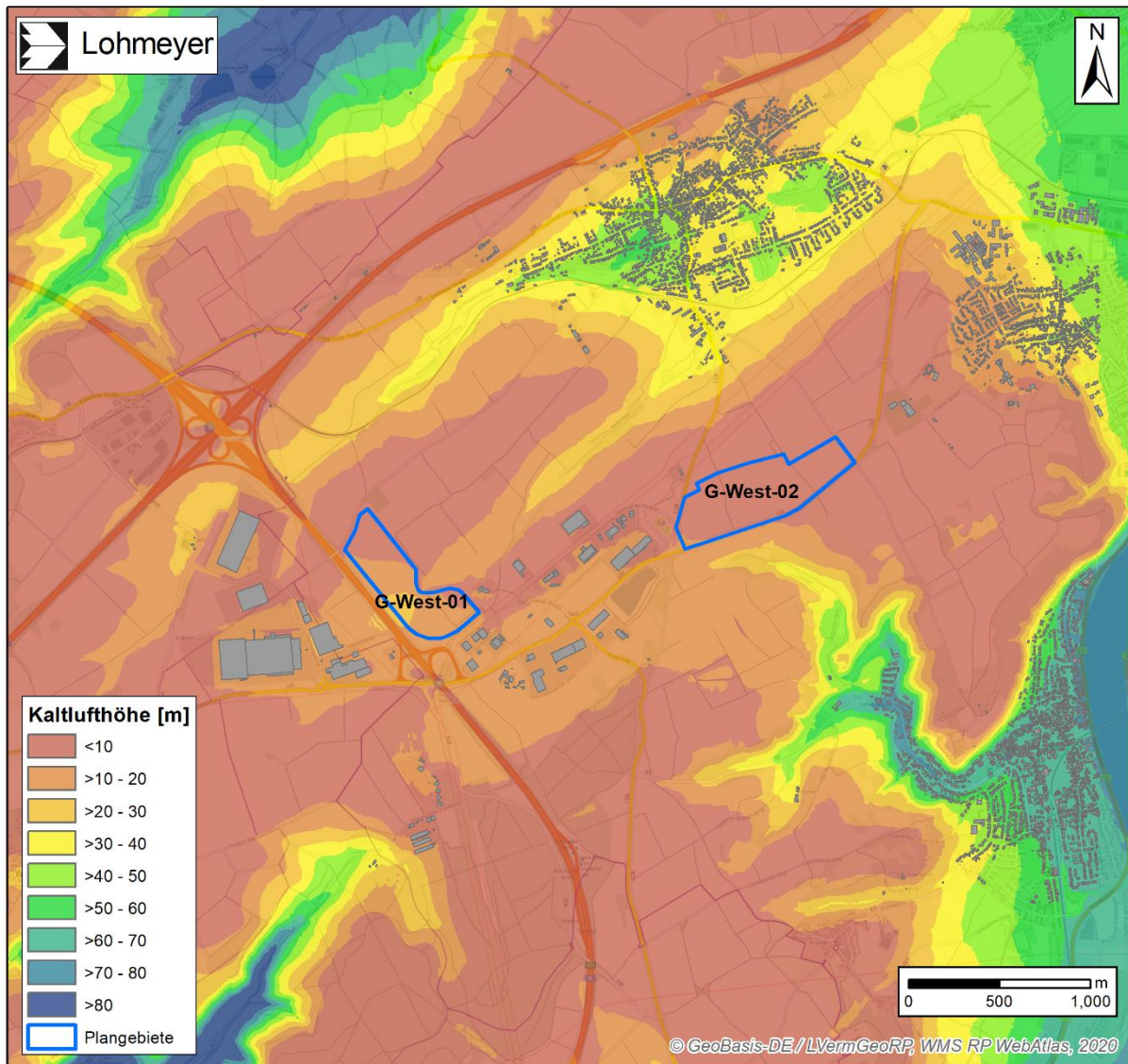


Abb. 4.6: Kaltflughöhe für den Planfall P1 um 2 Uhr

4.2.2 Volumenstromdichte

Die Mächtigkeit der Kaltluft spielt für die klimatische Ausgleichsleistung eine wesentliche Rolle. 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 $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ angegeben.

Die **Abb. 4.7** zeigt für den **Status Quo** die flächenhafte Verteilung der Kaltluftvolumenstromdichte im gesamten Untersuchungsgebiet für den Zeitpunkt 02:00 Uhr morgens. Die Abbildung belegt, dass sich im Laufe der Nacht drei Kaltluftsysteme im Untersuchungsgebiet ausbilden. Diese stimmen mit den Erkenntnissen aus der Stadtklimaanalyse (SPACETEC, 1997) und dem Landschaftsplan der Stadt Koblenz (GfL, 2007) überein. Die Kaltluftabflüsse entlang des Brücker Baches und des Anderbaches fließen Richtung Rübenach, wobei das Kaltluftsystem über dem Brücker Bachtal nicht, wie im Landschaftsplan gekennzeichnet, blockiert und abgeschwächt, sondern durch die Bebauung nach Osten abgelenkt wird und sich dann mit dem Anderbach-System verbindet. Südöstlich von Rübenach wird somit ein sehr hoher Volumenstrom mit über $55 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ ausgewiesen. Das Kaltluftsystem des Anderbachtals fließt über das Gewerbegebiet G-West 01 hinweg. Das dritte Kaltluftsystem strömt über dem Industriepark südlich des Gewerbegebietes G-West 02 vorbei und folgt der Leitwirkung des Schleider Baches Richtung Güls.

Aufgrund der Überströmung der A 61 und des Industrieparks können Luftschadstoffe mit dem nächtlichen Kaltluftabfluss in Richtung Siedlung transportiert werden. Da allerdings nachts der Autobahnverkehr und die gewerblichen Verkehre im Industriepark stark reduziert sind und die Emissionen über einen langen Weg transportiert werden müssen, fallen die lufthygienischen Belastungen in den Siedlungen Rübenach, Metternich und Güls sehr gering aus.

Im **Planfall P1**, bei dem beide Gewerbegebiete berücksichtigt wurden, werden planungsbedingte Veränderungen der Volumenstromdichte vor allem bei G-West 01 ausgewiesen. Aufgrund der Änderung der Landnutzung im Gewerbegebiet G-West 01 und der daraus resultierenden Erhöhung der Oberflächenrauigkeit und Versiegelungsgrades wird der Kaltluftabfluss im Anderbachtal abgebremst und teilweise abgelenkt (vgl. **Abb. 4.8**). Dadurch schwächt sich die Kaltluftdynamik ab, wodurch weniger Kaltluft über das Anderbachtal nach Rübenach strömen kann. Die Kaltluftdifferenz wird auch in **Abb. 4.11** verdeutlicht. Sie zeigt ebenfalls, dass aufgrund der Umströmung des Gewerbegebietes die Volumenstromdichte im Industriepark und entlang der A 61 verstärkt wird. Im südlichen Bereich des Gewerbegebietes G-West 02 wird die Volumenstromdichte geringfügig abgeschwächt, wodurch die Kaltluftdynamik im Schleider Bachtal nicht maßgeblich beeinflusst wird (vgl. **Abb. 4.11**).

Durch die Abschwächung der Kaltluftdynamik im Anderbachtal werden weniger Luftschadstoffe, die nachts von der A 61 und dem Industriepark emittieren, in Richtung Rübenach und Metternich transportiert.

Die planungsbedingten Veränderungen in den **Planfällen P2 und P3** sind mit den Ergebnissen des Planfalls P1 gleichzusetzen. Die **Abb. 4.9** und **Abb. 4.10** verdeutlichen, dass die Ergebnisse von G-West 01 und 02 unabhängig voneinander sind. Somit ist die Interpretation der Veränderungen von P2 und P3 synonym zu denen von P1.

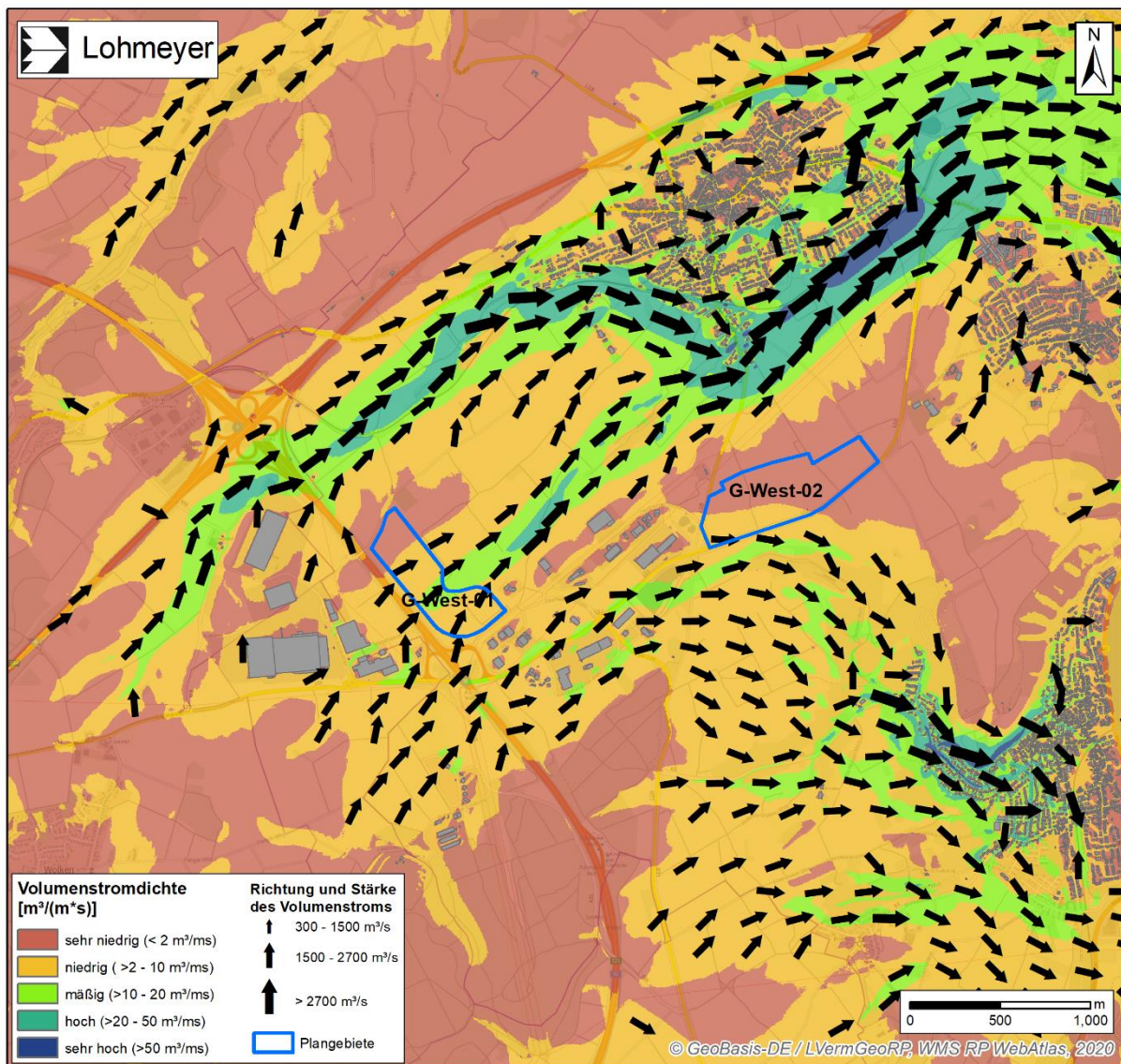


Abb. 4.7: Volumenstromdichte im gesamten Untersuchungsgebiet für den Status Quo um 2 Uhr morgens

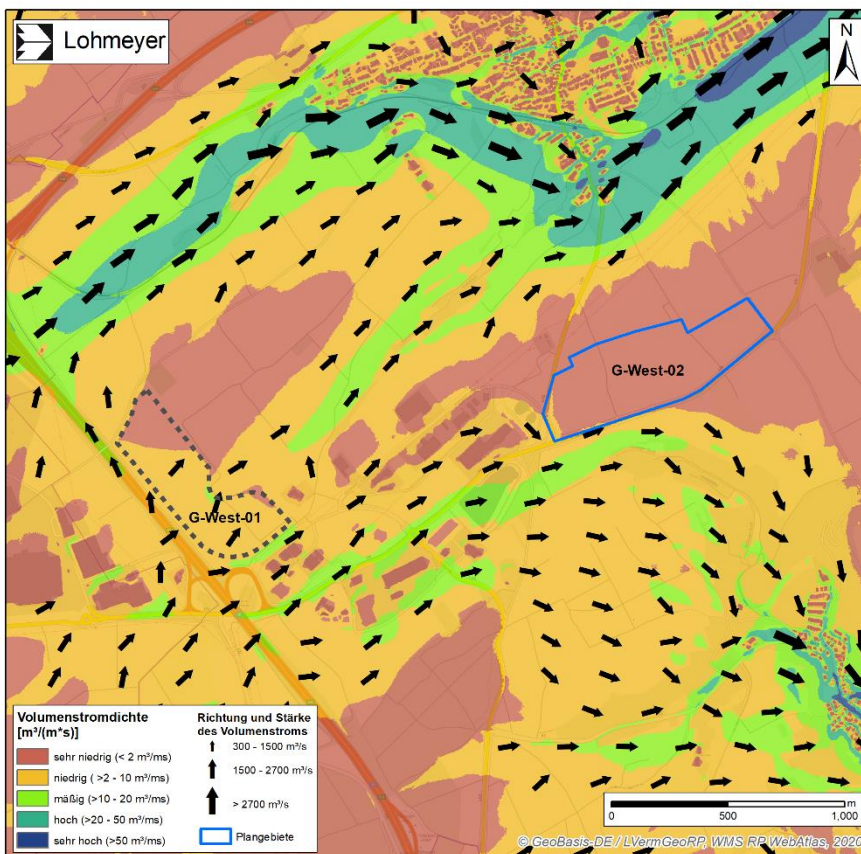


Abb. 4.8: Zoomdarstellung Volumenstromdichte für den Planfall P1 um 2 Uhr morgens

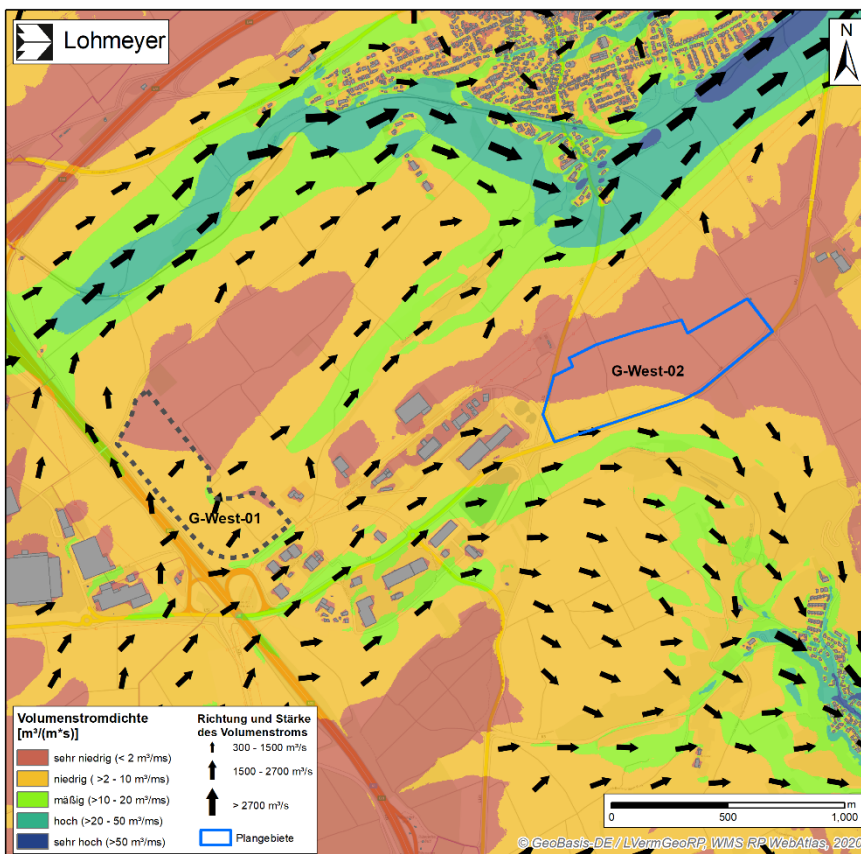


Abb. 4.9: Zoomdarstellung Volumenstromdichte für den Planfall P2 um 2 Uhr morgens

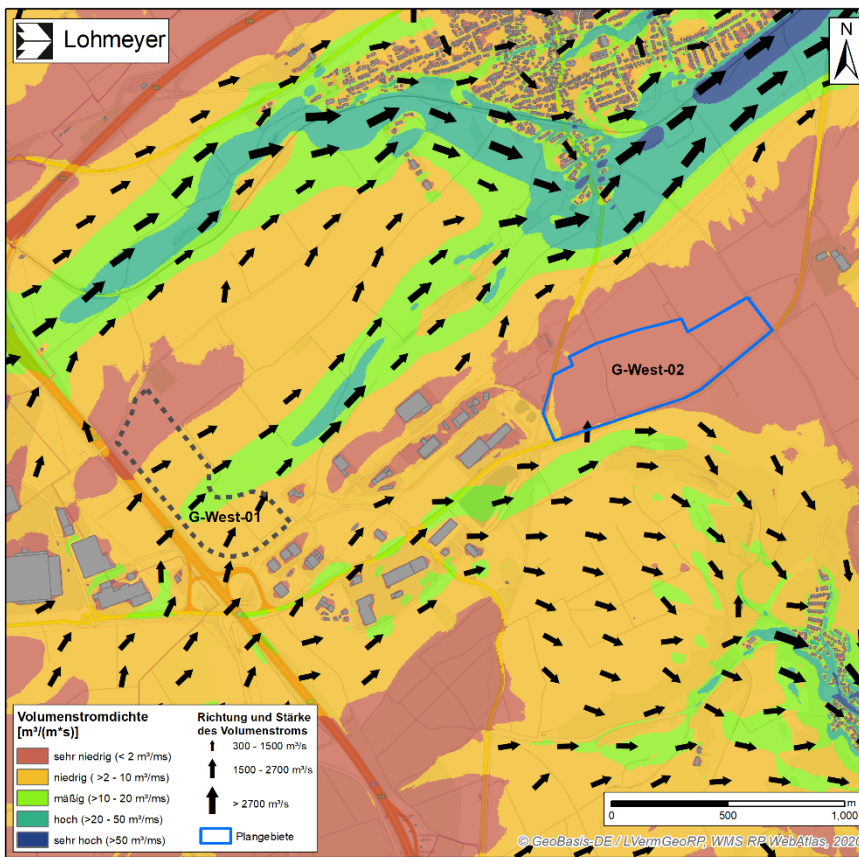


Abb. 4.10: Zoomdarstellung Volumenstromdichte für den Planfall P3 um 2 Uhr morgens

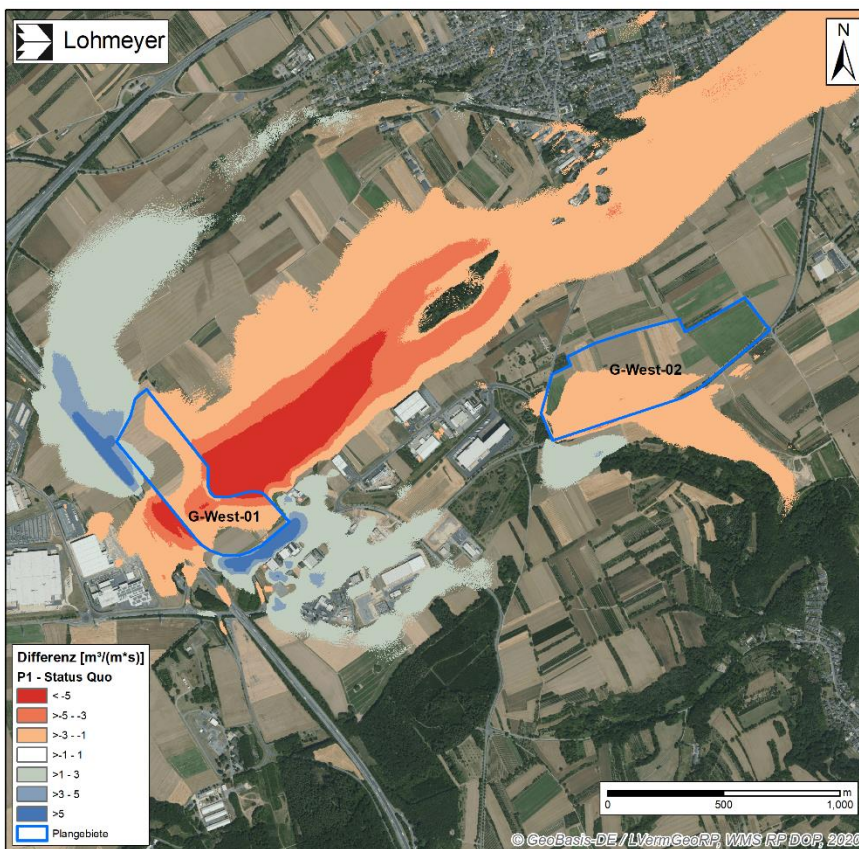


Abb. 4.11: Differenz der Volumenstromdichte (P1 - Status Quo)

4.3 Fazit

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

- Im Untersuchungsgebiet werden drei Kaltluftsysteme ausgewiesen (vgl. **Abb. 4.7**). Dies stimmt mit den Erkenntnissen aus der Stadtklimaanalyse (SPACETEC, 1997) und dem Landschaftsplan der Stadt Koblenz (GfL, 2007) überein. Diese Kaltluftsysteme transportieren Kaltluft, die auf den Freiflächen und Waldgebiete des Umlandes produziert werden, in Richtung der Siedlungen Rübenach, Metternich und Güls.
- Die beiden Plangebiete dienen derzeit als Kaltluftproduktionsflächen, die nach der Realisierung des Bauvorhabens weitestgehend entfallen.
- Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die klimatischen Veränderungen, die durch die Gewerbegebiete G-West 01 und G-West 02 verursacht werden, voneinander unabhängig sind (vgl. **Abb. 4.8 bis 4.10**).
- Das Kaltluftsystem im Anderbachtal wird durch das Gewerbegebiet G-West 01 abgebremst und teilweise umgeleitet (vgl. **Abb. 4.11**). Dadurch wird weniger Kaltluft nach Rübenach und Metternich transportiert. Durch die Dominanz des Kaltluftsystems des Brücker Bachtals wird nach der Realisierung der Planung die Siedlung Rübenach in der Nacht weiterhin ausreichend mit Kaltluft versorgt. Dennoch müssen Maßnahmen getroffen werden, um die negativen Auswirkungen auf ein Minimum zu reduzieren und einer signifikanten Verschlechterung der Kaltluftdynamik vorzubeugen. Planungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge werden in den Kapiteln 5 und 6 erläutert.
- Negative Auswirkungen des Gewerbegebietes G-West 02 im Hinblick auf die Aspekte Kaltluft, Frischluftzufuhr und Luftaustausch beschränken sich auf den südlichen Teil des Plangebietes und das unmittelbar südlich angrenzende Umfeld (vgl. **Abb. 4.10**). Der südlich dieser Planung fließende Kaltluftabfluss im Schleider Bachtal wird dadurch nicht beeinflusst. Für die Bewohner der Siedlung Güls sind somit nach der Planungsrealisierung keine Verschlechterungen der bioklimatischen Verhältnisse zu erwarten.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse vorliegender Untersuchungen und auf der Grundlage der neuen Ergebnisse aus mikroklimatischen Kaltluftsimulationsrechnungen können unseres Erachtens die geplanten Gewerbegebiete G-West 01 und G-West 02, wie sie im Planfall P1 dargestellt sind, grundsätzlich realisiert werden. Bei der weiteren Planung und der sich hieran anschließenden baulichen Umsetzung, sollten die in den folgenden Kapiteln formulierten Planungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge dennoch möglichst umfänglich beachtet und umgesetzt werden.

5 MASSNAHMENVORSCHLÄGE

Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten bei den textlichen Festsetzungen der beiden Bebauungspläne folgende Hinweise geprüft und weitestgehend berücksichtigt werden.

Zudem werden für die beiden Gewerbegebiete G-West 01 und 02 konkrete Maßnahmen vorgeschlagen, die die negativen Auswirkungen auf die klimatischen Verhältnisse in den Plangebieten und insbesondere in den Siedlungen Rübenach, Metternich und Güls, die durch die städtebaulichen Entwicklungen an der A61 entstehen können, minimieren sollen.

5.1 Vorgaben zur Freiraumplanung

Für das Gewerbegebiet Industriepark GVZ sowie die beiden geplanten Erweiterungen G-West 01 und G-West 02 sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Grundsätzlich ist ein hoher Grünflächenanteil anzustreben. Vegetationsreiche Grünflächen mit einem geringen Versiegelungsgrad als lokale Kaltluftproduktionsfläche tragen zu einem besseren Klima bei. Die Grünflächen können mit den bestehenden Freilandflächen vernetzt werden, wodurch die lufthygienische und bioklimatische Situation im Gewerbegebiet verbessert wird.
- 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 ganztagig 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 Stellplatzflächen sollten möglichst wasserdurchlässig 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.
- Aufgrund der positiven thermischen Wirkungen von Bäumen (Verschattung, Verdunstung) sind Baumpflanzungen im Plangebiet vorzusehen. Um Beeinträchtigungen der Frischluftzufuhr aufgrund des Strömungswiderstands der Baumkronen zu vermeiden, sollten im Bereich von Straßen Baumarten mit höheren und aufgelockerten Baumkronen bevorzugt werden. Zusätzlich sind Arten zu favorisieren, die an die zunehmende Wärmebelastung angepasst sind. Solch trockenresistente Baumarten sind nach Roloff (2008) zum Beispiel Feld-Ahorn (*Acer campestre* L. subsp. *Campestre*) und Gewöhnlicher Wacholder (*Juniperus communis* L. subsp. *Communis*).

5.2 Konkrete Maßnahmenvorschläge für G-West 01

Wie aus den klimatologischen Simulationen in Kapitel 4.2 hervorgeht, sind für die Errichtung des Gewerbegebietes G-West 01 gewisse Maßnahmen zu treffen, um die negativen Auswirkungen auf die Kaltluftdynamik zu reduzieren. Im Folgenden werden Maßnahmen vorgeschlagen, die hinsichtlich ihrer Plausibilität zu prüfen und zu berücksichtigen sind.

5.2.1 Verschiebung des Geltungsbereiches

In **Abb. 4.7** ist zu erkennen, dass auf dem Höhenrücken nordöstlich von G-West 01 keine Kaltluftabflüsse ausgewiesen werden. Aus klimatischer Sicht wäre die Verlegung des Geltungsbereiches G-West 01 in diesem Bereich sinnvoll, um die beiden Kaltluftsysteme im Brücker Bachtal und im Anderbachtal nicht zu stören.

Aus städtebaulicher Sicht ist dies jedoch nicht zu realisieren, da dort kein Anschluss an die bestehende Infrastruktur des GVZ besteht und das gesamte GVZ-Gewerbegebiet zu weit auseinandergezogen wird.

Bei einer zukünftigen Erweiterung des Gewerbegebietes kann dieses Erkenntnis nochmals geprüft und berücksichtigt werden.

5.2.2 Ermöglichen einer Kaltluftschneise

Bei den Simulationsrechnungen wurde festgestellt, dass ein Kaltluftsystem über das Gewerbegebiet G-West 01 hinweg in das Anderbachtal und anschließend nach Rübenach fließt. Um diese Kaltluftzufuhr nicht zu unterbinden oder abzuschwächen, sollte ein ungestörtes Überströmen der Kaltluft ermöglicht werden. Kaltluftströme werden aufgrund von einer starken Oberflächenrauigkeit und großen Gebäudekomplexen, wie sie für Gewerbe- und Industriegebiete typisch sind, abgebremst.

Daher ist das Anlegen einer Kaltluftschneise im Bereich des tiefsten Punktes des Gewerbegebietes unbedingt festzuschreiben. Die **Abb. 5.1** zeigt die Position dieser Kaltluftschneise, die ungefähr in der Mitte des Plangebietes zu finden ist. Dabei sollte die Kaltluftschneise eine Breite von mindestens 50 m haben. Erstrebenswert wäre eine Breite von 100 m. Mögliche Nutzungen in der Kaltluftschneise können Grünflächen oder Parkplätze sein. Die geplante Lage des Retentionsbeckens am tiefsten Punkt bzw. in der Mitte im Plangebiet ist zu begrüßen.

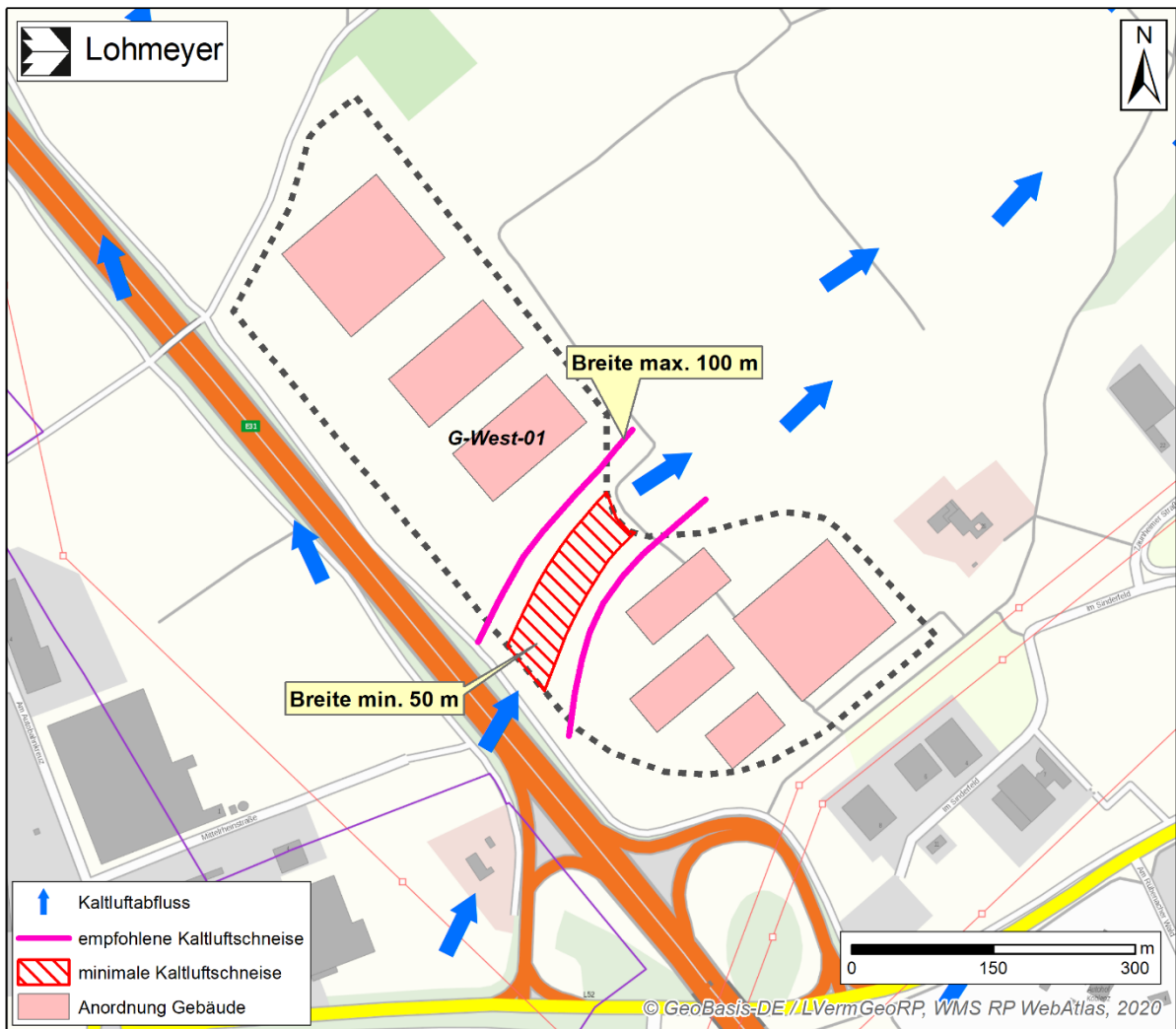


Abb. 5.1: Lage der Kaltluftschneise

5.2.3 Gebäude

Zur Verbesserung der Durchströmung des Gewerbegebietes mit Kaltluft sollten die Gebäude in Strömungsrichtung angeordnet werden, d.h. eine Ausrichtung von Südwesten nach Nordosten aufweisen (siehe **Abb. 5.1**). Zudem sollte im Plangebiet eine lockere Bebauungsstruktur mit Baulücken festgesetzt werden.

Aufgrund der Überströmbarkeit der Gebäude sollten in G-West 01 unterschiedliche maximale Höhen angesetzt werden. Entlang der Kaltluftschneise soll die Gebäudehöhe maximal 8 m betragen. In diesem Bereich findet der Hauptabfluss der Kaltluft in das Anderbachtal statt. Da hier eine maximale Kaltluflhöhe von 13 m ausgewiesen wurde, sollte die Blockwirkung der Gebäude so gering wie möglich gehalten werden. Je höher ein Gebäude ist, desto länger benötigt der Kaltluftstrom, bis er dieses überströmt hat und um so stärker wird somit die Kaltluftdynamik gemindert.

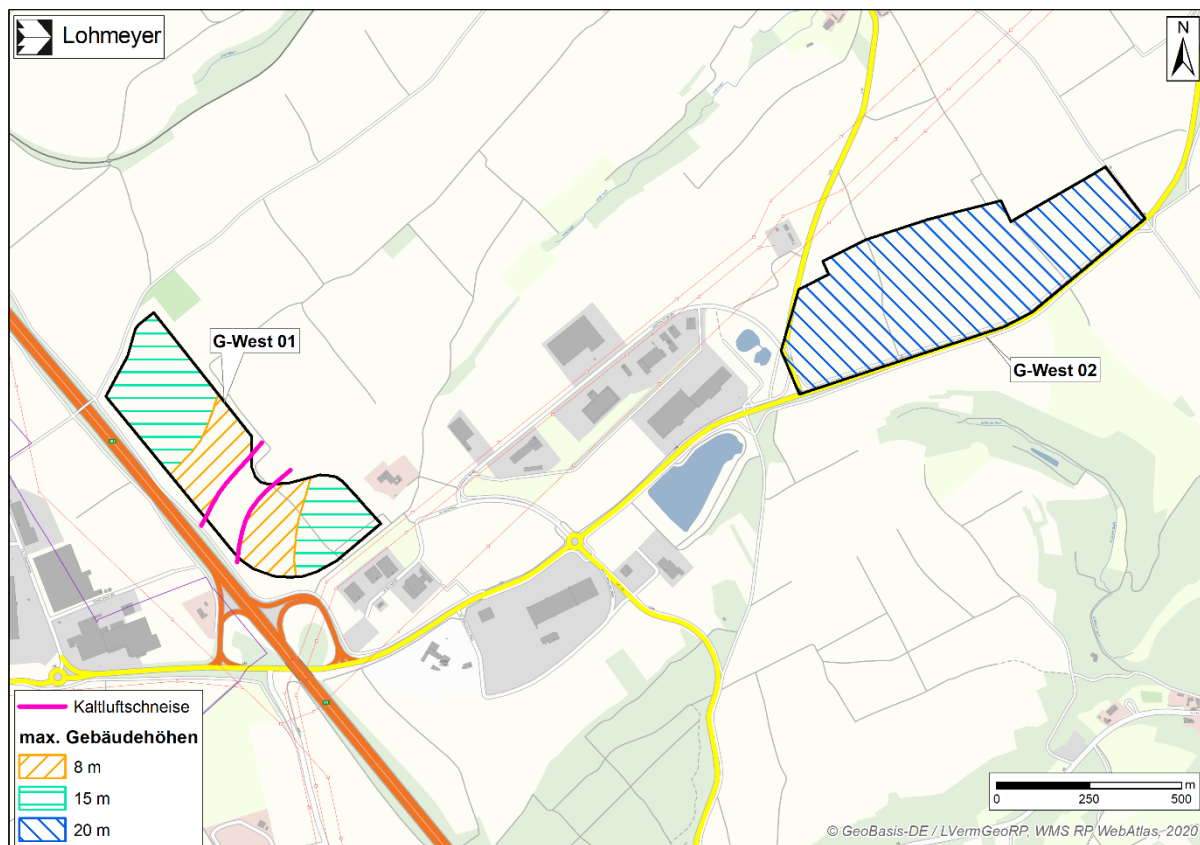


Abb. 5.2: Bereiche mit maximalen Gebäudehöhen

5.3 Konkrete Maßnahmenvorschläge für G-West 02

Da das Gewerbegebiet G-West 02 in keiner Kaltluftleitbahn liegt, muss in diesem Gebiet keine gesonderte Kaltluftschneise bei der Planung berücksichtigt werden. Aus klimatologischer Sicht kann hier die maximale Gebäudehöhe auf 20 m festgesetzt werden (vgl. **Tab. 5.1**). Für eine bessere Durchlüftung im Plangebiet selbst ist hier auch eine lockere Bebauung mit Baulücken anzustreben.

Im südlichen Bereich von G-West 02 streift der Kaltluftabfluss des Schleider Bachtals das Gewerbegebiet. Um eine Beeinträchtigung der Kaltluftdynamik zu vermeiden, sollten in diesem Bereich Grünflächen mit einer niedrigen Vegetationsschicht und einer daraus resultierenden geringen Oberflächenrauigkeit festgeschrieben werden.

5.4 Planungsrechtliche Festsetzungen

Als Eingangsdaten für planungsrechtliche Festsetzungen werden Höchst- bzw. Grenzwerten definiert, die noch vertretbare klimatische und lufthygienische Belastungen sowie erforderliche „Kompensationsmaßnahmen“ für den Fall von Ausnahmen und Befreiungen regulieren sollen.

Auf Grundlage der Simulationsberechnungen werden Baugrenzen, Bebauungsdichten, Versiegelungsgrade, Gebäudeausrichtungen und Mindestbreiten von Baulücken festgelegt. In der folgenden Tabelle sind die Höchst- und Grenzwerte aufgelistet.

bauliche Festsetzungen	Grenzwerte für	
	G-West 01	G-West 02
max. Gebäudehöhe	8 bzw. 15	20
Gebäudeausrichtung	SW - NO	-
Bebauungsdichte (GRZ)	0.6	0.6
Mindestbreite von Baulücken	30	25
Versiegelungsgrad	0.6	0.6

Tab. 5.1: Höchst- und Grenzwerte für die bauliche Festsetzung

Da für das Gewerbegebiet G-West 01 negative Auswirkungen auf das Kaltluftgeschehen ausgewiesen wurden, werden hier schärfere Grenzwerte festgelegt. Die maximale Gebäudehöhe wurde aufgrund der Topographie in zwei Bereiche aufgeteilt (siehe **Abb. 5.2**). Die Mindestbreite der Baulücken wurde hier auch größer gewählt, um eine bessere Durchlüftung des Plangebietes zu gewährleisten. Da für beide Gewerbegebiete ein hoher Anteil an Grünflächen angestrebt werden sollte, sind die Grenzwerte für die Bebauungsdichte und den Versiegelungsgrad bei beiden gleich.

5.5 Weitere Maßnahmen

Bei der Planung zukünftiger Bebauungspläne entlang der A 61 und A 48 ist das Brücker Bachtal unbedingt als schützenswert festzuschreiben, um den dortigen Kaltluftabfluss zu bewahren und um eine Versorgung mit Kaltluft der Siedlungsräume in Rübenach zu gewährleisten. Die **Abb. 5.2** zeigt die klimatische Baugrenze, die bei weiteren städtebaulichen Projekten nicht überschritten werden sollte.

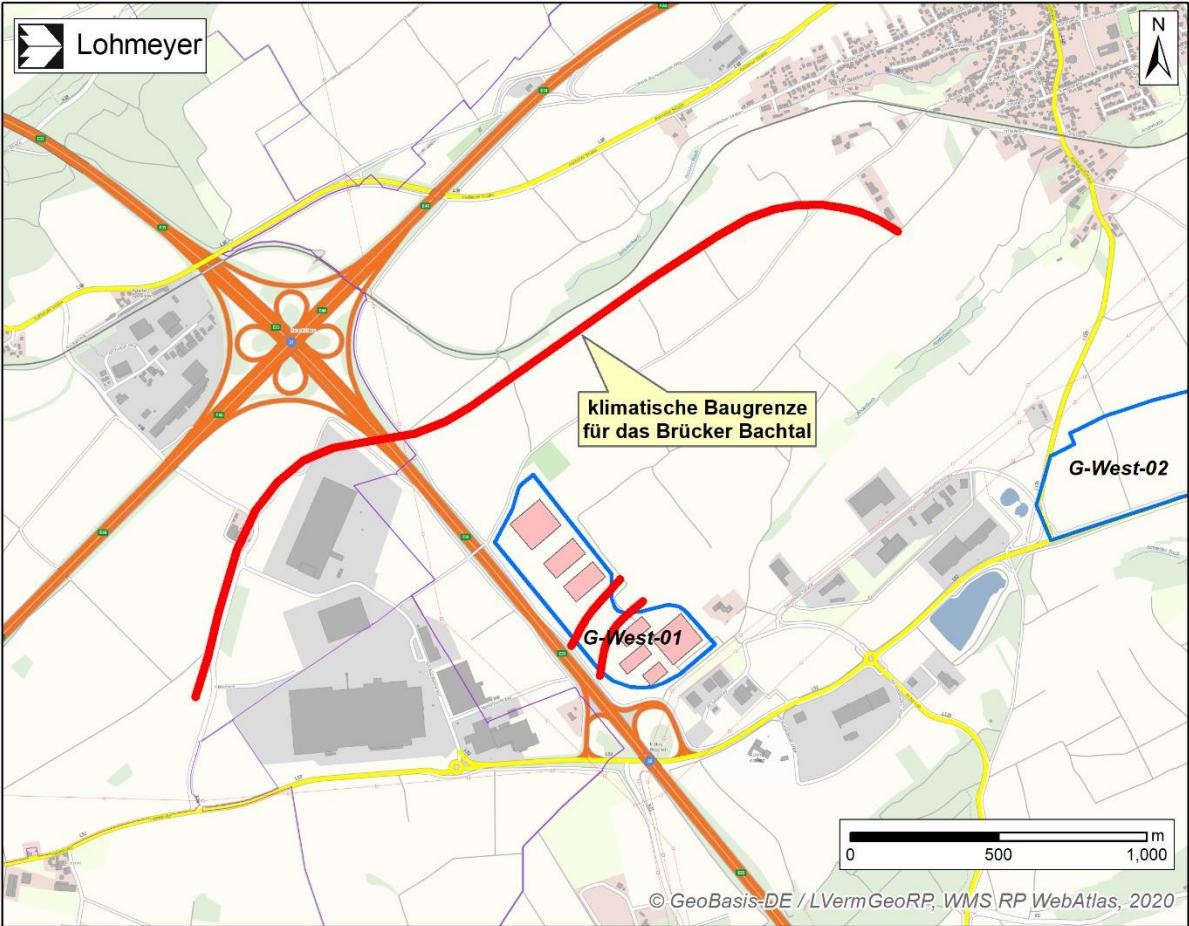


Abb. 5.3: Klimatische Baugrenze für das Kaltluftsystem im Brücker Bachtal

6 MASSNAHMEN FÜR EIN MONITORING

Die Auswirkungen der Gewerbegebiete auf das klimatische Umfeld soll anhand eines Monitorings gemessen und überwacht werden. Die Planung von operablen Maßnahmen eines fachgerechten Monitorings wird durch die Ergebnisse der Kaltluftsimulationsrechnungen erleichtert und verbessert. Dies betrifft insbesondere die Festlegung der Anzahl und der Lokalisierung von Messorten. Für ein fachgerechtes Monitoring sind aus klimatischen Gründen mehrjährige Messungen einzuplanen. Unabdingbare meteorologische Messgrößen hierbei sind Windgeschwindigkeit und Windrichtung (mit Ultraschallanemometer), Lufttemperatur und relative Luftfeuchte.

Die **Abb. 6.1** zeigt mögliche Standorte für Messstationen. Dabei dient der orange gekennzeichnete Standort als Referenz-Messstation, um die meteorologischen Messgrößen mit denen in den Kaltluftabflüssen vergleichen zu können. Die Referenz-Messstation liegt auf einem Höhenrücken und wird somit nicht von nächtlichen Talwinden beeinflusst.

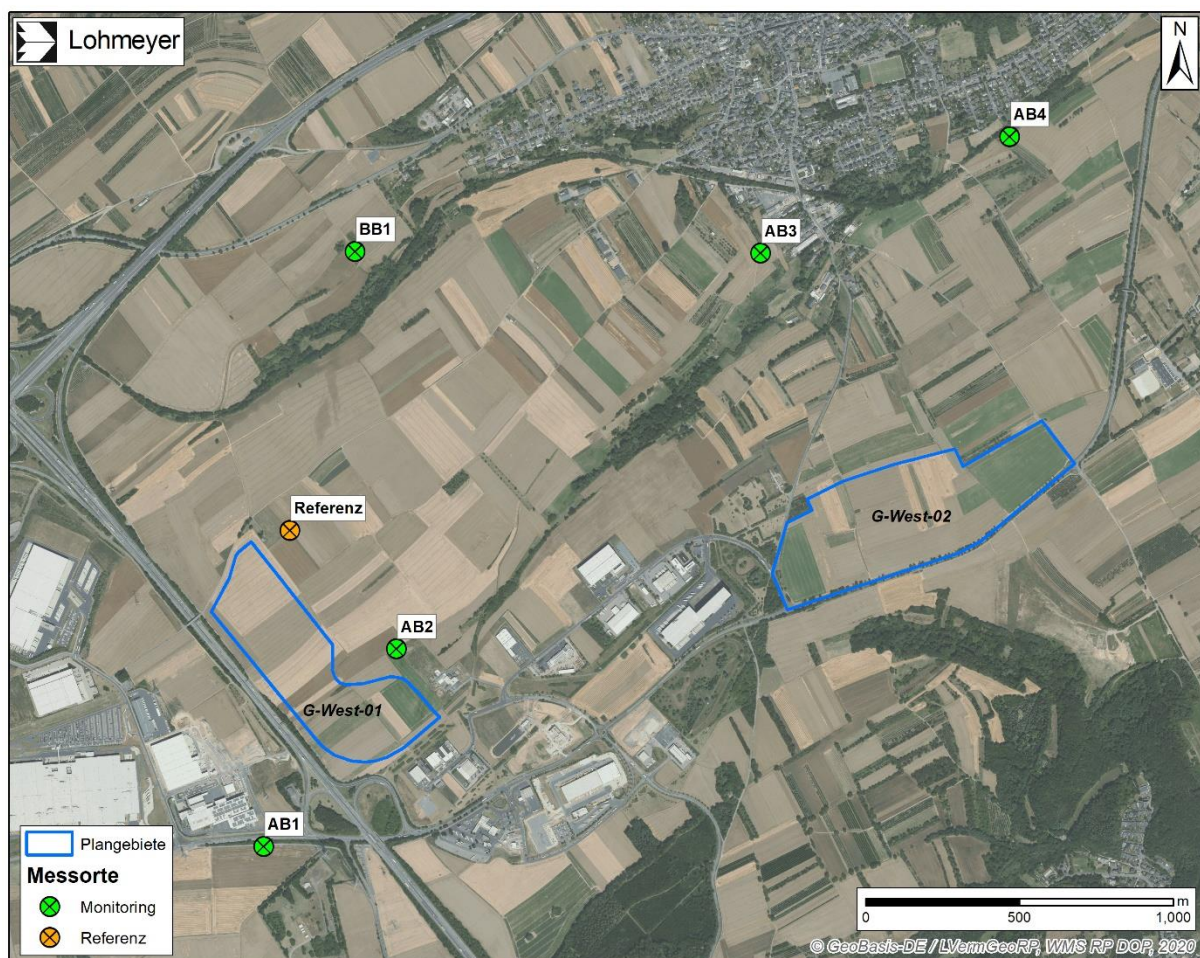


Abb. 6.1: Lage der Messorte

7 LITERATUR

DWD (2020): Internetseite zu vieljährige Mittelwerte: https://www.dwd.de/DE/leistungen/-klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_akt_html.html?view=nasPublication&n=16102. Offenbach, 2020.

GfL Planungs- und Ingenieurgesellschaft GmbH (2007): Landschaftsplan der Stadt Koblenz, Koblenz, 2007.

LANUV WEB (2020): Klimaatlas NRW, <https://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas>

Roloff, A.; Bonn, S.; Gillner, S. (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – als Straßenbäume geeignete Arten. Allg. Forstztschr. / Der Wald 63: S. 398-399.

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

SPACETEC (1997): Stadtklimauntersuchung Koblenz, Freiburg 1997.

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

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003): 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 lokalklimatischen Verhältnisse und mögliche Auswirkungen durch die geplante Bebauung treffen zu können, wurden mikroklimatische Kaltluftsimulationsrechnungen mit einer horizontalen Auflösung von 3.0 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.

Gitterauflösung [m]	Ausdehnung in X-Richtung [m]	Ausdehnung in Y-Richtung [m]	Anzahl Rechenzellen
3.00	6 600	6 000	4 399 000

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