

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: [info.ka@lohmeyer.de](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG  
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

## **BEBAUUNGSPLAN „LANGWIESEN IV“ IN CLEEBRONN, AUSWIRKUNGEN AUF LOKALKLIMATISCHE VERHÄLTNISSE**

Auftraggeber: Messmer Consult  
Dahlienweg 2  
71409 Schwaikheim

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dipl.-Met. B. Brecht

Dezember 2018  
Projekt 63803-18-02  
Berichtsumfang 24 Seiten

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>KALTLUFTSTRÖMUNGEN .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>20</b>
<b>A1</b>	<b>BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS .....</b>	<b>22</b>

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung weder modifiziert noch auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

## 1 AUFGABENSTELLUNG

In Cleeborn ist der vorhabenbezogene Bebauungsplan „Langwiesen IV“ in Bearbeitung. Für diese Planungen sind die Auswirkungen auf die lokalklimatischen Verhältnisse zu erarbeiten. Das betrifft insbesondere Auswirkungen auf nächtliche Kaltluftströmungen.

## 2 VORGEHENSWEISE

In Cleeborn ist der Bebauungsplan „Langwiesen IV“ mit Ausweisung von gewerblichen Nutzungen in Erarbeitung. Das Bebauungsplangebiet befindet sich am nördlichen Rand der Gemarkung Cleeborn und damit direkt südlich des Güglinger Ortsteils Frauenzimmern im Tal der Zaber mit einer Orientierung von Westen nach Osten. Das Bebauungsplangebiet „Langwiesen IV“ befindet sich auf einer Freifläche mit Freilandnutzungen und landwirtschaftlichen Nutzungen südlich der Zaber mit nach Süden ansteigendem Gelände.

Durch den Bebauungsplan werden die bestehenden topografischen Gegebenheiten, insbesondere die Landnutzung, verändert, indem zusätzliche Gebäude als Strömungshindernisse wirksam werden und Landnutzungsänderungen mittels Verkehrsflächen und eventuellen Wasserflächen in ihrer thermischen Ausprägung geändert werden. Dadurch können bestehende, lokale thermisch induzierte Winde, wie die Kaltluftströmungen, beeinträchtigt werden. Die genannten Modifizierungen und Auswirkungen beziehen sich überwiegend auf die bodennahen Windverhältnisse und die Temperaturverhältnisse in der direkten Umgebung.

Die Kaltluftbildung und Entwicklung der Kaltluftströmung entsteht an wind- und wolkenarmen Tagen nach Sonnenuntergang, indem vegetationsbestandene Flächen gegenüber versiegelten Flächen oder Wasserflächen intensiver und rascher abkühlen. Damit kühlt auch die darüber gelegene Luftschicht intensiver und rascher ab. Bei geneigtem Gelände setzen sich diese kühlen Luftmassen der Geländeneigung folgend in Bewegung und bilden Hangabwinde. In Einschnitten und Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können. In Mulden und vor lang gestreckten Hindernissen quer zur Kaltluftströmung entstehen Kaltluftstagnationsbereiche, die sehr stark auskühlen können. In solchen Kaltluftstagnationsbereichen liegt die bodennahe Lufttemperatur bei Kaltluftbedingungen um einige Kelvin unter der Lufttemperatur umliegender Bereiche. Damit besteht dort eine höhere Frostgefährdung.

Dementsprechend werden hier die Auswirkungen der Planungen auf die nächtlichen Kaltluftströmungen mit Modellsimulationen betrachtet.

Für die vorliegende Planung werden Kaltluftberechnungen mit dem Modell KALM mit einer hohen räumlichen Auflösung durchgeführt, um qualitative und quantitative Aussagen über mögliche Modifikationen der Kaltluftströmungen zu erhalten. Betrachtet werden der derzeitige Zustand entsprechend der derzeitigen baulichen Nutzung und der Planzustand inklusive der geplanten Bebauung, um relative Änderungen aufzeigen zu können.



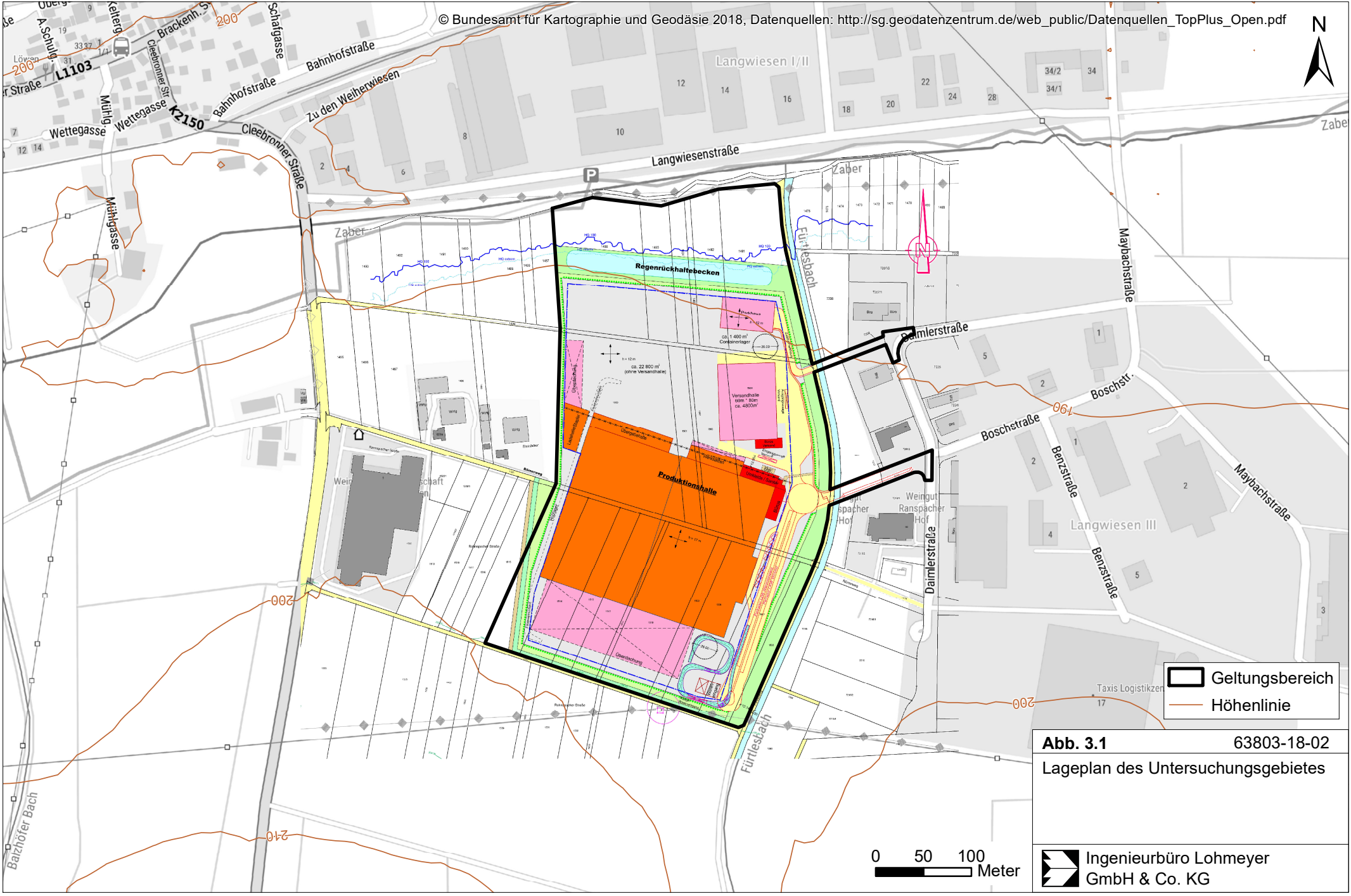
### 3 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES



Die Lage der Gemarkung Cleebronn ist dem westlichen Bereich des Landschaftsraums Neckarbecken zuzuschreiben im Übergang zum westlich anschließenden Gebiet des Strom- und Heuchelbergs und weist ein ausgeprägtes Relief auf. Das Bebauungsplangebiet „Langwiesen IV“ befindet sich am nördlichen Rand der Gemarkung Cleebronn und damit direkt südlich des Güglinger Ortsteils Frauenzimmern im Tal der Zaber. Das Bebauungsplangebiet weist eine Neigung nach Norden zur Zaber auf, während das Tal der Zaber von Westen nach Osten Richtung Neckartal abfällt. Das Bebauungsplangebiet „Langwiesen IV“ befindet sich auf einer Freifläche mit Freilandnutzungen und landwirtschaftlichen Nutzungen, die sich von einer Höhe von ca. 188 m ü.NHN an der Zaber auf ca. 199 m ü.NHN am Südwestrand erhebt, während am Ostrand des Grundstücks entlang dem Fürtlesbach am Südrand eine Höhe von ca. 196 m ü.NHN erreicht wird. Östlich benachbart befindet sich ein Gewerbegebiet, das in den letzten Jahren entwickelt wurde. Westlich befinden sich in direkter Nachbarschaft ein landwirtschaftlicher Betrieb und die Winzergenossenschaft Cleebronn-Güglingen eG. Nördlich der Zaber schließt direkt ein bestehendes Gewerbegebiet mit einer Längserstreckung von Westen nach Osten an und nordwestlich befinden sich Siedlungsnutzungen von Frauenzimmern.

Diese örtlichen Gegebenheiten prägen die lokalklimatischen Verhältnisse und Kaltluftströmungen. Damit die Modellierung der Kaltluftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet von ca. 242 km<sup>2</sup> durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich in westöstlicher Richtung auf ca. 22 km und in nordsüdlicher Richtung auf ca. 11 km. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 10 m x 10 m berücksichtigt.


Für die gewerbliche Nutzung sind im Bebauungsgebiet „Langwiesen IV“ großflächige Gebäude sowie befestigte großflächige Verkehrsflächen und ein Regenrückhaltebecken am Nordrand vorgesehen.

**Abb. 3.1** zeigt die Lage des Bebauungsplans „Langwiesen IV“ in Cleebronn auf der Grundlage des Katasterplans und **Abb. 3.2** zeigt den Bereich des Rechengebietes für die Kaltluftsimulation als perspektivische Darstellung mit Blick aus Südwesten und mit doppelter Überhöhung. Die Geländehöhen und Lagedaten für das Bebauungsplangebiet in Cleebronn wurden vom Auftraggeber digital zur Verfügung gestellt; die Daten umliegender Bereiche wurden frei verfügbaren Quellen entnommen (GlobDEM50 (MetSoft, 2004), CORINE-Daten (2018), Google-Earth). Die bestehende Landnutzung ist farbig auf der Grundlage des Reliefs dargestellt, wobei die Bebauung orange und rot, gewerbliche Nutzungen violett, Wasser blau,



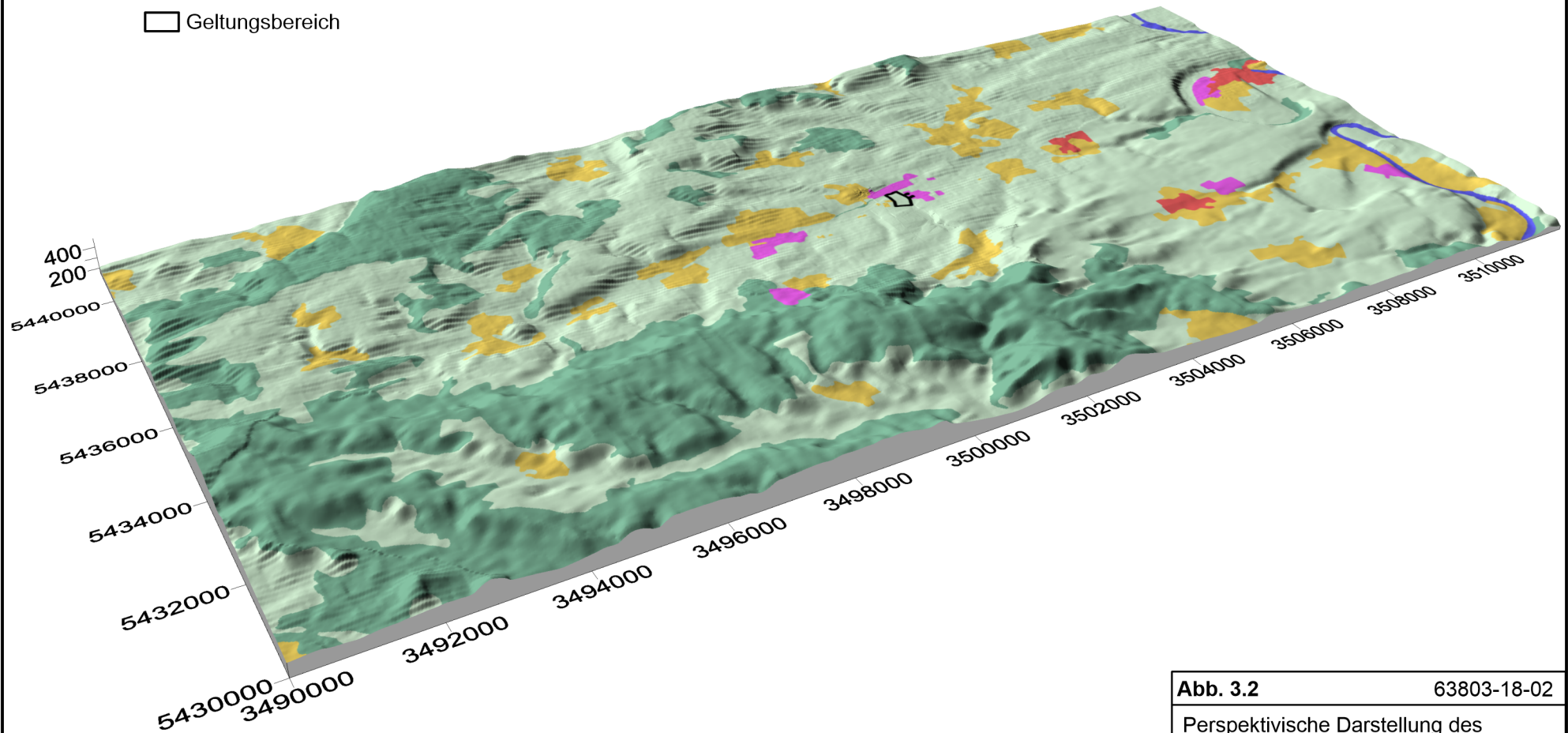
 Geltungsbereich  
 Höhenlinie

**Abb. 3.1** 63803-18-02  
Lageplan des Untersuchungsgebietes

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

### Landnutzung

- lockere Bebauung
- dichte Bebauung
- Gewerbe
- Wald
- Freiland
- Wasser
- Geltungsbereich



**Abb. 3.2** 63803-18-02

Perspektivische Darstellung des  
Rechengebietes für die Kaltluft-  
simulation mit Blick aus Südsüdwest

Wald dunkelgrün, Freiflächen hellgrün und Verkehrsflächen grau eingezeichnet sind. Das Betrachtungsgebiet „Langwiesen IV“ ist schwarz umrandet.

## 4 KALTLUFTSTRÖMUNGEN

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Kaltluftsimulationen für den baulichen Bestand und den Planzustand mit dem Kaltluftmodell KALM (Beschreibung siehe Anhang A1) durchgeführt. Dafür wurde ergänzend zur Gemarkung von Cleeborn vor allem in südlicher, westlicher und nördlicher Richtung das umliegende Gelände mit dem Anstieg zum Stromberg und Heuchelberg berücksichtigt, in dem der in **Abb. 3.1** dargestellte Bereich eingebunden ist. Das Gebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen erfasst werden.

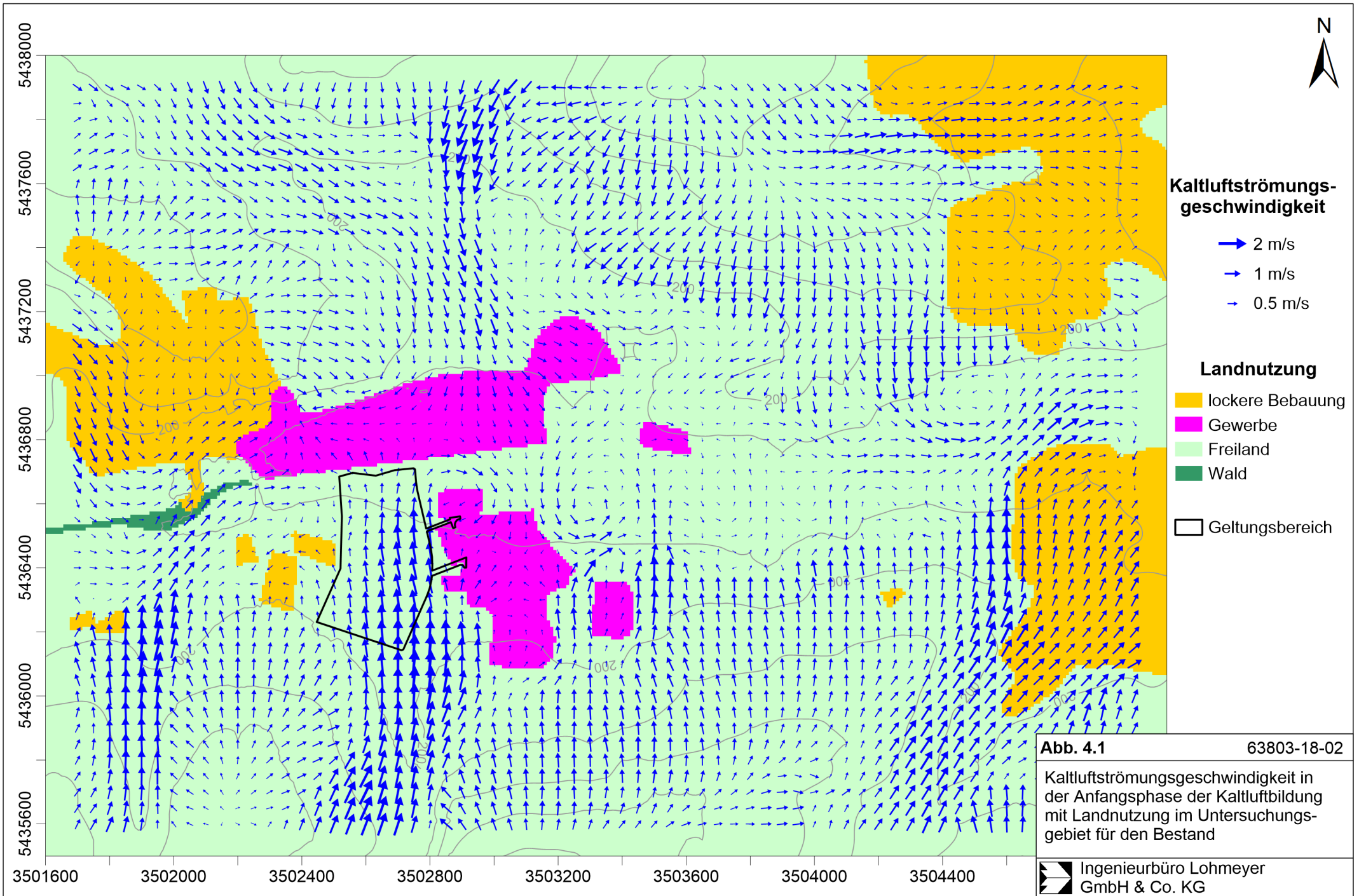
Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte. Die Kaltluftvolumenstromdichte beschreibt die Kaltluftmenge in  $\text{m}^3$ , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt; die Einheit ist  $\text{m}^3/(\text{s m})$  bzw.  $\text{m}^2/\text{s}$ . Falls die Volumenstromdichte über einen Querschnitt konstant ist, lässt sich der Volumenstrom direkt und einfach als Volumenstromdichte mal Länge der Grundlinie dieser Fläche berechnen. Der Kaltluftvolumenstrom kann als Größe zur Beschreibung der Belüftungsintensität aufgefasst werden.

Direkt westlich und südlich des Plangebietes schließen Freilandnutzungen bestehend aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Freiflächen an und in der weiteren Umgebung sind Freilandnutzungen bestehend aus landwirtschaftlichen Nutzflächen, Wald und sonstigen Vegetationsflächen in höher gelegenen Bereichen gelegen. Dort findet bei den entsprechenden Wetterlagen eine intensive Kaltluftentstehung statt; die Kaltluft sammelt sich u.a. im Tal der Zaber und wird von Westen nach Osten geführt.

Für die Darstellung der Berechnungsergebnisse wurde ein Teilausschnitt des Rechengebietes mit dem Plangebiet und der direkten Umgebung gewählt, sodass die Reichweite der aus den Berechnungen abgeleiteten Beeinträchtigungen der Kaltluftströmungen dargestellt wird. In den Abbildungen sind Wald grün, Freiflächen hellgrün und Siedlungsflächen in Rottönen dargestellt. Die Höhenlinien des digitalen Höhenmodells sind in grober Auflösung dargestellt; kleinere Einschnitte oder Aufschüttungen sind wegen der gewählten Stufung der Höhenlinien nicht erkennbar, sind aber im digitalen Geländemodell enthalten.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen sind in **Abb. 4.1** für den Bestand mit der Geschwindigkeit und Richtung der Kaltluftströmung in der Anfangsphase der Kaltluftbildung



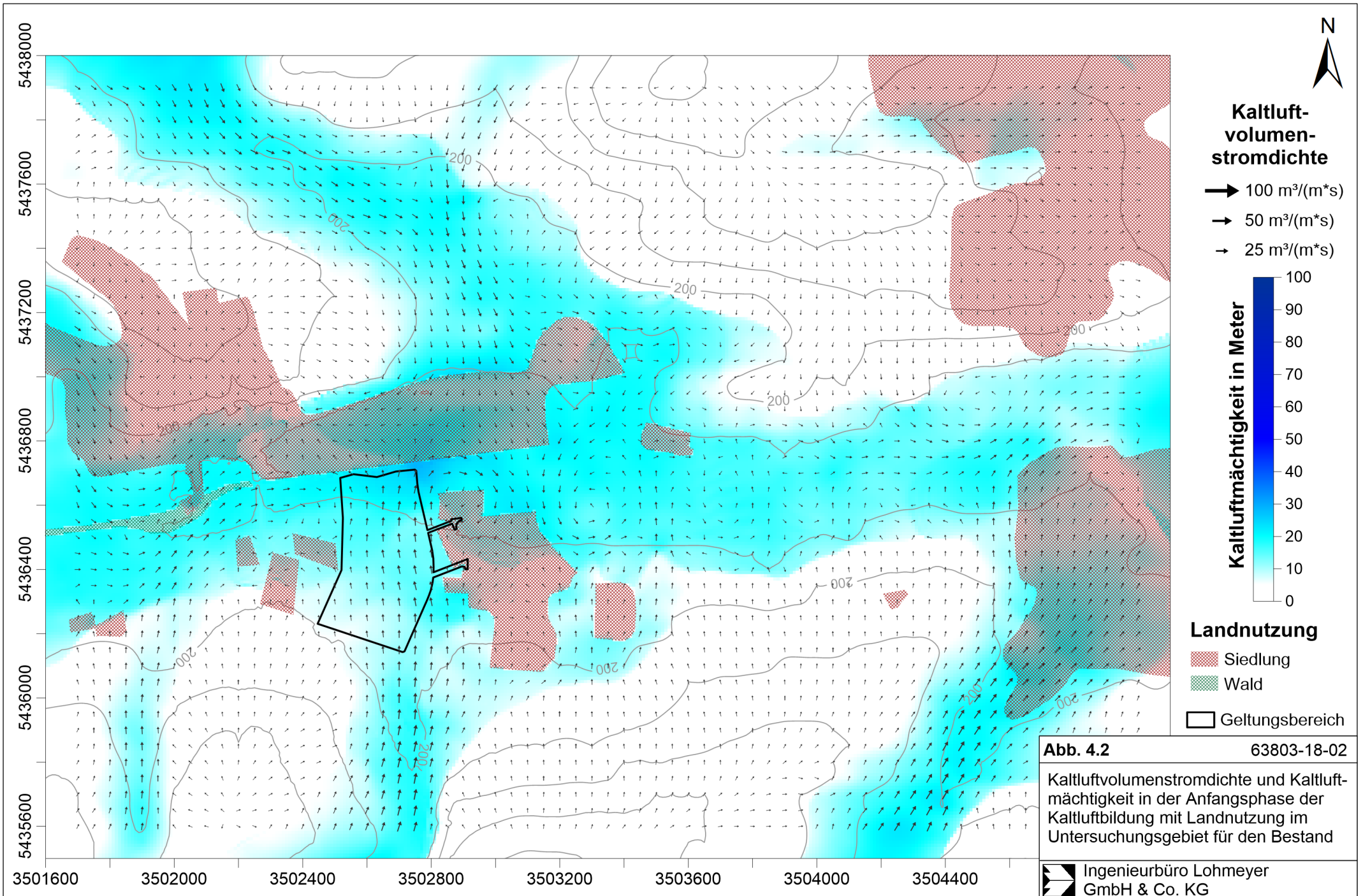


dargestellt, d.h. in der ersten Stunde nach Einsetzen der Kaltluftbildung. In dieser Kaltluftbildungsphase dominieren Hangabwinde mit Strömungsgeschwindigkeiten bis ca. 2 m/s. In Bereichen mit geringer Längsneigung sind Strömungsgeschwindigkeiten um 0.5 m/s und in Siedlungsbereichen auch unter 0.5 m/s berechnet. Im Betrachtungsgebiet und südlich davon stellen sich in der Anfangsphase der Kaltluftbildung Hangabwinde ein, die aus südlicher Richtung nach Norden in das Tal der Zaber orientiert sind, verstärkt durch die Mulde entlang dem Fürtlesbach. Von Norden werden ebenfalls Hangabwinde dem Tal der Zaber zugeführt. Mit zunehmender Nähe zum Talbereich der Zaber verringert sich die bodennahe Kaltluftströmungsgeschwindigkeit und führt in dieser Phase zu einer Kaltluftansammlung.

**Abb. 4.2** zeigt für den Bestand die Kaltluftvolumenstromdichte und die Kaltluftmächtigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, d.h. in der ersten Stunde nach Einsetzen der Kaltluftbildung. Im dargestellten Ausschnitt überwiegen in der Anfangsphase geringe Volumenströme und geringe Kaltluftmächtigkeiten von wenigen Metern. Im Tal der Zaber und über der Mulde entlang dem Fürtlesbach im östlichen Bereich des Baugebietes entwickelt sich rasch eine Kaltluftmächtigkeit, d.h. die Tallage führt zur Kaltluftansammlung. Im Siedlungsgebiet von Frauenzimmern und im östlich benachbarten, bestehenden Gewerbegebiet wird die Kaltluft in dieser Phase aufgezehrt. In dieser Anfangsphase der Kaltluftbildung sind im Tal der Zaber noch keine Längsströmungen ausgebildet.

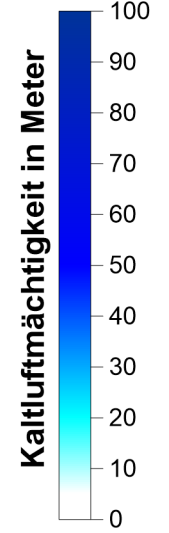
In **Abb. 4.3** ist für den Bestand die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen im Laufe der Nacht aufgezeigt, d.h. für über 3 Stunden andauernde Kaltluftbildung. Im Bereich von Clebronn und Frauenzimmern stellt sich mit dem Verlauf der Zaber überwiegend eine nach Osten orientierte kräftige Kaltluftströmung mit mäßiger Geschwindigkeit ein. Die kräftige Kaltluftströmung fördert im Tal der Zaber die nächtliche Belüftung der Siedlungsbereiche und setzt sich auch im Bereich des Baugebietes durch. D.h., die nach Norden orientierten Hangwinde werden mit der kräftigen talparallelen Kaltluftströmung in östliche Richtung umgelenkt. Dabei ist nicht auszuschließen, dass in der Mulde des Fürtlesbachs bodennah weiterhin Hangabwinde mit Orientierung nach Norden zur Zaber zeitweise wirksam sind.

Bei andauernden Kaltluftbedingungen ist eine deutliche Zunahme der Kaltluftmächtigkeiten in den Tal-, Mulden- und Senkenbereichen zu erwarten. Dies ist in **Abb. 4.4** für den Bestand aufgezeigt und zeigt auch in den Siedlungsbereichen im erweiterten Tal der Zaber Mächtigkeiten bis ca. 80 m. Damit werden auch die bestehenden Siedlungsbereiche von Frauenzimmern und die gewerblichen Nutzungen um-, durch- und überströmt. In dieser Ausschnitts



**Kaltluftvolumenstromdichte**

- ➔ 100 m<sup>3</sup>/(m\*s)
- ➔ 50 m<sup>3</sup>/(m\*s)
- ➔ 25 m<sup>3</sup>/(m\*s)

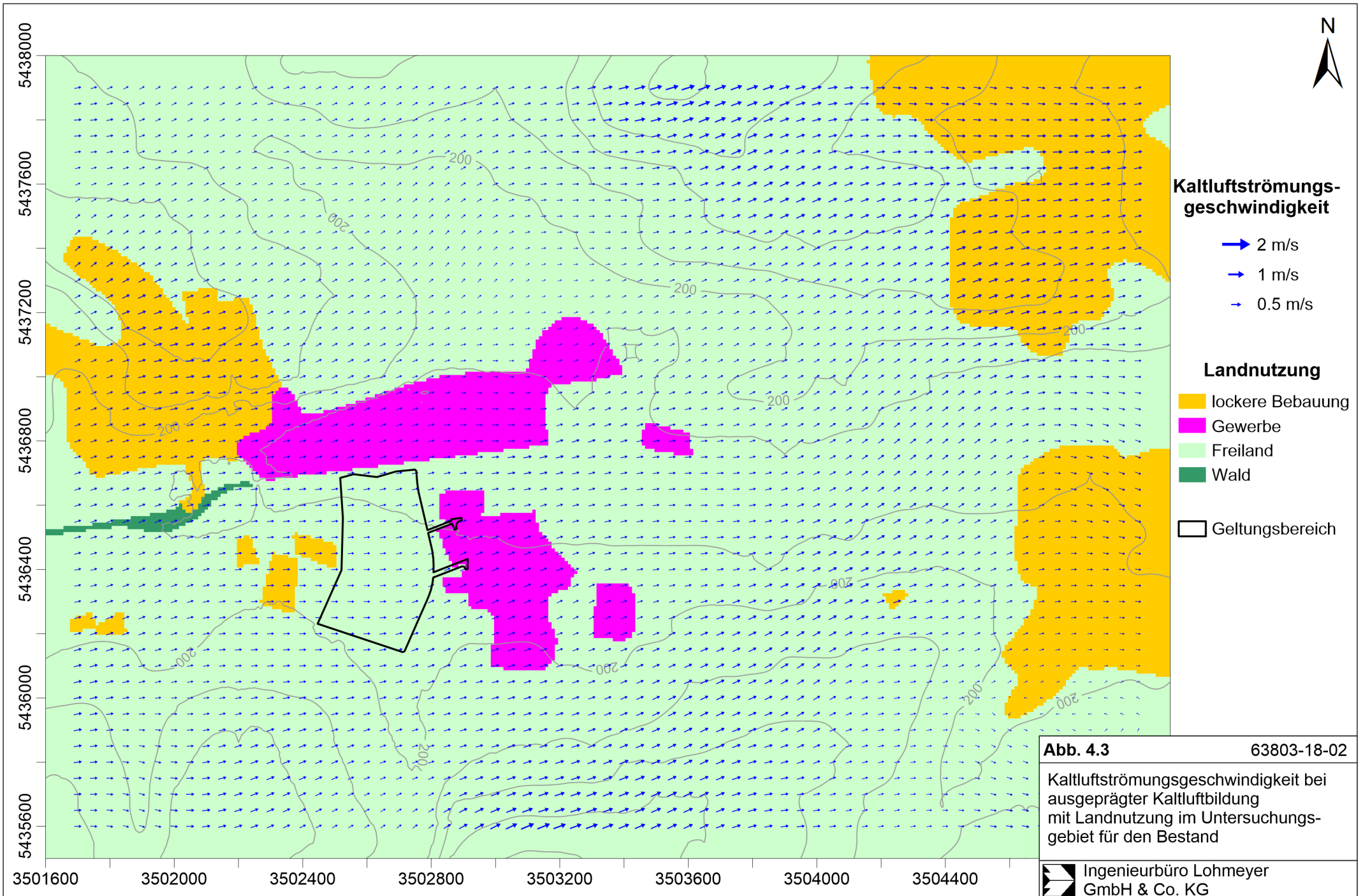


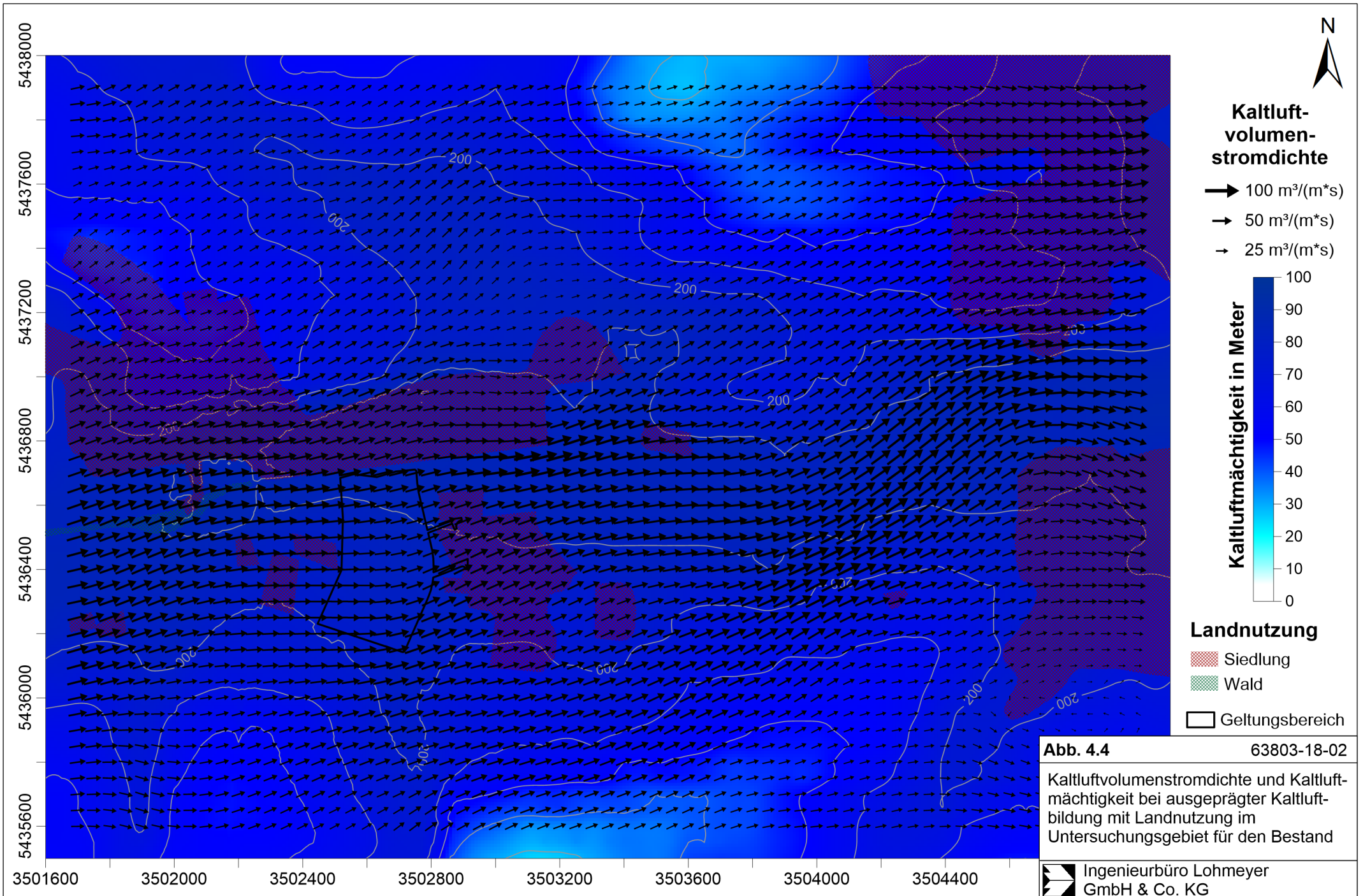
**Landnutzung**

- Siedlung
- Wald
- Geltungsbereich

**Abb. 4.2** 63803-18-02  
 Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Bestand





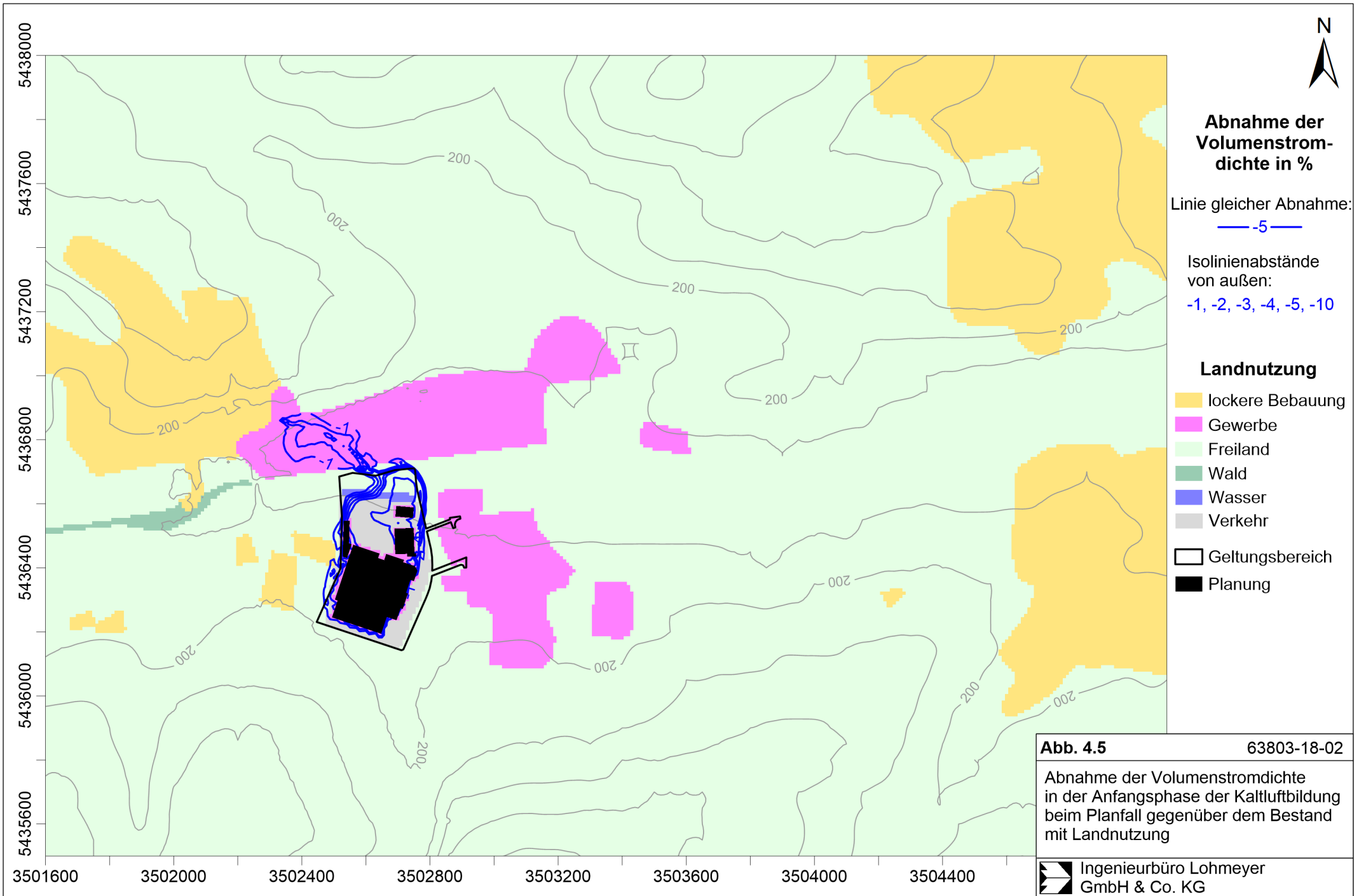


darstellung liegen nur die nördliche und südliche Geländeerhebung nicht im Kaltluftsammlbereich. Im Bereich des Bebauungsplangebietes stellt sich ebenfalls ein kräftiger Kaltluftvolumenstrom ein, der durch die Strömung entlang dem Tal der Zaber in östliche Richtung praktisch quer zur Hangneigung umgelenkt wird.

Die genannten Kaltluftberechnungen wurden ebenfalls für den Planzustand mit der vorgesehenen Bebauung durchgeführt. Eine Kaltluftproduktion wurde den umgenutzten Teilbereichen der Planfläche nicht zugewiesen, vielmehr eine aufzehrende Funktion entsprechend der baulichen Ausprägung bzw. den warmen Verkehrs- und Wasserflächen. Da die Planungen nicht zu einer kompletten Einschränkung der Kaltluftströmungen in der Umgebung des Bebauungsplangebietes führen, sind die Ergebnisdarstellungen ähnlich zu denen für den Bestand. Dementsprechend werden im Folgenden Darstellungen der Abnahmen der Kaltluftvolumenstromdichten aufgezeigt. In diesen Abbildungen ist das Bebauungsplangebiet entsprechend dem vorliegenden baulichen Entwurf der geplanten Nutzungen (großflächige Gebäude, große Verkehrsfläche, Wasserfläche der Regenrückhaltung) eingetragen. In den Abbildungen sind die Bereiche dargestellt, in denen Verringerungen der Kaltluftströmungen bedingt durch die Planungen zu erwarten sind.

In **Abb. 4.5** ist die Abnahme der Kaltluftvolumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung als Linien gleicher Abnahmen aufgezeigt. Mit der Änderung der Landnutzung wird einerseits die Kaltluftbildung im Plangebiet verringert, andererseits werden die Kaltluftströmungen durch die künstlichen Oberflächen und Baukörper beeinflusst. Damit sind entsprechend den Berechnungen nördlich der geplanten baulichen Nutzung bis zum nördlich benachbarten Gewerbegebiet Verringerungen der Hangabwinde prognostiziert, die vor allem auf die verringerte bodennahe Strömungsgeschwindigkeit aufgrund zusätzlicher Bebauung und ein gewisses Aufzehren der zuströmenden Kaltluft zurückzuführen ist. Der Bereich verringerter Wirkung der Hangabwinde betrifft überwiegend die nördlich benachbarten Freiflächen an der Zaber und Bereiche des nördlich benachbarten bestehenden Gewerbegebietes von Frauenzimmern und sind als Verzögerungen des Eintreffens der Hangabwinde um wenige Minuten aufzufassen. Vor den geplanten bodennahen Strömungshindernissen, d.h. südlich der geplanten Bebauung bilden sich kleinräumig Bereiche mit Kaltluftstagnationen aus. Diese bleiben entsprechend den Berechnungen weitgehend auf die Umgrenzung des Bebauungsplangebietes beschränkt; allerdings ist nicht auszuschließen, dass einige Dekameter südlich der geplanten Gebäude bodennah Kaltluftstagnationen erfolgen und die weiterhin zugeführten Luftmassen daran aufgleiten und darüberstreichen. In solch einem Bereich ist eine erhöhte Frostgefährdung nicht auszuschließen.





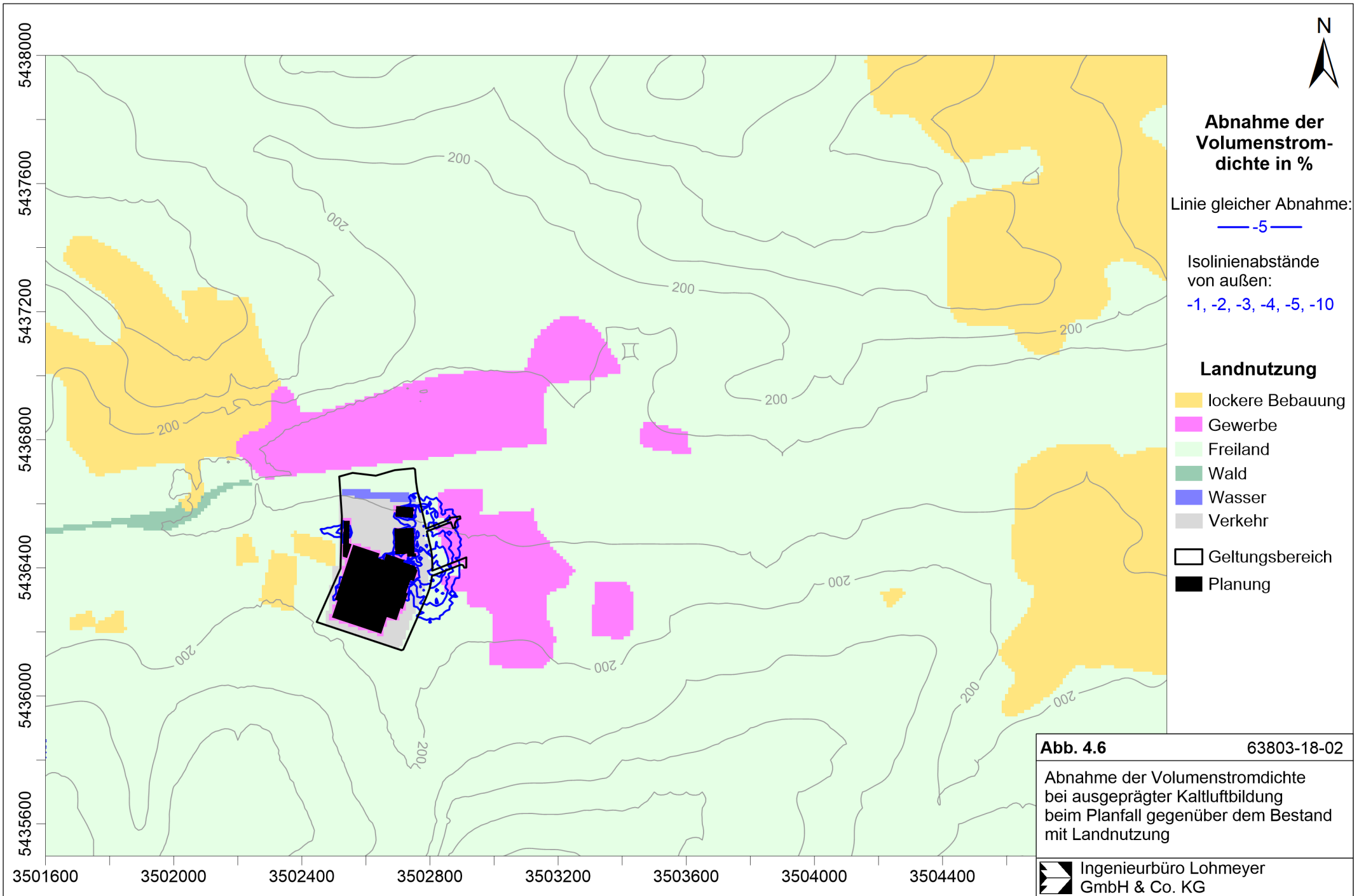
Bei ausgeprägten Kaltluftbildungen mit mächtiger Kaltluftschicht sind durch das Umschwenken der Kaltluftströmung entlang dem Tal der Zaber durch die Planungen vor allem östlich des Bebauungsplangebietes einschränkende Auswirkungen auf die Kaltluftströmung berechnet (**Abb. 4.6**). Durch das zusätzliche Strömungshindernis verringert sich östlich der Planung der Kaltluftvolumenstrom bis in einen Abstand von ca. zweihundert Metern, indem bodennah die Strömungsgeschwindigkeit verringert wird. Das betrifft das östlich benachbarte Gewerbegebiet und den Bereich entlang des Fürtlesbachs. Vor dem geplanten Strömungshindernis, d.h. westlich der geplanten Bebauung entstehen kleinräumig Bereiche mit Kaltluftstagnation. Der mächtige Kaltluftstrom bleibt jedoch über dem Dachniveau erhalten. Die Einschränkung des mächtigen Kaltluftstroms umfasst in dem Gewerbegebiet weniger als ca. 10 %, überwiegend jedoch weniger als 5 %. Trotz dieser Einschränkung bleibt aufgrund der verbleibenden Mächtigkeit des Kaltluftstroms die Belüftungsfunktion des anschließenden Gewerbegebietes erhalten.

Insgesamt ist für den Bereich nördlich von Cleeborn festzuhalten, dass die bestehende Kaltluftströmung längs des Tals der Zaber die nächtliche Belüftung der Siedlungsbereiche fördert. Die Hangabwinde aus benachbarten Geländeanstiegen werden im Tal der Zaber rasch in Tallängsrichtung zur gesammelten Kaltluftströmung umgelenkt. Die baulichen Planungen mit dem Bebauungsplan „Langwiesen IV“ führen zu gewissen Einschränkungen des mächtigen Kaltluftstroms; die nächtliche Belüftung des benachbarten Gewerbegebietes und weiterer Siedlungsgebiete entlang der Zaber mittels Kaltluftströmung bleibt jedoch erhalten. Die vorgesehene Begrünung ausgedehnter Dachflächen mildert das Aufzehren der Kaltluft und trägt dazu bei, dass bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen die Belüftungsverhältnisse im Tal der Zaber auch mit der umgesetzten Planung erhalten bleiben.

### **Einfluss auf Durchlüftungsverhältnisse**

In dem Bebauungsplangebiet „Langwiesen IV“ sind ein flächenhaft großes Gebäude sowie mehrere kleinere Gebäude vorgesehen. Die geplante Halle soll eine Erstreckung von ca. 205 m in west-östlicher Richtung und mit einem weiteren Gebäude eine Ausdehnung von ca. 240 m in nord-südlicher Richtung bei einer Höhe bis ca. 17 m über Grund aufweisen.

Die VDI-Richtlinie 3783, Blatt 10 (Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle (2010)) ermöglicht die Ableitung der Ausdehnung von Auswirkungsbereichen von Hindernisumströmungen. Diese Auswirkungen beziehen sich auf eine Anströmrichtung quer zur Ausdehnung eines Hindernisses.



Für den Bereich bei Cleebronn liegen keine öffentlich verfügbaren langjährigen Windmessdaten vor. Die LUBW veröffentlicht im Internet grafische Darstellungen synthetischer Windrosen, die im Raster von 500 m berechnet sind. Für den Bereich des Bebauungsplangebietes weist die entsprechende Windrose als Hauptwindrichtungen westliche Winde und als sekundäre Hauptwindrichtungen Winde aus nordöstlicher Richtung auf.

Nach der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 10 (Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle (2010)) lässt sich damit ableiten, dass bei einer Länge des Gebäudes von ca. 240 m quer zur Strömungsrichtung bis in einen Abstand von ca. 95 m im Lee des Gebäudes Änderungen der bodennahen Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit zu erwarten sind und bis in einen Abstand von ca. 470 m etwas verringerte Windgeschwindigkeiten hinter dem geplanten Gebäude erwartet werden. Das betrifft bei westlicher Anströmung das bestehende Gewerbegebiet östlich der Planung mit verringerter bodennaher Windgeschwindigkeit. Der Bereich der Rezirkulation reicht bis an den Rand des benachbarten Gewerbegebietes. Bei Regionalwindanströmungen aus südlicher Richtung, die an dem Standort nicht häufig vorkommen, reicht der Bereich mit verringerter bodennaher Windgeschwindigkeit bis in das nördlich benachbarte Gewerbegebiet.

Bezüglich der Regionalwindanströmungen und den beschriebenen Reichweiten der bodennahen Windfeldstörungen durch die Planung ist festzuhalten, dass in umliegenden Siedlungsbereichen auch mit Umsetzung der Planung ortsübliche Durchlüftungsverhältnisse gegeben sind.

### **Einfluss auf thermische Verhältnisse**

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftschichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte sowie verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist.

Verbunden mit unterschiedlichem, für die Verdunstung verfügbarem Wassergehalt der Landnutzungen, ist eine Dämpfung des Temperaturanstiegs und der täglichen Temperaturamplitude über Vegetationsflächen gegeben.

Durch die geplante Nutzungsänderung im Bereich des Bebauungsplans „Langwiesen IV“ mit der Überführung bisher vegetationsbestandener Flächen in bauliche Nutzungen und befestigte Verkehrsflächen ändern sich kleinräumig auch die bodennahen Lufttemperaturen. Über den künstlichen Oberflächen ist in den Tagstunden eine intensivere Erwärmung zu erwarten. Die Auswirkungen der Erhöhungen der Lufttemperatur über künstlichen Oberflächen bleiben überwiegend auf das Plangebiet beschränkt.

Für den Nachweis der thermischen Auswirkungen geplanter Bebauung auf die städtische Umgebung werden in vorliegender Fachliteratur teilweise Modellrechnungen (Bruse, 1999) eingesetzt. Daraus ist zu entnehmen, dass bei sommerlichen Wetterlagen mit geringer Bewölkung und geringer Windgeschwindigkeit die warmen Luftmassen horizontal verfrachtet werden. Die Auswirkungen der nachweisbaren Temperaturerhöhung durch Umnutzungen von Flächen der hier betrachteten Größe in benachbarten Nutzungen beschränkt sich entsprechend den Ergebnissen der genannten Modellrechnungen überwiegend auf einen Bereich von wenigen Metern Abstand. Die verhältnismäßig deutlichsten Auswirkungen sind in den Abendstunden zu erwarten, in denen die versiegelten Bereiche gegenüber Vegetationsbereichen verringerte Abkühlungen aufweisen, und bei geringen vorherrschenden Windgeschwindigkeiten, die keinen intensiven Abtransport der erwärmten Luftmassen bzw. Austausch der Luftmassen bewirken. Der Temperaturunterschied in benachbarten Nutzungen, bedingt durch solche baulichen Planungen, d.h. im Abstand bis wenige Meter, wird mit ca. 1 Kelvin angegeben. Zu anderen Tageszeiten sind geringere Ausdehnungen der Bereiche modifizierter bodennaher Lufttemperaturen und geringere Auswirkungen auf die Lufttemperatur zu erwarten.

Damit sind in den direkt nächstgelegenen Nutzungen zum Bebauungsplan „Langwiesen IV“ leichte Temperaturerhöhungen an windschwachen Sommertagen durch die geplante Bebauung zu erwarten. Davon sind bestehende Freiflächen, gewerbliche Nutzungen und landwirtschaftliche Betriebe betroffen. Solche Effekte können durch vorgesehene Vegetationsanpflanzungen am Rand des Bebauungsplangebietes gemildert werden, insbesondere mit der Ausstattung der Vegetationsbereiche mit dichten Buschpflanzungen und Schatten werfenden Bäumen. In umliegenden Wohngebieten sind aufgrund der Abstände keine messbaren Änderungen der Lufttemperaturen bedingt durch die Planungen zu erwarten.

## **Fazit**

Für die Betrachtungen zu lokalklimatischen Auswirkungen der Planungen des Bebauungsplans „Langwiesen IV“ in Clebronn wurden die vorgegebenen Flächenausweisungen be-



rücksichtigt. Mit den Kaltluftberechnungen wurde für den Bereich nördlich von Cleebornn festgestellt, dass die bestehende Kaltluftströmung längs des Tals der Zaber die nächtliche Belüftung der Siedlungsbereiche fördert. Die Hangabwinde aus benachbarten Geländeanstiegen werden im Tal der Zaber rasch in Tallängsrichtung zur gesammelten Kaltluftströmung umgelenkt. Die baulichen Planungen mit dem Bebauungsplan „Langwiesen IV“ führen zu gewissen Einschränkungen des mächtigen Kaltluftstroms; die nächtliche Belüftung des benachbarten Gewerbegebietes und weiterer Siedlungsgebiete entlang der Zaber mittels Kaltluftströmung bleibt jedoch erhalten. Die vorgesehene Begrünung ausgedehnter Dachflächen mildert das Aufzehren der Kaltluft und trägt dazu bei, dass bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen die Belüftungsverhältnisse im Tal der Zaber auch mit der umgesetzten Planung erhalten bleiben.

Für die nicht bebauten Bereiche am Rand des Bebauungsplangebietes „Langwiesen IV“ sind Vegetationspflanzungen vorzusehen, um die nächtliche Abkühlung der Luftmassen zu ermöglichen bzw. weniger intensiv einzuschränken.

Bezogen auf die Auswirkungen der Planung auf die Durchlüftungsverhältnisse bei Regionalwindanströmungen und mögliche Änderungen der bodennahen Lufttemperatur an der benachbarten nächstgelegenen Wohnbebauung sind keine wesentlichen Einschränkungen zu erwarten.

## 5 LITERATUR

- Bruse, M. (1999): Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mikroklima. Entwicklung des prognostischen numerischen Modells ENVI-met zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Dissertation. Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.
- CORINE-Daten (2004): CORINE Land Cover 2000, Daten zur Bodenbedeckung Deutschland. Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Oberpfaffenhofen.
- Heldt, K., Höschele, K. (1989): Hang- und Bergwinde am Rheintalrand bei Karlsruhe. In: Meteorol. Rdsch. 41, S. 104-110.
- King, E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).
- metSoft (2004): GlobDEM50, Deutschland, Digitale Höhendaten. Herausgeber: metSoft GbR Heilbronn.
- Schädler, G., Lohmeyer, A. (1994): Simulation of nocturnal drainage flows on personal computers. In: Meteorol. Zeitschrift, N.F. 3, S. 167-171.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Richtlinie VDI 3787, Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- VDI (2010): Umweltmeteorologie. Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle. Gebäude- und Hindernisumströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 10. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, März 2010.

**A N H A N G A 1**  
**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 (VDI, 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. Als Hilfsmittel dazu ist das im folgenden beschriebene Modell erstellt worden (Schädler, 1994).

## A1.2 Modellbeschreibung

Das Modell verwendet die sogenannten Flachwassergleichungen, eine vereinfachte (vertikal integrierte) Form der Grundgleichungen der Strömungsmechanik. Durch diese Vereinfachung ist es möglich, das Modell mit relativ geringem Rechenzeit- und Speicherbedarf auch auf Personal Computern zu betreiben.

Die Bezeichnung "Flachwassergleichungen" hat sich eingebürgert; die Gleichungen eignen sich jedoch genauso zur Beschreibung der Strömung jedes relativ zur Umgebung schweren Fluids, z.B. von Wasser oder von kalter Luft. Eine solche Strömung hat folgende Charakteristika:

- Abfluss über geneigtem Gelände entsprechend der Hangneigung
- Weiterbewegen der "Kaltluftfront" auch über ebenem Gelände
- Auffüllen von Becken (Kaltluftseen)
- Einfluss der Schichtdicke auf Strömungsrichtung und -geschwindigkeit (Druckgradienten).

Angetrieben wird die Strömung durch die auftriebskorrigierte Erdbeschleunigung. Innerhalb der Flachwassergleichungen werden folgende Einflüsse auf die Strömung berücksichtigt:

- Advektion (Transport der Kaltluft mit der Strömung)
- Reibung zwischen Erdoberfläche und Luft: diese Reibung variiert mit der Landnutzung (Freiland: niedrige Reibung, Siedlung: hohe Reibung)
- Beschleunigung oder Abbremsen der Strömung durch Änderung der Geländehöhe und/oder der Kaltluftschichtdicke
- von der Landnutzung abhängige Nullpunktverschiebung des Geländeniveaus zusätzlich zur topographischen Geländehöhe
- von der Landnutzung abhängige Kaltluftproduktion.

Das Lösungsverfahren ist ein Differenzenverfahren mit variabler Gitterpunktzahl und Gitterweite, d.h. Topographie und Landnutzung müssen an den einzelnen Gitterpunkten digitalisiert vorliegen; es wird ein versetztes Gitter verwendet. Um großskalige Einflüsse (z.B. Flusstäler) bei gleichzeitiger hoher Auflösung im interessierenden Gebiet zu berücksichtigen, kann das Modell auf einem geschachtelten Gitter ("Nesting") betrieben werden.

Falls keine Kaltluftseebildung auftritt, wird die Rechnung nach etwa 1 h simulierter Zeit stationär, d.h. die berechneten Werte ändern sich dann nicht mehr signifikant. Im allgemeinen Fall ist es sinnvoll, etwa 3 h bis 6 h zu simulieren; dies entspricht den Verhältnissen in der Natur.

### **A1.3 Eingabedaten und Ergebnisse des Modells**

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d.h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Zur Zeit werden 8 Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, Wald, Freiland, Wasser, Gleisanlagen und Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze). Für die Kaltluftproduktionsraten, Reibungskoeffizienten und Nullpunktverschiebungen sind Standardwerte vorgesehen, welche aber bei Bedarf geändert werden können. Die Kaltluftproduktionsrate von Wald wird in Abhängigkeit von der lokalen Hangneigung variiert. Weiterhin benötigt das Modell die Topographie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig (i.a. etwa 10 km x 10 km), die Auflösung liegt zwischen etwa 10 m und 200 m.

Berechnet wird die Dicke der Kaltluftschicht sowie die beiden horizontalen Geschwindigkeitskomponenten (West-Ost und Süd-Nord), gemittelt über die Dicke der Kaltluftschicht. Aus diesen Größen kann dann auch der Kaltluftvolumenstrom berechnet werden.

Zur Weiterverarbeitung der Modellergebnisse stehen Postprozessoren u.a. zur graphischen Darstellung der berechneten Felder (Vektor- und Rasterdarstellung), zur Berechnung und Darstellung von Kaltluftvolumenströmen durch wählbare Schichten, zur Visualisierung der Strömung durch Vorwärts- und Rückwärtstrajektorien und zur Darstellung von Zeitreihen an ausgewählten Punkten zur Verfügung.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen weisen gute Übereinstimmungen mit in der Fachliteratur veröffentlichten Messdaten auf (z.B. Heldt, Hörschele, 1989, King, 1973).

Durch Kopplung der von KALM berechneten Windfelder mit Eulerschen oder Lagrangeschen Ausbreitungsmodellen, wie z.B. LASAT, kann die Schadstoffausbreitung in Kaltluftabflüssen berechnet und z.B. in Immissionsstatistiken eingearbeitet werden.