

**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

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

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

BEBAUUNGSPLAN „KÖRNLE“ IN WINNENDEN, AUSWIRKUNGEN AUF LOKALKLIMATISCHE VERHÄLTNISSE

Auftraggeber: Projektbau Pfeleiderer GmbH & Co. KG
Marktstraße 54
71364 Winnenden

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dr. rer. nat. R. Hagemann

Oktober 2019
Projekt 64057-19-02
Berichtsumfang 23 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	1
2	VORGEHENSWEISE	1
3	BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	2
4	KALTLUFTSTRÖMUNGEN	6
5	LITERATUR	19
A1	BESCHREIBUNG DES KALTLUFTMODELLS	21

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 Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

1 AUFGABENSTELLUNG

In Winnenden ist der Bebauungsplan „Körnle“ an der Forststraße für zukünftige Wohnnutzungen in Bearbeitung. Für diese Planungen sind die Auswirkungen auf die lokalklimatischen Verhältnisse zu erarbeiten. Das betrifft insbesondere Auswirkungen auf nächtliche Kaltluftströmungen.

2 VORGEHENSWEISE

Durch das geplante Bebauungsplangebiet „Körnle“ im südwestlichen Siedlungsgebiet von Winnenden werden die bestehenden topografischen Gegebenheiten, insbesondere die Landnutzung, verändert, indem zusätzliche Gebäude als Strömungshindernisse wirksam 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 inklusive vorgesehener baulicher Erweiterung der Rems-Murr-Kliniken (Parkhäuser) und der Planzustand inklusive der geplanten Bebauung, um relative Änderungen aufzeigen zu können.

3 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Das Gebiet der Stadt Winnenden weist ein ausgeprägtes Relief auf. Nach Südwesten und Süden steigt in Winnenden das Gelände vom Talbereich des Zipfelbachs und des Buchenbachs zu den Höhen des Korber Kopfs und der Buocher Höhe sowie zum östlich gelegenen Berglen an.

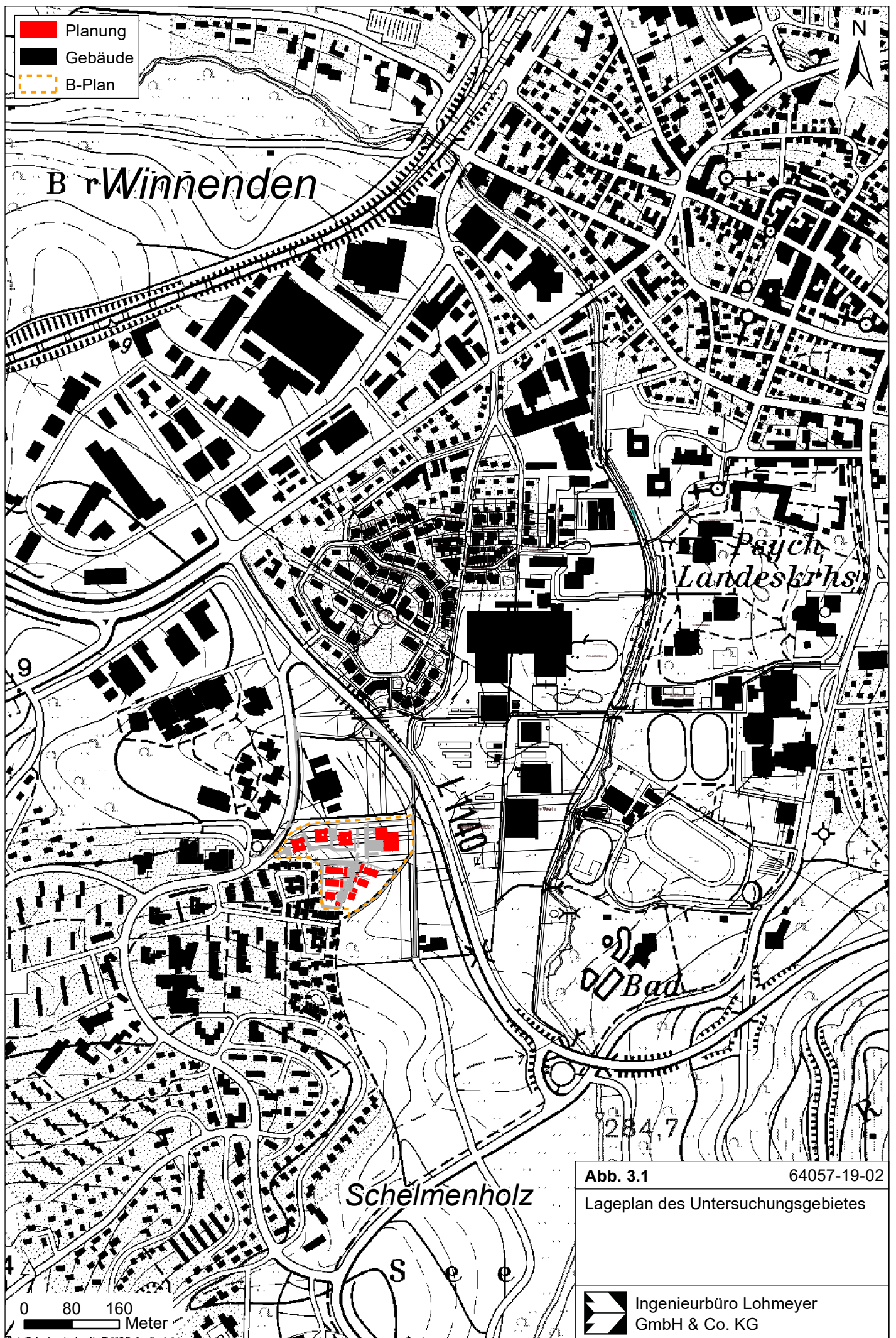
Diese örtlichen Gegebenheiten prägen die lokalklimatischen Verhältnisse und Kaltluftströmungen. Damit die Modellierung der Kaltluftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet mit einer Erstreckung in westöstlicher Richtung auf ca. 9 km und in nordsüdlicher Richtung auf ca. 8 km durchgeführt. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 10 m x 10 m berücksichtigt.

Das Bebauungsplangebiet „Körnle“ befindet sich am südwestlichen Rand des Siedlungsgebietes von Winnenden zwischen dem zentralen Siedlungsgebiet und dem südwestlich benachbarten Stadtteil Schelmenholz von Winnenden. Das Bebauungsplangebiet befindet sich im Übergangsbereich vom Tal des Zipfelbachs zum Geländerücken im Westen mit dem Waiblinger Berg und dem Korber Kopf. Damit steigt das Gelände in der weiteren Umgebung des Bebauungsplangebietes in nördliche, westliche und südliche Richtung an und öffnet sich nach Osten zum Zipfelbach. In diesem Bereich weist das Zipfelbachtal eine Orientierung von Süden nach Norden zur Innenstadt von Winnenden auf.

In der direkten Umgebung des Bebauungsplangebietes „Körnle“ schließen nordwestlich, westlich und südwestlich bestehende Wohngebiete an. Östlich und südöstlich schließen Freiflächen mit landwirtschaftlichen Nutzungen an. Bislang befinden sich im Bebauungsplangebiet „Körnle“ landwirtschaftlich genutzte Freiflächen.

Mit der Planung sind im nördlichen Bebauungsplangebiet entlang der Forststraße drei Wohngebäude mit 7 Stockwerken und ein Gebäude mit 8 Stockwerken sowie ein flaches Kinderhaus vorgesehen. Die verkehrliche Anbindung erfolgt von Norden von der Forststraße mit einer Stichstraße mit entsprechendem Anschluß an die geplanten Tiefgaragen dieser vier mehrgeschossigen Wohngebäude. Im südlichen Bereich sind insgesamt 6 Reihenhausgruppen mit zwei Stockwerken und Dachgeschoß vorgesehen. Dort sind Garagen und ebenerdige Stellplätze für die Reihenhäuser vorgesehen.

Abb. 3.1 zeigt die Lage des Bebauungsplans „Körnle“ auf der Grundlage der topografischen Karte 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 Stadtgebiet von Winnenden wurden von der Stadtverwaltung Winnenden und vom Auftraggeber digital zur Verfügung gestellt; die Daten umliegender



Landnutzung

- lockere Bebauung
- Gewerbe
- dichte Bebauung
- Freiland
- Wasser
- Verkehr
- Wald
- B-Plan

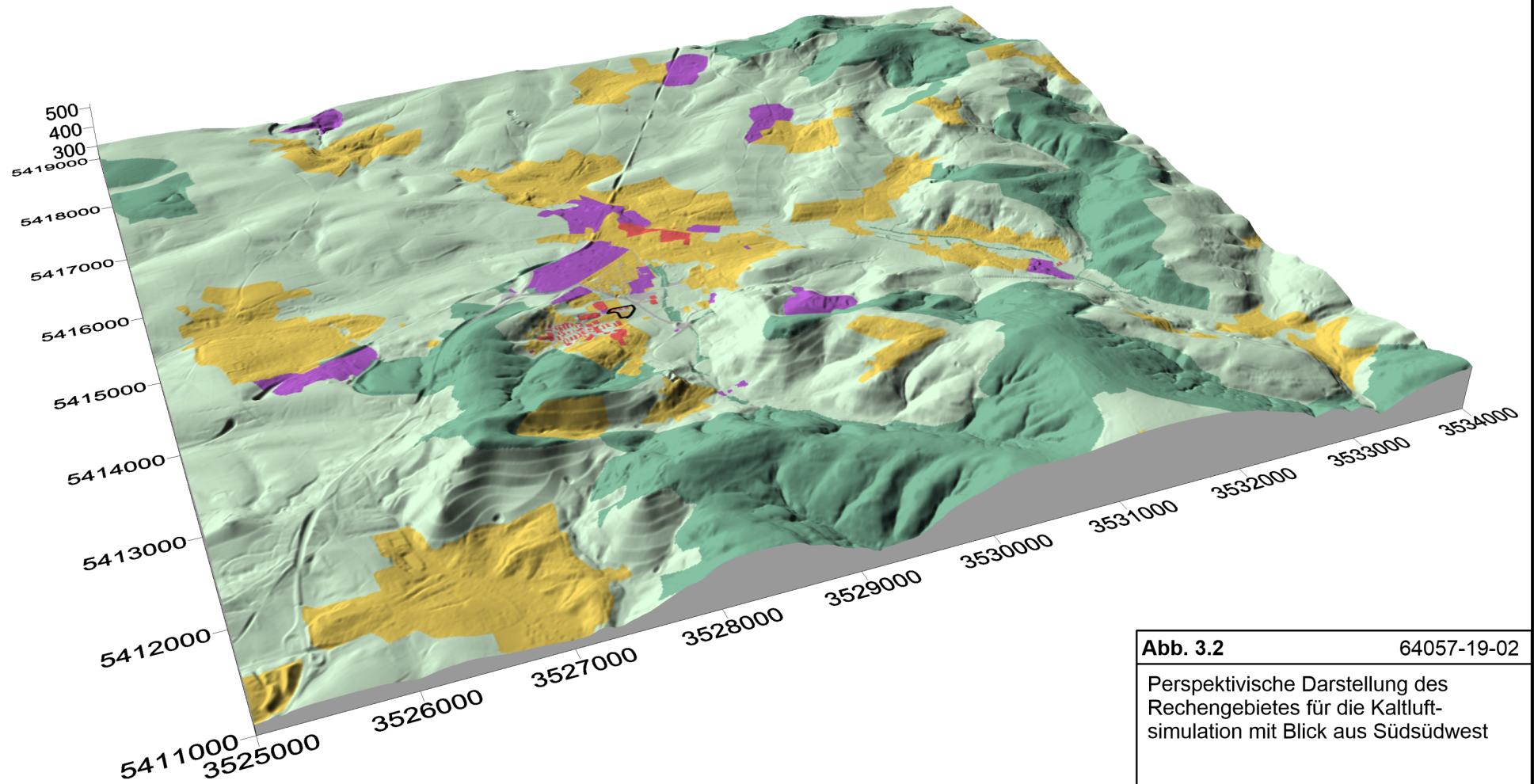


Abb. 3.2 64057-19-02
Perspektivische Darstellung des Rechengebietes für die Kaltluftsimulation mit Blick aus Südsüdwest
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

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, Wald dunkelgrün Freiflächen hellgrün und Verkehrsflächen grau eingezeichnet sind. Das Gebiet des Bebauungsplans „Körnle“ ist schwarz umrandet.

4 KALTLUFTSTRÖMUNGEN

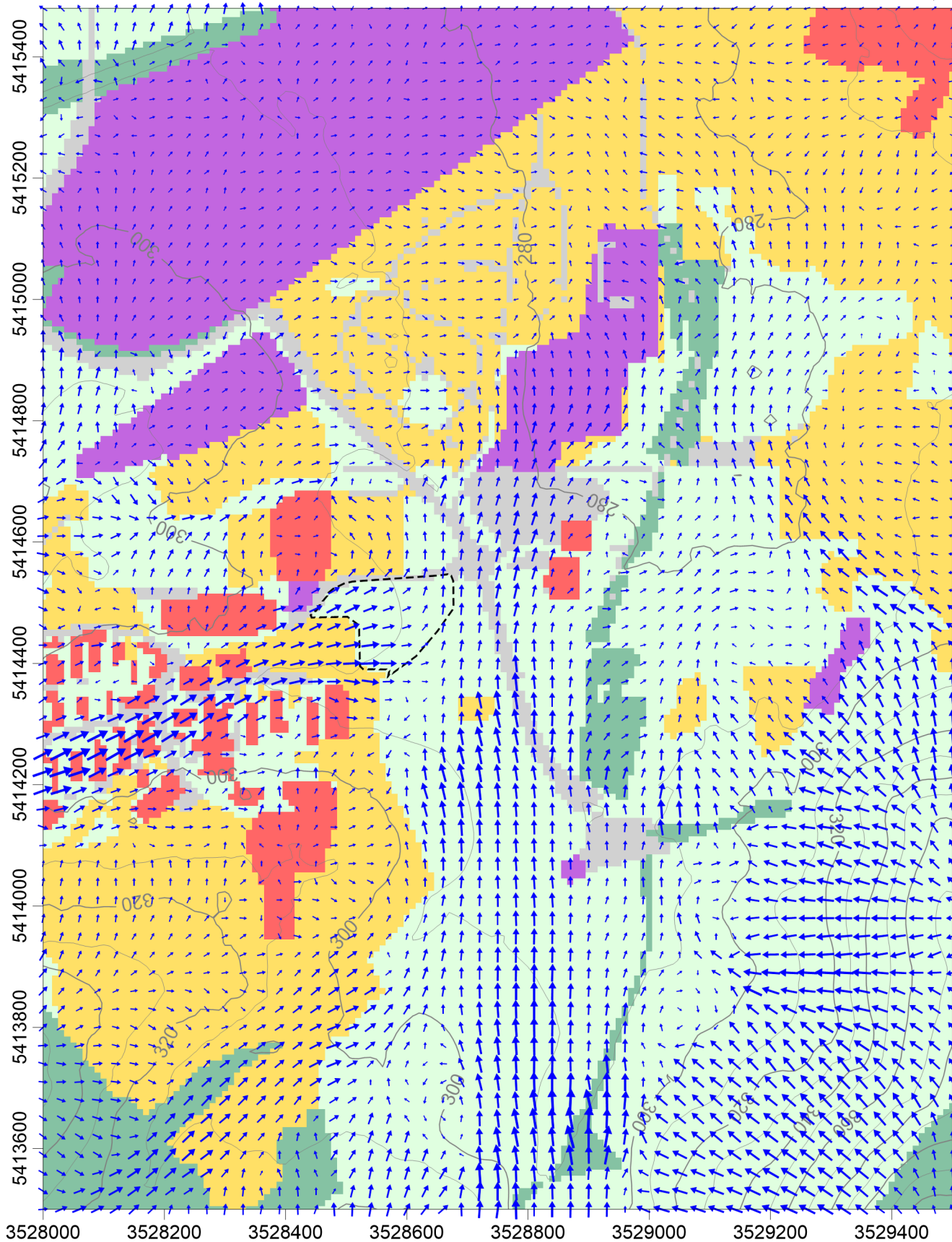
Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Kaltluftsimulationen für den baulichen Bestand und den Planzustand mit dem Kaltluftmodell KALM (Beschreibung siehe Anhang A1) durchgeführt. Dafür wurde ergänzend zum Stadtgebiet von Winnenden vor allem südlich sowie westlich und östlich das umliegende Gelände mit den Geländeanstiegen 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 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. m^2/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 südöstlich und östlich des Plangebietes schließen Freilandnutzungen bestehend aus landwirtschaftlichen Nutzflächen 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 des Zipfelbachs und wird in das nördlich folgende Siedlungsgebiet von Winnenden 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, Verkehrsflächen grau und Siedlungsflächen in Gelb- und 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



Kaltluftströmungsgeschwindigkeit

- 2 m/s
- 1 m/s
- 0.5 m/s

Landnutzung

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

Abb. 4.1 64057-19-02

Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Bestand

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

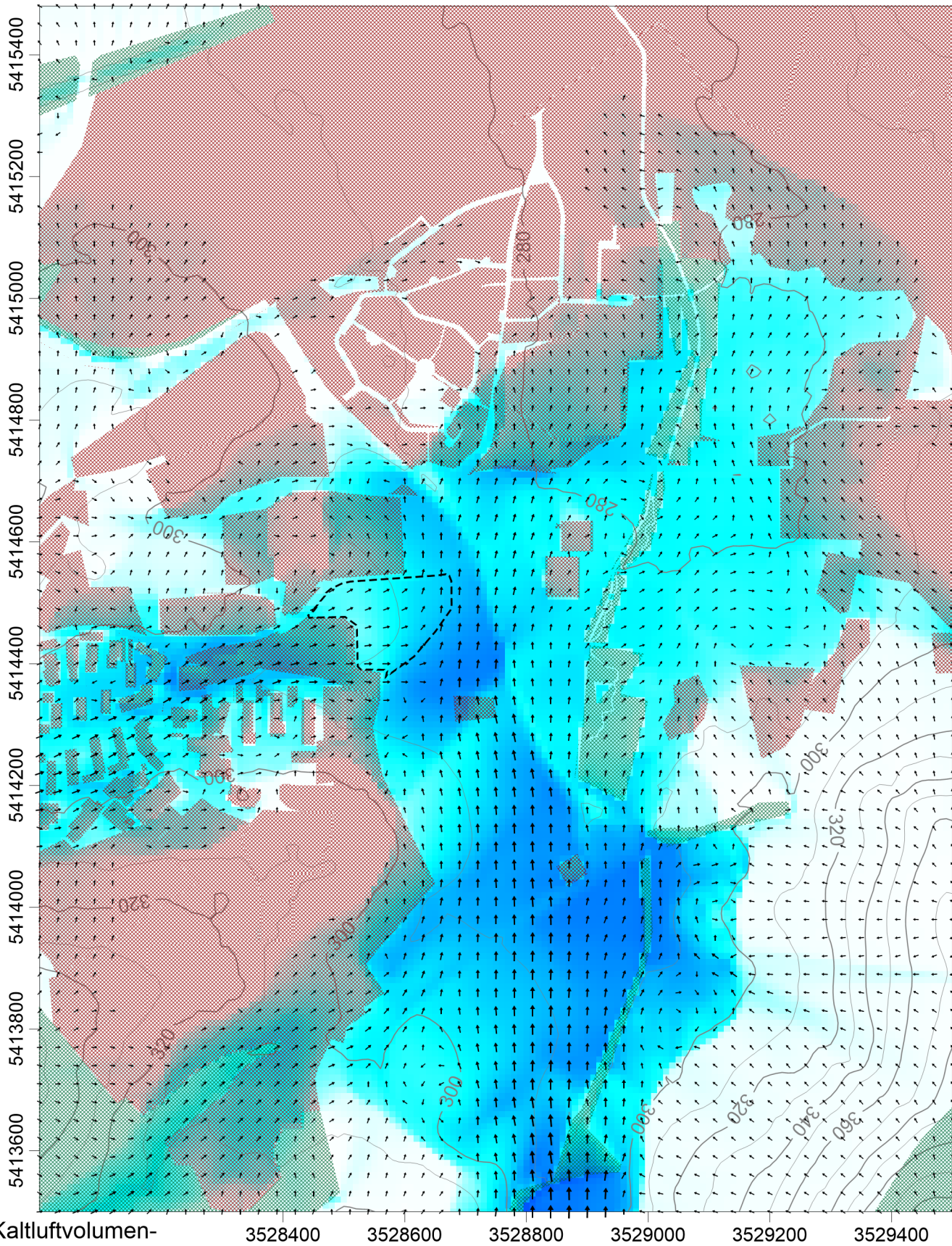
dargestellt, d.h. in der ersten Stunde nach Einsetzen der Kaltluftbildung. In dieser Kaltluftbildungsphase dominieren Hangabwinde mit Strömungsgeschwindigkeiten bis ca. 2 m/s. In Bereichen mit geringer Längsneigung sind Strömungsgeschwindigkeiten um 0.5 m/s und in Siedlungsbereichen auch unter 0.5 m/s berechnet. An den östlich anschließenden Hangbereichen des Zipfelbachtals stellen sich am Rossberg und Haselstein in der Anfangsphase der Kaltluftbildung Hangabwinde ein, die in das Tal orientiert sind. Aus südlicher Richtung werden schon in dieser Kaltluftbildungsphase gesammelte Kaltluftströmungen im Zipfelbachtal und aus südwestlich und westlich gelegenen Hangbereichen Hangabwinde Richtung Bebauungsplangebiet geführt.

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 Zipfelbachtal entwickeln sich über Freiflächen rasch deutliche Kaltluftmächtigkeiten, d.h. die Tallage führt zur Kaltluftansammlung. Diese gesammelten Luftmassen bewegen sich mit geringer Geschwindigkeit längs dem Tal nach Norden, d.h. Richtung zentralem Siedlungsgebiet von Winnenden.

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 Zipfelbachtal stellt sich überwiegend eine nach Norden orientierte Kaltluftströmung mit durchaus kräftiger Geschwindigkeit ein. Diese nach Norden orientierte Kaltluftströmung ist auch im Bebauungsplangebiet wirksam. Die kräftige Kaltluftströmung fördert im Zipfelbachtal die nächtliche Belüftung der zentralen Siedlungsbereiche von Winnenden.

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 Zipfelbachtal Mächtigkeiten bis 80 m. Das Bebauungsplangebiet „Körnle“ liegt ebenfalls in dieser kräftigen nach Norden orientierten Kaltluftströmung. Damit werden auch die bestehenden Siedlungsbereiche von Winnenden um-, durch- und überströmt. In dieser Ausschnittsdarstellung liegen nur die oberen Hangbereiche des Rossbergs und Haselstein nicht im Kaltluftsammlbereich.

Die genannten Kaltluftberechnungen wurden ebenfalls für den Planzustand mit der vorgesehenen Bebauung entsprechend dem Bebauungsplan „Körnle“ durchgeführt. Eine Kaltluftproduktion wurde der Planfläche überwiegend nicht zugewiesen, vielmehr eine aufzehrende



Kaltluftvolumen-
stromdichte

→ 80 m³/(m*s)

↓ 40 m³/(m*s)

↘ 20 m³/(m*s)

Kaltluftmächtigkeit in Meter

Landnutzung

■ Siedlung

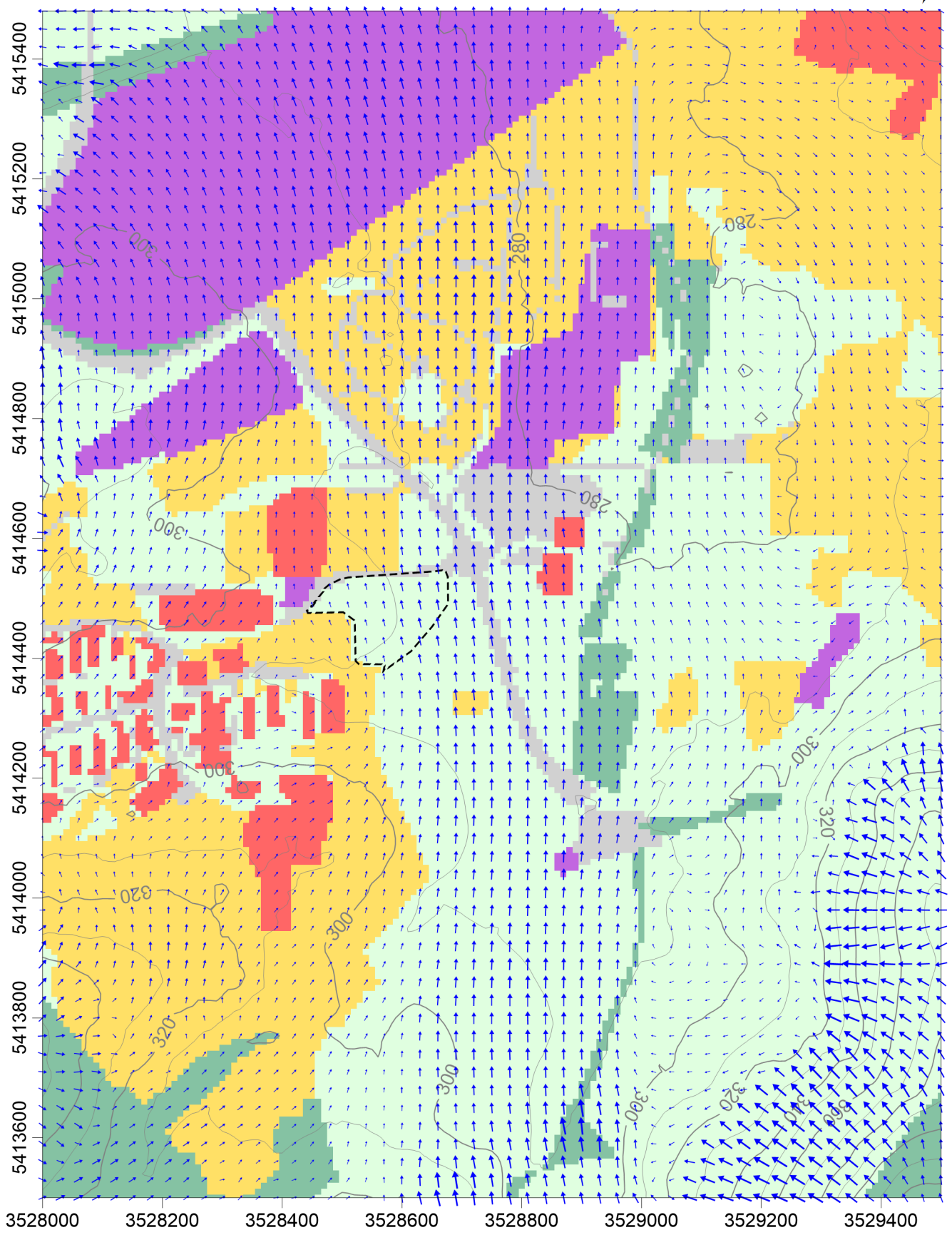
■ Wald

Abb. 4.2

64057-19-02

Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Bestand

■ Ingenieurbüro Lohmeyer
■ GmbH & Co. KG



Kaltluftströmungsgeschwindigkeit

- ➔ 2 m/s
- ➔ 1 m/s
- ➔ 0.5 m/s

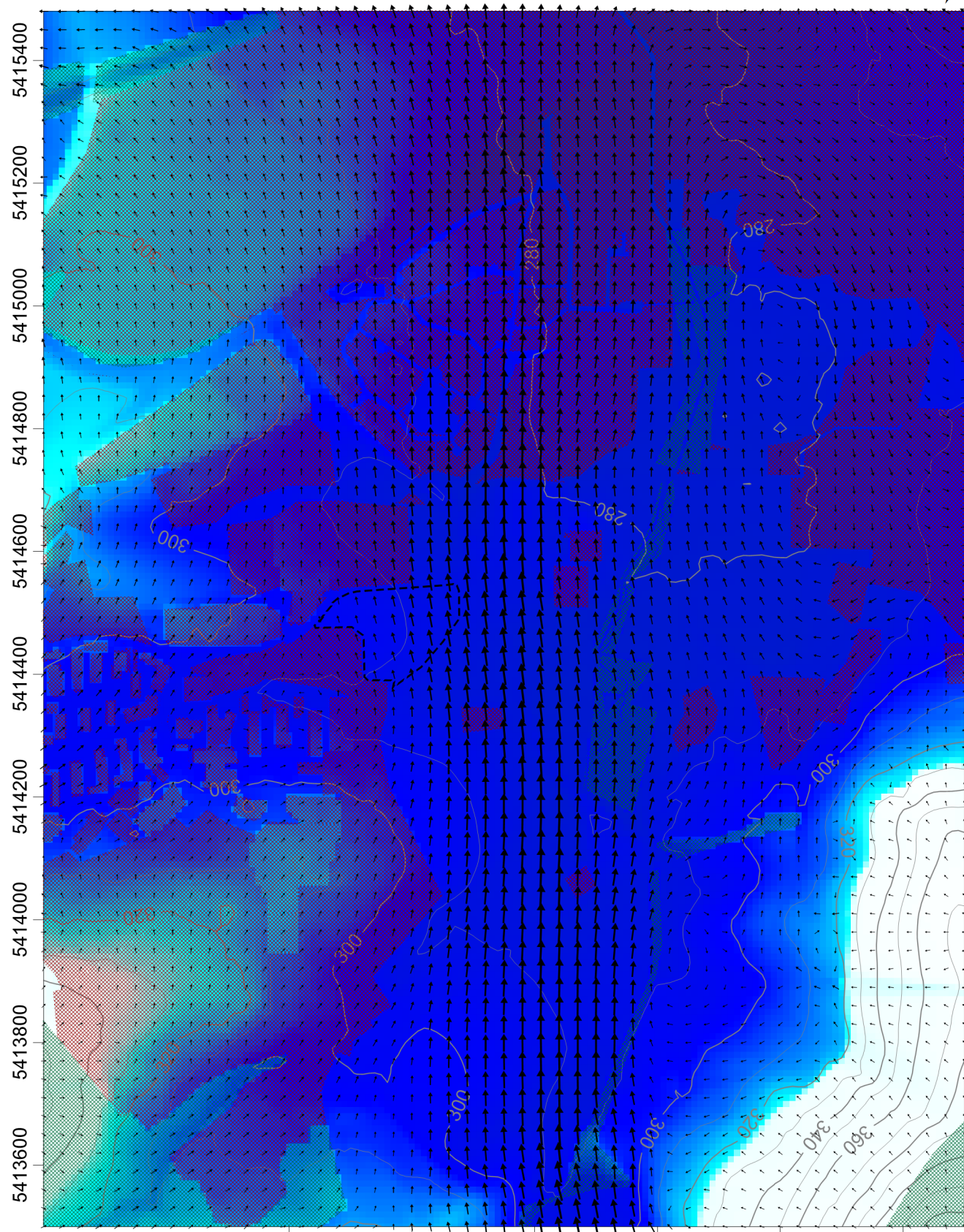
Landnutzung

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

Abb. 4.3 64057-19-02

Kaltluftströmungsgeschwindigkeit bei ausgeprägter Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Bestand

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Kaltluftvolumen-

- 80 m³/(m*s)
- ↓ 40 m³/(m*s)
- ↓ 20 m³/(m*s)

Kaltluftmächtigkeit in Meter


Landnutzung

-  Siedlung
-  Wald

Abb. 4.4

64057-19-02

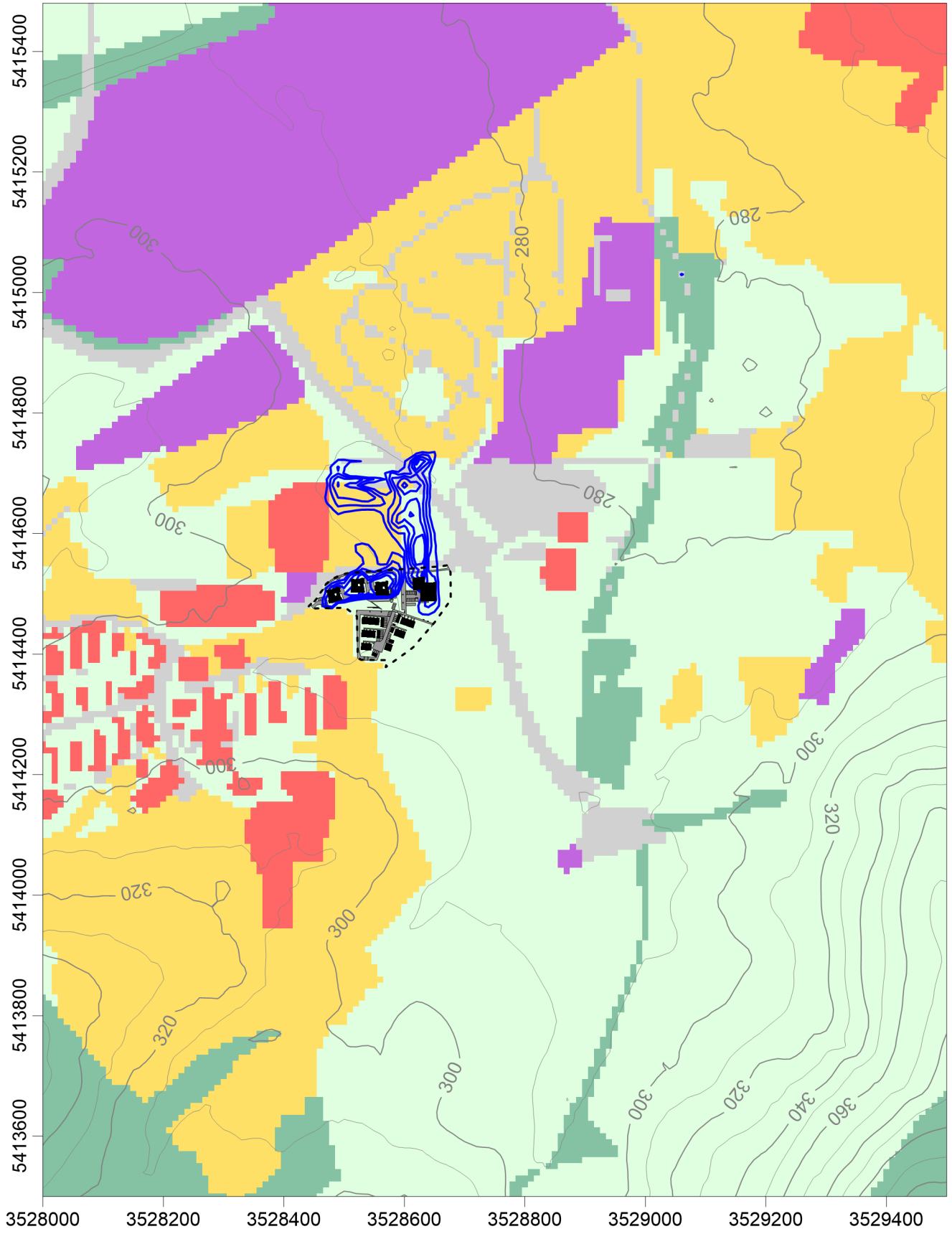
Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit bei ausgeprägter Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Bestand

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Funktion entsprechend der baulichen Ausprägung bestehend aus Gebäuden und Verkehrsflächen. Da die Planungen nicht zu kompletten Einschränkungen der Kaltluftströmungen 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 seiner geplanten Nutzungen (Gebäude, Verkehrswege) 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 durch die geplante mehrgeschossige Bebauung Einschränkungen der Hangabwinde zu erwarten, die bis in einen Abstand von ca. 250 m in nördlicher Richtung reichen und vor allem durch die verringerte bodennahe Strömungsgeschwindigkeit aufgrund zusätzlicher Bebauung und ein gewisses Aufzehren der zuströmenden Kaltluft zurückzuführen ist. Der Bereich verringerter Wirkung der Tallängsströmung betrifft nördlich des Plangebietes benachbarte bestehende Siedlungsnutzungen und Freiflächen. Das entspricht in den benachbarten Siedlungsnutzungen einer Verzögerung der Hangabwinde um wenige Minuten.

Bei ausgeprägten Kaltluftbildungen mit mächtiger Kaltluftschicht sind durch die Planungen durch die bodennahen Strömungshindernisse in Strömungsrichtung hinter der Nutzungsänderung Auswirkungen auf die Kaltluftströmung berechnet (**Abb. 4.6**). Durch die zusätzlichen Strömungshindernisse verringert sich nördlich der Planung der Kaltluftvolumenstrom bis in einen Abstand von ca. 500 m, indem bodennah die Strömungsgeschwindigkeit verringert wird. Der mächtige Kaltluftstrom bleibt über dem zukünftigen Dachniveau erhalten. Durch das zusätzliche Strömungshindernis und die verringerte Abkühlung der Planflächen wird nördlich in Strömungsrichtung der Kaltluftstrom eingeschränkt. Die Einschränkung des mächtigen Kaltluftstroms umfasst außerhalb des Plangebietes in benachbarten Siedlungsbereichen bis ca. 15%. Davon sind nördlich der L 1140 auch Wohnbereiche betroffen; in direkter Nachbarschaft nördlich des Bebauungsplangebietes „Körnle“ sind von den berechneten Minderungen überwiegend Freilandnutzungen und Verkehrsflächen betroffen. Trotz dieser Einschränkung bleibt aufgrund der verbleibenden Mächtigkeit des Kaltluftstroms die Belüftungsfunktion der anschließenden Siedlungsbereiche von Winnenden erhalten, das betrifft Wohn- und Gewerbegebiete. Mit den planungsbedingten Einschränkungen der Kaltluftströmungen



Landnutzung

- lockere Bebauung
- Gewerbe
- dichte Bebauung
- Freiland
- Wasser
- Verkehr
- Wald
- B-Plan

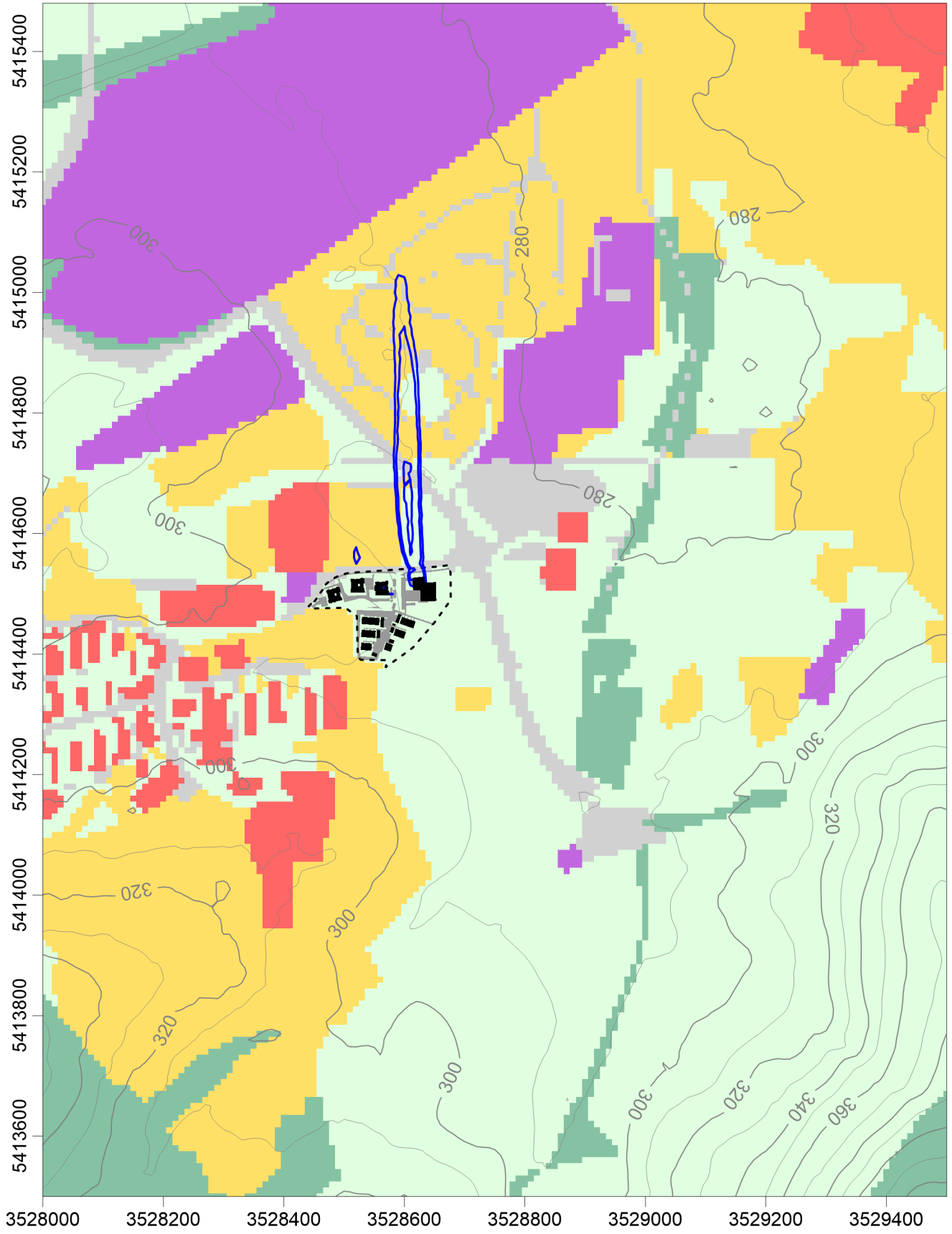
**Abnahme der
Volumenstrom-
dichte in %**

- 5- Linie gleicher Abnahme
- Isolinienabstände
von außen:
-1, -2, -3, -4, -5, -6

Abb. 4.5 64057-19-02

Abnahme der Volumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung beim Planfall gegenüber dem Bestand mit Landnutzung

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG



- Landnutzung**
- lockere Bebauung
 - Gewerbe
 - dichte Bebauung
 - Freiland
 - Wasser
 - Verkehr
 - Wald
 - B-Plan

**Abnahme der
Volumenstrom-
dichte in %**

—5— Linie gleicher Abnahme

Isolinienabstände
von außen:
-3, -5, -10, -15

Abb. 4.6 64057-19-02

Abnahme der Volumenstromdichte bei ausgeprägter Kaltluftbildung beim Planfall gegenüber dem Bestand mit Landnutzung

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

kann aus den Berechnungen nicht auf Belüftungseinschränkungen des Innenstadtbereichs von Winnenden geschlossen werden. Gleichwohl verdeutlichen die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen, dass mehrgeschossige und nahe beieinander stehende Bebauung gegenüber flacher und lockerer Bebauung zu deutlich intensiveren Beeinflussungen der Kaltluftbelüftungen führt.

Insgesamt ist für den Bereich südlich des zentralen Siedlungskerns von Winnenden festzuhalten, dass die bestehende Kaltluftströmung längs des Zipfelbachtals die nächtliche Belüftung der Siedlungsbereiche fördert und prägt. Die Hangabwinde aus benachbarten Geländeanstiegen werden im Zipfelbachtal rasch in Tallängsrichtung zur gesammelten Kaltluftströmung in nördliche Richtung und damit zum zentralen Siedlungsbereich von Winnenden umgelenkt. Die baulichen Planungen mit dem Bebauungsplan „Körnle“ führen zu gewissen Einschränkungen des mächtigen Kaltluftstroms; die nächtliche Belüftung des zentralen Siedlungsgebietes von Winnenden und der umliegenden Siedlungsnutzungen mittels Kaltluftströmung bleibt jedoch erhalten aber in direkt benachbarten Nutzungen sind gewisse Einschränkungen der Belüftungsverhältnisse zu erwarten.

Einfluss auf Durchlüftungsverhältnisse

Für Winnenden liegen keine langjährigen Windmessdaten vor. Für Baden-Württemberg stellt die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Steckbriefe synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken basierend auf Modellsimulationen für ein 500 m-Raster zur Verfügung. Die Berechnung der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken berücksichtigen die Einflüsse des Reliefs und der Landnutzung und sind dementsprechend für die jeweiligen Teilbereiche als lokalrepräsentativ anzusehen.

Aus dieser Windrosensammlung wurde für das Betrachtungsgebiet in Winnenden eine Windrose ausgelesen, die in **Abb. 4.7** aufgezeigt ist. Die Hauptwindrichtung wird durch südliche Winde entsprechend der Orientierung des Zipfelbachtals geprägt, Winde aus dem südwestlichen bis westlichen Sektor sind häufig vertreten und östliche Winde bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit wird mit 2.2 m/s in 10 m über dem Siedlungsgebiet, d.h. mit Berücksichtigung der Verdrängungshöhe und Rauigkeitslänge, angegeben.

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.

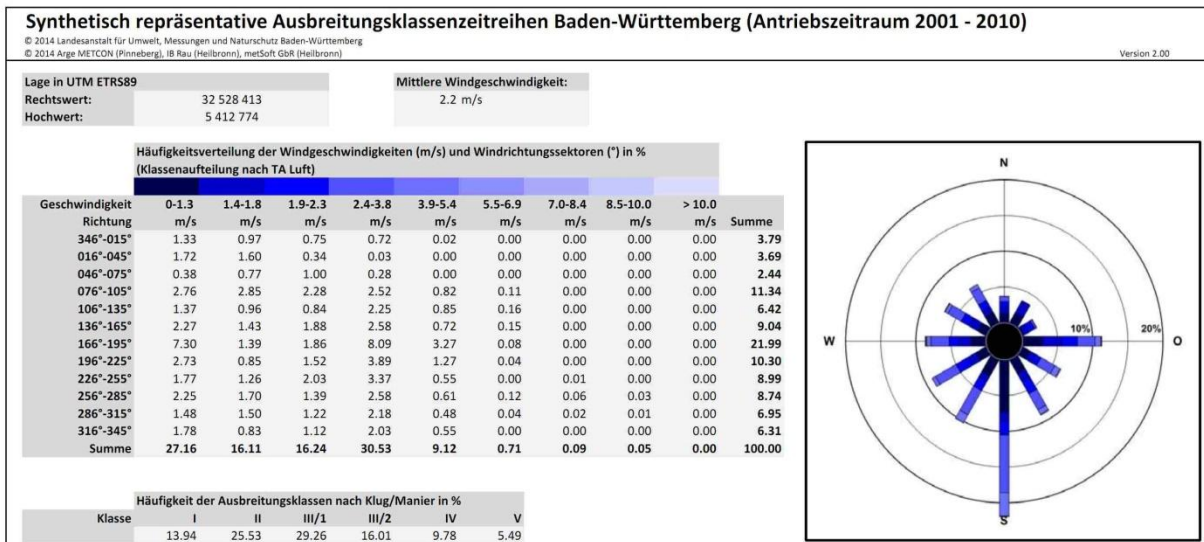


Abb. 4.7: Synthetische Windrose für das Betrachtungsgebiet in Winnenden (Quelle: LUBW.de)

Der Bebauungsplan „Körnle“ sieht vier mehrgeschossige Baukörper und weitere Reihenhaushausgruppen mit bis zu drei Stockwerken vor. In der Umgebung der höheren geplanten Gebäude sind bis in einen Abstand von ca. 45 m hinter dem Hindernis Modifikationen der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit durch die Gebäudeumströmung, bis in einen Abstand von ca. 220 m Verringerungen der bodennahen Windgeschwindigkeit abgeleitet. Damit bleiben die Bereiche mit Modifikationen der Strömungsrichtung (Rezirkulation) und Strömungsgeschwindigkeit überwiegend auf das Bebauungsplangebiet beschränkt. Bei der südlichen Hauptwindrichtung ist an der nördlich benachbarten Bebauung eine etwas verringerte Windgeschwindigkeit zu erwarten, bei häufigen Winden aus südwestlicher bis westlicher Richtung sind Bereiche mit Freiflächennutzungen von verringerter Windgeschwindigkeit betroffen. Bei Winden aus dem östlichen Nebenmaximum wird in westlich benachbarten Siedlungsbereichen des Bebauungsplangebietes die Windgeschwindigkeit bis in die oben genannten Abstände verringert.

Damit sind keine relevanten Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse bei Regionalwindanströmungen in umliegenden Siedlungsbereichen abzuleiten.

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. Flä-

chendeckende, 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 und 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 „Körnle“ mit der Überführung von bisher vegetationsbestandener Fläche in bauliche Nutzungen 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 Forttransport 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 an der direkt nächstgelegenen Bebauung zum Bebauungsplan „Körnle“ leichte Temperaturerhöhungen an windschwachen Sommertagen, d.h. bei wirksamen Kaltluftströmungen wie oben beschrieben, durch die geplante Bebauung zu erwarten. Davon sind

überwiegend bestehende Freiflächen und Verkehrsflächen betroffen. In umliegenden Wohngebieten sind bei wirksamen Kaltluftströmungen keine Änderungen der Lufttemperatur zu erwarten. Bei anderen Witterungsbedingungen sind an benachbarten Siedlungsnutzungen keine messbaren Änderungen der Lufttemperaturen bedingt durch die Planungen zu erwarten. Mit großzügigen Eingrünungen (Vegetationsanpflanzung auf Freiflächen, Strauch- und Baumpflanzungen im Plangebiet), wie im städtebaulichen Entwurf zum Bebauungsplan „Körnle“ grafisch dargestellt, können die thermischen Auswirkungen gedämpft werden. Eine lockere Strauch- und Baumpflanzung am Rand des Plangebietes kann die Wärmeabstrahlung der zukünftigen künstlichen Oberflächen in umliegende Nutzungen mildern. Mit Dachbegrünungen kann auch über den Gebäuden eine Erwärmung der Luft gemildert werden und damit die heranströmende Kaltluft unterstützen.

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 (2018): CORINE Land Cover 2012, 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 3787 Blatt 5 (2003): Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Richtlinie VDI 3787 Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- VDI 3783 Blatt 10 (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 (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, Höschele, 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.