

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

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

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

## **AUFSTELLUNG RAHMEN-BEBAUUNGSPLAN DES INDUSTRIEPARKS OBERELBE**

### **KALTLUFTMODELLIERUNG**

Auftraggeber: GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Tiergartenstraße 48  
01219 Dresden

Dipl.-Geogr. D. Bretschneider

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

September 2019  
Projekt 71384-17-02  
Berichtsumfang 37 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>EINGANGSDATEN .....</b>	<b>5</b>
	3.1 Untersuchungsgebiet.....	5
	3.2 Relief5	
	3.3 Landnutzung .....	8
<b>4</b>	<b>KALTLUFTENTSTEHUNG .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>KALTLUFTSTRÖMUNGEN IM ISTZUSTAND.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>AUSWIRKUNGEN DER PLANUNG AUF DIE KALTLUFTABFLÜSSE .....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>33</b>
	<b>ANHANG A1: BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM ...</b>	<b>34</b>

### Hinweise:

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.

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN UND ABKÜRZUNGEN

### **Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammlbereiche**

Geländemulden, Senken und Täler wirken als nächtliche Kaltluftsammlgebiete. Die dort in windschwachen wolkenarmen Strahlungs Nächten von den Kaltlufteinzugsgebieten der Hänge und Höhen zusammenfließende Kaltluft lässt niedrigere nächtliche Temperaturminima entstehen, die am Tage - insbesondere im Sommer - durch die tälertypischen Übergangstemperaturen im statistischen Mittel wieder ausgeglichen werden.

### **Frischluff/Kaltluft**

Die in den Luftleitbahnen transportierten Luftmassen können sowohl belastet (z. B. bei Straßen) als auch unbelastet sein (z. B. bei Grünanlagen). Deswegen werden schadstoffunbelastete Luftleitbahnen häufig auch als „Frischluffbahn“ (bzw. primäre Luftleitbahn) bezeichnet. Liegen dagegen industrielle, gewerbliche und/oder landwirtschaftliche Einzelemittenten und/oder stark befahrene Straßen in diesem Bereich, dann liefert die Leitbahn nur noch Kaltluft oder mechanische Turbulenz in den Wirkungsraum, aber keine Frischluff mehr.

### **Windsysteme**

#### a) Allgemeines

Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet. Ursache des Windes sind Luftdruckunterschiede. Wirkt nur die Kraft eines horizontalen Druckgradienten, entsteht der Euler-Wind, der nur in kleinräumigen Phänomenen eine Rolle spielt. Wird bei großräumigen Bewegungen der Einfluss der Erdrotation spürbar, so tritt die Corioliskraft zur Druckgradientenkraft hinzu. Der Wind weht isobarenparallel und wird geostrophischer Wind genannt. Sind die Isobaren gekrümmt, so tritt die Zentrifugalkraft hinzu. Dieser Wind wird Gradientwind genannt und kommt dem realen Wind noch etwas näher als der geostrophische Wind. Werden Winde in der atmosphärischen Grenzschicht (Bodennähe) betrachtet, so ist zusätzlich die Kraft der Bodenreibung zu berücksichtigen.

Für die kleinräumigen Betrachtungen innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht spielt die Corioliskraft keine relevante Rolle. Für die Luftbewegung und ihre räumliche Ausprägung (Windfeld) gewinnen Relief und Landnutzung an Bedeutung.

#### b) allochthone Windsysteme

Der Gradientwind als größte Näherung des realen Windes (siehe oben) ist als solcher nur in höheren Luftschichten ungestört zu beobachten. Die Erdoberfläche bremst die Luftbe-

wegung. Die Reibungsschicht ist im Allgemeinen 1 000 bis 1 500 m hoch. Innerhalb dieser Reibungsschicht zeigt sich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Allochthone Wetterlagen sind Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten, so genannte Gradientwindlagen.

c) autochthone Windsysteme

Bei gradientschwachen Wetterlagen (Strahlungswetterlagen) oder bei einer Abkopplung der bodennahen Strömung durch stabile Schichtung der Atmosphäre können auch schwächere Druckunterschiede (durch lokal unterschiedliche Erwärmung) Luftströmungen von kaum spürbaren Luftbewegungen bis hin zu mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten hervorrufen. Wie der Name also bereits impliziert, entstehen thermisch induzierte Windsysteme als Ausgleichsströmung zwischen verschiedenen thermischen Regimes innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht. Vertreter thermisch induzierter Prozesse sind Land- und Seewind, Flurwinde, Berg- und Talwind und Kaltluftströmungen.

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Der Zweckverband Industriepark Oberelbe als Zusammenschluss der drei Städte Dohna, Heidenau und Pirna beabsichtigt die Entwicklung eines großflächigen Industrie- und Gewerbegebietes auf der Fläche rund um die Autobahnanschlussstelle Dohna der BAB 17. Die Flächen des Zweckverbandsgebietes werden derzeit überwiegend ackerbaulich genutzt und tragen zum Teil zur Kaltluftentstehung und wegen ihrer Hangneigung zur Versorgung der Gemeinden Dohna und Pirna mit Kaltluft bei.

Zu ermitteln war der Einfluss der als Gewerbegebiet geplanten Bebauung und Versiegelung auf die Bildung sowie den Abfluss der sich bei autochthonen Wetterlagen bildenden und abfließenden Kaltluft.

Im Speziellen waren Kaltluftfließrichtungen, -geschwindigkeiten, -volumenströme und -schichtdicken zu berechnen und die Wirkungsbereiche der geplanten Umnutzung auf die Kaltluftsituation aufzuzeigen.

## 2 VORGEHENSWEISE

Durch die geplante Bebauung und Versiegelung im Zweckverbandsgebiet werden die bestehenden topografischen Gegebenheiten verändert. Das betrifft überwiegend Eingriffe in die Landnutzung. Dadurch können bestehende, lokale thermisch induzierte Winde, wie die Kaltluftströmungen, modifiziert werden.

Da den für umliegende Siedlungsräume ausgleichenden Kaltluftströmungen eine besondere Bedeutung zugeschrieben wird, werden für die vorliegende Planung Kaltluftberechnungen mit dem Modell KALM durchgeführt, um qualitative und quantitative Aussagen über mögliche Modifikationen der Kaltluftströmungen zu erhalten. Betrachtet werden der Planzustand (mit geplanten Gewerbegebieten) und der derzeitige Zustand (Istzustand), entsprechend der derzeitigen baulichen Nutzung, um relative Änderungen aufzeigen zu können.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte. Die Kaltluftvolumenstromdichte ist die Menge des Volumens in  $\text{m}^3$ , welches innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit durch eine bestimmte Fläche hindurchfließt. In diesem Fall handelt es sich um eine Fläche mit einer horizontalen Ausdehnung von einem Meter und einer Höhe, die die gesamte Kaltluftschicht umfasst. Die Einheit ist  $\text{m}^3/(\text{m s})$  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 Durchlüftungsintensität aufgefasst werden.

Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ (VDI, 2003) schlägt für eine Beurteilung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftflüssen eine dreistufige Einteilung vor, die für Änderungen gegenüber dem Istzustand bis 5 % geringe Auswirkungen, bis 10 % mäßige Auswirkungen und über 10 % hohe Auswirkungen nennt.

Eine Einschätzung erfolgt relativ zur derzeitigen Situation und relativ zu verfügbaren Beurteilungsgrößen.

### 3 EINGANGSDATEN

#### 3.1 Untersuchungsgebiet

Das zu betrachtende Untersuchungsgebiet ist in **Abb. 3.1** dargestellt. Das Zweckverbandsgebiet ist dunkelrot, die geplanten Gewerbeflächen sind grau gekennzeichnet. Grüne Flächen bedeuten entsprechend Entwicklungsplan des Realisierungskonzeptes Kompensationsmaßnahmen im öffentlichen Bereich.

#### 3.2 Relief

Für die Modellsimulationen mit dem prognostischen Modell KALM wurde das ca. 67 km x 62 km große Rechengebiet (Einzugsgebiet der Kaltluft) hinsichtlich des Reliefs dreidimensional digital erfasst.

In **Abb. 3.2** ist das Relief im Bereich des Rechengebietes dargestellt.

Im eigentlichen Untersuchungsgebiet (erweiterter Bereich um das Zweckverbandsgebiet, Größe: ca. 6 km x 4 km) wurden die Daten vom Auftraggeber in detaillierter Form im 1 m-Raster (Quelle: DGM1 vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen 2018, Erlaubnis-Nr. 4481/2018) zur Verfügung gestellt und in **Abb. 3.3** in einer Rasterweite von 5 m dargestellt.

Außerhalb dieses Bereiches wurden European Digital Elevation Model (EU-DEM) in der Version 1.1 der European Environment Agency (EEA) genutzt.

Wie in **Abb. 3.3** zu sehen handelt es sich bei den geplanten Gewerbeflächen A um eine Fläche mit Hangneigung in Richtung Nordwesten, Richtung Ortslage Dohna. Die Flächen B ist kuppennah mit leichter Neigung in nördliche Richtung (Richtung Heidenau) gelegen. Die Flächen C befindet sich an einem südost-exponierten und Flächen D an einem nordost-exponierten Hang, beide in Richtung Taleinschnitt südliches Pirna.

Das Relief wird in Ist- und Planzustand unverändert angenommen, da derzeit noch keine Planungen zur Geländemodellierung vorlagen.

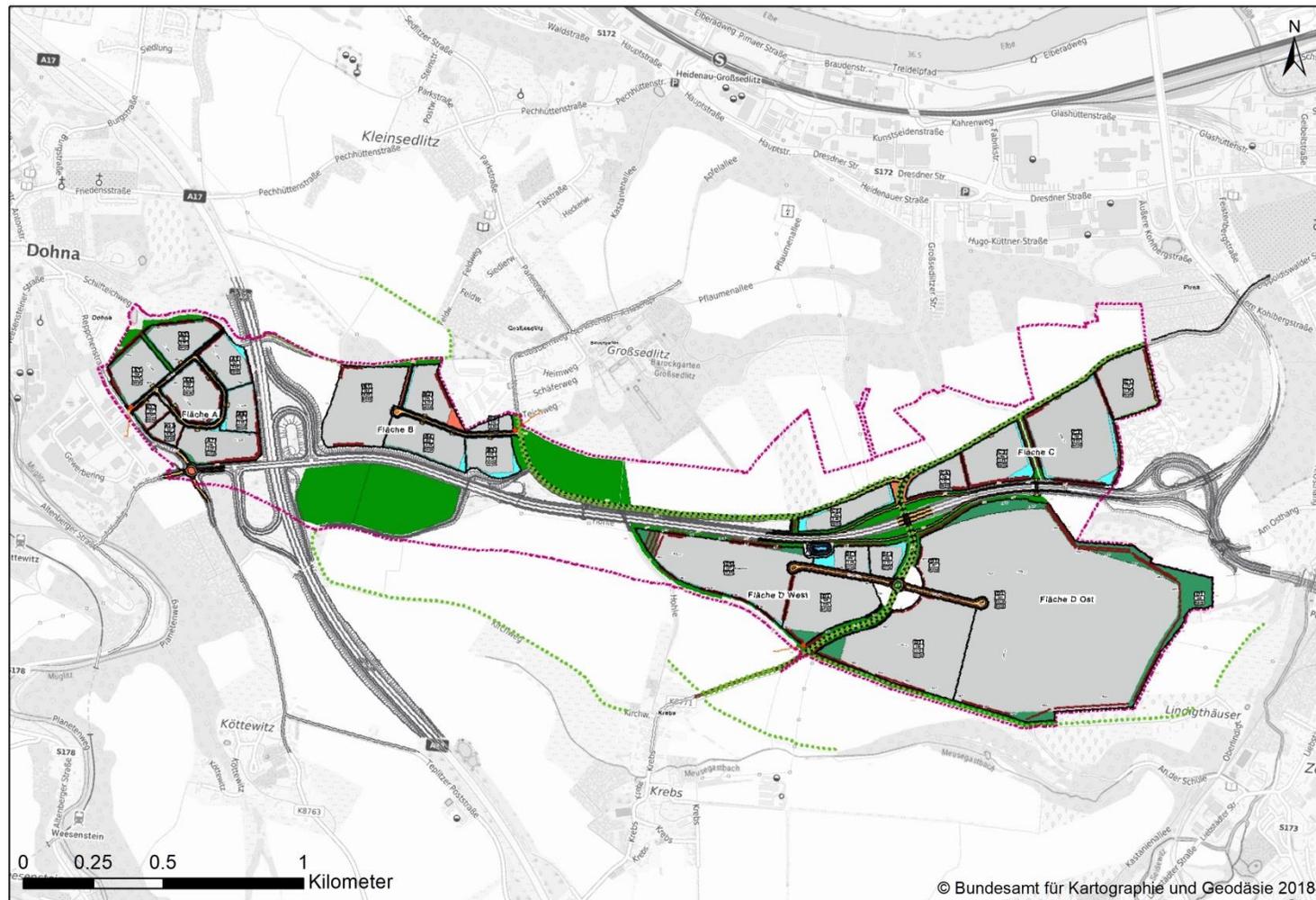


Abb. 3.1: Übersichtslageplan des Untersuchungsgebietes mit Lage des Zweckverbandsgebietes im Planfall (innerhalb dunkelrotem Bereich), Quelle Planung: Entwicklungsplan des Realisierungskonzeptes, Stand Mai 2019

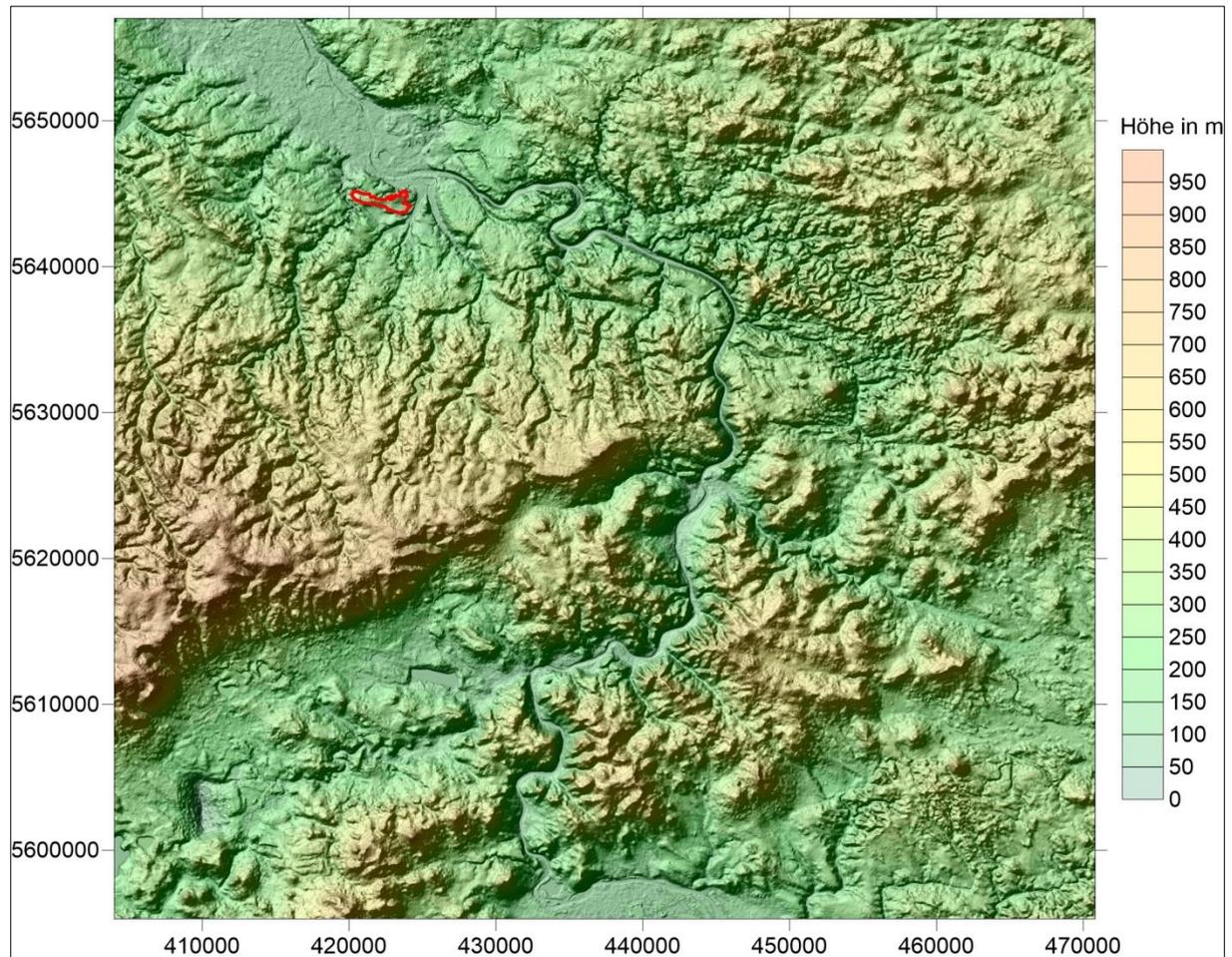


Abb. 3.2: Relief im gesamten Rechengebiet, Zweckverbandsgebiet ist rot gekennzeichnet

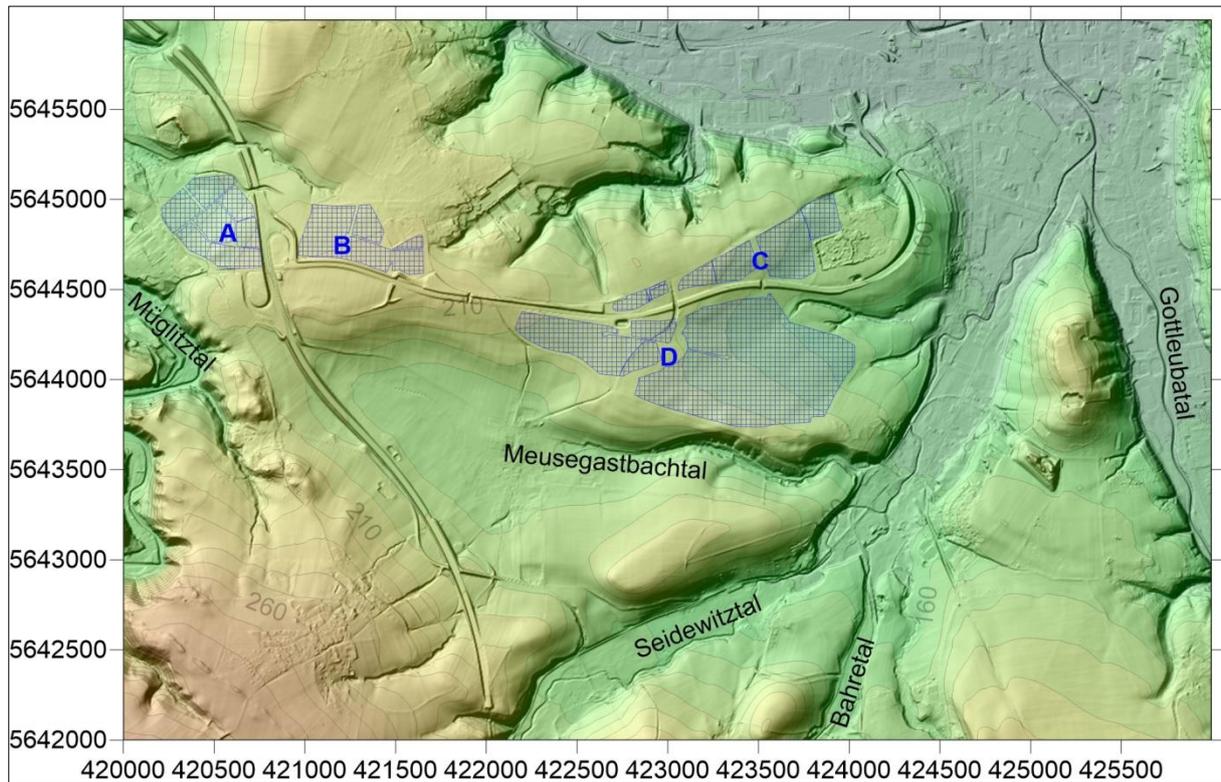


Abb. 3.3: Relief im Untersuchungsgebiet mit Kennzeichnung der geplanten Gewerbeflächen (blau)

### 3.3 Landnutzung

Für die Datengrundlage des Landnutzungsrasters wurden CORINE-Daten (Coordinated Information on the European Environment, in der Version CLC06Vers17) als flächendeckende Informationen genutzt. Im Nahbereich (erweitertes Untersuchungsgebiet) wurden Daten der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen (BTLNK 2005) herangezogen. Dort erfolgte auch ein Abgleich mit der im Detail vorliegenden Landnutzung bzw. mit dem Planfall. Die Landnutzungsstruktur im Istzustand ist für das Rechengebiet in der **Abb. 3.4** dargestellt. Die Landnutzung im Planfall zeigt die **Abb. 3.5**.

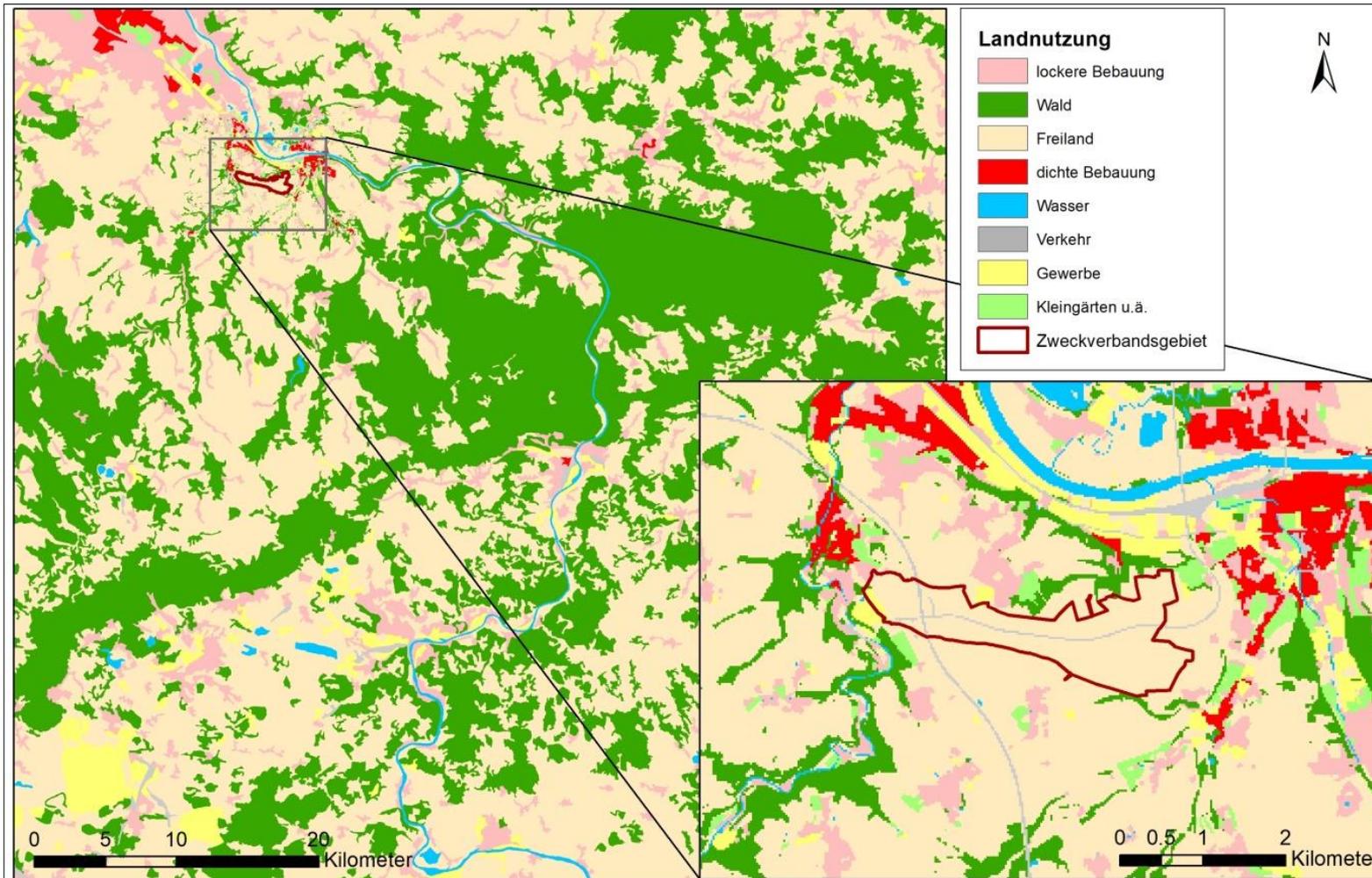


Abb. 3.4: Landnutzung im Istzustand im gesamten Rechengebiet (links) und im erweiterten Untersuchungsgebiet (rechts)

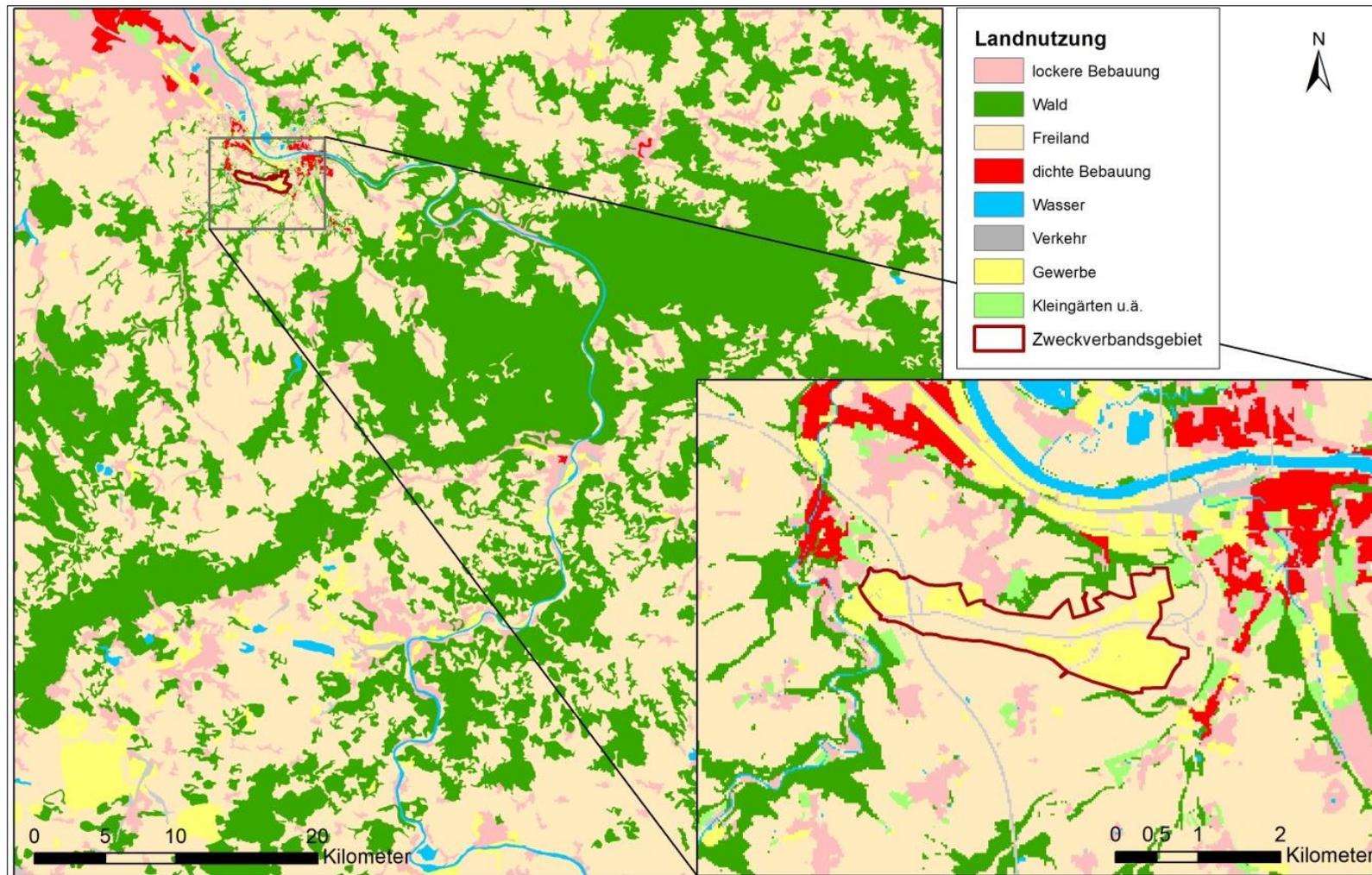


Abb. 3.5: Landnutzung im Planfall im gesamten Rechengebiet (links) und im erweiterten Untersuchungsgebiet (rechts)

## 4 KALTLUFTENTSTEHUNG

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände so genannte Kaltluftabflüsse bilden. Dabei fließt in Bodennähe (bzw. bei Wald über dem Kronendach) gebildete, kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m. In sogenannten Kaltluftseen, 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 reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre, aufgrund fehlender Wolken, 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 bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) sind.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft 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. Sie kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe, Radon aus Haldenexhalation etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Vom Standpunkt der Umweltbewertung und -Planung her ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können. Als Hilfsmittel können z. B. Kaltluftabflussmessungen aber auch Kaltluftabflussmodelle eingesetzt werden. Innerhalb der vorliegenden Studie werden Modellierungen mit dem Kaltluftabflussmodell KALM (Modellbeschreibung siehe Anhang A1) eingesetzt.

## 5 KALTLUFTSTRÖMUNGEN IM ISTZUSTAND

Für die Darstellung der Berechnungsergebnisse wurde ein Teilausschnitt des Rechengebietes mit dem Gebiet des geplanten Zweckverbandgebietes und der direkten Umgebung gewählt (= Untersuchungsgebiet), sodass die Reichweite der aus den Berechnungen abgeleiteten Beeinträchtigungen der Kaltluftströmungen dargestellt werden kann.

Weiterhin werden aus ausgewählten Querschnitten Kaltluftvolumenströme ermittelt und für Null- und Planfall ausgegeben. Die Festlegung der Querschnitte erfolgte anhand der Kaltluftvolumenströme in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, welche aufgrund der Fließrichtung Bezug zum geplanten IPO haben. Aus diesem Grund entfällt z.B. ein Querschnitt Richtung Ortslage Krebs (Kaltluft fließt dort überwiegend aus westlicher Richtung) und näher an Dohna (Kaltluftichtung ist dort vom Müglitztal geprägt).

Die ausgewählten Querschnitte für die Betrachtung der Kaltluftvolumenströme sind in **Abb. 5.1** blau dargestellt.

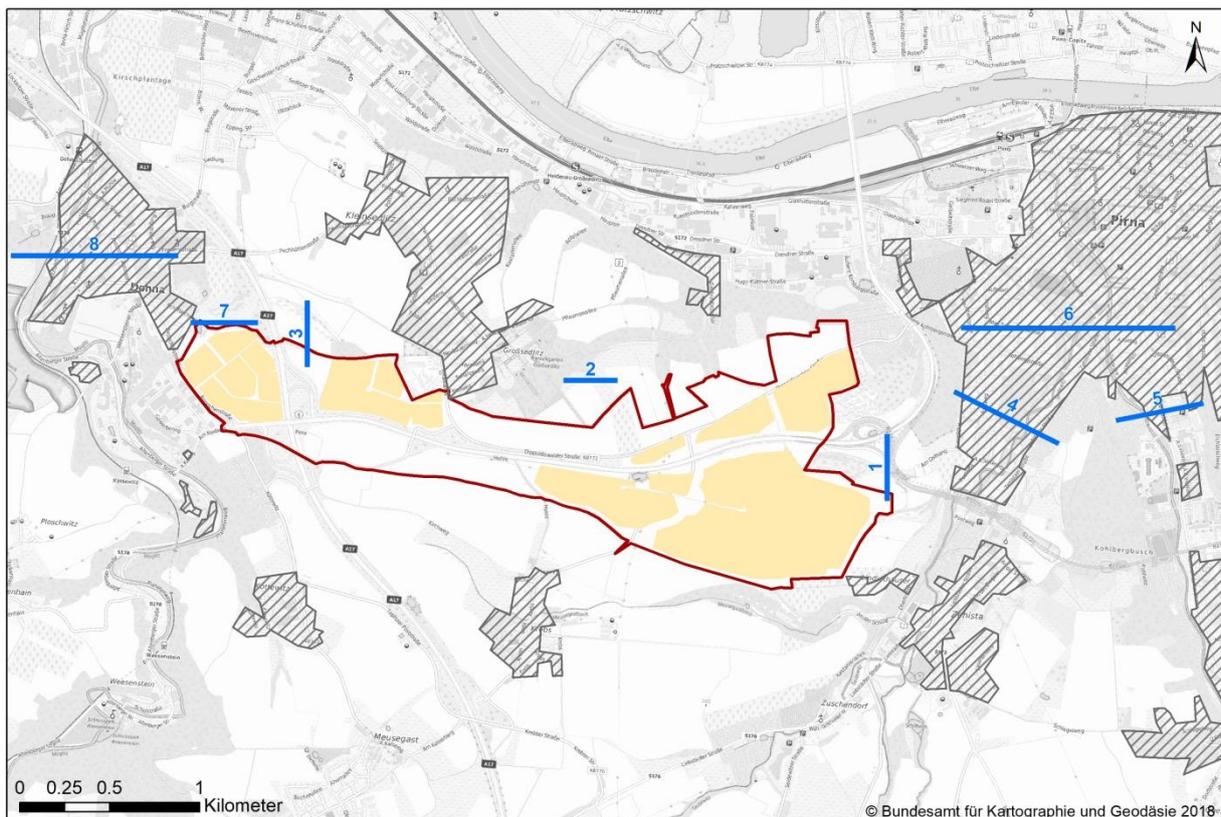


Abb. 5.1: Querschnitte (blau), an denen Kaltluftvolumenströme abgeleitet wurden mit schematischer Lage der Wohnbebauung (grau gestrichelt) sowie Lage des Zweckverbandgebietes (dunkelrot) inkl. der geplanten Gewerbegebiete (gelb)

Die berechneten Kaltluftvolumenströme zeigt die **Tab. 5.1**.

Die flächendeckenden Berechnungsergebnisse für die Kaltluftabflüsse sind für den Istzustand in den **Abb. 5.2** bis **Abb. 5.5** dargestellt.

Die Kaltluftgeschwindigkeiten, die Kaltluftfließrichtungen und die Kaltluftschichtdicken in der Anfangsphase der Kaltluftbildung sind für den Istzustand in **Abb. 5.2** dargestellt. Die Kaltluft wird auf den Freiflächen der Hänge gebildet, fließt entsprechend der größten Hangneigung in die Täler, um dann entsprechend der Geländeneigung weiter zu fließen.

Querschnitt	Bezeichnung	Anfangsphase des Kaltluftabflusses
1	Südlich B172a	4 000
2	Nördlich B172a	1 700
3	Östlich von Dohna	2 000
4	Seidewitztal	15 300
5	Gottleubatal	6 900
6	Pirna (Zusammensfluss Seidewitz und Gottleuba)	13 100
7	Dohna (nördlich geplanter Fläche A)	4 200
8	Dohna (Müglitztal)	14 400

Tab. 5.1: Kaltluftvolumen in den in **Abb. 5.1** bezeichneten Querschnitten im Istzustand. Werte in m<sup>3</sup>/s.

Vor allem entlang der B 172a im Untersuchungsgebiet zwischen Auffahrt BAB A17 und Feistenberg sind ausgedehnte Freilandnutzungen bestehend aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und sonstigen Vegetationsflächen gelegen. Dort findet bei den entsprechenden austauscharmen Inversionswetterlagen eine intensive Kaltluftentstehung statt, die sich in den Talbereichen der Seidewitz (östliches Untersuchungsgebiet), Müglitz (westliches Untersuchungsgebiet) und Elbe (nördliches Untersuchungsgebiet) sammelt. Bereits zu Beginn des Kaltluftabflusses bilden sich in diesen Tälern deutliche Kaltluftseen aus (Kaltluftschichtdicken zum Teil bis zu 50 m). Ein weiterer Kaltluftsee im Untersuchungsgebiet entsteht im Bereich der Ortschaft Krebs bzw. des Meusegastbaches (Schichtdicke bis ca. 20 m), welcher überwiegend mit in diesen Bereichen selbst gebildeter Kaltluft sowie aus südwestlichen Bereichen zufließender Kaltluft gefüllt wird.

Die auftretenden Kaltluftgeschwindigkeiten liegen bodennah im Hangbereich im Untersuchungsgebiet überwiegend bei ca. 0.5 m/s bis 1.5 m/s. In den Kaltluftsammlgebieten

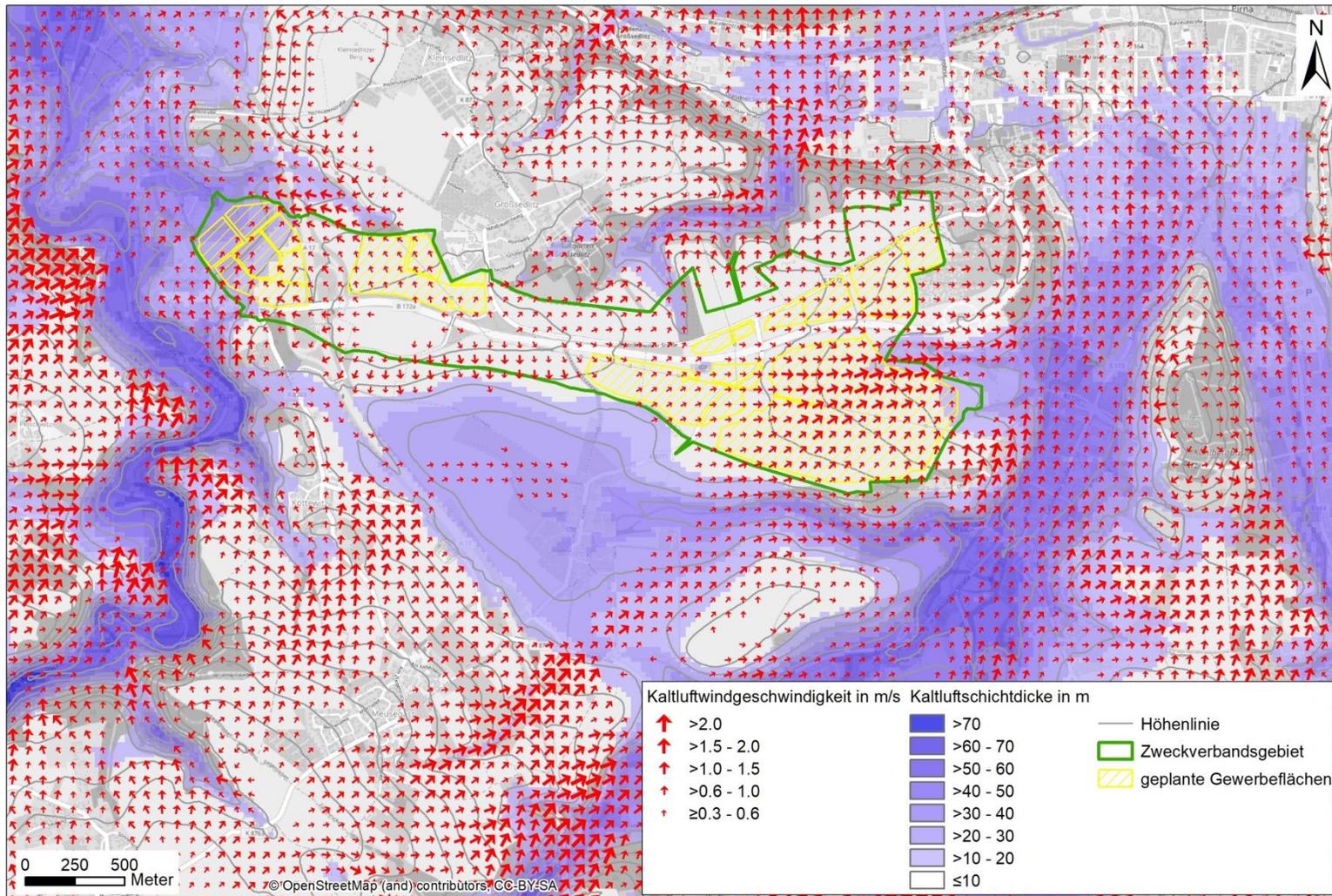


Abb. 5.2: Kaltluftgeschwindigkeit, -fließrichtung und -schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Istzustand

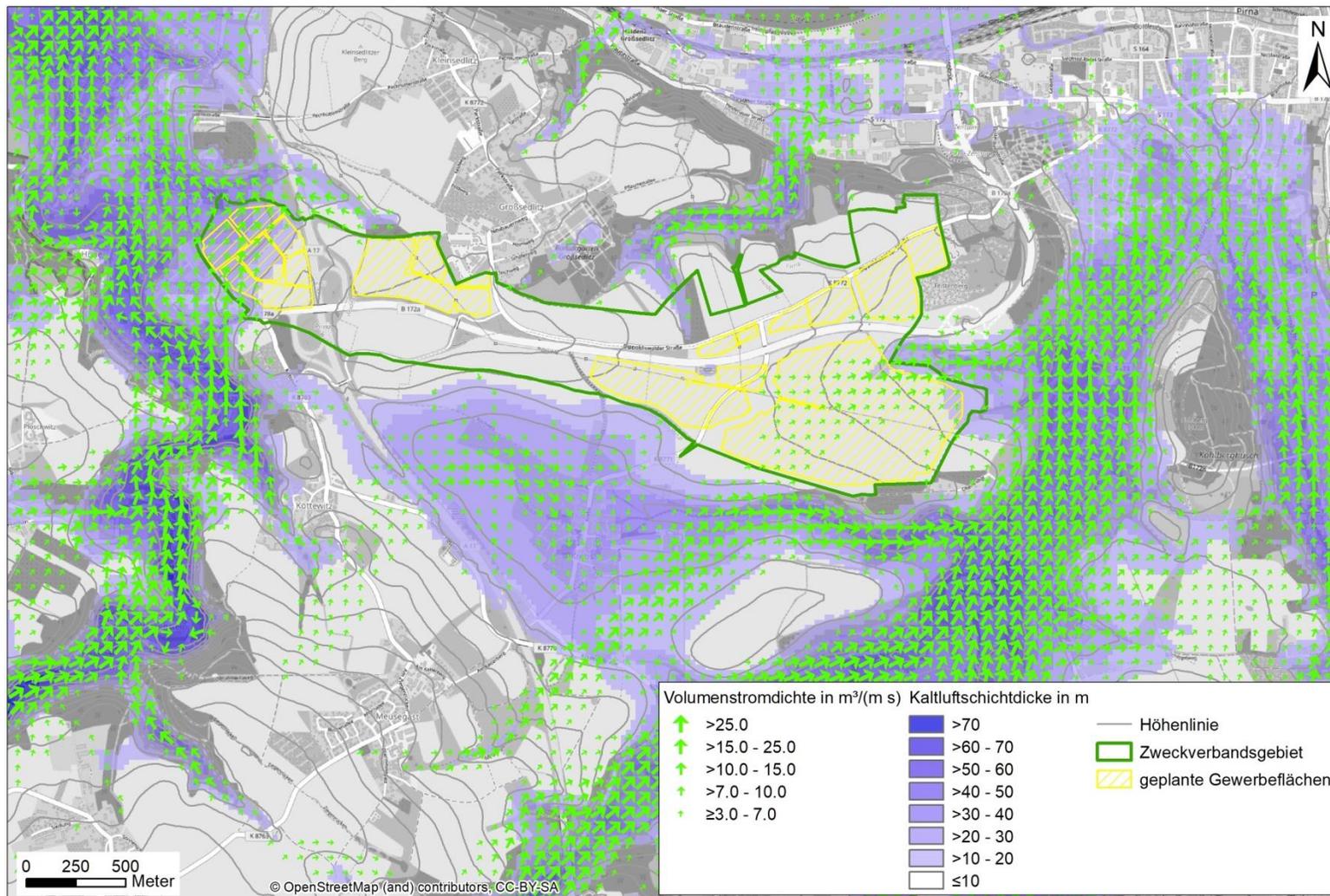


Abb. 5.3: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Istzustand

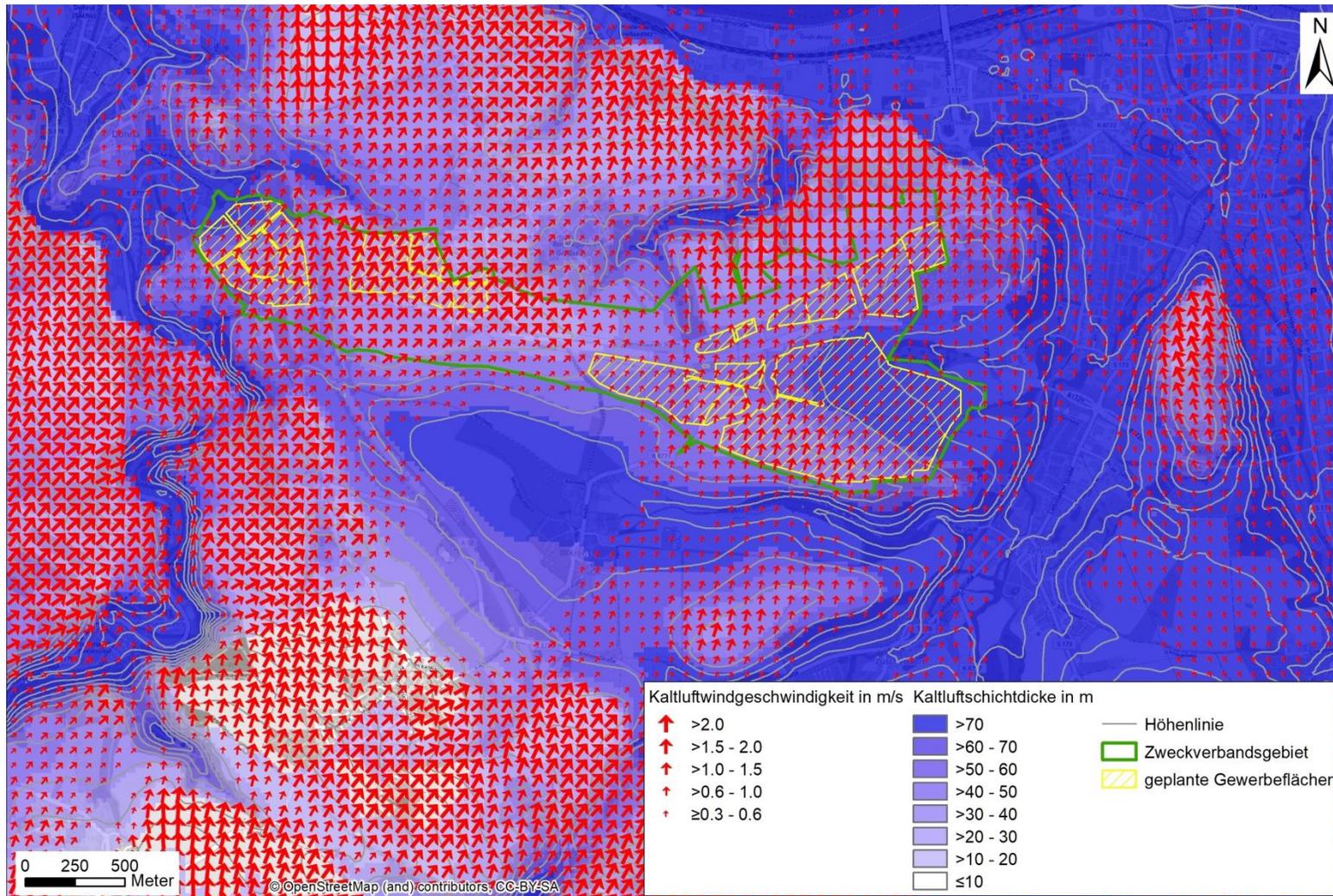


Abb. 5.4: Kaltluftgeschwindigkeit, -fließrichtung und -schichtdicke bei voll ausgebildeter Kaltluft im Istzustand

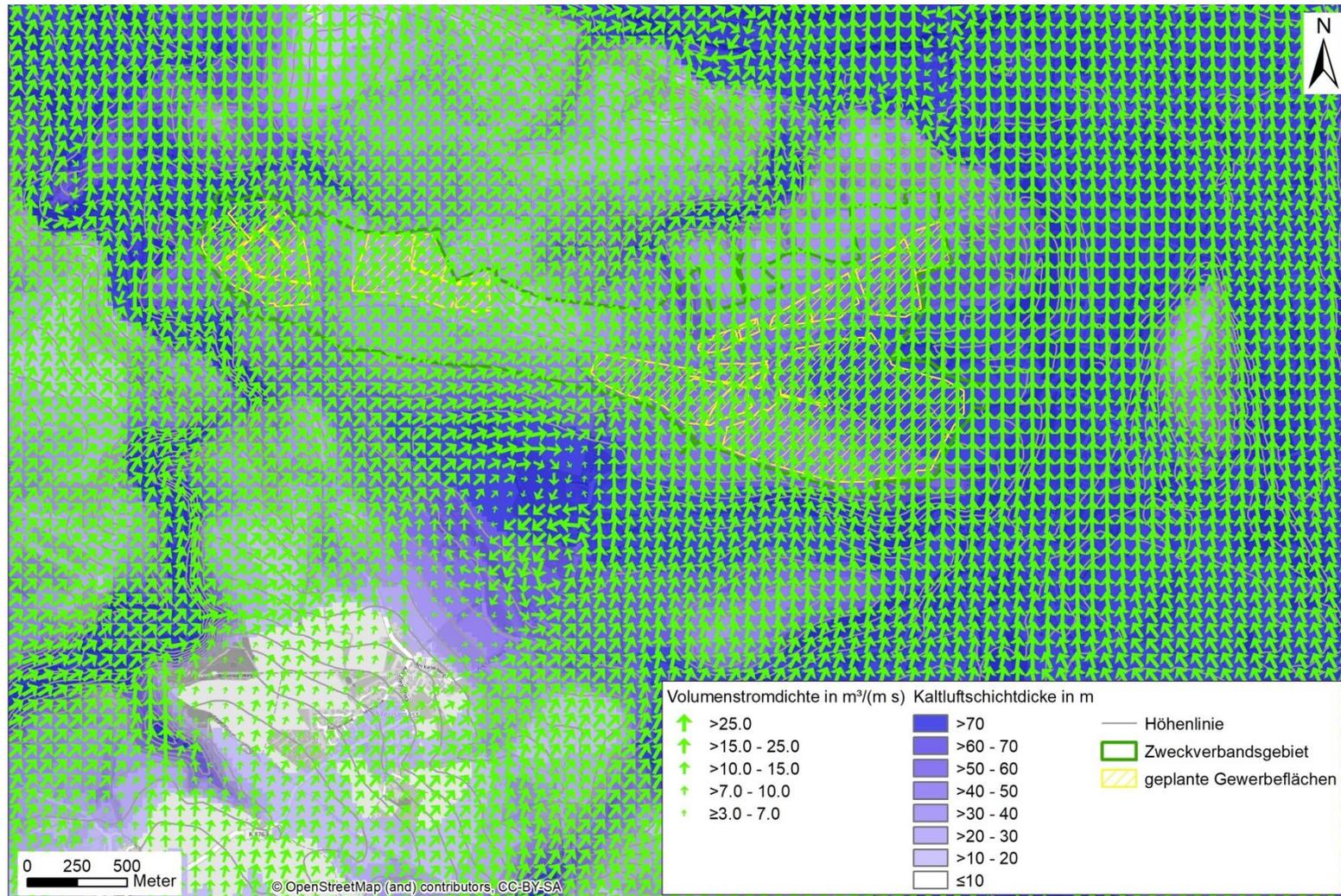


Abb. 5.5: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke bei voll ausgebildeter Kaltluft im Istzustand

(Kaltluftseen) sinken die Kaltluftgeschwindigkeiten überwiegend auf Werte zwischen 0.7 m/s bis weniger als 0.3 m/s ab.

**Abb. 5.3** zeigt für den derzeitigen Zustand die Kaltluftvolumenstromdichte und die Kaltluftmächtigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung. Die höchsten Volumenstromdichten treten in den Tälern von Müglitz und Seidewitz auf. In den Hangbereichen, in denen die verhältnismäßig hohen Kaltluftgeschwindigkeiten auftreten, sind die Volumenstromdichten sehr gering, da die Kaltluftabflüsse dort keine relevante vertikale Mächtigkeit aufweisen.

Die Belüftung von Pirna bei autochthonen Wetterlagen erfolgt zum Großteil von Süden her durch das Seidewitztal mit ca. 15 000 m<sup>3</sup>/s (Querschnitt 4 in **Abb. 5.1.**) und Gottliebatal mit ca. 6 900 m/s (Querschnitt 5 in **Abb. 5.1.**). Am Zusammenfluss von Seidewitz und Gottleuba werden im Istzustand Kaltluftvolumenströme von ca. 13 000 m<sup>3</sup>/s (Querschnitt 6) berechnet. Durch die Bebauung erfolgt eine Aufwärmung und damit Verringerung des eindringenden Kaltluftstromes. Für die Querschnitte 4 bis 6 kann davon ausgegangen werden, dass sich die Kaltluftschicht z.T. abgehoben über der Bebauung befindet.

Der Kaltluftvolumenstrom von der Freifläche südlich der B172a liefert einen Beitrag in das Seidewitztal von ca. 4 000 m<sup>3</sup>/s (Querschnitt 1 in **Abb. 5.1.**). Die Kaltluftvolumenströme aus dem zu untersuchenden Gebiet in nördliche Richtung in den Pirnaer Westen (Großsedlitzer Straße, Querschnitt 2 in **Abb. 5.1.**) betragen im Istzustand ca. 1 700 m<sup>3</sup>/s. Richtung Dohna geschieht der Abfluss aus dem zu untersuchenden Gebiet in westliche Richtung (Querschnitt 3 in **Abb. 5.1.**) mit ca. 2 000 m<sup>3</sup>/s bzw. in nord-nordwestliche Richtung (Querschnitt 7 in **Abb. 5.1.**) mit ca. 4 200 m<sup>3</sup>/s. Im Müglitztal im Bereich Dohna werden im Istzustand Kaltluftvolumenströme von ca. 14 400 m<sup>3</sup>/s (Querschnitt 8) berechnet.

Kaltluftvolumenströme größer 10 000 m<sup>3</sup>/s sind nach VDI 3787 Blatt 5 (VDI, 2003) als stark klimaökologisch wirkungsvoller Hangabwind einzuordnen. Nach VDI 3787 Blatt 1 (VDI, 1997) galten Kaltluftvolumenströme im Bereich 1 000 - 10 000 m<sup>3</sup>/s als mittelmäßig klimaökologisch wirkungsvoll.

In **Abb. 5.4** ist für den derzeitigen Zustand die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit sowie die Schichtdicke bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen im Laufe der Nacht aufgezeigt.

Bei andauernden Kaltluftbedingungen ist eine deutliche Zunahme der Kaltluftmächtigkeiten in den Tal-, Mulden- und Senkenbereichen zu erwarten. Es werden in den umgebenden Tälern Mächtigkeiten von einigen Dekametern berechnet. Die Kaltluft strömt bei voll ausgeprägter Kaltluft im Untersuchungsgebiet überwiegend in nördliche Richtung. Die Talbereiche

haben sich vollständig mit Kaltluft gefüllt und auch kleine Erhebungen werden von Süden her von heran strömender Kaltluft überflossen.

In Bereichen mit geringerer Kaltluftschichtdicke betragen die auftretenden Kaltluftgeschwindigkeiten zwischen ca. 1 m/s und 4 m/s. In den Kaltluftseen treten Kaltluftgeschwindigkeiten von bis zu 0.5 m/s auf.

In **Abb. 5.5** ist die Kaltluftvolumenstromdichte bei voll ausgebildeter Kaltluft dargestellt.

Die Strömungen bei ausgebildeter Kaltluft zeigen wegen der Zu- und Überströmung aus südlicher Richtung eine meist nördliche bis nordöstliche Strömungsrichtung.

Durch das Überqueren der BAB A 17 kann der Kaltluftabfluss Richtung Dohna (Querschnitt 3) nicht als Frischluft eingestuft werden. Die sich im Bereich des Feistenberges ausgebildeten Kaltluftströme (Querschnitt 1) werden nicht relevant von der B 172a bzw. durch die Brückenlage auch nicht von der in Planung befindlichen B172n beeinflusst, sie stellen ebenso wie die Kaltluftabflüsse Richtung Norden (Querschnitt 2) Frischluftströme dar, d.h. sie sind schadstoffunbelastet.

## 6 AUSWIRKUNGEN DER PLANUNG AUF DIE KALTLUFTABFLÜSSE

Die genannten Kaltluftberechnungen wurden ebenfalls für den Planfall mit den geplanten Gewerbegebieten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.9** dargestellt. **Tab. 6.1** zeigt die Kaltluftvolumenströme in den separat betrachteten Querschnitten im Vergleich zwischen Planfall und Istzustand sowie die relative Differenz in Prozent.

	Istzustand	Planfall	Differenz [%]
1 Südlich B172a	4 000	1 200	-70
2 Nördlich B172a	1 700	1 600	-6
3 Östlich von Dohna	2 000	1 400	-30
4 Seidewitztal	15 300	12 300	-20
5 Gottleubatal	6 900	6 900	+/-0
6 Pirna (Zusammensfluss Seidewitz und Gottleuba)	13 100	9 700	-26
7 Dohna (nördlich geplanter Fläche A)	4 200	3 000	-29
8 Dohna (Müglitztal)	14 400	13 500	-6

Tab. 6.1: Kaltluftvolumenströme durch die separat betrachteten Querschnitte zu Beginn des Kaltluftabflusses im Istzustand und im Planfall in m<sup>3</sup>/s sowie Angabe der relativen Differenzen in Prozent

In **Abb. 6.1** sind die Kaltluftgeschwindigkeiten und -schichtdicken im Planfall für den Beginn der Kaltluftsituation aufgezeigt. Die geplanten Versiegelungen der vormals kaltluftproduzierenden Flächen führen dazu, dass auf den Gewerbeflächen keine nennenswerte Kaltluftproduktion stattfindet. Weiterhin verringern die Gewerbeflächen durch erhöhte Rauigkeiten und Verdrängungshöhen die Geschwindigkeiten der überfließenden Strömungen. Die dargestellten Kaltluftgeschwindigkeiten sinken deshalb auf den geplanten Gewerbeflächen größtenteils auf <0.3 m/s ab.

Die **Abb. 6.2** zeigt die absolute Differenz der bodennahen Kaltluftgeschwindigkeiten zwischen Planfall und Istzustand auf. Deutlich erkennbar sind auch hier die Geschwindigkeitsreduktionen auf den Gewerbeflächen, die weitgehend durch den Verlust an Kaltluftproduktionsflächen bedingt sind. Die Bereiche mit Geschwindigkeitsreduktion reichen nur wenig über

das Zweckverbandsgebiet hinaus. Vereinzelt treten auch Bereiche mit höheren Kaltluftgeschwindigkeiten auf.

Durch die geplanten Gewerbeflächen werden in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses im Bereich der Maßnahme selbst v.a. die Kaltluftvolumenströme reduziert (**Abb. 6.3** und **Abb. 6.4**). Dies setzt sich in Kaltluftfließrichtung (Richtung Dohna bei Gewerbeflächen A,B und Richtung Pirna bei Gewerbefläche D) fort und insbesondere weit ins Pirnaer Stadtgebiet hinein. Kleinere Bereiche mit höheren Volumenströmen werden v.a. im Bahretal festgestellt. Dies ist auf den verringerten Kaltluftabfluss aus Richtung Gewerbefläche D zurückzuführen und das damit verbundene leichtere Vordringen von Kaltluft aus dem Bahretal. So verhält es sich auch mit kleinen Bereichen mit höheren Volumenströmen in Richtung Dohna: Durch die Verringerung der Kaltluftströme kann auf benachbarten Flächen/Bereichen oder Luv-seitig je nach Orografie dann mitunter ungehindert mehr Kaltluft abfließen.

Relevante Verringerungen des Kaltluftvolumenstromes [**Abb. 6.5**, dargestellt nur für Unterschiede  $>3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ ] von mehr als 10 % reichen in

- Dohna etwa bis Burgstraße/Antonstraße/Reppchenstraße
- Pirna bis ca. Einsteinstraße.

Weitere kleinere Bereiche mit Änderungen der Volumenstromdichte sind bedingt durch numerische Schwankungen aufgrund der Nichtlinearität der komplexen Modellierung und sind nicht in der Planungsmaßnahme begründet.

Bei den Kaltluftschichtdicken treten die größten Reduktionen auf den geplanten Gewerbeflächen selbst in Kaltluftfließrichtung Richtung Pirna auf. (Reduktion um mehr als 5 m, **Abb. 6.6** und **Abb. 6.7**). Die Verringerungen der Kaltluftschichtdicke für Unterschiede  $>3 \text{ m}$  (ohne Abbildung) von mehr als 10 % sind in etwa vergleichbar mit der Reichweite der relevanten Verringerung ( $>10\%$ ) der Kaltluftvolumenströme (vgl. **Abb. 6.5**). Auf eine Darstellung der relativen Änderungen der Schichtdicken zwischen Ist- und Planzustand wird verzichtet, da dies keine beurteilungsrelevante Größe darstellt.

Die flächendeckende Berechnung der Kaltluftgeschwindigkeiten bzw. des Volumenstroms im Planfall bei voll ausgebildeter Kaltluft ist in **Abb. 6.8** bzw. **Abb. 6.9** dargestellt. Sowohl die Kaltluftfließgeschwindigkeiten als auch die Kaltluftvolumenströme verändern sich gegenüber dem Istzustand nicht relevant.

Wegen der nördlichen bis nordöstlichen Strömungsrichtung bei ausgebildeter Kaltsituation sind Dohna und der überwiegende Teil von Pirna in Bezug auf die Flächennutzungsände-

zung im geplanten IPO nicht mehr betroffen. In Fließrichtung bei voll ausgebildeter Kaltluft befinden sich Großsedlitz, Kleinsedlitz und die Pirnaer Großsedlitzer Straße/ Heidenauer Straße. Dort werden bei voll ausgebildeter Kaltluft nur geringfügige Verringerungen der Kaltluftmengen erwartet, da die überwiegende Kaltluft südlich vom geplanten IPO heranströmt. Vergleichsweise zur Innenstadt sind diese Siedlungen aufgrund der lockeren Bebauungsstruktur und/oder Lage am Ortsrand klimatisch bevorzugt. Dies wird sich auch durch den geplanten IPO nicht ändern. Die Vorzüge werden sich jedoch etwas reduzieren.

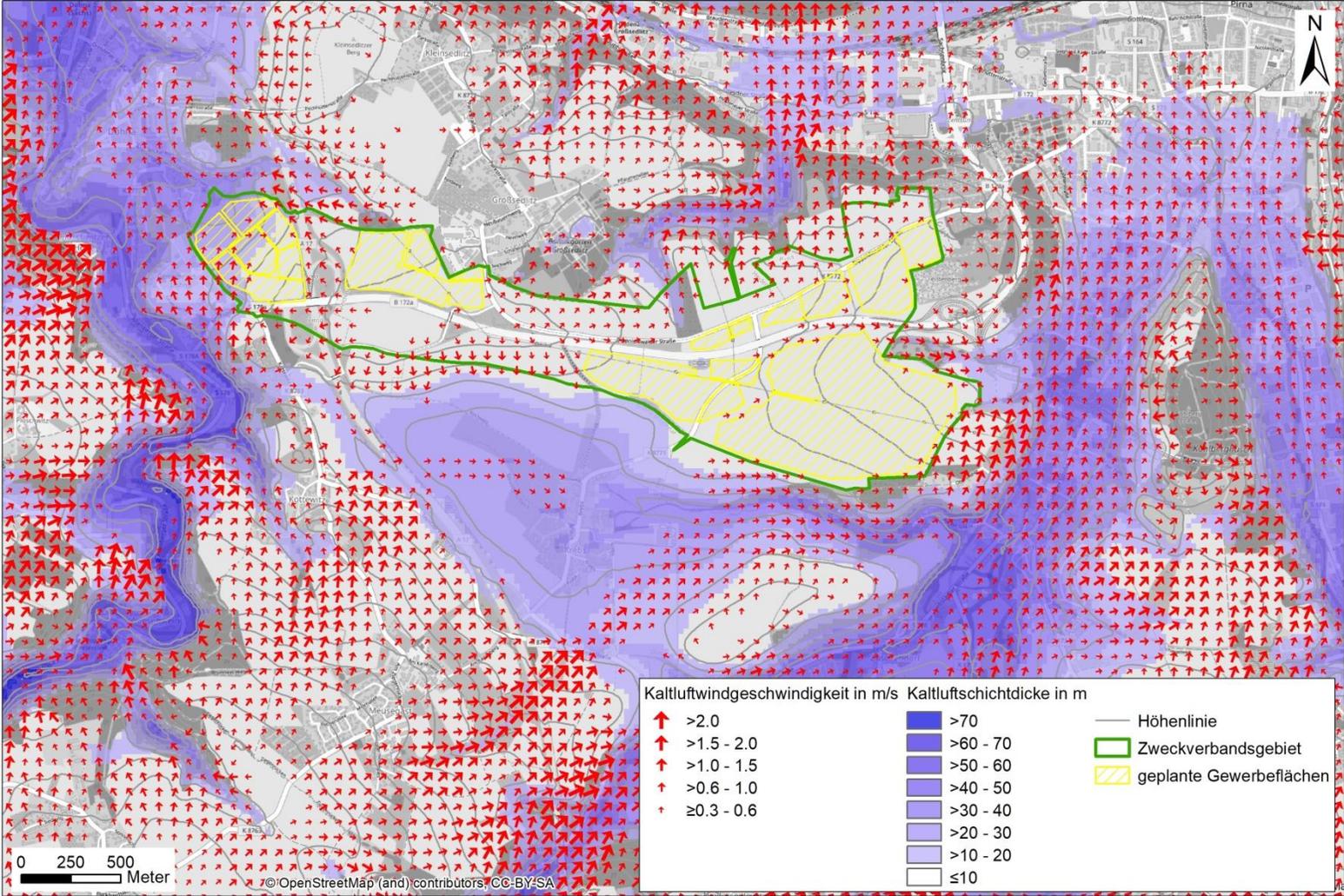


Abb. 6.1: Kaltluftgeschwindigkeit, -fließrichtung und -schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Planfall

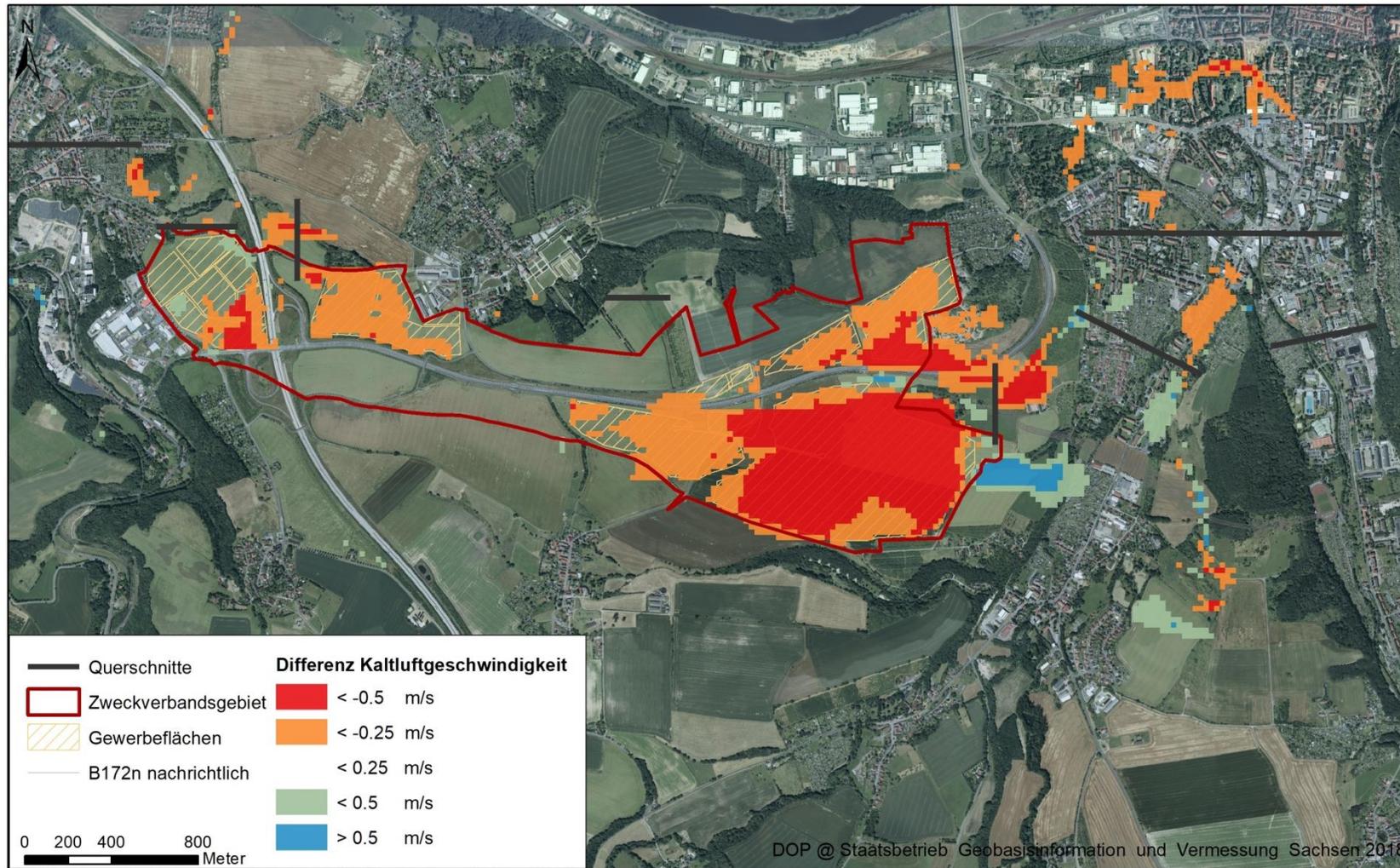


Abb. 6.2: Differenz (absolut) Kaltluftwindgeschwindigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, Planfall - Istzustand, rote Farben: Verschlechterung im Planfall, blaue Farben: Verbesserung im Planfall

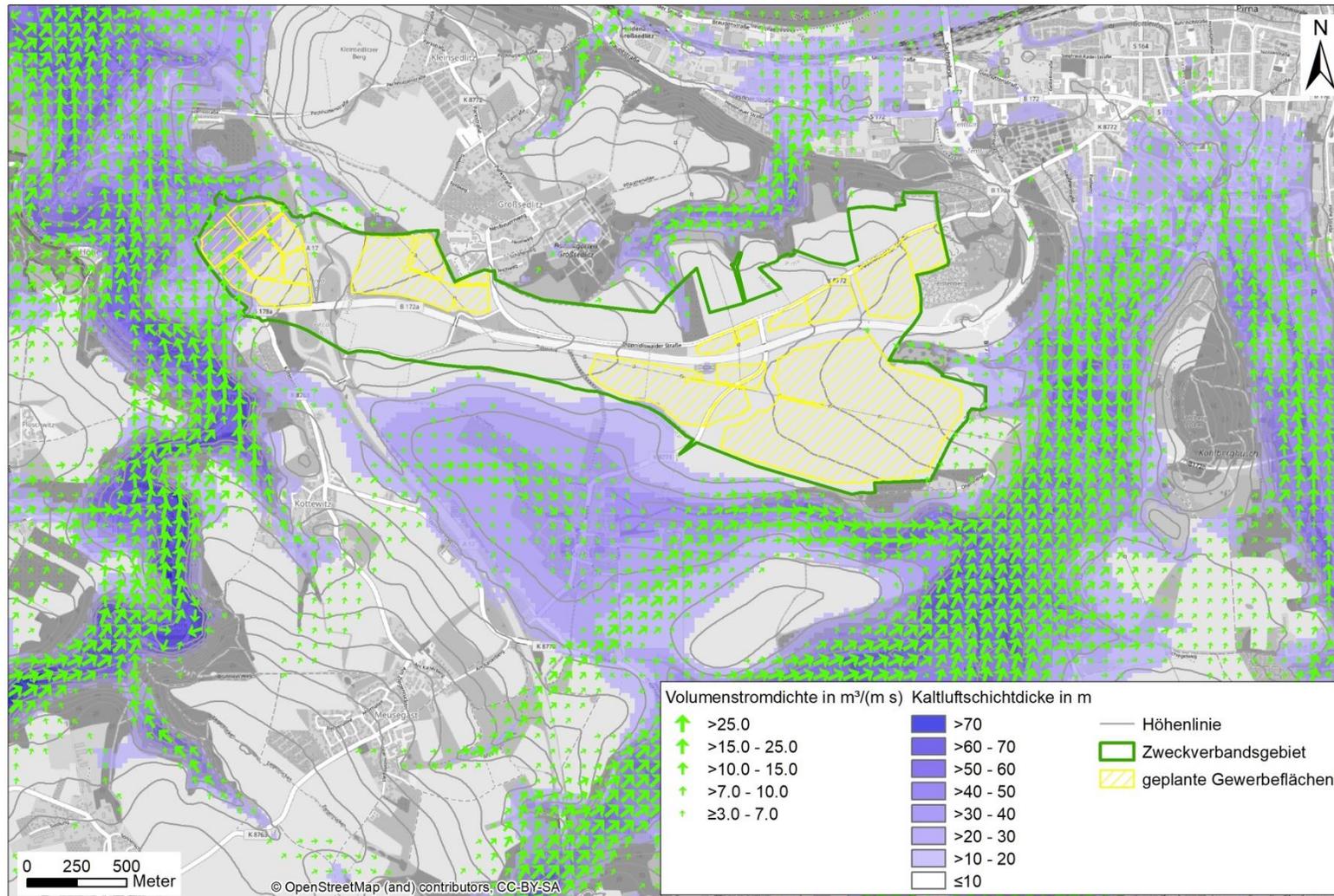


Abb. 6.3: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Planfall

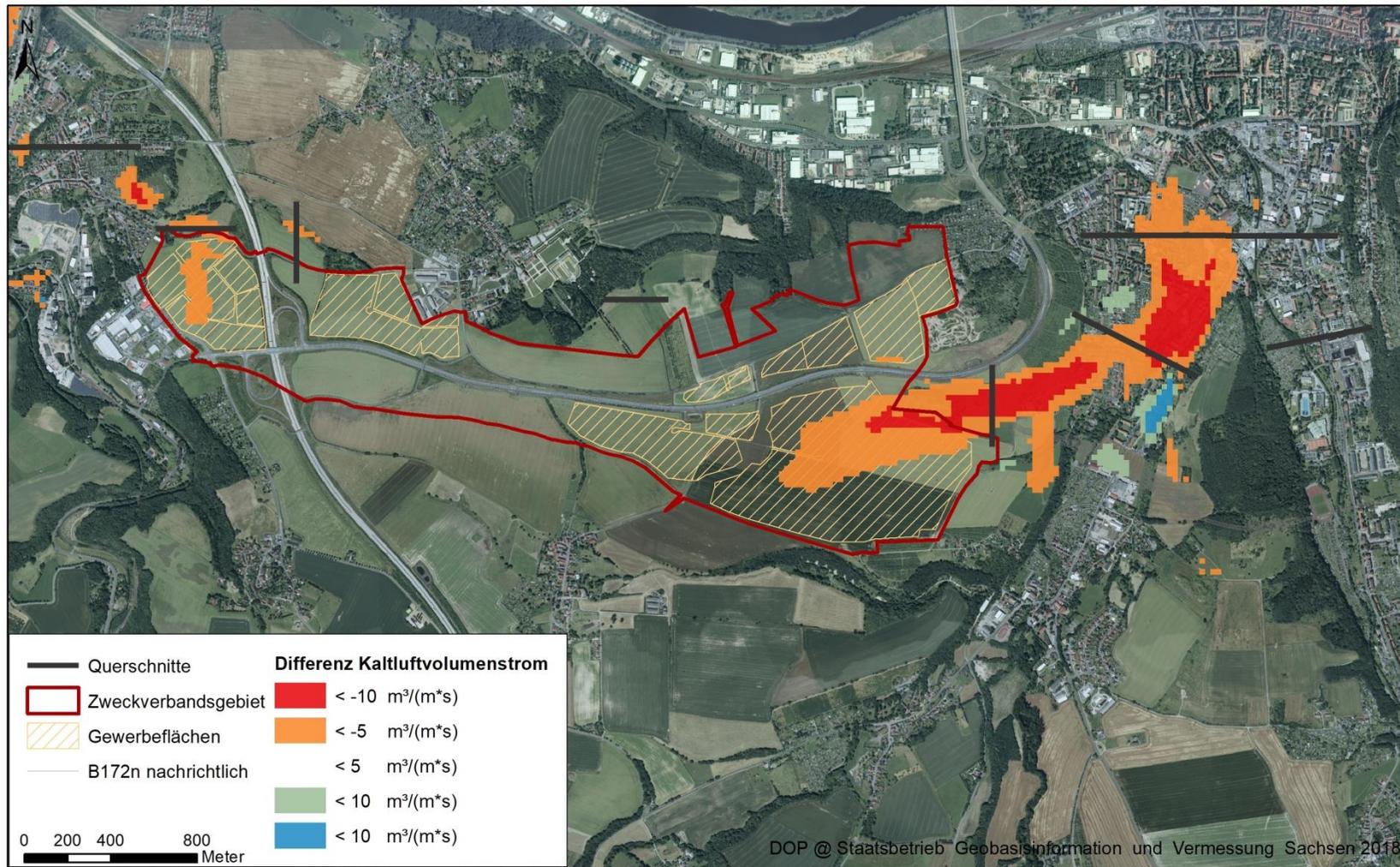


Abb. 6.4: Differenz (absolut) Kaltluftvolumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, Planfall - Istzustand, rote Farben: Verschlechterung im Planfall, blaue Farben: Verbesserung im Planfall

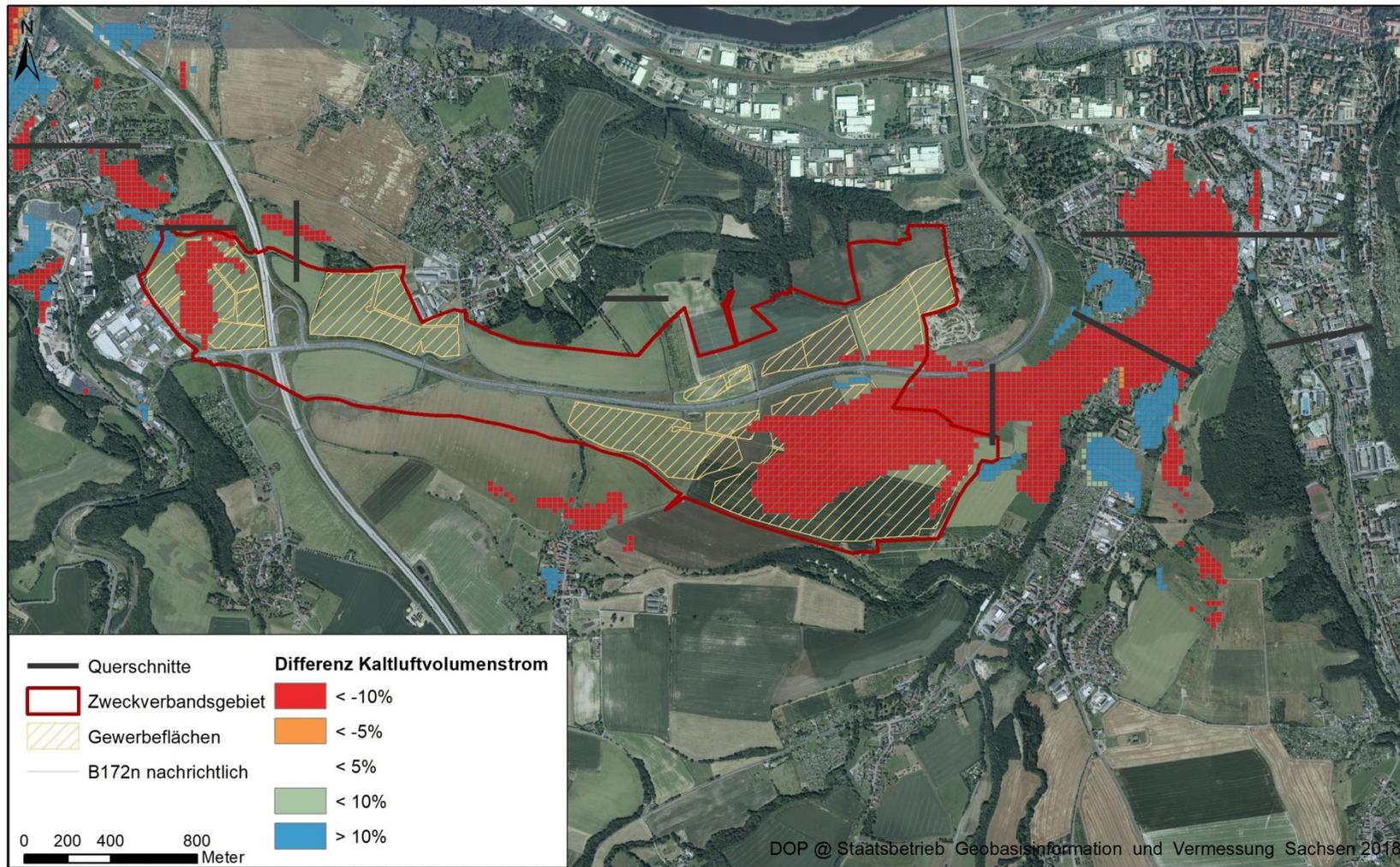


Abb. 6.5: Differenz (relativ) Kaltluftvolumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, Planfall - Istzustand, rote Farben: Verschlechterung im Planfall, blaue Farben: Verbesserung im Planfall

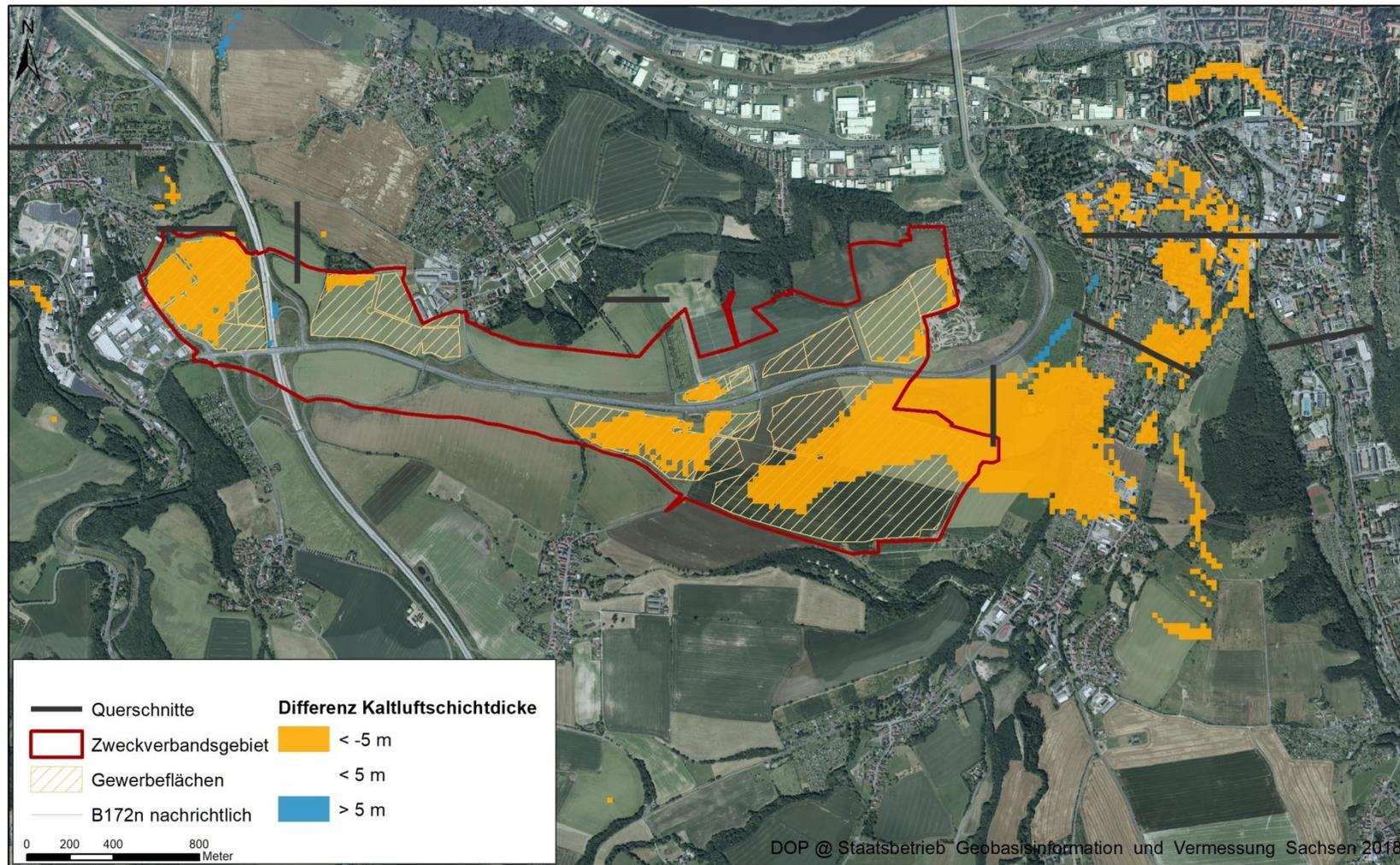


Abb. 6.6: Differenz (absolut) Kaltluftschichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung, Planfall - Istzustand, orange Farbe: Verringerung im Planfall, blaue Farbe: Erhöhung im Planfall

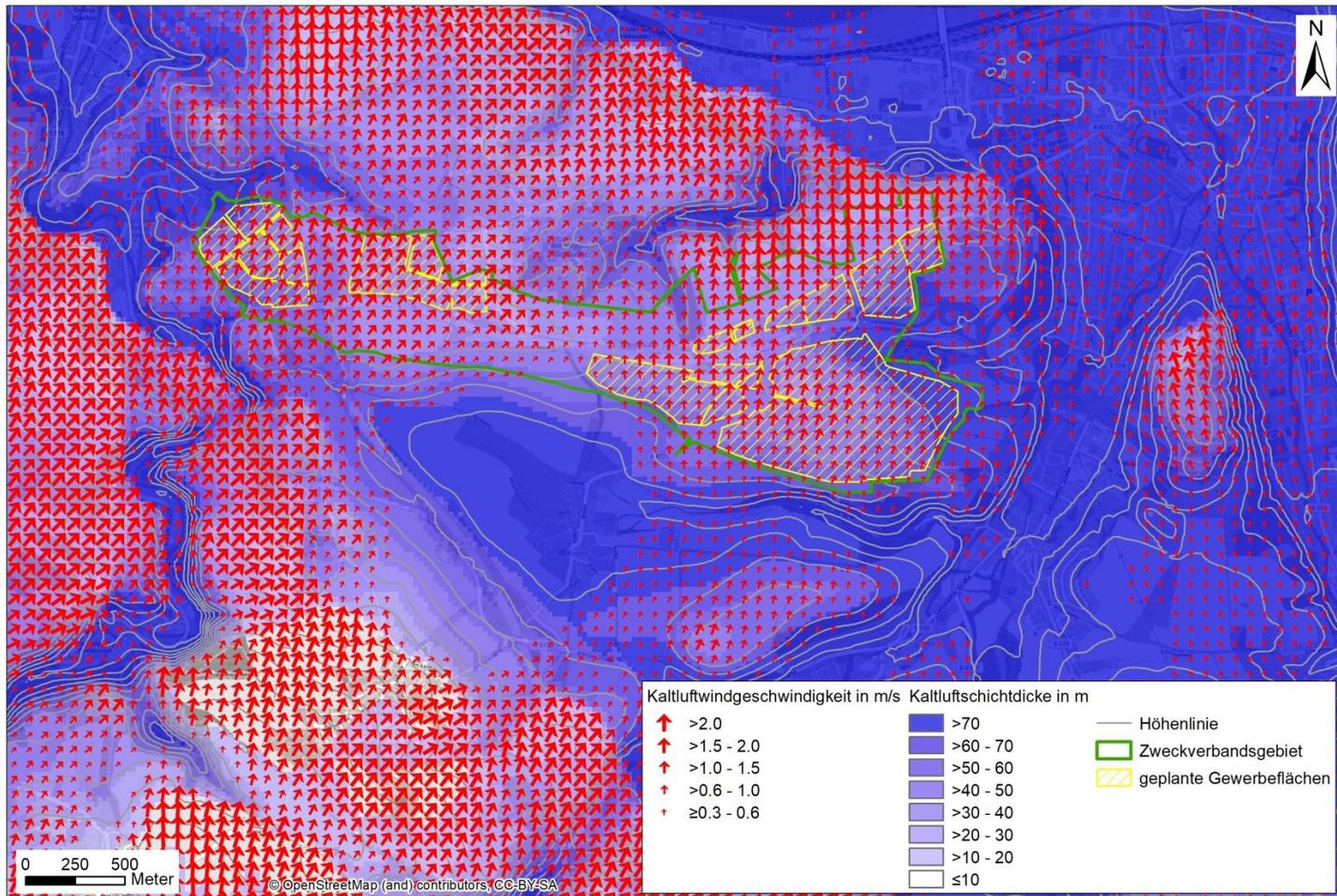


Abb. 6.7: Kaltluftgeschwindigkeit, -fließrichtung und -schichtdicke bei voll ausgebildeter Kaltluft im Planfall

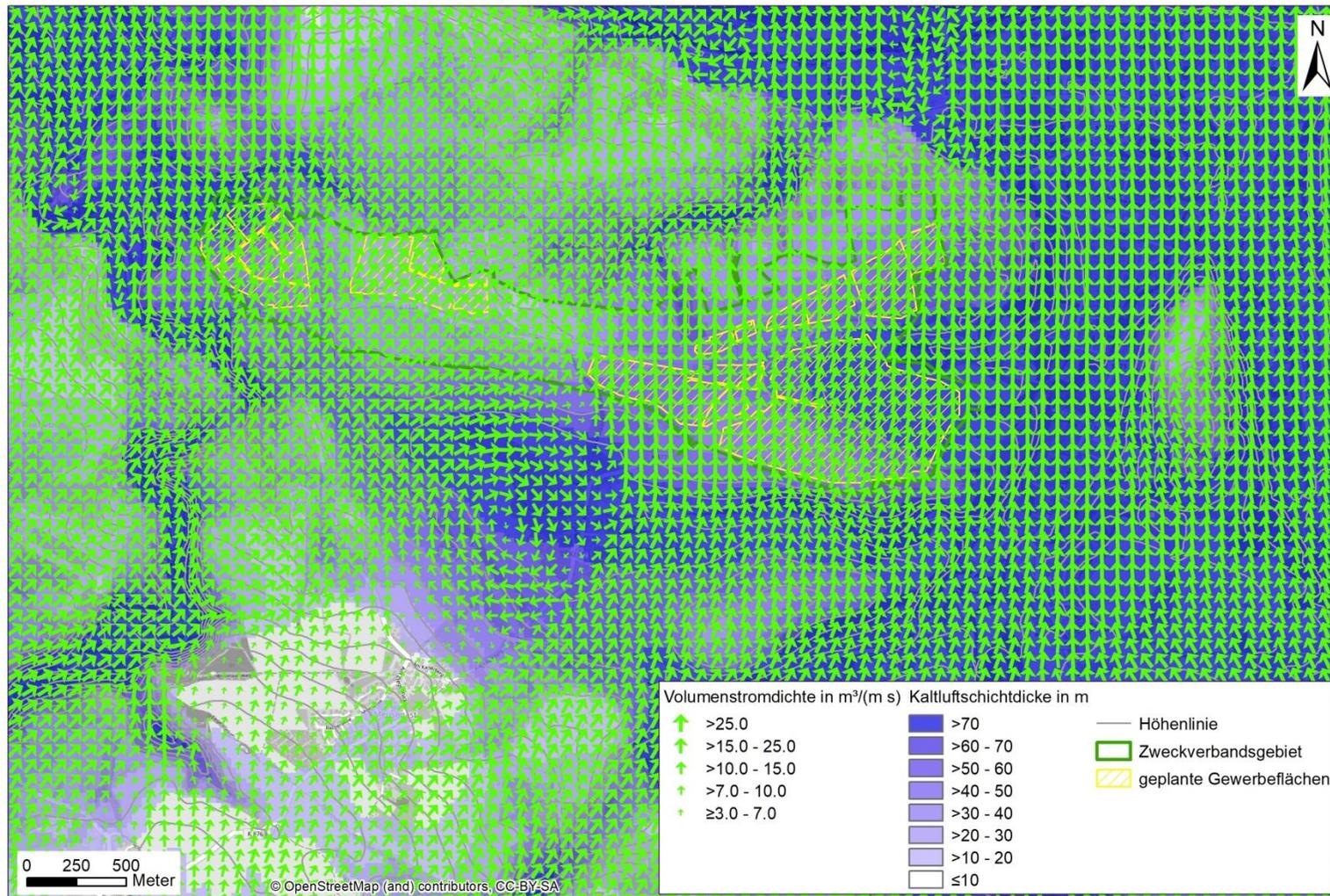


Abb. 6.8: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke bei voll ausgebildeter Kaltluft im Planfall

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die heran transportierte Kaltluft zunächst die umgebenden Täler auffüllt und bereits in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses dort hohe Schichtdicken erwartet werden. Auf den Freiflächen im geplanten Zweckverbandsgebiet findet derzeit eine hohe Kaltluftproduktion und ein relevanter Kaltluftabfluss statt.

Durch die geplante Änderung der Flächennutzung von Freiland zu Gewerbefläche

- wird es keine nennenswerte Kaltluftproduktion auf den Gewerbeflächen mehr geben.
- wird aus Nachbarbereichen einfließende Kaltluft behindert.
- sinkt die Kaltluftgeschwindigkeit deshalb in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses über den geplanten Gewerbeflächen selbst überwiegend auf unrelevante Werte (<0.3 m/s) ab.
- werden in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses im Bereich der geplanten Gewerbeflächen selbst die Kaltluftvolumenströme stark reduziert, in Kaltluftfließrichtung bis in Wohnbebauung in Dohna und Pirna. Bewertungsrelevante Verringerungen des Kaltluftvolumenstromes von mehr als 10 % reichen in Dohna etwa bis in den Bereich Burgstraße/Antonstraße/Reppchenstraße und in Pirna bis ca. Einsteinstraße.
- wird eine Verringerung der Kaltluftschichtdicken auf den geplanten Gewerbeflächen selbst, in Kaltluftfließrichtung Richtung Pirna und in geringerem Maße in Richtung Dohna, erwartet. Die bewertungsrelevanten Änderungen der Kaltluftschichtdicke für Unterschiede >3 m von mehr als 10 % sind in etwa vergleichbar mit der Reichweite der relevanten Änderungen (>10%) der Kaltluftvolumenströme.

Dies trifft in der Anfangsphase von Kaltluftsituationen zu.

Bei voll ausgeprägter Kaltluft verändern sich sowohl die Kaltluftfließgeschwindigkeiten als auch die Kaltluftvolumenströme gegenüber dem Istzustand nicht relevant. Wegen der nördlichen bis nordöstlichen Strömungsrichtung bei ausgebildeter Kaltluftsituation sind Dohna und der überwiegende Teil von Pirna in Bezug auf die Flächennutzungsänderung im geplanten IPO nicht mehr betroffen. In Fließrichtung bei voll ausgebildeter Kaltluft befinden sich Großsedlitz, Kleinsedlitz und die Pirnaer Großsedlitzer Straße/ Heidenauer Straße. Dort werden bei voll ausgebildeter Kaltluft nur geringfügige Verringerungen der Kaltluftmengen erwartet, da die überwiegende Kaltluft südlich vom geplanten IPO heranströmt. Vergleichsweise zur Innenstadt sind diese Siedlungen aufgrund der lockeren Bebauungsstruktur und/oder Lage

am Ortsrand klimatisch bevorzugt. Dies wird sich auch durch den geplanten IPO nicht ändern. Die Vorzüge werden sich jedoch etwas reduzieren.

Je nach Intensität der Ausstrahlung kann man bei der Anfangsphase der Kaltluftbildung von ein bis drei Stunden, im Mittel ca. zwei Stunden ausgehen. Auswertungen von Literatur und meteorologischen Daten (Lohmeyer, 2019) haben eine Häufigkeit von Kaltluftsituationen für höher gelegene Bereiche im Untersuchungsgebiet von ca. 10 % aller Jahresstunden und für engere Tallagen von ca. 20 % ergeben.

Weitere Auswertungen in Dresden-Klotzsche (Lohmeyer, 2019) zeigen, dass ca. 40 % aller Kaltluftsituationen eine Dauer von mindestens zwei Stunden haben und über die Hälfte mindestens drei Stunden dauern. Damit kann für die Anfangsphase der Kaltluft im Mittel also von 40 % der gesamten Kaltluftsituationen ausgegangen werden.

Zum einen kommt also der Anfangsphase durch den relativ hohen Anteil an der gesamten Kaltluftsituationen ein hoher Stellenwert zu. Zum anderen tragen gerade diese ersten Stunden bei Perioden mit hoher Wärmebelastung am Tag (Sommer) zu einer nächtlichen Abkühlung und damit zu einer Entlastung bei.

## 8 LITERATUR

Lohmeyer (2019): Aufstellung Rahmen-Bebauungsplan des Industrieparks Oberelbe. Abschätzung der Häufigkeit von Kaltluftflüssen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co.KG im Auftrag von GICON GmbH. September 2019.

VDI (1997): Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Richtlinie VDI 3787, Blatt 1. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, Dezember 1997.

VDI (2003): Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Richtlinie VDI 3787, Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.

**A N H A N G A 1:**  
**BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM**

## **A1 BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM**

### **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 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.

### **A1.2 Modellbeschreibung**

Das Modell verwendet die so genannten 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 topografischen Geländehöhe
- von der Landnutzung abhängige Kaltluftproduktion.

Das Lösungsverfahren ist ein Differenzenverfahren mit variabler Gitterpunktzahl und Gitterweite, das heißt Topografie 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, das heißt die berechneten Werte ändern sich dann nicht mehr signifikant. Im Allgemeinen Fall ist es sinnvoll, etwa 3 h zu simulieren; dies entspricht den Verhältnissen in der

Natur. Für eine solche Rechnung benötigt das Modell bei etwa 50 x 50 Gitterpunkten weniger als 5 Minuten Rechenzeit auf einem PC mit Pentium-Prozessor.

### **A1.1 Eingabedaten und Ergebnisse des Modells**

Vorausgesetzt wird die in Abschnitt 1 genannte 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. Zurzeit werden 8 Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, Gewerbegebiete, 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 Topografie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig (i.a. etwa 10 km x 10 km), die Auflösung liegt zwischen etwa 5 m und 200 m.

Berechnet werden 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.

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