

Kaltluftgutachten für den Bebauungsplan 093 „Buschkauler Feld“ in der Gemeinde Alfter

Bericht C 5264-1 vom 17.08.2020

Auftraggeber: Gemeinde Alfter
Der Bürgermeister
Fachbereich regionale und nachhaltige Entwicklung
Am Rathaus 7
53347 Alfter

Bericht-Nr.: C 5264-1

Datum: 17.08.2020

Ansprechpartner/in: Herr Siebers

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 56 Seiten,
davon 28 Seiten Text und 28 Seiten Anlagen.

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Borussiastraße 112
44149 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5
10623 Berlin
Tel. +49 30 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21
90443 Nürnberg
Tel. +49 911 477 576 60
Fax +49 911 477 576 70
nuernberg@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Örtliche Gegebenheiten.....	7
4	Grundlagen.....	8
4.1	Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen.....	8
4.2	Bewertung von Kaltluftabflüssen.....	8
5	Berechnungsmodell.....	10
5.1	Modellbeschreibung.....	10
5.2	Eingangsdaten.....	12
5.2.1	Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes.....	12
5.2.2	Digitales Geländemodell.....	13
5.2.3	Landnutzung.....	13
6	Ergebnisse der Kaltluftberechnungen.....	15
6.1	Großräumiges Kaltluftgeschehen.....	15
6.2	Kaltluftgeschehen im Umfeld des Bebauungsplangebietes.....	16
6.2.1	Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang.....	16
6.2.2	Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang.....	19
7	Planungsempfehlungen.....	22
8	Zusammenfassung.....	23

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Alfter plant den im Flächennutzungsplan der Gemeinde Alfter im Ortsteil Witterschlick als Gewerbe- und Wohnbauflächen dargestellten Bereich zwischen der B 56 im Norden und der bestehenden Ortslage im Süden, angrenzend an das Gewerbegebiet Witterschlick im Rahmen des Bebauungsplanes 093 „Buschkauler Feld“ zu Gewerbe- und Wohnbauflächen zu entwickeln. Das Plangebiet umfasst derzeit landwirtschaftlich genutzte Flächen [1].

Gemäß dem Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung NRW des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz [4] liegt das Plangebiet innerhalb einer großräumigen Kaltluftbahn, über die Kaltluft aus der Voreifel nach Norden fließt, das Plangebiet überströmt und über das westlich der Bonner Stadtgrenze gelegene Hardtbachtal abfließt. Oberhalb der geneigten Frei- und Waldflächen westlich der bebauten Ortslage von Witterschlick, in die sich auch das Plangebiet eingliedert, wird das Auftreten eines sehr hohen Kaltluftvolumenstroms diagnostiziert, welcher den großräumigen Kaltluftstrom verstärkt. Stromabwärts des Plangebiets fallen der Nordwesten des Bonner Stadtgebiets sowie die östlichen Siedlungsgebiete der Gemeinde Alfter und der Stadt Bornheim in den Einwirkungsbereich dieser Kaltluftbahn.

Es soll überprüft werden, ob sich durch die geplante bauliche Nutzung mögliche Beeinträchtigungen stadtklimatisch-lufthygienischer Standortbedingungen in diesem Bereich ergeben. Im Rahmen dieses Gutachtens ist zu klären, ob die geplante Bebauung zu einer Schwächung der Frisch-, bzw. Kaltluftschneise des Hardtbachtals führt.

In diesem Zusammenhang soll eine gutachterliche Abklärung der Auswirkungen des Vorhabens auf den Kaltluftabfluss der Frisch-/Kaltluftschneise des Hardtbachtals erfolgen.

Hierzu werden Kaltluftberechnungen mit dem Kaltluftmodell KLAM_21 [6] in der aktuellen Version 2012 für den Ist- und Planfall unter Berücksichtigung des Reliefs, der Landnutzung sowie der Bebauungssituation im Umfeld des Planvorhabens durchgeführt.

Es werden die folgenden Varianten untersucht:

Istfall: ohne Bebauung (jetziger Zustand)

Planfall: Realisierung der Siedlungserweiterung gemäß Bebauungsplan 093 „Buschkauler Feld“

Die Beurteilung der Veränderung erfolgt anhand eines Vergleiches der berechneten Kaltluftkenngrößen Kaltluftschichtdicke und Kaltluftvolumenstrom.

Ein Lageplan der örtlichen Gegebenheiten und des Plangebietes ist in Anlage 1 dargestellt.
Anlage 2 zeigt den Bebauungsplanentwurf.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[1] Bebauungsplan Nr. 093 „Buschkauler Feld“ - Alfter Witterschlick - Begründung	Gemeinde Alfter Lit.	Stand Juni 2020
[2] Bebauungsplan Nr. 093 „Buschkauler Feld“ - Ortsteil Witterschlick – Teilplan 1 - Nord	Gemeinde Alfter Lit.	Stand Juni 2020
[3] Bebauungsplan Nr. 093 „Buschkauler Feld“ - Ortsteil Witterschlick – Teilplan 2 - Süd	Gemeinde Alfter Lit.	Stand Juni 2020
[4] Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung NRW	http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de/ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz	P Stand Juli 2020
[5] VDI 3887 Blatt 5 Lokale Kaltluft	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL	RIL 2003
[6] Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms	Deutscher Wetterdienst	Lit. 2008
[7] Hinweisdatei zu Problemen bei aufgelöster Bebauung: „klam_21_hinweise_V2.012.txt	Deutscher Wetterdienst, Meinolf Koßmann	Lit. Oktober 2018
[8] Digitales Geländemodell (DGM1) des inneren Untersuchungsgebietes	https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/hm/dgm1_xyz/dgm1_xyz_paketiert/dgm1_05382004_Alfter_EPSG25832_XYZ.zip ; /dgm1_05314000_Bonn_EPSG25832_XYZ.zip; /dgm1_05382012_Bornheim_EPSG25832_XYZ.zip; /dgm1_05382032_Meckenheim_EPSG25832_XYZ.zip; /dgm1_05382048_Rheinbach_EPSG25832_XYZ.zip; /dgm1_05382064_Swisttal_EPSG25832_XYZ.zip	P Abgerufen: 03.07.2020
[9] Digitales Geländemodell (DTM Germany_Nordrhein-Westfalen, 20m) des äußeren Untersuchungsgebietes	http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/DTM_Germany_Nordrhein-Westfalen_20m	P Stand: 27.02.2017

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[10] LOD1-Modell im CityGML-Format des Untersuchungsgebietes	https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/3dg/lod1_gml/lod1_gml_paketiert/3d-gm_lod1_05314000_Bonn_EP_SG25832_CityGML.zip ; /3d-gm_lod1_05382000_Rhein-Sieg-Kreis_EPSG25832_CityGML.zip	P	Juli 2020
[11] Digitales Landbedeckungsmodell (LBM-DE2018) des inneren Untersuchungsgebietes	Zur Verfügung gestellt durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	P	Juli 2020
[12] CORINE Land Cover 10 ha – CLC10 (2018)	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	P	Juli 2020

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Berichtigung
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Örtliche Gegebenheiten

Das 14,6 ha große Plangebiet befindet sich nordwestlich der bebauten Ortslage von Witterschlick im Südosten der Gemeinde Alfter [1]. Der Ortsteil Witterschlick liegt südwestlich von Bonn, im Tal des Hardtbaches und erstreckt sich weitgehend über den westlichen Talhang. Im Westen, Nordwesten und Süden ist der Ort zum großen Teil von landwirtschaftlich genutzten Freiflächen umgeben. Im Osten, Süden und Westen schließen sich außerdem Wälder an, die überwiegend zum Naturschutzgebiet Kottenforst gehören, Aufgrund der Vielzahl von Frei- und Waldflächen kommt es in klaren Nächten bodennah zur Bildung von Kaltluft, die entlang des Tals nach Nordosten abgeleitet wird.

Das Plangebiet liegt auf der Westseite des Hardtbaches und umfasst derzeit landwirtschaftlich genutzte Flächen. Durch die Hanglage ergibt sich für das Areal ein Höhenunterschied von 15 m zwischen Nord- und Südrand [1]. Das Plangebiet wird im Norden durch die Nordseite der Euskirchener Straße (B 56) und im Nordosten durch die Ostseiten der Raiffeisenstraße sowie der Ramelshovener Straße begrenzt. Während sich im Südosten und Süden die Wohngebiete entlang der Ramelshovener Straße, der Neustraße und des Buschkauler Wegs anschließen, befinden sich im Westen weitere Freiflächen landwirtschaftlicher Nutzung. Im Nordosten des Plangebiets liegen außerdem das Gewerbegebiet Witterschlick Nord und die Sportanlage des lokalen Turnerbunds. Südöstlich und südlich des Plangebiets dominiert die Wohnbebauung des Ortsteils. Im Norden befinden sich weitere Ackerflächen sowie die Ortschaft Ramelshoven. In südwestlicher Richtung liegt die Tongrube Schenkenbusch.

Die Planung sieht die Entwicklung der Freifläche für bauliche Nutzung vor. Angrenzend an die bestehenden Wohngebiete sind im Süden des Plangebiets 6,37 ha als Allgemeines Wohngebiet (WA) festgesetzt. Von der an das bestehende Gewerbegebiet angrenzenden Planfläche im Norden sollen 1,13 ha ebenfalls zum Gewerbegebiet (GE) werden. Die Nutzungsflächen sollen durch ein 2,09 ha umfassendes Urbanes Gebiet (MU), welches beide Nutzungstypen beinhaltet, miteinander verbunden werden. Für die Wohnnutzung sind Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser, sowie Etagenwohnungen geplant. Im Urbanen Gebiet sind eine Seniorenwohn- und -pflegeeinrichtung, eine Kindertagesstätte und ein Parkhaus vorgesehen. Der nördliche Abschnitt der Ramelshovener Straße soll im Zuge des Vorhabens in das Plangebiet verlegt werden [1].

Das Plangebiet wird von Südwesten nach Nordosten von einem Wassergraben durchlaufen, welcher das Allgemeine Wohngebiet in zwei Teile trennt. Um den Wassergraben herum bleibt eine Grünfläche erhalten, wodurch der Erhalt einer dort vorhandenen Kaltluftschneise gewährleistet werden soll [1].

4 Grundlagen

4.1 Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen

In wolkenarmen, windschwachen Nächten (Strahlungsnächten) bildet sich durch die negative Strahlungsbilanz über Freiflächen eine bodennahe Kaltluftschicht aus. Im topographisch gegliederten Gelände fließt diese Kaltluft entsprechend der Neigung des Geländes hangabwärts. Damit nennenswerte Kaltluftabflüsse entstehen, sollte die Hangneigung erfahrungsgemäß wenigstens 1 bis 2 Grad betragen.

Die Mächtigkeit einer solchen Kaltluftschicht kann in Abhängigkeit des Nachtzeitpunktes, der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes sowie den meteorologischen Rahmenbedingungen stark schwanken. Im Allgemeinen beträgt sie zwischen 1 und 50 m. Staut sich der Kaltluftabfluss an Hindernissen oder in Senken, bildet sich ein sogenannter Kaltluftsee, in dem die Kaltluft zum Stehen kommt. In solchen Kaltluftseen kann die Kaltluftschichtdicke auch deutlich größere Mächtigkeiten annehmen. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Kaltluftabflusses liegen typischerweise in einer Größenordnung von 1 bis 3 m/s. Aufgrund der oftmals nur sehr flachen Ausprägung und den geringen Strömungsgeschwindigkeiten sind Kaltluftabflüsse sehr störanfällig, sodass Hindernisse wie Gebäude, Wälle oder Lärmschutzwände unter gewissen Randbedingungen zu einem Strömungsabbruch führen können.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark von der Landnutzung ab: Freilandflächen weisen die höchsten Kaltluftproduktionsraten (zwischen 10 und 20 m³/m²h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m³/m²h in ebenem Gelände und 30–40 m³/m²h am Hang). Besiedelte, versiegelte Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel).

Unter Umweltgesichtspunkten werden Kaltluftabflüssen sowohl positive als auch negative Auswirkungen zugewiesen. 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.

4.2 Bewertung von Kaltluftabflüssen

Gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5] existieren derzeit keine verbindlichen Vorgaben für die Bewertung klimatischer Aspekte in der Raumplanung. Die Richtlinie schlägt daher vor, als Maß der Beeinflussung die prozentuale Änderung eines Parameters

gegenüber dem Istzustand sowie die Häufigkeit des Auftretens heranzuziehen. Zur Bewertung einer planbedingten Veränderung wird die in Tabelle 4.1 dargestellte Skala gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ vorgeschlagen:

Tabelle 4.1: Beurteilung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen

Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5 %	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Der Kaltluftvolumenstrom ist das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. 1 s) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Der Kaltluftvolumenstrom ist somit ein lokal gültiges Maß und damit für die Messung, die Bewertung und die Modellrechnung sehr gut geeignet.

In den folgenden Auswertungen werden die Auswirkungen der Planung anhand der Kaltluftschichtdicke und des Kaltluftvolumenstromes gemäß der Bewertungsmatrix in Tabelle 4.1 bewertet.

5 Berechnungsmodell

5.1 Modellbeschreibung

Die Kaltluftberechnungen wurden mit der aktuellen Version des vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodells KLAM_21 [6] durchgeführt.

KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in orographisch gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem beliebig auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt, übliche Gitterabstände sind dabei 20 bis 50 m. Zur adäquaten Abbildung der Bebauungsverhältnisse wurde im vorliegenden Fall im Nahbereich der Planung mit einer Gitterauflösung von 8,5 m gerechnet.

Die Modellgebietsgröße wird in der Regel so gewählt, dass alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete erfasst sind. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (standardmäßig schematisiert in 9 Nutzungsklassen) sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Für die vorliegende Untersuchung wurden zusätzlich zu den 9 standardmäßig hinterlegten Nutzungsklassen die Nutzungsklasse „Schrebergarten“ hinzugefügt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die in dieser Untersuchung verwendeten Landnutzungsklassen mit ihren im Rechenmodell hinterlegten Eigenschaften.

Tabelle 5.1: Landnutzungsklassen in KLAM_21

Nutzungen	z0g	grz	hg	wai	bg	hv	xlai	a	vsg
Siedlung (dicht)	0,1	0,6	15,0	3,0	0,0	0,0	0,0	-99	1,0
Siedlung (locker)	0,1	0,4	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,5
Wald	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	20,0	6,0	0,56	0,0
halb vers. Fläche	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,5
Industriegebiet	0,08	0,6	12,0	0,9	0,0	0,0	0,0	-99	1,0
Park	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	20,0	6,0	1,0	0,05
unvers. Freifläche	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
versiegelte Fläche	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-99	1,0
Wasser	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Schrebergarten	0,05	0,1	3,0	0,15	0,1	10,0	3,0	0,80	0,15

Mit:

z0g(i)	Rauigkeitslänge des Bodens in m ohne Beachtung explizit spezifizierter Bebauung oder Bewaldung
grz(i)	Grundflächenzahl, Anteil der bebauten Fläche an der Gesamtfläche
hg(i)	mittlere Gebäudehöhe in m
wa(i)	Wandflächenindex, mittleres Verhältnis der Wandfläche eines Gebäudes zu dessen Grundfläche
bg(i)	mittlerer Bedeckungsgrad des Bodens mit Bäumen
xlai(i)	Blattflächenindex, über die Höhe aufsummierte einseitige Blattfläche eines Baumes im Verhältnis zu seiner Kronenquerschnittsfläche
hv(i)	mittlere Baumhöhe in m
a(i)	relativer Wirkungsgrad der effektiven Ausstrahlung im Vergleich zu einer optimalen Abkühlungsfläche
vsg(i)	Versiegelungsgrad der Gesamtfläche einschließlich der bebauten Flächenanteile

Das Rechenmodell KLAM_21 gestattet eine explizite Gebäudeberücksichtigung mithilfe eines „Nesting“ des Modellgebietes, d. h. die Einbettung eines (oder mehrerer) hoch aufgelöster „Kernbereiche“ in einem gröber aufgelösten „Einflussbereich“. Ein solches Nesting ist dann von Vorteil, wenn das eigentliche Untersuchungsgebiet relativ klein ist, dabei aber einen großen Einflussbereich besitzt, der bei einer angemessenen Simulation des Kaltluftgeschehens mit berücksichtigt werden muss. Innerhalb des Nestinggebietes wird die Gitterauflösung des gröbereren Einflussbereichs um den Faktor 5 reduziert. Außerdem können innerhalb des Nestinggebietes aus dem Gelände herausragende Hindernisse (z. B. Einzelgebäude, Dämme, Schallschutzwände) modelliert werden, die von der Kaltluft erst überwunden werden, wenn sie eine bestimmte Höhe erreicht hat oder aber – falls möglich – umströmt werden.

Im Oktober 2018 wurde von KLAM_21 Nutzern berichtet, dass es bei der Simulation von aufgelöster Bebauung oder von wandartigen Hindernissen zu unrealistischem luvseitigem Stau von Kaltluft kommen kann. Seitens des Modellentwicklers wurde daraufhin eine Textdatei [7] mit dem Hinweis verschickt, dass bis zur Klärung der Problematik in Erwägung gezogen werden sollte, die Einzelgebäude als orographische Strukturen innerhalb des Geländemodells zu simulieren. Weiterhin wird empfohlen, die Landnutzung der Modelligitterzellen mit Gebäuden als versiegelte Flächen zu modellieren. In einem weiteren Telefonat mit dem Modellentwickler erfolgte der Hinweis, dass die Bereiche innerhalb von städtischer Bebauung, die nicht einem Gebäude zuzuordnen sind, je nach Durchgrünungsgrad als halb versiegelte oder komplett versiegelte Freifläche zu berücksichtigen sind. Im vorliegenden Fall wurde in Wohngebieten eine halb versiegelte Freifläche und in Industriegebieten eine komplett versiegelte Freifläche zugrunde gelegt.

Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, d. h. eine geringe Bewölkung, angenommen.

KLAM_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben.

Die physikalische Basis des Modells bildet eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann (unter der Annahme einer bestimmten Höhenabhängigkeit der Abkühlung) die Kaltluflhöhe errechnet. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten.

5.2 Eingangsdaten

5.2.1 Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes

Zur korrekten Quantifizierung der Kaltluftabflüsse im Plangebiet muss sichergestellt werden, dass das gesamte Kaltlufteinzugsgebiet oberhalb des Plangebietes in den Berechnungen berücksichtigt wird. Daher wurde vor Beginn der Berechnungen eine Geländeanalyse erstellt und das Untersuchungsgebiet entsprechend großzügig dimensioniert. Das Untersuchungsgebiet entspricht in seinen Ausmaßen dem dargestellten Bereich in Anlage 3. Die Abmessungen des gesamten Untersuchungsraumes betragen ca.13,2 km in West-Ost und ca. 25,4 km in Nord-Süd-Ausrichtung. In den äußeren Bereichen des Rechengebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 42,5 m realisiert.

Bei den zu erwartenden Auswirkungen des Planvorhabens handelt es sich allerdings eher um kleinräumige Effekte. Um diese Auswirkungen sichtbar zu machen, ist es notwendig, die Gebäudestrukturen innerhalb des Plangebietes sowie in dessen Umfeld explizit abzubilden und als Strömungshindernisse zu berücksichtigen.

Das Rechenmodell KLAM_21 gestattet eine explizite Gebäudeberücksichtigung mithilfe eines „Nesting“ des Modellgebietes, d.h. die Einbettung eines (oder mehrerer) hoch aufgelöster „Kernbereiche“ in einen gröber aufgelösten „Einflussbereich“.

Die Lage des in dieser Untersuchung verwendeten Nestingbereiches, in dem die Gebäudestrukturen explizit aufgelöst wurden zeigt Anlage 4. In diesem Bereich wurde eine horizontale Gitterauflösung von 8,5 m realisiert. Die Abmessung des Nestinggebietes beträgt etwa 2,2 km in Ost-West und 2,6 km in Nord-Süd-Ausrichtung.

Für die Berechnung wurde eine Strahlungsnacht ohne übergeordneten Regionalwind angenommen, d. h. die Berechnungsergebnisse zeigen das reine, thermisch bedingte Kaltluftgeschehen.

5.2.2 Digitales Geländemodell

Die für die Berechnung notwendigen Informationen zur Geländehöhe wurden für das Nestinggebiet aus dem von der Landesregierung NRW kostenfrei zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell DGM1 (horizontale Auflösung 1 m) [8] entnommen. Für das darumliegende Untersuchungsgebiet wurde die Geländehöhe einem auf dem DGM1 basierenden und vom Open Data Portal zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell (horizontale Auflösung 20 m) [9] entnommen. Die Modelle wurden in eine einheitliche horizontale Gitterauflösung von 8,5 m überführt. Anlage 3 zeigt die in den Berechnungen angesetzten Geländehöhen im gesamten Untersuchungsraum.

Für die fachgerechte Berücksichtigung des Gebäudeeinflusses innerhalb des Nestinggebietes müssen die Gebäudehöhen auf das digitale Geländemodell aufgeprägt werden (vgl. Kapitel 5.1). Hierzu wurden für die Bestandsbebauung die von der Landesregierung NRW kostenfrei zur Verfügung gestellten CityGML-Modelle [10] herangezogen.

Lage und Höhe der geplanten Gebäude wurden auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Bebauungsplan 093 „Buschkauler Feld“ mit Stand Juni 2020 [2], [3] erfasst.

Anlage 4 und Anlage 5 zeigen die Geländehöhen inklusive der aufgeprägten Gebäudehöhen innerhalb des Nestinggebietes im Istfall und im Planfall.

5.2.3 Landnutzung

Die zur Bestimmung von Kaltluftproduktionsraten und Rauigkeiten benötigten Informationen zur Landnutzung im Untersuchungsraum wurden mithilfe des digitalen Landbedeckungsmodells (LBM-DE2018) [11] mit Erfassungsstand 2018 abgeleitet. Das Landbedeckungsmodell beschreibt die topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat unter dem Aspekt der Landbedeckung und Landnutzung. Haupterfassungsgrundlage des Landbedeckungsmodells sind Satellitenbilder. Bei der Erfassung der Flächen beträgt die Mindestkartierfläche 1 ha. Strukturen unterhalb dieses Flächenkriteriums können somit nicht erfasst werden. Für die Bereiche südlich von Meckenheim wurden zudem ergänzende Landnutzungsdaten des CORINE-Kataster mit Erfassungsstand 2018 herangezogen [12].

Da die Landnutzungsklassen aus dem LBM-Modell und dem CORINE-Kataster nicht den in KLAM_21 verwendeten Landnutzungsklassen entsprechen, mussten zunächst die Landbedeckungsklassen in KLAM-Klassen umgewandelt werden. Anlage 6 zeigt exemplarisch für den Istfall die in den Berechnungen berücksichtigte Landnutzung für das gesamte Untersuchungsgebiet.

Da im Bereich des Nestinggitters die Gebäudestrukturen explizit aufgelöst wurden, wurde im Bereich von bebauten Flächen nicht wie außerhalb des Nestinggitters die Landnutzungs-kategorie „Siedlung“, sondern gemäß den Vorgaben des Modellentwicklers die Landnutzungs-kategorie „versiegelte Freifläche“ vorgegeben. Die Bereiche innerhalb von städtischer Bebauung, die nicht einem Gebäude zuzuordnen sind, wurden je nach Durchgrünungsgrad als halb versiegelte oder komplett versiegelte Freifläche berücksichtigt. Im vorliegenden Fall wurde in Wohngebieten eine halb versiegelte Freifläche und in Industrie- /Gewerbegebieten eine komplett versiegelte Freifläche zugrunde gelegt.

Die in den Berechnungen angesetzten Landnutzungsklassen für den Ist- und den Planfall innerhalb des Nestinggebietes zeigen die Anlagen 7 und 8.

6 Ergebnisse der Kaltluftberechnungen

Die Berechnungen wurden für den Istfall und den Planfall ohne übergeordneten Regionalwind durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen somit ausschließlich das thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Im Folgenden wird die Kaltluftsituation zu zwei Zeitpunkten ausgewertet und dargestellt. Der erste Auswertzeitpunkt ist zwei Stunden nach Sonnenuntergang, der zweite Auswertzeitpunkt ist sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Erfahrungen zeigen, dass nach sechs Stunden das Kaltluftgeschehen stationär wird, d. h. dass sich nach diesem Zeitpunkt kaum noch Änderungen im Strömungsgeschehen ergeben.

Zur Verdeutlichung des großräumigen Kaltluftgeschehens innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes werden zunächst die Kaltluftmächtigkeit und der Kaltluftvolumenstrom zwei und sechs Stunden nach Sonnenuntergang für den Istfall dargestellt. Auf eine Darstellung der Ergebnisse des Planfalls sowie der Differenzen zwischen Ist- und Planfall wird an dieser Stelle aufgrund der in dieser Maßstäblichkeit kaum darzustellenden geringfügigen Änderungen verzichtet.

Anschließend werden die Kaltluftmächtigkeit sowie der Kaltluftvolumenstrom für den Ist- und den Planfall sowie als Differenz innerhalb des Nestinggebietes für beide Auswertzeitpunkte dargestellt.

6.1 Großräumiges Kaltluftgeschehen

Anlage 9 zeigt die berechnete Kaltluftmächtigkeit im Istfall im großräumigen Untersuchungsraum zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Anlage 10 zeigt den zum gleichen Zeitpunkt im großräumigen Untersuchungsgebiet auftretenden Kaltluftvolumenstrom. Es wird deutlich, dass das Hardtbachtal bereits zu diesem frühen Nachtzeitpunkt mit Kaltluft aufgefüllt ist. In der Talsenke werden Kaltluftsichtdicken oberhalb von 50 m und Kaltluftvolumenströme oberhalb von $75 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ erreicht.

Wie Anlage 10 zu entnehmen ist, speist sich der Kaltluftabfluss des Hardtbachtals zum einen aus der Kaltluft, die sich lokal auf den talaufwärts gelegenen Frei- und Waldflächen bildet. Zum anderen wird dem Hardtbachtal über eine großräumige Kaltluftbahn, deren Einzugsgebiet bis ins rheinland-pfälzische Ahrgebirge reicht, Kaltluft aus Süden zugeführt. Die Kaltluft fließt aus dem Ahrgebirge über das Tal des Swistbaches in das Gebiet um Meckenheim ab. Weitere Zuflüsse in dieses Gebiet erfolgen über die Täler des Altendorfer Bachs und des Ersdorfer Bachs, sowie über die Bachtäler südlich von Rheinbach. Südwestlich der Ortslage von Meckenheim wird die Kaltluft kanalisiert, wodurch Kaltluftvolumenströme von mehr als $55 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ auftreten. Im Swistbachtal werden südlich von Meckenheim durch Stauung der Kaltluft Mächtigkeiten von teilweise über 50 m erreicht. Der Großteil der Kaltluft fließt anschließend dem Gefälle gemäß in Richtung Nordwesten ab. Ein kleiner Teil hingegen strömt

entgegen dem Gefälle nach Norden in das Tal des Hardtbachs. Nachdem die Kaltluft das Plangebiet erreicht hat, folgt sie der Ausrichtung des Hardtbachtals und fließt in Richtung des Bonner Stadtgebiets. Während ein Teil der Kaltluft in Richtung des Stadtzentrums strömt, fließt der andere Teil nach Norden, wo er sich mit der an den Hängen der Ortschaft Alfter herabströmenden Kaltluft vereinigt.

Anlage 11 und Anlage 12 zeigen die großräumigen Verteilungen von Kaltluftmächtigkeit und Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Gegenüber der Situation zwei Stunden nach Sonnenuntergang wird deutlich, dass sich das Hardtbachtal weiter mit Kaltluft aufgefüllt hat. Es werden jetzt Kaltluflhöhen oberhalb von 70 m erreicht. Auch die tieferliegenden Gebiete des Nordwestens von Bonn sowie der Nordostspitze der Gemeinde Alfter sind mit Kaltluft aufgefüllt. In diesem Bereich werden nun Kaltluftmächtigkeiten von über 50 m erreicht. Auch im Swistbachtal ist die Mächtigkeit der Kaltluftschicht angewachsen. Im Bereich Meckenheim werden nun großflächig Kaltluflhöhen von mehr als 50 m erreicht, während auf dem Gebiet der Gemeinde Swisttal Kaltluflhöhen oberhalb von 60 m auftreten. Anlage 12 zeigt, dass das Anwachsen der Kaltluftschicht im Swistbachtal auf eine Intensivierung des Kaltluftzuflusses aus dem Ahrgebirge zurückzuführen ist. Während ein Teil der Kaltluft der Hangneigung gemäß nach Nordwesten fließt, breitet ein weiterer Teil sich, abweichend vom früheren Nachtzeitpunkt, nun großflächig nach Nordosten in Richtung des Hardtbachtals aus. Auch die Kaltluftproduktion entlang der Hänge des Hardtbachtals hat sich intensiviert. Durch die Vereinigung des lokalen mit dem großräumigen Kaltluftstrom sowie durch die talbedingte Kanalisierung treten nun Kaltluftvolumenströme größer $100 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ auf. Der nach Nordosten fließende Teil der Kaltluft vereinigt sich nun im Bereich Bonn-Duisdorf mit einer aus dem Katzenlochbachtal abfließenden Kaltluftbahn. Der Nordwesten des Bonner Stadtgebiets erfährt aus Süden und Südwesten einen intensiven Kaltluftzufluss, wodurch es zu der zuvor beschriebenen flächenhaften Auffüllung kommt.

6.2 Kaltluftgeschehen im Umfeld des Bebauungsplangebietes

Nachfolgend wird das Kaltluftgeschehen im Umfeld des Bebauungsplangebietes jeweils zwei Stunden und sechs Stunden nach Sonnenuntergang für den Ist- und den Planfall, sowie die prozentualen und absoluten Differenz dargestellt. Ausgewertet werden die Parameter Mächtigkeit der Kaltluftschicht und der Kaltluftvolumenstrom.

6.2.1 Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 13 zeigt die berechnete Kaltluftmächtigkeit im Istfall im Umfeld des Planvorhabens zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Anhand der Verteilung der Kaltluftmächtigkeit kann sehr gut die Lage der Kaltluftleitbahn entlang des Hardtbachtals abgeleitet werden. Die maximale Kaltluftmächtigkeit in der Talsenke beträgt 53 m. Innerhalb des Plangebietes bewegt sich die Höhe der Kaltluftschicht zwischen 8 m im westlichen Bereich und 29 m im äußersten Nordosten.

Anlage 14 stellt die prognostizierte Kaltluftmächtigkeit nach Realisierung des Planvorhabens dar. Beim Vergleich der beiden Abbildungen ist ein Anstieg der Kaltluflhöhe im südwestlichen Plangebiet sowie dem unmittelbar daran angrenzenden Bereich erkennbar.

Zum besseren Vergleichbarkeit der beiden Situationen zeigt Anlage 15 den gemäß dem Bewertungsvorschlag der VDI-Richtlinie zur lokalen Kaltluft [5] klassifizierten, prozentualen Vergleich von Ist- und Planfall. Das Anwachsen der Kaltluftschicht wird deutlich herausgestellt. Das Auftreten von Kaltluflhöhenanstiegen größer 5 % beschränkt sich auf das Gebiet nördlich des Lusbacher Weges, westlich der Nettekoverer Straße, südlich des Gemeindegrabens und östlich der über die Buschkaulen verlaufenden Stromleitungen. Der Anstieg lässt sich auf ein Anstauen der Kaltluft an den Plangebäuden zurückführen. Minderungen der Kaltluftmächtigkeit von mehr als 5 % beschränken sich im Plangebiet auf den Bereich unmittelbar um die Plangebäude. Außerhalb des Plangebiets treten Minderungen der Kaltluftmächtigkeit von zum Teil mehr als 10 % südlich des Konrad-Adenauer-Damms im Bonner Ortsteil Hardthöhe und nördlich der Straße Am Wegschieb im Ortsteil Oedekoven der Gemeinde Alfter auf. Eine Abnahme zwischen 5 und 10 % tritt zudem vereinzelt auf den Freiflächen nordwestlich von Witterschlick auf. Ein Vergleich mit den Anlagen 13 und 14 zeigt, dass diese Minderungen in Gebieten niedriger Kaltluftmächtigkeit im Randbereich der Schneise auftreten und somit nicht auf eine Störung des Kaltlufttransportes aus dem Tal hindeuten. Im Kernbereich der Kaltluftleitbahn sind keine relevanten Änderungen zu verzeichnen.

Anlage 16 zeigt die Veränderung der Kaltluftmächtigkeit durch die Realisierung des Bauvorhabens als absolute Differenzen. Es ist zu sehen, dass Abnahmen von mehr als 2,5 m lediglich im unmittelbaren Umfeld der Plangebäude auftreten. Außerhalb des Plangebiets sind die Abnahmen der Kaltluftmächtigkeit auf maximal 2,5 m beschränkt. Im südwestlichen Plangebiet wächst die Kaltluftschicht teilweise um mehr als 2,5 m an. In den südöstlich angrenzenden Wohngebieten beträgt die Zunahme maximal 2,5 m.

In Anlage 17 ist die Verteilung des Kaltluftvolumenstroms im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang abgebildet. Der Großteil der Kaltluft strömt aus südost- bis südwestlicher Richtung dem Gefälle folgend in das Hardtbachtal ein. Dazu stößt Kaltluft, die aus den Bachtälern im Westen und Nordwesten von Witterschlick zufließt. Das Plangebiet wird von der Kaltluft von Südwesten her durchströmt. Die Kaltluftvolumenstromdichten in diesem Bereich betragen 3–16 m³/m·s. Stromabwärts des Plangebiets wird die Kaltluft durch die enge, zwischen der Bebauung der Talsenke belassene Schneise kanalisiert. Der maximale Kaltluftvolumenstrom an dieser Stelle beträgt 79 m³/m·s.

Die Verteilung des Kaltluftvolumenstroms nach Realisierung des Planvorhabens zeigt Anlage 18. Es ist zu erkennen, dass die Kaltluft das Plangebiet nun nicht mehr ungehindert durchströmen kann und zum großen Teil westlich und östlich der Gebäude vorbeigeleitet

wird. Ein anderer Teil durchquert das Plangebiet oberhalb des Wassergrabens durch die dort belassene Schneise.

Anlage 19 verdeutlicht die Auswirkungen des Planvorhabens in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom. Im Plangebiet selbst ergeben sich mit Ausnahme des Einströmbereichs am Wassergraben, wo die Kaltluft kanalisiert wird, Kaltluftvolumenstromabnahmen von mehr als 10 %. An der Südwestecke des Plangebiets, wo der Kaltluftstrom auf die Gebäude auftrifft und abgebremst sowie umgelenkt wird, ergibt sich eine Minderung von mehr als 10 %. Die Bereiche westlich, südlich und östlich des Plangebiets, die durch die Umlenkung einen größeren Zustrom als zuvor erfahren, weisen einen Anstieg des Kaltluftvolumenstroms von mehr als 10 % auf.

Im durch die Plangebäude abgeschirmten Bereich nordwestlich bis nördlich des Plangebiets tritt, wie zu erwarten, eine Minderung des Kaltluftvolumenstroms auf, welche ebenfalls größer als 10 % ist. Von dieser hohen Minderung sind fast ausschließlich gewerblich genutzte Gebäude des Gewerbegebietes entlang der Raiffeisenstraße betroffen, welche mit großer Wahrscheinlichkeit keine oder nur seltene nächtliche Nutzungen aufweisen. Die Minderung in diesem Bereich ist daher als unkritisch zu bewerten.

Auch für die Kaltluftvolumenströme treten stromabwärts des Plangebiets in den Randbereichen der Kaltluftleitbahn, welche sich durch geringe Volumenströme auszeichnen, vereinzelt Minderungen von mehr als 5 % auf (vgl. Anlagen 17 und 18). Diese sind analog zum Fall der Kaltluftschichtdickenminderungen als unkritisch für den großräumigen Abfluss aus dem Hardtbachtal zu betrachten.

Die in Anlage 20 dargestellten absoluten Änderungen des Kaltluftvolumenstroms zeigen, dass Abnahmen von mehr als $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ lediglich im Umfeld der Plangebäude auftreten. Außerhalb des Plangebiets beschränken sich die Minderungen bis auf zwei unmittelbar im Nordosten und Süden angrenzende Bereiche auf $5 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Durch die Umströmung des Plangebiets steigt der Kaltluftvolumenstrom in den südlich und östlich an das Plangebiet angrenzenden Wohngebieten um $1\text{--}5 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ an. 250 m nördlich des Plangebiets lassen sich keine relevanten Veränderungen mehr feststellen.

Ergänzend wurden die durch eine Querschnittsebene im Bereich der Mündung des Hardtbachtals fließenden Kaltluftvolumenströme im Ist- und Planfall berechnet. Die Lage der Querschnittsebene kann Anlage 10 entnommen werden. Zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang ergibt sich im Planfall eine Minderung des aus dem Tal abfließenden Volumenstroms von 2,0 % gegenüber dem Istfall. Die Auswirkungen des Planvorhabens für den großräumigen Kaltluftabfluss in Richtung Bonn in den frühen Nachtstunden sind somit gemäß den Kriterien der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (vgl. Tabelle 4.1) als „gering“ zu klassifizieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der geringen Einwirktiefe des Planvorhabens zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang eine signifikante Minderung des Kaltluftstroms durch das Hardtbachtal durch die Realisierung des Planvorhabens ausgeschlossen werden kann.

Bezüglich der Gebiete mit nächtlicher Nutzung im Umfeld des Plangebiets treten Minderungen des Kaltluftvolumenstroms im Plangebiet selbst, der nördlich liegenden Wohnbebauung von Am Burggarten, sowie vereinzelt im Bereich der unmittelbar südlich und südöstlich angrenzenden Wohnbebauung auf. Gleichzeitig profitieren die Durchlüftungsverhältnisse im südlichen Plangebiet vom Anwachsen der Kaltluftmächtigkeit durch die Stauwirkung der Plangebäude und die durch die Bauschneise um den Wassergraben einströmende Kaltluft. Die südlich und östlich an das Plangebiet angrenzende Wohnbebauung profitiert flächenhaft ebenfalls von einer gesteigerten Kaltluftschichtdicke und dem durch die Umströmung des Plangebiets gesteigerten Kaltluftvolumenstrom. Im nördlichen Plangebiet sowie dem nördlich angrenzenden Gebieten liegt die Kaltluftmächtigkeit auch nach Realisierung des Planvorhabens flächenhaft oberhalb von 15 m. Die planungsbedingten Reduzierungen der Kaltluftmächtigkeit und des Kaltluftvolumenstroms im Nahbereich des Planvorhabens sind daher zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang als unkritisch für die Belüftungsverhältnisse einzustufen.

6.2.2 Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 21 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall. Gegenüber der Situation zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang ist ein deutliches Anwachsen der Kaltluftschicht zu verzeichnen. Im Plangebiet bewegt sich die Höhe der Kaltluftschicht nun zwischen 33 m im Südwesten und 58 m im Nordosten. In der Talsenke werden Schichtdicken bis zu 80 m erreicht. Im Vergleich mit Anlage 22, welche die Situation nach Realisierung des Planvorhabens darstellt, sind optisch keine Unterschiede auszumachen.

In Anlage 23 ist die prozentuale Änderung der Kaltluftmächtigkeit dargestellt. Durch die nun hohen vorliegenden Schichtdicken treten Abnahmen von mehr als 5 % nur noch direkt um die Plangebäude herum, sowie vereinzelt im Bereich Oedekoeven (s. oberer Bildrand) auf.

Anlage 24, welche die dimensionsbehaftete Veränderung der Kaltluftschichtdickenverteilung darstellt, zeigt, dass auch beim Vergleich von Absolutwerten die Unterschiede zwischen Ist- und Planfall weniger stark ausgeprägt ausfallen als vier Stunden zuvor.

Anlage 25 zeigt die Verteilung des Kaltluftvolumenstroms im Istfall zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Auch in Bezug auf diesen Parameter haben sich die Verhältnisse deutlich intensiviert. Das Hardtbachtal erfährt einen umfassenden Kaltluftzustrom aus Süden, Westen und Südwesten. Im Plangebiet werden nun großflächig Volumenströme

oberhalb von $40 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ erreicht. In der Talsenke treten sehr hohe Kaltluftvolumenströme von teils über $150 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ auf.

Im Vergleich zu den Verhältnissen nach Realisierung des Planvorhabens, welche in Anlage 26 abgebildet sind, ist auch zu diesem späteren Nachtzeitpunkt eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Plangebiets zu erkennen. Zudem ist zu sehen, dass das Plangebiet nun eher von Süden als wie vier Stunden zuvor von Südwesten angeströmt wird.

Anlage 27 gibt die relative Änderung des Kaltluftvolumenstroms im Planfall gegenüber dem Istfall wieder. Prozentual betrachtet haben sich die Veränderungen gegenüber dem früheren Zeitpunkt insgesamt gesehen abgeschwächt. Dies lässt sich durch die nun auftretenden, höheren Volumenströme erklären. Es treten jedoch auch die Effekte der Änderung der Anströmrichtung hervor: Da die Kaltluft nun aus Süden einströmt, werden die Gebäude des Plangebiets vermehrt von ihr überströmt und es kann weniger Kaltluft in die Bauschneise des Wassergrabens gelangen. Zudem wird weniger Kaltluft südlich um das Plangebiet herumgelenkt, weshalb es hier zu einer Abnahme kommt. Im Westen und Südosten hingegen nimmt der Kaltluftvolumenstrom aufgrund der Umströmung des Plangebiets zu.

Im dimensionsbehafteten Vergleich, dargestellt in Anlage 28, fallen die absoluten Unterschiede insgesamt höher aus als vier Stunden zuvor. Innerhalb des Plangebiets beträgt die Abnahme flächenhaft mehr als $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Dies ist auf die nun stärker auftretende Überströmung des Plangebiets und die verminderte Durchlüftung über die Schneise um den Wassergraben zurückzuführen. Während es im Süden sowie Norden bis Nordwesten zu Abnahmen zwischen 1 und $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ kommt, findet im Westen sowie Südosten bis Osten im Bereich der Wohnbebauung eine Zunahme um 1 – $10 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ statt. 250 m nördlich des Plangebiets lassen sich keine relevanten Veränderungen mehr feststellen.

Zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang hat sich die Minderung des im Planfall durch die Querschnittsebene aus dem Hardtbachtal abfließenden Kaltluftvolumenstroms auf $0,5 \%$ gegenüber dem Istfall verringert. Dies ist durch das Auftreten der nun sehr hohen Kaltluftvolumenströme zu erklären, die die Einwirktiefe des Planvorhabens auf den Kaltluftabfluss aus dem Tal verringert haben.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch sechs Stunden nach Sonnenuntergang eine signifikante Minderung des Kaltluftstroms durch das Hardtbachtal durch die Realisierung des Planvorhabens ausgeschlossen werden kann. Bezüglich der Gebiete mit nächtlicher Nutzung im Umfeld des Plangebiets treten Minderungen des Kaltluftvolumenstroms im Plangebiet selbst, in den im Süden angrenzenden Wohngebieten nördlich des Lusbacher Wegs, der unmittelbar nördlich liegenden Wohnbebauung von Am Burggarten sowie vereinzelt im Bereich der Wohnbebauung des Ahornwegs auf. Die Kaltluftvolumenströme in diesen Bereichen sind jedoch auch nach Realisierung des Planvorhabens mit Werten zwischen 20 und $50 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ immer noch als sehr hoch einzustufen. Des Weiteren liegen mit Werten zwischen 30 und 60 m

relativ hohe Kaltluftmächtigkeiten vor. Die planungsbedingte Reduzierung des Kaltluftvolumenstroms im Nahbereich des Planvorhabens ist daher auch hier als unkritisch für die Belüftungsverhältnisse einzustufen. Die südöstlich bis östlich angrenzende Wohnbebauung profitiert auch zum späteren Nachtzeitpunkt von der dortigen Zunahme des Kaltluftvolumenstroms.

7 Planungsempfehlungen

In den KLAM_21-Berechnungen wurde gezeigt, dass die Realisierung des Planvorhabens lediglich geringe Auswirkungen auf die Kaltluftströmung durch das Hardtbachtal hat. Eine signifikante Schwächung, bzw. ein Abriss der Kaltluftströmung kann auf Grundlage der Modelsergebnisse gesichert ausgeschlossen werden. Vor dem Hintergrund der sehr hohen, durch das Tal strömenden Kaltluftmengen sind jegliche Abnahmen von Kaltluftmächtigkeit und Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Planvorhabens als unkritisch zu beurteilen. Somit kann aus gutachterlicher Sicht auf eine Anpassung der Gebäudekubatur, bzw. der Gebäudehöhe verzichtet werden.

Das Gutachten hat den positiven Beitrag der Bauschneise um den Wassergraben zur Belüftung des Plangebiets und der östlich angrenzenden Wohnbebauung in den frühen Nachtstunden deutlich gemacht. Zur optimalen Durchströmung sollte die dortige Grünfläche so gestaltet werden, dass bodennah möglichst wenig Strömungswiderstand geboten wird.

Zur Verbesserung, bzw. zum Erhalt der bestehenden Kaltluftproduktionsmengen empfehlen wir, soweit möglich, die geplanten Gebäude mit extensiver Dachbegrünung auszustatten. Zudem sollten in geeigneten Bereichen Teil-Fassadenbegrünungen angestrebt werden. Im Bereich der Außenanlagen sollten Flächen nur im erforderlichen Umfang versiegelt werden.

8 Zusammenfassung

Die Gemeinde Alfter plant den im Flächennutzungsplan der Gemeinde Alfter im Ortsteil Witterschlick als Gewerbe- und Wohnbauflächen dargestellten Bereich zwischen der B 56 im Norden und der bestehenden Ortslage im Süden, angrenzend an das Gewerbegebiet Witterschlick im Rahmen des Bebauungsplanes 093 „Buschkauler Feld“ zu Gewerbe- und Wohnbauflächen zu entwickeln. Das Plangebiet umfasst derzeit landwirtschaftlich genutzte Flächen [1].

Das Plangebiet liegt innerhalb einer großräumigen Kaltluftbahn, über die in klaren Nächten Kaltluft aus dem Ahrgebirge nach Norden fließt und durch das Hardtbachtal strömt. Aufgrund der Vielzahl von Frei- und Waldflächen fließt zudem lokal an den Hängen des Tals gebildete Kaltluft zu.

Es sollte überprüft werden, ob sich durch die geplante bauliche Nutzung mögliche Beeinträchtigungen stadtklimatisch-lufthygienischer Standortbedingungen in diesem Bereich ergeben. Im Rahmen dieses Gutachtens war zu klären, ob die geplante Bebauung zu einer Schwächung der Frisch-, bzw. Kaltluftschneise des Hardtbachtals führt.

Um dies gutachterlich abzuklären, wurde eine Kaltluftuntersuchung bezüglich der Auswirkungen des Vorhabens auf den Kaltluftabfluss der Frisch-/Kaltluftschneise des Hardtbachtals durchgeführt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Kaltluftberechnungen mit dem Kaltluftmodell KLAM_21 in der aktuellen Version für den Ist- und Planfall unter Berücksichtigung des Reliefs, der Landnutzung sowie der Bebauungssituation im Umfeld des Planvorhabens durchgeführt. Die Beurteilung der Veränderung erfolgte anhand eines Vergleiches der berechneten Kaltluftkenngrößen Kaltluftschichtdicke und Kaltluftvolumenstrom.

Lage und Höhe der geplanten Gebäude wurden auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Bebauungsplan 093 „Buschkauler Feld“ mit Stand Juni 2020 [2], [3] erfasst.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass in den frühen Nachtstunden die Kaltluftmächtigkeit durch die Realisierung des Planvorhabens im Südwesten des Plangebiets und den südlich daran angrenzenden Bereichen um mehr als 10 % zunimmt, während sie im Norden des Plangebiets und den daran angrenzenden Gebieten um weniger als 5 % abnimmt.

Der Kaltvolumenstrom nimmt infolge der durch die erhöhten Geländerauhigkeiten verminderten Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Plangebiets um mehr als 10 % ab. Eine Ausnahme hiervon bildet der Einströmbereich der von Bebauung freigelassen Schneise um den

Wassergraben, wo er um mehr als 10 % zunimmt. Während es im Südwesten und Norden bis Nordosten des Plangebiets zu Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms von mehr als 10 % kommt, treten im Westen und Südosten bis Osten Zunahmen von mehr als 10 % auf.

Den Auswirkungen der planungsbedingten Reduzierung des Kaltluftvolumenstroms im Südwesten des Plangebiets und den daran angrenzenden Bereichen werden durch einen simultanen Anstieg der Kaltluftmächtigkeit in diesem Bereich entgegengewirkt. Im nördlichen Plangebiet sowie dem nördlich angrenzenden Gebieten liegt die Kaltluftmächtigkeit auch nach Realisierung des Planvorhabens flächenhaft oberhalb von 15 m. Die planungsbedingten Reduzierungen der Kaltluftmächtigkeit und des Kaltluftvolumenstroms im Nahbereich des Planvorhabens sind daher für den Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang als unkritisch für die Belüftungsverhältnisse einzustufen.

Für den Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang zeigen die Rechenergebnisse keine signifikanten Änderungen der Kaltluftmächtigkeit. Für den Kaltluftvolumenstrom werden Abnahmen von mehr als 10 % für das Plangebiet sowie die unmittelbar nordwestlich und südwestlich angrenzenden Bereiche und Zunahmen von mehr als 10 % in den südöstlich und westlich angrenzenden Gebieten prognostiziert.

Angesichts der auch nach Realisierung des Planvorhabens immer noch sehr hohen vorliegenden Kaltluftvolumenströme ist die planungsbedingte Abnahme des Kaltluftvolumenstroms im Nahbereich des Planvorhabens auch für den Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang als unkritisch für die Belüftungsverhältnisse einzustufen.

Ergänzend wurden die durch eine Querschnittsebene im Bereich der Mündung des Hardtbachtals fließenden Kaltluftvolumenströme im Ist- und Planfall berechnet. Zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Sonnenuntergang ergibt sich im Planfall eine Minderung des aus dem Tal abfließenden Volumenstroms von 2,0 % gegenüber dem Istfall. Zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang hat sich die Minderung aufgrund der Zunahme des Kaltluftvolumenstroms und der daraus resultierenden geringeren Einwirktiefe des Planvorhabens auf 0,5 % gegenüber dem Istfall verringert. Die Auswirkungen des Planvorhabens für den großräumigen Kaltluftabfluss in Richtung Bonn sind somit gemäß den Kriterien der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (vgl. Tabelle 4.1) als „gering“ zu klassifizieren.

Aufgrund der nur geringen Einwirktiefe des Planvorhabens gegenüber den sehr hohen Kaltluftvolumenströmen durch das Hardtbachtal kann eine signifikante Minderung dieser durch die Realisierung des Planvorhabens ausgeschlossen werden.

Somit ist sichergestellt, dass aus der Realisierung des Planvorhabens keine Schwächung der Frisch- bzw. Kaltluftschneise des Hardtbachtals resultiert.

Zur optimalen Durchströmung der Bauschneise entlang des Wassergrabens sollte die dortige Grünfläche so gestaltet werden, dass bodennah möglichst wenig Strömungswiderstand geboten wird. Zur Verbesserung, bzw. zum Erhalt der bestehenden Kaltluftproduktionsmengen empfehlen wir, soweit möglich, die geplanten Gebäude mit extensiver Dachbegrünung auszustatten. Zudem sollten in geeigneten Bereichen Teil-Fassadenbegrünungen angestrebt werden. Im Bereich der Außenanlagen sollten Flächen nur im erforderlichen Umfang versiegelt werden.

Peutz Consult GmbH

i.V. Dipl.-Geogr. Björn Siebers
(fachliche Verantwortung / Projektbearbeitung)

M. Sc. Helena Röhling
(Projektmitarbeit)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Übersichtslageplan der Bestandssituation
- Anlage 2 Übersichtslageplan der Plansituation
- Anlage 3 Geländehöhen im gesamten Untersuchungsgebiet
- Anlage 4 Geländehöhen im inneren Nestinggebiet im Bestandsfall
- Anlage 5 Geländehöhen im inneren Nestinggebiet im Planfall
- Anlage 6 Landnutzungsklassen im gesamten Untersuchungsgebiet
- Anlage 7 Landnutzungsklassen im inneren Nestinggebiet im Bestandsfall
- Anlage 8 Landnutzungsklassen im inneren Nestinggebiet im Planfall
- Anlage 9 Höhe der Kaltluftschicht im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum
- Anlage 10 Kaltluftvolumenstrom im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum
- Anlage 11 Höhe der Kaltluftschicht im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum
- Anlage 12 Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum
- Anlage 13 Höhe der Kaltluftschicht im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang

- Anlage 14 Höhe der Kaltluftschicht im Planfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 15 Prozentuale Veränderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 16 Absolute Veränderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 17 Kaltluftvolumenstrom im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 18 Kaltluftvolumenstrom im Planfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 19 Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 20 Absolute Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 21 Höhe der Kaltluftschicht im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 22 Höhe der Kaltluftschicht im Planfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 23 Prozentuale Veränderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 24 Absolute Veränderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 25 Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 26 Kaltluftvolumenstrom im Planfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 27 Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang

Anlage 28 Absolute Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach
Sonnenuntergang

Übersichtslageplan der Bestandssituation



 Plangebiet



0 100 200 300 400 m



Übersichtslageplan der Plansituation

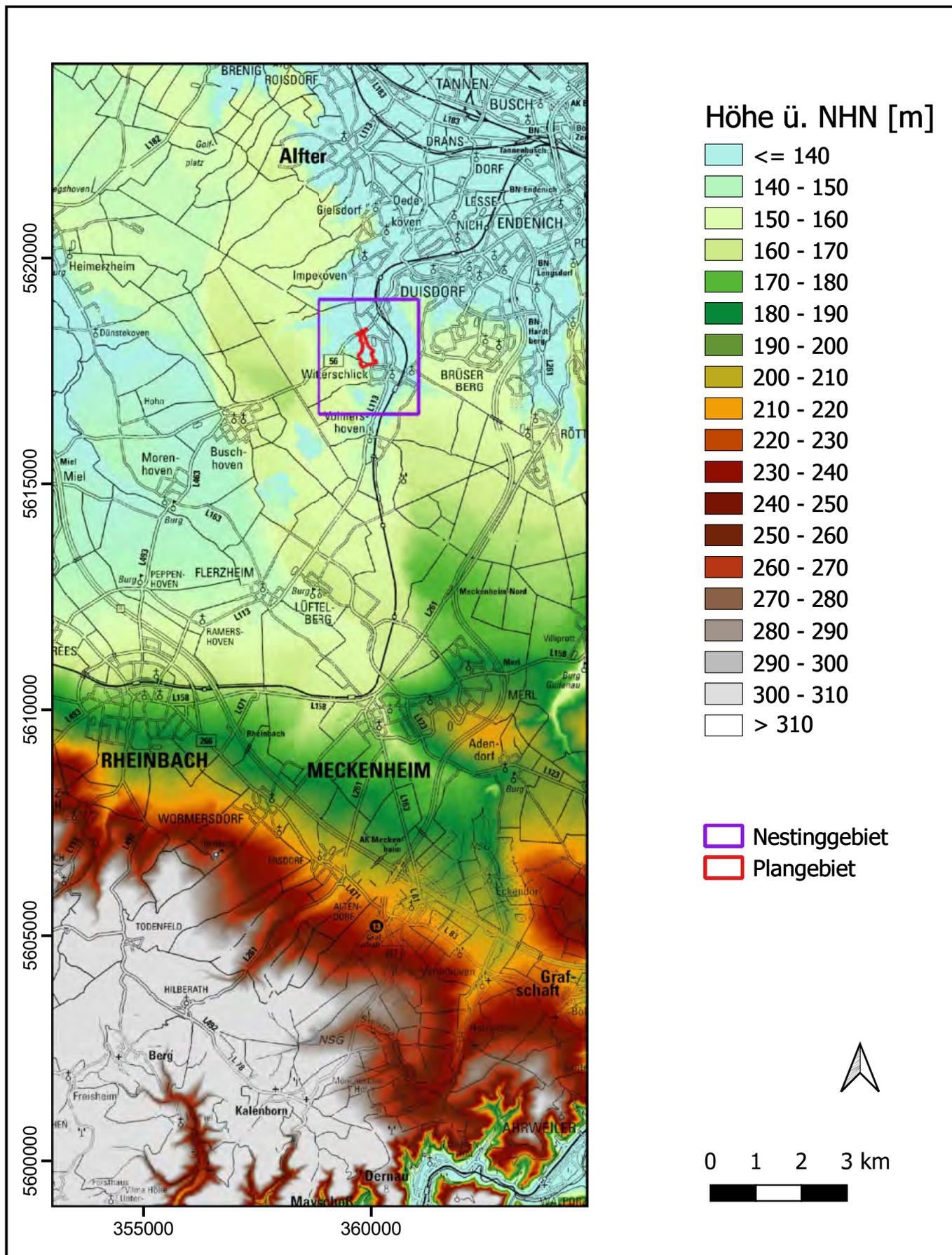


 Plangebiet

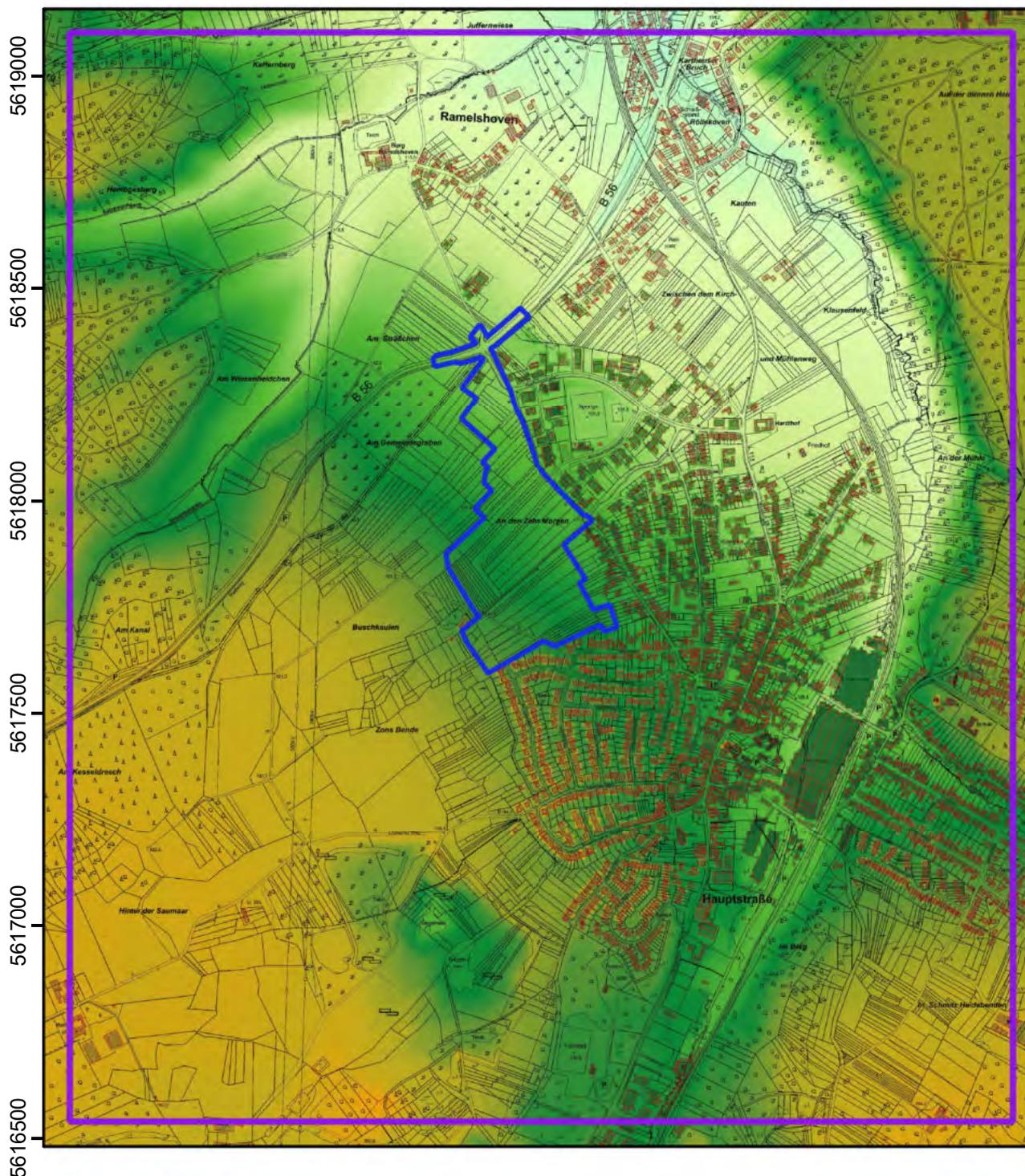


0 100 200 300 400 m





Geländehöhen im Nestinggebiet im Bestandsfall



Höhe ü. NHN [m]

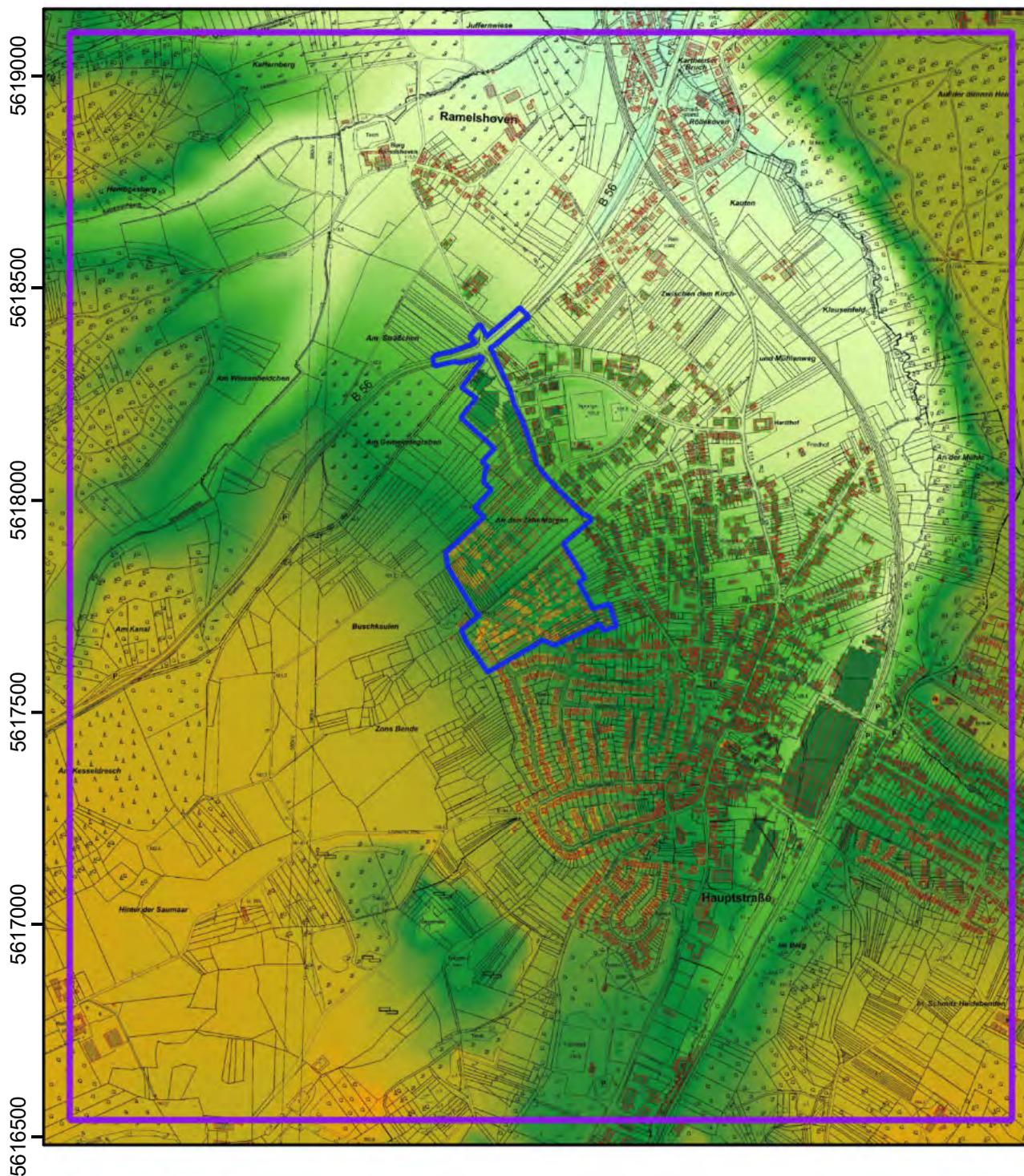
	<= 90		120 - 130		160 - 170
	90 - 100		130 - 140		>170
	100 - 110		140 - 150		
	110 - 120		150 - 160		

	Gebäude
	Nestinggebiet
	Plangebiet

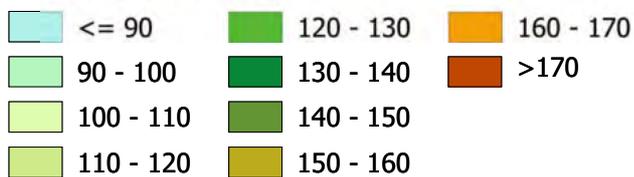


0 200 400 600 m



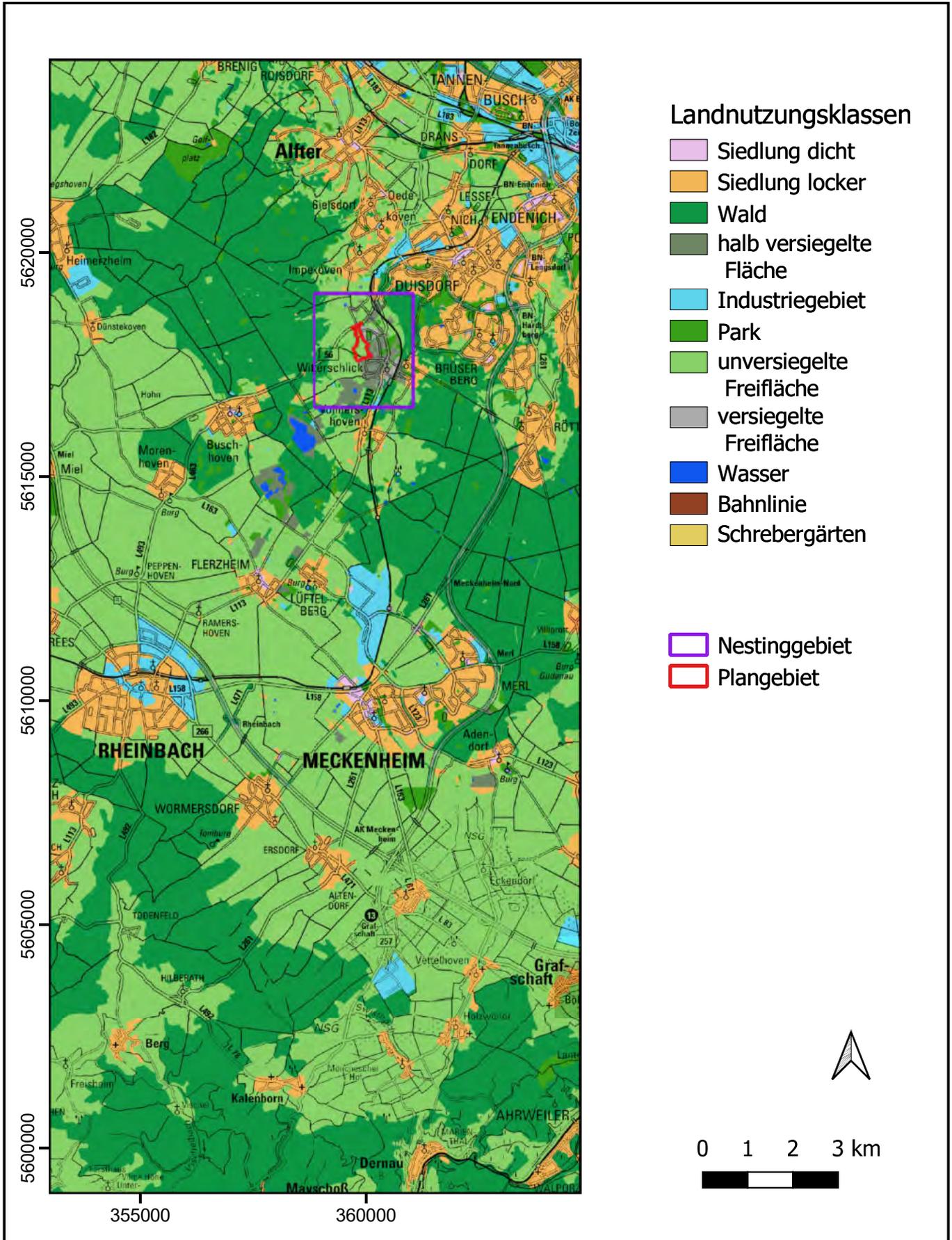


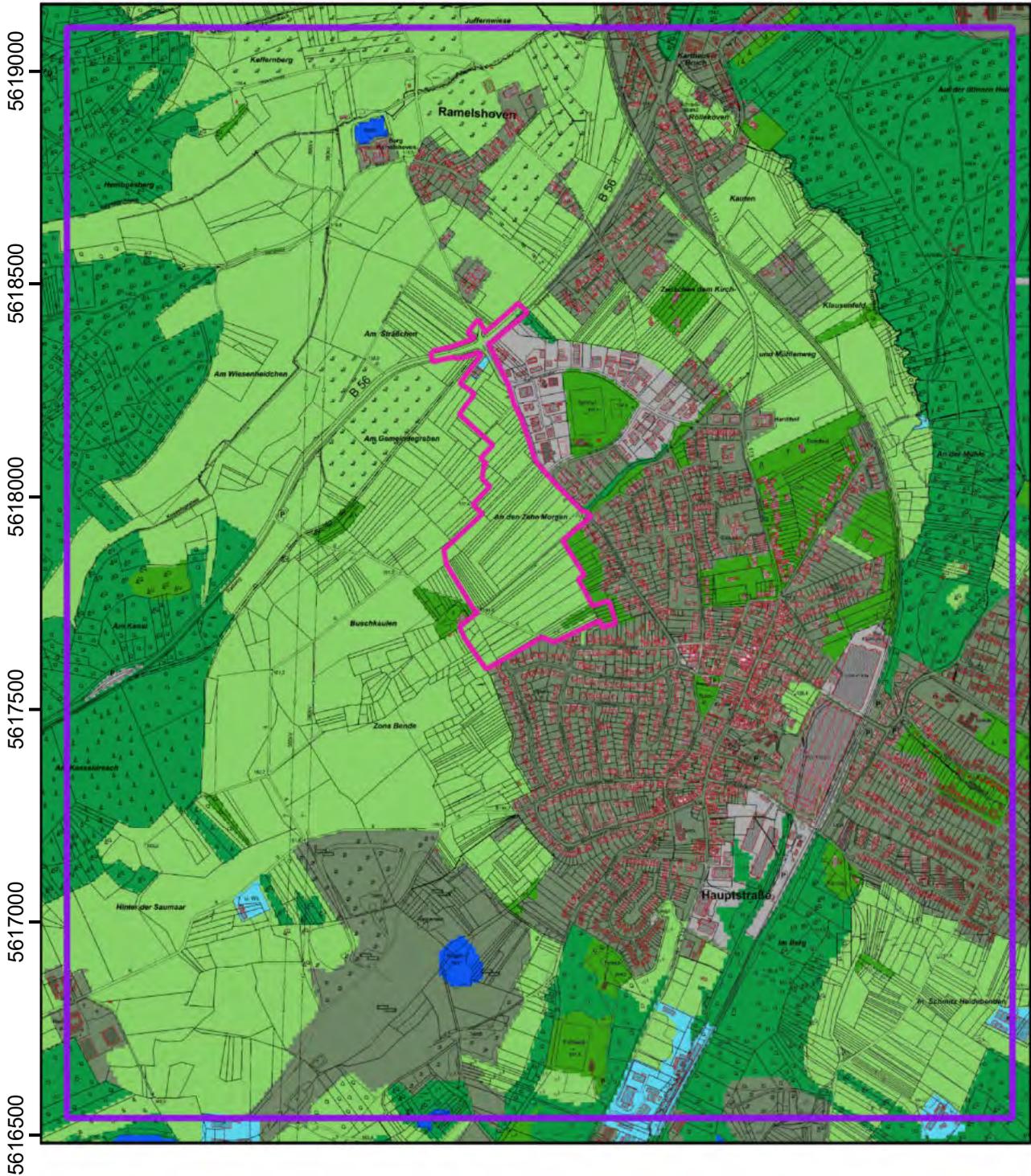
Höhe ü. NHN [m]



0 200 400 600 m







Landnutzungsklassen

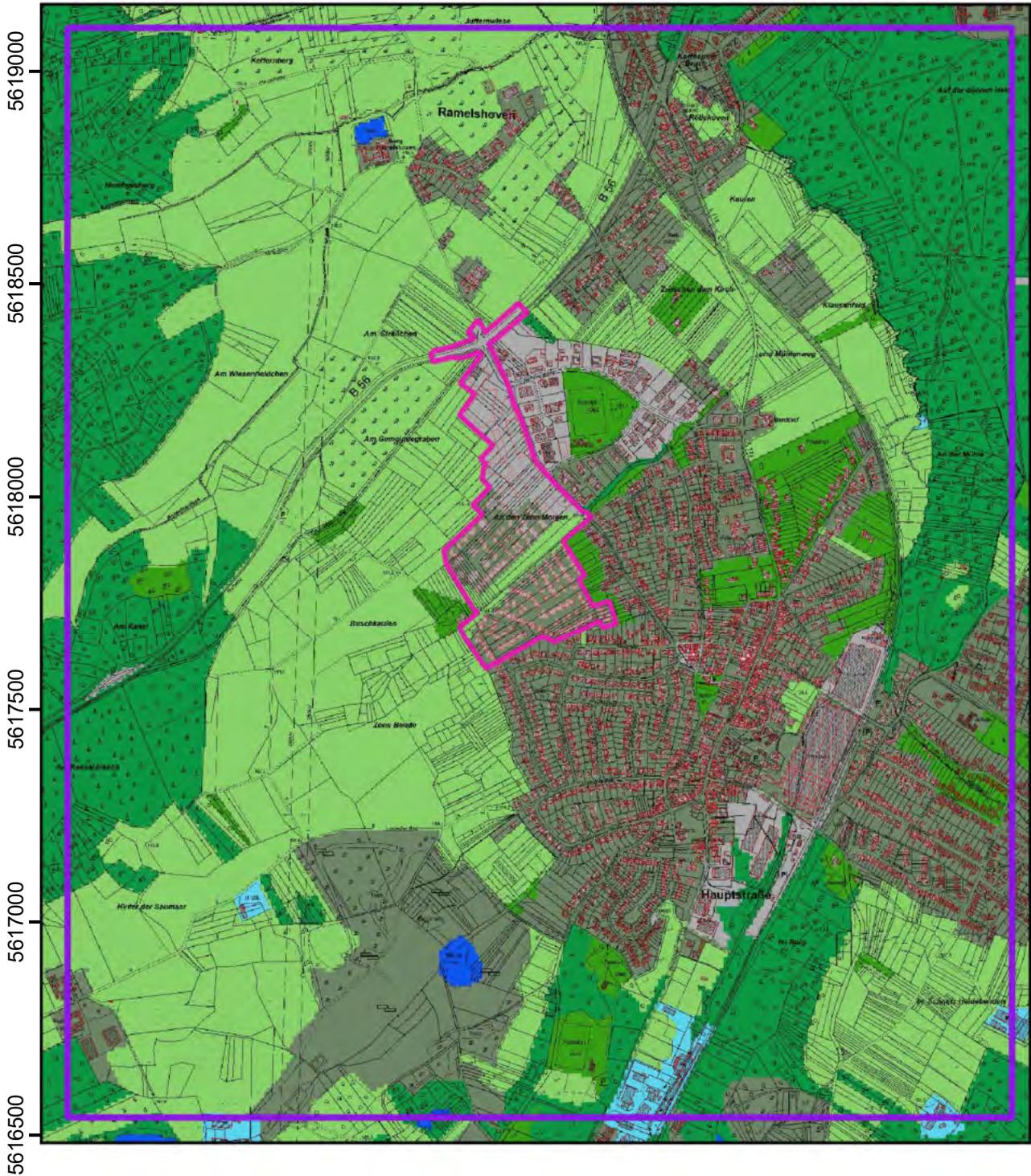
- | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------------|
| Siedlung dicht | halb versiegelte Fläche | Wasser |
| Siedlung locker | Industriegebiet | versiegelte Freifläche |
| Wald | unversiegelte Freifläche | Bahnlinie |
| Park | | Schrebergärten |

- | |
|---------------|
| Gebäude |
| Nestinggebiet |
| Plangebiet |



0 200 400 m





Landnutzungsklassen

- | | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------------|----------------|
| Siedlung dicht | halb versiegelte Fläche | Wasser | Schrebergärten |
| Siedlung locker | Industriegebiet | versiegelte Freifläche | Gebäude |
| Wald | unversiegelte Freifläche | Bahnlinie | |
| Park | | | |



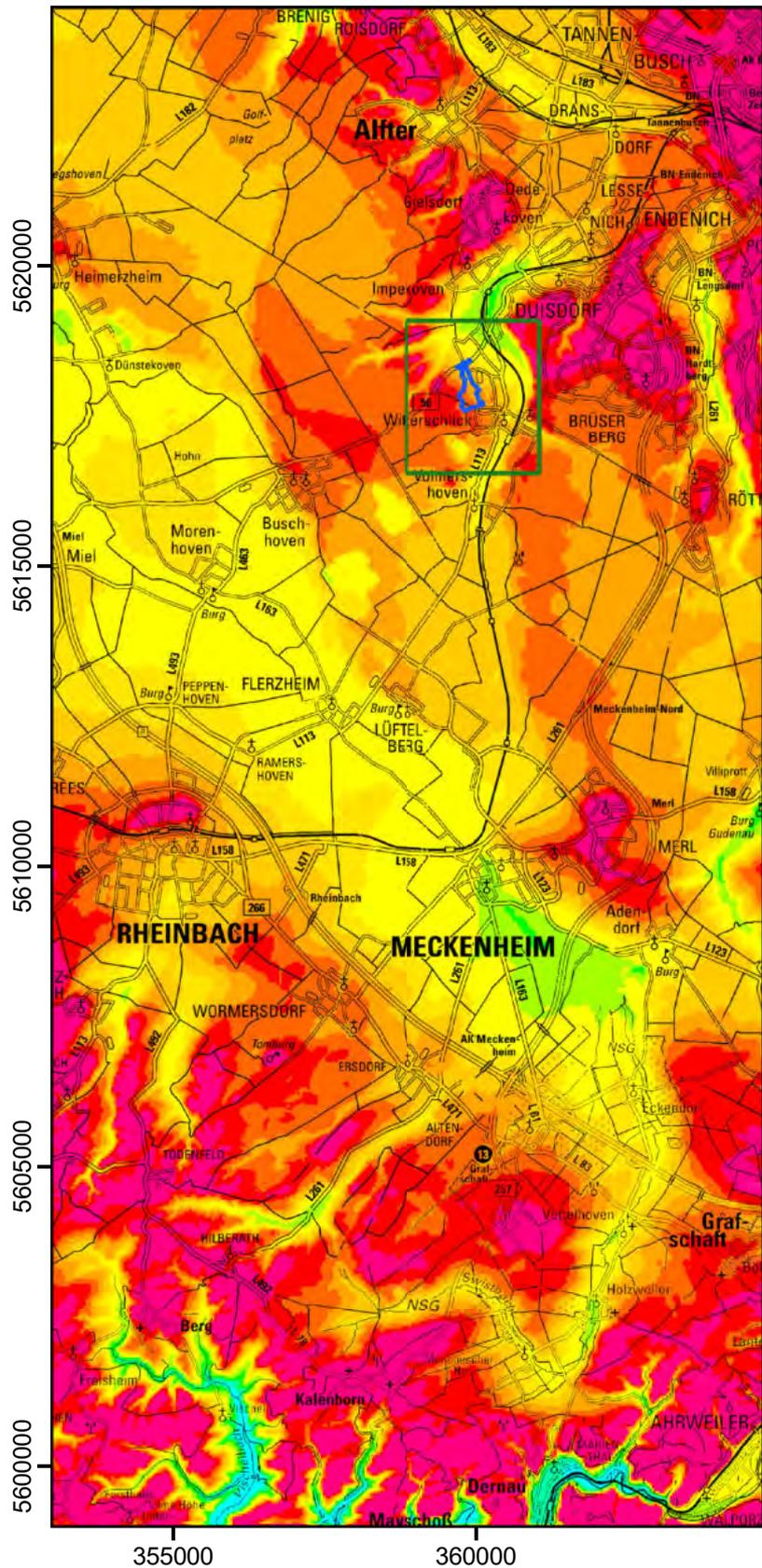
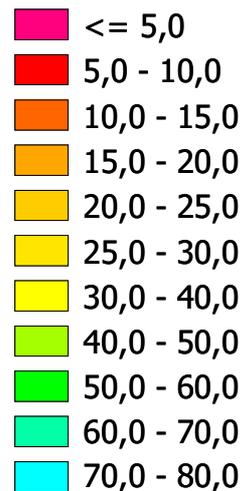
0 200 400 600 m



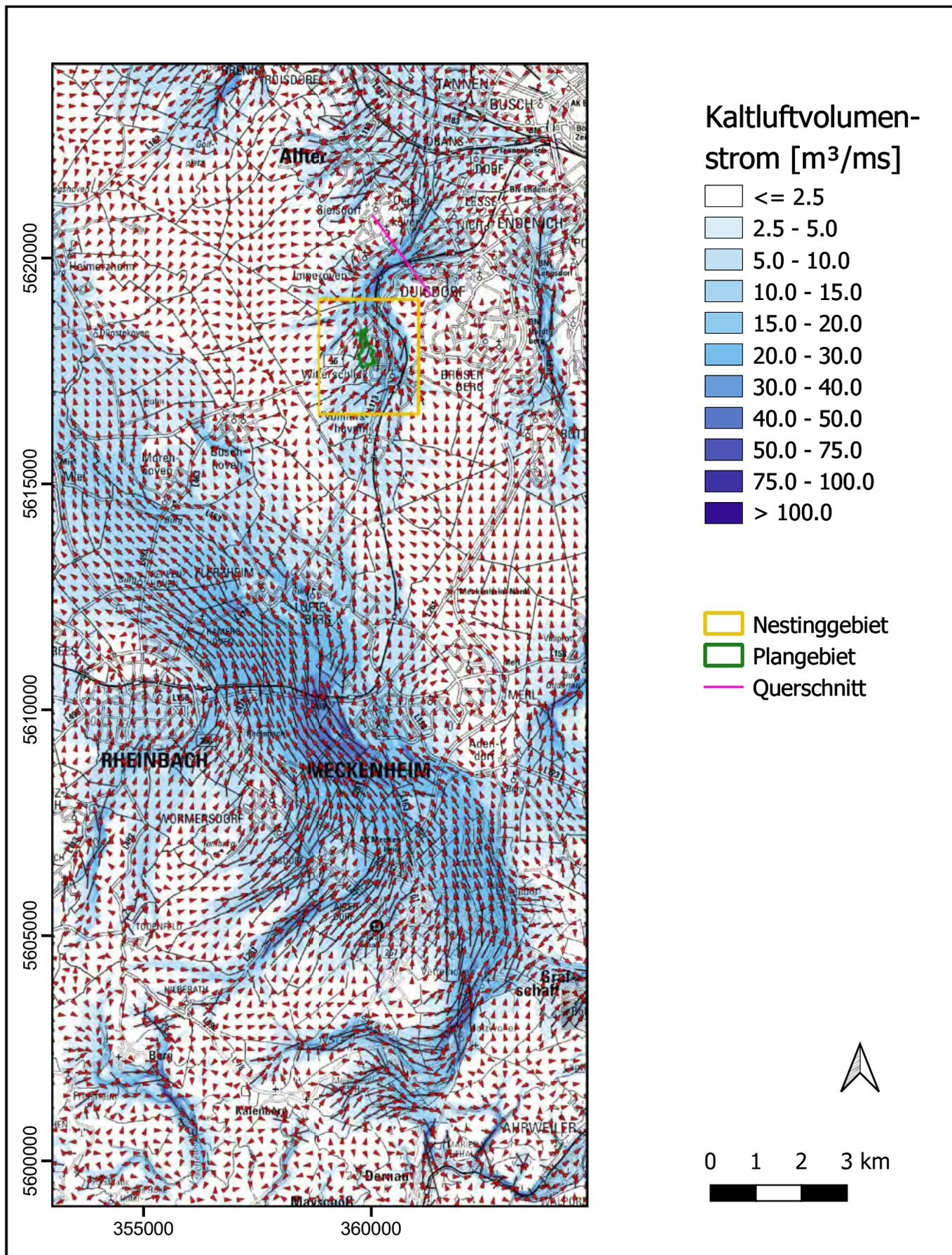
Höhe der Kaltluftschicht im Istfall zwei Stunden nach
Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum



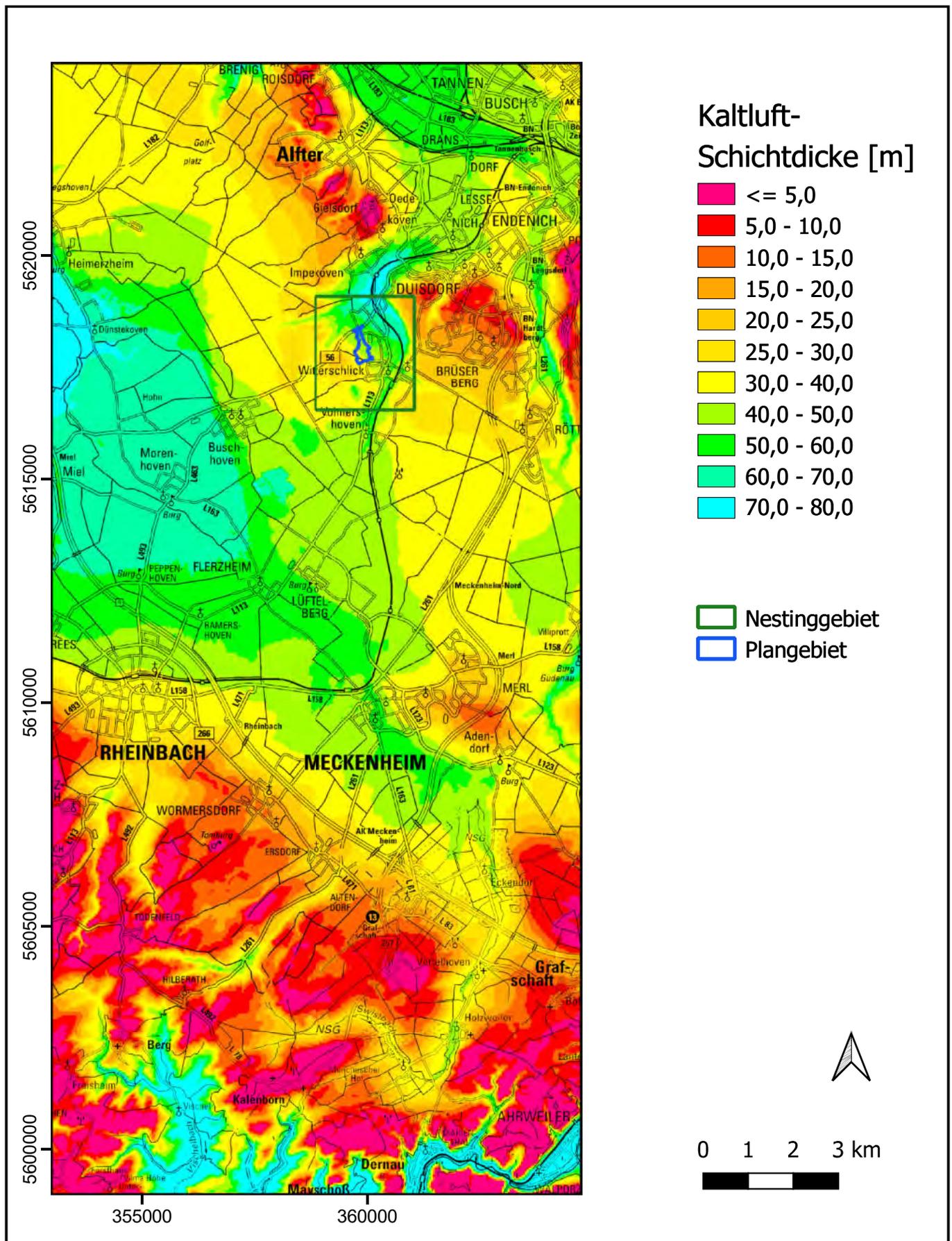
Kaltluft-
Schichtdicke [m]



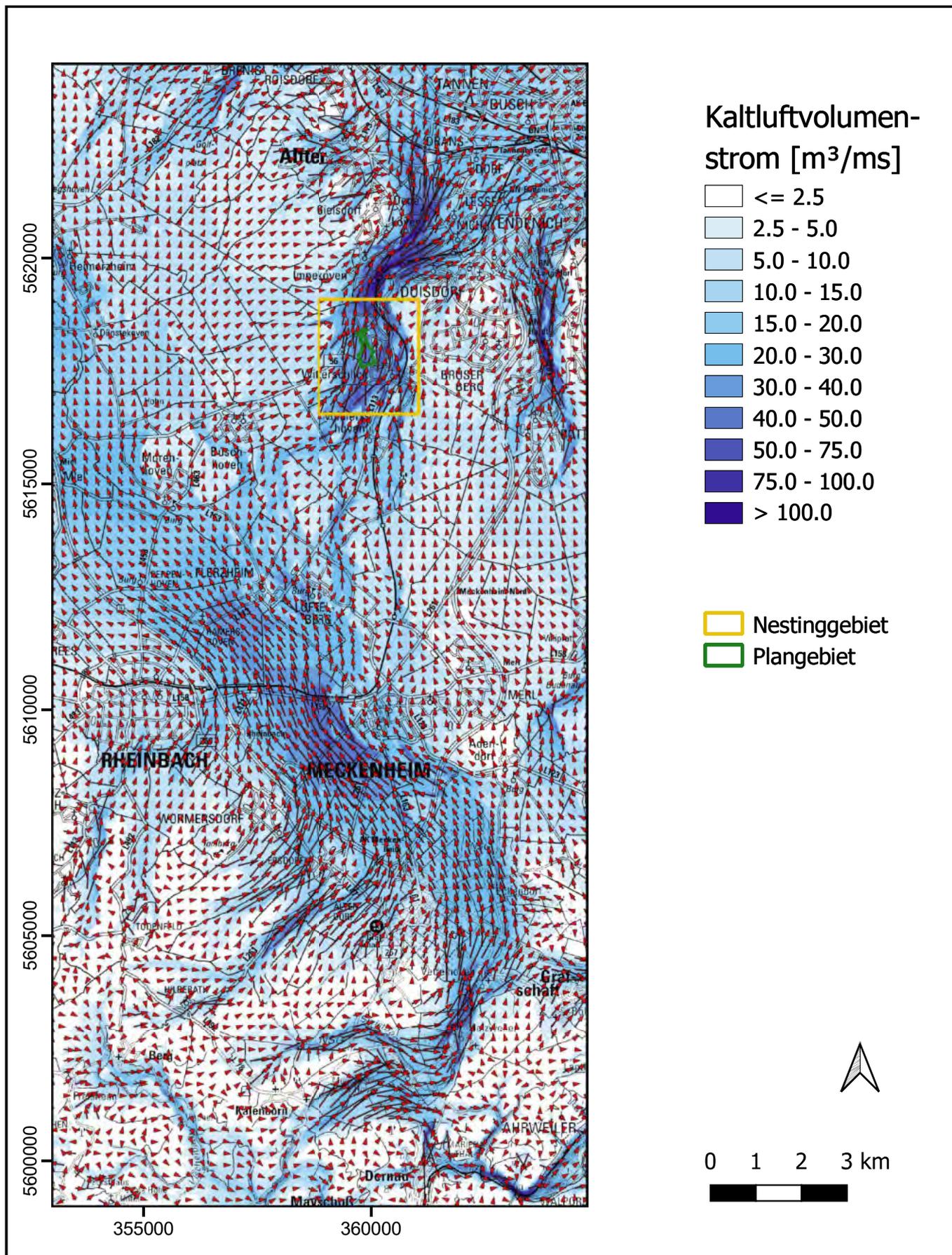
Kaltluftvolumenstrom im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum



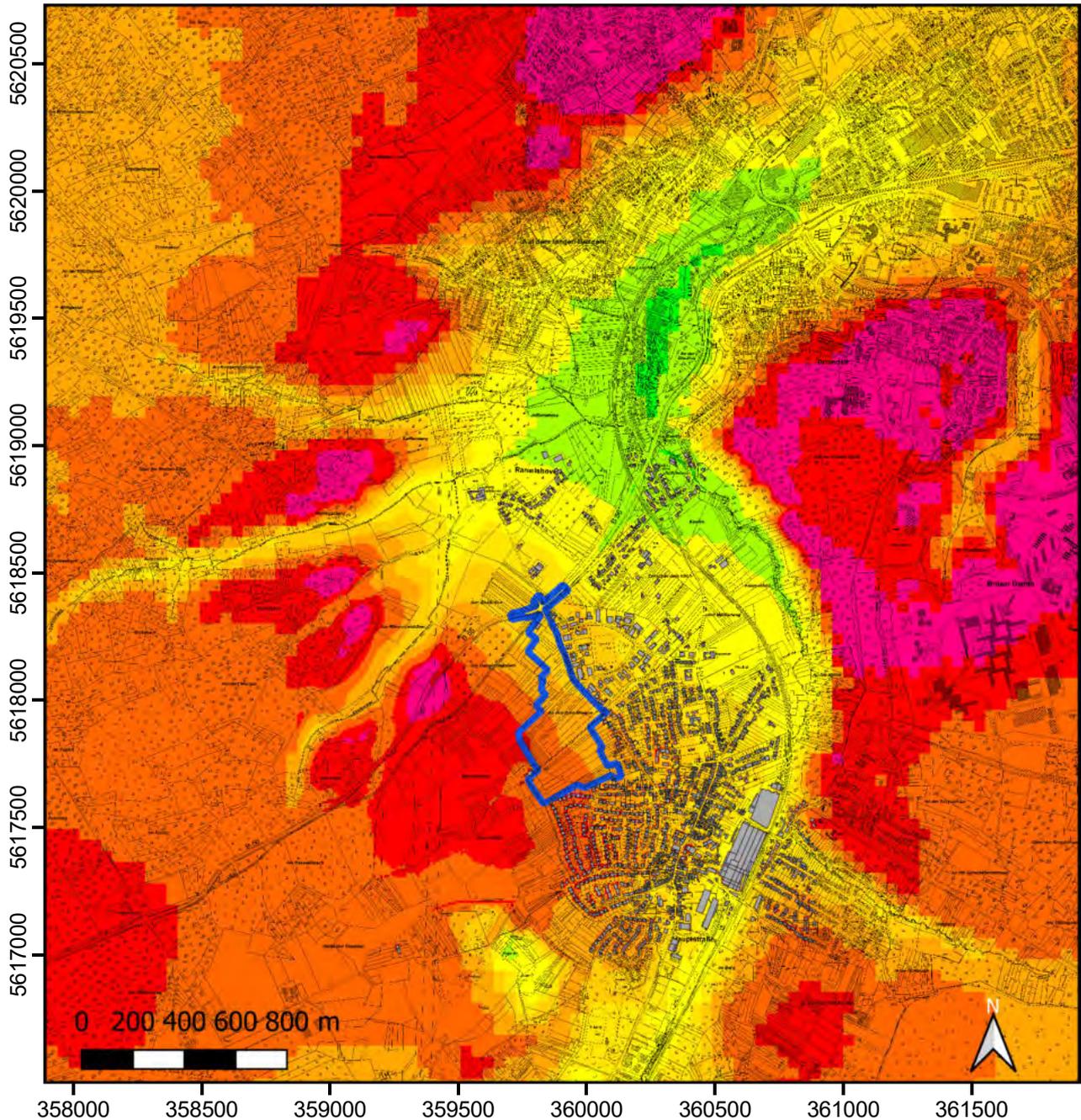
Höhe der Kaltluftschicht im Istfall sechs Stunden nach
Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum



Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang – gesamter Untersuchungsraum



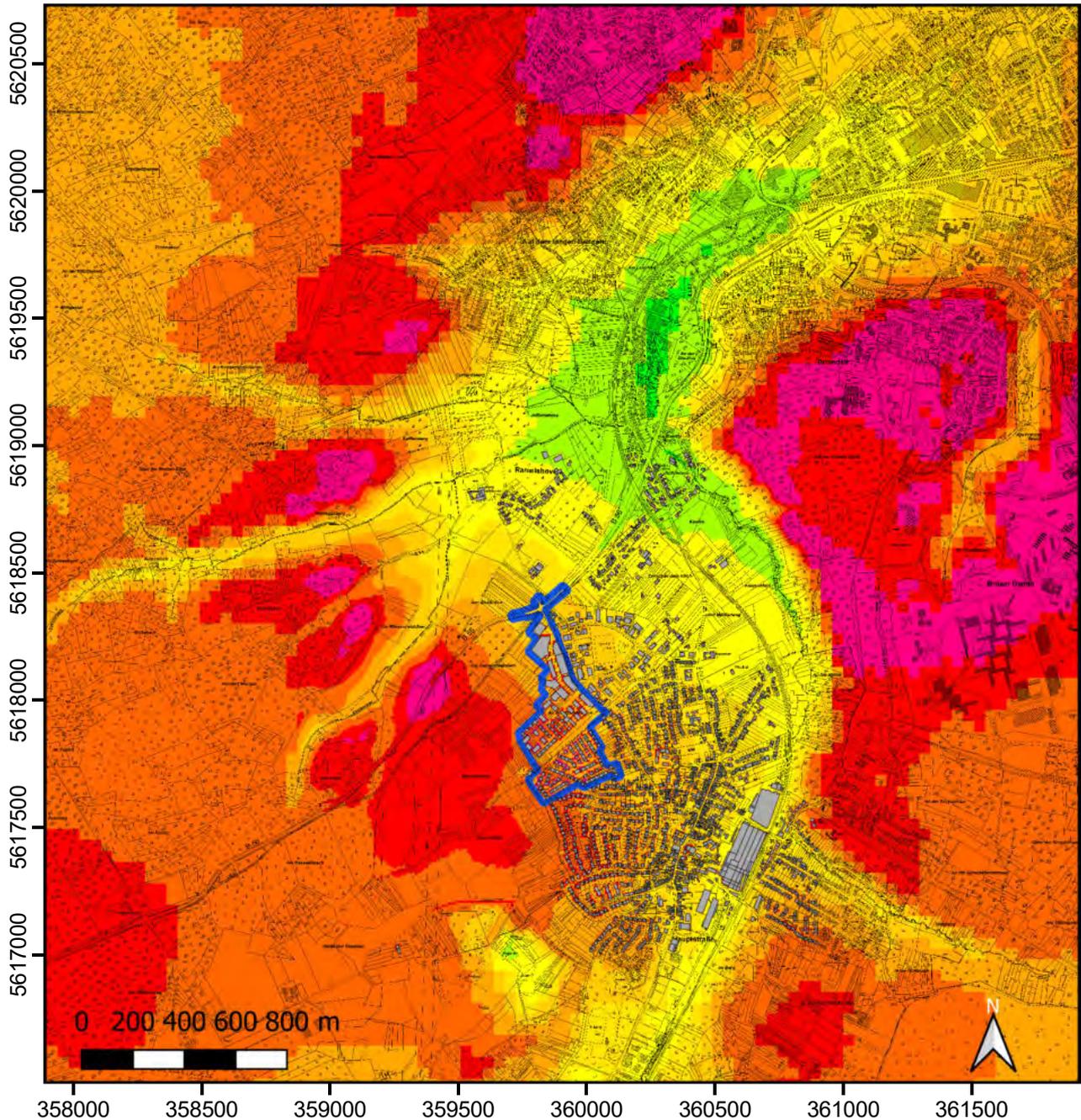
Höhe der Kaltluftschicht im Istfall zwei Stunden nach
Sonnenuntergang



Kaltluft-Schichtdicke (m)	15,0 - 20,0	50,0 - 60,0
	20,0 - 25,0	60,0 - 70,0
	≤ 5,0	70,0 - 80,0
	5,0 - 10,0	
	10,0 - 15,0	
	25,0 - 30,0	
	30,0 - 40,0	
	40,0 - 50,0	

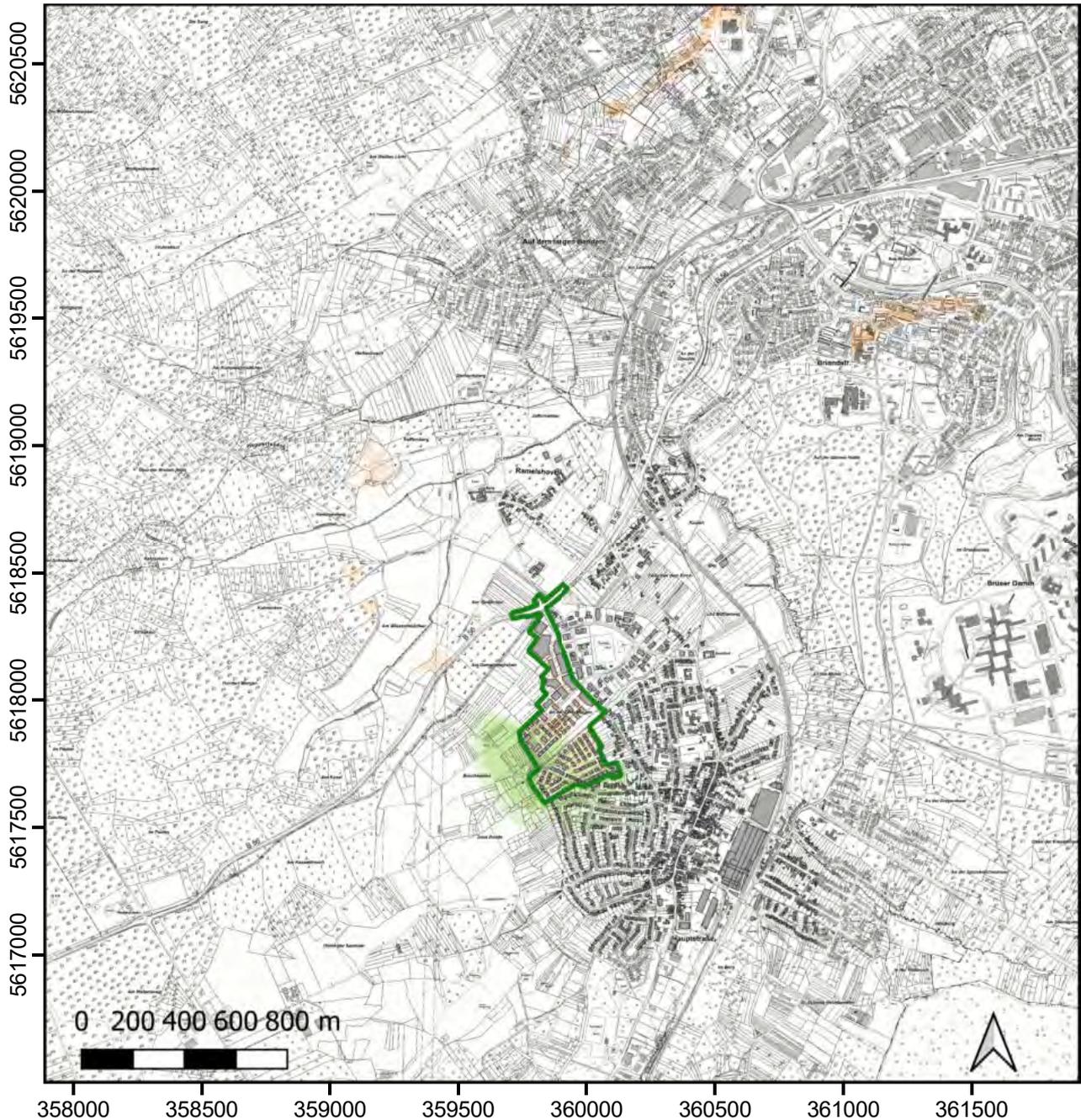
- Plangebiet
- aufgelöste Bebauung

Höhe der Kaltluftschicht im Planfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang



Kaltluft-Schichtdicke (m)	15,0 - 20,0	50,0 - 60,0
	20,0 - 25,0	60,0 - 70,0
	≤ 5,0	70,0 - 80,0
	5,0 - 10,0	
	10,0 - 15,0	
	25,0 - 30,0	
	30,0 - 40,0	
	40,0 - 50,0	
Plangebiet		
aufgelöste Bebauung		

Prozentuale Veränderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang



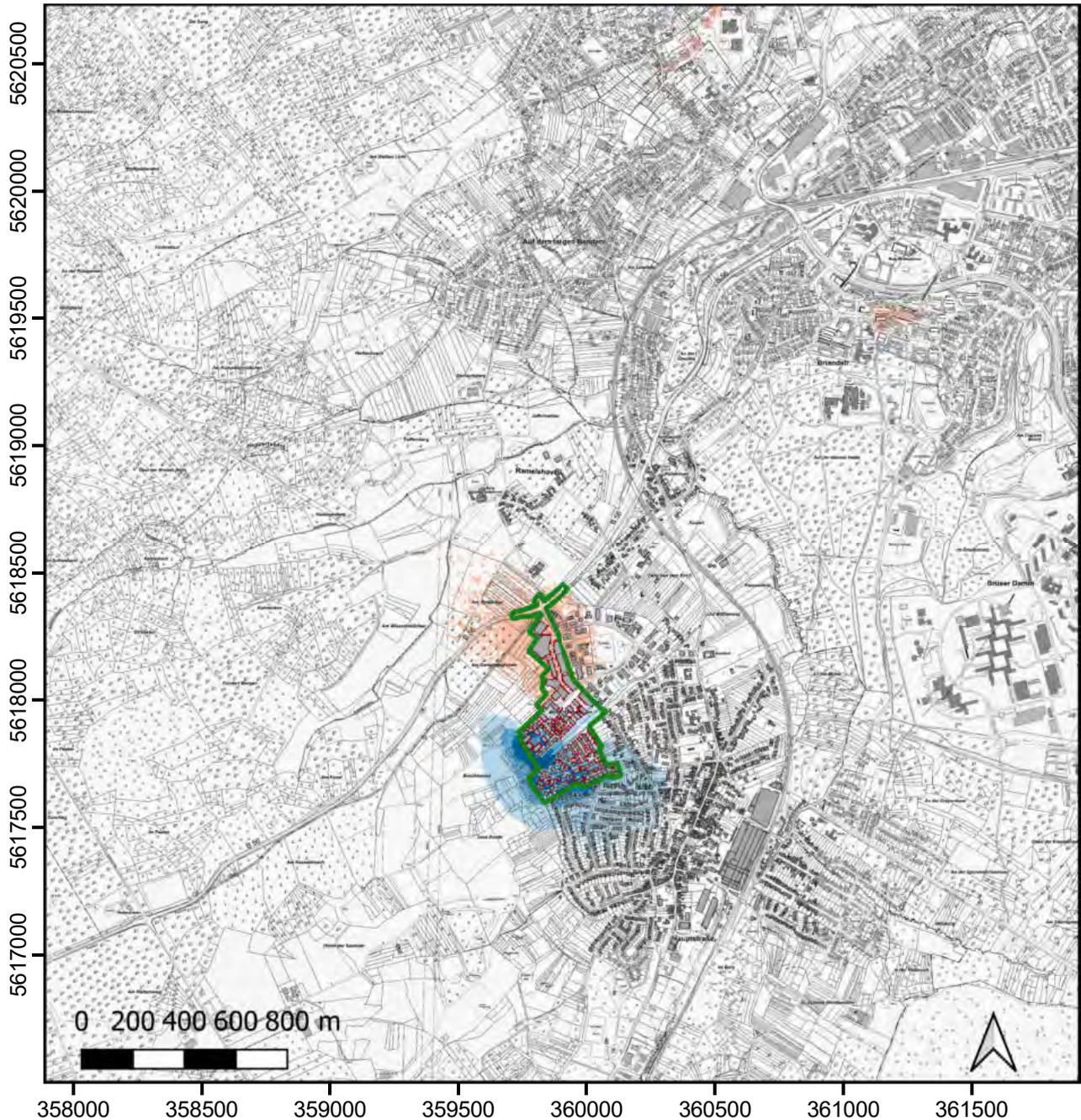
Veränderung der Kaltluftmächtigkeit (%)

- <= -10
- 10 - -5
- 5 - 5
- 5 - 10
- > 10

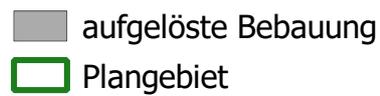
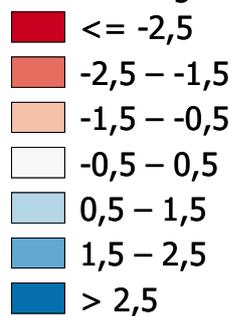
aufgelöste Bebauung

Plangebiet

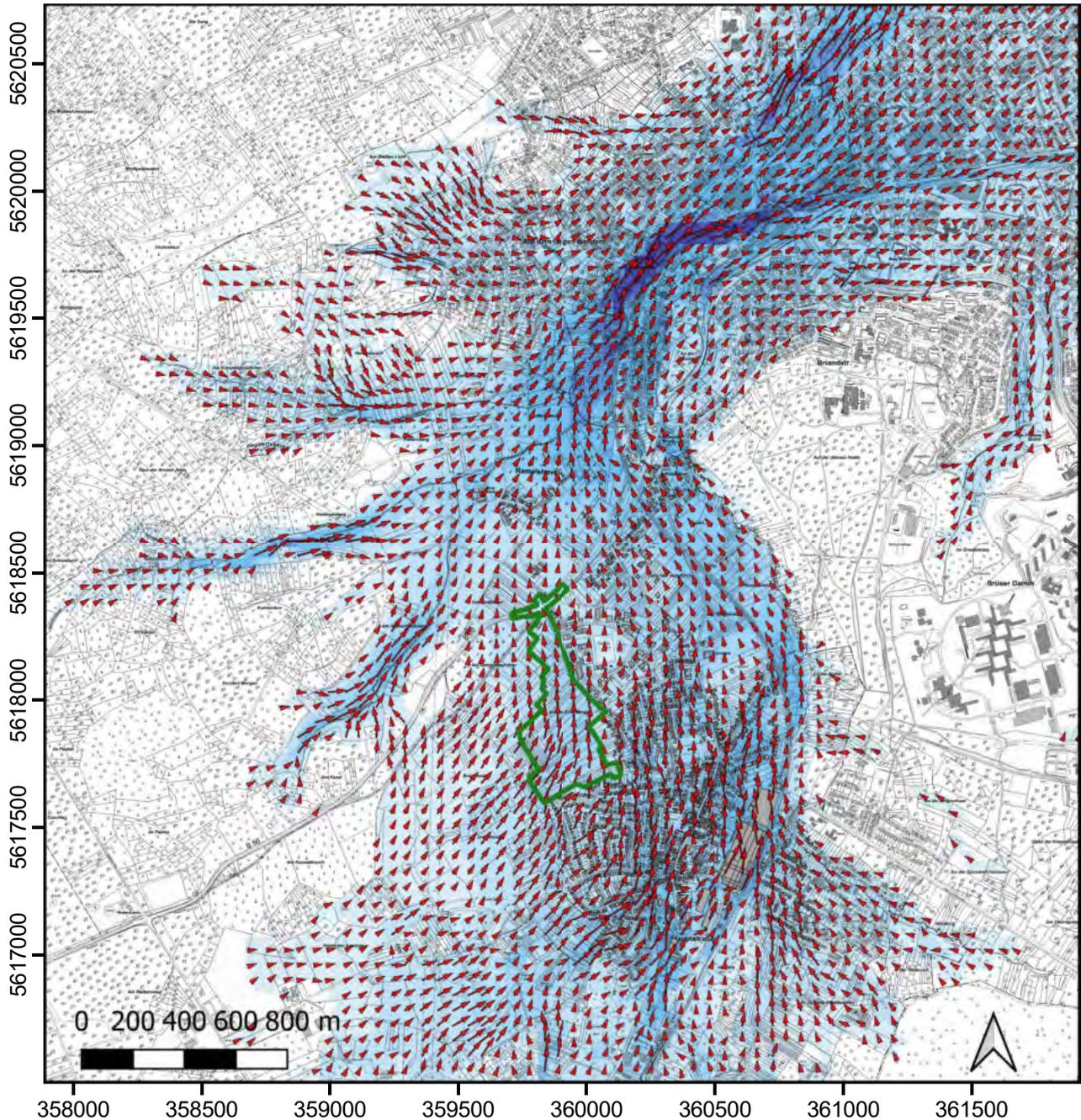
Absolute Veränderung der Kaltluftmächtigkeit zwei Stunden nach Sonnenuntergang



Veränderung der Kaltluftmächtigkeit (m)



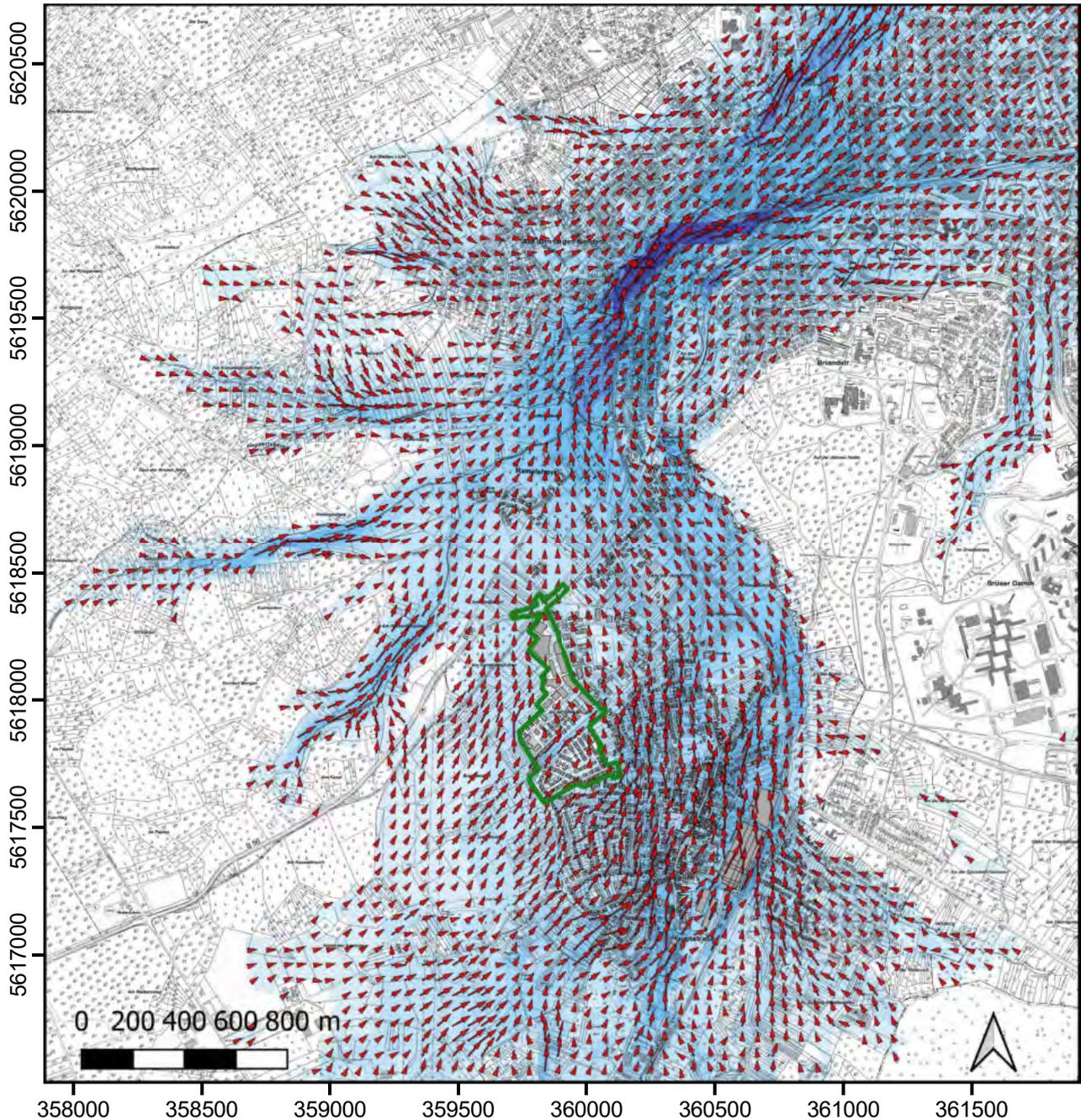
Kaltluftvolumenstrom im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang



Kaltluftvolumenstrom	10.0 - 15.0	50.0 - 75.0
m^3/ms	15.0 - 20.0	75.0 - 100.0
≤ 2.5	20.0 - 30.0	> 100.0
2.5 - 5.0	30.0 - 40.0	
5.0 - 10.0	40.0 - 50.0	

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet

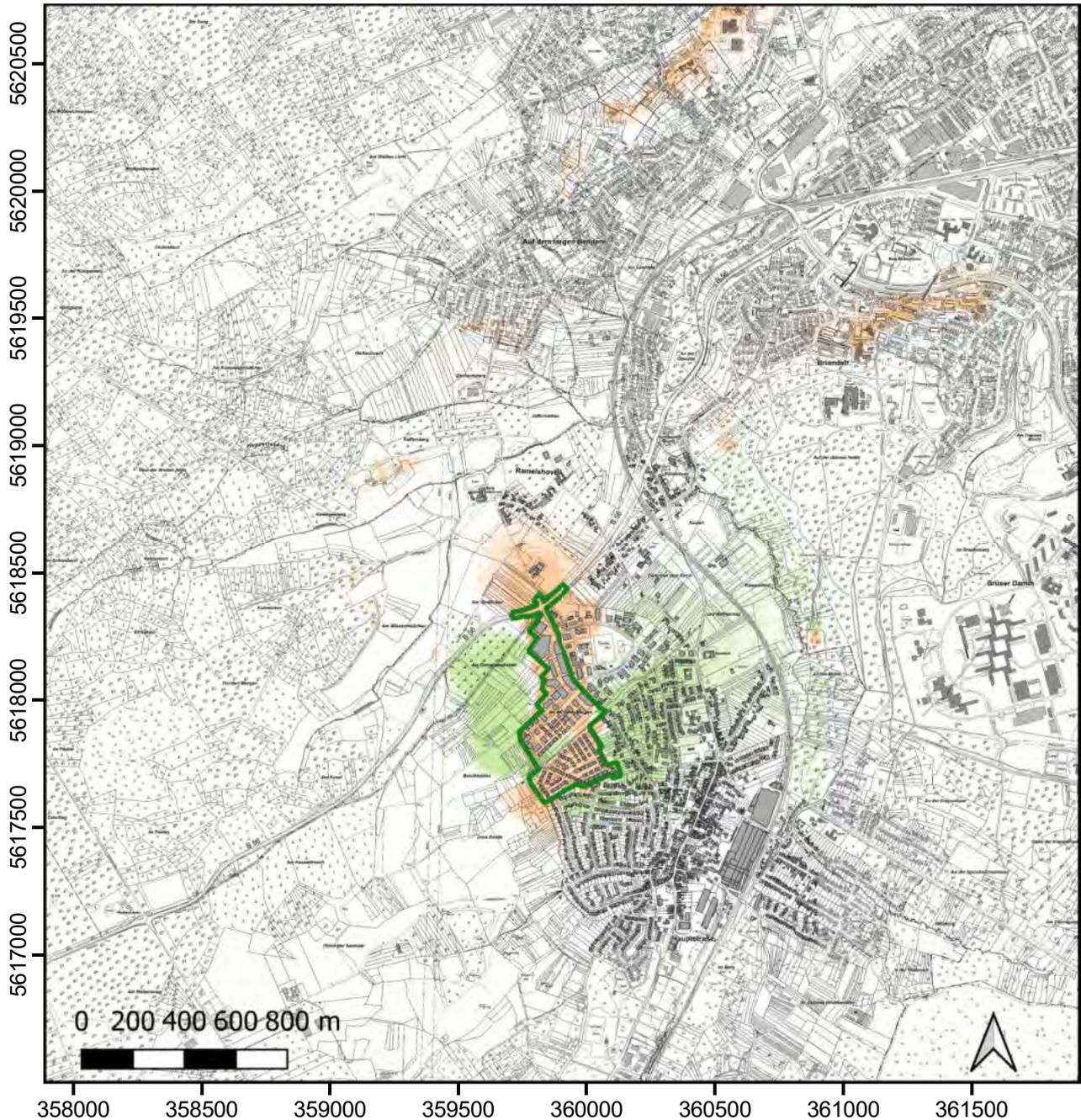
Kaltluftvolumenstrom im Planfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang



Kaltluftvolumenstrom	10.0 - 15.0	50.0 - 75.0
m ³ /ms	15.0 - 20.0	75.0 - 100.0
<= 2.5	20.0 - 30.0	> 100.0
2.5 - 5.0	30.0 - 40.0	
5.0 - 10.0	40.0 - 50.0	

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet

Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang

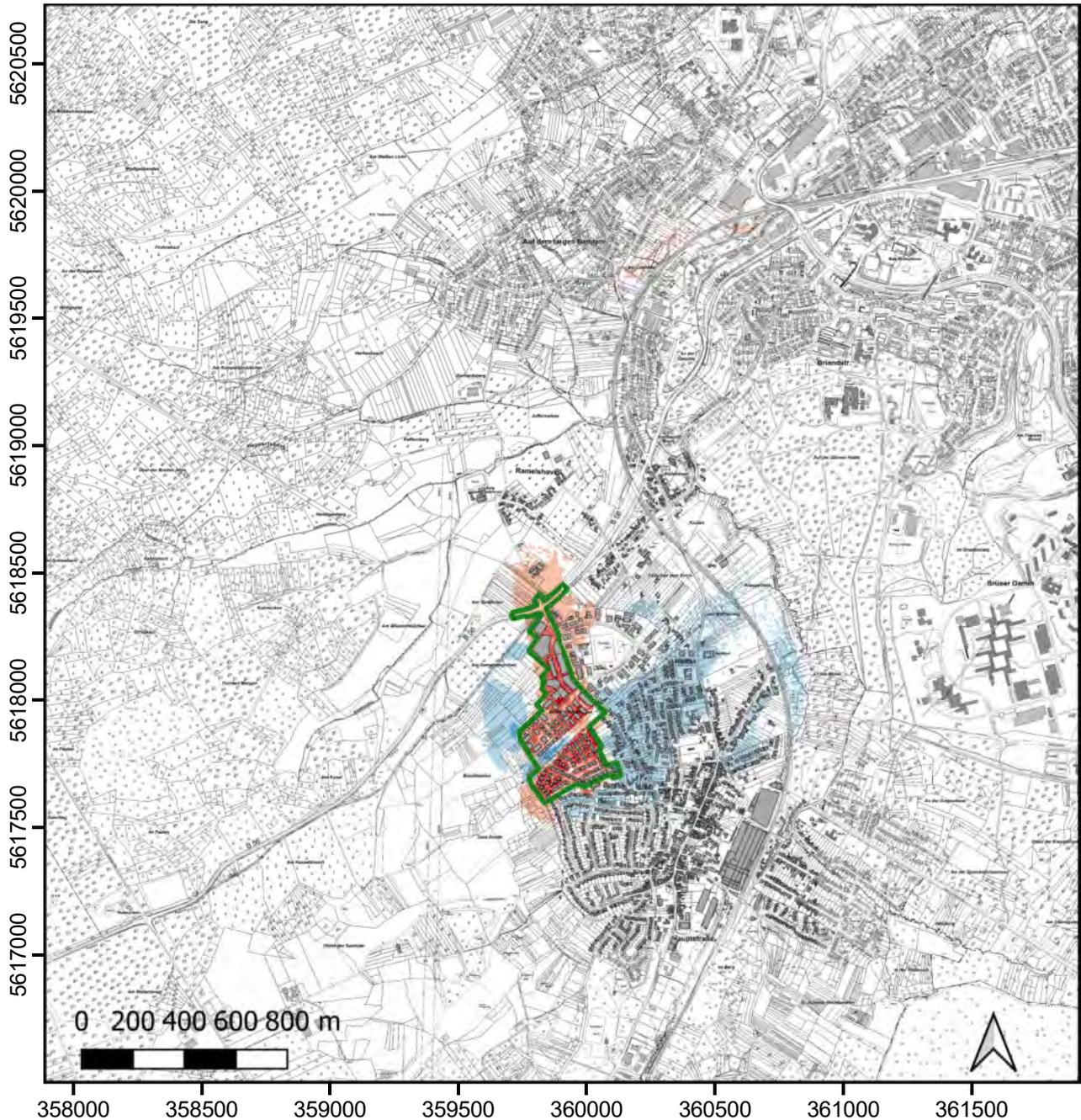


Veränderung des Kaltluftvolumenstroms (%)

-  ≤ -10
-  $-10 - -5$
-  $-5 - 5$
-  $5 - 10$
-  > 10

-  aufgelöste Bebauung
-  Plangebiet

Absolute Veränderung des Kaltluftvolumenstroms zwei Stunden nach Sonnenuntergang

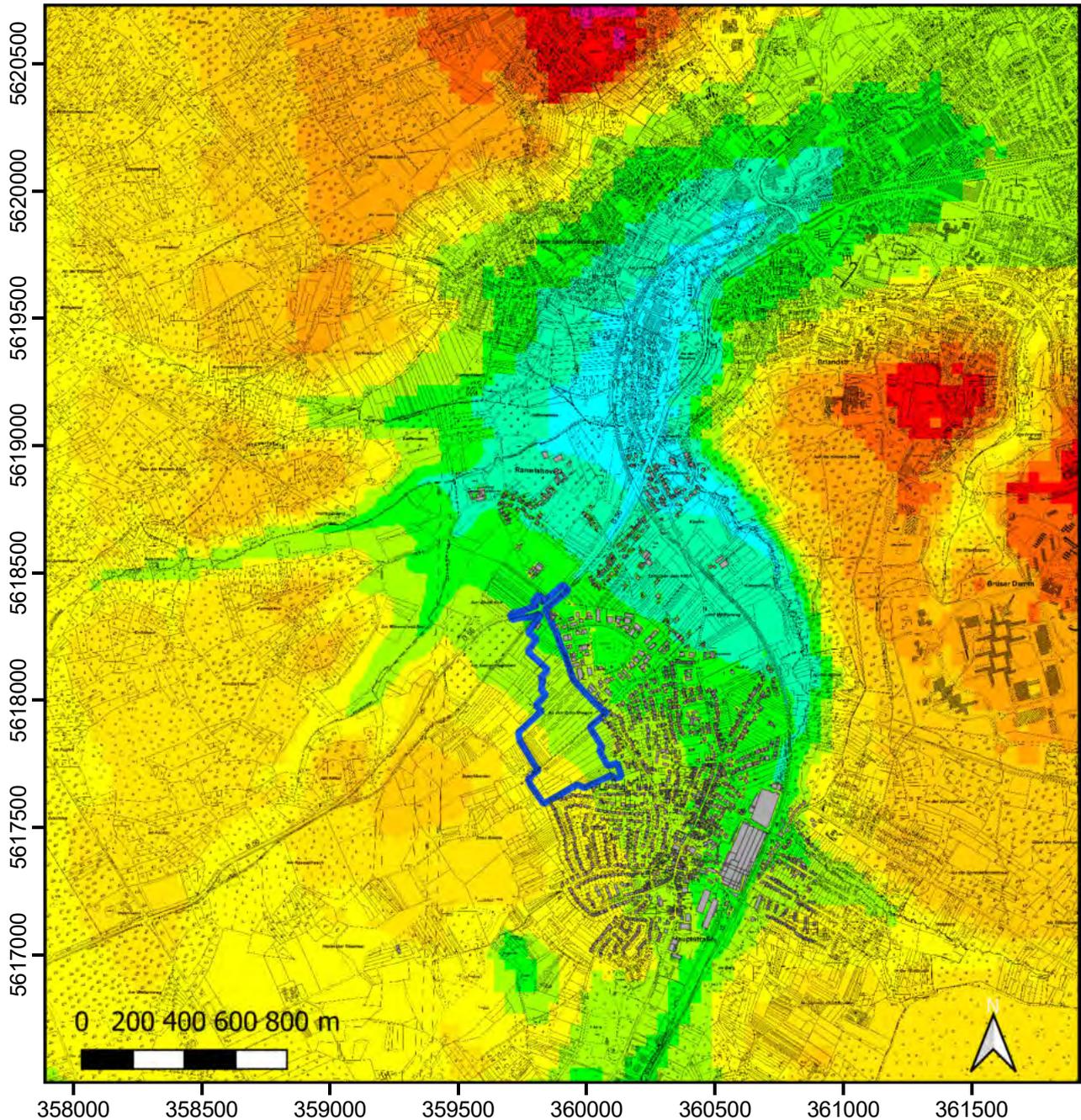


Veränderung des Kaltluftvolumenstroms (m^3/ms)

- ≤ -10
- 10 – -5
- 5 – -1
- 1 – 1
- 1 – 5
- 5 – 10
- > 10

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet

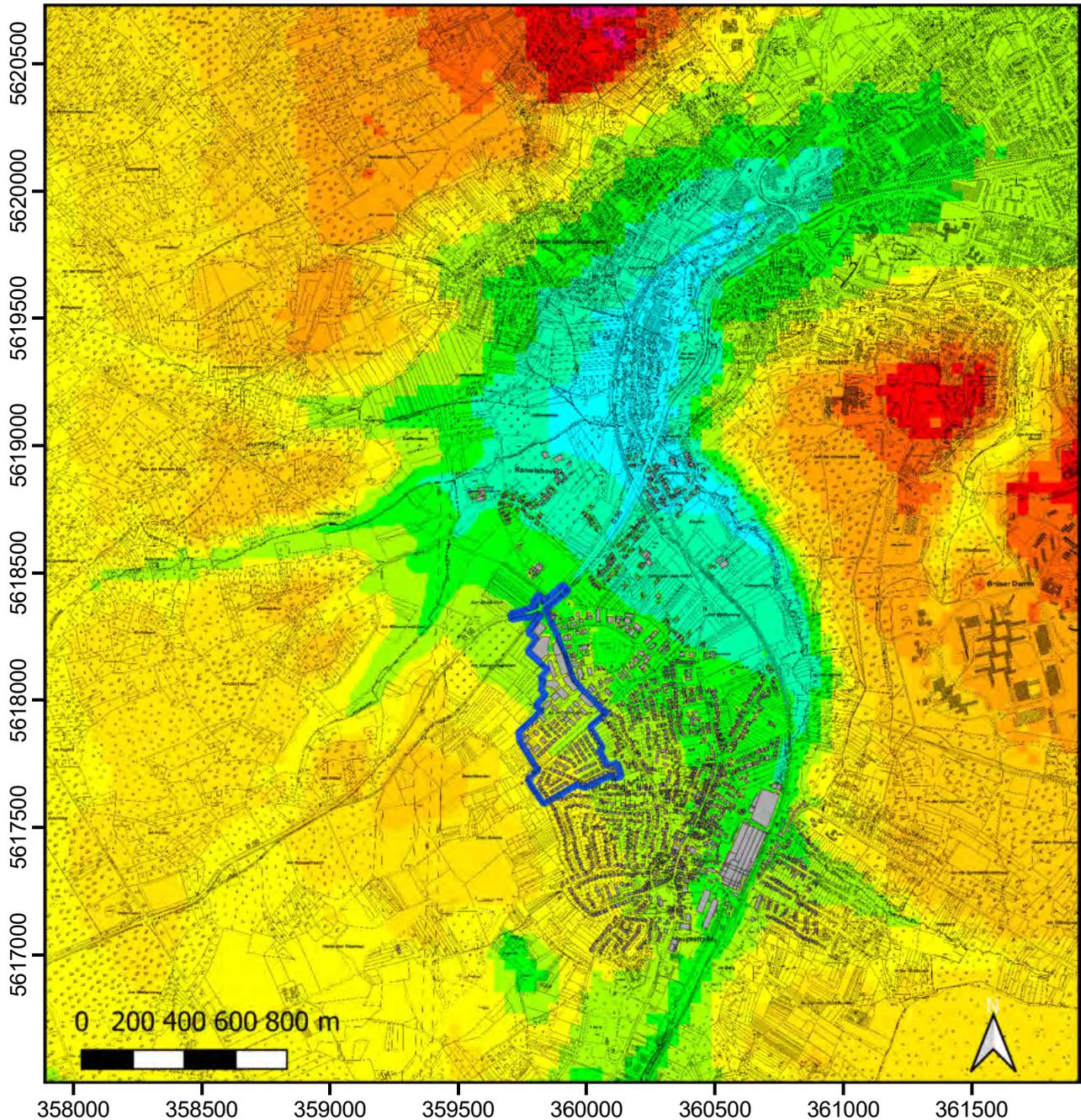
Höhe der Kaltluftschicht im Istfall sechs Stunden nach
Sonnenuntergang



Kaltluft-Schichtdicke (m)	15,0 - 20,0	50,0 - 60,0
<= 5,0	20,0 - 25,0	60,0 - 70,0
5,0 - 10,0	25,0 - 30,0	70,0 - 80,0
10,0 - 15,0	30,0 - 40,0	
	40,0 - 50,0	

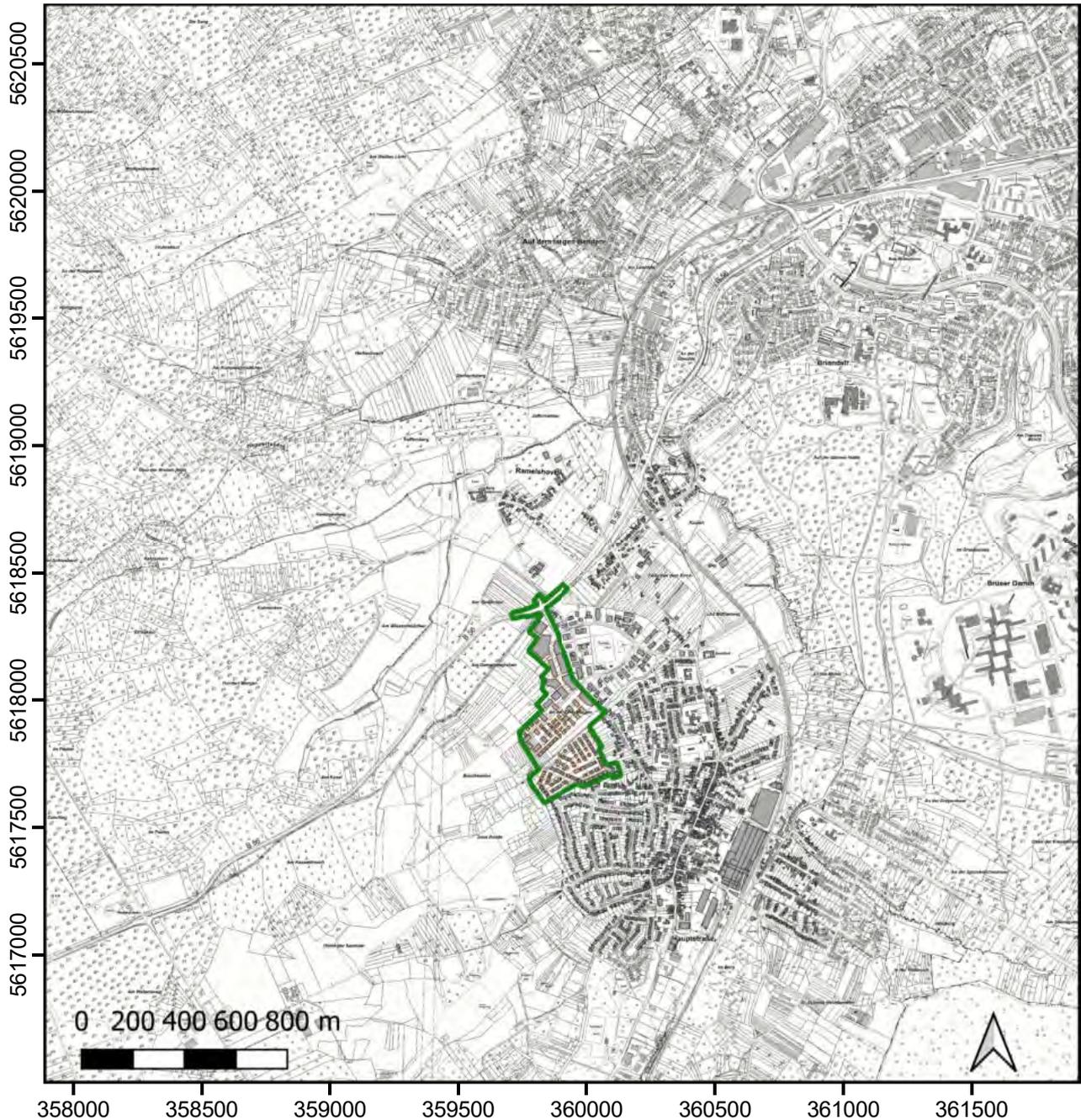
- Plangebiet
- aufgelöste Bebauung

Höhe der Kaltluftschicht im Planfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang



Kaltluft-Schichtdicke (m)	15,0 - 20,0	50,0 - 60,0
	20,0 - 25,0	60,0 - 70,0
	25,0 - 30,0	70,0 - 80,0
≤ 5,0	30,0 - 40,0	
5,0 - 10,0	40,0 - 50,0	
10,0 - 15,0		
Plangebiet		
aufgelöste Bebauung		

Prozentuale Veränderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang



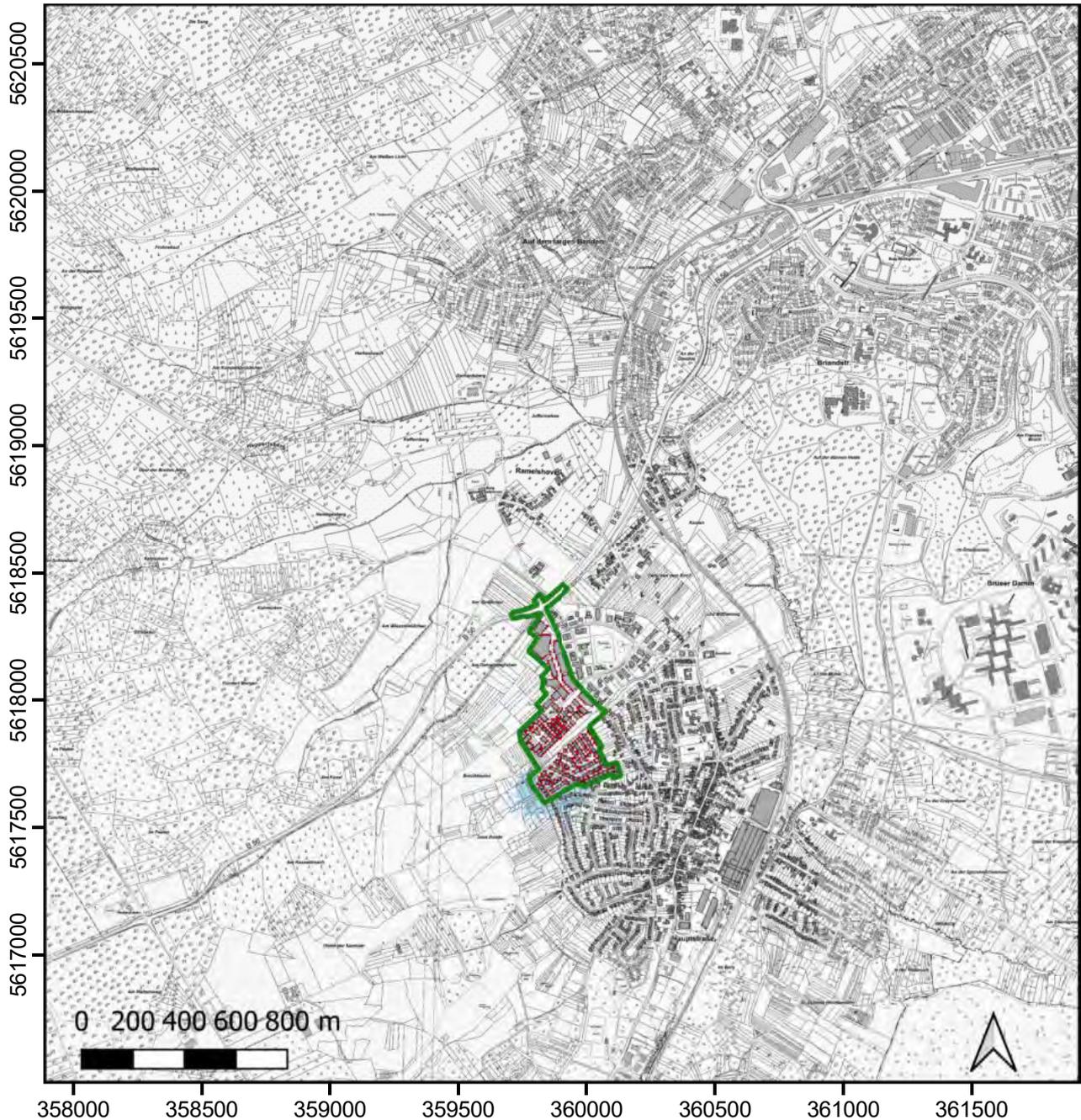
Veränderung der Kaltluftmächtigkeit (%)

- <= -10
- 10 - -5
- 5 - 5
- 5 - 10
- > 10

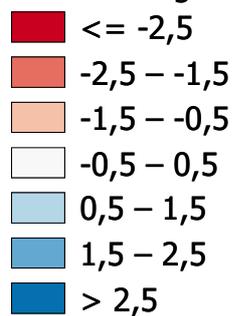
aufgelöste Bebauung

Plangebiet

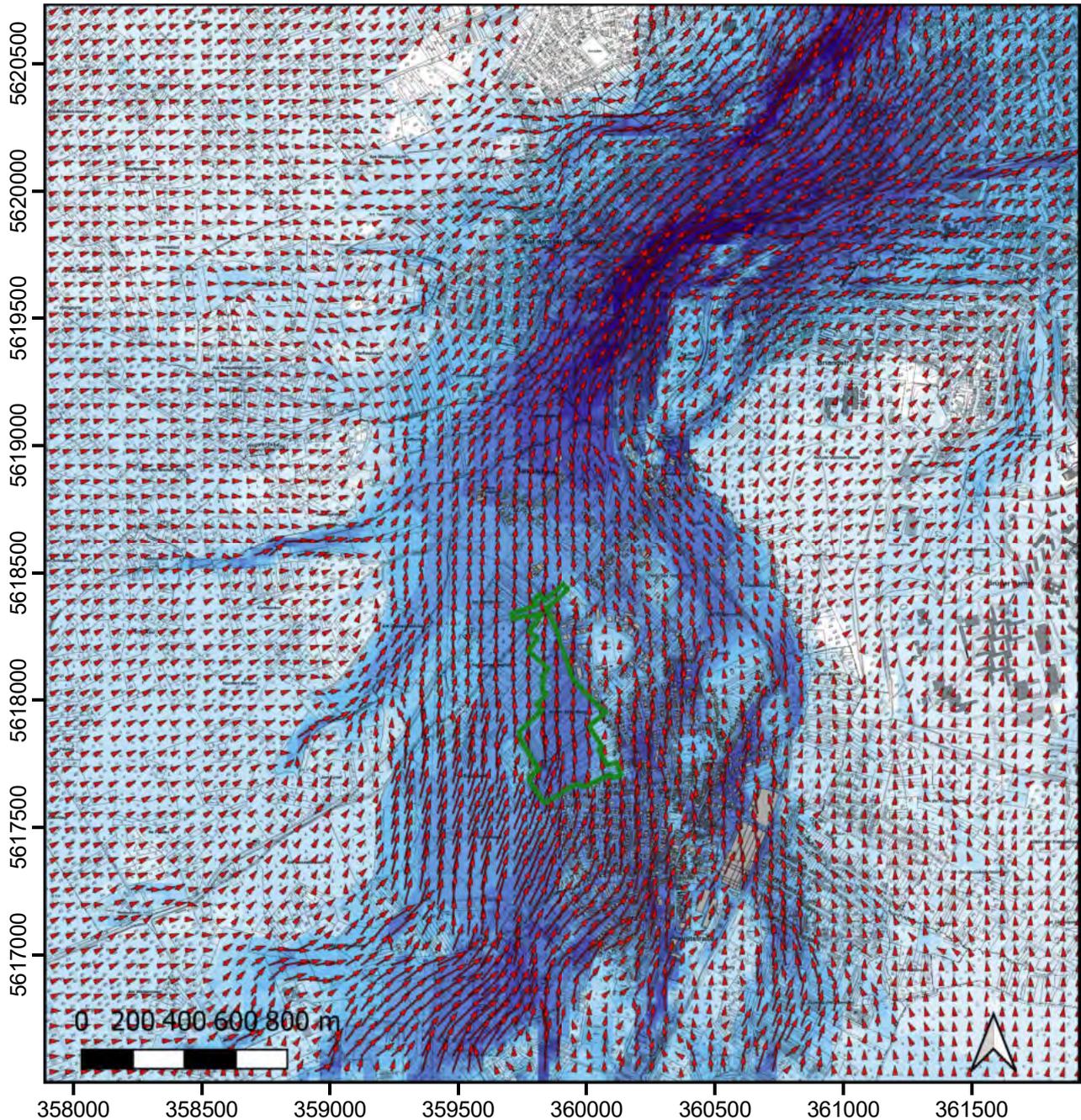
Absolute Veränderung der Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang



Veränderung der Kaltluftmächtigkeit (m)



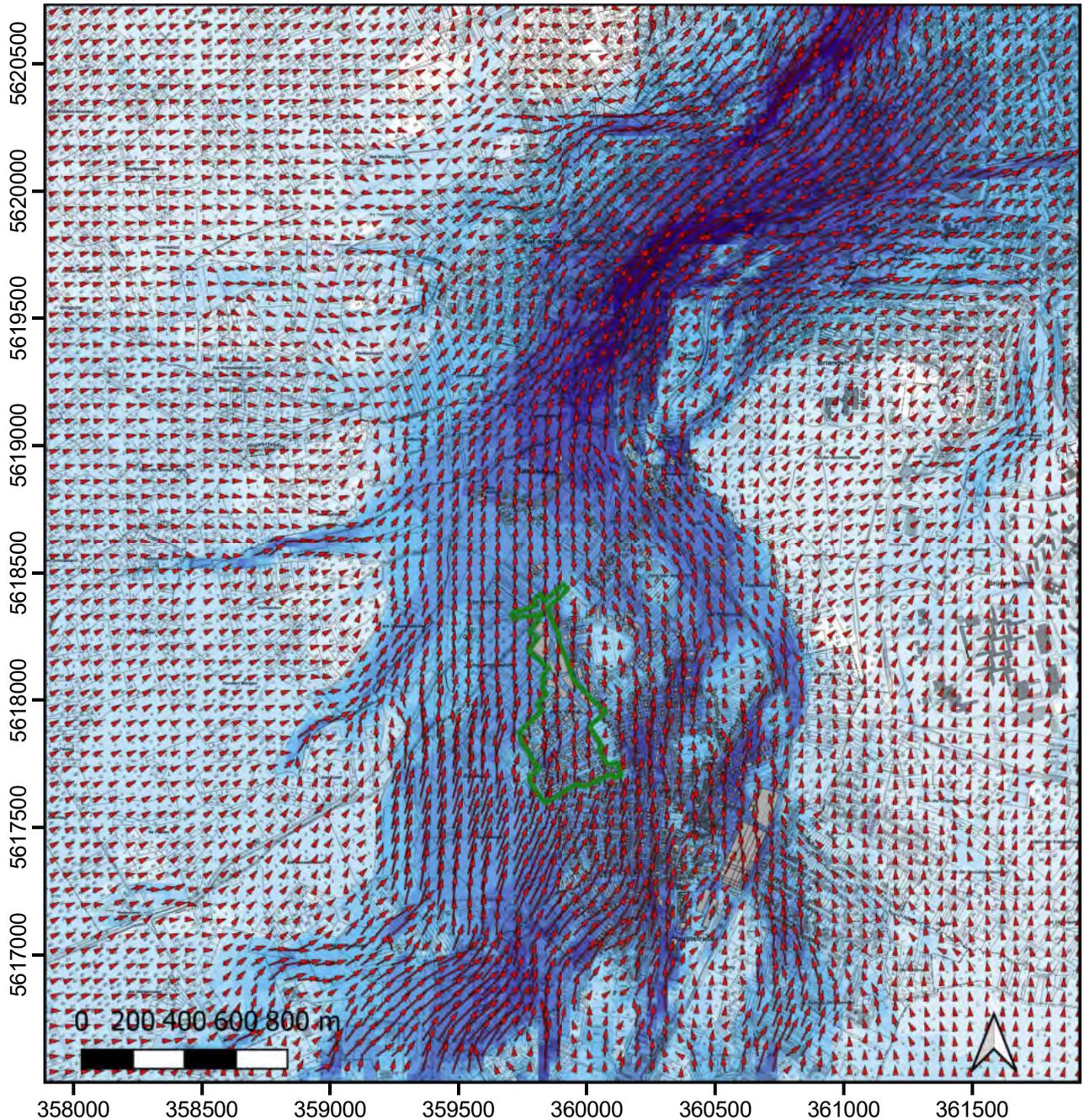
Kaltluftvolumenstrom im Istfall sechs Stunden nach
Sonnenuntergang



Kaltluftvolumenstrom	10.0 - 15.0	50.0 - 75.0
m ³ /ms	15.0 - 20.0	75.0 - 100.0
<= 2.5	20.0 - 30.0	> 100.0
2.5 - 5.0	30.0 - 40.0	
5.0 - 10.0	40.0 - 50.0	

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet

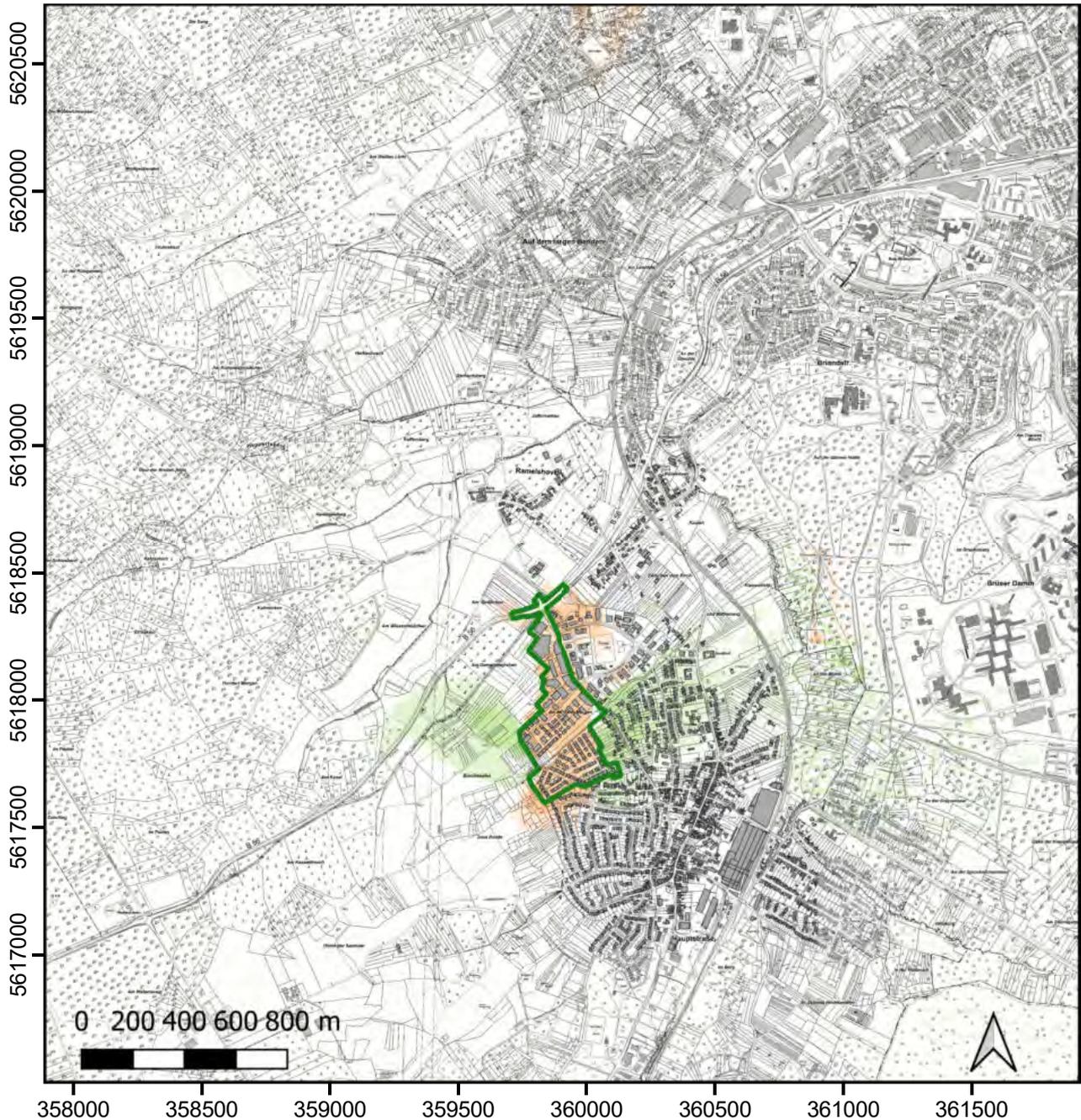
Kaltluftvolumenstrom im Planfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang



Kaltluftvolumenstrom	10.0 - 15.0	50.0 - 75.0
m ³ /ms	15.0 - 20.0	75.0 - 100.0
<= 2.5	20.0 - 30.0	> 100.0
2.5 - 5.0	30.0 - 40.0	
5.0 - 10.0	40.0 - 50.0	

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet

Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang

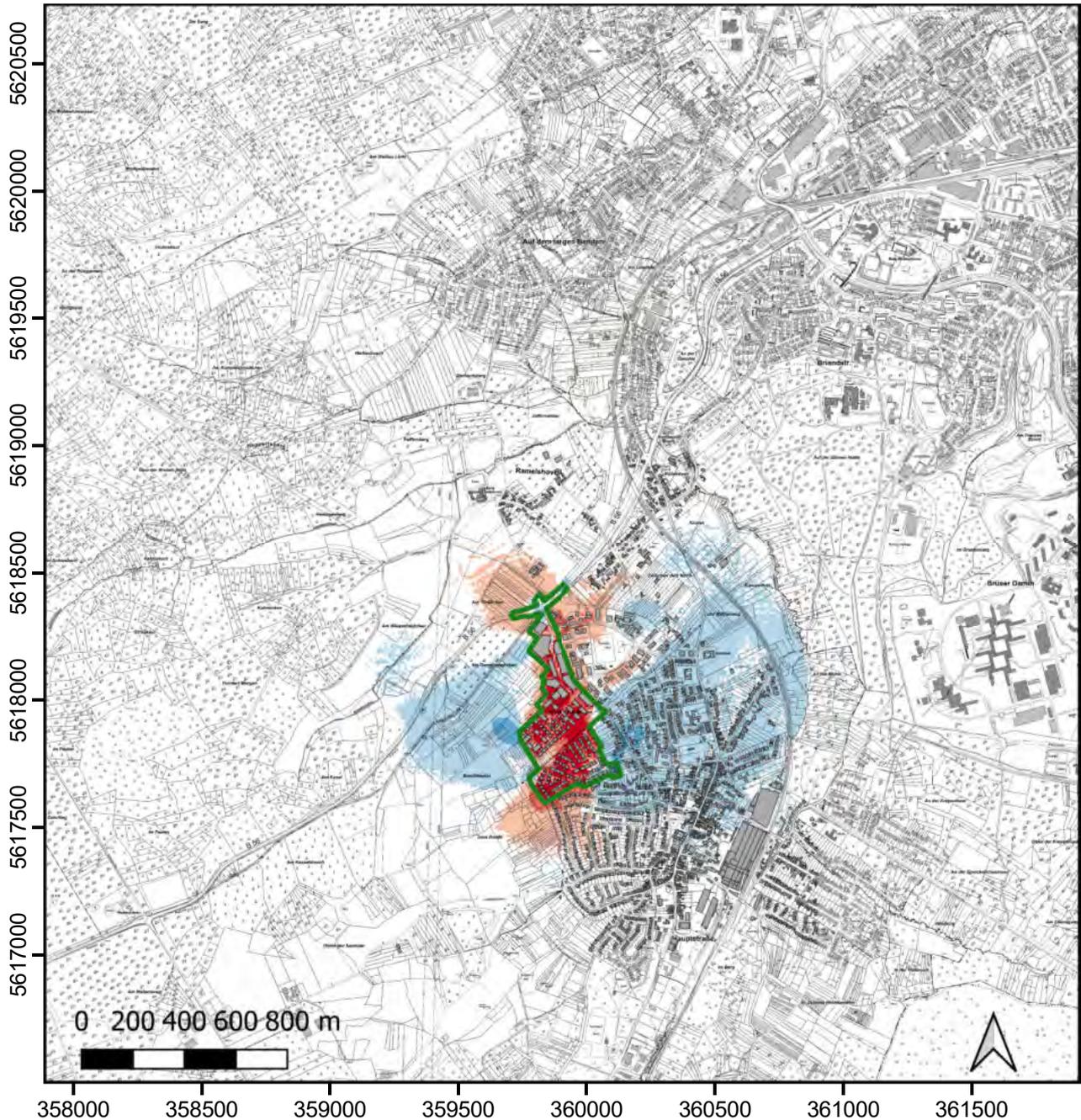


Veränderung des Kaltluftvolumenstroms (%)

-  <= -10
-  -10 - -5
-  -5 - 5
-  5 - 10
-  > 10

-  aufgelöste Bebauung
-  Plangebiet

Absolute Veränderung des Kaltluftvolumenstroms sechs Stunden nach Sonnenuntergang



Veränderung des Kaltluftvolumenstroms (m³/ms)

- <= -10
- 10 – -5
- 5 – -1
- 1 – 1
- 1 – 5
- 5 – 10
- > 10

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet