

## Kaltluftuntersuchung zum Neubau der Feuer- und Rettungswache Nord in Leverkusen

Bericht C 5340-1 vom 17.03.2023

Auftraggeber: Stadt Leverkusen  
Fachbereich Gebäudewirtschaft  
Abteilung Neubau  
Elberfelderhaus  
Hauptstraße 101, 51373 Leverkusen

Bericht-Nr.: C 5340-1

Datum: 17.03.2023

Ansprechpartner/in: Frau Röhling

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 72 Seiten,  
davon 30 Seiten Text und 42 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

Pestalozzistraße 3  
10625 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  
ir. 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  
Eindhoven, NL  
Paris, F  
Lyon, F  
Leuven, B

**peutz.de**

## Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	4
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Örtliche Gegebenheiten.....	6
4	Grundlagen.....	8
4.1	Entstehung und Wirkung von Kaltluftabflüssen.....	8
4.2	Bewertung von Kaltluftabflüssen.....	8
5	Kaltluftgeschehen im Umfeld des Planvorhabens gemäß der „Klimaanalyse Nachtsituation“ des LANUV NRW.....	10
6	Berechnungsmodell.....	11
6.1	Modellbeschreibung.....	11
6.2	Eingangsdaten.....	12
6.2.1	Aufbau und Abgrenzung des Rechengebietes.....	12
6.2.2	Digitales Geländemodell.....	13
6.2.3	Landnutzung.....	13
7	Ergebnisse der Kaltluftberechnungen.....	16
7.1	Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang.....	16
7.1.1	Kaltluftvolumenstrom und mittleres Strömungsfeld innerhalb der Kaltluftsäule .....	16
7.1.1.1	Planfall A.....	17
7.1.1.2	Planfall B.....	19
7.1.2	Kaltluftmächtigkeit und mittleres Strömungsfeld in Bodennähe.....	19
7.1.2.1	Planfall A.....	20
7.1.2.2	Planfall B.....	21
7.2	Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang.....	21
7.2.1	Kaltluftvolumenstrom und mittleres Strömungsfeld innerhalb der Kaltluftsäule .....	21
7.2.1.1	Planfall A.....	22
7.2.1.2	Planfall B.....	23
7.2.2	Kaltluftmächtigkeit und mittleres Strömungsfeld in Bodennähe.....	23
7.2.2.1	Planfall A.....	24
7.2.2.2	Planfall B.....	24
8	Zusammenfassung.....	25

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 4.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5]..... 9

Tabelle 6.1: Für die Kaltluftberechnungen mit dem Modell KLAM\_21 verwendete Landnutzungsklassen und deren Eigenschaften..... 14

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Leverkusen plant die Neuerrichtung einer Feuer- und Rettungswache im Norden von Leverkusen, an der Grenze zum Kreis Mettmann. Das Planvorhaben soll auf einer etwa 7,6 ha großen, hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Fläche umgesetzt werden.

In der „Klimaanalysekarte Nachtsituation“ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW [1] wird ein als „hoch“ kategorisierter Kaltluftvolumenstrom durch das Plangebiet nach Südwesten, in die Siedlungsgebiete des Stadtteils Rheindorf ausgewiesen. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens soll geprüft werden, ob es durch das Planvorhaben zu einer maßgeblichen Beeinflussung oder Blockade dieser Kaltluftströmung kommt.

Das Planungskonzept zum Vorhaben [2] sieht die Errichtung zweier Baukörper von 172 bzw. 132 m Länge vor, wobei der längere nördlich des kürzeren angeordnet ist. Der längere Baukörper hat eine Höhe von 15,1 m, während der kürzere 11,5 m hoch ist. Die beiden Baukörper sind im Westen durch einen unterströmbaren Überbau verbunden. Anlage 1 und Anlage 2 zeigen Übersichten des Planvorhabens als Draufsicht sowie als Seitenansicht.

Im vorliegenden Gutachten sollen zwei Planungsvarianten des Vorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“ betrachtet werden. Die Realisierung des Planvorhabens gemäß dem Planungskonzept [2] wird nachfolgend im sogenannten „Planfall A“ untersucht. Bei der zweiten Variante soll angenommen werden, dass das südlichere der beiden Gebäude 3,6 m höher und an seiner Ostseite um 40 m verkürzt ist. Dieses Szenario wird im sogenannten „Planfall B“ untersucht.

Als Referenzszenario wird darüber hinaus der sogenannte „Istfall“ untersucht. In diesem wird die Bebauungssituation wie im Bestand angenommen.

Es ergeben sich somit insgesamt die folgenden drei Untersuchungsszenarien:

- Istfall
- Planfall A
- Planfall B

Die örtlichen Gegebenheiten in den drei Szenarien sind in Anlage 3 bis Anlage 5 dargestellt.

Die Kaltluftuntersuchungen werden mit dem Kaltluftmodell KLAM\_21 in der aktuellen Version 2.012 [3], [4] unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung durchgeführt. Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen werden der Kaltluftvolumenstrom und die Kaltluftmächtigkeit sowie das Kaltluftströmungsfeld herangezogen. Die Beurteilung der vorhabensbedingten Veränderung erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5].

## 2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	Klimaanalysekarte Nachtsituation	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	P Stand: 20/03/2019
[2]	Lageplan Solinger Straße, Auf den Heunen, 1:1000	Stadt Leverkusen	P Stand: 02/02/2023
[3]	Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms	Deutscher Wetterdienst	Lit. 2008
[4]	Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21	Deutscher Wetterdienst	Lit. November 2017
[5]	VDI 3787 Blatt 5 Lokale Kaltluft	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL	RIL 2003
[6]	Digitales Geländemodell (DTM Germany 20m v1 by Sonny)	Open Data Portal Österreich: <a href="http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/DTM_Germany_20m">http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/DTM_Germany_20m</a>	P Stand: 30/08/2021
[7]	Digitales Geländemodell NW Gitterweite 1 m	Geobasis NRW, veröffentlicht über GEOportal.NRW: Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0 <a href="https://www.geoportal.nrw/">https://www.geoportal.nrw/</a>	P Stand: 06/09/2022
[8]	Hinweisdatei zu Problemen bei aufgelöster Bebauung: „klam_21_hinweise_V2.012.txt	Deutscher Wetterdienst, Meinolf Koßmann	Lit 10/2018
[9]	Neubau einer Feuer- und Rettungsphase Nord, machbarkeitsstudie, Schnitte Erdbewegung	von Canal Architektur & Generalplanung GmbH	P Stand: 03/05/2022
[10]	Urban Atlas 2018 der Regionen Köln, Düsseldorf, Solingen, Remscheid, Wuppertal und Ruhrgebiet	Europäische Umweltagentur	P Stand: 16/07/2021
[11]	Corine Land Cover (CLC) 2018	Europäische Umweltagentur	P Stand: 13/05/2020

### Kategorien:

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

### 3 Örtliche Gegebenheiten

Das ca. 7,6 ha große Plangebiet befindet sich auf dem Grundstück „Auf den Heunen“ im Norden der Stadt Leverkusen, im Stadtteil Rheindorf. Unmittelbar östlich des Plangebiets schließt sich der Stadtteil Opladen an, während unmittelbar nördlich die Grenze zur Stadt Langenfeld im Kreis Mettmann verläuft.

Das Plangebiet wird im Osten von einem kleinen Waldstück bzw. der jenseits davon verlaufenden A 3 begrenzt. Die nördliche Plangebietsgrenze wird von der L 291 (Solinger Straße) gebildet, wohingegen der südliche Grenzverlauf von einem kleinen Graben markiert wird. Während im Westen landwirtschaftlich genutzte Flächen an das Plangebiet anschließen, befindet sich im Südwesten ein weiteres Waldstück. Südöstlich des Plangebiets liegt darüber hinaus ein kleines Speicherbecken.

Das Plangebiet selbst besteht zum Großteil aus Ackerfläche. Im südlichen bis südöstlichen Teil ist zudem Wald vorhanden.

Die weiter gefasste Umgebung des Plangebiets ist im Osten bis Südosten von den Siedlungsgebieten des Stadtteils Opladen geprägt. Im Süden schließen an den Graben landwirtschaftlich genutzten Flächen, die Wupper, Waldflächen sowie die städtischen Grünflächen der Sportanlage Birkenberg und des Friedhofs Reuschenberg an. Im Norden liegen jenseits der Solinger Straße weitere landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie die Ortslage des Langenfelder Stadtteils Reusrath. Westlich des Plangebiets befinden sich neben Wäldern und landwirtschaftlich genutzten Flächen eine Schalt- und Umspannanlage sowie die Ortslage von Rheindorf. Diese erstreckt sich nach Südwesten bis an den Rhein, welcher etwa 4 km vom Plangebiet entfernt liegt.

Topographisch betrachtet liegt das Plangebiet am Übergangsbereich des Bergischen Landes zur Kölner Bucht. Östlich des Plangebiets steigt das Gelände stark zum Nordostflügel des Rheinischen Schiefergebirges an, während es in Westen in Richtung des Rheins abfällt. Der Höhenunterschied zwischen Remscheid, welches ca. 20 km nordöstlich des Plangebietes liegt, und dem Rheinbett im Südwesten beträgt etwa 340 m.

Das Gelände im Umfeld des Plangebietes ist des Weiteren durch das Tal der Wupper geprägt, welches sich Richtung Südwesten zur Mündung in den Rhein öffnet. Das Plangebiet liegt am nördlichen Talhang, wobei der Höhenunterschied von dessen Nord- zur Südseite etwa 15 m beträgt. Etwa 1,5 km östlich des Plangebiets befindet sich mit der Öffnung des Tals des Wiem- sowie des Ölbaches in das Tal der Wupper eine weitere Mündung. Südwestlich des Plangebiets durchquert die A 3 das Wuppertal in Form eines ca. 6 m hohen Dammes. Der Fluss wird hierbei mithilfe einer Brücke überführt.

Das Planungskonzept zum Vorhaben [2] sieht die Errichtung zweier Baukörper von 172 bzw. 132 m Länge vor, wobei der längere nördlich des kürzeren angeordnet ist. Der längere Baukörper hat eine Höhe von 15,1 m, während der kürzere 11,5 m hoch ist. Die beiden Baukörper sind im Westen durch einen unterströmbaren Überbau verbunden. Parallel angrenzend an den längeren Baukörper verläuft zudem ein einstöckiges, 5,5 m hohes Gebäude, welches sich bis unter den Überbau erstreckt. Hierdurch ist die Querschnittsfläche bis zur Oberkante des Überbaus angrenzend an das nördliche Gebäude auf einem von drei Stockwerken und angrenzend an das südliche Gebäude auf zwei von drei Stockwerken durchströmbar (s. Anlage 2).

Die Realisierung des Planvorhabens gemäß dem Planungskonzept [2] wird im vorliegenden Gutachten im Planfall A untersucht. Bei einer zweiten Untersuchungsvariante, dem Planfall B wird angenommen, dass das südlichere der beiden Gebäude 3,6 m höher und an seiner Ostseite um 40 m verkürzt ist.

## 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 liegt typischerweise in der Größenordnung zwischen 1 und 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 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h in ebenem Gelände und 30–40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h 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

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen werden in der Regel der Kaltluftvolumenstrom und die Kaltluftmächtigkeit herangezogen. Gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5] ist der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule

sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. Sekunde) 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.

Die Bewertung der planbedingten Veränderungen im Kaltluftgeschehen erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5]. Diese Richtlinie schlägt 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 daher in dieser Untersuchung die in Tabelle 4.1 dargestellte Skala verwendet.

Tabelle 4.1: Bewertung der planerischen Auswirkungen von Kaltluftabflüssen gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5].

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

## **5 Kaltluftgeschehen im Umfeld des Planvorhabens gemäß der „Klimaanalyse Nachtsituation“ des LANUV NRW**

Anlage 6 zeigt einen Auszug der Karte „Klimaanalyse Nachtsituation“ des LANUV NRW [1] für das Umfeld des Planvorhabens. Diese stellt das Kaltluftgeschehen sowie die nächtliche Überwärmung von Siedlungsgebieten zum Zeitpunkt 4 Uhr nachts dar. Die Ergebnisse beruhen auf Modellrechnungen mit einer horizontalen Auflösung von 100 m.

Das Plangebiet ist als Grünfläche, oberhalb welcher ein mit Werten zwischen 1.500 und 2.700 m<sup>3</sup>/s als „hoch“ klassifizierter Kaltluftvolumenstrom vorliegt, dargestellt. Bezogen auf die horizontale Gitterauflösung von 100 m entspricht dies Volumenstromdichten zwischen 15 und 27 m<sup>3</sup>/(m·s). Für die Freiflächen unmittelbar nördlich des Plangebietes wird ein „sehr hoher“ Kaltluftvolumenstrom von mehr als 2.700 m<sup>3</sup>/s bzw. 27 m<sup>3</sup>/(m·s) angezeigt.

Hinsichtlich der Anströmung des Plangebiets mit Kaltluft weist die Analysekarte eine nordöstliche Richtung aus, wobei deren Ursprungsgebiet auf den Wald- und Freiflächen zwischen Leichlingen und Burscheid liegt. Von dort strömt die Kaltluft über den nördlich der Wupper gelegenen Teil von Opladen in das Plangebiet und von hier weiter nach Südwesten in den nördlichen Teil der Ortslage von Rheindorf, welcher als Kaltlufteinwirkungsbereich dargestellt ist. Die nächtliche Überwärmung dieser Siedlung wird anhand der dort berechneten Lufttemperaturen von 17 bis 20 °C als „schwach“ bis „mäßig“ beurteilt.

## 6 Berechnungsmodell

### 6.1 Modellbeschreibung

Die Kaltluftberechnungen wurden mit der aktuellen Version des vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodells KLAM\_21 [3], [4] durchgeführt.

KLAM\_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in 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, typische Gitterabstände sind dabei 20 bis 50 m.

Die Modellgebietsgröße wird in der Regel so gewählt, dass alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete erfasst sind. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jede Landnutzungsklasse wiederum entspricht einer fest vorgegebenen Kälteproduktionsrate und einer Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Außerdem können 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. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, Fließen und die Ansammlung der Kaltluft.

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, also ein wolkenloser Himmel angenommen.

KLAM\_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben.

Die physikalische Basis des Modells bilden 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.

## **6.2 Eingangsdaten**

### **6.2.1 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 in Anlage 7 sowie Anlage 11 dargestellten Bereich. Die Abmessungen des gesamten Untersuchungsraumes betragen ca. 32 km x 32 km. In den äußeren Bereichen des Rechengebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 55 m realisiert.

Bei den zu erwartenden Auswirkungen des Planvorhabens handelt es sich eher um kleinräumige Effekte. Zudem sollen zwei verschiedene Varianten der Planbebauung untersucht werden. Um diese Auswirkungen sichtbar zu machen, ist es sinnvoll, die Gebäudestrukturen innerhalb des Plangebietes explizit abzubilden und als Strömungshindernisse zu berücksichtigen.

In der unmittelbaren Nachbarschaft der geplanten Feuer- und Rettungswache befinden sich keine Gebäude. Das nächste Bestandsgebäude hält einen Abstand von ca. 115 m zur Planbebauung ein. Zur Berücksichtigung der Effekte der Bestandsgebäude auf die Kaltluftströmung ist es daher ausreichend, diese im Modell implizit über die Landnutzung (s. Kap. 6.2.3) zu berücksichtigen. Eine solche implizite Berücksichtigung bezeichnet man als Parametrisierung.

Das Rechenmodell KLAM\_21 gestattet die Auflösung kleinräumiger Effekte mithilfe eines „Nestings“ des Modellgebietes, d. h. die Einbettung eines oder mehrerer hoch aufgelöster „Kernbereiche“ in einen 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 Gitterweite des gröbereren Einflussbereichs um den Faktor 5 reduziert.

Die Lage des in dieser Untersuchung verwendeten Nestingbereiches ist in den Anlagen 7 bis 14 dargestellt. Innerhalb des Nestinggebietes wurde eine horizontale Gitterauflösung von 11 m realisiert. Die Abmessungen des Nestinggebietes betragen etwa 2,8 km in Ost-West- und etwa 2,4 km in Nord-Süd-Richtung.

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

## 6.2.2 Digitales Geländemodell

Die für die Berechnung notwendigen Informationen zur Geländehöhe im Untersuchungsgebiet wurden aus einem frei verfügbaren digitalen Geländemodell (DGM) von Deutschland mit einer Gitterweite von 20 m [6] abgeleitet. Zur Ableitung des Geländes im Nestinggebiet wurde das von der Bezirksregierung Köln frei zur Verfügung gestellte digitale Geländemodell NW mit einer Gitterauflösung von 1 m [7] verwendet. Für die Berechnungen wurde das feine 1 m-DGM dem 20 m-DGM aufgeprägt und auf eine einheitliche horizontale Gitterauflösung von 11 m inter- bzw. extrapoliert. Anlage 7 zeigt die Geländehöhen im gesamten Untersuchungsraum.

Für die explizite Berücksichtigung von Gebäuden in Kaltluftsimulationen mit KLAM\_21 wird vom Modellentwickler empfohlen, die Gebäudehöhen auf das digitale Geländemodell aufzuprägen [8].

Lage und Höhe der im Rahmen des Vorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“ geplanten Gebäude wurden für den Planfall A aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Lageplänen [2], [9] abgeleitet. Für den Planfall B wurde das südlichere der beiden Gebäude um 3,6 m erhöht und an seiner Ostseite um 40 m verkürzt.

Der nördliche und der südliche Baukörper sind im Westen durch einen unterströmbaren Überbau verbunden. Die explizite Berücksichtigung von unterströmbaren Gebäuden ist mit dem Modell KLAM\_21 nicht möglich [3], [4]. Aus diesem Grund wurde die unterströmbare Bebauung implizit über die Landnutzung im Modell berücksichtigt (s. Kap. 6.2.3).

Anlage 8 zeigt die Geländehöhen innerhalb des Nestinggebietes im Istfall. Für die beiden Planfälle sind diese inklusive der aufgeprägten Gebäude in Detailansichten des Plangebiets in Anlage 9 sowie Anlage 10 dargestellt.

## 6.2.3 Landnutzung

Die zur Bestimmung von Kaltluftproduktionsraten und Rauigkeiten benötigten Informationen zur Landnutzung wurden für den Großteil des Untersuchungsraums mithilfe des von der Europäischen Umweltagentur zur Verfügung gestellten Datensatzes „Urban-Atlas“ mit Erfassungsjahr 2018 [10] abgeleitet. Dieser Dienst stellt sehr hoch aufgelöste (0,25 – 1,0 ha) Landnutzungsdaten, die aus Satellitenbildern abgeleitet werden, für europäische Ballungsgebiete zur Verfügung. Siedlungsbereiche werden im Urban Atlas nach verschiedenen Versiegelungsgraden unterschieden, sodass Rauigkeiten und Kälteproduktionsraten innerhalb von Siedlungsgebieten in den KLAM-Berechnungen relativ genau erfasst werden können.

Für die im Untersuchungsgebiet gelegenen Bereiche des Oberbergischen Kreises liegen im Urban Atlas keine Daten vor. Für diese Gebiete wird auf den ebenfalls von der Europäischen

Umweltagentur zur Verfügung gestellten Datensatz „Corine Land Cover (CLC)“ mit Erfassungsjahr 2018 [11] zurückgegriffen, welcher mit 25 ha größer als der Urban Atlas aufgelöst ist. Die beiden Datensätze wurden miteinander verschnitten, sodass das gesamte KLAM-Rechengebiet durch Landnutzungsdaten abgedeckt ist.

Da die Landnutzungsklassen des Urban Atlas bzw. des Corine-Katasters nicht den in KLAM\_21 verwendeten Landnutzungsklassen entsprechen, wurden die jeweiligen Landnutzungsklassen in die standardmäßig vorgegebenen KLAM-Klassen überführt.

Darüber hinaus wurden benutzerdefinierte KLAM-Landnutzungsklassen zur Berücksichtigung des geplanten unterströmbaren Überbaus angelegt. Die durchströmbare Querschnittsfläche bis zur Oberkante des Unterbaus erstreckt sich angrenzend an das nördliche Gebäude über eins von drei Stockwerken und angrenzend an das südliche Gebäude über zwei von drei Stockwerken (s. Anlage 2). Für diese Differenzierung wurden zwei verschiedene Landnutzungsklassen angelegt.

Eine Auflistung der den Modellberechnungen zugrunde gelegten Landnutzungsklassen sowie deren verknüpfter Parameter ist in Tabelle 6.1 dargestellt.

Die in den Berechnungen berücksichtigte Landnutzung im Istfall ist in Anlage 11 für das gesamte Rechengebiet und in Anlage 12 als Detailansicht des Nestinggebietes dargestellt. Anlage 13 und Anlage 14 zeigen die Landnutzung in den beiden Planfällen als Detailansichten des Plangebietes.

Tabelle 6.1: Für die Kaltluftberechnungen mit dem Modell KLAM\_21 verwendete Landnutzungsklassen und deren Eigenschaften

Nutzungen	z0g	grz	hg	wai	bg	hv	xlai	a	vsg
Wald	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	20,0	6,0	0,56	0,0
halb versiegelte Fläche	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,5
Park	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	20,0	6,0	1,0	0,05
unversiegelte 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
Bahnfläche	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,75	0,0
Schrebergarten	0,05	0,1	3,0	0,15	0,1	10,0	3,0	0,8	0,15
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad > 80%	0,1	0,6	12,0	3,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,9
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 50 - 80%	0,1	0,4	10,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,65
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 30 - 50%	0,1	0,2	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,4

Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad 10 - 30%	0,1	0,1	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,2
Siedlungsstrukturen Versiegelungsgrad < 10%	0,1	0,05	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,1
Isolierte Strukturen	0,1	0,2	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	-99	0,4
Industrie – und Gewerbegebiete	0,1	0,6	12,0	0,9	0,0	0,0	0,0	-99	0,9
Bebauung, zu 1/3 durchströmbar	0,1	0,67	15,1	3,0	0,0	0,0	0,0	-99	1,0
Bebauung, zu 2/3 durchströmbar	0,1	0,3	15,1	0,9	0,0	0,0	0,0	-99	1,0

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 (Bei einem Wert von -99 wird a als Funktion von Bebauung und Versiegelung berechnet [4])
- vsg(i)** Versiegelungsgrad der Gesamtfläche einschließlich der bebauten Flächenanteile

## 7 Ergebnisse der Kaltluftberechnungen

Die Kaltluftsimulationen wurden ohne übergeordneten Regionalwind durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen somit ausschließlich das thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Im Folgenden wird die Kaltluftsituation (Kaltluftvolumenstrom, Kaltluflhöhe, Richtung und Stärke der mittleren Strömung innerhalb der Kaltluftsäule sowie Richtung und Stärke der bodennahen Strömung) zu zwei Zeitpunkten ausgewertet und dargestellt. Der erste Auswertzeitpunkt ist zwei Stunden nach Sonnenuntergang und der zweite Auswertzeitpunkt 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.

### 7.1 Kaltluftgeschehen zwei Stunden nach Sonnenuntergang

#### 7.1.1 Kaltluftvolumenstrom und mittleres Strömungsfeld innerhalb der Kaltluftsäule

Der Kaltluftvolumenstrom im Umfeld des Plangebiets im Istfall ist in Anlage 15 dargestellt. Zusätzlich sind in die Abbildung Richtung und Stärke der mittleren Strömung innerhalb der Kaltluftsäule mitaufgenommen.

Es ist zu erkennen, dass Kaltluft aus Richtung Norden in das Plangebiet einströmt. Diese wird lokal auf den höher gelegenen Freiflächen zwischen Opladen und Reusrath gebildet und fließt der Geländeneigung folgend in das Plangebiet. Innerhalb dessen Grenzen liegt die Kaltluftvolumenstromdichte zu weiten Teilen bei  $3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Im Bereich der Waldflächen treten aufgrund der Erhöhung der Rauigkeit und des Strömungswiderstandes niedrigere Werte von  $2 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf.

Des Weiteren weisen die Berechnungsergebnisse einen aus nordöstlicher Richtung kommenden Kaltluftvolumenstrom durch das Wuppertal aus. Innerhalb der engen Geländeschneise des Flussbetts östlich und nordöstlich des Plangebietes treten durch die Kanalisierung der Strömung Volumenstromdichten bis zu  $20 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf. Diese Kaltluftströmung ist Teil eines großräumigen Kaltluftabflusses durch das Wuppertal sowie dessen Seitentälern. Zu letzteren zählen unter anderem das Tal des Wiem- sowie des Ölbachs, das Murbachtal und das Weltersbachtal. Das Einzugsgebiet dieses Kaltluftabflusses reicht zum Anfang der Nacht bis nach Wuppertal-Elberfeld im Norden und Remscheid im Osten.

Mit der Aufweitung des Wuppertals im Bereich der Überführung der A 3 verringert sich der Kaltluftvolumenstrom auf  $2 - 3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Südlich des Plangebiets vereinigt sich der Kaltluftabfluss durch das Wuppertal mit der lokal auf den Freiflächen nördlich des Plangebiets nach Süden fließenden Kaltluft. Das Plangebiet erfährt zu Beginn der Nacht somit lediglich eine

Zufuhr lokal gebildeter Kaltluft und bleibt vom dem Kaltluftabfluss durch das Wuppertal unberührt.

Ein Teil der durch das Plangebiet nach Süden fließenden Kaltluft erreicht die unmittelbar östlich der A 3 gelegenen Opladener Siedlungsgebiete auf dem südlichen Wupperufer. Der andere Teil wird mit dem Kaltluftstrom durch das Wuppertal nach Südwesten geführt. Durch die Vereinigung der beiden Kaltluftströme sowie eine erneute Verengung des Talquerschnittes südwestlich des Plangebietes intensiviert sich der Kaltluftvolumenstrom durch das Wuppertal wieder auf Stärken bis zu  $15 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  und strömt anschließend weiter in das Flussbett des Rheins sowie in die Siedlungsgebiete der Leverkusener Stadtteile Rheindorf und Bürrig. Innerhalb dieser werden Kaltluftvolumenstromdichten bis zu  $10 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  erreicht.

In den Siedlungsgebieten von Opladen kommt es nördlich und südlich der Wupper zu Unterschieden hinsichtlich der dort auftretenden Kaltluftvolumenströme. Zum einen ist dies auf deren unterschiedliche Höhenlagen zurückzuführen. So kann die durch das Wuppertal strömende Kaltluft weiter in die tiefergelegenen Gebiete im Süden als in die höhergelegenen Gebiete im Norden eindringen. Hierdurch bedingt sind auf der Nordseite lediglich im unmittelbaren Uferbereich Kaltluftströmungen nachweisbar. Deren Volumenstromdichten belaufen sich auf  $1 - 10 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Auf der Südseite hingegen sind Kaltluftströmungen bis auf Höhe der Gartenstraße bzw. der Steinstraße / Vereinsstraße nachweisbar. Das Südufer von Opladen erfährt zudem eine Kaltluftzufuhr durch das Tal des Wiem- sowie des Ölbaches im Osten. Die hier erreichten Kaltluftvolumenstromdichten liegen hauptsächlich zwischen 2 und  $10 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ .

Zu Beginn der Nacht findet somit ein Transport von lokal gebildeter Kaltluft über das Plangebiet in die unmittelbar östlich der A 3 gelegenen Opladener Siedlungsgebiete auf dem südlichen Wupperufer, sowie in die Siedlungsgebiete von Rheindorf und Bürrig statt. Das Kaltluftvolumenstromniveau innerhalb des Plangebiets sowie innerhalb der Siedlungsgebiete in dessen Umgebung ist zu diesem Zeitpunkt gemäß dem Beurteilungsschema der „Klimaanalysekarte Nachtsituation“ des LANUV NRW [1] als gering bis mäßig einzustufen. Der Kaltluftabfluss durch das Wuppertal bewegt sich lokal betrachtet im mittleren bis hohen Bereich.

#### **7.1.1.1 Planfall A**

Anlage 16 zeigt den Kaltluftvolumenstrom sowie Richtung und Stärke der mittleren Strömung innerhalb der Kaltluftsäule im Planfall A. Die Kaltluftvolumenstromdichten im Plangebiet haben sich im Vergleich zum Istfall leicht geändert. Nördlich und südlich sowie zwischen den Plangebäuden hat der Kaltluftvolumenstrom bis auf einen Wert von  $0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  abgenommen. Östlich und westlich der Plangebäude hat sich die Kaltluftströmung hingegen auf Werte zwischen 3 und  $6 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  verstärkt. Des Weiteren ist eine westliche und östliche Umströmung der Plangebäude zu erkennen.

Anlage 17 arbeitet die Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms im Planfall A gegenüber dem Istfall als Prozentwerte heraus. Die Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms nördlich und südlich, sowie zwischen den Plangebäuden und die Zunahmen westlich und östlich der Plangebäude sind deutlich zu erkennen. Die Verteilung der Zu- und Abnahmen ist durch die nördliche Anströmrichtung zu erklären. Beim Auftreffen auf das nördliche Plangebäude wird die Strömung abgebremst. Stromabwärts der Gebäude kommt es zudem durch deren abschattende Wirkung zu Verringerungen. Die Kaltluftströmung weicht den neuen Strömungshindernissen seitlich aus, wodurch es in diesen Bereichen zu Zunahmen kommt.

Innerhalb des Plangebiets betragen sowohl die Ab- als auch die Zunahmen mehr als 10 %, was gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 [5] als „hoch“ zu bewerten ist. Außerhalb des Plangebiets kommt es ebenfalls zu Veränderungen, die zum Teil oberhalb von 10 % liegen. Abnahmen größer 10 % werden für Gebäude in Teilen folgender Bereichen ausgewiesen:

- Zwischen Düsseldorfer Straße (L 219), Raoul-Wallenberg-Straße (L 288), Reusrather Straße und Kämper Weg,
- zwischen Düsseldorfer Straße (L 219), Sandstraße und Haus-Vorster-Straße bis auf Höhe Leichlinger Straße
- zwischen Altstadtstraße, Bonner Straße (L 288) und Humboldtstraße bis auf Höhe Kneippstraße,
- am Tierheim an der Reuschenberger Straße.

Mit Ausnahme des letzten Gebäudes handelt es sich hierbei hauptsächlich um Wohnnutzungen.

Zunahmen von mehr als 10 % hingegen werden für Gebäude in Teilen folgender Bereiche ausgewiesen:

- Zwischen Reusrather Straße bzw. „Im Kalkfeld“ und Ulrichstraße bis auf Höhe Alexanderstraße,
- Am Gebäude „Auf den Heunen“ 2.

Hierbei handelt es sich vornehmlich um Wohnbebauung.

Darüber hinaus kommt es vereinzelt an Gebäuden zu Veränderungen des Kaltluftvolumenstrom zwischen 5 und 10 %. Diese sind gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 [5] als „mäßig“ zu bewerten.

Ein Vergleich mit Anlage 16 zeigt, dass, mit Ausnahme des Gebäudes „Am Heunen“ 2, die aufgeführten Veränderungen am nördlichen und südlichen Rand des Kaltluftabflusses durch das Wuppertal auftreten. In diesen Bereichen sind die Kaltluftvolumenstromdichten so niedrig, dass geringfügige Veränderungen prozentual hoch erscheinen.

Zur besseren Einordnung der Veränderungen zeigt Anlage 18 diese als Absolutwerte. Es wird deutlich, dass sich jegliche Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms oberhalb von  $1 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf das Plangebiet beschränken. Auch Zunahmen oberhalb von  $1 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  treten beinahe ausschließlich innerhalb der Plangebietsgrenzen auf. Die Maximalwerte der Veränderungen belaufen sich auf  $4 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  bei den Zunahmen und  $3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  bei den Abnahmen.

Die absoluten Änderungen zeigen somit, dass die hohen ausgewiesenen prozentualen Änderungen in Teilen der Siedlungsgebiete von Opladen auf das äußerst niedrige Niveau des dort herrschenden Kaltluftvolumenstroms und nicht auf signifikante, durch das Planvorhaben hervorgerufene Änderungen zurückzuführen sind.

Darüber hinaus zeigt sich, dass aufgrund des geringen Wirkungsradius des Planvorhabens negative Auswirkungen auf die Kaltluftversorgung von Rheindorf und Bürrig ausgeschlossen werden können.

#### **7.1.1.2 Planfall B**

Anlage 19 zeigt den Kaltluftvolumenstrom sowie Richtung und Stärke der mittleren Strömung innerhalb der Kaltluftsäule im Planfall B. Wie im Planfall A treten Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms bis auf  $0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  nördlich und südlich sowie zwischen den Plangebäuden auf, während westlich und östlich Zunahmen bis auf  $6 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  verzeichnet werden. Auch hier findet eine westliche sowie östliche Umströmung der Plangebäude statt.

Anlage 20 stellt hinaus die prozentualen Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms gegenüber dem Istfall dar. Im Vergleich zum Planfall A ergeben sich im Planfall B aufgrund der Verkürzung des südlichen Baukörpers an diesem weniger ausgeprägte Abnahmen. Dies ist auch anhand der in Anlage 21 dargestellten, absoluten Veränderungen ersichtlich. Außerhalb des Plangebietes treten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Planfällen auf.

Für den Planfall B gelten somit die gleichen Aussagen, die für den Planfall A zum Kaltluftvolumenstrom getroffen wurden.

#### **7.1.2 Kaltluftmächtigkeit und mittleres Strömungsfeld in Bodennähe**

Anlage 22 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Istfall innerhalb des Nestinggebietes. Darüber hinaus verdeutlichen die Pfeile die Richtung und Stärke der bodennahen Kaltluftströmung. Es zeigt sich, dass die höchsten Kaltluftmächtigkeiten mit Werten zwischen 25 und 35 m im engsten Bereich des Wuppertals nordöstlich des Plangebietes erreicht werden. Mit der Aufweitung des Talquerschnitts fließt sich die Kaltluft breit, wodurch sich ihre Mächtigkeit auf 15 – 25 m verringert.

Über dem nördlichen Talhang sind die Kaltluftmächtigkeiten aufgrund der höheren Geländelage niedriger und liegen zwischen 3 und 15 m auf den Freiflächen und 0 bis 15 m in den Siedlungsgebieten. Die niedrigen Schichthöhen in den Siedlungsgebieten beruhen auf deren gegenüber dem Freiland höheren Temperaturen und der aufgrund der höheren Oberflächenrauigkeit verringerten Fähigkeit der Kaltluft, in die bebauten Gebiete einzudringen. Innerhalb des Plangebiets, welches sich an diesem Hang befindet, bewegen sich die Kaltluftschichtdicken zwischen 8 und 22 m.

In den Siedlungsgebieten von Opladen südlich der Wupper treten in den tiefergelegenen Bereichen Kaltluftmächtigkeiten bis zu 30 m auf. Mit zunehmenden Geländehöhen und fortschreitender Bebauung schwächen sich die Kaltluflhöhen bis zur Auflösung der Kaltluftschicht ab.

Hinsichtlich des bodennahen Strömungsfeldes der Kaltluft zeigt sich, dass die Richtung der Strömung mit denen der mittleren Strömung innerhalb der Kaltluftsäule übereinstimmen. Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten werden bodennah für die nördlich an das Plangebiet angrenzenden Freiflächen ausgewiesen. Dies ist auf deren geringe Oberflächenrauigkeit sowie die Kanalisierung der Strömung zwischen den Siedlungsgebieten von Opladen und Reusrath zurückzuführen. Innerhalb des Plangebiets liegt aufgrund des Übergangs von Freifläche zu Wald ein Gefälle der Strömungsgeschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung vor. In der weiteren Umgebung des Plangebietes treten bodennah relativ geringe Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten auf.

#### **7.1.2.1 Planfall A**

In Anlage 22 sind Kaltluflhöhe und das bodennahe Kaltluftströmungsfeld im Planfall A dargestellt. Es sind leichte Änderungen der Kaltluftmächtigkeit sowie der Strömung der Kaltluft westlich und östlich um die Plangebäude herum zu erkennen.

Anlage 24 zeigt die vorhabensbedingten Veränderungen der Kaltluftmächtigkeit gegenüber dem Istfall als prozentuale Differenzen. Nördlich des längeren der beiden Plangebäude kommt es aufgrund der Stauwirkung des Gebäudes zu Zunahmen der Kaltluftmächtigkeit um bis zu 5 %.

Außerhalb des Plangebietes kommt es wie beim Kaltluftvolumenstrom in den Randbereichen des Kaltluftabflusses durch das Wuppertal zu Ab- und Zunahmen von mehr als 10 %. Mit Ausnahme des Tierheims an der Reuschenberger Straße und des Gebäudes „Auf den Heunen“ 2 sind dieselben Bereiche betroffen wie bei den Erläuterungen zum Kaltluftvolumenstrom aufgeführt.

Anlage 25 zeigt die Veränderungen der Kaltluftmächtigkeit als Absolutwerte. Außerhalb des Plangebietes werden westlich der Steinstraße Abnahmen der Kaltluftmächtigkeit um bis zu

3 m ausgewiesen. Diese treten im äußersten Randbereich des Kaltluftabflusses auf, indem sich die Kaltluftschicht abbaut.

Die ausgewiesenen Änderungen außerhalb des Plangebiets werden somit durch die hier vorhandenen geringen Kaltluftmächtigkeiten und nicht aufgrund einer signifikanten Einwirkung des Planvorhabens verursacht.

### **7.1.2.2 Planfall B**

In Anlage 26 sind Kaltfluthöhe und das bodennahe Kaltluftströmungsfeld im Planfall B dargestellt. Anlage 27 zeigt die vorhabensbedingten Veränderungen der Kaltlaufmächtigkeit als prozentuale Differenzen, während Anlage 28 diese als Absolutwerte ausweist. Durch die Verkürzung des südlichen Gebäudes, hat sich der Bereich, in dem es unmittelbar angrenzend an das Gebäude zu Abnahmen kommt verkleinert. Darüber hinaus sind keine signifikanten Unterschiede zu den Ergebnissen im Planfall A festzustellen. Es gelten daher die gleichen Aussagen, die im Planfall A zur Kaltluftmächtigkeit getroffen wurden.

## **7.2 Kaltluftgeschehen sechs Stunden nach Sonnenuntergang**

### **7.2.1 Kaltluftvolumenstrom und mittleres Strömungsfeld innerhalb der Kaltluftsäule**

Anlage 29 stellt den Kaltluftvolumenstrom sowie die mittlere Richtung und Stärke der Strömung innerhalb der Kaltluftsäule im Umfeld des Plangebietes sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Istfall dar. Die Abbildung zeigt, dass sich die Anströmung des Plangebietes mit Kaltluft im Laufe der Nacht von der nördlichen auf eine nordöstliche Richtung gedreht hat. Die Kaltluftvolumenstromdichten innerhalb des Plangebietes liegen nun zwischen 3 und 22  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ .

Die geänderte Strömungsrichtung und die Zunahme der Intensität des Kaltluftvolumenstroms sind auf eine Verstärkung des großräumigen Kaltluftabflusses durch das Wuppertal und seine Seitentäler zurückzuführen. Dessen Einzugsgebiet hat sich im Laufe der Nacht bis auf die Gebiete nördlich der Stadt Wuppertal und im Osten bis zur Wuppertalsperre im Städtedreieck Remscheid, Radevormwald und Hückeswagen ausgeweitet.

Zum einen erhöht sich hierdurch der Kaltluftvolumenstrom durch das Wuppertal südlich des Plangebietes. Zum anderen führt die Intensivierung des großräumigen Kaltluftabflusses dazu, dass die höhergelegenen und zum Teil bebauten Bereiche nordöstlich des Plangebietes von Kaltluft überströmt werden können.

Innerhalb des Nestinggebietes treten im Wuppertal nun sehr hohe Kaltluftvolumenstromdichten bis zu 71  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf. Die nordöstlich des Plangebietes gelegenen Siedlungsgebiete

von Opladen werden von Kaltluft mit Volumenstromdichten zwischen 5 und 20  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  durchströmt. Weitere Kaltluft strömt aus dem Wuppertal über die Freiflächen im Süden von Leichlingen sowie den Freiflächen zwischen den Siedlungsgebieten von Opladen und Reusrath auf die Freiflächen westlich von Opladen. Zwischen den bebauten Gebieten von Opladen und Reusrath treten durch die Kanalisierung der Strömung Kaltluftvolumenstromdichten von bis zu 46  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf. Ein Teil dieser Kaltluft wird über die A 3 nach Süden in Richtung des Plangebietes geleitet. Stromabwärts des Kanalisierungsbereichs verringert sich die Intensität des Kaltluftvolumenstroms durch das Breitfließen der Kaltluft auf Werte zwischen 15 und 20  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Das Plangebiet erfährt eine aus diesen Strömungen kombinierte Kaltluftzufuhr.

In den südlich der Wupper gelegenen Siedlungsgebieten von Opladen liegen die Kaltluftvolumenstromdichten zum Ende der Nacht zwischen 5 und 50  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Die durch das Plangebiet strömende Kaltluft fließt weiter nach Südwesten und erreicht die Siedlungsgebiete von Rheindorf. Hier betragen die Intensitäten des Kaltluftvolumenstroms 5 – 20  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Die Siedlungsgebiete von Bürrieg werden zum Ende der Nacht mit Kaltluft versorgt, die nicht über das Plangebiet, sondern über das südliche Wupperufer zufließt.

Zum späten Nachtzeitpunkt findet somit ein großräumig über das Wuppertal zufließender Kaltluftstrom über das Plangebiet in die Siedlungsgebiete von Rheindorf statt. Das Kaltluftvolumenstromniveau innerhalb des Plangebietes bewegt sich von mittel im südlichen, bewaldeten Bereich bis hoch im Bereich der Freiflächen. Für die Siedlungsgebiete von Rheindorf und Opladen nördlich der Wupper sind ebenfalls mittlere bis hohe Kaltluftvolumenstromdichten zu verzeichnen. Der südlich der Wupper gelegene Teil von Opladen erfährt aufgrund seiner Tallage eine höhere Kaltluftzufuhr durch den zum Ende der Nacht hohen Kaltluftabfluss durch das Wuppertal, wodurch es hier zu einer Bandbreite von mittleren bis sehr hohen Kaltluftvolumenströmen kommt.

#### **7.2.1.1 Planfall A**

Anlage 30 zeigt den Kaltluftvolumenstrom und das mittlere Kaltluftströmungsfeld im Planfall A. Es ist zu erkennen, dass die Plangebäude durch die Intensivierung des Kaltluftvolumenstroms im Laufe der Nacht nun mit Kaltluft überströmt werden. Die Intensitäten des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Plangebietes liegen zwischen 3 und 21  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ .

Anlage 31 zeigt die prozentualen Veränderungen gegenüber dem Istfall. Es wird deutlich, dass sich die Bereiche in denen Zu- und Abnahmen auftreten, im Laufe der Nacht verschoben haben. Dies ist in der Änderung der Strömungsrichtung begründet. Da das Plangebiet in den späten Nachtstunden aus Nordosten von der Kaltluft erreicht wird, wird diese nun nach Norden und Süden verdrängt, während es im Westen und Osten zu Zunahmen kommt. Veränderungen von mehr als 10 % beschränken sich weitgehend auf das Plangebiet. Hinsicht-

lich Bebauung außerhalb des Plangebiets ist das Gebäude „Am Heunen“ 2 marginal von Zunahmen zwischen 5 und 10 % betroffen.

Die Absolutwerte der vorhabensbedingten Änderungen sind in Anlage 32 dargestellt. An den Plangebäuden treten Abnahmen von bis zu  $9 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$  auf. Außerhalb des Plangebiets liegen die Abnahmen bei maximal  $1 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ . Die Zunahmen betragen innerhalb des Plangebietes maximal 11 und außerhalb des Plangebietes maximal  $3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ .

Die gegenüber dem früheren Nachtzeitpunkt verkleinerten Bereiche von Änderungen oberhalb von 10 % sowie die höheren Absolutwerte der Änderungen sind durch das höhere Kaltluftvolumenstromniveau zum Ende der Nacht zu erklären.

Die Ergebnisse zeigen, dass es durch das Planvorhaben auch zum Ende der Nacht nicht zu signifikanten Änderungen des Kaltluftvolumenstroms außerhalb des Plangebiets kommt. Auswirkungen auf die Kaltluftversorgung der Siedlungsgebiete im Umfeld sind damit ausgeschlossen.

### **7.2.1.2 Planfall B**

Anlage 33 zeigt den Kaltluftvolumenstrom und das mittlere Kaltluftströmungsfeld im Planfall B. Anlage 34 und Anlage 35 zeigen zusätzlich die Änderungen des Kaltluftvolumenstroms gegenüber dem Istfall. Bei Betrachtung der absoluten Veränderungen ist zu erkennen, dass sich der Bereich, in dem es südlich des verkürzten Gebäudes zu Zunahmen des Kaltluftvolumenstroms kommt, aufgrund der verminderten Verdrängungswirkung gegenüber dem Planfall A etwas verkleinert hat. Darüber hinaus sind keine signifikanten Unterschiede zu den Ergebnissen im Planfall A festzustellen.

Für den Planfall B gelten somit die gleichen Aussagen, die für den Planfall A zum Kaltluftvolumenstrom getroffen wurden.

### **7.2.2 Kaltluftmächtigkeit und mittleres Strömungsfeld in Bodennähe**

Anlage 36 zeigt die Mächtigkeit der Kaltluftschicht sowie das bodennahe Strömungsfeld im Istfall innerhalb des Nestinggebietes zum Zeitpunkt sechs Stunden nach Sonnenuntergang. Es ist zu erkennen, dass die Kaltluftschicht im Laufe der Nacht deutlich angewachsen ist. Die Zunahmen bewegen sich zwischen 14 und 45 m, wobei die Maximalwerte für die Opladener Siedlungsgebiete ausgewiesen werden, die im Gegensatz zum Beginn der Nacht nun großflächig von Kaltluft durchströmt werden.

Absolut betrachtet treten die größten Kaltluftmächtigkeiten wie zu Beginn der Nacht im engsten Bereich des Wuppertals nordöstlich des Plangebietes auf. Diese betragen nun allerdings bis zu 58 m. Mit der Aufweitung des Talquerschnitts verringert sich die Schichtdicke auf Wer-

te zwischen 35 und 45 m. Über den Talhängen werden Kaltluftmächtigkeiten zwischen 20 und 35 m ausgewiesen. Innerhalb des Plangebiets treten durch die Auffüllung des Wuppertals mit Kaltluft im Laufe der Nacht über den tiefstgelegenen Bereichen im Süden nun Schichtdicken zwischen 35 und 42 m und in den höhergelegenen nördlichen Bereichen zwischen 28 und 35 m auf.

In Bezug auf das Kaltluftströmungsfeld zeigt sich, dass die im Mittel über die Kaltluftsäule auftretende nordöstliche Strömungsrichtung auch in Bodennähe vorhanden ist. Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten treten wie zu Beginn der Nacht aufgrund der niedrigen Oberflächenrauigkeit sowie Kanalisierungseffekten auf den Freiflächen zwischen Reusrath, Opladen und dem Plangebiet auf. In den übrigen Bereichen des Nestinggebietes werden bodennah lediglich geringe Strömungsgeschwindigkeiten ausgewiesen. Dies zeigt, dass zum späten Nachtzeitpunkt hauptsächlich eine Akkumulation der Kaltluft im Tal der Wupper vorliegt, jedoch kaum noch frische Kaltluft aus dem großräumigen Abfluss in die Siedlungsgebiete an der Talmündung gelangt.

#### **7.2.2.1 Planfall A**

Anlage 37 stellt die Kaltluftmächtigkeit sechs Stunden nach Sonnenuntergang im Planfall A dar. Anlage 38 und Anlage 39 zeigen die entsprechenden prozentualen und absoluten Änderungen der Kaltluftmächtigkeit im gegenüber dem Istfall.

Außerhalb des Plangebietes treten keine signifikanten Änderungen auf, wodurch eine signifikante Einflussnahme des Planvorhabens im Umfeld der Planung ausgeschlossen werden kann.

#### **7.2.2.2 Planfall B**

In Anlage 40 sind Kaltfluthöhe und das bodennahe Kaltluftströmungsfeld im Planfall B dargestellt. Anlage 41 und Anlage 42 zeigen die entsprechenden prozentualen und absoluten Änderungen der Kaltluftmächtigkeit im gegenüber dem Istfall. Wie im Planfall A werden signifikante Abnahmen lediglich unmittelbar angrenzend an die Plangebäude ausgewiesen.

Für den Planfall B gelten somit die gleichen Aussagen, die für den Planfall A zum Kaltluftmächtigkeit getroffen wurden.

## 8 Zusammenfassung

Die Stadt Leverkusen plant die Neuerrichtung einer Feuer- und Rettungswache im Norden von Leverkusen, an der Grenze zum Kreis Mettmann. Das Planvorhaben soll auf einer etwa 7,6 ha großen, hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Fläche umgesetzt werden.

In der „Klimaanalysekarte Nachtsituation“ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW [1] wird ein als „hoch“ kategorisierter Kaltluftvolumenstrom durch das Plangebiet nach Südwesten, in die Siedlungsgebiete des Stadtteils Rheindorf ausgewiesen. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens sollte geprüft werden, ob es durch das Planvorhaben zu einer maßgeblichen Beeinflussung oder Blockade dieser Kaltluftströmung kommt.

Das Planungskonzept zum Vorhaben [2] sieht die Errichtung zweier Baukörper von 172 bzw. 132 m Länge vor, wobei der längere nördlich des kürzeren angeordnet ist. Der längere Baukörper hat eine Höhe von 15,1 m, während der kürzere 11,5 m hoch ist. Die beiden Baukörper sind im Westen durch einen unterströmbaren Überbau verbunden.

Im vorliegenden Gutachten sollten zwei Planungsvarianten des Vorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“ betrachtet werden. Die Realisierung des Planvorhabens gemäß dem Planungskonzept [2] wurde im sogenannten „Planfall A“ untersucht. Bei der zweiten Variante sollte angenommen werden, dass das südlichere der beiden Gebäude 3,6 m höher und an seiner Ostseite um 40 m verkürzt ist. Dieses Szenario wurde im sogenannten „Planfall B“ untersucht.

Als Referenzszenario wurde darüber hinaus der sogenannte „Istfall“ untersucht. In diesem wurde die Bebauungssituation wie im Bestand angenommen.

Es ergaben sich somit insgesamt die folgenden drei Untersuchungsszenarien:

- Istfall
- Planfall A
- Planfall B

Die Kaltluftuntersuchungen wurden mit dem Kaltluftmodell KLAM\_21 in der aktuellen Version 2.012 [3], [4] unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung durchgeführt. Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen und der Bewertung von planungsbedingten Veränderungen wurden der Kaltluftvolumenstrom und die Kaltluftmächtigkeit sowie das Kaltluftströmungsfeld herangezogen. Die Beurteilung der vorhabensbedingten Veränderung erfolgte gemäß der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ [5].

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass das Plangebiet zu Beginn der Nacht eine Zufuhr lokal gebildeter Kaltluft von den nördlich gelegenen Freiflächen erfährt. Diese Kaltluft wird über das Plangebiet in die unmittelbar östlich der A 3 gelegenen Opladener Siedlungsgebiete auf dem südlichen Wupperufer, sowie in die Siedlungsgebiete von Rheindorf und Bürrig transportiert.

Darüber hinaus besteht ein großräumiger Kaltluftabfluss durch das südlich des Plangebietes gelegene Wuppertal. Zu Beginn der Nacht weist dieser mittlere bis hohe Intensitäten auf. Das Plangebiet bleibt von diesem Kaltluftabfluss jedoch unberührt. Der Kaltluftvolumenstrom durch das Plangebiet sowie durch die Siedlungsgebiete in dessen Umgebung ist zum frühen Nachtzeitpunkt von geringer bis mittlerer Intensität.

Im Laufe der Nacht intensiviert sich der großräumige Kaltluftabfluss durch das Wuppertal. Zum einen erhöht sich hierdurch der Kaltluftvolumenstrom durch das Wuppertal südlich des Plangebietes. Zum anderen können die höhergelegenen und zum Teil bebauten Bereiche nordöstlich des Plangebietes von Kaltluft überströmt werden. Das Plangebiet erfährt eine aus diesen Strömungen kombinierte Kaltluftzufuhr aus nordöstlicher Richtung. Das Kaltluftvolumenstromniveau innerhalb des Plangebietes bewegt sich im mittleren bis hohen Bereich.

Zum späten Nachtzeitpunkt findet somit ein großräumig über das Wuppertal zufließender Kaltluft über das Plangebiet in die Siedlungsgebiete von Rheindorf statt. Die Siedlungsgebiete von Opladen und Bürrig bleiben aufgrund der geänderten Strömungsrichtung von dieser Kaltluftströmung hingegen unberührt.

Durch die Realisierung des Planvorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“ kommt es bei beiden Planvarianten A und B zu Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms im Lee und Luv der Plangebäude, während es seitlich der Gebäude durch Verdrängung der Kaltluft in diese Bereiche zu Zunahmen kommt. Signifikante Auswirkungen auf den Kaltluftvolumenstrom über die Plangebietsgrenzen hinaus treten jedoch in beiden Planvarianten und zu beiden untersuchten Nachtzeitpunkten nicht auf. Eine signifikante Minderung des Kaltluftvolumenstroms oder ein Abriß der Strömung infolge des Planvorhans kann somit auf Grundlage der Rechenergebnisse ausgeschlossen werden.

Zwischen den beiden Planvarianten A und B ergeben sich keine relevanten Unterschiede hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Kaltluftvolumenstrom.

Im Bezug auf die Kaltluftmächtigkeit zeigen die Berechnungsergebnisse, dass sich das Wuppertal im Laufe der Nacht mit Kaltluft auffüllt, welche dort weitgehend stagniert. Lediglich über die Freiflächen nördlich des Plangebiets wird auch zu Ende der Nacht noch neue Kaltluft zugeführt. Die Kaltluft im Plangebiet erreicht zum Ende der Nacht Mächtigkeiten ober-

halb der Bebauungshöhe, wodurch die Planbebauung überströmt anstatt lediglich umströmt werden kann.

Zum frühen Nachtzeitpunkt kommt es aufgrund der niedrigeren Kaltluflhöhe zu einem leichten Stau effekt und einer Zunahme der Kaltluftmächtigkeit im Luv der Plangebäude. Zum Ende der Nacht tritt dieser Effekt aufgrund der gewachsenen Kaltluftmächtigkeit nicht mehr auf. Signifikante Auswirkungen auf den Kaltluftmächtigkeit über die Plangebietsgrenzen hinaus treten in beiden Planvarianten und zu beiden untersuchten Nachtzeitpunkten nicht auf. Zwischen den beiden Planvarianten A und B ergeben sich keine relevanten Unterschiede hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Kaltluftmächtigkeit.

Um die Einflussnahme des Planvorhabens auf das Kaltluftgeschehen innerhalb der Plangebietsgrenzen zu minimieren, sollten nach Möglichkeit Maßnahmen getroffen werden, um Kaltluftproduktionsflächen innerhalb des Plangebietes zu erhalten. Folgende Maßnahmen können hierzu eingesetzt werden:

- möglichst geringe Versiegelung natürlicher Flächen,
- Realisierung von Dach- und Fassadenbegrünungen.

Peutz Consult GmbH

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

i.A. M.Sc. Helena Röhling  
(Projektbearbeitung)

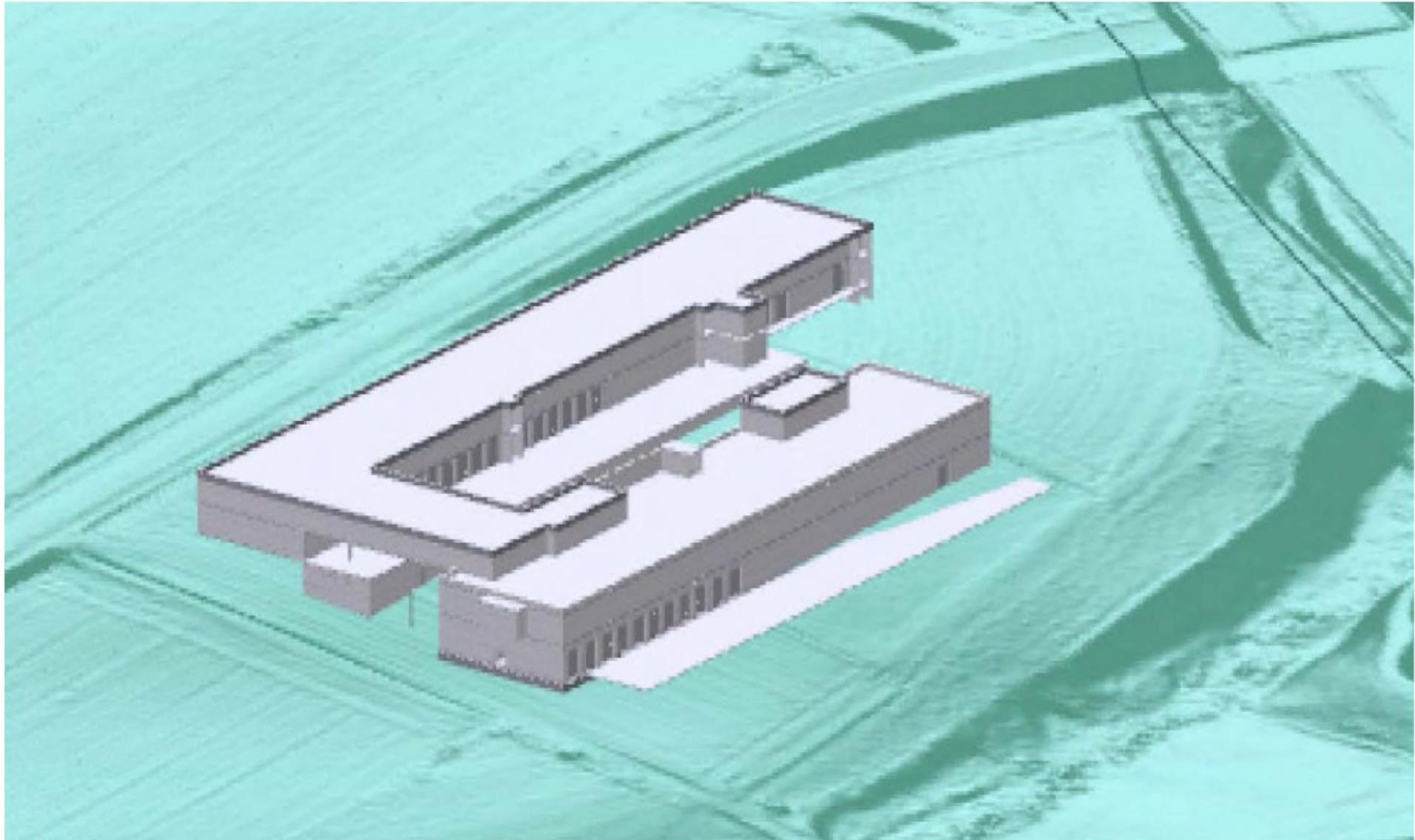
Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Übersichtslageplan (Draufsicht) des Planvorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“
- Anlage 2 Übersichtslageplan (Ansicht West) des Planvorhabens „Feuer- und Rettungswache Nord“
- Anlage 3 Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Istfall
- Anlage 4 Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Planfall A
- Anlage 5 Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten im Planfall B
- Anlage 6 Auszug aus der „Klimaanalysekarte Nachtsituation“ des LANUV NRW für das Umfeld des Planvorhabens
- Anlage 7 Geländehöhen und Lage des Nestinggebietes innerhalb des äußeren Rechengebietes
- Anlage 8 Geländehöhen innerhalb des Nestinggebietes im Istfall
- Anlage 9 Geländehöhen im Planfall A – Detailansicht Plangebiet
- Anlage 10 Geländehöhen im Planfall B – Detailansicht Plangebiet
- Anlage 11 Landnutzung und Lage des Nestinggebietes innerhalb des äußeren Rechengebietes
- Anlage 12 Landnutzung innerhalb des Nestinggebietes im Istfall
- Anlage 13 Landnutzung im Planfall A – Detailansicht Plangebiet
- Anlage 14 Landnutzung im Planfall B – Detailansicht Plangebiet
- Anlage 15 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 16 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 17 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 18 Absolute vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 19 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 20 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang

- Anlage 21 Absolute vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 22 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Istfall zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 23 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 24 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 25 Absolute vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 26 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 27 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 28 Absolute vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B zwei Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 29 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 30 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 31 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 32 Absolute vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 33 Kaltluftvolumenstrom innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 34 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 35 Absolute vorhabensbedingte Änderung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 36 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Istfall sechs Stunden nach Sonnenuntergang

- Anlage 37 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 38 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 39 Absolute vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall A sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 40 Mächtigkeit der Kaltluftschicht innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 41 Prozentuale vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang
- Anlage 42 Absolute vorhabensbedingte Änderung der Kaltluftmächtigkeit innerhalb des Nestinggebietes im Planfall B sechs Stunden nach Sonnenuntergang

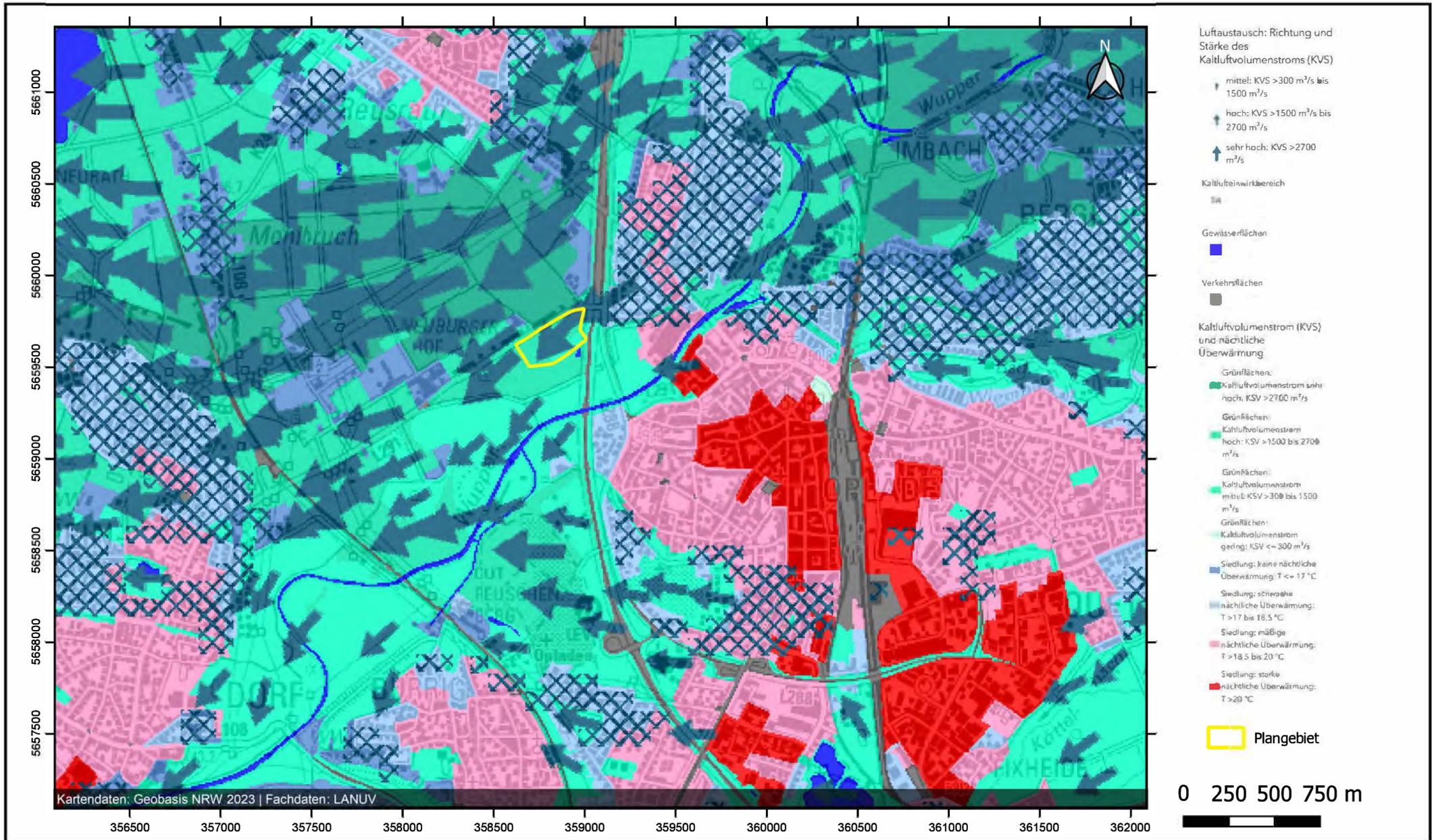




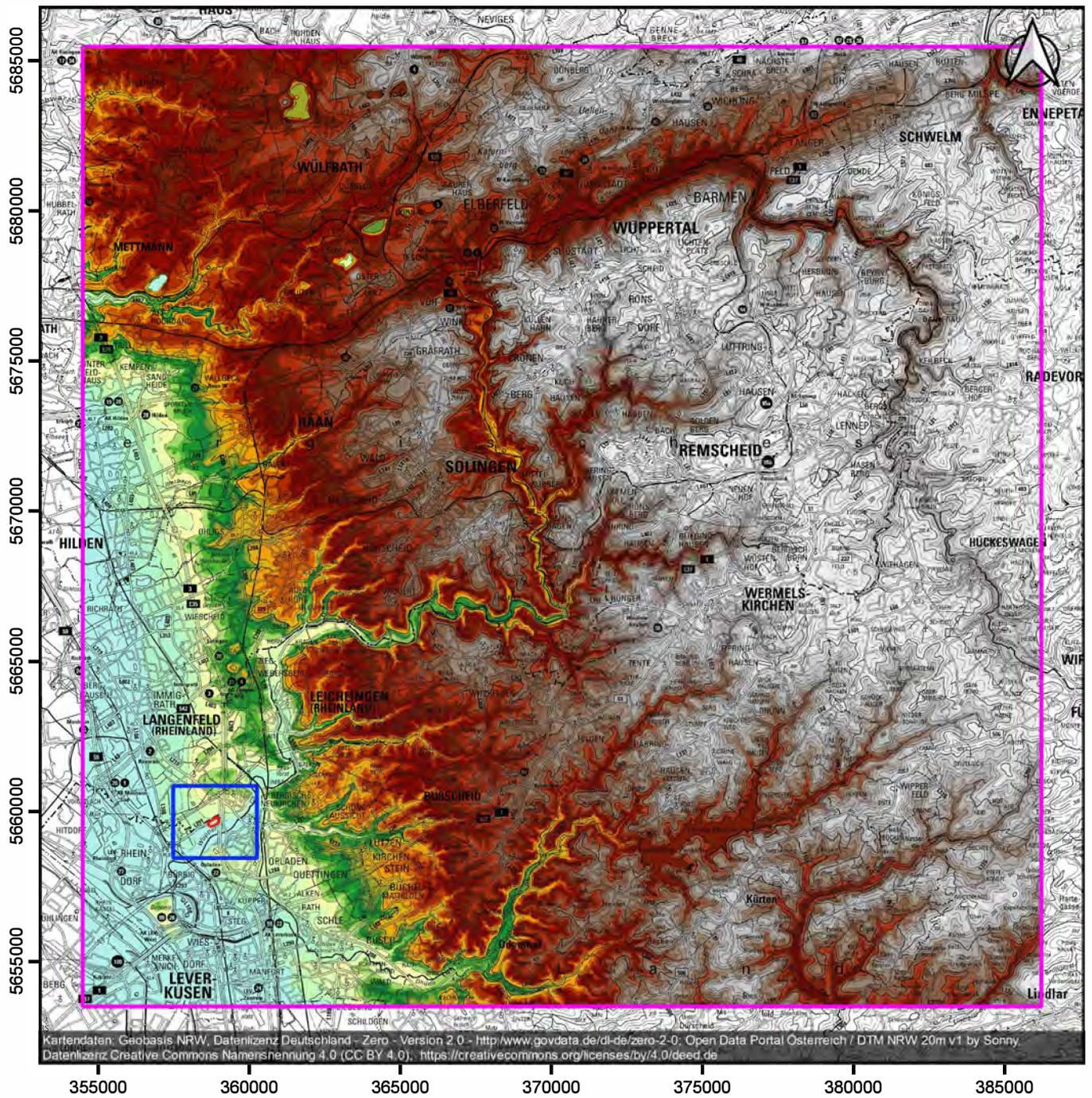








# Anlage 7: Geländehöhen und Lage des Nestinggebietes innerhalb des äußeren Rechengebietes



Kartendaten: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2.0>; Open Data Portal Österreich / DTM NRW 20m v1 by Sonny, Datenlizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 (CC BY 4.0); <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

## Geländehöhe über NHN [m]

≤ 50	80 - 85	130 - 140	200 - 220
50 - 55	85 - 90	140 - 150	220 - 240
55 - 60	90 - 95	150 - 160	240 - 260
60 - 65	95 - 100	160 - 170	260 - 280
65 - 70	100 - 110	170 - 180	280 - 300
70 - 75	110 - 120	180 - 190	300 - 350
75 - 80	120 - 130	190 - 200	> 350

- Plangebiet
- inneres Rechengebiet (Nestinggebiet)
- äußeres Rechengebiet

0 2 4 6 km



