

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D – 01445 Radebeul

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

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

Stand: 24.03.2020

NEUBAUVORHABEN IN DER WILLY-BRANDT-STRAÙE IN BRÜHL

- KLIMAGUTACHTEN MIT SCHWERPUNKT BEEINFLUSSUNG DER KALTLUFT-

Auftraggeber: Heider Bergsee Campus Grundbesitz GmbH
Am Volkspark 1
50321 Brühl

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

Dipl.-Met. B. Brecht

Dr. rer. nat. I. Düring

März 2020
Projekt 71622-19-02
Berichtsumfang 47 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	6
2	VORGEHENSWEISE	7
3	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	8
4	EINGANGSDATEN	9
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	9
	4.2 Klimatische Gegebenheiten	14
	4.3 Regionale Windverhältnisse	15
	4.4 Vegetation.....	17
	4.5 Gesamtstädtische Klimakarten	17
5	BESCHREIBUNG DER LOKALKLIMATISCHEN GEGEBENHEITEN IM ISTZUSTAND	24
	5.1 Thermische Windsysteme.....	24
	5.1.1 Strömung bei Kaltluftabflüssen während autochthonen Wetterlagen ...	24
	5.2 Thermische Belastung	32
6	DETAILLIERTE STRÖMUNGSMODELLIERUNG	33
	6.1 Vorgehensweise	33
	6.2 Betrachtete meteorologische Situationen	35
	6.3 Strömung im Istzustand	35
	6.4 Strömung im Planfall.....	38
7	FAZIT	43
	7.1 Einfluss der thermischen Windsysteme (Kaltluft)	43
	7.2 Thermische Belastung	43
8	LITERATUR	45
	ANHANG A1: STÄDTEBAULICHER ENTWURF HBC CAMPUS BRÜHL	46

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Ausnahme ist die Freigabe für die Veröffentlichung und Vervielfältigung der Unterlagen im Rahmen des Bauleitplanverfahrens.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN, ABKÜRZUNGEN

Klima

Als Klima definiert man das langjährige Mittel und die Schwankungen des jährlichen Ablaufs der Witterung eines Gebietes, wobei unter Witterung der Wetterzustand einer Zeitspanne von mehreren Tagen verstanden wird (Scherhag et al., 1977). Der Wetterzustand wird beschrieben durch meteorologische Größen wie Wind, Temperatur, Feuchte, Sonnenscheindauer, Strahlungsmenge und Niederschlag.

Man unterscheidet das regionale Klima (mehrere 10 km) und das lokale Klima (ca. 100 m bis mehrere km). Wichtige Einflussgrößen für das regionale und lokale Klima sind, ausgehend von der geographischen Situation und der Verteilung der großräumigen Wetterlagen, die Topographie (z. B. Geländeform, Exposition) und das Muster der Landnutzung.

Im Rahmen der hier vorliegenden Planung interessieren die Auswirkungen der Planung auf das lokale Klima der Umgebung und die zu erwartenden klimatischen Verhältnisse im unmittelbaren Nahbereich der Maßnahme.

Temperaturgradient und Inversionen

Es entspricht einer physikalischen Gesetzmäßigkeit, dass die mittlere Lufttemperatur mit zunehmender Höhenlage eines Ortes abnimmt. Im Jahresmittel beträgt diese höhenbedingte Temperaturabnahme durchschnittlich 0.5 °C pro 100 m Höhenstufe. Im Sommer und Frühjahr erhöht sich der Betrag der Temperaturabnahme auf 0.6 °C pro 100 m Höhenstufe, während er im Herbst auf 0.4 und im Winter auf ca. 0.3 °C pro 100 m zurückgeht. Unter besonderen meteorologischen Bedingungen kann aber auch eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhenlage beobachtet werden. Hierbei spricht man von Inversionswetterlagen.

Luftschichtungszustände

Wird ein Luftpaket aus seiner Ruhelage heraus vertikal verschoben, so ändert sich seine Temperatur. Ist nun der Temperaturverlauf der ruhend gedachten Umgebung so beschaffen, dass das Luftquantum durch positive oder negative Auftriebskräfte wieder in seine Ausgangsposition zurückgetrieben wird, so nennen wir die Temperaturschichtung **stabil**. Genügt umgekehrt eine kleine Verschiebung aus der Ruhelage zur endgültigen Entfernung des Luftpaketes, so liegt entsprechend eine **labile** Schichtung vor. Zwischen beiden Möglichkeiten liegt die thermisch **neutrale** Schichtung, bei der das vertikal verschobene Luftpaket in jeder Position in einem indifferenten Gleichgewicht ist, das heißt keine Auftriebskräfte auftreten.

Dieses Stabilitätsverhalten übt einen grundlegenden Einfluss auf den vertikalen Austausch aus. Eine stabile Schichtung wird im Vergleich zum neutralen Fall diesen Austausch behindern, im Extrem unterbinden. Thermische Labilität wird dagegen zu einer mehr oder minder starken Durchmischung eines Luftkörpers und damit zu einer Intensivierung des Vertikal-austausches mit daraus resultierenden niedrigeren Schadstoffkonzentrationen führen.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammlbereiche

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

Windsysteme

a) Allgemeines

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

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

b) allochthone Windsysteme

Der Gradientwind als größte Näherung des realen Windes (siehe oben) ist als solcher nur in höheren Luftschichten ungestört zu beobachten. Die Erdoberfläche bremst die Luftbewegung. Die Reibungsschicht ist im Allgemeinen 1 000 bis 1 500 m hoch. Innerhalb dieser Reibungsschicht zeigt sich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Allochthone Wetterlagen sind Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten, so genannte Gradientwindlagen.

c) autochthone Windsysteme

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

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Heider Bergsee Campus Grundbesitz GmbH plant ein Neubauvorhaben in der Willy-Brandt-Straße in Brühl. Es sollen ein mehrgeschossiges Gebäude für Bildungs-, Forschungs- und Entwicklungs- und Verwaltungseinrichtungen sowie zwei mehrgeschossige Wohngebäude für studentisches Wohnen entstehen.

In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planungsverfahrens die Erarbeitung eines Klimagutachtens erforderlich. Dabei soll untersucht werden, wie sich die geplante Bebauung auf die Kaltluft, die auf dem Planbereich in Richtung der Siedlung nach Osten transportiert wird, auswirkt. Dabei werden der Istzustand vor Umsetzung der Planung (unbebaut) sowie der Planfall nach Umsetzung der Planungsmaßnahme betrachtet. Gegebenenfalls sollen Planungshinweise gegeben werden.

2 VORGEHENSWEISE

Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- Aufnahme der bestehenden und geplanten Gebäude im städtischen Entwurfsgebiet und in dessen Umgebung
- Übernahme der Daten der KALM-Kaltluftberechnungen aus dem Gutachten „Klimafunktions- und Planungshinweiskarte für die Stadt Brühl" (Lohmeyer, 2018)
- Strömungsberechnungen mit dem mikroskaligen Modell MISKAM für im Untersuchungsgebiet relevante Strömungsrichtungen der Kaltluft
- Bewertung der Berechnungsergebnisse anhand einschlägiger Beurteilungskriterien

Die Betrachtung erfolgt für den Istzustand und den Planfall.

3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

Die Landnutzung im Stadtgebiet beeinflusst die großräumige Strömung. Wegen der herabgesetzten Windgeschwindigkeiten in Städten sind sogenannte Luftleitbahnen und Kaltluftabflüsse von großer Bedeutung für den Luftaustausch mit der Umgebung und damit zum Abtransport der mit Schadstoffen und Wärme belasteten Luft. In diesem Gutachten wird speziell der Kaltluftabfluss betrachtet.

Auf breiten unverbauten Schneisen können Kaltluftabflüsse in das Stadtgebiet eindringen, die bei austauscharmen Wetterlagen zu einer Mindestbelüftung des Stadtgebietes beitragen. Grenzggeschwindigkeiten für fühlbare Kaltluftabflüsse sind dem Gutachter nicht bekannt. Häufig werden in innenstädtischen Bereichen bodennahe Kaltluftgeschwindigkeiten von 0.3 m/s und mehr als relevant angesehen, da diese gerade für den Menschen spürbar werden. In Hangbereichen bzw. am Stadtrand (so wie in der hier vorliegenden Situation) sind die Verhältnisse zumeist günstiger, da das generelle Windgeschwindigkeitsniveau allgemein höher ist. Deshalb wurde zur Bewertung der Strömungsverhältnisse bei austauscharmen Wetterlagen das Doppelte dieser Grenzggeschwindigkeit herangezogen (0.6 m/s). Der Wert ist auch relativ zu umliegenden Windgeschwindigkeiten zu sehen. So wäre beispielsweise diese Grenzggeschwindigkeit in der Küstenregion mit guter Durchlüftung kein relevanter extra schützenswerter Volumenstrom, im Stadtgebiet von Brühl sind jedoch bereits so kleine Windgeschwindigkeiten für eine Mindestdurchlüftung wichtig.

Zur Belüftung des Stadtgebietes oder größerer Teile davon sind hohe Kaltluftvolumenströme notwendig. Nach VDI (2003) geht man von einem klimaökologisch wirkungsvollen Kaltluftvolumenstrom aus, wenn dieser den Schwellwert von 10 000 m³/s überschreitet.

4 EINGANGSDATEN

Zur Bearbeitung des Projektes standen u. a. folgende Unterlagen zur Verfügung:

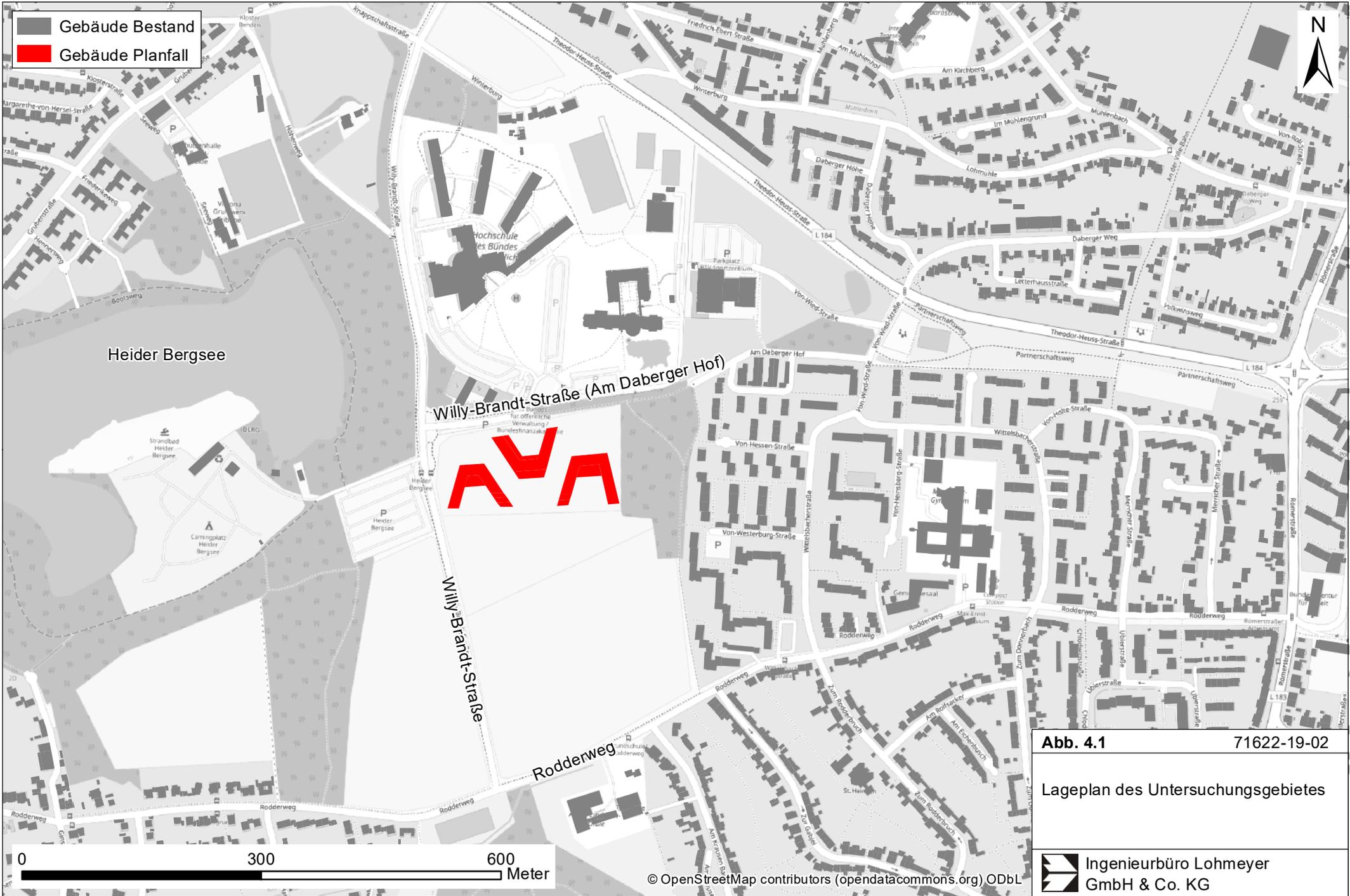
- Städtebaulicher Entwurf „HBC Campus Brühl“ (green! architects und greenbox LA; siehe auch Anhang A1)
- Flächendeckende Information zum Relief in Brühl und Umgebung (Land NRW, 2017) bzw. im weiteren Umfeld zur Erfassung des gesamten Kaltlufteinzugsgebietes [Datengrundlage: GlobDEM50 V2.0 - metSoft GbR Heilbronn (MetSoft, 2006)]
- Stadtplan der Stadt Brühl in digitaler Form (OpenStreetMap und Google Earth)
- Digitales Gebäudemodell für Brühl und Umgebung (Land NRW, 2017)
- Luftbilder für das Stadtgebiet von Brühl und dessen Umgebung (Google Earth)
- Synthetisch berechnete Windverteilungen im Bereich von Brühl (Metsoft, 2017)

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Brühl ist eine Stadt im Rhein-Erft-Kreis in Nordrhein-Westfalen (NRW) und Teil der Metropolregion Rhein-Ruhr, eines Ballungsraumes mit fast zehn Millionen Einwohnern. Die Stadt Brühl liegt in der Kölner Bucht am nördlichen Ende des Vorgebirges. Das Vorgebirge ist eine langgestreckte und bis zu 156 m hohe Anhöhe westlich der Stadt. Die nächstgelegenen größeren Städte sind Köln und Bonn. Dabei grenzt Köln direkt im Nordosten von Brühl an, während im Süden zwischen Brühl und Bonn die Stadt Bornheim liegt.

Die Siedlungsbereiche von Brühl liegen überwiegend in einer Höhe von etwa 60 m ü. NHN bis 80 m ü. NHN, im Westen steigt das Gelände leicht in Richtung Vorgebirge an. Hier befinden sich die dortigen kleineren Ortsteile bis in Höhenlagen von maximal 130 m ü. NHN. Generell lässt sich feststellen, dass die Niveauhöhe der Stadt Brühl von West nach Ost abnimmt (Lohmeyer, 2018).

Abb. 4.1 zeigt eine Darstellung des Untersuchungsgebietes, **Abb. 4.2** zeigt das Relief von Brühl im Umfeld des Untersuchungsgebietes mit den Gebäuden im Istzustand (grau) und Planfall (rot). Das schwarze Rechteck zeigt den Ausschnitt aus **Abb. 4.1**. Die zu untersuchende Fläche ist ein leicht nach Südsüdost geneigter Hang, der bisher landwirtschaftlich genutzt wurde. Dieser liegt im Westen des bebauten Brühler Stadtgebietes



Gebäude Bestand
 Gebäude Planfall



Heider Bergsee

Willy-Brandt-Straße (Am Daberger Hof)



Willy-Brandt-Straße

Rodderweg

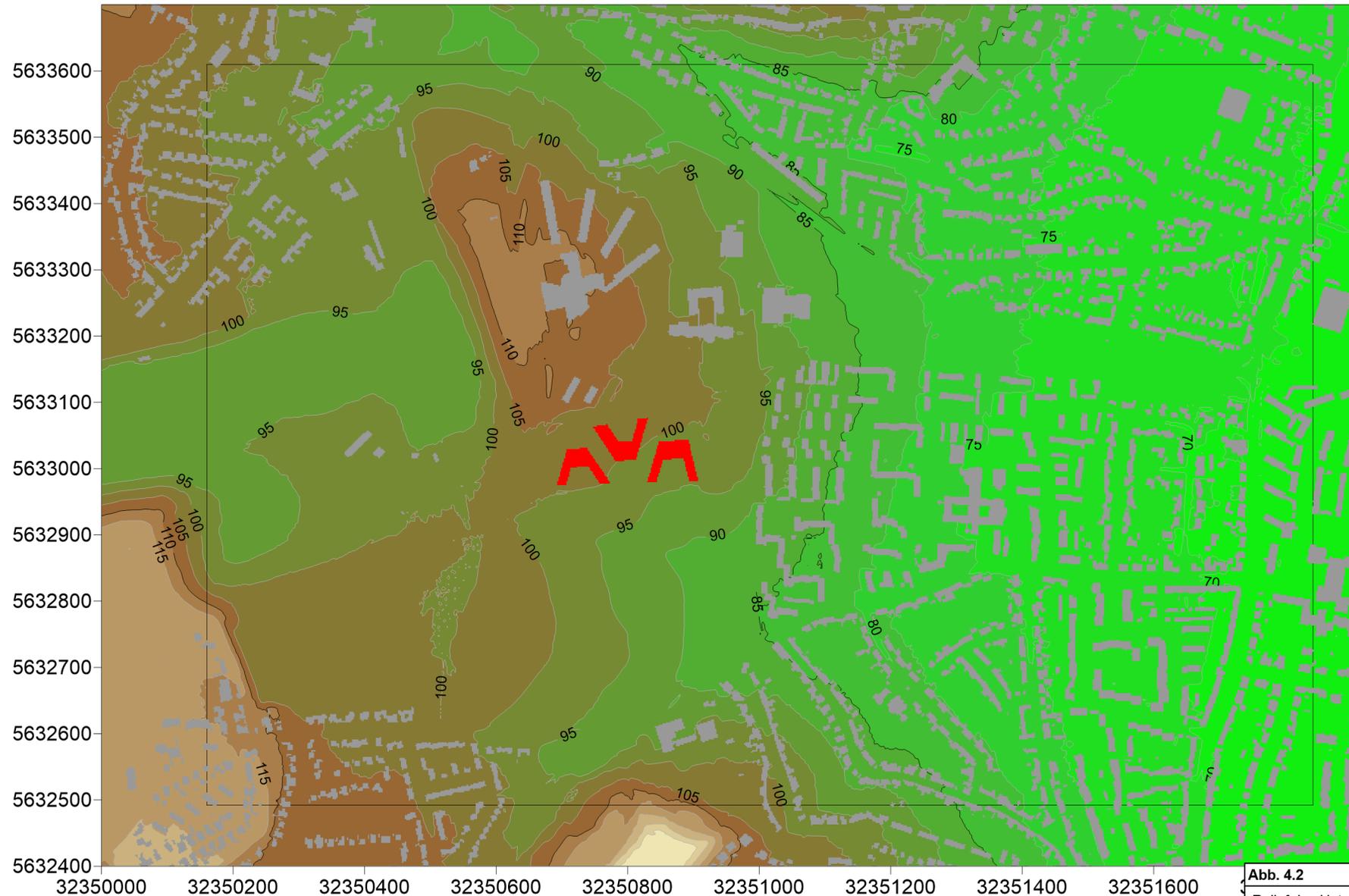
0 300 600 Meter

Abb. 4.1 71622-19-02

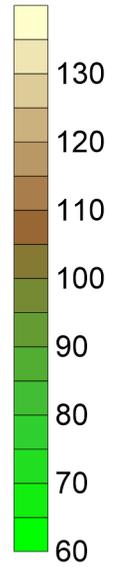
Lageplan des Untersuchungsgebietes

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

© OpenStreetMap contributors (opendatacommons.org) ODbL



Höhe in m
über NHN



5633600
5633500
5633400
5633300
5633200
5633100
5633000
5632900
5632800
5632700
5632600
5632500
5632400

3235000 32350200 32350400 32350600 32350800 32351000 32351200 32351400 32351600

Abb. 4.2 71622-19-02

Relief des Untersuchungsgebietes.
Der schwarze Rahmen stellt den
Ausschnitt aus Abb. 4.1 dar.

 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

in etwa 200 m Entfernung vom Heider Bergsee östlich der Willy-Brandt-Straße. Nördlich des Untersuchungsgebietes verlaufen eine Fortsetzung der Willy-Brandt-Straße und die Straße „Am Daberger Hof“. Im Süden des Untersuchungsgebietes liegt eine weitere landwirtschaftlich genutzte Fläche, bevor der Rodderweg anschließt. Westlich sowie östlich des Plangebietes befinden sich Waldflächen.

Das Plangebiet umfasst eine Fläche von ca. 225 m von Westen nach Osten sowie ca. 100 m von Süden nach Norden. Das westliche und östliche Plangebäude weisen Gebäudehöhen von ca. 15 m über Grund auf, das dazwischen ca. 12.5 m über Grund.

Abb. 4.3 zeigt eine perspektivische Ansicht des Reliefs im Betrachtungsgebiet sowie die Gebäude im Bestand und Planfall in zweifacher Überhöhung mit Blickrichtung aus Osten. Zu erkennen ist das Ansteigen des Geländes westlich der Hauptsiedlungsbereiche von Brühl sowie die bisherige Freifläche mit Planbebauung und die südlich davon liegende Freifläche, auf denen Kaltluft ostwärts in Richtung der Siedlungsbereiche von Brühl fließt (Lohmeyer, 2018).

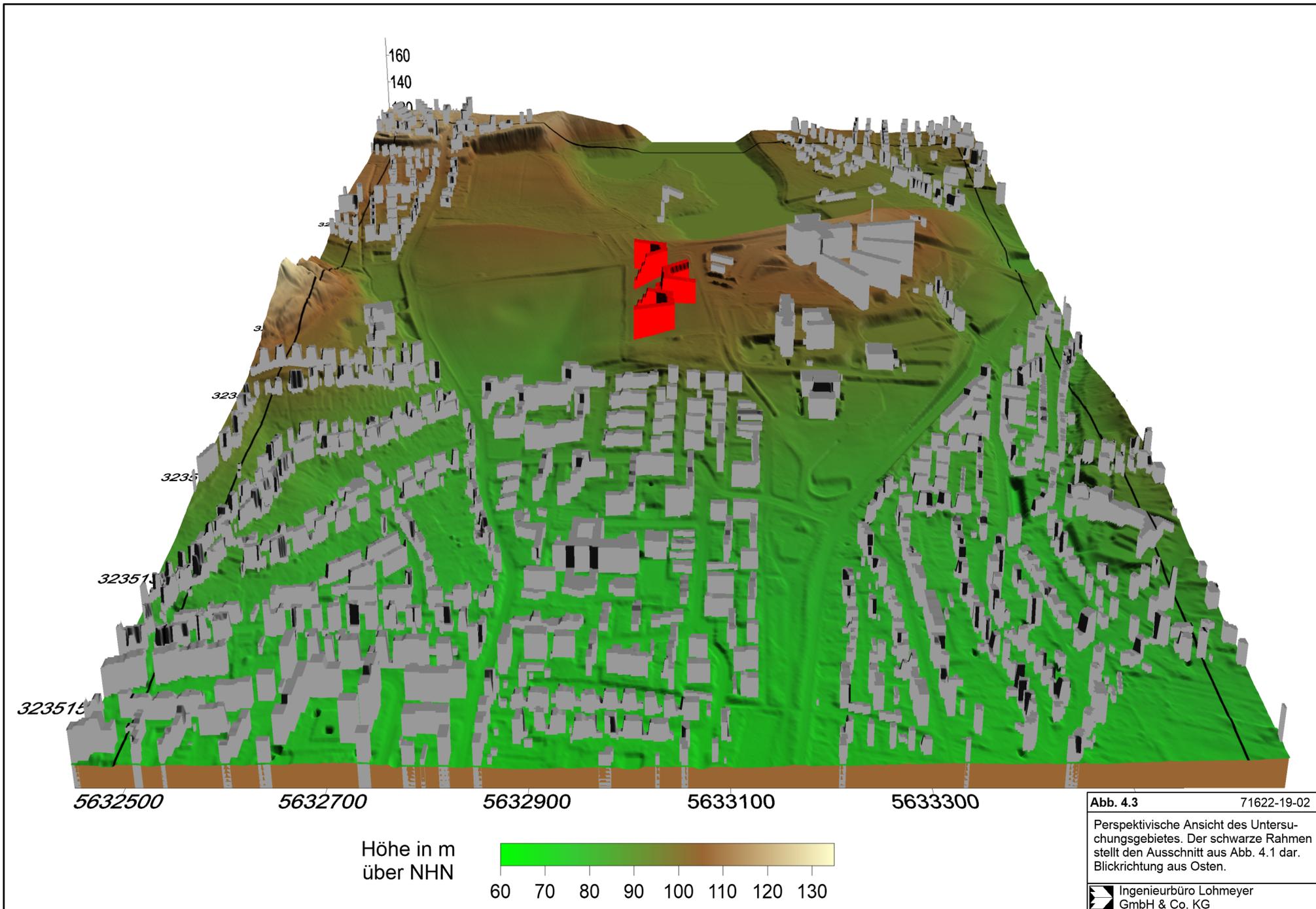


Abb. 4.3 71622-19-02
 Perspektivische Ansicht des Untersuchungsgebietes. Der schwarze Rahmen stellt den Ausschnitt aus Abb. 4.1 dar. Blickrichtung aus Osten.
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

4.2 Klimatische Gegebenheiten

Das Klima eines Ortes wird durch die Angabe statistischer Kennzahlen der Klimaelemente beschrieben. Diese werden durch Beobachtungen und Messungen von Wetterstationen über einen längeren Zeitraum erfasst. Üblicherweise werden in der Klimatologie 30-jährige Perioden festgelegt, innerhalb der die sog. „Normalwerte“ ermittelt werden.

Informationen zur mittleren Lufttemperatur an der DWD-Station Köln/Bonn (Flughafen) sind in **Tab. 4.1** zusammengestellt (DWD, 1996). An der DWD-Station Köln/Bonn wurden in den Jahren 1961-1990 im Jahresmittel 9.7 °C gemessen.

	Köln/Bonn (Flughafen)
Januar	1.8
Februar	2.5
März	5.3
April	8.8
Mai	13.3
Juni	16.4
Juli	18.0
August	17.5
September	14.3
Oktober	10.4
November	5.7
Dezember	2.9
Jahr	9.7

Tab. 4.1: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur an der DWD-Station Köln/Bonn (Flughafen) (DWD, 1996)

Des Weiteren liegen für diese DWD-Station die Zahl der Eistage, der Frosttage, der Sommertage sowie die Jahresmenge des Niederschlages vor (**Tab. 4.2**). Demnach gab es in Köln/Bonn im Mittel im Zeitraum 1961-1990 34 Sommertage. Dem stehen 73 Frosttage gegenüber. Die genannten Werte sind repräsentativ für die Freibereiche in der Rheinebene. Im Stadtgebiet Brühl selbst ist die Zahl der Sommertage aufgrund des Stadteffektes höher und die Anzahl der Eis- sowie Frosttage geringer.

Kenngröße	1961-1990
Eistage (Temperaturmaximum $<0^{\circ}\text{C}$)	11
Frosttage (Temperaturminimum $<0^{\circ}\text{C}$)	73
Sommertage (Temperaturmaximum $>25^{\circ}\text{C}$)	34
Niederschlag (mm)	804.1

Tab. 4.2: Jahresmittlere Klimadaten an der Station Köln/Bonn (Flughafen) (DWD, 1996)

4.3 Regionale Windverhältnisse

Für das zu betrachtende Untersuchungsgebiet liegen Zeitreihen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der DWD-Station Flughafen Köln-Bonn aus dem Internetportal des DWD vor (DWD, 2019). Die jahresmittlere Windgeschwindigkeit an der DWD-Station beträgt in diesem Zeitraum ca. 3.1 m/s, gemessen in 10 m über Grund. Die Hauptwindrichtung ist Südost, ein Nebenmaximum tritt bei westlichen Winden auf. Die genannte DWD-Station befindet sich östlich des Rheins, während das hier zu betrachtende Untersuchungsgebiet westlich davon liegt. Hinzu kommt, dass der westliche Teil von Brühl in Richtung Vorgebirge ansteigt. Deshalb ist zu erwarten, dass die Windverteilung in Brühl von der Windverteilung am Flughafen abweicht. Um diese Erwartung zu bekräftigen, wurden von der Firma Metsoft flächendeckende synthetische Informationen zu den Windverteilungen in Brühl erworben. Es handelt sich um synthetische Daten, die auf Modellrechnungen mit dem prognostischen Modell METRAS-PC beruhen. Tatsächlich ist entsprechend dieser Daten in Brühl im Vergleich zur DWD-Station am Flughafen mit veränderten Windverteilungen zu rechnen. Die Häufigkeit der Südostkomponente ist in Brühl geringer, dafür steigen die Anteile einer westlichen Strömungskomponente an. Zudem ist die südöstliche Windkomponente im Vergleich zum Flughafen ca. 30° in Richtung Süden verdreht und breiter verteilt (die Kanalisierung ist geringer). Alte Messdaten an der Station Hürth, die sich nördlich von Brühl befand (vor 2004) zeigen ähnliche Windverteilungen. Beides bestätigt die Vermutung, dass die Winddaten vom Flughafen Köln-Bonn für Brühl nicht repräsentativ sind.

Für das Gutachten „Klimafunktions- und Planungshinweiskarte für die Stadt Brühl“ (Lohmeyer, 2018) wurde aus diesem Grund die Windverteilung in Brühl käuflich von der Firma Metsoft erworben (Metsoft, 2017b) und in diesem Projekt als Grundlage genutzt. Diese Windverteilung ist in **Abb. 4.4** aufgezeigt. Dort beträgt die jahresmittlere Windgeschwindigkeit 2.4 m/s. Die Hauptwindrichtung ist West, ein Nebenmaximum tritt bei südöstlichen Winden auf. Die dargestellten synthetischen Daten sind repräsentativ für die Windverteilung in Überdachniveau von Brühl.

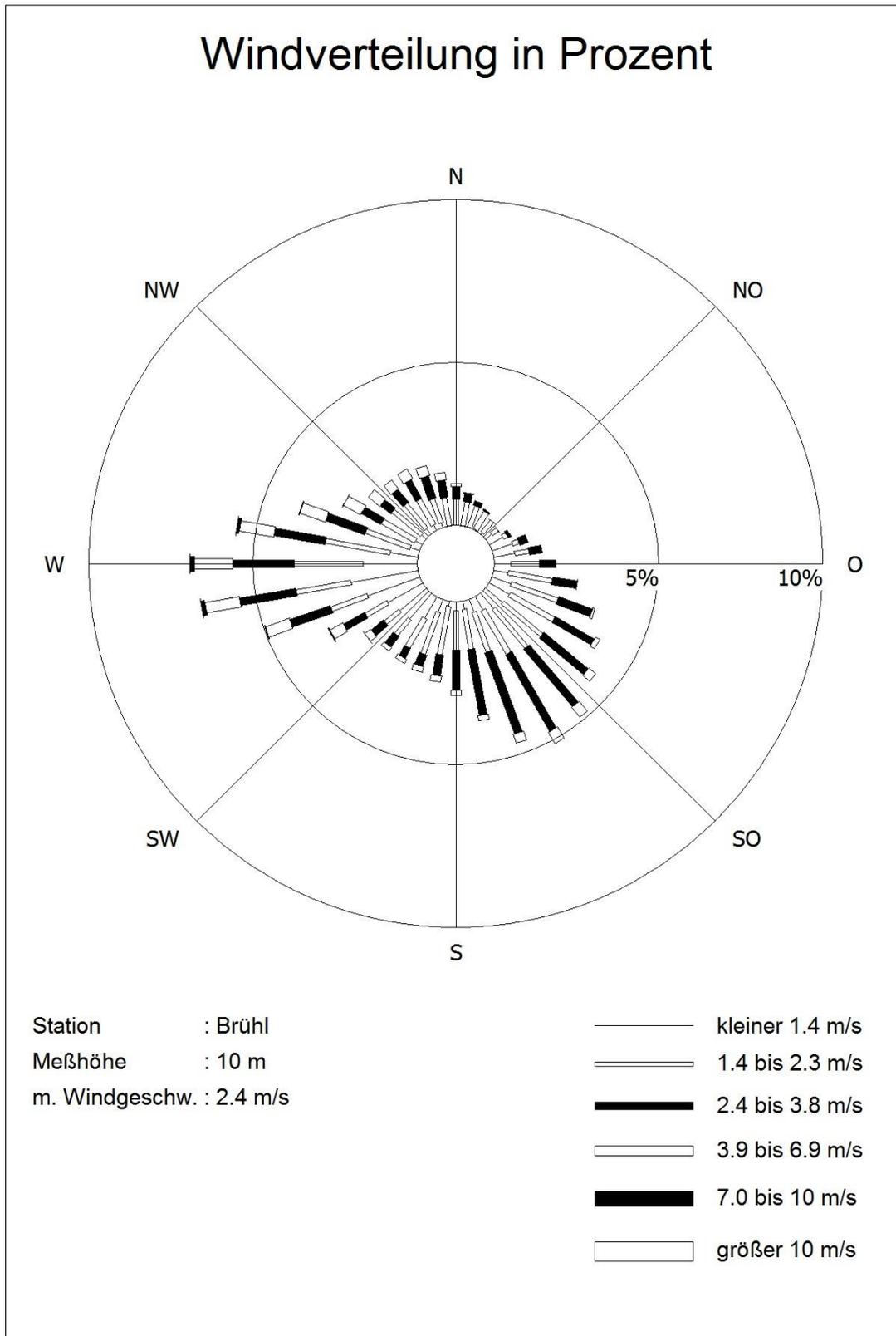


Abb. 4.4: Synthetische Windrichtungs- und -geschwindigkeitsverteilung, repräsentativ für die Stadt Brühl. Quelle: MetSoft (2017b)

4.4 Vegetation

Südwestlich, nordwestlich sowie östlich des städtebaulichen Entwurfgebietes schließen sich Waldgebiete an, die zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit führen. Diese werden bei der Modellierung aus diesem Grund explizit berücksichtigt. Eine schematische Darstellung der bei den Simulationen berücksichtigten Waldbereiche ist in **Abb.4.5** dargestellt.

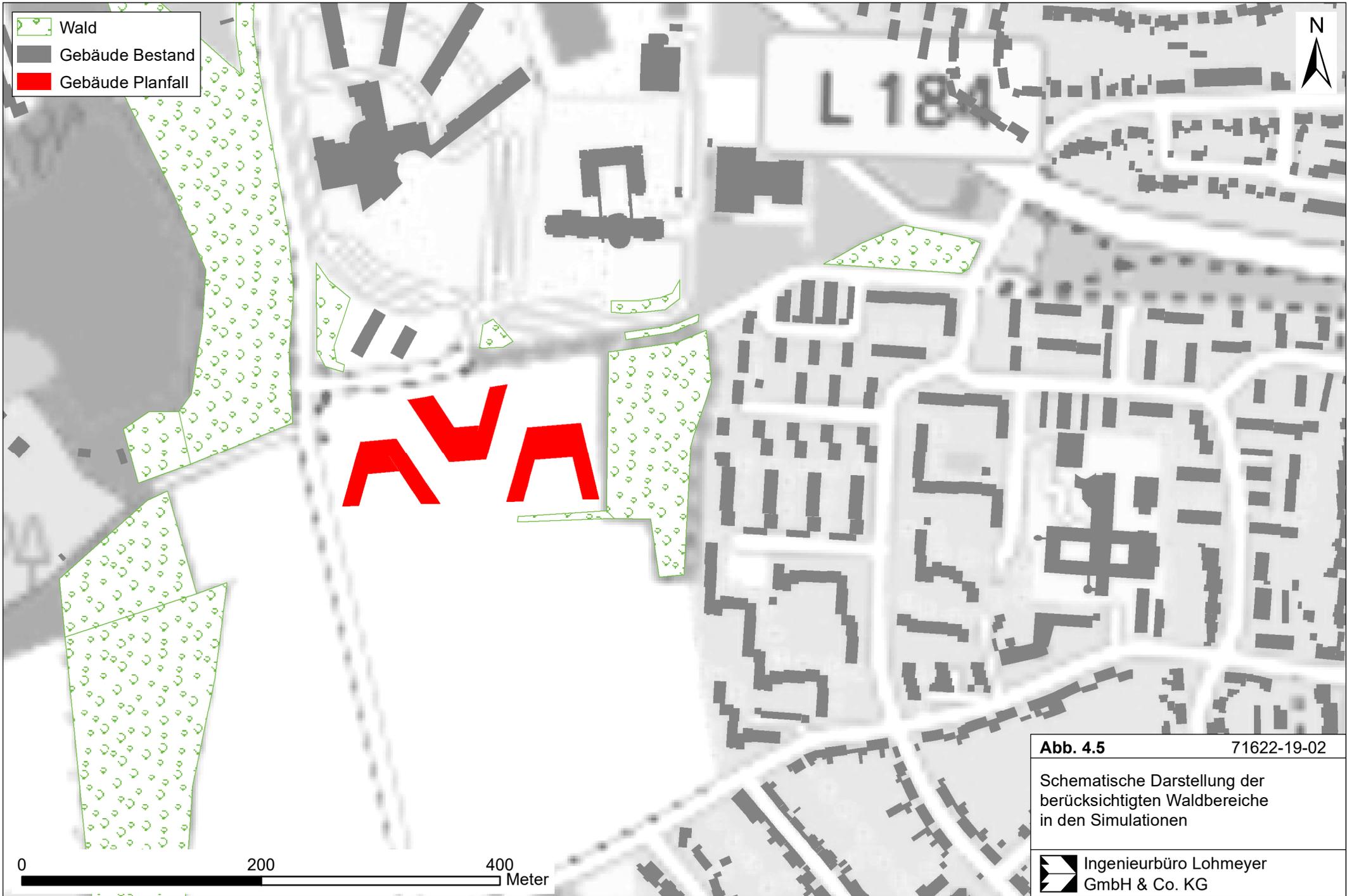
Weiterhin wurde entsprechend der Kenntnisse vor Ort für die meisten Waldbereiche angesetzt, dass die Bäume dort eine Höhe von ca. 10 m bis 15 m aufweisen. Die Belüftungen durch Kaltluftabflüsse sind aus klimatischer Sicht vor allem in den Sommermonaten wichtig. Deshalb wurde für die Bäume ein Blattflächenindex von $3 \text{ m}^2/\text{m}^3$, das heißt bei voller Vegetation, in allen Schichten angesetzt. Damit werden die Waldgebiete nach Lage und Höhe als eingeschränkt durchströmbare Gitterboxen umgesetzt, die zu deutlichen Einschränkungen der Strömungsgeschwindigkeit im Waldbereich führen.

4.5 Gesamtstädtische Klimakarten

In **Abb. 4.6** ist ein Auszug aus der Klimafunktionskarte für das Untersuchungsgebiet aufgezeigt. Die dazugehörige Legende ist in **Abb. 4.7** gegeben.

Stand der Klimafunktionskarte ist das Jahr 2017, wobei zu diesem Zeitpunkt noch unbebaute Bereiche von rechtskräftigen Bebauungsplänen als bebaut angenommen wurden.

Das Untersuchungsgebiet ist im Westen durch Waldflächen (= Waldklimatop) und im Osten durch Siedlungsgebiete (= Siedlungsbezogene Klimatope) geprägt. Dazwischen befindet sich überwiegend das Freilandklimatop (Lohmeyer, 2018).



- Wald
- Gebäude Bestand
- Gebäude Planfall



L 184

0 200 400 Meter

Abb. 4.5 71622-19-02
Schematische Darstellung der berücksichtigten Waldbereiche in den Simulationen
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Abb. 4.6 71622-19-02
Auszug aus der Klimafunktionskarte der Stadt Brühl mit der Lage der Plangebäude in rot.
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

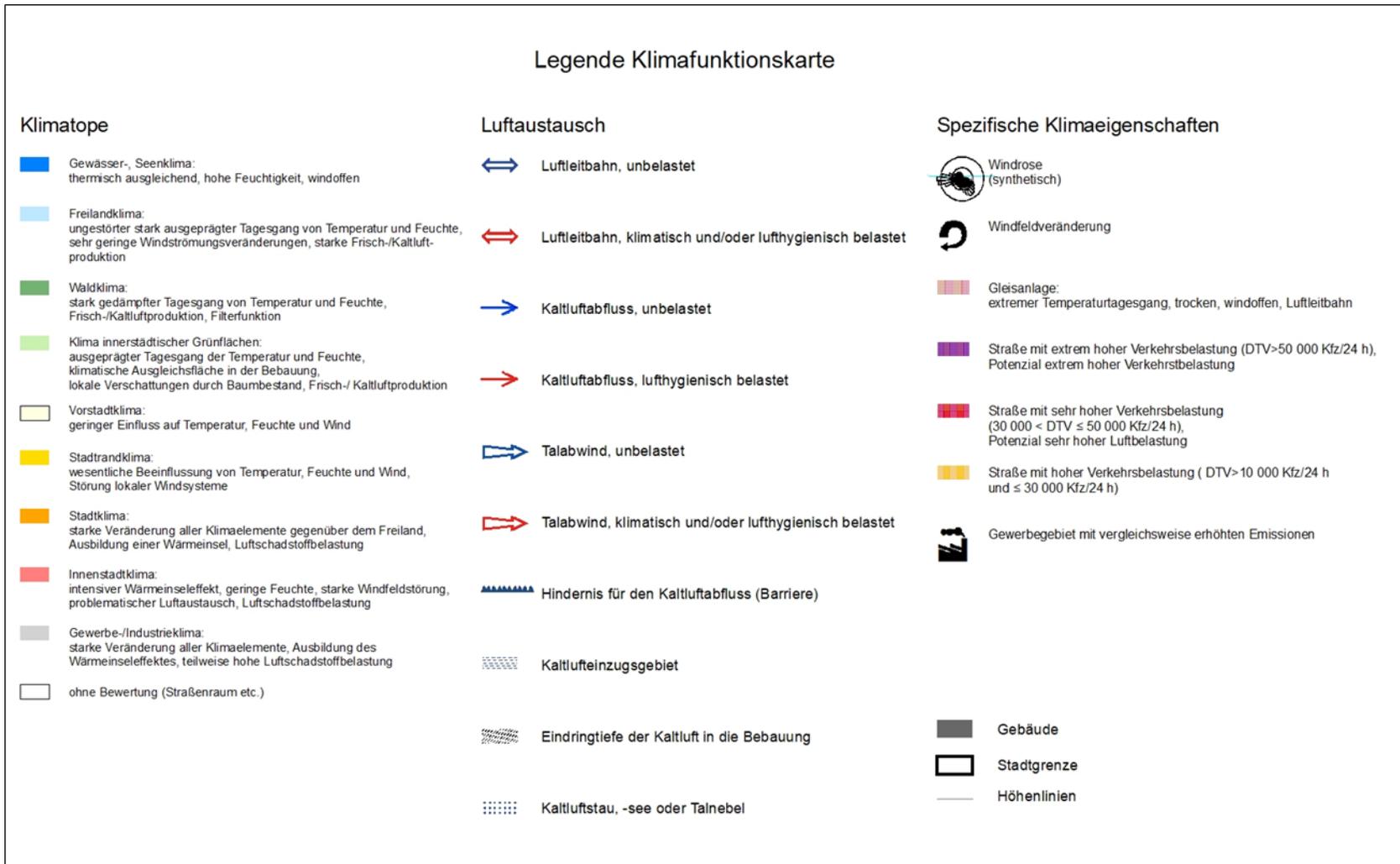


Abb. 4.7: Legende zur Klimafunktionskarte

Als Gewässer-Klimatop zählen Seen mit einer überwiegenden Mindestgröße von etwa einem Hektar. Im Untersuchungsgebiet gehört dazu der von Waldflächen umschlossenen Heider Bergsee westlich des Plangebietes.

Das Plangebiet selbst sowie die südlich davon liegende Freifläche gehören zum Klimatop Freilandklima.

Die nächstgelegenen Siedlungen bzw. Gebäude östlich bzw. nördlich des Plangebietes werden dem Stadtrand-Klimatop zugeordnet.

Im hier zu betrachtenden Untersuchungsgebiet werden südlich der geplanten Bebauung thermisch induzierte Windsysteme ausgewiesen. Im Untersuchungsgebiet tritt ein relevanter Talwind auf den Freiflächen nördlich des Rodderweges auf.

Der zugehörige Einzugsbereich bezieht sich jedoch nicht auf den Bereich der Planung und endet unmittelbar südlich der geplanten Gebäude.

Die Planungshinweiskarte ist für das hier zu betrachtende Untersuchungsgebiet in **Abb. 4.8** dargestellt, die Legende findet sich in **Abb. 4.9**.

Sowohl das Einzugsgebiet der Kaltluft südlich der geplanten Bebauung als auch der überplante Bereich selbst ist als Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung dargestellt. Die östlich angrenzenden Siedlungsgebiete sind als bebauter Bereich mit klimarelevanter Funktion dargestellt, d. h. geringer klimatischer Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung.

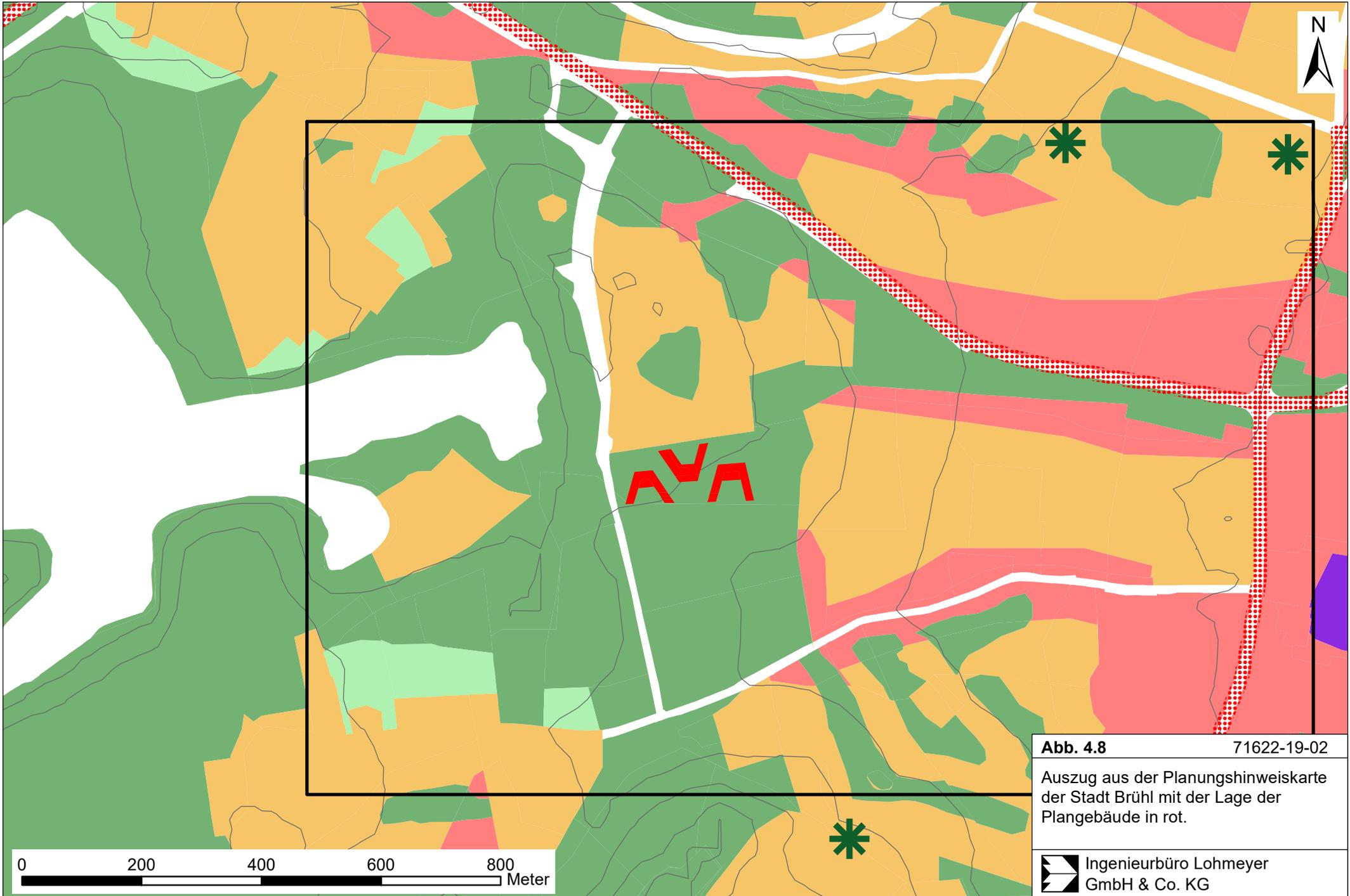


Abb. 4.8 71622-19-02
Auszug aus der Planungshinweiskarte
der Stadt Brühl mit der Lage der
Plangebäude in rot.

 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG



Abb. 4.9: Legende zur Planungshinweiskarte

5 BESCHREIBUNG DER LOKALKLIMATISCHEN GEGEBENHEITEN IM ISTZUSTAND

Die lokalklimatischen Gegebenheiten werden im Hinblick auf das städtebauliche Entwurfsgebiet im Folgenden detailliert beschrieben.

5.1 Thermische Windsysteme

Die Klimafunktionskarte von Brühl (Lohmeyer, 2018) zeigt für das Plangebiet im Istzustand einen Bereich mit Freilandklima. Das bedeutet einen ungestörten stark ausgeprägten Tagesgang der Temperatur und Feuchte, sehr geringe Windströmungsveränderungen sowie starke Frisch- und Kaltluftproduktion. Der südliche Bereich des Gebietes wird als Kaltlufteinzugsgebiet ausgewiesen. Relevante Kaltluftabflüsse dringen bei autochthonen Wetterlagen im Planbereich überwiegend von Westen, Südwesten und Nordwesten in die Siedlungsbereiche ein. Dies sind thermisch induzierte Windsysteme, die in den Nächten bei geringen großräumigen Windgeschwindigkeiten in Verbindung mit wolkenlosem Himmel entstehen. Dabei kühlt sich der Boden nach Sonnenuntergang durch großräumige Ausstrahlung ab und im Folgenden werden auch die darüber liegenden Luftschichten abgekühlt. In reliefiertem Gelände beginnt die Kaltluft, entsprechend der Hangneigung abzufließen und sammelt sich in den Tälern, in denen sich Kaltluftseen ausbilden. Kaltluftabflüsse setzen sich aus Hangabwinden und im Laufe der Nacht aus talparallelen gesammelten Kaltluftströmungen zusammen.

5.1.1 Strömung bei Kaltluftabflüssen während autochthonen Wetterlagen

In diesem Gutachten sollen die Einflüsse der geplanten Bebauungen auf die Kaltluft, die auf dem Planbereich in Richtung der Siedlung nach Osten transportiert wird, untersucht werden. Hierfür lagen aus dem Stadtklimagutachten flächendeckende Kaltluftmodellierungen mit dem Modell KALM für den Istzustand vor. Die Kaltluftfließrichtungen sowie Schichtdicken zu einzelnen Zeitpunkten, d. h. in der Anfangsphase sowie bei voll ausgeprägter Kaltluft, sind in den **Abb. 5.1** bis **5.4** dargestellt. Es ergeben sich im Untersuchungsgebiet Kaltluftfließrichtungen aus westlichen Richtungen mit Geschwindigkeiten von circa 0.3 m/s bis maximal 2 m/s. Sie bewirken in bebauten Gebieten eine Mindestbelüftung und sind aus diesem Grund besonders bei Wetterlagen mit hohen Lufttemperaturen im Sommer von großer Bedeutung zum Abbau der Hitze- und Schadstoffbelastung in Stadtgebieten in den Nächten. Die Kaltluftgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet wurden auf Grundlage der vorliegenden

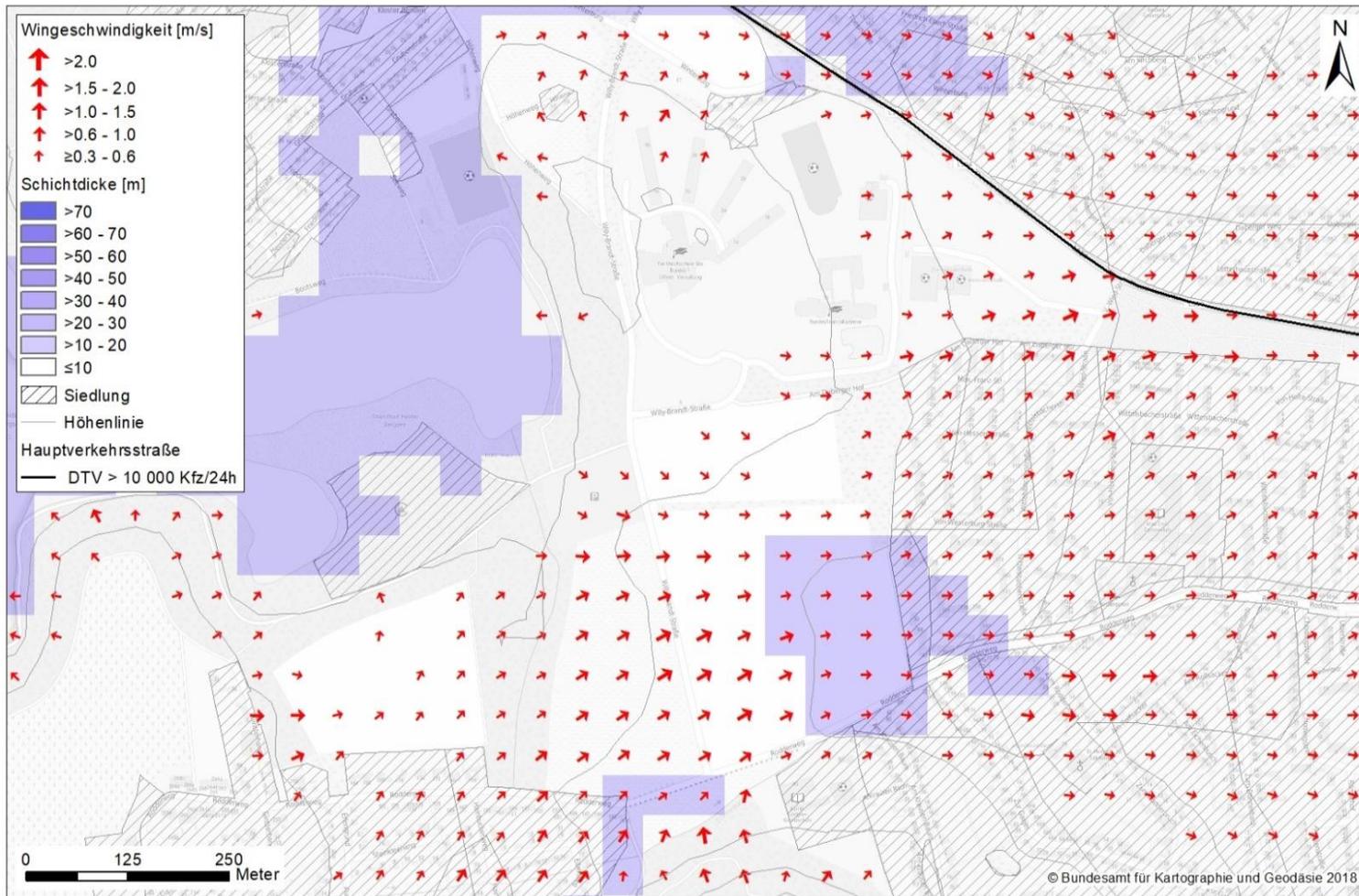


Abb. 5.1: Kaltluftfließrichtung, bodennahe Kaltluftgeschwindigkeit und Kaltluftschichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung berechnet mit KALM für den Istzustand (aus Lohmeyer, 2018)

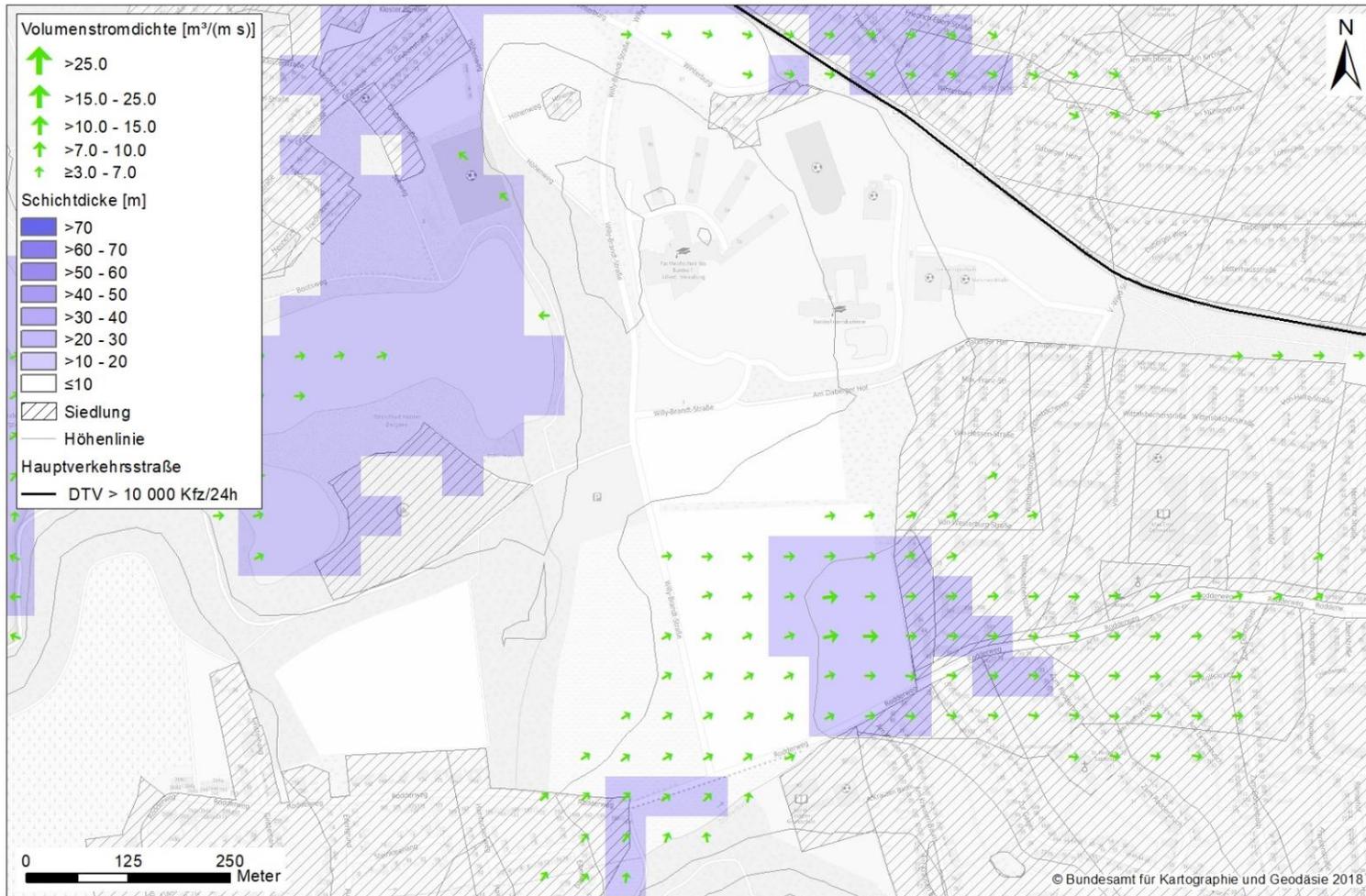


Abb. 5.2: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung berechnet mit KALM für den Istzustand (aus Lohmeyer, 2018)

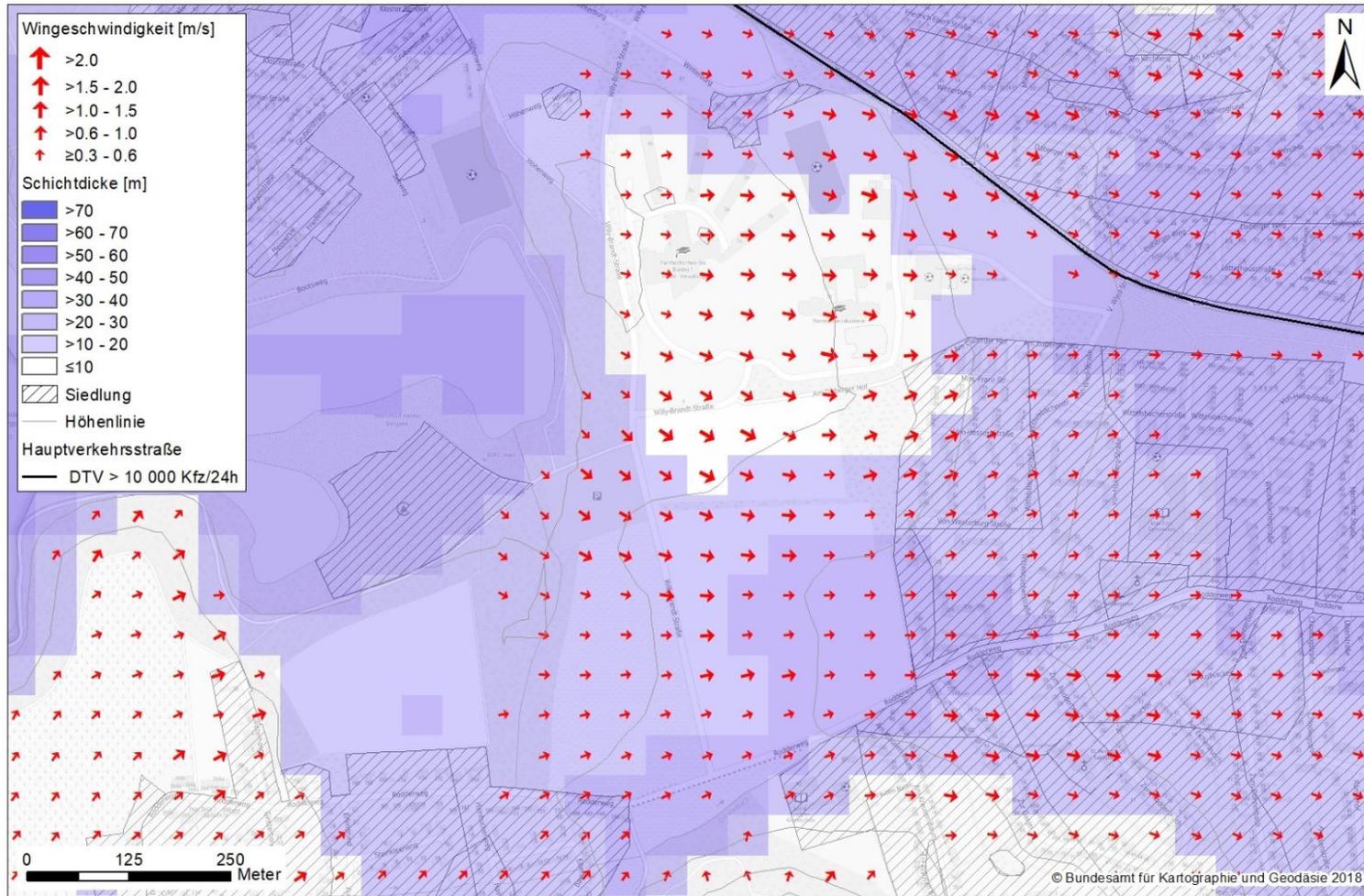


Abb. 5.3: Kaltluftfließrichtung, bodennahe Kaltluftgeschwindigkeit und Kaltluftschichtdicke bei voll ausgebildeter Kaltluft berechnet mit KALM für den Ist-Zustand (aus Lohmeyer, 2018)

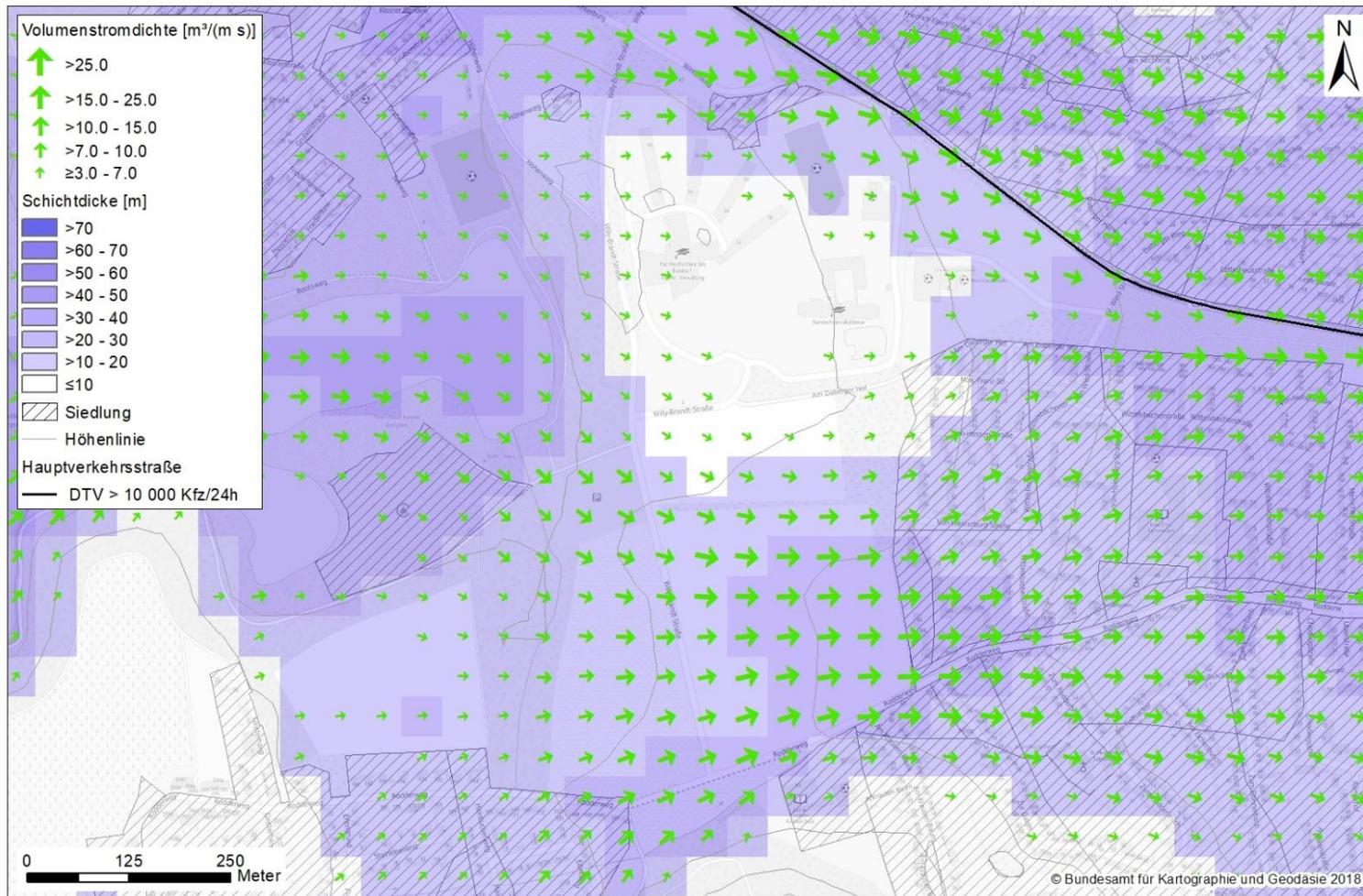


Abb. 5.4: Kaltluftvolumenstromdichte, -fließrichtung und -schichtdicke bei voll ausgeprägter Kaltluft berechnet mit KALM für den Istzustand (aus Lohmeyer, 2018)

KALM-Rechnungen als Mittelwerte über drei Querschnitte ausgewertet. Die gewählten Querschnitte sind in **Abb. 5.5** dargestellt.

Betrachtet wurde ein Querschnitt westlich der geplanten neuen Bebauung (Nr. 1), womit aufgezeigt werden soll, wieviel Kaltluft das geplante Baugebiet aus Westen erreicht. Ein zweiter Querschnitt wurde östlich des Plangebietes betrachtet, um aufzuzeigen, wie sich die Strömungsverhältnisse hinter dem Plangebiet im Istzustand verhalten. Ein dritter Querschnitt wurde westlich des bestehenden Siedlungsrandes betrachtet, um aufzuzeigen welche Verhältnisse an derjenigen bestehenden Bebauung, welche der Planung am nächsten liegt, im Istzustand zu erwarten sind. Alle Querschnitte haben eine Länge von ca. 110 m.

Die Kaltluftgeschwindigkeiten in 2 m Höhe und als Mittelwert über die gesamte Kaltluftschicht sind in **Tab. 5.1** dargestellt. Zusätzlich enthält die **Tab. 5.1** eine Information über die Kaltluftschichtdicke in den drei Querschnitten zu verschiedenen Zeiten der Kaltluftausprägung.

Nr. Querschnitt	Anfangsphase	Voll ausgebildete Kaltluft
Schichtdicke [m]		
1	3	11
2	5	12
3	6	14
Mittlere bodennahe Windgeschwindigkeit in ca. 2 m über Grund [m/s]		
1	0.5	1.0
2	0.4	0.7
3	0.6	0.7
Mittlere Windgeschwindigkeit in gesamter Kaltluftschicht [m/s]		
1	0.4	0.8
2	0.3	0.7
3	0.4	0.7

Tab. 5.1: Auswertung der vorliegenden Kaltluftrechnungen an den drei in **Abb. 5.5** genannten Querschnitten für den Istzustand.

Die Kaltluftschichtdicken liegen in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses zwischen ca. 3 m und 6 m. Bei voller Ausprägung werden zwischen 11 m und 14 m Schichtdicke erreicht, wobei diese vom Querschnitt 1 zum Querschnitt 3 leicht ansteigen.



Die bodennahen Windgeschwindigkeiten betragen dort in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses 0.4 m/s bis 0.6 m/s. Bei voller Ausprägung der Kaltluft erreichen die Strömungsgeschwindigkeiten 0.7 m/s bis 1 m/s. Situationen mit voll ausgebildetem Kaltluftabfluss, welche für die Belüftung der Stadt bei autochthonen Wetterlagen von besonderem Interesse sind (da dieser Fall mit hohen Kaltluftschichtdicken und damit mit hohen Volumenströmen in Verbindung steht), weisen westlich des Plangebietes eine leicht höhere Windgeschwindigkeit als östlich des Plangebietes auf, wo die Schichtdicken aber höher sind.

Die aus den KALM-Rechnungen für den Istzustand berechneten Kaltluftvolumenströme durch die drei betrachteten Querschnitte sind in **Tab. 5.2** dargestellt (Grundlage: Kaltluftschichtdicke und mittlere Windgeschwindigkeit der gesamten Kaltluftschicht aus **Tab. 5.1**).

Nr. Querschnitt	Anfangsphase	Voll ausgebildete Kaltluft
Kaltluftvolumenstrom [m³/s]		
1	132	968
2	165	924
3	264	1 078

Tab. 5.2: Kaltluftvolumenstrom durch die drei betrachteten Querschnitte entsprechend der Ergebnisse der KALM-Rechnung für die zwei betrachteten Zeitpunkte im Istzustand.

Die höchsten Volumenströme treten mit 264 m³/s in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses am Querschnitt 3 vor dem Siedlungsrand auf. Mit 132 m³/s bzw. 165 m³/s liegen die Volumenströme an den beiden übrigen Querschnitten im gleichen Größenordnungsbereich. Mit Fortschreiten der Strahlungsnacht ergeben sich um den Faktor 4 (Querschnitt 3) bis 7 (Querschnitt 1) höhere Kaltluftvolumenströme. Dies ergibt sich sowohl aus höheren Kaltluftschichtdicken als auch höheren Fließgeschwindigkeiten der Kaltluft.

Der gesamte im Bereich des städtebaulichen Entwurfsgebietes durch die Querschnitte gehende Kaltluftvolumenstrom ist aufgrund der relativ geringen Breite des Stromes und der zudem vergleichsweise geringen Kaltluftschichtdicken (maximal ca. 15 m) kein relevanter Volumenstrom, der ganze Stadtgebiete belüften kann. Hierzu ist nach VDI (2003) ein Volumenstrom notwendig, der eine Größenordnung größer ist (10 000 m³/s). Die hier berechneten Volumenströme liegen ca. eine Größenordnung unterhalb dieses Wertes.

Nichtdestotrotz bringt die dortige Kaltluft bzgl. Lufthygiene und Wärmebelastung im Istzustand eine Entlastung der im Nahbereich befindlichen sensitiven Bebauung, d. h. den Sied-

lungsbereichen östlich des Querschnittes 3. Es ist also bereits im Istzustand nicht davon auszugehen, dass der Kaltluftvolumenstrom, der das Plangebiet von Westen her überströmt, ganze Stadtgebiete belüften kann, sondern nur angrenzende Stadtränder.

5.2 Thermische Belastung

Die unbebauten Bereiche des Plangebietes sowie die ausgedehnte Wiese südlich davon sind in der Klimafunktionskarte der Stadt Brühl als Freilandbereiche mit ausgeprägtem Temperaturtagesgang sowie starker Frisch- und Kaltluftproduktion ausgewiesen. Die östlich davon liegenden Siedlungsbereiche sind als Stadtrandklima ausgewiesen, in dem es schon eine wesentliche Beeinflussung der Temperatur sowie der Strömungseigenschaften aufgrund der Bebauung gibt, ebenfalls die teilweise bebauten Bereiche nördlich des Plangebietes.

6 DETAILLIERTE STRÖMUNGSMODELLIERUNG

6.1 Vorgehensweise

Die detaillierten Strömungsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. Bei dem hier vorliegenden Projekt wird nur das Strömungsfeld betrachtet. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle beachtet (VDI 3783/9, 2005). Die Einhaltung des Kriteriums von Richtlinie VDI 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, das zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 350 m berücksichtigt.

Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche, auf dem die Ergebnisse aufgezeigt werden. Damit werden Randeffekte vermieden. Die Höhe des Rechengebietes wurde gemäß Untersuchungen von Ketzler et al. (1999) auf 500 m festgelegt. Es wurde auf einem nicht-äquidistanten Rechengitter iteriert, dessen horizontale Auflösung zwischen 2 m im Untersuchungsgebiet und größeren Maschenweiten am äußersten Rand des Rechengebietes variiert. Bei der Gitterspreizung im Untersuchungsgebiet wird ein maximaler Faktor von 1.2 angesetzt.

Das Gelände steigt im städtebaulichen Entwurfsgebiet Richtung Westen bzw. Nordwesten leicht an. Der Anstieg beträgt nach Norden ca. 1:10 und nach Westen ca. 1:20. Damit sind geländebedingte Leewirbel auszuschließen. Vielmehr passt sich das Windfeld der Geländeneigung an. Deshalb wurde die MISKAM-Rechnung flach durchgeführt. Das ansteigende Gelände in Richtung Westen bzw. Nordwesten ist dadurch enthalten, dass im Luv lokal repräsentative Kaltluft-Strömungsrichtungen vorgegeben werden.

Die bestehenden und geplanten Gebäude werden für die Windfeldberechnungen als undurchdringliche Strömungshindernisse nach Lage und Höhe berücksichtigt. Die Waldgebiete werden nach Lage und Höhe als eingeschränkt durchströmbare Gitterboxen umgesetzt, die zu deutlichen Einschränkungen der Strömungsgeschwindigkeit im Waldbereich führen.

Betrachtet wurde eine stabile Schichtung der Atmosphäre, die für Kaltluftsituationen typisch ist.

Hinweis: Im Gegensatz zu fremdbürtigen Wetterlagen, bei denen die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt, erreicht die Windgeschwindigkeit bei Kaltluftabflüssen in Bodennähe ihr Maximum. Dies ist in der folgenden Grafik am Beispiel des Kaltluftabflusses im Untersuchungsgebiet (siehe **Abb. 5.5**) bei voll ausgebildeter Kaltluft verdeutlicht (**Abb. 6.1**). Dabei wird von einer Kaltluftschichtdicke von ca. 12 m ausgegangen.

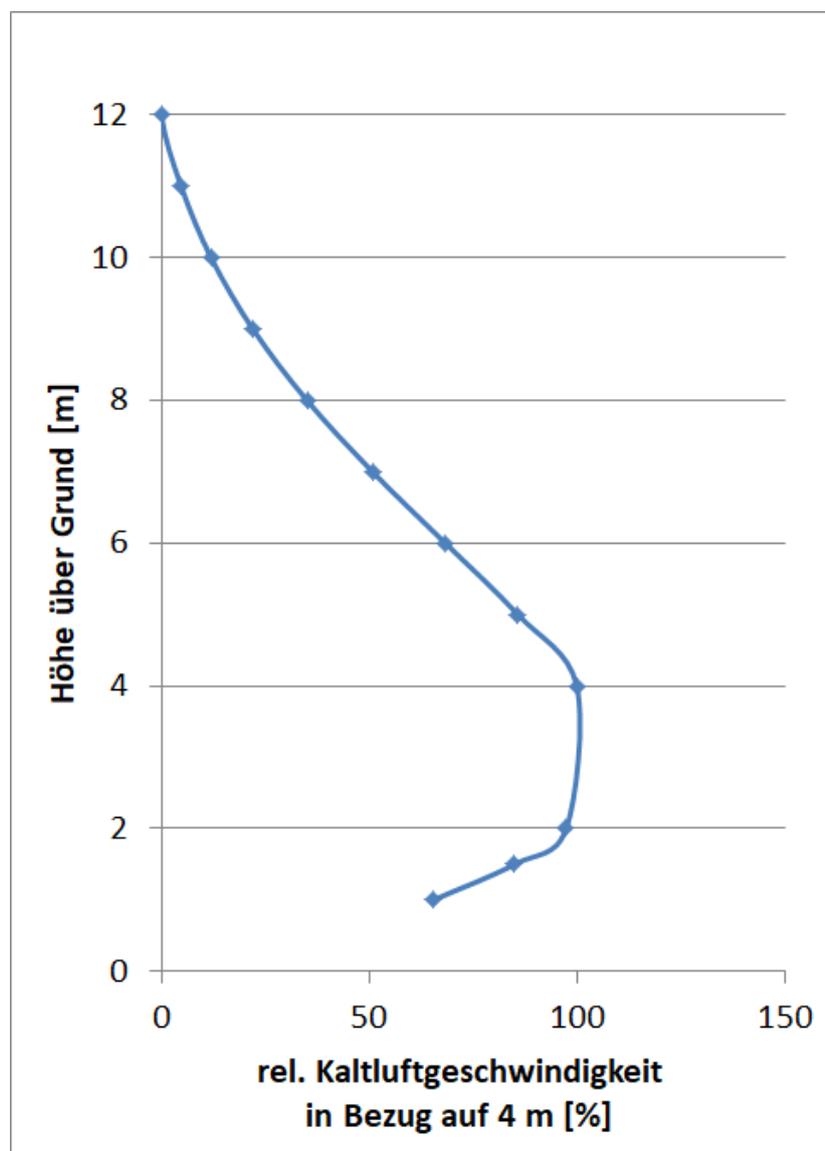


Abb. 6.1: Vertikale Windverteilung bei Kaltluftsituation im Bereich des Untersuchungsgebietes (Ansatz: Kaltluftschichtdicke = 12 m). x-Achse: Relative Geschwindigkeiten in Bezug auf 4 m Höhe

Bei einer Kaltluftgeschwindigkeit für die gesamte Kaltluftschicht von 0.7 m/s (entsprechend den Rechenergebnissen aus KALM) werden bei einer Schichtdicke von 12 m in ca. 4 m über Grund die höchsten Kaltluftgeschwindigkeiten erreicht. In 10 m Höhe werden nur noch ca. 12 % davon erreicht.

Die Windgeschwindigkeiten in höheren Schichten sind demnach bei der gegebenen Situation im Kaltluftabfluss geringer als in 2 m über Grund. Diese bei stabiler Schichtung auftretende Besonderheit wird modellbedingt von MISKAM nicht wiedergegeben. Deshalb wird im Folgenden die Strömungssimulation in einer Höhe von 2 m über Grund ausgewertet. Dies ist auch der Höhenbereich, in denen die Menschen die Kaltluft spüren.

Der Vorteil von MISKAM besteht jedoch darin, dass die vorhandenen und geplanten Gebäude explizit bei der Modellierung berücksichtigt werden können, was im Kaltluftmodell nicht in dieser detaillierten Form funktioniert.

6.2 Betrachtete meteorologische Situationen

Die mit MISKAM berechneten Windgeschwindigkeiten wurden so skaliert, dass sich im Bereich des Anströmungsgebietes westlich der berücksichtigten Waldflächen in Bodennähe (ca. 2 m über Grund) im Modell ähnliche Windgeschwindigkeiten einstellen wie in der Kaltauflusssituation über dem Plangebiet. Geschwindigkeitsreduktionen durch Eindringen in den Kaltluftstagnationsbereich werden bei der Modellierung vernachlässigt und in der Ergebnisdiskussion qualitativ bewertet. Die Fluktuationen der Strömungsrichtungen der Kaltluft aus westlichen Richtungen bei den genannten geringen Geschwindigkeiten werden derart berücksichtigt, dass den Auswertungen mit MISKAM Anströmungen aus westlichen Richtungen zwischen 230° und 310° mit weniger als 1.4 m/s in 2 m über Grund vorgegeben werden. Die entsprechende Windrose für die Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung zeigt **Abb. 6.2**.

Für die zu betrachtenden meteorologischen Situationen wurden Einzelsituationen mit stabiler Schichtung der Atmosphäre ausgewählt. Im MISKAM wurde mit einer Temperaturzunahme mit der Höhe von 1 K/100 m gerechnet.

6.3 Strömung im Istzustand

Die berechnete horizontale Strömungsgeschwindigkeitsverteilung für den Istzustand ist bodennah (ca. 2 m über Grund) in **Abb. 6.3** dargestellt. Westlich des städtebaulichen Entwurfsgebietes schränken die Waldflächen die Strömungsgeschwindigkeit deutlich ein.

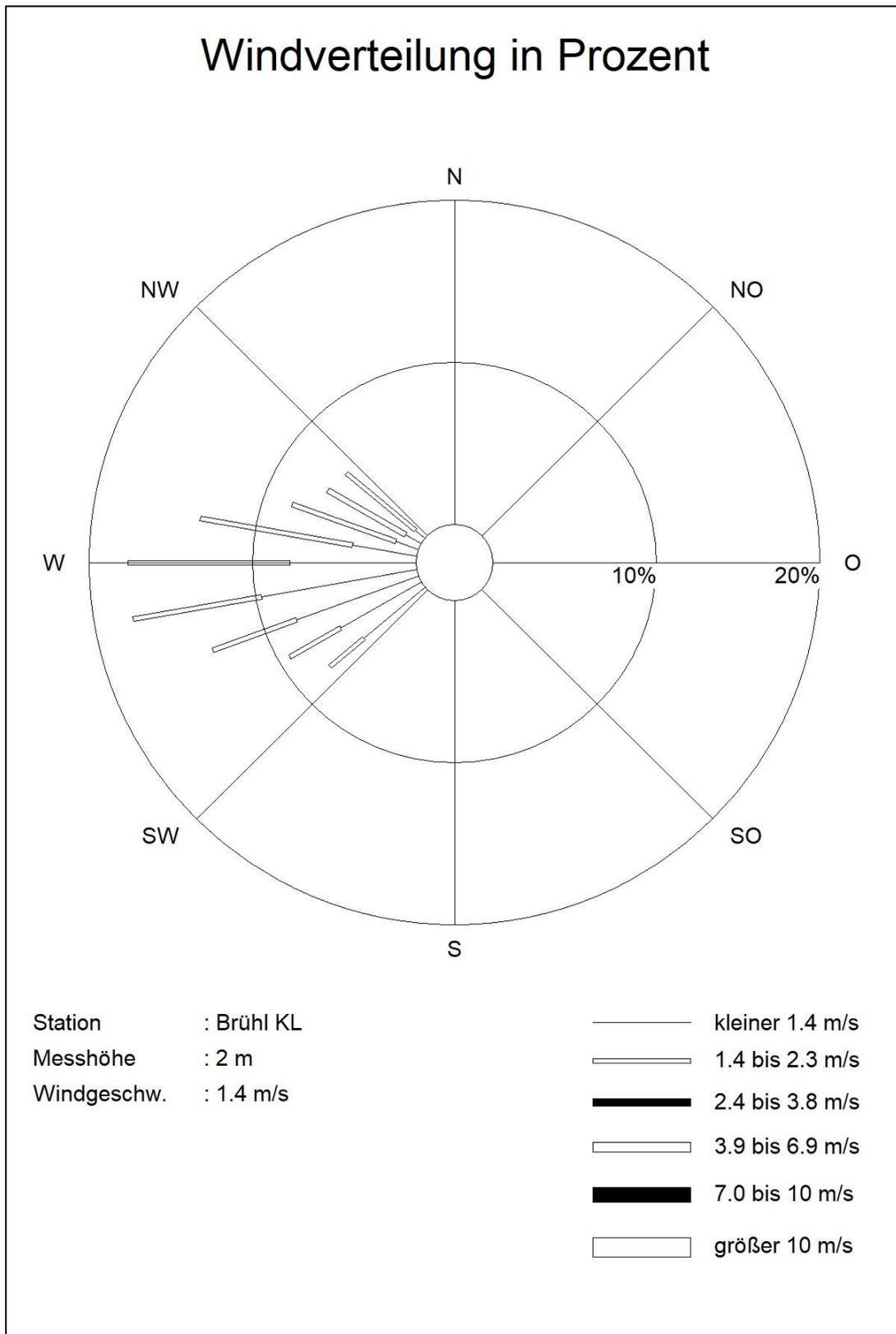
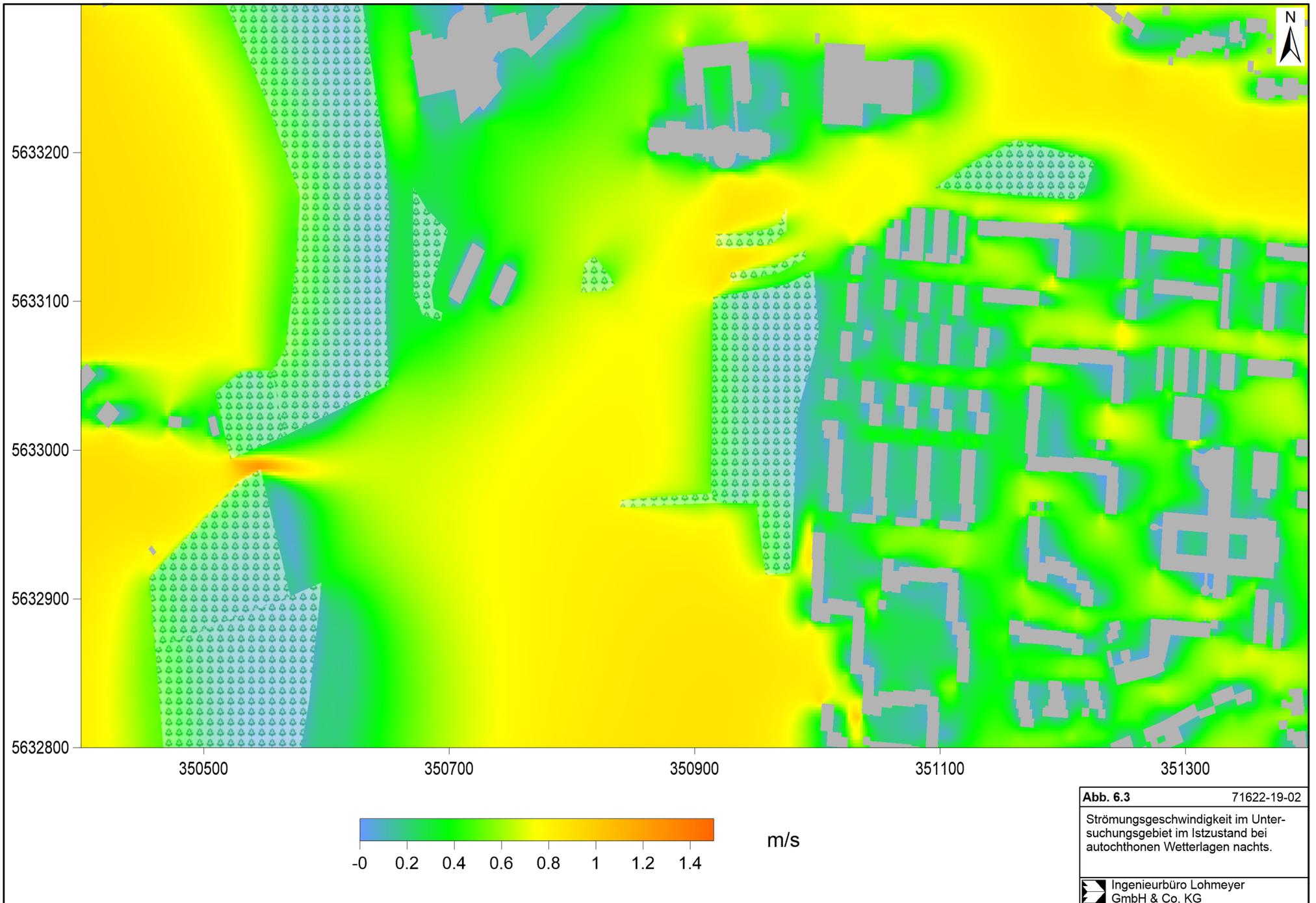


Abb. 6.2: Windrose im Bereich des städtischen Entwurfsgebietes bei Kaltluftbedingungen



Zwischen den zwei bewaldeten Flächen entsteht in der Einengung eine Intensivierung der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit. Bei genügender Entfernung von den Waldrändern, d. h. vor dem städtischen Entwurfsgebiet am Querschnitt 1, steigen die Strömungsgeschwindigkeiten im Mittel auf ca. 0.6 m/s in 2 m über Grund.

Am östlichen Ende des städtischen Entwurfsgebietes (Querschnitt 2) liegen die Strömungsgeschwindigkeiten im Mittel ebenfalls bei ca. 0.6 m/s in 2 m über Grund, hier schränkt das Waldstück östlich der Bebauung die Strömungsgeschwindigkeiten ein. Im Waldstück im Lee des Plangebietes werden die Strömungsgeschwindigkeiten weiter deutlich verringert.

Im Bereich des Querschnittes 3, d. h. östlich des Waldstückes und vor dem Siedlungsrand liegt die Strömungsgeschwindigkeit im Mittel bei ca. 0.2 m/s.

Im Bereich des städtischen Entwurfsgebietes werden in ca. 2 m Höhe über Grund Windgeschwindigkeiten zwischen 0.6 m/s bis 0.9 m/s berechnet. Dies passt in Bereichen, in denen die Kaltluftschichtdicke in einer Größenordnung von 10 m oder weniger liegt, etwa zusammen mit den KALM-Ergebnissen in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses und bei voll ausgebildeter Kaltluft (**Tab. 5.1**).

Damit ist davon auszugehen, dass die Simulation im Untersuchungsgebiet in Bodennähe Strömungsgeschwindigkeiten aufzeigt, die den Kaltluftgeschwindigkeiten entsprechen. Die horizontale Verteilung der Windgeschwindigkeiten ist sehr stark inhomogen, was durch die zahlreichen Gebäude im Untersuchungsgebiet sowie durch die stark bewachsenen Bereiche bedingt ist.

6.4 Strömung im Planfall

Das berechnete Strömungsfeld für den Planfall ist bodennah (ca. 2 m über Grund) in der **Abb. 6.4** dargestellt.

Westlich des städtischen Entwurfsgebietes schränken wie im Bestand die Waldflächen die Strömungsgeschwindigkeit deutlich ein. Zwischen den zwei bewaldeten Flächen entsteht in der Einengung eine Intensivierung der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit (analog zum Istzustand). In Strömungsrichtung dieses Durchlasses führt die geplante mehrstöckige Bebauung in deren Vorlauf zu einer Störung dieser Strömungen. Am Querschnitt 1 sind die Strömungsgeschwindigkeiten im Mittel mit ca. 0.5 m/s in 2 m über Grund berechnet. Damit wird überwiegend eine horizontale Umströmung dieses Gebäudes bewirkt, d. h. eine

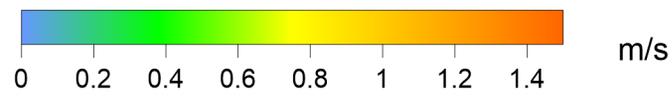
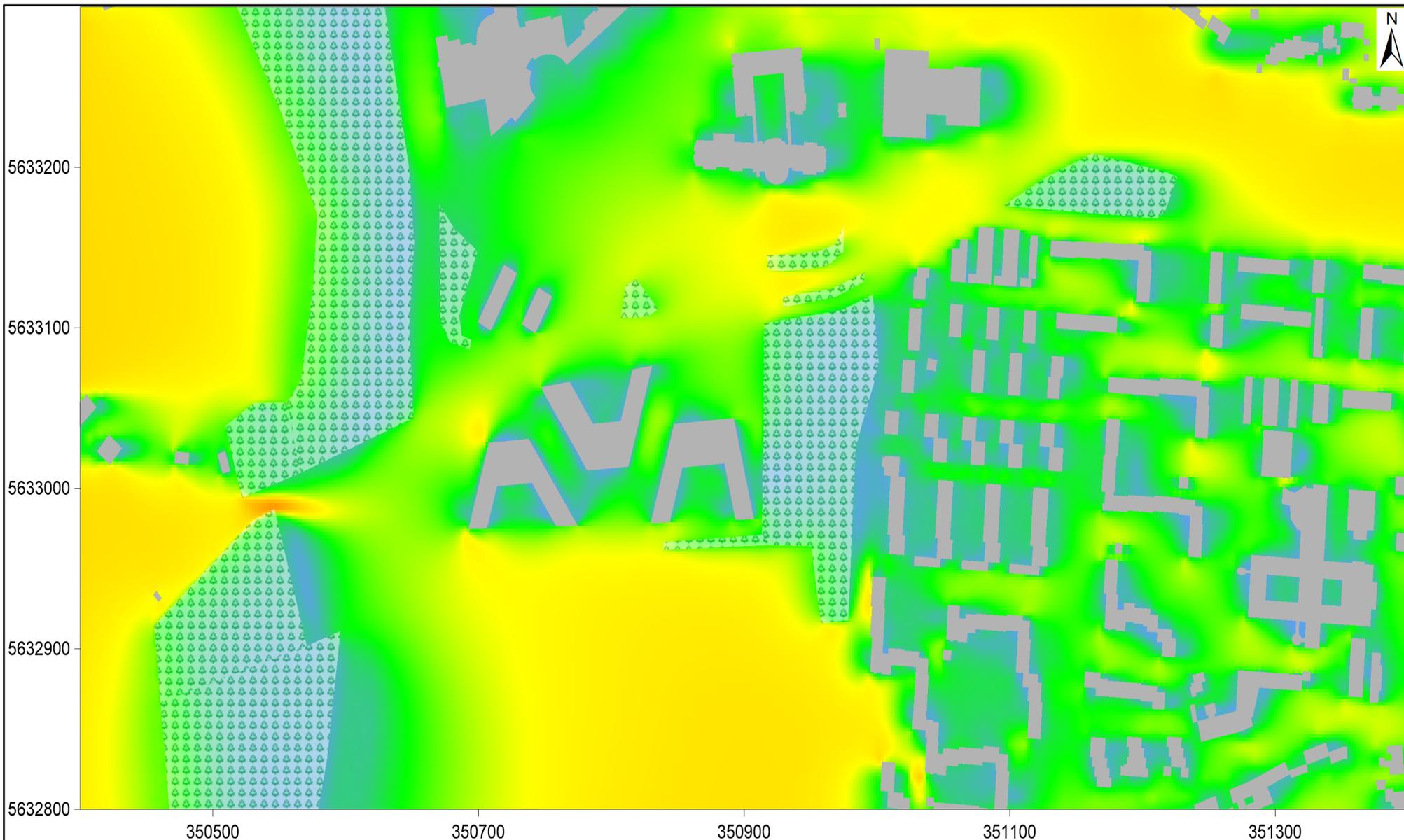


Abb. 6.4 71622-19-02
 Strömungsgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet im Planfall bei autochthonen Wetterlagen nachts.

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Umlenkung der heran transportierten Strömungen in nördliche und südliche Richtungen. Die weiteren geplanten Gebäude schließen östlich an, sodass damit ein langgestreckter Bereich mit bodennah verringerter Strömungsgeschwindigkeit entsteht. Nördlich und südlich von den Einflussbereichen bleiben die Strömungsverhältnisse nahezu unverändert gegenüber dem Bestand. Am östlichen Rand der geplanten Bebauung, d. h. zwischen dem östlichen Gebäude und dem Wald überlagern sich die Effekte der durch die Gebäudeumströmungen bewirkten Einschränkungen der Strömungsgeschwindigkeiten mit den durch den Wald verringerten Strömungsgeschwindigkeiten. Somit ergeben sich am östlichen Ende des städtischen Entwurfsgebietes (Querschnitt 2) Strömungsgeschwindigkeiten im Mittel bei ca. 0.4 m/s in 2 m über Grund. Dahinter werden die Strömungsgeschwindigkeiten durch das Waldstück im Lee des Plangebietes weiter deutlich eingeschränkt. Im Bereich des Querschnittes 3, d. h. östlich des Waldstückes und vor dem Siedlungsrand liegt die Strömungsgeschwindigkeit im Mittel bei ca. 0.2 m/s.

Abb. 6.5 zeigt die relativen Unterschiede der Strömungsberechnungen zwischen dem Planfall und Istzustand in ca. 2 m über Grund. Im Nahbereich der Plangebäude entstehen aufgrund der Strömungseinschränkungen durch die geplanten Gebäude deutliche Windgeschwindigkeitsreduzierungen, die bis in den Wald hinein reichen. Mit der Umströmung der geplanten Bebauung ist im nordwestlichen Bereich neben der Umlenkung auch in Teilbereichen eine Zunahme der bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten zu erwarten. Somit sind am Querschnitt 1 sowohl Windgeschwindigkeitszunahmen mit bis zu 30 % im nördlichen Bereich sowie Abnahmen mit bis zu 55 % südlich davon vor dem westlichen Plangebäude berechnet. Im Mittel ergibt sich auf dem Querschnitt eine Reduzierung um ca. 2 %.

Am Querschnitt 2 am östlichen Ende der Planbebauung sind durchgehend Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 15 % und 70 % im direkten Nahbereich des geplanten Gebäudes zu erwarten. Im Mittel ergibt sich auf dem Querschnitt eine Abnahme von 34 %.

Im Bereich östlich des Waldstückes und vor der bestehenden Bebauung betragen die veränderten Strömungsgeschwindigkeiten in Teilbereichen auch über 20 % und in anderen Teilbereichen an Durchgängen der Bebauung sind auch leichte Erhöhungen bis um 10 % berechnet. Dabei ist zu beachten, dass schon im derzeitigen Zustand dort geringe Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen und weitere geringe berechnete Windgeschwindigkeitsänderungen zu hohen Relativangaben führen.

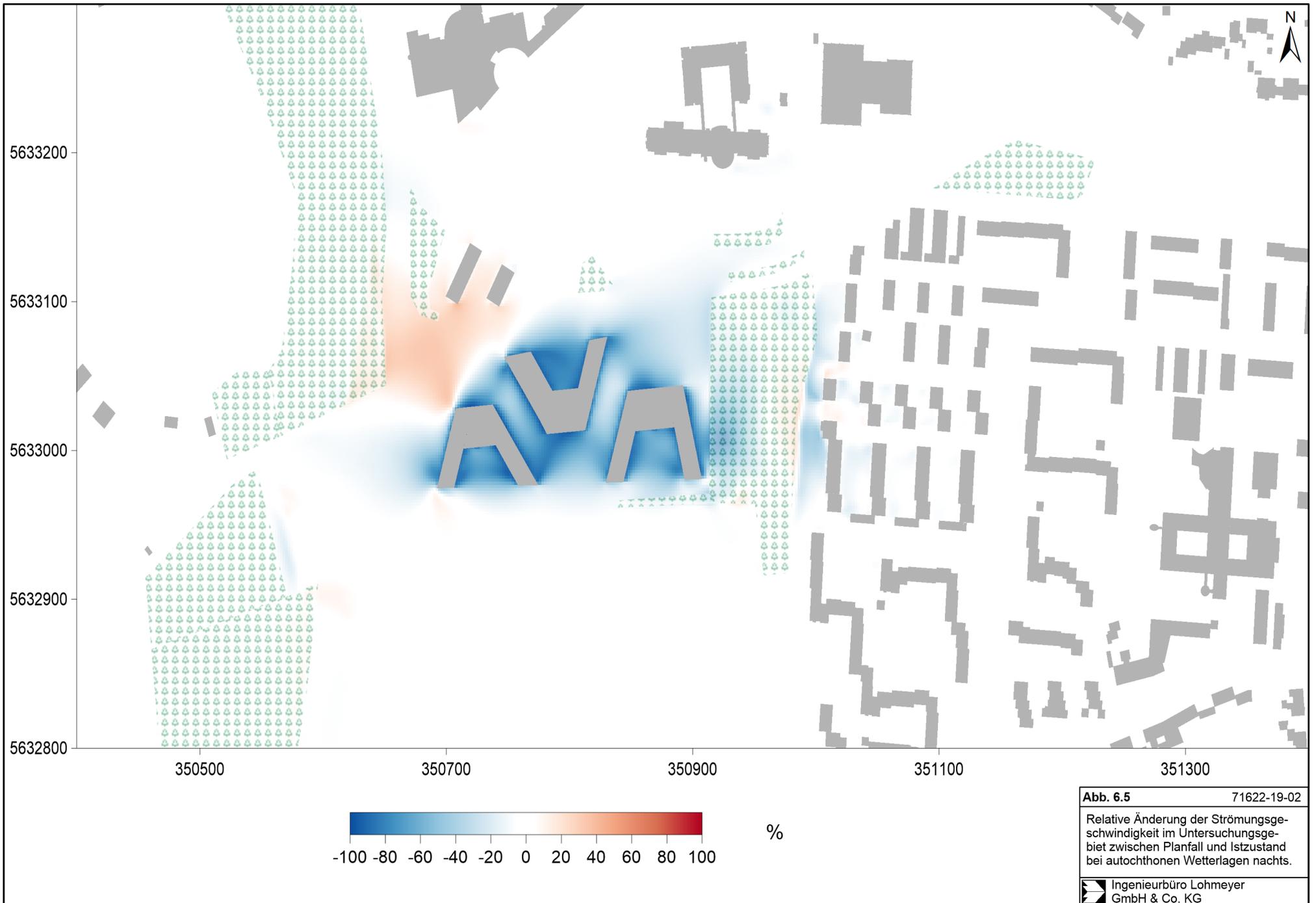


Abb. 6.5 71622-19-02

Relative Änderung der Strömungsgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet zwischen Planfall und Istzustand bei autochthonen Wetterlagen nachts.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Im Mittel ergibt sich auf dem Querschnitt 3 eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit um ca. 20 %. In den nachfolgenden Bereichen sind nahezu keine Änderungen der bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten dargestellt.

Die mit MISKAM berechneten mittleren bodennahen Windgeschwindigkeiten auf den drei Querschnitten im Istzustand, Planfall und deren relative Differenz zeigt **Tab. 6.1**.

Querschnitt	Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]		Relative Abweichung [%]
	Istzustand	Planfall	(Plan-Ist)
1	0.6	0.5	-2
2	0.6	0.4	-34
3	0.2	0.1	-24

Tab. 6.1: Mit MISKAM berechnete bodennahe Windgeschwindigkeit als Mittelwert über die drei betrachteten Querschnitte im Istzustand und Planfall, gerundet auf eine Nachkommastelle. Dazu die relative Abweichung (Plan – Ist) in Prozent.

7 FAZIT

7.1 Einfluss der thermischen Windsysteme (Kaltluft)

Die detaillierten Strömungsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Bebauung und der Auswirkungen der bestehenden Waldflächen auf die nächtlichen Strömungsverhältnisse zeigen, dass der bestehende Siedlungsrand östlich des Waldes im derzeitigen Zustand wesentlich durch die benachbarte Waldfläche geprägt wird. Die über Freiflächen heran transportierten Kaltluftmassen mit geringer Mächtigkeit werden beim Durchströmen des Waldgebietes in ihrer Geschwindigkeit deutlich verringert und damit eingeschränkt in die benachbarten Siedlungsbereiche geführt.

Die flächendeckenden Berechnungsergebnisse zeigen im Bereich des Bebauungsplangebietes aufgrund der geplanten Baukörper starke Abnahmen der bodennahen Windgeschwindigkeit im Vergleich zum Istzustand. Aufgrund des angrenzenden Waldstücks werden die Einschränkungen der Strömungsgeschwindigkeiten mit zunehmendem Abstand zu der Bebauung deutlich, sodass am Siedlungsrand unwesentliche Änderungen der nächtlichen Belüftungsverhältnisse abzuleiten sind. Die rechnerisch prognostizierten relativen Änderungen sind aufgrund der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit messtechnisch nicht nachweisbar. Somit sind in dem östlich des Plangebietes gelegenen Siedlungsbereich durch die Planungen keine nennenswerten Änderungen der nächtlichen Belüftungsverhältnisse zu erwarten und die bestehenden nächtlichen Belüftungsverhältnisse bleiben auch mit Umsetzung der geplanten baulichen Nutzung bestehen. Die Einschränkungen der Strömungsverhältnisse aufgrund des Planvorhabens bleiben zum Großteil auf das Plangebiet beschränkt.

Mit der Detailbetrachtung wird aufgezeigt, dass die thermischen Verhältnisse im Siedlungsbereich östlich des Waldes durch die Funktionen des Waldgebietes geprägt werden und nicht durch wirkungsvollen advektiven Transport von Kaltluftmassen. Die in den südlich davon angrenzenden Siedlungsbereich advehierten mächtigeren Kaltluftströmungen werden durch die geplante Bebauung nicht beeinflusst, sodass dort keine Einschränkungen in der nächtlichen Kaltluftzufuhr zu erwarten sind.

7.2 Thermische Belastung

In der Klimafunktionskarte der Stadt Brühl werden die dem Bebauungsplan benachbarten bestehenden Wohnbereiche überwiegend als Stadtrandklima ausgewiesen. Ausgeprägte Wärmeinseln sind dort im Istzustand nicht anzutreffen.

Dies ist auch im Planfall nicht zu erwarten, wenn auch die Bebauungsmasse der geplanten Gebäude und Versiegelungsflächen innerhalb des städtischen Entwurfsgebietes zu erhöhter Lufttemperatur führt. Die Auswirkungen der geänderten Lufttemperatur in umliegende Bereiche weist keine größeren Ausdehnungen auf gegenüber den oben beschriebenen Strömungsänderungen. Dementsprechend sind am bestehenden Siedlungsbereich östlich des Waldgebietes keine erfassbaren thermischen Änderungen zu erwarten.

8 LITERATUR

- DWD (1996): Klimadaten von Deutschland Zeitraum 1961 - 1990 (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Sonnenschein, Bewölkung). ISBN 3-88148-324-1. Bearbeiter: G. Müller-Westermeier. Deutscher Wetterdienst 1996. Offenbach am Main.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Mayer, H., Matzarakis, A. (1992): Stadtklimarelevante Kartierungen in München. In: Annalen der Meteorologie 28, Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Hrsg.: Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- MetSoft (2006): GlobDEM50 V2.0, Deutschland, Digitale Höhendaten. Hrsg.: metSoft GbR, Heilbronn.
- Metsoft (2017a): Synthetische Windrosen im Bereich Brühl zur Darstellung in Google Earth. E-Mail von Frau Anke vom 21.09.2017.
- Metsoft (2017b): Synthetische Ausbreitungsklassenstatistik für den Standort des Eisenwerks in Brühl. E-Mail von Frau Anke vom 09.10.2017.
- RVMO - Regionalverband Mittlerer Oberrhein (2010): Klimaanalyse Region Mittlerer Oberrhein 2010, Ermittlung natürlicher klimatischer Ausgleichsfunktionen. Karlsruhe, November 2010.
- Schädler, G., Lohmeyer, A. (1994): Simulation of nocturnal drainage flows on personal computers. In: Meteorol. Zeitschrift, N.F. 3 167-171.
- Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): Klimatologie. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.
- Schriftenreihe Raumordnung (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Nr. 06.032.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- VDI 3783 Blatt 10 (2010): Umweltmeteorologie - Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle - Gebäude- und Hindernisumströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 10. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, März 2010.
- VDI 3787 Blatt 5 (2003): Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Richtlinie VDI 3787 Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.

A N H A N G A1:
STÄDTEBAULICHER ENTWURF HBC CAMPUS BRÜHL

