



Lohmeyer

BEBAUUNGSPLAN „EUTSCHÜTZER STRASSE“ IN DRESDEN

LOKALKLIMATISCHES GUTACHTEN MIT SCHWERPUNKT KALTLUFTABFLUSS

Auftraggeber:

Baywobau Baubetreuung GmbH
Niederlassung Dresden
Julius-Otto-Straße 1
01219 Dresden

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Met. Patrick Hogan
Dr. rer. nat. Benedict Brecht

Dipl.-Met. Georg Ludes
Dipl.-Met. Antje Moldenhauer

Juli 2021
Projekt 10155-21-02
Berichtsumfang 39 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG.....	4
2 AUFGABENSTELLUNG	6
3 VORGEHENSWEISE.....	8
3.1 Allgemeines.....	8
3.2 Modellierung mit PALM-4U	9
4 EINGANGSDATEN.....	11
4.1 Lage des Untersuchungsgebietes.....	11
4.2 Beschreibung der geplanten Bebauung.....	14
4.3 Meteorologische Daten	15
5 ERGEBNISSE.....	18
5.1 Ergebnisse für die Situation in der Anfangsphase der Kaltluftbildung	18
5.2 Ergebnisse für die Situation kurz vor Sonnenaufgang	29
5.3 Fazit	37
6 PLANUNGSHINWEISE	38
7 LITERATUR.....	39

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

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 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m Höhenstufe. Im Sommer und Frühjahr erhöht sich der Betrag der Temperaturabnahme auf $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m Höhenstufe, während er im Herbst auf $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und im Winter auf ca. $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 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 Vertikalaustausches mit daraus resultierenden niedrigeren Schadstoffkonzentrationen führen.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammelgebiete

Geländemulden, Senken und Täler wirken als nächtliche Kaltluftsammelgebiete. 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 tälertypischen 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 (Boden-nähe) 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 Luftsichten 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 schwächer 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 ZUSAMMENFASSUNG

Auf dem Gelände einer ehemaligen Kleingartenanlage in Dresden Mockritz ist entlang der verlängerten Eutschützer Straße die Errichtung von sechs Wohneinheiten geplant. Das Planungsgebiet befindet sich südlich der Eutschützer Straße am Nöthnitzer Bach, einem Seitental des Elbtals. Gemäß der Klimafunktionskarte der Stadt Dresden befindet sich das Plangebiet in einer Kaltluftabflußbahn.

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Simulationen mit dem Modell PALM-4U für einen Heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage, d. h. schwachwindig und wolkenarm durchgeführt.

Die Ergebnisse der Simulationen belegen die Kaltluftströmungen entlang des Kaitzer Baches und des Nöthnitzer Baches. Im Plangebiet ergeben sich bodennahe Kaltluftabflüsse aus südlicher bis südwestlicher Richtung. Aufgrund des geringen Bauvolumens beschränken sich negative Auswirkungen auf die Kaltluftdynamik und die nächtliche Wärmebelastung auf einen räumlich engbegrenzten Bereich nördlich des Plangebietes und in nordöstliche Richtung entlang der Eutschützer Straße, und zwar bis in eine Entfernung von ca. 180 m bzw. 200 m von den geplanten Wohngebäuden. In diesem Bereich befinden sich ca. 25 Wohnhäuser. Die negativen Auswirkungen sind demnach von sehr lokaler Natur. Geringfügige Verbesserungen der nächtlichen Kaltluftdynamik werden sich südöstlich des Plangebietes an der Gostritzer Straße ergeben. Aufgrund der Stadtrandlage und der hiermit verbundenen günstigen bioklimatischen Situation werden die Anwohner im Umfeld des Plangebietes auch im Planfall bei Hitzewetterlagen vergleichsweise mit Stadtteilen, die in der Talsohle des Elbtals liegen, geringeren Wärmebelastungen ausgesetzt sein.

Für die Bewohner der Dresdener Innenstadt sind nach der Planungsrealisierung keine Erhöhungen der thermischen Belastungen zu erwarten, da die großräumigen Kaltluftströmungen in Richtung der Innenstadt durch die Planung nicht beeinträchtigt werden.

Da die geplante Bebauung im Bereich der angrenzenden Wohnsiedlungen keine wesentlichen Einschränkungen bei den nächtlichen Belüftungsverhältnissen hervorruft, sind keine städtebaulichen Anpassungsmaßnahmen notwendig, um die bio- und stadtklimatische Funktionsfähigkeit der Kaltluftleitbahn im Nöthnitzer Bachtal zu erhalten. Die geplante Gebäudeanordnung mit den ca. 10 m breiten Zwischenräumen erweist sich als günstig, da die entlang der Nöthnitzbaches abfließende Kaltluft zwischen den geplanten Gebäuden hindurch strömen kann. Diese Anordnung, welche dem hier vorliegenden Gutachten zugrunde liegt, wird aus gut-

achterlicher Sicht begrüßt und sollte beibehalten werden. Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten zusätzlich die in Kapitel 6 genannten Maßnahmen weitestgehend berücksichtigt werden.

Auf Grund der Ergebnisse der mikroklimatischen Kaltluftsimulationsrechnungen kann aus Sicht des Gutachters unter Beachtung der oben genannten Planungshinweise das Bauvorhaben realisiert werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Baywobau Dresden GmbH plant auf einem Grundstück entlang der Eutschützer Straße 6 Wohngebäude zu errichten. Das Plangebiet stellt eine ehemalige Kleingartenanlage dar und ist in **Abb. 2.1** dargestellt.

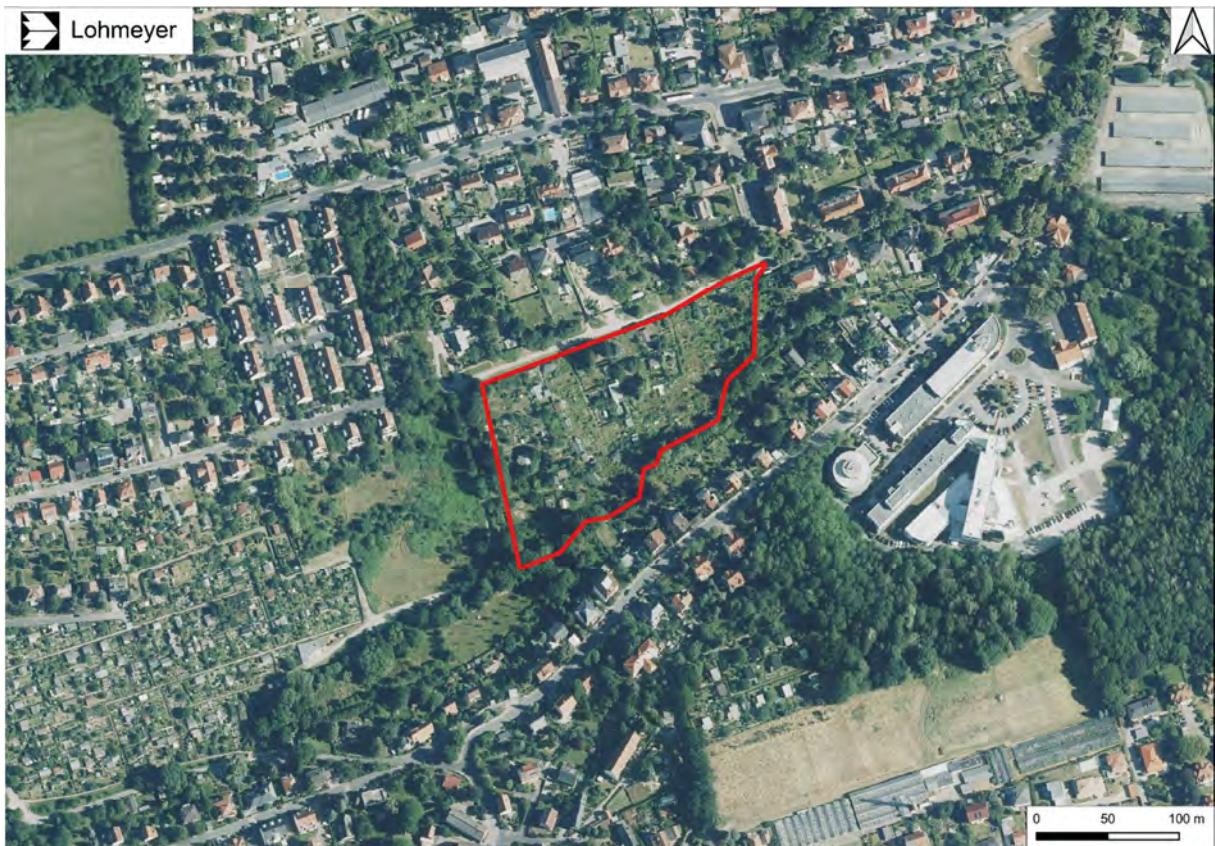


Abb. 2.1: Lage des Plangebiets

Gemäß der Klimafunktionskarte der Stadt Dresden (Themenstadtplan Dresden, Landeshauptstadt Dresden Amt für Geodaten und Kataster) befindet sich das Plangebiet in einer Kaltluftabflussbahn, die dem Verlauf des Nöthnitzer Baches, einem Seitental des Elbtals folgt.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses sind daher die Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderung auf die lokalen klimatischen Verhältnisse (Kaltluftgeschehen, bioklimatische/thermische Bedingungen) zu untersuchen und zu bewerten sowie ggf. Planungsempfehlungen zur Optimierung der lokalklimatischen Umgebungsbedingungen zu erarbeiten.

Simulationsrechnungen mit PALM4U sollen überprüfen, ob durch die geplante Bebauung die nächtliche Kaltluftdynamik beeinträchtigt wird und es hierdurch zu erhöhten Wärmebelastun-

gen in den an das Plangebiet angrenzenden Wohngebieten kommt bzw. ob die Kaltluftzufuhr in die Innenstadt durch die Planung beeinträchtigt wird.

Die Lohmeyer GmbH, NL Dresden, wurde am 23.02.2021 unter Aktenzeichen „DD-Im VII 1.1 Eutschützer Str.“ beauftragt, ein Gutachten zum Lokalklima mit Schwerpunkt Beeinflussung der Kaltluft zu erarbeiten.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Allgemeines

Für die Einbindung lokalklimatischer Belange in die Bebauungsplanung bestehen keine einheitlichen Vorgaben zu inhaltlichen Themen und zu Beurteilungsgrößen. Dementsprechend werden in den Betrachtungen die lokalen Besonderheiten bezüglich lokalklimatischer Belange herangezogen und die Belange in den Vordergrund gestellt, die durch die Planungen modifiziert werden. Das betrifft beispielsweise die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die nächtlichen Belüftungsverhältnisse, d. h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen durch Kaltluftabflüsse.

Das Klima in Dresden wird durch die Lage der Stadt im Elbtal stark geprägt. Das Elbtal verläuft von Südosten nach Nordwesten. Die Stadt ist im Nordosten und Südwesten von Höhenzügen begrenzt, die wiederum durch Seitentäler unterbrochen werden. Weiter südlich und südöstlich der Stadt steigt das Gelände, bis zu Höhen über 800 m ü. NHN im Erzgebirge an. Das Plangebiet liegt im Stadtteil Mockritz am südlichen Stadtrand von Dresden. Laut der Klimafunktionskarte der Stadt Dresden befindet sich das Plangebiet im Einflussbereich einer Kaltluftabflußbahn, die entlang des von Südwest nach Nordost verlaufenden Nöthnitzer Bachtals in Richtung Stadtgebiet ausgerichtet ist und auf der Kaltluft von Südwesten aus ins Stadtgebiet einfließt. Ca. 400 m nördlich des Plangebiets befindet sich eine weitere Kaltluftabflußbahn entlang des Kaitzer Bachs. Östlich des Plangebietes fällt das Gelände ab, sodass die Kaltluftabflüsse in Richtung der Dresdener Innenstadt gerichtet sind.

Nach Realisierung des Bebauungsplans „Eutschützer Straße“ ändern sich im Plangebiet die Landnutzungen. Durch diese Veränderungen und die geplante Bebauung können bestehende regionale Windströmungen sowie lokal thermisch induzierte Winde, wie Kaltluftströmungen, beeinträchtigt werden. Die genannten Modifizierungen und Auswirkungen beziehen sich überwiegend auf die bodennahen Windverhältnisse und die Temperaturverhältnisse in der näheren Umgebung.

Die Kaltluftbildung und die Entwicklung von Kaltluftströmungen erfolgen an wind- und wolkenarmen Tagen nach Sonnenuntergang. Hierbei kühlen Grünflächen intensiver und rascher ab als versiegelten Flächen oder Wasserflächen. Damit kühlert auch die darüber gelegene Luftsicht intensiver und rascher ab. Bei geneigtem Gelände setzen sich diese kühlen Luftmassen der Geländeneigung folgend in Bewegung und bilden Hangabwinde. In Einschnitten und

Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können.

Dementsprechend werden hier die Auswirkungen der Planungen auf die nächtlichen Kaltluftströmungen mit Modellsimulationen betrachtet. Für die vorliegende Planung werden Kaltluftberechnungen mit dem prognostischen Modell PALM-4U mit einer hohen räumlichen Auflösung durchgeführt, sodass die Um- und Überströmung der Baukörper im Plangebiet explizit berücksichtigt werden kann und um qualitative sowie quantitative Aussagen über mögliche Modifikationen der Kaltluftströmungen und thermischen Verhältnisse zu erhalten. Betrachtet werden der derzeitige Zustand entsprechend der derzeitigen baulichen Nutzung und ein Planzustand mit einem vom Auftraggeber vorgelegten Entwurf des Bauvorhabens.

3.2 Modellierung mit PALM-4U

Zur Simulation der Verteilung von Klimaparametern in Einzelsituationen wurde das numerische Modell PALM-4U (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>) verwendet, das z. B. die Variablen potenzielle Temperatur, spezifische Feuchte und die Windkomponenten prognostisch berechnet. PALM-4U ist ein meso- und mikroskaliges Modell, das die Wechselwirkungen zwischen dem Boden, von Oberflächen und der Atmosphäre unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung sowie von Strömungshindernissen, z. B. von Gebäuden, sonstigen Bauwerken oder der Vegetation, beschreibt. Es basiert auf den Grundgesetzen der Strömungs- und Thermodynamik und beinhaltet u. a. die Simulation von:

- Umströmungen, Überströmungen und Unterströmungen von Hindernissen bzw. Bauwerken, z. B. Gebäuden,
- Austausch von Wärme und Feuchte an natürlichen und anthropogenen Oberflächen,
- turbulenten Strömungen,
- Wechselwirkungen von Strahlung, Impuls und Wärme mit einer expliziten Vegetationsschicht,
- bioklimatischen Bewertungsindizes,

Für weiterführende Informationen sei auf die o. g. Internetadresse und Fachliteratur (z. B. Raasch und Schröter, 2001; Maronga et al., 2015, 2019) verwiesen.

Das Modell ist nach der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ validiert (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/tec/evaluation>). Eine Validierung des komplexen Testfalls E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalialisierung, Kaltluftab-

flüsse“ der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 (1997) „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ wurde von unserem Büro erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer, 2020).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung nach Lage und Höhe im Betrachtungsgebiet. Die Simulationen der nächtlichen Ausgleichsströmungen werden in vierstufigen sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt. Um alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete zu erfassen, wurde eine grobe Simulation mit 200 m horizontaler Maschenweite bei 792 x 744 Gitterpunkten (ca. 158 km x 149 km) durchgeführt, wobei das Gitter bis in etwa 11 km Höhe bei einer bodennahen vertikalen Auflösung von 20 m reicht. Als nächstes wurde ein kleineres Gebiet mit 50 m horizontaler Maschenweite und 600 x 552 Gitterpunkten (ca. 30 km x 28 km) darin berechnet; die vertikale Maschenweite ist 12 m in Bodennähe. Mittels Nesting wurde ein Gebiet mit 10 m horizontaler Maschenweite und 488 x 472 Gitterpunkten (ca. 5 km x 5 km) darin berechnet. Die vertikale Maschenweite ist 5 m in Bodennähe. Bei letztgenannter Simulation werden Baukörper und hohe Vegetation dreidimensional berücksichtigt. Für das eigentliche Untersuchungsgebiet wurde eine horizontale Maschenweite von 2.5 m bei 616 x 464 Gitterpunkten (ca. 1.5 km x 1.2 km) realisiert. Die vertikale Auflösung beträgt hierbei in Bodennähe 2.5 m. Das Setup der Simulationen entspricht den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3787 Blatt 7, 2017) und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3787 Blatt 9, 2017).

Folgende Einteilung wurde für die vorkommenden Oberflächen u. a. gewählt:

- Bauwerke unterschiedlicher Größe, d. h. Gebäude (inneres Gebiet),
- versiegelte oder teils versiegelte Oberflächen wie Straßen, Wege und Parkplätze,
- lockere bis dichte städtische Bebauung (äußere Simulationsgebiete),
- Grünflächen, Grünflächen mit Sträuchern, vegetationsarme Flächen, landwirtschaftlich genutzte Flächen,
- Sportflächen, Wasserflächen und
- Waldflächen, Baumgruppen, Bäume als dreidimensionale Vegetation.

4 EINGANGSDATEN

Die in diesem Gutachten genutzten Geländeinformationen und die Lage und Höhe der Gebäude im Bestand wurden dem Open Data Portal des Freistaates Sachsen entnommen (<https://www.opendata.sachsen.de>). Die Landnutzungsdaten basieren sowohl auf den Daten des Urban Atlas (<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>) und wurden teilweise detailliert anhand von Luftbildern nachbearbeitet sowie hohe zusammenhängende Vegetation, d. h. Baumgruppen, hinzugefügt.

4.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Dresden liegt beiderseits der Elbe im Elbtal. Der Talboden ist überwiegend flach und hat eine Höhe von 105 bis 115 m über NHN. Das Elbtal bei Dresden wird im Nordosten und im Südwesten von Höhenzügen begrenzt, die bis zu ca. 200 m höher liegen. Weiter südlich ist das Gelände von Ausläufern des Erzgebirge geprägt und weist größere Höhen bis ca. 800 m über NHN auf. Die Abb. 4.1 zeigt einen Ausschnitt des äußeren Rechengebietes mit den darin genesteten meso- und mikroskaligen Rechengebieten mit 50 m beziehungsweise 10 m und 2.5 m Gitterweite. Die Abb. 4.2 zeigt das Relief des Untersuchungsgebietes mit Gebäuden im Bestand. Das Plangebiet grenzt an den Nöthnitzer Bach an und liegt ca. 400 m südlich des Kaitzer Bachs. Zwischen dem Nöthnitzer Bach und dem Kaitzer Bach befindet sich eine Erhebung. Östlich und nordöstlich des Plangebiets fällt das Gelände etwa 20 m in Richtung Dresdener Innenstadt ab. In diesem Bereich mündet der Nöthnitzer Bach in den Kaitzer Bach, der daraufhin ins Elbtal abfließt. Südlich des Plangebiets befindet sich zwischen dem Nöthnitzer Bach und dem Leubnitz Bach ein Höhenzug, der ca. 30 bis 40 m höher liegt als das Plangebiet.

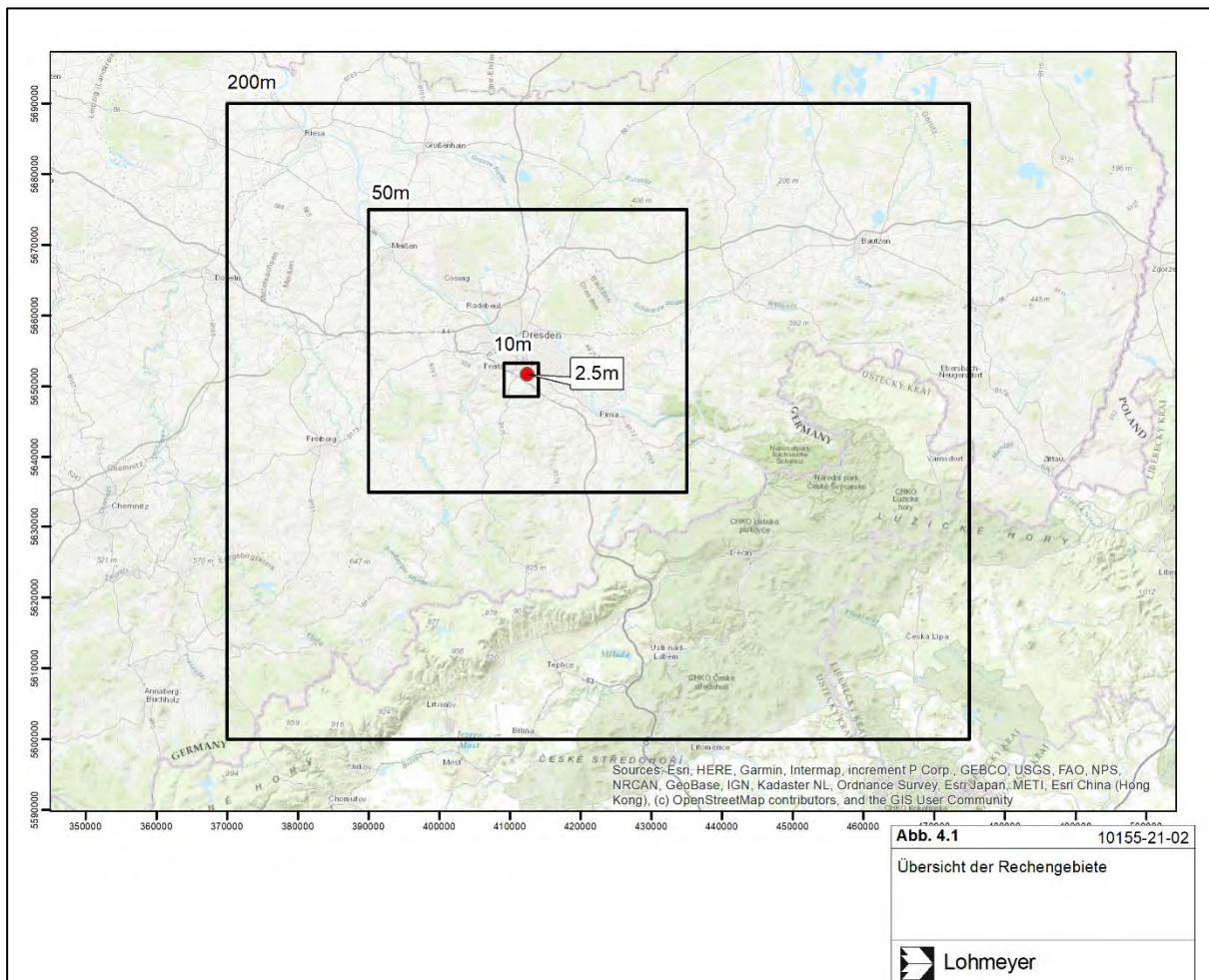


Abb. 4.1: Abgrenzung der Rechengebiete

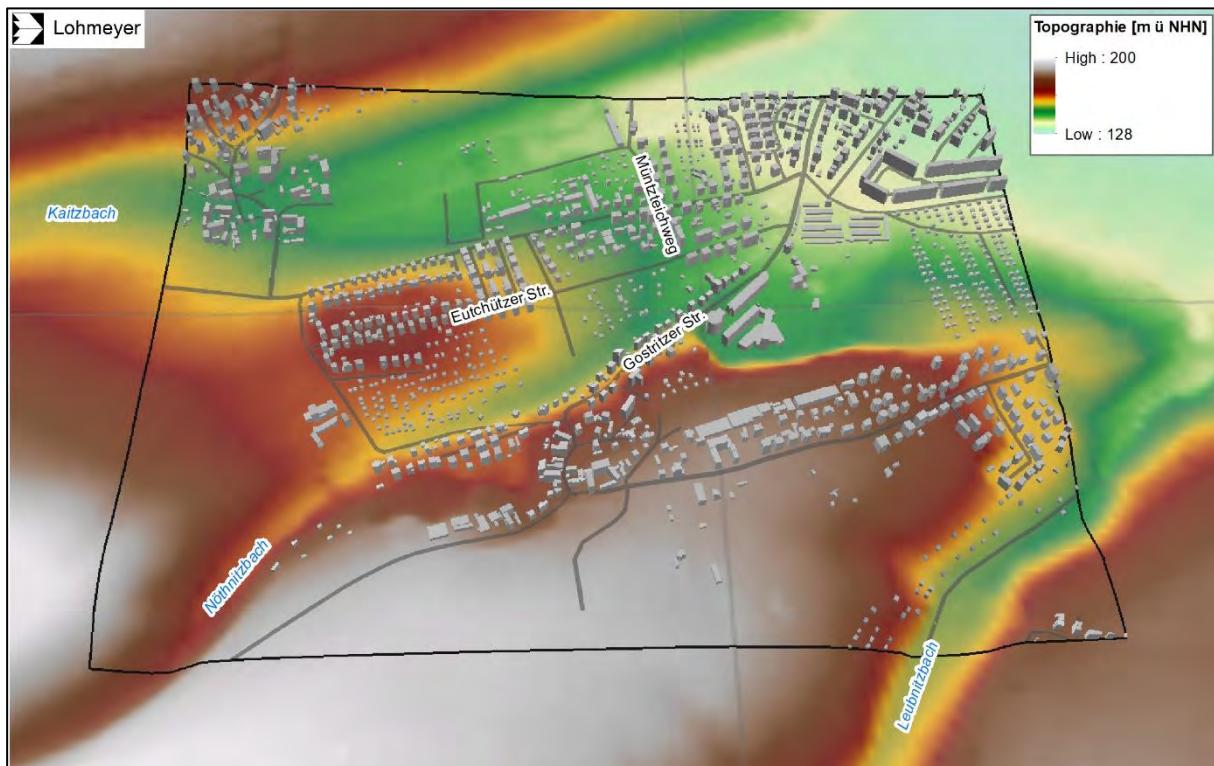


Abb. 4.2: Darstellung des Reliefs im innersten Rechengebiet mit Gebäuden im Bestand (Blickrichtung aus Süden)

4.2 Beschreibung der geplanten Bebauung

Die Lage und Höhe der Plangebäude und die geplanten Landnutzungen stammen aus Planunterlagen der Baywobau Baubetreuung GmbH. Die **Abb. 4.3** zeigt das Relief des Untersuchungsgebietes mit Gebäuden im Planfall. Diese weisen eine Höhe von 12 m auf.

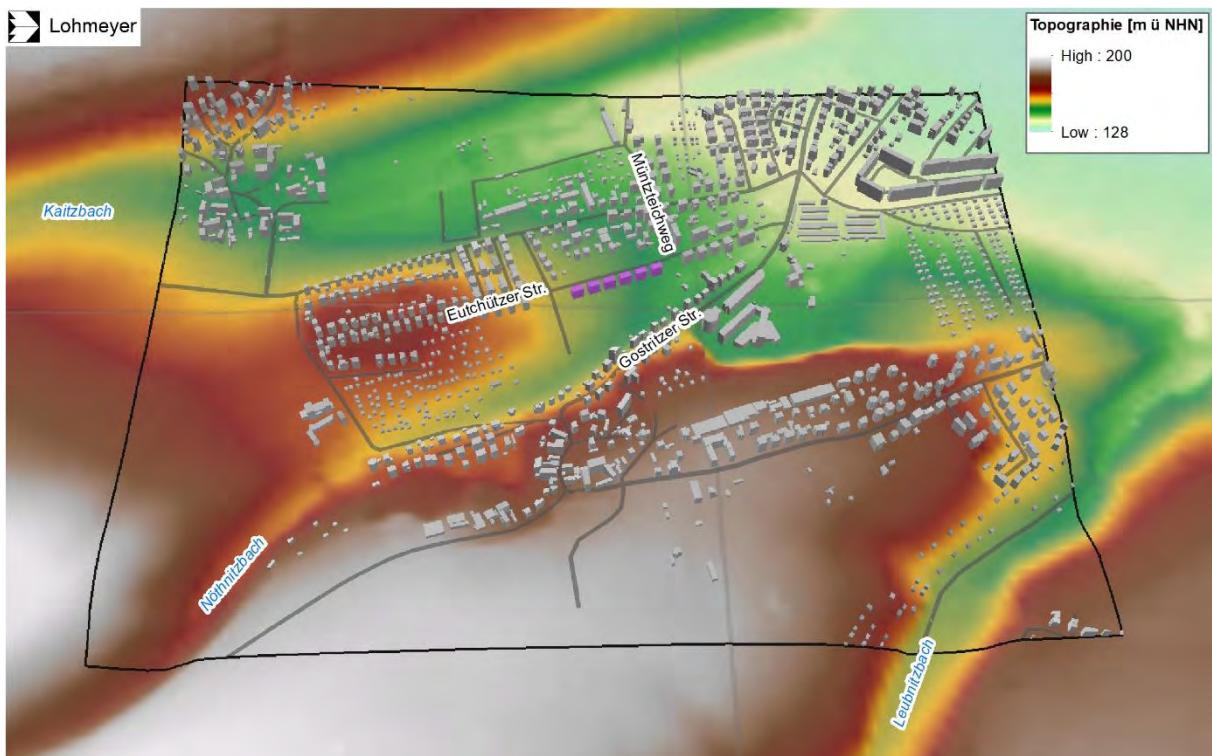


Abb. 4.3: Darstellung des Reliefs im innersten Rechengebiet mit Gebäuden im Planfall (Blickrichtung aus Süden). Die geplanten Gebäude sind durch violette Farbgebung gekennzeichnet.

4.3 Meteorologische Daten

Für das Untersuchungsgebiet liegen uns keine offiziellen langjährigen Zeitreihen der Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung vor. Die nächstgelegene Station mit einer langjährigen Messzeitreihe von Messdaten des Windes ist Dresden-Klotzsche vom Deutschen Wetterdienst (DWD), die auf einer Hochfläche am Nordrand des Dresdner Elbtalkessels etwa 11.5 km nördlich des Untersuchungsgebietes liegt. Bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen werden dort nachts südöstliche bis südliche Strömungen gemessen (**Abb. 4.4**), die von unseren Simulationen mit 200 m und 50 m Maschenweite wiedergegeben werden, jedoch liegt die Station nicht im hier zu betrachtenden Untersuchungsgebiet.

Die Station Dresden-Strehlen vom DWD liegt etwa 2.2 km nordöstlich des Untersuchungsgebietes südlich der Elbe im Elbtal und gilt daher als deutlich repräsentativer für das Untersuchungsgebiet im Vergleich zu Dresden-Klotzsche; an der Station Dresden-Strehlen werden u. a. die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit gemessen, wie auch an der Station Dresden-Klotzsche. Die **Abb. 4.5** zeigt beispielhaft die Verläufe der Temperatur und relativen Feuchte der Stationen Dresden-Klotzsche und Dresden-Strehlen an mehreren aufeinanderfolgenden heißen Sommertagen bei einer autochthonen Wetterlage vom 23.07.2019 bis 26.07.2019. Tagsüber werden an allen dargestellten Nachmittagen an beiden Stationen 30 °C erreicht und teils deutlich überschritten. In Dresden-Strehlen werden aufgrund der Tallage und geringeren Durchlüftung während des Tages gegenüber der Station Dresden-Klotzsche etwas höhere Lufttemperaturen gemessen. Abends und nachts kühlen die tiefergelegenen Bereiche schneller ab, sodass Dresden-Strehlen nachts überwiegend geringere Temperaturen als Dresden-Klotzsche aufweist. Bis um 5 Uhr bzw. 6 Uhr morgens gehen die Lufttemperaturen in Dresden-Strehlen bis knapp 15 °C am 24.07.2019 und etwa 17 °C am 25.07.2019 und 26.07.2019 zurück. Die Initialisierung der Simulationen erfolgt unter Zugrundelegung von Messwerte am 25.07.2020, 2 Uhr. Für die Initialisierung des Vertikalprofils der Atmosphäre werden Daten der nächstgelegenen Standorte von Radiosondenaufstiegen, Lindenbergs und Meiningen, herangezogen.

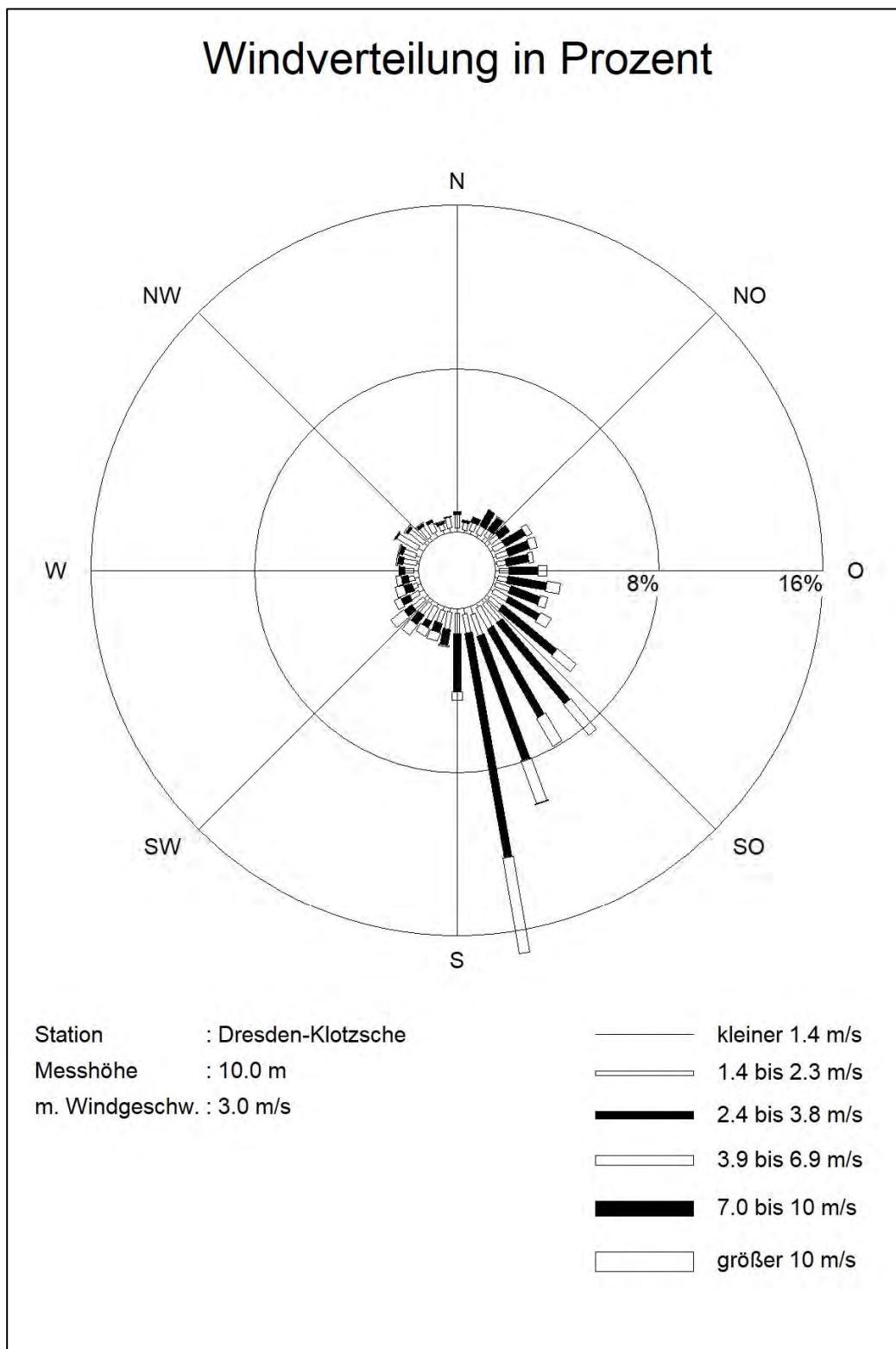


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Dresden-Klotzsche in den Sommermonaten 2000-2019 für gering bewölkte Stunden nachts (Quelle: DWD, eigene Darstellung)

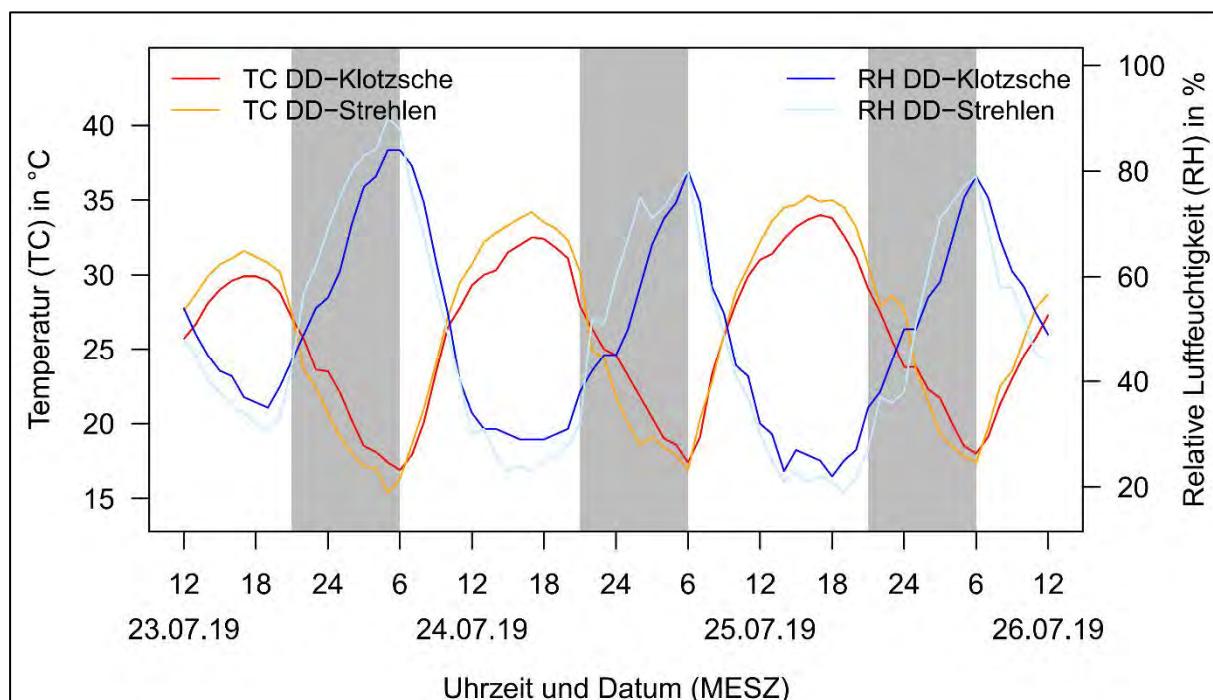


Abb. 4.5: Zeitreihen der Temperatur (TC) und der relativen Feuchte (RH) an den Stationen Dresden-Klotzsche und Dresden-Strehlen vom 23.07.2019 bis 26.07.2019 (Quelle: DWD, eigene Darstellung). Die Nachstunden sind grau eingefärbt.

5 ERGEBNISSE

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Nutzungsänderungen auf die Kaltluftströmungen wurden Simulationen für den baulichen Bestand und den Planfall mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür wurde ergänzend zum Untersuchungsgebiet das umliegende Gelände mit den Geländeanstiegen berücksichtigt (siehe **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2**). Das Gebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen vollständig erfasst werden. Dafür war auch die Berücksichtigung der südlich von Dresden liegenden Ausläufer des Erzgebirges notwendig.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte. Die Kaltluftvolumenstromdichte beschreibt die Kaltluftmenge in m^3 , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt; die Einheit ist $\text{m}^3/(\text{m s})$ bzw. m^2/s . Falls die Volumenstromdichte über einen Querschnitt konstant ist, lässt sich der Volumenstrom direkt und einfach als Volumenstromdichte mal Länge der Grundlinie dieser Fläche berechnen. Der Kaltluftvolumenstrom kann als Größe zur Beschreibung der Durchlüftungsintensität aufgefasst werden. Darüber hinaus werden die Windrichtung, Windgeschwindigkeit und die Lufttemperatur in Bodennähe betrachtet.

Die Kaltluftverhältnisse unterliegen im Laufe der Nacht einem dynamischen Wandel. Zu Beginn sind die Kaltluftabflussgeschwindigkeiten hoch, die Kaltluftschichtdicken jedoch noch gering. Kurz vor Sonnenaufgang werden sehr hohe Schichtdicken erreicht mit z. T. geringeren Fließgeschwindigkeiten aber deutlich höheren Volumenströmen und damit deutlich höherer Durchschlagskraft der Kaltluft. Um dieser Dynamik gerecht zu werden, werden hier verschiedene Zeitpunkte einer Kaltluftnacht separat betrachtet, und zwar die Anfangsphase und die Phase kurz vor Sonnenaufgang. Die dazwischen liegenden Zeiten mit voll ausgebildeter Kaltluft sind denjenigen Zeiten kurz vor Sonnenaufgang sehr ähnlich. Deshalb wird auf eine weitere Darstellung verzichtet.

5.1 Ergebnisse für die Situation in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

In den unbebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes bilden sich bei den entsprechenden Wetterlagen bodennahe Strömungen aus, die die Hänge der Geländerücken hinab strömen. Die Strömungen werden im Umfeld des Plangebiets entlang der Bachläufe des Kaitzer Bachs, des Nöthnitzer Bachs und des Leubnitzer Bachs kanalisiert. In bebauten Bereichen ist die

Windgeschwindigkeit großteils abgeschwächt. Die **Abb. 5.1** zeigt die bodennahe Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Bestand für einen wolkenlosen Strahlungstag bei einer autochthonen Wetterlage. Entlang des Nöthnitzer Bachs strömen Kaltluftmassen mit bis zu 1.5 m/s in östliche bis nordöstliche Richtung. Westlich und nördlich des Plangebiets sind die Strömungsgeschwindigkeiten durch Gebäude und Baumbestände abgeschwächt. In diesen Bereichen liegen die bodennahen Geschwindigkeiten unter 0.5 m/s. Im Nordosten verzweigt sich die Strömung; ein Teil fließt nördlich entlang des Münteichwegs, der restliche Teil der Strömung folgt weiterhin dem Verlauf des Nöthnitzer Baches und der Eutschützer Straße und dann weiter in Richtung Dresdener Innenstadt. In diesen Bereichen sind lokal Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeiten durch Kanalisierungseffekte erkennbar. Im nördlichen Bereich der Darstellung fließt Kaltluft entlang des Kaitzer Baches.

Aufgrund der Planung ergeben sich Änderungen der Strömungsrichtungen und Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Plangebäude (**Abb. 5.2**), die sich aber auf das nahe Umfeld der geplanten Bebauung beschränken. Im Plangebiet ist die Strömung hinter den Gebäuden abgeschwächt, aber zwischen den Gebäuden und an der östlichen Grenze des Plangebiets wird die Strömung durch Kanalisierung verstärkt.

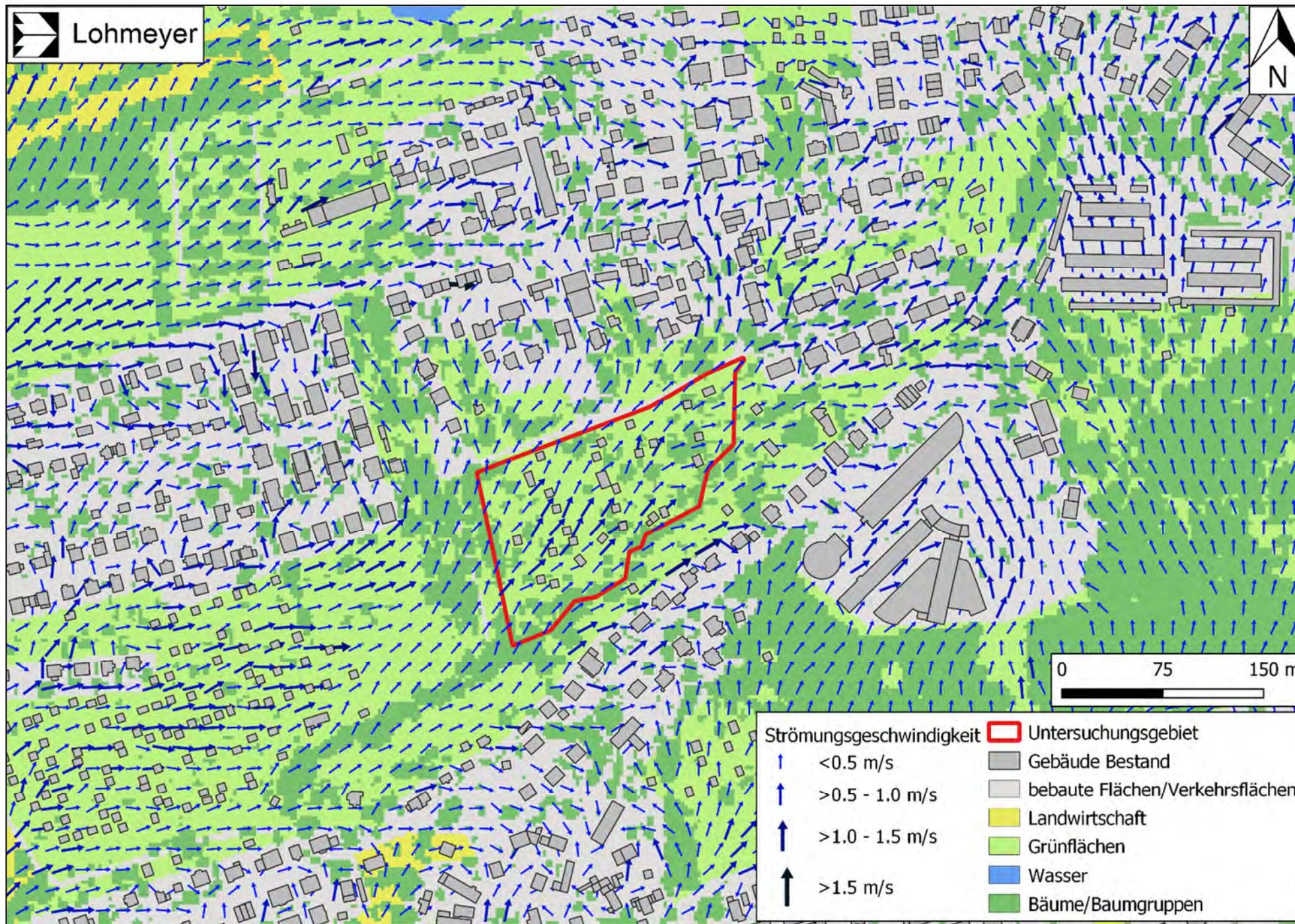


Abb. 5.1: Analysefall - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in ca. 2 m über Grund in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

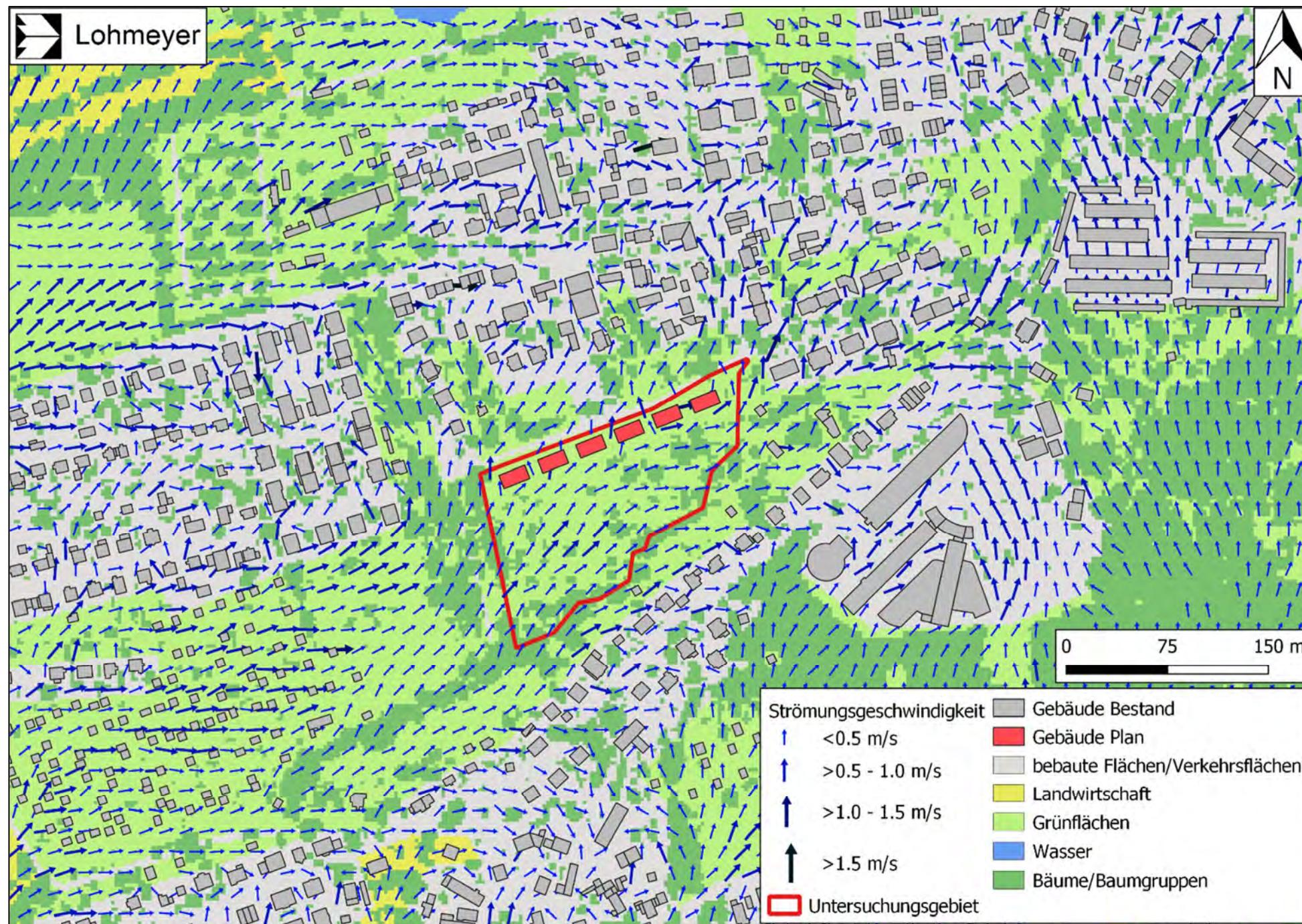


Abb. 5.2: Planfall - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in ca. 2 m über Grund in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

Die **Abb. 5.3** zeigt die Höhe der Kaltluftschicht und die Kaltluftvolumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Bestand. Die Kaltluftströmungsrichtungen entsprechen dem Median der Strömungsrichtungen jeden Höhenlevels in der Kaltluftschicht und stimmen im Wesentlichen mit den Strömungsrichtungen in Bodennähe überein. Dies bedeutet, dass sich die Richtungen der Kaltluftströmungen in der Kaltluftschicht mit der Höhe nicht wesentlich ändern.

Die Kaltlufthöhen werden maßgeblich von der Topografie bestimmt und schwanken zwischen wenigen Metern und ca. 35 m (vgl. **Abb. 4.2**). Aufgrund der höheren Dichte sammelt sich Kaltluft, ähnlich wie Wasser, in tieferliegenden Mulden, Senken, Tälern oder sonstigen Geländevertiefungen an, so dass sich hier mächtigere Kaltluftschichten ausbilden als in den topographisch höher liegenden Bereichen südlich und nordwestlich des Planungsgebiets. Die höchsten Schichtdicken werden über dem Kaitzer Bach und dem Nöthnitzer Bach ausgewiesen. Auf dem Höhenrücken zwischen diesen Bächen hat die Kaltluft eine Höhe von maximal 15 m.

Die Kaltluftvolumenstromdichte variiert zwischen ca. 15 m³/(m s) auf dem Geländerücken und bis zu 35 m³/(m s) im Bereich des Kaitzer Bachs. Im Plangebiet beträgt die Mächtigkeit der Kaltlufthöhe zwischen 15 und 25 m. Die Kaltluftvolumenstromdichte liegt hier zwischen 10 und 22 m³/(m s). Die Richtung der Kaltluftströmung im Plangebiet folgt dem Verlauf des Nöthnitzer Bachs.

Die Kaltluftvolumenströme betragen über die gesamte Breite des Nöthnitzer Bachtals östlich der geplanten Bebauung bzw. über die gesamte Breite des Kaitz Bachtals im Bestand etwa 1 900 m³/s bzw. 10 600 m³/s.

Die in den Nöthnitzer Bach auftretenden Volumenströme erreichen in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses keine klimaökologisch wirksame Relevanz [Schwellwert dafür laut VDI 3787 Blatt 5 (2003): 10 000 m³/s]. Aufgrund der schwachen Ausprägung von Kaltluftabflüssen in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses ist davon auszugehen, dass von der in der Anfangsphase herantransportierten Kaltluft nur die ersten Häuserzeilen profitieren, zumal zu erwarten ist, dass bei den dort vorliegenden geringen Schichtdicken der Kaltluft der großräumige Wind häufig durchgreift und sich in der Realität nur sehr selten Kaltluftabflüsse zeigen.

Aufgrund der Planung ergeben sich Änderungen der Kaltluftvolumenstromdichten (siehe **Abb. 5.4**). Eine Abschwächung der Volumenstromdichte wird nördlich und nordöstlich der geplanten Gebäude prognostiziert. Angrenzend des Plangebiets im Richtung Nordosten ist die Volumenstromdichte entlang des Eutschützer Straße bis zu maximal 4.4 m³/(m s) abge-

schwächt. Durch die Leitwirkung der Bebauung ergeben sich südlich davon Zunahmen der Volumenstromdichte von bis zu $3.8 \text{ m}^3/(\text{m s})$. In Entferungen von mehr als 200 m treten keine wesentlichen Veränderungen auf.

Im Querschnitt über das gesamte Tal schwächt sich direkt hinter der geplanten Bebauung der Kaltluftvolumenstrom um weniger als $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ab. Dies entspricht im Verhältnis zum Bestand einer Reduktion um weniger als 5 Prozent.

Die geplante Bebauung ist nahezu genau parallel zu dem dortigen Kaltluftvolumenstrom ausgerichtet. Aus diesem Grund ist die Fernwirkung der geplanten Bebauung minimiert, da der Volumenstrom im Querschnitt in der Anfangsphase der Kaltluftbildung kaum behindert wird.

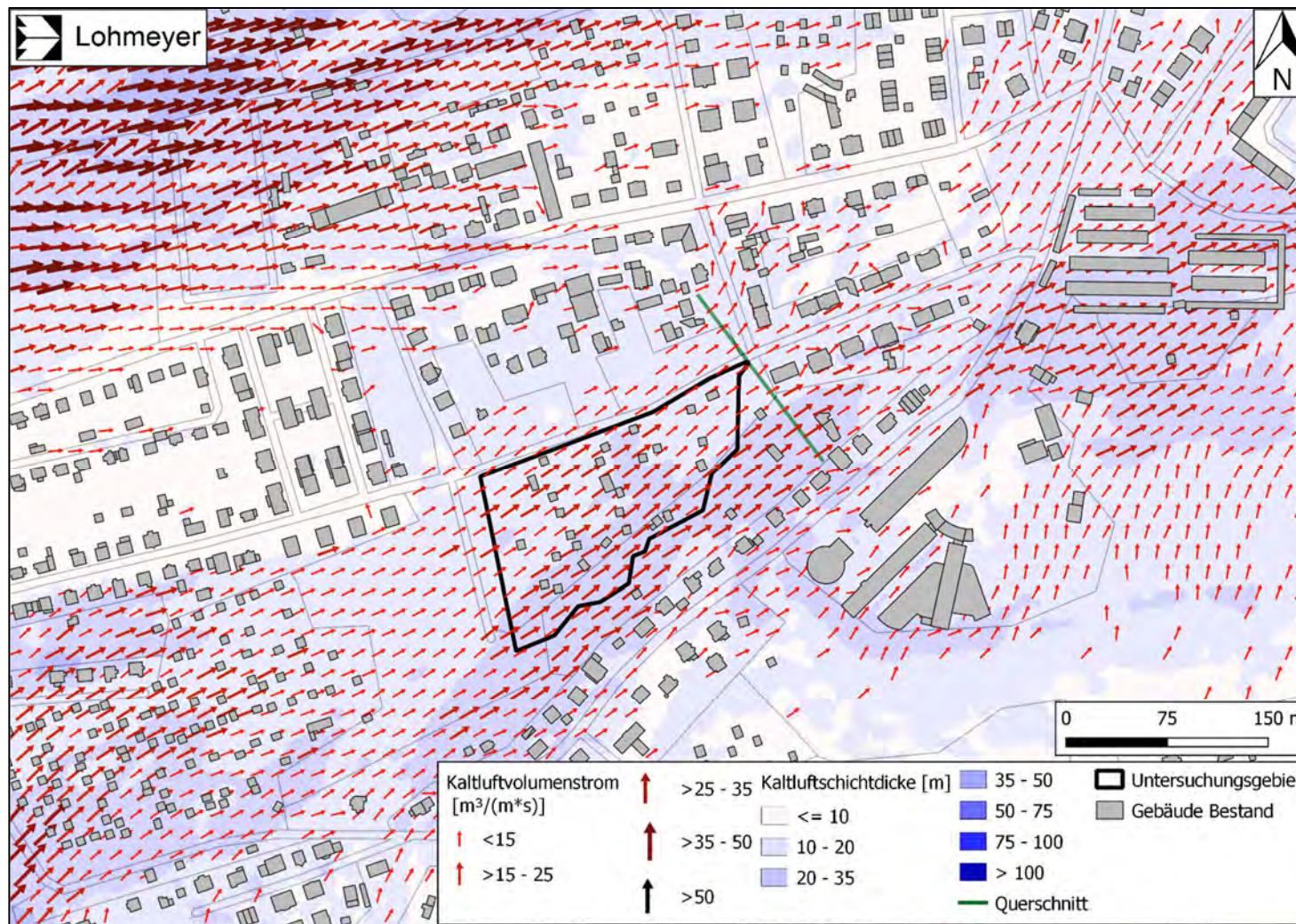


Abb. 5.3: Analysefall - Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

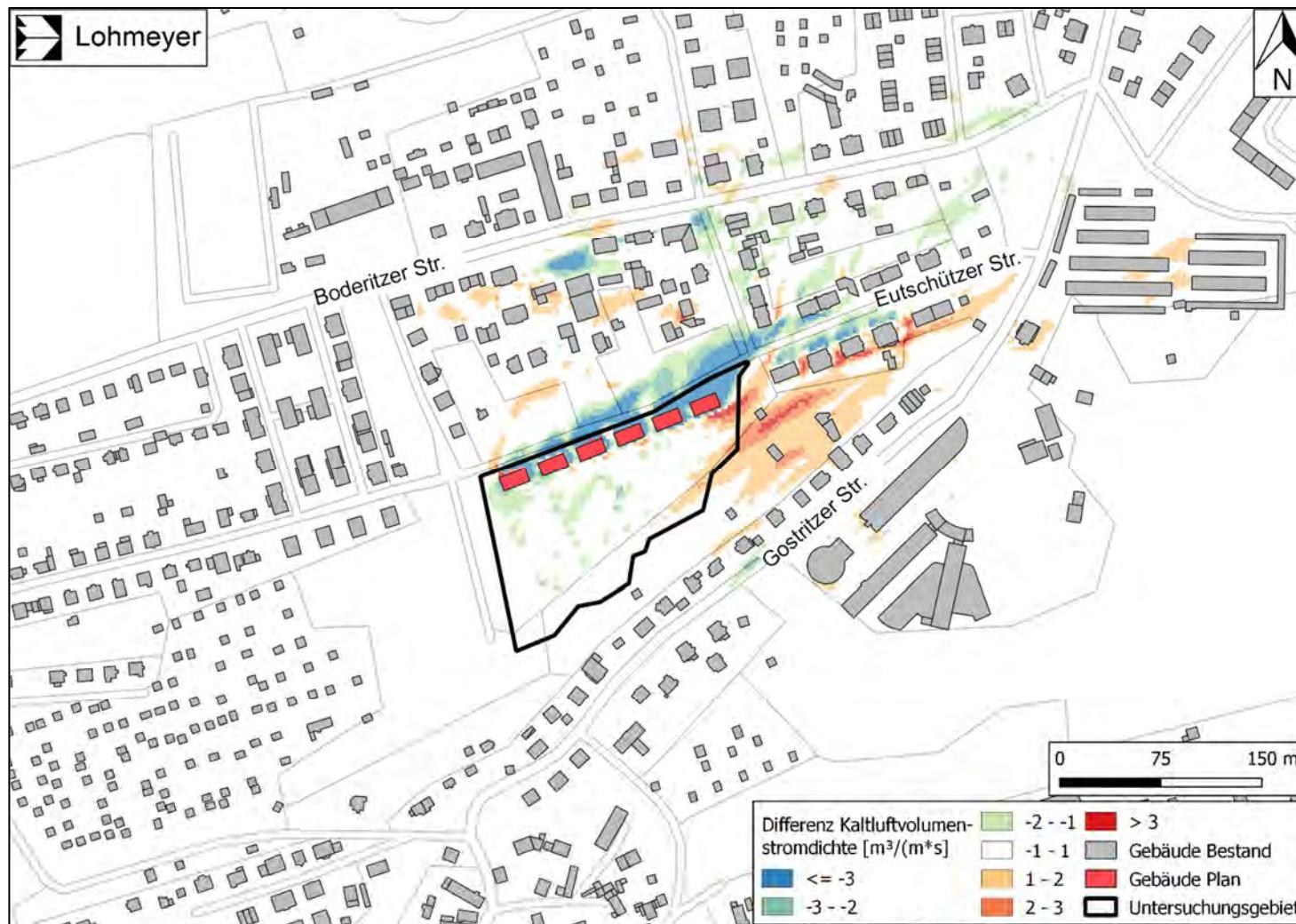


Abb. 5.4: Differenz der Kaltluftvolumenstromdichte in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

Mit dem Sonnenuntergang setzt eine spürbare Abkühlung der unteren Luftsichten ein, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Verursacht wird diese nächtliche Abkühlung im Wesentlichen durch die negative Strahlungsbilanz der Erdoberfläche, die nach Sonnenuntergang durch das Wegfallen der kurzwelligen Einstrahlung resultiert.

Die **Abb. 5.5** zeigt die bodennahe Lufttemperatur zu Beginn der Kaltluftbildung im Bestand. In unversiegelten Bereichen von Tal- und Muldenlagen werden Temperaturen von 20 bis 22 °C ausgewiesen. Auf den Höhenrücken und in den Siedlungsgebieten liegt die Temperatur mit 23 bis 25 °C deutlich höher. Nach Planungsrealisierung wird sich die Temperatur in den nördlich und nordöstlich an das Plangebiet angrenzenden Wohngebieten leicht erhöhen (**Abb. 5.6**). Die prognostizierten Temperaturzunahmen liegen großteils unter 1°C. In räumlich engbegrenzten Bereichen werden für den Zeitpunkt kurz nach Sonnenuntergang im Bereich des Müntzteichwegs Temperaturerhöhungen von bis zu 1.5 °C ermittelt. Die Reichweite von bodennahen Lufttemperaturerhöhungen reicht bis in eine Entfernung von maximal 200 m von den geplanten Gebäuden.

Südlich der geplanten Bebauung ergibt sich aufgrund der hier verstärkten Kaltluftzufuhr bzw. der leichten Stau- und Umlenkungswirkung eine Temperaturabnahme. Südöstlich des Plangebiets ergibt sich daher an der Gostritzer Straße eine leichte Abkühlung gegenüber dem Analysefall.

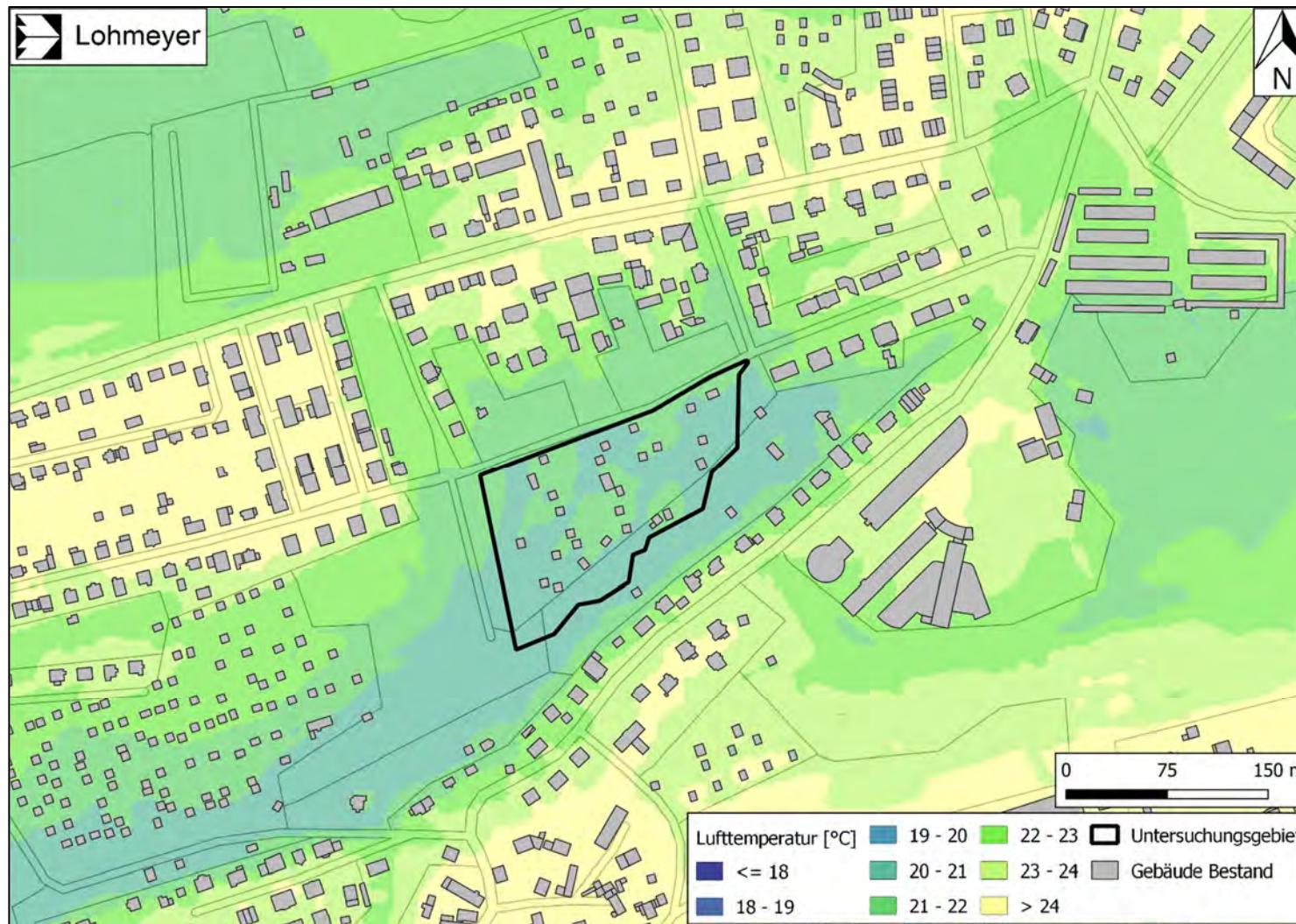


Abb. 5.5: Analysefall - Lufttemperatur in 2 m Höhe in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

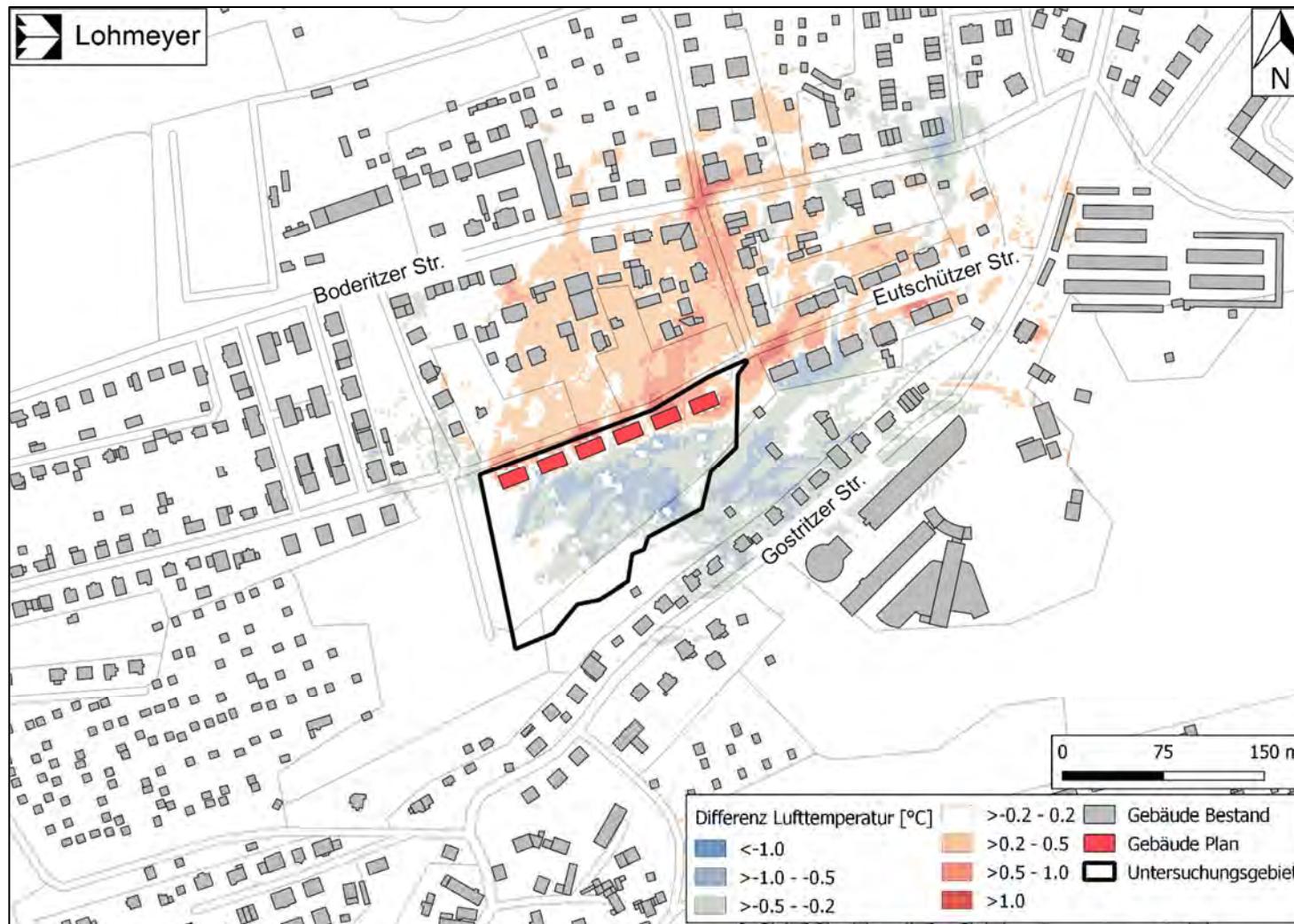


Abb. 5.6: Differenz der Lufttemperatur in 2 m Höhe in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

5.2 Ergebnisse für die Situation kurz vor Sonnenaufgang

Die **Abb. 5.7** zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in ca. 2 m Höhe kurz vor Sonnenaufgang. Im Vergleich zur Anfangsphase der Kaltluftbildung sind die bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten geringer und liegen großteils unter 0.5 m/s. Im Plangebiet wird die bodennahe südwestliche Strömungsrichtung im Vergleich zur Anfangsphase der Kaltluftbildung nicht signifikant verändert. Sie ist demnach bodennah in der gesamten Strahlungsnacht vorherrschend.

Im nahen Umfeld der geplanten Bebauung ergeben sich Änderungen der Strömungsrichtungen und Strömungsgeschwindigkeiten (siehe **Abb. 5.8**). Nördlich und östlich des Plangebietes bleibt die Kaltluftdynamik erhalten. Es kann somit ausgeschlossen werden, dass sich die vorgesehene Bebauung negativ auf die Frischluftzufuhr in Richtung der Dresdener Innenstadt auswirkt.

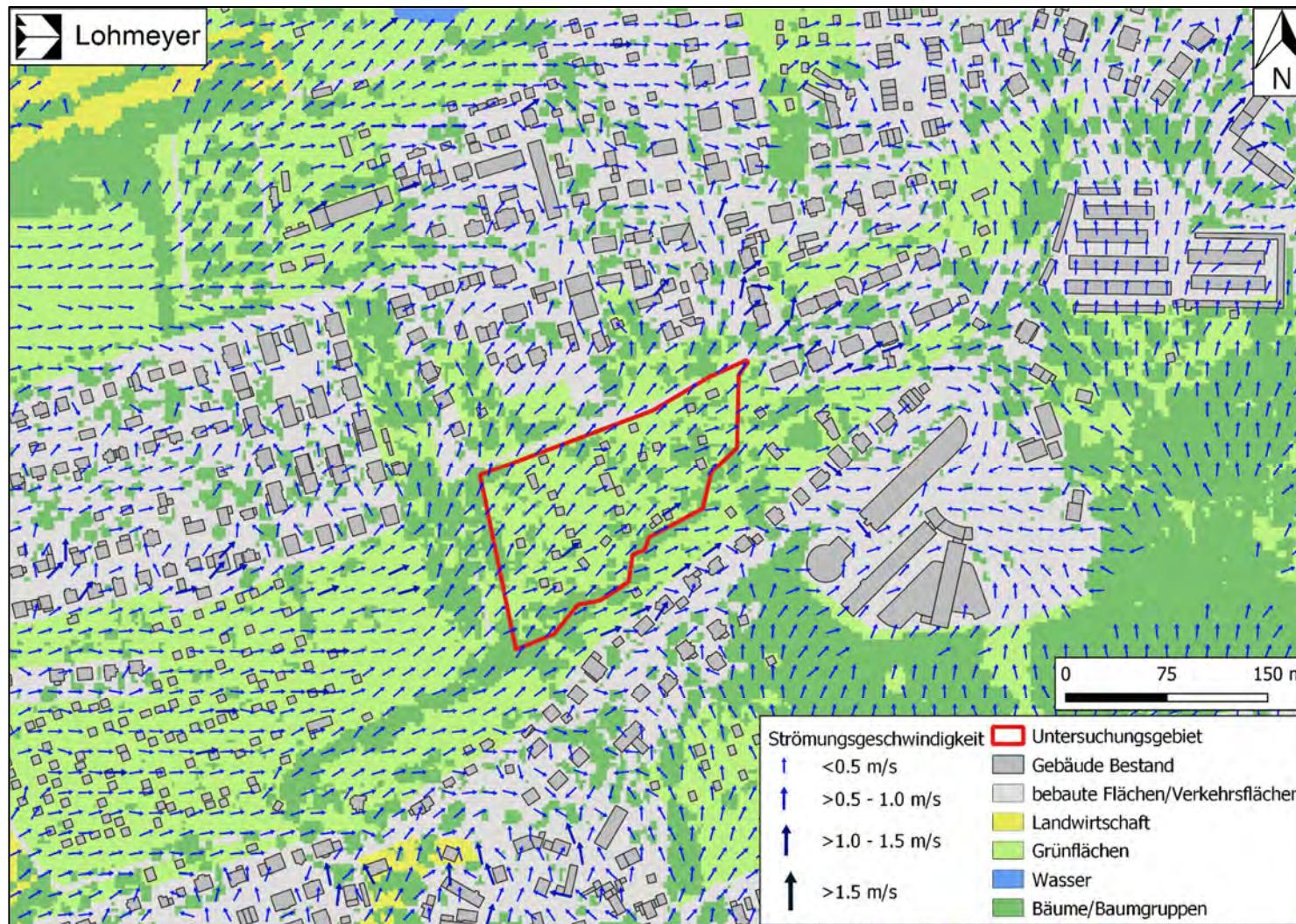


Abb. 5.7: Analysefall - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten kurz vor Sonnenaufgang

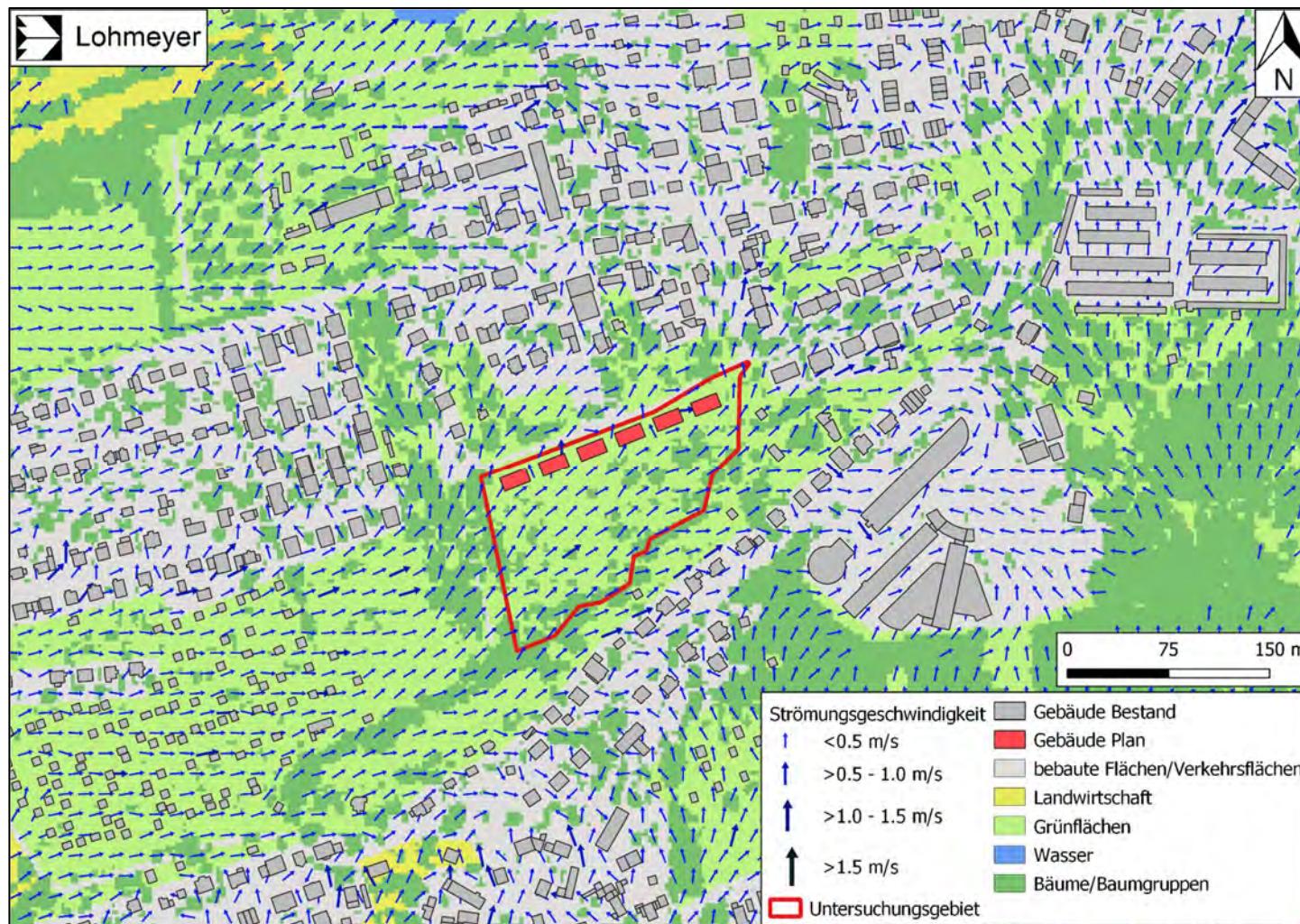


Abb. 5.8: Planfall - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten kurz vor Sonnenaufgang

Kurz vor Sonnenaufgang erreichen die Temperaturen bei weiterhin negativer Strahlungsbilanz des Erdbodens ihr Minimum. Die **Abb. 5.9** zeigt die Kaltlufthöhe und Kaltluftvolumenstromdichte, die sich zu diesem Zeitpunkt für den Analysefall ergibt. Im tiefer-gelegenen nordöstlichen Teil des Untersuchungsraums (Richtung Elbtal) liegt die Kaltlufthöhe über 40 m. Im Kaitzer Bachtal beträgt die Mächtigkeit der Kaltluftschichtdichte bis zu 55 m und im Bereich des Nöthnitzer Bachs bis zu 40 m. Auf dem Höhenrücken zwischen den Bächen ergeben sich Kaltlufthöhen von 15 bis 30 m.

Im Plangebiet erhöht sich die Kaltlufthöhe auf 33 bis 40 m. Gleichzeitig nehmen die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten ab, so dass sich die Kaltluftvolumenstromdichte im Plangebiet geringfügig mindert. Im nahen Umfeld der geplanten Bebauung verändert sich die Kaltluftdynamik. Diese Änderungen beschränken sich auf das nahe Umfeld (siehe **Abb. 5.10**), da die Schichthöhe des Kaltluftsystems eine Überströmung der Gebäude ermöglicht. Nördlich des Plangebietes treten leichte Reduktionen der Kaltluftvolumenstromdichte auf, die im Bereich der unmittelbar angrenzenden Bestandsbebauung weniger als $2.0 \text{ m}^3/(\text{m s})$ betragen. Dies entspricht einer relativen Änderung von weniger als 10 Prozent. Für den östlichen Bereich des Planungsgebiets werden leicht erhöhte Volumenstromdichten ermittelt.

Im Querschnitt über das gesamte Tal des Nöthnitzer Baches wird am Ende der Nacht ein Kaltluftvolumenstrom von ca. $1950 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet. Auch dieser Wert liegt deutlich unterhalb des Schwellenwertes für einen siedlungsrelevanten Kaltluftabfluss nach RL VDI 3787 Blatt 5.

Direkt hinter der geplanten Bebauung schwächt sich der Kaltluftvolumenstrom im Planfall um weniger als $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ab. Dies entspricht im Verhältnis zum Bestand einer Reduktion um weniger als 2 Prozent.

Die **Abb. 5.11** stellt die Lufttemperatur in 2 m Höhe kurz vor Sonnenaufgang für den Analysefall dar. Für die weitestgehend unbebauten Tallagen werden Temperaturen von 18°C bis 19°C prognostiziert. In den höher gelegenen und/ oder bebauten Bereichen ergeben sich höhere Temperaturen von 20°C bis 22°C . Nach Planungsrealisierung werden sich im nördlichen Umfeld des Plangebietes die Temperaturen leicht erhöhen (siehe **Abb. 5.12**). Die sich hierbei ergebenden Temperaturerhöhungen betragen maximal 0.5°C und beschränken sich auf einen Bereich von ca. 200 m nördlich und östlich der Grenzen des Plangebietes.

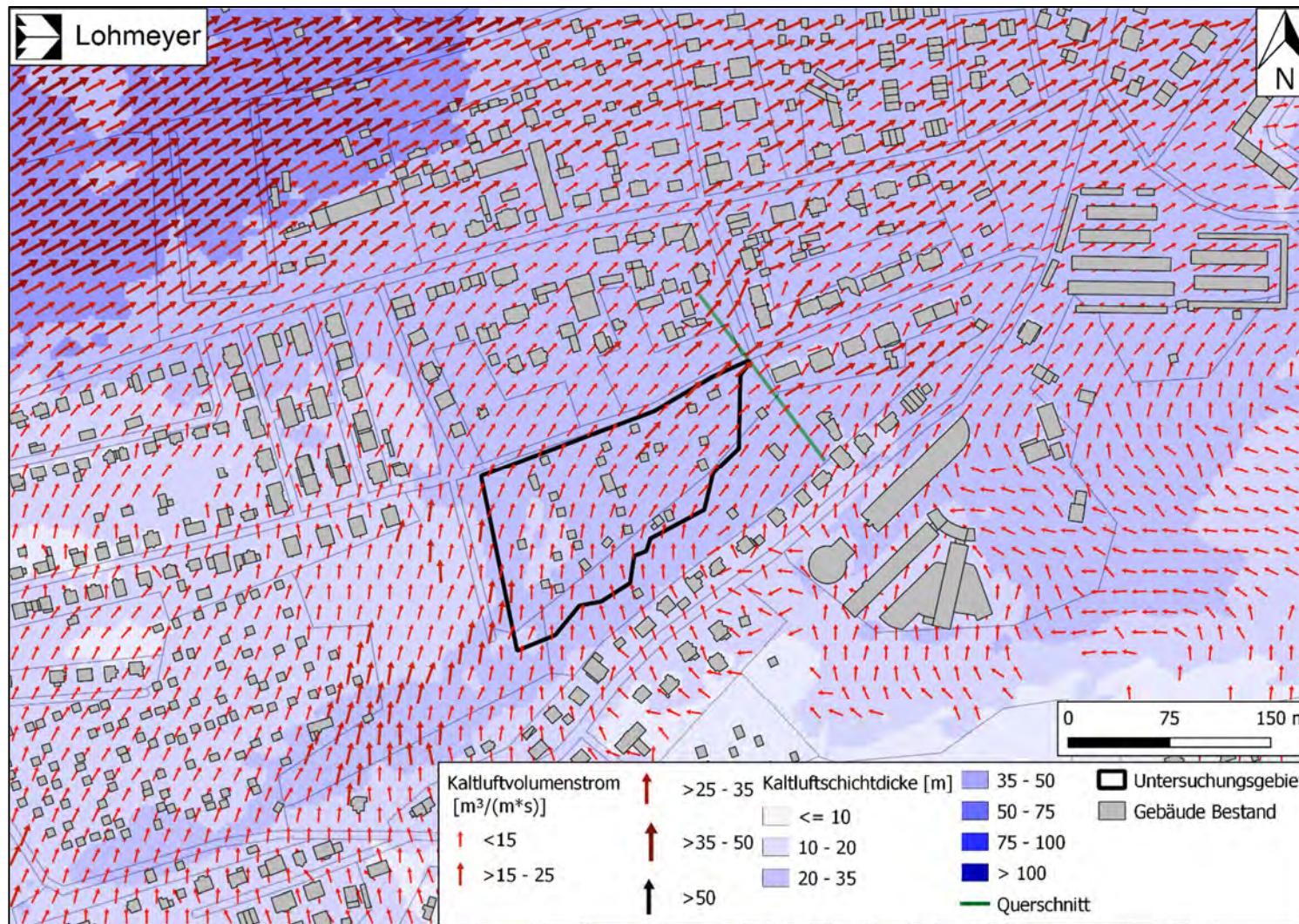


Abb. 5.9: Analysefall - Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit kurz vor Sonnenaufgang



Abb. 5.10: Differenz der Kaltluftvolumenstromdichte kurz vor Sonnenaufgang

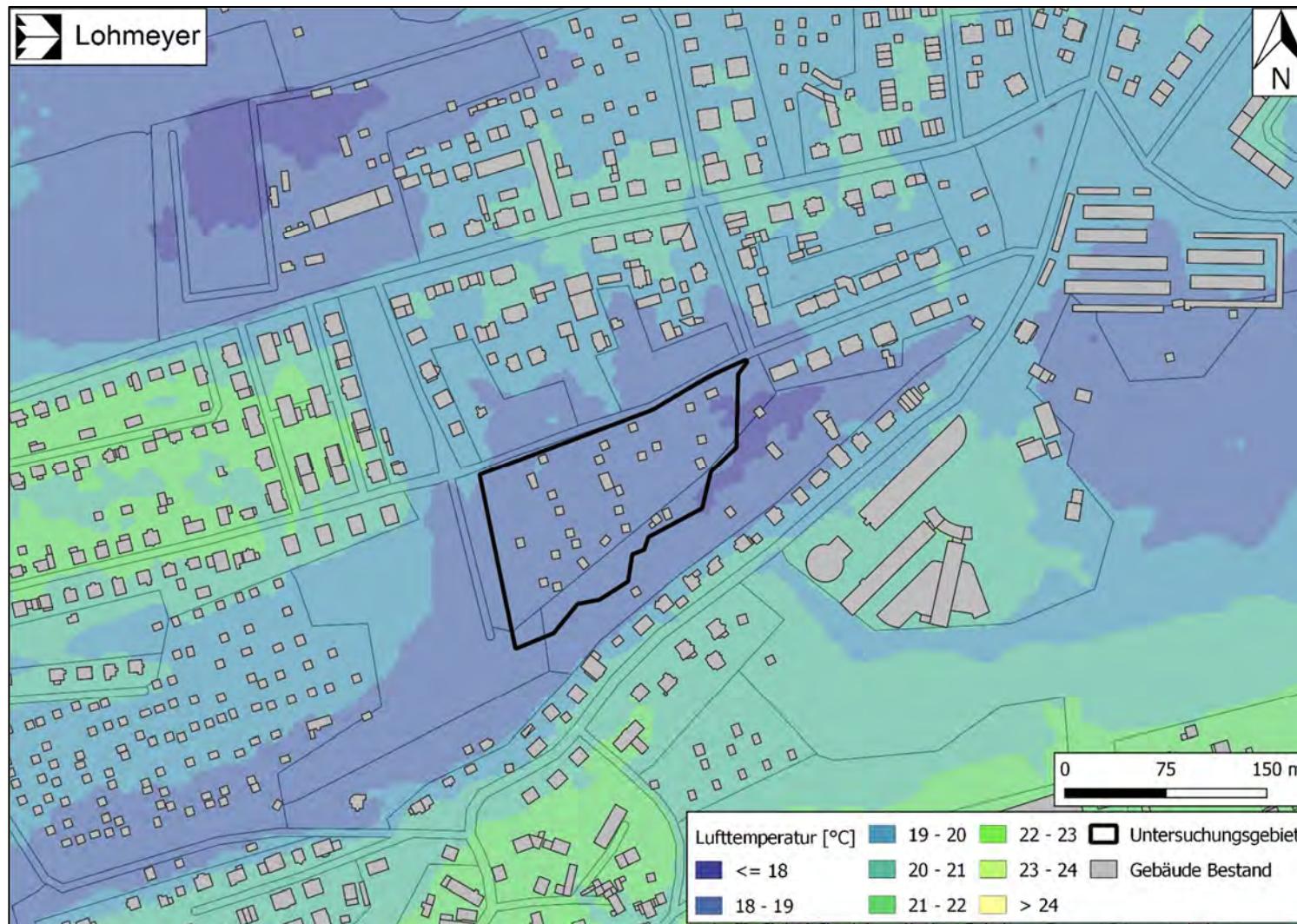


Abb. 5.11: Analysefall - Lufttemperatur in 2 m Höhe kurz vor Sonnenaufgang

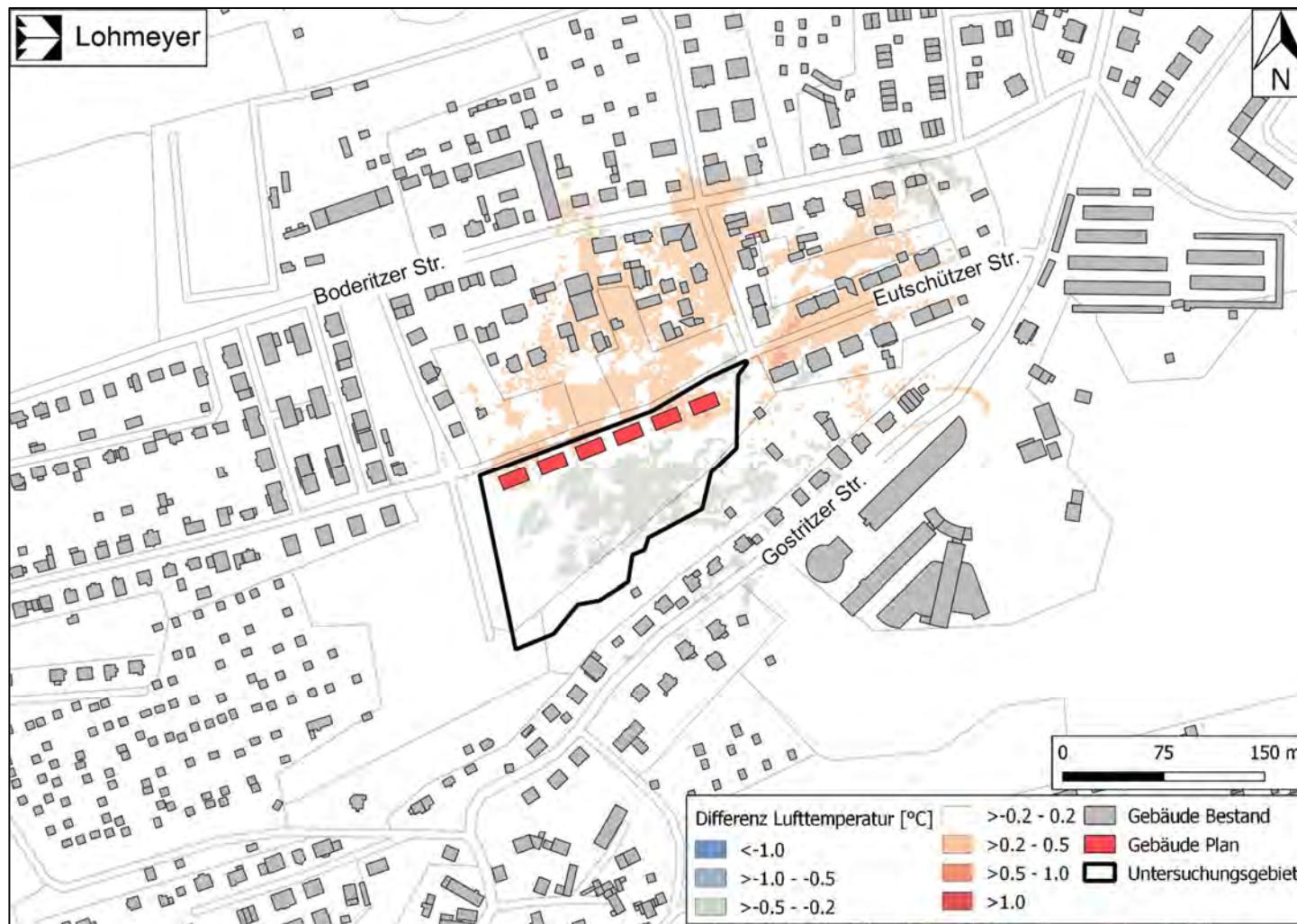


Abb. 5.12: Differenz der Lufttemperatur in 2 m Höhe kurz vor Sonnenaufgang

5.3 Fazit

Die Ergebnisse der Simulationen belegen die Kaltluftströmungen entlang des Kaitzer und des Nöthnitzer Baches, welche in Summe klimarelevant für das Stadtgebiet sind. Im Plangebiet ergeben sich bodennahe Kaltluftzuflüsse aus südlicher und südwestlicher Richtung. Aufgrund des geringen Bauvolumens beschränken sich negative Auswirkungen auf die Kaltluftdynamik und die nächtliche Wärmebelastung auf räumlich engbegrenzte Bereiche nördlich des Plangebietes und in nordöstliche Richtung entlang der Eutschützer Straße. In diesem Bereich befinden sich ca. 25 Wohnhäuser. Geringfügige Verbesserungen der nächtlichen Kaltluftdynamik werden sich südöstlich des Plangebietes an der Gostritzer Straße ergeben. Aufgrund der Stadtrandlage und hiermit verbundenen günstigen bioklimatischen Situation werden die Anwohner im Umfeld des Plangebietes auch weiterhin bei Hitzewetterlagen vergleichsweise geringen Wärmebelastungen ausgesetzt sein.

Für die Bewohner der Dresdener Innenstadt sind nach der Planungsrealisierung keine Erhöhungen der thermischen Belastungen zu erwarten, da die großräumigen Kaltluftströmungen in Richtung der Innenstadt durch die Planung nicht beeinträchtigt werden.

Da die geplante Bebauung im Bereich der angrenzenden Wohnsiedlungen keine wesentlichen Einschränkungen bei den nächtlichen Belüftungsverhältnissen hervorruft, sind keine städtebaulichen Anpassungsmaßnahmen notwendig, um die bio- und stadtclimatische Funktionsfähigkeit der Kaltluftleitbahn im Nöthnitzer Bachtal zu erhalten. Die geplante Gebäudeanordnung mit den ca. 10 m breiten Zwischenräumen erweist sich als günstig, da die entlang der Nöthnitzbaches abfließende bodennahe Kaltluft zwischen den geplanten Gebäuden hindurch strömen kann. Die Kaltluftvolumenströme gesehen über die gesamte Kaltluft-schichtdicke sind in diesem Bereich überwiegend parallel zur geplanten Bebauung ausgerichtet, so dass im Gesamtquerschnitt des Nöthnitzer Baches genau hinter der geplanten Bebauung nur eine sehr geringe Abnahme im Vergleich zum Bestand zu verzeichnen ist.

Die Anordnung der geplanten Gebäude, welche dem hier vorliegenden Gutachten zugrunde liegt, wird aus gutachterlicher Sicht begrüßt und sollte beibehalten werden. Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten zusätzlich die in Kapitel 6 genannten Maßnahmen weitestgehend berücksichtigt werden.

Auf Grund der Ergebnisse der mikroklimatischen Kaltluftsimulationsrechnungen kann daher unseres Erachtens das Bauvorhaben realisiert werden.

6 PLANUNGSHINWEISE

Unter Berücksichtigung der zukünftig zunehmenden Wärmebelastung sollten folgende Maßnahmen, die zu einem günstigeren Lokalklima und/oder Innenraumklima führen, weitestgehend berücksichtigt werden:

- Durch eine Begrünung der Dachflächen und der Fassaden wird die Aufheizung der Oberflächen und somit die Luftherwärmung und die Wärmespeicherung in den Bauteilen gemindert. Dies wirkt sich ganztägig positiv auf die Wärmebelastung im Außenbereich aus und verbessert den thermischen Komfort im Inneren der Gebäude. Eine Dachbegrünung leistet auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, da hierdurch Niederschlagswasser gespeichert wird.
- Nicht versiegelte Bereiche im Plangebiet sollten weitestgehend erhalten bleiben
- Oberflächen von Verkehrsflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen.
- Um Raumerwärmungen in den geplanten Gebäuden zu vermeiden, sind wirksame Maßnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz vorzusehen. Hierzu sollte der Fensterflächenanteil auf ein sinnvolles Maß beschränkt werden. Zusätzlich sind Glasflächen an den West-, Ost-, und Südfassaden mit beweglichen Sonnenschutzanlagen auszustatten.
- Für Außenwände und Bodenbeläge im Außenbereich sind möglichst helle Farben zu favorisieren, um eine starke Überhitzung der Oberflächen und eine starke Wärmespeicherung in den Baustoffen zu vermeiden.

7 LITERATUR

- Landeshauptstadt Dresden Amt für Geodaten und Kataster. Themenstadtplan Dresden, (2011): URL: https://stadtplan.dresden.de/?TH=UW_SYN_KLIMA
- Lohmeyer GmbH, 2020: „Simulationen mit PALM-4U. Lohmeyer aktuell, August 2020. URL: <http://www.lohmeyer.de/de/system/files/content/download/hauszeitung/ausgabe43.pdf>
- Maronga, B., Gryschnka, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., Ketelsen, K., Letzel, M. O., Sühring, M., and Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: model formulation, recent developments, and future perspectives. *Geoscientific Model Development Discussions* 8 (2015), Nr. 2, S. 1539-1637 (2015).
- Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfaffenrott, J., Schubert, S. Seckmeyer, G., Sieker, H., and Winderlich, Kristina (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM-Project overview, planned work, and first achievements. *Meteorologische Zeitschrift* (2019): 1-15.
- Raasch, S., and Schröter, M. (2001): PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. *Meteorologische Zeitschrift* 10.5 (2001): 363-372.
- Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): *Klimatologie*. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.
- VDI 3783 Blatt 7 (1997): Prognostische mesoskalige nicht-hydrostatische Windfeldmodelle. In Vorbereitung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, 1997
- VDI 3787 Blatt 5 (2003): Umweltmeteorologie - Lokale Kaltluft, Richtlinie VDI 3783 Blatt 7, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- VDI 3787 Blatt 7 (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle, Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder. Richtlinie VDI 3783 Blatt 7, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- VDI 3787 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernismströmung. VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.