

Auftraggeber: Stadtverwaltung Zweibrücken
Stadtbauamt
Herzogstraße 3
66482 Zweibrücken

**Klimagutachten
Bebauungsplan IX 38 „Wohnen am Kirchberg“
in Zweibrücken-Ixheim
– Klima und Luft –**

Projekt-Nr.: 20-12-12-FR-R2

Umfang: 39 Seiten

Datum: 16. Februar 2023

Bearbeiter: Dr. Rainer Röckle, Diplom-Meteorologe
Dr. Christine Ketterer, M.Sc. in Climate Science
Tobias Gronemeier, M.Sc. in Meteorologie

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 202 1662
Fax: 0761/ 202 1671
E-Mail: roeckle@ima-umwelt.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	3
2	Vorgehensweise	4
3	Örtliche Verhältnisse und Planung	5
4	Lokalklimatische Verhältnisse	7
	4.1 Kaltluftabflüsse	7
	4.2 Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes	7
	4.3 Modellergebnisse GAKRLP	8
	4.4 Thermische Verhältnisse	9
5	Beschreibung der verwendeten Methoden	10
	5.1 Das Mikroskalenmodell PALM-4U	10
	5.2 Eingangsdaten	11
6	Modellierung der Kaltluftsituation	12
	6.1 Beschreibung der Bestandssituation (Simulation des Nullfalls).....	12
	6.2 Beschreibung der Änderungen (Simulation des Planfalls)	13
7	Bewertung der Ergebnisse	13
	7.1 Strömungsverhältnisse	13
	7.2 Thermische Verhältnisse	14
8	Lufthygienische Verhältnisse	15
	8.1 Betrachtete Luftschadstoffe	15
	8.2 Beurteilungswerte für Luftschadstoffe.....	16
	8.3 Eingesetztes Modell	16
	8.4 Vorbelastung	16
	8.5 Emissionsberechnung	18
	8.6 Immissionsabschätzung	21
9	Planungsempfehlung und Maßnahmen zur Minderung unerwünschter Effekte	22
10	Zusammenfassung	23
11	Literatur	25
12	Anhang	26

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Zweibrücken plant die Erstellung des Bebauungsplans IX 38 „Wohnen Am Kirchberg“ in Zweibrücken. Das Plangebiet liegt im Süden von Zweibrücken im Ortsteil Ixheim (siehe Abbildung 1-1).

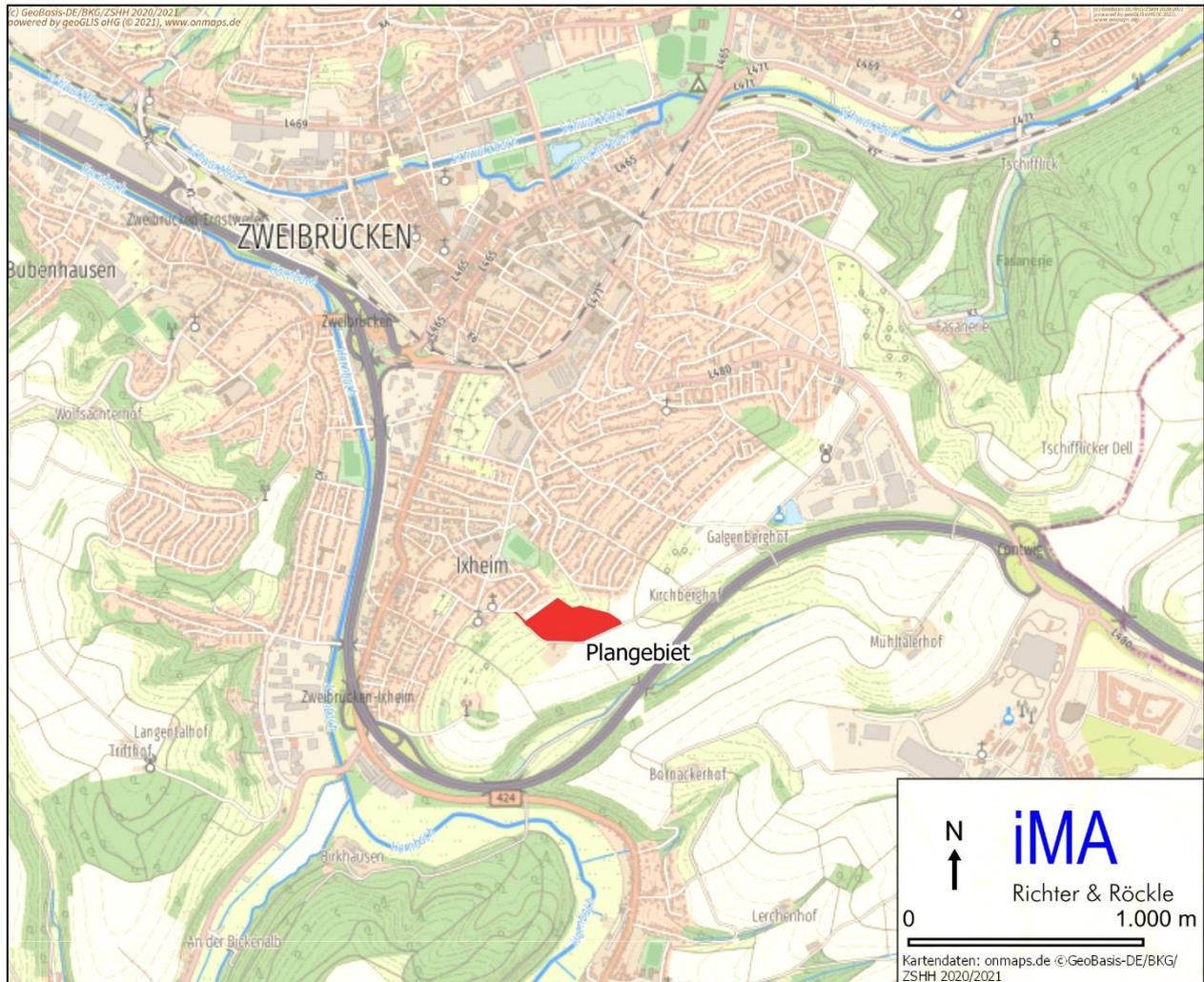


Abbildung 1-1: Lage des Bebauungsplangebiets (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

Die überplante Fläche liegt in Hanglage. Sie wird derzeit überwiegend landwirtschaftlich genutzt (vgl. Abbildung 1-2).

Im Nordwesten schließt die Wohnbebauung an der Taubenstraße an. Im Norden folgt eine Senke mit meist lockerem Baumbestand. Dahinter schließt ebenfalls Wohnbebauung (Mühlbergstraße) an. Im Süden befindet sich die Gartenanlage Rücker mit Wohnhaus. Im Osten werden die Anschlussflächen landwirtschaftlich genutzt.

Aufgrund der orografischen Struktur bilden sich im Raum Zweibrücken Kaltluftabflüsse aus, die über Hangabwinde und in Flusstälern über mächtigere Bergwinde eine Belüftung der Siedlungsbe-
reiche bei austauscharmen Wetterlagen in den Nachtstunden bewirken.



Abbildung 1-2: Luftbild Plangebiet und nähere Umgebung. (Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 © Hexagon)

Eine nächtliche Durchlüftung ist vor allem wünschenswert, wenn thermische und/oder lufthygienische Belastungen vorliegen. Deshalb ist auch die Belastungssituation in die Bewertung miteinzubeziehen.

Im Rahmen dieses Gutachtens wird die Bestandssituation im Bereich des Plangebiets und der näheren Umgebung dargestellt. Die Auswirkungen einer Bebauung der Freiflächen werden mittels mikroskaliger Simulationen ermittelt und beurteilt. Für die Bestandsbeschreibung wird zusätzlich auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zurückgegriffen.

Zusätzlich werden die Auswirkungen der Quell- und Zielverkehre auf die lufthygienischen Verhältnisse berechnet und bewertet. Dazu werden der Analysefall 2020, der Prognose-Nullfall 2023 und der Prognose-Planfall 2023 gegenübergestellt.

2 Vorgehensweise

Anhand der Daten des DWD, Kaltluftauswertungen mit dem Modell GAKRLP und sonstiger zugänglicher Daten werden die lokalklimatischen Verhältnisse im Umfeld des Plangebiets beschrieben. Auf Basis dieser Daten wird eine mikroskalige Simulation der Kaltluftverhältnisse mit dem

Mikroskalenmodell PALM-4U erstellt. Dabei wird sowohl der Nullfall (Bestandssituation) als auch der Planfall mit der geplanten Bebauung simuliert. Der Einfluss der geplanten Nutzung auf die Strömungs- und Temperaturverhältnisse wird durch den Vergleich der Simulationen ermittelt.

3 Örtliche Verhältnisse und Veränderung der Planung im Zuge der erneuten Offenlage

In Abbildung 3-1 ist die Lage des Untersuchungsgebiets in der Topographischen Karte dargestellt.

Der Hang im Bereich des Plangebiets erstreckt sich aus einer Höhenlage um 297 m ü.NHN bis zum Rand des Siedlungsbereichs (Taubenstraße) auf 272 m ü.NHN.

Abbildung 3-2 zeigt das Bebauungsplangebiet. Es umfasst ca. 50.000 m².

In Abbildung 3-3 ist der Planungsstand zur erneuten Offenlage dargestellt. Er unterscheidet sich im Wesentlichen durch eine zusätzliche Häuserreihe zwischen der Erschließungsstraße und der nördlich angrenzenden Bestandsbebauung. Die im Entwurf des Bebauungsplans vorgesehene grüne Pufferzone entfällt. In den mikroskaligen Simulationen reduziert sich die in dieser Zone auftretende Ausgleichsströmung aus Südwest bzw. Nordost. Dafür soll im Osten eine Ausgleichfläche geschaffen werden, bei der eine landwirtschaftliche Fläche in eine Streuobstwiese umgewandelt wird. Eine Streuobstwiese produziert mehr Kaltluft als eine Ackerfläche. Signifikante Änderungen auf die thermischen Verhältnisse und die Strömungssituation sind gegenüber der simulierten Planung in der Bestandsbebauung nicht zu erwarten.

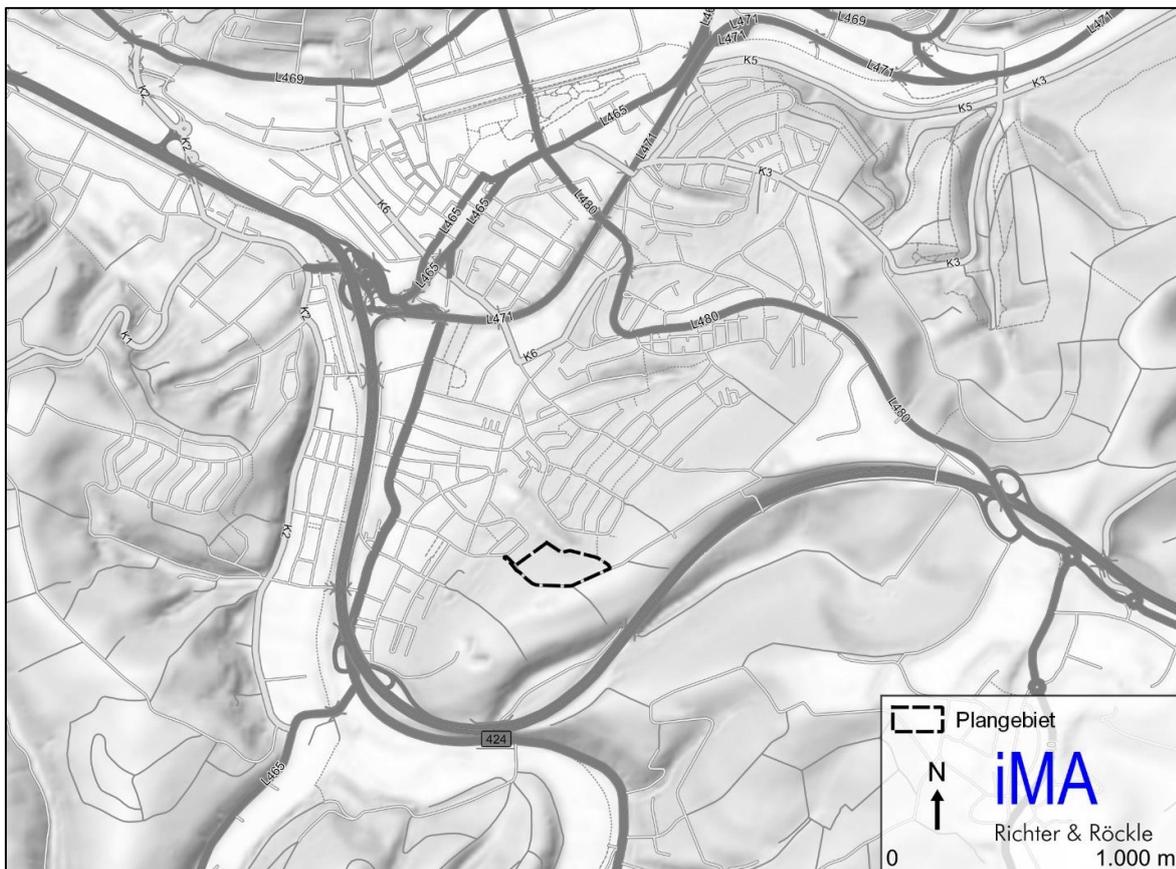


Abbildung 3-1: Topographische Lage von Zweibrücken mit Lage des Plangebietes.



Abbildung 3-2: Bebauungsplans IX 38 „Wohnen am Kirchberg“ vom Januar 2023 (Quelle: Stadtbauamt Zweibrücken).



Abbildung 3-3: Gestaltungsplan (Stand Januar 2023, Quelle: Stadtbauamt Zweibrücken).

4 Lokalklimatische Verhältnisse

4.1 Kaltluftabflüsse

Bei Wetterlagen, bei denen die Witterung durch die großräumige Verteilung der Tiefdruckgebiete geprägt ist, herrschen in der Regel gute Austauschbedingungen. Lokal führt im Wesentlichen die Orographie zu Strömungsbeeinflussungen. In Tallagen treten beispielsweise Kanalisierungen der Strömung auf. Temperaturunterschiede zwischen bebauten und unbebauten Flächen sind vergleichsweise gering.

Hochdruckwetterlagen können dagegen mit geringen übergeordneten Windgeschwindigkeiten und geringer Bewölkung verbunden sein. Bei dieser so genannten autochthonen Wetterlage stellt sich meist ein ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperatur ein. Aufgrund des geringen großräumigen Luftaustausches prägen die lokalen topographischen Verhältnisse (sowohl das Geländere relief als auch die Realnutzung) das Geschehen.

In reliefiertem Gelände bilden sich tagesperiodische Windsysteme aus. In den Tagstunden tal- und hangaufwärtsgerichtete, meist böige Winde, in den Nachtstunden dagegen Kaltluftabflüsse. In Ebenen sind insbesondere nachts nur geringe Strömungen vorhanden. Deshalb zählen Kaltluftabflüsse in gegliedertem Gelände zu den klimatischen Gunstfaktoren einer Region. Durch die topografisch gegliederte Lage Zweibrückens stellen sich entsprechende Strömungssysteme ein.

4.2 Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes

Der Deutsche Wetterdienst hat im Rahmen des Projekt KlimawandelAnpassungsCOACH Profilmessfahrten in Zweibrücken durchgeführt. Ferner wurden Modellrechnungen zur Kaltluftsituation gemacht. Die Profilmessfahrten haben sich auf den Stadtkern und die nördliche und östliche Peripherie beschränkt.

Hieraus lassen sich keine Erkenntnisse für den Bereich Ixheim ableiten.

Bei den Kaltluftsimulationen wurden die relevanten Seitentäler mit den Hauptkaltluftströmen ausgewiesen (große Pfeile, vgl. Abbildung 4-1). Man erkennt, dass für die Kernstadt von Zweibrücken hauptsächlich die Zuflüsse aus den nördlichen Seitentälern und Tobeln maßgeblich sind. Aus den südlichen Bereichen fließen eher geringmächtige Hangabwinde der Tallage zu.

Zwei Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse haben sich die Tallagen bereits mit Kaltluft bis in Höhen von 40 m bis 60 m über Grund gefüllt. An den Hängen liegt die simulierte Kaltluftmächtigkeit meist unter 10 m.

Im Bereich des Plangebiets zeigen die Simulationsergebnisse eine südsüdöstliche Strömung.

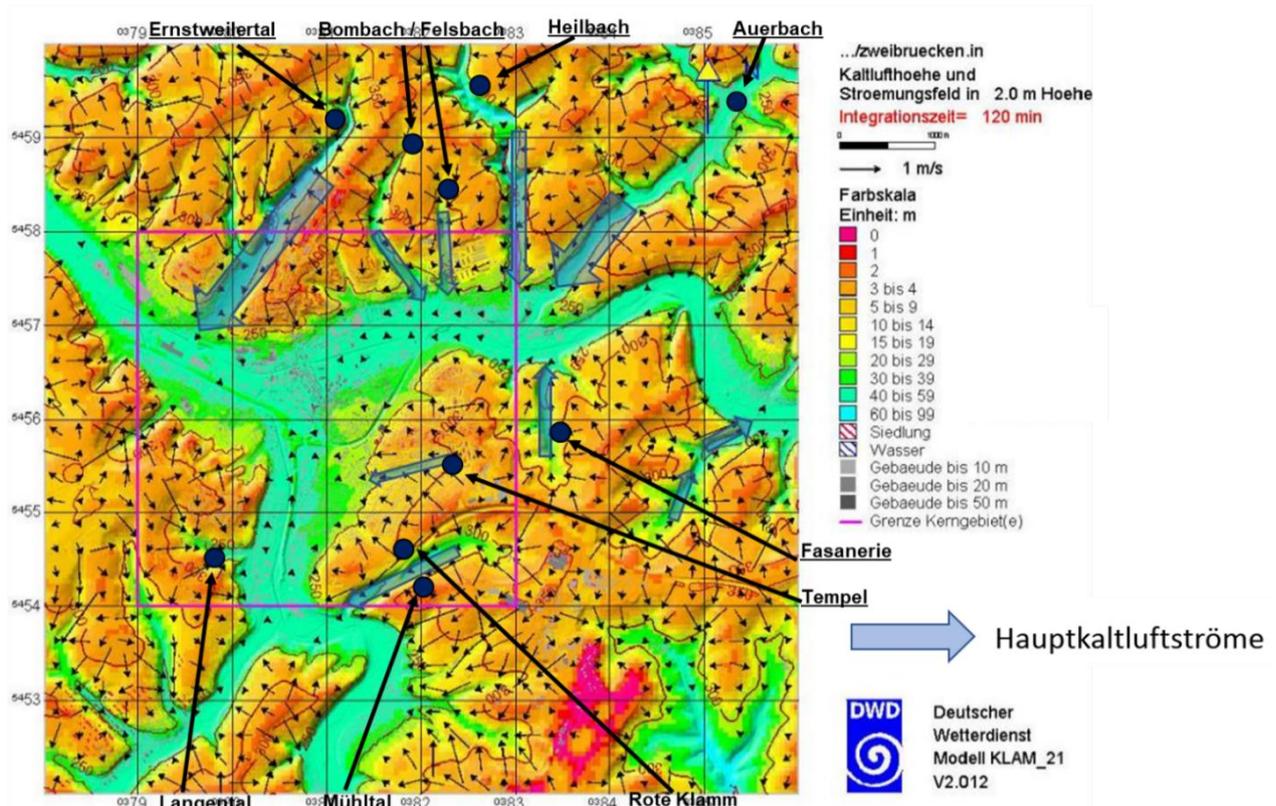


Abbildung 4-1: Hauptkaltluftströme (blaue Pfeile) und Kaltluftmächtigkeit 2 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse (Quelle: DWD).

4.3 Modellergebnisse GAKRLP

Für das Land Rheinland-Pfalz wurde von unserem Büro ein Screeningmodell (iMA, 2014) entwickelt, das flächendeckende Kaltluftabflusssimulationen für das gesamte Bundesland beinhaltet. Die Kaltluftabflussberechnungen wurden für eine typische wolkenarme und windschwache Nacht auf einem feinen Raster (Auflösung 50 m) durchgeführt. Beim verwendeten Kaltluftabflussmodell handelt es sich um ein prognostisches Strömungsmodell, das die Erhaltungsgleichungen von Masse, Impuls und Energie löst. In der Vertikalen weist das Modell integrierte Größen aus, d.h. die Strömungsgeschwindigkeiten und Strömungsrichtungen beziehen sich auf die gesamte Kaltluftschicht.

In den Abendstunden, kurze Zeit nach Sonnenuntergang, zeigt das Modell in Zweibrücken intensive Hangabwinde, die von den umgebenden Randhöhen in die Siedlungsbereich einströmen (siehe Abbildung 12-1 links). Im Bebauungsplangebiet ist ein Kaltluftabfluss aus südöstlicher Richtung vorhanden. Dieser belüftet die im Nordwesten angrenzende Wohnbebauung.

Im weiteren Verlauf der Nacht füllen sich die Tieflagen zunehmend mit Kaltluft, so dass die Intensität der Hangabwinde zurückgeht und die Bergwinde in den Tallagen dominanter werden (vgl. Abbildung 12-1 rechts).

Für die Belüftung sind jedoch die mittleren Windgeschwindigkeiten weniger aussagekräftig, da z.B. ein flacher Kaltluftstrom mit höheren Windgeschwindigkeiten verbunden sein kann, dieser aber durch Hindernisse stark gestört wird. Relevanter sind die Volumenströme, d.h. der Kaltluftdurchsatz über die Höhe der fließenden Kaltluft.

In den Abbildung 12-2 sind die Volumenstromdichten als Vektordarstellung und in Abbildung 12-3 betragsmäßig dargestellt. Die Volumenstromdichte ist der Volumenstrom durch eine 1 m breite und über die Kaltluftmächtigkeit integrierte Strömung.

In den Abendstunden (Abbildung 12-2 links) zeigen einige Seitentäler ein gutes Belüftungspotenzial. Die Hangabwinde weisen dagegen nur geringe Volumenströme auf.

Im weiteren Verlauf der Nacht (Abbildung 12-2 rechts) dominieren dann die großen Talsysteme das Kaltluftgeschehen.

Im Plagebiet stellt sich eine ost-südöstliche Strömung ein. Die Volumenströme sind allerdings aufgrund der Lage knapp unterhalb der Kuppe gering.

4.4 Thermische Verhältnisse

Zweibrücken befindet sich in der gemäßigten Klimazone. Ein Überblick und eine grobe Einordnung sind mithilfe von Klimaindikatoren möglich. Abbildung 4-2 zeigt Anzahl an Sommertagen ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und Frosttagen ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) in Deutschland. Zweibrücken nimmt eine Mittelstellung ein. Bei den Sommertagen werden deutlich weniger als z.B. in der Rheinebene verzeichnet. Bei den Frosttagen ergeben sich mehr als in der Rheinebene, jedoch weniger als in den Hochlagen der Mittelgebirge. Dies zeigt auch die Gegenüberstellung der Klimaindikatoren in Tabelle 4-1.

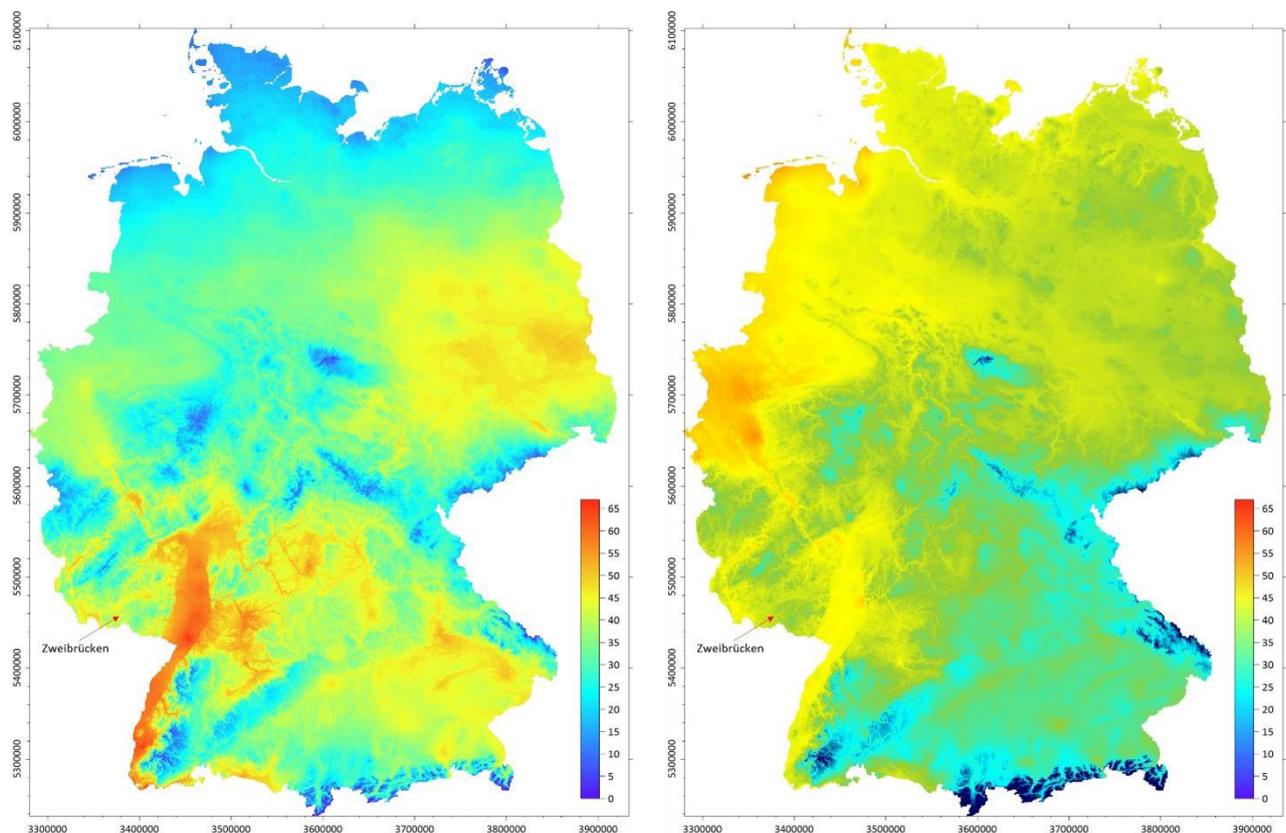


Abbildung 4-2: Sommertage (links) und Frosttage (rechts) für Deutschland, Bezugszeitraum 1981 – 2010 (Quelle: DWD).

Tabelle 4-1: Klimaindikatoren der Klimaperiode 1981 – 2010 (Quelle: DWD).

	Stations- höhe	Eistage	Frosttage	Sommer- tage	Heiße Tage	Nieder- schlag	Sonnen- schein- dauer
	<i>m</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>mm</i>	<i>h</i>
Hamburg (Flgh.)	11	16,4	70,0	26,5	4,5	793	1580
Köln-Bonn (Flgh.)	92	7,9	66,9	42,3	9,4	839	1563
Frankfurt (Flgh.)	100	13,3	69,8	52,0	13,2	629	1662
Freiburg	236	11,9	57,3	60,4	15,4	934	1768
Feldberg (Schw.)	1346	74,6	150,7	0,6	0,0	1637	1661
Ulm	567	31,6	98,8	34,0	3,8	756	1659
Zweibrücken (DWD)	300	17	81	40	8	812	–

 Eistag: $T_{\max} < 0 \text{ °C}$

 Sommertag: $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$

 Frosttag: $T_{\min} < 0 \text{ °C}$

 Heißer Tag: $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$

5 Beschreibung der verwendeten Methoden

5.1 Das Mikroskalenmodell PALM-4U

Mithilfe des Stadtklimamodells PALM-4U wird die Umströmung und die Temperaturverteilung innerhalb des Untersuchungsgebiets mit hoher räumlicher Auflösung simuliert.

Das Modell PALM-4U basiert auf dem prognostischen turbulenzauflösenden Grobstruktursimulationsmodell (engl.: Large-Eddy simulation model, LES model) PALM und ist daher in der Lage turbulente atmosphärische Strömungen in hoher räumlicher Auflösung ($< 10 \text{ m}$) zu simulieren. Atmosphärische Turbulenz wird explizit aufgelöst und ermöglicht eine exakte Simulation der Auswirkung der Turbulenz auf die Wind- sowie Temperatur- und Feuchteverteilung. Die gewählte hohe Auflösung erlaubt sowohl eine gute Wiedergabe der baulichen Strukturen im Untersuchungsgebiet als auch die detailgetreue Berücksichtigung der Vegetation.

Die Landnutzung wird über verschiedene Bodenmodelle in der Simulation berücksichtigt. Dabei wird zwischen versiegelten Oberflächen, mit Vegetation bedeckten Oberflächen, Wasseroberflächen oder Gebäudestrukturen unterschieden. Je nach Klassifizierung werden entsprechende Parameter für die Beschaffenheit der Oberfläche angesetzt (Rauigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Bodenfeuchte, usw.).

Die Vegetation wird im Nahbereich des Plangebiets mit Hilfe eines Vegetationsmodells detailgetreu berücksichtigt. Dabei werden einzelne Bäume und Sträucher, sofern es die Gitterweite zulässt, explizit als Strömungshindernis sowohl dynamisch (Einfluss auf Windgeschwindigkeit und -richtung) als auch thermisch (Einfluss auf Temperatur und Feuchte) berücksichtigt. Im Fernbereich des Plangebiets wird die Vegetation über das Bodenmodell (Rauigkeit, Wärmekapazität, Feuchteeintrag, etc.) berücksichtigt, da hier eine explizite Auflösung der Vegetation keine nennenswerte Änderung der Ergebnisse im Nahbereich des Plangebiets erbringt.

5.2 Eingangsdaten

Das Simulationsgebiet umfasst einen Bereich von 1,2 km x 1,2 km und beinhaltet den Nordwesthang des Kirchbergs sowie den östlichen Teil der Ortschaft Ixheim (Abbildung 5-1). Die Lage und Ausdehnung des Simulationsgebiets wurden so gewählt, dass alle wesentlichen Kaltluftabflüsse im Plangebiet berücksichtigt werden.

Die Gebäudekonturen im Bestand beruhen auf dem LoD1-Datensatz des Landesvermessungsamtes. Die Landnutzung auf ATKIS-Daten. Die Planung wurde digitalisiert.

Die gewählte horizontale Auflösung liegt bei 2 m. Die hohe Auflösung ermöglicht alle relevanten Strömungshindernisse wie Bebauung und Vegetation in ausreichender Genauigkeit zu berücksichtigen. Abbildung 5-2 zeigt beispielhaft die Umströmung der geplanten Bebauung. Zur detaillierten Berücksichtigung der Vegetation im Nahbereich des Plangebiets wurde die vorhandene Vegetation anhand von Luftbildern erfasst.

Betrachtet wird eine windschwache wolkenlose Nacht im Sommer, auch als Strahlungsnacht bezeichnet. Solche Situationen treten insbesondere bei autochthonen Wetterlagen auf. Dies bezeichnet Wetterlagen, in denen keine großräumige Strömung vorliegt und allein die örtlichen Gegebenheiten (Relief, Landnutzung, etc.) das Lokalklima bestimmen.

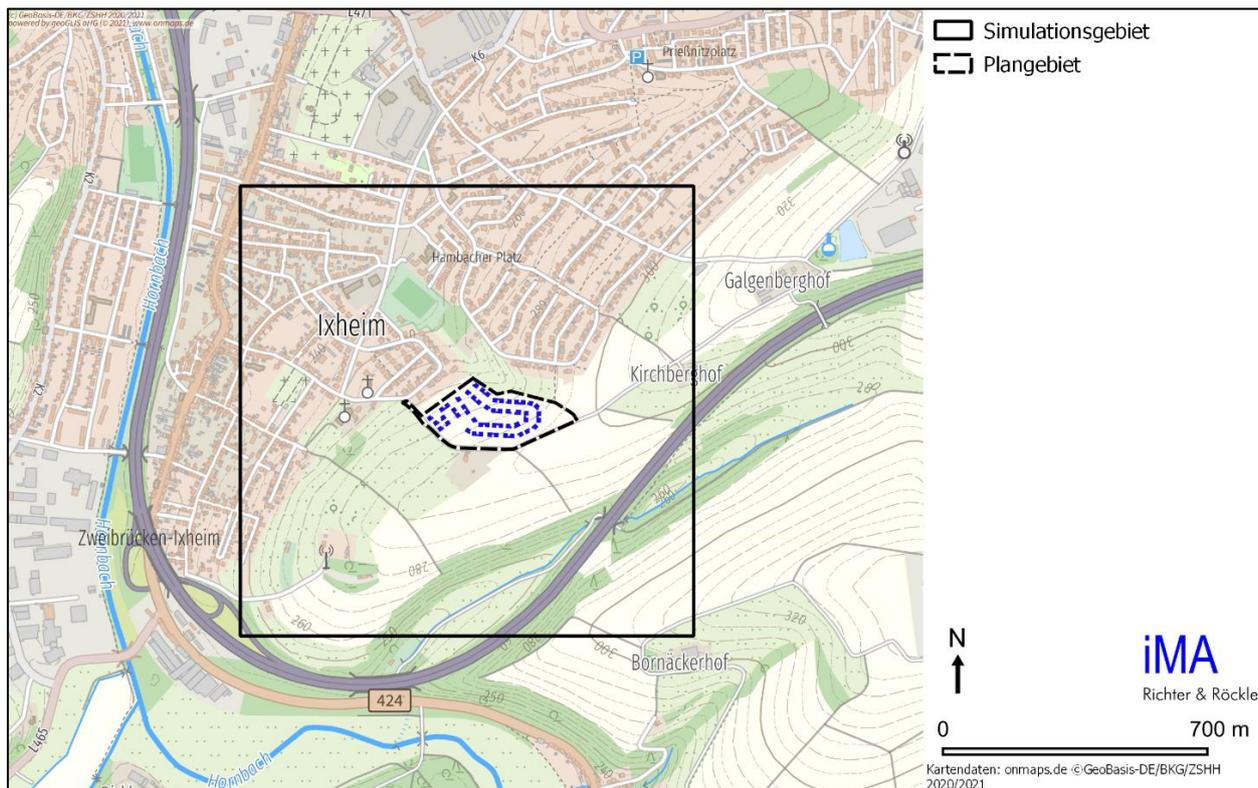


Abbildung 5-1: Lage des Simulationsgebiets für das Mikroskalenmodell PALM-4U.

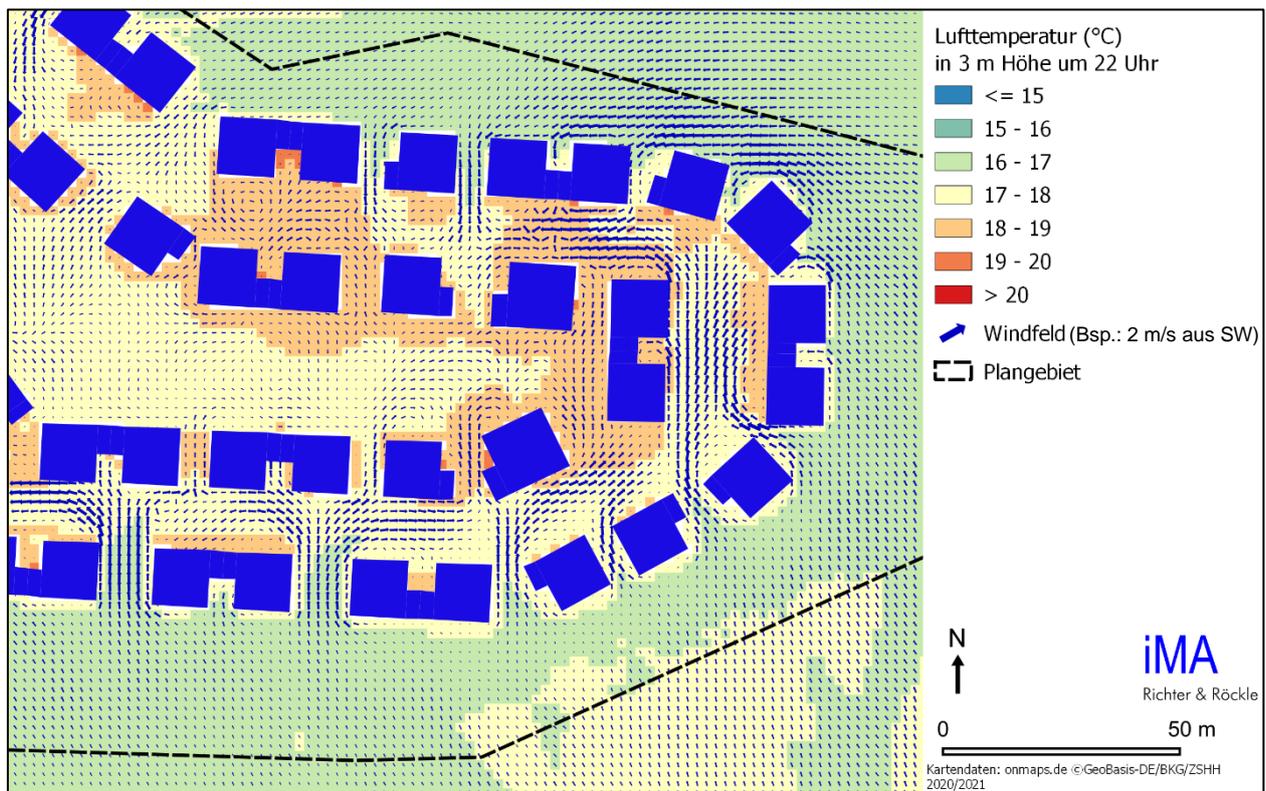


Abbildung 5-2: Darstellung der Umströmung der geplanten Bebauung (Ausschnitt). Die hohe räumliche Auflösung ermöglicht eine detaillierte Berücksichtigung der Kaltluftströmung.

6 Modellierung der Kaltluftsituation

Für die Betrachtung der Kaltluftsituation wurde zunächst der Istzustand (Nullfall) und der Planfall an einem wolkenarmen und heißen Sommertag simuliert. Aus dem Vergleich der Ergebnisse zwischen Planfall und Nullfall kann Lage und Intensität der Änderungen analysiert werden.

Da die Stärke und die Verteilung von Kaltluftabflüssen während der Abend- und Nachstunden variiert, werden zwei Zeitpunkte betrachtet: die Abendstunden kurz nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse und die Nacht. Abbildungen der Simulation sind im Anhang gezeigt (Abbildung 12-4 bis Abbildung 12-13).

6.1 Beschreibung der Bestandssituation (Simulation des Nullfalls)

In den Abendstunden bilden sich Kaltluftabflüsse an den Hängen des Kirchbergs, welche nach Nordwesten in Richtung Ixheim abfließen (Abbildung 12-4). Für das Ortszentrum von Ixheim ist besonders der Kaltluftstrom entlang der Senke nördlich des Plangebiets bedeutend. Weitere Kaltluftströme treten im Bereich der Kirche St. Peter an der Kirchbergstraße westlich des Plangebiets auf.

Die Oberflächentemperaturen zeigen deutlich wärmere Temperaturen auf versiegelten Flächen gegenüber den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den Gärten im Siedlungsbereich (Abbildung 12-5). Ein Unterschied zwischen den Oberflächen im Plangebiet und den Gärten im Siedlungsbereich ist nicht festzustellen.

In den Nachtstunden schwächen sich die Kaltluftströme ab (Abbildung 12-9), da sich die Temperaturunterschiede zwischen den Hängen und dem Siedlungsbereich angeglichen haben. Entlang der Senke tritt weiterhin eine südöstliche Strömung auf. Das Plangebiet wird von einem teilweise mäßigen Kaltluftabfluss im nördlichen Bereich überströmt. Die Oberflächen haben sich in der Nacht stark abgekühlt (Abbildung 12-10). Die versiegelten Flächen weisen allerdings noch immer bis zu 8 °C höhere Temperaturen auf als begrünte Oberflächen.

6.2 Beschreibung der Änderungen (Simulation des Planfalls)

Im Planfall verringert sich die Kaltluftströmung entlang der Senke und führt zu einer Minderung der Windgeschwindigkeit im Bereich des Sportplatzes an der Römerstraße um bis zu 0,5 m/s (vgl. Abbildung 12-6). Der Effekt beschränkt sich allerdings auf den Bereich des Sportplatzes und reicht bis maximal zur Kreuzung Römerstraße/Wachtelstraße.

Im nordöstlichen Bereich der Taubenstraße wird die Windgeschwindigkeit ebenfalls reduziert. Die geringere Windgeschwindigkeit und die zusätzlich freigesetzte Wärme im Plangebiet (erkennbar an der höheren Oberflächentemperatur, Abbildung 12-8) führt zu einer Erhöhung der Lufttemperatur von bis zu 0,5 °C im Bereich der Thomas-Mann-Schule und im südlichen Teil der Taubenstraße (Abbildung 12-7). Der Einflussbereich beschränkt sich dabei auf den Siedlungsbereich der Tauben- und der Keltenstraße sowie den Kreuzungsbereich Thomas-Mann-Straße und Lerchenstraße.

In der zweiten Nachthälfte sind kaum Unterschiede in der Windgeschwindigkeit und der Temperatur außerhalb des Plangebiets festzustellen (Abbildung 12-11 und Abbildung 12-12). Dies liegt an den in den Nachtstunden eher schwach ausgeprägten Kaltluftströmen im Bereich des Plangebiets, die den Siedlungsbereich von Ixheim nur noch im Bereich der Taubenstraße erreichen.

Baukörper stellen Strömungshindernisse dar. Diese führen auf der windzugewandten und der windabgewandten Seite zu einer Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit, erhöhen aber die Turbulenz. Bei den Hauptwindrichtungen aus nördlichen und südlichen Richtungen sind die überplanten Flächen nicht für die Belüftung der Kernstadt relevant.

7 Bewertung der Ergebnisse

7.1 Strömungsverhältnisse

Freiflächen – wie das Plangebiet – können folgende Eigenschaften aufweisen:

- a) Luftleitbahn
Eine Luftleitbahn ist ein mindestens 50 m breiter und mindestens 1 km langer hindernisarmer Korridor, auf dem die Luft bodennah ungehindert fließen kann.
- b) Kaltluftproduktionsfläche
Wiesenflächen sind gute Kaltluftproduzenten. Durch eine vorhandene Geländeneigung kann die Kaltluft in besiedelte Bereiche abfließen.

Das Plangebiet ist nur bedingt als Luftleitbahn einzustufen. Die dort abfließende Kaltluft belüftet hauptsächlich die Wohngebäude an der Tauben- und Keltenstraße. In den Abendstunden wird ebenfalls der Bereich des Sportplatzes an der Römerstraße von der Kaltluft des Plangebiets belüftet. Aufgrund des geringen Volumenstroms ist ein Vordringen der Kaltluft in weiter nördlich gelegenen Siedlungsteile, insbesondere in das Ortszentrum von Ixheim nicht zu erwarten.

Eine Bebauung des Plangebiets würde die Funktion der Luftleitbahn und auch die Kaltluftproduktion im Plangebiet reduzieren. Auch im direkt angrenzenden Siedlungsbereich Tauben-/Keltenstraße wird die abend- und nächtliche Kaltluftzufuhr aus dem Hangbereich reduziert.

Eine Strömungsreduktion ist vor allem dann ungünstig, wenn in den betroffenen Zonen hohe thermische oder lufthygienische Belastungen vorhanden sind. Durch die lockere Bauweise und die gute Durchgrünung an der Peripherie der Stadt sind die thermischen Belastungen vergleichsweise gering. Auch die lufthygienische Belastung ist gering, da dort weder emittierendes Gewerbe noch erhebliches Verkehrsaufkommen vorhanden sind.

7.2 Thermische Verhältnisse

Durch eine Bebauung und Versiegelung ändern sich die Strahlungsumsetzungen. Auf einer vegetationsbestandenen Fläche nehmen die Oberflächentemperaturen aufgrund der Verdunstungsfähigkeit der Pflanzen weniger zu als über versiegelten Oberflächen. Deshalb heizen sich bei einer Bebauung Teilbereiche stärker auf als bisher. Es ergeben sich demnach in den überbauten Bereichen höhere Oberflächentemperaturen als im Istzustand. Wärmere Oberflächen bewirken auch eine höhere Lufttemperatur. Die Erwärmung der Luft hängt dabei von der Größe der erwärmten Fläche und der vorherrschenden Windgeschwindigkeit ab. Ebenfalls spielen dabei die Bebauungsdichte, der Versiegelungsgrad und die Durchgrünung eine entscheidende Rolle.

Bei einer Bauweise nach aktuellem GEG-Standard (2020) ist beispielsweise der Wärmespeicherterm deutlich geringer als im Gebäudealtbestand. Die Oberflächen kühlen nachts rascher ab und tragen dann nicht zu einer signifikanten Erwärmung der Luft bei.

Bei einer moderaten Bebauung mit hohem Durchgrünungsgrad und entsprechenden Wärmedämmmaßnahmen wird die thermische Belastung der angrenzenden Siedlungsbereiche nicht relevant erhöht.

8 Lufthygienische Verhältnisse

Zur Bewertung der Luftbelastung ist die Gesamtbelastung zu ermitteln. Diese setzt sich aus der regionalen und städtischen Vorbelastung und der lokalen Belastung durch die Kfz-Verkehre zusammen.

Die Planung wirkt sich auf das Verkehrsaufkommen durch zusätzlichen Quell- und Zielverkehr aus.

Die Vorbelastung wird anhand der Messwerte des ZIMEN-Messnetzes und Daten des Umweltbundesamtes abgeleitet.

Die Belastung durch den Kfz-Verkehr wird modelliert.

Die verkehrsbedingten Emissionen werden auf Basis der Verkehrszahlen und des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren des Kfz-Verkehrs (HBEFA 4.1) berechnet. Die spezifischen Emissionen sind im aktuellen Screeningmodell RLuS 2012 in der aktuellen Fassung 2020 hinterlegt.

Die Zusatzbelastung durch Quell- und Zielverkehre ergibt sich durch Vergleich des Planfalls mit dem Nullfall.

8.1 Betrachtete Luftschadstoffe

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden folgende Schadstoffe betrachtet:

- NO₂,
- PM₁₀ (inhalierbarer Feinstaub),
- PM_{2,5} (lungengängiger Feinstaub).

NO₂ gilt als typische verkehrsbedingte Luftverunreinigung, bei der sowohl die mittlere Belastung als auch Spitzenwerte als toxisch relevant angesehen werden können.

PM₁₀ ist als Staub definiert, der einen Abscheider passiert, der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm zu 50 % zurückhält. Es handelt sich somit um Feinstaub. Der aerodynamische Teilchendurchmesser der unmittelbar vom Motor emittierten Partikeln liegt unter 1 µm. Abhängig von der Höhe der Belastung kann die Einwirkung von Feinstaub zu einer Irritation der Bronchialschleimhaut führen. Chronische Staubbelastungen können zu chronischer Bronchitis sowie zu Lungenfunktionsveränderungen führen. Verkehrsbedingter Schwebstaub enthält lufthygienisch relevante Stoffe, z.B. Rußpartikel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle. Eingeatmeter Staub, im Wesentlichen Schwebstaub, enthält sowohl nicht-lungengängige Anteile (Grobstaub) als auch lungengängige Anteile (Feinstaub).

PM_{2,5} sind – analog zu PM₁₀ – Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm einen Abscheidegrad von 50% aufweist. PM_{2,5} ist somit eine Teilmenge von PM₁₀. Diese Korngrößen sind alveolengängig.

Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Benzol, Blei, Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO₂) liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie werden daher nicht weiter betrachtet. Für Ruß sind keine Immissionswerte festgelegt. Die Beurteilung geschieht über PM₁₀-Staub, der die Rußfraktion beinhaltet.

8.2 Beurteilungswerte für Luftschadstoffe

Zur Beurteilung der Schadstoffkonzentrationen werden die Grenzwerte der 39. BImSchV herangezogen. Diese Immissionswerte basieren auf den Luftqualitätsleitlinien der WHO für Europa. Die Absicht der Richtlinien ist u.a. die Festlegung von Zielen im Hinblick auf die Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt sowie die Beurteilung der Luftqualität anhand einheitlicher Methoden und Kriterien.

In der 39. BImSchV werden folgende Immissionskenngrößen begrenzt:

- Kalenderjahresmittelwerte,
- Überschreitungshäufigkeiten von vorgegebenen Konzentrationsschwellen für Stundenmittelwerte,
- Überschreitungshäufigkeiten von vorgegebenen Konzentrationsschwellen für Tagesmittelwerte.

Tabelle 8-1 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten Immissionsbeurteilungswerte mit entsprechender Definition und Literaturangabe.

Tabelle 8-1: Zusammenstellung der wichtigsten Immissionsbeurteilungswerte

Schadstoff	Literaturquelle	Konzentrationswert	Statistische Definition	Bedeutung / Verbindlichkeit / Zweck
NO ₂	39. BImSchV	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert zum Schutz vor Gesundheitsgefahren
	39. BImSchV	200 µg/m ³	Schwelle, die von maximal 18 Stundenmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf	Grenzwert zum Schutz vor Gesundheitsgefahren
PM ₁₀	39. BImSchV	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert zum Schutz vor Gesundheitsgefahren
	39. BImSchV	50 µg/m ³	Mittelwert über 24 Stunden, der nicht öfter als 35 mal im Jahr überschritten werden darf	Grenzwert zum Schutz vor Gesundheitsgefahren
PM _{2,5}	39. BImSchV	25 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert zum Schutz vor Gesundheitsgefahren

8.3 Eingesetztes Modell

Die Berechnung erfolgt nach Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung (RLuS 2012 in der aktuellen Fassung 2020). Das Programm (RLuS, Version 2.1, Build 7726.28886) ermittelt aus den Verkehrsaufkommen, Schwerverkehrsanteil, Straßentyp, Tempolimit, Zahl der Fahrstreifen und der Längsneigung zunächst die Emissionen nach aktuellem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 4.1). Auf der Basis einer mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit werden anschließend Immissionsprofile senkrecht zur Straße ausgewiesen.

8.4 Vorbelastung

In Zweibrücken werden keine routinemäßigen Immissionsmessungen durchgeführt. Die nächstgelegene Messung im Zentralen Immissionsmessnetz Rheinland-Pfalz (ZIMEN) findet in der

Innenstadt von Pirmasens, ca. 18 km ost-südöstlich von Zweibrücken, statt. Diese Station ist repräsentativ für den städtischen Hintergrund.

In Tabelle 8-2 sind die an der Station Pirmasens Innenstadt gemessenen Jahresmittelwerte der Jahre 2017 bis 2019 aufgeführt. Im 3-jährigen Mittel liegen die Belastungen bei ca. $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Zahl der Überschreitungen der Schwelle von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch Tagesmittelwerte von PM10 lag zwischen 5 (2017) und 0 (2019), also deutlich unterhalb des Grenzwerts (35) der 39. BImSchV.

Überschreitungen der Schwelle von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch Stundenmittelwerte von NO_2 traten im Zeitraum 2017 bis 2019 nicht auf.

Tabelle 8-2: Jahresmittelwerte der NO_2 und PM10 Konzentration gemessen an der Station Pirmasens Innenstadt in den Jahren 2017 bis 2019, sowie das Mittel über die 3 Jahre.

Jahresmittelwerte	2017	2018	2019	Mittel 3 Jahre
NO₂	16	16	14	15,3
PM10	16	15	14	15,0

Wie die exemplarische Belastungskarte des Umweltbundesamts¹ (Abbildung 8-1) zeigt, sind die Ortslagen von Zweibrücken und Pirmasens gegenüber der näheren Umgebung leicht erhöht. Sie liegen aber in der gleichen Klasse mit Werten zwischen 15 und $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

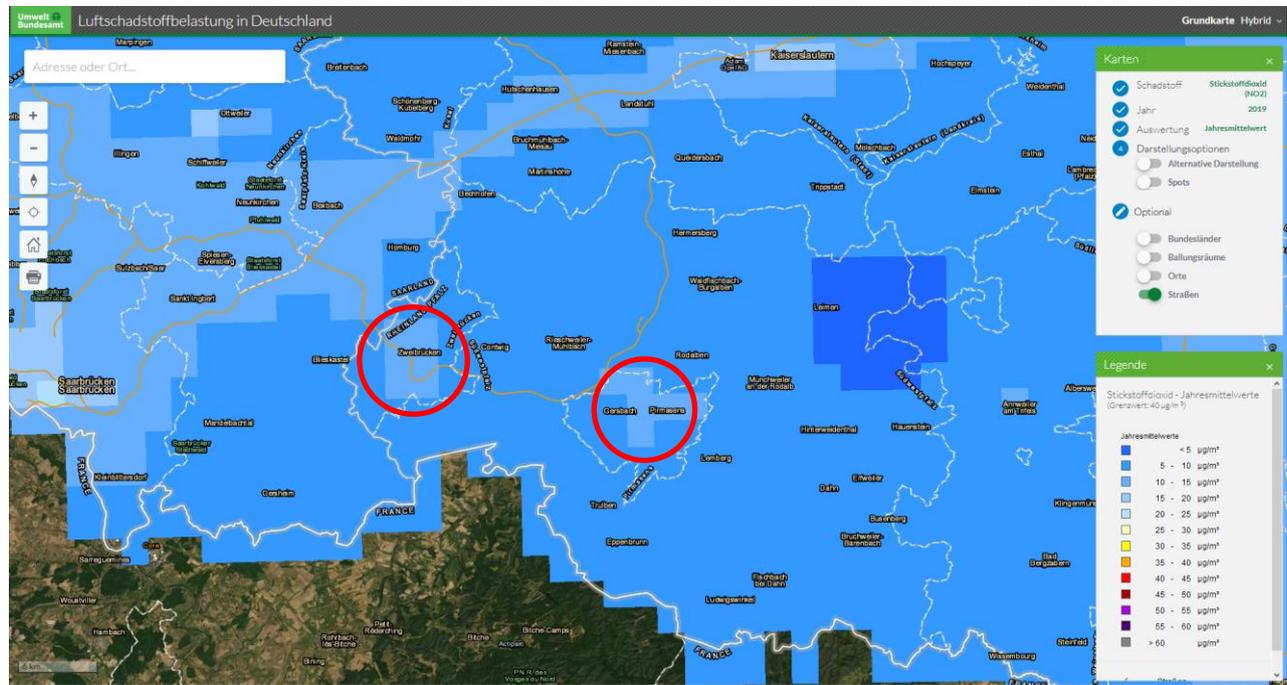


Abbildung 8-1: Belastungskarte des Umweltbundesamts für NO_2 im Jahr 2019. Zweibrücken und Pirmasens sind eingekreist.

Die Vorbelastung im Prognosejahr 2023 (frühestmögliche Umsetzung des Projekts) wurde für Zweibrücken konservativ bei NO_2 mit $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und beim Feinstaub PM10 mit $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt.

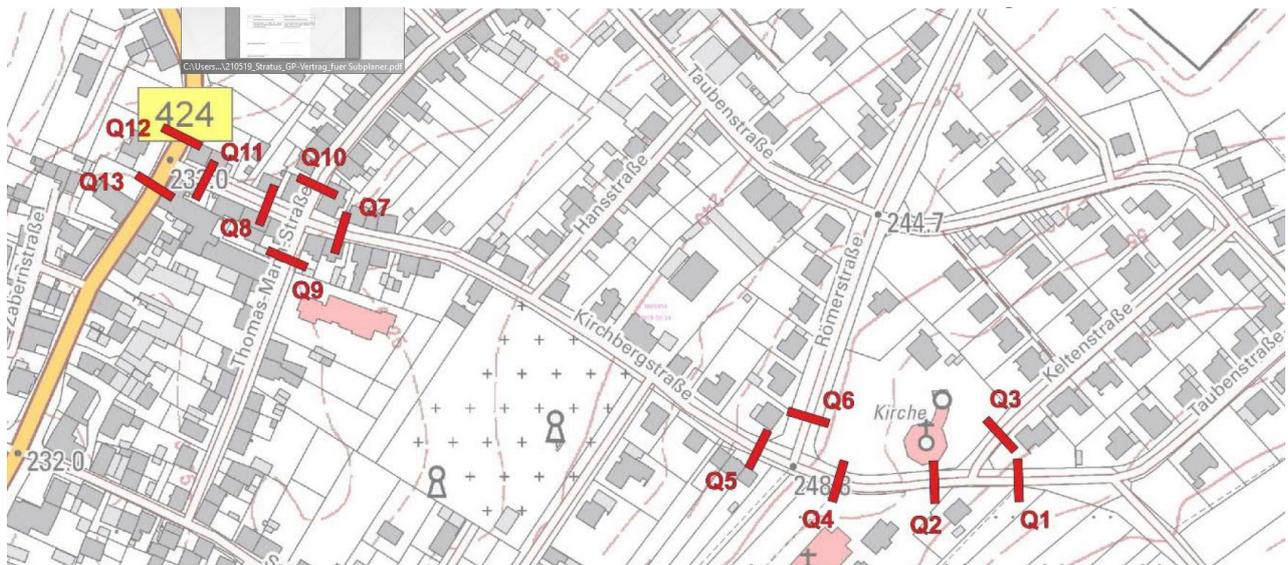
¹ https://gis.uba.de/maps/resources/apps/lu_schadstoffbelastung/index.htm

8.5 Emissionsberechnung

Zur Bewertung der Luftqualität ist die Gesamtbelastung zu bestimmen. Diese ergibt sich aus der Überlagerung der Zusatzbelastung und der Vorbelastung.

In der „Verkehrsplanerischen Begleituntersuchung“ des Büros VERTEC vom März 2021 sind die Verkehrsaufkommen aus der aktuellen Zählung (Analysefall 2020), dem Prognosenufall 2030 und dem Prognoseplanfall 2030 im Zuge der Kirchbergstraße und dem Anschluss an die Bitscher Straße (B424) aufgeführt.

Abbildung 8-2 zeigt die Lage der Querschnitte, in denen Verkehrszahlen ermittelt wurden.



Kartengrundlage: Digitale Daten des Landesamtes für Vermessung und Geobasisinformation RLP

Abbildung 8-2: Querschnitte, in denen das Verkehrsaufkommen vom Büro VERTEC ermittelt wurde.

In Tabelle 8-3 sind die Verkehrszahlen für den Analysefall 2020, den Prognosenufall 2030 und den Prognoseplanfall 2030 aufgeführt. Das höchste Verkehrsaufkommen wird auf der A8 mit knapp 28.200 Kfz/d ausgewiesen. Auf der Bundesstraße 424 bewegen sich maximal 9.130 Fahrzeuge am Tag. In den restlichen Querschnitten fahren weniger als 1.510 Fahrzeuge am Tag.

Tabelle 8-3: Verkehrsaufkommen DTV in Kfz/d und Schwerverkehrsanteil SV in % für den Analysefall und die Prognosefälle.

Querschnitt	Analysefall 2020		Nullfall 2030		Planfall 2030	
	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV
Q1 Kirchbergstr.	184	1,3%	189	1,2%	715	0,5%
Q2 Kirchbergstr.	245	1,0%	252	0,9%	771	0,5%
Q3 Keltenstr.	66		68		75	
Q4 Kirchbergstr.	277	0,8%	285	0,8%	804	0,5%
Q5 Kirchbergstr.	1123	0,6%	1157	0,6%	1573	0,5%
Q6 Römerstr.	1147	0,4%	1182	0,4%	1285	0,4%
Q7 Kirchbergstr.	804	0,9%	828	0,9%	1245	0,7%
Q8 Kirchbergstr.	1076	0,9%	1108	0,8%	1503	0,7%
Q9 Thomas-Mann-Str.	339	0,7%	349	0,7%	359	0,7%
Q10 Thomas-Mann-Str.	464	1,3%	479	1,1%	490	1,1%
Q11 Kirchbergstr.	1080	0,9%	1112	0,8%	1507	0,7%
Q12 B424	7995	2,4%	8596	2,3%	8754	2,3%
Q13 B424	8262	2,3%	8871	2,2%	9130	2,2%
Q14 A8 AS Ixheim - AS Contwig	24290	13,7%	28199	12,4%	28199	12,4%

Die Emissionen wurden mit dem aktuellen Handbuch für Emissionen des Straßenverkehrs HBEFA 4.1 durchgeführt. Die Eingangsdaten und spezifischen Emissionen für die Stickoxide (NO_x und NO₂) sowie die Feinstäube (PM₁₀ und PM_{2,5}) sind im Anhang in Tabelle 12-1 aufgeführt.

Exemplarisch sind die spezifischen Emissionen für NO_x und PM₁₀ als Balkendiagramme für den Analysefall 2020, den Nullfall 2023 und den Planfall 2023 in fünf ausgewählten Querschnitten dargestellt.

Abbildung 8-3 zeigt die spezifischen NO_x-Emissionen, Abbildung 8-4 die spezifischen PM₁₀-Emissionen.

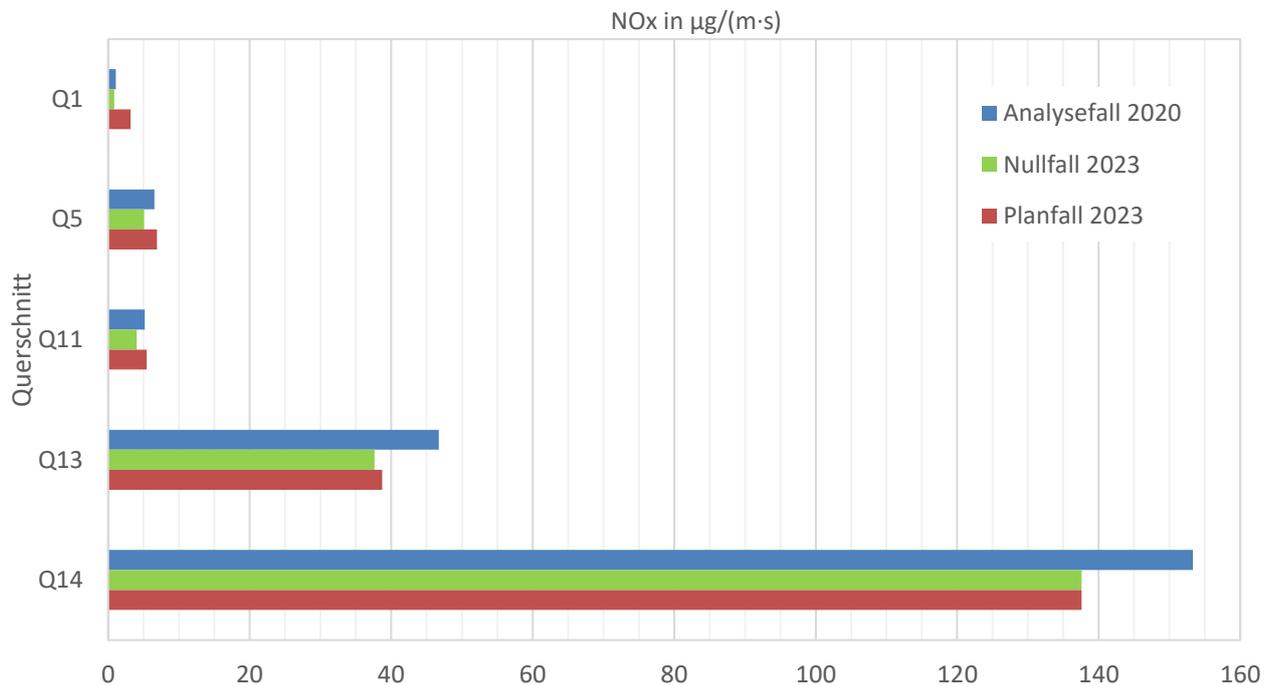


Abbildung 8-3: Spezifische Emissionen NO_x für Analyse-, Null- und Planfall.

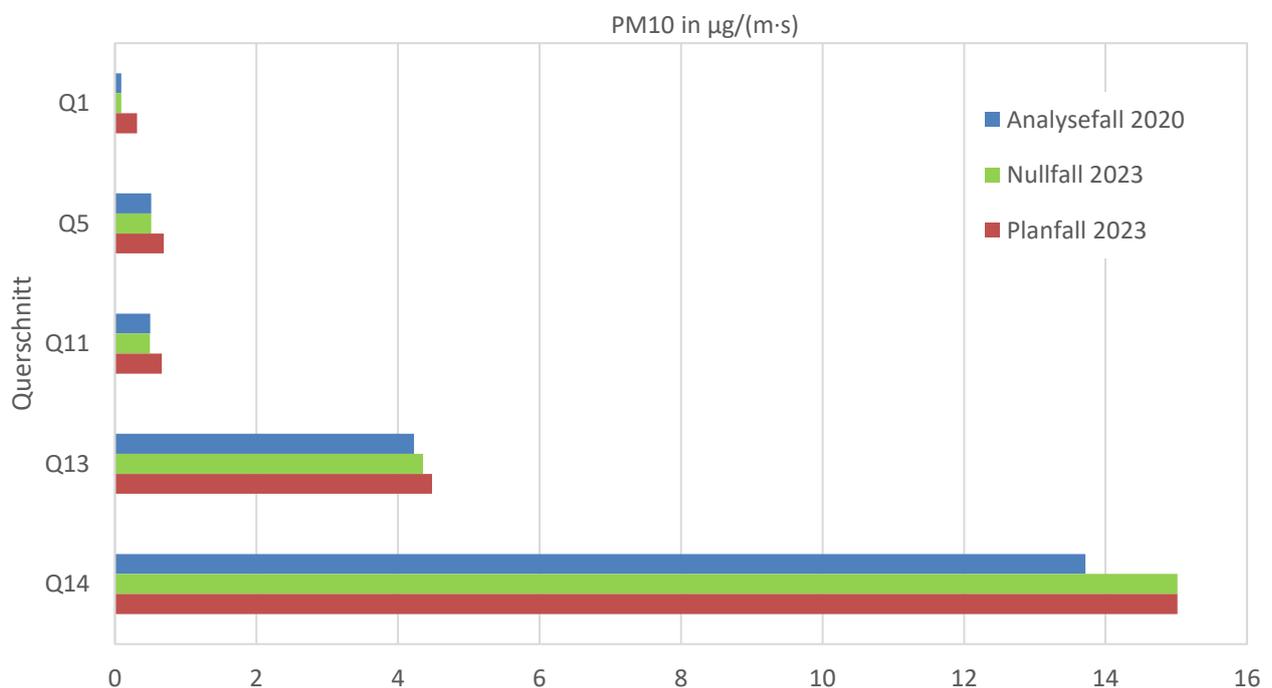


Abbildung 8-4: Spezifische Emissionen PM₁₀ für Analyse-, Null- und Planfall.

Die Prognosen des HBEFA gehen zukünftig von einem weiteren Rückgang der Stickoxidemissionen aus. Die PM₁₀-Emissionen gehen dagegen kaum noch zurück, da sie zum Großteil auf Prozesse wie Abrieb (Straßen-, Reifen-, Bremsabrieb) und Aufwirbelung zurückzuführen sind.

Dem gegenüber steht die prognostizierte allgemeine Verkehrszunahme und die Zunahme durch Quell- und Zielverkehre.

Bei der gering frequentierten Kirchbergstraße und den Querstraßen (Q1 bis Q11) überwiegt die Verkehrszunahme den Trend zu geringeren Emissionen, so dass es bei den Stickoxiden und Feinstäuben bei generell niedrigen Emissionen zu einer Zunahme gegenüber dem Analysefall kommt. Bei der stärker frequentierten Bundesstraße (Q12, Q13) und der Autobahn (Q14) ist bei den Stickoxiden zukünftig mit einem Rückgang der Emissionen zu rechnen. Bei den Feinstäuben dagegen mit einer leichten Zunahme.

8.6 Immissionsabschätzung

Die Immissionen werden von den Ausbreitungsverhältnissen, den Emissionen und der Vorbelastung bestimmt. Eine grobe Abschätzung wurde mit der aktuellen Version von RLUS 2.1 für Emissionen, wie sie an der B424 im Planfall berechnet wurden, durchgeführt.

Es wurde von einer lockeren Randbebauung ausgegangen. Als Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit wurden 2,5 m/s angesetzt. Daraus resultiert das in Abbildung 8-5 dargestellte Profil der Zusatzbelastung.

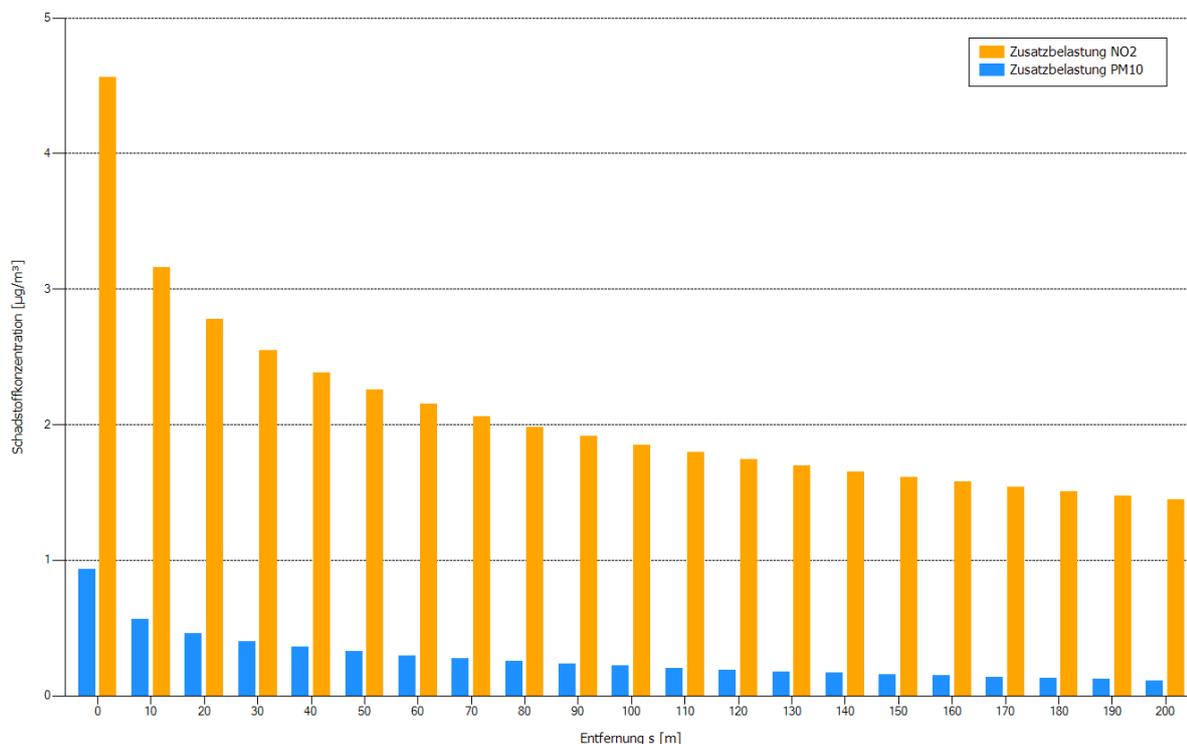


Abbildung 8-5: Zusatzbelastung im Planfall 2023 für NO₂ und PM₁₀ an der Bundesstraße 424.

Am Straßenrand (0 m) ergibt sich bei NO₂ eine Zusatzbelastung von ca. 4,5 µg/m³ und bei PM₁₀ von knapp 1 µg/m³. Daraus ergibt sich zusammen mit der Vorbelastung von 18 µg/m³ bei NO₂ und 17 µg/m³ bei PM₁₀ eine Gesamtbelastung von 22,5 µg/m³ bei NO₂ bzw. 18 µg/m³ bei PM₁₀. Selbst unter Berücksichtigung von Unschärfen eines Screeningverfahrens werden die Grenzwerte der 39. BImSchV deutlich unterschritten.

In der Kirchbergstraße betragen die zusätzlichen Emissionen weniger als 10 % von denen auf der Bundesstraße, so dass hier Werte kaum über der Vorbelastung zu erwarten sind.

9 Planungsempfehlung und Maßnahmen zur Minderung unerwünschter Effekte

Die Beurteilung lokalklimatischer Auswirkungen ist schwierig, da es keine verbindlichen Grenz- oder Richtwerte gibt. Harte Forderungen können daher bei der vorhandenen Beurteilungssituation nicht gestellt werden.

Im Istzustand heizen sich die vegetationsbestandenen Ackerflächen und Wiesen tagsüber wenig auf, da die Vegetation ihre Oberflächentemperaturen mittels Verdunstung reguliert. Die aerodynamisch relativ glatten Flächen ermöglichen ein nahezu ungehindertes bodennahes Abfließen von Kaltluft, die sich an wolkenarmen Tagen in den Abend- und Nachtstunden bildet.

Im Planzustand werden versiegelte Flächen geschaffen, die sich stärker aufheizen als Vegetation. Zudem können Straßen- und Baukörper je nach Wärmeleit- und Wärmespeichervermögen in den Nachtstunden die Abkühlung verzögern, da sie die gespeicherte Wärme dann abgeben.

Ziele zur Verringerung der Auswirkungen sind

- die Aufheizung zu reduzieren
- eine rasche Abkühlung in den Abendstunden zu gewährleisten
- kaltluftproduzierende Maßnahmen zu fördern
- die Durchgängigkeit für abfließende Kaltluft zu gewährleisten um einen Kaltluftstau zu vermeiden.

Zur Minimierung der Auswirkungen einer potenziellen Bebauung sollten folgende Empfehlungen berücksichtigt werden, um unerwünschte Effekte zu minimieren:

- a) Die geplante Bebauung sollte vor allem eine hangabwärts gerichtete Durchgängigkeit aufweisen. Riegelbebauung parallel zum Hang ist zu vermeiden.
- b) Der Versiegelungsgrad sollte möglichst geringgehalten werden. Wenig frequentierte Stellplätze können mit Rasenbausteinen ausgeführt werden oder sind durch Bäume oder Gebäude nach Möglichkeit zu verschatten.
- c) Helle sonnenexponierte Flächen heizen sich weniger stark auf als dunkle. Die aufgeheizten Flächen erwärmen die Luft, die mit diesen Flächen in Kontakt kommt und strahlen Wärme im langwelligen Bereich ab. Nachteile heller Fassaden können Blendwirkungen sein. Auch Verschmutzungen sind schneller sichtbar.
- d) Eine Dachbegrünung im Bereich von Garagen oder Wohngebäuden kann helfen die Oberflächentemperaturen und somit die Lufttemperatur zu reduzieren. Vorteile sind eine kühlere Dachoberfläche, zumindest solange die Vegetation grün ist. Ausgetrocknete Dachbegrünungen haben keine Verdunstung mehr und heizen sich auch auf, allerdings weniger als Ziegel, Kies- oder Blechdächer. Weitere Vorteile sind die Retention von Niederschlag. Auch die Biodiversität wird gefördert.
Anforderung: mögliche Vegetation und Retentionsfähigkeit steigt mit der Aufbaudicke an. Die Dachneigung sollte möglichst gering sein.
Nachteile sind höhere Baukosten und Aufwand für die Pflege.

- e) Zur Minimierung der Speicherwirkung und zur Reduktion anthropogener Abwärme sollten die Bauwerke gemäß aktuellem GEG-Standard (2020) ausgeführt werden. Durch den energetisch hochwertigen baulichen Wärmeschutz – insbesondere durch gute Dämmung, gute Fenster und die Vermeidung von Wärmebrückenverlusten – soll der verbleibende Energiebedarf reduziert werden. Ferner soll der Energiebedarf zunehmend mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Durch den baulichen Wärmeschutz wird sichergestellt, dass die eingesetzte Energie so effizient wie möglich genutzt wird. Dadurch reduziert sich die anthropogene Abwärme. Hinzu kommt, dass der Speicherterm der gedämmten Gebäude deutlich geringer ist als der von Gebäuden im Bestand. Die Gebäudeoberflächen kühlen in den Abend- und Nachtstunden schneller ab.
- f) Offene Feuerstellen oder Schwedenöfen führen in Hanglagen häufig zu Geruchsbeschwerden. Insofern empfehlen wir, die Bauherren ausführlich über den richtigen Umgang mit den Feuerstellen als auch mit den zu verwendeten Brennstoffen im Vorfeld zu informieren.

10 Zusammenfassung

Die Stadt Zweibrücken plant die Erstellung des Bebauungsplans IX 38 „Wohnen Am Kirchberg“ in Zweibrücken. Das Plangebiet liegt im Süden von Zweibrücken im Ortsteil Ixheim in Hanglage.

Eine Bebauung einer vegetationsbestandenen Fläche in Hanglage beeinträchtigt im Wesentlichen die Kaltluftproduktion und den Kaltluftabfluss. Durch zusätzliche Quell- und Zielverkehre nimmt auch die Luftbelastung an den stärker frequentierten Straßenabschnitten zu.

Die großräumigen Verhältnisse wurden auf der Basis von Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes und eigenen Kaltluftmodellierungen dargestellt. Demnach strömt den Siedlungsbereichen von Zweibrücken aus unterschiedlichen Hanglagen, Tobeln und Seitentälern Kaltluft zu. Auch im Plangebiet wird Kaltluft produziert, die den tiefer gelegenen Siedlungsteilen zuströmt.

Um die Auswirkungen der Planung zu quantifizieren, wurden Modellrechnungen für den Nullfall und den Planfall durchgeführt. Zum Einsatz kam das mikroskalige Modell PALM-4U, das das Gelände, den Bewuchs und die Bebauung hochauflösend berücksichtigt. Betrachtet wurde eine hochsommerliche Strahlungswetterlage.

Diese zeigen, dass die dort abfließende Kaltluft hauptsächlich die Wohngebäude an der Tauben- und Keltenstraße belüftet. In den Abendstunden wird ebenfalls der Bereich des Sportplatzes an der Römerstraße von der Kaltluft aus Teilen des Plangebiets erreicht. Aufgrund des kleinen Kaltlufteinzugsgebiets sind die resultierenden Volumenströme eher gering. Ein Vordringen der Kaltluft in weiter nördlich gelegene Siedlungsteile, insbesondere in das Ortszentrum von Ixheim, ist aufgrund des geringen Volumenstroms und der vorgelagerten Bestandsbebauung nicht zu erwarten.

Im direkt angrenzenden Siedlungsbereich Tauben-/Keltenstraße sowie im Wirkungsbereich der Roten Klamm wird die abend- und nächtliche Kaltluftzufuhr aus dem Hangbereich reduziert. Eine Strömungsreduktion ist vor allem dann ungünstig, wenn in den betroffenen Zonen hohe thermische oder lufthygienische Belastungen vorhanden sind. Durch die lockere Bauweise, die Höhenlage und die gute Durchgrünung an der Peripherie der Stadt sind die thermischen Belastungen vergleichsweise gering. Auch die lufthygienische Belastung ist gering, da dort weder emittierendes Gewerbe noch erhebliches Verkehrsaufkommen vorhanden sind.

Fernwirkungen auf das Ortszentrum von Ixheim und auf die Kernstadt von Zweibrücken sind aufgrund der geringen Beiträge der Planfläche zur Kaltluftversorgung nicht zu erwarten.

Durch die Quell- und Zielverkehre zum bzw. vom Plangebiet nimmt die Verkehrsbelastung auf den für die Erschließung genutzten Straßen zu. Gegenüber dem Analysefall 2020 nehmen bei den Stickoxiden sowohl im Nullfall wie auch im Planfall die Emissionen ab. Bei den Feinstäuben ist eine leichte Zunahme zu verzeichnen, da ein Großteil der Emissionen durch Abrieb und Aufwirbelung verursacht wird und der Rückgang der motorischen Emissionen diesen Effekt nicht kompensiert. Die Grenzwerte der 39. BImSchV werden aber selbst auf der B 424 sicher eingehalten.

Freiburg, 16. Februar 2023



Dr. Rainer Röckle
Diplom-Meteorologe



Dr. Christine Ketterer
M. Sc. in Climate Science



Tobias Gronemeier
M.Sc. in Meteorologie

11 Literatur

39. BImSchV: „Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“. Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist. https://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_39/

BAST, 2021: Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Umsetzung in PC-Programm: IVU - PC-Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung RLuS 2012, Ausgabe 2020.

GEG, 2020: Gesetz zur Vereinheitlichung des Energiesparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze vom 8. August 2020. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 37, ausgegeben am 13. August 2020.

iMA, 2014: Erstellen eines flächendeckenden Screening-Modells für Rheinland-Pfalz zur Ermittlung der Geruchsausbreitung in Kaltluftabflüssen. September 2014. Im Auftrag des Landesamts für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.

Röckle, R., Richter, C.-J.: Ausbreitung von Geruchsstoffen in Kaltluftabflüssen – Messungen und Modellrechnungen. VDI Berichte 1373 – Gerüche in der Umwelt. VDI-Verlag Düsseldorf, 1998, 249-259

Röckle, R., Richter, C.-J.: Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahbereich typischer Gebäudekonfigurationen – Modellrechnungen –. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen der Luftreinhaltung, Forschungsbericht FZKA-PEF 136, Oktober 1995

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10: Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude- und Hindernisumströmung. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, 2001

VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5: Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft, Beuth Verlag Düsseldorf.

12 Anhang

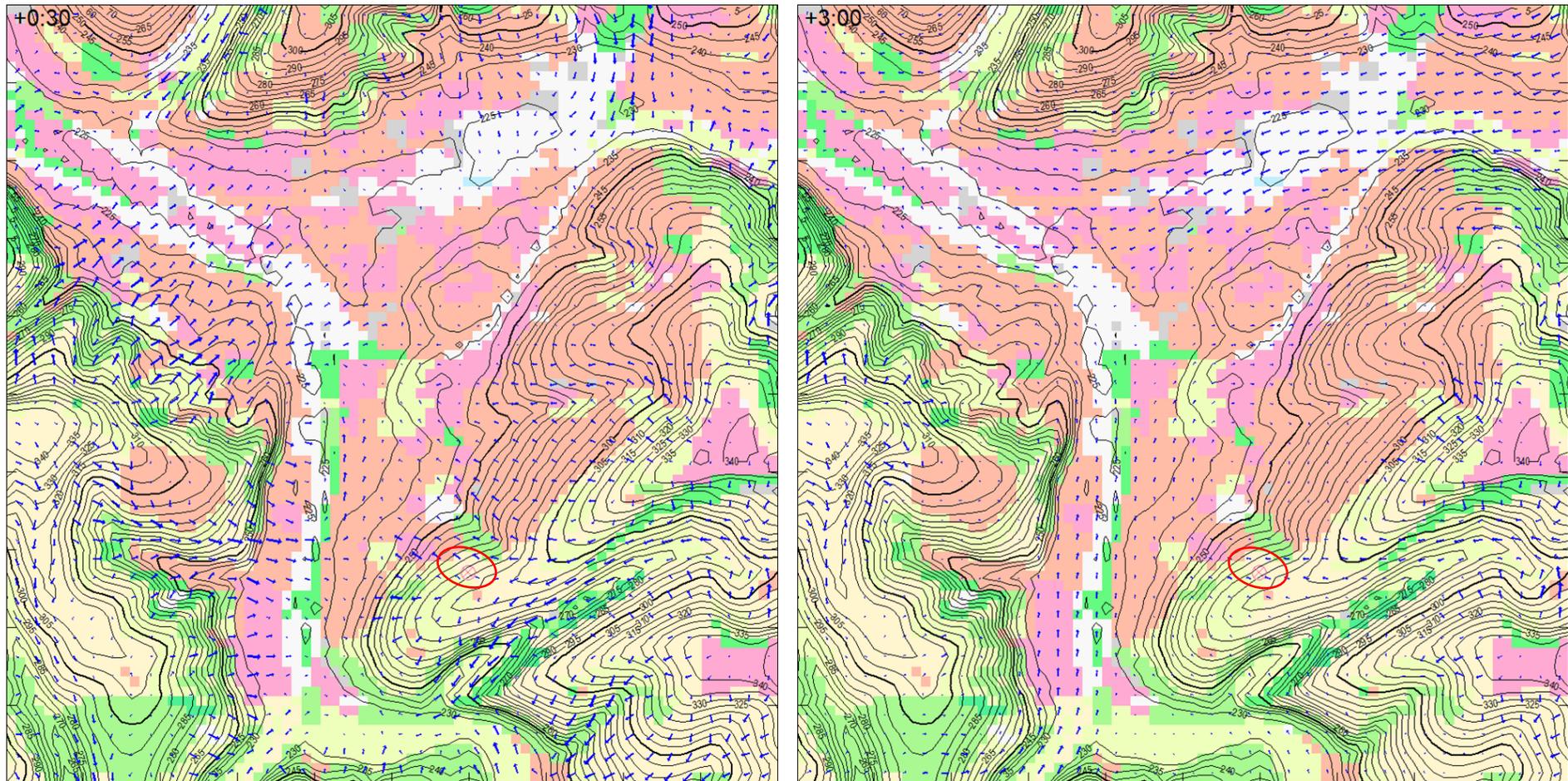


Abbildung 12-1: Mittlere Windgeschwindigkeiten in den Abendstunden (links) und den Nachtstunden (rechts). (iMA, 2014). Maximum im Plangebiet
Abendstunden 0,6 m/s, Nachtstunden 0,3 m/s.

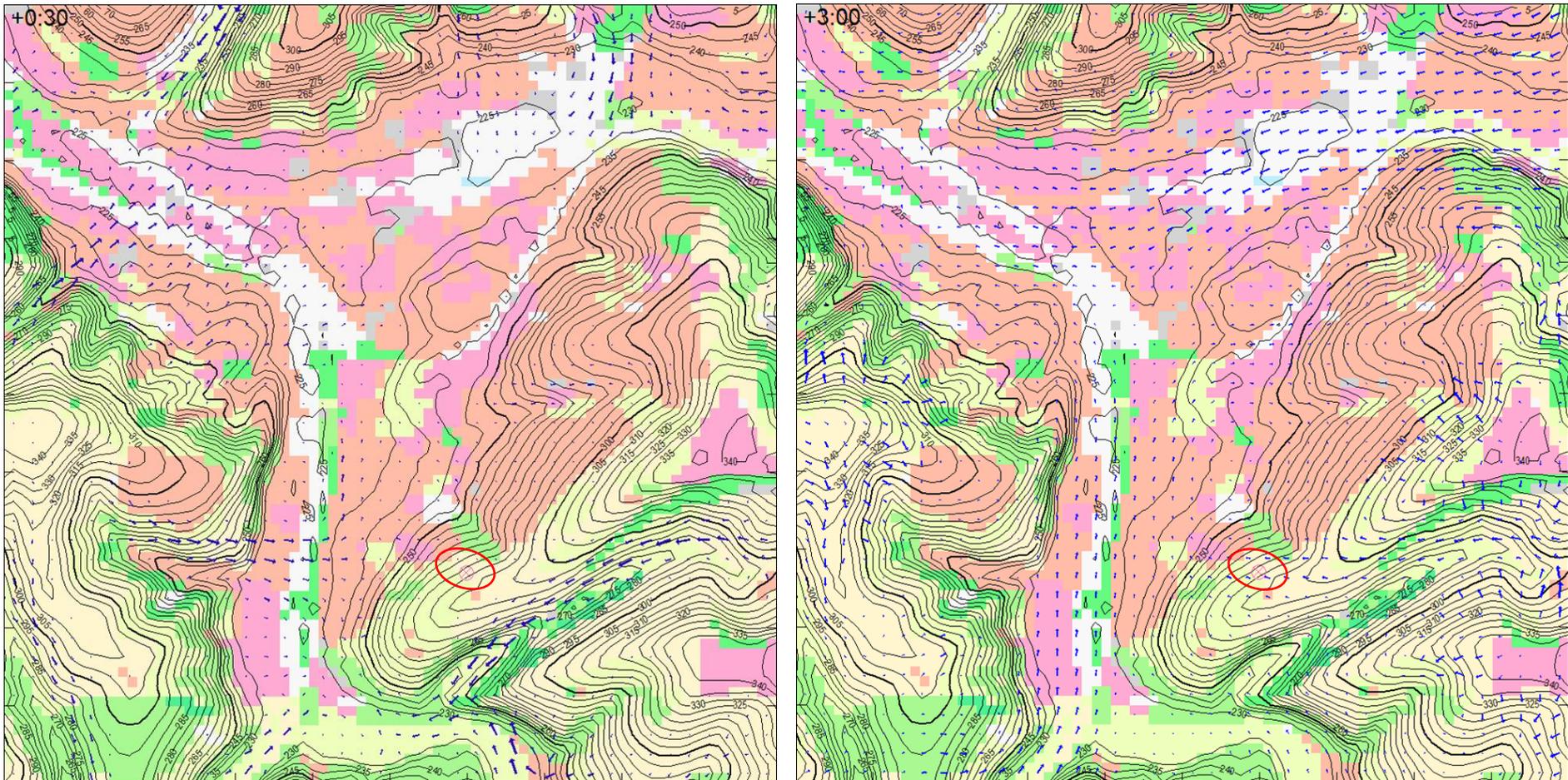


Abbildung 12-2: Volumenströme in den Abendstunden (links) und den Nachtstunden (rechts). (iMA, 2014).

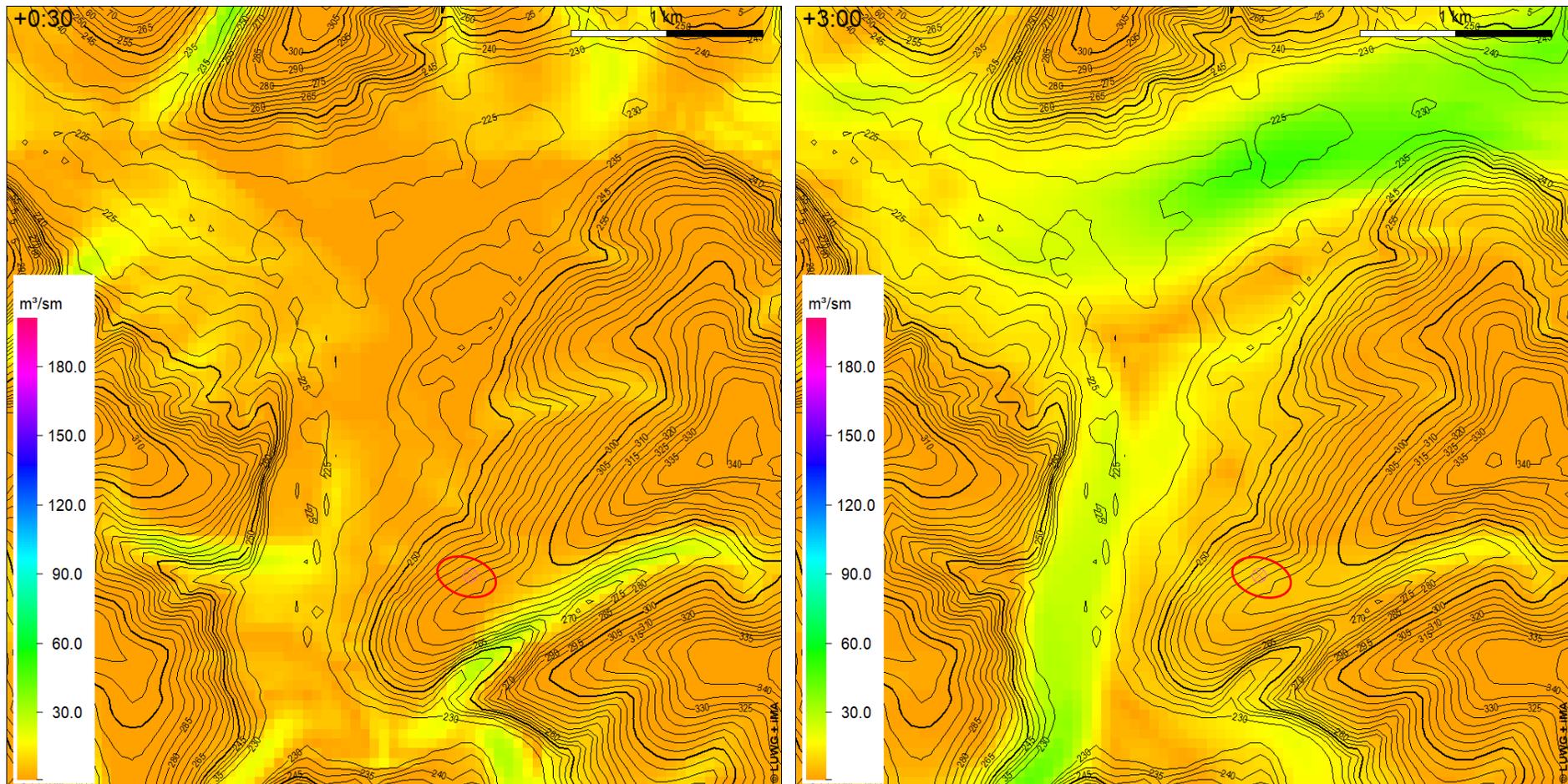


Abbildung 12-3: Volumenstromdichte in den Abendstunden (links) und den Nachtstunden (rechts). (iMA, 2014).

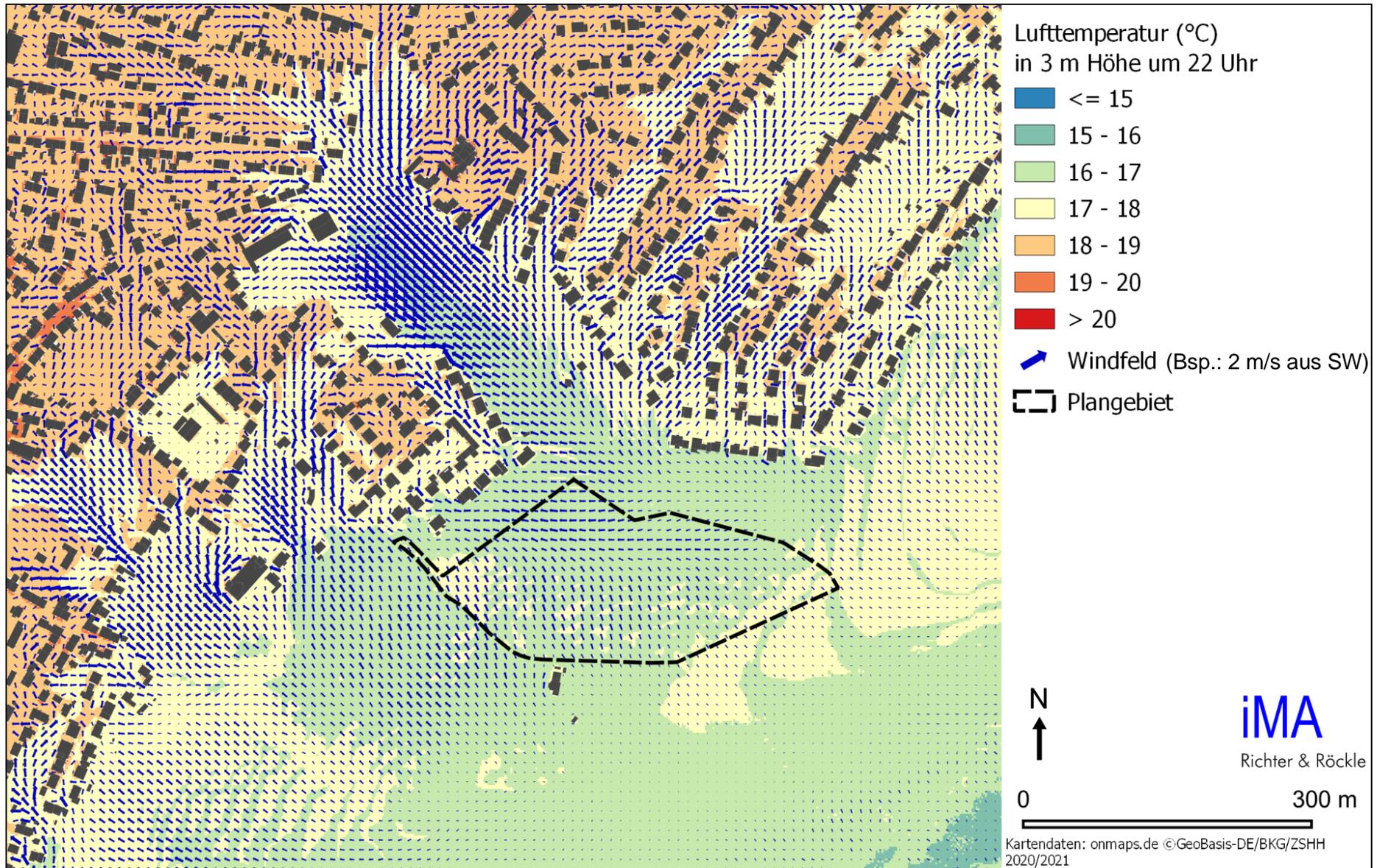


Abbildung 12-4: Lufttemperatur und Windverteilung in Bodennähe am Abend (22 Uhr) im Nullfall.

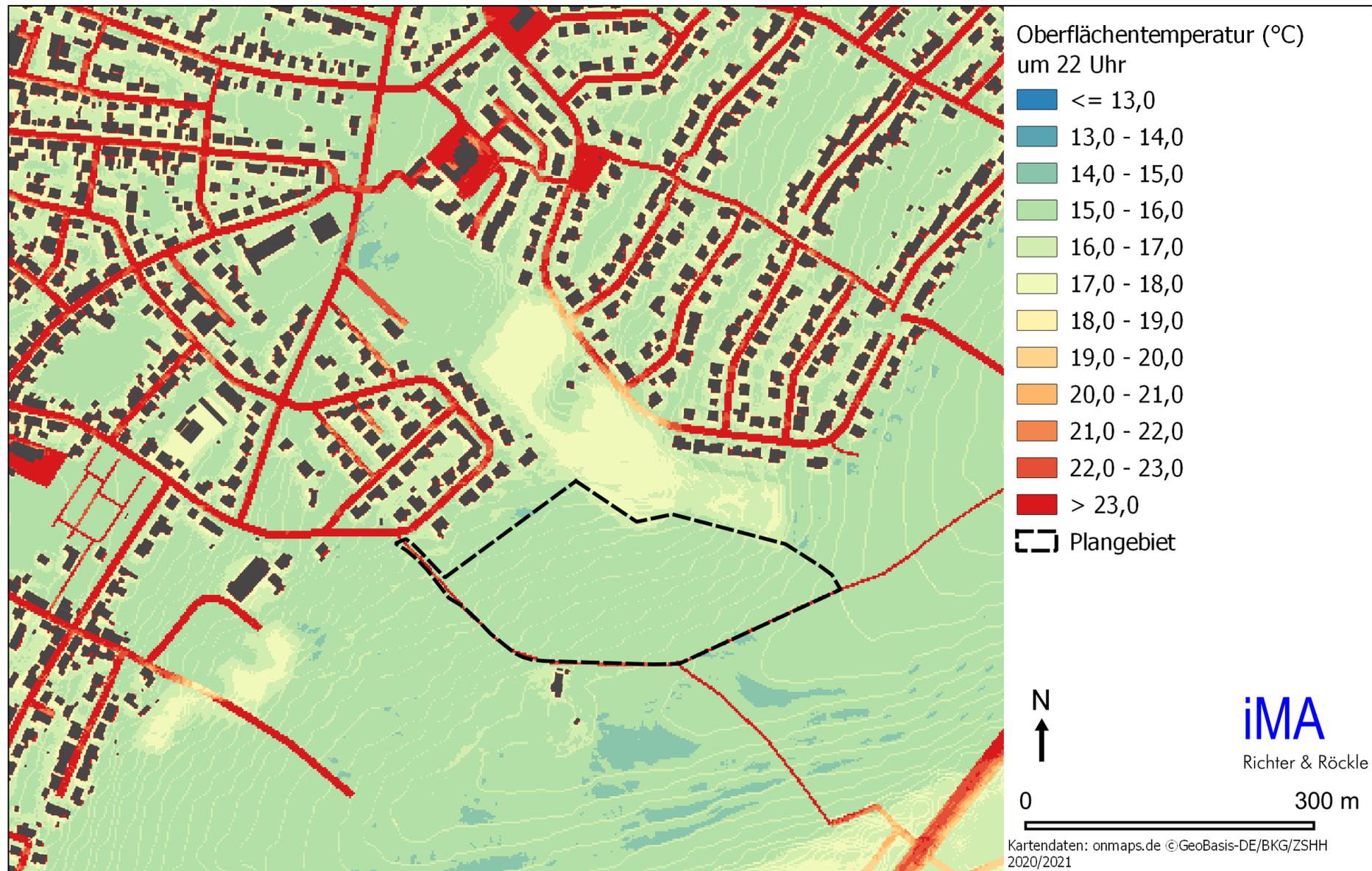


Abbildung 12-5: Oberflächentemperatur am Abend (22 Uhr) im Nullfall.

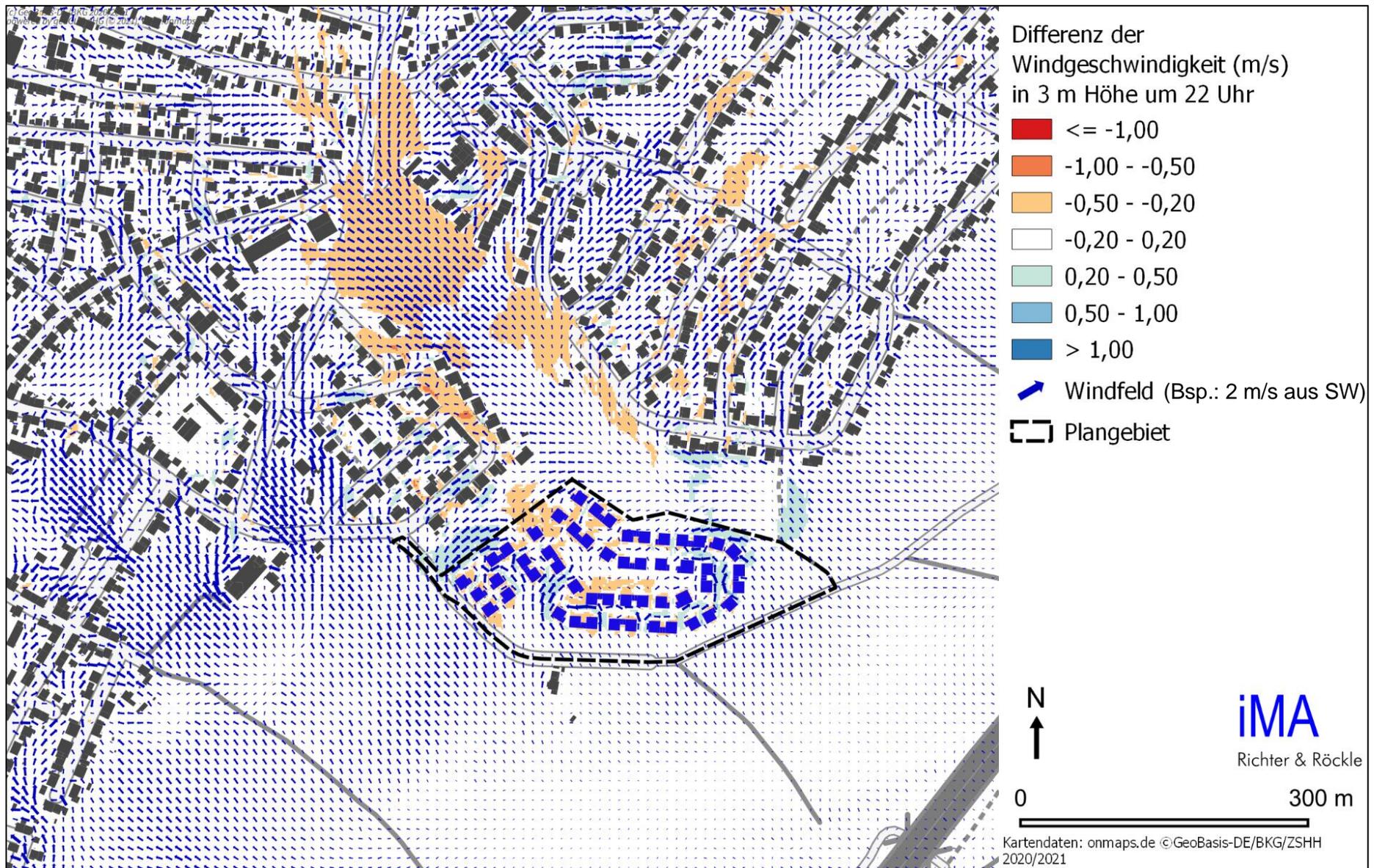


Abbildung 12-6: Differenz der Windgeschwindigkeit zwischen Planfall und Nullfall in Bodennähe am Abend (22 Uhr). Zusätzlich ist das Windfeld für den Planfall dargestellt.

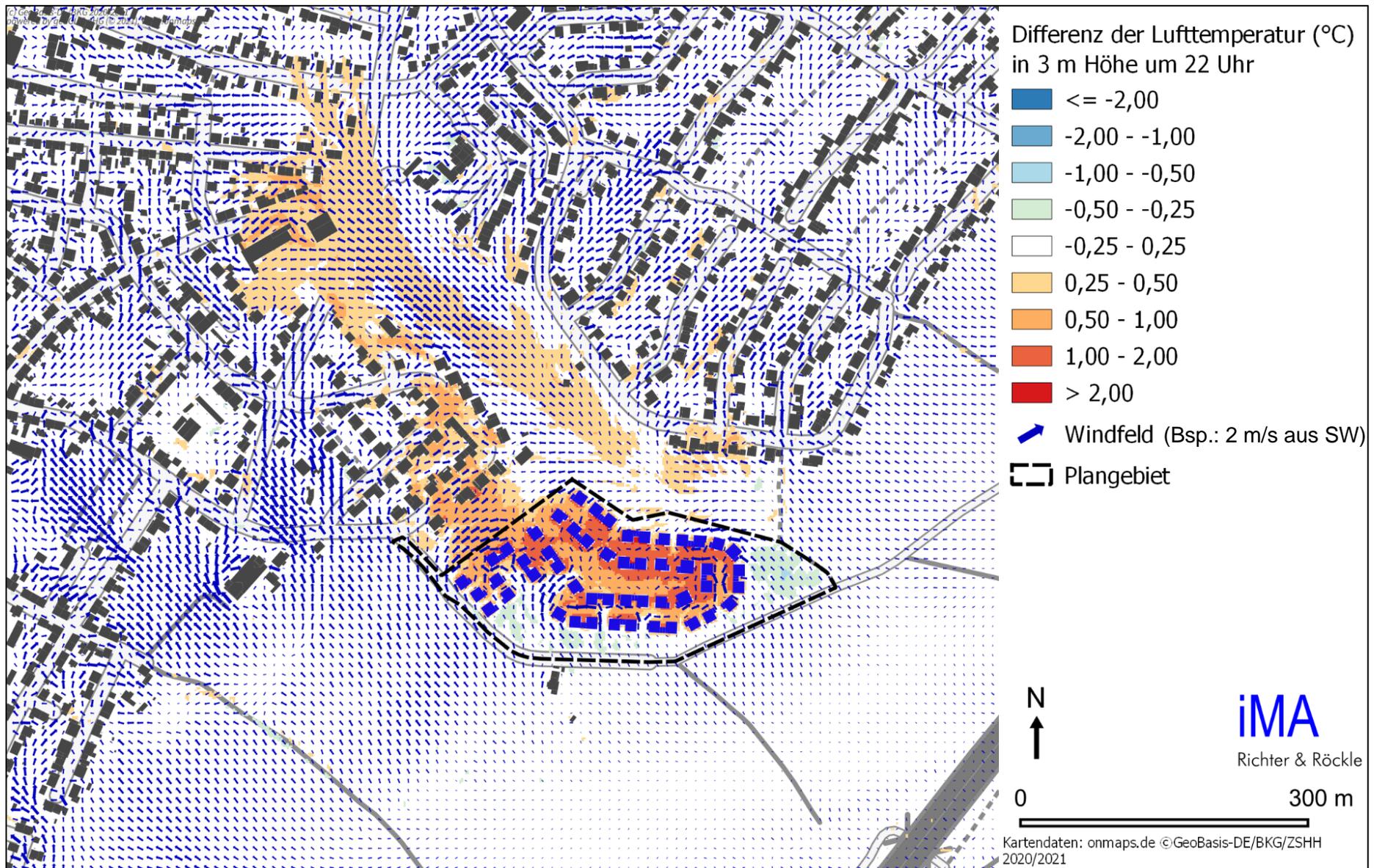


Abbildung 12-7: Differenz der Lufttemperatur zwischen Planfall und Nullfall in Bodennähe am Abend (22 Uhr). Zusätzlich ist das Windfeld für den Planfall dargestellt.

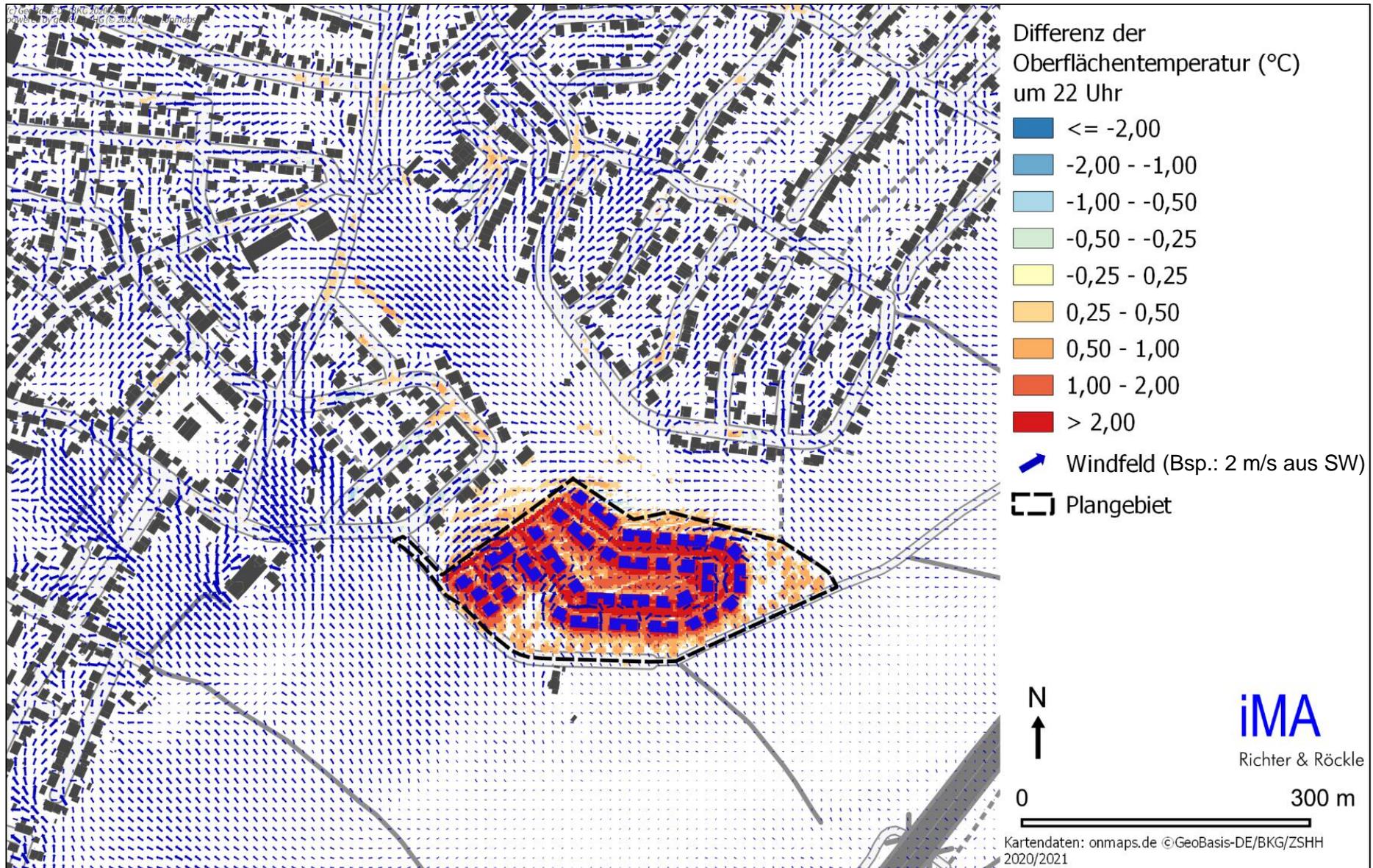


Abbildung 12-8: Differenz der Oberflächentemperatur zwischen Planfall und Nullfall am Abend (22 Uhr). Zusätzlich ist das bodennahe Windfeld im Planfall dargestellt.

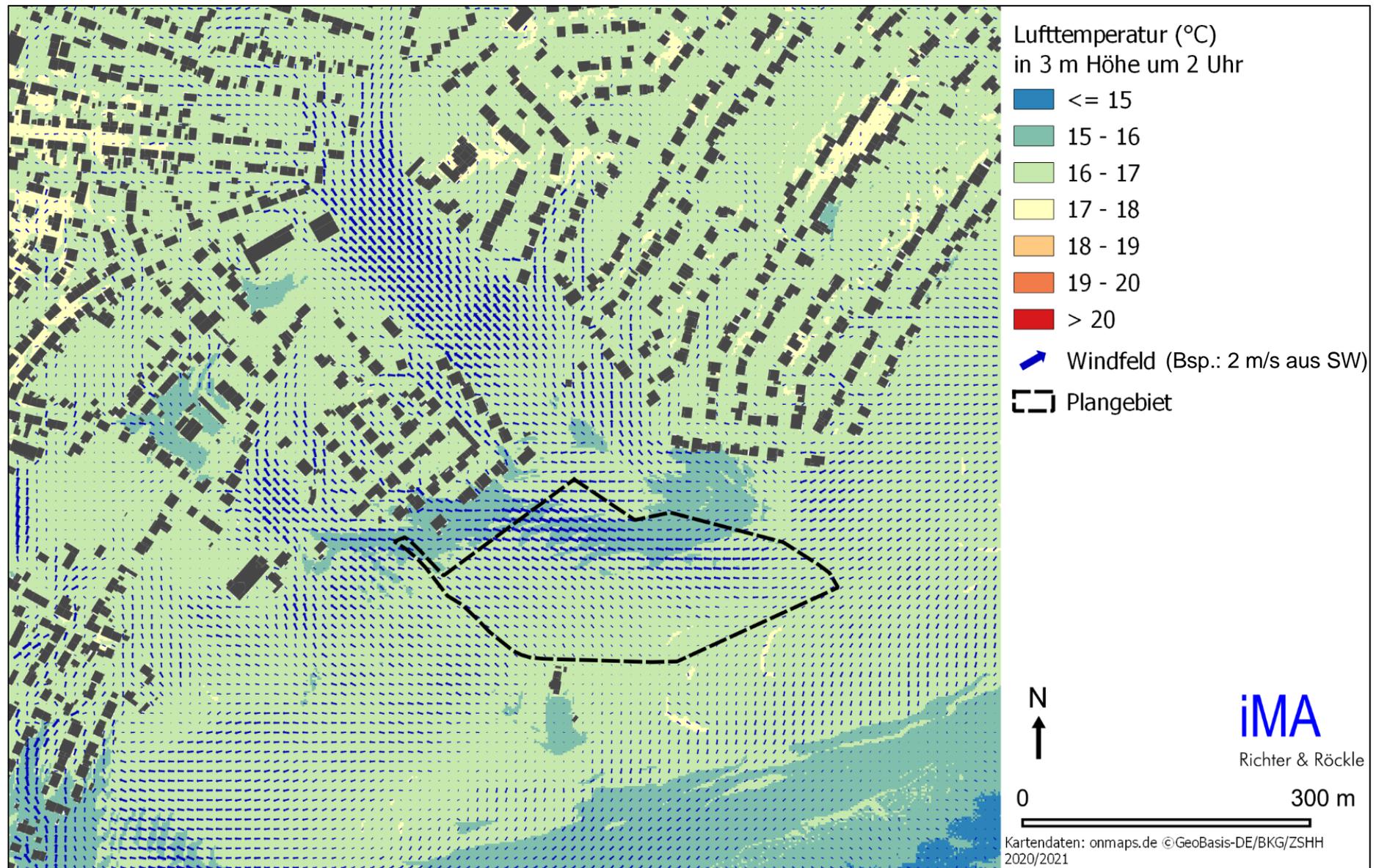


Abbildung 12-9: Lufttemperatur und Windverteilung in Bodennähe in der Nacht (2 Uhr) im Nullfall.

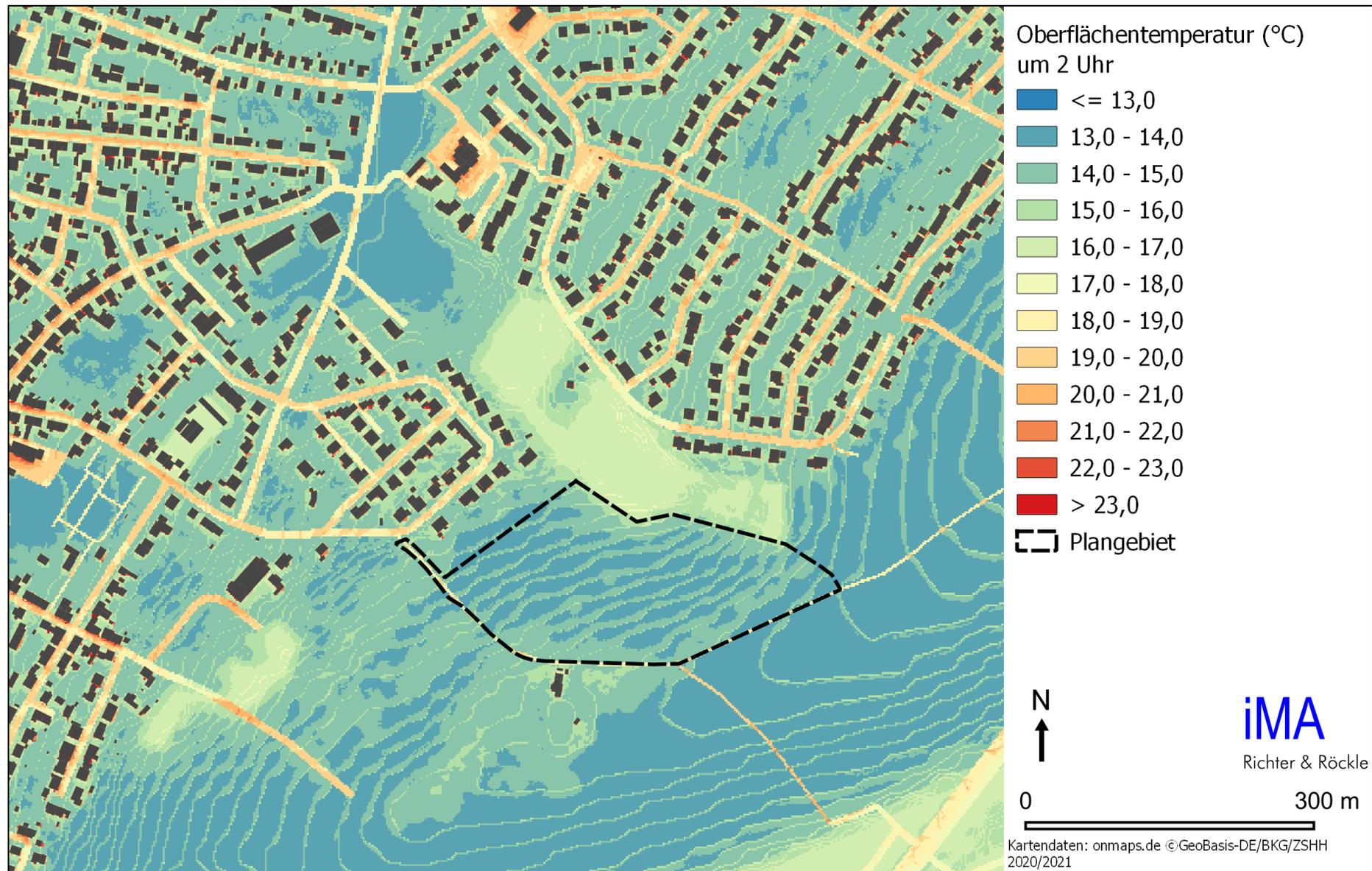


Abbildung 12-10: Oberflächentemperatur in der Nacht (2 Uhr) im Nullfall.

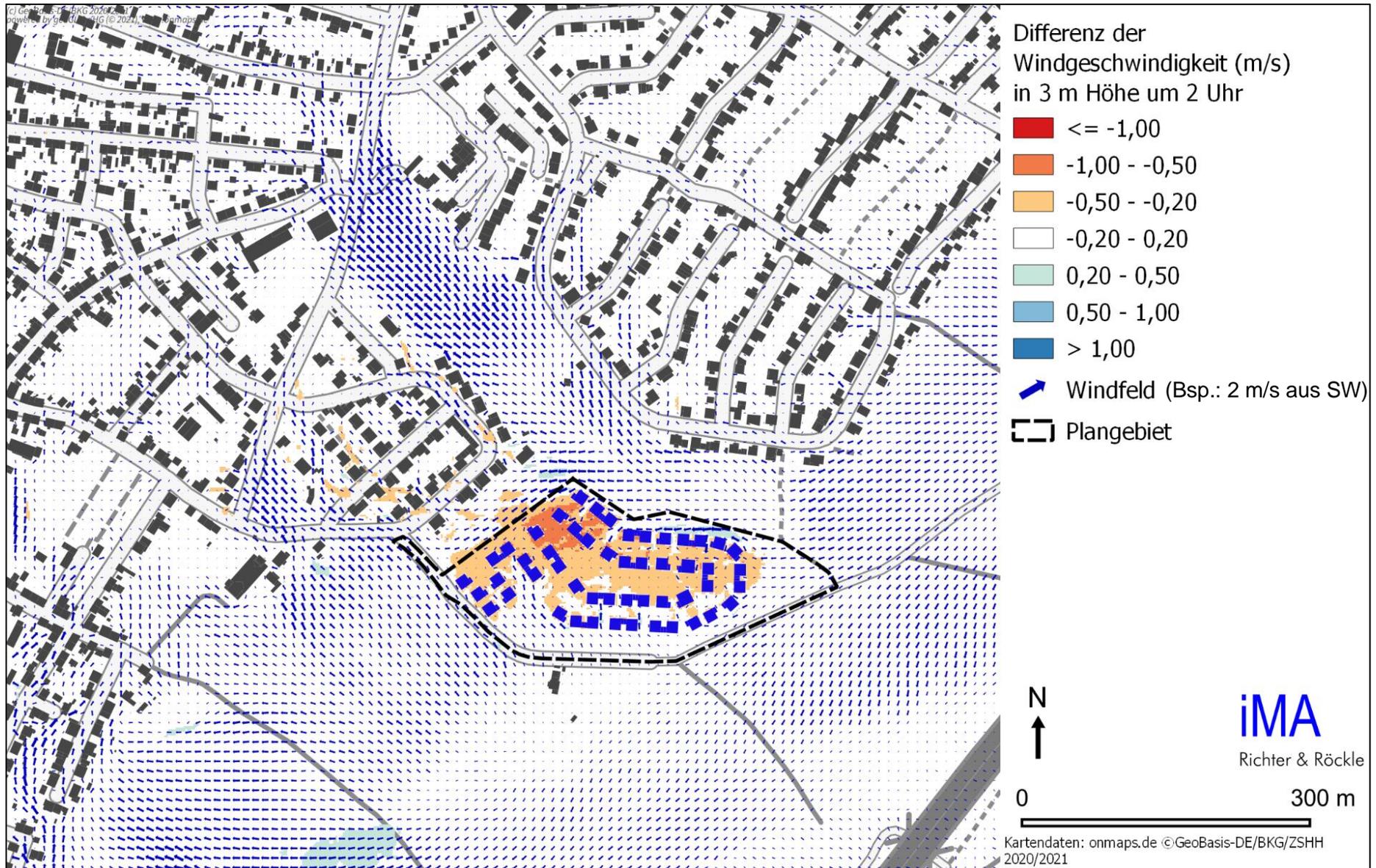


Abbildung 12-11: Differenz der Windgeschwindigkeit zwischen Planfall und Nullfall in Bodennähe in der Nacht (2 Uhr). Überlagert ist das Windfeld für den Planfall.

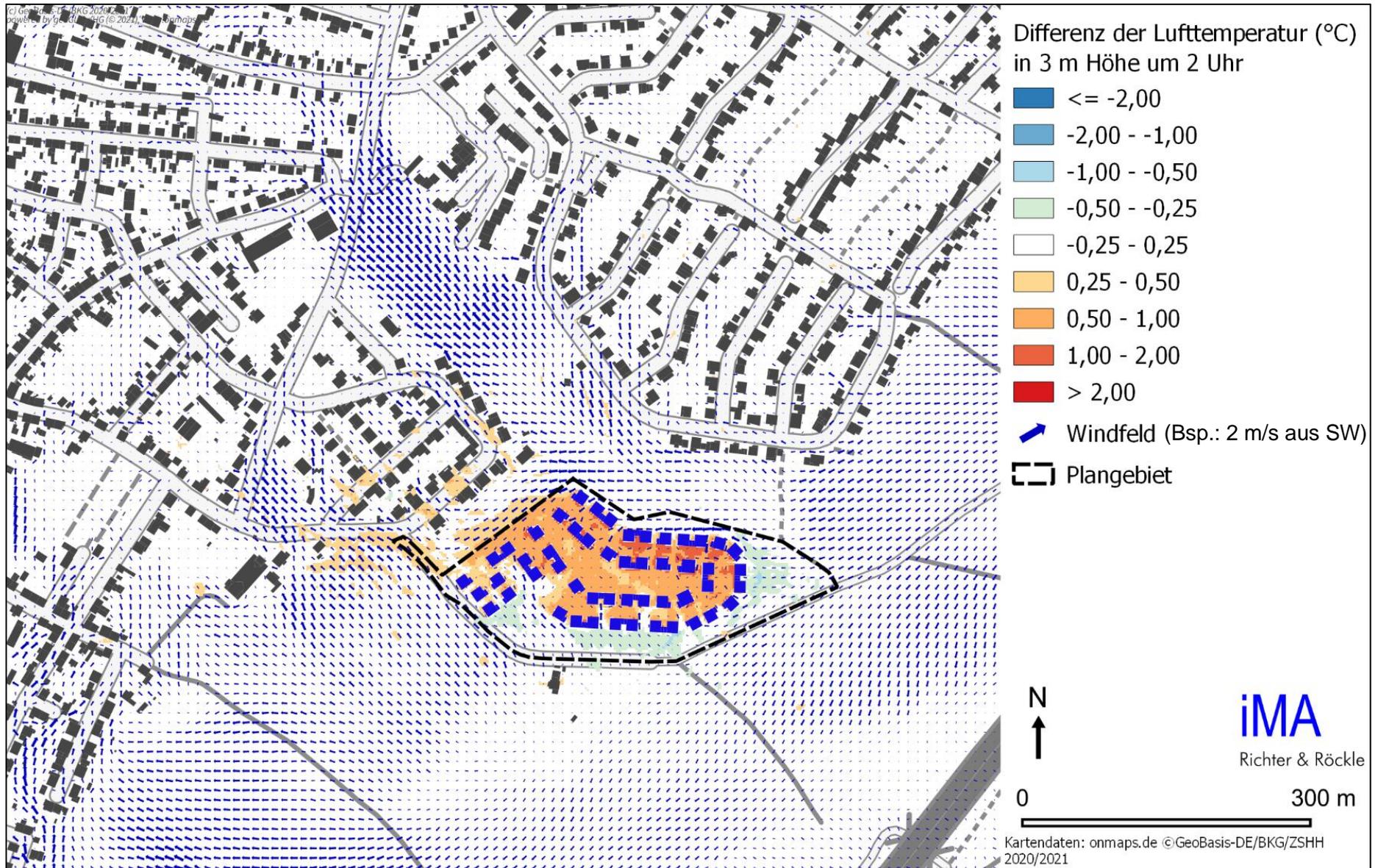


Abbildung 12-12: Differenz der Lufttemperatur zwischen Planfall und Nullfall in Bodennähe in der Nacht (2 Uhr). Überlagert ist das Windfeld für den Planfall.

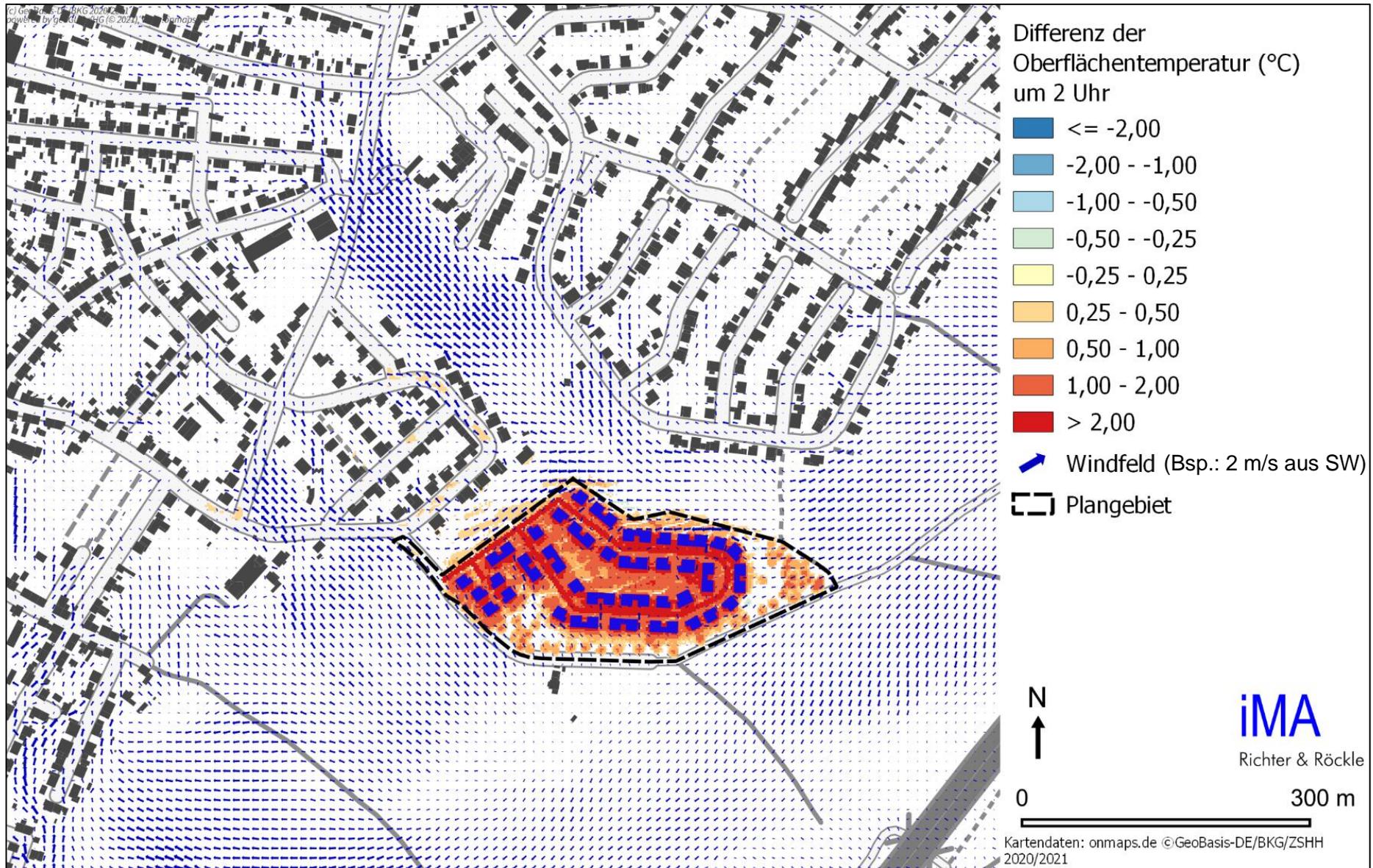


Abbildung 12-13: Differenz der Oberflächentemperatur zwischen Planfall und Nullfall in der Nacht (2 Uhr). Überlagert ist das bodennahe Windfeld im Planfall.

Tabelle 12-1: Eingangsdaten Emissionsberechnung und spezifische Emissionen für den Analyse-, Null- und Planfall

Zweibrücken Analyse 2020												
#	Bezeichnung	DTV	pLNF	pSNF	Typ	nFS	LN	KSA	NOx	NO2	PM10	PM2.5
		Fz/d	%	%			%	%	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)
1	Q1	184	2	1,3	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	1,1	0,3	0,1	0,0
2	Q5	1.123	2	0,6	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	6,5	2,0	0,5	0,2
3	Q11	1.080	2	0,9	Agglo/Erschliessung/50	2	3	44,1	5,2	1,6	0,5	0,2
4	Q13	8.262	4	2,3	Agglo/HVS/50	2	3	25,8	46,7	14,1	4,2	1,7
5	Q14	24.290	6	13,7	Agglo/AB-Nat./100	4	2	0,8	153,3	43,1	13,7	6,3
Zweibrücken Nullfall 2023												
#	Bezeichnung	DTV	pLNF	pSNF	Typ	nFS	LN	KSA	NOx	NO2	PM10	PM2.5
		Fz/d	%	%			%	%	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)
1	Q1	189	2	1,2	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	0,9	0,3	0,1	0,0
2	Q5	1.157	2	0,6	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	5,1	1,5	0,5	0,2
3	Q11	1.112	2	0,8	Agglo/Erschliessung/50	2	3	44,1	4,0	1,2	0,5	0,2
4	Q13	8.871	4	2,2	Agglo/HVS/50	2	3	25,8	37,7	11,3	4,4	1,6
5	Q14	28.199	6	12,4	Agglo/AB-Nat./100	4	2	0,8	137,6	39,8	15,0	6,6
Zweibrücken Planfall 2023												
#	Bezeichnung	DTV	pLNF	pSNF	Typ	nFS	LN	KSA	NOx	NO2	PM10	PM2.5
		Fz/d	%	%			%	%	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)	µg/(m·s)
1	Q1	715	2	0,5	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	3,2	0,9	0,3	0,1
2	Q5	1.573	2	0,5	Agglo/Erschliessung/50	2	6	44,1	6,9	2,1	0,7	0,3
3	Q11	1.507	2	0,7	Agglo/Erschliessung/50	2	3	44,1	5,4	1,6	0,7	0,3
4	Q13	9.130	4	2,2	Agglo/HVS/50	2	3	25,8	38,7	11,6	4,5	1,7
5	Q14	28.199	6	12,4	Agglo/AB-Nat./100	4	2	0,8	137,6	39,8	15,0	6,6