



Lohmeyer

STADTKLIMAGUTACHTEN BAD DÜRKHEIM

Auftraggeber:

Stadt Bad Dürkheim
Mannheimer Straße 24
67098 Bad Dürkheim

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dr. rer. nat. B. Brecht
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. Th. Flassak

Dezember 2021, zuletzt aktualisiert März 2022
Projekt 20320-21-02
Berichtsumfang 105 Seiten

Niederlassung Karlsruhe: An der Rossweid 15, 76229 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721 / 62510-0, E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Niederlassung Dresden: Friedrichstraße 24, 01067 Dresden, Tel.: +49 (0) 351 / 83914-0, E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Niederlassung Dorsten: Alleestraße 10, 46282 Dorsten, Tel.: +49 (0) 2362 / 99337-10, E-Mail: info.dorsten@lohmeyer.de

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	1
2	EINLEITUNG	2
3	EINGANGSDATEN	4
4	BESCHREIBUNG DES REGIONALEN KLIMAS IN BAD DÜRKHEIM	5
4.1	Lage des Untersuchungsgebietes	5
4.2	Relief des Untersuchungsgebietes	8
4.3	Klimatische Gegebenheiten	8
4.3.1	Mittlere thermische Verhältnisse	11
4.3.2	Mittlere Windverhältnisse	12
4.4	Lokalklimatische Verhältnisse	17
4.4.1	PALM-4U	17
4.4.2	Meteorologische Eingangsdaten	19
5	ERGEBNISSE DER LOKALKLIMATISCHEN BERECHNUNGEN.....	25
5.1	Stadtweite Berechnungen	26
5.1.1	Situation am Tag	26
5.1.2	Situation in der Nacht	32
5.2	Detaillierte Berechnungen im Stadt kern	48
5.2.1	Situation am Tag	49
5.2.2	Situation in der Nacht	52
6	KLIMAANALYSEKARTE DER STADT BAD DÜRKHEIM	64
6.1	Klimatope	64
6.2	Luftaustausch	70
6.3	Spezifische Klimaeigenschaften	72
6.4	Auszüge aus der gesamten Klimaanalysekarte der Stadt Bad Dürkheim	74
7	PLANUNGSHINWEISKARTE DER STADT BAD DÜRKHEIM.....	85
7.1	Planungshinweise	87

7.1.1 Grün- und Freiflächen.....	87
7.1.2 Bebaute Flächen/Lasträume	89
7.2 Raumspezifische Hinweise	92
7.2.1 Stadträume.....	92
7.2.2 Immissionen	92
7.3 Erläuterungen zur Planungshinweiskarte der Stadt Bad Dürkheim	93
8 FAZIT	103
9 LITERATUR	104

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 Namen 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.

1 AUFGABENSTELLUNG

Für die Stadt Bad Dürkheim ist ein lokalklimatisches Gutachten angefragt, das die klimatischen Gegebenheiten mit besonderer Berücksichtigung des städtischen Wärmeinseleffekts aufzeigt. Insbesondere sind die Ergebnisse des Gutachtens für eine weitere Verwendung im Flächennutzungsplan vor dem Hintergrund des Klimawandels vorgesehen und sollen damit zur Klimaanpassung der Stadt Bad Dürkheim beitragen.

2 EINLEITUNG

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, Sonnenschein-dauer, Strahlungsmenge und Niederschlag.

Die Kombination der genannten Größen beeinflusst neben dem Pflanzenwachstum die Aktivitäten und die Gesundheit der Bewohner und insgesamt die „Lebensqualität“ in einer Region. Für die Einwirkungen auf den Menschen sind vor allem die Komplexe der thermischen (z. B. der Wärmebelastung durch Schwüle) und der lufthygienischen Bedingungen infolge Änderung der Durchlüftung von Bedeutung.

Man unterscheidet das Großklima (mehrere 100 km), das regionale Klima (mehrere 10 km) und das lokale Klima (ca. 100 m bis mehrere km). Das Großklima wird z. B. beeinflusst durch die geografische Länge und Breite, die Höhenlage, die Lage zum Meer und zu Gebirgszügen. Wichtige Einflussgrößen für das regionale und lokale Klima sind, ausgehend von der geografischen Situation und der Verteilung der großräumigen Wetterlagen, das Relief und die Zusammensetzung der Landnutzung. Das Klima eines Ortes ist die Summe aus den Einflüssen der genannten Maßstabsbereiche.

Unter Stadtklima versteht man das Klima einer Stadt, welches aufgrund der Wechselwirkung der Atmosphäre mit der Bebauung sowie aufgrund von Luftschatstoffemissionen gegenüber den Verhältnissen im Umland modifiziert ist. Die Besonderheiten sind u. a.:

- Änderung der Temperatur- und bioklimatischen Verhältnisse

Durch die Energieumsetzungen der solaren Einstrahlung an künstlichen Oberflächen wird Wärme erzeugt. Dies bewirkt, dass die städtischen Bereiche in der Regel wärmer sind als die Umgebung (Wärmeinseleffekt). Zudem hat die städtische Bebauung ein erhöhtes Wärmespeicherungsvermögen.

Die Folgen sind: erhöhte Wärmebelastung an Sommertagen, geringere Abkühlung in den Nächten.

- Änderung des lokalen Windfeldes

Die städtische Bebauung stellt bodennah ein Strömungshindernis dar, welches das lokale Windfeld stark beeinflusst.

Die Folgen sind: geringere mittlere Windgeschwindigkeiten und damit Verschlechterung der Durchlüftungsverhältnisse im Mittel, eingeschränkter Luftaustausch mit dem Umland besonders bei stabilen Wetterlagen und damit: schlechterer Abtransport von in der Stadt emittierten Schadstoffen, Erhöhung der Böigkeit durch Kanalisierungseffekte, Wirbelbildung in stärker bebauten Straßenbereichen.

- Änderung der lufthygienischen Situation

In städtischen Bereichen werden durch anthropogene Nutzungen im Vergleich zum Umland deutlich mehr Schadstoffe emittiert (Hauptquellen sind der Straßenverkehr, die Haushalte und die Industrie).

Die Folgen sind: Lufthygienische Belastungen, die aufgrund der verschlechterten Durchlüftungsverhältnisse (siehe oben) noch verstärkt werden.

Auch auf andere meteorologische Parameter (z. B. Feuchte- und Niederschlagsverhältnisse) wirkt sich die städtische Bebauung modifizierend aus.

Die klimatischen Verhältnisse einer Stadt tragen in ihrer Gesamtheit wesentlich zum Wohlbefinden der Einwohner bei.

3 EINGANGSDATEN

Zur Bearbeitung der vorliegenden Stadtklimaanalyse wurden folgende Materialien von der Stadt Bad Dürkheim zur Verfügung gestellt und genutzt:

- Digitales Geländemodell für die Gemarkung Bad Dürkheim
- Digitales Oberflächenmodell für die Gemarkung Bad Dürkheim
- Digitales Landschaftsmodell für die Gemarkung Bad Dürkheim
- Lage und Höhe der Gebäude für die Gemarkung Bad Dürkheim als LoD1- und LoD2-Daten
- Wetterdaten der Station am Rathaus von Bad Dürkheim
- Digitale topographische Karten für die Gemarkung Bad Dürkheim
- Digitale Orthophotos für die Gemarkung Bad Dürkheim
- Verkehrszahlen aus dem Jahr 2018, d. h. Kfz/Tag

4 BESCHREIBUNG DES REGIONALEN KLIMAS IN BAD DÜRKHEIM

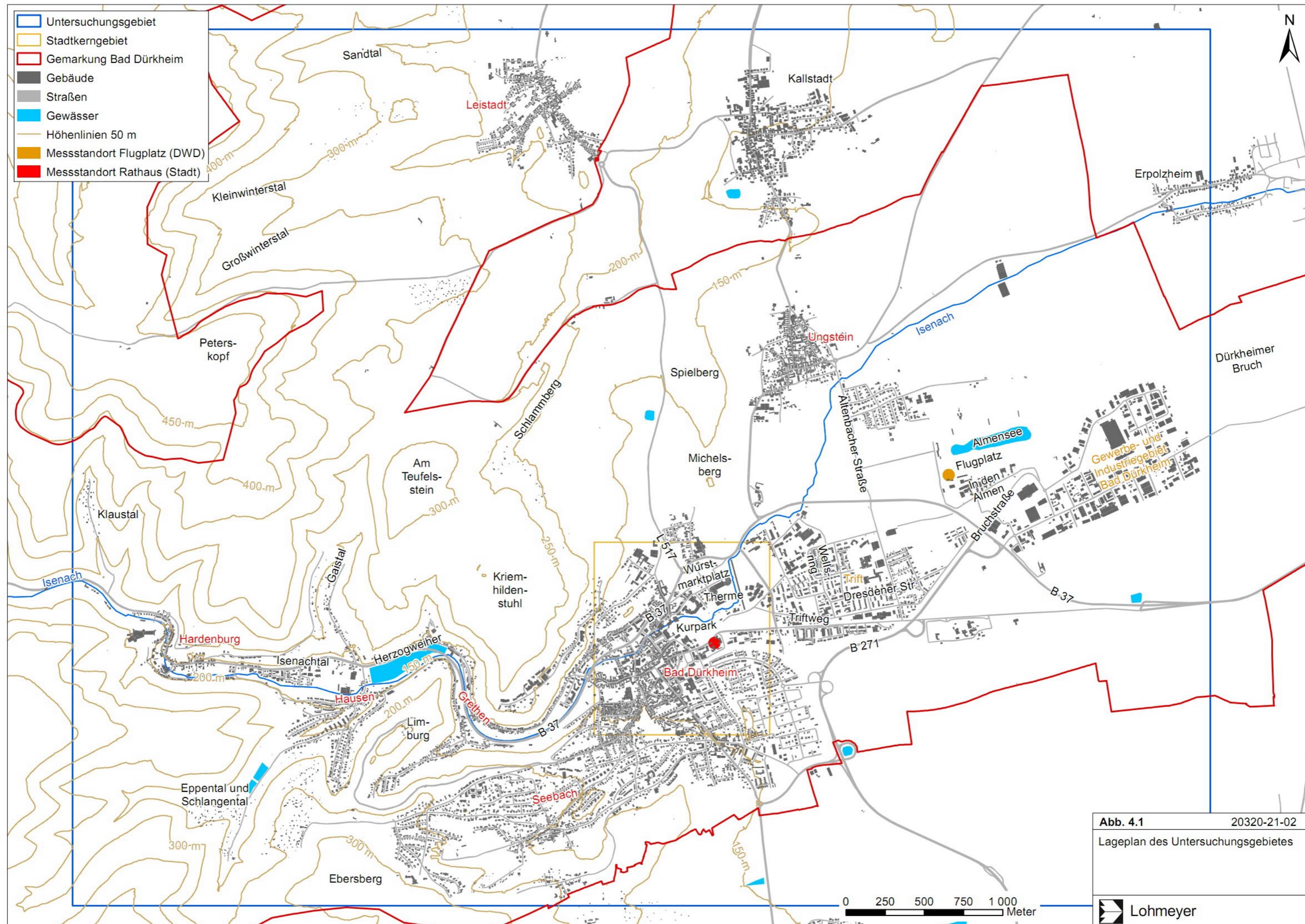
4.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Bad Dürkheim liegt entlang des Baches Isenach im Bereich des östlichen Randes des mittleren Pfälzerwaldes, der Haardt und der Weinstraße in Rheinland-Pfalz. Während sich der Stadtkern auf etwa 130 m ü. NHN befindet, reicht die Gemarkung Bad Dürkheim bis etwa 15 km in den Pfälzerwald hinein, bei einer maximalen Höhe von 570.8 m ü. NHN (Drachenfels). Die Siedlungsbereiche westlich des Stadtkerns von Bad Dürkheim erstrecken sich bis etwa 3 km in das Isenachtal und seine Nebentäler in den Pfälzerwald hinein.

Die **Abb. 4.1** zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes, das die Siedlungsbereiche der Stadt Bad Dürkheim enthält. Der Stadtkern von Bad Dürkheim liegt im Bereich bzw. etwas östlich des Talausgangs des Isenachtals. Westlich des zentralen Siedlungsbereiches von Bad Dürkheim erstrecken sich die Ortsteile Grethen-Hausen und Hardenburg entlang des Isenachtals und seinen Nebentälern, z. B. dem Klaustal, Gaistal, Eppental und Schlangental, in den Pfälzerwald hinein. Südwestlich des Stadtkerns liegt der Ortsteil Seebach etwas erhöht an den Ost- bis Nordosthängen des Ebersberges. Ostnordöstlich des Stadtkerns von Bad Dürkheim befindet sich der Siedlungsbereich Trift und weiter ostnordöstlich das Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheims. Etwa 600 m nördlich des Siedlungsbereiches Trift befindet sich mit Ungstein ein weiterer Ortsteil, durch den die Isenach in nordöstliche Richtung fließt. An den Talausgängen des Groß- und Kleinwinterstals sowie des Sandtals liegt etwa 2.5 km nördlich der Kernstadt Bad Dürkheim der Ortsteil Leistadt.

Während die Randhöhen des Pfälzerwaldes bzw. der Haardt überwiegend bewaldet sind, werden die Freiflächen entlang der Weinstraße und östlich davon zum Großteil für Weinanbau genutzt; ausgenommen davon sind die Bereiche der Dürkheimer Bruch im Niederungsgebiet der Isenach.

Neben den hier durchgeführten stadtweiten Untersuchungen, die die überwiegenden Siedlungsbereiche der Gemarkung Bad Dürkheim umfassen, werden detaillierte Betrachtungen für ein ausgewähltes Gebiet, dem Stadtkerngebiet, durchgeführt. Die **Abb. 4.2** zeigt die Lage des Stadtkerngebietes, das vom Hauptfriedhof im Westen bis zur Gutleutstraße im Osten und von der Gaustraße im Süden bis nördlich des Wurstmarktplatzes im Norden reicht.



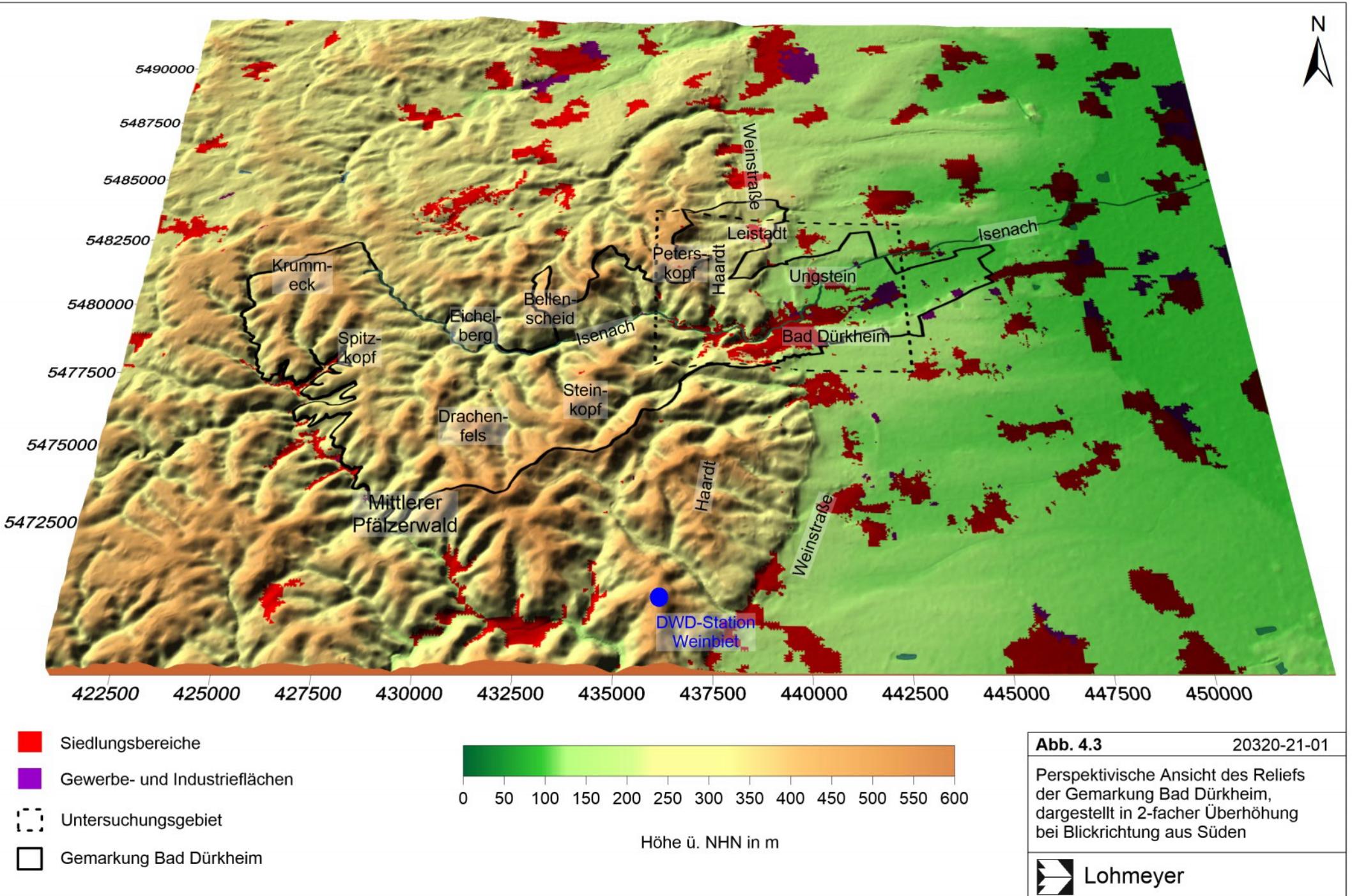


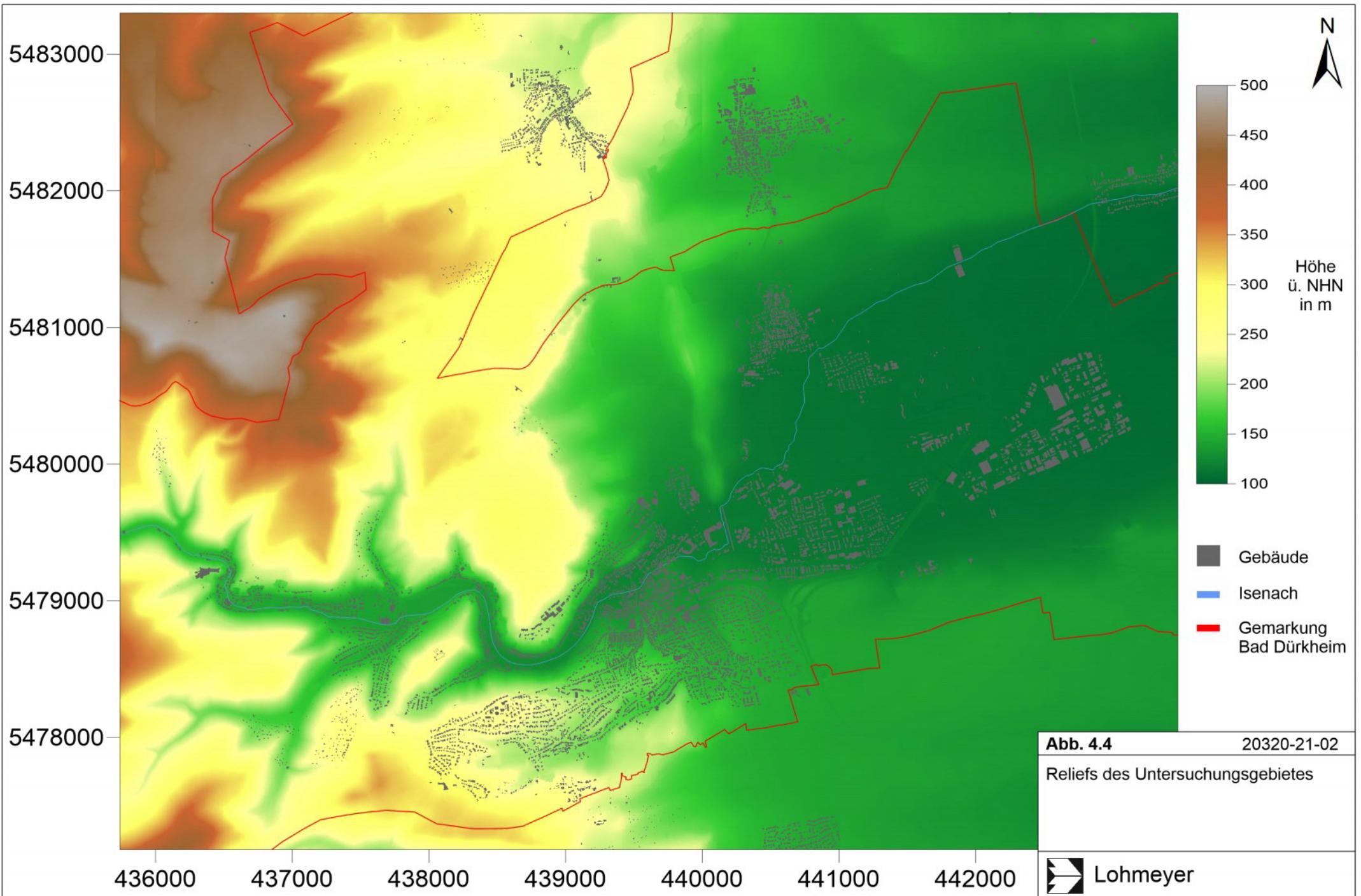
4.2 Relief des Untersuchungsgebietes

Eine perspektivische Darstellung des Reliefs der Gemarkung Bad Dürkheim und der weiteren Umgebung zeigt **Abb. 4.3**; das Untersuchungsgebiet ist mit einem gestrichelten rechteckigen Rahmen dargestellt. Im nordwestlichen Bereich der Gemarkung entspringt die Isenach im mittleren Pfälzerwald, wobei deren umliegende Randhöhen über 500 m ü. NHN, z. B. Drachenfels oder Steinkopf bzw. über 400 ü. NHN, z. B. Krummeck, Spitzkopf, Peterskopf, Eichelberg, Bellenscheid, aufweisen. Im Vergleich zur Talsohle ergeben sich damit Höhenunterschiede von Großteils 200 m bis 300 m. **Abb. 4.4** zeigt eine detaillierte Darstellung des Reliefs im Untersuchungsgebiet. Der Ortsteil Leistadt im nördlichen Bereich der Gemarkung von Bad Dürkheim, östlich der Talausgänge des Groß- und Kleinwinterstals sowie des Sandtals, liegt etwas höher als die östlich angrenzende Ebene. Etwa 2.5 km südlich von Leistadt beginnen die Siedlungsbereiche der Stadt Bad Dürkheim. Dazwischen liegt eine flache Senke, die im Westen vom Schlammburg und Kriemhildenstuhl und im Osten vom Spiel- und Michelsberg begrenzt wird. Östlich des Spielbergs liegt Ungstein beidseitig der Isenach. Die Ortsteile Grethen-Hausen und Hardenburg liegen im Tal der Isenach und deren Nebentälern. Die Stadt Bad Dürkheim liegt am Talausgang entlang der Isenach, wobei das Gelände nach Nordwesten zum Kriemhildenstuhl ansteigt; in die Siedlungsbereiche nach Süden bzw. Südosten ergibt sich leicht ansteigendes Gelände, sodass der südöstliche Siedlungsbereich etwa 20 m bis 30 m über den Bereichen entlang der Isenach liegt. Südwestlich des Stadtkerns schließt Seebach an den Hängen des Eberberges an und steigt von Nordost nach Südwest leicht an. Im südlichen Bereich von Seebach befindet sich ein etwa 20 m bis 30 m eingeschnittener Bereich von West nach Ostnordost.

4.3 Klimatische Gegebenheiten

In Folge des Reliefs ergeben sich in der Gemarkung von Bad Dürkheim unterschiedliche Klimata, die von warmen Sommern und milden Wintern, d. h. klimatisch günstig für den Weinanbau entlang der Weinstraße, bis zu etwas kühleren Verhältnissen im Pfälzerwald reichen. Zudem ergeben sich aufgrund der Lage am Rand des Pfälzerwaldes bei den entsprechenden Wetterlagen lokalklimatische Besonderheiten, wie beispielsweise nächtliche Berg-, Tal- und Hangabwinde sowie Tal- und Hangaufwinde in den Tagstunden.





4.3.1 Mittlere thermische Verhältnisse

Die **Tab. 4.1** zeigt einige Klimakenmgrößen für die Stationen Bad Dürkheim und Weinbiet des Deutschen Wetterdienstes (DWD; blaue Markierung in **Abb. 4.3**) für verschiedene 30-jährige Klimazeiträume seit 1961. Während die Station Bad Dürkheim repräsentativ für die tief gelegenen Bereiche entlang der Weinstraße ist, sind die Verhältnisse der Station Weinbiet, die etwa 10 km südsüdwestlich des Stadtcores Bad Dürkheim auf 554 m ü. NHN liegt, repräsentativ für die hoch gelegenen Bereiche der Gemarkung Bad Dürkheim. An der Station Bad Dürkheim wurde zwischen 1961 und 1990 eine mittlere Temperatur von 9.7 °C bei durchschnittlich 16 Eistagen, 76 Frosttagen, 45 Sommertagen und 9 Heißen Tagen gemessen. Mit 579 mm pro Jahr ist die Niederschlagssumme aufgrund der Lage im Lee des Pfälzerwaldes im deutschlandweiten Vergleich relativ gering. An der höher gelegenen Station Weinbiet wurde im gleichen Zeitraum eine etwa 1.9 °C geringere Mitteltemperatur gemessen, mehr Eis- und Frosttage sowie weniger Sommertage und Heiße Tage. Mit dem Klimawandel ist die mittlere Temperatur zwischen 1961 – 1990 und 1991 – 2020 an beiden Stationen deutlich gestiegen, d. h. 1.4 °C an der Station Bad Dürkheim und 1.2 °C an der Station Weinbiet.

Tab. 4.1: Klimakenmgrößen für die DWD-Stationen Bad Dürkheim und Weinbiet. Quelle: Climate Data Center des DWD, Stand: 27.09.2021.

	Bad Dürkheim ¹				Weinbiet ²			
	1961 -	1971 2000	1981 2010	1991 2020	1961 -	1971 2000	1981 2010	1991 -
Mittlere Lufttemperatur in °C	9.7	10.1	10.5	11.1	7.8	8.3	8.5	9.0
Eistage pro Jahr	16	14	14	11	37	31	32	27
Frosttage pro Jahr	76	65	66	63	95	85	84	78
Sommertage pro Jahr	45	49	57	64	22	27	30	36
Heiße Tage pro Jahr	9	12	15	19	3	4	5	7
Niederschlagssumme pro Jahr in mm	579	574	574	540	585	608	636	630

¹ mehrfache Stationsverlegung außerhalb der Stadt oder in randstädtischen Bereichen innerhalb der Gemarkung Bad Dürkheim, seit Juni 2004 am Flugplatz Bad Dürkheim

² ohne die Jahre 1977-1982

Gleichzeitig wurden auch deutlich mehr Sommertage und Heiße Tage gemessen, während die Zahl der Eis- und Frosttage zurück ging. In Bezug auf die mittlere jährliche Niederschlagssumme kann anhand der 30-jährigen Zeiträume aus **Tab. 4.1** keine eindeutige Tendenz abgeleitet werden. Für die Zukunft wird ein weiterer Anstieg der mittleren Temperatur, der Anzahl der Sommertage und heißen Tage, sowie eine Verringerung der Eis- und Frosttage projiziert, sodass der Fokus der folgenden Betrachtungen auf der Wärmebelastung im Sommer liegt.

Für die letzte Dekade, d. h. zwischen 2011 und 2020, liegen uns zudem Daten der Temperatur für die Messstation am Rathaus von Bad Dürkheim vor (rote Markierung in **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2**). Im Vergleich zur mittleren Temperatur am Flugplatz (orange Markierung in **Abb. 4.1**) wurde in der letzten Dekade am Rathaus mit 12.0 °C eine 0.3 K höhere Mitteltemperatur gemessen, die den Wärmeinseleffekt der Stadt widerspiegelt. Tage mit Wärmebelastung und relevantem städtischen Wärmeinseleffekt entstehen häufig bei sommerlichen autochthonen, d. h. schwachwindigen und wolkenarmen, Wetterlagen. Bei solchen Wetterlagen entsteht nach Sonnenuntergang die Kaltluftbildung und Entwicklung der Kaltluftströmung, indem vegetationsbestandene Flächen gegenüber versiegelten Flächen oder Wasserflächen intensiver und rascher abkühlen. Damit kühlt auch die darüber gelegene Luftschicht 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 wie Bad Dürkheim fördern können. Tagsüber erwärmen sich die Täler und begleitende Hänge aufgrund ihres geringeren Luftvolumens gegenüber dem Flachland schneller, sodass sich bei solchen Wetterlagen eine tal- bzw.- hangaufwärts gerichtete Zirkulation ergibt.

4.3.2 Mittlere Windverhältnisse

Die mittleren Windverhältnisse werden in Bad Dürkheim und Umgebung von der großräumigen Wetterlage, sowie der topographischen Lage im Pfälzerwald beziehungsweise dem Abstand zum Pfälzerwald geprägt. Im Siedlungsbereich von Bad Dürkheim werden die Strömungen durch die baulichen Bedingungen deutlich modifiziert.

Für Bad Dürkheim liegen uns Messzeitreihen der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung zwischen 2011 und 2020 vor. **Abb. 4.5** zeigt die Windrose für Bad Dürkheim am Rathaus zwischen 2011 und 2020 mit einer Hauptwindrichtung bei Südwest bis West und einer mittleren Windgeschwindigkeit von 2.1 m/s. Das Windrichtungsmaximum wird von den

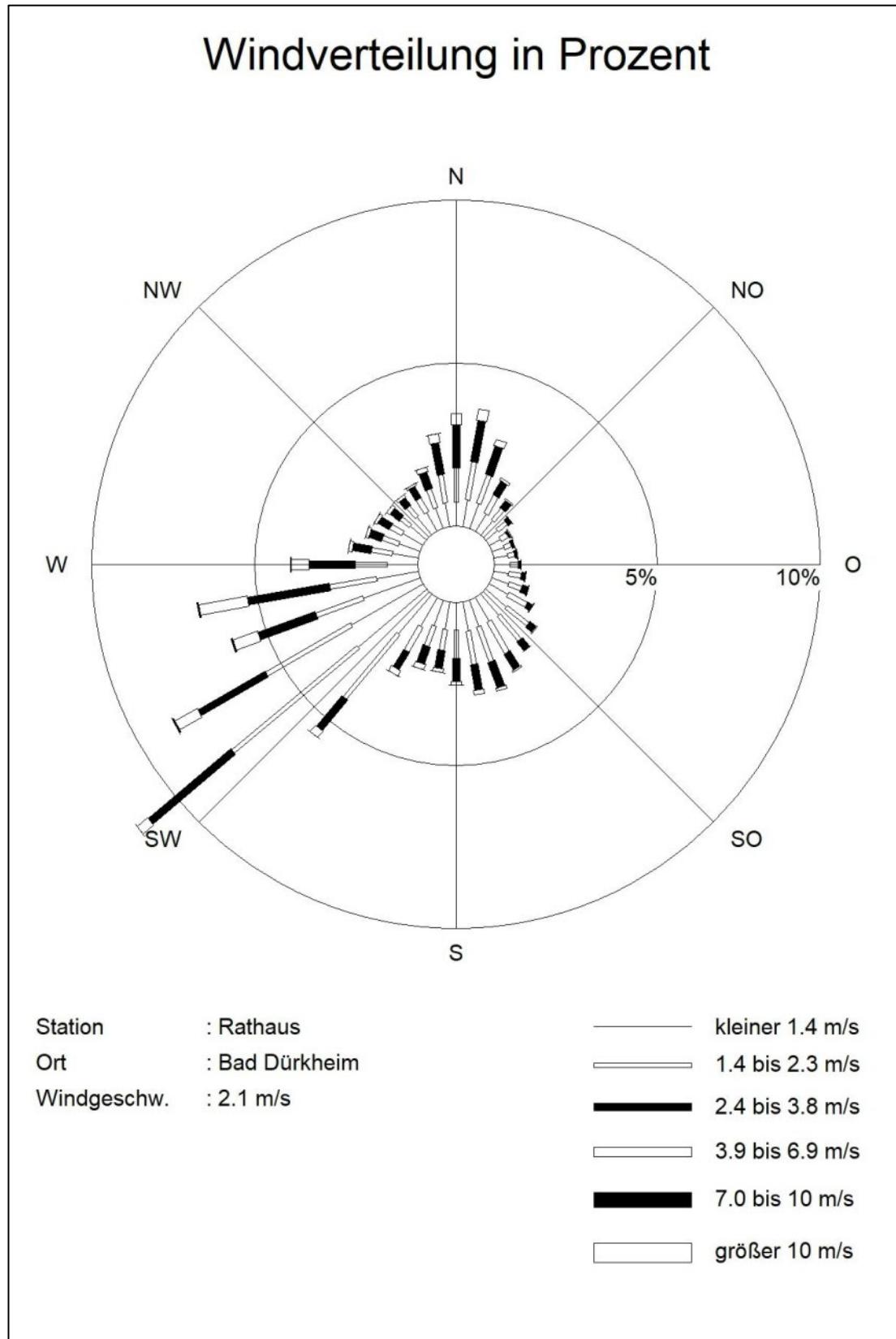


Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung von 2011 bis 2020 für Bad Dürkheim am Rathaus. Quelle: Stadt Bad Dürkheim, eigene Darstellung.

nächtlichen Talauswinden aus dem Isenachtal geprägt. In Nord-Süd-Richtung sind zwei schwache Nebenmaxima erkennbar.

Vom Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung (HErZ), Themenbereich Klimamonitoring und Diagnostik an der Universität Bonn und der Universität zu Köln, liegen hochauflöste Reanalyse-Datensätze vor, d. h. die Berechnung des Atmosphärenzustandes vergangener Jahre bis Jahrzehnte in einem dreidimensionalen Gitter, unter Einbezug aller jetzt vorliegenden Beobachtungen mit einem modernen Rechenmodell. Diese existieren u. a. auf einem Deutschland und Umgebung umfassenden 2 km-Raster (COSMO-REA2) für die Jahre 2007 bis 2013 (Wahl, 2017) und enthalten an den im Untersuchungsgebiet liegenden Gitterpunkten regional repräsentative Winddaten; die Windsysteme einzelner Täler werden damit jedoch nicht erfasst. **Abb. 4.6** zeigt die Windrose der Reanalysedaten für einen Gitterpunkt am Übergang zwischen Pfälzerwald und vorgelagerter Ebene, d. h. etwa auf Höhe östlich des zentralen Siedlungsbereiches von Bad Dürkheim zwischen der Kernstadt und dem Siedlungsbereich Trift, **Abb. 4.7** für einen Gitterpunkt weiter östlich, d. h. etwa auf Höhe des westlichen Bereichs des Gewerbe- und Industriegebietes Bad Dürkheim. Am Übergang des Pfälzerwaldes zur vorgelagerten Ebene ist die Hauptwindrichtung West bis Südwest; dies ist zum einen die übergeordnete Hauptwindrichtung und zum anderen die nächtliche Windrichtung bei Vorhandensein des Berg- und Talwindsystems zwischen dem Pfälzerwald und der vorgelagerten Ebene. Mit Nord und Süd gibt es zwei Nebenmaxima in Bezug auf die Windrichtungsverteilung; damit stimmt die Richtungsverteilung gut mit der gemessenen Verteilung am Rathaus überein (vgl. **Abb. 4.5**), abgesehen von der Häufigkeit der Hauptwindrichtung, die im Modell aufgrund der Auflösung nicht wiedergegeben werden kann, da das Isenachtal nicht aufgelöst wird. Etwas weiter östlich wirkt der Lenkungseffekt des Rheintals, sodass die Hauptwindrichtung talparallel von Nord nach Süd bzw. Süd nach Nord ist. Die westliche Komponente stellt aber weiterhin ein deutliches Nebenmaxima dar.

Auf der Internet-Präsenz der Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz (<https://www.dlr.rlp.de/Agrarmeteorologie/Wetterdaten/Pfalz>; zuletzt abgerufen: 18.11.2021) liegen Winddaten von u. a. Stationen östlich von Wachenheim an der Weinstraße und östlich von Ellerstadt vor, gemessen in etwa 2 m ü. Grund. Die Station bei Wachenheim liegt etwa 2 km südsüdöstlich der südlichen Siedlungsbereiche von Bad Dürkheim und die Station bei Ellerstadt etwa 4 km ostsüdöstlich des Gewerbe- und Industriegebietes von Bad Dürkheim. Es werden monatliche Windrosen gezeigt, die aggregiert etwa den Verhältnissen der Reanalysen entsprechen; das bedeutet eine intensive westliche Komponente in der Nähe zum Pfälzerwald (Wachenheim)

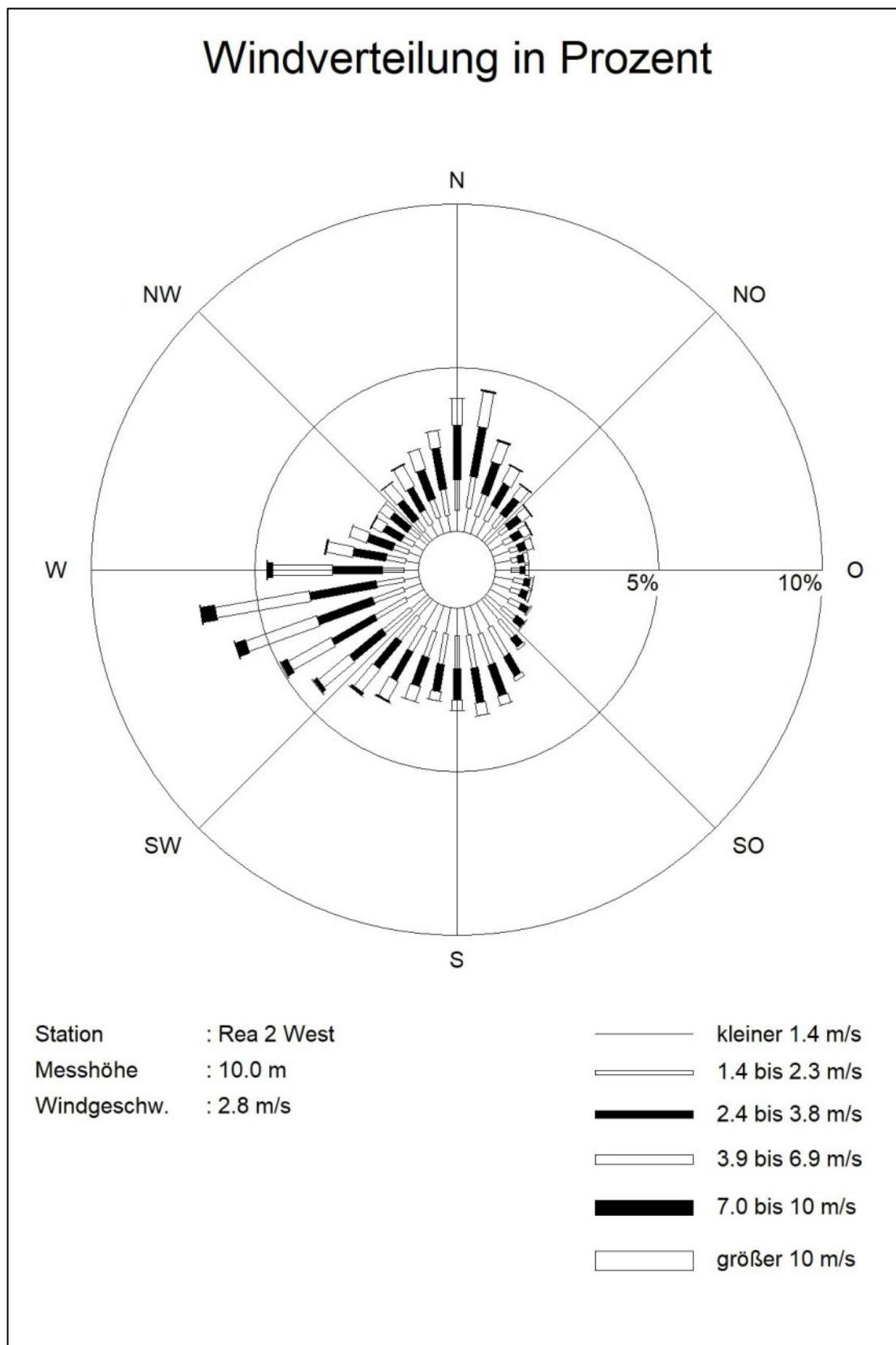


Abb. 4.6: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung von 2007 bis 2013 für einen Gitterpunkt im östlichen zentralen Siedlungsbereiches von Bad Dürkheim. Quelle: Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung, eigene Darstellung.

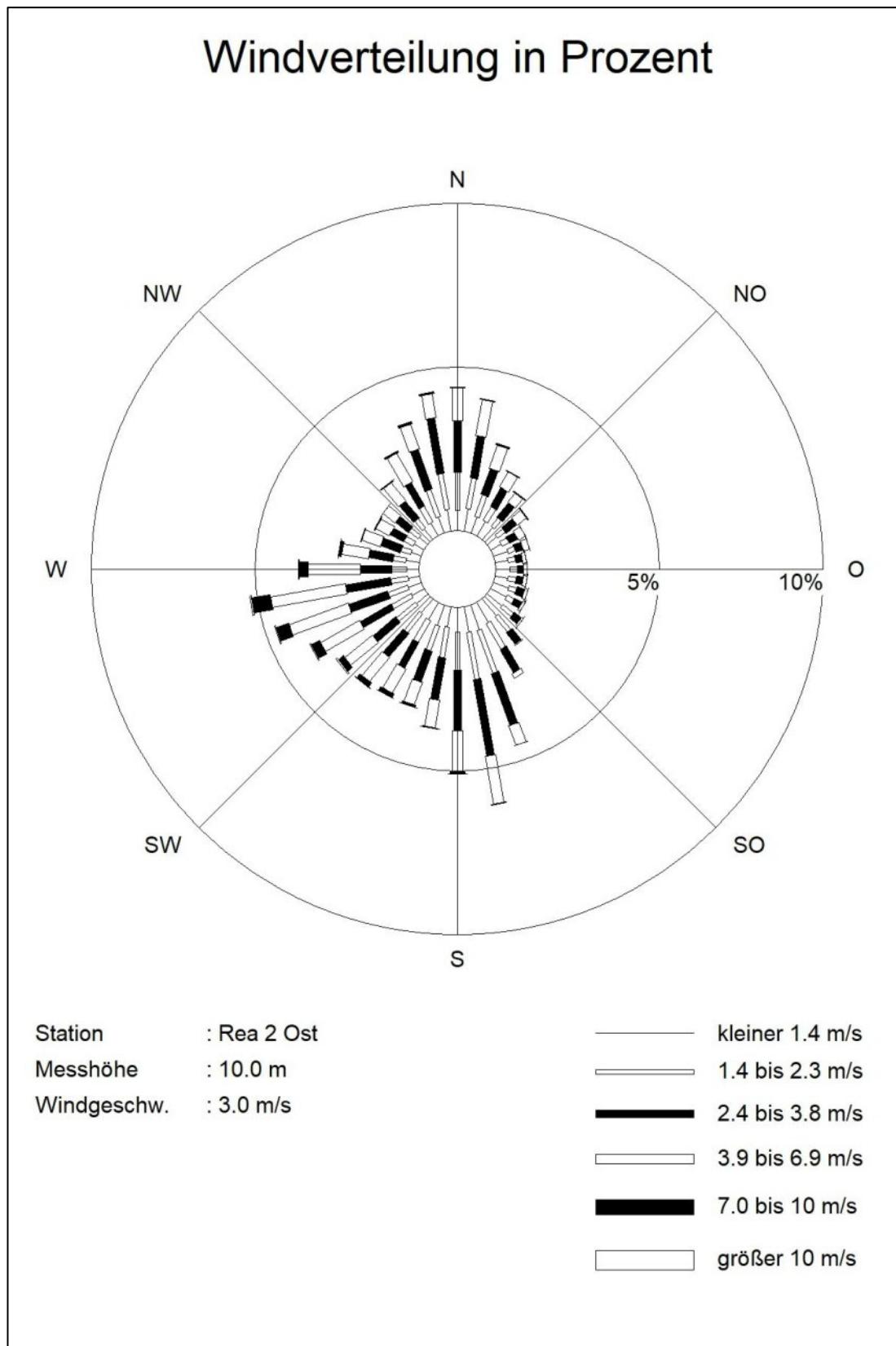


Abb. 4.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung von 2007 bis 2013 für einen Gitterpunkt im westlichen Bereich des Gewerbe- und Industriegebietes von Bad Dürkheim. Quelle: Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung, eigene Darstellung.

und eine starke Nord-Süd-Kanalisierung (Ellerstadt) in größerer Entfernung von den Randhöhen und in Richtung des Rheins.

4.4 Lokalklimatische Verhältnisse

Mit dem Fokus der Untersuchungen auf Wärmebelastung im Sommer, werden entsprechend den regionalen klimatischen Gegebenheiten in der Umgebung des Untersuchungsgebietes die lokalklimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet detailliert anhand eines typischen Tagesgangs eines heißen Sommertages bei einer autochthonen Wetterlage mit Modellsimulationen betrachtet. Für die vorliegende Ausarbeitung werden Modellsimulationen mit dem pro gnostischen Modell PALM-4U mit einer hohen räumlichen Auflösung durchgeführt, so dass die

Um- und Überströmung der Baukörper in Siedlungsbereichen explizit berücksichtigt werden kann und um qualitative sowie quantitative Aussagen über die thermischen Verhältnisse sowie die abendlichen und nächtlichen Kaltluftströmungen im Untersuchungsgebiet zu erhalten.

4.4.1 PALM-4U

Zur Simulation der Verteilung von Klimaparametern in Einzelsituationen wurde das numerische Modell PALM-4U (z. B. Raasch und Schröter, 2001; Maronga et al., 2015, 2019) verwendet, das beispielsweise 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. Fachliteratur 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>, zuletzt abgerufen: 02.11.2021). Eine Validierung der komplexen Testfälle E7 „Grazer Becken - Gegenströmung“ und E8 „Stuttgarter Talkessel - Strömungskanalisierung, Kaltluftabflüsse“ der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ wurde von unserem Büro erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer GmbH, 2020, 2021).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung nach Lage und Höhe im Betrachtungsgebiet. Die Simulationen werden in vier Schritten mit einem sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt. Um alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete zu erfassen, wurde eine grobe Simulation mit 200 m horizontaler Maschenweite bei 848 x 792 Gitterpunkten (ca. 170 km x 160 km) durchgeführt, wobei das Gitter bis in etwa 11 km Höhe bei einer bodennahen vertikalen Auflösung von 12 m reicht. Mittels Nesting wurde ein Zwischenlauf mit 40 m horizontaler Maschenweite und 800 x 600 Gitterpunkten (ca. 32 km x 24 km) bei einer vertikalen Maschenweite von 8 m in Bodennähe durchgeführt. Für das gesamtstädtische Untersuchungsgebiet wurde eine horizontale Maschenweite von 8 m bei 928 x 712 Gitterpunkten (ca. 7.5 km x 5.7 km) genutzt, die vertikale Auflösung beträgt in Bodennähe 4 m. Für die Detailbetrachtungen des zentralen Siedlungsbereiches wurde eine weitere Rechnung mit einer horizontalen Maschenweite von 2 m bei 560 x 616 Gitterpunkten (ca. 1.1 km x 1.2 km) und einer vertikalen Auflösung von 2 m in Bodennähe durchgeführt. In den beiden letztgenannten Gebieten werden Gebäudestrukturen und hohe Vegetation, d. h. Bäume, dreidimensional modelliert. Das Setup der Simulationen entspricht den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ (2017) und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (2017).

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

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

Die **Abb. 4.8** zeigt das Relief der groben Simulation und zwei genestete feiner aufgelöste Simulationen als schwarze Rechtecke. Das grobe Gebiet reicht vom Hunsrück im Westen bis zum Odenwald im Osten und vom Nordschwarzwald im Süden bis zum Taunus im Norden. Das Zwischengebiet mit 40 m horizontaler Auflösung (Nest 1) beinhaltet die komplette Gemarkung Bad Dürkheim mit Randbereichen in alle Richtungen; dieses Gebiet entspricht der Ausdehnung des in **Abb. 4.2** dargestellten Gebietes. Das Untersuchungsgebiet mit 8 m horizontaler Auflösung (Nest 2) entspricht etwa dem dargestellten Untersuchungsgebiet aus **Abb. 4.1** plus etwas Rand. Neben den in Kapitel 3 beschriebenen Eingangsdaten für die Gemarkung Bad Dürkheim wurden für die groben Simulationen in der weiteren Umgebung die Daten des digitalen Geländemodells EU-DEM v1.1 (Copernicus) und die Landnutzungsdaten CLC 2018 (Copernicus) genutzt.

4.4.2 Meteorologische Eingangsdaten

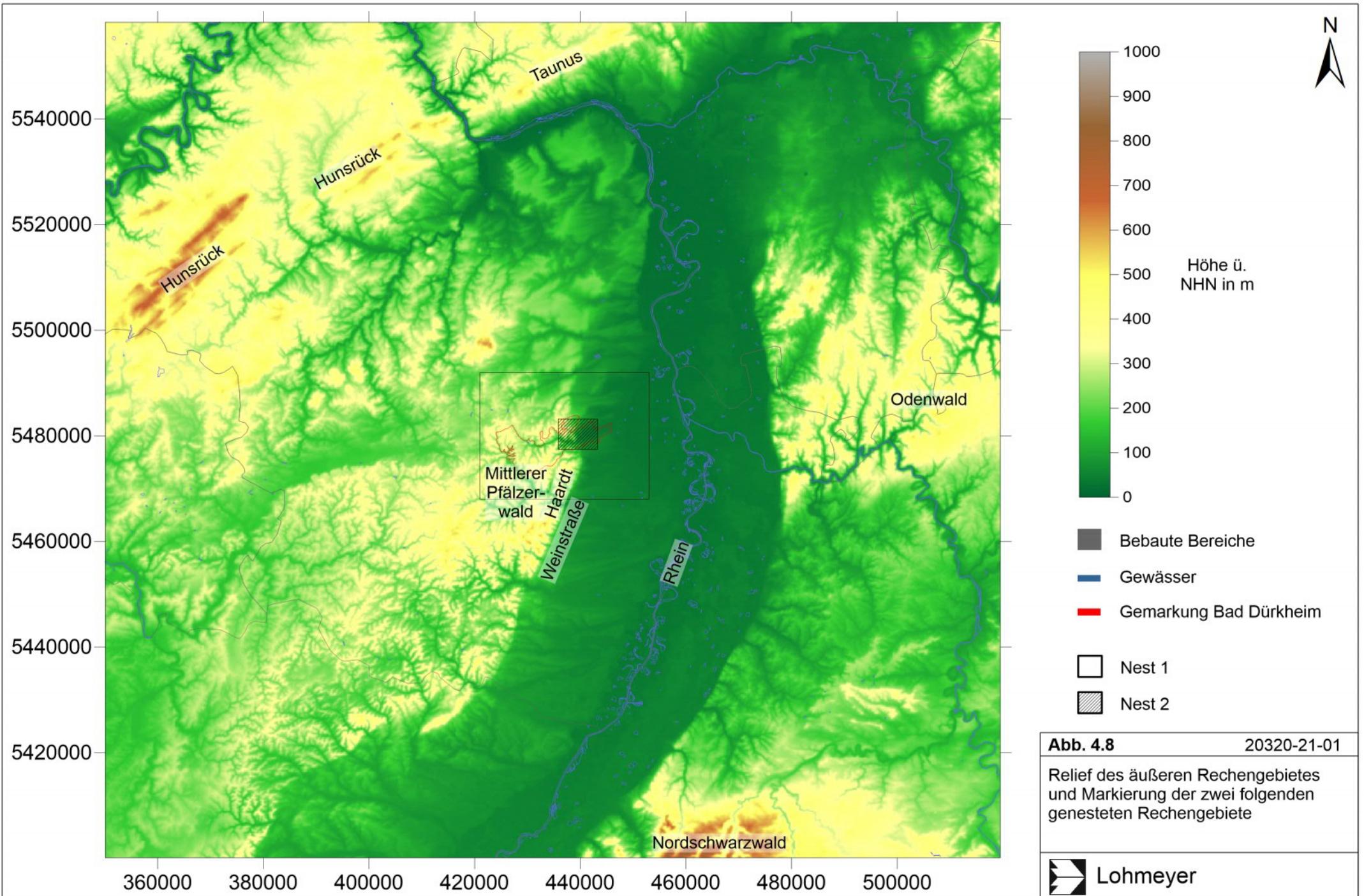
Im Untersuchungsgebiet liegt die Wetterstation Bad Dürkheim des DWD, für die langjährige Messzeitreihen von z. B. der Temperatur und Luftfeuchte in stündlicher Auflösung seit Juni 2004 vorliegen. Die Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung liegt dafür nicht vor (Quelle: Climate Data Center des DWD, Stand: 27.09.2021).

An der Station Bad Dürkheim Rathaus liegen uns die Temperatur und Luftfeuchte, sowie die Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung in stündlicher Auflösung von 2011 bis 2020 vor. Die Windrichtungsverteilung wird an dieser Station stark vom Relief des westlich angrenzenden Pfälzerwaldes und Isenachtal geprägt.

An der Station Weinbiet des DWD liegen neben stündlichen Temperatur- und Feuchtezeitreihen auch langjährige Messdaten der Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung vor. In Bezug auf human-biometeorologische Verhältnisse wird das Augenmerk auf thermisch belastende Tage im Sommer bei autochthonen Wetterlagen gelegt. Deshalb werden die langjährigen Messdaten der Station Weinbiet derart ausgewertet, dass deren Windverteilung in den Tagstunden im Sommer für Tage/Stunden mit

- Bedeckung $\leq 3/8$ (Stundenwert)
- Mittlere Bedeckung in den Tagstunden $\leq 3/8$
- Maximale Bedeckung in den Tagstunden $\leq 6/8$
- Maximale Temperatur am Tag (T_{max}) $\geq 27^{\circ}\text{C}$

selektiert werden. Bei diesen Bedingungen an der Station Weinbiet kann davon ausgegangen werden, dass es im etwa 10 km nordnordöstlich und etwa 400 m tiefer gelegenen Bad



Dürkheim einen heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) gegeben hat. Die **Abb. 4.9** zeigt die Windrose für die Station Weinbiet für Tage/Stunden mit den angegebenen Bedingungen. Die Hauptwindrichtung an warmen Sommertagen mit wenig Bewölkung an der Station Weinbiet ist Südost bis Ost, sodass die Simulationen mit PALM-4U tagsüber mit einem schwachen Antrieb aus Ostsüdost in der entsprechenden Höhe (583 m ü. NHN) angetrieben werden. Nachts wird der Antrieb abgeschaltet, sodass sich die reliefbedingten, thermisch induzierten Kaltluftströmungen im Modell selbst ausbilden.

Als Ergänzung zeigt **Abb. 4.10** die Windrose für die Station Bad Dürkheim am Rathaus für Tage/Stunden mit den angegebenen Bedingungen wie bei der Station Weinbiet, nur mit $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$.

Die **Abb. 4.11** zeigt beispielhaft die Tagesgänge der Lufttemperatur und Luftfeuchte der im Untersuchungsgebiet liegenden Station in Bad Dürkheim am Flugplatz (DWD) und die Lufttemperatur der Station am Rathaus (Stadt Bad Dürkheim) vom 17.07.2014 bis 19.07.2014. Der dargestellte Zeitraum zeigt eine sommerliche Schönwetterperiode mit Tageshöchsttemperaturen von etwa 30 °C am 17.07.2014 und knapp 35 °C an den beiden darauffolgenden Tagen. Die nächtlichen Tiefstwerte liegen bei 15 °C bis 16 °C am 17.07.2014, 16 °C bis 17 °C am 18.07.2014 und 17 °C bis 18 °C am 19.07.2014, wobei die nächtlichen Werte am Flugplatz überwiegend etwa 1 K unter denen am Rathaus liegen, was auf den städtischen Wärmeinseleffekt zurückzuführen ist. Die relative Feuchte verhält sich invers zu der Kurve der Lufttemperatur. Die Werte des 18.07.2014 um 02 MESZ (= 00 UTC) werden für die Initialisierung der Simulation des Tagesgangs der meteorologischen Größen bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage genutzt. Typische Vertikalprofile der Eingangsparameter wurden Radiosondendaten entnommen.

Die **Abb. 4.12** zeigt ergänzend die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Bad Dürkheim Rathaus vom 17.07.2014 bis 19.07.2014.

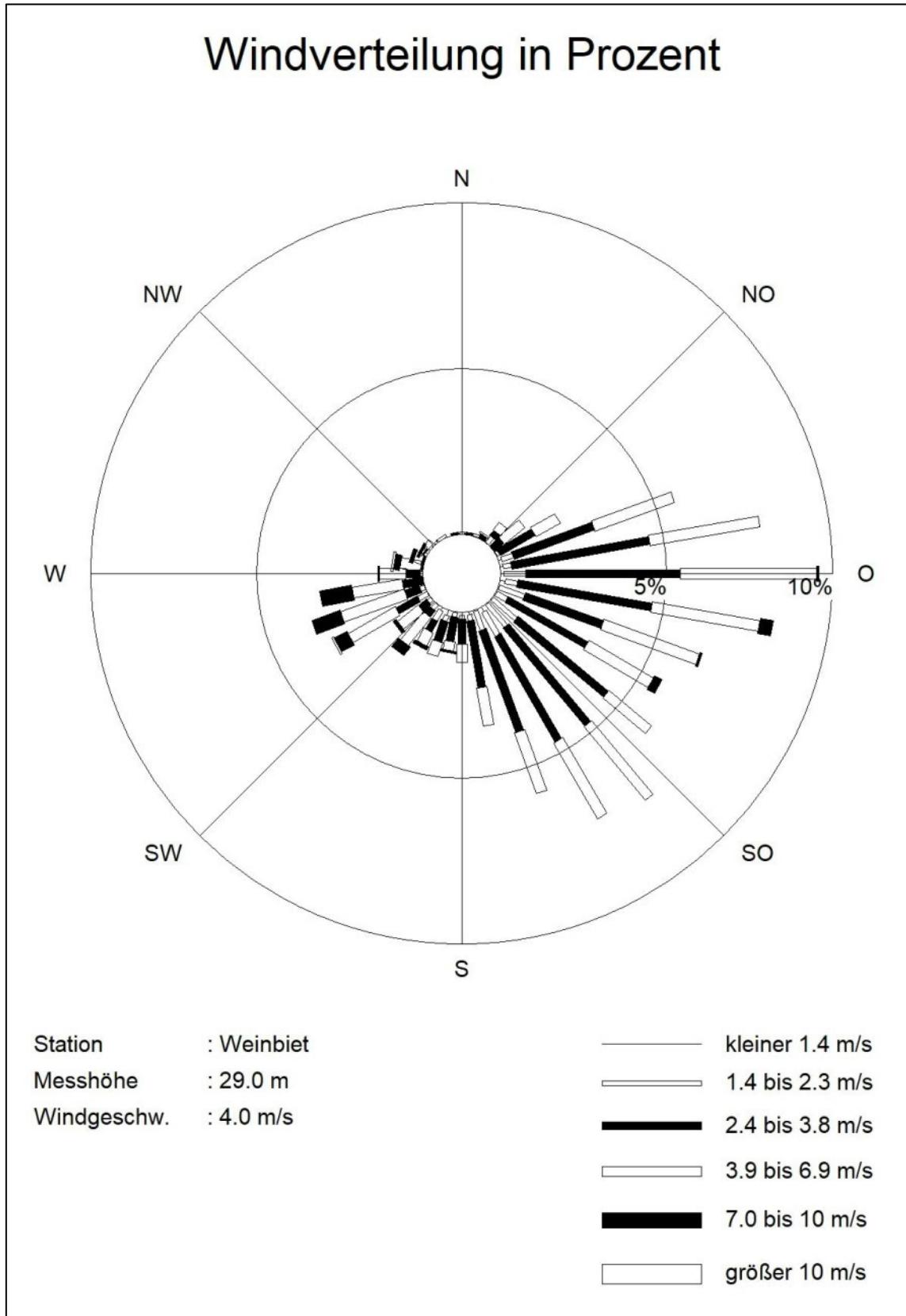


Abb. 4.9: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Weinbiet in den Tagstunden im Sommer bei wolkenarmen Wetterlagen mit $T_{\max} \geq 27^{\circ}\text{C}$ zwischen 1983 und 2020. Quelle: DWD, eigene Darstellung.

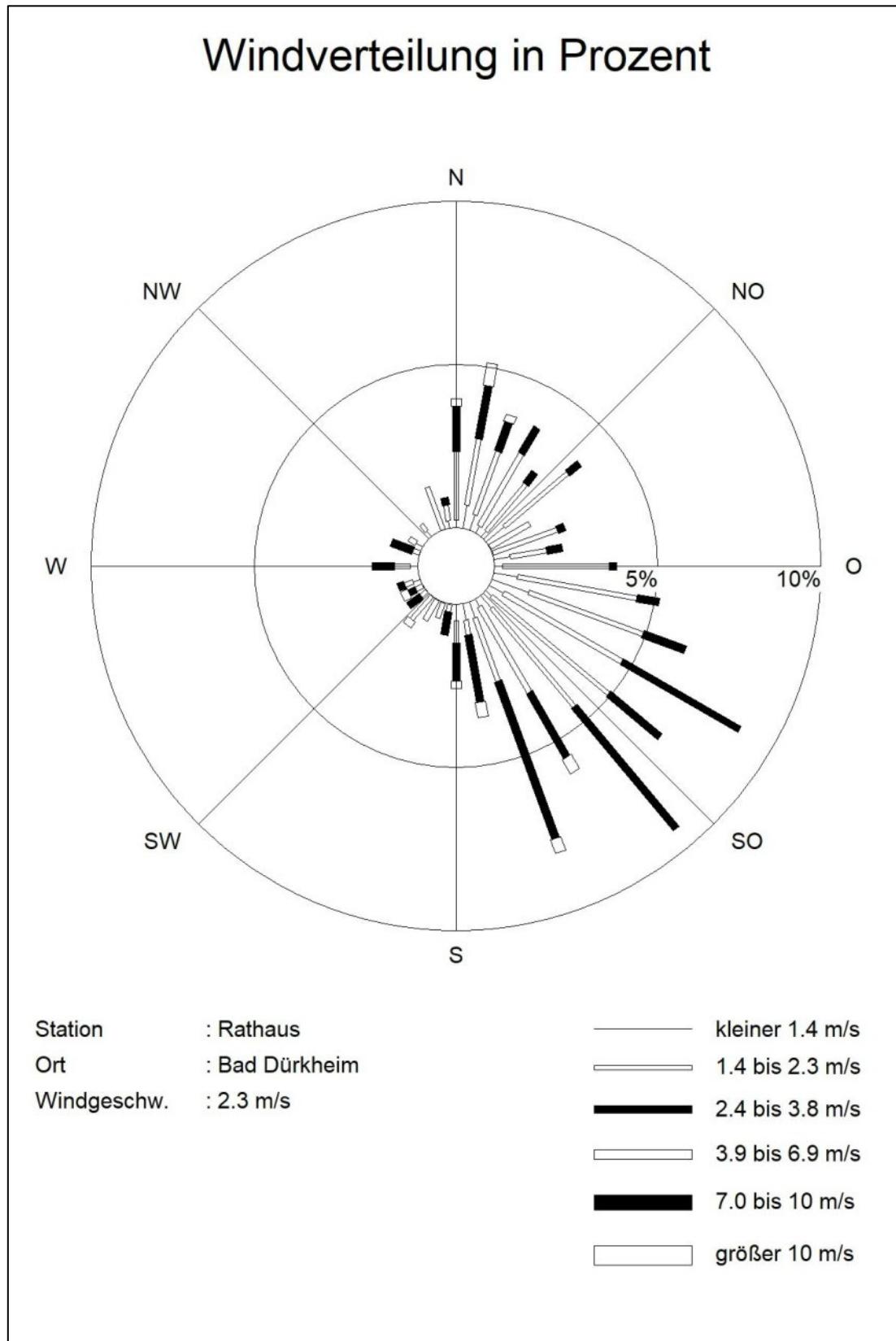


Abb. 4.10: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Bad Dürkheim Rathaus in den Tagstunden im Sommer bei wolkenarmen Wetterlagen mit $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ zwischen 2011 und 2020. Quelle: Stadt Bad Dürkheim, eig. Darst.

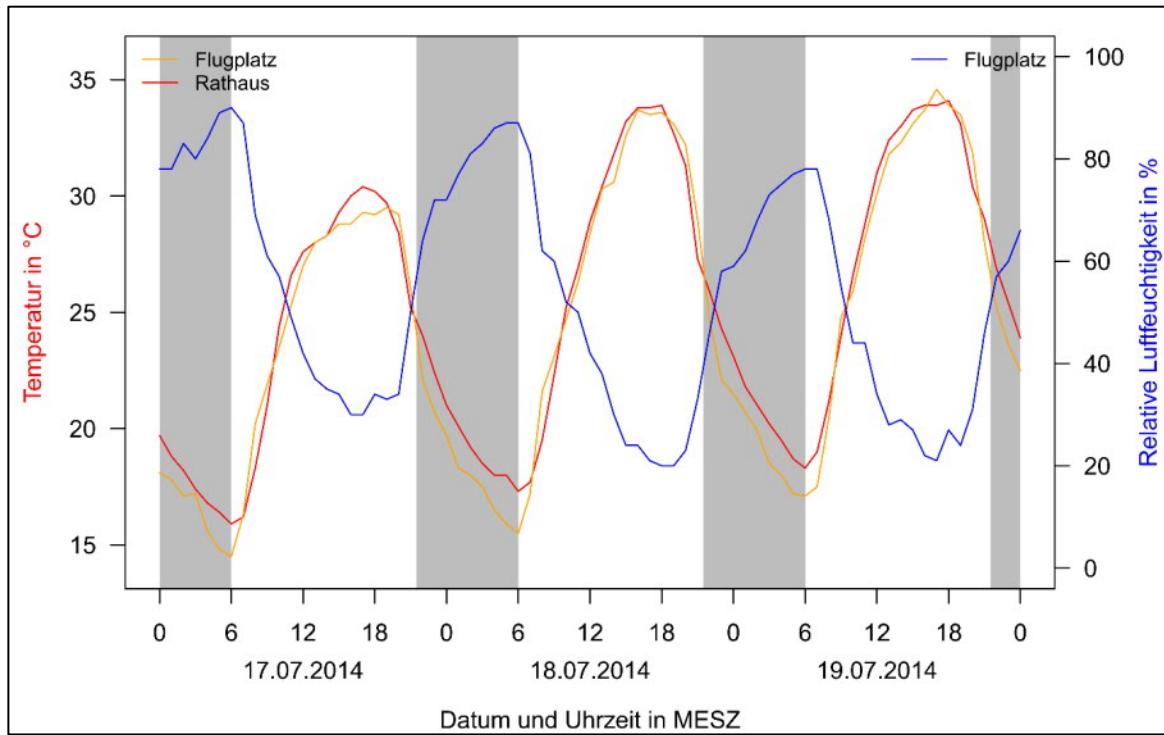


Abb. 4.11: Zeitreihen der Lufttemperatur und relativen Feuchte an den Stationen Bad Dürkheim am Flugplatz (DWD) und Bad Dürkheim am Rathaus (Quelle: Stadt Bad Dürkheim) vom 17.07.2014 bis 19.07.2014. Nachtstunden sind grau eingefärbt.

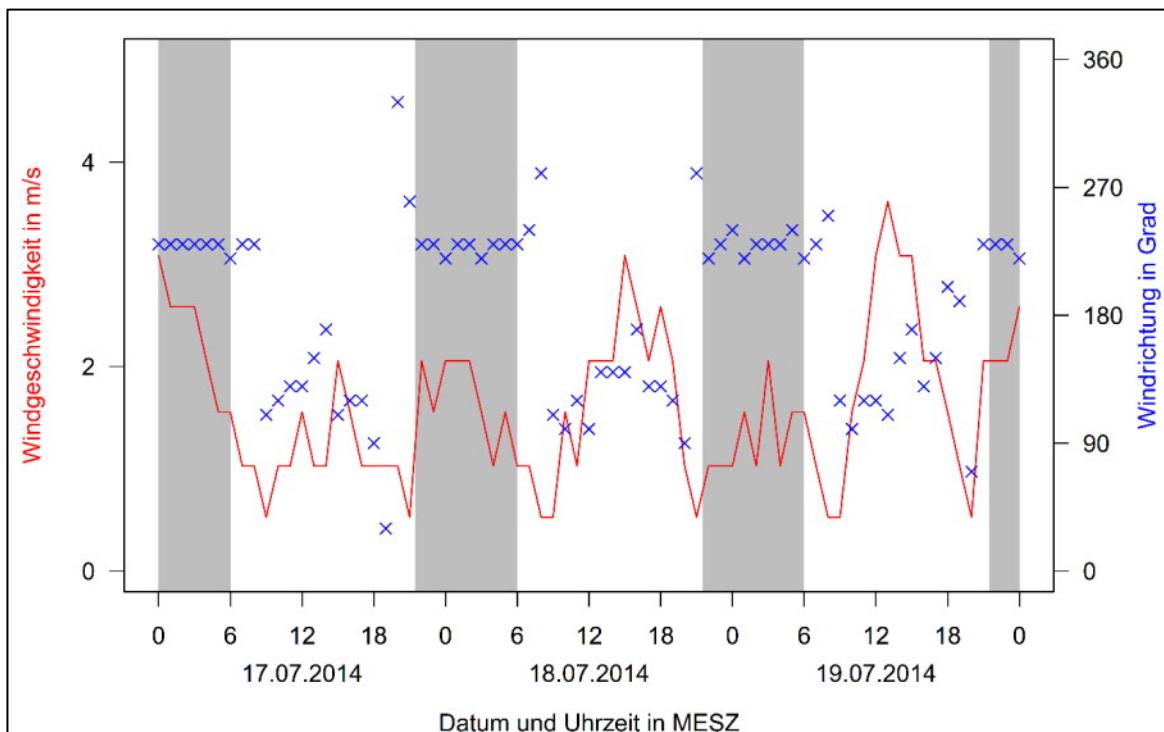


Abb. 4.12: Zeitreihen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station Bad Dürkheim am Rathaus (Quelle: Stadt Bad Dürkheim) vom 17.07.2014 bis 19.07.2014. Nachtstunden sind grau eingefärbt.

5 ERGEBNISSE DER LOKALKLIMATISCHEN BERECHNUNGEN

Für das Aufzeigen der lokalklimatischen Verhältnisse in Bad Dürkheim werden Simulationen mit dem prognostischen meso- und mikroskaligen Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür wird ergänzend zum Untersuchungsgebiet das umliegende Gelände inkl. der Landnutzungen berücksichtigt (**Abb. 4.6**). Das Gebiet wird so groß gewählt, dass alle für das Untersuchungsgebiet relevanten Kaltluftströmungen abgebildet werden.

Die Ergebnisse der Simulationen in Bezug auf Kaltluft 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, strömt; 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 Belüftungsintensität aufgefasst werden. Darüber hinaus werden die Strömungsrichtung, Strömungsgeschwindigkeit, Lufttemperatur und ein bioklimatischer Index in Bodennähe betrachtet.

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftsichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist. Als bioklimatische Größe wird der thermische Belastungsindex UTCI (Universal Thermal Climate Index; z. B. Jendritzky et al., 2012, Bröde et al., 2012) ausgewertet. Als meteorologische Größen gehen in den UTCI die Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte ein, die Ausgabe erfolgt anhand einer Äquivalenttemperatur. Die mittlere Strahlungstemperatur ist definiert als die „einheitliche Temperatur einer schwarz strahlenden Umschließungsfläche (Emissionskoeffizient $\epsilon = 1$), die zu dem gleichen Strahlungsenergiengewinn eines Menschen führt wie die aktuellen, unter Freilandbedingungen meist sehr uneinheitlichen Strahlungsflüsse“. Die mittlere Strahlungstemperatur entspricht in Innenräumen gewöhnlich der Lufttemperatur, kann in

besonnten Bereichen im Freien jedoch mehr als 30 K darüber liegen (VDI 3787 Blatt 2, 2008). Wärmebelastung tritt ab einem UTCI von 26 °C, starke Wärmebelastung ab 32 °C und sehr starke Wärmebelastung ab 38 °C auf. **Tab. 5.1** zeigt den Werten des UTCI zugeordnete Belastungsklassen nach Bröde et al. (2012).

Tab. 5.1: Belastungsklassen des UTCI (Universal Thermal Climate Index), Quelle: Bröde et al. (2012).

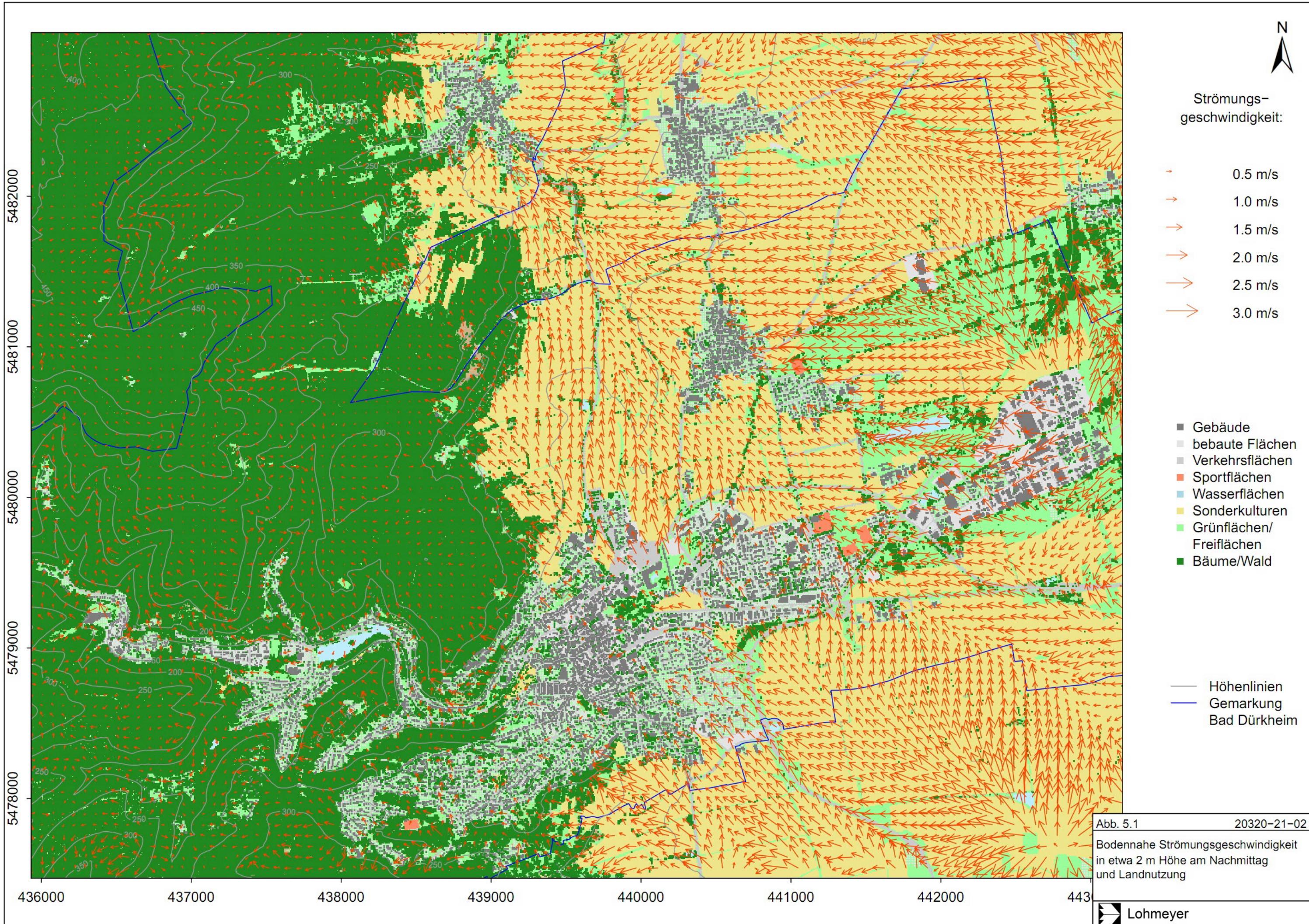
Wertebereich UTCI in °C	Belastungsstufe	Physiologische Wirkung
> +46	extreme Wärmebelastung	
+38 bis +46	sehr starke Wärmebelastung	
+32 bis +38	starke Wärmebelastung	
+26 bis +32	mäßige Wärmebelastung	
+18 bis +26	„thermischer Komfortbereich“	
+9 bis +18	keine thermische Belastung	
0 bis +9	schwache Kältebelastung	
-13 bis 0	mäßige Kältebelastung	
-27 bis -13	starke Kältebelastung	
-40 bis -27	sehr starke Kältebelastung	
< -40	extreme Kältebelastung	

5.1 Stadtweite Berechnungen

5.1.1 Situation am Tag

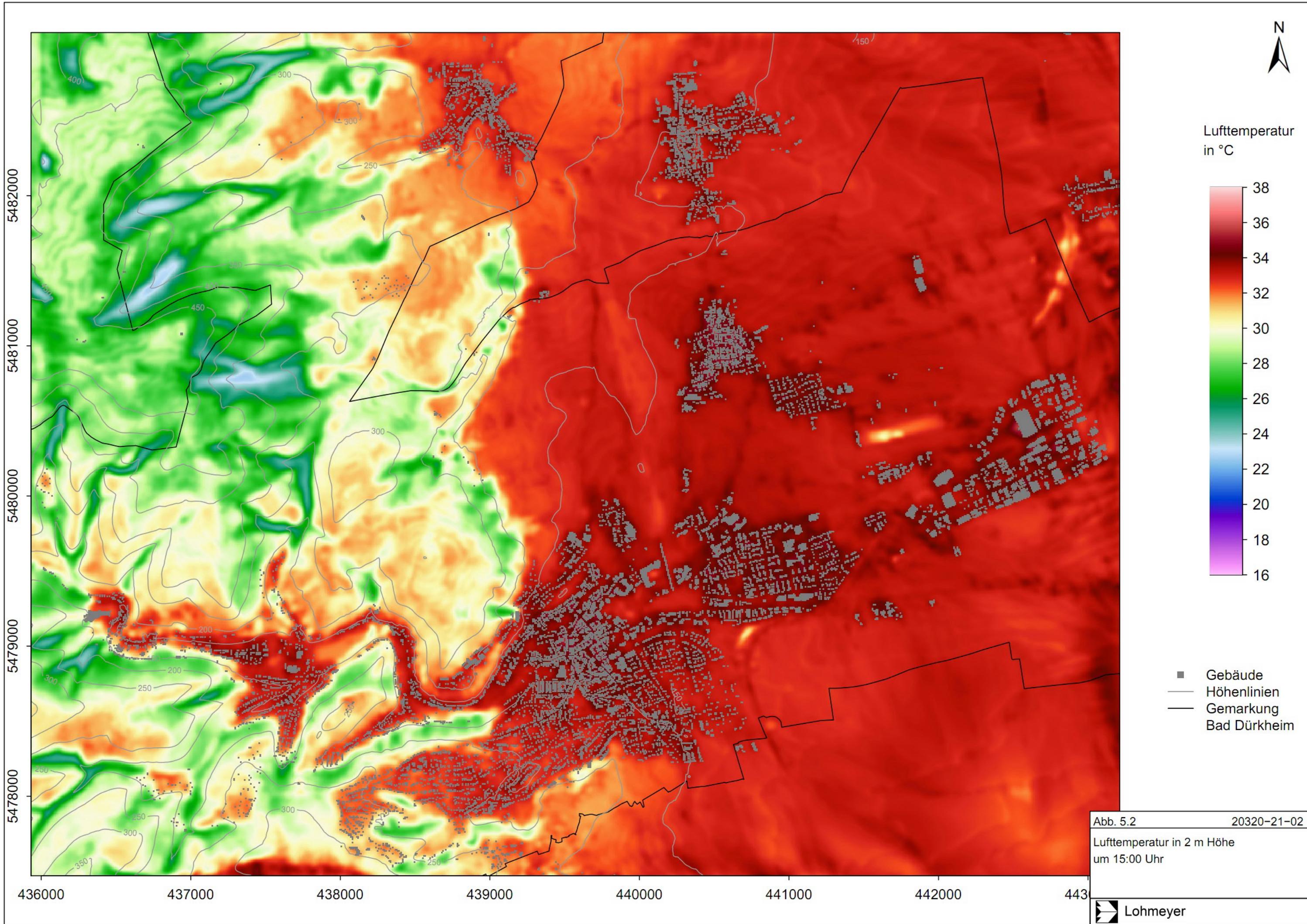
An einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wird bei einer autochthonen Wetterlage meist am späten Nachmittag zwischen 16:00 Uhr und 18:00 Uhr (alle Zeitangaben beziehen sich auf MESZ) die höchste Lufttemperatur in 2 m Höhe erreicht. Für die Wärmebelastung eines Menschen ist diese aber nicht allein prägend, sondern neben der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit vor allem die mittlere Strahlungstemperatur. Diese erreicht im Sommer etwa um 14:00 Uhr ihren Höchstwert. Als Auswertezeitraum für die Betrachtung der Wärmebelastung am Tag wird eine Stunde am Nachmittag ausgewählt, in der beide Parameter nahe ihrem Höchstwert sind, d. h. beispielsweise um 15:00 Uhr.

Die **Abb. 5.1** zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund an einem Heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Untersuchungsgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder neunte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Über den unbebauten



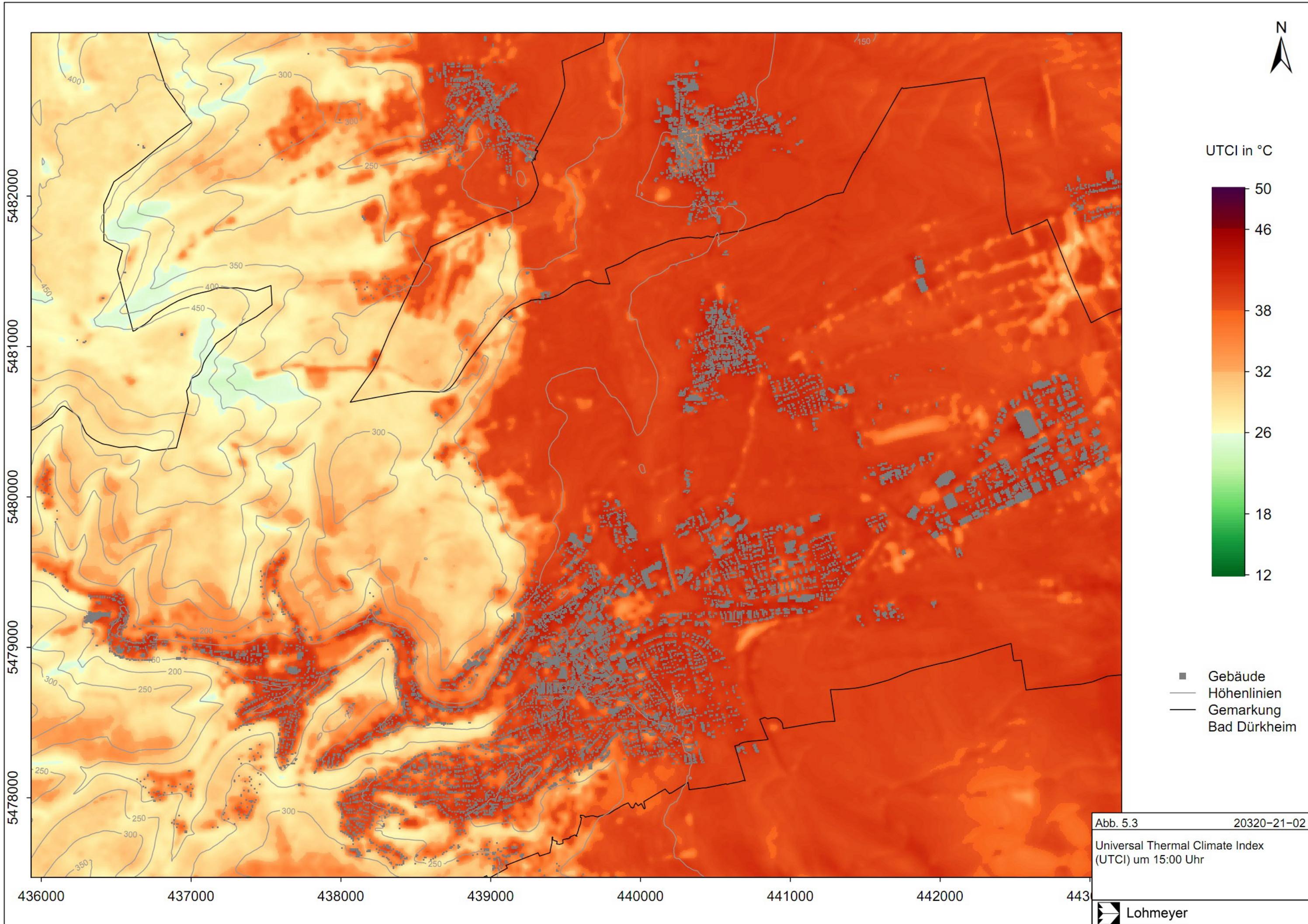
Freiflächen ergeben sich überwiegend bodennahe Strömungen aus Südost bis Ost mit 1 m/s bis 2.5 m/s. Entlang der Weinstraße werden diese an den Rändern der Haardt reliefbedingt teilweise in nordwestliche bis nördliche Richtung gelenkt, z. B. zwischen Bad Dürkheim und Leistadt. In bewaldeten Bereichen wird die bodennahe Windgeschwindigkeit aufgrund des Bewuchses gedämpft, sodass dort überwiegend geringe Windgeschwindigkeiten berechnet werden. An den Hängen des Übergangs der Weinstraße in den Pfälzerwald ergeben sich Großteils schwache bis mäßige aufwärts gerichtete Strömungen mit 0.5 m/s bis 1 m/s, beispielsweise an den östlichen Hängen des Ebersberges, sowie an den Südosthängen des Kriemhildenstuhls und des Schlammberges. In den bewaldeten Bereichen des Pfälzerwaldes werden bodennah oftmals sehr geringe, teilweise ungerichtete Windgeschwindigkeiten mit weniger als 0.5 m/s berechnet. In den Siedlungsbereichen werden die bodennahen Strömungen aufgrund der Bebauung in Richtung und Geschwindigkeit deutlich modifiziert. Da nur jeder neunte Pfeil dargestellt ist, sind bei der hier vorliegenden Auflösung von 8 m in den eng bebauten Bereichen der Siedlungsgebiete häufig keine Pfeile zu sehen, da dort in 2 m ü. Grund Bauwerke vorhanden sind.

In **Abb. 5.2** ist die Lufttemperatur in 2 m Höhe an einem Heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Untersuchungsgebiet dargestellt. Im Bereich der unbebauten Freiflächen im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes werden zum Großteil 32.5 °C bis 33.5 °C berechnet. In Bereichen mit Baumgruppen, z. B. zwischen dem Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim und Erpolzheim, sowie im Bereich von Wasserflächen, z. B. am Almensee oder Herzogweiher, ergeben sich je nach Lage mit etwa 30.5 °C bis 32.5 °C etwas geringere Lufttemperaturen. Mit steigender Höhe über NHN werden insgesamt geringere Temperaturen berechnet. In den mittelhohen Lagen im Untersuchungsgebiet, wie beispielsweise dem Teufelsstein auf etwas über 300 m ü. NHN, werden je nach Lage etwa 29.5 °C bis 31.5 °C berechnet, in den etwas höheren Kuppenlagen, beispielsweise auf dem knapp 500 m hohen Peterskopf, werden etwa 28.0 °C bis 29.5 °C berechnet. In den relativ tief eingeschnittenen bewaldeten Tälern in höheren Lagen, z. B. in Bereichen des Groß- und Kleinwinterstals, ergeben sich mit etwa 23.0 °C bis 28.0 °C, je nach Lage im Tal und Ausrichtung des Tals/Hangs, deutlich geringere Lufttemperaturen. In Siedlungsbereichen führen Wärmestauungen aufgrund von Hindernissen und entsprechend verringerten Strömungsgeschwindigkeiten sowie Strahlungswechselwirkungen zu überwiegend 0.5 °C bis 1.0 °C höheren Lufttemperaturen im Vergleich zum unbebauten Umland. Strahlungswechselwirkungen sind zum einen die Reflektion einfallender kurzwelliger Solarstrahlung an versiegelten Oberflächen, Gebäuden oder sonstigen Hindernissen und zum anderen die Abstrahlung langwelliger Wärmestrahlung durch diese. Aufgrund von verringerten Luftbewegungen im Nahbereich von Gebäuden beziehungsweise



sonstigen Strömungshindernissen entstehen dabei Wärmestauungen. Die strahlungsbedingten Änderungen der Lufttemperatur an Hindernissen, wie z. B. Gebäude oder Mauern, variieren je nach Ausrichtung der Fläche gegenüber Süden tageszeitlich mit dem Sonnenverlauf; da die Sonne am Nachmittag im Südwesten steht, sind zu dieser Zeit die südwestlich der Gebäudefassaden gelegenen Nahbereiche allgemein eher wärmer und die nordöstlich liegenden eher kühler. In den in der Ebene liegenden Ortsteilen Bad Dürkheim und Ungstein, sowie dem Siedlungsbereich Trift und Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim werden insgesamt die höchsten Temperaturen berechnet, geringere im etwas höher gelegenen Leistadt. In den Ortsteilen entlang des Isenachtals ist die Temperatur stark abhängig von der Lage im Bereich der Talsohle oder am Hang bzw. der Ausrichtung des Hanges gegenüber Süden. Aufgrund der Lage am nordöstlichen Hang des Ebersberges und der aufgelockerten, relativ flachen Bebauung, wird im Ortsteil Seebach am Nachmittag im Vergleich zu den übrigen Ortsteilen insgesamt eine etwas geringere Temperatur berechnet.

Abb. 5.3 zeigt den Universal Thermal Climate Index (UTCI) an einem Heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Untersuchungsgebiet. Im Vergleich zur Lufttemperatur ergeben sich hierbei kleinräumig variierend etwas größere Variationen, die hauptsächlich aufgrund der Differenzen zwischen den sonnen- und verschatteten Bereichen entstehen. Die räumlichen Unterschiede in Folge der Verschattungen resultieren überwiegend aus der daraus resultierenden unterschiedlichen Strahlungstemperatur, die neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit als meteorologische Größe in die Berechnung des UTCI eingeht. Im Bereich der unbebauten Freiflächen im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes wird bei dem vorliegenden Lufttemperaturniveau zum Großteil sehr starke Wärmebelastung berechnet, d. h. ein UTCI zwischen 38 °C und 46 °C. In Bereichen mit geringerer Lufttemperatur, beispielsweise im Bereich von Wasserflächen, z. B. am Almensee oder Herzogweiher, ergeben sich noch starke Wärmebelastungen, d. h. ein UTCI zwischen 32 °C und 38 °C. Liegen zudem verschattete Bereiche vor, beispielsweise in Teilstücken der Baumgruppen zwischen dem Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim und Erpolzheim, ergibt sich mäßige Wärmebelastung, d. h. ein UTCI zwischen 26 °C und 32 °C. Mit steigender Höhe über NHN werden insgesamt etwas geringere Lufttemperaturen berechnet, die auch zu einem geringeren UTCI führen. Zudem sind die höher gelegenen Bereiche im Untersuchungsgebiet überwiegend bewaldet, sodass die Strahlungstemperatur deutlich geringer ist als über den Freiflächen in der Ebene. Damit ergeben sich für die bewaldeten Höhenlagen in der Haardt bzw. dem Pfälzerwald überwiegend mäßige Wärmebelastungen, in baumfreien Bereichen auch starke Wärmebelastungen und in den temperaturgedämpften Talbereichen, beispielsweise dem Groß- oder Kleinwinterstal, teilweise auch thermischer Komfort, d. h. ein UTCI zwischen

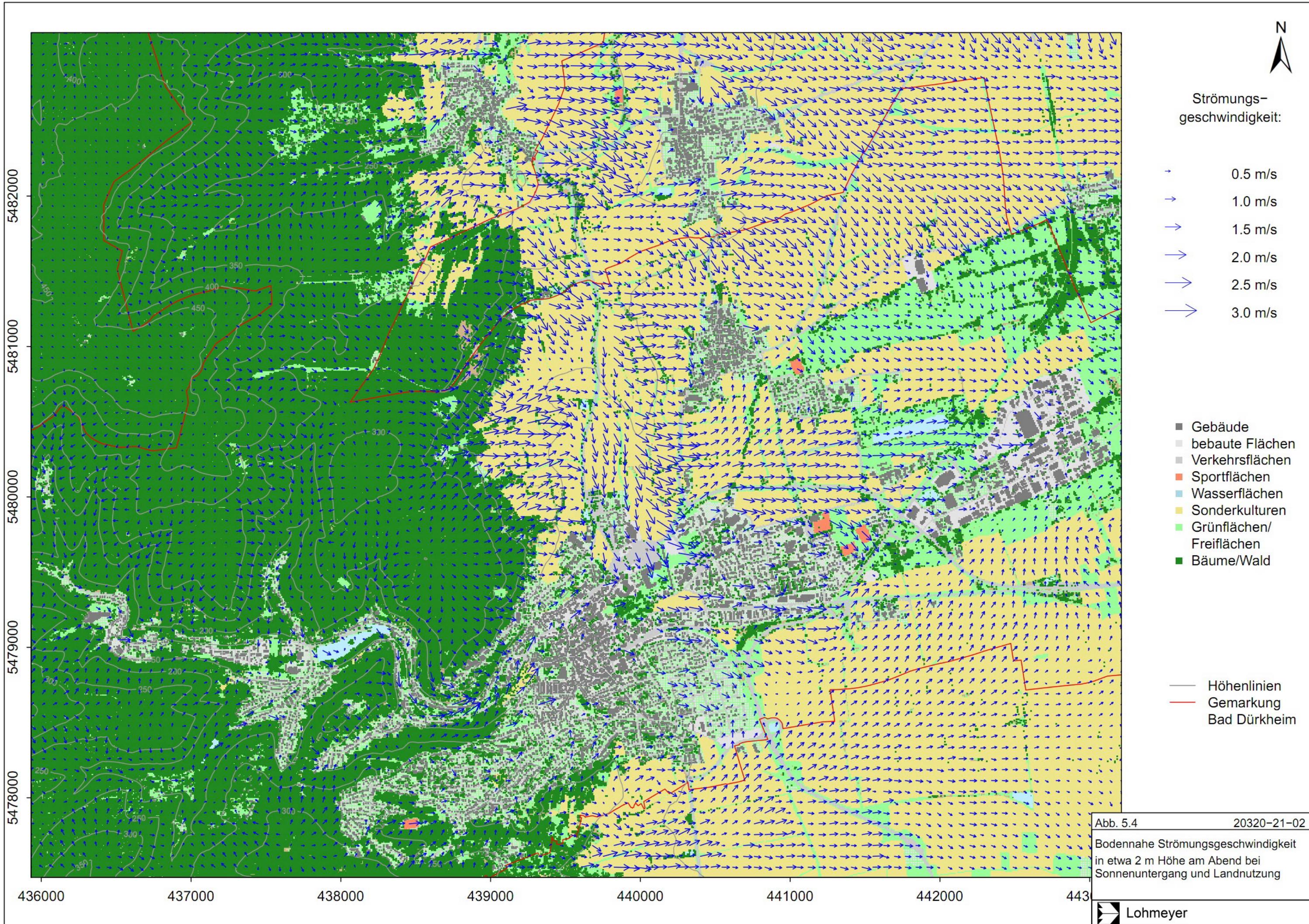


18 °C und 26 °C. In den Siedlungsbereichen werden aufgrund der heterogenen Verschattungsverhältnisse durch die Gebäude auf engem Raum stark variierende Wärmebelastungen berechnet. Während an sonnenzugewandten Fassadenseiten teilweise deutlich höhere Werte des UTCI im Vergleich zum unbebauten Umland berechnet werden, ergeben sich in verschatteten Bereichen teils deutlich geringere Wärmebelastungen. Auch in mit Bäumen teilweise verschatteten Bereichen ergeben sich geringere Wärmebelastungen, wie beispielsweise in Bereichen des Kurparks.

5.1.2 Situation in der Nacht

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen ergibt sich mit dem Sonnenuntergang in unbebauten Bereichen eine spürbare Abkühlung der unteren Luftschichten, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Einen großen Anteil daran haben die strahlungsbedingten Anteile, d. h. es entsteht eine negative Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche aufgrund von mehr Aus- als Einstrahlung in Folge des Wegfalls der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne. In reliefiertem Gelände strömen die bodennah kühlen Luftmassen die Hänge gravitativ hinab und sammeln sich in den nieder gelegenen Bereichen, wie z. B. Senken, Mulden und Tälern, und verstärken dort die Abkühlung.

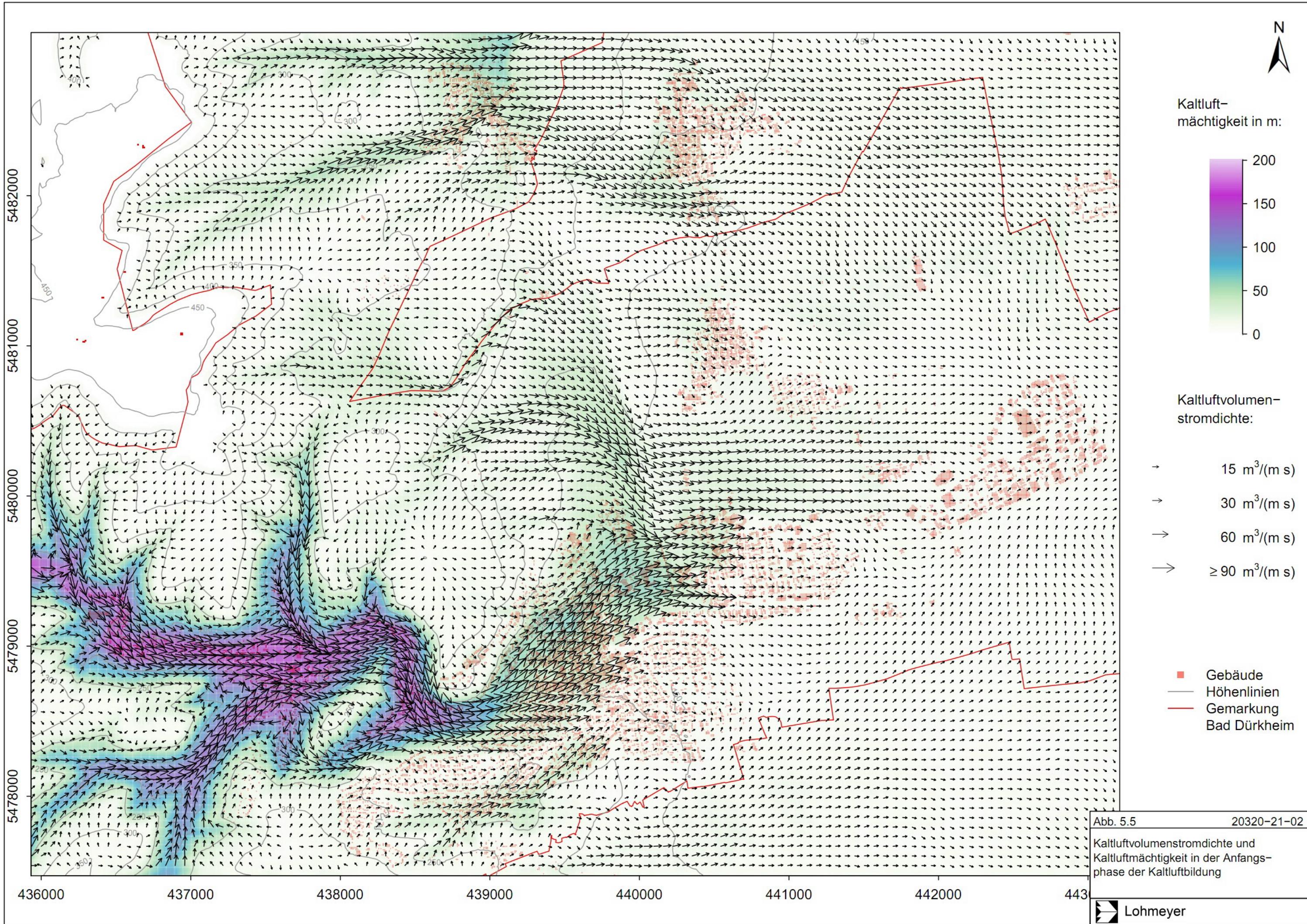
Dementsprechend zeigt **Abb. 5.4** die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund, d. h. die bodennahe Kaltluftströmung, im Zeitraum des Sonnenuntergangs im Untersuchungsgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder neunte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. In den Hangbereichen der Haardt bzw. des Pfälzerwaldes werden bodennah Hangabwinde berechnet, die auf die vorgelagerten Ebenen treffen, und/oder sich in Tälern sammeln und als talfolgende Strömungen bzw. gesammelte Kaltluftmassen in die Ebene gelangen. Die Geschwindigkeiten der bodennahen Hang- und Talabwinde sind auch abhängig von der Landnutzung bzw. Vegetation und liegen Großteils zwischen 0.5 m/s und 1.0 m/s in bewaldeten Bereichen und bis zu 2.0 m/s über Freiflächen ohne Hindernisse. In bebauten Bereichen werden die Strömungen deutlich in Richtung und Geschwindigkeit modifiziert. Der nördlich der Stadt Bad Dürkheim gelegene Ortsteil Leistadt wird im Norden von talfolgenden Strömungen des Sandtals aus Westen und im südwestlichen Bereich von Strömungen des Groß- und Kleinwinterstals angeströmt und belüftet. Die Hangabwinde von den Anhöhen des Kriemhildenstuhls und am Teufelsstein, sowie des Schlammbergs sammeln sich östlich bzw. südöstlich davon im Bereich der nach Süden offenen flachen Senke entlang der Weinstraße und werden dort bodennah aufgrund der östlich liegenden Hügel Spiel- und Michelsberg nach Süden in die nördlichen Bereiche der Stadt Bad Dürkheim gelenkt. Die berechneten Ergebnisse der bodennahen Windrichtung im Zeitraum des Sonnenuntergangs



stimmen damit im Bereich der Michelsbergstraße bzw. auf den nördlich davon gelegenen Freiflächen mit den beschriebenen und dargestellten Messergebnissen aus Rauchpatronenversuchen der iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG (2021) überein.

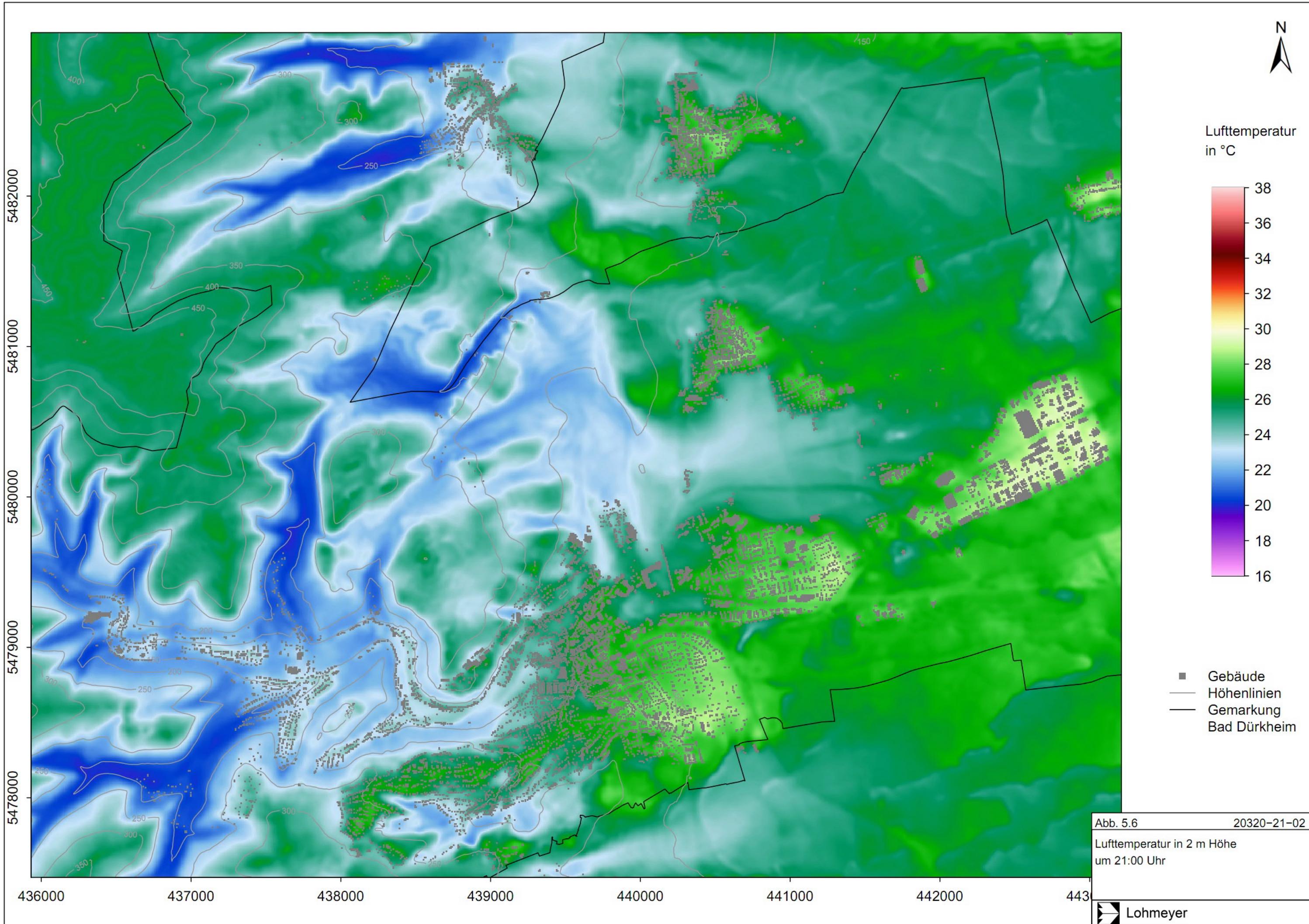
Vom Kriemhildenstuhl strömen Hangabwinde zudem nach Südosten direkt in die Siedlungsbereiche der Stadt Bad Dürkheim. Die Hangabwinde von u. a. dem Klaus- und Gaistal sammeln sich in den jeweiligen Tälern und strömen in das Isenachtal, das entlang seines Verlaufs die Siedlungsbereiche der Bad Dürkheimer Ortsteile Hardenburg, Grethen-Hausen und am Talausgang Bad Dürkheim belüftet. Vom Ebersberg aus gelangen Hangabwinde nach Nordosten in den Ortsteil Seebach, die jedoch von der Bebauung nach relativ kurzer Strecke modifiziert werden. Der Ortsteil Ungstein wird von Hangabwinden auf der Ostseite des Spiel- und Michelsbergs angeströmt, ebenso der Siedlungsbereich Trift aus nordwestlicher Richtung. Im weiteren Verlauf erreichen die Strömungen auch das Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim aus westlicher Richtung. In Richtung Osten, d. h. mit größer werdender Entfernung zum Rand der Haardt bzw. des Pfälzerwaldes, werden die Kaltluftströmungen insgesamt etwas schwächer.

Abb. 5.5 zeigt die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte im Zeitraum des Sonnenuntergangs im Untersuchungsgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder neunte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt, als Richtung der Strömung wird der Median der Strömungsrichtungen zwischen der Oberfläche und Höhe der Kaltluftschicht gezeigt. Damit kann sich die Richtung der Strömung im Vergleich zu den Strömungsverhältnissen in 2 m (vgl. **Abb. 5.4**) unterscheiden. Zu Beginn der Nacht ergeben sich im Großteil des Untersuchungsgebietes Kaltlufthöhen von weniger als 30 m bei Kaltluftvolumenstromdichten mit teils weniger als $15 \text{ m}^3/(\text{m s})$ Kaltluftvolumenstromdichte in den östlichen und südöstlichen Bereichen des Untersuchungsgebietes, sowie in den höher gelegenen Bereichen, und teils bis zu $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ im Großteil des übrigen Untersuchungsgebietes. Davon ausgenommen sind folgend beschriebene Bereiche von Nord nach Süd, in denen gesammelte Kaltluft in Talbereichen zu höheren Schichtdicken und Kaltluftvolumenstromdichten führt. Im Sandtal sowie Groß- und Kleinwinterstal ergeben sich bis zu 50 m mächtige Kaltluftschichtdicken bei Kaltluftvolumenstromdichten zwischen $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ und $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$, die bis etwa 500 m über die Talausgänge nach Osten hinaus reichen. Auch im Bereich der flachen Senke südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs ergeben sich Schichtdicken zwischen 30 m und 50 m bei $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ und $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ Kaltluftvolumenstromdichte und einer von Ost auf Südost drehenden Richtung der Kaltluftströmung. Im nördlichen Bereich von Bad Dürkheim trifft die gesammelte Kaltluft aus Nordost auf die Kaltluftströmung, die aus



dem Isenachtal aus Südwest Bad Dürkheim überströmt und östlich des Talausgangs eine Mächtigkeit bis zu 70 m bei einer Kaltluftvolumenstromdichte bis zu $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ hat. Im Isenachtal, das von einer Vielzahl an Seitentälern mit Kaltluft gespeist wird, ergeben sich Kaltluftvolumenstromdichten über $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ bei Kaltluftmächtigkeiten von bis zu 170 m im dargestellten Ausschnitt in der Talsohle. Im südlichen Bereich des Ortsteils Seebach ergibt sich in dem südlichen Einschnitt ebenfalls eine etwas höhere Kaltluftschichtdicke und Kaltluftvolumenstromdichte als über den Freiflächen der Ebene.

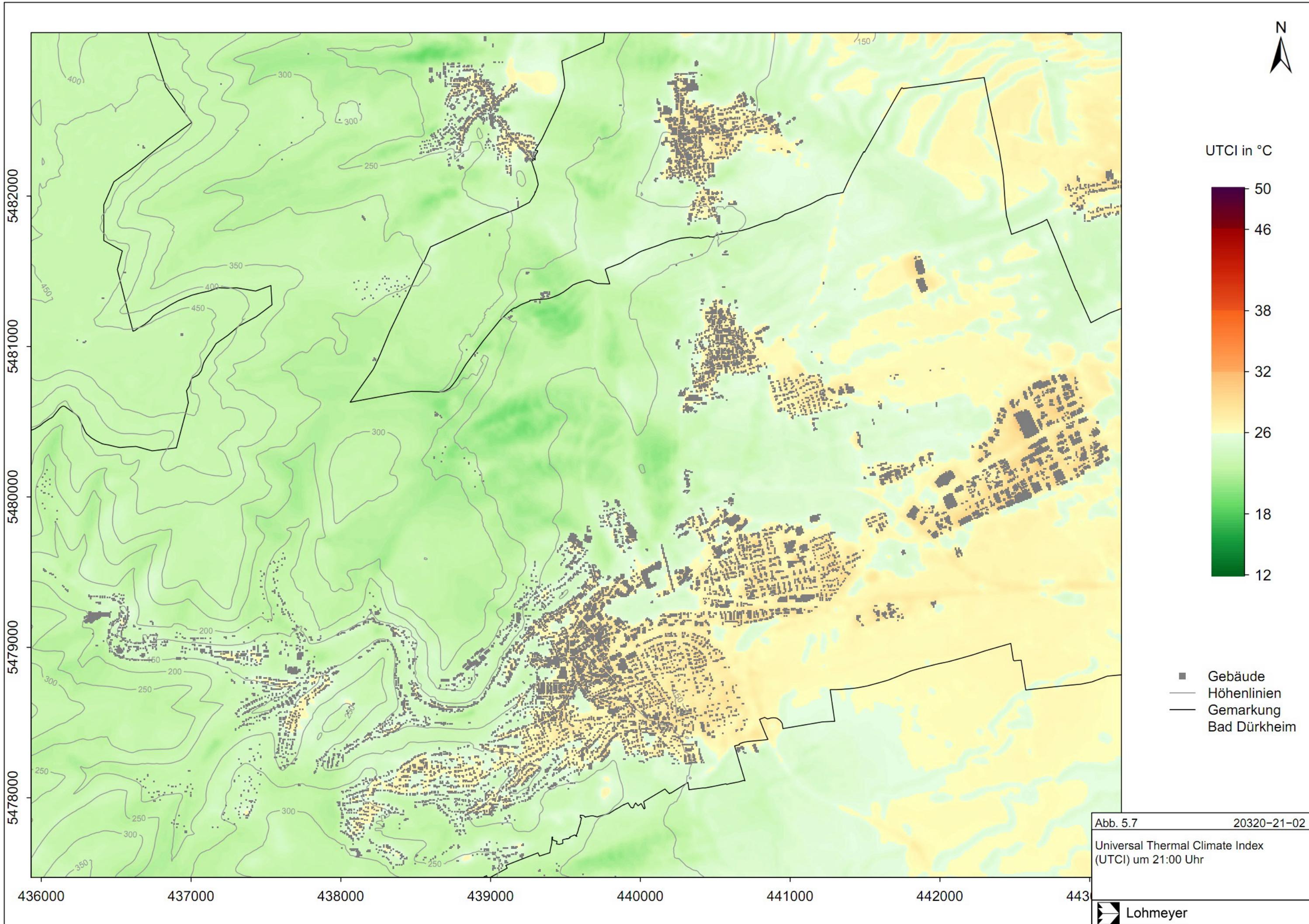
Entsprechend der bodennahen Kaltluftströmungen, Kaltluftmächtigkeiten und Kaltluftvolumenstromdichten, findet abends teilweise eine deutliche Abkühlung im Untersuchungsgebiet statt. **Abb. 5.6** zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe um 21:00 Uhr im Untersuchungsgebiet. Über den Freiflächen, die noch nicht von den Kaltluftströmungen der Hänge und Täler des Pfälzerwaldes erfasst werden und zum großen Teil im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes liegen, werden überwiegend 25.0 °C bis 28.0 °C berechnet; dort findet zwar auch eine Abkühlung statt, die zu Beginn der Nacht jedoch überwiegend lokal geprägt ist. Während sich in den bewaldeten höheren Lagen des Pfälzerwaldes mit einer Lufttemperatur von etwa 26 °C nur geringe Abkühlungen im Vergleich zu den Tagstunden ergeben, kühlen die unteren Hang- und Talbereiche aufgrund der Kaltluftbildung und des Kaltluftabflusses deutlich ab, sodass sich in den Tälern Sandtal, Groß- und Kleinwinterstal, sowie Teilbereichen des Isenachtals und seinen Seitentälern, z. B. dem Klaustal, Eppental- und Schlangental, sowie Gaistal, Abkühlungen auf 19.5 °C bis 22.0 °C ergeben. In Siedlungsbereichen sind teils deutliche Wärmeinseleffekte mit bis zu 3 K gegenüber dem unbebauten Umland erkennbar. Aufgrund der Kaltluftströmungen aus dem Sandtal, sowie dem Groß- und Kleinwinterstal finden die stärksten und zeitlich frühesten Abkühlungen in Leistadt ganz im Norden und Südwesten des dortigen Siedlungsbereiches statt. Im Südosten befindet sich ein kleiner Teilbereich der Siedlung mit noch geringer Abkühlung, sodass die Temperatur zwischen 21 °C in nördlichen und südwestlichen Teilbereichen und 26.0 °C in einem südöstlichen Teilbereich des Ortes liegen. Im Tal entlang der Isenach werden die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen vollständig von den Kaltluftmassen erfasst, wenn auch hier der Wärmeinseleffekt der bebauten Flächen mit teilweise bis zu 2 K gegenüber der unbebauten Umgebung erkennbar ist. Die mächtige Kaltluftströmung aus dem Isenachtal belüftet am Talausgang die westlichen und nordwestlichen Bereiche der Stadt Bad Dürkheim und kühlte diese abends rasch ab. Die Stadt Bad Dürkheim wird zudem von den Hangabwinden des Kriemhildenstuhls im Nordwesten und den aus der nach Süden offenen flachen Senke südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs kommenden Strömungen im Norden belüftet. Damit ergeben sich durch das Zusammenwirken der Kaltluftströmungen und

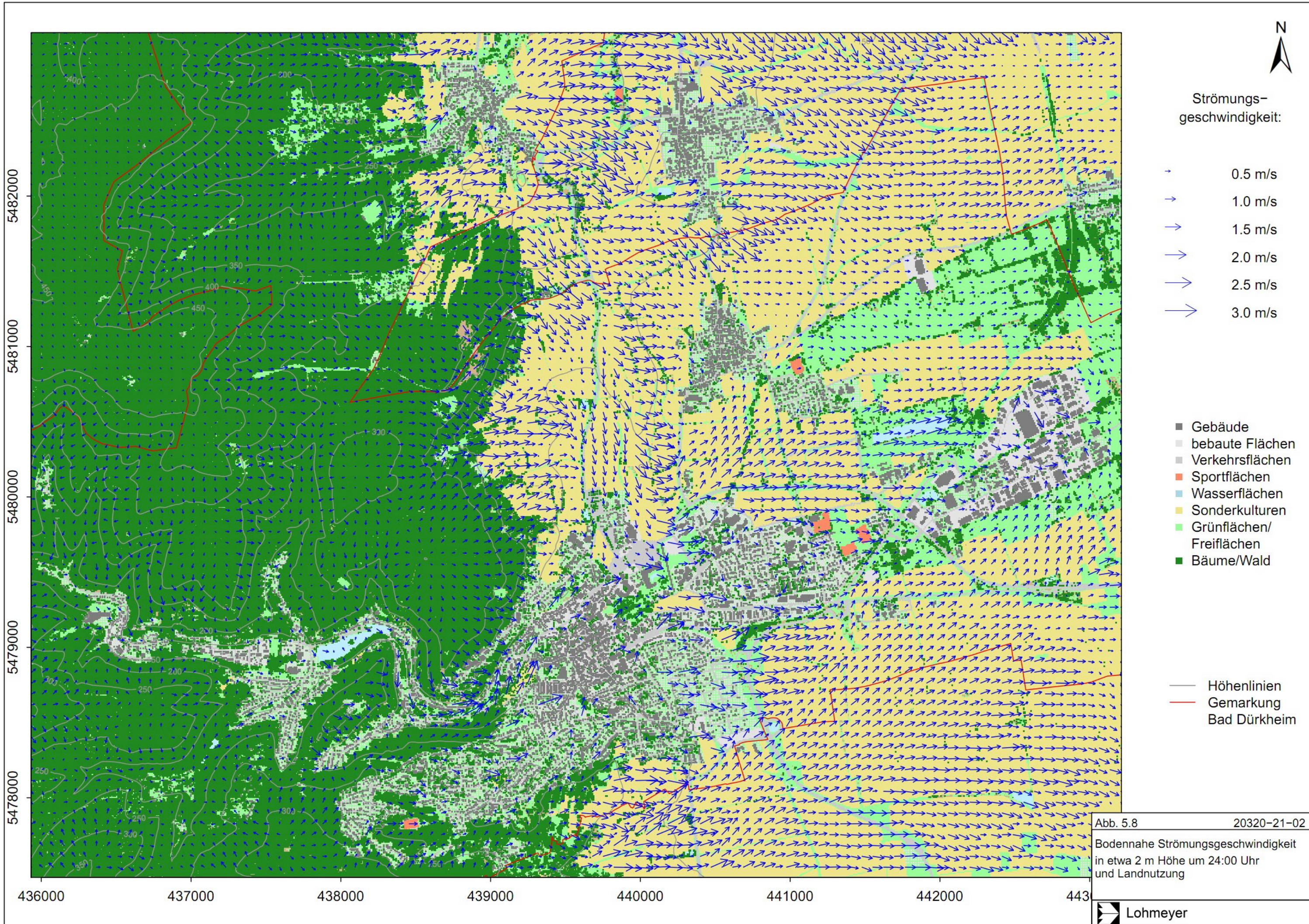


des städtischen Wärmeinseleffekt beispielsweise im Bereich des Hauptfriedhofs am Talausgang des Isenachtals 23.0 °C bis 24.0 °C, im Kurpark 24.0 °C bis 25.0 °C, am Rathaus 26.0 °C bis 27.0 °C und im Bereich des Neubaugebietes Fronhof II im südöstlichen Bereich von Bad Dürkheim 28.0 °C bis 29.0 °C; letzteres Gebiet wird von den Kaltluftströmungen des Isenachtals im Zeitraum des Sonnenuntergangs noch nicht erfasst. Die Temperatur in großen Teilen des Ortsteils Seebach ist im Zeitraum des Sonnenuntergangs vergleichbar mit der im Bereich des Rathauses von Bad Dürkheim. In dem Einschnitt im südlichen Bereich des Ortsteils Seebach ergeben sich aufgrund von Kaltluftströmungen etwas geringere Temperaturen. Der Ortsteil Ungstein und der Siedlungsbereich Trift werden von den kühlen Luftmassen aus Westen bzw. Nordwesten angeströmt; diese können die Bebauung zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht vollständig durchdringen, sodass es in deren östlichen Bereichen mit bis zu 28.0 °C noch etwas wärmer bleibt als in den übrigen Bereichen des Ortes. Das Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim wird von den Kaltluftströmungen der Haardt noch nicht erfasst, bei Temperaturen von etwa 27.0 °C an den Rändern und bis knapp 30.0 °C in zentralen Teilbereichen des Gebietes.

Abb. 5.7 zeigt den UTCI um 21:00 Uhr im Untersuchungsgebiet. Bei autochthonen Wetterlagen liegen die Werte des UTCI nachts aufgrund des Wegfalls der solaren Einstrahlung im Bereich der Lufttemperatur und werden vor allem von der Strahlungstemperatur der umgebenden Oberflächen und den auf engem Raum unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten modifiziert. Damit ergeben sich bei dem vorhandenen Lufttemperaturniveau im Untersuchungsgebiet Werte des UTCI mit mäßiger Wärmebelastung oder im thermischen Komfortbereich. In den wärmeren Bereichen mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten werden dabei die größten Werte des UTCI berechnet, bei geringerer Temperatur und höherer Strömungsgeschwindigkeit ergeben sich geringere Werte des UTCI. Über Teilen der unbebauten Freiflächen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes werden mäßige Wärmebelastungen simuliert, in den übrigen unbebauten Bereichen thermischer Komfort. Aufgrund des Wärmeinseleffekts ergeben sich in nahezu allen Teilbereichen des Ortsteils Ungstein und des Siedlungsbereiches Trift, sowie in großen Bereichen der Stadt Bad Dürkheim mäßige Wärmebelastungen, ebenso im Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim. In Teilbereichen von Leistadt und Seebach wird ebenfalls mäßige Wärmebelastung simuliert, in den übrigen Ortsteilen nur in vereinzelten Bereichen.

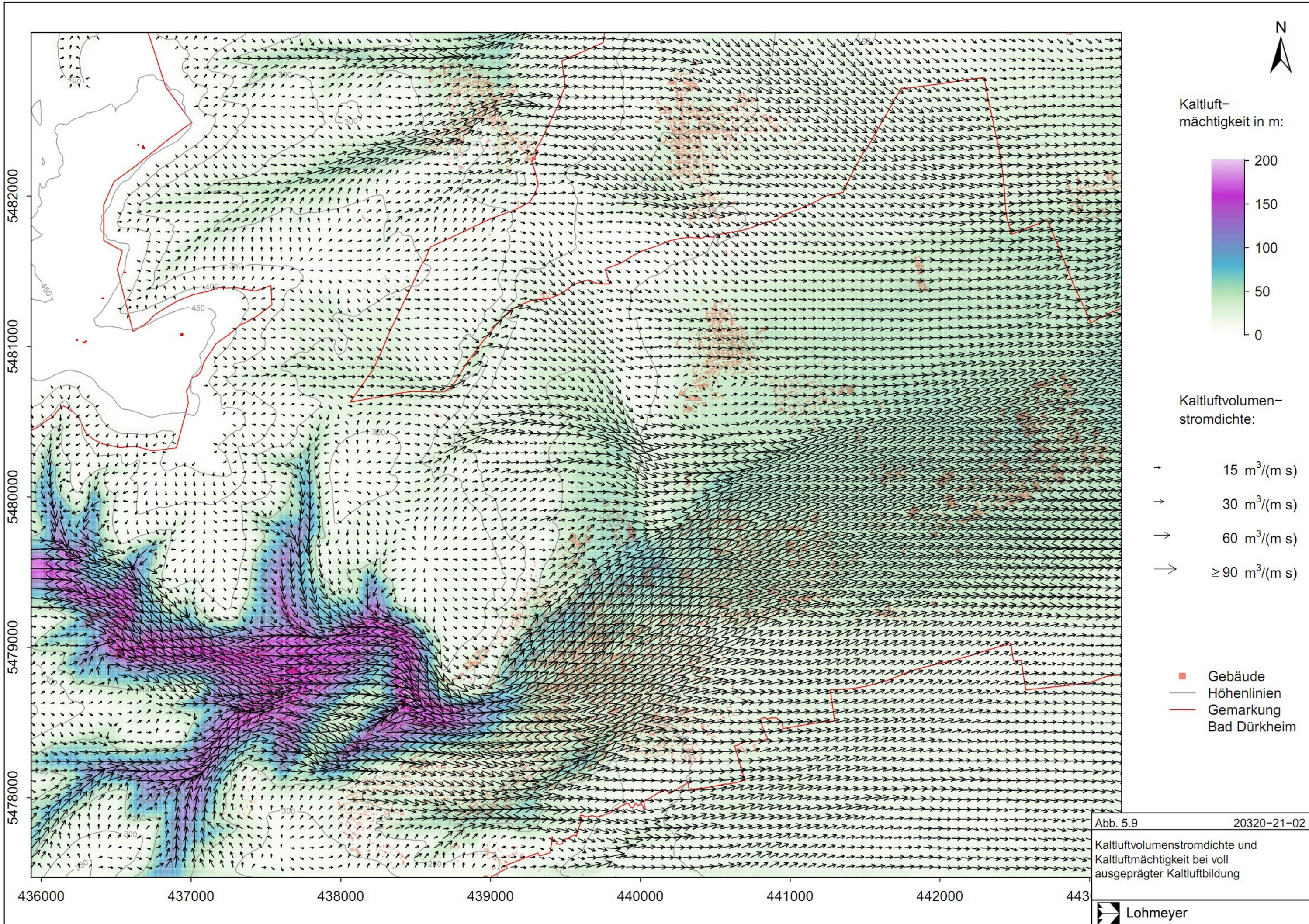
Abb. 5.8 zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund, d. h. die bodennahe Kaltluftströmung, um Mitternacht im Untersuchungsgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder neunte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Bei ausgeprägter





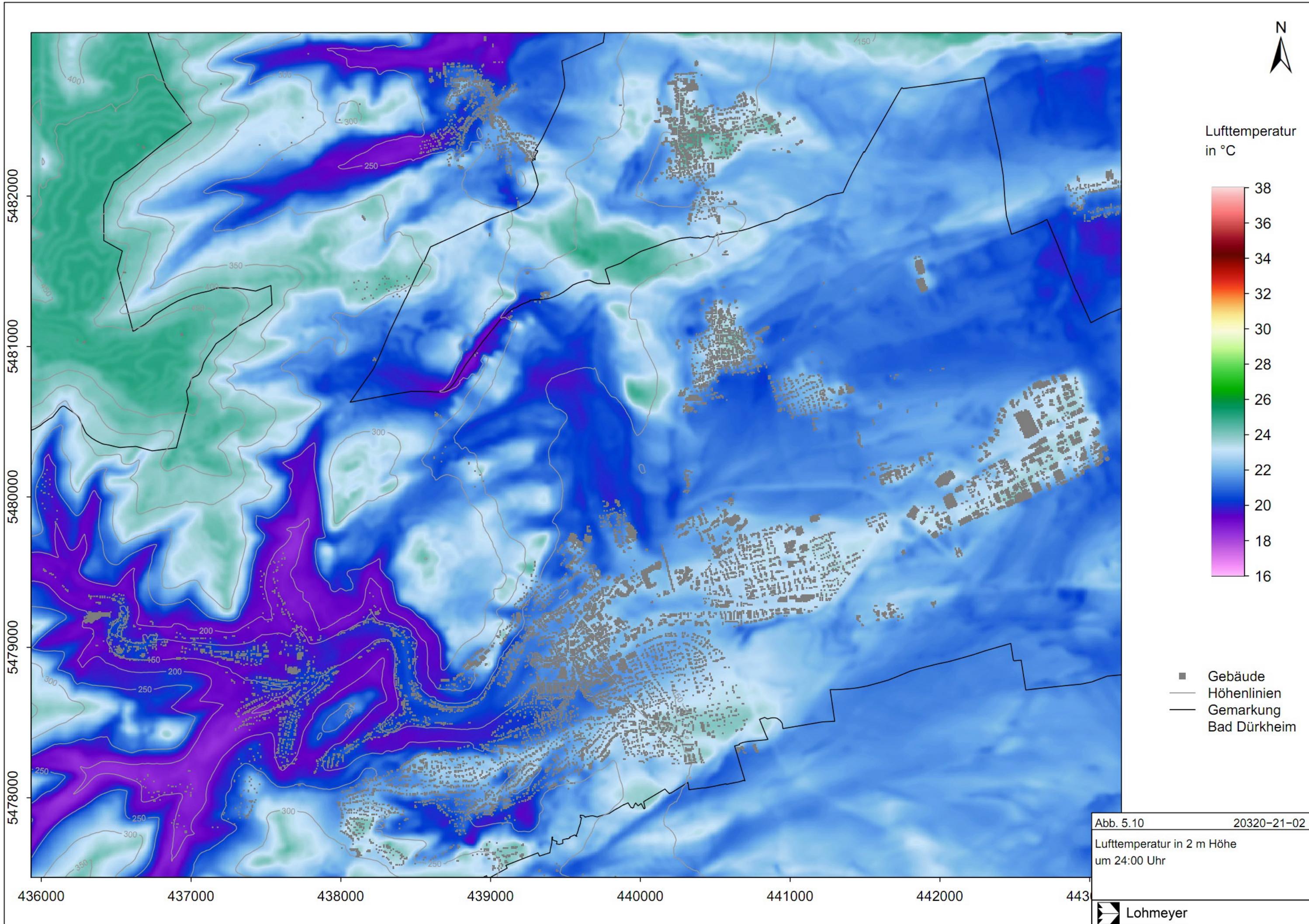
Kaltluftbildung um Mitternacht treten im Vergleich zum Beginn der Nacht modifizierte Strömungsgeschwindigkeiten auf, die in ihrer Richtung in großen Teilen des Untersuchungsgebietes vergleichbar sind. Auf den Freiflächen südöstlich der Stadt Bad Dürkheim treten beispielsweise etwas höhere bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten auf, da zu Beginn der Nacht die Talausgangsströmungen des Isenachtals dort noch nicht wirksam waren; diese überströmen das Stadtgebiet von Bad Dürkheim und können im Lee der Stadt, d. h. östlich davon, wieder bodennah wirksam werden. Dagegen werden beispielsweise in den unteren Hangbereichen auf der Ostseite des Kriemhildenstuhls oder des Spiel- und Michelsbergs geringere bodennahe Strömungen berechnet, da dort schon eine gewisse Kaltluftmächtigkeit vorhanden ist, die die Strömungsgeschwindigkeit bodennah mindert. Insgesamt ist die Strömungsgeschwindigkeit der bodennahen Hang- und Talabwinde weiterhin 0.5 m/s und 1.0 m/s in bewaldeten Bereichen und bis zu 2.0 m/s über Freiflächen ohne Hindernisse. In bebauten Bereichen werden die Strömungen deutlich in Richtung und Geschwindigkeit modifiziert. Die nächtliche bodennahe Strömung in den Siedlungsbereichen in Bezug auf die Strömungsrichtung ist überwiegend vergleichbar mit derjenigen im Zeitraum des Sonnenuntergangs. Im Bereich der Therme setzt sich die Strömung aus dem Isenachtal etwas weiter gegenüber der Strömung aus Norden durch, sodass dort im Vergleich zum Beginn der Nacht eine bodennahe Ostnordost- anstelle einer Nordnordostströmung berechnet wird.

Die **Abb. 5.9** zeigt die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte um Mitternacht im Untersuchungsgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder neunte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt, als Richtung der Strömung wird der Median der Strömungsrichtungen zwischen der Oberfläche und Höhe der Kaltluftschicht gezeigt. Damit kann sich die Richtung der Strömung im Vergleich zu den Strömungsverhältnissen in 2 m (vgl. **Abb. 5.8**) unterscheiden. Im Vergleich zu Beginn der Nacht setzen sich die kräftigen Kaltluftströmungen der nach Osten offenen Täler des Pfälzerwaldes deutlich weiter in die vorgelagerten Ebenen durch, speziell die Strömung des Isenachtals, die Bad Dürkheim, den Siedlungsbereich Trift und das Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim überströmen. Über den unbauten ebenen Freiflächen im Untersuchungsgebiet, die nicht im direkten Einflussbereich von Berg- und Talwindsystemen des Pfälzerwaldes liegen, ergeben sich Kaltlufthöhen bis zu 30 m bei Kaltluftvolumenstromdichten zwischen wenigen $\text{m}^3/(\text{m s})$ und $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$; sonst werden höhere Kaltluftmächtigkeiten und Kaltluftvolumenstromdichten berechnet. Im Sandtal sowie Groß- und Kleinwinterthal ergeben sich bis zu 70 m mächtige Kaltluftschichtdicken bei Kaltluftvolumenstromdichten zwischen $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ und $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$, die bis etwa 500 m über die Talausgänge nach Osten hinaus reichen. Im Bereich der nach Süden offenen flachen Senke südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs ergeben sich



Schichtdicken zwischen 30 m und 60 m bei $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ bis $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ Kaltluftvolumenstromdichte und einer von Ost auf Südost drehenden Richtung der Kaltluftströmung. Im nördlichen Bereich von Bad Dürkheim trifft die beschriebene gesammelte Kaltluft aus Nordost auf die Kaltluftströmung, die aus dem Isenachtal aus Südwest Bad Dürkheim überströmt und östlich des Talausgangs mit 90 m eine etwas höhere Mächtigkeit und mit über $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ eine größere Kaltluftvolumenstromdichte als zu Beginn der Nacht hat. Im Isenachtal, das von einer Vielzahl an Seitentälern mit Kaltluft gespeist wird, ergeben sich weiterhin Kaltluftvolumenstromdichten über $90 \text{ m}^3/(\text{m s})$ bei Kaltluftmächtigkeiten von bis zu 180 m im Bereich der Talsohle im dargestellten Ausschnitt. Im Vergleich zum Beginn der Nacht wird bei ausgeprägten Kaltluftverhältnissen um Mitternacht auch die Limburg und der südlich gelegene Ortsteil Seebach von der Kaltluftströmung des Isenachtals überströmt.

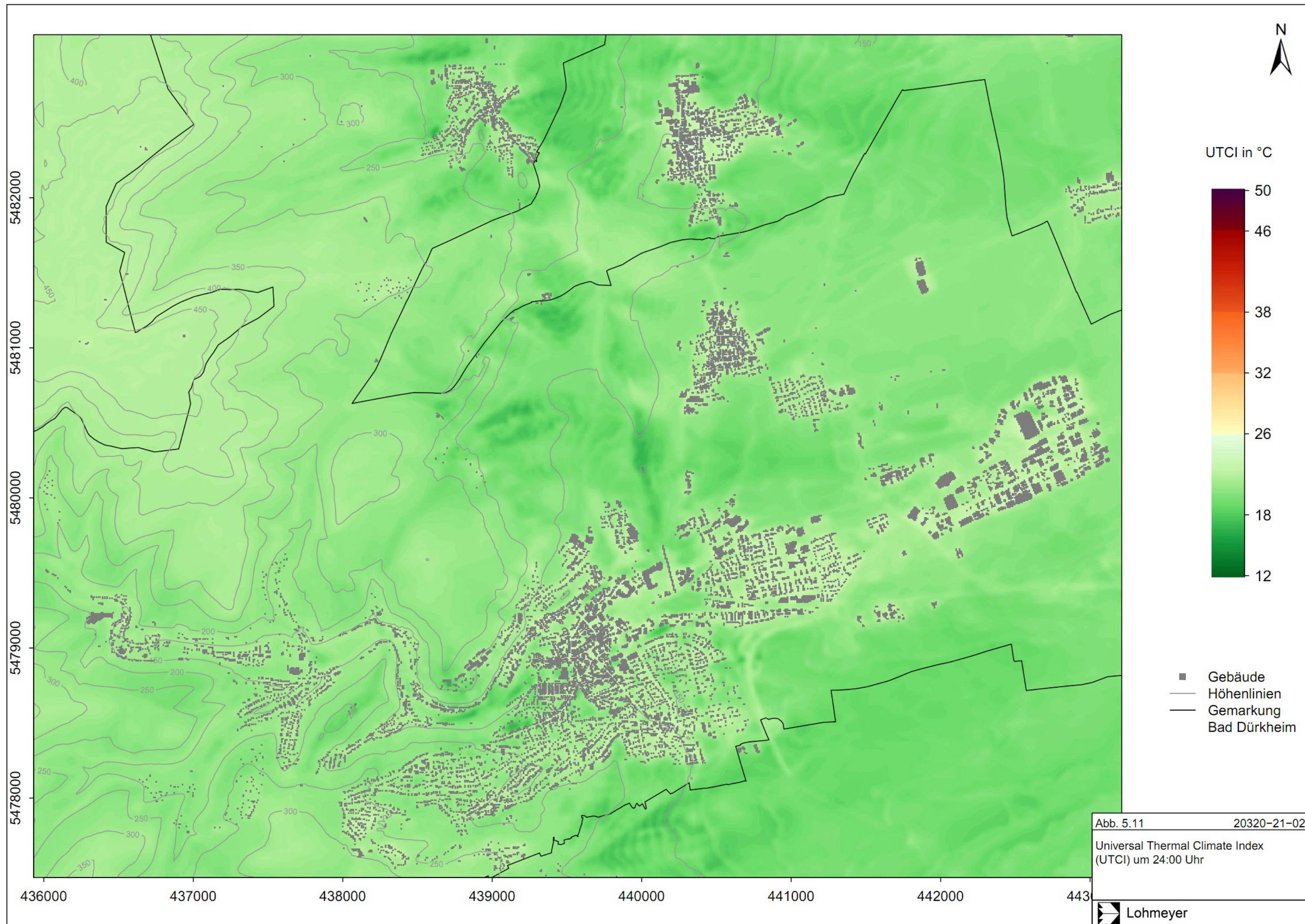
Entsprechend der bodennahen Kaltluftströmungen, Kaltluftmächtigkeiten und Kaltluftvolumenstromdichten, findet in den Nachtstunden eine weitere Abkühlung im Untersuchungsgebiet statt. **Abb. 5.10** zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe nach einem heißen Sommertag etwa um 24:00 Uhr im Untersuchungsgebiet. Im Vergleich zum Beginn der Nacht sind um Mitternacht auch die ebenen Freiflächen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes stark abgekühlt, sodass dort je nach Lage 20.0°C bis 23.0°C berechnet werden. Während es auch in den höher gelegenen Hanglagen des Pfälzerwaldes etwas abkühlt, ergeben sich in den bewaldeten Kuppenlagen kaum Änderungen der Temperatur im Vergleich zum Beginn der Nacht. Die unteren Hang- und Talbereiche kühlen aufgrund der Kaltluftbildung und des Kaltluftabflusses weiterhin deutlich ab, sodass sich in den Tälern Sandtal, Groß- und Kleinwinterstal, sowie Teilbereichen des Isenachtals und seinen Seitentälern, z. B. dem Klaustal, Eppental- und Schlagental, sowie Gaistal, Abkühlungen auf 18.0°C bis 20.0°C ergeben. In Siedlungsbereichen sind weiterhin teils deutliche Wärmeinseleffekte mit bis zu 3 K gegenüber dem unbebauten Umland erkennbar. Mit dem Zusammenwirken der Kaltluftströmungen aus den Tälern und des Wärmeinseleffekts der Siedlungsbereiche ergeben sich um Mitternacht in nördlichen und südwestlichen Teilbereichen von Leistadt etwa 20.0°C und in einem südöstlichen Teilbereich des Ortes bis zu 23.0°C . Im Tal entlang der Isenach werden die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen weiterhin vollständig von den Kaltluftmassen erfasst, bei einem im Vergleich zu Beginn der Nacht geringeren Wärmeinseleffekt der bebauten Flächen mit teilweise bis zu 1 K gegenüber der unbewohnten Umgebung im Tal. Die vertikal mächtige und intensive Kaltluftströmung aus dem Isenachtal belüftet am Talausgang im Vergleich zu Beginn der Nacht größere Bereiche, d. h. breiter auf der Fläche und weiter in die Ebene hinaus; im Siedlungsbereich werden die bodennahen Kaltluftströmungen bodennah teils erwärmt, ein deutlicher Kühlungseffekt aufgrund des Kaltluftstroms aus dem

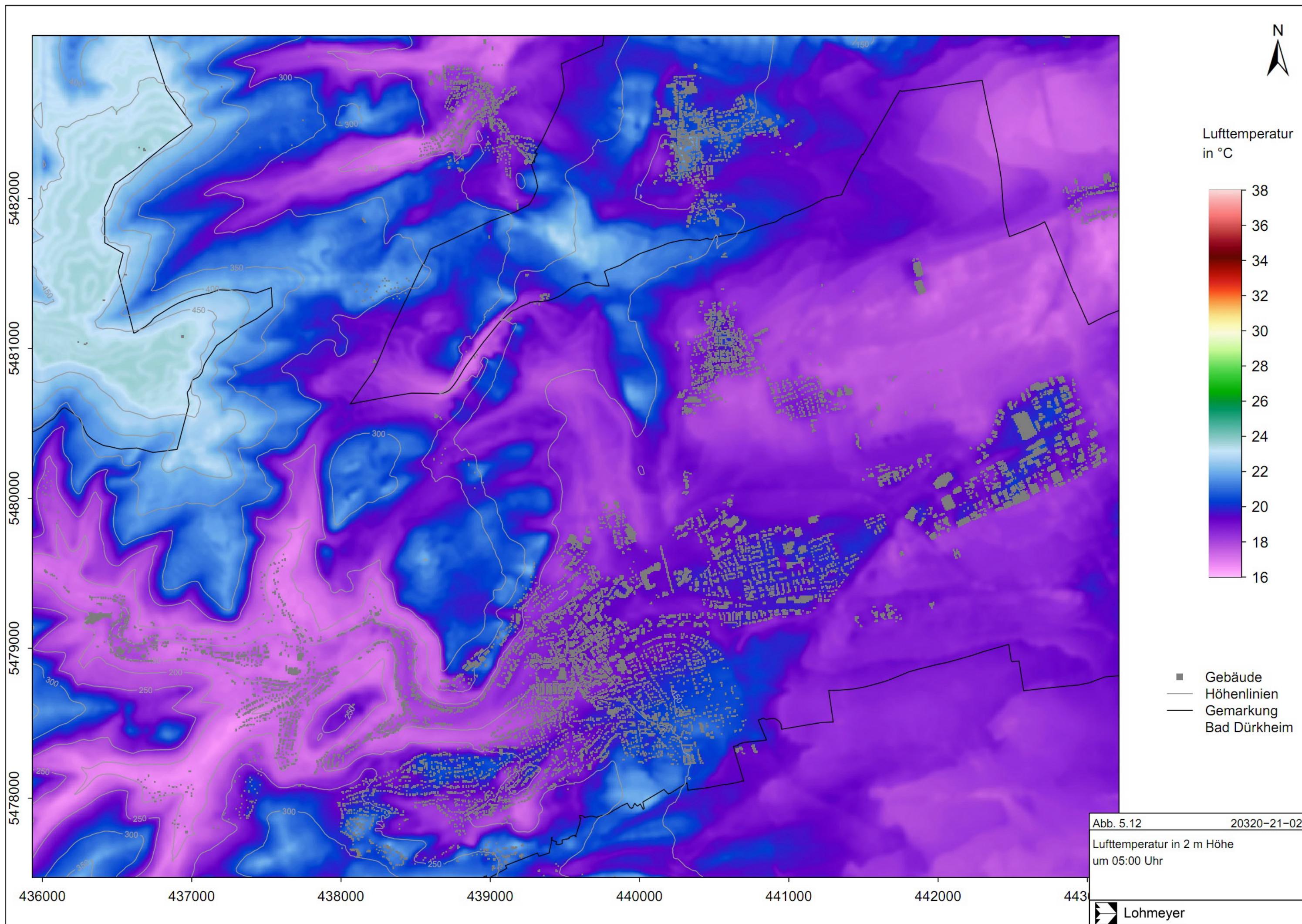


Isenachtal ist jedoch bis etwa zum Siedlungsbereich Trift zu erkennen. Von der flachen Senke südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs werden weiterhin kühle Luftmassen aus Norden nach Bad Dürkheim geführt. Damit ergeben sich durch das Zusammenwirken der Kaltluftströmungen und des städtischen Wärmeinseleffekts beispielsweise im Bereich des Hauptfriedhofs am Talausgang des Isenachtals 20.0 °C bis 21.0 °C, im Kurpark 21.5 °C bis 22.5 °C, am Rathaus 22.0 °C bis 23.0 °C und im Bereich des Neubaugebietes Fronhof II im südöstlichen Bereich von Bad Dürkheim 23.0 °C bis 24.0 °C. Im Ortsteil Seebach werden überwiegend Temperaturen zwischen 21.0 °C und 23.0 °C berechnet; in dem kleinen Einschnitt im südlichen Bereich des Ortsteils Seebach ergeben sich etwas geringere Temperaturen. Im Ortsteil Ungstein ergeben sich je nach Lage 20.0 °C bis 24.0 °C, wobei die geringeren Werte an den Rändern des Ortes und im lockerer bebauten südöstlichen Teil berechnet werden. In Trift werden 22.0 °C bis 24.0 °C berechnet, wobei die kühleren Bereiche im Nordwesten, Westen und den Randbereichen liegen. Im Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim werden vergleichbare Temperaturen wie im Siedlungsbereich Trift berechnet.

Abb. 5.11 zeigt den UTCI nach einem heißen Sommertag um 24:00 Uhr im Untersuchungsgebiet. Bei autochthonen Wetterlagen liegen die Werte des UTCI nachts aufgrund des Wegfalls der solaren Einstrahlung im Bereich der Lufttemperatur. Damit ergeben sich bei dem vorhandenen Lufttemperaturniveau über den unbebauten Freiflächen im Untersuchungsgebiet keine Werte des UTCI mit Wärmebelastung, d. h. ein UTCI < 26 °C. Überwiegend wird thermischer Komfort berechnet, d. h. ein UTCI ≥ 18 °C und ein UTCI < 26 °C, in kleinen Teilbereichen mit relativ hoher bodennaher Strömungsgeschwindigkeit auch ein UTCI < 18 °C, beispielsweise im Bereich des Michelsbergs oder östlich der Anhöhe Am Teufelsstein. Auch in den Siedlungsbereichen wird keine Wärmebelastung simuliert.

Bis etwa zum Zeitraum des Sonnenaufgangs erreicht die Lufttemperatur bei weiterhin negativer Strahlungsbilanz am Erdboden, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen, ihr Minimum. Die Strömungsverhältnisse ändern sich im Laufe der Nacht bei einer autochthonen Wetterlage nicht mehr wesentlich, außer dass diese in ihrer Geschwindigkeit aufgrund der vorhandenen Kaltluft bodennah etwas abnehmen. Deshalb wird hier auf weitere Strömungsbilder verzichtet, sodass **Abb. 5.12** die bodennahe Lufttemperatur um 05:00 Uhr, d. h. kurz vor Sonnenaufgang, im Untersuchungsgebiet zeigt. Mit der weiteren Abkühlung ergeben sich früh morgens auf den ebenen Freiflächen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes 17.0 °C bis 19.5 °C. In den bewaldeten Kuppenlagen des Pfälzerwaldes werden 21.5 °C bis 23.5 °C berechnet. Die unteren Hang- und Talbereiche





kühlen aufgrund der Kaltluftbildung und des Kaltluftabflusses weiterhin deutlich ab, sodass sich in den Tälern Sandtal, Groß- und Kleinwinterstal, sowie Teilbereichen des Isenachtals und seinen Seitentälern, z. B. dem Klaustal, Eppental- und Schlagental, sowie Gaistal, Abkühlungen auf 16.0 °C bis 18.0 °C ergeben. In Siedlungsbereichen sind Wärmeinseleffekte mit bis zu 2 K gegenüber dem unbebauten Umland erkennbar, die in stark von Kaltluft überströmten Bereichen aber weniger wirksam sind. Mit dem Zusammenwirken der Kaltluftströmungen aus den Tälern und des Wärmeinseleffekts der Siedlungsbereiche ergeben sich kurz vor Sonnenaufgang in nördlichen und südwestlichen Teilbereichen von Leistadt etwa 17.5 °C und in einem südöstlichen Teilbereich des Ortes bis zu 20.5 °C. Im Tal entlang der Isenach werden die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen weiterhin vollständig von den Kaltluftmassen erfasst, die vertikal mächtige und intensive Kaltluftströmung aus dem Isenachtal belüftet am Talausgang weiterhin die vorgelagerte Ebene; im Siedlungsbereich werden die bodennahen Kaltluftströmungen bodennah teils erwärmt, ein deutlicher Kühlungseffekt aufgrund des Kaltluftstroms aus dem Isenachtal ist jedoch weiterhin bis etwa zum Siedlungsbereich Trift deutlich zu erkennen. Von der kleinen Senke südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs werden weiterhin kühle Luftmassen aus Norden nach Bad Dürkheim geführt. Damit ergeben sich durch das Zusammenwirken der Kaltluftströmungen und des städtischen Wärmeinseleffekts z. B. im Bereich des Hauptfriedhofs am Talausgang des Isenachtals 18.0 °C bis 18.5 °C, im Kurpark 18.5 °C bis 19.0 °C, am Rathaus etwa 19.5 °C und im Bereich des Neubaugebietes Fronhof II im südöstlichen Bereich von Bad Dürkheim 19.5 °C bis 21.5 °C. Im Ortsteil Seebach werden überwiegend Temperaturen zwischen 18.5 °C und 20.5 °C berechnet; in dem kleinen Einschnitt im südlichen Bereich des Ortsteils Seebach ergeben sich etwas geringere Temperaturen. Im Ortsteil Ungstein ergeben sich je nach Lage 17.5 °C bis 20.5 °C, wobei die geringeren Werte an den Rändern des Ortes und im lockeren bebauten südöstlichen Teil berechnet werden. Im Siedlungsbereich Trift werden 18.5 °C bis 20.5 °C berechnet, wobei die kühleren Bereiche weiterhin im Nordwesten, Westen und in den Randbereichen liegen. Im Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim werden weiterhin vergleichbare Temperaturen wie im Siedlungsbereich Trift berechnet. Da der UTCI bei dem vorhandenen Lufttemperaturniveau keine Werte mit Wärmebelastung aufweist, wird hier auf eine weitere Abbildung verzichtet.

5.2 Detaillierte Berechnungen im Stadtkern

Aufbauend auf den stadtweiten Berechnungen der lokalklimatischen Verhältnisse in Bad Dürkheim an einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wurden sehr detaillierte Rechnungen für einen ausgewählten Bereich im Stadtkern durchgeführt, d. h. im Stadtkerngebiet.

Die Auswertung wird für die gleichen Zeiträume wie bei den stadtweiten Berechnungen gezeigt.

5.2.1 Situation am Tag

Die **Abb. 5.13** zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund an einem heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Stadtgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder siebte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Über den unbebauten Freiflächen im Norden des Ausschnitts ergeben sich überwiegend südöstliche Anströmungen mit 1.0 m/s bis 2.0 m/s, die auch die Hänge zum Kriemhildenstuhl hinauf strömen. In mit hoher Vegetation versehenen Bereichen, d. h. Bäumen, werden teils etwas geringere Strömungsgeschwindigkeiten berechnet, z. B. in Bereichen des Kurparks. Aufgrund der Bebauung werden die bodennahen Strömungen in Richtung und Geschwindigkeit deutlich modifiziert, so dass sowohl geringere als auch höhere Strömungsgeschwindigkeiten als über den unbebauten Freiflächen auftreten können. Während in bebauten Bereichen in Bad Dürkheim überwiegend geringere Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, werden beispielsweise im westlichen Bereich der Gleisanlagen aufgrund von Düseneffekten etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten berechnet. Im Bereich der unbebauten Flächen nordwestlich bis nordöstlich des Rathauses ergeben sich südöstliche Strömungen, die mit den gemessenen Windrichtungen am Rathaus Bad Dürkheim an heißen Sommertagen übereinstimmen (vgl. **Abb. 4.10** und **Abb. 4.12**).

In **Abb. 5.14** ist die Lufttemperatur in 2 m Höhe an einem heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Stadtgebiet dargestellt. Das Niveau der Lufttemperatur über den unbebauten Flächen im Stadtgebiet liegt zwischen 32.0 °C und 34.0 °C, wobei die kühleren Werte überwiegend in Bereichen mit Baumgruppen, z. B. im Kurpark oder südwestlich der Gaustraße oder Wasserflächen (Therme) auftreten. Eine Lufttemperatur größer 34.0 °C tritt vorwiegend in bebauten Bereichen mit verminderter Durchlüftung und Strahlungswechselwirkungen benachbarter Oberflächen auf, d. h. in dicht bebauten Bereichen wie z. B. in der Eichstraße. Noch etwas höhere Lufttemperaturen, d. h. größer 35.0 °C, werden in Bereichen besonnter Innenhöfe und oftmals an besonnten Fassadenseiten berechnet; da die Sonne am Nachmittag im Südwesten steht, sind dies in dem vorliegenden Fall vorwiegend die südlichen bis westlichen Fassadenbereiche. Zudem werden am Südhang des Kriemhildenstuhls, d. h. beispielsweise in Teilbereichen der Hinterbergstraße, aufgrund des Sonnenstands über 35.0 °C am Nachmittag berechnet. Mit ca. 34.0 °C stimmt die Lufttemperatur aus der Modellrechnung im Bereich der Messstation am Rathaus Bad Dürkheim etwa mit der gemessenen Lufttemperatur überein (vgl. **Abb. 4.11**).

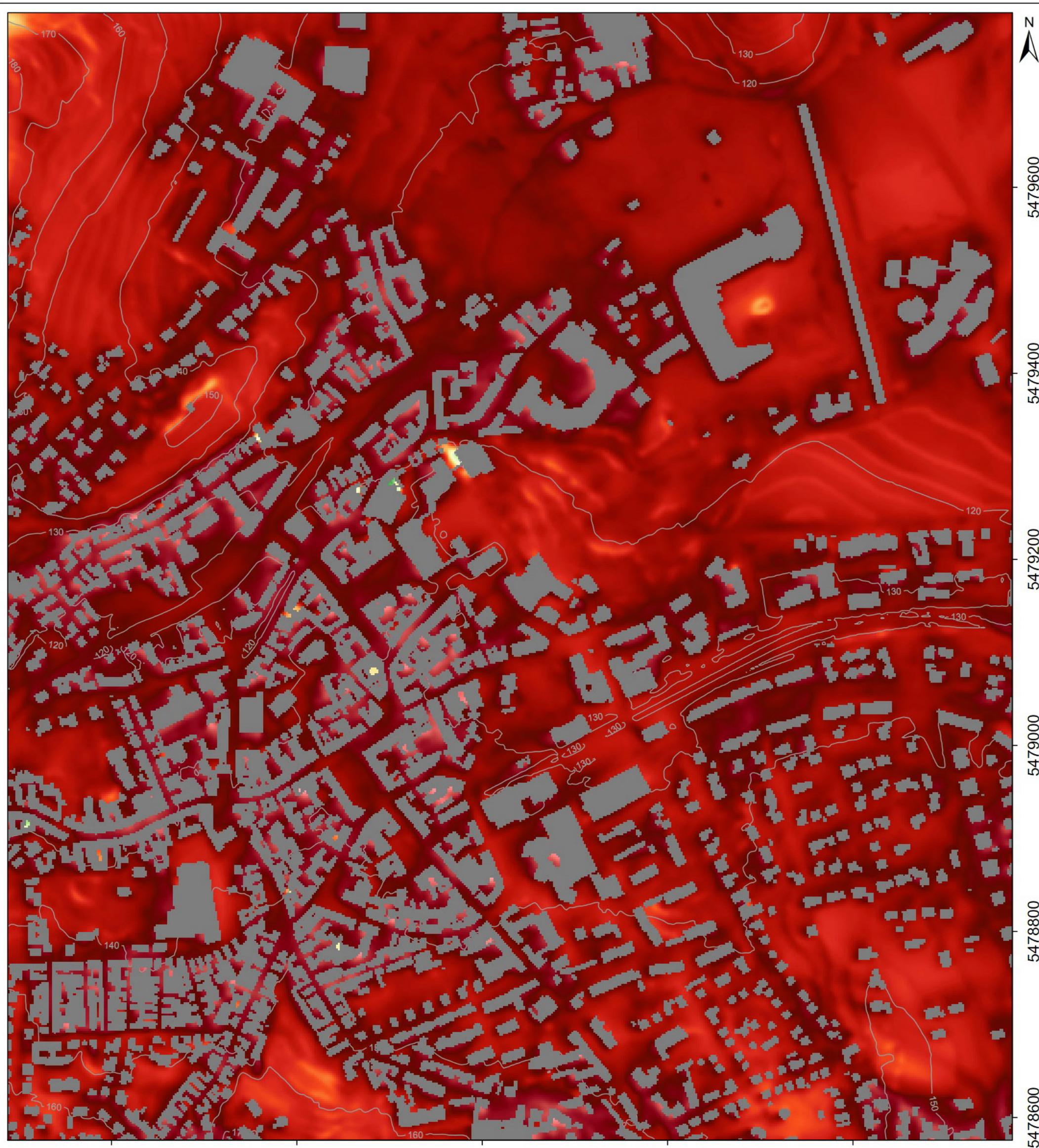


Strömungs-
geschwindigkeit:

- 0.5 m/s
- 1.0 m/s
- 1.5 m/s
- 2.0 m/s
- 2.5 m/s
- 3.0 m/s

- Gebäude
- bebaute Flächen
- Verkehrsflächen
- Sportflächen
- Wasserflächen
- Sonderkulturen
- Grünflächen/Freiflächen
- Bäume/Wald
- Höhenlinien

Abb. 5.13 20320-21-02
Bodennahe Strömungsgeschwindigkeit
in etwa 2 m Höhe am Nachmittag
und Landnutzung



Lufttemperatur in °C

■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.14 20320-21-02
Lufttemperatur in 2 m Höhe
um 15:00 Uhr

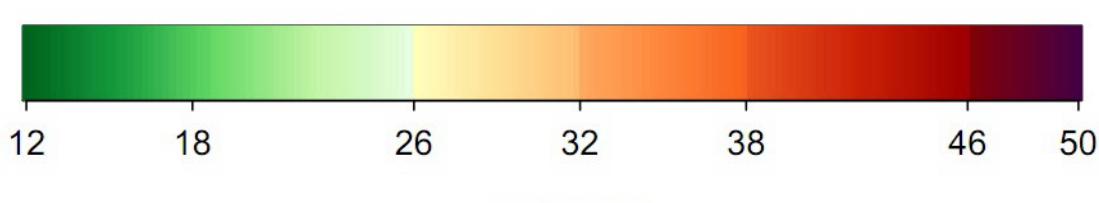
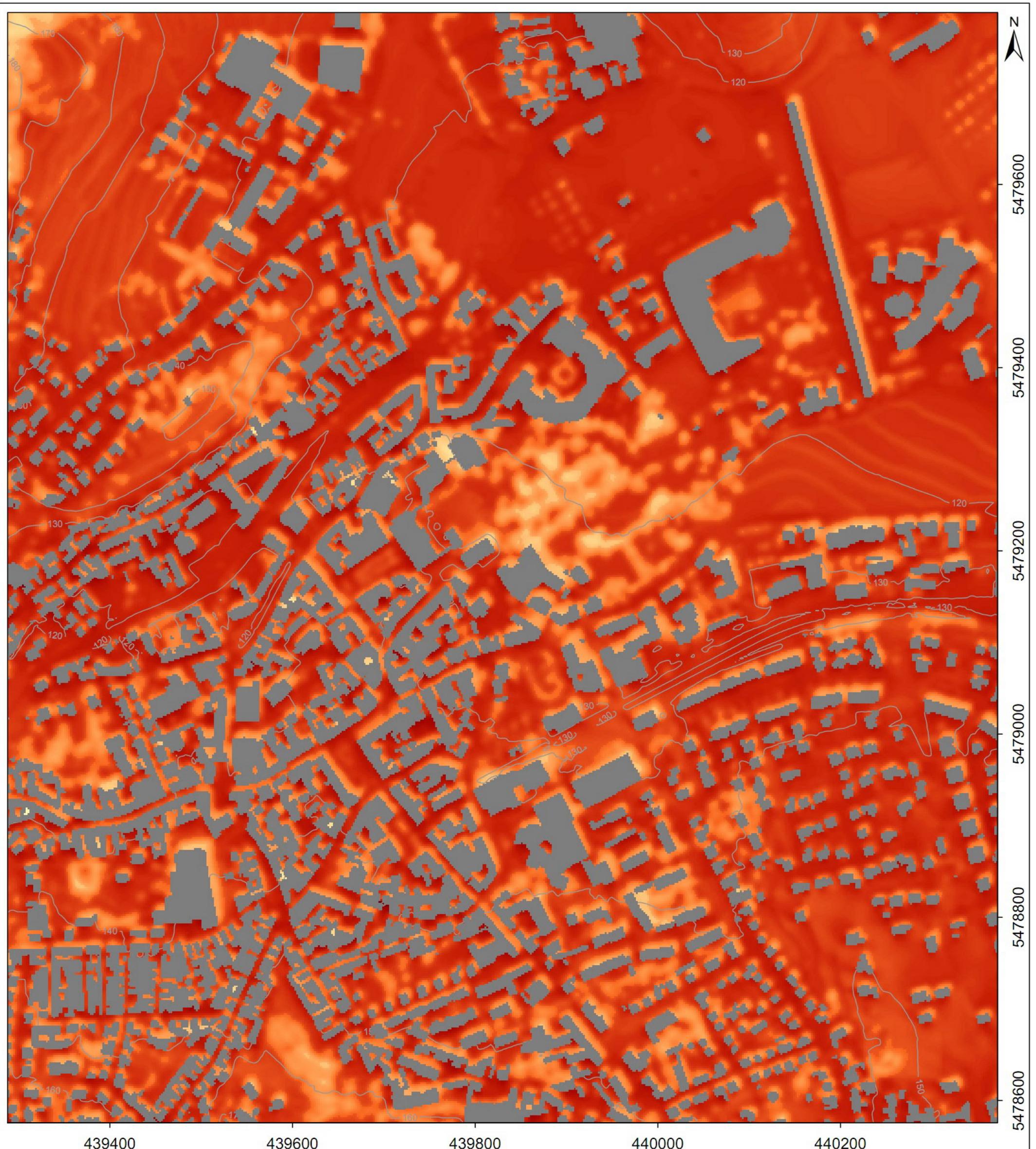
Lohmeyer

Abb. 5.15 zeigt den zugehörigen Universal Thermal Climate Index (UTCI) an einem Heißen Sommertag um 15:00 Uhr im Stadt kerngebiet. In den besonnten Bereichen wird im Untersuchungsgebiet durchgehend sehr starke Wärmebelastung berechnet. Eine Minderung der Wärmebelastung im Freien bieten durch hohe Vegetation verschattete Bereiche, in denen oftmals starke Wärmebelastung, in Teilbereichen des Kurparks auch mäßige Wärmebelastung simuliert wird. Auch in durch Gebäude verschatteten Bereichen ergeben sich geringere Wärmebelastungen als in besonnten Bereichen.

5.2.2 Situation in der Nacht

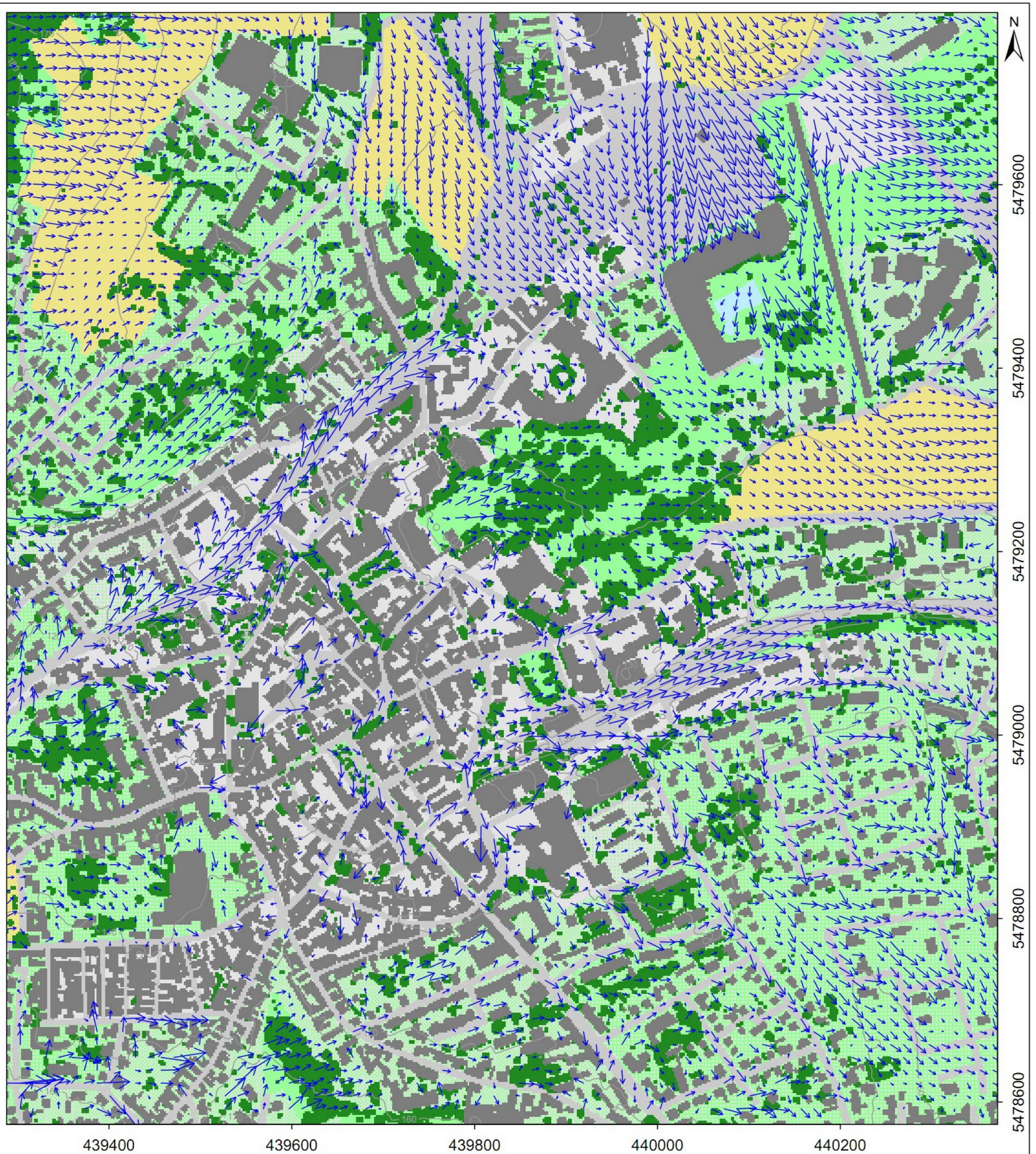
Entsprechend der stadtweiten Berechnungen sind bei Sonnenuntergang die Kaltluftströmungen als Hangabwinde und talfolgende Kaltluftströmungen aktiv. Dementsprechend zeigt **Abb. 5.16** die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund, d. h. die bodennahe Kaltluftströmung, im Zeitraum des Sonnenuntergangs im Stadt kerngebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder siebte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Im Nordwesten der Darstellung sind die Hangabwinde vom Kriemhildenstuhl zu erkennen, die aus Westen mit etwa 0.5 m/s bis 1.5 m/s auf die Gebäude im Bereich des Heckenpfades treffen. Im Nordosten des Ausschnitts strömt die Kaltluft aus dem Einschnitt südöstlich des Schlammbergs und westlich des Spiel- und Michelsbergs von Norden in den vorliegenden Ausschnitt, umströmt die Therme Bad Dürkheim und strömt weiter nach Südosten über die Sonderkulturen im Stadtgebiet. Im Bereich des rauigkeitsarmen Wurstmarktplatzes werden etwa 2.0 m/s Strömungsgeschwindigkeit berechnet. Der übrige Teil des dargestellten Ausschnitts wird von den Kaltluftströmungen aus dem Isenachtal durch- und überströmt. Entlang breiterer Freibereiche können sich lokale Belüftungsbahnen bilden, wie entlang der B 37 und den Gleisanlagen; die Strömungsgeschwindigkeit ist dort 1.5 m/s bis 2.0 m/s. Im südwestlichen Bereich der Sankt-Michaels-Allee und am östlichen Bereich des Kurparks treffen die bodennahen Strömungen aus dem Isenachtal auf die von Norden kommenden Strömungen und strömen entlang der Mannheimer Straße weiter nach Osten. In den übrigen Bereichen werden die Strömungen aufgrund der Bebauung deutlich in Geschwindigkeit und Richtung modifiziert.

Abb. 5.17 zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe um 21:00 Uhr im Stadt kerngebiet. Entsprechend der beschriebenen Kaltluftströmungen wird der dargestellte Ausschnitt von Westen, Nordwesten und Norden angeströmt und damit belüftet und abgekühlt. Im Norden kann die Kaltluft entlang der L 517 und über den Michelsberg ungehindert in das Stadtgebiet bis über die Freiflächen des Wurstmarktes vordringen; dort werden 23.0 °C bis 25.0 °C berechnet. Vergleichbare Temperaturen ergeben sich in den Bereichen, die von den Osthängen des



■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.15 20320-21-02
Universal Thermal Climate Index (UTCI) um 15:00 Uhr
Lohmeyer

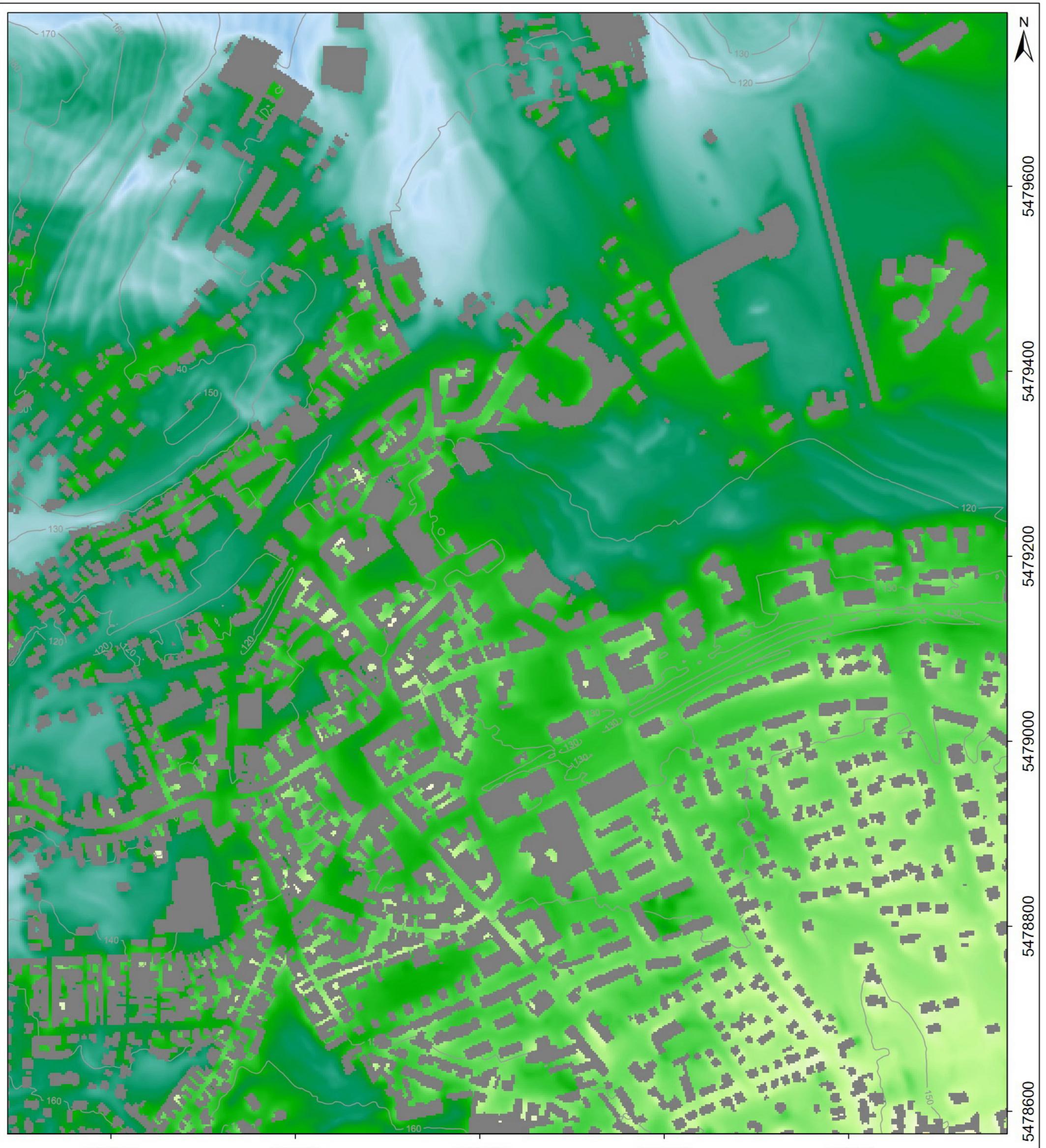


Strömungs-
geschwindigkeit:

- 0.5 m/s
 - 1.0 m/s
 - 1.5 m/s
 - 2.0 m/s
 - 2.5 m/s
 - 3.0 m/s
- Gebäude
 bebauten Flächen
 Verkehrsflächen
 Sportflächen
 Wasserflächen
 Sonderkulturen
 Grünflächen/Freiflächen
 Bäume/Wald
 Höhenlinien

Abb. 5.16 20320-21-02

Bodennahe Strömungsgeschwindigkeit
in etwa 2 m Höhe am Abend bei
Sonnenuntergang und Landnutzung



Lufttemperatur in °C

■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.17 20320-21-02

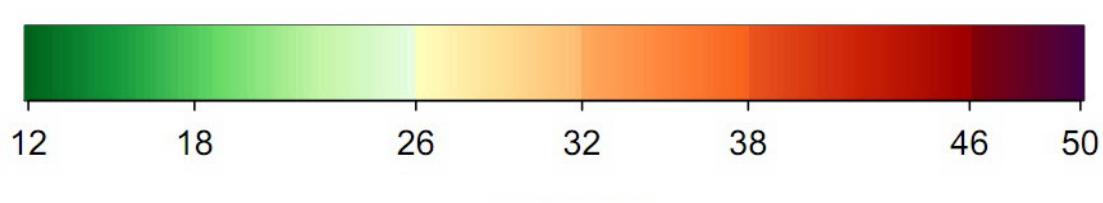
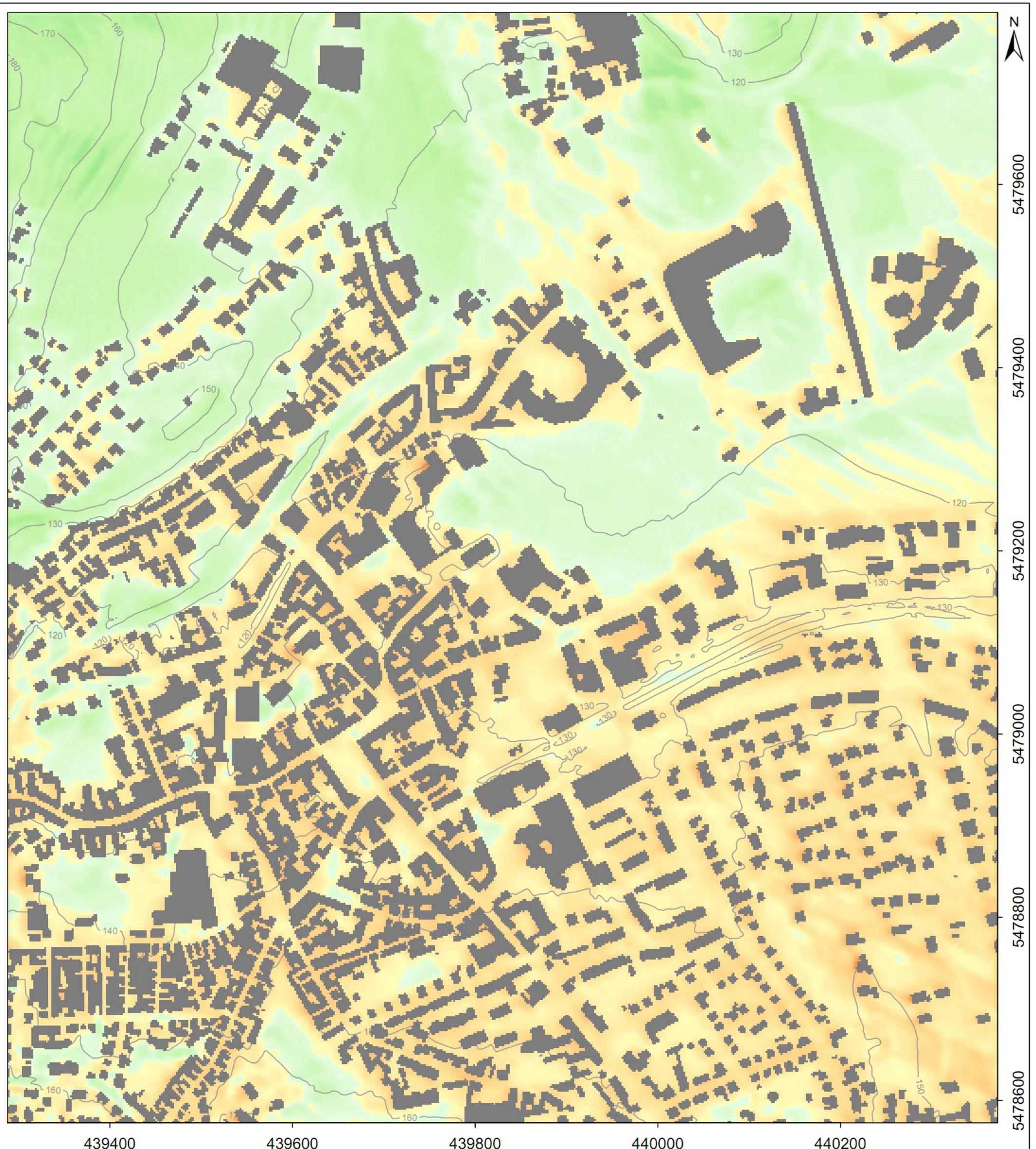
Lufttemperatur in 2 m Höhe
um 21:00 Uhr

Lohmeyer

Kriemhildenstuhls angeströmt werden. Von den Kaltluftströmungen des Isenachtals erreichen Luftmassen mit vergleichbarer Temperatur den dargestellten Ausschnitt über die bebauungsfreien Flächen zwischen der Hinterberg- und Vigiliengasse, der B 37 im Bereich der Agentur für Arbeit Bad Dürkheim und dem Hauptfriedhof am Westrand des dargestellten Ausschnitts. Über den unbebauten Freiflächen im Stadtgebiet, z. B. dem Kurpark, werden etwa 25.0 °C bis 26.0 °C berechnet. Aufgrund des Wärmeinseleffekts, der vor allem auf die langsame nächtliche Wärmeabgabe der tagsüber wärmespeichernden Baumaterialien und die verringerte nächtliche Abstrahlung der Wärme durch die von den Gebäuden verursachte Einengung des Horizonts in Straßenschluchten oder Hinterhöfen zurückzuführen ist, werden in den bebauten Bereichen des Stadtcores Bad Dürkheim überwiegend 26.0 °C bis 28.0 °C berechnet. In einigen Innenhöfen, in denen kein oder nahezu kein Luftaustausch mit der Umgebung stattfinden kann, werden noch höhere Temperaturen simuliert; dies gilt ebenso im weniger dicht bebauten Bereich im südöstlichen Teil des dargestellten Ausschnitts aufgrund der etwas höheren Lage und der größeren Entfernung zu den Kaltluft einzugsgebieten.

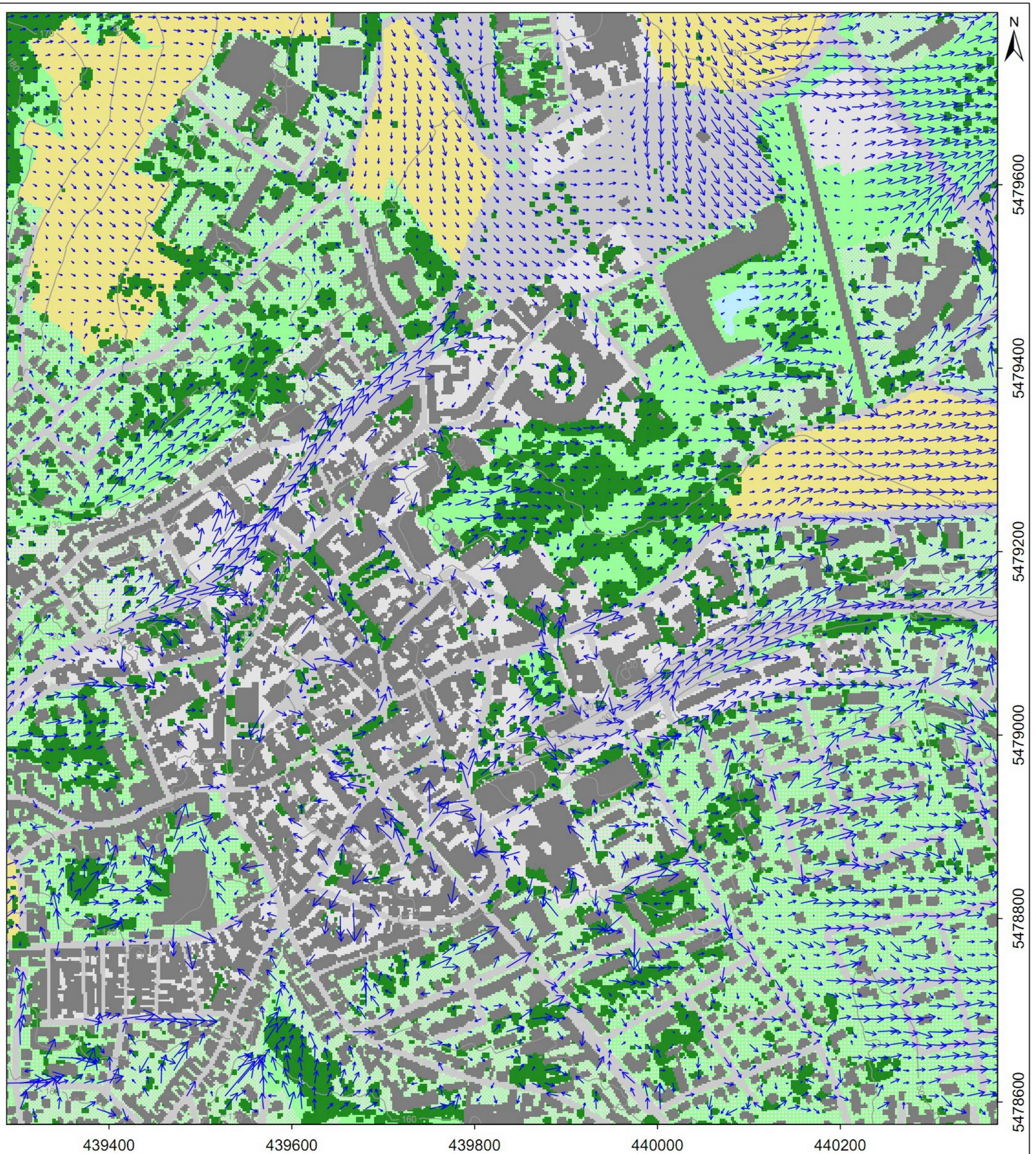
Abb. 5.18 zeigt den UTCI um 21:00 Uhr im Stadtgebiet. Bei autochthonen Wetterlagen liegen die Werte des UTCI nachts aufgrund des Wegfalls der solaren Einstrahlung im Bereich der Lufttemperatur und wird vor allem von der Strahlungstemperatur der umgebenden Oberflächen und die auf engem Raum unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten modifiziert. In Folge ergeben sich im Bereich der unbebauten Freiflächen des Untersuchungsgebietes überwiegend Werte des UTCI im thermischen Komfortbereich. Diese treten zusätzlich in den städtischen Bereichen mit erhöhter Windgeschwindigkeit auf, beispielsweise entlang der B 37. In den bebauten Bereichen wird überwiegend mäßige Wärmebelastung berechnet.

Abb. 5.19 zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund, d. h. die bodennahe Kaltluftströmung, um Mitternacht im Stadtgebiet; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder siebte Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Im Vergleich zur Anfangsphase der Kaltluftbildung sind die Strömungsgeschwindigkeiten der Hangabwinde aus Westen und der Kaltluftströmung aus Norden geringer, während die kräftige Kaltluftströmung aus dem Isenachtal etwas stärker geworden ist, was beispielsweise an der etwas stärkeren Strömungsgeschwindigkeit entlang der B 37 zu erkennen ist. In Folge der etwas schwächeren Kaltluftströmung aus Norden bzw. etwas intensiveren Strömung aus Westen, wird die aus Norden kommende Strömung etwa 150 m nördlicher als zu Beginn der Kaltluftbildung nach Westen abgelenkt, d. h. etwa auf Höhe der Therme Bad Dürkheim. Im Bereich der teilweise noch unbauten Flächen auf dem Fronhof II zeigt sich im Vergleich zum Beginn der



■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.18 20320-21-02
Universal Thermal Climate Index (UTCI) um 21:00 Uhr
Lohmeyer



Strömungs-
geschwindigkeit:

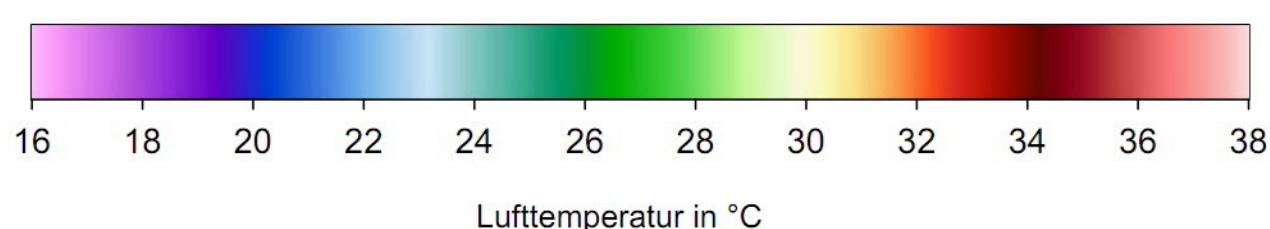
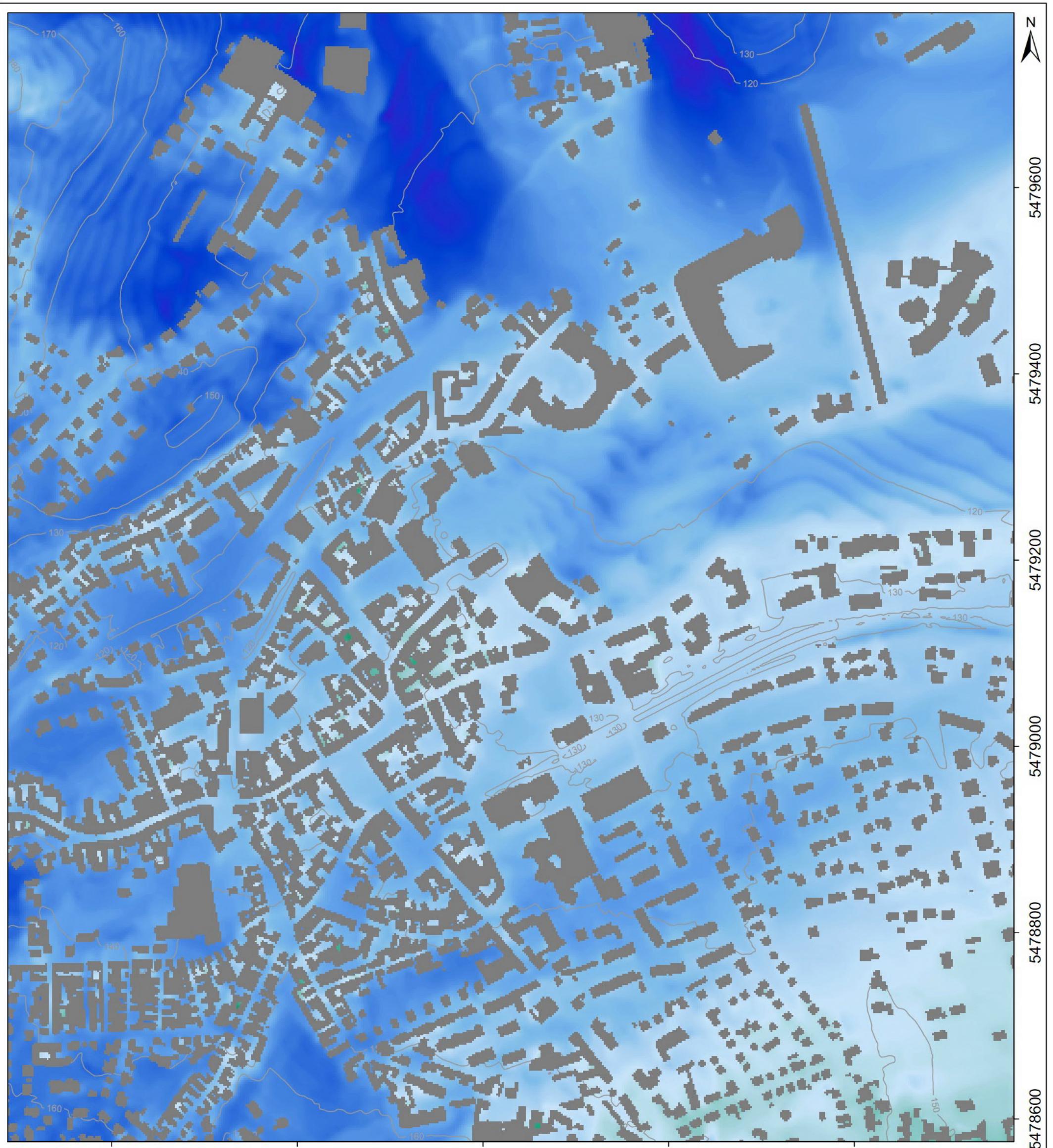
- | | |
|---|---------|
| → | 0.5 m/s |
| → | 1.0 m/s |
| → | 1.5 m/s |
| → | 2.0 m/s |
| → | 2.5 m/s |
| → | 3.0 m/s |
- Gebäude
 - bebaute Flächen
 - Verkehrsflächen
 - Sportflächen
 - Wasserflächen
 - Sonderkulturen
 - Grünflächen/Freiflächen
 - Bäume/Wald
 - Höhenlinien

Abb. 5.19 20320-21-02
Bodennahe Strömungsgeschwindigkeit
in etwa 2 m Höhe um 24:00 Uhr
und Landnutzung

Nacht eine etwas stärkere Strömung mit nahezu rein westlicher Komponente, wo zu Beginn der Nacht eine Nordwestströmung berechnet wurde.

Abb. 5.20 zeigt die entsprechende Lufttemperatur in 2 m Höhe um Mitternacht im Stadtgebiet. Im nördlichen Bereich des dargestellten Ausschnitts ergeben sich vergleichbare räumliche Verteilungen der Lufttemperatur wie zu Beginn der Nacht, auf einem etwas geringeren Niveau. Im südlichen Bereich verändern sich die räumlichen Unterschiede der Temperatur zueinander, da die intensive Kaltluftströmung aus dem Isenachtal bodennah weiter in die Bebauung vordringt. Dementsprechend werden im nördlichen Bereich entlang der L 517 und vom Michelsberg kommend bis zum Wurstmarkt 19.5 °C bis 21.5 °C berechnet. Vergleichbare Temperaturen ergeben sich weiterhin in den Bereichen, die von den Osthängen des Kriemhildenstuhls angeströmt werden. Von den Kaltluftströmungen des Isenachtals erreichen Luftmassen mit vergleichbarer Temperatur den dargestellten Ausschnitt weiterhin über die bebauungsfreien Flächen zwischen der Hinterberg- und Vigiliengasse, der B 37 im Bereich der Agentur für Arbeit Bad Dürkheim und dem Hauptfriedhof am Westrand des dargestellten Ausschnitts; zudem werden vergleichbare Temperaturen im südwestlichen Bereich des Ausschnitts und über den mit hoher Vegetation versehenen Bereich südwestlich der Gaustraße berechnet. Im Bereich des Kurparks werden etwa 21.0 °C bis 22.5 °C berechnet; diese Temperatur wird auch in einem überwiegenden Teil des bebauten Stadtgebietes im westlichen Bereich des dargestellten Ausschnitts simuliert, sodass die intensive Kaltluftströmung den Wärmeinseleffekt hier überlagert. Auch in einem großen bebauten Bereich von Westen nach Osten, südlich der Gleisanlagen bis zu einer Linie Berliner Straße und Lärchenweg ergeben sich vergleichbare Temperaturen. Etwas höhere Temperaturen werden im Stadtgebiet und nördlich der Gleisanlagen berechnet, d. h. etwa vom Schulplatz im Westen bis an den östlichen Rand des dargestellten Ausschnitts und im etwas höher gelegenen südöstlichen Bereich des Neubaugebietes Fronhof II aufgrund der etwas höheren Lage und weniger Kaltluftzufuhr.

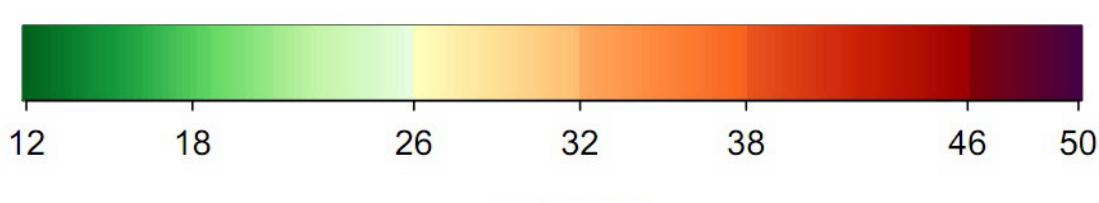
Abb. 5.21 zeigt den UTCI um Mitternacht im Stadtgebiet. Bei dem vorhandenen Lufttemperaturniveau wird nahezu im gesamten Gebiet keine Wärmelastung berechnet, abgesehen von vereinzelten Innenhofbereichen. In Bereichen mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten, beispielsweise entlang der L 517, ergeben sich etwas geringere Werte als im übrigen Gebiet, im Nahbereich von Gebäuden aufgrund der Wärmeabstrahlung etwas höhere Werte des UTCI.



■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.20 20320-21-02
Lufttemperatur in 2 m Höhe
um 24:00 Uhr

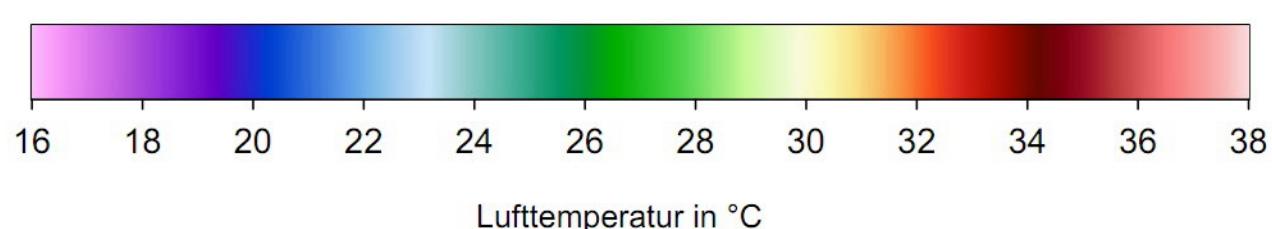
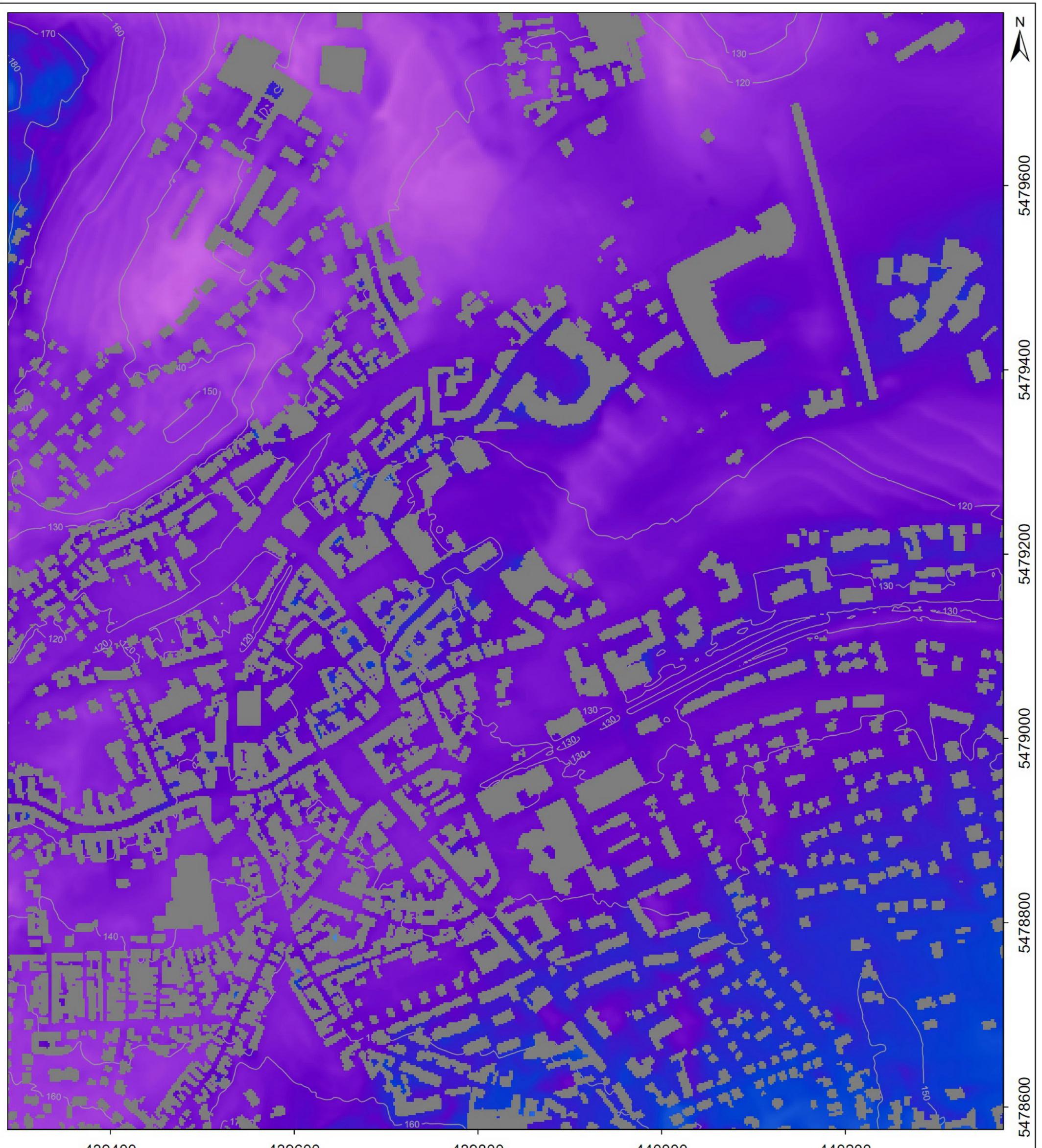
Lohmeyer



■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.21
20320-21-02
Universal Thermal Climate Index (UTCI) um 24:00 Uhr
Lohmeyer

Abb. 5.22 zeigt die bodennahe Lufttemperatur um 05:00 Uhr, d. h. kurz vor Sonnenaufgang, im Stadt kerngebiet. Die geringsten Werte der Lufttemperatur werden weiterhin in den nördlichen, nordwestlichen und westlichen Bereichen des dargestellten Ausschnitts berechnet, wo 16.5 °C bis 18.5 °C simuliert werden. Im überwiegenden Teil des übrigen Untersuchungsgebietes ergeben sich 18.5 °C bis 19.5 °C. Bis zu 20.5 °C werden in den Hangbereichen des Kriemhildenstuhls im äußersten Nordwesten des Gebietes und weiterhin im südöstlichen Bereich berechnet.



■ Gebäude — Höhenlinien

Abb. 5.22	20320-21-02
Lufttemperatur in 2 m Höhe um 05:00 Uhr	

6 KLIMAANALYSEKARTE DER STADT BAD DÜRKHEIM

Die Klimaanalysekarte stellt die lokalklimatischen Gegebenheiten in Bad Dürkheim als flächenhafte Übersicht dar. Das in Kapitel 3 und 4 beschriebene Datenmaterial, die mittleren Windverhältnisse in der Umgebung des Untersuchungsgebietes, die Abschätzung der flächendeckenden lufthygienischen Belastung und die Ergebnisse der flächendeckenden Berechnungen und Darstellung der thermischen und bioklimatischen Verhältnisse inkl. den Kaltluftströmungen bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage (Kapitel 5) sind dazu die wesentliche Grundlage. Zum Verständnis der Klimaanalysekarte sei darauf hingewiesen, dass die Ausweisung der Klimatope sich an den Maßstab des Flächennutzungsplanes orientiert und nicht als parzellenscharf beziehungsweise metergenau aufzufassen ist. Es ergeben sich Toleranzen von 50 m bis 100 m. Für genauere Aussagen sind fachliche Detailgutachten notwendig. Die in den Karten verwendeten Signaturen und Symbole entsprechen den Vorgaben der Richtlinie VDI 3787 Blatt 1 (VDI, 2015). Dargestellt sind Klimatope und Strömungsparameter, das heißt neben der flächenhaften Zusammenfassung beziehungsweise Differenzierung des Stadtgebietes nach klimatischen Gesichtspunkten wurden die für die Siedlungsgebiete relevanten Luftströmungen durch Pfeilsignaturen symbolisch veranschaulicht. Als Mindestgröße für klimatisch wirksame Freiflächen im innerstädtischen Bereich wird in der Literatur (z. B. VDI, 2015) 100 m x 100 m (1 ha) angegeben. Die Auswirkungen in die Randbereiche der Umgebung sind dann im Allgemeinen gering. Diese Flächengröße zur Ausbildung typischer klimatischer Eigenschaften ist auch auf andere Klimatope übertragbar. Betrachtet wurde der Istzustand mit Stand von April 2021 inkl. der mittlerweile in Bau befindlichen Erweiterung der Therme Bad Dürkheim.

6.1 Klimatope

Klimatope beschreiben Gebiete mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen. Diese unterscheiden sich vor allem nach dem Relief, der realen Flächennutzung, dem Versiegelungsgrad, der Bebauungsdichte und Bebauungshöhe, sowie der Vegetationsdichte und Vegetationshöhe.

Da in besiedelten Räumen die mikroklimatischen Ausprägungen im Wesentlichen durch die reale Flächennutzung und insbesondere durch die Art der Bebauung bestimmt sind, werden die Klimatope nach den dominanten Flächennutzungsarten benannt.

Gewässer-Klimatop

Das Gewässer-Klimatop hat gegenüber der Umgebung einen ausgleichenden thermischen Einfluss. Aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers sind die tagesperiodischen Temperaturschwankungen an der Gewässeroberfläche nur schwach. An einem Sommertag sind die Lufttemperaturen tagsüber niedriger und nachts höher als in der Umgebung. Die Dämpfung des Temperaturtagesganges wird umso deutlicher, je größer die Wasseroberfläche ist. Die klimatische Wirksamkeit dieses thermischen Ausgleichs beschränkt sich allerdings bei den im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gewässern auf einen schmalen Uferbereich. Das Gewässer-Klimatop zeichnet sich durch hohe Luftfeuchtigkeit und Windoffenheit aus. Die Windoffenheit bewirkt günstige Ventilationsbedingungen, so dass Gewässer unter Umständen als Frischluftbahnen wirken können.

Freiland-Klimatop

Das Freiland-Klimatop weist einen extremen Tages- und Jahresgang der Temperatur und Feuchte sowie sehr geringe Windströmungsveränderungen auf. Damit ist während Strahlungswetterlagen eine intensive nächtliche Frisch- und Kaltluftproduktion verbunden. Dies trifft insbesondere auf ausgedehnte Wiesen- und Ackerflächen sowie auf Freiflächen mit lockerem Gehölzbestand zu.

Wald-Klimatop

Das Wald-Klimatop zeichnet sich durch gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Temperatur und Feuchte aus. Während tagsüber durch die Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts relativ milde Temperaturen auf. Zudem besitzt der Wald durch trockene und nasse Deposition eine Filterfunktion gegenüber Luftschaadstoffen, so dass die Wald-Klimatope besonders als Regenerationszonen für die Luft und als Erholungsraum für den Menschen geeignet sind. In Hanglagen stellen Wälder auch intensive Kaltluftproduktionsbereiche dar. Aufgrund der hohen Rauigkeit führen Wälder zu Windfeldstörungen. Im Stammraum herrscht nahezu Windstille.

Grünanlagen-Klimatop

Innerörtliche Grünflächen, d. h. meist eine Rasenfläche mit lockerem Baumbestand, weisen je nach Bewuchs mehr oder weniger stark gedämpfte Tagesgänge der Klimaelemente auf. Durch die relativ starke nächtliche Abkühlung (geringe Wärmespeicherung, Verdunstung) und der damit verbundenen Kalt- und Frischluftproduktion wirken sie thermisch ausgleichend auf die bebaute und meist überwärme Umgebung, allerdings ohne relevante Fernwirkung. Größere Grünflächen dienen als Ventilationsschneisen. Innerörtliche Grünflächen mit dichte-

rem Baumbestand stellen durch Verschattung tagsüber kühle Ausgleichsflächen mit höherer relativer Luftfeuchtigkeit gegenüber der überwärmten städtischen Umgebung dar. Die Filterfunktion bezüglich Luftschatdstoffen hängt von der Größe und dem Baumanteil ab, erreicht aber im Allgemeinen nicht die Wirksamkeit des Wald-Klimatops.

Vorstadt-Klimatop

Das Vorstadt-Klimatop stellt den Übergangsbereich zwischen Freilandflächen und locker bebauten Flächen mit hohem Gartenanteil dar und wird durch eine Flächennutzung mit hoherem Grünanteil geprägt. Es ist charakteristisch für eine Vorstadtsiedlung, Gartenstädte oder Ortsräder, die oft im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Die bebauten Flächen bestehen aus einer offenen, ein- bis dreigeschossigen Bebauung und reichhaltigen Grünflächen (Versiegelungsgrad ca. 20 % bis 30 %). Gegenüber dem Freiland-Klimatop sind alle Klimaelemente leicht modifiziert, wobei eine merkliche nächtliche Abkühlung stattfindet und Regionalwinde nur unwesentlich gebremst werden.

Stadtrand-Klimatop

Das Stadtrand-Klimatop wird durch dichter stehende, maximal dreigeschossige Einzelgebäude, Reihenhäuser oder Blockbebauung mit Grünflächen oder durch maximal fünfgeschossige freistehende Gebäude mit Grünanlagen bestimmt (Versiegelungsgrad in der Regel ca. 30 % bis 50 %). Die nächtliche Abkühlung ist stark eingeschränkt und im Wesentlichen von der Umgebung abhängig. Die lokalen Winde und Kaltluftströme werden behindert, während Regionalwinde stark abgebremst werden.

Stadt-Klimatop

Mehrgeschossige geschlossene Bebauung (Blockbebauung) mit wenig Grünflächenanteilen und freistehende Hochhäuser prägen das Stadt-Klimatop. Der hohe Versiegelungsgrad (in der Regel ca. 50 % bis 70 %) führt bei starker Aufheizung am Tage zu einer lediglich sehr geringen nächtlichen Abkühlung. Dadurch entsteht gegenüber der Umgebung ein Wärmeinselleffekt mit niedriger relativer Luftfeuchtigkeit. Die dichte und zum Teil hohe Bebauung beeinflusst die regionalen und überregionalen Windsysteme in erheblichem Umfang, so dass der Luftaustausch eingeschränkt ist und eine insgesamt hohe Schadstoffbelastung besteht. In den stärker bebauten Straßenabschnitten sind in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung hohe Luftschatdstoff- und Lärmeinwirkungen anzutreffen, im Bereich freistehender Hochhäuser auch böenartige Windverwirbelungen.

Innenstadt-Klimatop

Dichte und hohe innerstädtische Bebauung mit sehr geringen Grünanteilen führt tagsüber zu starker Aufheizung und nachts zur Ausbildung einer deutlichen Wärmeinsel bei im Durchschnitt geringer Luftfeuchtigkeit. Die massive Bebauung (Versiegelungsgrad >70 %) führt im Einklang mit der ausgeprägten Wärmeinsel zu bedeutender Beeinflussung der regionalen und überregionalen Winde. Bei austauscharmen Wetterlagen treten hohe Luftschatdstoffkonzentrationen auf, im Sommer zusätzlich Hitzestress und Schwülebelastung. In den stärker bebauten Straßenabschnitten sind in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung hohe Luftschatdstoff- und Lärmeinwirkungen anzutreffen, im Bereich freistehender Hochhäuser auch böenartige Windverwirbelungen.

Gewerbe- und Industrie-Klimatop

Gewerbe und Industriebereiche werden entsprechend VDI (2015) zu einem Klimatop zusammengefasst. Gewerblich genutzte Bereiche entsprechen im Wesentlichen dem Klimatop der verdichteten Bebauung (Stadtrand), das heißt: Wärmeinseleffekt, geringe Luftfeuchtigkeit, erhebliche Windfeldstörung. Der Versiegelungsgrad ist im Allgemeinen < 70 %. Zusätzlich sind vor allem ausgedehnte Zufahrtsstraßen und Stellplatzflächen sowie erhöhte Emissionen zu nennen. Im nächtlichen Wärmebild fällt teilweise die intensive Auskühlung im Dachniveau großer Hallen auf (insbesondere mit Blechdächern), während die von Gebäuden gesäumten Straßenbereiche und Stellplätze weiterhin stark erwärmt bleiben.

Schüttgutlagerstätten aller Art werden aufgrund ihrer möglichen Emissionen diesem Klimatop zugewiesen, auch wenn sie unbebaut sind.

Industriegebiete sind mit dem Innenstadt- und Stadt-Klimatop vergleichbar, weisen aber großflächige Verkehrsflächen und weit höhere Emissionen auf (eventuell genehmigungsbedürftige Anlagen). Der Versiegelungsgrad ist im Allgemeinen > 70 %, bei intensiver Aufheizung am Tage bildet sich auch nachts aufgrund der Ausdehnung versiegelter Flächen eine deutliche Wärmeinsel aus, obwohl die Dächer der Hallen teilweise bemerkenswert auskühlen. Die am Boden befindlichen Luftmassen sind erwärmt, trocken und mit Schadstoffen angereichert. Die massiven Baukörper und die bodennahe Erwärmung verändern das Windfeld wesentlich.

Fazit für siedlungsbezogene Klimatope

Die Bebauung in den einzelnen Wohnbereichen führt bei einer Strahlungswetterlage zu einer Aufheizung der urban geprägten Bereiche am Tage sowie zu einer verminderten nächtlichen Abkühlung der Siedlungsbereiche bei einer Verringerung der relativen Luftfeuchtigkeit. Die Abb. 6.1 zeigt dazu beispielhaft die Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächen an einem Sommertag. Des Weiteren wird durch die Bebauung der Luftaustausch reduziert bei gleichzeitiger lokaler Verstärkung von Turbulenzen und der damit verbundenen Entstehung von Böigkeit mit Zugerscheinungen. Die gegebenenfalls vorhandenen Grünflächen wirken diesen Effekten entgegen und unterstützen die Durchlüftung.

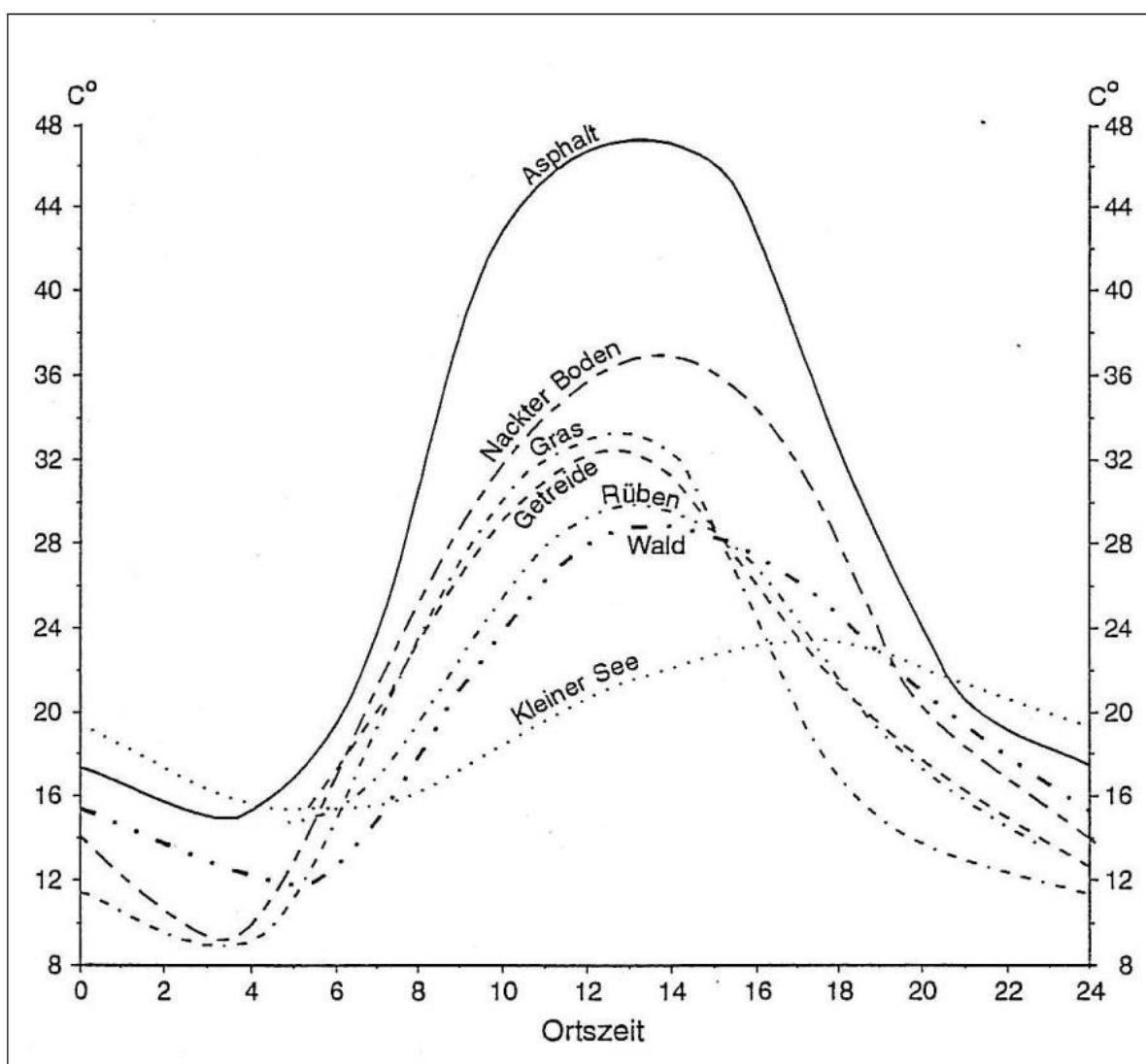


Abb. 6.1: Temperatur verschiedener Oberflächen an einem Hochsommertag auf 50 Grad geografischer Breite. Quelle: Fezer (1977).

Bei allen Wohngebieten weist das Innenstadtklima gegenüber dem Freiland die stärksten Veränderungen auf. Aus diesem Grund ist dort die stärkste bioklimatische (Hitzestress) und die höchste lufthygienische Belastung zu erwarten. Dies ist in **Abb. 6.2** schematisch dargestellt.

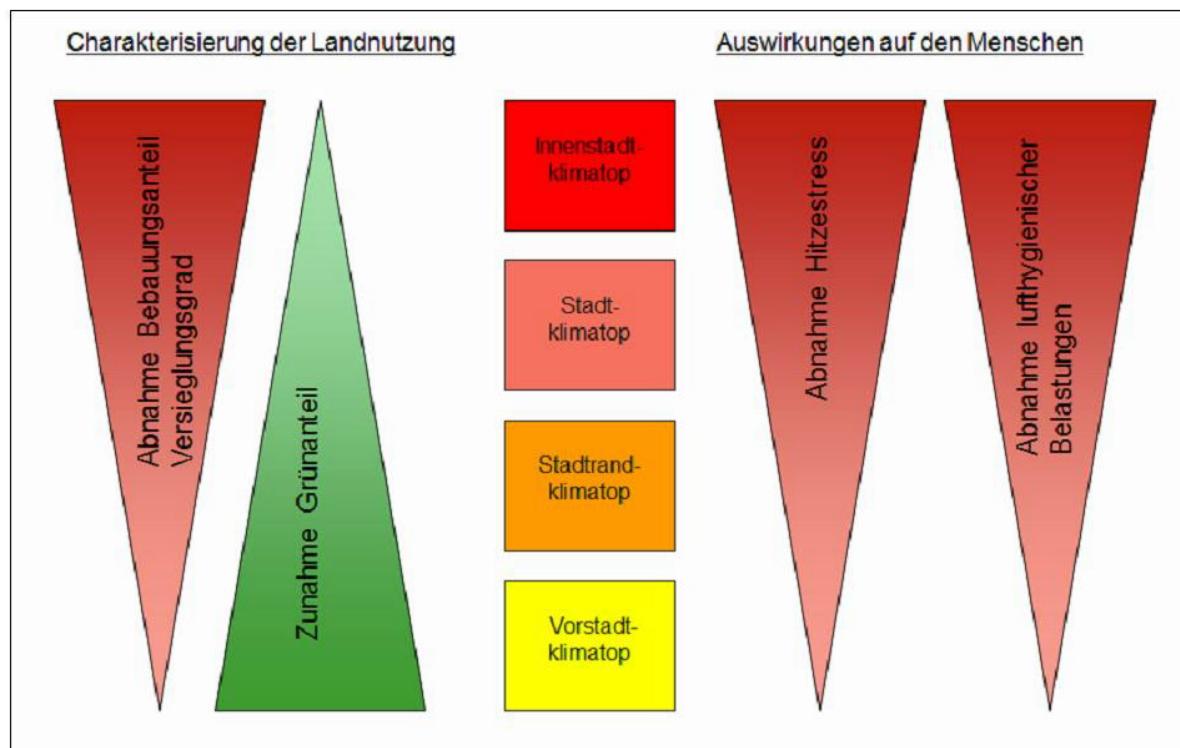


Abb. 6.2: Schematische Darstellung der Einordnung der städtischen Wohnbebauung in Klimatope nach VDI (2015) in Abhängigkeit von Landnutzung sowie deren Auswirkungen auf den Menschen.

6.2 Luftaustausch

Luftleitbahnen

Luftleitbahnen (ein anderer Begriff dafür ist Ventilationsbahn) sind Bereiche, in denen sich der regionale Windeinfluss, insbesondere bezüglich der Hauptwindrichtung, unbehindert entfalten kann. Voraussetzungen sind geringe Bodenrauigkeit, ausreichend Länge und Breite sowie ein möglichst geradliniger Verlauf der Strömungsbahnen. Mayer & Matzarakis (1992) empfehlen folgende Mindestanforderungen für Luftleitbahnen:

- Lineare Ausrichtung auf den Wirkungsraum
- Generell geringe Oberflächenrauigkeit $Z_0 < 0.5 \text{ m}$
- Mindestbreite: 50 m, optimal > 300 m
- Keine Austauschhindernisse, die den Leitbahnquerschnitt abriegeln

Die in den Luftleitbahnen transportierten Luftmassen können sowohl belastet, z. B. durch bodennahe Emittenten wie Hauptverkehrsstraßen, als auch unbelastet sein, z. B. bei Grünanlagen. Deswegen werden schadstoff-unbelastete Luftleitbahnen häufig auch als „Frischluftbahn“ bzw. primäre Luftleitbahn bezeichnet. Liegen dagegen industrielle, gewerbliche und/oder landwirtschaftliche Einzelemittenten und/oder stark befahrene Straßen (> 10 000 Kfz/d) in diesem Bereich vor, liefert die Leitbahn nur noch Kaltluft oder mechanische Turbulenz in den Wirkungsraum, aber keine Frischluft mehr.

Gute Luftleitbahnen stellen z. B. breite Flussauen, Gleisanlagen und breite, geradlinige Straßen dar. Letztere allerdings meist mit hoher Schadstoffbelastung (VDI, 2015).

Kaltluftabfluss (flächenhaft)

Die nächtliche Belüftung der Siedlungsgebiete aufgrund von Kaltluftabflüssen findet insbesondere während autochthoner Wetterlagen, d. h. windschwach und wolkenarm, statt. Dabei handelt es sich um reliefbedingte, thermisch induzierte Hangabströmungen, die eine nächtliche Frisch- und Kaltluftzufuhr bewirken und deshalb in der Klimaanalysekarte besonders gekennzeichnet sind. Die am Hang bodennah in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses erzeugte Kaltluft strömt aufgrund ihrer Temperatur- und Dichteunterschiede zur umgebenden Luft hangabwärts. Grundlage der Kennzeichnung bilden die bodennahen Kaltluftströmungen aus den Ergebnissen der stadtclimatischen Berechnungen mit PALM-4U für die Anfangsphase der Kaltluftbildung (siehe Abschnitt 5.2).

Anhand der flächenhaft berechneten Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten in der Anfangsphase der Kaltluftbildung werden diejenigen Hangbereiche gekennzeichnet, die zu dem ge-

nannten Zeitpunkt Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 0.5 m/s aufweisen und zudem einen direkten Siedlungsbezug haben. Dadurch werden Hangabwinde mit deutlicher Intensität berücksichtigt (RVMO, 2010). Mit der genannten unteren Schwelle der Windgeschwindigkeit ist zu erwarten, dass diese Strömungen messtechnisch erfasst werden können und für Anwohner gerade zu Beginn der Nacht eines warmen Tages spürbar sind, sowie eine kontinuierliche Strömung beschreiben.

Bei den blau dargestellten Kaltluftabflüssen handelt es sich um unbelastete, bei den rot gekennzeichneten um belastete Luftmassen (VDI, 2015).

Berg- und Talwindsystem bzw. gesammelte Kaltluft

Die von den Hängen strömende Kaltluft sammelt sich in Tälern und Geländeeinschnitten. Bei ausreichender Neigung der Talsohle bilden sich ab einer bestimmten vertikalen Mächtigkeit der kräftige Kaltluftströme aus, d. h. Talabwinde, die bei austauscharmen, windschwachen Wetterlagen für eine gewisse Mindestdurchlüftung von Stadtgebieten sorgen. In die Klimaanalysekarte werden nur die klimatisch relevanten Kaltluftströme eingezeichnet. Grundlage der Kennzeichnung sind die Ergebnisse der stadtökologischen Berechnungen mit PALM-4U bei voll ausgebildeter Kaltluft. Dichte Bebauung, wie sie in städtischen Bereichen anzutreffen ist, bewirkt eine teilweise Erwärmung der diesen Gebieten zufließenden Kaltluftmassen. Dadurch werden diese Kaltluftströme vom Boden abgehoben beziehungsweise sogar aufgelöst. Eine charakteristische Größe für einen klimatisch relevanten Volumenstrom ist nach der Schriftenreihe Raumordnung (1979) eine Abflussmenge des Kaltluftabflusses von mindestens 10 000 m³/s. Volumenströme von geringerer Größe haben weniger weitreichende klimatische Wirkung.

In der vorliegenden Ausarbeitung werden Kaltluftvolumenströme bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen berücksichtigt, die durch ihre Intensität Teile von Siedlungen belüften können (VDI, 2015). Aus den Ergebnissen der Kaltluftberechnungen (siehe Abschnitt 5.2) werden die Bereiche gekennzeichnet, die eine Volumenstromdichte von mindestens 15 m³/(m*s) und einen direkten Siedlungsbezug aufweisen.

Hindernis für den Kaltluftabfluss (Barriere)

Im Bereich der Kaltluftströme führen quer zur Strömungsrichtung angeordnete Gebäudeverdichtungen, Dämme oder Waldriegel zu einem Kaltluftstau. Damit ist sowohl eine erhöhte Nachtfrostgefahr als auch eine Behinderung des Kalt- und Frischluftflusses verbunden. Diese Örtlichkeiten werden in der Klimaanalysekarte gekennzeichnet. Erst mit zunehmender Mächtigkeit der Kaltluft können Hindernisse überströmt werden.

Kaltlufteinzugsgebiete

Ein Kaltlufteinzugsgebiet wird von den Flächen gespeist, über denen aufgrund der nächtlichen Energiebilanz eine stärkere Abkühlung der Luft erzielt wird (Kaltluftentstehungsgebiete) und die einen direkten Bezug zu einem Wirkungsraum haben. Wenn entsprechende Geländeneigungen vorhanden sind, können die Kaltluftmassen als Kaltluftabfluss aus dem dazugehörigen Kaltlufteinzugsgebiet heraus wirksam werden (VDI, 2015).

In der vorliegenden Ausarbeitung werden als Kaltlufteinzugsgebiet diejenigen Bereiche des Freilandklimatops bzw. des Waldklimatops gekennzeichnet, in denen in der Anfangsphase des Kaltluftabflusses Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten von mindestens 0.5 m/s bzw. 0.3 m/s oder bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen Kaltluftvolumenstromdichten von mindestens $15 \text{ m}^3/(\text{m}^* \text{s})$ vorliegen und ein direkter Siedlungsbezug gegeben ist.

Die Darstellung von Kaltlufteinzugsgebieten erfolgt über eine blaue Schraffur.

Eindringtiefe

Zu Beginn der Kaltluftbildung entstehen insbesondere auf geneigten Flächen Hangabwinde, die auch an Siedlungsrändern positive Auswirkungen auf überwärmte Bereiche ausüben. Dabei reichen schon wenige Stunden andauerndes Aufklaren des Himmels in den Abend- und Nachtstunden aus. In diesem Fall ist die Mächtigkeit dieser anfänglichen Kaltluftabflüsse meist noch gering, so dass die Eindringtiefe dieser Kaltluft in den Siedlungen geringer ist als bei vertikal mächtigeren Kaltluftvolumenströmen bei voll ausgebildeter Kaltluft. Die Eindringtiefe selbst und die Bereiche, die dadurch abgekühlt werden, hängen von der jeweiligen Kaltluftgeschwindigkeit, der Kaltluftschichtdicke und der Konfiguration der Bebauung ab (RVMO, 2010).

In der vorliegenden Ausarbeitung werden diejenigen bebauten Bereiche gekennzeichnet, die nachts eine intensive Abkühlung aufgrund der nächtlichen Kaltluftströmungen aufweisen. Die Darstellung der Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung erfolgt über eine schräge schwarze Schraffur.

6.3 Spezifische Klimaeigenschaften

Windrose

Üblicherweise werden im Stadtgebiet gemessene Windverteilungen dargestellt. Dafür liegt eine Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Messstation am Rathaus in Bad Dürkheim vor, die in der Klimaanalysekarte dargestellt ist.

Windfeldveränderung

Auf Grund von hoher Bebauung, von hohen Industrieanlagen oder Halden kann eine starke Störung des bodennahen Windfeldes auftreten. Durch das Symbol „Windfeldveränderungen“ werden erhöhte turbulente (Böigkeit) oder drastische (Wirbelbildung, Umströmung) Windschwindigkeitsveränderungen gekennzeichnet.

Diese Windfeldveränderungen wurden exemplarisch für den Innenstadtbereich dargestellt.

Gleisanlage

Gleisanlagen sind durch eine intensive Erwärmung am Tag und eine rasche nächtliche Abkühlung gekennzeichnet; allerdings sind die Oberflächentemperaturen dort höher als im Freiland. Schadstoffemissionen spielen auf diesen Flächen i. d. R. keine große Rolle. Die Luftfeuchtigkeit ist generell herabgesetzt. Die Gleiskörper sind aufgrund ihrer geringfügigen Überbauung windoffen und dienen in bebauten Gebieten oftmals als Luftleitbahnen beziehungsweise Luftaustauschflächen. Ihre Berücksichtigung in der Klimaanalysekarte erfolgt ab einer Breite in der Größenordnung von ca. 50 m, das heißt nur im Falle mehrgleisiger Bahnstrecken, die in Bad Dürkheim nicht vorliegen. Die Funktion als Luftleitbahn kann nur für den Fall gewährleistet werden, dass die Ausrichtung der Gleisanlage parallel zu häufig vorkommenden Windrichtungen ist und eine geradlinige Verbindung nach außen besteht. Deshalb ist nicht jede Gleisanlage automatisch eine Luftleitbahn. Sie fördert aber in jedem Falle den Luftaustausch.

Emissionen des Straßenverkehrs

Der Straßenverkehr stellt in Bad Dürkheim eine der wenigen Quellen für Luftschadstoffemissionen dar.

Die Belastung durch Verkehrsemissionen wird in 3 Klassen eingeteilt, die durch unterschiedlich farbliche Punktraster dargestellt werden:

- a) Straße mit extrem hoher Verkehrsbelastung: Autobahnen oder autobahnähnliche Straßen mit DTV > 50 000 Kfz
- b) Straße mit sehr hoher Verkehrsbelastung: Hauptdurchgangsstraßen mit DTV zwischen 30 000 Kfz und 50 000 Kfz
- c) Straße mit hoher Verkehrsbelastung: wichtige Verkehrsstraßen mit DTV zwischen 10 000 Kfz und 30 000 Kfz.

Die angegebene Signatur dokumentiert entsprechend VDI (2015) aufgrund des DTV entstehende hohe Schadstoff- und Lärmemissionen, ohne im Einzelnen die räumliche Ausdehnung

der belasteten Bereiche darzustellen. Im Nahbereich der gekennzeichneten Straßen ist mit erhöhten Schadstoffbelastungen zu rechnen, besonders wenn die dortigen Austauschbedingungen durch Randbebauung zusätzlich herabgesetzt sind oder im Rahmen von Planungen herabgesetzt werden könnten.

Die bei VDI (2015) definierten Klassen von Straßen mit Verkehrsstärken von 30 000 Kfz/24 h oder mehr trifft man in Bad Dürkheim nicht an und wurde aus diesem Grund auch nicht vergeben.

Hausbrandemissionen in Wohngebieten

In der Klimafunktionskarte sollen nach VDI (2015) Wohngebiete mit vergleichsweise erhöhten Hausbrandemissionen gekennzeichnet werden. Entsprechend der Darstellungen des „Emissionskataster Hausbrand Rheinland-Pfalz 2012“ (AVISO GmbH, 2014) sind für den Bereich von Bad Dürkheim im Vergleich zu den übrigen Städten mit einer vergleichbaren Einwohnerzahl in Rheinland-Pfalz mittlere Staubemissionen aufgrund von Holzfeuerung eingetragen. Bei der dargestellten Rasterweite von 5 km x 5 km ist eine gebietsbezogene Differenzierung innerhalb des Stadtgebietes hinsichtlich lokaler Freisetzung/Schwerpunktsbereiche nicht möglich. Deshalb wird auf eine Kennzeichnung in der vorliegenden Karte verzichtet.

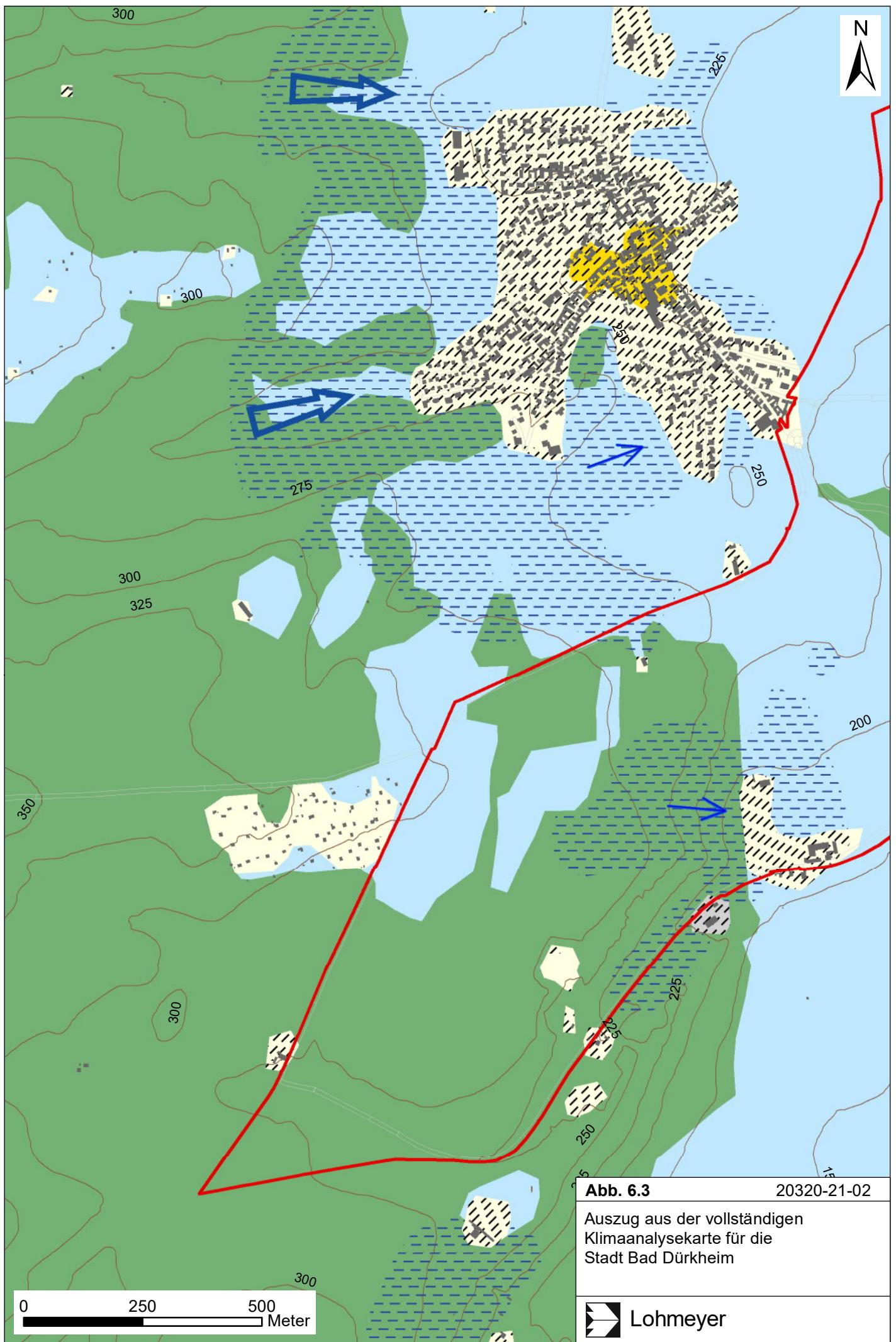
Gewerbegebiet mit erhöhten Emissionen

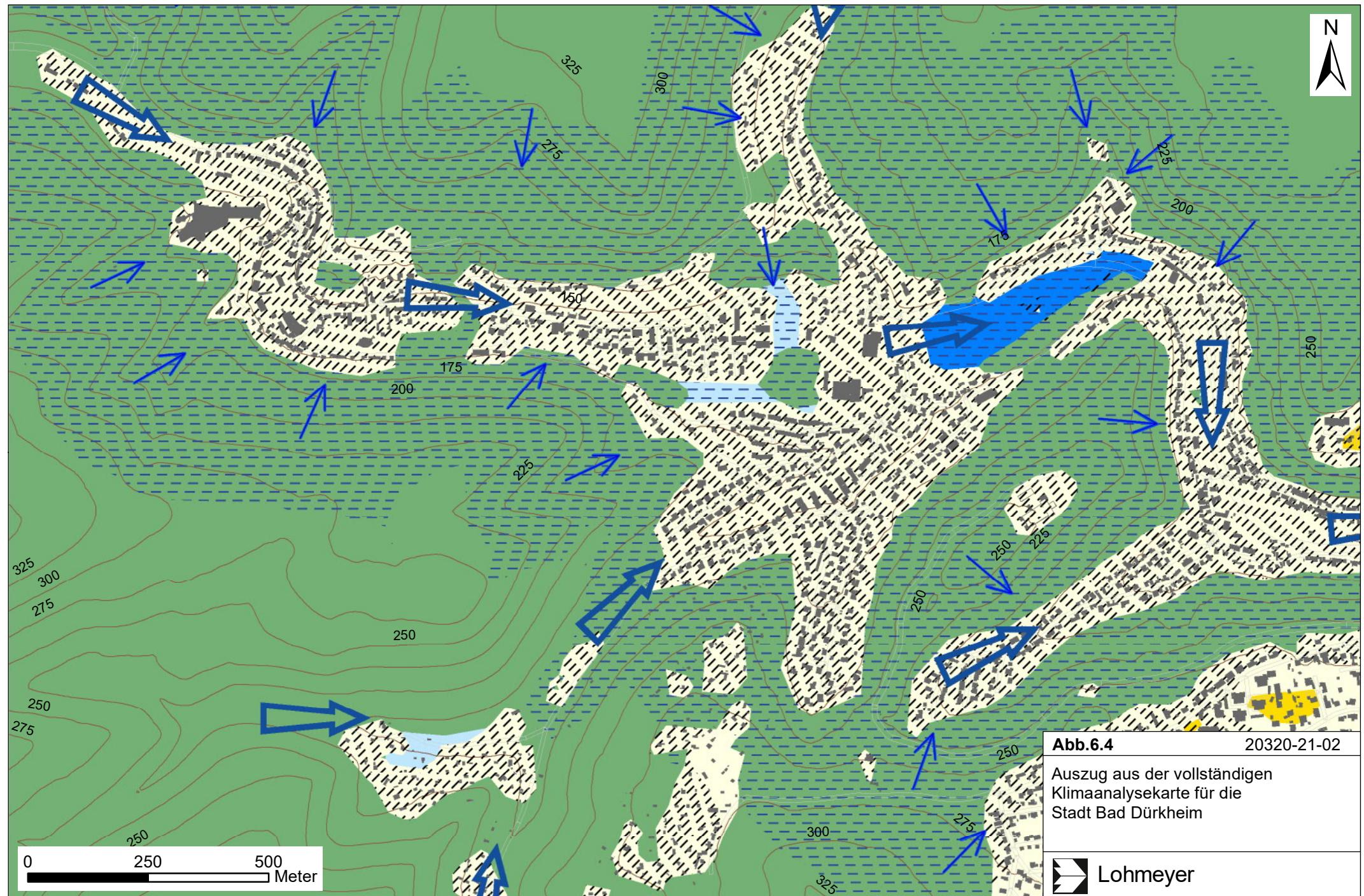
In der Karte sollen durch Piktogramme Gewerbegebiete mit vergleichsweise erhöhten Emissionen ausgewiesen werden. Hierbei sollte die Ableithöhe berücksichtigt werden, wobei zwischen bodennahen Emittenten < 50 m (z. B. Kieswerk) und abgehobenen Emittenten > 50 m (z. B. Kraftwerk) unterschieden wird (VDI, 2015).

In Bad Dürkheim liegen uns keine Angaben über relevante bodennahe Emittenten vor, sodass in Absprache mit der Stadtverwaltung auf eine Kennzeichnung in der vorliegenden Karte verzichtet wird.

6.4 Auszüge aus der gesamten Klimaanalysekarte der Stadt Bad Dürkheim

In den **Abbildungen 6.3 bis 6.6** sind Auszüge für alle Ortsteile von Bad Dürkheim aus der vollständigen Klimaanalysekarte dargestellt. Die **Abb. 6.3** zeigt den Ortsteil Leistadt, die **Abb. 6.4** überwiegend die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen, die **Abb. 6.5** den Ortsteil Seebach und die zentralen Siedlungsbereiche von Bad Dürkheim und die **Abb. 6.6** den Ortsteil Ungstein, den Siedlungsbereich Trift und das Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim. Die dazugehörige Legende zeigt die **Abb. 6.7**. Die vollständige bzw. gesamtstädt-





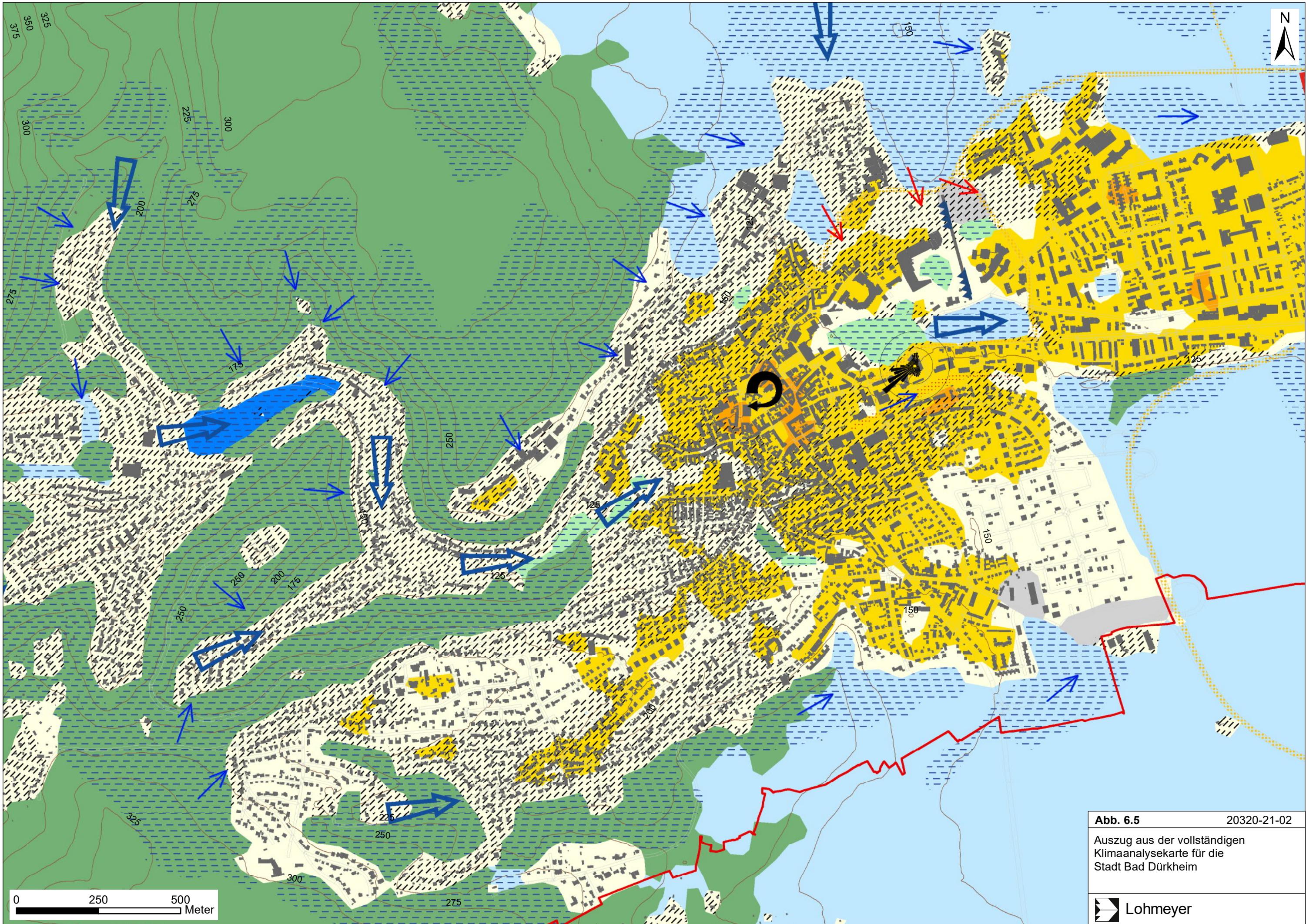


Abb. 6.5 20320-21-02

Auszug aus der vollständigen
Klimaanalysekarte für die
Stadt Bad Dürkheim



Abb. 6.6 20320-21-02
Auszug aus der vollständigen
Klimaanalysekarte für die
Stadt Bad Dürkheim
 Lohmeyer

Legende Klimaanalysekarte

Klimatope

- Gewässer-, Seenklima:
thermisch ausgleichend, hohe Feuchtigkeit, windoffen
 - Freilandklima:
ungestörter, stark ausgeprägter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, sehr geringe Windströmungsveränderungen, starke Frisch-/Kaltluftproduktion
 - Waldklima:
stark gedämpfter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, Frisch-/Kaltluftproduktion, Filterfunktion
 - Klima innerstädtischer Grünflächen:
ausgeprägter Tagesgang der Temperatur und Feuchte, klimatische Ausgleichsfläche in der Bebauung, lokale Verschattungen durch Baumbestand, Frisch-/Kaltluftproduktion
 - Vorstadtklima:
geringer Einfluss auf Temperatur, Feuchte und Wind
 - Stadtrandklima:
wesentliche Beeinflussung von Temperatur, Feuchte und Wind, Störung lokaler Windsysteme
 - Stadtclima:
starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, Ausbildung einer Wärmeinsel, Luftschadstoffbelastung
 - Innenstadtklima:
intensiver Wärmeinseleffekt, geringe Feuchte, starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, uftschadstoffbelastung
 - Gewerbe-/Industrieklima:
starke Veränderung aller Klimaelemente, Ausbildung des Wärmeinseleffektes, teilweise hohe Luftschadstoffbelastung
 - Gleisanlage:
extremer Temperaturtagesgang, trocken, windoffen, Luftleitbahnen

Luftaustausch

-  Luftleitbahn, unbelastet
 -  Luftleitbahn, belastet
 -  Kaltluftabfluss, unbelastet
 -  Kaltluftabfluss, belastet
 -  Berg-/Talwindsystem, gesammelte Kaltluft, unbelastet
 -  Berg-/Talwindsystem, gesammelte Kaltluft, belastet
 -  Hindernis für den Kaltluftabfluss (Barriere)
 -  Kaltlufteinzugsgebiet
 -  Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung
 -  Windfeldveränderung
 -  Windrose

Lufthygienische Verhältnisse

-  Straße mit hoher Verkehrsbelastung, d. h. $DTV > 10\,000$ Kfz/24 h und $\leq 30\,000$ Kfz/24 h

Abb. 6.7 20320-21-02

Legende zur Klimaanalysekarte



Lohmeyer

tische Klimaanalysekarte liegt separat im A1-Format bei und erstreckt sich über das gesamte besiedelte Stadtgebiet von Bad Dürkheim und darüber hinaus in einem Gesamtbereich von 11 km x 8 km. Die Erläuterung der zugeordneten Parameter ist den vorangegangenen Abschnitten 6.1 bis 6.3 aufgeführt.

Festlegungen für Bad Dürkheim

Die Klimatope können nicht vollständig aus den vorliegenden Grundlagedaten automatisch berechnet werden, sondern werden entsprechend der Einschätzung des Fachplaners, unter Zuhilfenahme aller zur Verfügung stehenden Informationen, zugewiesen. Mit dem Fokus auf Wärmebelastung erfolgt die Zuordnung der Klimatope vor allem auf Basis der stadtclimatischen Berechnungen der Temperatur, Wärmebelastung und nächtlichen Kaltluftströmungen bei einer autochthonen Wetterlage im Sommer (Abschnitt 5). Weiterhin werden u. a. die regionalen Windverhältnisse, die Bebauungsdichte, die Bebauungshöhe, der Versiegelungsgrad, die Struktur der Bebauung (Einzelgebäude, Reihenhausbebauung, Blockbebauung), die Struktur der vorhandenen Vegetation, die Lage des betrachteten Bereiches in Bezug auf das Stadtgebiet und die Immissionsbelastung berücksichtigt.

Klimatope

Im westlichen Bereich ist Bad Dürkheim von den Waldflächen des Pfälzerwaldes bzw. der Haardt geprägt, sodass hier Wald-Klimatope vorliegen, abgesehen von einigen Siedlungsberichen entlang der Täler. Im östlichen Bereich des Isenachtals und teilweise seinen Seitentälern, sowie in der vorgelagerten Ebene entlang der Weinstraße befinden sich Großteils Siedlungsflächen, u. a. die Hauptsiedlungsbereiche von Bad Dürkheim, woraus sich siedlungsbezogene Klimatope ergeben; über den unbebauten Freiflächen außerhalb der Siedlungsbereiche befinden sich überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen mit Sonderkulturnen, d. h. Weinanbau, sodass sich dort Freiland-Klimatope ergeben. Ostnordöstlich der Hauptsiedlungsbereiche von Bad Dürkheim befindet sich das Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim und damit ein Gewerbe-/Industrie-Klimatop. Nördlich, nordöstlich und östlich des Gewerbe- und Industriegebietes Bad Dürkheim befinden sich überwiegend Grünflächen mit vereinzelten Baumgruppen, die zu Freiland-Klimatopen und vereinzelten Wald-Klimatopen führen.

Als Gewässer-Klimatop zählen Seen mit einer Mindestgröße von etwa einem Hektar. Dazu gehören in der Gemarkung Bad Dürkheim die Seen Almensee nördlich des Flugplatzes und Herzogweiher im Isenachtal.

Die Beurteilung der Wohnbereiche in Bezug auf ihre thermische und lufthygienische Belastung fällt von Ortsteil zu Ortsteil bzw. auch innerhalb der Ortsteile unterschiedlich aus.

In den Ortsteilen Hardenburg und Grethen-Hausen finden nachts intensive Abkühlungen in Folge der Belüftung durch die nächtlichen Hang- und Talabwinde bei autochthonen Wetterlagen statt, sodass den Ortsteilen das Klimatop Vorstadt zugeordnet wird. Auch in großen Teilbereichen von Leistadt und Ungstein, sowie teilweise den nieder gelegenen Bereichen von Seebach finden intensive nächtliche Abkühlungen in Folge der guten Belüftung durch die nächtlichen Windsysteme und/oder der aufgelockerten Bebauung in den Randbereichen statt, sodass diese Bereiche auch dem Vorstadt-Klimatop zugeordnet werden. Die höher gelegenen Bereiche von Seebach werden aufgrund ihrer etwas geringeren Erwärmung am Tag ebenfalls dem Vorstadt-Klimatop zugeordnet. Weiterhin werden die nordwestlichen Teilbereiche des Stadtgebietes von Bad Dürkheim und Teilbereiche südwestlich des Stadtkerns aufgrund ihrer guten nächtlichen Belüftung dem Vorstadt-Klimatop zugeordnet. Aufgrund der lockeren Bebauung und den damit verbundenen günstigen Be- und Durchlüftungsverhältnissen werden weitere Bereiche, wie z. B. der Fronhof II oder Randbereiche der übrigen Siedlungsgebiete, dem Vorstadt-Klimatop zugeordnet. Auch für kleine innerstädtische Freiflächen mit günstigeren thermischen Bedingungen bzw. Luftaustauschverhältnissen als die bebaute Umgebung, beispielsweise im südwestlichen Bereich von Trift, nördlich des Triftwegs, ergibt sich das Vorstadt-Klimatop.

Für die übrigen Bereiche der Ortsteile Leistadt, Ungstein und Seebach ergibt sich das Stadtrand-Klimatop. In Leistadt und Ungstein betrifft das die inneren Siedlungsbereiche, in denen die nächtliche Belüftung und die Durchlüftung durch die zentrale Lage im Vergleich zu den Randbereichen vermindert ist. In Seebach betrifft das die Bereiche, die aufgrund ihrer Bebauung und Lage etwas weniger abkühlen oder in den Tagstunden eine etwas höhere Temperatur aufweisen als die angrenzenden Bereiche. Dem Siedlungsbereich Trift ist überwiegend das Klimatop Stadtrand zugeordnet, da am Tag eine starke Erwärmung stattfindet und die nächtliche Abkühlung im Vergleich zu den Siedlungsbereichen mit der Zuordnung Vorstadt Großteils eingeschränkt ist. Große Teile des Siedlungsbereiches von Bad Dürkheim sind ebenfalls als Stadtrand-Klimatop gekennzeichnet. Die eng bebauten Bereiche des Stadtkerns profitieren Großteils noch von der intensiven Kaltluftströmung aus dem Isenachtal, sodass dort trotz dichter Bebauung nachts eine Abkühlung stattfindet. Die südlich und östlich der Kernstadt liegenden Bereiche sind zwar weniger dicht bebaut, erfahren aber eine geringere nächtliche Belüftung, da sie südlich des Hauptstroms aus dem Isenachtal bzw. weiter entfernt vom Talausgang liegen.

Das Siedlungs-Klimatop Stadt wird im vorliegenden Fall den Bereichen zugeordnet, die in den Tagstunden stark erwärmen und nachts im Vergleich zu den angrenzenden Bereichen weniger intensiv abkühlen. Das betrifft kleine Teilbereiche im Siedlungsbereich Trift, d. h. Teilbereiche des Wellsrings aufgrund der engen und quer zur Kaltluftströmung ausgerichteten Bebauung, sowie Teilbereiche zwischen dem Triftweg und der Dresdner Straße aufgrund der relativ hohen und quer zur Kaltluftströmung ausgerichteten Bebauung. In Teilbereichen der Kernstadt von Bad Dürkheim ergeben sich aufgrund der eng stehenden Gebäude ebenfalls Ausweisungen als Stadt-Klimatop, z. B. in den Bereichen Eichstraße, Römerplatz und Weinstraße N; dort verliert der intensive Kaltluftstrom aus dem Isenachtal aufgrund der Bebauung bodennah etwas an Wirkung.

Südlich der Therme Bad Dürkheim befindet sich der Kurpark und südöstlich davon eine innerstädtische Weinanbaufläche, der Kurpark ist als Grünanlagen-Klimatop gekennzeichnet. Innerstädtische Grünanlagen zeichnen sich besonders durch diversen Baumbestand aus, der ausgleichend auf die Temperaturen wirkt. In Parkanlagen erfolgt eine regelmäßige aktive Pflege der Grünanlagen, sodass in allen Bereichen vitaler Vegetationsbestand vorherrscht, z. B. Rasenflächen, Blumenbeete, Buschbepflanzung. Im Vergleich zu brach liegenden Freiflächen ist Vegetationsbestand in Parkanlagen daher thermisch günstiger und führt zu intensiver Dämpfung von Wärmebelastung.

Luftaustausch

Der siedlungsklimatisch bedeutsame Gesichtspunkt des Luftaustausches ist durch Pfeilsignaturen kenntlich gemacht. Diese Signaturen betreffen sowohl lokale thermisch induzierte Windsysteme, d. h. Kaltluftabfluss und Talabwind, als auch die Begünstigung regionaler Windeinwirkung, etwa durch Kanalisierung der Hauptwindrichtung.

Bei der Kennzeichnung relevanter Luftaustauschbereiche wird differenziert zwischen lufthygienisch belasteten und unbelasteten Luftaustauschbahnen. Belastete Luftaustauschbahnen liegen vor, wenn der Luftstrom durch stark befahrene Straßen gequert wird oder bei parallel zu breiten Straßenzügen verlaufenden Austauschbahnen. Luftleitbahnen entlang von Bahnstrecken sind überwiegend unbelastet.

Luftleitbahnen existieren zwischen dem Siedlungsbereich Trift und dem Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim, sowie zwischen den zwei Teilbereichen des Ortsteils Ungstein. Diese sind durch die stark befahrenen Straßen B 37 und Bruchstraße bzw. Altenbacher Straße als belastete Luftleitbahnen gekennzeichnet.

Relevante Kaltluftabflüsse dringen überwiegend von den Randhöhen des Pfälzerwaldes und den vorgelagerten Hügeln aus westlichen Richtungen in die Siedlungsbereiche ein; im Bereich des Isenachtals und seinen Seitentälern dominieren Kaltluftströmungen entlang der Talachsen und können aufgrund der jeweiligen Talausrichtungen auch aus anderen Richtungen kommen. Davon profitieren alle Ortsteile von Bad Dürkheim in unterschiedlichem Ausmaß, wobei die Kaltluftabflüsse in flacherem Gelände weniger weit in die Bebauung vordringen, beispielsweise im Siedlungsbereich Trift.

Siedlungsbezogene Talabwinde bzw. gesammelte Kaltluft dringt in verschiedenen Bereichen in die Ortsteile von Bad Dürkheim ein. Zum einen treffen die Talabwinde aus dem Sandtal auf die nördlichen Bereiche von Leistadt und die Talabwinde aus dem Groß- und Kleinwinterstal auf den südwestlichen Bereich. Von Norden erreicht Bad Dürkheim die gesammelte Kaltluft aus der nach Süden offenen flachen Senke südöstlich des Schlammbergs bzw. östlich des Kriemhildenstuhls. Im südlichen Bereich von Seebach sammelt sich Kaltluft in dem kleinen Einschnitt im Bereich der Straßen Im Meisterwasental und Obergasse und belüftet die südlichen Bereiche des Ortsteils. Aus dem Isenachtal und seinen Nebentälern werden die Ortsteile Hardenburg, Grethen-Hausen und die Stadt Bad Dürkheim belüftet. Die kräftige Kaltluftströmung setzt sich über dem Stadtgebiet fort und dringt beispielsweise über den unbauten Flächen im Bereich des Kurparks und östlich davon bodennah durch, sowie auch nordöstlich des Siedlungsbereiches Trift, wo sie auf die bebauten Bereiche In den Almen südlich des Flugplatzes trifft; da die Strömung hier über die stark befahrene Straße B 37 führt, ist sie als belastet gekennzeichnet.

In Bereichen, in denen Kaltluftabflüsse auf Siedlungsbereiche treffen, können Hindernisse bzw. Kaltluftbarrieren das Einfliessen der Kaltluft in die Stadtgebiete abbremsen oder, bei geringen Kaltluftschichtdicken, sogar zum Erliegen bringen. Als Kaltluftstaubbereiche werden langgestreckte Gebäuderiegel quer zum Talabwind und zum Kaltluftabfluss gekennzeichnet. In Luv dieser Kennzeichnung kann es wegen des Aufstauens kalter Luft zu erhöhter Frostgefahr und zur Erhöhung der Häufigkeit von Nebelbildung kommen. Der jeweilige Staubereich erschließt sich im Zusammenhang mit den Kennzeichnungen für Bereiche mit relevantem Kaltluftabfluss bzw. Talabwind. Im vorliegenden Fall wird die bodennahe Kaltluftströmung aus dem Isenachtal im südlichen Bereich des Gradierbaus Saline die ganze Nacht und im nördlichen Bereich im überwiegenden Teil der Nacht blockiert und um- bzw. überströmt diesen; zu Beginn der Nacht ergeben sich im nördlichen Bereich des Gradierbaus Saline noch nördliche Strömungen, die parallel zu diesem strömen.

Kaltlufteinzugsgebiete mit Siedlungsbezug befinden sich aufgrund des ausgeprägten Reliefs im Untersuchungsgebiet über einem Großteil der siedlungsnahen Freiflächen. Keine Kaltlufteinzugsgebiete betreffen die Bereiche östlich bzw. südöstlich des Fronhofs II, im Südosten des Gewerbe- und Industriegebietes von Bad Dürkheim, östlich von Ungstein und in Teilbereichen nördlich bzw. östlich und südöstlich von Leistadt.

Die Eindringtiefen der Kaltluft in das Stadtgebiet hinein sind von der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft, von der vorliegenden Gebäudekonfiguration und der Kaltluftschichtdicke abhängig und werden für die jeweils betroffenen Bereiche individuell festgelegt. Kaltluftabflüsse zu Beginn der Nacht haben dabei aufgrund ihrer vergleichsweise geringeren Mächtigkeit weniger Wirkungsintensität als Talabwinde. Kaltlufteindringbereiche befinden sich aufgrund des ausgeprägten Reliefs im Untersuchungsgebiet in vielen Bereichen des Stadtgebietes von Bad Dürkheim bzw. seinen Ortsteilen; das betrifft die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen, sowie die überwiegenden Bereiche von Leistadt, Ungstein, Seebach und Bad Dürkheim. In dem Siedlungsbereich Trift und dem Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim kann die bodennahe Kaltluft aufgrund ihrer Lage im Lee der Stadt Bad Dürkheim und in etwas weiterer Entfernung vom Pfälzerwald im Vergleich zu den übrigen Bereichen von Bad Dürkheim bodennah weniger stark durchgreifen.

Straßen mit extrem hoher oder sehr hoher Verkehrsbelastung finden sich in Bad Dürkheim nicht. Es gibt aber Straßen, die im Sinne der Richtlinie VDI 3787, Blatt 1 (VDI, 2015) eine hohe Verkehrsbelastung zwischen 10 000 und 30 000 Kfz/24 h aufweisen. Diese sind in der Karte separat durch eine gelbe Punktierung parallel zu den betroffenen Straßenzügen gekennzeichnet; dies sind beispielsweise die B 37 östlich der Kreuzung Weinstraße N, die B 271 und die Gutleutstraße.

Von diesen Straßen werden relevante verkehrsbedingte Emissionen erwartet. Bei Neuanlage von Wohnraum in diesen Bereichen sollte eine Überprüfung erfolgen, ob die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV eingehalten werden können.

7 PLANUNGSHINWEISKARTE DER STADT BAD DÜRKHEIM

Auf Grundlage der komplexen Klimaanalysekarte werden unter fachlichen Gesichtspunkten leicht verständliche Planungshinweise abgeleitet und in einer Karte abgegrenzt, um damit eine Grundlage für die fachliche Unterstützung der Flächennutzungsplanung aus klimaökologischer Sicht darzustellen.

Die Inhalte und Darstellungen der Planungshinweiskarte orientieren sich an den Vorschlägen der Richtlinie VDI 3787, Blatt 1 (VDI, 2015). Die Karte enthält eine integrierende Bewertung der in der Klimaanalysekarte dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange. Die flächenhaften Kennzeichnungen beinhalten Hinweise über die Empfindlichkeit der jeweiligen Bereiche unter klimatisch-lufthygienischen Aspekten gegenüber Nutzungsänderungen. Daraus lässt sich die Notwendigkeit klimatisch begründeter Anforderungen und Maßnahmen im Rahmen der Bauleitplanung entnehmen.

Die flächendeckenden Hinweise für die Planung sind in sieben Gruppen zusammengefasst. Drei Planungsempfehlungen beziehen sich auf den bisher weitgehend nicht überbauten Raum, d. h. auf Freiland und Waldflächen. Vier Empfehlungen werden für bereits baulich genutzte Gebiete ausgesprochen. Weitere Hinweise dienen der Kennzeichnung der immissionsrelevanten Bereiche, d. h. Hauptverkehrsstraßen und emittierende Industrieanlagen, falls im Gebiet vorhanden. Wasserflächen werden von der Bewertung ausgenommen und sind in der Planungshinweiskarte separat gekennzeichnet. Des Weiteren werden Hinweise zur möglichen Intensivierung der Begrünung gegeben.

Die Hinweise für die Planung beziehen sich vornehmlich auf bauliche Nutzungsänderungen, insbesondere dreidimensionaler Art für Gebäude und andere Bauwerke. Eine Änderung der Vegetationszusammensetzung hat in der Regel geringere lokalklimatische Auswirkungen als großflächige Versiegelungsmaßnahmen und die Errichtung von Bauwerken. In speziellen Fällen kann sich auch eine Änderung der Vegetationszusammensetzung, wie z. B. Waldanpflanzung im Bereich einer Luftleitbahn, durchaus ungünstig auswirken. Fälle dieser Art sind bei den Aussagen zur Beurteilung von Nutzungsänderungen im unbebauten Bereich mit berücksichtigt.

Die Kartierung flächenhafter Planungsempfehlungen beruht im Einzelnen auf entsprechenden Darstellungen der Klimaanalysekarte, die einer klassifizierenden Bewertung unterzogen werden. Damit stellen die Planungsempfehlungen im Wesentlichen keine parzellenscharfen Aussagen dar, sondern beinhalten so wie die Darstellungen der Klimaanalysekarte Toleran-

zen zwischen 50 m und 100 m. Die Größe des Untersuchungsgebietes beziehungsweise die Maßstäblichkeit der Untersuchung bedeuten, dass vertiefende Detailfragen im Zusammenhang mit Bebauungsplänen gegebenenfalls durch gesonderte Gutachten erarbeitet werden sollten. Dabei werden die Karten der Klimauntersuchung von Nutzen sein, zumal der Gesamtzusammenhang der klimatisch-lufthygienischen Aspekte der Stadt Bad Dürkheim dargestellt ist.

Die Hinweise für die Planung enthalten neben ihrer Beschreibung auch Aussagen darüber, ob aus klimatisch-lufthygienischer Sicht fachgutachterliche Stellungnahmen oder Fachgutachten bei geplanten Nutzungsänderungen erforderlich sind. Diese Aussagen und die Erforderlichkeit definieren sich aus rein fachlichen Gesichtspunkten. Die Erstellung der fachlichen Stellungnahmen bzw. Fachgutachten erfordert klimatisch-lufthygienische Fachkenntnisse, sodass deren Erarbeitung und Verfassung durch das Fachpersonal der Stadtverwaltung bzw. durch externe Fachgutachter erfolgen sollte. Neben lokalen Besonderheiten des Untersuchungsgebietes liegen den Hinweisen für die Planung folgende Prinzipien zugrunde:

Vegetationsflächen haben eine bedeutende Wirkung auf das Lokalklima, da sie einerseits in den Nachtstunden Frisch- und Kaltluft produzieren und andererseits bei hohem Baumanteil tagsüber thermisch ausgleichend sind. Innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen beeinflussen die direkte Umgebung aus mikroklimatischer Sicht positiv. Vegetationsflächen am Siedlungsrand fördern den Luftaustausch. Größere zusammenhängende Vegetationsflächen stellen das klimatisch-lufthygienische Regenerationspotenzial dar, insbesondere bei vorhandenem räumlichen Bezug zum Siedlungsraum sind sie für den Luftaustausch sehr wichtig. Deshalb sollten solche Freiflächen aus klimatischer Sicht für bauliche Nutzungen nicht in Anspruch genommen werden.

Größere Waldanpflanzungen haben lokalklimatisch mehrfach Bedeutung. In geneigtem Gelände führen sie wie Freiflächen zu Kaltluftproduktion und Kaltluftabfluss. Die Temperatur dieser Kaltluft ist zwar etwas höher als über Freiland gebildete Kaltluft, dafür ist das Kaltluftvolumen jedoch ebenfalls höher. Nachteilig wirkt sich jedoch aus, dass die Bäume ein Strömungshindernis darstellen, sodass sich im Luv gegebenenfalls Kaltluftstaubbereiche bilden können und der großräumige Wind, sowie Kaltluftabfluss und Talabwind, abgebremst werden können. Deshalb kann eine Neuanpflanzung von Wald im Bereich von Luftleitbahnen oder in Bereichen mit relevantem Kaltluftabfluss bzw. Talabwind nicht empfohlen werden.

Aus diesen Gründen ist eine mögliche bauliche Nutzung und Verbauung von Freiflächen nachteilig zu beurteilen, da dort einerseits bei schwachwindigen Wetterlagen der Kalt- und

Frischluftransport stattfindet und sie andererseits als Luftleitbahnen für stärkere regionale Winde dienen.

Aus lufthygienisch-klimatischer Sicht empfiehlt sich prinzipiell eine Umrandung der Siedlungen mit möglichst weiträumigen Grünzonen sowie eine Durchdringung von Ortschaften mit Grünzügen, die sich an der Oberflächengestalt der Umgebung orientieren. Das bedeutet eine Erhaltung beziehungsweise Schaffung von Belüftungsschneisen und Luftleitbahnen im besiedelten Bereich, um den Luftaustausch zu fördern.

Einer Zersiedelung der Landschaft durch zahlreiche Streusiedlungen sowie der Entstehung von abriegelnden Bebauungsgürteln ist aus fachlicher Sicht entgegenzuwirken; das betrifft insbesondere das Zusammenwachsen benachbarter Ortslagen. Bei städtischen Siedlungen sollten entsprechend große nahegelegene Frisch- und Kaltluftproduktionsgebiete mit direktem Siedlungsbezug und Belüftungsbahnen erhalten und geschützt werden.

Bei der Ansiedlung von Gewerbe- und Industriegebieten ist zu berücksichtigen, dass die unmittelbar angrenzenden Wohngebiete nicht aufgrund der lokalen Windverhältnisse durch erhöhte Immissionen belastet werden.

7.1 Planungshinweise

7.1.1 Grün- und Freiflächen

Ausgleichraum mit hoher Bedeutung

Dies sind vor allem klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum wie z. B. innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Berg- und Talwindsystems liegen. Des Weiteren werden nicht bebaute Täler, insbesondere deren Talsohlen und Geländeeinschnitte, in denen Kaltluftabfluss auftritt, eingeschlossen. Außerdem sind große zusammenhängende Freiflächen, inkl. Waldflächen, im Umfeld der Stadt aus klimatisch-lufthygienischen Gründen von großer Bedeutung.

Die genannten Flächen sind mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet, da sie als Kaltluftentstehungsgebiete fungieren. Der Kaltluftabfluss aus den Kaltluftentstehungsgebieten lässt die Kaltluftmassen aus dem zugehörigen Kaltlufteingangsgebiet heraus wirksam werden.

Folglich sind die Flächen mit hohen Restriktionen gegenüber Bebauung und Nutzungsänderungen belegt, da bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen zu bedenklichen

klimatischen Beeinträchtigungen führen können. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern, wie z. B. dichte Aufforstung in Bereichen mit Kaltluftabfluss.

Sollten trotz des Bestehens klimatischer Bedenken Planungen in Erwägung gezogen werden, besteht die Notwendigkeit einer verstärkten Berücksichtigung dieser Belange in der Planung auf der Grundlage von Fachgutachten.

Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung

Diese Freiflächen haben entweder keine direkte Zuordnung zum Siedlungsraum, d. h. dort entstehende Kalt- und Frischluft fließt nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete, oder nur eine geringe Kaltluftproduktion aufgrund der Ausstattung, z. B. Schotterflächen, Deponieflächen.

Sie werden mit einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet. Hier ist aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich.

Klimatisch bedeutsame lokale Gegebenheiten wie z. B. Einschnitte, Schneisen, Bachläufe etc. sind jedoch bei einer möglichen Planung zu berücksichtigen. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung sind die Erhaltung von zusammenhängenden Grünflächen und Grünzügen, die Schaffung von Dach- und Fassadenbegrünungen und möglichst geringe Gebäudehöhen sowie windoffene Gebäudeanordnungen zu empfehlen.

Bei Planungen von Baumaßnahmen in derart ausgewiesenen Flächen ist eine Beurteilung durch einen klima-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Sicherung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil. Bei bedeutsamen baulichen Eingriffen, die den Rahmen der in diesen Bereichen bestehenden ortsüblichen Bebauung überschreiten, sind Beurteilungen auf der Grundlage von Fachgutachten angemessen.

Ausgleichsraum mit geringer Bedeutung

Diese Flächen haben klimatisch betrachtet nur einen geringen Einfluss auf Siedlungsgebiete, da sie aufgrund ihrer Lage und Exposition von Siedlungen abgewandt oder für die Kalt- und Frischluftproduktion relativ unbedeutend sind. Hierzu zählen auch Bereiche innerhalb eines ausgedehnten Klimapotenzials, das nicht in unmittelbarer Verbindung zu einem Ballungsraum liegt. Dort sind teilweise bauliche Eingriffe mit nur geringen klimatischen Veränderungen verbunden, d. h. sie sind relativ stabil gegenüber begrenzten nutzungsändernden Eingriffen.

Solche Flächenausweisungen treffen insbesondere auf Kuppenlagen zu, wo eine gute Durchlüftung und eine geringe Neigung zur Wärmeinselbildung gegeben ist. Diese Lagen wirken sich jedoch ungünstig auf den winterlichen Heizbedarf aus. Diese Klassifizierung ergibt sich für gut durchlüftete Gebiete mit schwach ausgeprägten Reliefverhältnissen, die nicht in unmittelbarer Nähe zu dichten Siedlungsbereichen liegen.

Aus klimatischer Sicht sind in diesen Gebieten selbst Bauwerke wie Hochhäuser oder großflächige Gewerbebetriebe möglich. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass bezüglich der Hauptwindrichtung die Durchlüftungsmöglichkeit erhalten bleibt. Allerdings können im Nahbereich von Gebäuden auch Nutzungskonflikte hinsichtlich des Windkomforts durch erhöhte Windgeschwindigkeiten und Böigkeiten entstehen. Zudem ist das schon vorhandene Emissionsaufkommen zu beachten, sodass in der Nähe von Gewerbestandorten und stark frequentierten Verkehrswegen keine empfindlichen Nutzungen geplant werden sollten.

7.1.2 Bebaute Flächen/Lasträume

Bebaute Flächen mit geringer klimarelevanter Funktion

Dies sind bereits bebaute Gebiete mit geringen klimatischen Funktionen, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermisch-lufthygienischen Belastungen aufweisen und benachbarte Siedlungsbereiche nicht wesentlich beeinträchtigen. Ihnen ist keine nennenswerte klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen und Bebauungsverdichtung zuzuschreiben.

Dabei handelt es sich um bebaute, gut durchlüftete Kuppenlagen oder um bebaute Gebiete, deren thermisch-lufthygienische Emissionen nicht zu Verschlechterungen in nahegelegenen Siedlungsbereichen führen. Bei einer zusätzlichen Verdichtung ist keine nennenswerte klimatisch-lufthygienische Auswirkung zu erwarten, da sich bei diesen überwiegend kleindimensionalen Gebieten kein relevanter Wärmeinseleffekt ausbildet.

Allerdings ist darauf zu achten, dass bestehende Belüftungsmöglichkeiten erhalten werden und zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch Dach- und Fassadenbegrünung und Beibehaltung von Grünflächen kann einer thermischen Belastung vorgebeugt werden.

Bebaute Flächen mit klimarelevanter Funktion

Dies sind bebaute Gebiete, die aufgrund ihrer Lage und ihrer Bebauungsart klimarelevante Funktionen übernehmen. Darunter fallen z. B. locker bebaute und durchgrünte Siedlungen bzw. Siedlungsränder, die nachts merklich abkühlen und relativ windoffen sind, oder gut

durchlüftete verdichtete Siedlungsbereiche, z. B. Kuppenlagen. Diese Gebiete zeigen weder intensive thermisch-lufthygienische Belastungen auf, führen nicht zu Beeinträchtigungen des Luftaustausches und weisen im Allgemeinen geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierungen auf.

Damit sind z. B. Arrondierungen an den Siedlungsranden und das Schließen von Baulücken gemeint, wobei das in diesem Gebiet vorhandene bauliche Nutzungsmaß beibehalten werden sollte. Solche relativ geringfügigen und der Umgebung angemessenen Nutzungsänderungen ziehen im Bereich der so bezeichneten Flächen keine wesentlichen klimatisch-lufthygienischen Veränderungen nach sich.

Allerdings ist bei der Planung von Baumaßnahmen in diesen ausgewiesenen Flächen eine Beurteilung der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie die Erhaltung und Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen durch einen Sachverständigen vorteilhaft. Die Bodenversiegelung ist so gering wie möglich zu halten und durch Schaffung von Vegetationsflächen sowie Dach- und Fassadenbegrünung auszugleichen. Generell sollte eine emissionsarme Energieversorgung, z. B. Fernwärme, realisiert werden. Bei bedeutsamen baulichen Eingriffen, die den Rahmen der in diesen Bereichen bestehenden ortsüblichen Bebauung überschreiten, sind Beurteilungen auf der Grundlage von Fachgutachten angemessen.

Bebaute Fläche mit bedeutender klimarelevanter Funktion

Diese gekennzeichneten Bereiche übernehmen für sich und angrenzende Siedlungsbereiche bedeutende klimarelevante Funktionen bzw. weisen eine hohe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Die Art und Dimension der vorhandenen Bebauung kann dabei sehr unterschiedlich sein.

Am Siedlungsrand ermöglichen locker bebaute und gut durchgrünte Gebiete mit geringen Gebäudehöhen einen nahezu ungestörten Luftaustausch, der auch lokale Windsysteme beinhaltet. Dies trifft insbesondere auf Hanglagen zu, an deren Fuß sich bebaute Gebiete befinden, wobei diese Hanglagen auch zu Kaltluftbildung und Kaltluftabfluss beitragen.

Bebaute Bereiche mit aufgelockerter Bebauung innerhalb von Gebieten mit relevantem Kaltluftabfluss/Talabwind schränken den Luftaustausch ein. Das betrifft auch die Wirkung als Luftleitbahn. Durch die bestehenden Be- und Durchlüftungsverhältnisse sind dort keine hohen thermischen Belastungen vorherrschend. Bei Nutzungsintensivierungen können diese Begünstigungen entfallen.

Gebiete mit vereinzelten freistehenden Hochhäusern stellen zwar eine Behinderung des Windfeldes dar, lassen jedoch einen Luftaustausch zu und führen aufgrund vorhandener Grünflächen nicht zu übermäßiger Erwärmung.

In diese Kennzeichnung sind auch verdichtete Siedlungsbereiche aufgenommen, deren klimatisch-lufthygienische Belastung nicht übermäßig hoch ist, da die bestehenden nächtlichen Belüftungsverhältnisse dauerhaft hohe Belastungen verhindern. Nutzungsintensivierungen beschränken diese Begünstigungen und führen in Teilbereichen zu höheren thermischen Belastungen.

Die genannten Gebiete weisen allesamt eine erhebliche klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Bei weiteren Bau- und Versiegelungsmaßnahmen sind negative Auswirkungen auf die klimatische Situation zu erwarten. Für diese Gebiete wird daher eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung bzw. Erweiterung der Belüftungsflächen empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen für diese ausgewiesenen Flächen sind klimatisch-lufthygienische Fachgutachten notwendig.

Bebaute Gebiete mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen

Diese Ausweisung umfasst verdichtete Siedlungsräume, die klimatisch-lufthygienisch stark belastet sind, sowie bebaute Bereiche, in denen der Luftaustausch aufgrund von Bauwerken maßgeblich eingeschränkt ist.

Diese Gebiete sind unter stadtclimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.

Unter stadtclimatischen Gesichtspunkten sollten in den genannten Bereichen gegensteuernde Maßnahmen erfolgen, d. h. Verringerung des Versiegelungsgrades bzw. Entsiegelung, Erhöhung des Vegetationsanteils bzw. intensive Begrünung, einschließlich Fassaden- und Dachbegrünung, sowie Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere der Verkehrsemissionen. Zudem wird eine Schaffung bzw. Erweiterung von möglichst begrünten Durchlüftungsbahnen empfohlen; damit ist auch gegebenenfalls die Entfernung oder Verlagerung störender Bauwerke verbunden. Bei der Begrünung sollten nur solche Pflanzenarten verwendet werden, die keine oder nur in geringen Mengen biogene Kohlenwasserstoffe freisetzen und die eine Ozonproduktion nicht begünstigen.

Bei allen Planungen innerhalb dieser Flächenausweisungen sind klimatisch-lufthygienische Fachgutachten notwendig.

7.2 Raumspezifische Hinweise

7.2.1 Stadträume

Begrünung im Stadtraum

Neben den lufthygienischen Belastungen und den Lärmemissionen durch den Kfz-Verkehr sind auch die human-biometeorologischen Belastungen innerhalb einiger Stadträume häufig sehr hoch. Hierfür werden Empfehlungen für die Begrünung gegeben. Dies sollte in erster Linie durch den Erhalt vorhandener großkroniger Laubbäume oder durch deren Anpflanzung erreicht werden.

Begrünung in Wohngebieten

Neben den städtischen Grünanlagen und Freiflächen können auch kleinteilig begrünte Areale in bebauten Gebieten eine bioklimatische Entlastung der Anwohner bewirken. Die klimatischen Auswirkungen beschränken sich gegenüber den größeren Flächen auf die Flächen selbst, d. h. es ist keine Fernwirkung vorhanden. Die Bepflanzung und Begrünung größerer Innenhöfe und Plätze sowie die Begrünung von Fassaden und Dächern zählen zu den Begrünungsmaßnahmen in Wohnbereichen.

7.2.2 Immissionen

Hauptverkehrsstraßen

Diese Signatur kennzeichnet Hauptverkehrsstraßen mit einem Verkehrsaufkommen von mehr als 10 000 Fahrzeugen pro Tag. Die dadurch entstehenden hohen Schadstoff- und Lärmbelastungen sind zu beachten, d. h. bei Planungen im Einwirkungsbereich der Straßen sind je nach Nutzungsabsicht eventuell Immissionsprognosen erforderlich.

Die durch hohe Verkehrsbelastung entstehenden hohen Schadstoffemissionen sind in die Planung mit einzubeziehen. Das bedeutet, dass empfindliche Nutzungen wie Wohngebiete, Erholungsgebiete, landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen in angemessenen Abständen zur Straße bzw. mit adäquaten Schutzmaßnahmen zu planen sind. Unempfindliche Nutzungen verlangen keine besondere Rücksichtnahme; sie können sogar als Schutz gegen die Schadstoff- und Lärmausbreitung verwendet werden.

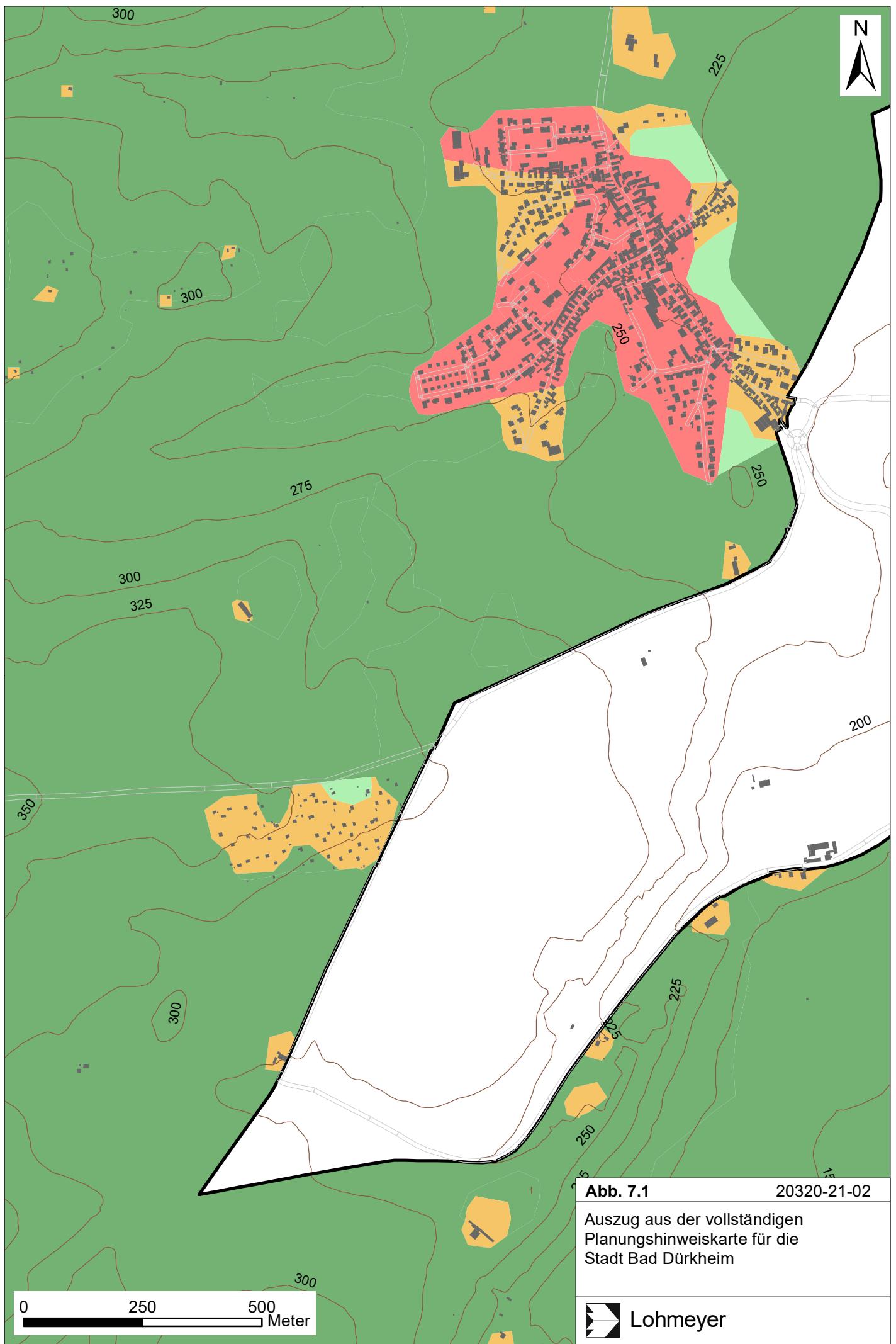
Bei Planungen von Nutzungsänderungen, die empfindlich gegenüber Schadstoff- und Lärmimmissionen sind, sollten klimatisch-lufthygienische Gutachten bzw. Immissionsprognosen erstellt werden.

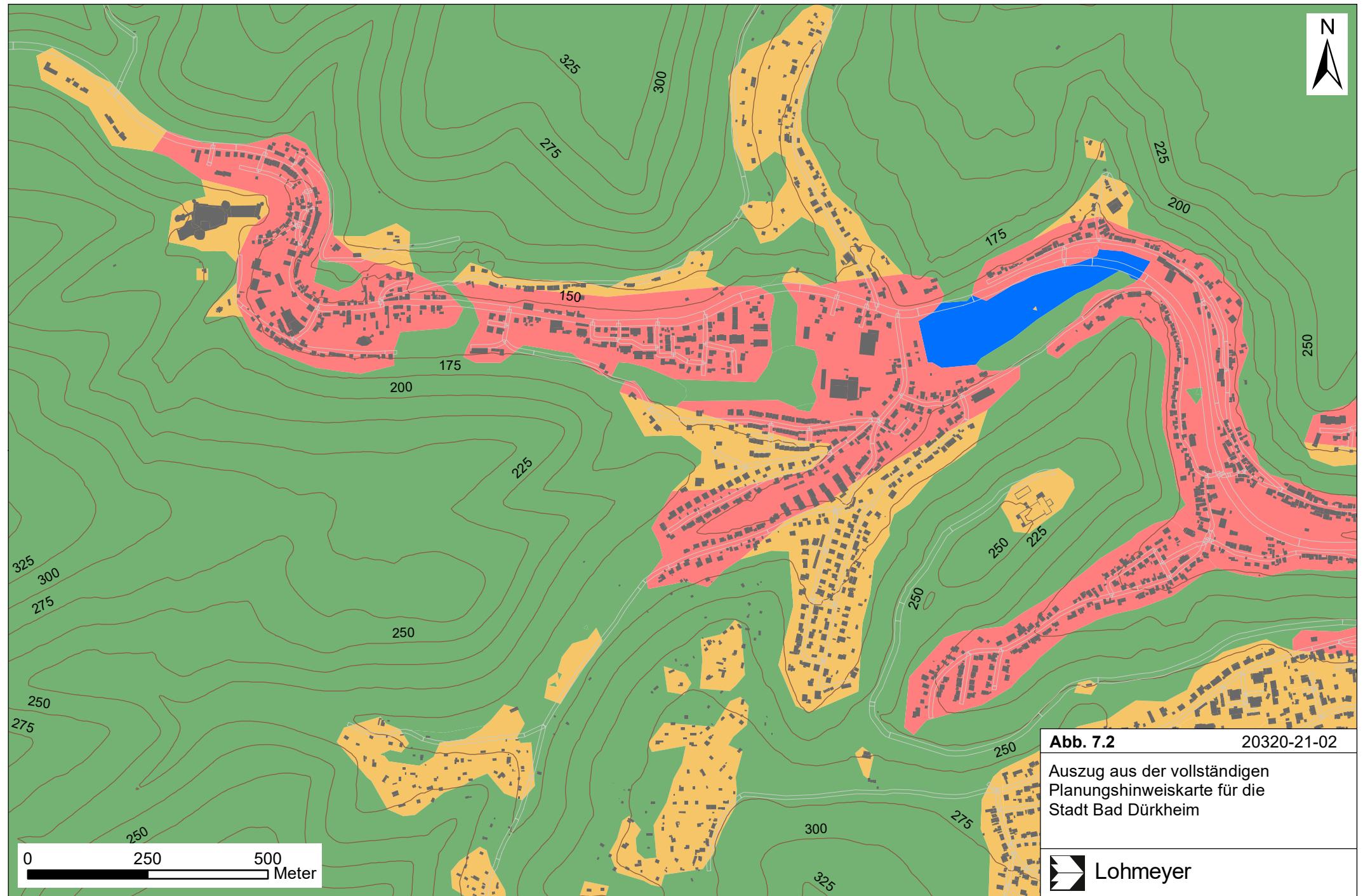
Nachteilig erweisen sich insbesondere die Schadstoffemissionen auf den Straßen, die sich innerhalb von Bereichen mit relevantem Kaltluftabfluss/Talabwind bzw. Luftleitbahnen befinden, da hier mit den für die Belüftung der Stadt so wichtigen lokalen Windsystemen Schadstoffe verfrachtet werden, die zu lufthygienischen Nachteilen in den betreffenden Gebieten führen können. Bei zukünftigen Verkehrsplanungen sollte verstärkt darauf geachtet werden, die Verkehrsströme außerhalb der Luftleitbahnen zu führen.

Ebenfalls von Nachteil sind starke Verkehrsemissionen innerhalb der in der Klimaanalysekarte markierten Bereiche mit Kaltluftstau, -see oder Talnebel, da in ihnen der Luftaustausch stark eingeschränkt ist und einmal emittierte Schadstoffe während Strahlungswetterlagen in der Nacht kaum bzw. nur sehr langsam verdünnt werden.

7.3 Erläuterungen zur Planungshinweiskarte der Stadt Bad Dürkheim

In den **Abbildungen 7.1 bis 7.4** sind Auszüge für alle Ortsteile von Bad Dürkheim aus der vollständigen Planungshinweiskarte dargestellt. Die **Abb. 7.1** zeigt den Ortsteil Leistadt, die **Abb. 7.2** überwiegend die Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen, die **Abb. 7.3** den Ortsteil Seebach und die zentralen Siedlungsbereiche von Bad Dürkheim und die **Abb. 7.4** den Ortsteil Ungstein, den Siedlungsbereich Trift und das Gewerbe- und Industriegebiet von Bad Dürkheim. Die dazugehörige Legende zeigt die **Abb. 7.5**. Die vollständige bzw. gesamtstädtische Planungshinweiskarte liegt separat im A1-Format bei und erstreckt sich wie die Klimaanalysekarte über das gesamte besiedelte Stadtgebiet von Bad Dürkheim und darüber hinaus in einem Gesamtbereich von etwa 11 km x 8 km. Für die Bereiche außerhalb der Gemarkung Bad Dürkheim werden keine Planungshinweise dargestellt. Die Planungshinweise beziehen sich überwiegend auf mögliche Nutzungsänderungen, die zu ungünstigeren lokalklimatischen Verhältnissen beitragen, wie beispielsweise zusätzliche Bebauung, Versiegelung etc. Ohne in den Kategorien der Planungshinweise gesondert aufgeführt zu sein, sind selbstverständlich Nutzungsänderungen, die zur Verbesserung der lokalklimatischen Verhältnisse beitragen, zu begrüßen. Das sind beispielsweise Maßnahmen zur Erhöhung des Freiflächen- und Vegetationsanteils, zur Beseitigung von Strömungshindernissen, zur Reduzierung von Schadstofffreisetzungen etc.





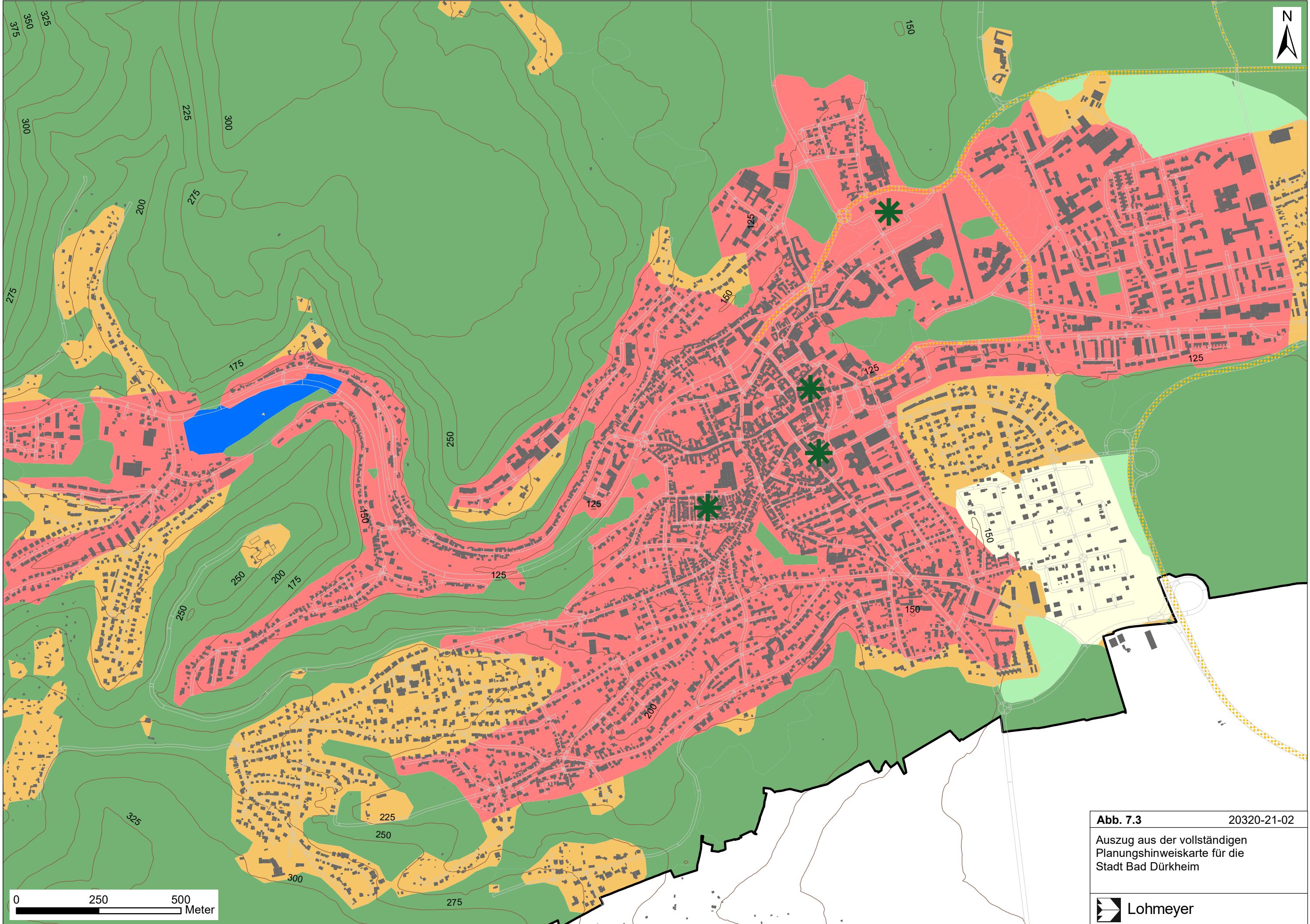




Abb. 7.4
20320-21-02
Auszug aus der vollständigen
Planungshinweiskarte für die
Stadt Bad Dürkheim

Legende Planungshinweiskarte

Grün- und Freiflächen

-  Ausgleichsraum hoher Bedeutung
-  Ausgleichsraum mittlerer Bedeutung
-  Ausgleichsraum geringer Bedeutung

Siedlungsflächen

-  Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion
-  Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion
-  Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion
-  Bebautes Gebiet mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen

Raumspezifische Hinweise

-  Begrünung im Stadtraum und in Wohngebieten
-  Hauptverkehrsstraße mit Potenzial für hohe Schadstoffbelastungen, DTV > 10 000
-  Gebäude
-  Gemarkung Bad Dürkheim
-  Höhenlinien 25 m
-  Gewässer

Abb. 7.5

20320-21-02

Legende zur Planungshinweiskarte

Die Karte mit den Hinweisen für die Planung wird durch die dunkelgrüne Farbe dominiert, das heißt durch Ausgleichsräume mit hoher Bedeutung. Hier spiegelt sich das angesetzte Prinzip wider, dass Vegetations- und Freiflächen begünstigend auf das Lokalklima wirken. Die bewaldeten Randhöhen des Pfälzerwaldes im westlichen Bereich sowie die umliegenden Freiflächen rund um die Siedlungsbereiche tragen zu den relativ klimatisch günstigen Bedingungen in einem Großteil des Untersuchungsgebietes bei. Dies gilt insbesondere für Bereiche, in denen relevante Kaltluftabflüsse bzw. Talabwinde vorhanden sind. Dementsprechend sollte in diesen Gebieten aus lokalklimatischer Sicht keine Nutzungsänderung und insbesondere keine Bebauung abseits der Siedlungen durchgeführt werden. Gleichermaßen ist eine Zersiedlung des Untersuchungsgebietes nicht zu begrüßen.

Bereiche mit Luftleibbahnen sollten aus lokalklimatischer ebenfalls nicht bebaut werden, um die Durchlüftungsbedingungen der Siedlungsbereiche nicht zu verschlechtern und damit Wärmeinseln nicht zusammenwachsen können. Dies betrifft den Bereich zwischen dem nordwestlichen und südöstlichen Teil von Ungstein, sowie den Bereich zwischen Trift und dem Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim.

Innerstädtische Freiflächen stellen Ausgleichsräume mit hoher Bedeutung dar, da sie zumindest in den angrenzenden bebauten Bereichen für thermischen Ausgleich sorgen. Von besonders hoher Bedeutung sind diese Flächen, wenn sie sich innerhalb von Sanierungszenonen (lila Flächen in der Planungshinweiskarte, in Bad Dürkheim nicht ausgewiesen) bzw. innerhalb von Flächen mit erheblicher klimatisch-lufthygienischer Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen (rote Flächen in der Planungshinweiskarte) befinden. Dies betrifft beispielsweise den Kurpark in Bad Dürkheim.

Unbebaute Bereiche, d. h. Freiflächen an den Rändern der bestehenden Siedlungen sind teilweise als Ausgleichsräume mit mittlerer Bedeutung ausgewiesen. Das betrifft Flächen, die in Bezug auf die nächtliche Belüftung aufgrund von Kaltluft teilweise im Lee der Siedlungen liegen, sodass dort in Teilbereichen keine relevanten bodennahen Kaltluftabflüsse und Talabwinde in das bestehende Siedlungsgebiet auftreten. Eine maßvolle Bebauung würde in diesen Bereichen nicht zu einer relevanten Verschlechterung der lokalklimatischen Verhältnisse in der umgebenden bestehenden Bebauung führen. Dies betrifft zum Beispiel lokale Teilebereiche östlich von Leistadt, nordöstlich und südöstlich der beiden Teilebereiche von Ungstein und südöstlich von Bad Dürkheim bzw. Trift, sowie nördlich von Trift und südöstlich des Gewerbe- und Industriegebietes von Bad Dürkheim.

Ausgleichsräume geringer Bedeutung sind in Bad Dürkheim nicht ausgewiesen.

Die weiteren Signaturen der Karte beziehen sich auf bebaute Bereiche bzw. Siedlungsgebiete. Diese sind mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsänderungen belegt. Ein bebautes Gebiet mit geringer klimarelevanter Funktion wird im südöstlichen Teilbereich der Stadt Bad Dürkheim vergeben, d. h. am Fronhof II. Dieser Bereich ist locker bebaut und liegt in Bezug auf Kaltluftabflüsse und Talabwinde im Lee der bestehenden Siedlungsbereiche, sodass eine bauliche Änderung in diesem Bereich keine relevanten lokalklimatischen Auswirkungen auf bereits bestehende Siedlungsbereiche bewirkt.

Locker bebaute Siedlungsbereiche, die überwiegend aus Vorstadt- und Stadtrandklimatopen bestehen, sowie Kaltluftabflüsse und Talabwinde in weitere Siedlungsbereiche nicht relevant beeinflussen bzw. sich in keiner Luftleitbahn befinden, werden bebauten Bereichen mit klimarelevanter Funktion zugeordnet. Dies sind beispielsweise kleine Teilbereiche der Ortsteile Leistadt und Ungstein, vereinzelte Randbereiche und Seitentäler der Ortsteile Hardenburg und Grethen-Hausen, die südwestlich gelegenen Bereiche von Seebach, Teilbereiche im Südosten von Bad Dürkheim und der östliche Bereich des Siedlungsgebietes Trift.

Auch das Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim ist als bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion gekennzeichnet, da es einerseits relativ großflächig bebaut ist und andererseits keine relevanten Auswirkungen auf die bestehenden Siedlungsbereiche von Bad Dürkheim hat.

In den genannten, in der Planungshinweiskarte orange gekennzeichneten Bereichen, ist eine maßvolle Nutzungsintensivierung, wie z. B. Arrondierung an den Siedlungsrandern und das Schließen von Baulücken, möglich. Diese sollte jedoch der Umgebung angemessen erfolgen.

Die rot gekennzeichneten Bereiche stellen bebaute Gebiete mit bedeutender klimarelevanter Funktion dar. Eine Nutzungsintensivierung dieser Gebiete würde zu einer Verschlechterung der lokalklimatischen Verhältnisse in diesem Gebiet und/oder in den angrenzenden Bereichen führen.

In den Ortsteilen Leistadt und Ungstein sind die dicht bebauten Ortskerne rot gekennzeichnet, sowie die Bereiche, aus denen die nächtliche Belüftung der Ortskerne durch die Kaltluftabflüsse bzw. Talabwinde erfolgt. Zudem ist der Bereich der Luftleitbahn zwischen den beiden Siedlungsbereichen von Ungstein rot gekennzeichnet.

Die rot gekennzeichneten Bereiche in den Ortsteilen Hardenburg und Grethen-Hausen sollen gewährleisten, dass sich die Kaltluftströmungen aufgrund der Kaltluftabflüsse und der Tal-

abwinde im Bereich der Talsohle des Isenachtals und teilweise seinen Seitentälern ohne zusätzliche Aufzehrung bzw. Behinderung bis in das Stadtgebiet von Bad Dürkheim fortsetzen können.

Im nordwestlichen Bereich von Bad Dürkheim strömen Hangabwinde zu Beginn der Nacht in das Stadtgebiet, ebenso in den östlichen Teilbereichen von Seebach; diese sollten auch von einer Nutzungsintensivierung freigehalten werden.

Nördlich von Bad Dürkheim und im südlichen Bereich von Seebach strömt gesammelte Kaltluft in das Stadtgebiet, sodass diese Bereiche auch als bebaute Gebiete mit bedeutender klimarelevanter Funktion gekennzeichnet sind.

Die dicht bebauten Gebiete der Stadt Bad Dürkheim mit dem Klimatop Stadt und deren Umgebung sind ebenfalls rot gekennzeichnet, ebenso der westliche Bereich des Siedlungsgebietes Trift.

Des Weiteren sind die bebauten Gebiete im Bereich der bestehenden Luftleitbahn zwischen dem Siedlungsgebiet Trift und dem Gewerbe- und Industriegebiet Bad Dürkheim mit bedeutender klimarelevanter Funktion gekennzeichnet.

Die rot gekennzeichneten Bereiche weisen allesamt eine erhebliche klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf, sodass bei weiteren Bau- und Versiegelungsmaßnahmen negative Auswirkungen auf die klimatische Situation zu erwarten sind. Für diese Gebiete wird daher eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung bzw. Erweiterung der Belüftungsflächen empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen für diese ausgewiesenen Flächen sind klimatisch-lufthygienische Fachgutachten notwendig.

Bei Sanierungsmaßnahmen sollten in rot gekennzeichneten Bereichen gegebenenfalls vorhandene Barrierewirkungen beseitigt werden, zum Beispiel durch bestehende Baustrukturen.

Mit der Farbe lila gekennzeichnete Bereiche, d. h. Gebiete mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen, werden in Bad Dürkheim nicht ausgewiesen.

In der Planungshinweiskarte werden des Weiteren Hinweise für mögliche Begrünungen gegeben. Dies sind Hinweise, die über die allgemeinen Begrünungshinweise aus der flächendeckenden Information hinausgehen. Dabei sind beispielsweise Hinweise für dicht bebauten Bereichen im Stadtkern von Bad Dürkheim gegeben; dort ist es zu empfehlen großkronige

Laubbäume anzupflanzen, um die thermische Belastungssituation in diesem Bereich zu entspannen. Dies ist auch für die stark versiegelten Flächen im Bereich des Wurstmarktplatzes und Teilbereichen des Gewerbe- und Industriegebietes Bad Dürkheim zu empfehlen.

8 FAZIT

Die Stadt Bad Dürkheim und die zugehörigen Ortsteile sind aufgrund ihrer Lage am Rand des Pfälzerwaldes hinsichtlich der nächtlichen Belüftungsfunktion durch Kaltluft lokalklimatisch begünstigt. Jedoch befinden sich auch in Bad Dürkheim Gebiete, z. B. in den dicht bebauten Stadtkernbereichen, in denen die bodennahe Kaltluft deutlich aufgezehrt wird. Unter Berücksichtigung des aktuell stattfindenden und weiterhin projizierten Klimawandels mit u. a. einer Zunahme an Heißen Tagen und Hitzestress, sollte darauf geachtet werden, die bestehenden nächtlichen Belüftungsfunktionen der Stadt zu erhalten.

Die bei Strahlungswetterlagen vorhandenen Kaltluftabflüsse und Talabwinde sowie vorliegenden Luftleitbahnen tragen zu einer guten Belüftung eines Großteils des Stadtgebietes bei. Deshalb sollten die für diese Be- und Durchlüftung bedeutsamen Bereiche, d. h. die Teilgebiete der roten und dunkelgrünen Flächen in der Planungshinweiskarte, möglichst nicht weiter bebaut werden.

Die in der Planungshinweiskarte rot gekennzeichneten Siedlungs- und dunkelgrün gekennzeichneten Freibereiche stellen jedoch nicht zwangsläufig Bereiche dar, die in keinem Falle baulich modifiziert werden dürfen. Bei geplanten Nutzungsänderungen in diesen Bereichen sollten jedoch qualitative und quantitative Angaben über die Intensität und Reichweite der lokalklimatischen Änderungen als Entscheidungsgrundlage vorgelegt werden und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen zur Milderung von Einschränkungen abgeleitet werden. Vorstellbar ist beispielsweise neben baulichen Änderungen die Einbindung der Grünplanung in den Planungsprozess, mit dem Ziel die Vegetationsausstattung, z. B. Büsche, Bäume, Dach- und Fassadenbegrünung, zu intensivieren. In jedem Falle sollte in diesen Bereichen Riegelbebauung quer zu Kaltluftabflüssen bzw. Talabwinden oder zur Luftleitbahn vermieden werden. Außerdem sollten ortstypische Bebauungshöhen nicht überschritten werden.

In der vorliegenden Ausarbeitung werden allgemeine Hinweise zur Wirkung von möglichen Nutzungsänderungen gegeben. Detaillierte Vorgehensweisen für Genehmigungen im Einzelfall können im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung nicht erarbeitet werden, da in der Maßstabsebene des Flächennutzungsplanes gearbeitet wird. Es wird aber empfohlen, bei stark nutzungsändernden baulichen Planungen in sensitiven Bereichen klimatisch-lufthygienische Fachgutachten anzufertigen zu lassen.

9 LITERATUR

- AVISO GmbH (2014): Emissionskataster Hausbrand Rheinland-Pfalz 2012. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG), 74 S.
- Bröde, P., Fiala, D., Blażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., Havenith, G. (2012): Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). International journal of biometeorology 56.3 (2012): 481-494.
- Fezer, F. und Seitz, R. (1977): Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Heidelberger Geographische Schriften, Heft 47.
- iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG (2021): Neubau Weinhotel an der Michelsbergstraße in Bad Dürkheim – Analyse der Kaltluftverhältnisse. 07.05.2021, 38 S.
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). UTCI—why another thermal index?. International journal of biometeorology, 56(3), 421-428.
- Lohmeyer GmbH, 2020: „Simulationen mit PALM-4U. Lohmeyer aktuell, August 2020. URL: <https://www.lohmeyer.de/site/assets/files/4663/ausgabe43.pdf>; zuletzt abgerufen: 31.08.2021
- Lohmeyer GmbH, 2021: „Anwendung von PALM-4U - Teil 2. Lohmeyer aktuell, Juni 2021. URL: <https://www.lohmeyer.de/site/assets/files/4804/ausgabe45.pdf>; zuletzt abgerufen: 31.08.2021
- Maronga, B., Gryscha, 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.
- Mayer, H., Matzarakis, A. (1992): Stadtklimarelevante Kartierungen in München. In: Annalen der Meteorologie 28, Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Hrsg.: Deutscher Wetterdienst, Offenbach
- Raasch, S., and Schröter, M., 2001: PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. Meteorologische Zeitschrift 10.5 (2001): 363-372.

RVMO - Regionalverband Mittlerer Oberrhein (2010): Klimaanalyse Region Mittlerer Oberrhein 2010, Ermittlung natürlicher klimatischer Ausgleichsfunktionen. Karlsruhe, November 2010.

Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): Klimatologie. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.

Schriftenreihe Raumordnung (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Nr. 06.032.

VDI 3783 Blatt 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 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

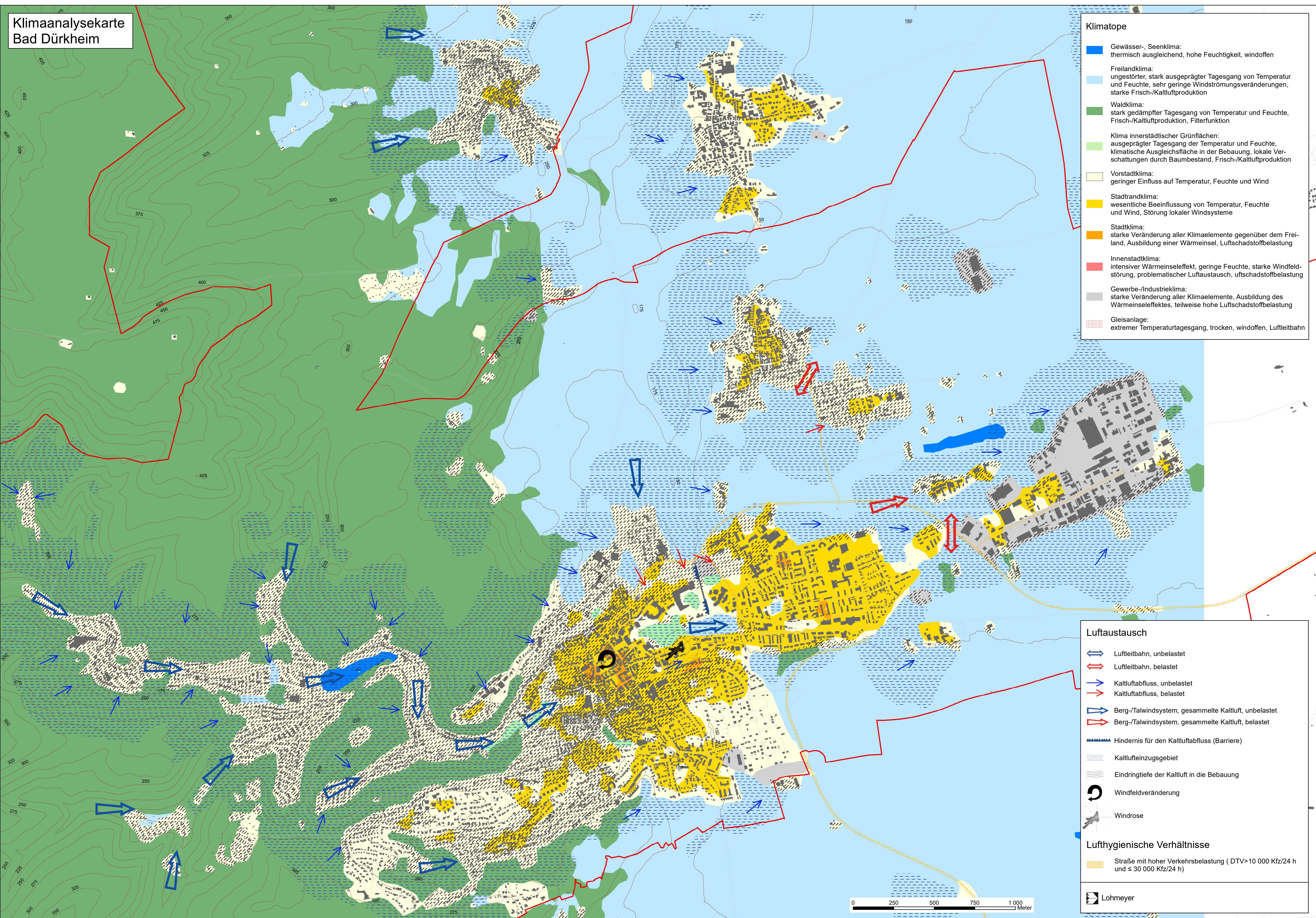
VDI 3787 Blatt 1 (2015): Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Richtlinie VDI 3787 Blatt 1, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, September 2015.

VDI 3787 Blatt 2 (2008): Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2008.

VDI 3787 Blatt 9 (2004): Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Richtlinie VDI 3787 Blatt 9. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2004.

Wahl, S., Bollmeyer, C., Crewell, S., Figura, C., Friederichs, P., Hense, A., Keller, J. D., and Ohlwein, C., 2017: A novel convective-scale regional reanalyses COSMO-REA2: Improving the representation of precipitation, Meteorol. Z. 26.

Klimaanalysekarte Bad Dürkheim



**Planungshinweiskarte
Bad Dürkheim**

