

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE  
LUFTHYGIENE  
UMWELTPLANUNG

## KLIMAGUTACHTEN ZUM AKTUELLEN PLANUNGSENTWURF GRÜNZUG NORDOST / SPINELLI-BARRACKS + BUNDESGARTENSCHAU 2023 IN MANNHEIM



### Auftraggeber:

**STADT MANNHEIM<sup>2</sup>**

FB Stadtplanung  
Projektgruppe Konversion  
Postfach 10 00 35  
D-68133 Mannheim

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Mannheim, den 31. Mai 2017

ÖKOPLANA  
Seckenheimer Hauptstrasse 98  
D-68239 Mannheim  
Telefon: 0621/474626 · Telefax 475277  
E-Mail: [info.oekoplana@t-online.de](mailto:info.oekoplana@t-online.de)

Geschäftsführer:  
Dipl.-Geogr. Achim Burst  
[www.oekoplana.de](http://www.oekoplana.de)

Deutsche Bank Mannheim  
IBAN:  
DE73 6707 0024 0046 0600 00  
BIC: DEUTDEDDBMAN

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2 Klimaökologische / raumplanerische Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3 Aktueller Masterplan zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost</b>	<b>7</b>
<b>4 Numerische Modellrechnungen zur vertiefenden klimaökologischen Prüfung des aktuellen Planungsentwurfs</b>	<b>10</b>
4.1 Kaltluftsimulationsrechnungen	10
4.1.1 Planungsnullfall	11
4.1.2 Aktueller Planungsfall	12
4.1.3 Zusammenfassendes Kurzfazit	15
4.2 Mikroskalige Modellrechnungen zu den lokalen Belüftungsverhältnissen	16
4.2.1 Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen	17
4.2.2 Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen	20
4.2.3 Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen	21
4.2.4 Zusammenfassendes Kurzfazit	22
4.3 Mikroskalige Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen	23
4.3.1 Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen	24
4.3.2 Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen	25
4.3.3 Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen	26
4.3.4 Zusammenfassendes Kurzfazit	26
<b>5 Auswirkungen von Planungsvarianten auf das lokale Kaltluftgeschehen</b>	<b>28</b>
<b>6 Kurzzusammenfassung und abschließende klimaökologische Bewertung</b>	<b>30</b>
<b>Textquellen / weiterführende Schriften</b>	<b>38</b>

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Topografie im Untersuchungsgebiet Grünzug Nordost / Feudenheimer Au und in dessen Umfeld
- Abb. 2:** Aktueller Masterplan zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost
- Abb. 3:** Geplante Gebäudehöhen im Bereich Käfertal-Süd
- Abb. 4.1:** Detailplanung für den Bereich Spinelli / Käfertal-Süd
- Abb. 4.2:** Detailplanung – Aussichtsplattform im Bereich Am Aubuckel
- Abb. 4.3:** Detailplanung – Grünhof im Bereich der Talstraße
- Abb. 4.4:** Detailplanung für den südlichen Bereich der Au
- Abb. 5.1:** Planungsnullfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 5.2:** Planungsnullfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 6.1:** Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 6.2:** Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 6.3:** Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 6.4:** Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz des Kaltluft-Volumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen

- Abb. 7:** Planungsnullfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 8.1:** Planungsfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 8.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 9:** Planungsnullfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 10.1:** Planungsfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 10.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 11:** Planungsnullfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 12.1:** Planungsfall – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 12.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 13:** Planungsnullfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Südsüdwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 14.1:** Planungsfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Südsüdwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 14.2:** Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 15:** Planungsnullfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 16.1:** Planungsfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 16.2:** Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 17:** Planungsnullfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Ostnordosten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 18.1:** Planungsfall – Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Ostnordosten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 18.2:** Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Ostnordosten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 19.1:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 19.2:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen

- Abb. 19.3:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 19.4:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz des Kaltluft-Volumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 20.1:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 20.2:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 – 4 m ü.G.) zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 20.3:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 20.4:** Planungsfall – Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Differenz des Kaltluft-Volumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 21:** Einwirkbereich der lokalen Kaltluft in die städtische Bebauung – abschätzende Darstellung auf Grundlage einer berechneten Isothermenkarte

---

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

---

Am 25.10.2013 und 14.01.2016 wurden der Stadt Mannheim Klimagutachten zum Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023 vorgelegt<sup>1</sup>.

Besondere Beachtung wurde dabei dem Kaltluftströmungsgeschehen entlang des Grünzugs Nordost geschenkt. Durch die geplante Neugestaltung der Konversionsfläche „Spinelli-Barracks“ wird es möglich, den Grünzug Nordost, der sich von den Vogelstang-Seen/Freiraum zwischen Feudenheim und Wallstadt über die Au, das Kleingartengelände Sellweiden und den Sportpark Pfeifferswörth bis zum Neckar/Maulbeerinsel und den Luisenpark bis in innenstadtnahe Lagen von Mannheim erstreckt, als durchgängiges stadtökologisch relevantes „Grünband“ zu entwickeln.

Im Rahmen der Gutachten wurden dem aktuellen Ist-Zustand erste Planungen der Büros SINAI (2013) und RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (2016) gegenübergestellt.

Vergleichend wurden folgende Punkte vertiefend analysiert:

- Die Auswirkungen der Planungen auf die lokalen Kaltluftbewegungen.
- Die strömungsdynamischen Folgeerscheinungen der Planungen.
- Die Veränderung der thermischen Umgebungsbedingungen durch die Planungen.

Wie die Klimagutachten mit Hilfe von ortsspezifischen Messdaten und numerischen Modellrechnungen dokumentieren, kann die strömungsdynamische und thermische Barriere „Spinelli-Barracks“ durch landschaftsgestalterische Maßnahmen in klimaökologisch vorteilhafter Art und Weise aufgebrochen werden. Damit wird in den angrenzenden Stadtteilbereichen eine langfristige Stabilisierung günstiger bioklimatischer (z.B. rasche abendliche Abkühlung, Frischluftentstehung) und strömungsdynamischer (z.B. intensivierter Luftmassenwechsel mit Reduktion von Luftschaadstoffanreicherungen) Umgebungsbedingungen möglich. Zudem wird erreicht, dass sich die Flurwinde, die entlang des Grünzugs Nordost bis in innenstadtnahe Bereiche Wirkung zeigen, stabilisiert werden.

---

<sup>1</sup> **ÖKOPLANA (2013):** Klimagutachten Mannheim, Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.

**ÖKOPLANA (2016a):** Ergänzendes Klimagutachten Mannheim, Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.

Damit wird den Empfehlungen des DEUTSCHEN STÄDTETAGS (2012) gefolgt, der in seinem Positionspapier „*Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte*“ in Anbetracht der prognostizierten stadtclimatischen und wasserhaushaltlichen Veränderungen im Lebensraum Stadt (Stichwort: *Globaler Klimawandel*) gegensteuernde Maßnahmen anregt:

- Im gesamten Stadtgebiet sollten die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen ermittelt, erhalten und in ihrer Funktionsfähigkeit entwickelt und verbessert werden.
- Die innerstädtischen Grün- und Freiflächen sollten über „grüne Strahlen und Speichen“ als Biotopverbindungen mit dem Umland verbunden werden.
- Neue Parkanlagen (z.B. auf Konversionsflächen) schaffen Erholungsflächen und verbessern das lokale Klima im Stadtquartier.

Die Modellrechnungen wurden mit Hilfe der anerkannten Klimamodelle KLAM\_21<sup>2</sup> (Kaltluftsimulationsmodell), MISKAM (Strömungsdynamik) und ENVI-met (thermische Verhältnisse)<sup>3</sup> durchgeführt.

Im März 2017 wurde ein aktualisierter Planungsentwurf des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN vorgelegt, der die geplante Flächennutzung im Planungsgebiet weiter konkretisiert.

Mit Hilfe weiterer numerischer Modellrechnungen sind die sich aus der Planung entwickelnden klimaökologischen Folgeerscheinungen zu bilanzieren und zu bewerten. Der vorliegende Bericht ist somit als Fortschreibung des bereits bestehenden Gutachtens vom 14.01.2016 zu sehen.

<sup>2</sup> **DEUTSCHER WETTERDIENST (2005):** Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 277. Offenbach a. M.

<sup>3</sup> **GIESE-EICHHORN (2009/2012):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.  
Das Rechenmodell MISKAM ist ein dreidimensionales, nichthydrostatisches Strömungsmodell, das laut eines Forschungsberichtes des Landes Baden-Württemberg die Charakteristika der Strömungs- und Konzentrationsverteilung sehr gut wiedergibt.  
**BRUSE, M. (2002/2015):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

## 2 Klimaökologische / raumplanerische Grundlagen

Durch die Aufgabe des weitgehend ebenen, ca. 80.9 ha großen Kasernenareals „Spinelli Barracks“ (**Abbildungen 1.1 und 1.2**) besteht die Möglichkeit, den Grünzug Nordost, der sich von den Vogelstang-Seen/Freiraum zwischen Feudenheim und Wallstadt über die Au, das Kleingartengelände Sellweiden, den Sportpark Pfeiferswörth bis an den Neckar/Maulbeerinsel und den Luisenpark bis innenstadtnahe Lagen von Mannheim erstreckt, als durchgängigen klima-ökologisch wirksamen, innerstädtischen Grünzug fortzuentwickeln.

Die Spinelli-Barracks, die innerhalb des Grünzugs Nordost derzeit eine strömungsdynamisch (erhöhte Oberflächenrauigkeit) und thermisch („kleinräumige Wärmeinsel“) negativ wirkende Barriere darstellen (Breite in Süd-Nord-Richtung bis ca. 1.040 m), sind bzgl. ihrer Flächennutzung von größeren Hallenbauten und großflächigen Stellplatzarealen gekennzeichnet. Die Stellflächen sind betoniert/asphaltiert oder mit Schotterrasen (ansatzweise begrünt) bedeckt. Die Hallen sind 1-geschossig. Die Kasernengebäude im südlichen Teilbereich sind überwiegend 2- bis 3-geschossig (+ Dachgeschoss).

Nördlich der Spinelli-Barracks schließen die Wohngebiete Käfertal-Süd und Im Rott an. An der Südostgrenze des Kasernengeländes befindet sich das Gewerbegebiet Talstraße. Die südliche Begrenzung bildet die Verkehrsachse Wingerstbuckel mit der Wohnbebauung Feudenheim.

Im Bereich Am Aubuckel erfolgt ein auffallender Geländesprung (von ca. 99 m ü.NN auf ca. 90 – 94 m ü. NN) in Richtung LSG „Feudenheimer Au“.

Die *Machbarkeitsstudie Freiraum Rhein-Neckar, Bundesgartenschau 2023* des Büros SINAI (2012) zeigt auf, dass sich u.a. mit Hilfe der BUGA 2023 im Nordosten und Norden von Mannheim ein „Freiraumring“ entwickeln ließe, von welchem aus der Grünzug Nordost als durchgängige Freiraumachse bis in innenstadtnahe Lagen abzweigen würde. Als optimale Zielgröße für die Breite des Grünzugs im Bereich der Spinelli-Barracks wurde von Seiten der Klimaökologie eine Zielgröße von 600 m genannt. Wie den Erläuterungen des BUNDESMINISTERIUMS FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979) zu entnehmen ist, sollten stadtökologisch besonders relevante Kaltlufttransportbahnen (Grünzäsuren) möglichst Breiten von 400 bis 500 m aufweisen. Als Minimum gelten 200 m.

Der Grünzug Nordost ist in der Raumnutzungskarte des „Einheitlichen Regionalplans Rhein-Neckar“ (seit 2014 verbindlich) als Grünzäsur ausgewiesen.

Grünzäsuren ergänzen regionale Grünzüge in Bereichen, wo der Freiraum zwischen Siedlungskörpern unter 1.000 m beträgt (z.B. im Bereich des Grünzugs Nordost) und sollen dicht zusammenliegende Siedlungsgebiete gliedern. Zudem sollen sie in Verbindung zur freien Landschaft stehen, um als Luftleitbahnen zu fungieren.

Wie dem Klimagutachten von 2013 (ÖKOPLANA 2013) zu entnehmen ist, bilden sich im Grünzug Nordost und in dessen Umfeld durch die Flächennutzung (Bebauung, Ackerflächen, Wiesen) charakteristische Lokalklimaerscheinungen aus. Dies dokumentiert sich einerseits in der von der Flächennutzung abhängigen Verteilung der Lufttemperatur und andererseits im Strömungsgeschehen des Raumes, das bei klimarelevanten Strahlungswetterlagen nach Sonnenuntergang sowohl durch überregionale und regionale Luftströmungen als auch durch lokale Kaltluftbewegungen (Flurwinde) bestimmt wird.

Im Allgemeinen ist die vorherrschende Windrichtung in Mannheim Süd bis Südwest, wobei es durch die Flächennutzung (Bebauung, Freiflächen/Wald) lokal zu auffallenden Differenzierungen kommen kann.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel im Bereich der Mannheimer Innenstadt ca. 2.0 m/s und im Freiland nördlich von Sandhofen ca. 3.0 m/s (Datenquelle: [www.lubw.de](http://www.lubw.de)), so dass innerhalb der städtischen Bebauung von insgesamt mäßiger bis schlechter Durchlüftung gesprochen werden kann (ÖKOPLANA 2010).

Die vorliegenden Winddaten aus Mannheim dokumentieren, dass mittlere Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s, die eine intensive bodennahe Durchlüftung ermöglichen, vorwiegend in den Wintermonaten bzw. in den Übergangs-jahreszeiten auftreten. Im Sommer schwächt sich die Intensität der bodennahen Ventilation deutlich ab, was zusammen mit hohen Lufttemperaturen (Sommertage mit Lufttemperaturen  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ) vermehrt zu bioklimatischen Belastungen führt.

Die stationären Messungen entlang des Grünzugs Nordost im Zeitraum Mai – September 2013 (Sommerzeitraum) dokumentieren, dass in freien Lagen (Bürgerpark, Feudenheimer Au) mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.7 bzw. 2.8 m/s erreicht werden. Im Bereich des Straßenzugs Am Aubuckel macht sich insbesondere bei Südwestwinden die windabremsende Wirkung der straßenbegleitenden Bäume bemerkbar. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt am Tag 1.7 m/s. In der Talstraße wirken der Baumbestand des östlich angrenzenden Bürgerparks und die Oberflächenrauigkeit der Spinelli-Barracks einer intensiven bodennahen Belüftung entgegen.

Im Messzeitraum Mai - September liegt das Windgeschwindigkeitsmittel am Tag bei 1.7 m/s. Die Intensität der Belüftung ist gegenüber freiexponierten Lagen um ca. 40% reduziert.

Die Barrierewirkungen von Bebauung und dichten Gehölzen für den bodennahen Luftaustausch werden deutlich. Großflächig niedrige Windgeschwindigkeiten führen u.U. zu erhöhten Luftschatstoffakkumulationen und sommerlichen Wärmestaus.

Insbesondere in Strahlungsnächten, die stadtclimatisch von besonderer Relevanz sind, nimmt entlang des Grünzugs Nordost die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ab und die Häufigkeit nordöstlicher bis östlicher Windrichtungssektoren steigt auffallend an. Dies ist vorwiegend auf regional/lokal angelegte Effekte (u.a. Flurwinde) zurückzuführen ist. Es dominieren durchschnittliche Windgeschwindigkeiten unter 1.5 m/s (Belüftung).

Im Bürgerpark werden ca. 350 m östlich der Spinelli-Barracks zu ca. 49% der Nachtstunden ostsüdöstliche bis ostsüdöstliche Luftströmungen registriert, die bodennah Kalt-/Frischluft in Richtung Spinelli-Barracks transportieren. Sie sind im Wesentlichen auf flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Freiraumgefüge östlich der BAB 6 und der Stadtbebauung zurückzuführen. Mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von nur 0.7 – 1.4 m/s weisen dabei auf die Empfindlichkeit der Strömungen gegenüber Hindernissen in Form von Hochbau, Straßendämmen oder großflächig dichten Gehölzriegeln hin.

Zeitweise sind auch südliche und nördliche Richtungskomponenten zu registrieren. Die Freiflächen des Grünzugs Nordost ermöglichen dann eine Querbelüftung in Richtung Käfertal und Feudenheim.

Im Süden der Talstraße ist die Strömungsgeschwindigkeit der Flurwinde deutlich herabgesetzt, was durch die große Häufigkeit an Windstillen (ca. 45% der Nachtstunden) offenbar wird. Der Baumbestand des Bürgerparks sowie die westlich angrenzenden Spinelli-Barracks wirken in den Nachtstunden als Barriere auf die bodennahe Kaltluftbewegung.

Am Aubuckel zeigt sich deutlich der Einfluss der nordöstlichen bis östlichen Flurwinde entlang des Grünzugs Nordost, die Strömungsgeschwindigkeit ist gegenüber dem Messstandort *Grünzug Nordost* im Bürgerpark allerdings um ca. 29% reduziert. Das Kasernenareal mit seiner erhöhten Oberflächenrauigkeit sorgt für eine deutliche Abschwächung der Strömungsintensität.

Im LSG Feudenheimer Au führt die relative Tieflage des Geländes zwischen den Straßenzügen Am Aubuckel, Feudenheimer Straße und Riedbahntrasse zu vermehrter Ausbildung eines bodennahen Kaltluftsees, was durch die Barrierefunktion der Spinelli-Barracks gegenüber den nordöstlichen Flurwinden verstärkt wird. Die Häufigkeit der Windstillen beläuft sich daher in Strahlungsnächten trotz freier Lage auf ca. 11%.

Die Flurwinde entlang des Grünzugs Nordost weisen eine Mächtigkeit von ca. ca. 20 – 25 m auf. Eine exakte Abgrenzung gegenüber nördlichen bis nordöstlichen Regionalströmungen ist kaum möglich.

In Bodennähe sind die reinen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten sehr gering. Sie schwanken in 2 m ü.G. zwischen ca. 0.1 – 1.0 m/s. Im Bereich der Spinelli-Barracks bilden die bisherigen Stellflächen die wesentlichen Zugbahnen für die Kaltluftbewegungen. Im Bereich der Kasernenbauten sinken die Strömungsgeschwindigkeiten auf unter 0.5 m/s. Zudem wird im Bereich der Bebauung die Kaltluft vermehrt angehoben, wodurch die Kaltluft in wärmere Luftsichten gelangt und teilweise aufgezehrt wird.

Im LSG Feudenheimer Au neigt die Kaltluft in Bodennähe vermehrt zu Stagnation. Schwache Austauschbewegungen in Richtung Sellweiden/Luisenpark sind jedoch nachweisbar.

Von den Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost profitieren insbesondere die angrenzenden Bebauungsstrukturen über den Zustrom von Kalt- und Frischluft (z.B. Käfertal, Wallstadt, Feudenheim).

Der unterschiedliche Einfluss bodennaher Kaltluftbewegungen über den Grünzug Nordost macht sich auch im thermischen Wirkungsgefüge bemerkbar.

Zwischen den Wiesen und Landwirtschaftsflächen des Grünzugs Nordost östlich der Spinelli-Barracks und dem Kasernengelände werden in Sommernächten Temperaturanstiege von ca. 3 – 4°C gemessen. Dies führt dazu, dass sich auf Höhe der Spinelli-Barracks die „Wärmeinseln“ Feudenheim und Käfertal verbinden und dadurch für die Flurwinde eine thermische Barriere darstellen. Die über die Spinelli-Barracks hinwegstreichende Kaltluft wird erwärmt und teilweise aufgezehrt. Erst im LSG Feudenheimer Au erfolgt eine Regeneration der Kaltluftwirkung.

Durch die Aufgabe des Kasernengeländes kann der Grünzug Nordost bis zum LSG Feudenheimer Au als durchgängiger klimaökologischer Ausgleichsraum gestaltet werden, was den Flurwindeffekt in Richtung innenstadtnahe Lagen (bioklimatisch stark bis sehr stark belastet) langfristig stabilisieren und intensivieren würde.

### **3 Aktueller Masterplan zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost**

Der aktuelle Masterplan zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost (**Abbildung 2**) des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN sieht im Bereich Käfertal-Süd eine bauliche Arrondierung vor, die durch sog. Parkschalen vom begrünten Spinelli-Gelände abrückt.

In unserem Klimagutachten von 2016 (Ökoplana 2016A) wird empfohlen, die bauliche Arrondierung zwischen Ida-Ehre-Weg und Freihaltetrasse Im Rott in Form locker durchgrünter Einzel-/ Doppelhausbebauung zu gestalten.

Mit der solitären Anordnung von 4- bis 5-geschossigen (inkl. Staffelgeschosse) Mehrfamilienhäusern (siehe **Abbildung 3**) wird die Vorgabe bzgl. einer aufgelockerten Baustruktur berücksichtigt. In westlicher Fortsetzung ist im Bereich der Anna-Sammet-Straße eine Bebauung mit bis zu 8 Geschossen (inkl. Staffelgeschosse) vorgesehen. Die Geschossigkeit übersteigt somit die Vorgaben des Klimagutachtens.

Zwischen Freihaltetrasse Im Rott und Völklinger Straße empfiehlt das Klimagutachten von 2016 eine aufgelockerte Bebauungsstruktur, um Belüftungseffekte für die Bestandsbebauung südlich der Bad Kreuznacher Straße zu sichern.

Der aktuelle Planungsentwurf zeigt in Richtung Freiraumgefüge Spinelli-Areal eine offene räumliche Verzahnung. Entlang der Anna-Sammet-Straße sind riegelartige Blockrandabschlüsse geplant, die durch N-S-gerichtete Erschließungswege gegliedert werden. Den Anschluss an die Bestandsbebauung bilden 3-geschossige (inkl. Staffelgeschoss) Reihenhauszeilen, wodurch zur nördlich angrenzenden Bestandsbebauung u.a. ausreichende Belüftungseffekte gesichert werden sollen.

Die Grün-/Freifläche westl. der Völklinger Straße wird, wie im Klimagutachten angeregt, nur randlich überbaut. Die bestehende Grünachse östlich der Deidesheimer Straße findet Anschluss an den Grünzug NE.

Zwischen Völklinger Straße, Sportplatz *TV Käfertal* und Dürkheimer Straße zeigt der Planungsentwurf vorwiegend 3- bis 5-geschossige (inkl. Staffelgeschoss) Bauweisen. Punktuell werden aber auch Gebäude mit 10 Geschossen anvisiert. Sie bilden im Bereich der (offenen) Blockrandbebauung markante Bauwerke.

Südlich der Wachenheimer Straße zeigt sich eine vorwiegend 3- bis 6-geschossige Bebauung, wobei auch hier solitär Gebäude mit 8 bzw. 10 Geschossen möglich sein sollen.

**Abbildung 4.1** zeigt, dass das Spinelle-Areal weitgehend vom bestehenden Hallenbestand freigeräumt ist. Die U-Halle verbleibt nur in Fragmenten. Im Bereich der dazwischenliegenden Gleisanlagen ist ein Wasserbecken vorstellbar. Die Parkschenen beinhalten parkartig begrünte Flächen, aber auch Spiel- und sonstige Aufenthaltsbereiche. Die Bäume der Parkschenale sollen an warmen / heißen Sommertagen tagsüber über ihren Schattenwurf bioklimatisch als bevorzugte Aufenthaltsbereiche dienen.

Die Freiflächen auf dem freigeräumten Spinelli-Areal werden in Form unterschiedlicher Vegetationseinheiten extensiv genutzt, wobei auch der sandige Untergrund herausgearbeitet werden soll (z.B. Sandmagerrasenflächen). Dichte Vegetationsbestände in Form von langgestreckten, dichten Gehölzriegel in Nord-Süd-Richtung sind aus strömungsdynamischen Gründen nicht vorgesehen.

Die neu geschaffene offene „Weite Mitte“ wird von barrierefreien Fuß- und Radwegeverbindungen durchzogen. Die Fußwegeflächen sollen weitgehend mit wassergebundenen Belägen ausgeführt werden.

Der geplante Radschnellweg verläuft am Südrand der Parkschenen.

Im Bereich des Straßenzugs Am Aubuckel sieht der aktuelle Planungsentwurf eine Anschüttung (99 – 101 m ü.NN) mit barrierefreier Rampe vor, um zum einen über dem angedachten Auengewässer eine Aussichtsplattform zu gestalten und zum anderen eine „ungestörte“ Querung vom Spinelli-Gelände zur tiefer gelegenen Au bereitzustellen zu können. Die Rampe verläuft ca. 5 m über der Straße Am Aubuckel (**Abbildung 4.2**).

Der geplante ca. 1.5 ha große Weiher im Bereich der Au (90.5 m ü.NN) ist naturnah mit einer Flachwasserzone versehen. Im Osten ist zudem eine kleine Plattform skizziert, die einen direkten Zugang zum Gewässer ermöglicht.

Westlich der Talstraße ist anstelle der vorhandenen langgestreckten Hallen und Stellplatzflächen der Bau eines „Grünhofs“ geplant. Die U-förmig nach Osten ausgerichteten Gewerbegebäute bestehen aus einer 3-geschossigen Halle (u.a. Werkstatt, Lager, Sozialräume) und einem 4-geschossigen Bürogebäude sowie zugeordneten Lager- und Garagengebäuden (1-geschossig). Lagerflächen, Boxen und Parkierungsflächen ergänzen den Grünhof.

Am Wingertsbuckel bleiben fünf (denkmalgeschützte) Kasernenbauten erhalten und werden zur Bildung eines begrünten „Hofbereichs“ durch die Kopfbauten des Grünhofs baulich ergänzt.

Zur Entwicklung eines durchgängigen Grünverbundes über die Feudenheimer Straße hinweg nach Süden und zur Gestaltung des geplanten Radschnellwegs, werden Teile der Kleingärten im Süden der Au nach Osten verlegt (**Abbildung 4.4**).

In den übrigen Bereichen soll die Feudenheimer Au als ökologisch wertvolle Wiesenlandschaft und extensive Landwirtschaftsfläche und somit auch als Kalt- und Frischluftreservoir erhalten bleiben.

## **4 Numerische Modellrechnungen zur vertiefenden klimaökologischen Prüfung des aktuellen Planungsentwurfs**

### **4.1 Kaltluftsimulationsrechnungen**

Zur Gewinnung flächenhafter Informationen zum nächtlichen Kaltluftgeschehen wurden bereits im Rahmen der Klimagutachtens von 2013 und 2016 (ÖKOPLANA 2013, ÖKOPLANA 2016A) mit dem Kaltluftmodell KLAM\_21, Vers. 2.010 des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2005) Berechnungen durchgeführt. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen wurden hierdurch auch Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Nachfolgend werden auf Grundlage des Planungsnullfalls und des aktuellen Planungsfalls die für Kaltluftentstehung optimale Situation betrachtet. D.h. eine klare und windschwarze Nacht mit einer schwachen nordöstlichen Regionalströmung (1.0 m/s), die die Kaltluftbewegungen von den östlichen Freiräumen in Richtung Grünzug Nordost unterstützt. Das betrachtete Rechengebiet weist eine Gebietsgröße von 5.0 x 3.0 km (15 km<sup>2</sup>). Gegenüber den Berechnungen von 2013 wurde der östliche Einströmungsrandbereich ausgedehnt, um verbesserte Ergebnisse zu erzielen. Im Planungsnull ergeben sich hierdurch gegenüber den Rechenergebnissen von 2013 leichte Abweichungen.

Das Modell KLAM\_21 berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt: Dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, versiegelte Flächen, unversiegelte Freiflächen, Eisenbahnflächen, Gehölzflächen/Wald, Buschflächen, Wasser. Bei den Kleingärten findet ein Mix aus unversiegelten / versiegelten Freiflächen und Buschflächen Beachtung.

Die digitalen Geländedaten basieren auf einem digitalen Reliefmodell mit einer Rasterweite von 10 m, das LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG BADEN-WÜRTTEMBERG bereitgestellt wurde. Die Informationen der Landnutzung sind vorliegenden Luftbildern entnommen.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms sowie die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte in m<sup>3</sup>/m·s (= Kaltluftvolumen, das pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt).

#### 4.1.1 Planungsnullfall

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen für den Zeitpunkt zwei Stunden nach Mitternacht sind in den **Abbildungen 5.1 und 5.2** dargestellt.

Zu Beginn der 2. Nachthälfte zeigen sich deutlich die kaltluftbedingten Flurwindeffekte im Freiraumgefüge zwischen den Vogelstang-Seen und der Au, wobei die Grünflächen die wesentlichen Zugbahnen der ca. 20 – 25 m mächtigen Kaltluftschicht darstellen. Im Bereich der Bebauung wird die Kaltluft vermehrt angehoben, wodurch die Kaltluft in wärmere Luftsichten gelangt und vermehrt aufgezehrt wird.

In Bodennähe sind die reinen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten sehr gering. Sie schwanken im Mittel der bodennächsten Höhenschichten (0 – 4 m ü.G.) zwischen ca. 0.1 – 1.0 m/s. Dies korrespondiert mit den Feldmessungen von 2013. Im Bereich der Spinelli-Barracks bilden die Stellflächen die wesentlichen Zugbahnen für die Kaltluftbewegungen. Im Bereich der Kasernenbauten sinken die Strömungsgeschwindigkeiten auf unter 0.5 m/s.

Im LSG Au neigt die Kaltluft in Bodennähe vermehrt zu Stagnation, Austauschbewegungen in Richtung Sellweiden/Luisenpark sind jedoch nachweisbar (siehe Windvektoren).

Von den Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost profitieren vor allem die angrenzenden Bebauungsstrukturen über den Zustrom von Kalt- und Frischluft (z.B. Käfertal, Wallstadt, Feudenheim).

Auffallende Strömungshindernisse entlang des Grünzugs Nordost sind neben den Spinelli-Barracks auch die Gehölzbestände im Bürgerpark an der Talstraße. Gegenüber bebauten Gebieten weisen diese Flächen jedoch tagsüber eine bedeutende thermische Wohlfahrtswirkung auf und tragen in den Nachtstunden auch zu Kaltluftbildung bei.

Ermittelt man anhand der Kaltluftsimulationen den Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich auf Höhe der Spinelli-Barracks über einen ca. 900 m breiten Streifen (A – A\*, siehe **Abbildung 5.2**) ein Wert von ca. 9.050 m<sup>3</sup>/s.

Nördlich der U-Halle (Profillänge ca. 470 m) bewegt sich dabei ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 5.520 m<sup>3</sup>/s (= 61% des Gesamtvolumenstroms) in Richtung Westen, während durch das Profil von der U-Halle bis zum Straßenzug Wingeretsbuckel (Profillänge ca. 430 m) ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 3.530 m<sup>3</sup>/s (= 39% des Kaltluftvolumenstroms) strömt.

Durch das Profil B – B\* (Länge ca. 350 m) bewegt sich in Richtung Westsüdwesten ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 2.400 m<sup>3</sup>/s.

Laut VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (2003) ist in weitgehend ebenem Gelände ein Kaltluftvolumenstrom von über 10.000 m<sup>3</sup>/s erforderlich, damit die Kaltluft in die Zentren der Stadt- und Siedlungskörper einzudringen vermag<sup>4</sup>.

Der Wert von 9.050 m<sup>3</sup>/s liegt somit knapp unterhalb dieses Zielwertes.

Mit der Aufgabe des Kasernengeländes besteht nun die Möglichkeit, den Kaltluftvolumenstrom und damit die klimaökologische Ausgleichswirkung des Grünzugs Nordost in Richtung innenstadtnaher Lagen zu stabilisieren und zu intensivieren.

#### 4.1.2 Aktueller Planungsfall

Die Berechnungen für den Planungsfall berücksichtigen den aktuellen Planstand 03/2017.

Wie ein Vergleich der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit zwischen aktuellem Planungsfall (**Abbildung 6.1**) und Planungsnullfall (**Abbildung 5.1**) anhand einer Differenzendarstellung (**Abbildung 6.2**) zeigt, können die Kaltluftfließbewegungen durch den Abriss von Kasernenhallen im nördlichen Teilbereich der Spinelli-Barracks intensiviert werden. Dem stehen an der potenziellen Siedlungsergänzung Käfertal-Süd auffallende Geschwindigkeitsreduzierungen entgegen. Für die zusätzliche Randbebauung Käfertal-Süd wurden dabei die in **Abbildung 3** dargestellten Gebäudestrukturen sowie die z.T. baumüberstellten Parkschenalen berücksichtigt.

Gegenüber dem Planungsentwurf von 2016 zeigen die verbleibende U-Hallenfragmente eine veränderte Kubatur. Der Nordflügel ist anstelle des Südflügels gekürzt, um eine geringere Barrierewirkung zu bewirken.

Auch im Bereich des angedachten Grünhofs an der Talstraße ist durch die bauliche Neugestaltung des Geländes gegenüber dem Planungsentwurf u.U. mit einer leichten Forcierung der Kaltluftdurchströmung zu rechnen.

<sup>4</sup> Ein Kaltluftvolumenstrom von 10.000 m<sup>3</sup>/s ergibt sich bspw., wenn ein 20 m mächtiges Kaltluftpaket mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/s über eine Strömungsbreite von 500 m in die Siedlung vordringt.

Ermittelt man mit Hilfe der Kaltluftsimulationen den veränderten Kaltluftvolumenstrom, der in das teilweise „freigeräumte“ Spinelli-Gelände einströmen kann (**Abbildungen 6.3 und 6.4**), so ergibt sich gegenüber dem Planungsnullfall ein zusätzlicher Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.230 m<sup>3</sup>/s. Insgesamt ergibt sich somit zwischen Straßenzug Wingertsbuckel im Süden und der Bebauung Käfertal im Norden ein max. Kaltluftvolumenstrom von ca. 10.280 m<sup>3</sup>/s (+12.0% gegenüber dem Planungsnullfall). Gegenüber dem Planungsfall von 2016 zeigt sich eine relative Zunahme des Kaltluftvolumenstroms von ca. 1.4%

Der anvisierte Zielwert nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 von 10.000 m<sup>3</sup>/s wird somit erreicht.

Zur klimaökologischen Bewertung der o.a. Zahlen kann eine Einstufung der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 herangezogen werden. Erfolgt in stadtökologisch relevanten Kaltluftzugbahnen durch Flächennutzungsänderungen eine Intensivierung des Kaltluftvolumenstroms um mehr als 10%, so ist dieser Eingriff als großer Eingriff mit weitreichenden klimatischen Positivwirkungen zu bewerten.

Auffallend ist, dass sich über das Profil zwischen U-Halle und der Bebauung Käfertal-Süd nun eine Kaltluftvolumenstrom von ca. 7.980 m<sup>3</sup>/s (= 78% des Gesamtvolumenstroms) in Richtung Westen bewegt. Zwischen U-Halle und Straßenzug Wingerstbuckel strömt noch ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 2.300 m<sup>3</sup>/s (= 22%) nach Westen. Die neugeschaffene freie Zugbahn zwischen dem Freiraumgefüge östlich des Spinelli-Geländes und dem neuen Freiraum Spinelli stärkt somit in bedeutendem Maße die klimaökologische Gunstwirkung des Grünzugs Nordost. Die thermische Ungunstwirkung der teilweise verbleibenden Belagsflächen nördlich der U-Hallenfragmente bleibt bzgl. der lokalen Kaltluftbewegungen von untergeordneter Bedeutung.

Als strömungsgünstig ist die Ausformung der verbleibenden geschlossenen Gebäudeelemente der U-Halle zu bewerten.

Im Bereich des Profils B – B\* westlich des Kasernengeländes-Süd ist ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 2.470 m<sup>3</sup>/s zu bilanzieren (Planungsnullfall = 2.400 m<sup>3</sup>/s).

Der geplante Weiher in der Au zeigt auf die lokale Kaltluftbilanz keine gravierenden Einflüsse, was u.a. damit zusammenhängt, dass sich die Wasserfläche bei vorherrschenden Nordostwinden im Lee der Geländekante befindet.

Dort entwickelt sich bereits im Planungsnullfall in erhöhtem Maße ein Kaltluftstagnationsbereich, der auch durch das in Sommernächten im Vergleich zu Wiesen- und Landwirtschaftsflächen „warme“ Gewässer nicht auflöst wird.

Thermisch vorteilhaft ist, dass das Gewässer naturnah gestaltet (z.B. schmaler Röhrichtgürtel im Bereich der Flachwasserzone) und ohne größere versiegelte Randflächen in die Au-Landschaft eingebunden ist.

Auch die Anschüttung/Rampe im Bereich des Straßenzugs Am Aubuckel tritt im Kaltluftströmungsgeschehen nicht gravierend hervor. Die aus östlichen Richtungssektoren zuströmende Kaltluft gleitet über die Anschüttung hinweg, wodurch sich im Lee geringfügige Beschleunigungen ergeben.

Im Bereich der modifizierten Kleingartenanlagen im Süden der Au sind keine auffallenden Kaltluftströmungsveränderungen zu verzeichnen. Die erhöhte Rauigkeit und die leicht geringere Kaltluftproduktivität über dem neuen Kleingarten-Gelände wird vom vermehrten Kaltluftvolumenstrom über das Spinelli-Gelände (vgl. **Abbildungen 5.2 und 6.3**) ausgeglichen.

Bei den Anlage der Kleingärten wird davon ausgegangen, dass die Zuwege zu den einzelnen Parzellen in Form von Schotterrasen angelegt werden.

Im Bereich der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd ist durch den geplanten Hochbau mit einem Verlust an Kaltluftvolumen zu rechnen. Wie **Abbildung 6.4** zeigt, ermöglichen die gewählten Baustrukturen jedoch ein Einsickern der Kaltluft aus dem neuen Freiraumgefüge „Weite Mitte“, so dass in der Bestandsbebauung keine gravierenden Veränderungen zu bilanzieren sind. Von hoher Bedeutung ist dabei, dass die Freizone (Sportgelände) südlich des Joseph-Bauer-Hauses auch langfristig als Grünfläche erhalten bleibt. Sie bildet eine klimatisch wirksame Verknüpfung zum klimaökologischen Gunstpotenzial der „Weiten Mitte“.

#### 4.1.3 Zusammenfassendes Kurzfazit

Die durchgeführten numerischen Modellrechnungen zu den lokalen nächtlichen Kaltluftbewegungen belegen die klimaökologischen Gunsteffekte des aktuellen Planungsentwurfs. Die Freiraum-/Grünplanung des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN orientiert sich in deutlicher Weise an den klimaökologischen Zielvorgaben (siehe ÖKOPLANA 2013). Damit wird eine stadtökologisch bedeutsame Aufwertung des Grünzugs Nordost erzielt. Die flurwindartigen Kaltluftbewegungen zwischen dem östlichen Freiraumgefüge und der Feudenheimer Au werden in wirksamer Weise intensiviert. Der Kaltluftvolumenstrom steigt auf Höhe der Talstraße um ca. 12.0% an, womit die Zielvorgabe von Seiten der Klimaökologie erfüllt wird.

Die geplante Anschüttung/Rampe Am Aubuckel beeinträchtigt den Kaltluftstrom in keiner nennenswerten Weise.

Auch die teilweise Verlagerung der Kleingärten in der Feudenheimer Au in Richtung Osten zeigt keine negativen Effekte auf die lokalen Kaltluftbewegungen.

Das verbleibende Gewerbegebiet an der Talstraße bildet zusammen mit dem potenziellen Grünhof zwar einen strömungsdynamischen/thermischen Störfaktor, durch die Intensivierung der Kaltluftdynamik zwischen den U-Hallenfragmenten und der Randbebauung Käfertal-Süd sind diese jedoch als akzeptabel einzustufen.

## 4.2 Mikroskalige Modellrechnungen zu den lokalen Belüftungsverhältnissen

Wie die Ergebnisse von Windmessungen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld belegen (siehe ÖKOPLANA 2013), zeichnen sich bebaute Gebiete im Vergleich zum unbebauten Freiland durch eine Veränderung des horizontalen und vertikalen Windfeldes aus. Die Gründe hierfür sind nach KÜTTLER (2004) sowohl in der größeren Bodenreibung durch die bauliche Strömungshindernisse zu sehen als auch in der Beeinträchtigung des Luftdruckfeldes durch die städtische Wärmeinsel. Zu den Charakteristika der Luftströmung in Siedlungsgebieten zählen u.a.:

- niedrigere Windgeschwindigkeiten,
- häufigeres Auftreten von Windstille,
- eine durch die Feingliederung der Oberfläche vorgegebene, meist starke Beeinflussung der Windrichtungen als Folge der Kanalisierung durch Straßenzüge.

Ergeben sich in Stadtteilbereichen großflächig (Flächengröße ca. > 1 ha) windabgeschwächte Zonen, so hat dies Auswirkungen auf die bioklimatischen Umgebungsbedingungen.

Nachfolgend werden daher mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen die kleinräumigen Modifikationen bzgl. der allgemeinen Belüftungsverhältnisse durch die geplante Bau- und Freiflächenstrukturen aufgezeigt.

Die Modellrechnungen<sup>5</sup> beschränken sich auf solche Situationen, bei denen mit den größten Auswirkungen auf die nähere Umgebung des Planungsgebietes zu rechnen ist.

Die Modellrechnungen werden jeweils (Planungsnullfall und Planungsfall) für einen Gebietsausschnitt von 2.000 m in West-Ost-Richtung und 1.700 m in Süd-Nord-Richtung (inkl. Randzellen) durchgeführt. Die Modellhöhe beträgt 70 m. Die ergänzte Randbebauung wurde dem neuen Planentwurf entnommen. Den Geschossen wurde jeweils eine Höhe von 3.5 m zugeordnet (Beispiel: 3-geschossige Bebauung → Gebäudehöhe 10.5 m).

<sup>5</sup> Die Modellrechnungen für das Ventilationsgeschehen wurden mit dem mikroskaligen, prognostischen Rechenprogramm MISKAM durchgeführt.

Für jeweils relevante Situationen werden die Windfelder in Horizontalschnitten mittels Isotachen und Windvektoren dargestellt. Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 1 m mächtige Luftschicht (Höhe  $\pm 0.5$  m) wieder. Während aus der flächigen Isotachendarstellung Bereiche bestimmter Windgeschwindigkeiten<sup>6</sup> zu entnehmen sind, geben die Pfeile der Vektdarstellung die Strömungsrichtung wieder.

#### 4.2.1 Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen

Als konstante Randbedingung wird zunächst eine Luftströmung aus Südsüdwesten gewählt, um den Einfluss des Grünzugs Nordost und der potenziellen Randbebauung Käfertal-Süd auf die Belüftung von Käfertal/Im Rott zu bestimmen. Als Strömungsgeschwindigkeit wird für eine windschwache Situation ein Wert von 2.0 m/s (10 m ü.G.) gewählt. Laut der mehrjährigen Windrichtungsverteilung (siehe ÖKOPLANA 2013) ist im Jahresverlauf an ca. 10% der Stunden mit Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungssektoren zu rechnen.

##### Planungsnullfall (Abbildung 7):

Die **Abbildung 7** zeigt das berechnete Windfeld (Tagsituation) in einer Höhe von 2 m ü.G. Die Einfriedung der Spinelli-Barracks findet keinen Eingang in die Berechnungen.

Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Leeffekte von Gebäuden in Planungsumfeld sowie die windabremgende von größeren Gehölzflächen.

Die im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) durch die Oberflächenrauigkeit des Bodens und der Vegetation von ca. 2.0 m/s (10 m ü.G.) in freien Lagen auf Werte zwischen 1.4 und 1.6 m/s reduzierte Windgeschwindigkeit wird durch höhere Vegetationsbestände und bauliche Strömungshindernisse weiter abgeschwächt. So wird die mittlere Windgeschwindigkeit über dem Kleingartengelände Sellweiden / Feudenheimer Au durch die Oberflächenrauigkeit der Gartenhäuser und Vegetationsbestände auf unter 0.5 m/s reduziert.

Auch im Bürgerpark östlich der Talstraße führt der Baumbestand sowie die Geländemodellierung kleinräumig zu einer Abschwächung der Belüftung.

<sup>6</sup> Die Windgeschwindigkeiten werden in Geschwindigkeitsklassen eingeteilt, welchen bestimmte Farben entsprechen - Rot für höhere Geschwindigkeiten bis Blau/Lila für niedrige Werte.

Im Bereich der Spinelli-Barracks wird die Windgeschwindigkeit in Bodennähe (2 m ü.G.) durch die Kasernenbauten und –hallen punktuell herabgesetzt. Die Lee-Wirkung der einstöckigen Hallen reicht nur unwesentlich über das Kasernengelände hinaus, so dass die Belüftungssituation am Südrand von Käfertal insgesamt als günstig zu bezeichnen ist. Die Randbebauung ist überwiegend durchströmbar gestaltet, so dass bei Südsüdwestwinden insbesondere zwischen Deidesheimer Straße/St.-Hildegard-Kirche und Ida-Dehmel-Ring/Wohngebiet Im Rott Belüftungseffekte weit in die Bebauung hinein wirken können. In den Sommermonaten wird hierdurch am Tag die Neigung zu Wärmetaus mit erhöhter bioklimatischer Belastung deutlich abgeschwächt.

#### **Planungsfall (Abbildungen 8.1 und 8.2 ):**

Die prognostischen Strömungssimulationen für den aktuellen Planungsfall dokumentieren die Veränderung des bodennahen Windfeldes durch die angestrebte Flächennutzungsänderung. Der Planungsentwurf sieht einen Rückbau des Kasernengeländes vor, so dass zwischen neuem Grünhof an der Talstraße und der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd eine Freizone mit einer Breite von ca. 570 m geschaffen wird, in der allein Fragmente der U-Halle verbleiben. In Richtung Westen weitert sich der neue Grünzug auf dem Spinelli-Areal auf über 700 m auf (inkl. der Parkschenalen im Bereich Käfertal-Süd).

Wie anhand der Differenzendarstellung zwischen Planungsfall und Planungsnullfall verdeutlicht wird (**Abbildung 8.2**), nimmt die Intensität der Belüftung auf dem „freigeräumten“ Kasernengelände großflächig deutlich zu (> 50%), was sowohl bioklimatisch als auch lufthygienisch positiv zu bewerten ist.

Im Bereich des angedachten Grünhofs stehen durch modifizierte Bebauungsstrukturen kleinräumigen Windabschwächungen Windbeschleunigungen in vergleichbarer Größenordnung gegenüber, so dass sich hieraus nur kleinräumige Änderungen der Belüftungsintensität einstellen. Sie beschränken sich im Wesentlichen auf das Betriebsgelände.

Die baulichen Arrondierungen Käfertal-Süd in Form von offener Blockrandbebauung führt zwar zu deutlichen Windgeschwindigkeitsminderungen, eine großflächige Neigung zu Luftstagnation (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s) wird jedoch weitgehend unterbunden. Allein zwischen Anna-Sammet-Straße, Völklinger Straße und Bad Kreuznacher Straße zeigen sich bei südsüdwestlicher Anströmung größere Teilbereiche mit Stagnationsneigung. Diese sind auf die geschlossenen Gebäuderiegel entlang der Anna-Sammet-Straße zurückzuführen.

Die Grünachse „Im Rott“ bleibt als Ventilationsachse mit intensiviertem boden-nahen Luftaustausch erhalten.

Als günstig ist auch der Verzicht auf eine verdichtete Randbebauung auf Höhe der Grünfläche/Sportfläche südöstlich der St.-Hildegard-Kirche zu bewerten. Die Verbindung der ca. 30 – 40 m breiten öffentlichen Grünfläche zwischen St. Ingberter Straße und Deidesheimer Straße als bebauungsinterne Ventilationsachse mit dem neu entwickelten Freiraumgefüge „Spinelli“ wird gesichert, wodurch in der Bestandsbebauung eine nachhaltige Schwächung der bodennahen Belüftung unterbunden wird. Vorteilhaft wäre eine zusätzliche Öffnung der geplanten angrenzenden Blockrandbebauung, um die klimatische Gunstwirkung der „Grüninsel Sportfläche“ auch im Blockinnenbereich wirksam werden zu lassen.

Die offene Baublockstruktur südöstlich der Wachenheimer Straße führt bei häufig vorherrschenden Südsüdwestwinden in der bestehenden Wohnbebauung zwischen Wachenheimer Straße und Dürkheimer Straße zu keiner gravierenden Abschwächung der Belüftung gegenüber dem Planungsnullfall. Die solitären Hochbauten mit bis zu 10 Geschossebenen bilden bei der gewählten Lage und Baufelddimension keine gravierenden Strömungshindernisse. Hier kann es allenfalls bei kräftigen Winden zu unangenehmen Zugerscheinungen kommen.

Die Rampe Am Aubuckel bewirkt keine auffallenden Strömungsmodifikationen. Hier überwiegen bereits im Planungsnullfall die Windabschwächungen durch den straßenbegleitenden Gehölzbestand.

In der Feudenheimer Au bleiben die günstigen Belüftungseffekte erhalten.

#### 4.2.2 Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen

Laut der mehrjährigen Windrichtungsverteilung ist im Jahresverlauf entlang des Grünzugs Nordost an ca. 9% der Stunden mit Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen zu rechnen.

##### **Planungsnullfall (Abbildung 9):**

Die **Abbildung 11** veranschaulicht, dass im Bereich der Spinelli-Barracks die bodennahe Windgeschwindigkeit bei vorherrschenden Nordnordwestwinden von ca. 1.2 m/s in freien Lagen (2 m ü.G.) auf ca. 0.6 m/s (= 50%-ige Reduktion) abgesenkt ist. In der Höhenschicht 5 m ü.G. beträgt die Windgeschwindigkeitsreduktion über dem bebauten Kasernengelände ebenfalls noch ca. 50%.

Die Abstandsfläche des Kasernengeländes mit Bebauung zur Wohnbebauung Käfertal von min. 100 m ermöglicht eine ausreichende Entlüftung der Wohnbauflächen nach Süden. Stauwirkungen sind nicht zu bilanzieren.

##### **Planungsfall (Abbildungen 10.1 und 10.2):**

Durch die potenzielle bauliche Arrondierung Käfertal-Süd verschiebt sich der Übergang Wohnbebauung – Freiraum zwischen Ida-Dehmel-Ring und Völklinger Straße um ca. 50 – 125 m nach Süden.

Bei Berücksichtigung möglicher Gebäude mit 5 – 10 Geschossebenen (GH ~ 15 – 30 m) am Südrand des Arrondierungsgebiets reichen deren Lee-Effekte ca. 70 – 200 m (2 m ü.G.) in den Grünzug Nordost hinein.

Im verbleibenden Freiraum des neu gestalteten Grünzugs Nordost - „Spinelli-Park“ – steigt die mittlere Windgeschwindigkeit großflächig deutlich an.

Klimaökologisch vorteilhaft ist die Beibehaltung einer markanten Grünzäsur im Bereich des Sportgeländes TV Käfertal zwischen Völklinger Straße und Deidesheimer Straße. Sie fungiert strömungsdynamisch weiterhin als Bindeglied zwischen Bebauung Käfertal und Grünzug Nordost.

Insgesamt ist die bauliche Arrondierung derart strukturiert, dass der neu ergänzte Grünzug als Klimameliorationsraum wirksam werden kann. Innerhalb der Bestandsbebauung bleibt die Entlüftung in ausreichendem Maße gewahrt. Eine vermehrte Neigung zu Luftstagnation ist nicht zu bilanzieren.

Die angedachte Geländemodellierung Am Aubuckel ist aus strömungsdynamischer Sicht unproblematisch. Hier stellen sich nur bandförmig leichte Windabschwächungen ein.

Auch der geplante Grünhof an der Talstraße führt im Vergleich zum Planungsnullfall zu keiner relevanten Windabschwächung. Vielmehr sind großflächig Windbeschleunigungen in Richtung Feudenheim zu bilanzieren.

#### **4.2.3 Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen**

Mit Winden aus ostnordöstlichen Richtungssektoren ist im Untersuchungsgebiet an ca. 7% der Stunden zu rechnen.

##### **Planungsnullfall (Abbildung 11):**

Die Strömungssimulationen zeigen die Verhältnisse für eine windschwache Tagesituation, bei welcher der Höhenwind im Bereich der Spinelli-Barracks nahezu parallel zum Grünzug Nordost weht. Die strömungsdynamischen Auswirkungen der Kasernenbauten/-hallen bleiben bei der vorgegebenen Situation weitgehend auf das Kasernengelände selbst begrenzt. In den Lee-Lagen der Gebäude sinkt die mittlere Windgeschwindigkeit von ca. 1.4 m/s auf unter 1.0 m/s. Günstig wirken sich die Stellflächen aus, die eine geringe areodynamische Rauigkeit aufweisen.

Am Aubuckel bremsen die begleitenden Gehölzriegel die bodennahen Winde ab. Wenige Meter von der Hangkante entfernt steigen die mittleren Windgeschwindigkeiten über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen jedoch wieder deutlich an. Im Bereich der Kleingärten ist aufgrund der z.T. dichten Vegetationsstrukturen (Hecken, Sträucher) die Belüftung in den bodennächsten Luftsichten reduziert.

##### **Planungsfall (Abbildungen 12.1 und 12.2):**

Durch die Schaffung eines durchgehenden Grünzugs Nordost - entsprechend der **Abbildung 2** - wird zwischen Käfertal und dem Straßenzug Am Wingertsbuckel großflächig die bodennahe Be- und Durchlüftung intensiviert. Dies wird anhand der Differenzendarstellung zwischen Planungsfall und Planungsnullfall verdeutlicht.

Diesen Gunsteffekten stehen Windabschwächungen im Bereich der angedachten baulichen Arrondierung Käfertal-Süd und am neuen Grünhof an der Talstraße entgegen.

Wie die Strömungssimulationen zeigen, nimmt die Windgeschwindigkeit im Bereich der weitgehend offenen Blockrandbebauung zwar deutlich ab, eine großflächige Neigung zu Luftstagnation (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s) tritt jedoch nicht ein. Hierbei macht sich die Sicherung von Freiräumen zur Querbelüftung (Im Rott, Sportplatzgelände im Bereich der St. Hildegard-Kirche) positiv bemerkbar. Gravierende negative Auswirkungen auf die Belüftung innerhalb der bestehenden Bebauung von Käfertal sind nicht zu bilanzieren.

Der geplante Grünhof an der Talstraße wirkt nur als räumlich eng begrenzt wirkendes Strömungshindernis, was aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren ist.

Im Bereich der Feudenheimer Au bleiben die allgemein günstigen Belüftungsverhältnisse erhalten.

#### 4.2.4 Zusammenfassendes Kurzfazit

Die durchgeführten numerischen Modellrechnungen zu den lokalen Belüftungsverhältnissen dokumentieren, dass mit dem aktuellen Planungsentwurf die örtlichen Belüftungsverhältnisse entlang des Grünzugs Nordost intensiviert werden, wodurch die allgemeine sommerliche Wärmebelastung reduziert wird. Die angedachten baulichen Arrondierungen berücksichtigen wesentliche klimaökologischen Zielvorgaben (siehe ÖKOPLANA 2013), wodurch in der Bestandsbebauung von Käfertal und Feudenheim der bodennahe Luftaustausch in erforderlicher Intensität erhalten bleibt. Die Ausbildung großflächiger Luftstagnationsbereiche innerhalb der Bebauung ist nicht zu bilanzieren.

Auch in der Feudenheimer Au sind bei Realisierung des angestrebten Freiraum-/ Grünkonzepts weiterhin ausreichende Belüftungsverhältnisse gegeben.

#### **4.3 Mikroskalige Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen**

Zur Bewertung der thermischen Folgeerscheinungen des Planungsentwurfs zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost im Bereich „Spinelli“ werden nachfolgend die Ergebnisse von Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen (Lufttemperaturfelder) analysiert, um daraus den Grad der möglichen thermischen Entlastung bzw. Zusatzbelastung im Planungsumfeld bewerten zu können.

Bei den 3-dimensionalen Modellrechnungen mit dem Modell ENVI-met wird über die Berechnung des Windfeldes und des Strahlungshaushaltes der Einfluss der Bebauung, versiegelter Oberflächen und unterschiedlicher Vegetationsstrukturen auf die Lufttemperatur (2 m ü.G.) bestimmt. Da sich die deutlichsten thermischen Differenzierungen im Allgemeinen in sommerlichen, windschwachen Strahlungsnächten einstellen, werden nachfolgend derartige Situationen geprüft und bewertet.

Wie die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen aufzeigen (siehe Kap. 4.1), wird durch die Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost zwischen Feudenheimer Au und Bürgerpark ein neues Potenzial kaltluftproduzierender Grünflächen entwickelt werden.

Wie in ÖKOPLANA (2013) formuliert, muss es zudem Ziel der neuen Planung sein, die bauliche Arrondierung im Bereich Käfertal-Süd derart zu gestalten, dass der davon ausgehenden Wärmeinseleffekt bzgl. seiner Intensität und räumlichen Ausdehnung gering bzw. eng begrenzt bleibt.

Im Sinne von Worst-Case-Szenarien werden Nachtsituationen mit Windanströmungen untersucht, bei denen die geplante Arrondierung Käfertal-Süd frontal angeströmt wird und mit deutlichsten thermischen Differenzierungen zwischen Freiräumen und Bebauung zu rechnen ist. Zudem wird eine typische Flurwindsituation analysiert.

#### 4.3.1 Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen

**Abbildung 13:** Die Grafik zeigt die berechnete Lufttemperaturverteilung für den Ist-Zustand während einer windschwachen warmen Strahlungsnacht (22:00 Uhr) mit Südsüdwestwind.

Im östlichen Teilbereich der Spinelli-Barracks, wo die Überbauung und Oberflächenversiegelung vergleichsweise großflächig ist, werden Lufttemperaturen zwischen ca. 22°C und 25°C simuliert. Vergleichbare Werte zeigen sich in der Bebauung Feudenheim und Käfertal.

Im Wohngebiet Im Rott werden in größeren Teilbereichen auch Lufttemperaturen von unter 22°C bestimmt, so dass dort insgesamt ein etwas niedrigeres Lufttemperaturniveau zu bilanzieren ist.

Östlich der Spinelli-Barracks und dem Gewerbegebiet Talstraße sinkt die Lufttemperatur über den Grünflächen auf unter 18°C. Zwischen östlichem Freiraumgefüge und Spinelli-Barracks werden max. Temperaturdifferenzen von ca. 5 – 7 K bestimmt.

Im Westteil der Spinelli-Barracks ist die Wärmeinselbildung abgeschwächt. Mit den südsüdwestlichen Winden wird Kaltluft aus der Au in Richtung Kasernenareal verfrachtet, wo sie zur Intensivierung der nächtlichen Abkühlung und damit zur Einengung der „Wärmeinsel“ Spinelli-Barracks beiträgt.

**Abbildungen 14.1 und 14.2:** Durch Schaffung neuer thermischer Gunstflächen (Grünflächen) auf dem Gelände der Spinelli-Barracks ergeben sich im Planungsfall zusätzliche Kaltluftentstehungspotenziale, die bei vorherrschenden Südsüdwestwinden einen bedeutsamen Beitrag zur bioklimatischen Entlastung im Bereich Käfertal/Im Rott leisten. Trotz potenzieller Randbebauung Käfertal-Süd ist nördlich der Anna-Sammet-Straße gegenüber dem Ist-Zustand mit einem Temperaturrückgang von ca. 1 – 2 K zu rechnen.

Die Warmluftfahne der verbleibenden Spinelli-Bebauung und des Gewerbegebietes Talstraße / Betriebshof reicht bei der vorgegebenen Situation max. 180 m nach Norden. Die neu entwickelte barrierefreie Abstandsfläche zur Wohnbebauung Käfertal-Süd ist ausreichend dimensioniert, um eine Beaufschlagung der Wohnbebauung durch Warmluft aus dem Gewerbegebiet Talstraße / Spinelli-Gelände zu vermeiden.

Die geplante Bebauung zwischen Im Rott im Osten und Rüdesheimer Straße im Südwesten ist zusammen mit den Grünflächen derart strukturiert, dass die Wärmeinselausprägung gering bleibt und in der bestehenden Bebauung von Käfertal keine prägnante thermische Zusatzbelastung zu befürchten ist.

#### 4.3.2 Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen

Die **Abbildung 15** (Planungsnullfall) und die **Abbildungen 16.1/16.2** (aktueller Planungsfall) zeigen die Ergebnisse der Modellrechnungen bei vorherrschenden nächtlichen Nordnordwestwinden. Der Vergleich der Rechenergebnisse verdeutlicht, dass bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren, wie sie in Strahlungsnächten auch häufig in der 2. Nachthälfte zu registrieren sind (rheingrabenspezifische Regionalströmungen), bislang die Warmluft aus dem Bereich Käfertal / Im Rott sowie die warme Spinelli-Bebauung den kühlen Grünzug Nordost überprägt.

Bei Realisierung des Grün- und Freiraumkonzepts des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN ergibt sich auf dem Spinelli-Gelände zusätzliches Kaltluftpotenzial, das zu einer deutlich Forcierung der nächtlichen Abkühlung (= bioklimatische Positivwirkung) führt. Nördlich der verbleibenden U-Hallenfragmente sinkt die Lufttemperatur um ca. 1 – 6 K. Die zusätzlichen Abkühlungseffekte reichen auch bei Berücksichtigung eines Grünhofs mit großflächig versiegelten Stellflächen bis zur nördlichen Randbebauung von Feudenheim. Am Wingertsbuckel werden gegenüber dem Planungsnullfall noch um ca. 1 – 2 K niedrigere Lufttemperaturen bilanziert.

Innerhalb der geplanten baulichen Arrondierung Käfertal-Süd ist bei vorherrschenden Nordnordwestwinden ein Lufttemperaturniveau wie in der benachbarte Bestandsbebauung zu erwarten. Hier können im weiteren Planungsprozess durch Optimierungen bei den Gebäudekubaturen und bei der Freiflächengestaltung sicherlich noch zusätzliche thermische Gunsteffekte erzielt werden.

#### 4.3.3 Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen

Anhand der **Abbildungen 17** (Planungsnullfall) und **18.1/18.2** (Planungsfall) zeigt sich die Veränderung des Lufttemperaturfeldes bei vorherrschenden Flurwinden aus ostnordöstlichen Richtungen.

Durch Schaffung eines durchgängigen Grünzugs wird das lokale Kaltluftentstehungspotenzial und die Kaltlufttransporteigenschaft des derzeitigen Spinelli-Geländes erheblich aufgewertet. Mit der Entwicklung großflächiger Grün- und Freiflächen auf dem Spinelli-Areal sinkt die Lufttemperatur vor Ort im Mittel um ca. 4 K. Dies bewirkt u.a., dass trotz baulicher Arrondierungen im Bereich Käfertal-Süd in der bestehenden Bebauung keine bedeutsamen thermischen Zusatzbelastungen (> 1 K) zu erwarten sind.

Das verbleibende U-Hallenfragment bildet keinen gravierenden thermischen Störfaktor.

In der Feudenheimer Au bewirken die Wasserflächen keine nachhaltige Kaltluftvernichtung. Durch die naturnahe grünordnerische Ausgestaltung des Ufersaums und die vermehrte Zufuhr von Kaltluft aus dem „Spinelli-Park“ bleiben leichte Lufttemperaturerhöhungen (bis ca. 1 K) auf die unmittelbaren Wasserflächen begrenzt.

#### 4.3.4 Zusammenfassendes Kurzfazit

Anhand der durchgeführten mikroskaligen Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen wird verdeutlicht, dass der aktuelle Planungsentwurf des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN den klimaökologische Zielvorstellungen weitgehend entspricht. Durch die Schaffung eines durchgängigen Grünzugs auf dem Spinelli-Areal wird ein thermisch wirksames Gunstpotenzial entwickelt, das die benachbarten Baustrukturen begünstigt. Trotz baulicher Arrondierungen bleibt in der Bestandsbebauung die vorhandene thermische Aufenthaltsqualität gesichert. Dabei bilden die im Planungsentwurf gesicherten Grünflächen/Ventilationsachsen Im Rott und zwischen Völklinger Straße und Deidesheimer Straße wesentliche klimaökologische Gunsträume. Die zusätzlichen Bauflächen bilden weitere bioklimatisch begünstigte Wohnbereiche.

Eine Beibehaltung des Straßenzugs Am Aubuckel und die angedachte Rampe in Richtung Au ist unter thermischen Gesichtspunkten als unproblematisch einzustufen, da das von den Asphaltflächen ausgehende Wärmeband von den thermischen Ausgleichswirkungen des Grünzugs überprägt wird.

In der Feudenheimer Au ist mit den vorgelegten Grünstrukturen das lokale Kaltluftpotenzial gesichert. Die zusätzlichen Wasserflächen bewirken bei Umsetzung der angeregten naturnahen Uferbegrünung in sommerlichen Nächten keine auffallende Verzögerung der Luftabkühlung.

Auch die Verlagerung der Kleingärten kann akzeptiert werden. Es ist davon auszugehen, dass die Gärten auch an heißen Sommertagen bewässert werden und dadurch in den Nachtstunden markante Kaltluftentstehungsflächen bilden.

## 5 Auswirkungen von Planungsvarianten auf das lokale Kaltluftgeschehen

Mit Hilfe von Ergebnissen zusätzlicher Kaltluftströmungssimulationen werden nachfolgend mögliche Planungsvarianten klimaökologisch analysiert.

Von der Stadt Mannheim wurden hierzu folgende Szenarien angeregt:

- a) Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente und ohne Grünhof an der Talstraße
- b) Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente, ohne Grünhof und ohne Bebauung des Kasernengeländes-Süd im Bereich Am Wingertsbuckel.

An Stelle der nicht berücksichtigten Bebauung wird als alternative Flächennutzung „Wiese“ den Variantenberechnungen zu Grunde gelegt.

In Anlehnung an die bereits durchgeführten Kaltluftströmungssimulationen werden die Berechnungen zu den Planungsvarianten wiederum mit dem Kaltluftmodell KLAM\_21, Vers. 2.010 des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2005) durchgeführt.

Die **Abbildungen 19.1 – 19.4** verdeutlichen die Auswirkungen eines zusätzlichen Wegfalls der U-Hallenfragmente und des möglichen Grünhofs an der Talstraße.

Durch die vollständige Entfernung der U-Halle und die Nichtberücksichtigung des Grünhofs nimmt örtlich lokale Kaltluftproduktivität zu. Zudem steigt insbesondere im Bereich der U-Halle die Kaltluftfließgeschwindigkeit zu. Am Standort Grünhof sind hingegen bei einem Verbleib der Kopfbauten keine gravierenden strömungsdynamischen Positivwirkungen zu verzeichnen.

Bilanziert man anhand der Rechenergebnisse wiederum den resultierenden Kaltluftvolumenstrom entlang des Profil A – A\*, so ergibt sich ein Wert von 10.740 m<sup>3</sup>/s. Gegenüber dem aktuellen Planungsfall nimmt der Kaltluftvolumenstrom entlang des Profils A – A\* um ca. 4.3% zu. Gegenüber dem Planungsnul (9.050 m<sup>3</sup>/s) fließt ein zusätzliches Kaltluftvolumen von ca. 15% in Richtung Westen.

Über das Profil B - B\* im Westen des Kasernenareals-Süd strömt ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 2.540 m<sup>3</sup>/s. Gegenüber dem aktuellen Planungsentwurf mit Grünhof und U-Hallenfragmenten nimmt das relative Kaltluftvolumen um ca. 2.8% zu.

Wird zusätzlich auf eine Bebauung im Bereich des Kasernenareals-Süd verzichtet (**Abbildungen 20.1 – 20.4**) steigt der Kaltluftvolumenstrom über das Profil A – A\* auf ca. 11.092 m<sup>3</sup>/s an, da zwischen dem GE Talstraße und der bisher geplanten Bebauung im Kaserneareal-Süd bei vorherrschenden Kaltluftströmungen aus östlichen Richtungssektoren die gebäudebedingte Stauwirkung entfällt und zusätzliches Kaltluftpotenzial entsteht.

Gegenüber dem aktuellen Planungsentwurf steigt der Kaltluftvolumenstrom somit um ca. 7.3% an.

Noch deutlicher ist der Zuwachs über das Profil B – B\*. Hier ergibt sich im Vergleich zum aktuellen Planungsfall beim Kaltluftvolumenstrom ein 10.3%-iger Zuwachs.

Die **Tabelle 1** fasst die Rechenergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen anhand des Kaltluftvolumenstroms entlang des Profils A – A\* nochmals zusammen.

**Tabelle 1:** Veränderung des Kaltluftvolumenstroms entlang des Profils A – A\* gegenüber dem **Planungsnullfall** (9.050 m<sup>3</sup>/s)

Planungsvariante	Kaltluftvolumenstrom entlang des Profils A – A*	Prozentuale Veränderung des Kaltluftvolumenstroms gegenüber dem Planungsnullfall (9.050 m <sup>3</sup> /s)
Aktueller Planungsentwurf RMP	10.280 m <sup>3</sup> /s	+12.0%
Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente und Grünhof	10.740 m <sup>3</sup> /s	+15.7%
Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernenareal- Süd	11.092 m <sup>3</sup> /s	+18.4%

## **6 Kurzzusammenfassung und abschließende klimaökologische Bewertung**

Im Zuge des Planungsprozesses zur Gestaltung des Grünzugs Nordost wurden im März vom Planungsbüro RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN aktualisierte Planungsentwürfe vorgelegt.

Neben einer Konkretisierung der geplanten baulichen Arrondierung Käfertal-Süd wurden auch in den Bereichen der geplanten U-Hallenfragmente, des Grünhofs an der Talstraße / Kasernengelände-Süd, Am Aubuckel und in der Au leichte Modifikationen bzgl. der Flächennutzung bzw. Flächenausprägung durchgeführt.

Vergleichend mit dem bereits vorliegenden Klimagutachten vom 14.01.2016 (ÖKOPLANA 2016A) werden numerische Klimasimulationen durchgeführt, um die klimaökologischen Folgeerscheinungen der geplanten Flächennutzungsänderungen gegenüber dem Planungsnullfall aufzuzeigen.

Folgende Punkte werden näher analysiert:

- Die Auswirkungen der Planung auf die lokalen Kaltluftbewegungen.
- Die strömungsdynamischen Folgeerscheinungen der Planung.
- Die Veränderung der thermischen Umgebungsbedingungen durch die Planung.

Neben dem aktualisierten Planungsfall werden zusätzliche Planungsvarianten bzgl. ihres Einflusses auf die lokalen Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost untersucht

- Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente und ohne Grünhof an der Talstraße
- Aktueller Planungsentwurf RMP ohne U-Hallenfragmente, ohne Grünhof und ohne Bebauung des Kasernengeländes-Süd im Bereich Am Wingertsbuckel.

An Stelle der nicht berücksichtigten Bebauung wird als alternative Flächennutzung „Wiese“ den Variantenberechnungen zu Grunde gelegt.

Die Modellrechnungen zu den lokalen Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost belegen, dass durch den Rückbau des Kasernengeländes in Richtung Feudenheimer Au ein großzügiger durchgängiger Grün- / Freiraum entsteht. Zwischen dem angedachten Betriebshof an der Talstraße und der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd wird eine Freizone mit einer Breite von ca. 570 m geschaffen, in der allein Fragmente der U-Halle verbleiben. In Richtung Westen dehnt sich der neue Grünzug auf dem Spinelli-Areal auf über 700 m aus (inkl. der Parkschen im Bereich Käfertal-Süd).

Die Parkschen im Bereich Käfertal-Süd sind als baumüberstellte Rasen- und Wiesenflächen gestaltet und stellenweise mit Sport- und Spielflächen belegt.

Der vorgesehene Radschnellweg verläuft entlang der Parkschen.

Als Flächennutzung auf den neu geschaffenen Freiflächen regt der Entwurf extensive Nutzungen in Form unterschiedlicher Vegetationseinheiten an, die u.a. den sandigen Untergrund herausarbeiten (z.B. Sandmagerrasen). Dichte Vegetationsbestände in Form von langgestreckten, dichten Gehölzriegeln in Nord-Süd-Richtung sind aus strömungsdynamischen Gründen nicht vorgesehen.

Die neu geschaffene offene „Weite Mitte“ wird von barrierefreien Fuß- und Radwegeverbindungen durchzogen. Die Fußwegeflächen sollen weitgehend mit wassergebundenen Belägen ausgeführt werden.

Nördlich der U-Hallenfragmente bleiben Spuren des Hallen-Rasters als Sukzessionsflächen gesichert.

Westlich der Talstraße ist anstelle der vorhandenen langgestreckten Hallen und Stellplatzflächen der Bau eines „Grünhofs“ geplant. Die U-förmig nach Osten ausgerichteten Gewerbebauten bestehen aus einer 3-geschossigen Halle (u.a. Werkstatt, Lager, Sozialräume) und einem 4-geschossigen Bürogebäude sowie zugeordneten Lager- und Garagengebäuden (1-geschossig). Lagerflächen, Boxen und Parkierungsflächen ergänzen den Grünhof.

Am Wingertsbuckel bleiben fünf (denkmalgeschützte) Kasernenbauten erhalten und werden zur Bildung eines begrünten „Hofbereichs“ durch die Kopfbauten des Grünhofs baulich ergänzt.

Im Bereich des Straßenzugs Am Aubuckel sieht der aktuelle Planungsentwurf eine Anschüttung (99 – 101 m ü.NN) mit barrierefreier Rampe vor, um zum einen über dem angedachten Auengewässer eine Aussichtsplattform zu gestalten und zum anderen eine „ungestörte“ Querung vom Spinelli-Gelände zur tiefer gelegenen Au bereitzustellen zu können. Die Rampe verläuft ca. 5 m über der Straße Am Aubuckel.

Der geplante ca. 1.5 ha große Weiher im Bereich der Au (90.5 m ü.NN) ist naturnah mit einer Flachwasserzone versehen. Im Osten ist zudem eine kleine Plattform skizziert, die einen direkten Zugang zum Gewässer ermöglicht.

Zur Entwicklung eines durchgängigen Grünverbundes über die Feudenheimer Straße hinweg nach Süden und zur Gestaltung des geplanten Radschnellwegs, werden Teile der Kleingärten im Süden der Au nach Osten verlegt. In den übrigen Bereichen soll die Feudenheimer Au als ökologisch wertvolle Wiesenlandschaft und extensive Landwirtschaftsfläche und somit auch als Kalt- und Frischluftreservoir erhalten bleiben.

Die Freiraumplanung des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN orientiert sich in deutlicher Weise an den nachfolgend aufgelisteten klimaökologischen Zielvorgaben.

### **Bemessung, Nutzung/Gestaltung des zentralen Grünzugs:**

#### *Klimaökologische Zielvorstellungen – Bemessung des zentralen Grünzugs*

Der Grünzug Nordost ist zwischen dem Gewerbegebiet Talstraße und Ida-Dehmel-Ring max. ausgedehnt (Zielwert 450 m).
Die U-Halle ist derart in das Planungskonzept eingebettet, so dass sie kein gravierendes Strömungshindernis bildet.
Der Grünzug NE weitet sich westl. der Engstelle Talstr./Ida-Dehmel-Ring auf 600 m auf.
Der Übergang ehem. Spinelli-Gelände – Au ist weitgehend barrierefrei gestaltet.

#### *Klimaökologische Zielvorstellungen – Nutzung/Gestaltung des zentralen Grünzugs*

Mögliche Gehölzflächen bilden keine großflächigen Strömungsbarrieren.
Geländemodellierungen beschränken sich auf flache Mulden und kleinere Aufschüttungen.
Baukörper innerhalb des Grünzugs beschränken sich auf vereinzelte Pavillons etc.
Der Grünzug ist „autofrei“ gestaltet. Rad- und Fußwege sind möglichst schmal gestaltet. Nebenwege bleiben unversiegelt.
Freizeitflächen lassen sich naturnah gestalten.
Wasserflächen sind von naturnahen Flächen umrandet.

Die durchgeführten numerischen Modellrechnungen zu den lokalen nächtlichen Kaltluftbewegungen belegen die damit zu erzielenden klimaökologischen Gunsteffekte.

Anhand der Kaltluftströmungssimulationen wird aufgezeigt, dass sich durch den aktuellen Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall ein zusätzlicher Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.230 m<sup>3</sup>/s generieren lässt. Insgesamt ergibt sich somit zwischen Straßenzug Wingertsbuckel im Süden und aktuellem Südrand von Käfertal ein max. Kaltluftvolumenstrom von ca. 10.280 m<sup>3</sup>/s (+12.0% gegenüber dem Planungsnullfall). Der Zielwert nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 von 10.000 m<sup>3</sup>/s wird somit erreicht.

Durch die Schaffung eines durchgängigen Grünzugs auf dem Spinelli-Areal wird zum einen ermöglicht, dass sich die Flurwinde, die entlang des Grünzugs Nordost bis in innenstadtnahe Bereiche Wirkung zeigen, intensiviert/stabilisiert werden, zum anderen werden auch die benachbarten Baustrukturen bioklimatisch begünstigt.

Trotz angestrebter baulicher Arrondierungen (Käfertal-Süd) bleibt in der Bestandsbebauung die vorhandene thermische Aufenthaltsqualität gesichert. Dabei bilden die im Planungsentwurf gesicherten Grünflächen/Ventilationsachsen Im Rott und zwischen Völklinger Straße und Deidesheimer Straße wesentliche klimaökologische Gunsträume. Die zusätzlichen Bauflächen bilden weitere bioklimatisch begünstigte Wohnbereiche.

Die klimaökologische Bilanzierung zeigt, dass die Bemessung sowie Nutzung / Gestaltung des zentralen Grünzugs die klimaökologischen Zielvorstellungen sehr gut erfüllt.

Zusätzliche Positiveffekte könnten durch Gestaltungsvarianten im Bereich des geplanten Grünhofs/Kasernengelände-Süd erreicht werden. Die Maximalwirkung wird durch die durchgeführten Variantenberechnungen ohne Grünhof und ohne Kasernenareal-Süd aufgezeigt.

## Bauliche Arrondierungen:

### *Klimaökologische Zielvorstellungen – bauliche Arrondierungen*

Die bauliche Arrondierung zwischen Ida-Ehre-Weg und Freihaltetrasse Im Rott erfolgt in Form locker durchgrünter Einzel-/ Doppelhausbebauung.
Zwischen Freihaltetrasse Im Rott und Völklinger Straße ist eine aufgelockerte Bebauungsstruktur gewählt, um Belüftungseffekte für die Bestandsbebauung zu sichern.
Die Grün-/Freifläche westl. der Völklinger Straße wird randlich zu max. 30 – 40% überbaut. Die bestehende Grünachse östlich der Deidesheimer Straße findet Anschluss an den Grünzug NE.
Südöstlich der Wachenheimer Straße ist eine max. 3-geschossige, aufgelockerte Bebauungsstruktur gewählt.
Die mögliche bauliche Abrundung der Gewerbebebauung zwischen Rüdesheimer Str. und Neustadter Str. ist derart ausgestaltet, dass Störungen des Grünzugs durch zusätzliche Erschließungsstraße nicht erfolgen.
Die Freiraum- und Gebäudegestaltung zwischen der U-Halle und der ehem. Pionier-Kaserne ermöglicht günstige Ventilationseffekte und lässt Raum für klimawirksame Begrünungsmaßnahmen
Die bauliche Gestaltung des Grünhofs an der Talstraße berücksichtigt eine möglichst intensive bodennahe Ventilation und einen möglichst geringen Versiegelungsgrad

Der Planungsentwurf orientiert sich auch bzgl. der baulichen Arrondierungen an den o.a. klimaökologischen Zielvorstellungen.

Die baulichen Arrondierungen Käfertal-Süd in Form von offener Blockrandbebauung führt zwar zu deutlichen Windgeschwindigkeitsminderungen, eine großflächige Neigung zu Luftstagnation (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s) wird jedoch weitgehend unterbunden. Allein zwischen Anna-Sammet-Straße, Völklinger Straße und Bad Kreuznacher Straße zeigen sich bei südsüdwestlicher Anströmung größere Teilbereiche mit Stagnationsneigung. Diese sind auf die geschlossenen Gebäuderiegel entlang der Anna-Sammet-Straße zurückzuführen. Hier sind Planungsoptimierungen wünschenswert.

Die Grünachse „Im Rott“ bleibt als Ventilationsachse mit intensiviertem bodennahen Luftaustausch erhalten.

Als günstig ist auch der Verzicht auf eine verdichtete Randbebauung auf Höhe der Grünfläche/Sportfläche südöstlich der St.-Hildegard-Kirche zu bewerten.

Die Verbindung der ca. 30 – 40 m breiten öffentlichen Grünfläche zwischen St. Ingberter Straße und Deidesheimer Straße als bebauungsinterne Ventilationsachse mit dem neu entwickelten Freiraumgefüge „Spinelli“ wird gesichert, wodurch in der Bestandsbebauung eine nachhaltige Schwächung der bodennahen Belüftung unterbunden wird. Vorteilhaft wäre eine zusätzliche Öffnung der geplanten angrenzenden Blockrandbebauung, um die klimatische Gunstwirkung der „Grüninsel Sportfläche“ auch im Blockinnenbereich wirksam werden zu lassen.

Die offene Baublockstruktur südöstlich der Wachenheimer Straße führt bei häufig vorherrschenden Südsüdwestwinden in der bestehenden Wohnbebauung zwischen Wachenheimer Straße und Dürkheimer Straße zu keiner gravierenden Abschwächung der Belüftung gegenüber dem Planungsnullfall. Die solitären Hochbauten mit bis zu 10 Geschossebenen bilden bei der gewählten Lage und Baufelddimension keine gravierenden Strömungshindernisse. Hier kann es allenfalls bei kräftigen Winden zu unangenehmen Zugescheinungen kommen.

Die Rampe Am Aubuckel bewirkt keine auffallenden Strömungsmodifikationen. Hier überwiegen bereits im Planungsnullfall bei Winden aus südwestlichen und nordöstlichen Richtungen die Windabschwächungen durch den strassenbegleitenden Gehölzbestand.

### **Nutzung / Gestaltung der Feudenheimer Au:**

#### *Klimaökologische Zielvorstellungen*

Mögliche Wasserflächen sind von naturnahen Vegetationsgürteln umgeben.
Zusätzliche Bodenversiegelungen beschränken sich auf schmale Erschließungswege. Mögliche Wasserflächen sind von naturnahen Vegetationsgürteln umgeben.
Keine Nutzung die zusätzlichen Autoverkehr in der Au generiert.
Sicherung von Streuobstwiesen und Ackerflächen als intensive Kaltluftentstehungsreale.

Laut vorliegendem Planungsentwurf des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTS-ARCHITEKTEN ist am nördlichen Rand der Au ein ca. 1.5 ha großer, naturnah gestalteter Weiher mit Flachwasserzone angedacht.

Im Osten ist zudem eine kleine Plattform skizziert, die einen direkten Zugang zum Gewässer ermöglicht.

Zur Entwicklung eines durchgängigen Grünverbundes über die Feudenheimer Straße hinweg nach Süden und zur Gestaltung des geplanten Radschnellwegs, werden Teile der Kleingärten im Süden der Au nach Osten verlegt. In den übrigen Bereichen soll die Feudenheimer Au als ökologisch wertvolle Wiesenlandschaft und extensive Landwirtschaftsfläche und somit auch als Kalt- und Frischluftreservoir erhalten bleiben.

Die durchgeführten Modellrechnungen zeigen, dass mit der geplanten Flächen gestaltung in der Au ihre klimaökologische Funktion als Frisch- und Kaltluftreservoir vollständig erhalten bleibt. Durch die naturnahe Gestaltung des Gewässerumfeldes (= erhöhte Kaltluftbildung) führt die in Sommernächten vergleichsweise warme Wasseroberfläche nur in äußerst geringem Umfang zu örtlicher „Kaltluftvernichtung“.

Auch die Kleingärten zeigen sich in warmen Sommernächten gegenüber den benachbarten Grün-/Ackerflächen nicht auffallend thermisch belastet. Es ist davon auszugehen, dass die Gärten auch während längerer Trockenperioden bewässert werden und damit in nicht unerheblichem Maße Kaltluft bilden.

Insgesamt werden die klimaökologischen Zielvorstellungen sehr gut erfüllt.

### **Kurzfazit:**

Zusammenfassend zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass der Planungsentwurf des Büros RMP STEPHAN LENZEN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN die klimaökologischen Zielvorstellungen sehr gut umsetzt. Mit den vorgesehenen Freiraum- und Grünstrukturen wird der Grünzug Nordost in seiner Funktion als Kalt- und Frischluftleitbahn nachhaltig gestärkt. In Verbindung mit dem Grünzug Südost/Neckar entwickeln sich hieraus klimaökologische Positiveffekte (intensivierte nächtliche Abkühlung / Frischluftzufuhr), die bis in zentrumsnahen Lagen von Mannheim Wirkung zeigen. Der ungefähre Einwirkbereich ist in **Abbildung 21** dargestellt.

Mit der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd entstehen zudem neue Wohnbau flächen in bioklimatisch begünstigter Lage ohne in der Bestandsbebauung eine gravierende Zusatzbelastung hervorzurufen.

Angesichts der prognostizierten Zunahme bioklimatisch belastender sommerlicher Hitzeperioden sollten im Bereich der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd Anpassungskonzepte zu Minderung der Hitzebelastung Berücksichtigung finden.

Hierbei können bioklimatische Optimierungsmaßnahmen in Art eines multifunktionalen Baukastenprinzips nach ihrer Wirksamkeit und Kombinierbarkeit mit anderen Fachplanungselementen und umweltrechtlichen Planungsvorgaben umgesetzt werden. Als Beispiele können intensive Dachbegrünungen (Minderung der Wärmeabstrahlung, Verdunstungskühlung, RegenwasserRetention, Artenschutz), gezielte Baumpflanzung (Beschattung, Verdunstungskühlung, Artenschutz, Gestaltungselement) oder der Einsatz von Wasser (Wasserspielplatz, Verdunstungskühlung, RegenwasserRetention) genannt werden. Auch eine angepasste Gebäudetechnik mit den Aspekten Gebäudekühlung, helle Fassadenfarben, Fassadenbeschattung und Dämmung kann einen wichtigen Beitrag zu einer Minderung der Hitzebelastung leisten.

*Burst*

.....  
gez. Achim Burst



ÖKOPLANA  
KLIMAÖKOLOGIE  
LUFTHYGIENE  
UMWELTPLANUNG

Mannheim, den 31. Mai 2017

## Textquellen / weiterführende Schriften:

**BRUSE, M. (2002/2015):** Envi-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

**BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):**

Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn

**DEUTSCHER STÄDTETAG (2012):** Positionspapier Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte. Köln

**DEUTSCHER WETTERDIENST DWD (2005):** Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227. Offenbach a. M.

**EICHHORN, J. (2009/2012):** Miskam - Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmo- dell. Mainz.

**KUTTLER, W. (2004):** Stadtklima. Klimawandel – vom Menschen verursacht? 8. Umweltsymposium der Akademie gem. Wiss. zu Erfurt. Erfurt.

**ÖKOPLANA/GEO-NET (2009):** Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar auf Basis einer GIS-gestützten Modellierung von stadtklimatisch und lufthygienisch relevanten Kenngrößen mit dem 3D-Klimamodell FITNAH. Mannheim. Hannover.

**ÖKOPLANA (2010):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Mannheim.

**ÖKOPLANA (2013):** Klimagutachten Mannheim – Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.

**ÖKOPLANA (2014):** Klimaökologische Expertise zur Untersuchungsvariante „Bahnparallele“ im Rahmen der Variantenprüfung zur Verlegung der Straße „Am Aubuckel“ in Mannheim. Mannheim.

**ÖKOPLANA (2016A):** Ergänzendes Klimagutachten Mannheim – Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.

**ÖKOPLANA (2016B):** Variantenprüfung - Ergänzendes Klimagutachten Mannheim – Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.

**SINAI (2012):** Machbarkeitsstudie Freiraum Rhein-Neckar, Bundesgartenschau 2023. Präsentation 25.10.2012.

**STEINICKE UND STREIFENEDER (2009):** Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.

**VERBAND REGION RHEIN-NECKAR (2014):** Einheitlicher Regionalplan Rhein-Neckar. Plansätze und Begründung / Umweltbericht. Mannheim.

**VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2015):** VDI 3787, Bl. 1. Klima- und Lufthygiene-karten für Städte und Regionen. Düsseldorf.

**VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

**Internetinformationen:** [www.mannheim.de](http://www.mannheim.de)  
[www.buga2023.de](http://www.buga2023.de)

Abb. 1.1 Topografie im Untersuchungsgebiet Grünzug Nordost / Feudenheimer Au und in dessen Umfeld

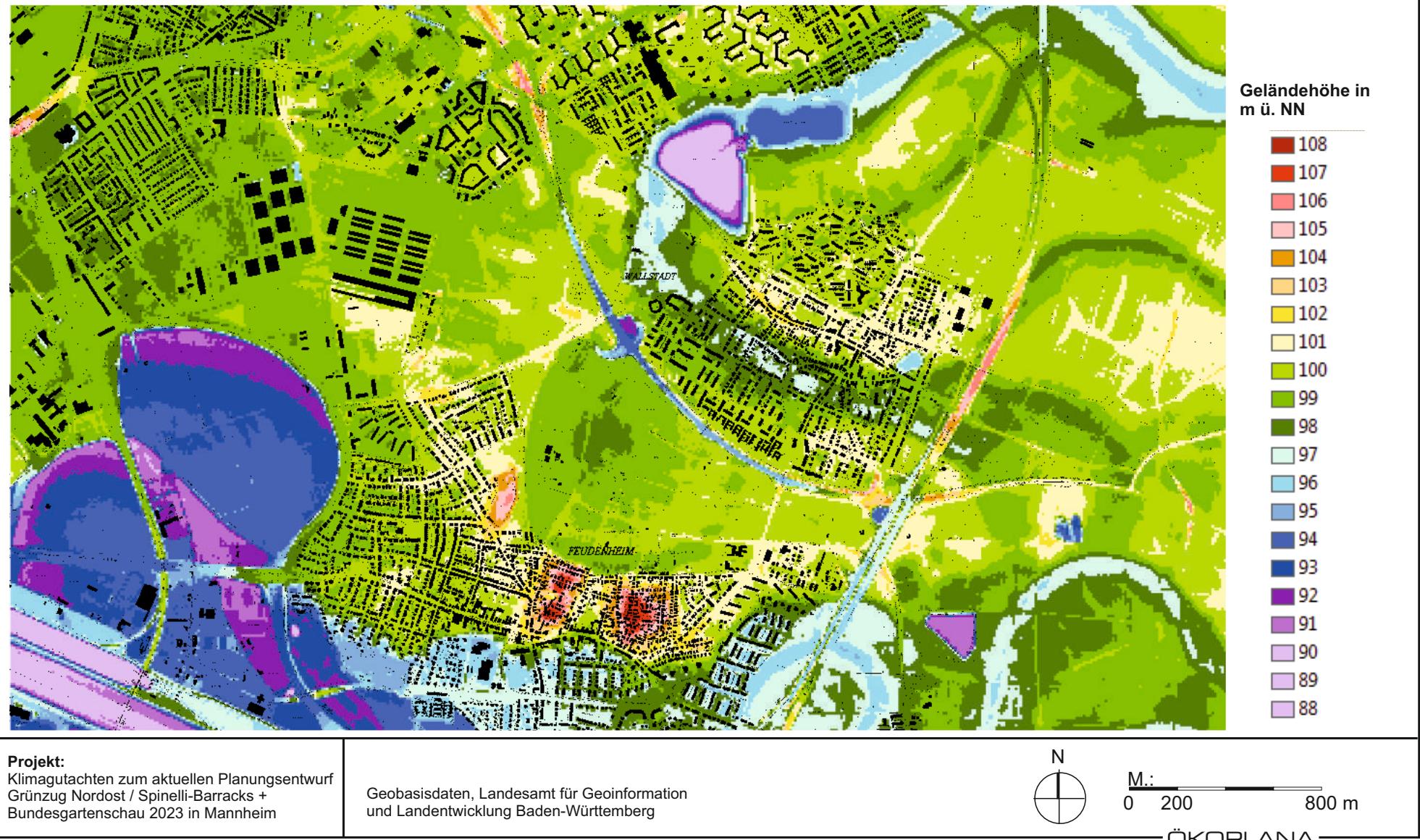


Abb.1.2 Lage der Mannheimer Grünzüge und klimaökologisches Ausgleichsvermögen der Freiflächen

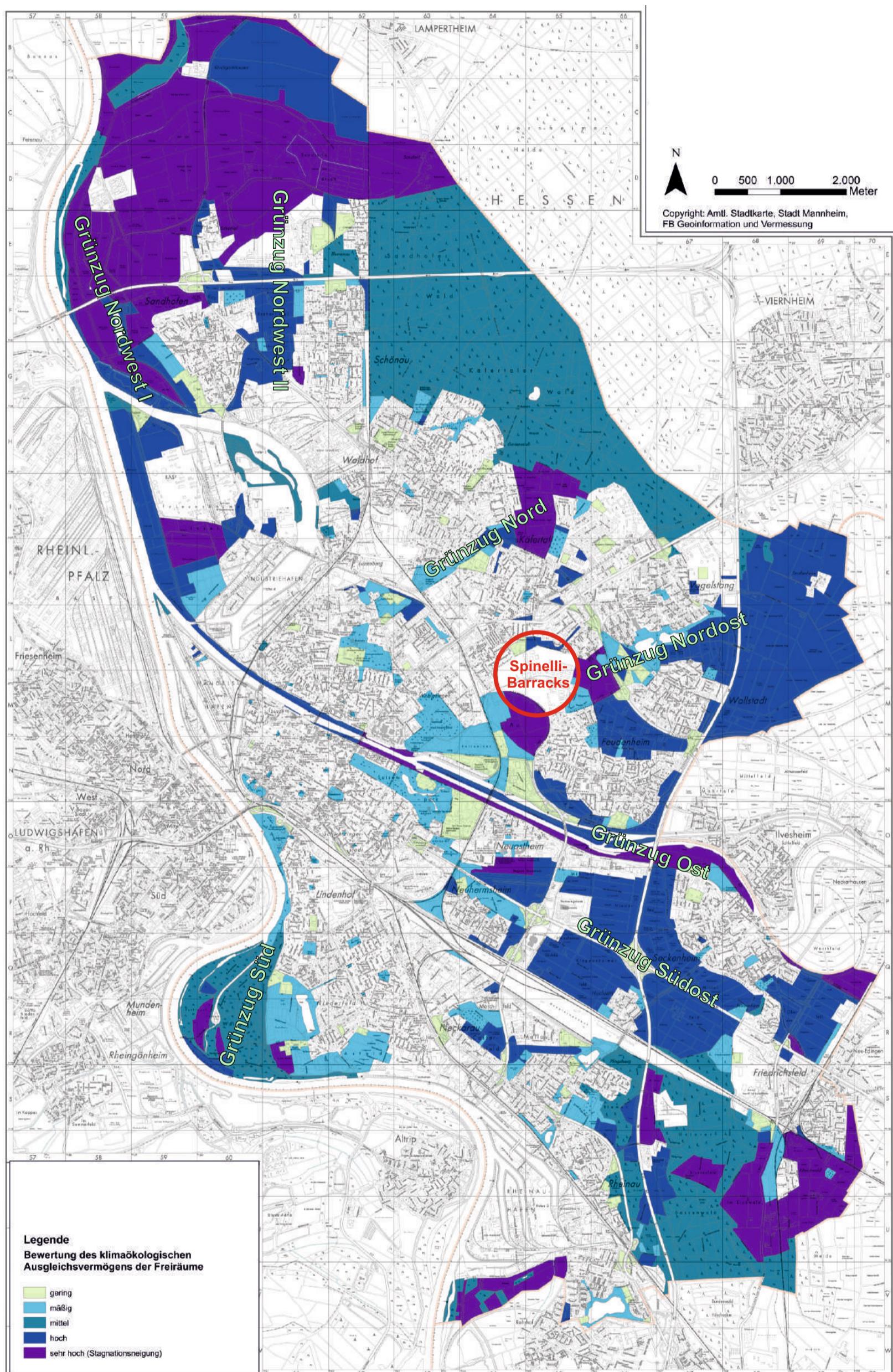


Abb. 2 Aktueller Masterplan zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

**Grafik:**  
RMP Stephan Lenzen



M.:  
0 100 400 m

Abb. 3 Geplante Gebäudehöhen im Bereich Käfertal-Süd



Projekt:  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

Grafik bereitgestellt von:  
Stadt Mannheim

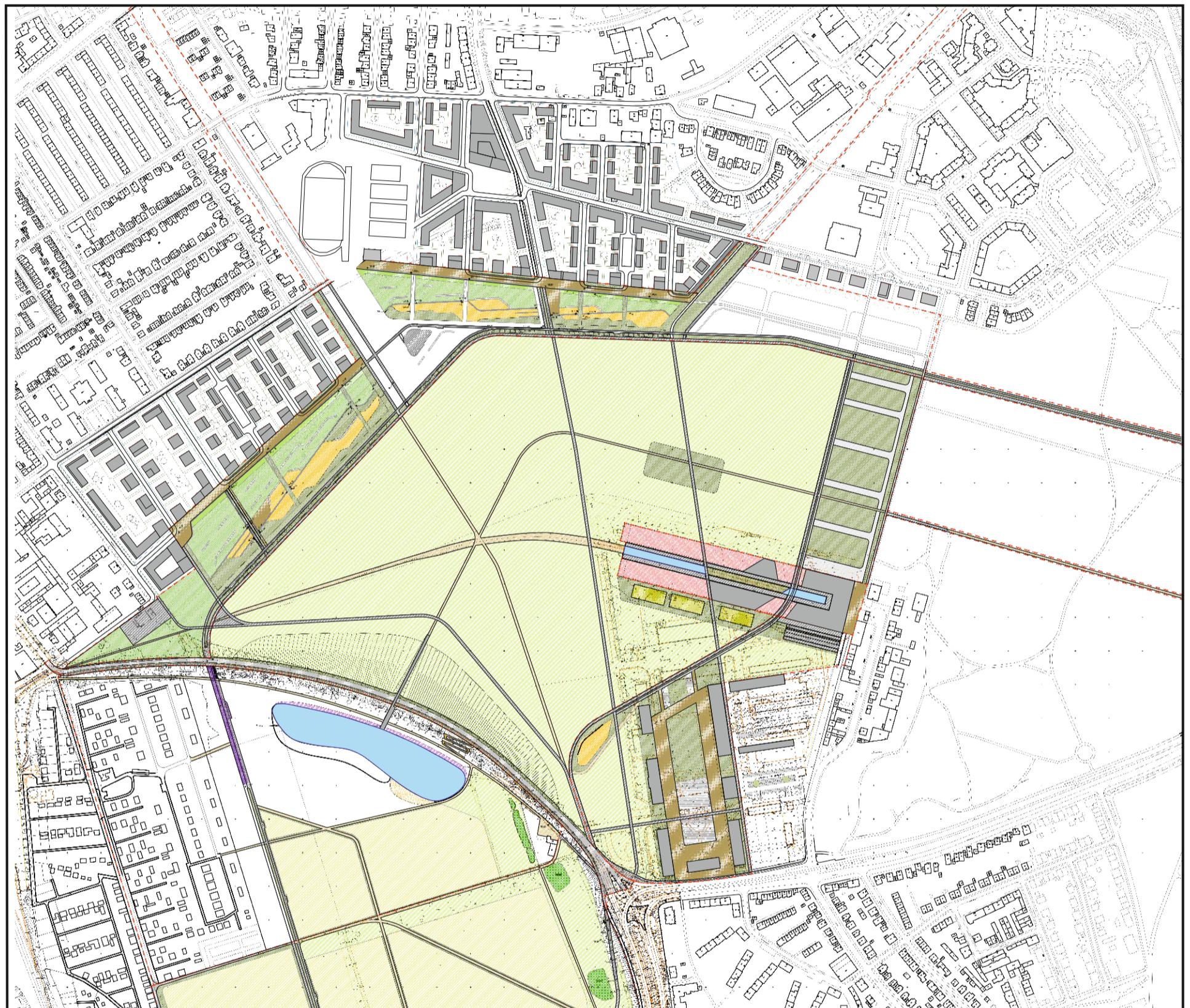


M.:  
0 100

400 m

ÖKOPLANA

Abb. 4.1 Detailplanung für den Bereich Spinelli / Käfertal-Süd



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

**Grafik:**  
RMP Stephan Lenzen



M.: 0 100 400 m

ÖKOPLANA

Abb. 4.2 Detailplanung - Aussichtsplattform im Bereich Am Aubuckel

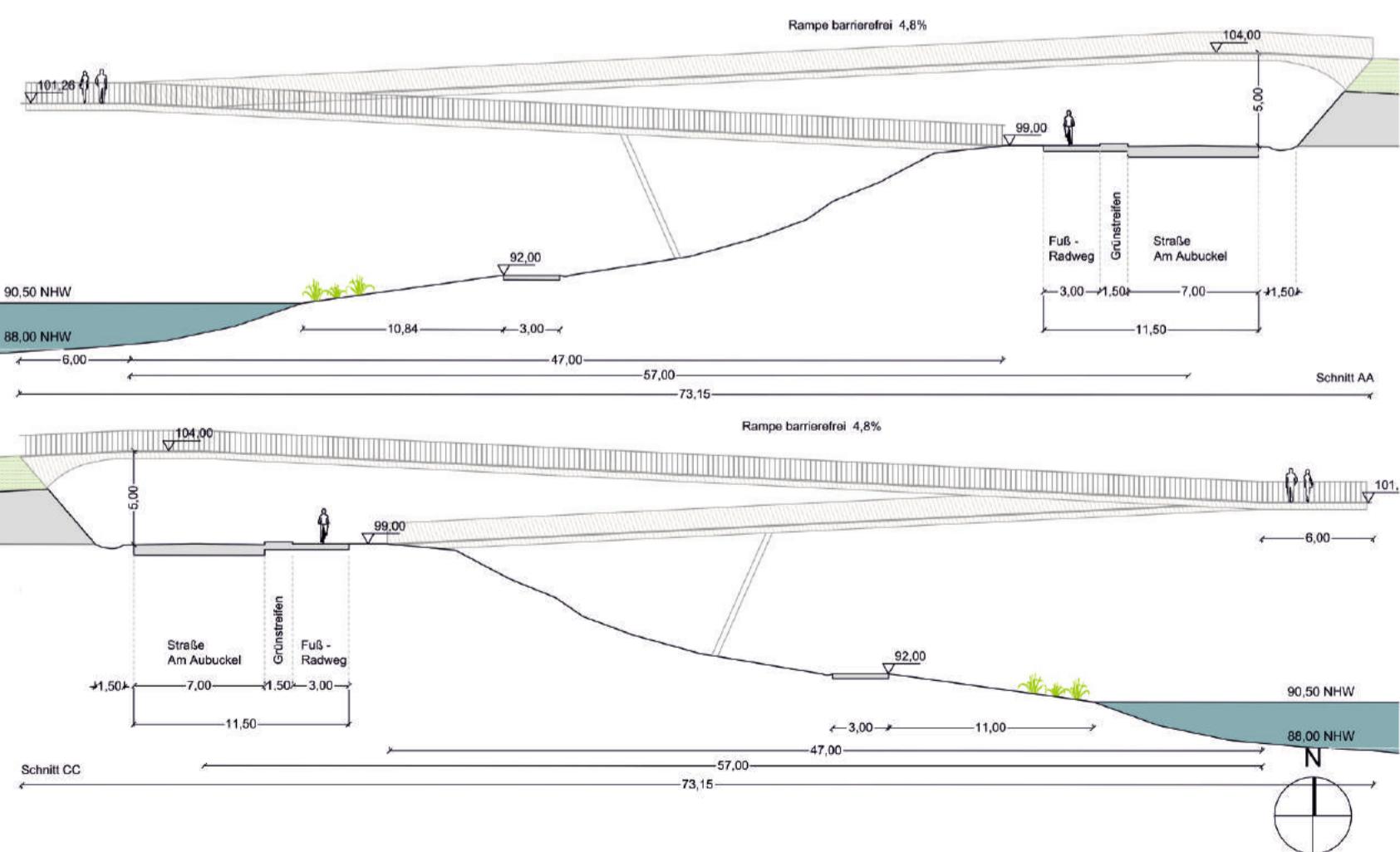
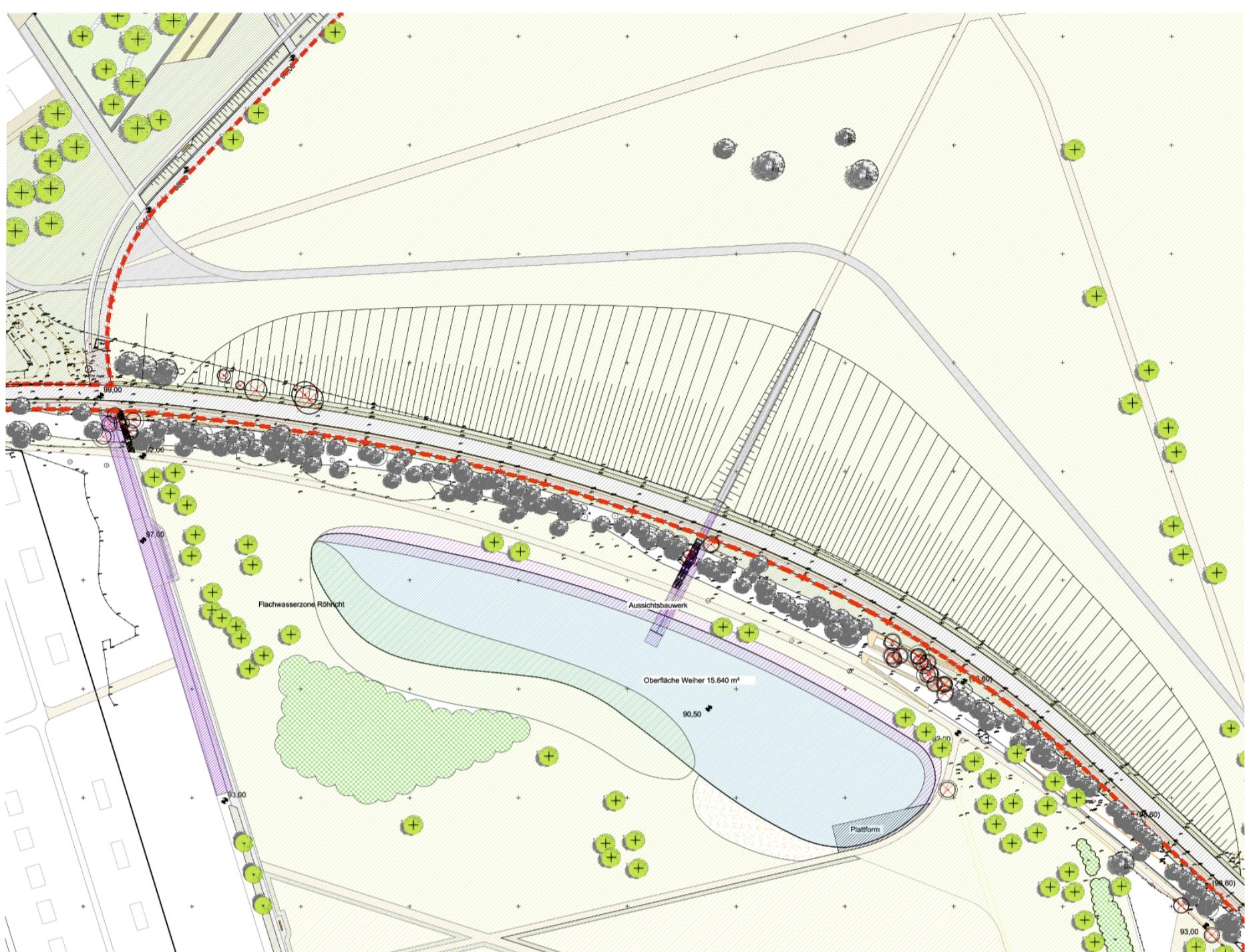


Abb. 4.3 Detailplanung - Grünhof im Bereich der Talstraße



raum+ architekten gmbh

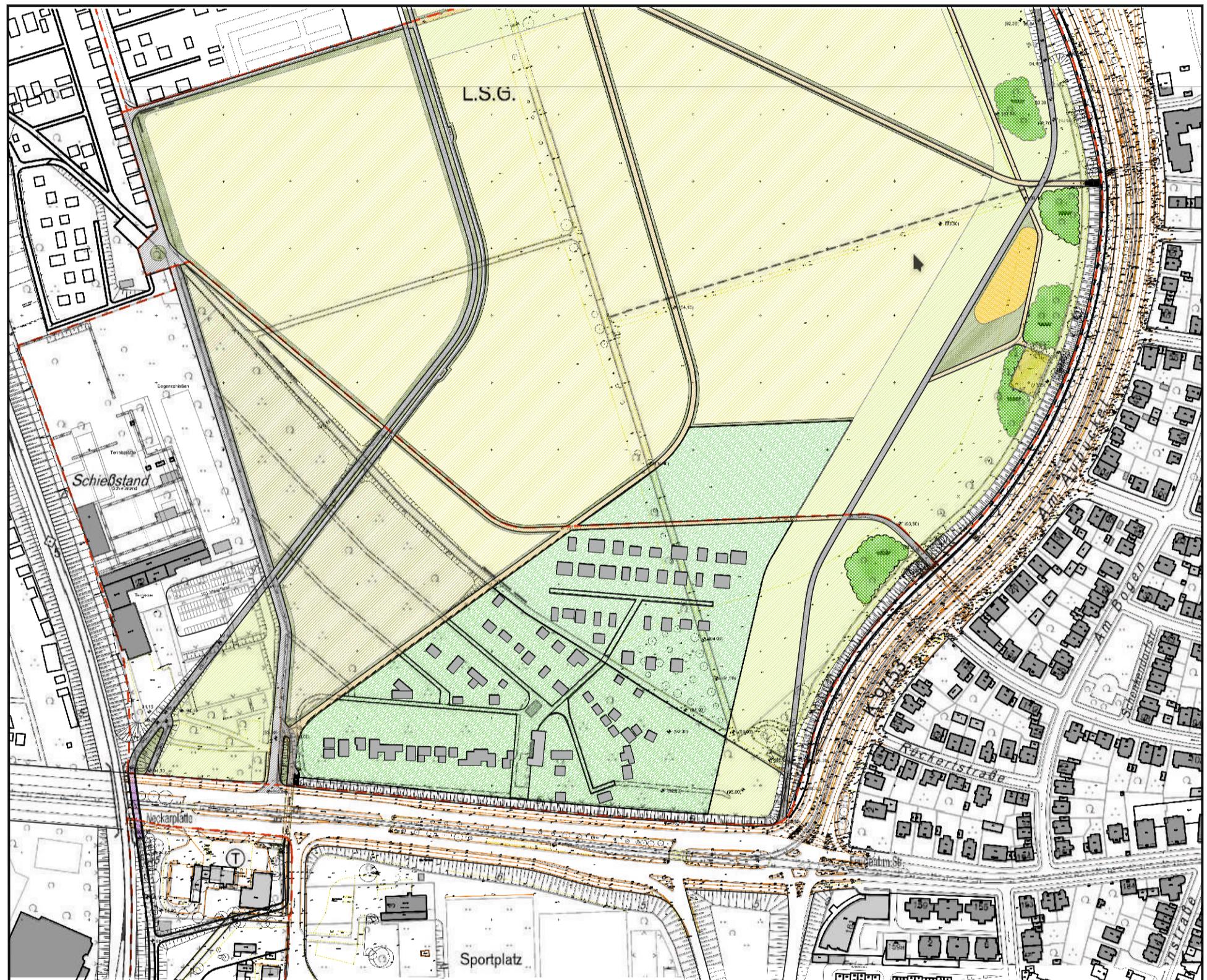
**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

**Grafik bereitgestellt von:**  
Stadt Mannheim

M.:  
0 100 400 m

ÖKOPLANA

Abb. 4.4 Detailplanung für den südlichen Bereich der Au



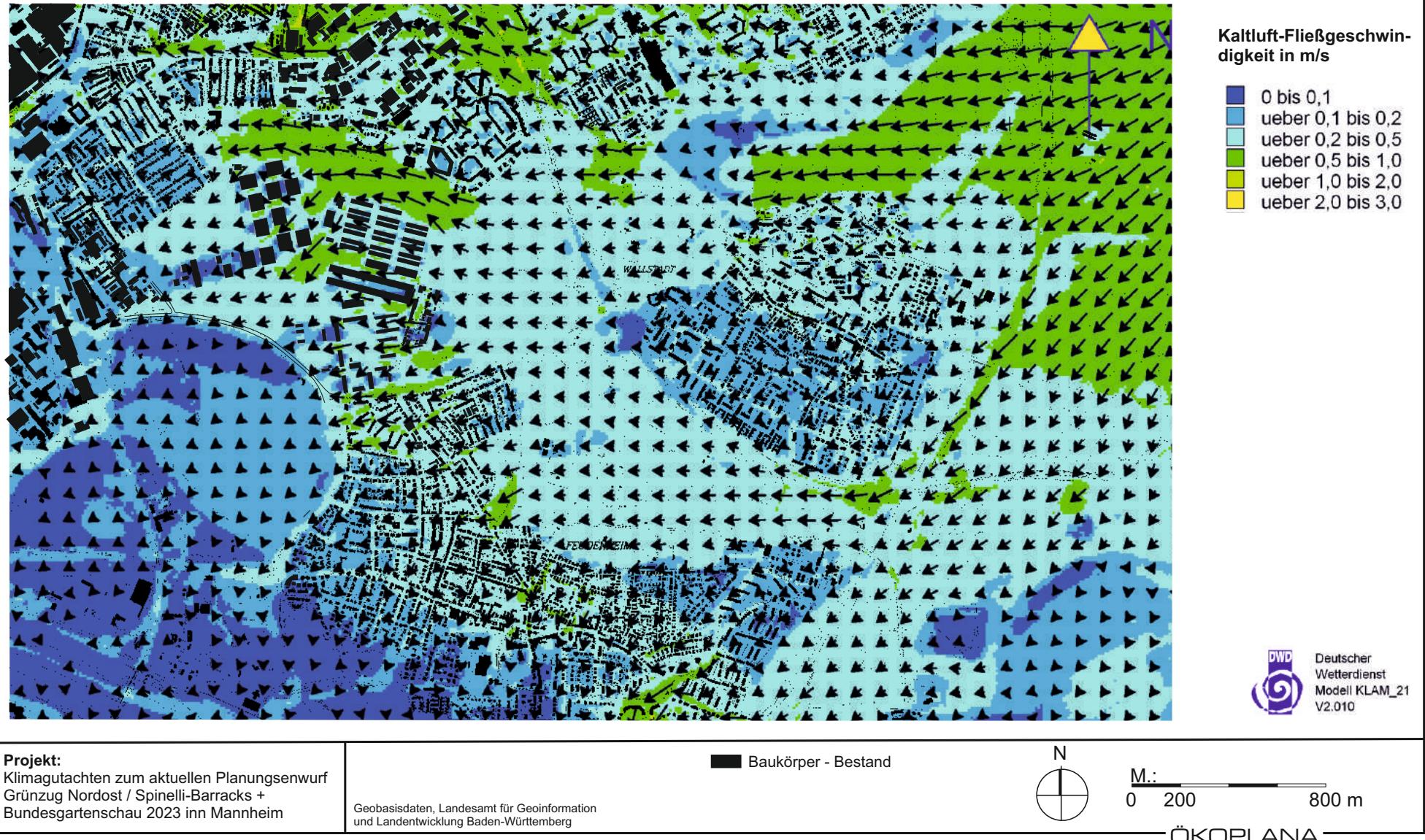
**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

**Grafik:**  
RMP Stephan Lenzen

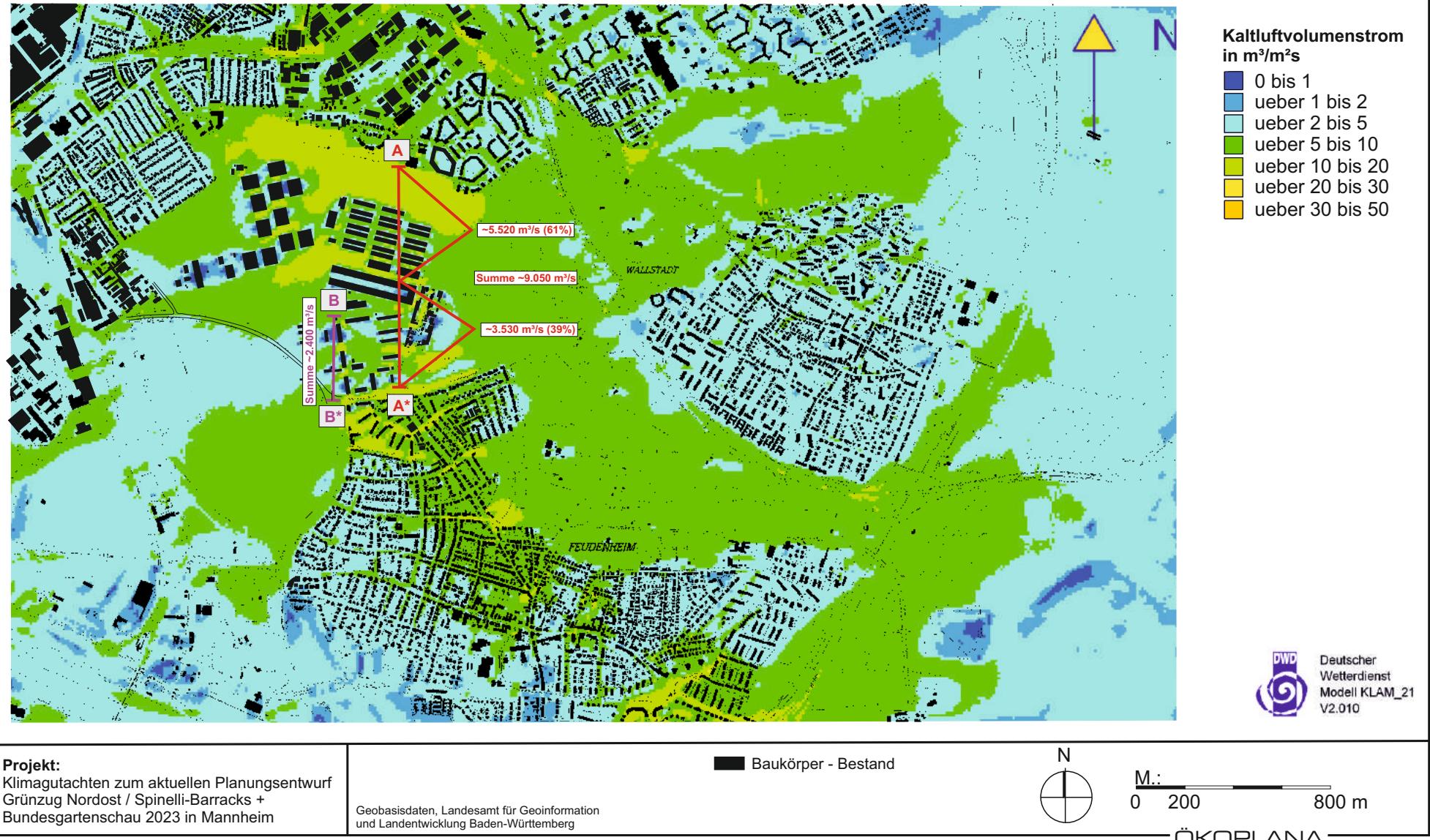


M.: 0 50 200 m

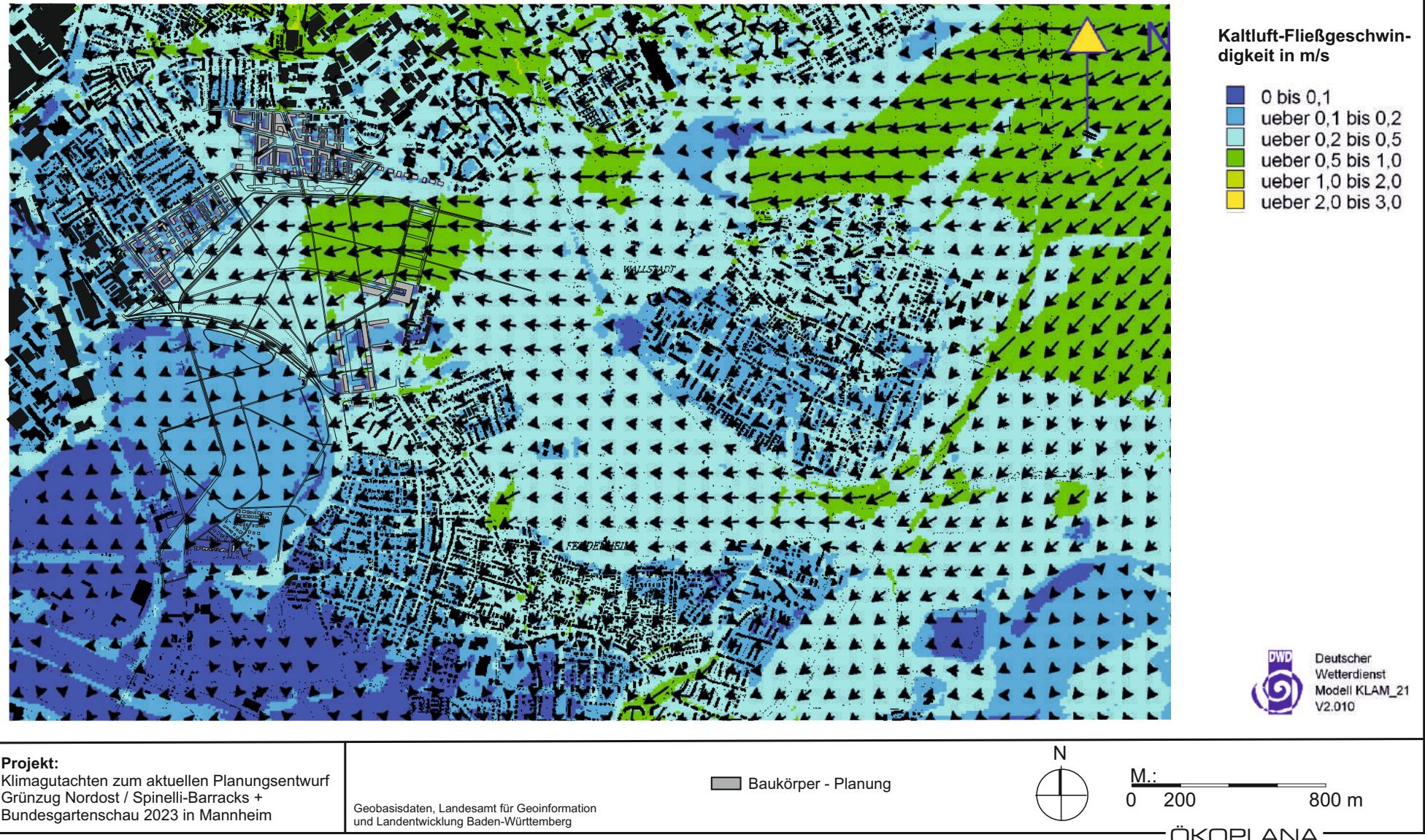
**Abb. 5.1 Planungsnullfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 5.2 Planungsnullfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



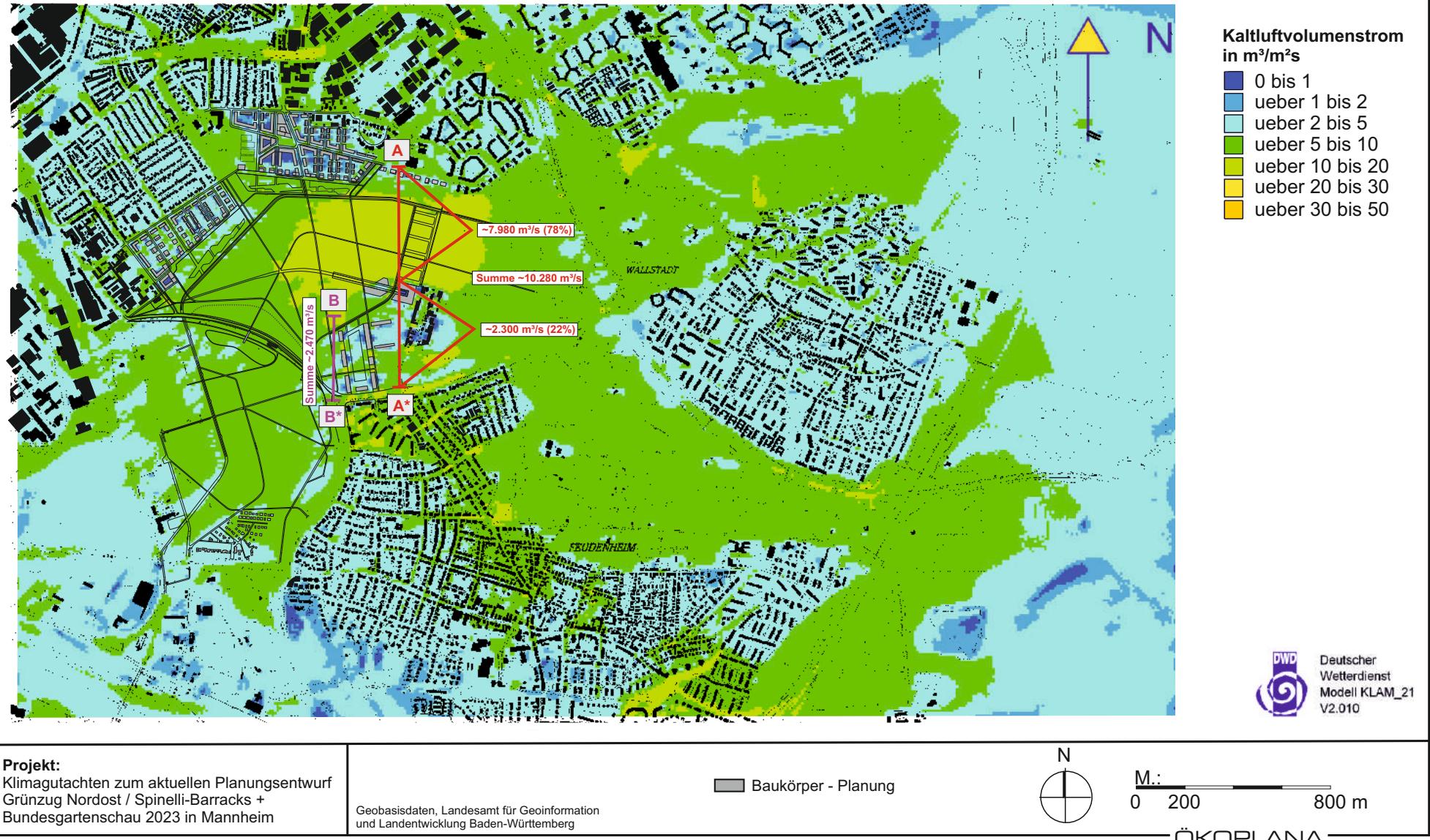
**Abb. 6.1 Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



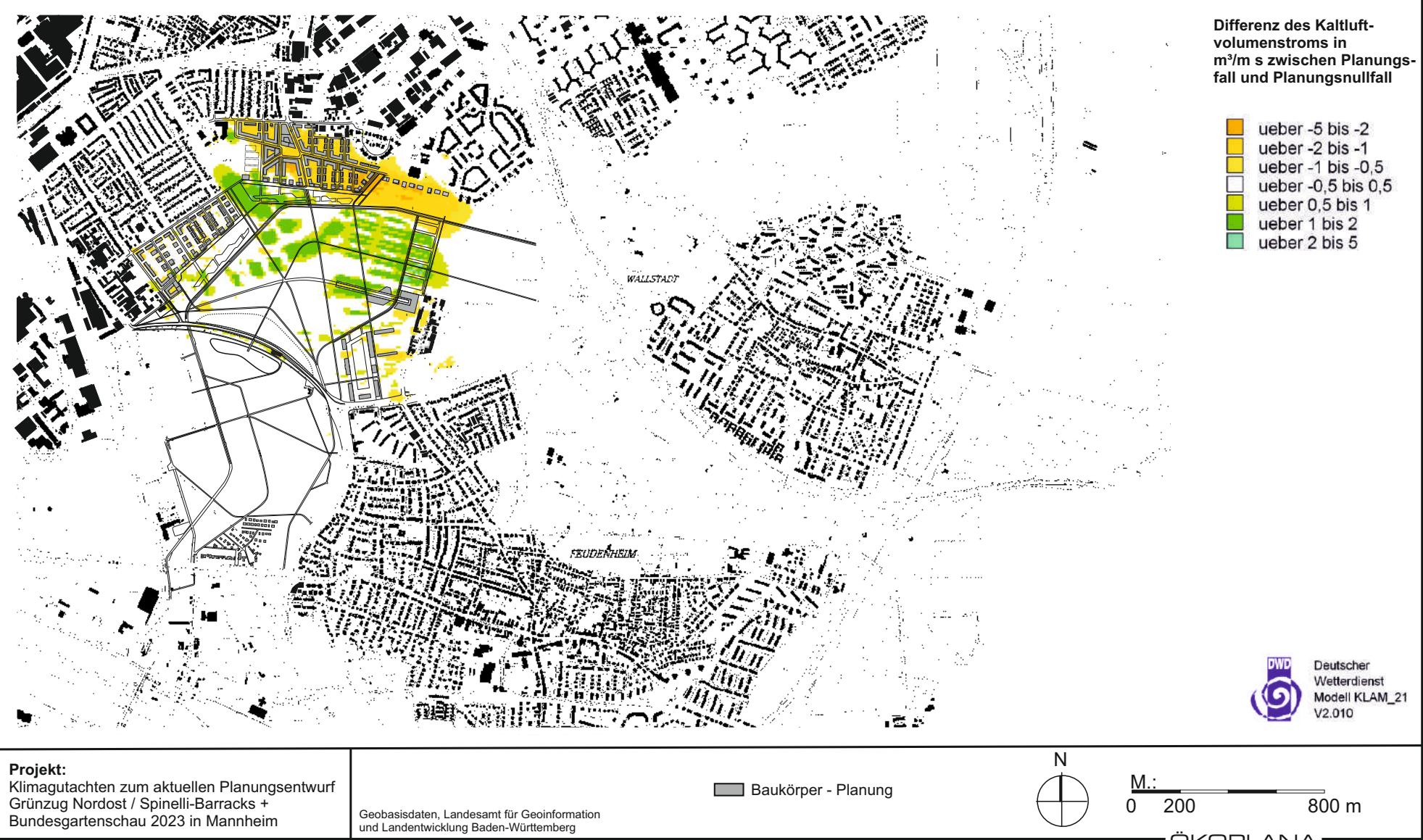
**Abb. 6.2 Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



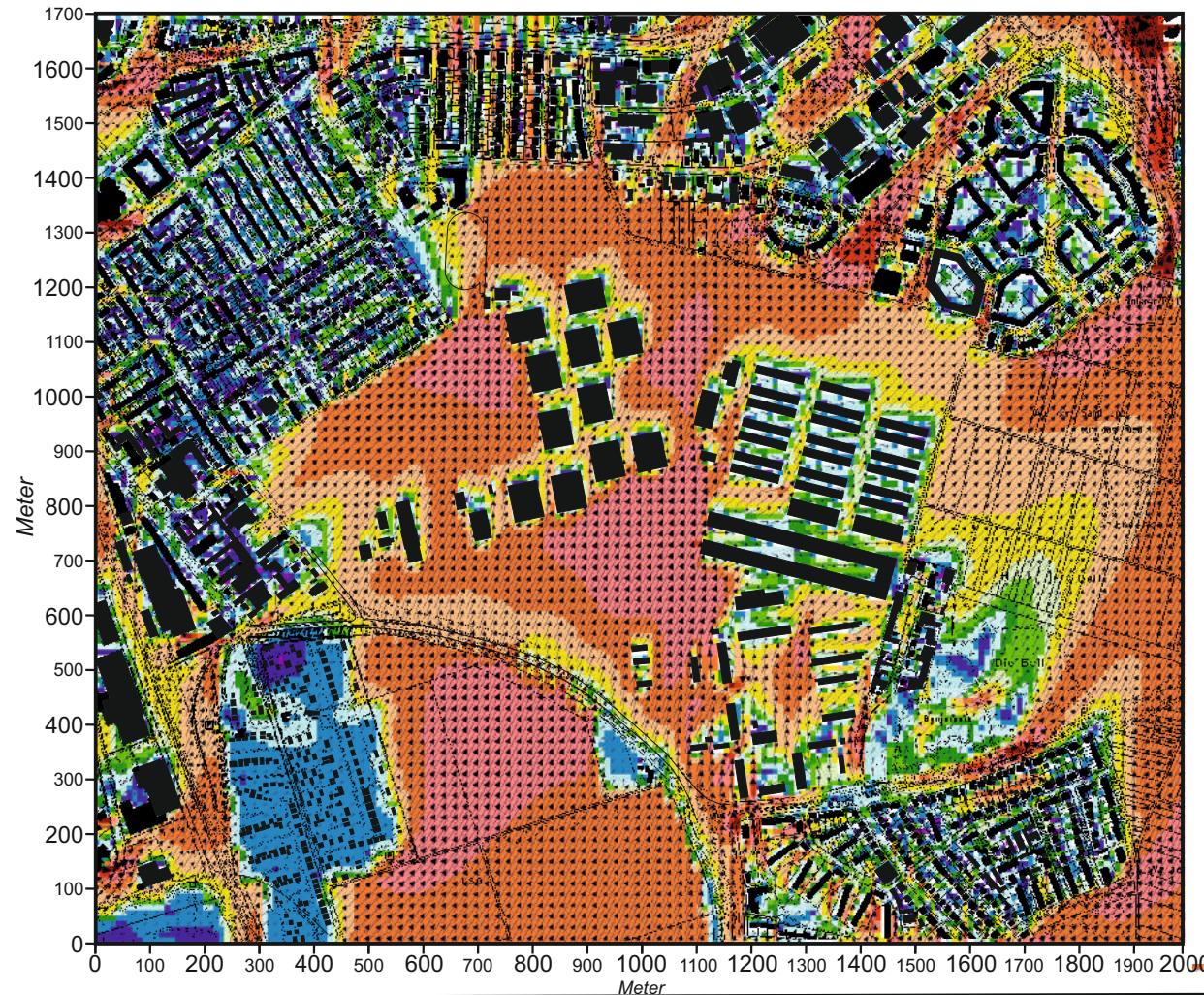
**Abb. 6.3 Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



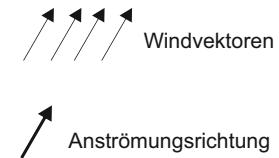
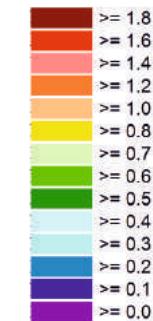
**Abb. 6.4 Planungsfall / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz des Kaltluft-Volumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



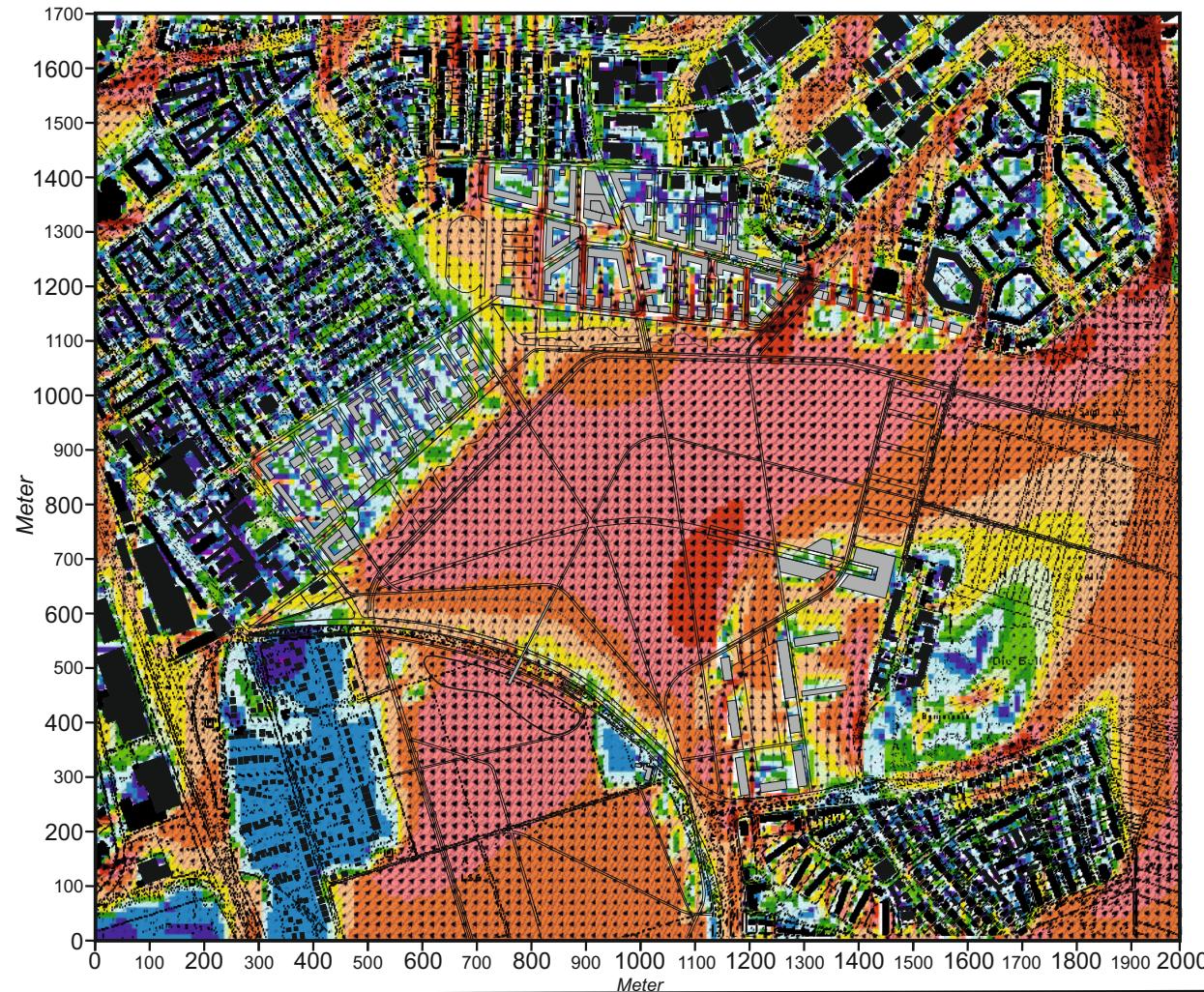
**Abb. 7 Planungsnullfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



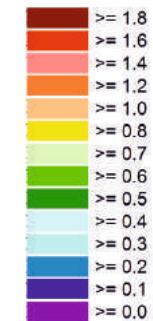
Mittlere Windgeschwindigkeit  
in m/s



**Abb. 8.1 Planungsfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Mittlere Windgeschwindigkeit  
in m/s



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

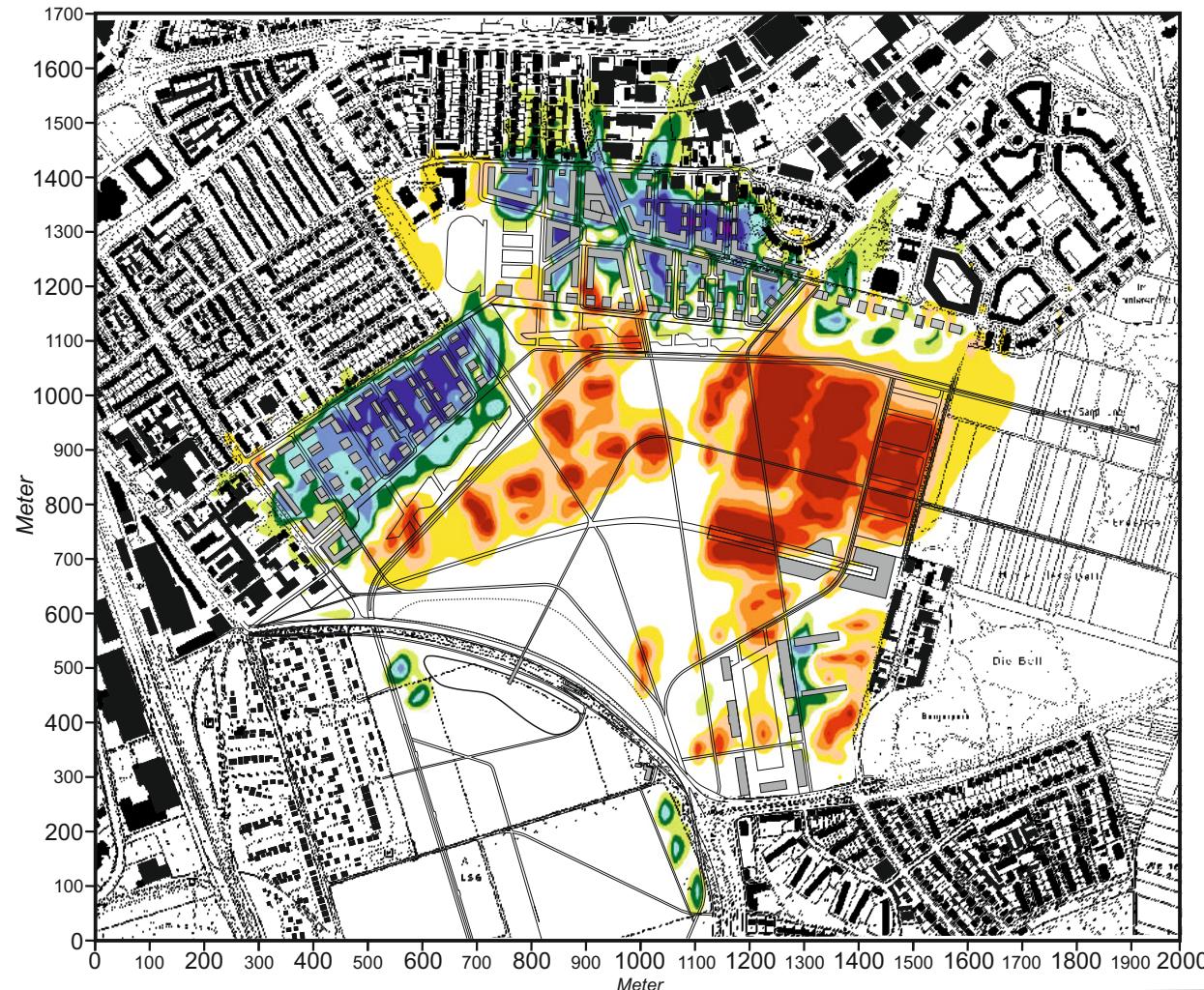
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung

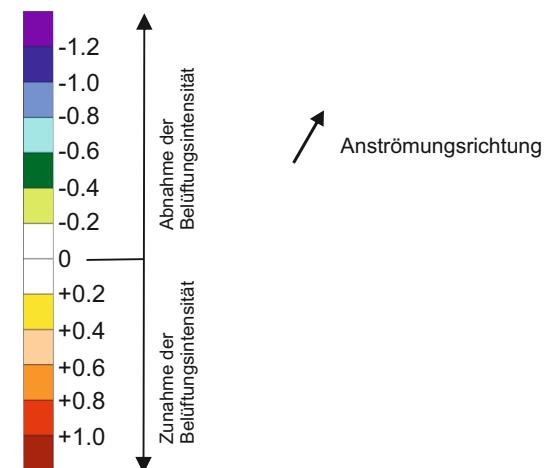


ÖKOPLANA

**Abb. 8.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Planungsfall und Planungsnullfall



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

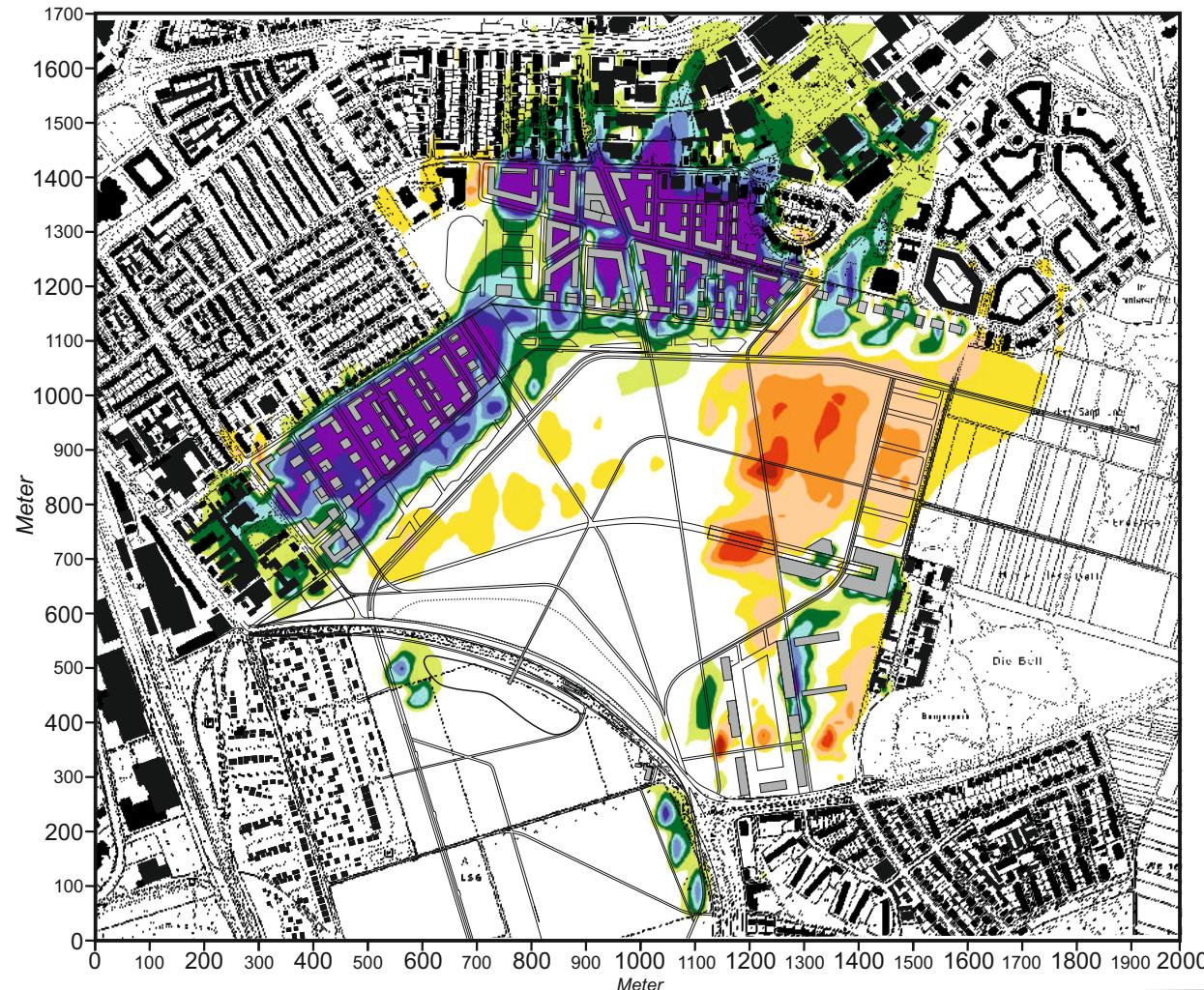
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung

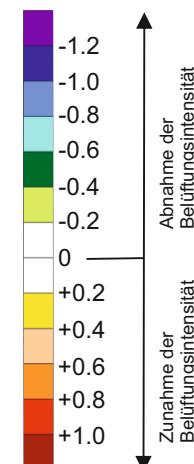


ÖKOPLANA

**Abb. 8.3 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit  
zwischen Planungsfall und Planungsnullfall



Anströmungsrichtung

**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

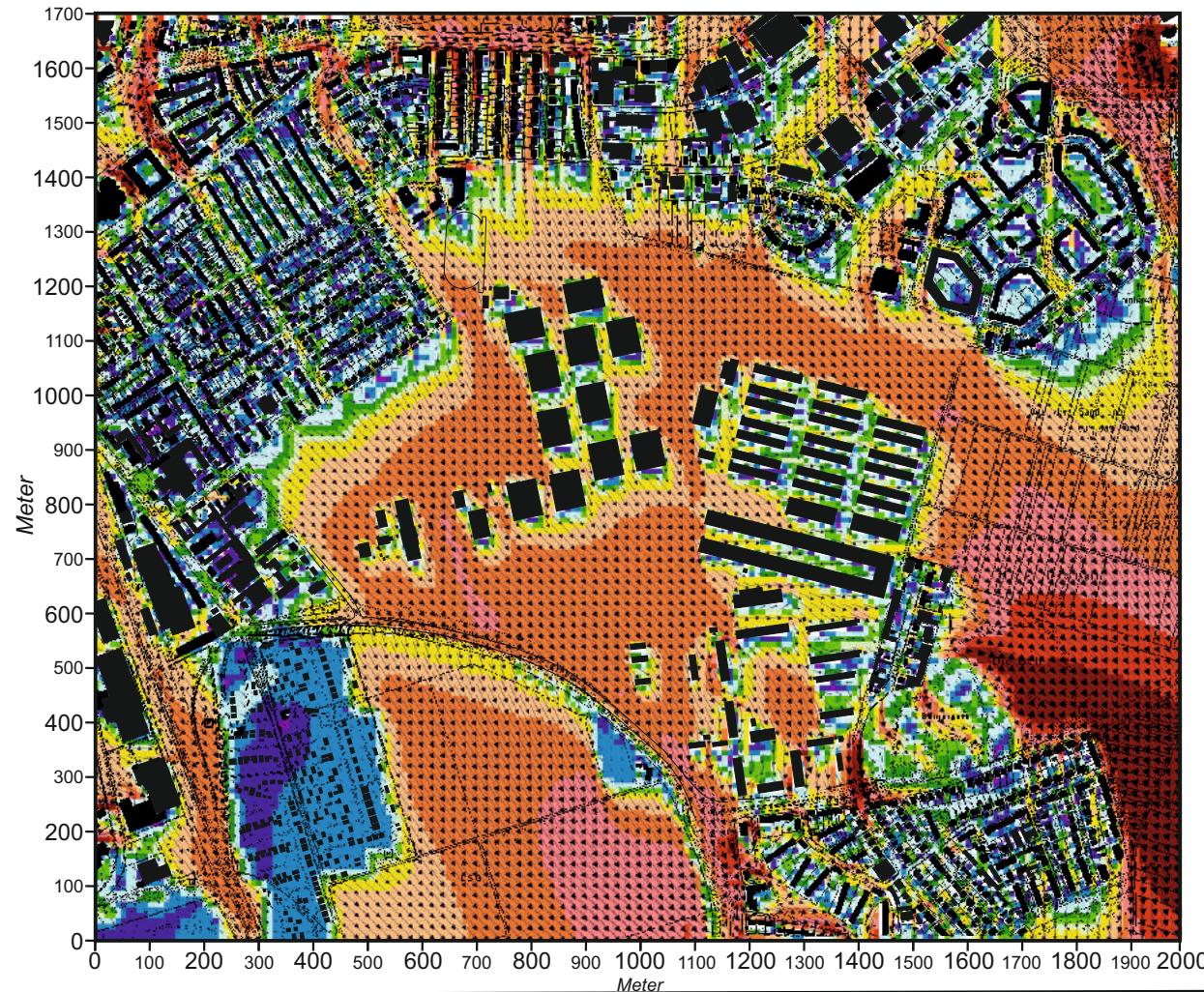
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung



ÖKOPLANA

**Abb. 9 Planungsnullfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

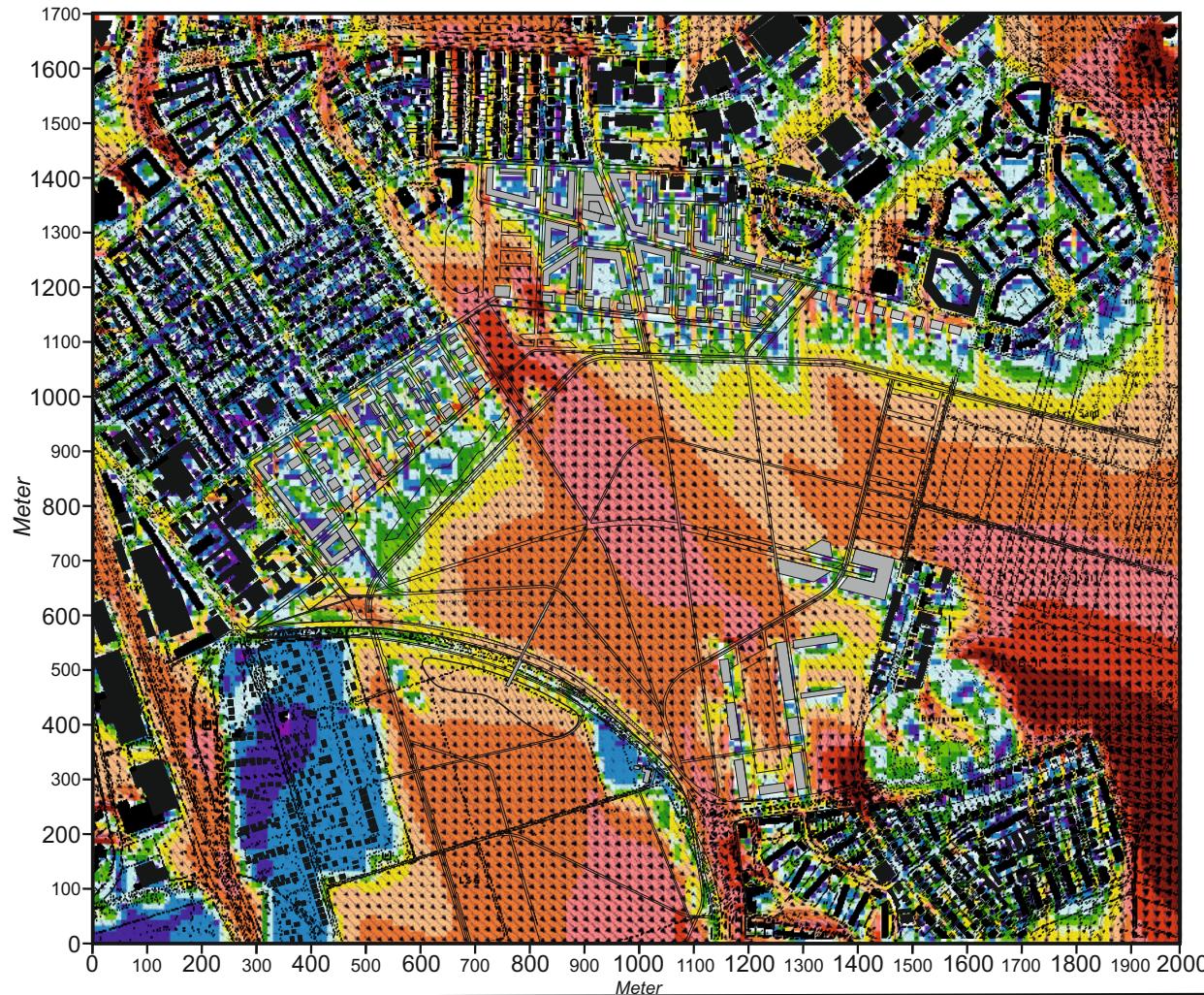


Mittlere Windgeschwindigkeit  
in m/s

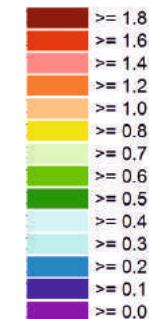
$\geq 1.8$
$\geq 1.6$
$\geq 1.4$
$\geq 1.2$
$\geq 1.0$
$\geq 0.8$
$\geq 0.7$
$\geq 0.6$
$\geq 0.5$
$\geq 0.4$
$\geq 0.3$
$\geq 0.2$
$\geq 0.1$
$\geq 0.0$



**Abb. 10.1 Planungsfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Mittlere Windgeschwindigkeit  
in m/s



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

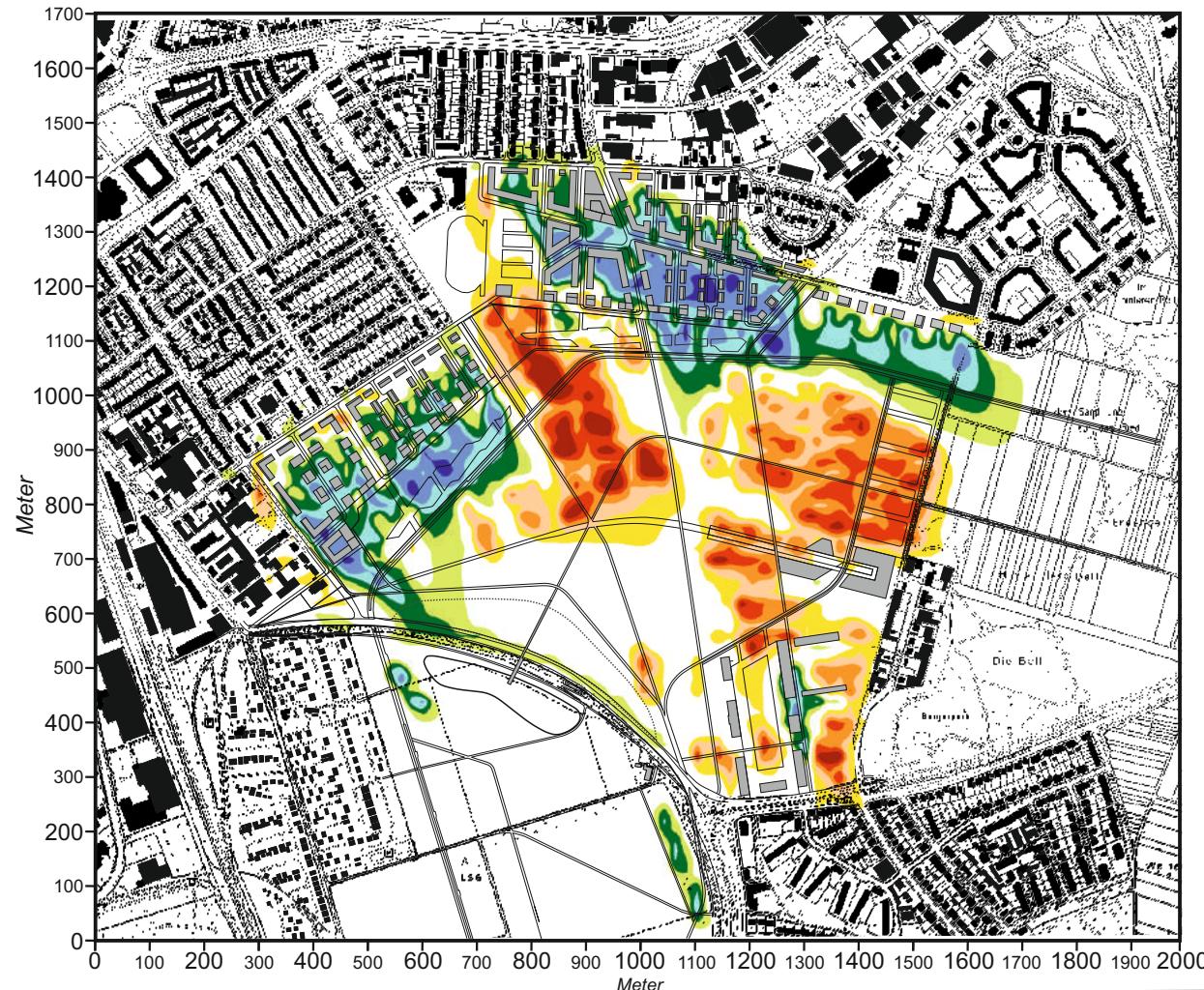
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung

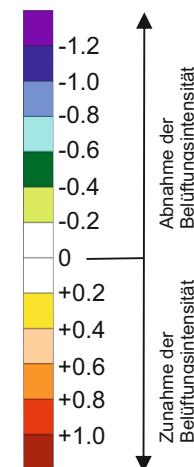


ÖKOPLANA

**Abb. 10.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Planungsfall und Planungsnullfall



Anströmungsrichtung

**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

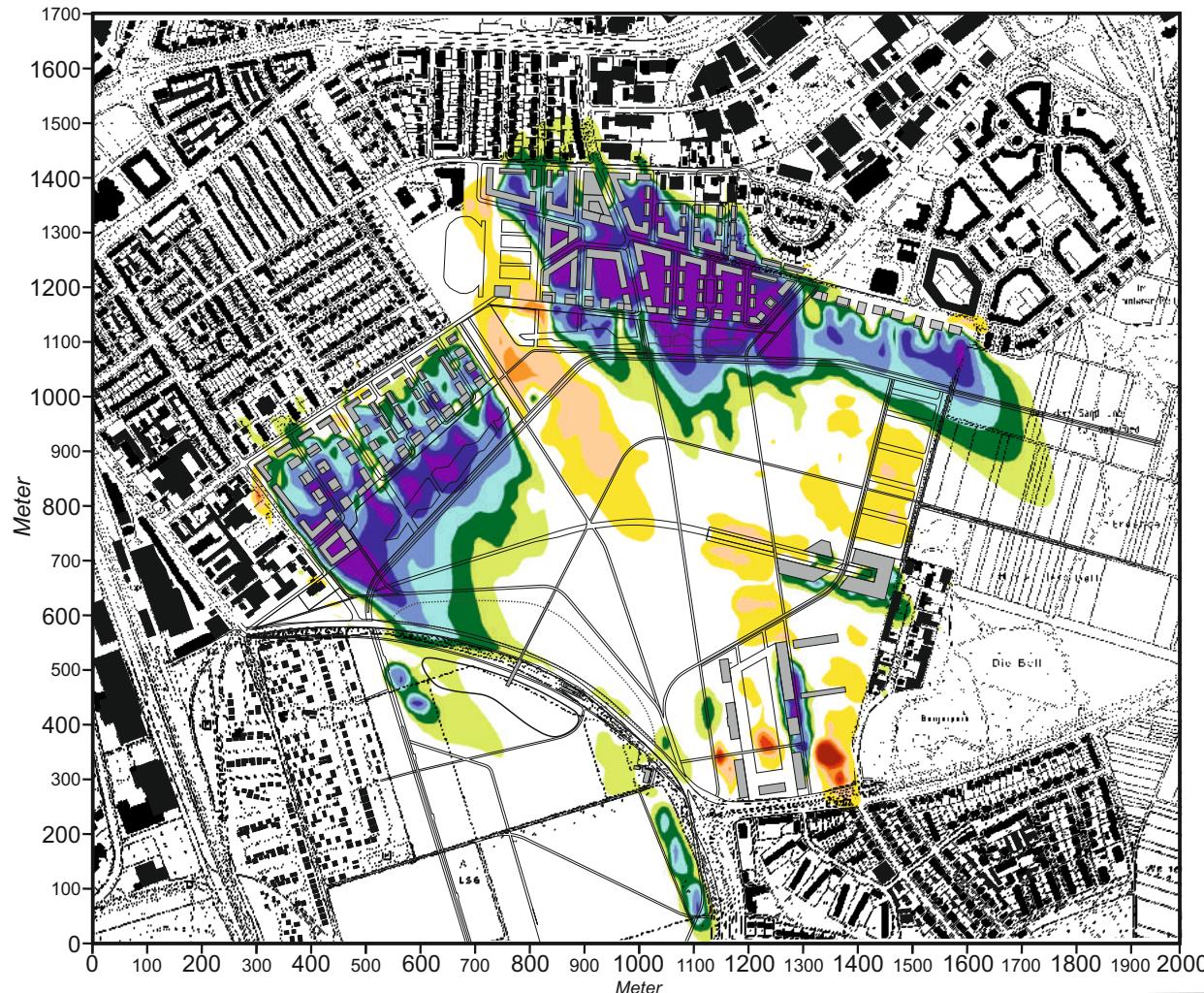
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung

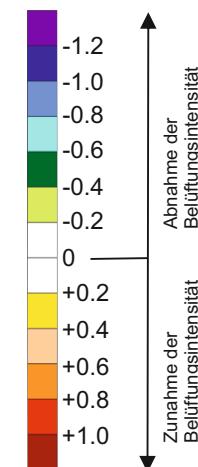


ÖKOPLANA

**Abb. 10.3 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Planungsfall und Planungsnullfall



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung

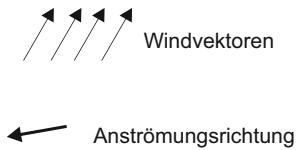
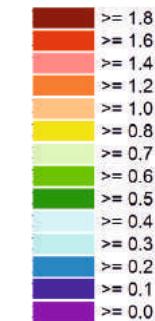


ÖKOPLANA

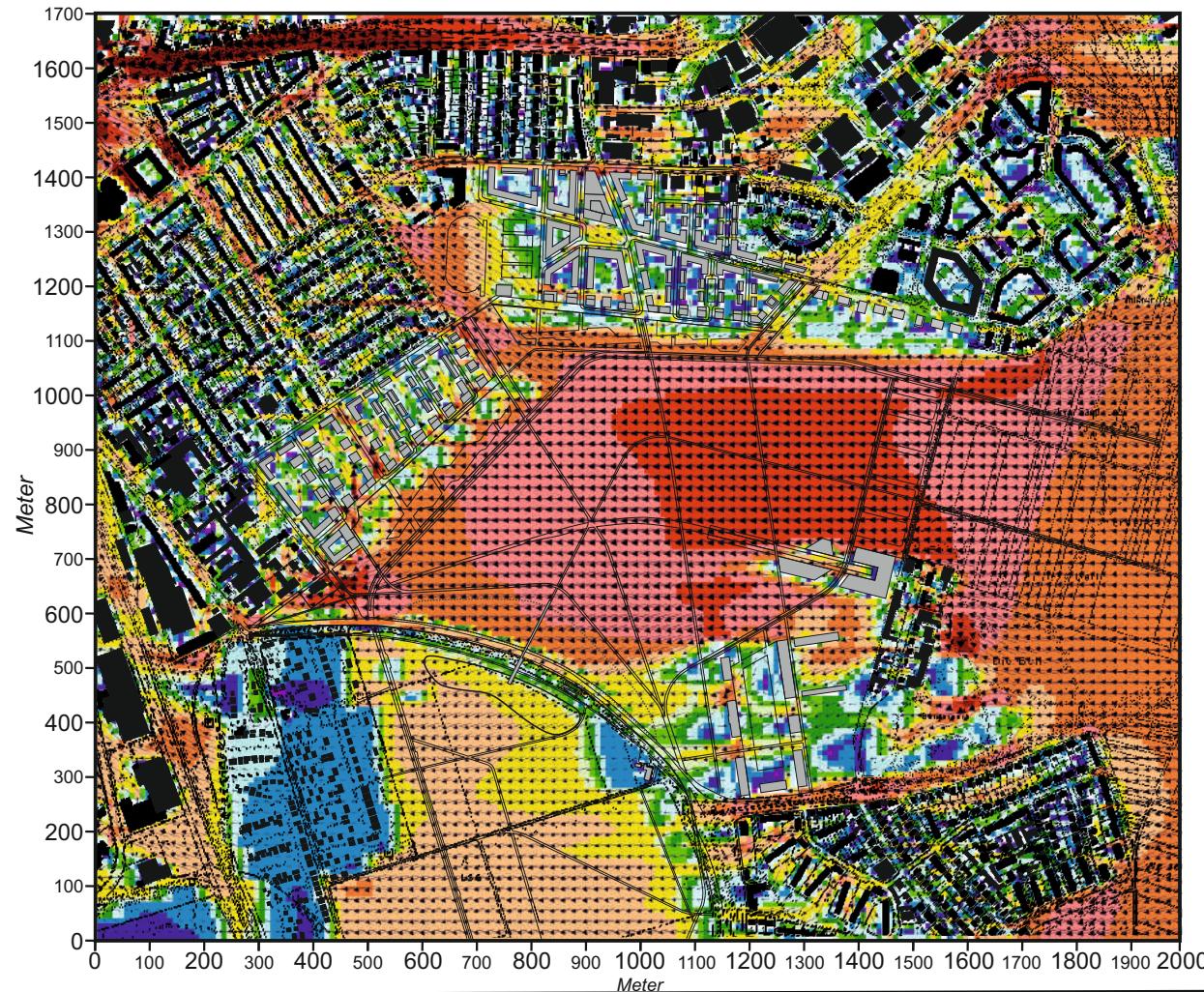
**Abb. 11 Planungsnullfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Mittlere Windgeschwindigkeit  
in m/s



**Abb. 12.1 Planungsfall - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

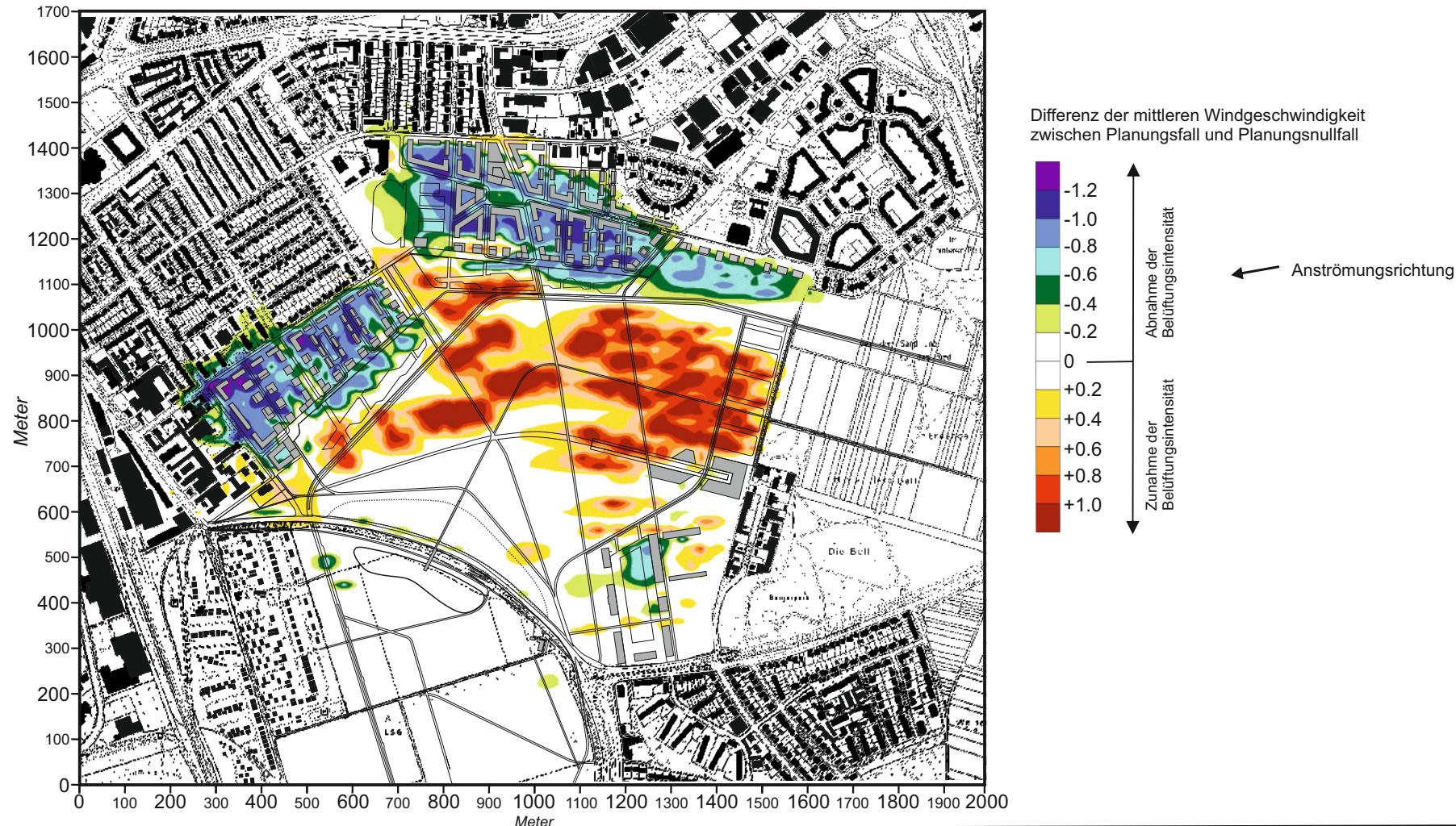
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung  
□ Wasserfläche - Planung



ÖKOPLANA

**Abb. 12.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

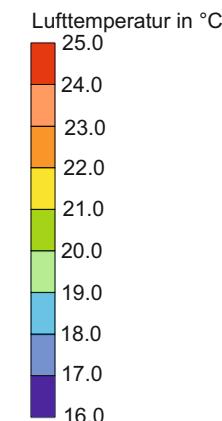
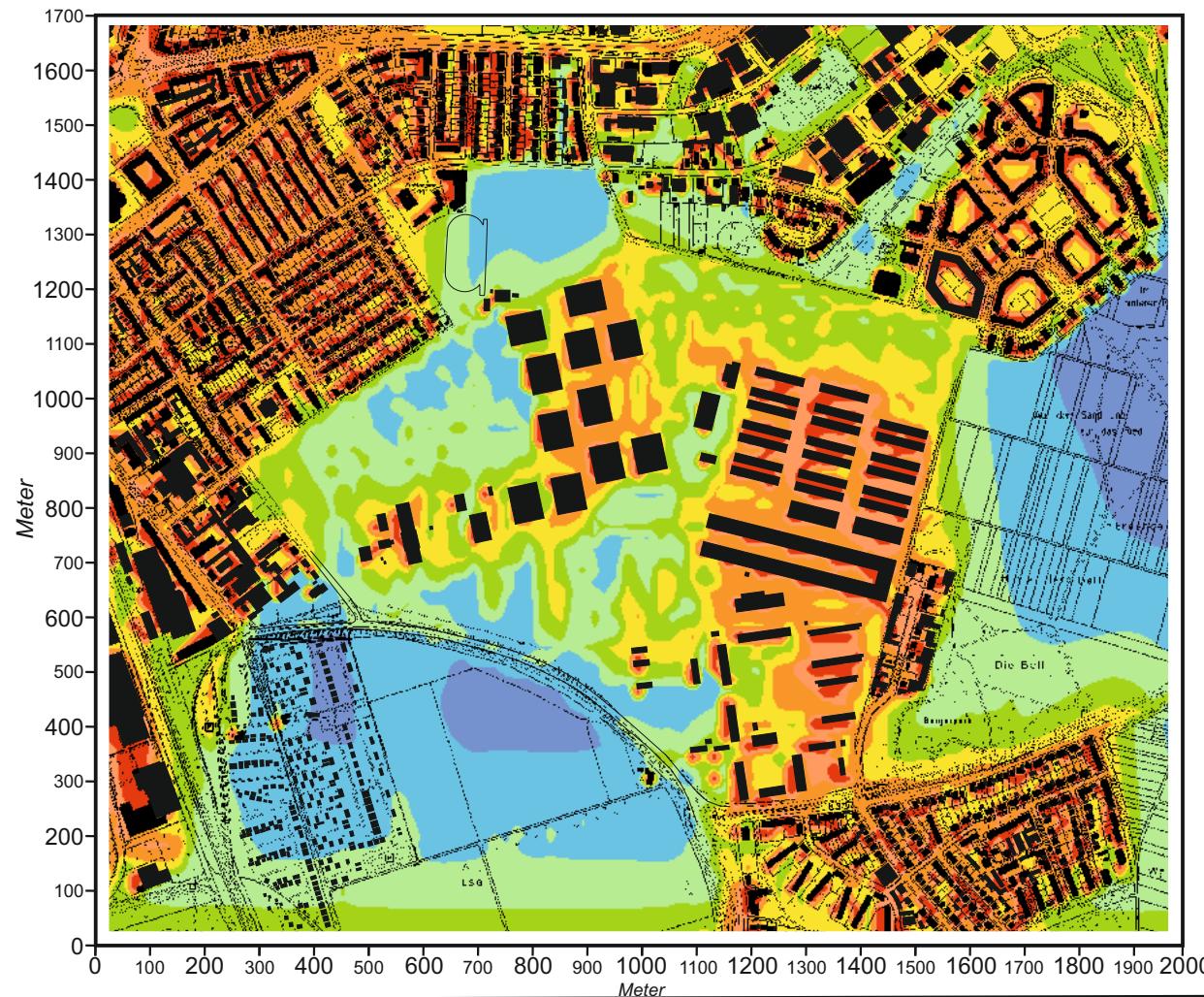
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

Baukörper -Bestand  
Baukörper - Planung  
Wasserfläche - Planung



ÖKOPLANA

**Abb. 13 Planungsnullfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Südsüdwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



↗ Anströmungsrichtung

**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

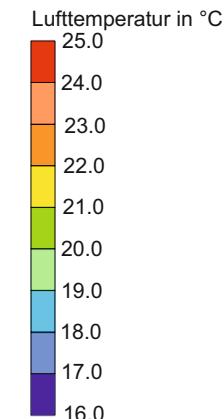
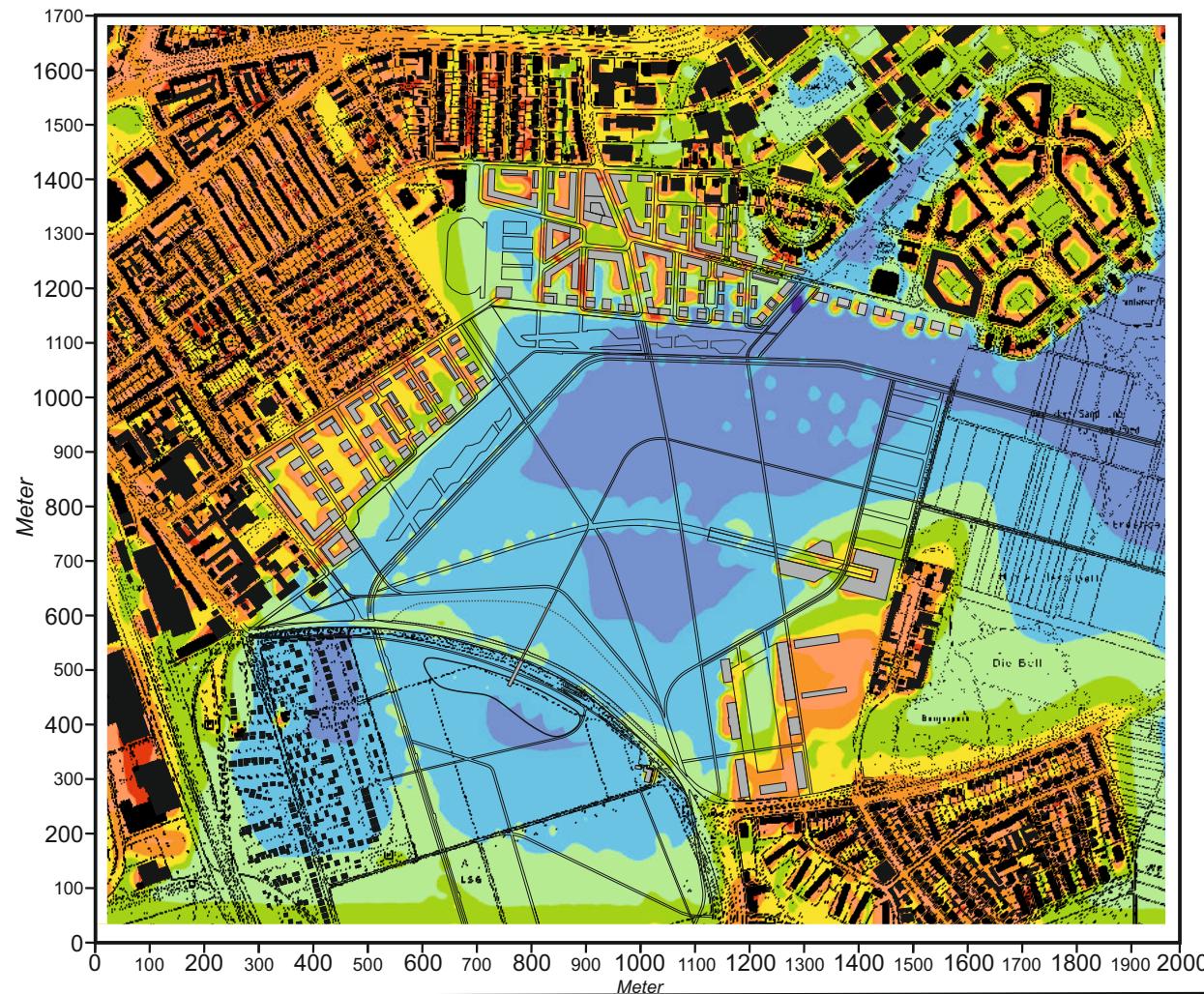
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper - Bestand



ÖKOPLANA

**Abb. 14.1 Planungsfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Südsüdwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

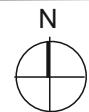


↗ Anströmungsrichtung

**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

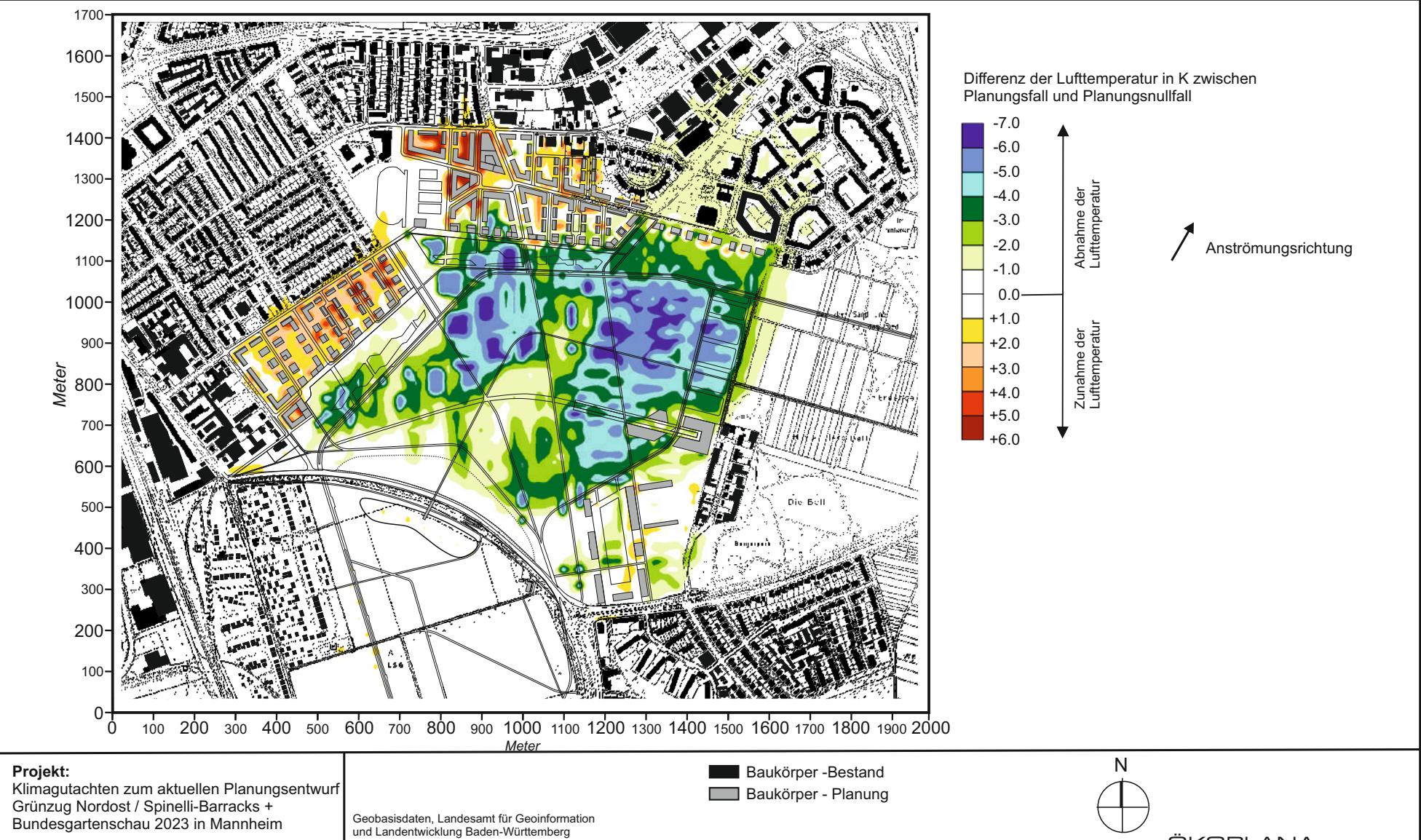
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung

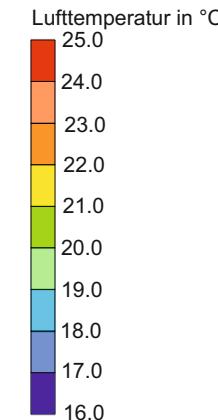
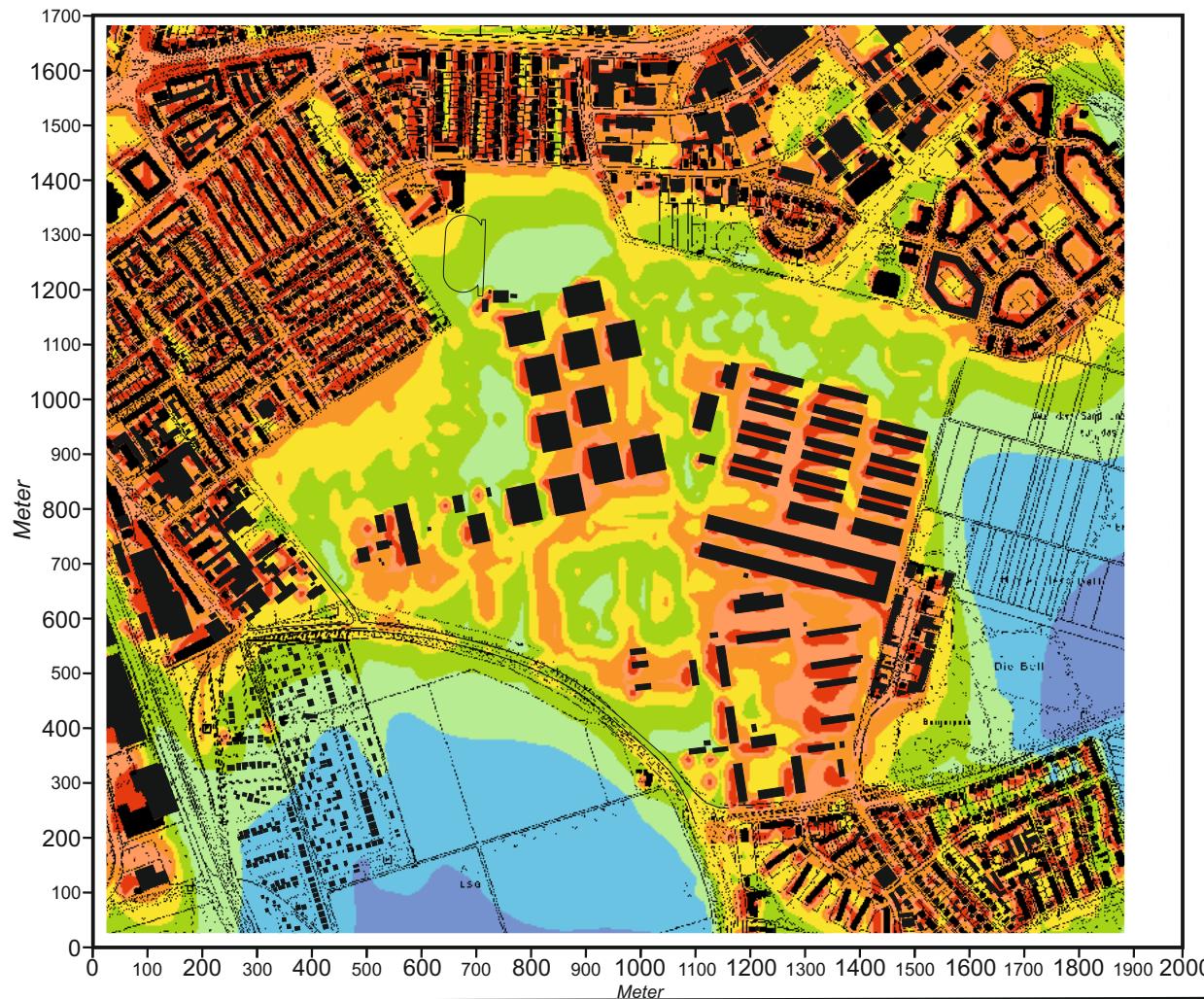


ÖKOPLANA

**Abb. 14.2 Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

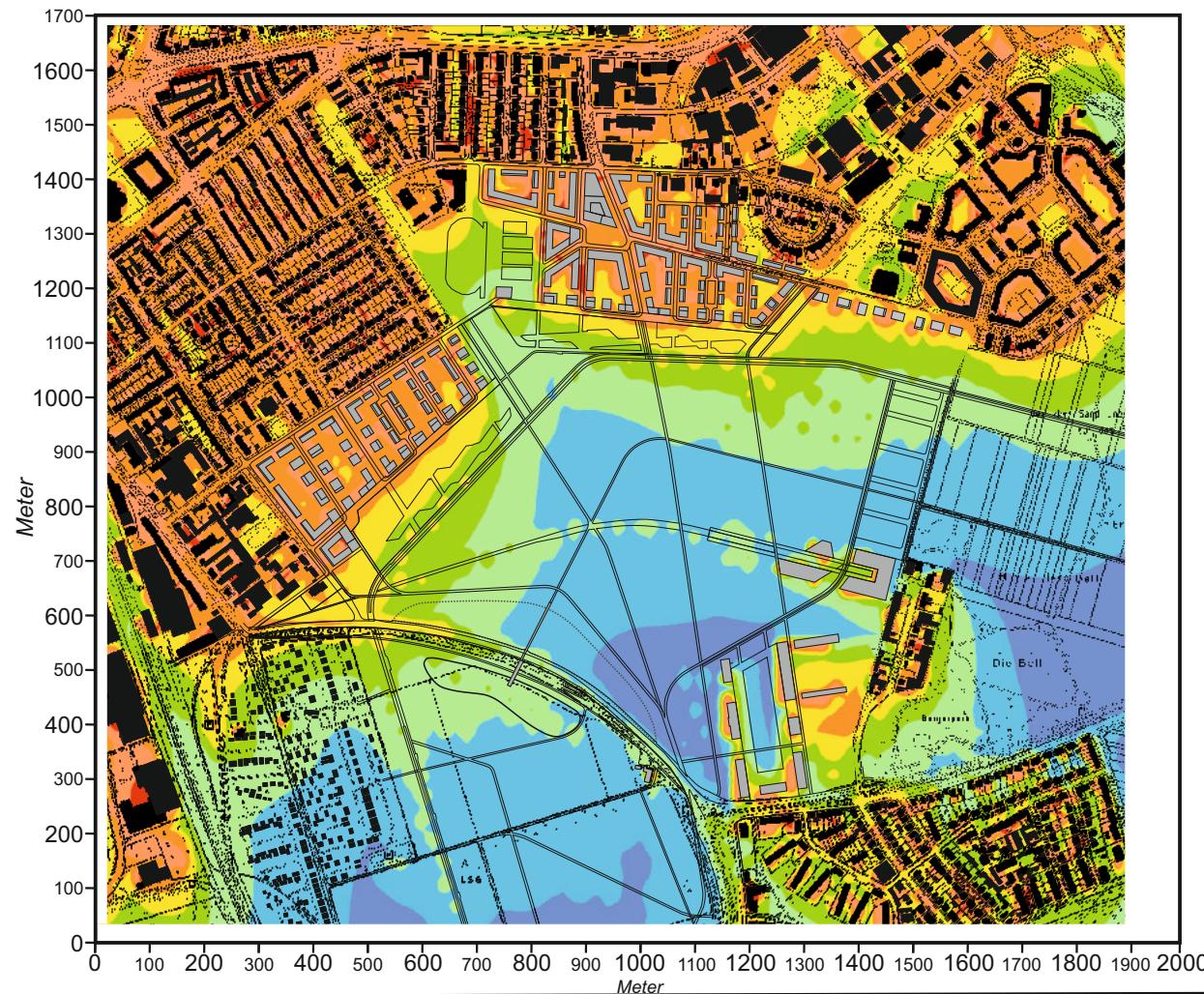


**Abb. 15 Planungsnullfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Anströmungsrichtung

**Abb. 16.1 Planungsfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

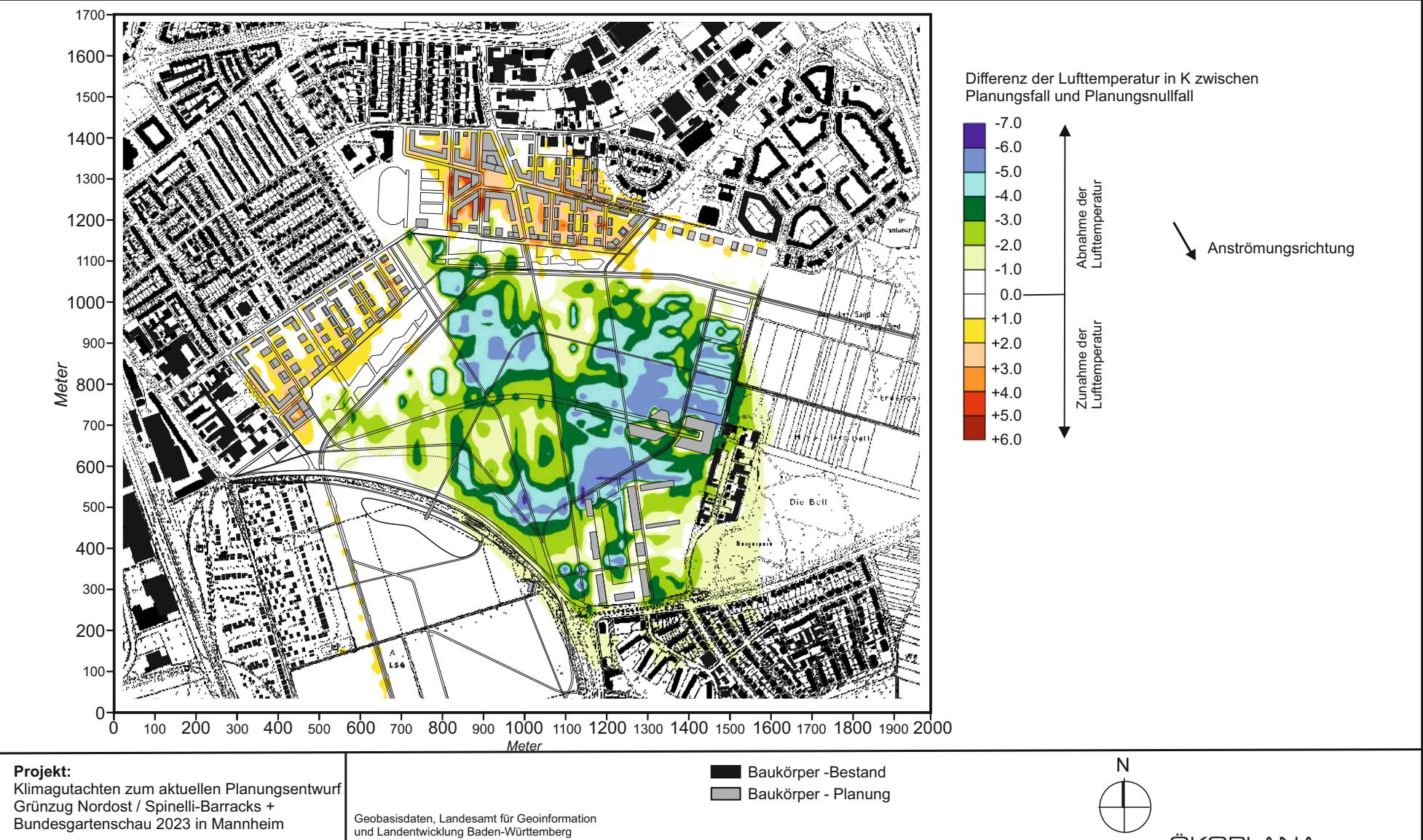
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper -Bestand  
■ Baukörper - Planung

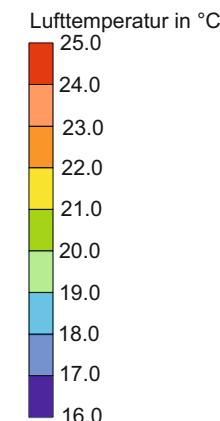
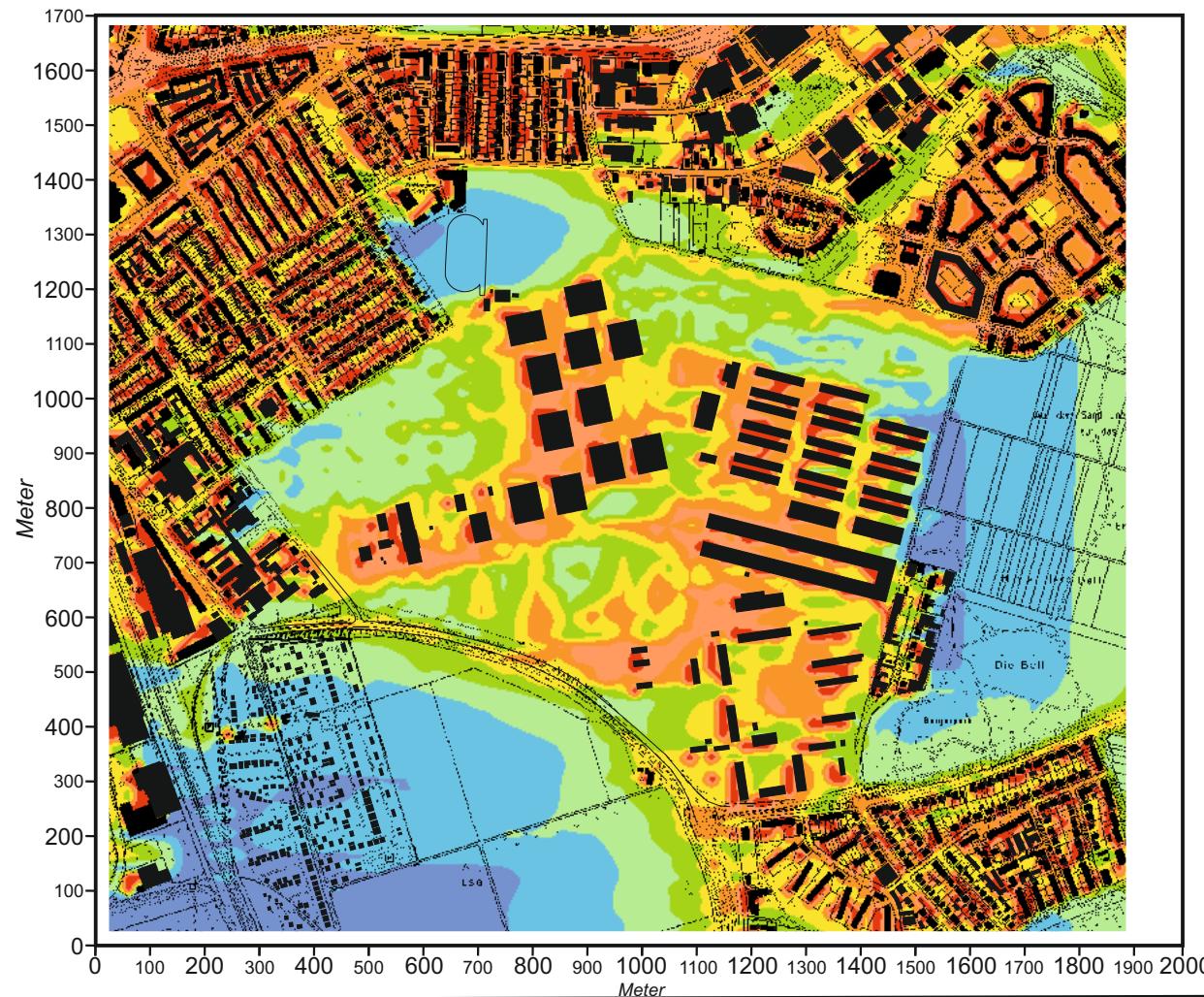


ÖKOPLANA

**Abb. 16.2 Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



**Abb. 17 Planungsnullfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Ostnordosten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



→ Anströmungsrichtung

**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

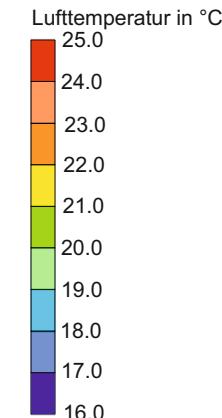
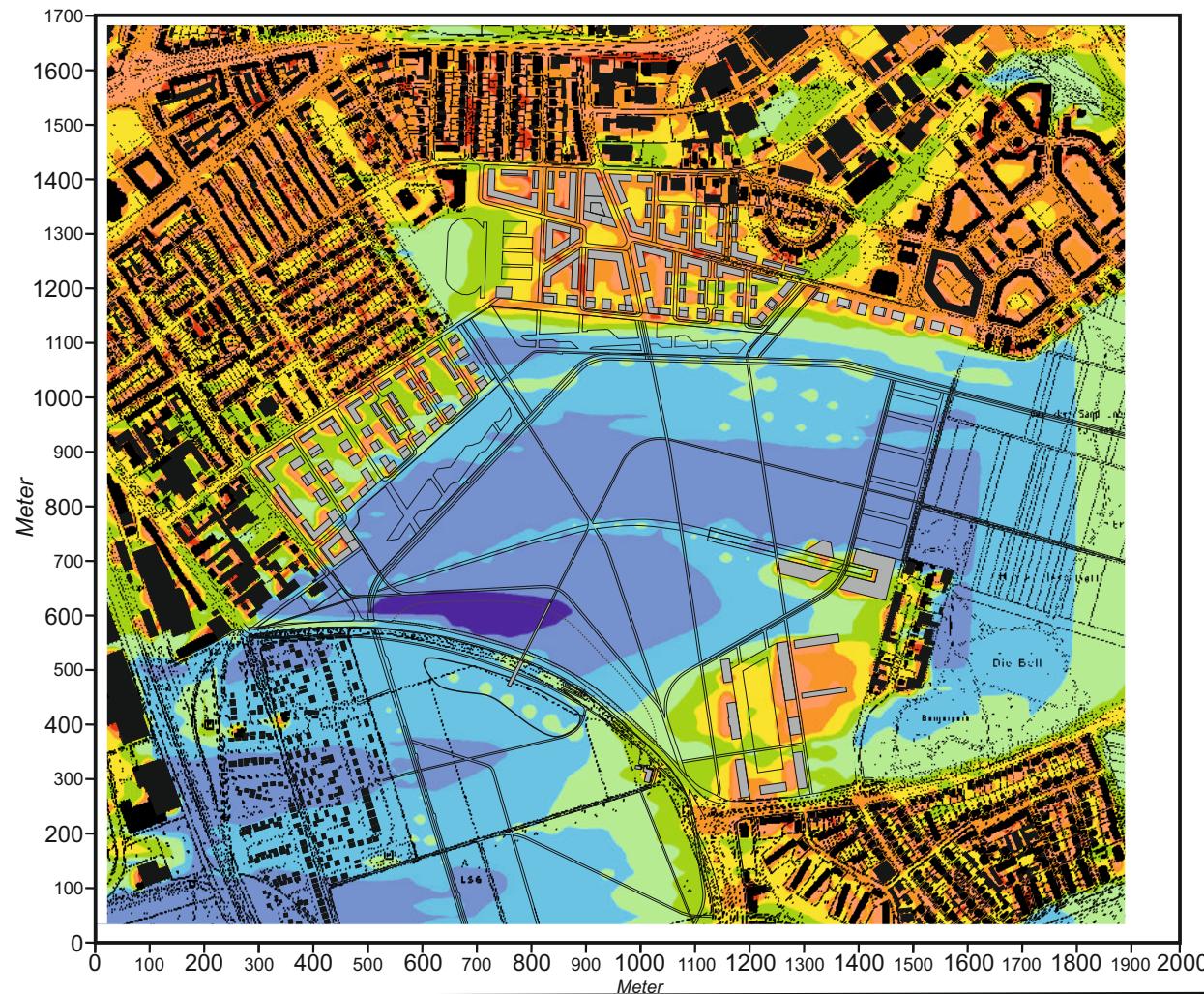
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation  
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Baukörper - Bestand



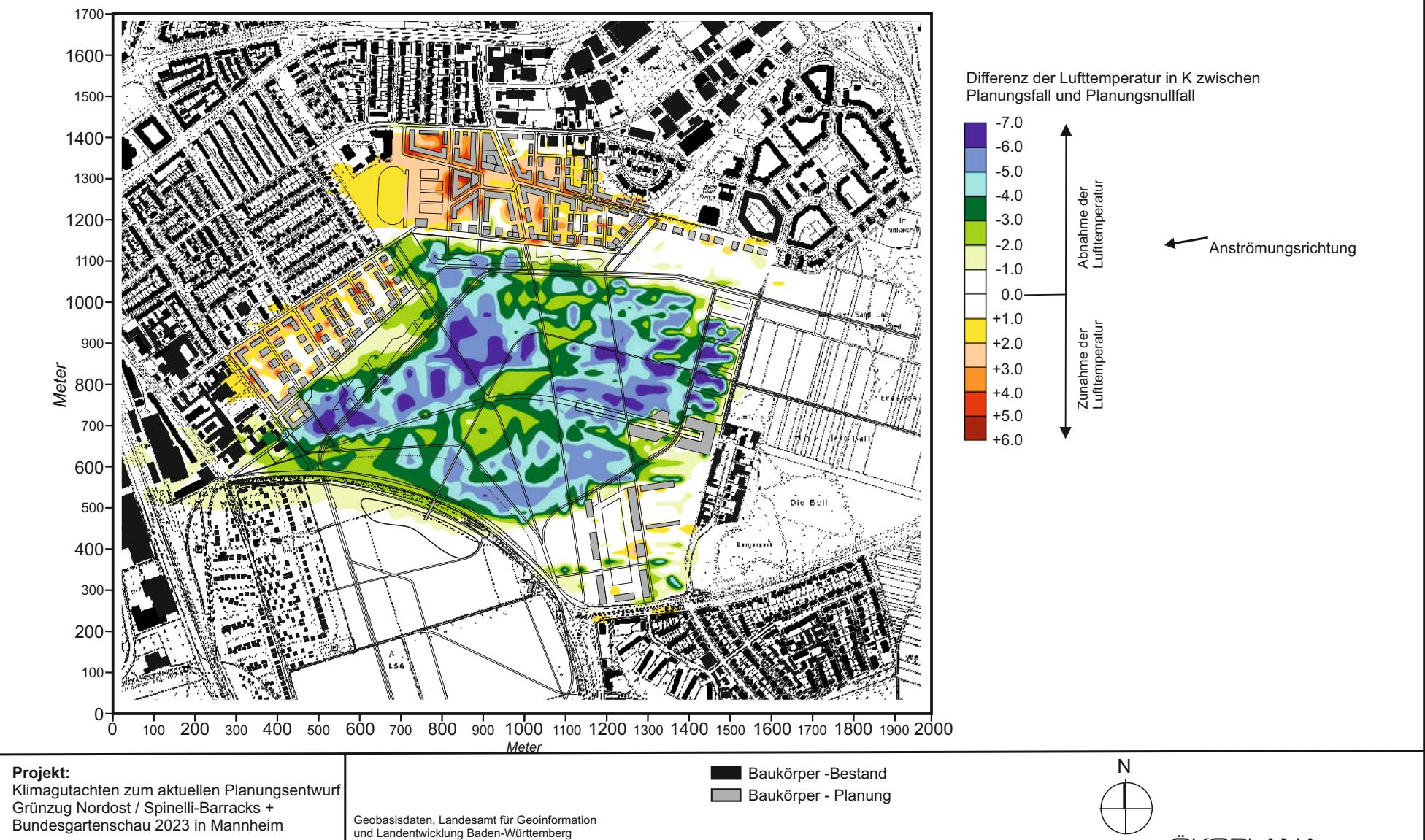
ÖKOPLANA

**Abb. 18.1 Planungsfall - Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht (22:00 Uhr), Windanströmung aus Ostnordosten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

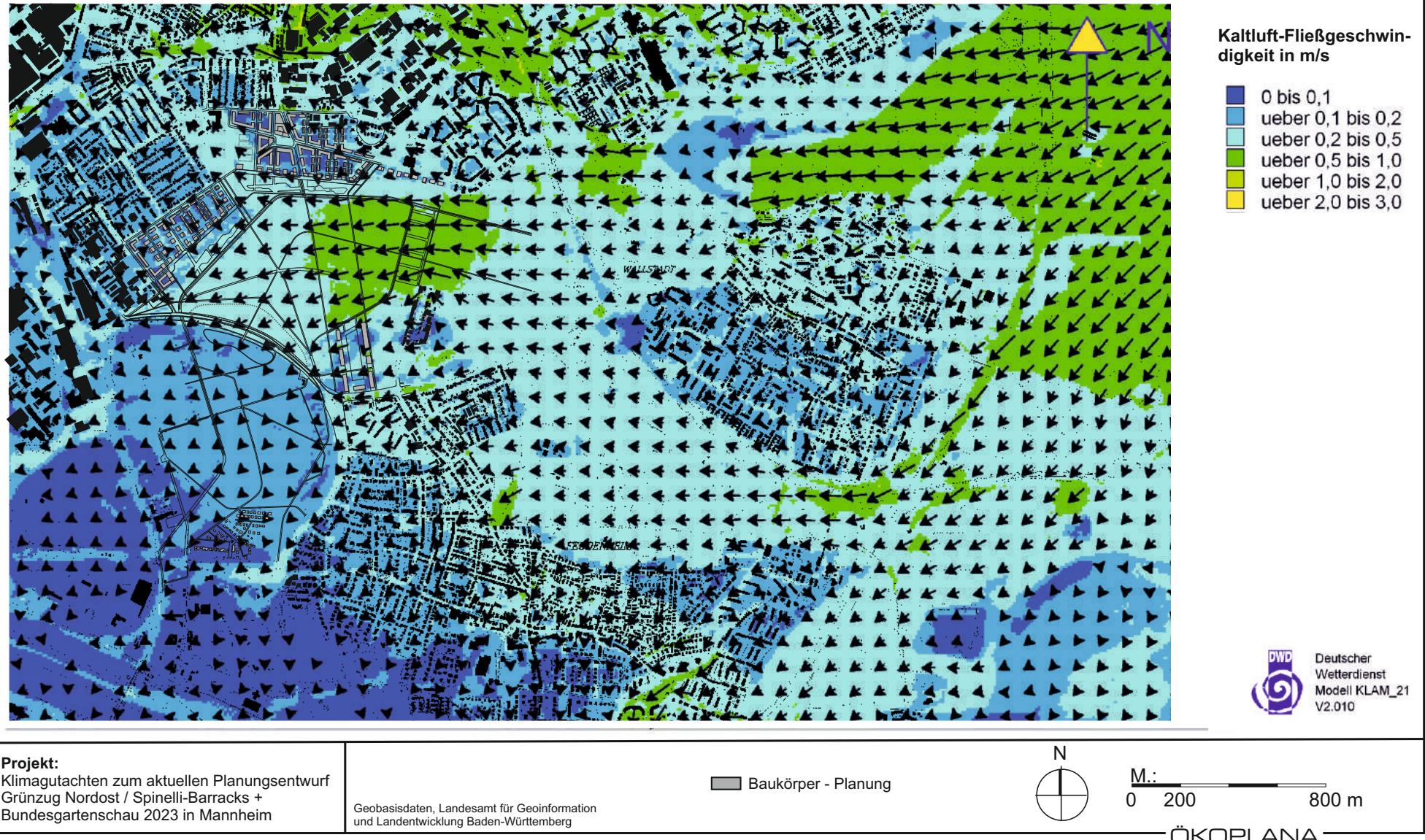


Anströmungsrichtung

**Abb. 18.2 Veränderung der Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. durch den Planungsfall gegenüber dem Planungsnullfall, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



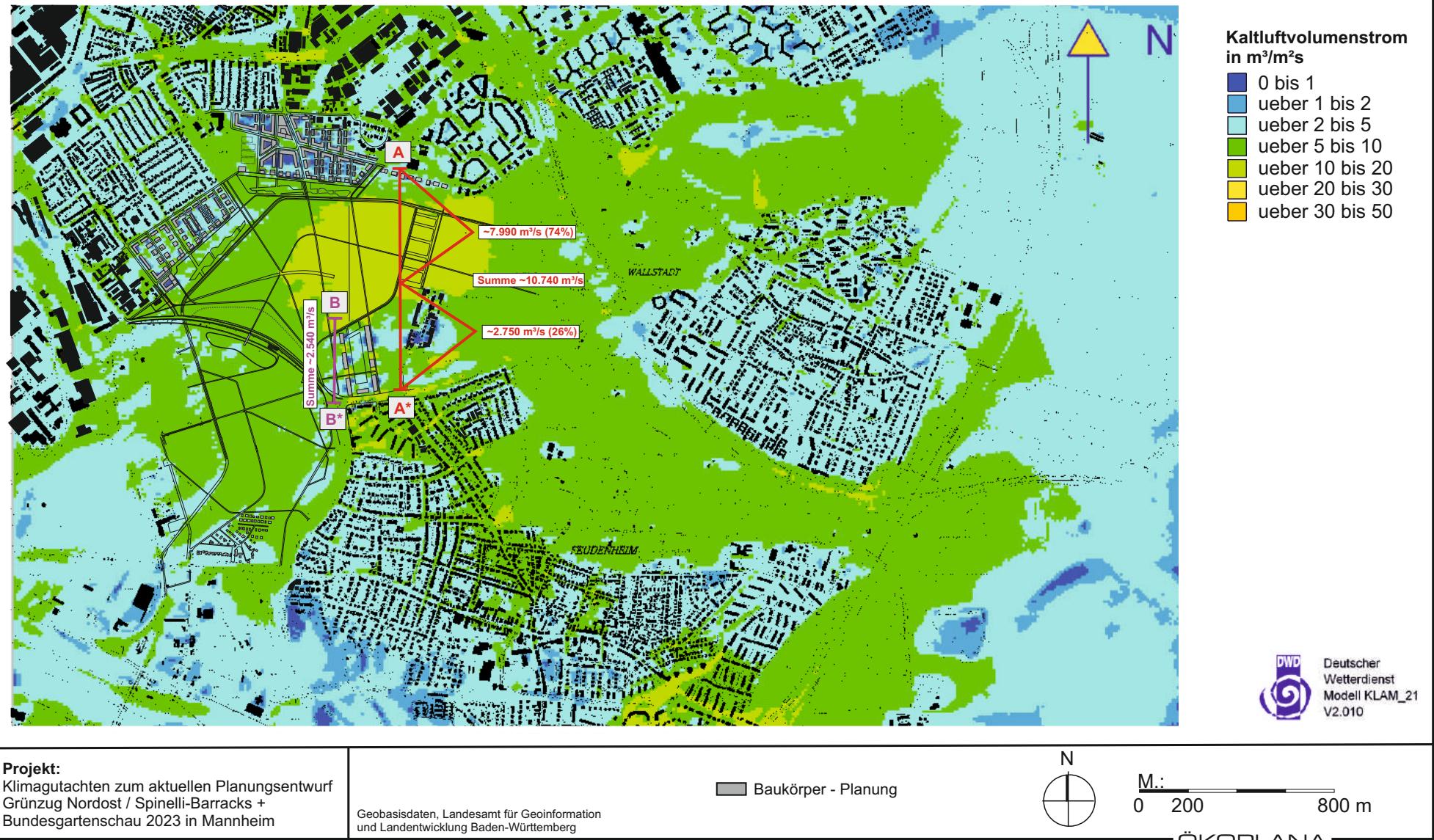
**Abb. 19.1 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 19.2 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) zum Planungsnullass in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 19.3 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 19.4 Planungsfall -Variante ohne U-Halle und Grünhof / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz des Kaltluftvolumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**

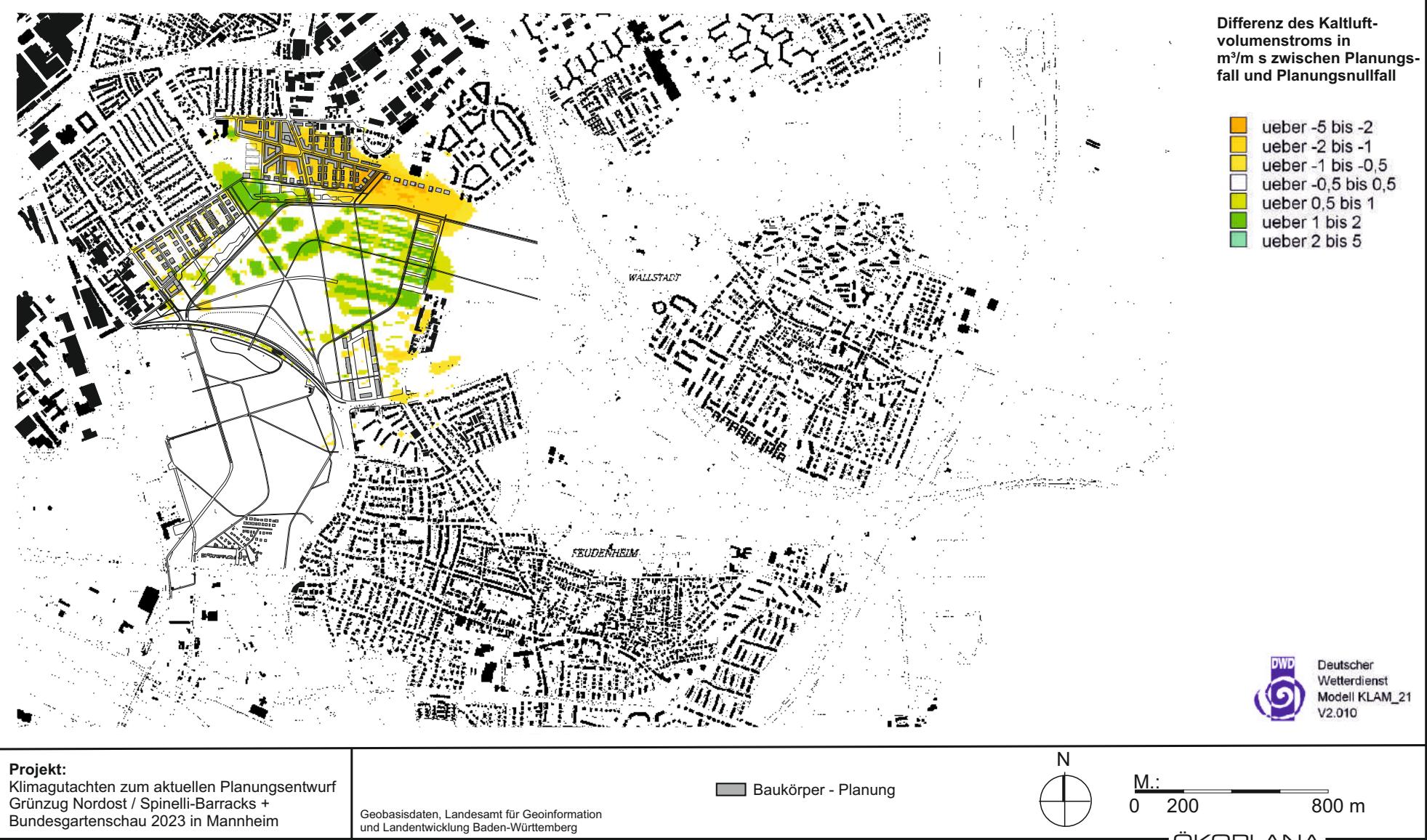


Abb. 20.1 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen

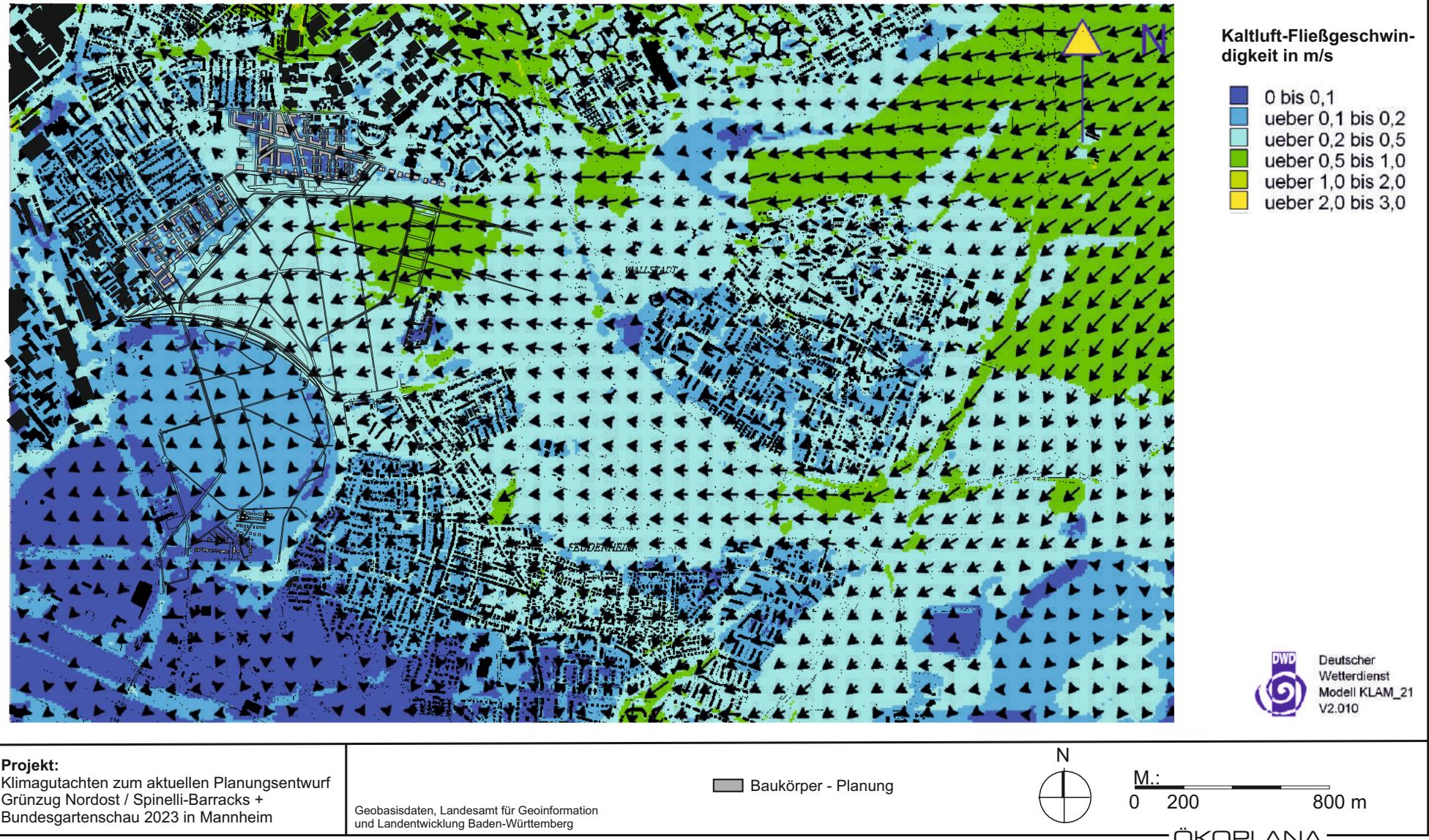
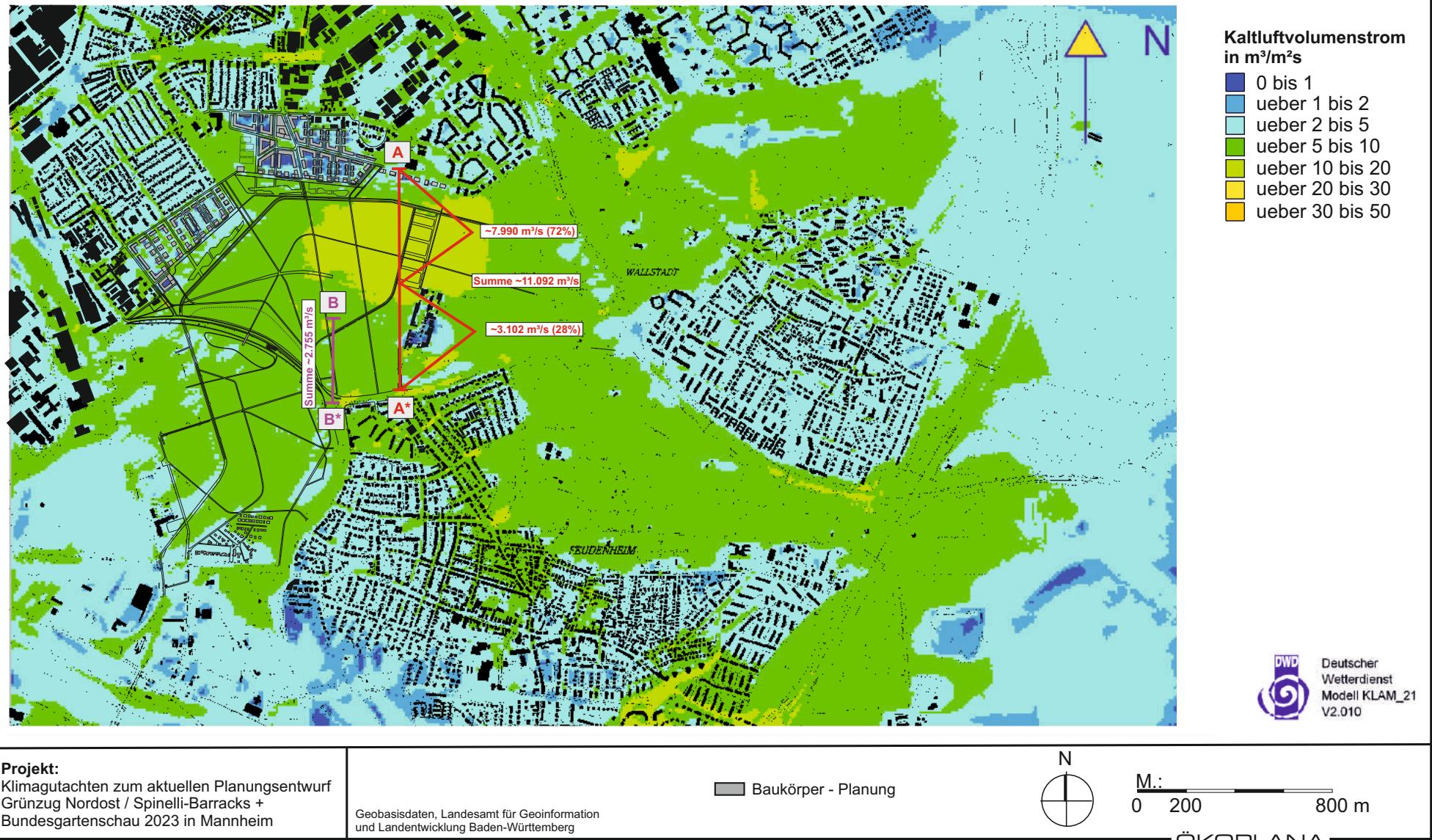


Abb. 20.2 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (Schichtmittel 0 - 4 m ü.G.) zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



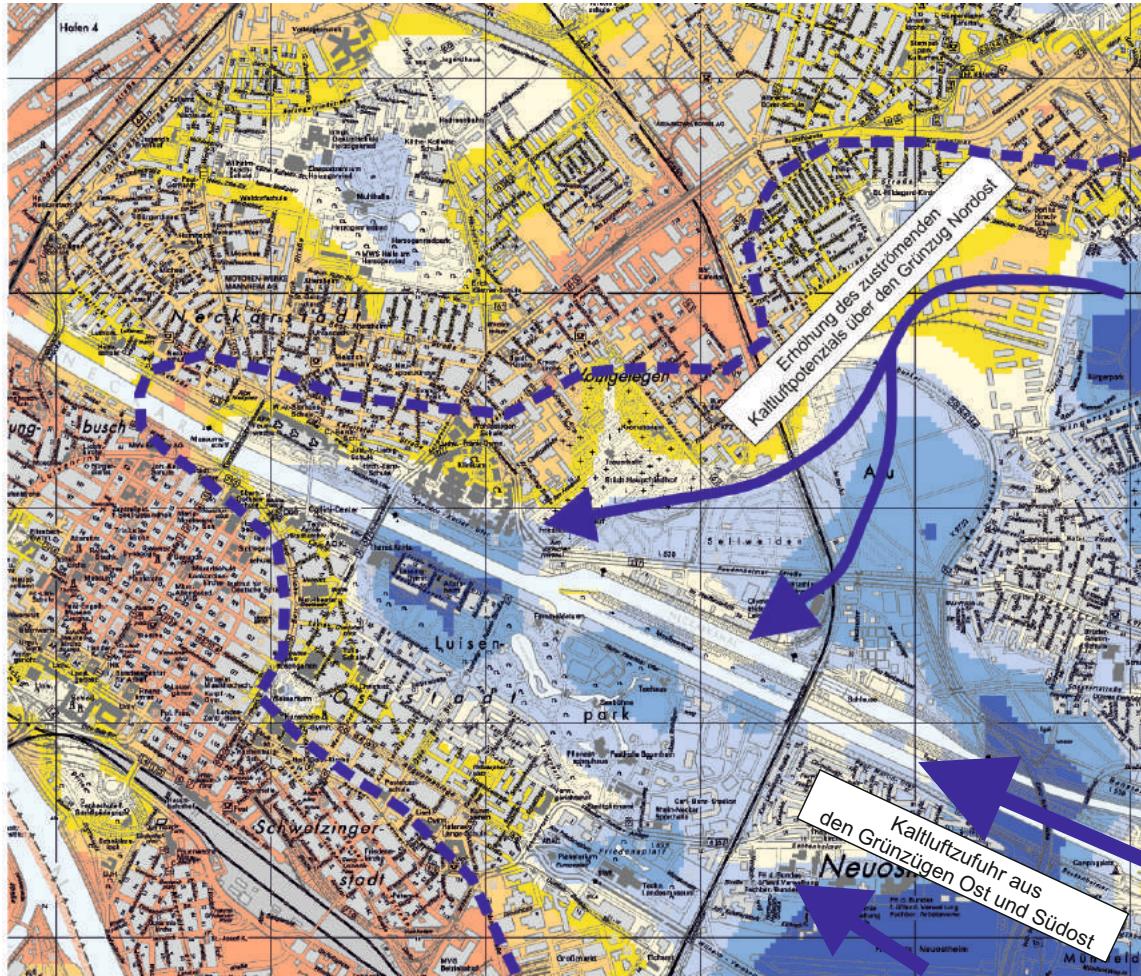
**Abb. 20.3 Planungsfall - Variante ohne U-Hallenfragmente, Grünhof und Kasernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Volumenstrom in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 20.4 Planungsfall -Variante ohne U-Halle, Grünhof und Kaernengebäude-Süd / Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Differenz des Kaltluft-Volumenstroms zum Planungsnullfall in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen**



**Abb. 21 Einwirkbereich der lokalen Kaltluft in die städtische Bebauung -  
abschätzende Darstellung auf Grundlage einer berechneten Isothermenkarte**



**Projekt:**  
Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf  
Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks +  
Bundesgartenschau 2023 in Mannheim

Isothermenkarte aus: ÖKOPLANA/GEO-NET (2009)

