

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

**KLIMAEXPERTISE ZUM GEPLANTEN
TIEFKÜHLHOCHLAGER IM BEBAUUNGSPLANGEBIET
„WESTLICH DER TIERGARTENSTRASSE“
IN DER KREISSTADT HEPPENHEIM**



Auftraggeber:

Magistrat der Kreisstadt Heppenheim
FB Bauen + Umwelt /
Großer Markt 1
64646 Heppenheim

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
M.Sc. Geogr. Patrick Burst

Mannheim, 05. Dezember 2025

ÖKOPLANA
Seckenheimer Hauptstraße 98
D-68239 Mannheim
Telefon: 0621/474626 · Telefax 475277
E-Mail: info.oekoplana@t-online.de
www.oekoplana.de

Geschäftsinhaber:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

Gemeinsam engagiert in der



Deutsche Bank Mannheim
IBAN:
DE73 6707 0024 0046 0600 00
BIC: DEUTDE33HAN

Steuernummer: 37137/44979

Inhalt	Seite
1 Aufgabenstellung	1
2 Planungsgebiet und Planungsentwurf	3
3 Untersuchungsmethodik	5
4 Folgen des Klimawandels und klimaökologische Situation am Planungsstandort	8
4.1 Großräumige klimatische Situation und Folgen des Klimawandels	8
4.2 Lokale klimatische Situation	13
5 Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das lokale Strömungsgeschehen die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen	17
5.1 Modellrechnungen zum lokalen Strömungsgeschehen	18
5.1.1 Tagsituation – Windanströmung aus Westsüdwesten (240°)	19
5.1.2 Tagsituation – Windanströmung aus Nordwesten (300°)	20
5.1.3 Nachtsituation – Windanströmung aus Osten (90°)	21
5.1.4 Tagsituation – Windanströmung aus Nordwesten (300°)	23
5.1.5 Kurzfazit – Belüftungssituation	24
5.2 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima	25
5.2.1 Thermische Situation an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr) mit westsüdwestlicher Luftströmung (240°)	27
5.2.2 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr) mit nordwestlicher Luftströmung (300°)	28
5.2.3 Thermische Situation in einer Sommernacht (23:00 Uhr, 1. Nachthälfte) mit schwacher östlicher Luftströmung (90°)	28
5.2.4 Thermische Situation in einer Sommernacht (02:00 Uhr, 2. Nachthälfte) mit schwacher westsüdwestlicher Luftströmung (240°)	29
5.2.5 Kurzfazit – thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen	30
6 Bewertung und Planungsempfehlungen	32
Quellenverzeichnis / weiterführende Literatur	42

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Planungsareals im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ – Ausschnitt aus der TK 1:25.000
- Abb. 2:** Lage des Vorhabengrundstücks im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
- Abb. 3:** Topografische Lagesituation des Planungsareals im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
- Abb. 4:** Luftbild vom Planungsareal im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
- Abb. 5:** Planungsareal – fotografische Dokumentation
- Abb. 6:** Ausschnitt aus dem Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar / Raumnutzungskarte (2014)
- Abb. 7:** Lage des Planungsareals im Bereich des Bebauungsplans Gewerbegebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992)
- Abb. 8:** Planungsentwurf für das Tiefkühlhochlager
- Abb. 9:** Ergebnisse numerischer Modellrechnungen. Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung (10 m ü.G.) im Planungsgebiet und in dessen Umfeld
- Abb. 10:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeiten auf Grundlage von Messungen – Zeitraum: August - September 1991, alle Tage
- Abb. 11:** Ergebnisse numerischer Modellrechnungen. Kaltluftbewegungen und Lufttemperaturen in windschwachen sommerlichen Strahlungs Nächten im Planungsareal und in dessen Umfeld
- Abb. 12:** Ergebnisse numerischer Modellrechnungen. Windgeschwindigkeit um 04:00 Uhr in windschwachen sommerlichen Strahlungs Nächten im Planungsareal und in dessen Umfeld
- Abb. 13:** Tages-Oberflächentemperaturen - Median der Sommermonate 2019 - 2024
- Abb. 14:** Ergebnisse numerischer Modellrechnungen. Lufttemperatur um 04:00 Uhr in windschwachen sommerlichen Strahlungs Nächten im Planungsareal und in dessen Umfeld

Abb. 15.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 15.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 15.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 16.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 16.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 16.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 17.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 17.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 17.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 18.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 18.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 18.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 19.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 19.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 19.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 20.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 20.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 20.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 21.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Modellrechnungen zum Bioklima. Physiologische Äquivalenttemperatur (PET, 1 m ü.G.) an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 21.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Modellrechnungen zum Bioklima. Physiologische Äquivalenttemperatur (PET, 1 m ü.G.) an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 21.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima. PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 22.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 22.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 22.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 23.1: Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 23.2: Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 23.3: Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

1 Aufgabenstellung

In der Kreisstadt Heppenheim (Bergstraße) ist im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ zwischen der Westerwaldstraße im Westen und der Tiergartenstraße im Osten auf dem Betriebsgelände von THE MAGNUM ICE CREAM COMPANY ein 40 m hohes Tiefkühlhochlager geplant (Lage siehe **Abbildung 1**). Die Größe des Vorhabengrundstücks beträgt ca. 4.8 ha.

Im aktuellen Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992) ist für den Planungsstandort eine max. Gebäudehöhe von 14 m bzw. 16 m festgesetzt. Das geplante Tiefkühlhochlager überschreitet diese Maße damit deutlich.

Aus der landesweiten Klimaanalyse Hessen (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022), der Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar (GEO-NET UMWELTCONSULTING / ÖKOPLANA 2009) und den ortsspezifischen Windmessungen (ÖKOPLANA 1991) geht hervor, dass die allgemeine Durchlüftung im Planungsgebiet in den Nachtstunden überwiegend aus östlichen Richtungen erfolgt. Im Laufe der Nachtstunden sind zeitweise auch flurwindartige Luftaustauschbewegungen zwischen dem westlichen Freiraumgefüge und dem Siedlungsrand möglich (= Windbewegungen aus südwestlichen bis nordwestlichen Richtungen). Am Tag dominieren Winde aus südlichen und nördlichen Richtungssektoren.

Das bislang größtenteils unbebaute Planungsgebiet besitzt somit eine klimaökologische Empfindlichkeit gegenüber Flächennutzungsänderungen in Form von Hochbau und Flächenversiegelung.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses zum Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ sind mit Hilfe einer Klimaexpertise die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem vorgelegten Planungsentwurf sich ergebenden strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten. Hierbei ist dem Planentwurf (Planungsvariante 2) eine bebauungsplankonforme Baustruktur (Planungsvariante 1) gegenüberzustellen.

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der klimaökologischen Situation sowie zur Abschätzung des Einflusses der vorgesehenen baulichen Veränderungen auf das örtliche klimatische Wirkungsgefüge werden mit Hilfe mikroskaliger Modellstudien die klimaökologischen Positiv- und Negativeffekte (Planungsvarianten 1 und 2) analysiert.

Über die Formulierung von Planungshinweisen / Leitplanken werden Maßnahmen zur Sicherung günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Verhältnisse aufgezeigt.

Für die Klimauntersuchung sowie für die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in planungsbezogene Bewertungen und Empfehlungen sind demnach folgende Schwerpunkte zu setzen:

- 1 Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Kaltluftströmungsgeschehens. Auswertung vorhandener Klimadaten und Prognosen zum Klimawandel.
- 2 Qualitative / quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen dem Planungsgebiet und dessen Umfeld sowie der zu erwartenden planungsbedingten klimatischen Veränderungen mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen (Belüftungsintensitäten, thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen).
 - a) Vergleichende Beurteilung des Austauschverhaltens / Belüftungsintensität für besonders relevante Anströmrichtungen (Ist- und Plan-Zustand), Tag- und Nachtsituation.
 - b) Vergleichende Beurteilung der Planungsvarianten 1 und 2 bzgl. der thermischen (Lufttemperatur) und bioklimatischen (physiologische Äquivalenttemperatur) Umgebungsbedingungen für siedlungsklimatisch relevante Tag- und Nachtsituationen.
- 3 Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Umgebungsbedingungen.

Bei der Bewertung der lokalen Klimamodifikationen durch das geplante Tiefkühlhochlager sind auch die prognostizierten Klimawandelfolgen zu berücksichtigen. So zeigen Modellstudien in Hessen (<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung>), dass u.a. die Häufigkeiten heißer Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und von Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) in den nächsten Jahrzehnten deutlich zunehmen werden. Damit steigt auch die Anzahl von Hitzewellen¹.

¹ Laut DEUTSCHEM WETTERDIENST liegt eine Hitzewelle vor, wenn an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen Lufttemperaturen von über 28°C gemessen werden. Sie hält so lange an, wie die mittlere Maximaltemperatur über die gesamte Periode über 30°C bleibt und an keinem Tag eine Maximaltemperatur von 25°C unterschritten wird - (<https://www.dwd.de>)

2 Planungsgebiet und Planungsentwurf

Das ca. 4.8 ha große Planungsareal im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ befindet sich im westlichen Teilbereich der Kreisstadt Heppenheim, zwischen Tiergartenstraße im Osten und Westerwaldstraße im Westen (siehe **Abbildung 2**).

Die Geländehöhen auf dem Planungsareal bewegen sich zwischen ca. 95 und 96 m ü. NHN - **Abbildung 3**. Entsprechend ist das Gelände weitgehend eben.

Wie den **Abbildungen 4 und 5** zu entnehmen ist, wird das Planungsgebiet aktuelle von Wiesenflächen geprägt. Am östlichen Gebietsrand besteht entlang der Tiergartenstraße ein baumüberstellter Parkplatz. Die Stellplätze sind mit Rasenfugenpflaster hergestellt.

Am westlichen Gebietsrand befinden sich die Zufahrt zu einem Tiefkühlager sowie Stellplatzflächen. Die Pkw-Stellplatzflächen sind ebenfalls mit Rasenfugenpflaster hergestellt. Als grünordnerische Gestaltungselemente fungieren begrünte Wälle und Gehölzstrukturen.

Am Süd- und Nordrand bestehen großflächige Gewerbebauten.

Im Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar 2014 (**Abbildung 6**) ist das Planungsareal als „Siedlungsfläche Industrie und Gewerbe“ ausgewiesen. Westlich der Autobahn A5 befinden sich Landwirtschaftsflächen, die einem regionalen Grünzug zuzuordnen sind und als Kaltluftentstehungs- und Kaltluftbewegungsflächen fungieren.

Der Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ von 1992 (**Abbildung 7**) setzt auf dem östlichen Teilbereich des Planungsareals eine max. Gebäudehöhe von 14.0 m fest. Für die GRZ ist ein Wert von 0.8 ausgewiesen. Auf der Restfläche beträgt die max. Gebäudehöhe 16.0 m. Die GRZ ist hier ebenfalls mit 0.8 festgesetzt. Für einzelne Bauteile ist in begrenztem Flächenumfang eine maximale Gebäudehöhe von 18.0 m statthaft.

Als grünordnerische, klimawirksame Ausgleichsmaßnahmen sind je 4 Stellplätze ein Laubbaum zu pflanzen. Die Stellplätze sind mit versickerungsfähigen Oberflächen herzustellen. Des Weiteren sind Flachdächer zu begrünen und Gebäudewände mit Kletterpflanzen zu begrünen (siehe MAGISTRAT DER STADT HEPPENHEIM 1992: Festsetzungen zum Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“).

Wie in Kap. 1 bereits angeführt, plant der Vorhabenträger NEWCOLD COOPERATIEF U.A.(Niederlande) auf dem Planungsareal ein Tiefkühlhochlager mit einer max. Gebäudehöhe von 40.0 m. Ergänzende Bauteile im Westen und Osten überschreiten mit ca. 20.0 – 30.0 m ebenfalls die im Bebauungsplan festgesetzten max. Gebäudehöhen von 14.0 m bzw. 16.0 m.

Die verkehrliche Erschließung der Andienungsflächen erfolgt von Westen her über die Westerwaldstraße. Zudem besteht Anschluss an die Tiergartenstraße (Ausfahrt). Die erforderlichen Stellplatzflächen werden im westlichen Planungsteilgebiet bereitgestellt.

Als grünordnerische Maßnahmen sind auf einem kleinen Teilbereich der Dachflächen Dachbegrünungen sowie Baumpflanzungen im Bereich der Erschließungs- und Parkierungsflächen geplant.

Als Klimaschutzmaßnahme ist auf dem Dach des Tiefkühlhochlagers eine PV-Anlage vorgesehen.

Die Flächenbilanzierung für das Planungsvorhaben kann der **Tabelle 1** entnommen werden.

Site Area Breakdown		
Name	Area	FAR
Grass Pavers		
Parking Area	671.19 m ²	1%
	671.19 m ²	1%
Hardscape Area		
Circulation & Apron	18770.52 m ²	39%
Dispatch	3795.26 m ²	8%
Highbay	9951.95 m ²	21%
Raw&Pack	2955.54 m ²	6%
Technical Building	1294.55 m ²	3%
	36767.82 m ²	77%
Unpaved Area		
Softscape	10456.25 m ²	22%
	10456.25 m ²	22%
Plot Area:	47895.26 m ²	100%

Tabelle 1: Flächenbilanzierung - Planungsvorhaben

3 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen der vorliegenden Klimaexpertise erfolgt zur Beurteilung der lokalklimatischen Situation und zur Erarbeitung klimatisch relevanter Planungsempfehlungen zunächst eine Bestandsaufnahme der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe. Hierbei wird u.a. auf Klimadaten der *landesweiten Klimaanalyse Hessen* (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022) und der *Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar* (GEO-NET UMWELTCONSULTING / ÖKOPLANA 2009) zurückgegriffen. Zusätzlich finden Daten des „Global Wind Atlases“ (Davies et. al 2023) und ortsspezifischer Windmessungen aus dem Jahr 1991 (ÖKOPLANA 1991) Beachtung. Ergänzend werden Daten zu den lokalen Klimawandelfolgen ausgewertet.

In einem weiteren Analyseschritt werden mit dem mikroskaligen Klimamodell MISKAM (Vers. 6.3)² Windfeldsimulationen für Tag- und Nachtsituationen durchgeführt (**Grafik 1**). Dabei wird dem Planungsvorhaben (= Planungsvariante 2) eine bebauungsplankonforme Bebauung (= Planungsvariante 1) gegenübergestellt. Die bebauungsplankonforme Bebauung nimmt dabei mit Ausnahme der Gebäudehöhen die Gebäudekubaturen des Planungsentwurfs auf. Als maximale Gebäudehöhen werden 14.0 m bzw. 16.0 m angenommen. Die Erschließungsflächen und Grünstrukturen entsprechen bei der Planungsvariante 1 den Vorgaben der Planungsvariante 2.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, ob klimatisch belastete Wohngebiete von modifizierten Belüftungsintensitäten betroffen sind.

Intensive Belüftung vermeidet an warmen / heißen Sommertagen lokale Hitzestaus und reduziert über den vermehrten bodennahen Luftmassenaustausch die örtliche Wärmebelastung.



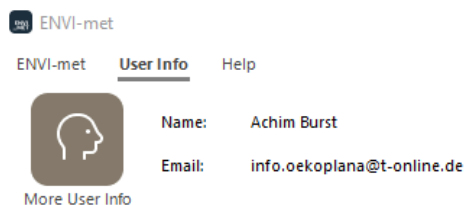
Grafik 1: „Programmstempel“ MISKAM

² GIESE-EICHHORN (2003): MISKAM – Handbuch. Wackernheim.

Das Strömungsmodell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert. Es ist von der VDI (Umweltmeteorologie) anerkannt.

Des Weiteren finden die thermischen/bioklimatischen Umgebungsbedingungen Beachtung. Hierzu werden mit dem Mikroklimamodell ENVI-met für relevante Tag- und Nachtsituationen die Lufttemperaturfelder für den Ist- und Plan-Zustand berechnet und vergleichend analysiert. Ergänzend werden für einen warmen Sommertag die bioklimatischen Verhältnisse geprüft.

Die Analyse der thermischen / bioklimatischen Verhältnisse für den Ist- und Plan-Zustand erfolgt mit dem Klimamodell ENVI-met (siehe **Grafik 2**).



Grafik 2: „Programmstempel“ ENVI-met

Die thermische / bioklimatische Situation ist ein Ergebnis aus dem vielfältigen Zusammenspiel verschiedener Flächennutzungs- und Klimaparameter. Die Klimaparameter (z.B. Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur) reagieren sensibel auf Veränderungen der Flächennutzungsstrukturen. Angesichts der sehr unterschiedlichen Prozesse hat es sich als sinnvoll herausgestellt, numerische Methoden zu benutzen, um deren Einflüsse zu prognostizieren.

ENVI-met ist ein Mikroklimamodell, das auf Grundlage der numerischen Strömungsdynamik die Wechselwirkung zwischen Gebäuden, Vegetation, natürlichen und künstlichen Oberflächen in einer virtuellen Umgebung simuliert. Dabei werden die wichtigsten atmosphärischen Prozesse nachgebildet. Die mathematischen Berechnungen beruhen nach BRUSE (1999) auf den Gesetzen der Strömungs- (Windfeld) und Thermodynamik (Temperaturberechnungen) sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik (z.B. Turbulenzprognose).

Die Bebauung wird bei beiden Modellen durch einfache Basiselemente (Würfel) nachgebaut / modelliert (5 m x 5 m in der Horizontalen, 0.5 - 2 m nicht-äquidistant in der Vertikalen). Alle Strukturen (z.B. Vegetation, Gebäude) werden in rechtwinklige Modellquader eingebettet.

Numerisch werden diese Modellquader bei ENVI-met von der Sonne beschienen und vom Wind umströmt und deren Wechselwirkungen mit den Oberflächen und Strukturen simuliert (BRUSE 2003, S. 66) - <https://www.envi-met.com>.

Die Flächennutzung und Gebäudehöhen (Bestand/Planung) wurden über DOM1- und LoD2-Daten bestimmt bzw. vor Ort und über Luftbilder kartiert. Die erforderlichen Geländehöhen wurden einem DGM_5 der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION entnommen.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst eine Gebietsgröße von 1.2 x 1.2 km (1.44 km²) zzgl. Randzellen.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass eine solche Abschätzung zur Auswirkung von geplanten Flächennutzungsänderungen nur durch den Einsatz numerischer Modelle möglich ist. Messungen helfen bei dieser Problemstellung nicht weiter, da nur existierende atmosphärische Zustände instrumentell erfassbar sind. Modellrechnungen gestatten es dagegen, schon im Planungsstadium vorgesehener Nutzungsänderungen mögliche unerwünschte oder gar negative Klimaveränderungen zu erkennen.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung des Planungsvorhabens sowie die Formulierung von Planungsempfehlungen zur Entwicklung eines an den Klimawandel angepassten Gewerbegebiets.

4 Folgen des Klimawandels und klimaökologische Situation am Planungsstandort

4.1 Großräumige klimatische Situation und Folgen des Klimawandels

Das Stadtgebiet Heppenheim (Landkreis Bergstraße) befindet sich mit seiner Lage an der Bergstraße im Übergangsbereich zwischen dem Vorderen Odenwald und der Oberrheinischen Tiefebene in einem klimaökologischen Belastungsgebiet mit häufiger Wärmebelastung (<https://www.dwd.de/DE/leistungen/bioklimakarte/bioklimakarte.html>). Großräumig ist Heppenheim dem warmgemäßigten Regenklima zuzuordnen, das überwiegend von milden, feuchten und damit wolkenreichen Luftmassen geprägt wird. Diese werden mit den am häufigsten vorkommenden Südwest- bis Westwinden herangeführt.

Die Jahressumme des Niederschlags beläuft sich im Landkreis Bergstraße im 30-jährigen Mittel (1981 - 2010) auf ca. 818 mm (POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG³), wobei in den Sommermonaten (Juni – August) die größte Niederschlagshöhe (ca. 215 mm) zu erfassen ist. In diesem Zeitraum kommt es durch hohe Einstrahlungsintensität und der daraus folgenden Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern. Die geringsten Niederschläge treten mit einer Niederschlagsmenge von durchschnittlich ca. 179 mm in den Wintermonaten (Dezember – Februar) auf.

Tage mit Starkniederschlag (≥ 20 mm/Tag) stellen sich im Mittel der Jahre 1981 – 2020 in 5.6 Tagen/Jahr ein.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt im mehrjährigen Mittel ca. 10.3°C (1981 – 2010). Die Sommertemperaturen (Juni – August) zeigen Durchschnittswerte um 18.6°C, die minimalen Durchschnittswerte werden mit 1.9°C im Winter (Dezember – Februar) gemessen.

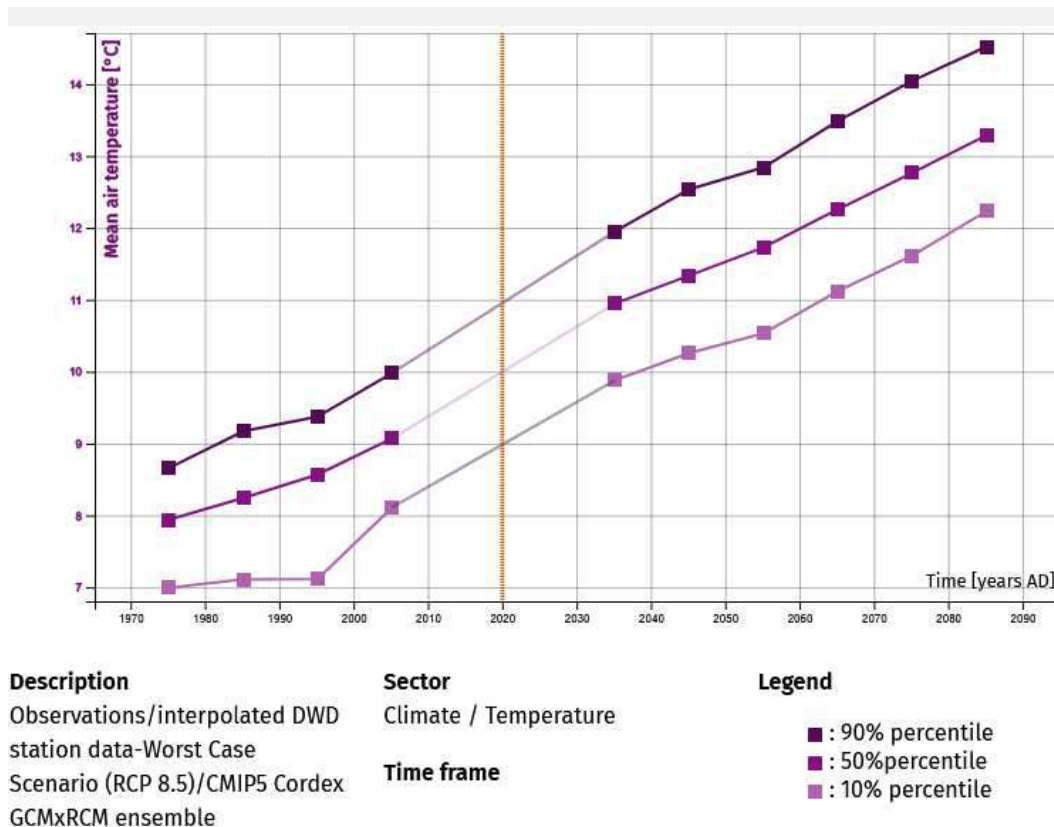
Laut Statistik des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG sind im Landkreis Bergstraße im 30-jährigen Mittel (1981 – 2010)

- 14.7 Eistage/Jahr ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 71.5 Frosttage/Jahr ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 8.4 heiße Tage/Jahr ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
- 2.8 Andauer heißer Tage/Jahr ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)

zu registrieren.

³ <http://www.klimafolgenonline.com>

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Landkreis Bergstraße deutlich zunehmen wird. Nach Berechnungen des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 2031 – 2060 (= nahe Zukunft) gegenüber der Zeitspanne 1981 – 2020 um ca. 1.6 K (50%-Perzentil) ansteigen (Grafik 3).



Grafik 3: Bandbreite der klimawandelbedingten Lufttemperaturzunahmen im Landkreis Bergstraße.
Grafikquelle: <https://www.klimafolgenonline.com>

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen freigesetzte CO₂-Emissionen. Da aktuell nicht detailliert vorhergesagt werden kann, wie sich die CO₂-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO₂-Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen.

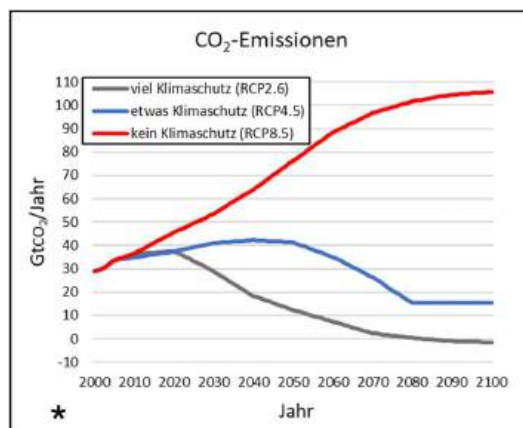
Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klima-Szenarien zur Verfügung: RCP 2.6, 4.5 und 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*).

Die Zahl in der Bezeichnung der RCP-Szenarien (siehe **Grafik 4**) benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m^2 , der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird:

- Das RCP-Szenario 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. 3 W/m^2 . Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf $2,6 \text{ W/m}^2$ ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2°C -Ziel nicht überschreiten, sodass RCP 2.6 als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.
- Das RCP-Szenario 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.
- Das RCP-Szenario 8.5 weist den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und eine Zunahme der globalen Mitteltemperatur um ca. $4,0^\circ\text{C}$ gegenüber dem Zeitraum 1985 – 2005 bewirken würde. Das RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher-Szenario“ bezeichnet.

Aktuell befinden wir uns, nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes, mit den globalen CO_2 -Emissionen auf dem „Pfad“ des RCP-Szenarios 8.5.

Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO_2 -Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen. Im vorliegenden Gutachten werden nachfolgend vornehmlich Werte zu Klimaänderungen des RCP-Szenarios 8.5 beschrieben.



Grafik 4: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (nach CUBASCH ET AL. 2013, Grafik: GERICS 2021).

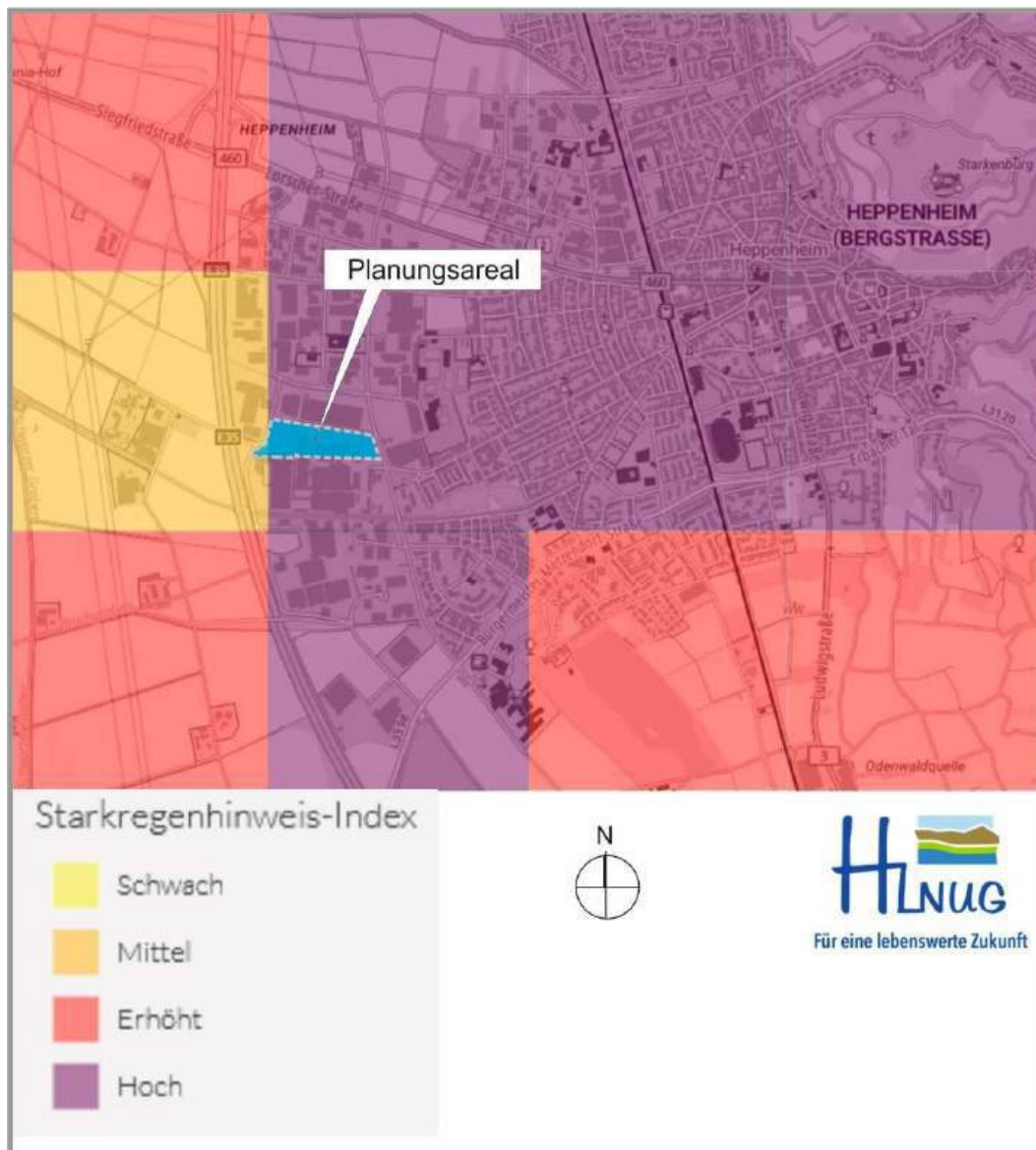
Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage wird aufgrund der Klimawandelfolgen in der nahen Zukunft (2031 – 2060) um ca. 5.7 Tage/Jahr ansteigen. Da zugleich die Anzahl der Tropennächte zunimmt, steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen. Die Andauer heißer Tage steigt im Zeitraum 2031 – 2060 um ca. 1.9 Tage an.

Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress. Die zunehmende Hitzebelastung mindert auch die Produktivität am Arbeitsplatz und die Konzentration bei Schulkindern.

Durch die o.a. thermisch wirksamen Klimawandelfolgen wird die Sicherstellung günstiger thermischer Umgebungsverhältnisse in der Stadt- und Siedlungsplanung zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (≥ 20 mm/Tag) wird von 5.6 Tage/Jahr (1981 – 2010) auf ca. 6.2 Tage/Jahr (2031 – 2060) zunehmen.

Wie der nachfolgende Ausschnitt aus der Starkregen-Hinweiskarte (basierend auf Daten von 2001 – 2020) der HLNUG für Hessen zeigt (**Grafik 5**), besteht bereits heute in Heppenheim am Planungsstandort ein erhöhtes bis hohes Risiko für schadenreiche Starkregenereignisse. Der Starkregenhinweis-Index basiert dabei auf der Zusammenschau von Starkregenereignissen, Versiegelungsgrad und Überflutungsgefährdeten Flächenanteilen. Bei Neubaumaßnahmen sind daher ausreichende Retentionsmöglichkeiten zu berücksichtigen.



Grafik 5: Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020).
Grafikquelle: <https://www.hlnug.de>

4.2 Lokale klimatische Situation

Analysiert man die mehrjährigen Winddaten (2001 – 2010) des Global Wind Atlas-ses (DAVIS ET. AL 2023, **Abbildung 9**) so zeigt sich, dass das Planungsareal an der Tiergartenstraße in einer Höhe von 10 m ü.G. im Allgemeinen vergleichsweise mäßig belüftet ist. Durch die Oberflächenrauigkeit der Gewerbeflächen kann der großwetterlagenbedingte Höhenwind nur bedingt bodennah durchgreifen, so dass im mehrjährigen Mittel mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.8 – 2.3 m/s zu erwarten sind. In dicht bebauten Lagen und im Bereich dichter Baumbestände können im Planungsumfeld mittlere Windgeschwindigkeiten von unter 1.5 m/s auftreten, so dass dort von insgesamt geringer Durchlüftungsintensität auszugehen ist. Die mittlere Windgeschwindigkeit erfährt im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch den Klimawandel keine bedeutsame Veränderung. Laut GERICS (2021) ist im Landkreis Bergstraße bei Berücksichtigung des RCP8.5-Szenarios in den nächsten Jahrzehnten nur eine geringfügige Modifikation der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von ca. -0.13 m/s bis +0.17 m/s zu erwarten.

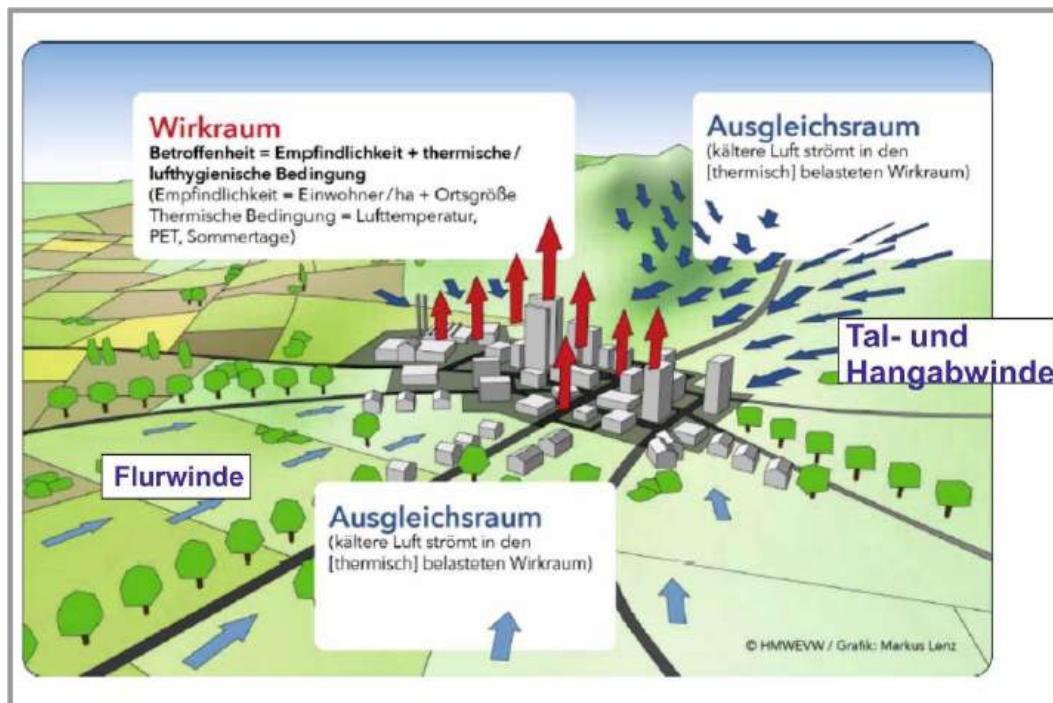
Die berechnete Windstatistik der HLNUG (**Abbildung 9**) sowie die Messungen durch ÖKOPLANA im Zeitraum August – September 1991 südlich des Planungsgebiets (**Abbildung 10**) belegen, dass im Planungsgebiet und in dessen Umfeld im Allgemeinen südsüdöstliche bis südwestliche und nordnordwestliche bis nördliche Windrichtungen vorherrschen. In Strahlungs Nächten (ca. 25% der Nächte im Jahr) dominieren vermehrt östliche Kaltluftabflüsse über den Bergstraßenhang bzw. nach Westen gerichtete Talabwinde aus dem Kirschhauser und Erbacher Tal. Messungen von 1991 zeigen hierbei unmittelbar nördlich des Planungsgebiets an der Hunsrückstraße mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.7 – 2.1 m/s. Die Tal-/Hangabwinde werden auch westlich der A5 im Bereich der Kläranlage Heppenheim wirksam.

Die Dominanz östlicher Kaltluftbewegungen in sommerlichen Strahlungs Nächten, die stadtklimatisch wegen ihrer thermischen Ausgleichswirkung von besonderer Bedeutung sind, zeigt sich auch anhand von Ergebnissen numerischer Kaltluftströmungssimulationen durch GEO-NET UMWELTCONSULTING / ÖKOPLANA (2009) – **Abbildung 12**. Die landesweiten Modellrechnungen zum Kaltluftprozessgeschehen durch IMA RICHTER & RÖCKLE 2022, die eine wesentliche Grundlage für den Regionalplanvorentwurf Südhessen (2024) bilden, weisen während extrem windschwacher Strahlungs Nächten auf die Ausbildung flurwindartiger Austauschbewegungen zwischen dem westlichen Freiraumgefüge und der Bebauung von Heppenheim hin (**Abbildung 11**).

Derartige Windbewegungen wurden 1991 durch ÖKOPLANA messtechnisch ebenfalls erfasst. Sie intensivieren insbesondere im Laufe der zweiten Nachthälfte die nächtlich Abkühlung im Planungsgebiet und in dessen Umfeld.

Damit wirken im Bereich des Planungsareals in den Nachtstunden zwei Strömungssysteme ein. In der ersten Nachthälfte bestimmen Winde aus östlichen Richtungssektoren das örtliche Windfeld. Das Planungsareal ist dann Teil der Entlüftungsflächen in Richtung Westen. In der zweiten Nachthälfte wirken Winde aus westlichen Richtungssektoren ein. Dann fungiert das Planungsareal als Teil von Belüftungsflächen in Richtung Südosten bis Nordosten.

Das komplexe nächtliche Windfeld wird durch **Grafik 6** veranschaulicht.



Grafik 6: Schematische Darstellung von Kaltluftbewegungen in Siedlungslagen am Übergang Bergland – Ebene. Grafikquelle: IMA RICHTER & RÖCKLE (2022)

Der Sicherung lokaler Kaltluftbewegungsflächen am Siedlungsrand wird in der Stadt- und Siedlungsklimatologie daher hohe Bedeutung zugeordnet.

So empfiehlt die VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 (2008), dass im Rahmen der Stadt- und Siedlungsentwicklung möglichst die Barrierewirkungen auf den bodennahen Luftaustausch zu erkennen und zu beseitigen bzw. eng zu begrenzen ist. Zudem ist die Ausbildung neuer „Hitze-Hot-Spots“ zu vermeiden.

Die thermische / bioklimatische Situation an warmen / heißen Sommertagen wird wesentlich durch die örtlichen Oberflächentemperaturen bestimmt.

Wie Ergebnisse satellitengebundener Infrarotaufnahmen für die Sommermonate 2019 – 2024 (**Abbildung 13**) dokumentieren, zeigen die Wiesen/Landwirtschaftsflächen westlich der Autobahn A5 am Tag größtenteils mittlere Oberflächentemperaturen von ca. 27 – 33°C. In den Gewerbegebietsflächen im Planungsumfeld werden über den vermehrt versiegelten Flächen Temperaturen von 39 - >42°C ermittelt. Die thermische Ungunst großflächig versiegelter Flächen ist damit offensichtlich.

Zwischen den Gewerbegebietsflächen im Bereich der Tiergartenstraße und den östlich angrenzenden Wohnbauflächen bilden z.T. gehölzüberstellte Grünflächen (z.B. Grünflächen im Bereich des Burg-Spielplatzes am Stadtbach, Grünflächen im Umfeld des Sportparks Heppenheim) wirksame Temperatursenken.

Abbildung 14 zeigt das berechnete Lufttemperaturfeld von Heppenheim (Stand 2008) in sommerlichen Strahlungs Nächten kurz vor Sonnenaufgang (04:00 Uhr). Das Gewerbegebiet im Bereich Tiergartenstraße bildet sich als prägnante Wärmeinsel ab. Im Bereich des REWE Centers werden mit Lufttemperaturen von 18.0 – 18.5°C die höchsten Lufttemperaturen gemessen. In Richtung Autobahn A5 sinken die Lufttemperaturen bis auf ca. 15.5°C. Westlich der A5 liegen die Lufttemperaturen bei ca. 14.0 – 14.5°C.

Zwischen dem Gewerbegebiet entlang der Tiergartenstraße und der östlich benachbarten Wohnbebauung von Heppenheim bilden die Grün-/Sportflächen zwischen Stadtbach/Mainzer Straße im Süden und der Lorsche Straße im Norden einen stadtklimatisch bedeutsamen klimaökologischen Ausgleichsraum mit der Funktion Kaltluftbildung.

Im August 1991 konnten bei Lufttemperaturmessfahrten gegen 22:00 Uhr (ÖKOPLANA 1991), zwischen dem Kreuzungsbereich Tiergartenstraße/Hunsrückstraße (Nahbereich des Planungsareals) und der Kläranlage Heppenheim westlich der Autobahn A5 Temperaturunterschiede von ca. 5.0 K gemessen werden, was die Repräsentativität der o.a. berechneten Lufttemperaturverteilung unterstreicht.

Die wesentlichen klimaökologischen Funktionsabläufe lassen sich damit wie folgt zusammenfassen:

- Das Planungsgebiet befindet sich in einem Gewerbeklimatop, das im Wesentlichen dem Klimatop der verdichteten Bebauung entspricht. Bei intensiver Aufheizung am Tage bildet sich auch nachts aufgrund der Ausdehnung versiegelter Flächen eine deutliche Wärmeinsel aus. Die am Boden befindlichen Luftmassen sind erwärmt und trocken. Die massiven Baukörper und die bodennahe Erwärmung verändern das Windfeld wesentlich.
- Am Tag bilden bestimmen in der Regel südsüdöstliche bis südwestliche und nordnordwestliche bis nördliche Windrichtungen das ortsspezifische Luftaustauschgeschehen. Durch die Oberflächenrauigkeit der Gewerbeflächen kann der großwetterlagenbedingte Höhenwind nur bedingt bodennah durchgreifen, so dass im mehrjährigen Mittel mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.8 – 2.3 m/s (= mäßige Belüftungsintensität) zu erwarten sind. In dicht bebauten Lagen sind sogar mittlere Windgeschwindigkeiten von unter 1.5 m/s möglich (= geringe Belüftungsintensität).
- In stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten ist im Planungsgebiet insbesondere in der ersten Nachthälfte mit östlichen Kaltluftbewegungen zu rechnen, die auf den Einfluss von Hang- und Talabwinden am Bergstraßenhang zurückzuführen sind. Im Laufe der zweiten Nachthälfte treten im Planungsgebiet und in dessen Umfeld bei extrem windschwachen Situationen flurwindartig angelegte Winde aus nordwestlichen bis südwestlichen Richtungssektoren auf, die im Planungsumfeld die nächtliche Abkühlung forcieren.
- In sommerlichen Strahlungsnächten bildet sich im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch den großen Anteil versiegelter Flächen eine prägnante Wärmeinsel aus. Gegenüber dem Freiraumgefüge westlich der Autobahn A5 sind um ca. 5.0 K höhere Lufttemperaturen festzustellen.

Aus den o.a. lokalklimatischen Gegebenheiten resultiert für das Planungsareal, dass aus klimafunktionaler Sicht bei den geplanten baulichen Modifikationen gegenüber einer bebauungsplankonformen Bebauung die örtlichen Belüftungsverhältnisse nicht weitreichend weiter eingeschränkt werden sollten und eine weiterer Anstieg des lokalen Wärmeinseleffektes bis in die östlichen benachbarten Wohnbaustrukturen von Heppenheim zu vermeiden sind.

5 Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das lokale Strömungsgeschehen und die thermischen/bioklimatischen Umgebungsbedingungen

Wie in Kap. 1 bereits angeführt, sind im Rahmen der vorliegenden Klimaexpertise die klimaökologischen Folgeerscheinungen des geplanten Tiefkühlhochlagers mit einer max. Gebäudehöhe bis 40 m zu analysieren. Dabei ist dem vorgelegten Planungsentwurf eine bebauungsplankonforme Bebauung mit max. Gebäudehöhen bis 14 m bzw. 16 m gegenüberzustellen.

Neben einer projektbezogenen Aufbereitung und Darstellung vorhandener Klimadaten (siehe Kap. 4) ist zur Erarbeitung fachlich fundierter Aussagen und planungsrelevanter Empfehlungen die Durchführung von numerischen Modellrechnungen notwendig. Erst hierdurch können im vorliegenden Fall strömungsdynamische / thermische-bioklimatische Gunst- und Ungunspotenziale realistisch und nachvollziehbar quantifiziert werden.

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von ca. 1.200 x 1.200 m zzgl. Randzellen (siehe **Abbildung 14.1**). Damit werden die wesentlichen Bereiche mit planungsbedingten Klimamodifikationen erfasst.

Die Klimamodellierungen (Ist- und Plan-Zustand) erfolgen, wie in Kap. 4 bereits erläutert, mit den anerkannten (VDI) und vielfach geprüften mikroskaligen Klimamodellen MISKAM (Windfeld) und ENVI-met (Lufttemperaturfeld/Bioklima).

Auf eine mesoskalige Simulation des großflächigen Kaltluftprozessgeschehens wird im vorliegenden Planstand verzichtet, da zum einen hierzu bereits umfangreiche Erkenntnisse vorliegen (siehe Kap. 4) und zum anderen die Analyse der klimaökologischen Folgeerscheinungen detaillierter Flächennutzungsstrukturen im Vordergrund stehen.

5.1 Modellrechnungen zum lokalen Strömungsgeschehen

Nachfolgend wird mit Hilfe des Modells MISKAM der Einfluss einer potenziellen Bebauung (**Abbildung 8**) auf die örtliche Belüftungssituation analysiert. Dem Planungsentwurf (= Planungsvariante 2) wird dabei der Planungsentwurf mit bebauungsplankonformen Gebäudehöhen von max. 14 m bzw. 16 m (= Planungsvariante 1) gegenübergestellt.

Die Modellrechnungen werden jeweils für zwei typische Tag- und Nachtsituationen durchgeführt.

Vorgaben Tagsituation:

- Westsüdwestwind (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
 - = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschenden Winden in Richtung der Bestandsbebauung im Osten bzw. Nordosten. Labile Luftschichtung.
- Nordwestwind (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
 - = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung in Richtung der Bestandsbebauung im Südosten. Labile Luftschichtung.

Vorgaben Nachtsituation:

- Ostwind (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
 - = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschenden östlichen Hang- bzw. Talabwinden (1. Nachthälfte). Leicht stabile Luftschichtung.
- Nordwestwind (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
 - = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei flurwindartigen Winden aus Nordwesten (2. Nachthälfte). Leicht stabile Luftschichtung.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Horizontalschnitten (2.0 m ü.G. ~ EG, Bewegungsraum des Menschen im Freien). Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 1 m mächtige Luftschicht (Höhe ± 0.5 m) wieder.

Zur Verdeutlichung der Strömungsmodifikationen durch den Planungsentwurf werden zusätzlich Differenzendarstellungen zur bebauungsplankonformen Bebauung abgebildet (2 m ü.G.).

5.1.1 Tagsituation – Windanströmung aus Westsüdwesten (240°)

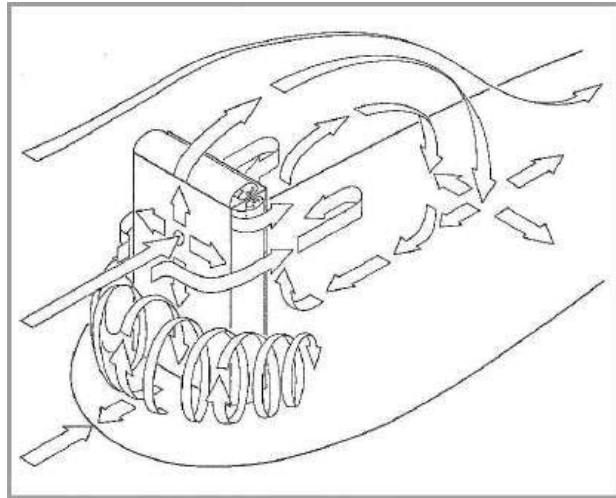
Nachfolgend wird eine westsüdwestliche Windrichtung gewählt, um die strömungsdynamischen Auswirkungen des potenziellen Tiefkühlhochlagers auf die östlich bzw. nordöstlich benachbarte Bestandsbebauung aufzeigen zu können.

Die **Abbildung 15.1** zeigt das für die bebauungsplankonforme **Planungsvariante 1** berechnete Windfeld der Höhenschicht 2.0 m ü.G.

Im Bereich des Planungsareals werden über den rauigkeitsarmen Stellplatzflächen im Westen in einer Höhe von 2.0 m ü.G. mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1.0 und 1.8 m/s berechnet. Eine großflächige Neigung zu Luftstagnation mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist nur in unmittelbarer Luvlage zum potenziellen Neubau (max. Gebäudehöhen 14 m bzw. 16 m) zu bilanzieren. Im Bereich der verbleibenden Abstandsflächen zur südlich und nördlich benachbarten Bestandsbebauung werden mittlere Windgeschwindigkeiten von 0.2 – 1.4 m/s berechnet. Eine markante Stauwirkung tritt hier nicht auf, so dass die Gebäudekomplexe als allseitig umströmbar anzusehen sind.

Im Bereich der Tiergartenstraße überwiegen südliche Strömungsrichtungen, wodurch die Windschattenwirkung der Bebauung auf dem Planungsareal auf den unmittelbaren Nahbereich der Fassaden begrenzt bleibt.

Bei Realisierung des geplanten 40 m hohen Tiefkühlhochlagers (**Planungsvariante 2, Abbildungen 15.2 und 15.3**) verändert sich die Ausprägung des kleinräumigen Windfeldes. Wie **Grafik 7** verdeutlicht, ist das Windfeld im Bereich von hoch aufragenden Gebäuden recht komplex. Es ist vor allem durch den Aufstau der Strömung in Luv-Lage und deren Auslenkung gekennzeichnet. Es bilden sich am Gebäude und im näheren Umfeld Bereiche erhöhter und erniedrigter Drücke und Windgeschwindigkeiten (SCHMALZ, J. 1984). An den Gebäudekanten löst sich die Strömung bei allgemein höheren Windgeschwindigkeiten ab. Es bilden sich Wirbel. In Lee-Lage zeigen sich Windabwärtsbewegungen mit Windschattenbildung und rückwärtsgerichtete Luftströmungen.



Grafik 7: Schematische Darstellung der Windumströmung eines hoch aufragenden Gebäudes (aus: SCHMALZ, J. 1984)

Die vom Hochbau ausgelösten Wirbel- und Beschleunigungseffekte machen sich im Planungsumfeld bemerkbar. So nimmt die bodennahe Belüftungsintensität südlich und nördlich des Planungsareals um ca. 0.2 – 0.4 m/s zu. Im Bereich des Langnese-Werksverkaufsgebäudes unmittelbar südöstlich des geplanten Gebäudekomplexes sind durch düsenartige Beschleunigungseffekte sogar Windgeschwindigkeitszunahmen bis ca. 1.2 m/s zu erwarten.

Stadtklimatisch negativ zu wertende Windgeschwindigkeitsreduktionen bleiben bei Realisierung der Planungsvariante 2 auf einen Teilbereich der Stellplatzflächen im Westen des Plangebiets und auf den Parkplatz des REWE-Einkaufsmarktes begrenzt.

Wohnbebauung ist von den planungsbedingten Windfeldveränderungen nicht betroffen.

5.1.2 Tagsituation – Windanströmung aus Nordwesten (300°)

Die Windstatistik für die Station Hunsrückstraße in **Abbildung 10** dokumentiert, dass nordnordwestliche bis nordwestliche Windrichtungen am Tag sehr häufig (ca. 24% der Tagstunden) auftreten. Die möglichen planungsbedingten Windschatteneffekte der Bebauung im angedachten Planungsareal „Westlich der Tiergartenstraße“ sind zur Wohnbebauung im Bereich der Mozartstraße bzw. zur Grünzone entlang des Stadtbachs gerichtet.

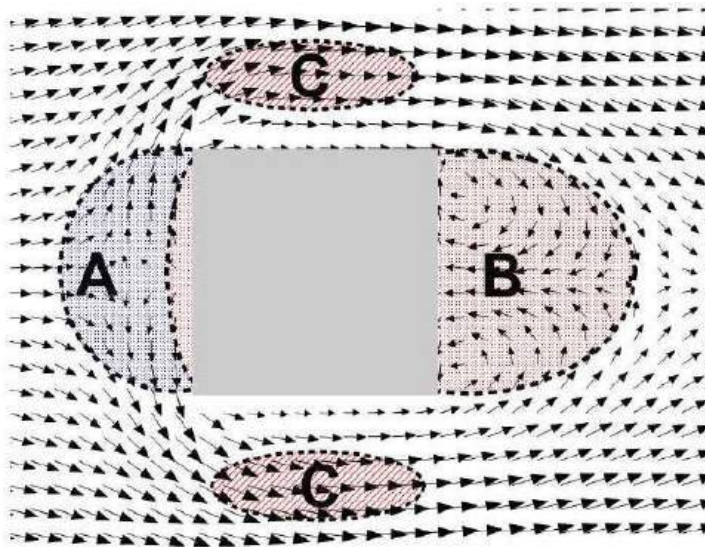
Die Ergebnisse der durchgeführten Strömungssimulationen (**Abbildungen 16.1 – 16.3**) lassen erkennen, dass nördlich und südlich des geplanten Tiefkühlhochlagers planungsbedingte Windbeschleunigungen zu bestimmen sind. Die bodennahe Windgeschwindigkeit nimmt dort recht großflächig um 0.2 – 0.4 m/s zu (= klimatischer Positiveffekt). Windgeschwindigkeitsreduktionen, die auf den Hochbau des Tiefkühlhochlagers zurückzuführen sind bleiben auf die geplanten Parkierungs- und Erschließungsflächen westlich der geplanten Bebauung und auf einen ca. 80 m breiten Streifen im Bereich der Grünanlage Siegfriedbrunnen (Kreuzungsbereich Tiergartenstraße / Mozartstraße) begrenzt. Im Bereich der Wohnbebauung Luise-Otto-Straße 1-21 sind nur noch geringfügige Windgeschwindigkeitsabnahmen von 0.1 – 0.3 m/s zu bilanzieren. Eine kritisch zu bewertende Zunahme örtlicher Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist nicht zu verzeichnen.

5.1.3 Nachtsituation – Windanströmung aus Osten (80°)

Während stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten Hochdruckwetterlagen häufen sich im Planungsgebiet in der 1. Nachthälfte Winde aus östlichen Richtungssektoren, die auf den Einfluss von Talabwinden aus dem Kirschhauser und Erbacher Tal zurückzuführen sind (siehe **Abbildung 10**, Klimamessstation Hunsrückstraße).

Die bebauungsplankonforme Bebauung (**Planungsvariante 1, Abbildung 17.1**) wirkt auf dem Planungsareal zwar als Strömungsbarriere, eine großflächige bzw. weitreichende Stau- und Windschattenwirkung, die über die angrenzenden Stellplatzflächen im Westen und die Tiergartenstraße im Osten hinausgehen, ist nicht festzustellen.

Das geplante Tiefkühlhochlager mit einer max. Gebäudehöhe hat in stadtklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten charakteristische Veränderungen ausgewählter meteorologischer Parameter in der unmittelbaren Umgebung zur Folge. Die zu erwartenden planungsbedingten Veränderungen bei Wind- und Temperaturfeld können wie folgt in schematischer Weise erläutert werden (**Grafik 8**).



Grafik 8: Schematische Darstellung zu den nächtlichen Veränderungen von Wind- und Temperaturfeld im Bereich eines Einzelgebäudes bzw. eines hochreichenden Baukörpers (Grafikentwurf: ÖKOPLANA / PROF. DR. G. GROSS)

Ein Baukörper in einer Kaltluftzugbahn bildet für die zuströmende nächtliche Kaltluft eine undurchdringbare Barriere. Die Strömung in Luv-Lage vor dem Baukörper wird aufgestaut, was zu einer windberuhigten Zone führt (A). In diesem Staubeereich kann sich die nächtliche bodennahe Luft stärker abkühlen, da sich die turbulenzbedingte Vermischung mit der darüber lagernden wärmeren Luft (nächtliche Bodeninversion) verringert. In unmittelbarer Wandnähe kann es auch durch die Bildung eines Luvwirbels mit abwärts gerichteter Strömung zu einer leichten Temperaturerhöhung kommen. Die Länge des Staubeereiches hängt von der Gebäudegeometrie, der Kaltluftfließgeschwindigkeit und der Kaltluftmächtigkeit ab. Sie kann in der Regel mit der 3- bis 5-fachen Höhe des Bauwerks angenommen werden (KING 1973).

Auch hinter dem geplanten Baukörper wird die Strömung verzögert (B). Aufgrund der modifizierten Bodeneigenschaften mit vermehrter Versiegelung und Verdichtung des Untergrundes ist hier allerdings mit einer Erwärmung zu rechnen. Diese wärmere Luft wird mit der Luftströmung in die angrenzenden Bereiche geführt und vermindert die ansonsten stärkere Abkühlung.

Der im Luv-Bereich der potenziellen Bebauung verzögerte Anteil der Strömung wird mit etwas höherer Windgeschwindigkeit an den Seiten vorbeigeführt (Umströmungseffekt, C). Dadurch wird die Turbulenz erhöht, was zu einer etwas intensiveren Vermischung mit der in der Höhe wärmeren Luft führt. In diesen Flankenbereichen kann daher nach Realisierung der Bebauung mit leicht höheren Temperaturen gerechnet werden, die dann auch mit dem vorhandenen Wind in die Umgebung verfrachtet werden.

Die Windfeldsimulationen für die **Planungsvariante 2 (Abbildungen 17.2 und 17.3)** dokumentieren, dass sich die zusätzlichen Luveffekte der höheren Bebauung auf den Nahbereich der Tiergartenstraße begrenzen. In Gebäudeleelage zeigen sich allein auf den geplanten Erschließungs- und Stellplatzflächen des Vorhabengrundstücks planungsbedingte Windabschwächungen. Verbleibende Windgeschwindigkeiten bis ca. 0.8 m/s (2 m ü.G.) lassen aber keine Luftstagnationstendenzen befürchten, die u.a. bei nächtlichem Lieferverkehr zu erhöhten Kfz-Immissionsbelastungen führen könnten.

Im Bereich des Allmendgrabens an der Hunsrückstraße sowie auf dem Unilever-Gelände im Süden des Planungsareals ist bei Realisierung der Planungsvariante 2 eine geringfügige Intensivierung der bodennahen Belüftung zu erwarten, da das Tiefkühlhochlager zu einer Labilisierung der bodennahen Luftschichten führt.

Wohnbebauung ist von keinen planungsbedingten Windfeldveränderungen betroffen.

5.1.4 Nachtsituation – Windanströmung aus Nordwesten (300°)

Während stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten Hochdruckwetterlagen können sich an windschwachen Tagen in der zweiten Nachthälfte am Planungsstandort zeitweise auch Flurwindbewegungen aus dem westlichen Freiraumgefüge in Richtung der Heppenheimer Siedlungslage einstellen (siehe Windstatistik Klimamessstation Hunsrückstraße, **Abbildung 10**).

Legt man den Windfeldsimulationen schwache Windbewegungen (1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.) aus nordwestlichen Richtungen zu Grunde, so tangieren planungsbedingte Windfeldveränderung allein im Bereich Mozartstraße / Luise-Otto-Straße 1-21 Wohngebäude (**Abbildungen 18.1 – 18.3**). Dort nimmt die Windgeschwindigkeit um ca. 0.1 – 0.2 m/s ab. Die verbleibende Belüftungsintensität ist in diesem Bereich allerdings weiterhin als ortstypisch einzustufen. Die Ausbildung großflächiger Windstagnation mit verstärkter Tendenz zu Wärmestaus und Luftschadstoffakkumulationen ist nicht zu befürchten.

Nördlich und südlich des geplanten Tiefkühlhochlagers sind durch die vermehrte Labilisierung der bodennahen Kaltluftschichten Anstiege bei den örtlichen Belüftungsintensitäten zu bilanzieren.

5.1.5 Kurzfazit - Belüftungssituation

Die Ergebnisse der vergleichenden mikroskaligen Strömungssimulationen zu den Planungsvarianten 1 und 2 belegen, dass die geplante Bebauung mit max. Gebäudehöhen bis 40 m am Tag zwar ein zusätzliches Strömungshindernis bildet, die davon ausgehenden Stau- und Windschatteneffekte aber in keiner relevanten Intensität die Belüftung im Planungsumfeld reduziert.

Bei am Tag häufig vorherrschenden Winden aus westsüdwestlichen Richtungen bleiben stadtklimatisch negativ zu wertende Windgeschwindigkeitsreduktionen bei Realisierung des Tiefkühlhochlagers auf einen Teilbereich der Stellplatzflächen im Westen des Plangebiets und auf den Parkplatz REWE-Einkaufsmarktes begrenzt. Wohnbebauung ist von den planungsbedingten Windfeldveränderungen nicht betroffen

Herrschen am Tag Nordwestwinde vor, so bleiben planungsbedingte Windabschwächungen auf die geplanten Parkierungs- und Erschließungsflächen westlich der Neubebauung und auf einen ca. 80 m breiten Streifen im Bereich der Grünanlage Siegfriedbrunnen (Kreuzungsbereich Tiergartenstraße / Mozartstraße) im Südosten begrenzt. Im Bereich der Wohnbebauung Luise-Otto-Straße 1-21 sind nur noch geringfügige Windgeschwindigkeitsabnahmen von 0.1 – 0.3 m/s zu bilanzieren. Eine kritisch zu bewertende Zunahme örtlicher Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist nicht zu verzeichnen.

Auch in den Nachtstunden lassen die Ergebnisse der durchgeführten Windfeldsimulationen keine als kritisch einzustufenden Strömungsmodifikationen erkennen.

Legt man den Windfeldsimulationen bspw. schwache Windbewegungen (1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.) aus nordwestlichen Richtungen zu Grunde, so tangieren planungsbedingte Windfeldveränderung allein im Bereich Mozartstraße / Luise-Otto-Straße 1-21 Wohngebäude. Dort nimmt die Windgeschwindigkeit um ca. 0.1 – 0.2 m/s ab. Die verbleibende Belüftungsintensität ist in diesem Bereich allerdings weiterhin als ortstypisch einzustufen. Die Ausbildung großflächiger Windstagnation mit verstärkter Tendenz zu Wärmestaus und Luftschadstoffakkumulationen ist nicht zu befürchten.

Nördlich und südlich des geplanten Tiefkühlhochlagers sind durch die vermehrte Labilisierung der bodennahen Kaltluftschichten Anstiege bei den örtlichen Belüftungsintensitäten zu bilanzieren.

5.2 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima

Zahlreiche Stadtklimastudien belegen, dass sich tagsüber intensiv aufgeheizte befestigte Areale nach Sonnenuntergang in den Sommermonaten nur verzögert abkühlen. Während über vegetationsbedeckten Bereichen nach Sonnenuntergang die Luft- und Oberflächentemperaturen vergleichsweise rasch sinken, bleiben versiegelte Flächen (Straßen, Parkplätze, Gebäude/Hallen) die ganze Nacht hindurch überwärmt. Durch die Erhöhung des Bauvolumens auf dem Vorhabengrundstück im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ ist sowohl am Tag als auch in der Nacht mit einer örtlichen Veränderung der thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen zu rechnen.

Die nachfolgenden Berechnungen zur Lufttemperatur beziehen sich auf bioklimatisch besonders belastende heiße Tage mit Tageshöchsttemperaturen von über 30°C (16:00 Uhr, ungefährender Zeitpunkt der höchsten thermischen Belastung) bzw. auf warme Sommernächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt bis zu dem in der Regel in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zu-Bett-Gehen nochmals durchgelüftet werden und 02:00 Uhr – 2. Nachthälfte).

Bei der Berechnung des Bioklimaindizes PET wird der 14:00 Uhr Termin gewählt, da zu diesem Zeitpunkt in Kombination Sonneneinstrahlung / Lufttemperatur die höchste bioklimatische Belastung zu erwarten ist.

Bei den Modellrechnungen wird davon ausgegangen, dass die Erschließungsstraßen asphaltiert und die Stellplatzflächen mit mittelgrauem Pflaster (Albedo 0.3) hergestellt sind. Im Sinne eines Worst-Case-Szenarios wird zudem keine Dachbegrünung berücksichtigt.

Für den Baumbestand wird im ENVI-met-Modell die Datenbank „simple plants“ (ds / dm) benutzt.

Wie bereits o.a., wird für die Tagsituation als humanbioklimatisches Maß ergänzend die physiologische Äquivalenttemperatur (engl. Physiological Equivalent Temperature, PET) berechnet, um die Aufenthaltsqualität im Bereich des Planungsgebiets und seines Umfeldes vertiefend zu bewerten. Derartige Berechnungen wurden in der hessenweiten Klimaanalyse durch IMA RICHTER & RÖCKLE (2022) ebenfalls durchgeführt – allerdings in mesoskaliger Auflösung von 200 x 200 m.

Der PET-Wert ist ein biometeorologisches Bewertungsmaß (siehe VDI-Richtlinie 3787, Bl. 2), das den aktuellen meteorologischen Atmosphärenzustand in thermischer Hinsicht für den Menschen bewertbar macht.

Die PET ist auf Basis einer standardisierten Person, die sich im Freien aufhält und nachfolgende Kriterien erfüllt, diejenige Temperatur, bei der im typischen Innenraum die Energiebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist. Es findet eine Adaption der real wahrgenommenen Bedingungen der Außenwelt in den Innenraum statt und ermöglicht es dem Menschen, den thermischen Zustand außerhalb mit seinen Erfahrungen im Innenraum in Relation zu setzen (IÖR 2011).

Die Standardperson (Klima-Michel) für den die PET-Berechnung aufgestellt ist, weist folgende Merkmale auf:

- Geschlecht: männlich
- Alter: 35 Jahre
- Gewicht: 75 kg
- Größe: 1,75 m
- Körperoberfläche: 1,9 m²
- metabolische Rate: 80 W (leichte Tätigkeit, sitzend)
- Kleidungsfaktor: 0,9 clo

Die PET zeigt eine starke Abhängigkeit von der mittleren Strahlungstemperatur, die entscheidend von der direkten Sonneneinstrahlung geprägt wird. Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Tabelle 2 zeigt die Kategorisierung der PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens.

PET (°C)	Thermisches Empfinden	Belastungskategorie
PET > 41	sehr heiß	extrem starke Wärmebelastung/Hitzestress
35 < PET ≤ 41	heiß	starke Wärmebelastung/Hitzestress
29 < PET ≤ 35	warm	moderate Wärmebelastung
23 < PET ≤ 29	leicht warm	leichte Wärmebelastung
18 < PET ≤ 23	komfortabel (neutral)	kein thermischer Stress
13 < PET ≤ 18	leicht kühl	leichter Kältestress
8 < PET ≤ 13	kühl	moderater Kältestress
4 < PET ≤ 8	kalt	starker Kältestress
PET ≤ 4	sehr kalt	extremer Kältestress

Tabelle 2: Kategorisierung von PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens. Aus: VDI-Richtlinie 3787, Bl. 2 (2022), S. 33

5.2.1 Thermische Situation an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr) mit westsüdwestlicher Luftströmung (240°)

Die **Abbildung 19.1** zeigt für die **Planungsvariante 1** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 16:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Vorausgesetzt wird eine westsüdwestliche Luftströmung (240°) mit einer Geschwindigkeit von 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. (= windschwache Situation), um die thermischen Auswirkungen des potenziellen Tiefkühlhochlagers auf die östlich bzw. nordöstlich angrenzende Bebauung zu bilanzieren.

Bei Lufttemperaturen im Bereich von gehölzüberstellten Grünflächen von ca. 34.00°C werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen Lufttemperaturen bis ca. 36.00°C berechnet. Über Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen von unter 34.50°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar.

Das Gewerbegebiet Tiergartenstraße bildet mit seinen großflächig versiegelten Stellplatzflächen eine prägnante Hitzeinsel aus, die nur in wenigen Teilbereichen von kühleren Grüninseln durchsetzt ist.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 2.0 K gegen 16:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Im Planungsgebiet werden über den Erschließungs- und Stellplatzflächen im Westen Lufttemperaturen von ca. $34.50 - 36.00^{\circ}\text{C}$ simuliert. Im Bereich der angedachten Grünflächen an der Tiergartenstraße belaufen sich die Lufttemperaturen auf Werte von ca. $34.00 - 34.50^{\circ}\text{C}$.

Mit der Realisierung des geplanten Tiefkühlhochbaus (**Planungsvariante 2, Abbildungen 19.2 und 19.3**) sind am Tag bei vorherrschenden Westsüdwestwinden in den bodennächsten Luftschichten keine bemerkenswerten Lufttemperaturmodifikationen zu bestimmen. Im unmittelbaren Nahbereich ist durch den vermehrten Schattenwurf der höheren Baukörper eine geringfügige Abnahme der Lufttemperatur (ca. -0.2 bis -0.4 K) zu erwarten. Planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen (ca. +0.2 bis +0.4 K) sind allein kleinflächig im Bereich der Tiergartenstraße zu ermitteln. Wohnbebauung ist von keinen planungsbedingten Lufttemperaturmodifikationen betroffen.

5.2.2 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr / 14:00 Uhr) mit nordwestlicher Luftströmung (300°)

Auch bei vorherrschenden Winden aus nordnordwestlichen Richtungen (**Abbildungen 20.1 – 20.3**) gehen an stadtklimatisch besonders relevanten heißen Sommertagen von den nach Planungsentwurf möglichen Gebäudestrukturen mit Höhen bis 40 m (**Planungsvariante 2**) keine bedeutsamen thermischen Negativeffekte in Richtung der umliegenden Bestandsbebauung aus. Vielmehr werden durch die vermehrten gebäudebedingten Schattenwürfe gegenüber der **Planungsvariante 1** im unmittelbaren Nahbereich der Neubauten um ca. 0.2 – 1.4 K niedrigere Lufttemperaturen simuliert.

Auch die Modellrechnungen zur humanbioklimatischen Wärmebelastung (**Abbildungen 21.1 – 21.3**) belegen, dass durch das anvisierte Tiefkühlhochlager die PET-Werte allein kleinräumig auf dem östlichen Teilbereich des Vorhabengrundstücks um ca. 1 – 2°C ansteigen. Östlich der Tiergartenstraße stellen sich keine veränderten bioklimatischen Umgebungsbedingungen ein, so dass das Vorhaben aus bioklimatischer Sicht als unproblematisch einzustufen ist.

5.2.3 Thermische Situation in einer Sommernacht (23:00 Uhr, 1. Nachthälfte) mit schwacher östlicher Luftströmung (90°)

Wie u.a. in Kap. 4.2 bereits erläutert, setzen am Planungsstandort in stadtklimatisch besonders relevanten Sommernächten in der ersten Nachthälfte vermehrt lokal angelegte Kaltluftströmungen aus östlichen Richtungssektoren ein. Daher wird nachfolgend den Berechnungen eine beispielhafte Situation mit schwachen Ostwinden (1.5 m/s) und leicht stabiler Luftschichtung zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für die **Planungsvariante 1** (**Abbildung 22.1**) belegen, dass sich im Gewerbegebiet Tiergartenstraße in warmen Sommernächten eine prägnante Wärmeinsel ausbildet. Damit werden die Ergebnisse der mesoskaligen hessenweiten Modellrechnungen (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022, **Abbildung 11**) bestätigt. Die großflächig versiegelten Gewerbeflächen geben die am Tag aufgenommene Wärme in den Nachtstunden nur langsam ab, wodurch sich gegenüber größeren Grünarealen im Planungsumfeld (Grünfläche am Stadtbach nördlich der Mainzer Straße) um bis ca. 3.5 K höhere Lufttemperaturen einstellen.

Mit potenzieller Realisierung des Tiefkühlhochlagers (**Planungsvariante 2, Abbildungen 22.2 und 22.3**) ist durch das größere Bauvolumen und die davon ausgehende Wärmeabstrahlung in den bodennächsten Luftschichten (2 m ü.G.) auf dem Vorhabengrundstück mit ca. 0.2 – 0.6 K höheren Lufttemperaturen zu rechnen. Bei vorherrschenden Ostwinden sind hiervon aber allein die Erschließungs- und Stellplatzflächen im Westen betroffen. Im Freiraumgefüge westlich der Autobahn A5 das in der Raumnutzungskarte Rhein-Neckar als regionaler Grünzug gekennzeichnet ist, sind keine planungsbedingten thermischen Modifikationen zu erwarten. Die Funktion als Kaltluftentstehungsgebiet wird nicht weiter eingeschränkt. Östlich des Planungsareals zeigen sich keine planungsbedingten thermischen Veränderungen.

5.2.4 Thermische Situation in einer Sommernacht (02:00 Uhr, 2. Nachthälfte) mit schwacher nordwestlicher Luftströmung (300°)

Im Laufe der zweiten Nachthälfte häufen sich in windschwachen sommerlichen Strahlungsnächten im Planungsgebiet flurwindartige Windbewegungen aus nordwestlichen Richtungssektoren (siehe Kap. 4.2, **Abbildung 10** – Windstatistik Klimamessstation Hunsrückstraße).

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen (2 m ü.G.) für die **Planungsvariante 1 (Abbildung 23.1)** zeigen, dass die Landwirtschaftsflächen westlich der Autobahn A5 in den Nachtstunden als Kaltluftentstehungsgebiete fungieren. Mit flurwindartigen Luftaustauschbewegungen gelangt Kaltluft über die Autobahntrasse der A5 hinweg in das Gewerbegebiet Tiergartenstraße und forciert am Westrand die nächtliche Abkühlung. Im Bereich des Planungsgebiets stehen die großflächig versiegelten/überbauten Flächen einer intensiven nächtlichen Abkühlung entgegen. Gegenüber dem Freiraumgefüge westlich der Autobahn A5 werden im Vorhabengebiet um ca. 2 – 3 K höhere Lufttemperaturen berechnet.

Lokale Kaltluftzugbahnen in Richtung Osten bilden allein der Allmendgraben an der Hunsrückstraße und der Stadtbach im Süden.

Die Realisierung der **Planungsvariante 2 (Abbildungen 23.2 und 23.3)** bewirkt keine bedeutsamen thermischen Zusatzbelastungen. Allein in einem ca. 50 – 80 m breiten Streifen südöstlich des geplanten Tiefkühlhochlagers ist eine geringfügige Lufttemperaturerhöhung um 0.2 – 0.4 K zu verzeichnen. Im Bereich der Wohnbebauung entlang der Mozartstraße stellen sich keine thermischen Veränderungen ein, so dass das Planungsvorhaben bzgl. thermischer Gesichtspunkte als verträglich einzustufen ist.

5.2.5 Kurzfazit – thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen und zum Bioklima belegen, dass von dem geplanten Tiefkühlhochlager sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber der bebauungsplankonformen Planungsvariante 1 in der Umgebungsbebauung keine gravierende Zusatzbelastung ausgeht.

Bei am Tag häufig vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten ist im unmittelbaren Nahbereich der geplanten Bebauung durch den vermehrten Schattenwurf der höheren Baukörper eine geringfügige Abnahme der Lufttemperatur (ca. -0.2 bis -0.4 K) zu erwarten. Planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen (ca. +0.2 bis +0.4 K) sind allein kleinflächig im Bereich der Tiergartenstraße zu ermitteln. Wohnbebauung ist von keinen planungsbedingten Lufttemperaturmodifikationen betroffen.

Auch bei vorherrschenden Winden aus nordnordwestlichen Richtungen gehen an stadtklimatisch besonders relevanten heißen Sommertagen von den nach Planungsentwurf möglichen Gebäudestrukturen mit Höhen bis 40 m keine relevanten thermischen Negativeffekte in Richtung der umliegenden Bestandsbebauung aus. Vielmehr werden durch die vermehrten gebäudebedingten Schattenwürfe gegenüber der Planungsvariante 1 im unmittelbaren Nahbereich der Neubauten um ca. 0.2 – 1.4 K niedrigere Lufttemperaturen simuliert.

Auch die Modellrechnungen zur humanbioklimatischen Wärmebelastung verdeutlichen, dass durch das 40 m hohe Tiefkühlhochlager die PET-Werte allein kleinräumig auf dem östlichen Teilbereich des Vorhabengrundstücks um ca. 1 – 2°C ansteigen. Östlich der Tiergartenstraße stellen sich keine veränderten bioklimatischen Umgebungsbedingungen ein, so dass das Vorhaben auch aus bioklimatischer Sicht als unproblematisch zu bewerten ist.

In stadtklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten (ca. 30% der Nächte im Zeitraum Mai – September) setzen am Planungsstandort in der 1. Nachthälfte vermehrt lokal angelegte Kaltluftströmungen aus östlichen Richtungssektoren ein. Mit potenzieller Realisierung des Tiefkühlhochlagers ist durch das größere Bauvolumen und die davon ausgehende Wärmeabstrahlung in den bodennächsten Luftschichten (2 m ü.G.) auf dem Vorhabengrundstück gegenüber einer bebauungsplankonformen Bebauung mit ca. 0.2 – 0.6 K höheren Lufttemperaturen zu rechnen. Bei vorherrschenden Ostwinden sind hiervon aber allein die Erschließungs- und Stellplatzflächen im Westen betroffen.

Östlich des Planungsareals zeigen sich keine planungsbedingten thermischen Veränderungen.

Im Laufe der 2. Nachthälfte häufen sich in windschwachen sommerlichen Strahlungsnächten im Planungsgebiet Kaltluftbewegungen aus nordwestlichen Richtungssektoren. Dann befindet sich die Wohnbebauung entlang der Mozartstraße im Lee des Planungsgebiets.

Die Realisierung des Tiefkühlhochlagers bewirkt auch bei dieser Situation keine bedeutsamen thermischen Zusatzbelastungen. Allein in einem ca. 50 – 80 m breiten Streifen südöstlich des geplanten Tiefkühlhochlagers ist eine geringfügige Lufttemperaturerhöhung um 0.2 – 0.4 K zu verzeichnen. Im Bereich der Wohnbebauung entlang der Mozartstraße stellen sich keine thermischen Veränderungen ein, so dass das Planungsvorhaben bzgl. thermischer Gesichtspunkte als verträglich einzustufen ist.

6 Bewertung und Planungsempfehlungen

In der Kreisstadt Heppenheim (Bergstraße) ist im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ zwischen der Westerwaldstraße im Westen und der Tiergartenstraße im Osten auf dem Betriebsgelände von THE MAGNUM ICE CREAM COMPANY ein 40 m hohes Tiefkühlhochlager geplant. Die Größe des Vorhabengrundstücks beträgt ca. 4.8 ha.

Im aktuellen Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992) ist für den Planungsstandort eine max. Gebäudehöhe von 14 m bzw. 16 m festgesetzt. Das geplante Tiefkühlhochlager überschreitet diese Maße damit deutlich.

Im Rahmen des anstehenden Bebauungsplanverfahrens sind mit Hilfe eines Klimagutachtens die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem Planentwurf sich ergebenden strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten. Hierbei ist dem Planentwurf (Planungsvariante 2) eine bebauungsplankonforme Baustruktur (Planungsvariante 1) mit Gebäudehöhen von max. 14 m bzw. 16 m gegenüberzustellen.

Aus den in Kap. 4 beschriebenen ortsspezifischen Klimaverhältnissen resultiert, dass die Belüftungsintensitäten sowohl am Tag als auch in der Nacht im Planungsumfeld nicht zusätzlich nachhaltig gestört werden sollten. Zudem ist zu beachten, dass das zusätzliche Bauvolumen nicht zu einer gravierenden thermischen Zusatzbelastung in der benachbarten (Wohn-)Bestandsbebauung führt.

Die in Kap. 5.1.5 und 5.2.5 zusammenfassend erläuterten klimaökologischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens zeigen auf, dass im Planungsumfeld keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten sind, die einer Realisierung grundsätzlich entgegenstehen. Unvermeidbare strömungsdynamische Veränderungen führen in der nächstgelegenen Bestandsbebauung sowohl am Tag als auch in der Nacht zu keinen nennenswerten Beeinträchtigungen des bodennahen Luftaustausches. Auch eine lokalklimatisch bedeutsame Zunahme der thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen ist nicht zu bilanzieren.

Planungsempfehlungen

Angesichts der in Kap. 4.1 angeführten Prognosen zu den Klimawandelfolgen, die u.a. eine deutliche Zunahme von heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Hitzeperioden erwarten lassen, muss es Ziel der Planung sein, trotz der räumlich nur sehr eng begrenzten klimatischen Negativwirkung des geplanten Tiefkühlhochlagers die thermische / bioklimatische Ungunst des Planungsvorhabens mit ergänzenden Ausgleichsmaßnahmen zu minimieren. Dies wird auch von Seiten der HLNUG bei der Ausweisung / Gestaltung von Gewerbegebieten gefordert (siehe **Grafik 9**), um den Vorgaben des am 1. Juli 2024 in Kraft getretenen Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) zu entsprechen.



Grafik 9: Deckblatt der HLNUG-Broschüre „Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft“

https://hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/Gewerbegebiete-_klimaangepasst_und_fit_web.pdf

Nachfolgend werden daher klimawirksame Planungsempfehlungen skizziert. Die Hinweise sind als „Werkzeuge“ und in ihrer Gesamtheit als „Werkzeugkoffer“ zu verstehen, die bei einer planerischen Entwicklung des angedachten Gewerbegebiets mit Hilfe von Festsetzungen im Bebauungsplan konkretisiert werden können.

Insgesamt bieten sich aus klimaökologischer Sicht im vorliegenden Fall vier Handlungsfelder an:

- Bauwerksbegrünung
- Oberflächen- und Straßenraumgestaltung
- Grüne Infrastruktur
- Blaue Infrastruktur

Bauwerksbegrünung - Dachbegrünung:

Laut Festsetzungen im Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992), sind Flachdächer zu begrünen (Pkt. I/7.1). Der zur Prüfung vorgelegte Planungsentwurf vom 02.10.2025 sieht allein auf einer kleineren Dachfläche im Westen (Gebäudehöhe 9 m) ein Gründach vor. Aus Gründen der Klimaanpassung sollte geprüft werden, ob weitere Dachflächen begrünt werden sollen. So ist bspw. auch eine Kombination von PV-Anlagen mit extensiver Dachbegrünung möglich. PV-Anlagen, wie sie bereit auf dem Dach des Tiefkühlhochlagers geplant sind, können einen Beitrag zum Klimaschutz leisten (CO₂-Reduktion).

Wie eine Kombination von PV-Anlagen mit extensiver Dachbegrünung realisiert werden kann, zeigt **Foto 1**.



Foto 1: Beispielhafte Darstellung einer extensiven Dachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen auf dem Dach des Aldi-Süd Zentrallagers in Bingen am Rhein (Fotoaufnahme: ÖKOPLANA)

Ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach erhöht die Effizienz von darauf installierten Photovoltaikanlagen. Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.

Die kühlende Wirkung einzelner Dachbegrünungen beschränkt sich zwar auf die Luftmassen direkt über der Dachoberfläche, es ist jedoch anzunehmen, dass eine Begrünung vieler Dächer auch einen signifikanten Effekt auf die Nachbarschaft ausübt.

Dachbegrünungen leisten im Siedlungsgefüge auch einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit nach Starkregen. Die Abflussspitzen in die Kanalisation können damit gesenkt werden. Bei Extensivbegrünung beträgt der jährliche Wasserrückhalt im Mittel ca. 60% vom Niederschlag, bei Intensivbegrünung sogar bis 85%.

Dachbegrünungen sind mit vielen weiteren Synergieeffekten verbunden. Hierzu zählen u.a. Lärminderung und die Erhöhung der Biodiversität (PFOSE ET AL. 2013) sowie Energieeinsparungen im Gebäude durch die Dämmwirkung der Begrünung.

Aus klimaökologischer Sicht wären sogenannte Retentions Gründächer zu bevorzugen. Hierbei wird der Ablauf der Dachfläche mit einem Drosselement versehen, wodurch gezielt eine größere Regenmenge auf dem Dach zurückgehalten werden kann, als bei „normalen“ Gründächern (die Dachkonstruktion muss auf die zeitweilige Belastung mit Wasser ausgelegt sein).

Das gespeicherte Wasser kann einerseits zur Bewässerung der Dachbegrünung genutzt werden, aber auch zeitlich verzögert im Gebäudeumfeld einer Versickerungsanlage oder der Kanalisation zugeführt werden. Die Zwischenspeicherung des Niederschlagswassers erfolgt in einem separaten Stauraum unterhalb der Begrünung, die entweder intensiv oder extensiv sein kann.

Bauwerksbegrünung - Fassadenbegrünung:

Im Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992) sind unter Pkt. I/7.2 Fassadenbegrünungen festgesetzt. Durch eine Begrünung von Fassadenflächen kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der örtlichen Überhitzung an heißen Sommertagen geleistet werden. Begrünte Wände heizen sich in geringerem Maße auf, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung.

Im Vergleich zu einer unbegrünten Wand können nach PFOSE ET AL. 2013 in ca. 0.6 m Abstand zur Begrünung Lufttemperaturreduktionen bis ca. 1.3 K gemessen werden. Modellrechnungen weisen auf Maximalwerte bis ca. 3.0 K hin.

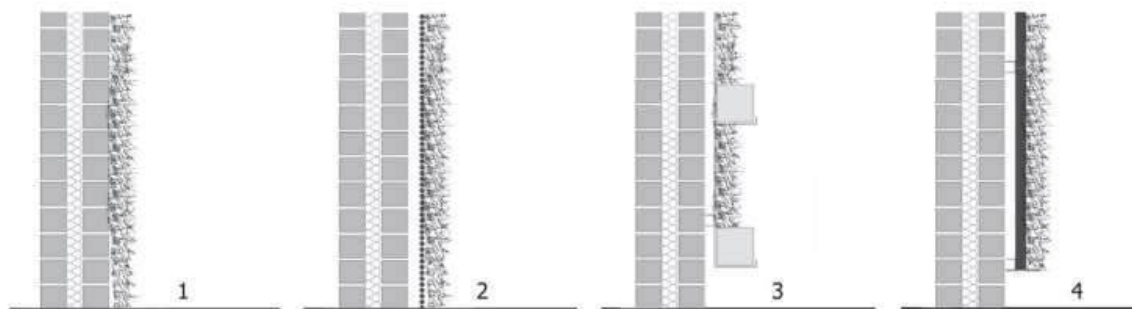
Zusätzlich reduziert sich durch den Schattenwurf der Vegetation auf die Hauswand und die Luftschicht im Zwischenraum die Wärmeaufnahme des Gebäudes. Somit kann durch Fassadenbegrünung sowohl der thermische Komfort in den angrenzenden Freiräumen als auch im Gebäudeinneren verbessert werden. Auf Fußgärgerniveau ist Fassadenbegrünung in thermischer Hinsicht wirksamer als eine Dachbegrünung.

Für die Luftreinhaltung sind begrünte Fassaden ebenfalls von Vorteil. Die Vegetation filtert Feinstaub und Schadstoffe aus der Luft und verbessert dadurch die Luftqualität. Auch für die Biodiversität sind begrünte Fassaden positiv. Sie bilden Lebensräume und können durch eine gezielte Bepflanzung mit geeigneten Pflanzenarten ebenfalls eine wichtige Nahrungsquelle darstellen.

Für Fassadenbegrünungen bieten sich im vorliegenden Fall insbesondere nach Süden, Westen und Osten hin orientierte Wände ohne größere Fenster-, Tür- und Torflächen / technische Konstruktionen an. Klimatisch wirkungsvoll sind vor allem Flächen ab einer Größe von 40 - 50 m². Auflagen des Brandschutzes sind dabei zu berücksichtigen.

Beispielhafte Möglichkeiten der Fassadenbegrünung

Grundsätzlich kann bei Fassadenbegrünungen zwischen wand- und bodengebundenen Systemen unterschieden werden, wovon vier Beispiele in **Grafik 10** dargestellt sind. Bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung wachsen die Pflanzen aus einer unversiegelten Fläche für den Wurzelraum auf dem Boden entlang der Fassade nach oben. Diese kann frei (1) oder unter Verwendung von Kletterhilfen (2) realisiert werden. Bei der fassadengebundenen Variante werden Substratträger an der Hauswand montiert. Diese können z. B. Pflanzenkästen (3) oder mit Erdschichten versehene Paneele sein (sog. „living walls“) (4) - SANTI ET AL. (2019).



Grafik 10 Beispielhafte Querschnittsdarstellung unterschiedlicher Fassadenbegrünungstypen (aus: SANTI ET AL. 2019: 115).

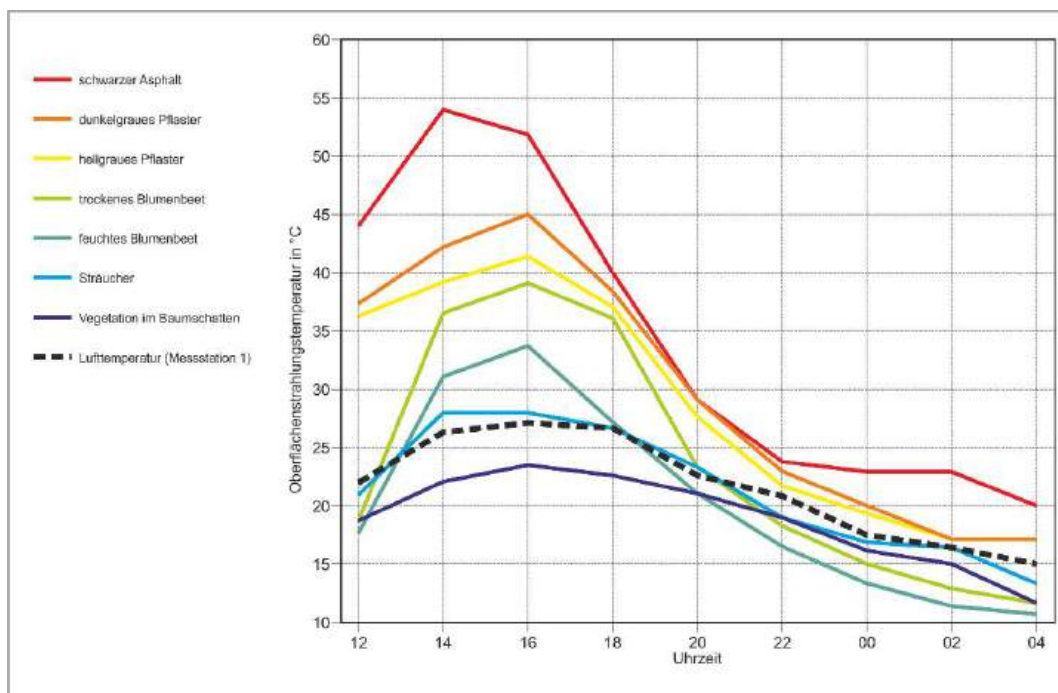
Oberflächen-, Straßenraumgestaltung - Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung

Damit im Planungsgebiet günstige thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind die befestigten Erschließungsflächen auf das nur notwendige Maß zu begrenzen.

Wie **Grafik 11** zeigt, weisen insbesondere hellgraue Pflasterbeläge gegenüber schwarzen bzw. dunkelgrauen Oberflächenbelägen deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf. Hierdurch wird in den Abendstunden auch die nächtliche Abkühlung forciert, so dass der Wärmeinseleffekt räumlich eingengt werden kann.

Bei Parkplätzen sind – wie heute bereits im Bestand - Rasengittersteine/Rasenfugenpflaster zu wählen. Die Vorteile geringerer Bodenversiegelungen sind u.a.:

- die Reduktion vom Regenwasserabfluss und Wasserspeicherung im Boden,
- die erhöhte Verdunstung des Bodens,
- die geringeren Oberflächentemperaturen.



Grafik 11: Oberflächenstrahlungstemperaturen unterschiedlicher Oberflächenbeläge am 21./22.07.2020 zwischen 12:00 Uhr und 04:00 Uhr (ÖKOPLANA 2020)

Erschließungswege und Stellplatzflächen sollten mit möglichst hellen Oberflächenbelägen ausgestaltet werden. Für Pflasterbeläge wäre ein mittlerer Hellbezugswert

(engl. Albedo)⁴ zwischen ca. 45.0 und 65.0 vorteilhaft (siehe **Grafik 12**), um am Tag die Aufheizung des Materials zu begrenzen und in der Nacht die örtliche Abkühlung nicht zu sehr zu verzögern. Bei zu hellen Belägen kann es am Tag zu Blendeffekten und zur Steigerung der bioklimatischen Belastung durch die Reflexstrahlung kommen.



Grafik 12: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne (aus: <https://www.brillux.de>)

Auch durch die Wahl heller Fassadenfarben kann die bioklimatische Belastung im Nahbereich von Gebäuden wirksam herabgesetzt werden. Klimastudien zu diesem Thema lassen im Nahbereich zwischen hellen und dunklen Fassaden um bis zu 2.3 K niedrigere PET-Werte (~ gefühlte Temperatur) erwarten (STADT ZÜRICH 2020), da die geringere Absorptionsfähigkeit heller Fassadenanstriche gegenüber dunklen Fassaden zu deutlich niedrigeren Oberflächentemperaturen führen (siehe **Foto 2**).

Im Bebauungsplan „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992) ist unter Pkt. II/1.1 bei der farblichen Gestaltung der baulichen Anlagen angeführt, dass ein Hellbezugswert von 70% allerdings nicht überschritten werden sollte.

⁴ Der Hellbezugswert definiert den Reflexionsgrad eines bestimmten Farbtons. Dabei ist der Reflexionsgrad des Schwarzpunktes = 0 % und der Reflexionsgrad des Weißpunktes = 100 %. Durch den Hellbezugswert wird beschrieben, wie weit der jeweilige Farbton vom Schwarzpunkt entfernt ist.

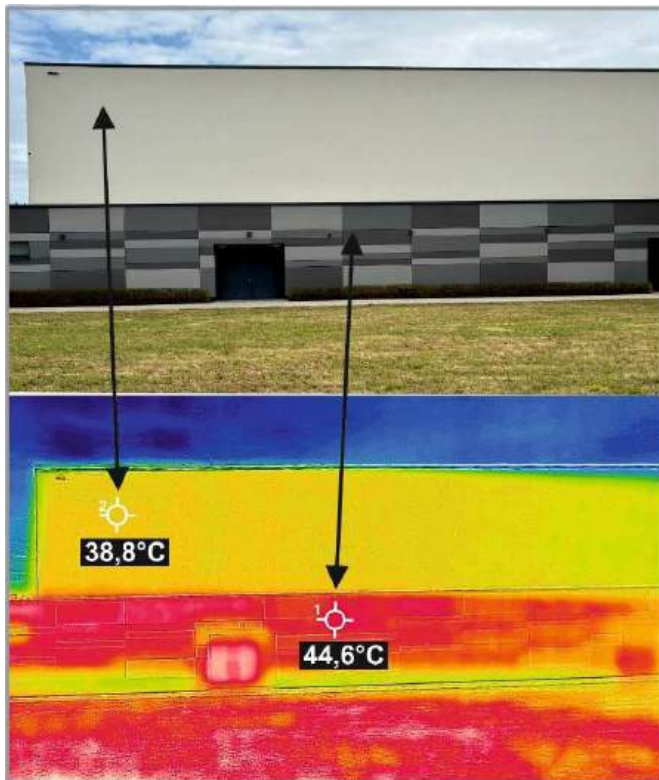


Foto 2: Oberflächentemperaturen heller und dunkler Fassaden
(Aufnahme: ÖKOPLANA)

Grüne Infrastruktur

Die Ergebnisse von Modellrechnungen zum Bioklima belegen, dass an heißen Sommertagen unter Bäumen die gefühlte Temperatur (PET) um über 10 K niedriger ist als in unbeschatteten Bereichen mit gleicher Bodenbedeckung. Die beschatteten Flächen speichern weniger Wärme, wodurch zudem der nächtliche Wärmeinseleffekt herabgesetzt wird.

Hinzu tragen neben der Verschattung die Transpiration der Bäume selbst sowie die Evaporation der unversiegelten Flächen, auf denen sie verortet sind, zu einer Abkühlung bei.

Wie im klimaökologisch geprüften Planungsentwurf zum Planungsvorhaben „Tiefkühlhochlager“ (**Abbildung 8**) bereits angedacht, sollten die Stellplatzflächen mit schattenwerfenden Laubbäumen begrünt werden. Je vier Stellplätze sollte mindestens ein schattenwerfender Baum gepflanzt werden. Alternativ ist an eine Überdachung der Parkplätze zu denken. Diese wäre zu begrünen oder mit PV-Anlagen auszustatten.

Auf der Grünfläche im östlichen Planungsteilgebiet wären zusätzliche Baumpflanzungen / Bauminseln kleinklimatisch zu empfehlen.

Die kühlenden Verdunstungseffekte sind dabei stark abhängig von der Wasserverfügbarkeit. Wird ein Baum in Trockenperioden ausreichend bewässert, kann er mehr Wasser verdunsten und der Kühleffekt ist größer als bei einem unbewässerten Baum, dem der ausgetrocknete Boden kaum Wasser liefert. Bei der Auswahl möglichst großkroniger Laubbäume ist daher auf ihre Trockentoleranz und Hitze-resistenz zu achten. Durch den Einsatz von Baumrigolen kann der Wasserhaushalt eines Baumes optimiert werden. In der Rigole kann Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und gespeichert werden, so dass es zu einem späteren Zeitpunkt zur Bewässerung des Baumes eingesetzt werden kann. Vor allem in den ersten Jahren nach der Pflanzung müssen Jungbäume bei anhaltender Trockenheit regelmäßig bewässert werden.

Die Anlage von Retentionsbereichen (Versickerungsmulden) ist ebenfalls vorteilhaft. Sie tragen zur Vermeidung von Überschwemmungen bei Starkniederschlagsereignissen bei. Zudem ist eine Speicherung von Wasser für trockenere Perioden möglich.

Neben Bäumen zählen auch Büsche, Sträucher und Rasen zur grünen Infrastruktur. Sie bewirken ebenfalls niedrigere Oberflächentemperaturen und wären – wo möglich - als grünordnerische Abgrenzungselemente an den Grundstücksrändern zu empfehlen.

Blaue Infrastruktur (Wasserflächen / Fontänen)

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der thermischen Umgebungsbedingungen an heißen Sommertagen bieten Wasserflächen in Form von Wasserspielen, Brunnenanlagen oder kleinen Teichen mit bewegtem Wasser / Fontänen.

Diese bieten sich bspw. im Bereich der Grünfläche im Osten an, die als Pausenflächen für Arbeitende angelegt werden könnte. Sie verringern die thermische Belastung an heißen Sommertagen im unmittelbaren Nahbereich durch Verdunstungskälte (vor allem beim Einsatz von Fontänen) und steigern damit die Qualität von Aufenthaltsbereichen.

In Kombination mit schattenwerfenden Bäumen sind lokale Lufttemperatursenkungen von ca. 0.2 – 1.5 °C möglich.

Fazit:

Die zur klimaökologischen Bewertung des geplanten Tiefkühlhochlagers durchgeführten Klimaanalysen lassen in der Gesamtbilanz keine klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung grundsätzlich entgegenstehen. Unvermeidbare strömungsdynamische Veränderungen führen in den nächstgelegenen Wohnlagen zu keinen bedeutsamen Beeinträchtigungen der Belüftungsintensitäten. Eine gravierende thermische / bioklimatische Zusatzbelastung, die zu einer Überschreitung des ortstypischen Klimaniveaus im Planungsumfeld führt, ist ebenfalls nicht festzustellen. Mit den o.a. Planungsempfehlungen lassen sich die zu bilanzierenden kleinräumigen thermischen Zusatzbelastungen noch weiter minimieren, was angesichts der Klimawandelfolgen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.



.....
gez. Achim. Burst (Dipl.-Geogr.)
ÖKOPLANA



Mannheim, 05. Dezember 2025

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- BAUMÜLLER, N. (2018):** Stadt im Klimawandel. Klimaanpassung in der Stadtplanung. Grundlagen, Maßnahmen und Instrumente. Städtebau-Institut der Univ. Stuttgart.
- BODEN T.A., MARLAND G., ANDRES R.J. (2017):** Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- BRUSE, M. (2002/2024):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Essen/Bochum.
- BRUSE, M. (2003):** Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.
- CUBASCH U ETAL. (2013):** Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- DAVIS N. ET. AL (2023):** The Global Wind Atlas: A high-resolution dataset of climatologies and associated webbased application. Bulletin of the American Meteorological Society E1507–E1525.
- FRIEDRICHS, J. ET AL. (2014):** Klimaanpassung in Kommunen und Regionen – eine Praxishilfe des Umweltbundesamtes. In: UVP-Report 28 (3 + 4). Hamm. S. 133 – 138.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2009):** Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar. Hannover. Mannheim.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2017):** Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. Reihe KLIMOPASS-Berichte. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA (2021):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2020. Hannover. Mannheim.
- GERICS (2021):** Klimaausblick – Landkreis Bergstraße. Hamburg.
- GIESE-EICHHORN (2003/2016):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.

- IMA RICHTER & RÖCKLE (2022):** Erstellung einer landesweiten Klimaanalyse / Kaltluftströmungssituation unter Berücksichtigung des klimawandelbedingten Temperaturanstiegs. Freiburg. i. Br.
- IÖR (2011):** REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.
- MOSS R. ET. AL (2010):** The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756
- ÖKOPLANA (1991):** Klimaökologische Studie im Bereich des Werksgeländes der Firma Langnese-Iglo unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1999):** Beurteilung der klimaökologischen Folgeerscheinungen der geplanten Erweiterung eines Hochregallagers/Distribution auf dem Gelände der Firma Microlog GmbH & Co. KG in Heppenheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2003):** Klimastudie zum Bebauungsplan „Sondergebiet östlich der Tiergartenstraße – Teil III“ in Heppenheim. Mannheim.
- PFOSE, N., JESSER, N., HENRICH, J., HEUSINGER, J., WEBER, S. (2013):** Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen - Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August 2013, Technische Universität Darmstadt (307 S.).
- SANTI, G., BERTOLAZZI, A., TURRINI, U. (2019):** Vertical Turf For Green Façades: a Vertical Greenery Modular System Integrated To the Building Envelope. In: Journal of Green Building, Vol. 14 (4). DOI: 10.3992/1943-4618.14.4.111 (S. 111-132).
- STADT ZÜRICH (2020):** Fachplanung Hitzeminderung, Zürich.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003/2024 - ENTWURF):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020):** VDI 3787, Bl. 4. Umweltmeteorologie – Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020): VDI 3787, Bl. 8. Umweltmeteorologie - Stadtentwicklung im Klimawandel. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2021): VDI 3787, Bl. 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Düsseldorf.

**Abb. 1 Lage des Planungsareals im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
Ausschnitt aus der TK 1:25.000**

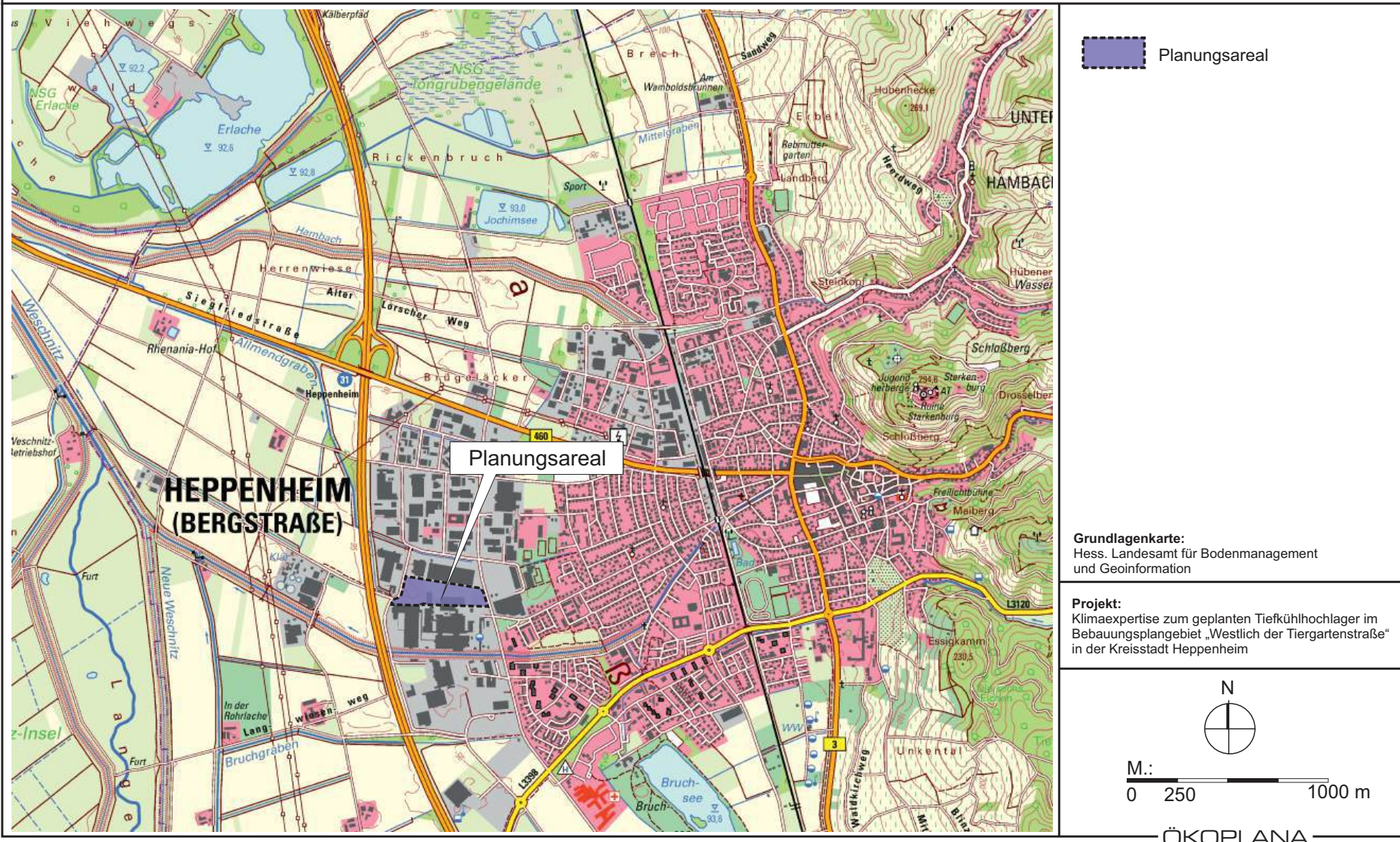


Abb. 2 Lage des Vorhabengrundstücks im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“



 Vorhabengrundstück

Flächengröße ca. 4.8 ha

Grafik bereitgestellt von:
Magistrat der Stadt Heppenheim

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

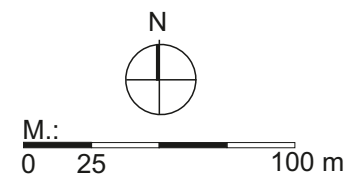


Abb. 3 Topografische Lagesituation des Planungsareals im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“

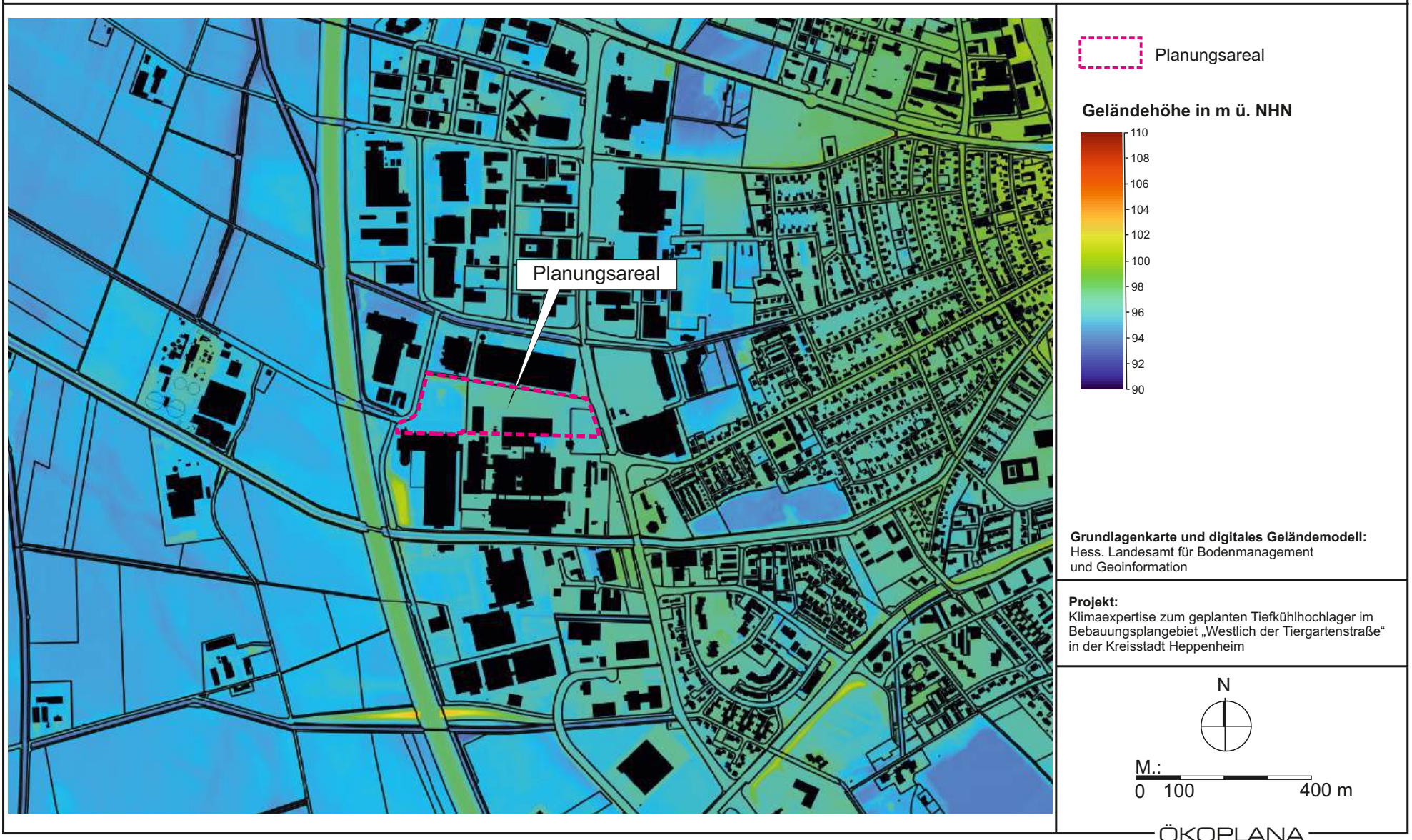
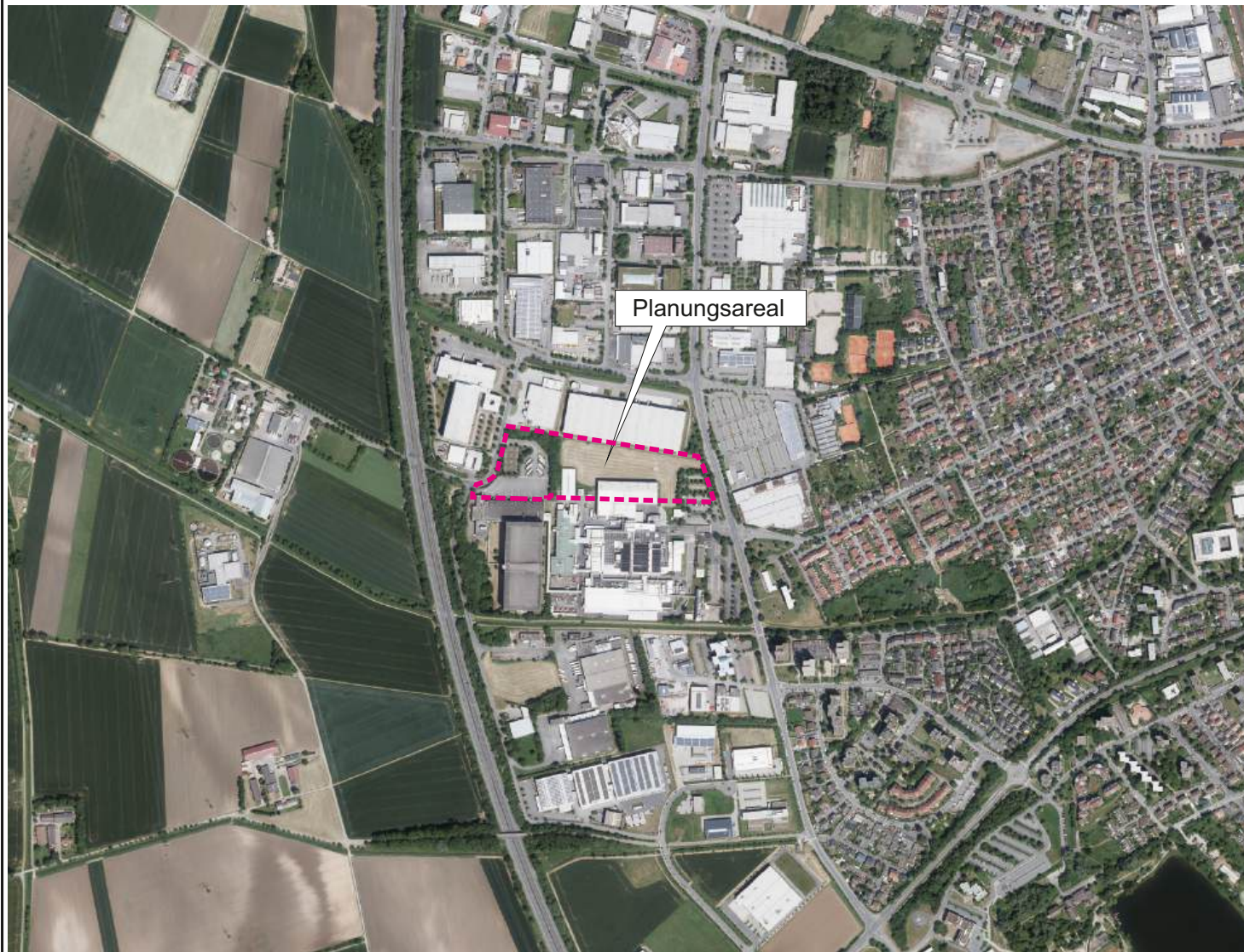


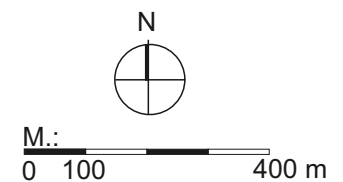
Abb. 4 Luftbild vom Planungsareal im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“



 Planungsareal

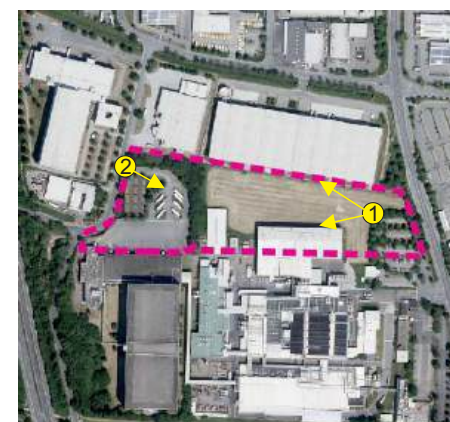
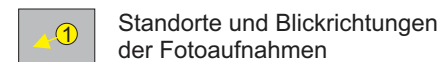
Luftbild:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



ÖKOPLANA

Abb. 5 Planungsareal - fotografische Dokumentation



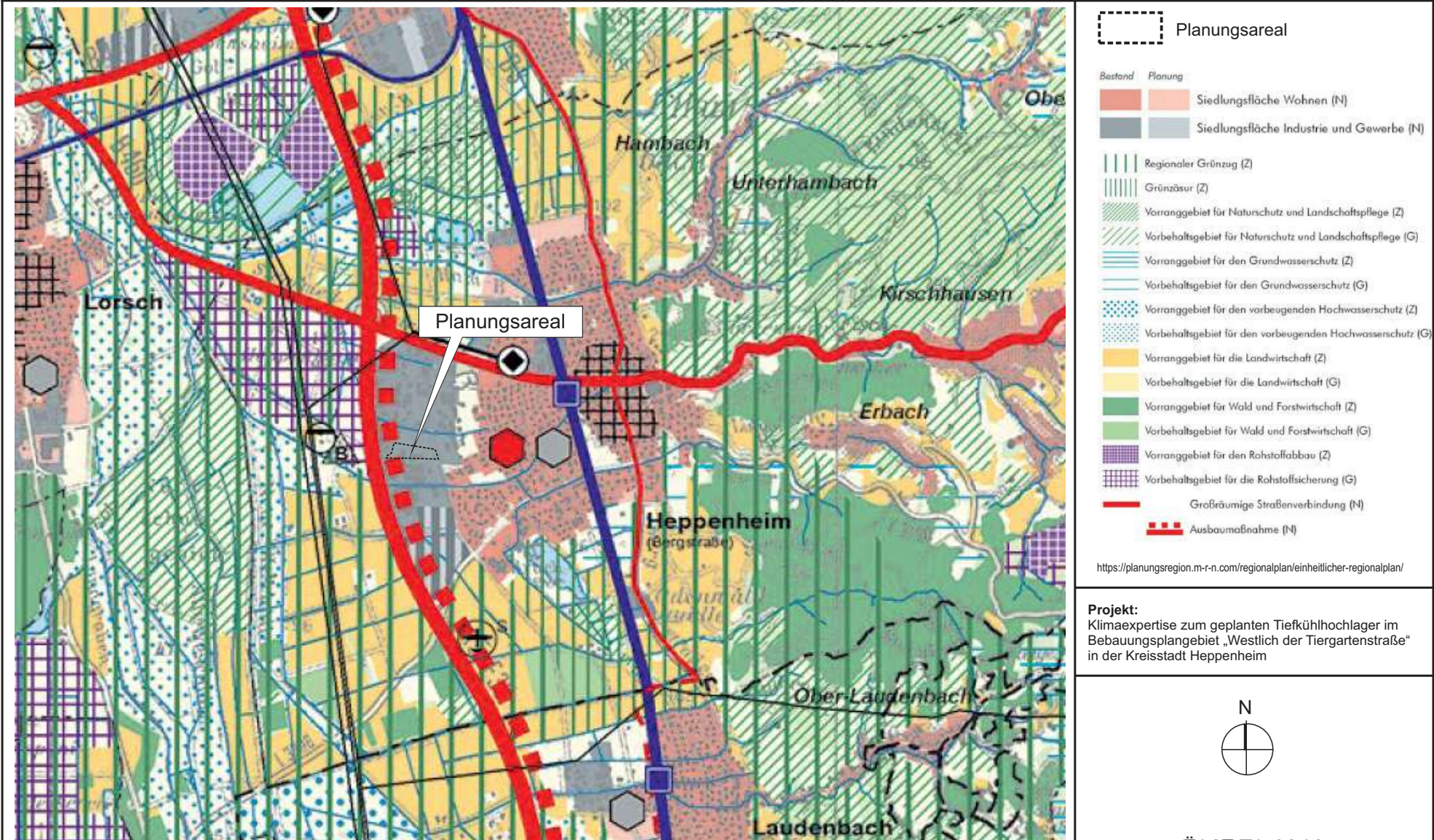
Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA

Luftbild:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

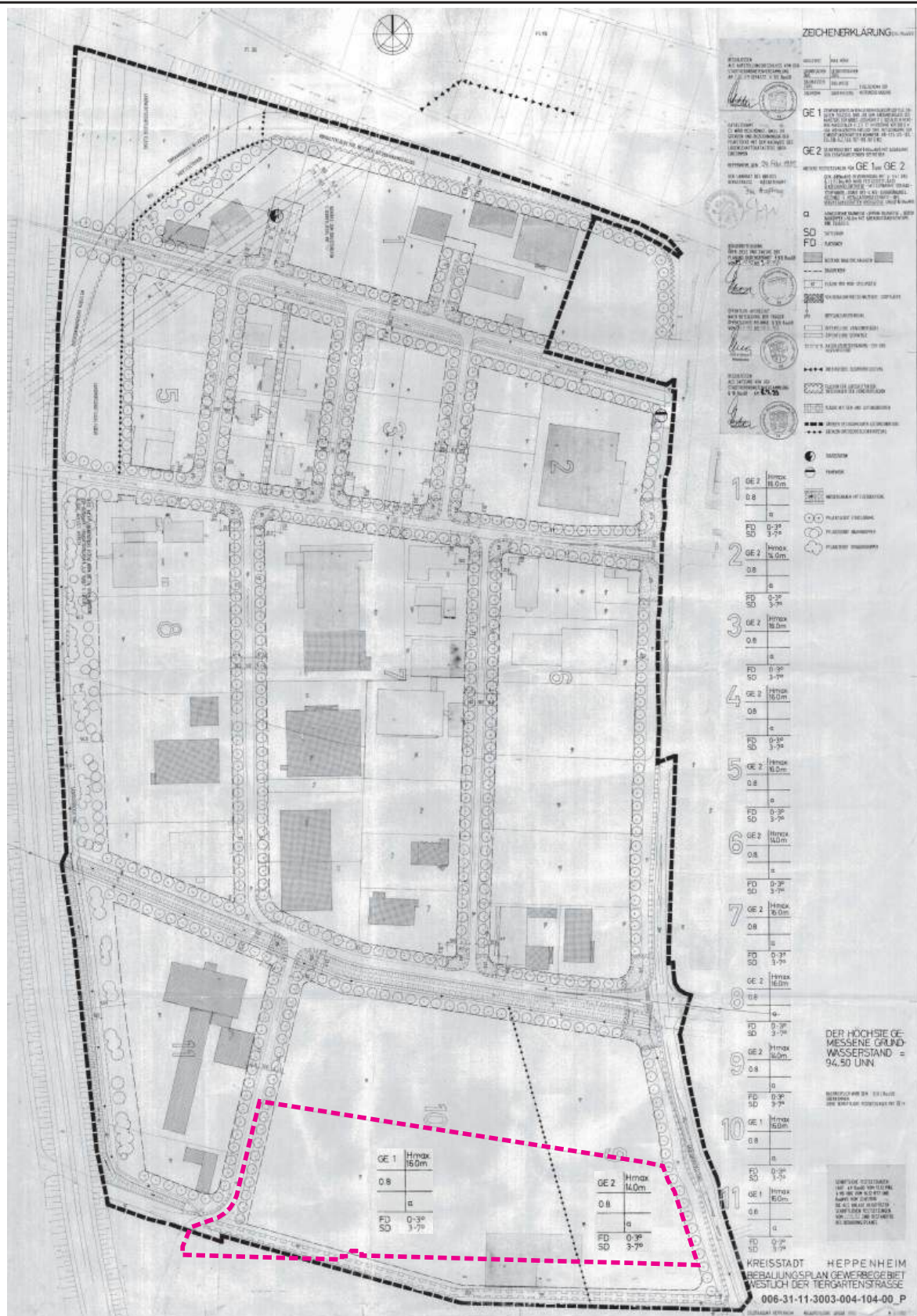
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



Abb. 6 Ausschnitt aus dem Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar / Raumnutzungskarte (2014)



**Abb. 7 Lage des Planungsareals im Bereich des Bebauungsplans
Gewerbegebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ (1992)**



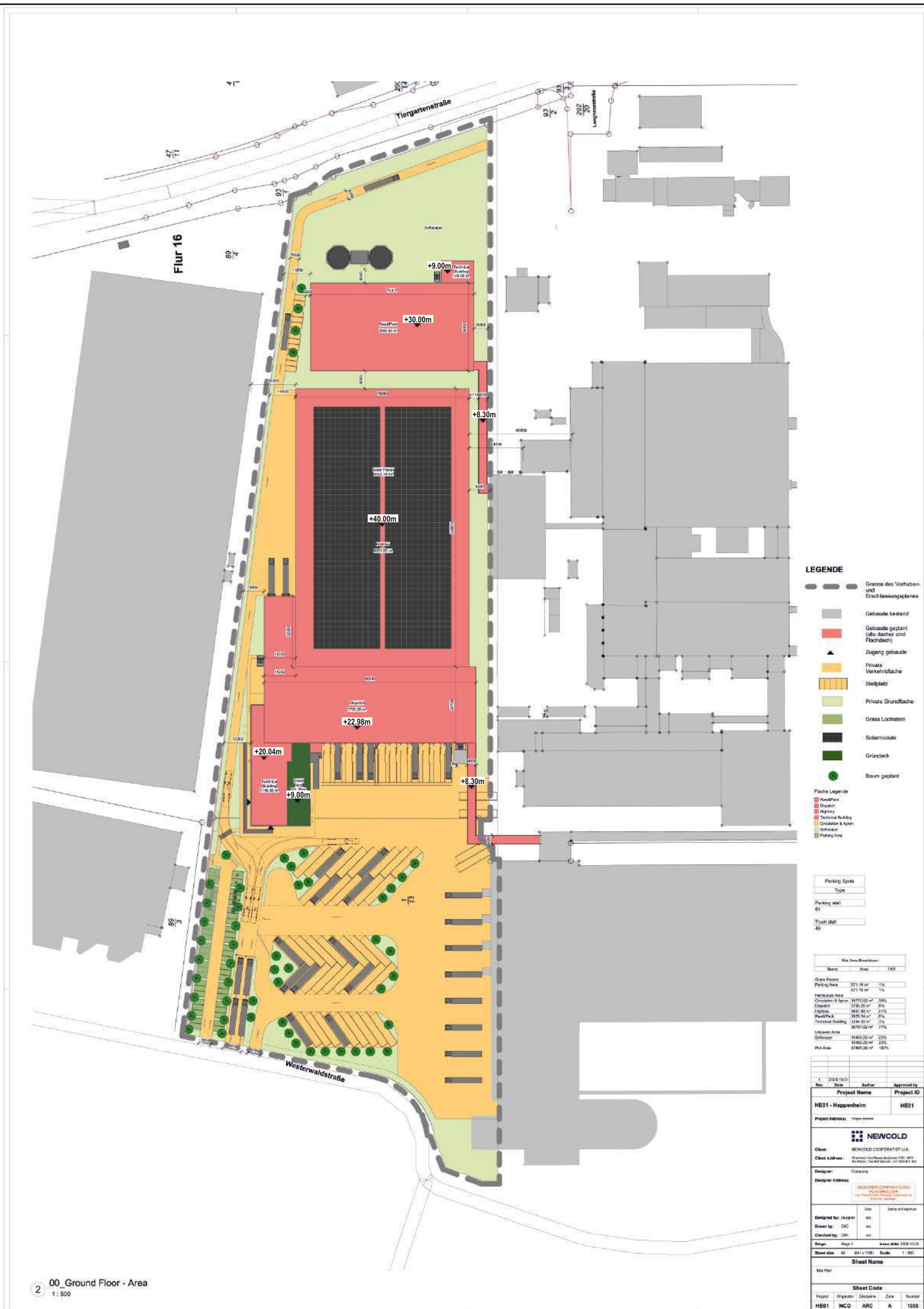
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

 Planungsareal

Gundlagenkarte:
Magistrat der Stadt Heppenheim

N
M.:
0 50 200 m
ÖKOPLANA

Abb. 8 Planungsentwurf für das Tiefkühlhochlager

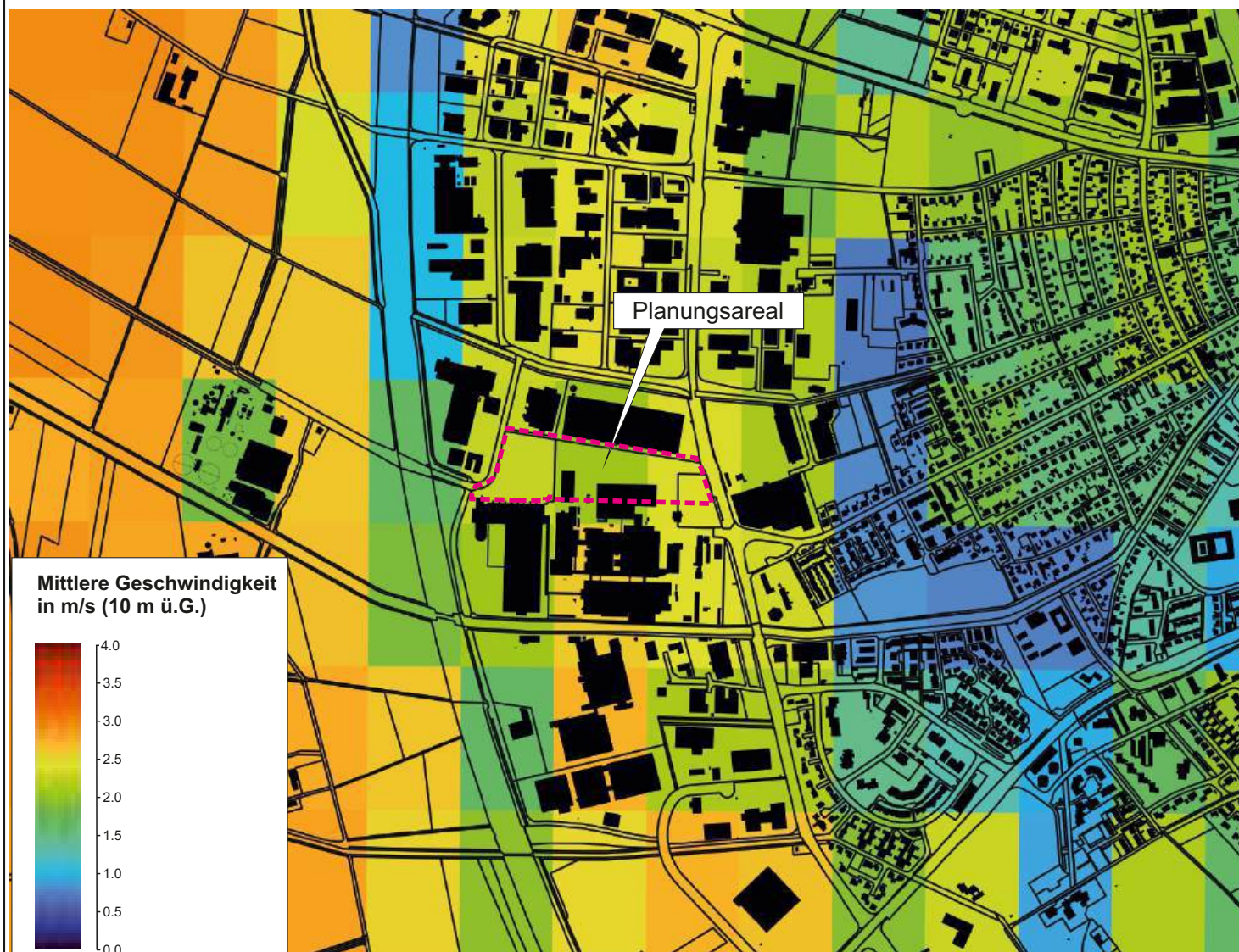


Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

Grafik bereitgestellt von:
Magistrat der Stadt Heppenheim



**Abb. 9 Ergebnisse numerischer Modellrechnungen
Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung (10 m ü.G.) im Planungsgebiet
und in dessen Umfeld**



Planungsareal

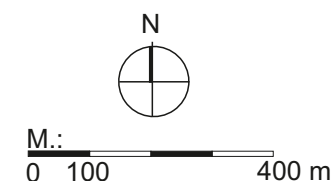
Raumbezugssystem	X-Koordinate	Y-Koordinate	Höhe[m]	Geländetyp
DHDN/IGK3 ETRS89/UTM32N	3472500 472435	5500000 5498239	97	Moderate Geländestrukturen



Windrichtungssektor	0° N	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Häufigkeit in %	5.5	4.5	2.8	1.7	1.3	1.7	2.5	4.0	5.5
Windrichtungssektor	90° O	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
Häufigkeit in %	6.5	5.8	4.2	2.5	1.6	1.3	1.6	2.4	3.6
Windrichtungssektor	180° S	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°
Häufigkeit in %	4.8	5.6	4.5	2.9	1.9	1.4	0.7	0.4	0.2
Windrichtungssektor	270° W	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°
Häufigkeit in %	0.2	0.2	0.4	1.0	1.7	2.4	3.2	4.4	5.2

Windstatistik: HLNUG - Windrosenatlas Hessen
<https://hlnug.de>

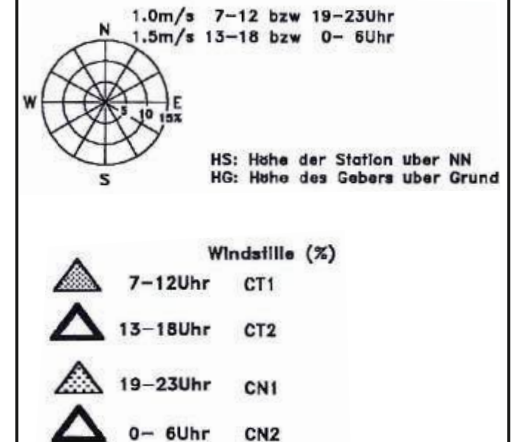
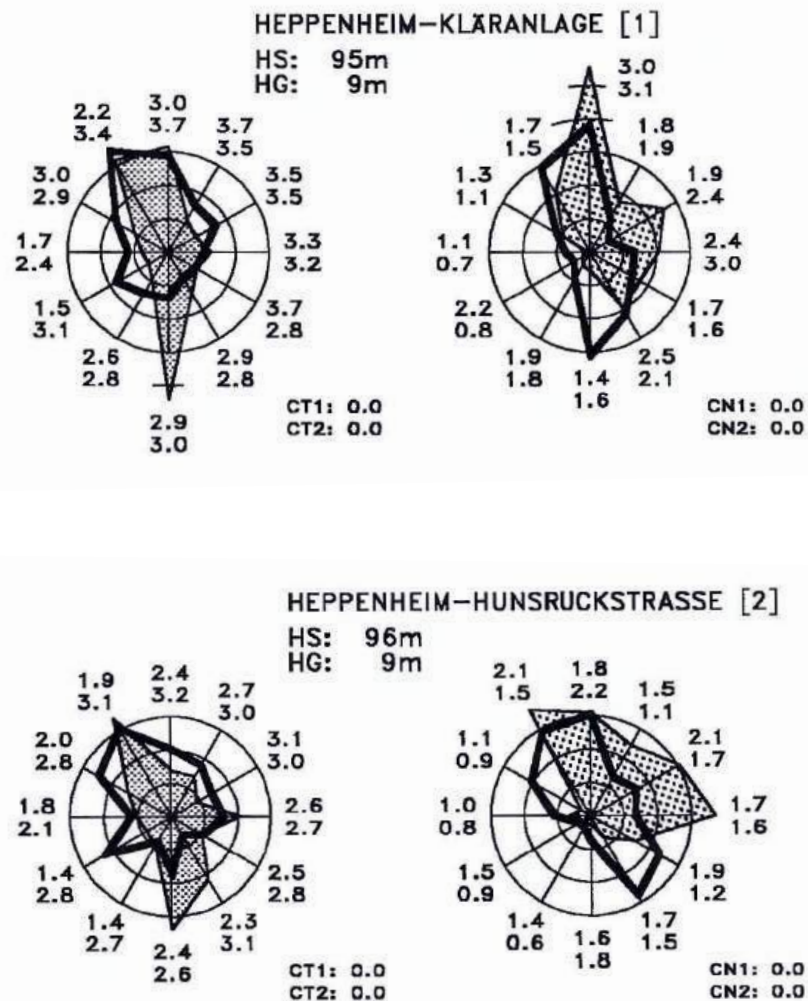
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



Winddaten: Global Wind Atlas (Davis et. al 2023)

ÖKOPLANA

Abb. 10 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeiten auf Grundlage von Messungen
Zeitraum: August - September 1991, alle Tage

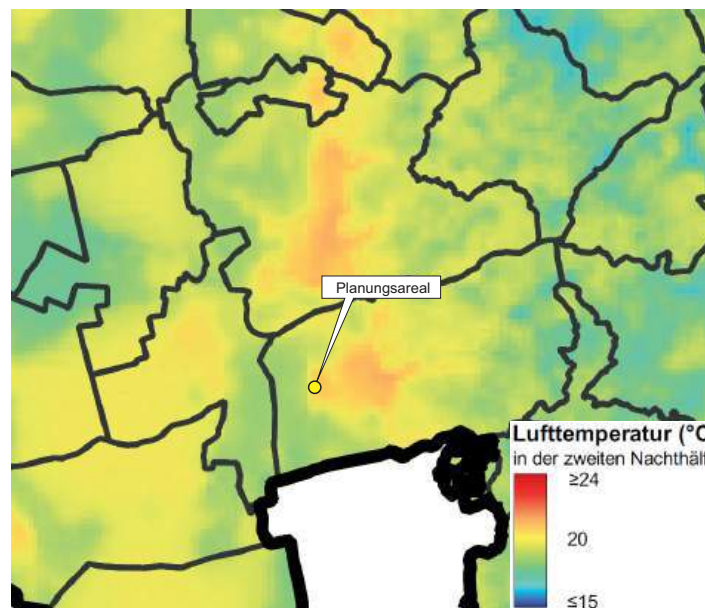
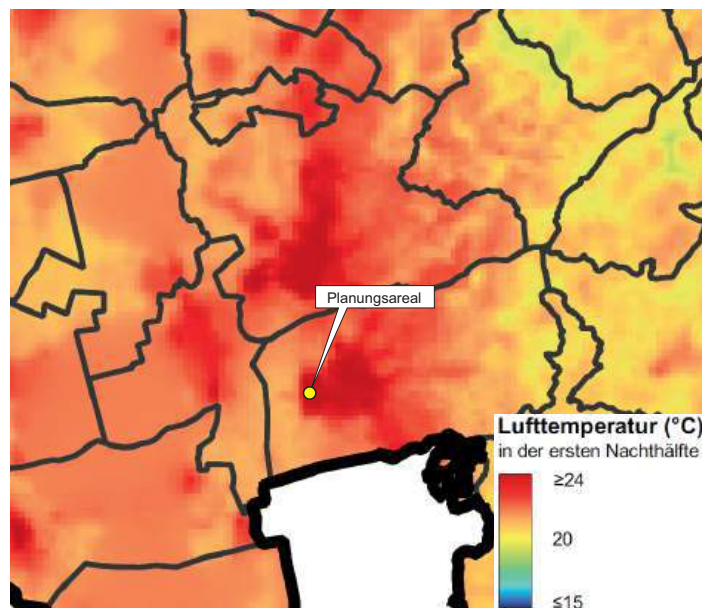
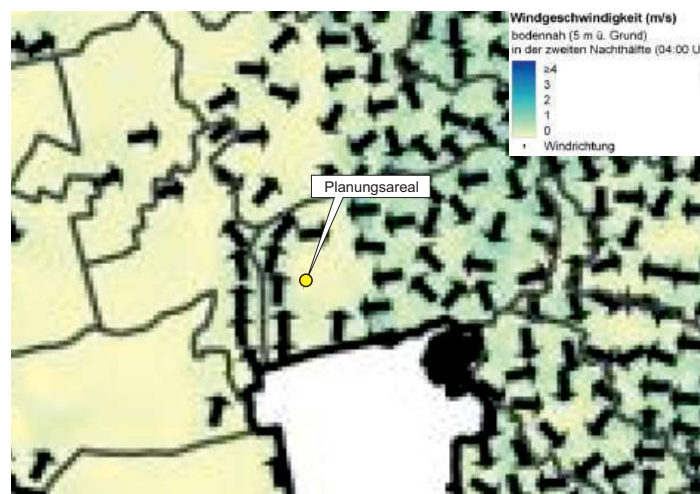
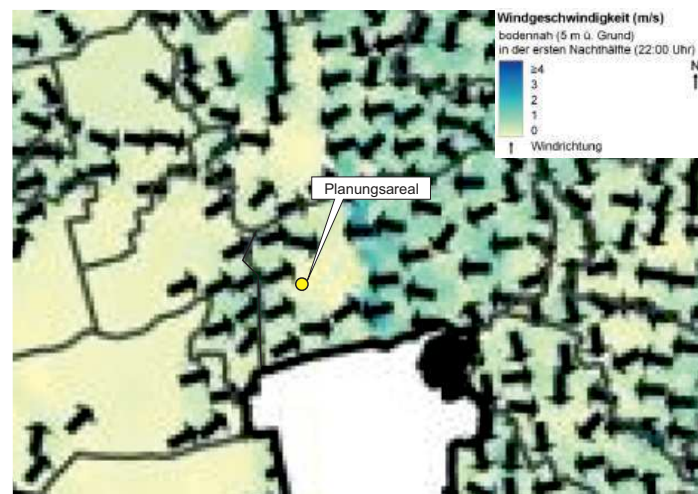


Grundlagenkarte:
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Grafik: ÖKOPLANA

Projekt:
 Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
 Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
 in der Kreisstadt Heppenheim

**Abb. 11 Ergebnisse numerischer Modellrechnungen
Kaltluftbewegungen und Lufttemperaturen in windschwachen sommerlichen Strahlungsächten
im Planungsareal und in dessen Umfeld**



- Planungsareal
- Regierungsbezirke
- Stadt-, Gemeindegrenzen
- Siedlungsgebiete

Grafikquelle:

<https://landesplanung.hessen.de/klima/landesweite-klimaanalyse>

IMA
Richter & Röckle

Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen

Daten: Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und
Geoinformation, © HVBG 2016

Projekt:

Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



Abb. 12 Ergebnisse numerischer Modellrechnungen
Windgeschwindigkeit um 04:00 Uhr in windschwachen sommerlichen Strahlungsnächten im
Planungsareal und in dessen Umfeld

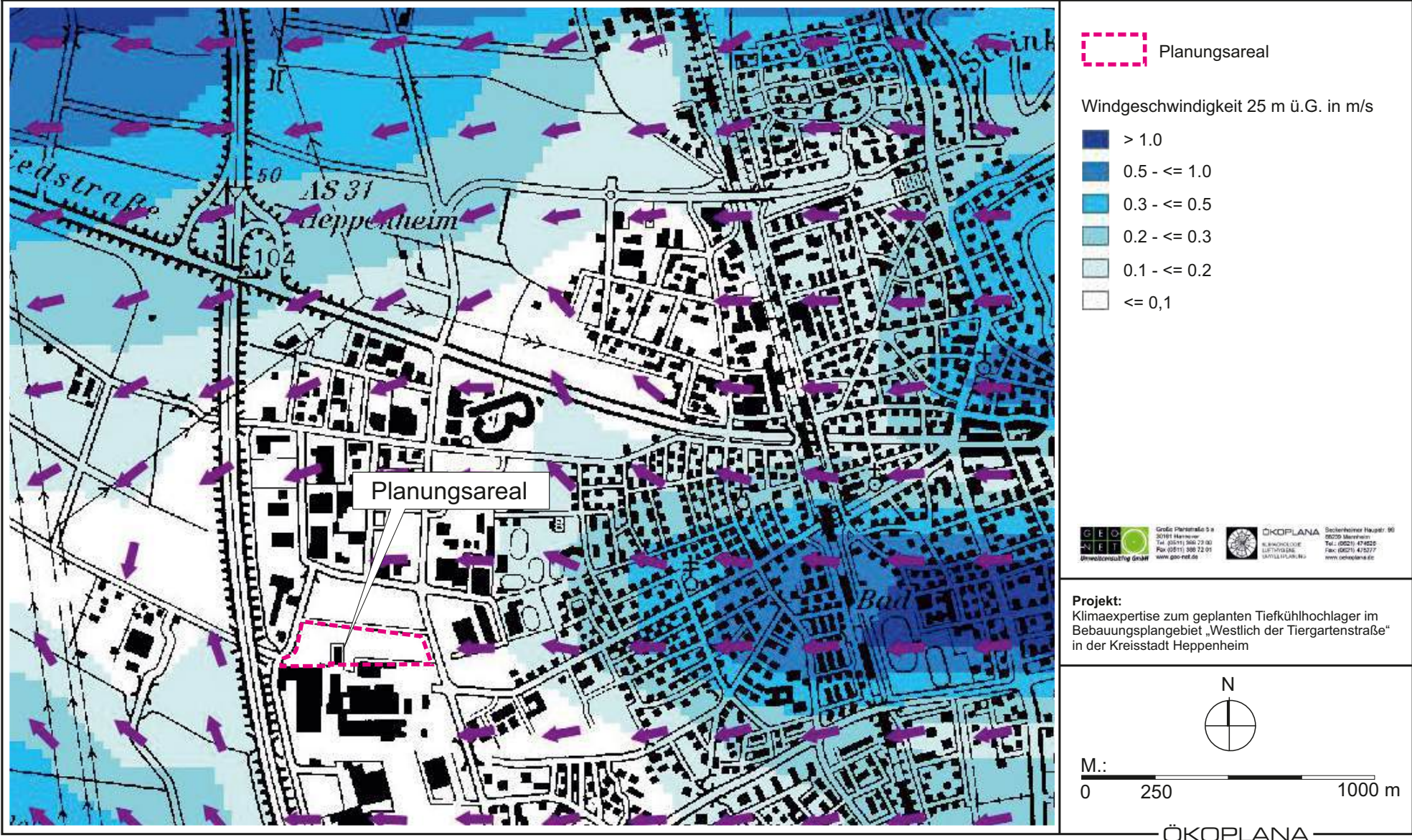
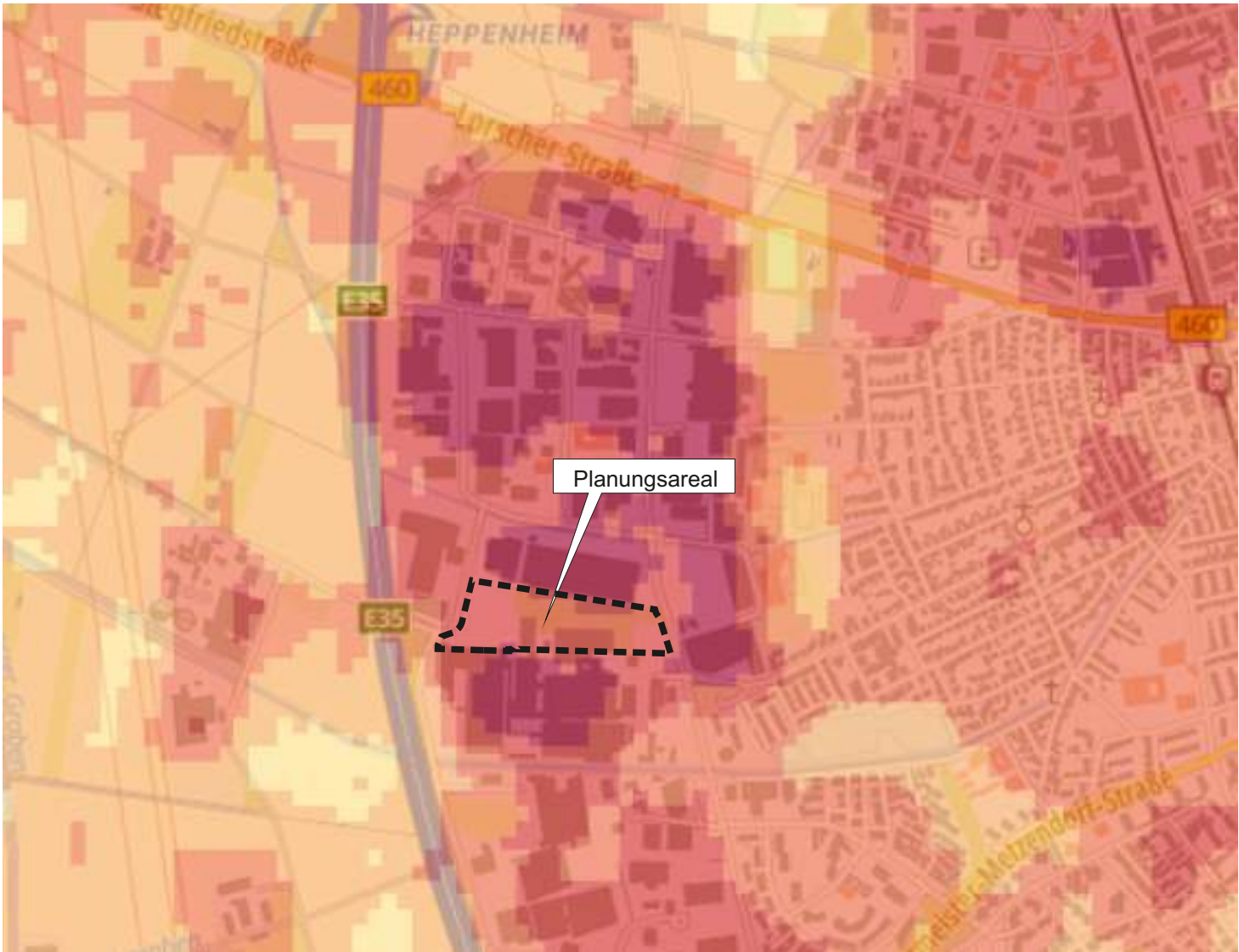


Abb. 13 Tages-Oberflächentemperaturen - Median der Sommermonate 2019 - 2024



Tagesoberflächentemperatur in °C

(Median der Sommermonate 2019 - 2024)

	unter 15
	15 - 18
	18 - 21
	21 - 24
	24 - 27
	27 - 30
	30 - 33
	33 - 36
	36 - 39
	39 - 42
	über 42

Quelle:
(c) UrbanGreenEye - LUP GmbH



Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

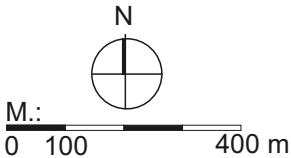


Abb. 14 Ergebnisse numerischer Modellrechnungen
Lufttemperatur um 04:00 Uhr in windschwachen sommerlichen Strahlungs Nächten im Planungsareal
und in dessen Umfeld

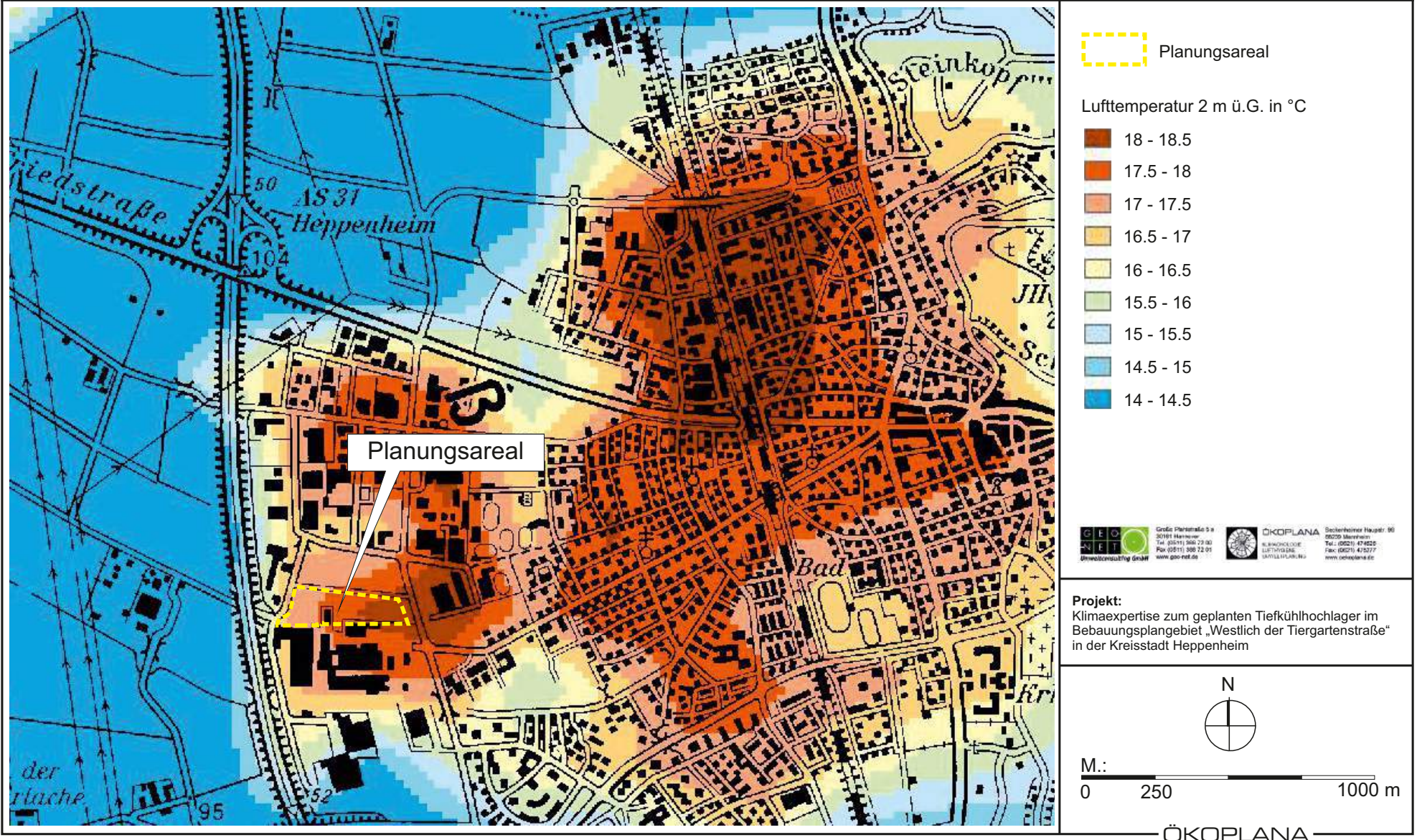
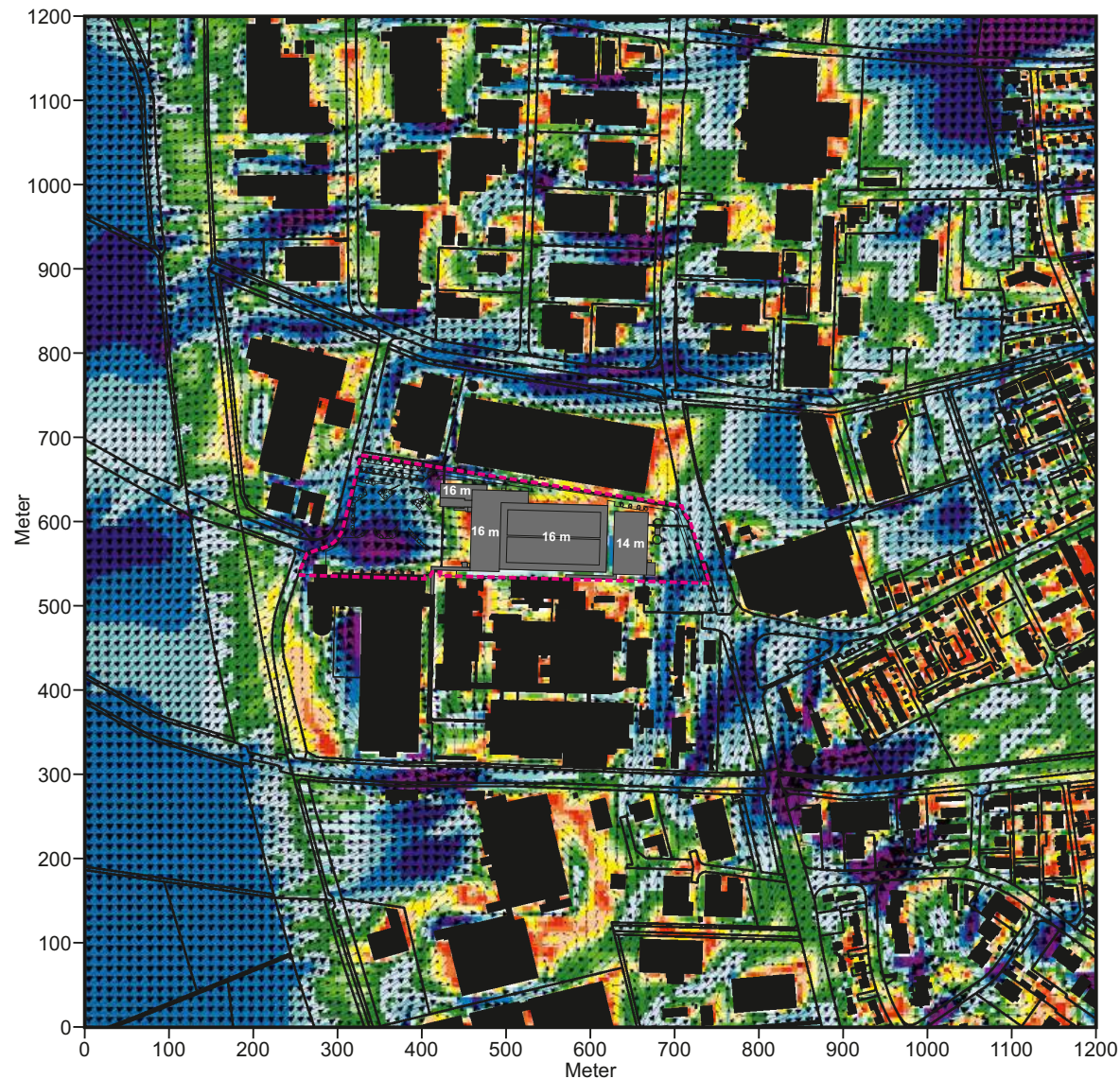
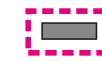
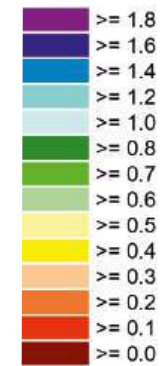


Abb. 15.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 **Windvektoren**

 **Anströmungsrichtung**

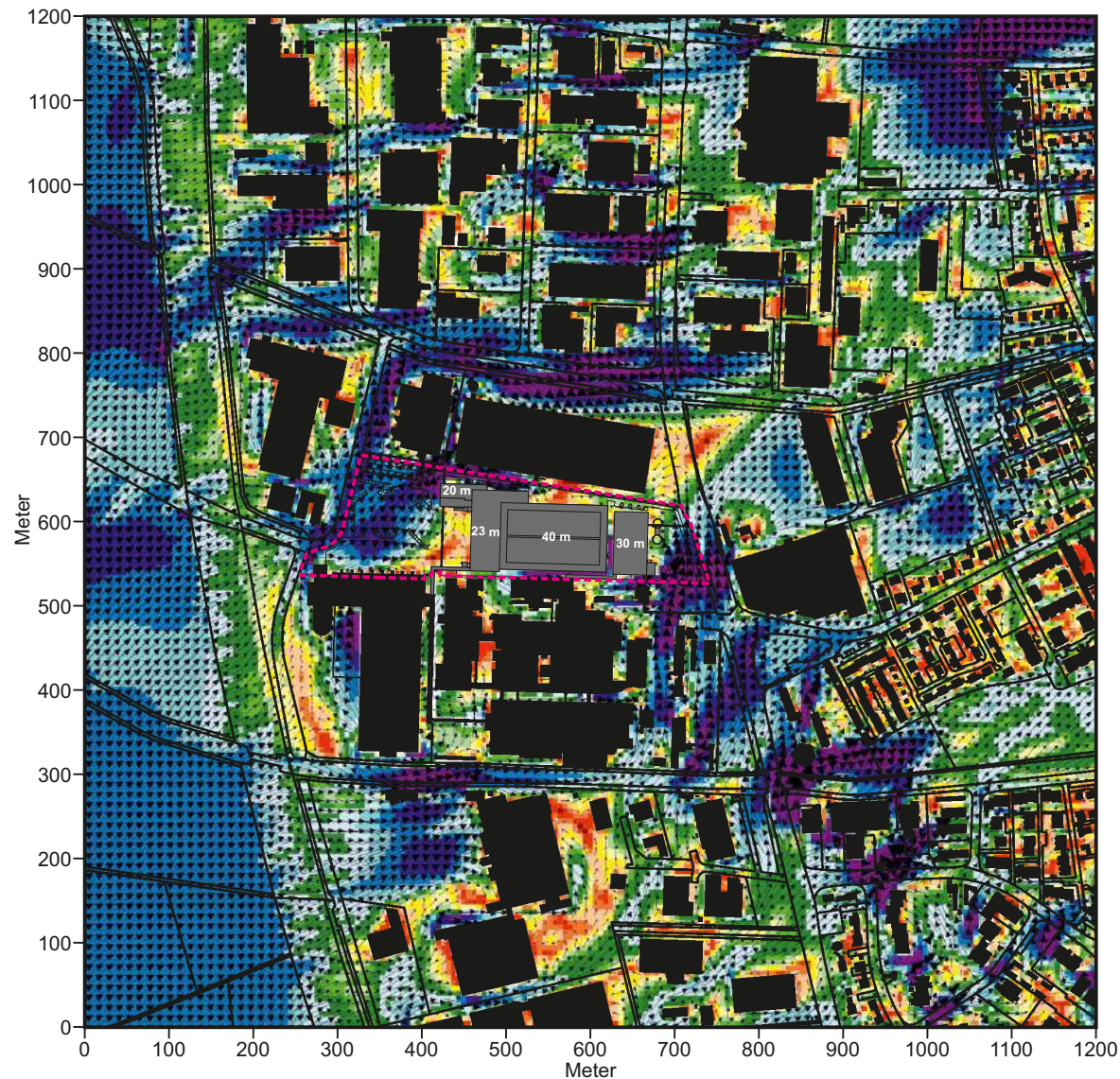
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



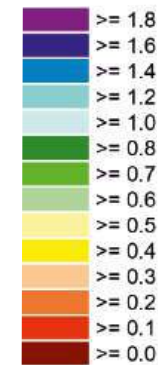
ÖKOPLANA

Abb. 15.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



Windvektoren

Anströmungsrichtung

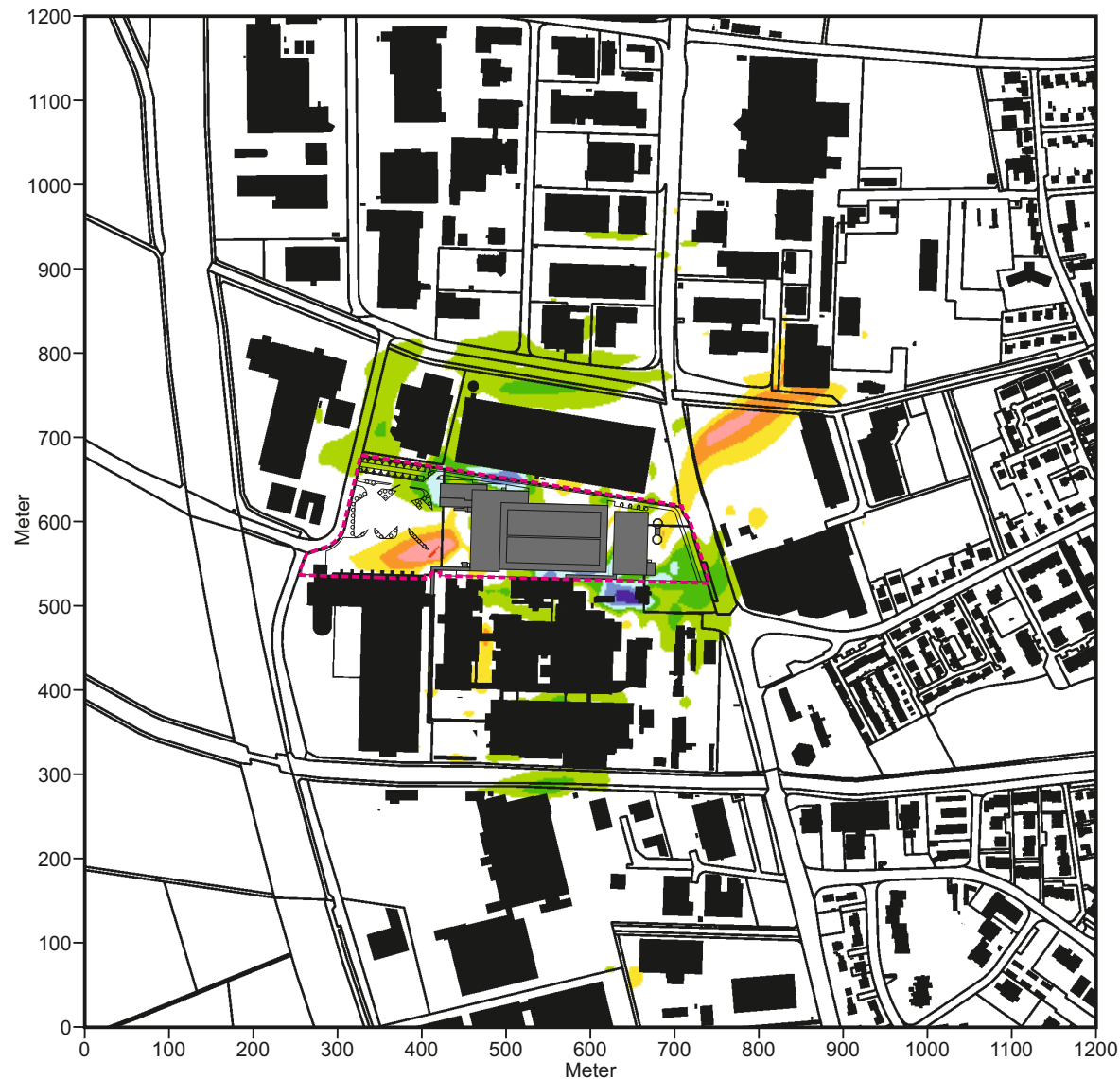
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



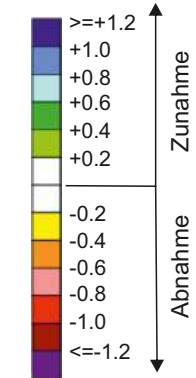
ÖKOPLANA

Abb. 15.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag bei einer
Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



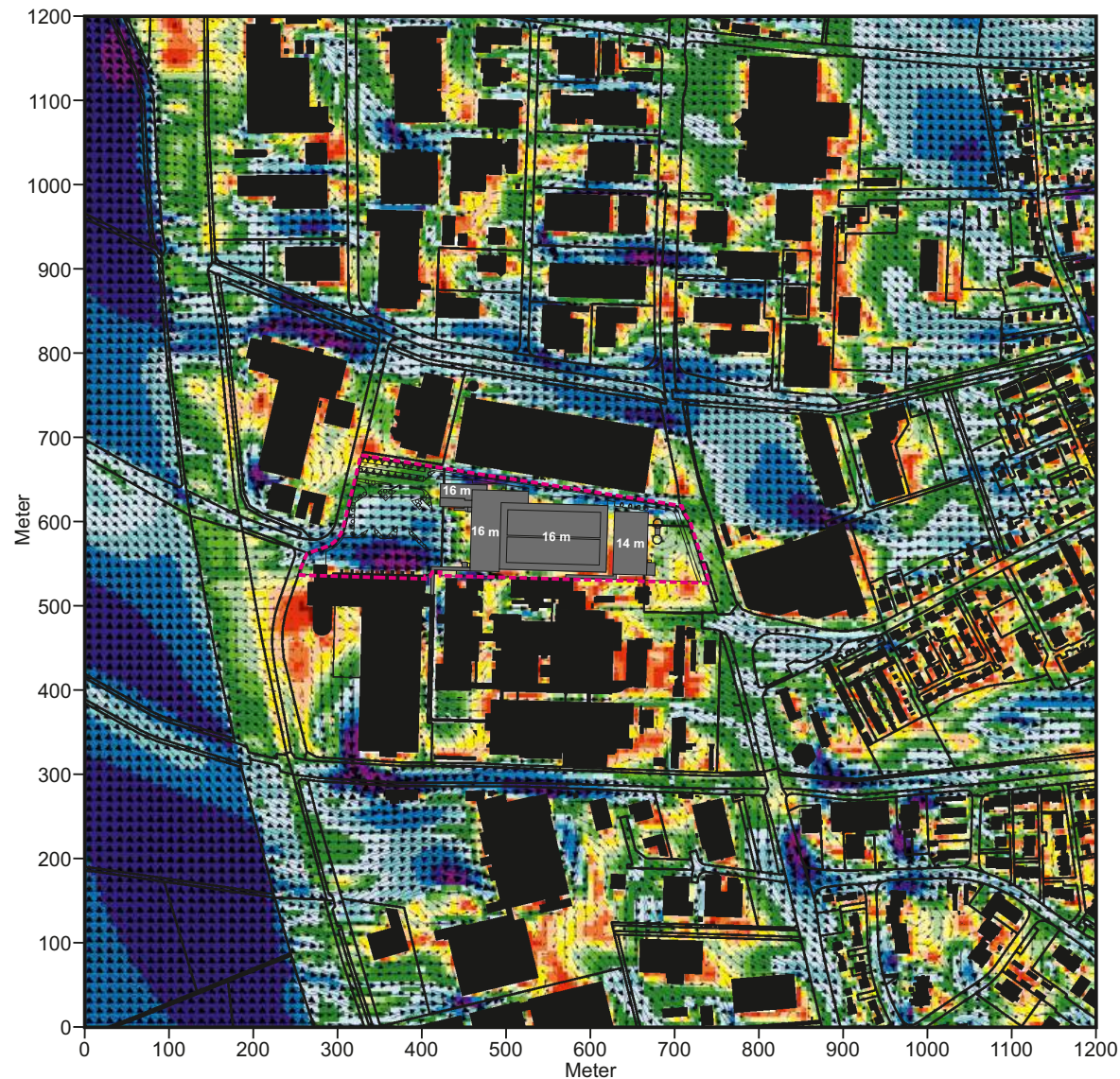
 Anströmungsrichtung

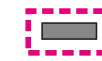
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

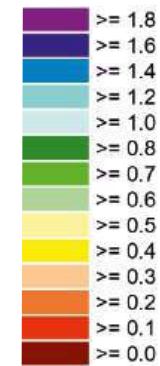


Abb. 16.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 Windvektoren

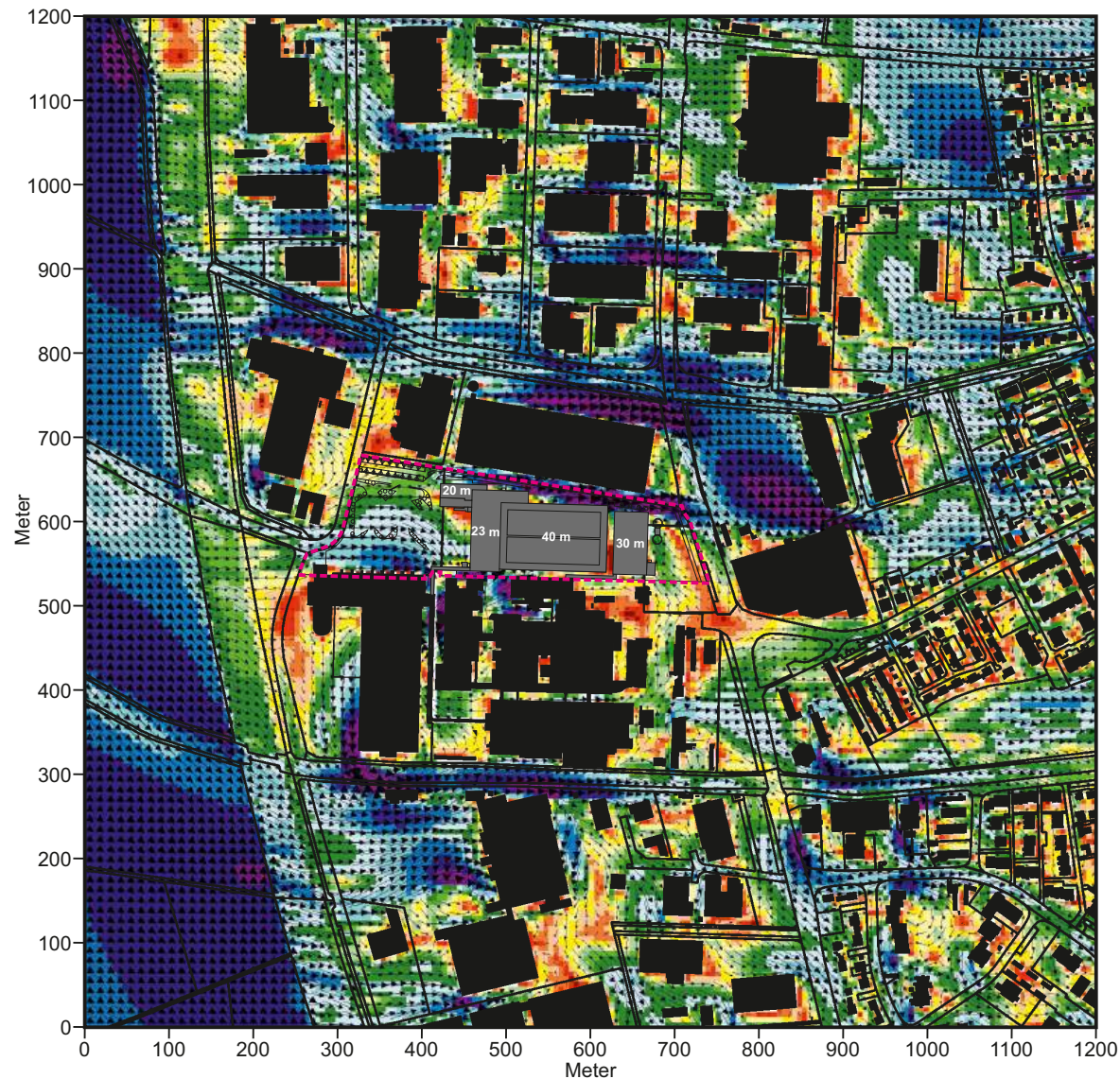
 Anströmungsrichtung

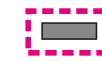
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

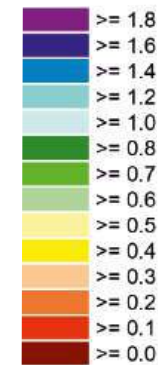


Abb. 16.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 **Windvektoren**

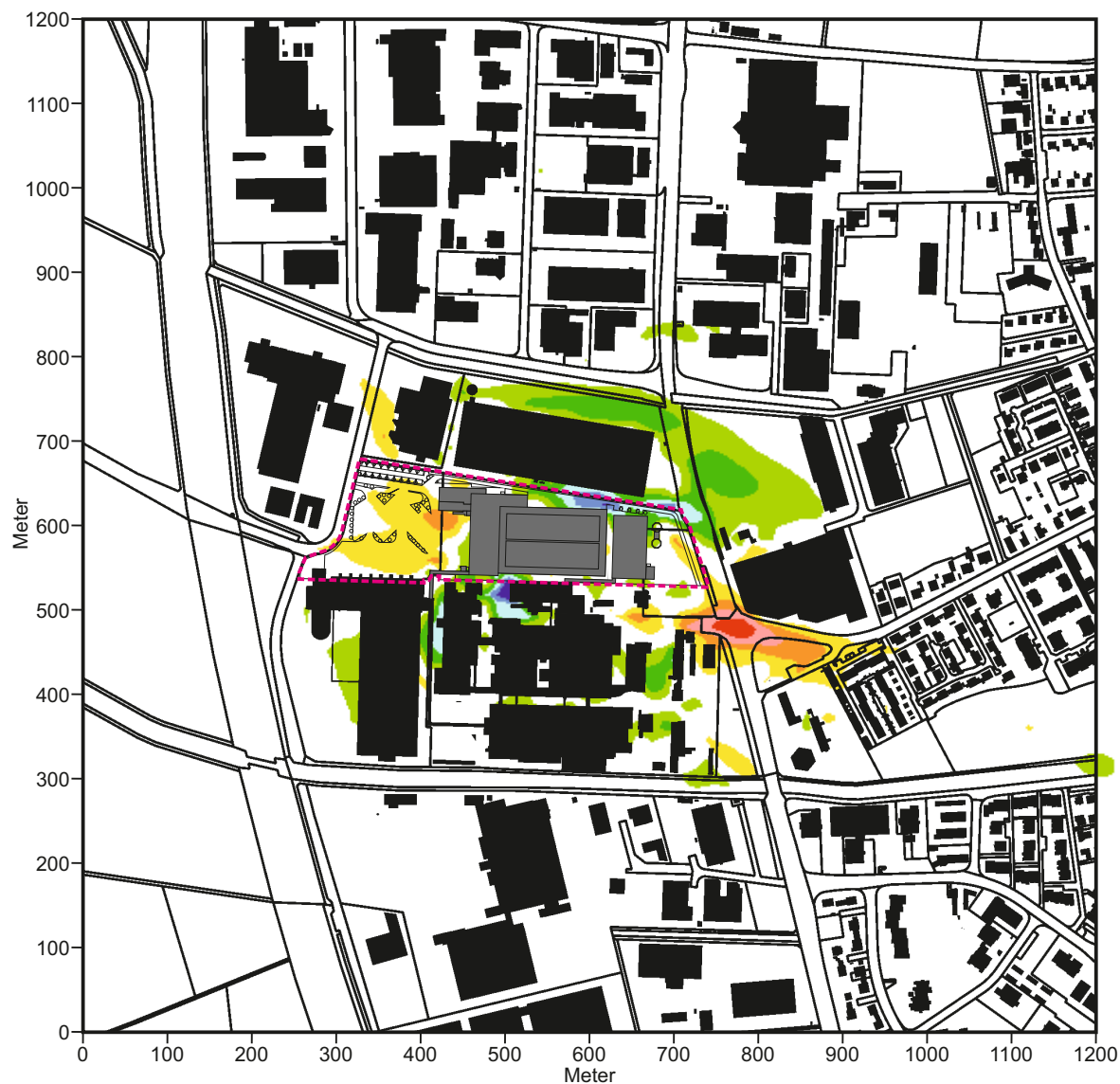
 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

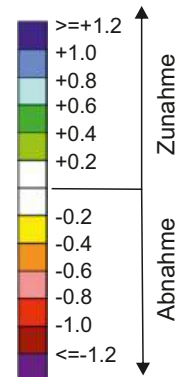


Abb. 16.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) am Tag bei einer
Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



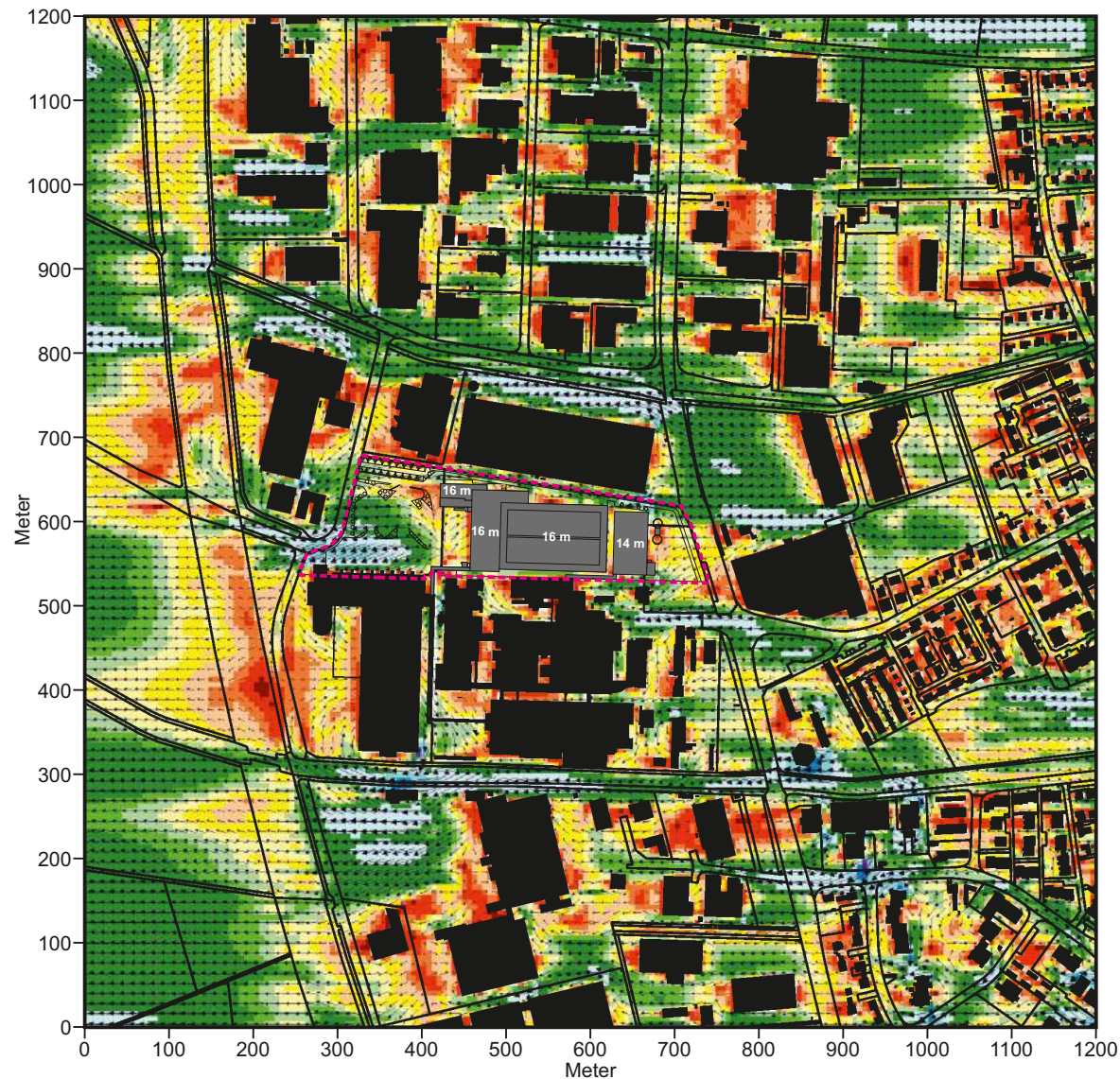
 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“ in der Kreisstadt Heppenheim



Abb. 17.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s

>= 1.8
 >= 1.6
 >= 1.4
 >= 1.2
 >= 1.0
 >= 0.8
 >= 0.7
 >= 0.6
 >= 0.5
 >= 0.4
 >= 0.3
 >= 0.2
 >= 0.1
 >= 0.0

Windvektoren

Anströmungsrichtung

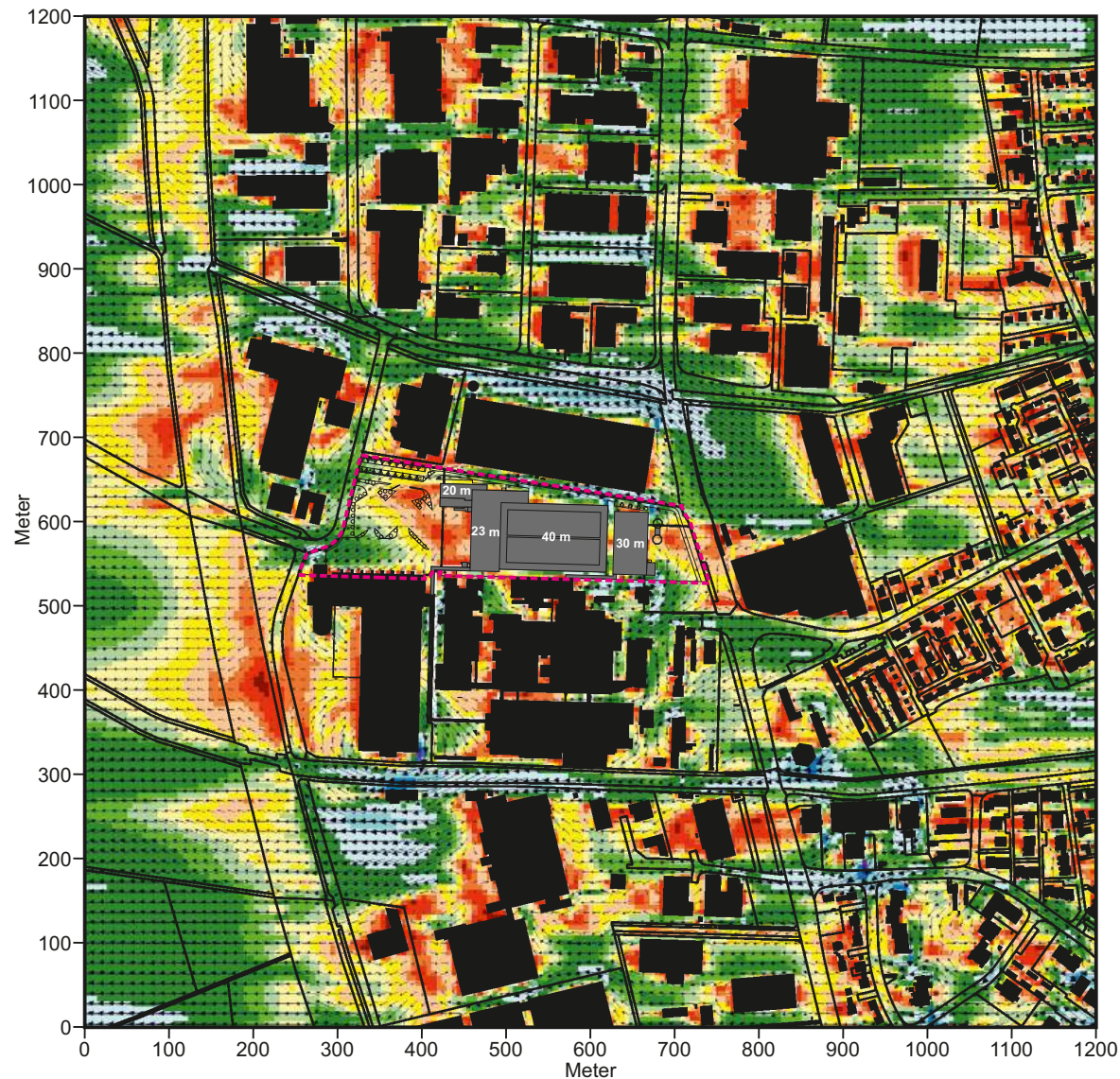
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

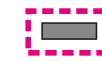
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



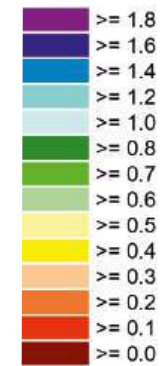
ÖKOPLANA

Abb. 17.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 Windvektoren

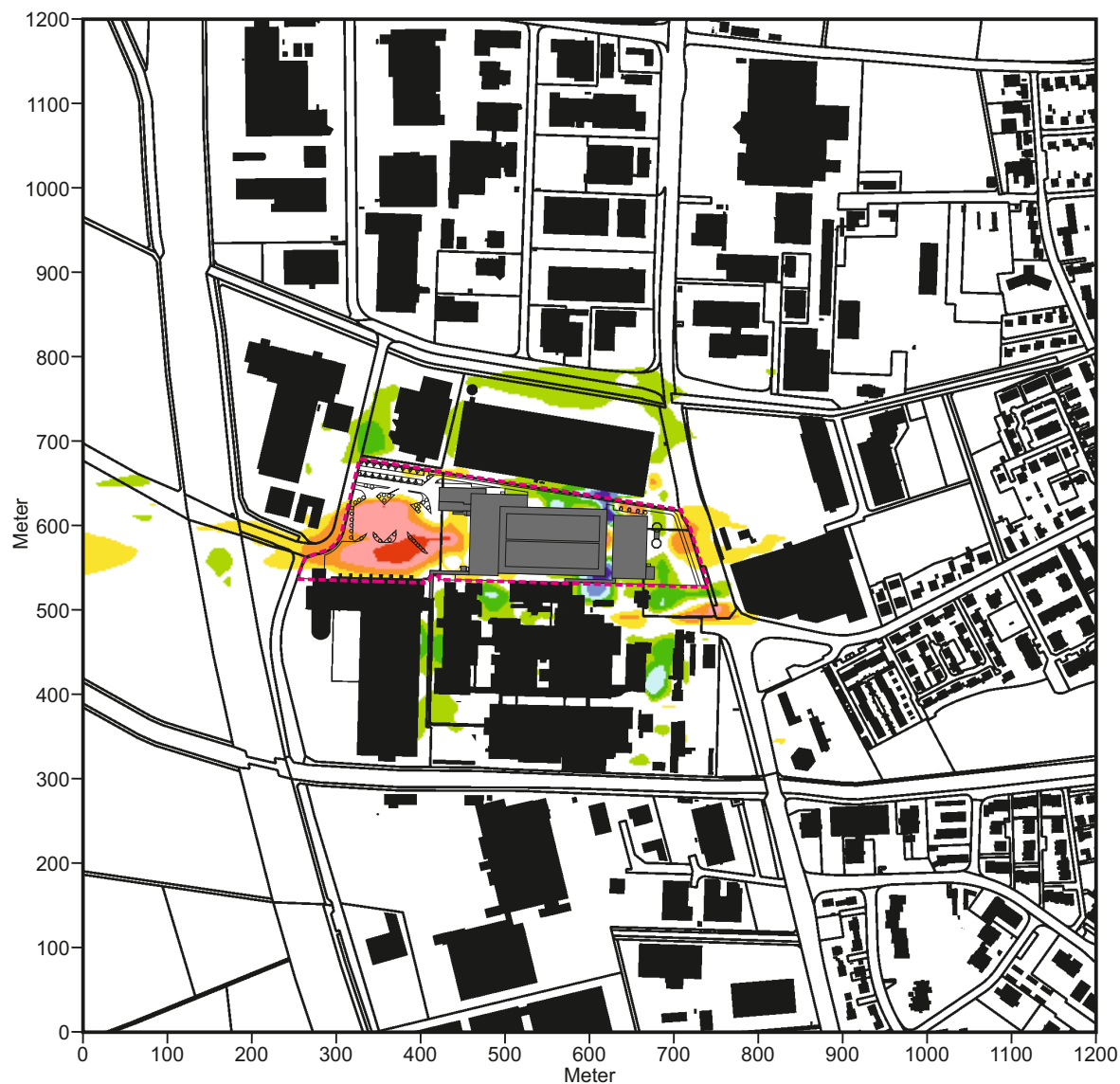
 Anströmungsrichtung

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

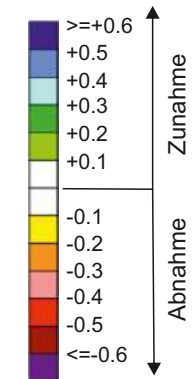


Abb. 17.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) in der 1. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



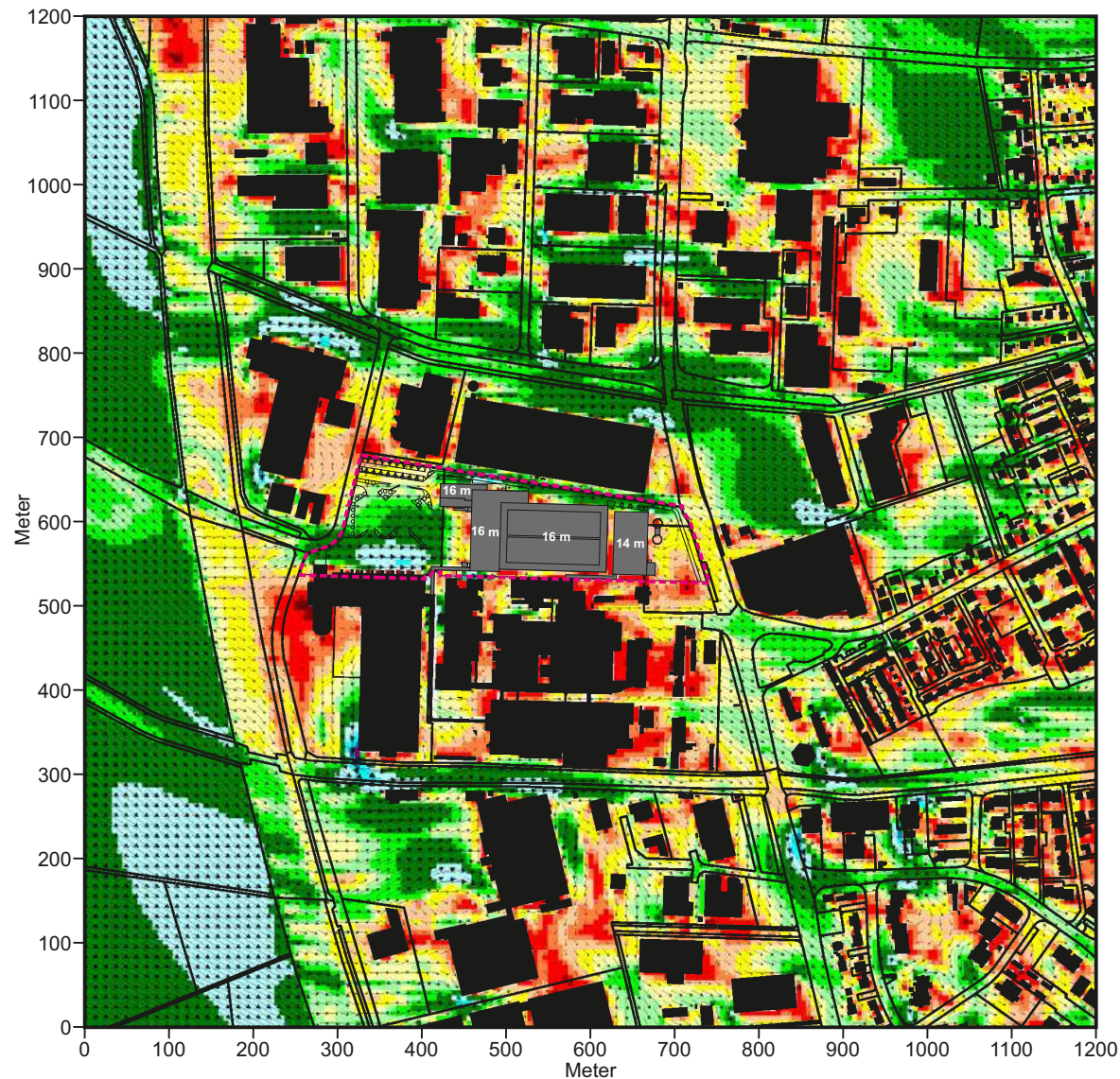
 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

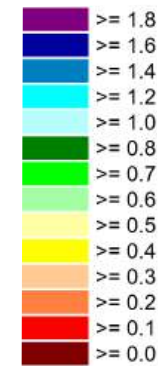


Abb. 18.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus
Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 Windvektoren

 Anströmungsrichtung

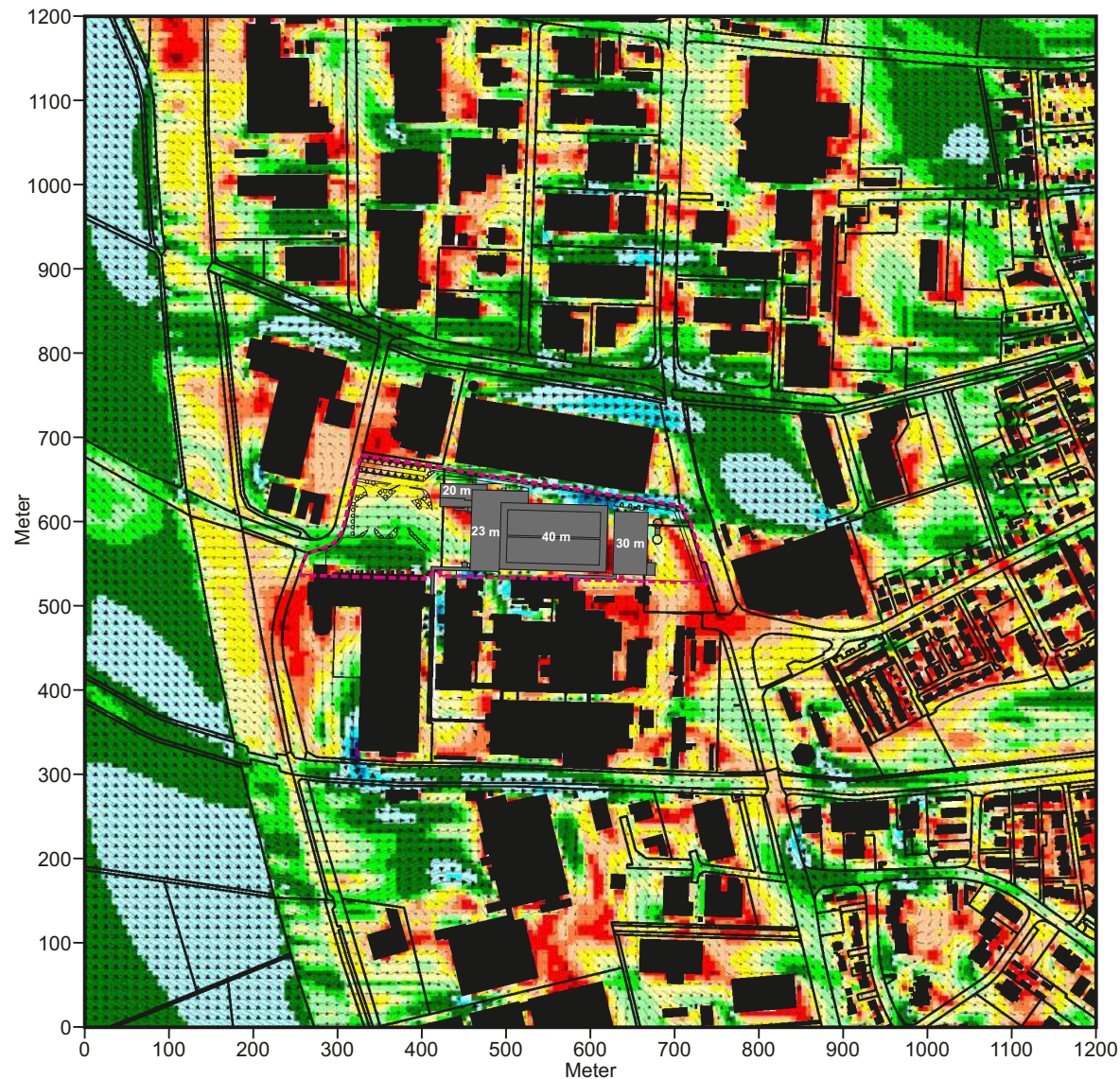
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

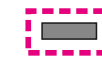
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



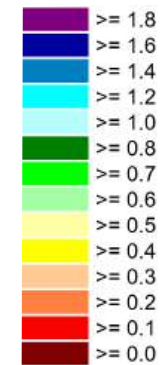
ÖKOPLANA

Abb. 18.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus
Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s



 Windvektoren

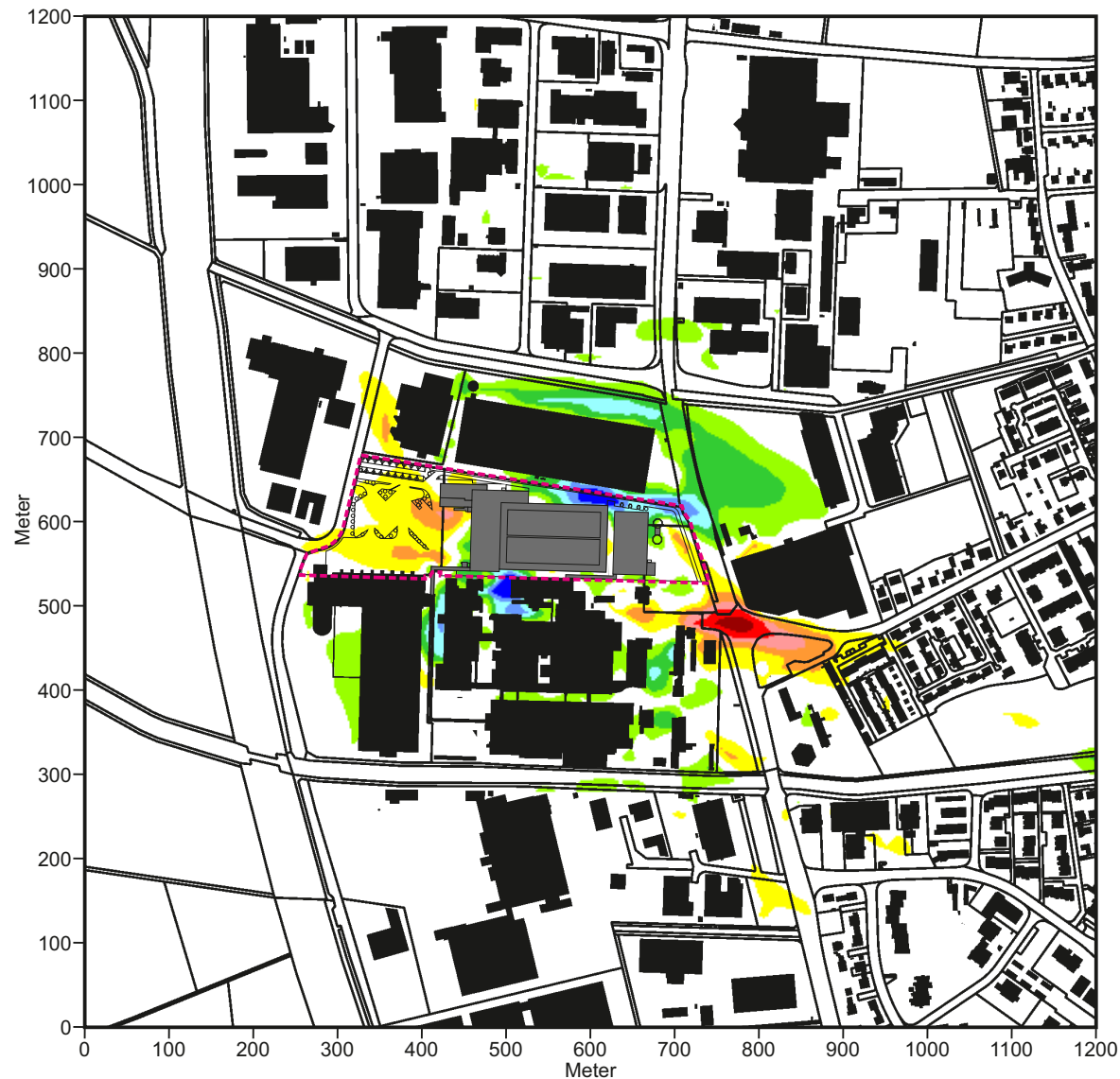
 Anströmungsrichtung

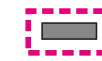
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

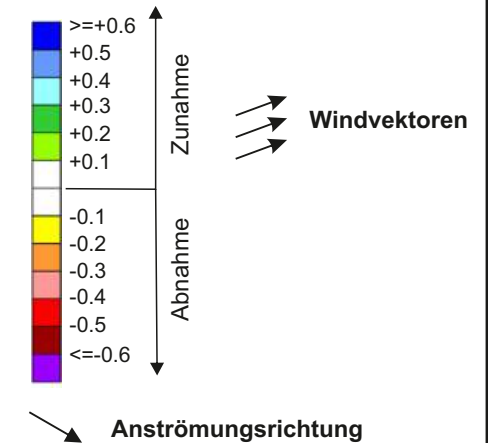


Abb. 18.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen
Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Planungsvariante 2 (2 m ü.G.) in der 2. Nachthälfte bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Windgeschwindigkeit in m/s

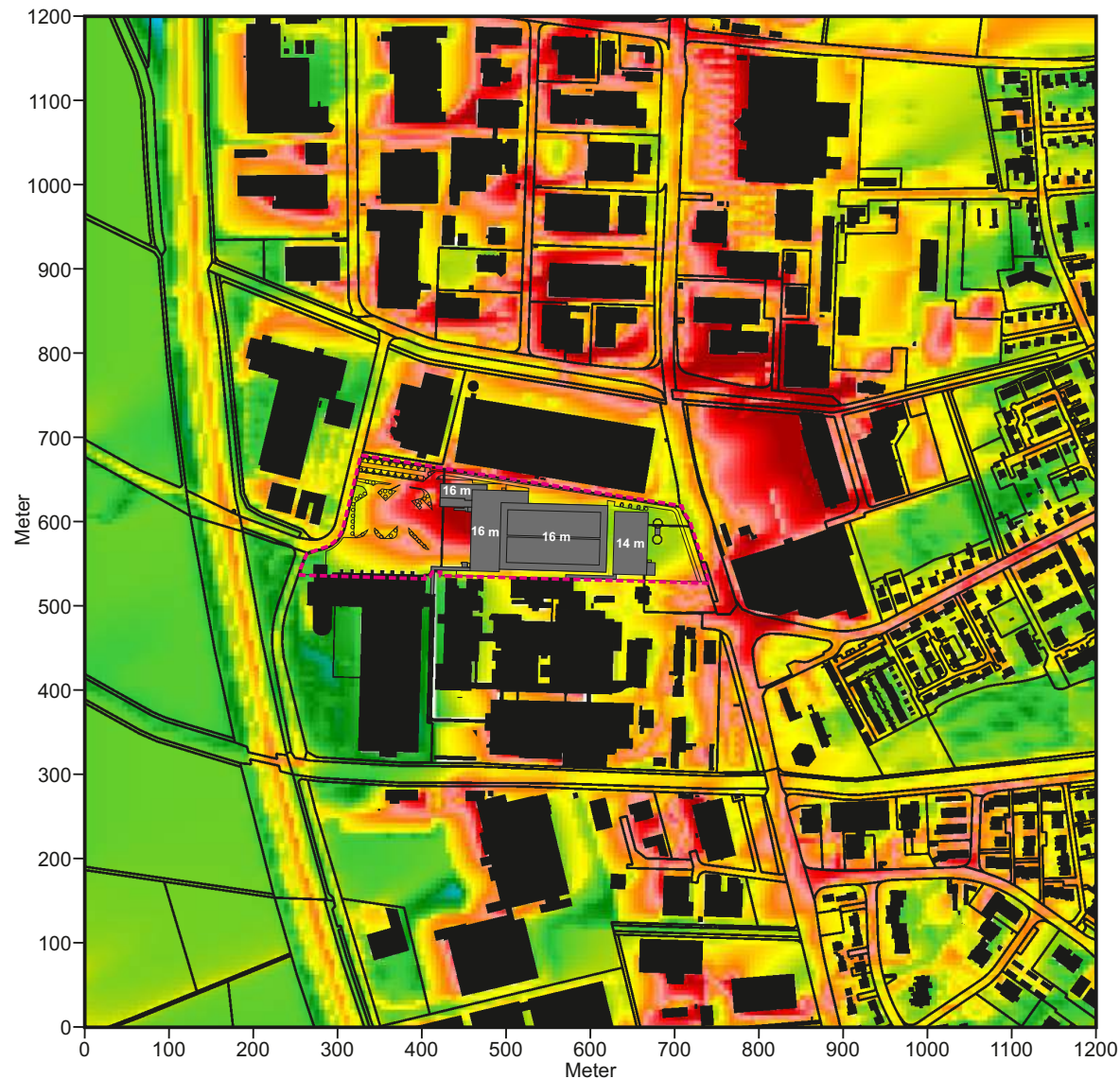


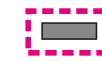
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

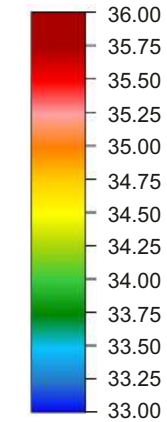


Abb. 19.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

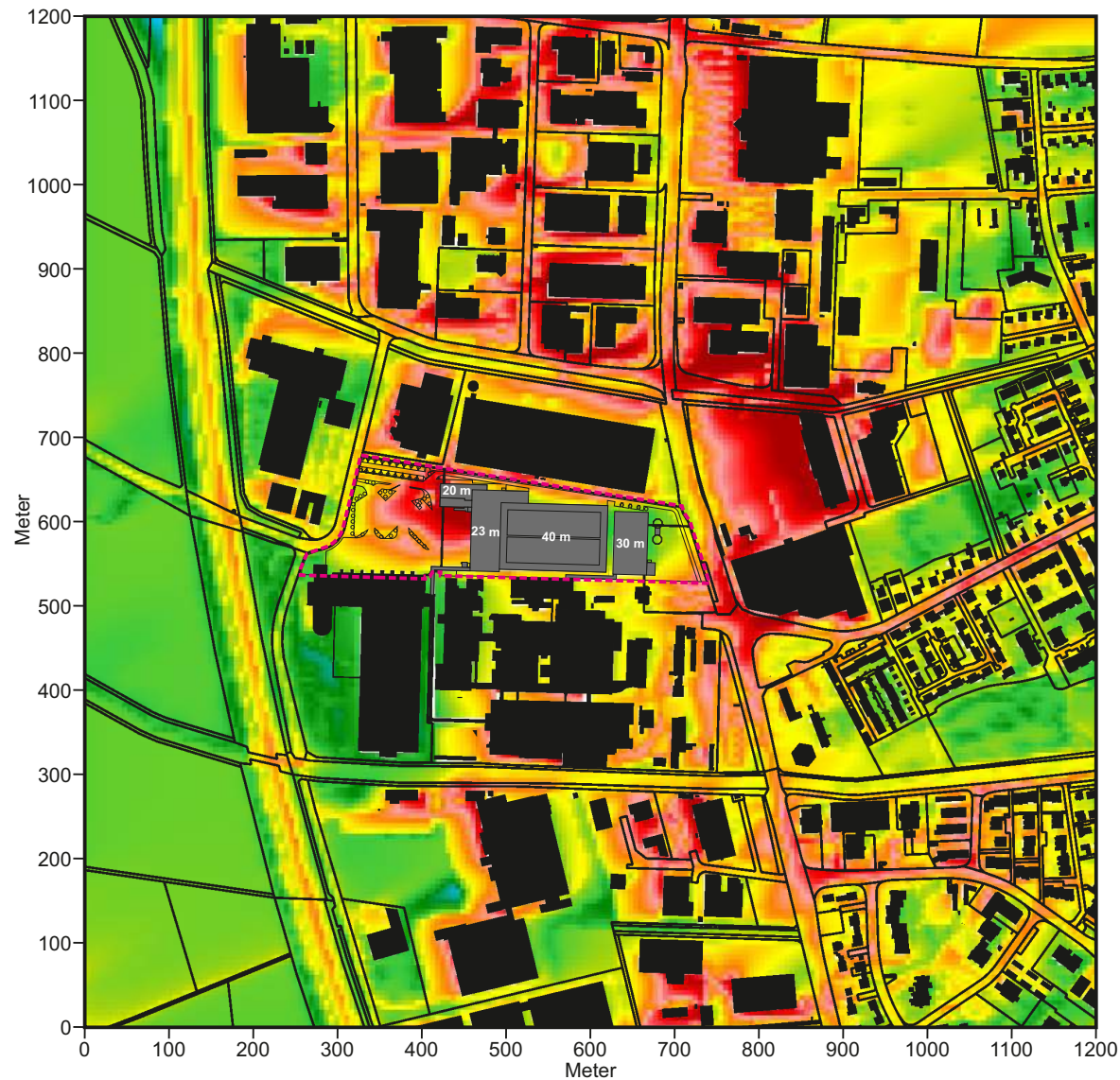
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

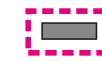
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



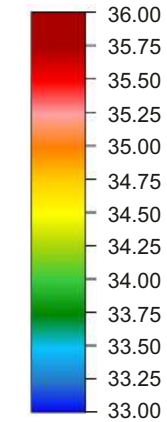
ÖKOPLANA

Abb. 19.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (240°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

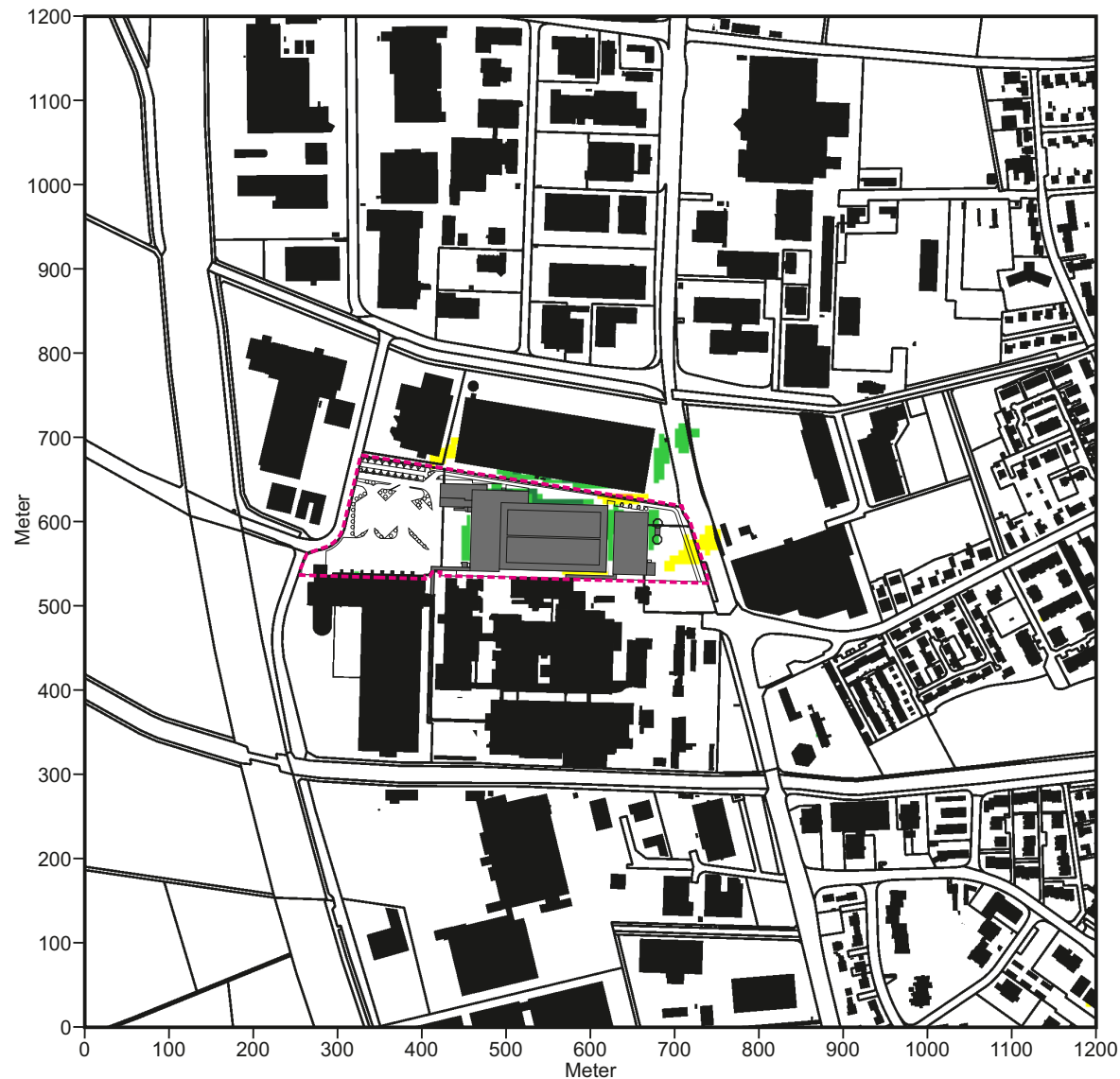
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

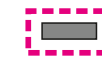
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



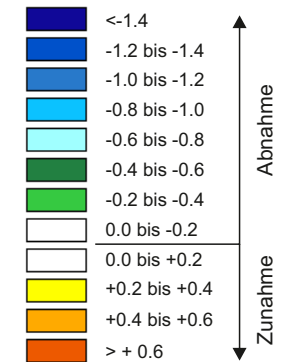
ÖKOPLANA

Abb. 19.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag (16:00 Uhr) bei einer
Anströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K



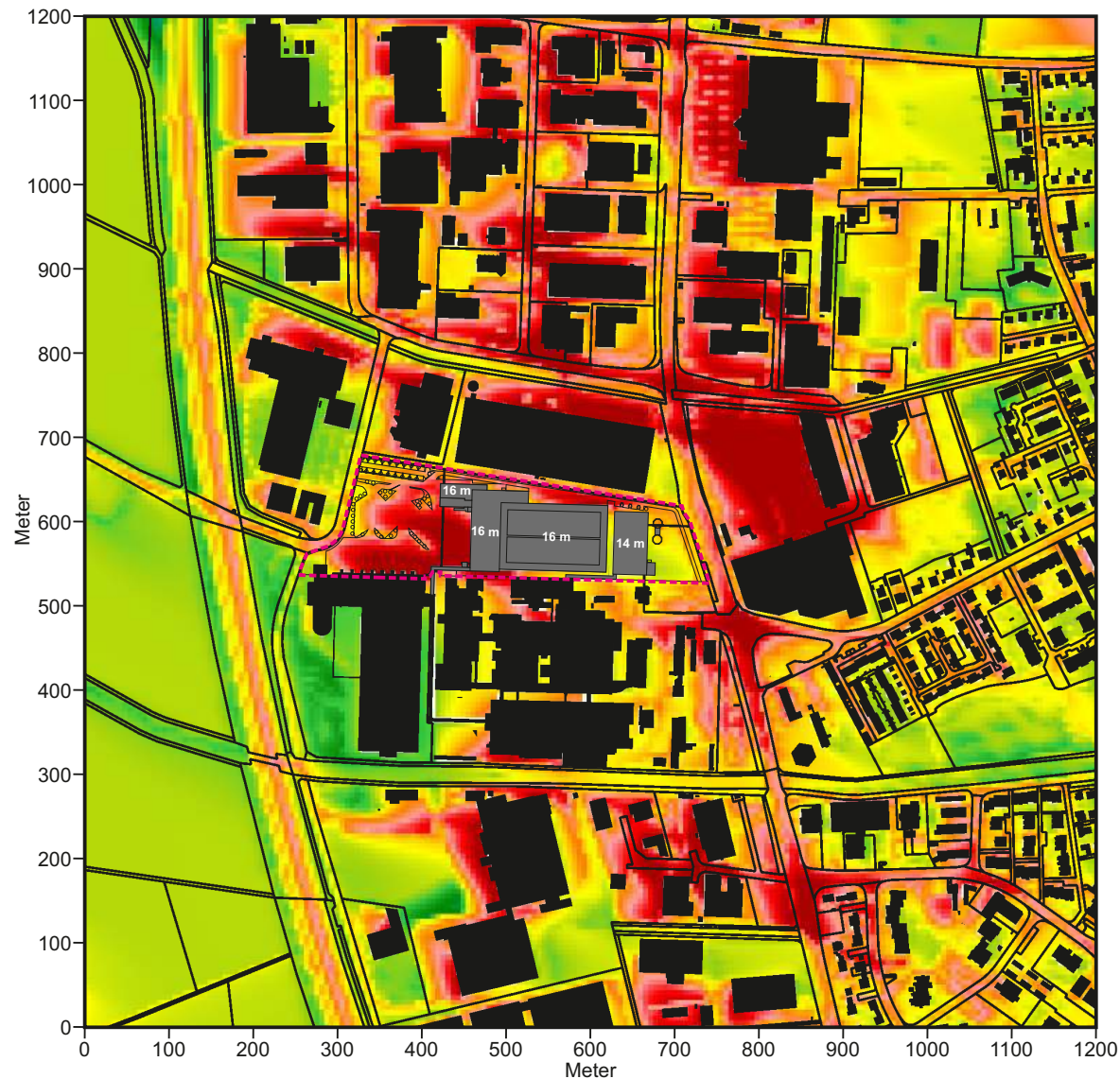
 **Anströmungsrichtung**

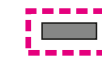
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

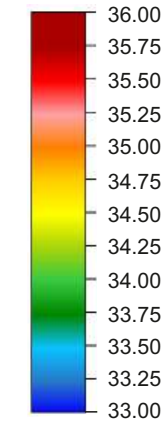


Abb. 20.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 Anströmungsrichtung

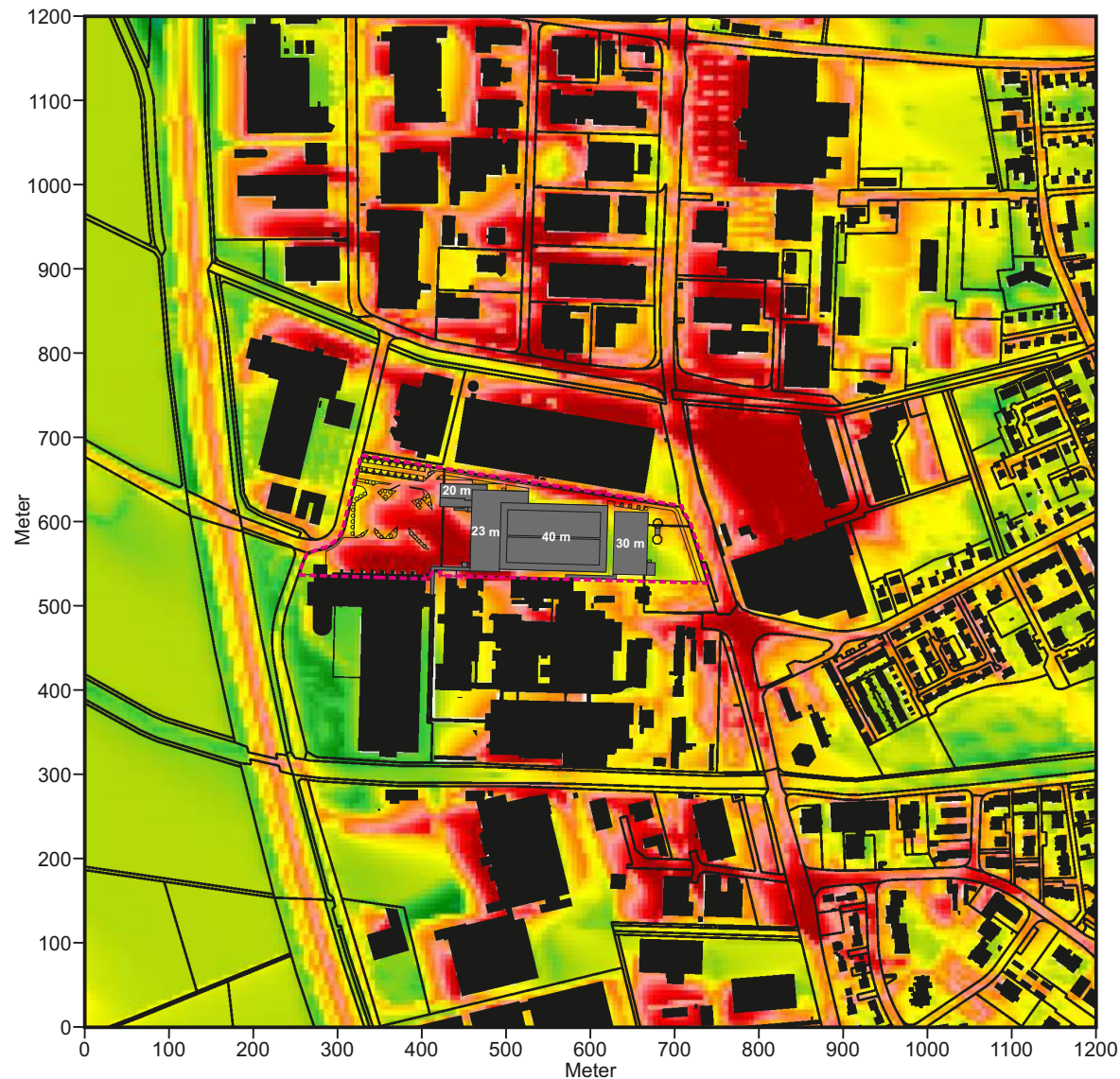
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

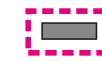
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



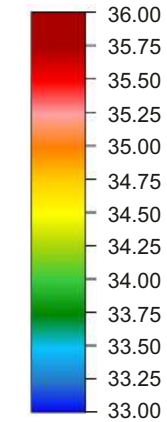
ÖKOPLANA

Abb. 20.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

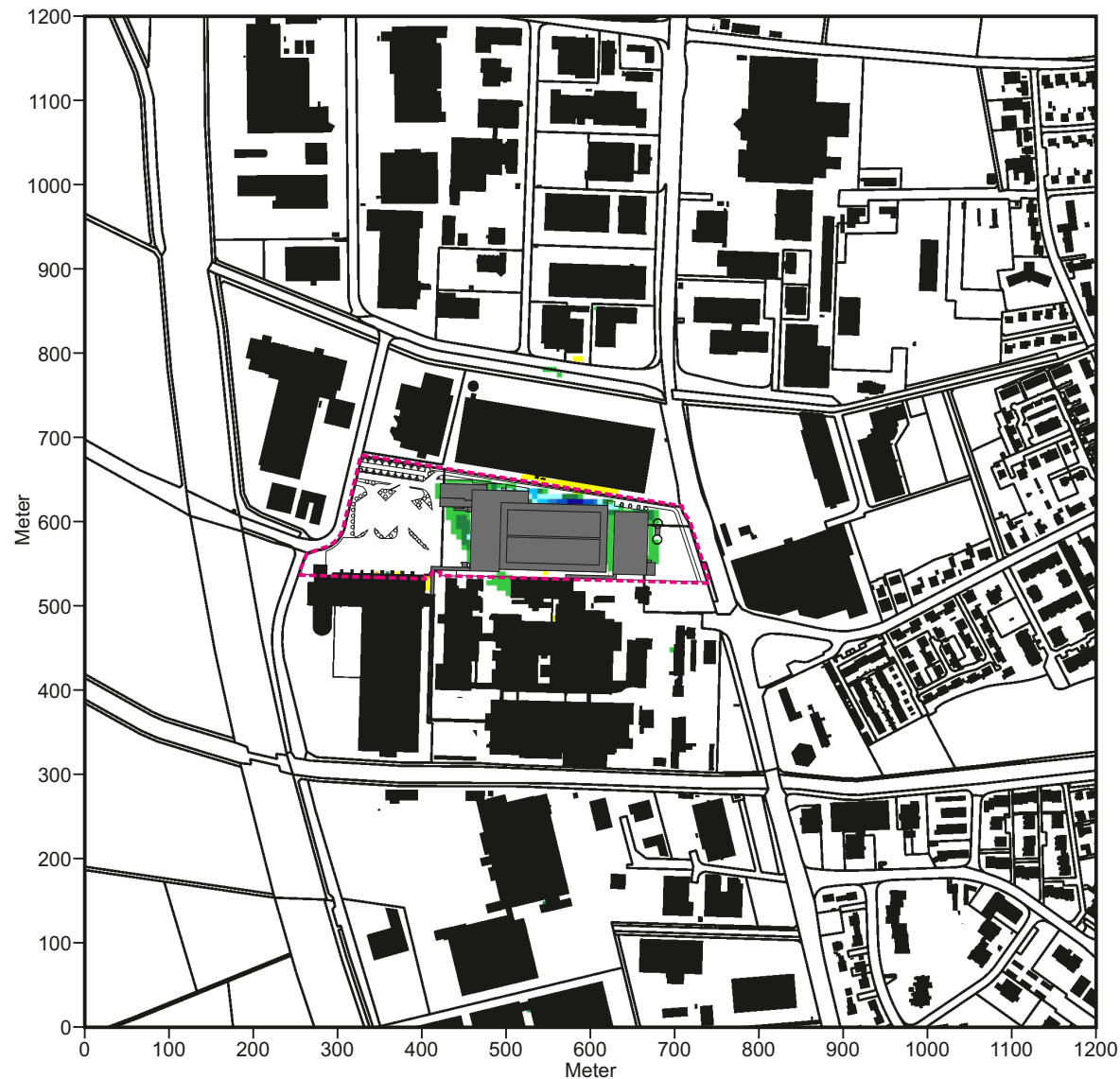
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



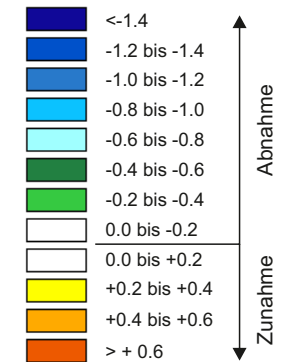
ÖKOPLANA

Abb. 20.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 am Tag (16:00 Uhr) bei einer
Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K



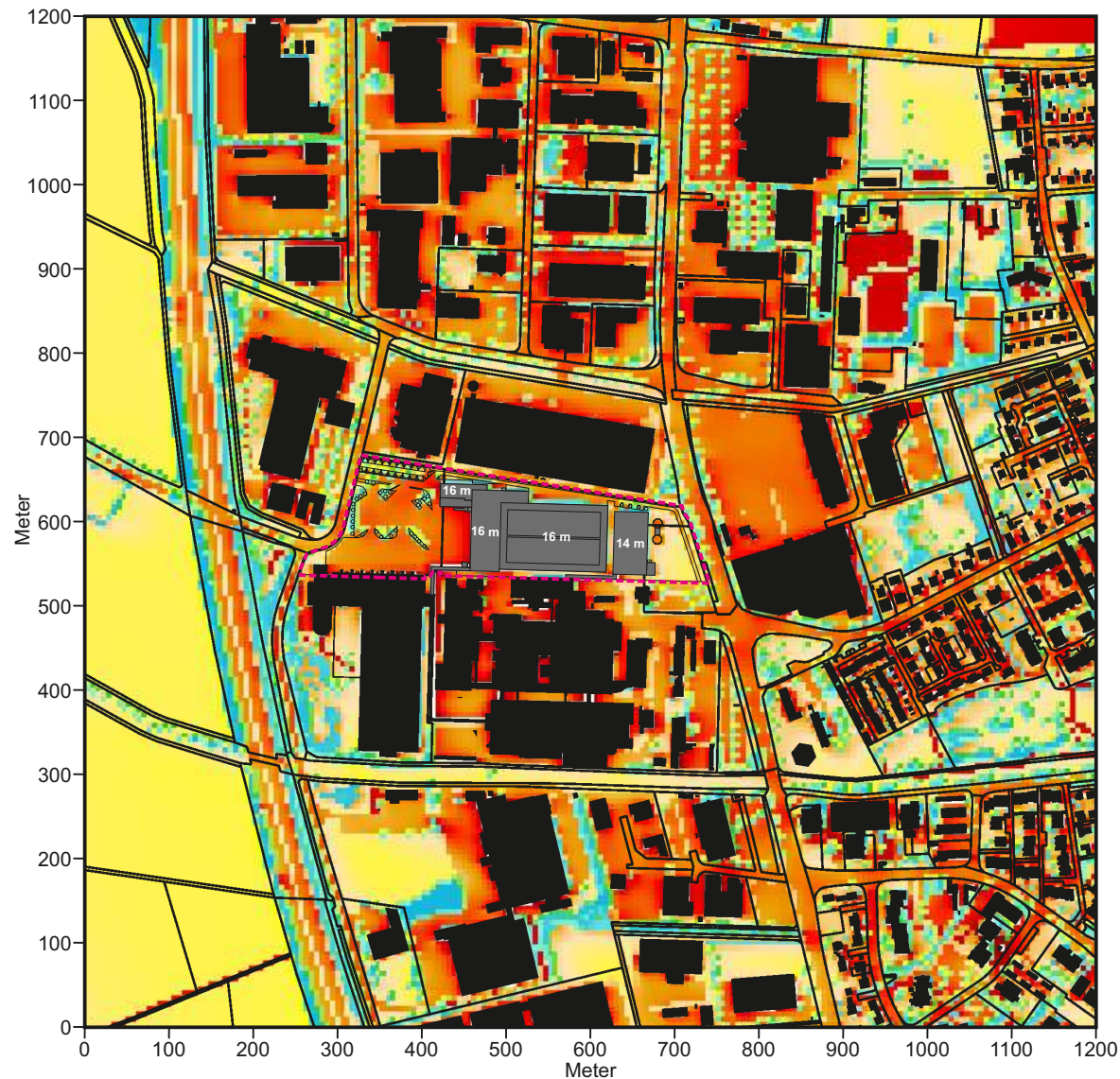
Anströmungsrichtung

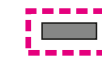
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

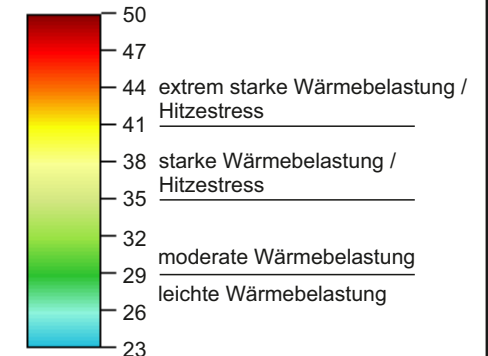


Abb. 21.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Modellrechnungen zum Bioklima
Physiologische Äquivalenttemperatur (PET, 1 m ü.G.) an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr) bei einer
Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und
potenzielle Bebauung

PET in °C



 **Anströmungsrichtung**

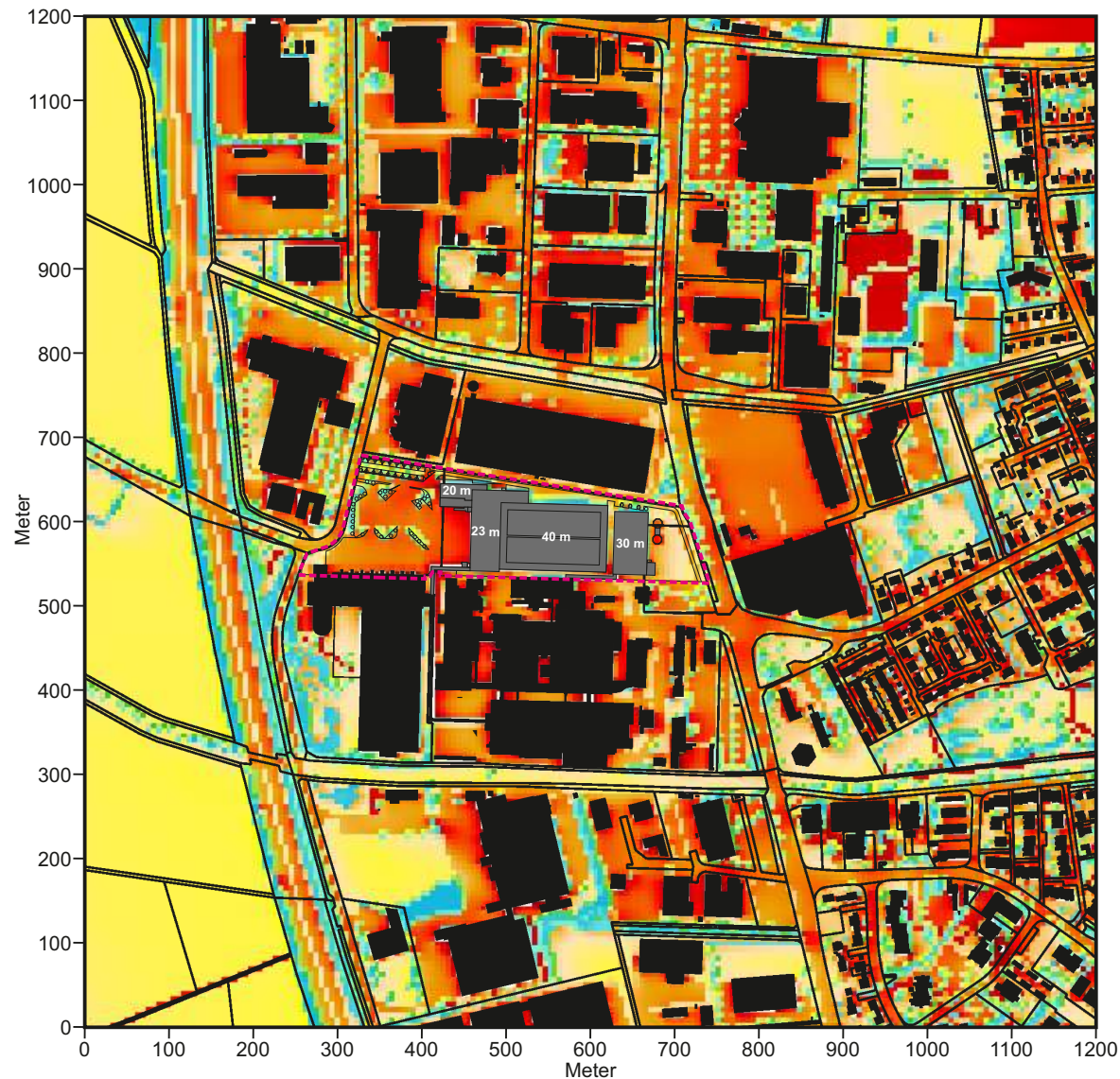
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



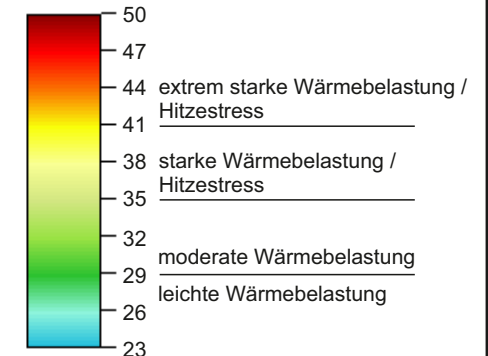
ÖKOPLANA

Abb. 21.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Modellrechnungen zum Bioklima
Physiologische Äquivalenttemperatur (PET, 1 m ü.G.) an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr) bei einer
Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

PET in °C



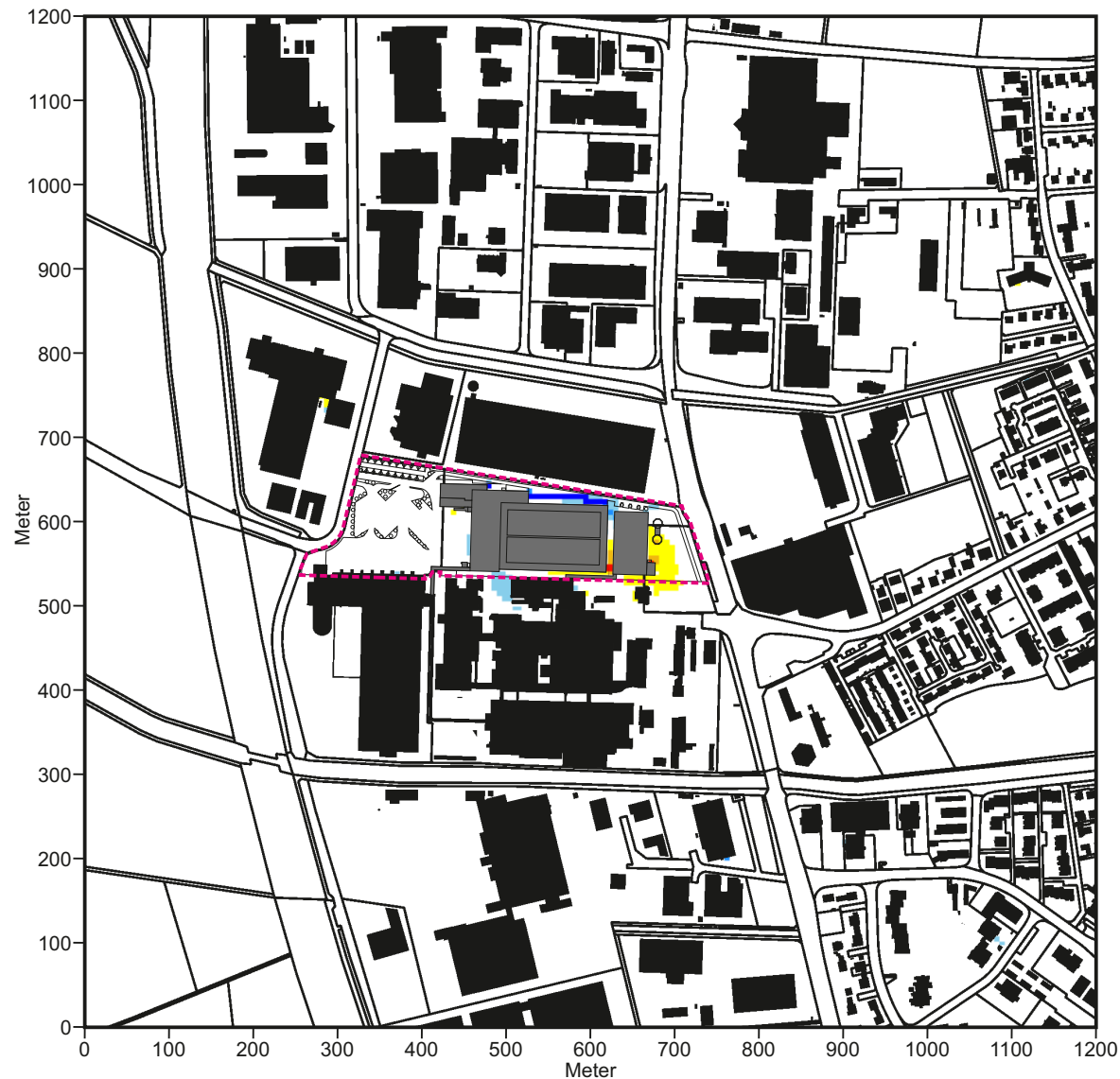
 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

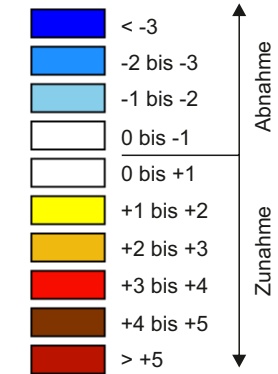


Abb. 21.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima
PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsgebiet und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der PET in °C



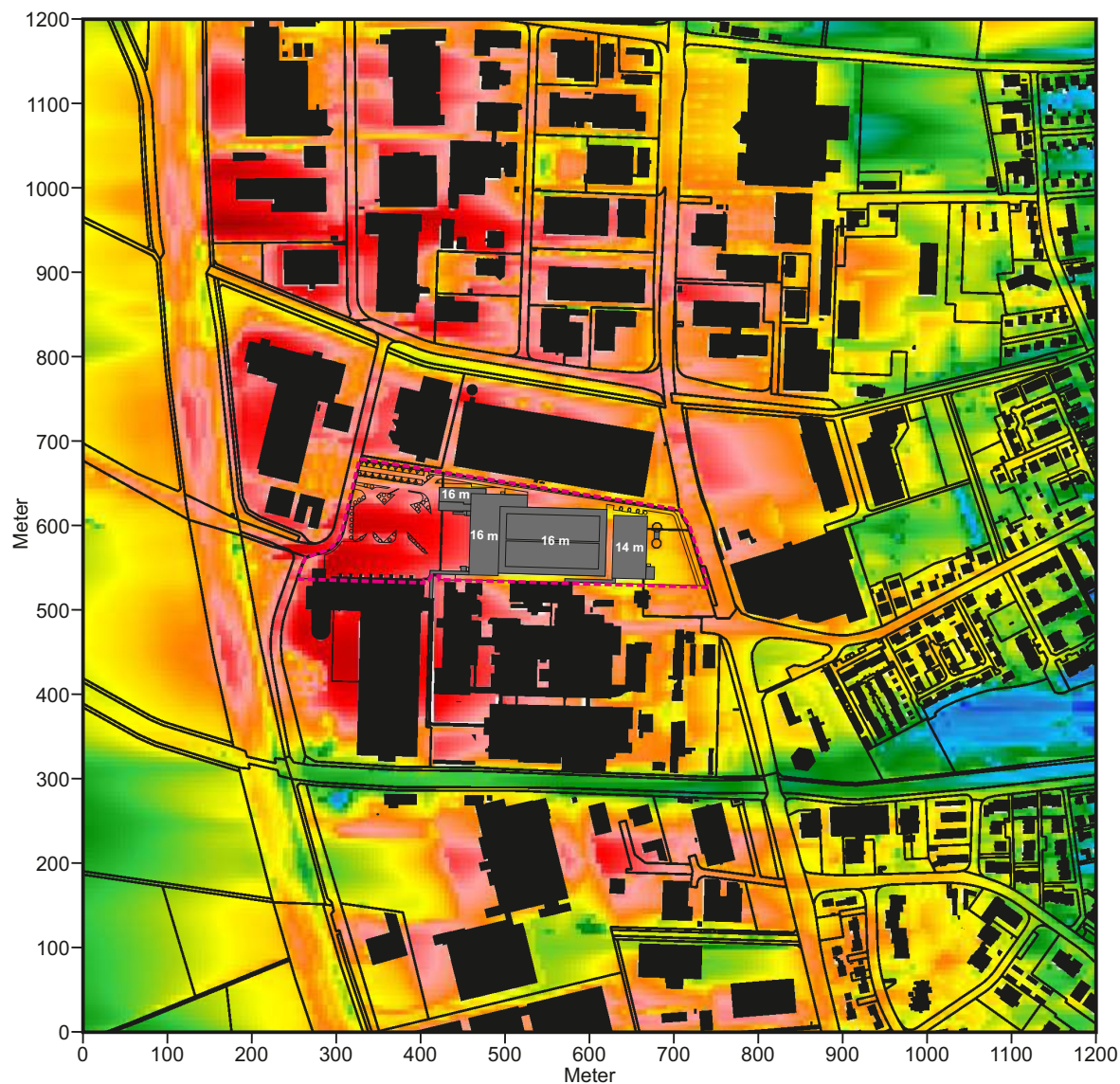
 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

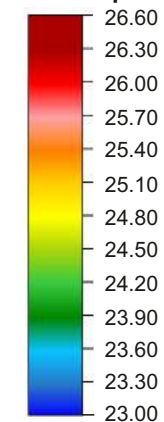


Abb. 22.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

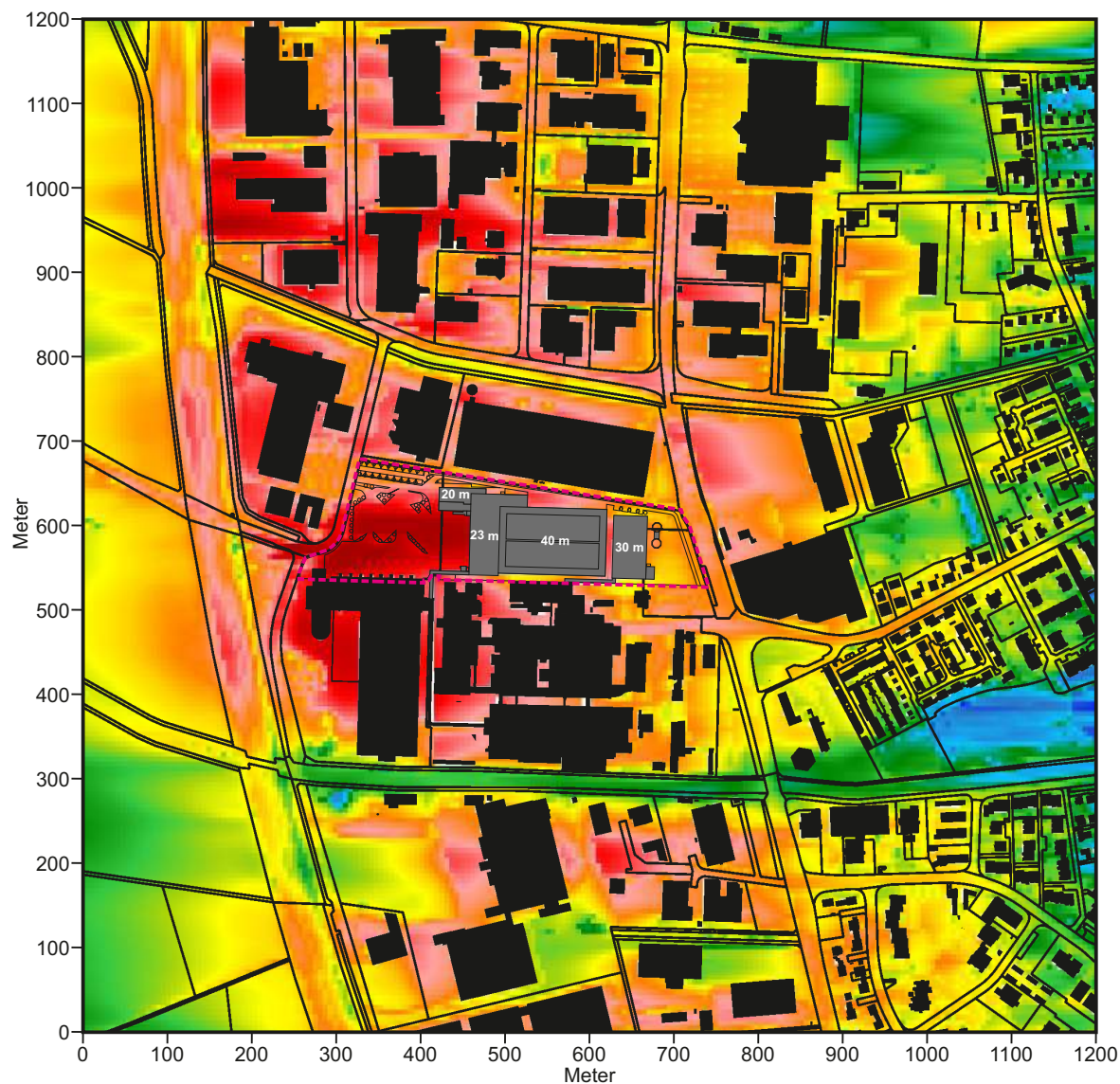
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



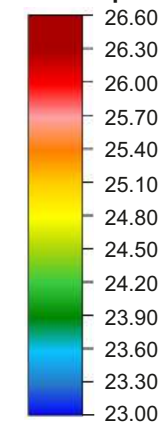
ÖKOPLANA

Abb. 22.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

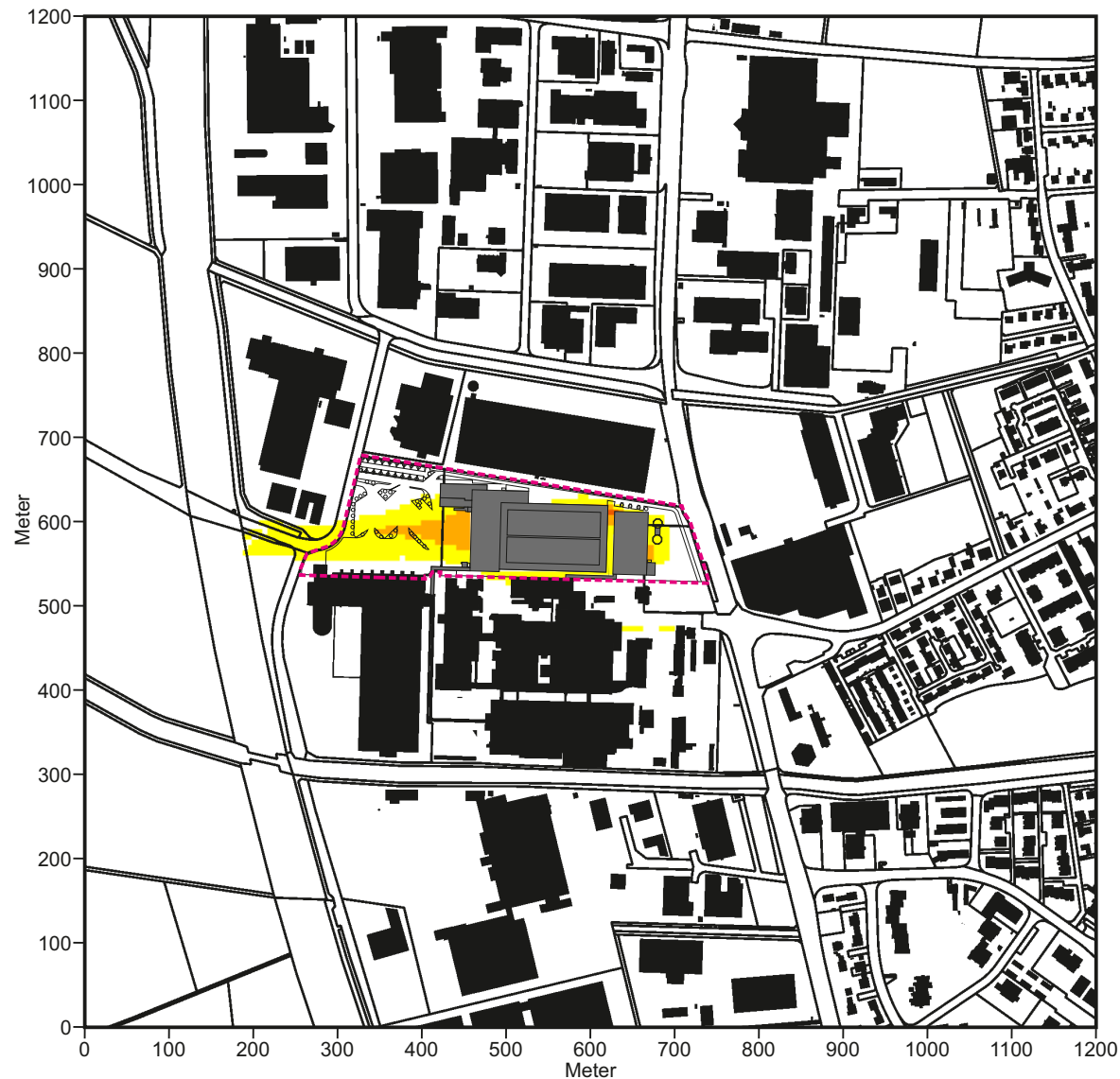
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

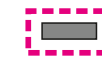
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



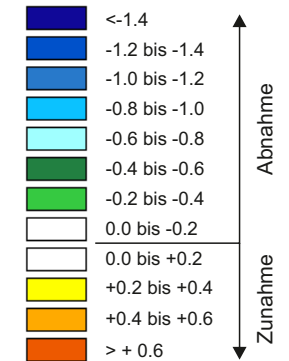
ÖKOPLANA

Abb. 22.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K



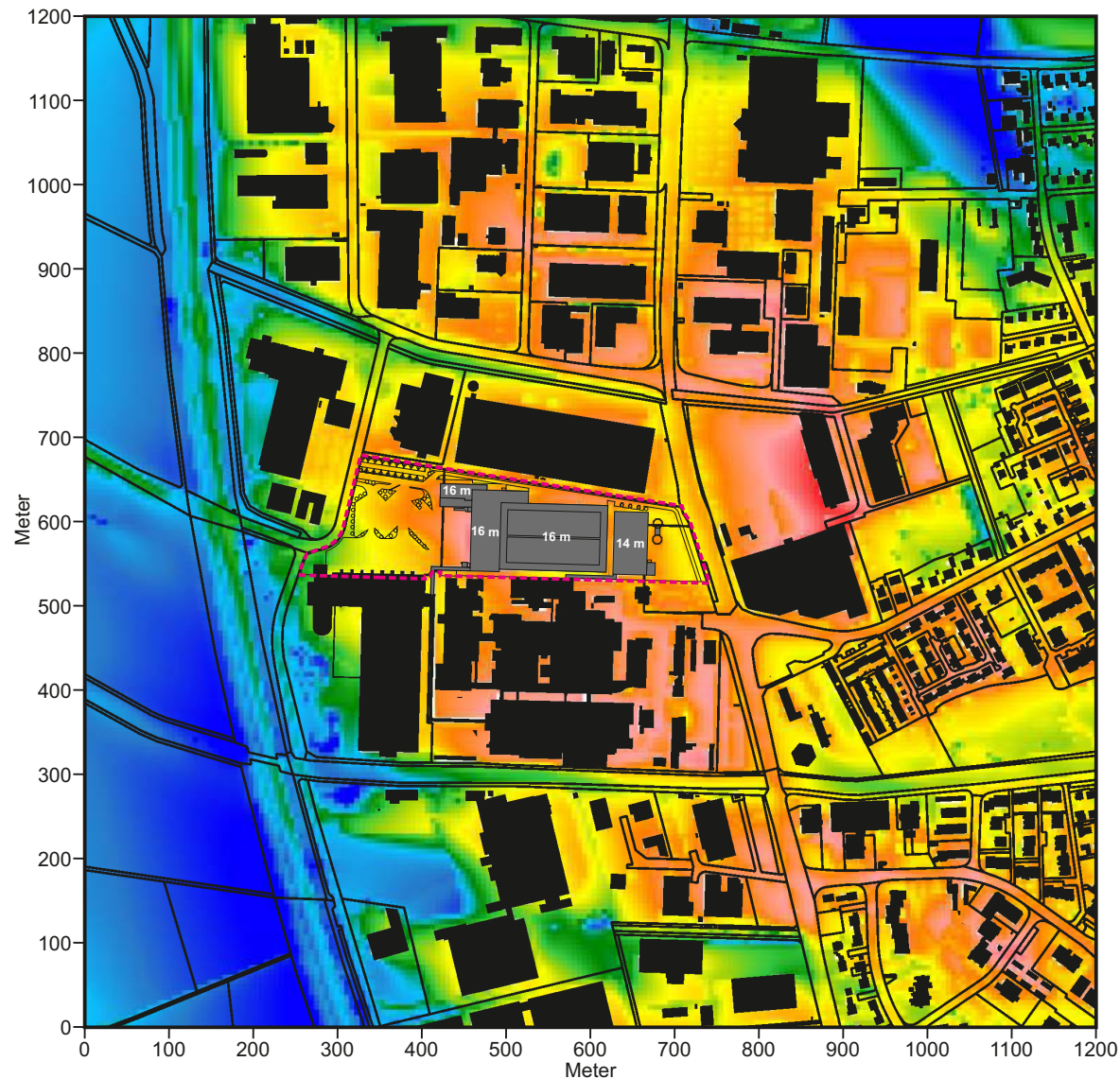
 **Anströmungsrichtung**

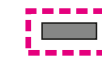
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

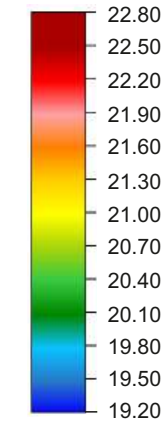


Abb. 23.1 Planungsvariante 1 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

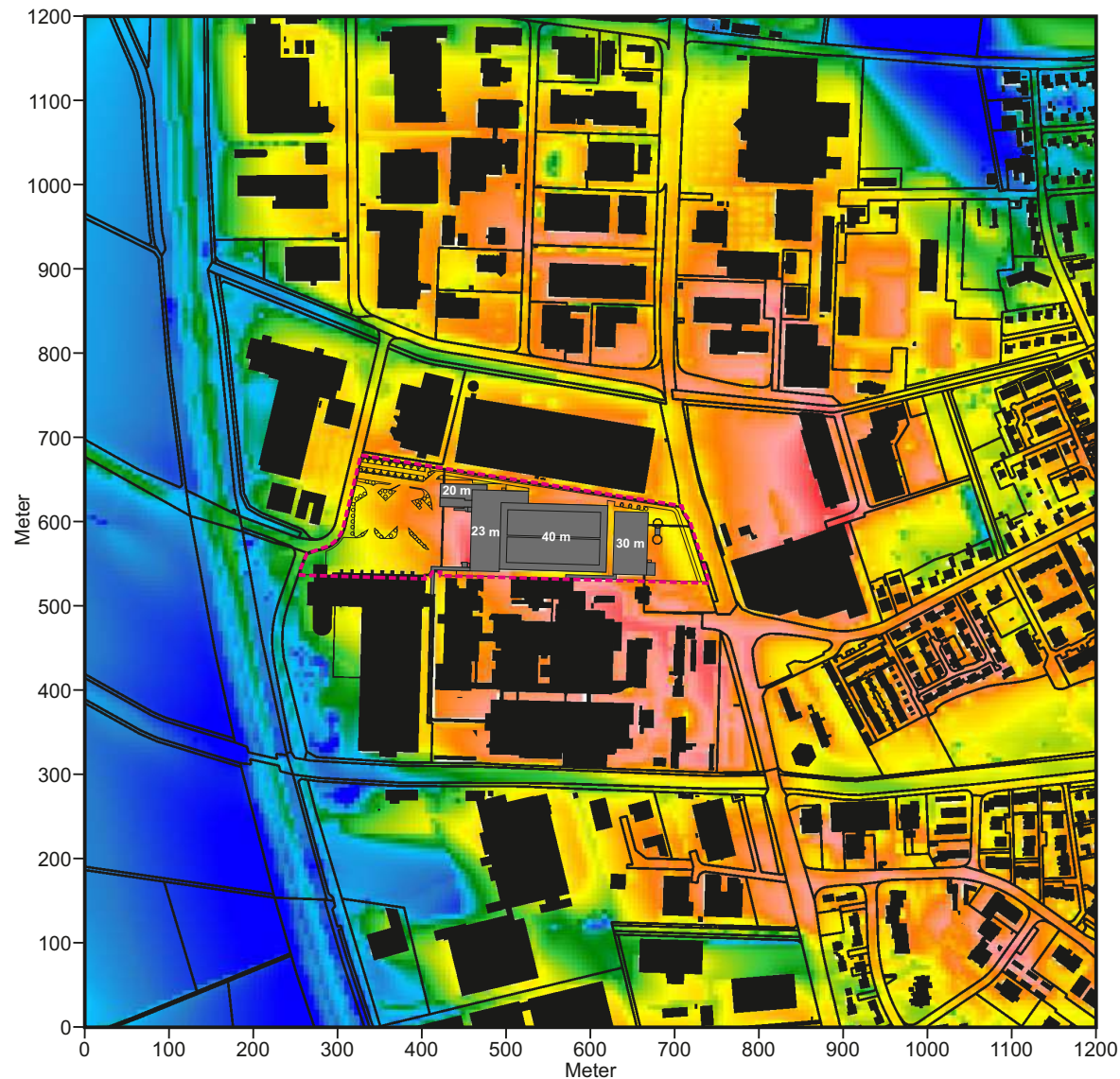
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



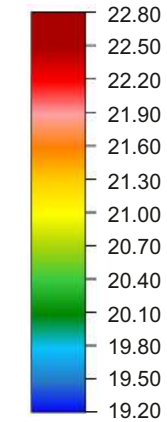
ÖKOPLANA

Abb. 23.2 Planungsvariante 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Planungsareal und
potenzielle Bebauung

Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

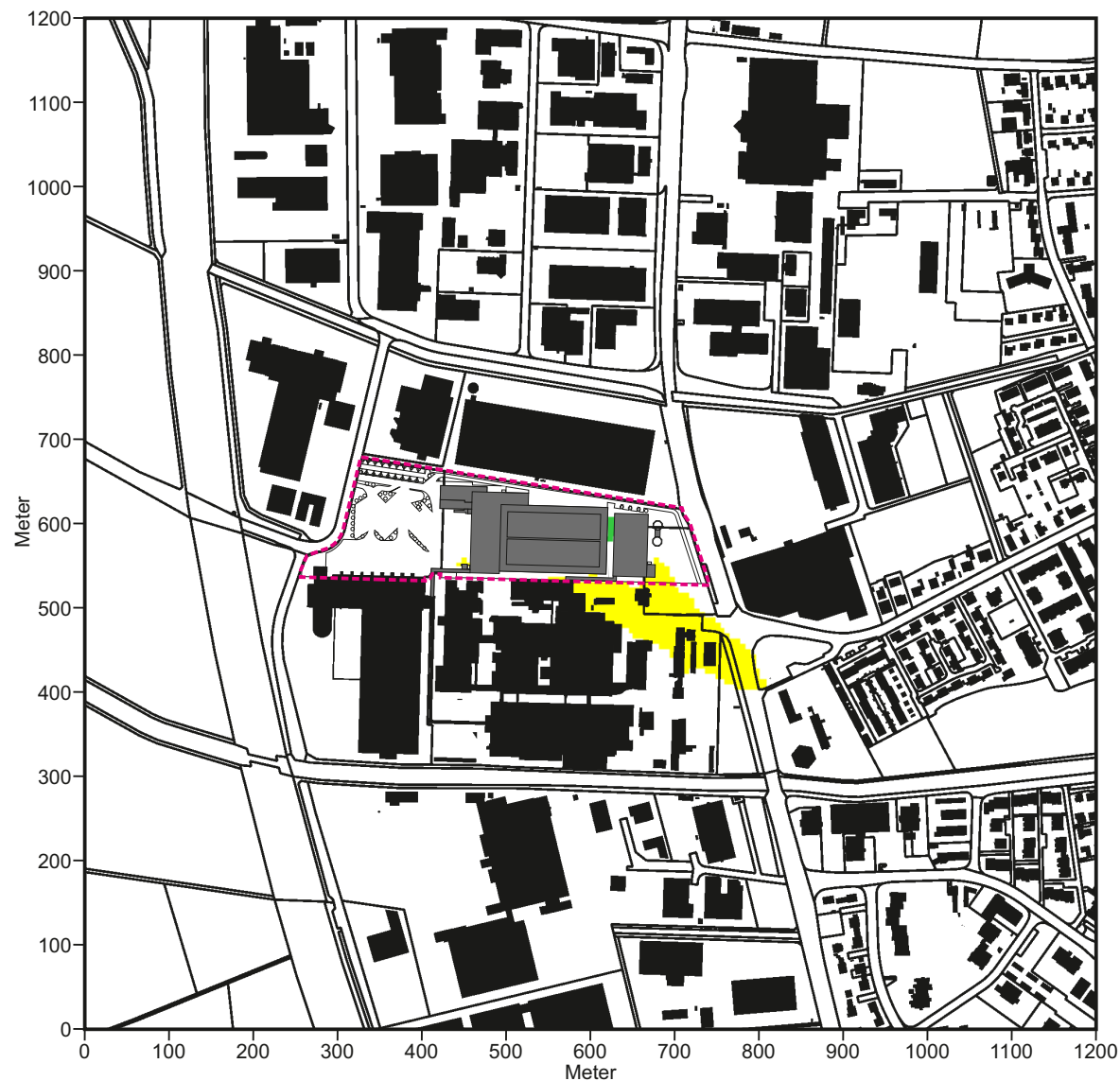
Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

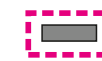
Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim



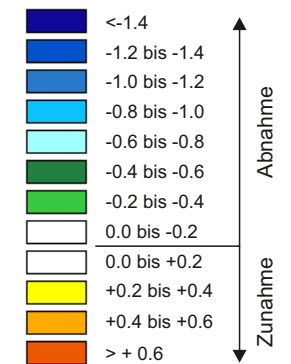
ÖKOPLANA

Abb. 23.3 Vergleich der Planungsvarianten 1 und 2 - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen
Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) durch die Planungsvariante 2 in der Nacht (02:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Nordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Planungsareal und potenzielle Bebauung

Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K



 **Anströmungsrichtung**

Grundlagenkarte:
Hess. Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum geplanten Tiefkühlhochlager im
Bebauungsplangebiet „Westlich der Tiergartenstraße“
in der Kreisstadt Heppenheim

