

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN ZUM GEPLANTEN GEWERBEGEBIET MÜNCHHOLZHAUSEN-NORD IN WETZLAR



Auftraggeber:



Magistrat der Stadt Wetzlar
Amt für Stadtentwicklung
Ernst-Leitz-Straße 30
35578 Wetzlar

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Mannheim, 14. Februar 2022

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	3
3 Untersuchungsmethodik	4
4 Klimaökologische Situation am Planungsstandort und Folgen des Klimawandels	7
4.1 Ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation	9
4.2 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen	15
4.3 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Planungsgebiet und in dessen Umfeld	18
5 Planungsstudien für das Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord	21
6 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der kaltluftspezifischen und thermischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens	24
6.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen – Plan-Zustand	24
6.2.1 Modellrechnungen zur thermischen Situation an heißen Sommertagen (17:00 Uhr) mit westnordwestlicher bzw. nördlicher Windanströmung (300° / 350°)	28
6.2.2 Modellrechnungen zur thermischen Situation in Tropennächten (23:00 Uhr) mit westnordwestlicher bzw. nördlicher Windanströmung (300° / 350°)	29
7 Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen	31
Quellenverzeichnis / weiterführend Schriften	39

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lagesituation des Planungsgebiets „Münchholzhausen-Nord“
- Abb. 2:** Lage des Planungsgebiets „Münchholzhausen-Nord“ - Reliefsituation
- Abb. 3:** Luftbild vom Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ und von dessen Umfeld
- Abb. 4:** Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ – fotografische Dokumentation
- Abb. 5.1:** Lage von Klimamessstationen im Planungsumfeld
- Abb. 5.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Zeitraum: 2011 – 2020, alle Tage
- Abb. 6:** Berechnete Windrose für den Planungsstandort – Windrosenatlas Hessen
- Abb. 7:** Großwetterlage und Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 14.-15.06.2021
- Abb. 8.1:** Rauchschwadenbeobachtungen am 15.06.2021. Messgerät, Raucherzeuger
- Abb. 8.2:** Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 15.06.2021
- Abb. 9.1:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 9.2:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 9.3:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)

- Abb. 9.4:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 10.1:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 10.2:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 10.3:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 10.4:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand. Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 11:** Messfahrzeug mit elektrisch ventiliertem Psychrometer
- Abb. 12.1:** Profilhafte Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten am 14.06.2021. Zeitpunkt: 22:30 Uhr (1. Nachthälfte)
- Abb. 12.2:** Profilhafte Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten am 15.06.2021. Zeitpunkt: 01:00 Uhr (2. Nachthälfte)
- Abb. 13:** Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte der Universitätsstadt Gießen
- Abb. 14.1:** Planungsvariante A – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
- Abb. 14.2:** Planungsvariante B – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
- Abb. 14.3:** Planungsvariante C – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
- Abb. 14.4:** Planungsvariante D – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
- Abb. 15:** Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord. Lageplan
- Abb. 16:** Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord. Grundstücks- und Gebäudeflächen

- Abb. 17:** Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 – Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord. Visualisierungen
- Abb. 18.1:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 18.2:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 18.3:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 18.4:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)
- Abb. 19.1:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 19.2:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 19.3:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 19.4:** Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand. Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden. 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)
- Abb. 20:** Luftbild vom Modellgebiet der mikroskaligen Klimasimulationen

- Abb. 21.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.3:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.3:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (heißer Sommertag, 17:00 Uhr). Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.3:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (Tropennacht, 23:00 Uhr). Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 24.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 24.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 24.3:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (Tropennacht, 23:00 Uhr). Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

1 Aufgabenstellung

In Wetzlar ist auf der Gemarkung Münchholzhausen, unmittelbar nordöstlich angrenzend an die Autobahnanschlussstelle A 45 / Wetzlar-Süd, eine Gewerbegebietsentwicklung geplant. Ziel ist es, im ca. 12.8 ha großen Planungsgebiet einen ökologisch nachhaltigen und raumverträglichen Gewerbebestandort zu entwickeln.

Zur Realisierung des Vorhabens wird die STADT WETZLAR zu gegebener Zeit ein Bebauungsplanverfahren durchführen. Im Regionalplan Mittelhessen (2010) ist das Planungsgebiet bereits als „Vorranggebiet Industrie und Gewerbe Planung“ ausgewiesen.

Da das Planungsgebiet in südsüdostexponierter Hanglage mit seinen Acker- und Wiesenflächen ein hochaktives Kalt- und Frischluftentstehungsgebiet darstellt und ein hohes Luftleitpotenzial (Kaltluftabfluss- und Ventilationsfläche) aufweist, sind im Rahmen des eingeleiteten Planungsprozesses die im Planungsgebiet und in dessen Umfeld auftretenden kaltluftspezifischen Strömungsverhältnisse und die thermischen Verhältnisse projektbezogen zu analysieren und die aus der vorgesehenen Planung resultierenden siedlungsklimatischen Modifikationen zu beurteilen.

Die von den Klimafunktionen „Kaltluftentstehung und Kaltlufttransport“ ausgehenden klimatischen Gunsteffekte (u.a. forcierte nächtliche Abkühlung in warmen Sommernächten) sind angesichts des Klimawandels mit einer zunehmenden Häufung von Hitzetagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) im Bereich Wetzlar/Gießen von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der derzeitigen klimaökologischen Situation sowie zur Abschätzung des Einflusses der Baumaßnahmen / Flächennutzungsänderungen auf das lokale klimatische Wirkungsgefüge werden auf Grundlage vorhandener Klimadaten (u.a. DWD, HLNUG), ergänzender Klimamessungen und mit Hilfe meso- und mikroskaliger Modellrechnungen die planungsbedingten klimaökologischen Positiv- und Negativeffekte bilanziert. Über die Formulierung von ergänzenden Planungshinweisen sind klimatische Gunstfaktoren zu sichern bzw. zu entwickeln.

Für die Klimauntersuchung sowie für die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in planungsbezogene Bewertungen und Empfehlungen werden demnach im Rahmen des vorliegenden Klimagutachtens folgende Schwerpunkte gesetzt:

1. Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe auf Grundlage vorhandener Klimadaten und ergänzender mobiler Messungen (Lufttemperatur- und Windfeld). 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 meso- und mikroskaliger Modellrechnungen.
 - a) Vergleichende Beurteilung des Kaltluftströmungsgeschehens in windschwachen sommerlichen Strahlungs Nächten (Ist- und Plan-Zustand).
 - c) Vergleichende Beurteilung von Ist- und Plan-Zustand bzgl. der thermischen Umgebungsbedingungen für jeweils eine relevante Tag- und Nachtsituation
→ heißer Sommertag und Tropennacht.
3. Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer Umgebungsbedingungen.

2 Planungsgebiet

Das Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ befindet sich in südsüdostexponierter Hanglage nördlich der L 3451 im Gewann In der Kuhmark. Die Autobahnanschlussstelle A 45 / Wetzlar-Süd grenzt unmittelbar südwestlich an.

Der nördliche Ortsrand von Münchholzhausen (Wohnbebauung entlang der Hohe Straße) befindet sich in einer Entfernung von ca. 325 m.

Wie der **Abbildung 2** zu entnehmen ist, steigt das Gelände von der L 3451 im Süden (ca. 231 – 236 m ü.NN) bis zur nördlichen Gebietsgrenze am Waldrand (ca. 245 – 248 m ü. NN) um ca. 8 – 16 m an. Die Hohe Straße in Münchholzhausen befindet sich in einer Höhenlage von ca. 208 – 217 m ü. NN.

Das Planungsgebiet umfasst ein Offenlandareal, welches Acker- und Wiesenflächen umfasst. Das Luftbild (**Abbildung 3**) und die Fotoaufnahmen (**Abbildung 4**) vermitteln einen Eindruck von der Flächennutzung im Planungsgebiet.

Während am Westrand die Autobahntrasse der A 45 anschließt, grenzt im Norden ein Waldgebiet an (Gewann Eichelstück). Die Ostgrenze des Planungsgebiets bildet der Dorlarer Weg, an den in östlicher Richtung weitere Acker- und Wiesenflächen anschließen. Südlich des Planungsgebiets befinden sich ebenfalls Acker- und Wiesenflächen.

Wie in Kap. 1 bereits angeführt, ist das Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ im Regionalplan Mittelhessen (2010) bereits als „Vorranggebiet Industrie und Gewerbe Planung“ ausgewiesen (siehe: <https://rp-giessen.hessen.de/planung/regionalplanung/regionalplan-mittelhessen>).

Im Flächennutzungsplan der Stadt Wetzlar ist das Planungsgebiet als Fläche für die Landwirtschaft gekennzeichnet.

3 Untersuchungsmethodik

Zur Beurteilung der kleinklimatischen Situation und zur Erarbeitung klimatisch relevanter Planungsempfehlungen erfolgt zunächst eine Bestandsaufnahme der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe.

Hierbei wird auf Daten der DWD Wetterstation Gießen, der Luftmessstation Wetzlar und des Windrosenatlases Hessen zurückgegriffen.

Ergänzend werden Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen (kaltluftbedingte Fließbewegungen) und von profilhaft angelegten Lufttemperaturmessfahrten ausgewertet, die in einer sommerlichen Strahlungsnacht am 14.-15.06.2021 durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Modellrechnungen können hierdurch verifiziert werden.

In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe des seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetzten und vielfach geprüften Kaltluftabflussmodells KLAM_21 (Vers. 2.012, siehe **Grafik 1**) des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES die ortstypischen lokalen Kaltluftbewegungen in sommerlichen windschwachen Strahlungsnächten analysiert.



Grafik 1: „Programmstempel“ KLAM_21

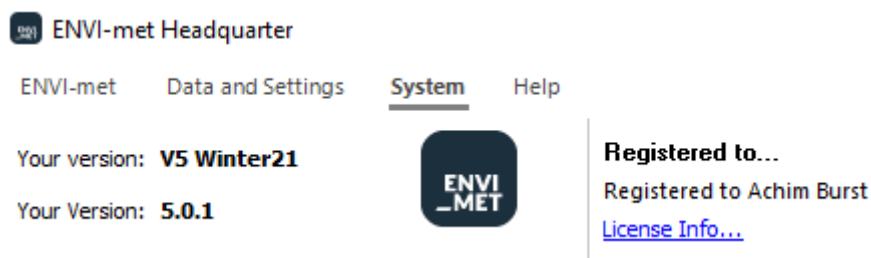
Dabei wird zunächst der Ist-Zustand betrachtet. Auf Grundlage eines abgestimmten Planungskonzepts erfolgt eine vergleichende Betrachtung von Ist- und Plan-Zustand. Als Basis dient ein digitales Geländemodell im 10 m-Raster (DGM_10), das von der HESS. VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt wurde.

Mit Hilfe der KLAM_21-Simulationen können die möglichen Veränderungen des örtlichen, kaltluftbedingten Windfeldes durch die potenzielle Flächennutzungsänderung aufgezeigt werden. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch flächenhafte Informationen zur vertikalen Kaltluftmächtigkeit und damit zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Die mit dem Modell KLAM_21 erzielten Resultate werden mit dem Bewertungsschlüssel der VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ ausgewertet.

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. Unter Berücksichtigung der Modellunsicherheiten hinsichtlich des Vereinfachungsgrades eines Modells und der vielfältigen Eingabegrößen sind diese Ergebnisse sehr wertvolle Planungs- und Entscheidungshilfen.

Zur Bilanzierung der kleinräumigen thermischen Umgebungsbedingungen kommt das mikroskalige Klimamodell ENVI-met¹ (siehe **Grafik 2**).



Grafik 2 „Programmstempel“ ENVI-met

Die thermische 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).

¹ **BRUSE, M. (2002/2021):** ENVI-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

Die Bebauung wird durch einfache Basiselemente (Würfel in ENVI-met: Grid) 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 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 ebenfalls vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt bzw. vor Ort und über Luftbilder kartiert.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung.

4 Klimaökologische Situation am Planungsstandort und Folgen des Klimawandels

Das Stadtgebiet von Wetzlar ist großräumig dem warmgemäßigten Regenklima der mittleren Breiten zuzuordnen. Mit überwiegend westlichen Winden werden das ganze Jahr über feuchte Luftmassen vom Atlantik herangeführt, die zu Niederschlägen führen².

Die Jahressumme des Niederschlags liegt im Raum Wetzlar (die nachfolgenden Daten beziehen sich auf Gießen-Wettenberg = DWD Messstandort) bei ca. 666 mm (1981 – 2010)³, wobei der Monat Juli die größte Niederschlagshöhe (ca. 70 mm) aufweist. In diesem Monat kommt es durch hohe Einstrahlungsintensität und die daraus folgende Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt im mehrjährigen Mittel ca. 9.6°C (1981 – 2010). Die Julitemperaturen erreichen Durchschnittswerte um 18.9°C, die minimalen Durchschnittswerte werden im Januar mit 0.9°C im Januar gemessen.

Laut Statistik des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (<https://www.opendata.dwd.de>) sind am nächstgelegenen DWD-Standort Gießen-Wettenberg Nr. 1639, 203 m ü. NN (Lage siehe **Abbildung 5.1**) im 30-jährigen Mittel (1981 – 2010)

- 17.2 Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 73.9 Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 8.4 heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
- 44.4 Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)

zu registrieren

Bioklimatisch ist der Raum Wetzlar / Gießen als Zone mit vermehrter Wärmebelastung und gelegentlichem Kältereiz zu bewerten (<https://www.dwd.de>). Die bioklimatische Belastung ist in den Sommermonaten demnach deutlich geringer als bspw. im Raum Frankfurt a. M. (13.2 heiße Tage/Jahr und 52 Sommertage/Jahr bezogen auf den Zeitraum 1981 – 2020).

² HMUELV (2011): Luftreinhalteplan für das Gebiet Lahn-Dill – Gießen/Wetzlar. 1. Fortschreibung. Wiesbaden.

³ Datenquelle:
https://opendatat.dwd.de/climate_environment/CSC/observations_germany/

Mittelfristige Prognosen deuten jedoch darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Raum Wetzlar / Gießen zunehmen wird.

Nach Berechnungen des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG E.V. (www.klimafolgenonline.com) wird die mittlere Jahresmitteltemperatur gegenüber der Zeitspanne 1981 – 2010 im Zeitraum 2031 – 2060 (= nahe Zukunft) um ca. 1.6°C zunehmen. Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird um ca. 5.4 Tage/Jahr bzw. 12.2 Tage/Jahr ansteigen. Den Projektionen liegt das Antriebsszenario RCP8.5⁴ (mittlere bzw. hohe Temperaturzunahme) zu Grunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

Da zugleich die Anzahl der Tropennächte zunimmt, steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen. Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (≥ 10 mm/Tag.) wird um ca. 1 Tag/Jahr zunehmen.

Die STADT WETZLAR hat die Problematik der zunehmenden Wärmebelastung erkannt und weist in ihrer Schrift „Aktionsplan Klimaschutz und Klimawandelanpassung“ (STADT WETZLAR 2020) auf gegensteuernde Maßnahmen hin (z.B. Begrünung kommunaler und privater Dächer, Maßnahmen zum Schutz vor intensiver Sonneneinstrahlung im öffentlichen Raum, Sicherung von Kaltluftschneisen etc.).

Die Windverhältnisse werden im Raum Wetzlar vorwiegend von südwestlichen bis westlichen und nordöstlichen bis östlichen Winden bestimmt (siehe **Abbildungen 5.2 und 6**).

In innenstadtnahen Lagen von Wetzlar (Luftmessstation HLNUG-Wetzlar) werden mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.3 m/s gemessen (Zeitraum: 2011 – 2020). In freien Lagen, repräsentiert durch die DWD Station Gießen-Wettenberg, zeigen sich mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 3.0 m/s. Am Planungsstandort sind demnach mittlere Windgeschwindigkeiten um 2.5 – 3.0 m/s zu erwarten (siehe auch <https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten>).

Stadtklimatisch besonders relevant sind austauscharme Wetterlagen, die im Allgemeinen zu einer deutlichen Minderung des horizontalen und vertikalen Luftaustausches führen. An heißen Tagen ist damit u.a. eine erhöhte Wärmebelastung verbunden.

⁴ Das Szenario RCP 8.5 weist einen starken Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur um ca. 4,8 C gegenüber dem Zeitraum 1985-2005 bewirken würde. Das Szenario RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher Szenario“ bezeichnet (GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2021).

Laut Untersuchungsergebnissen zum Stadtklima von Gießen (GEO-NET UMWELT-CONSULTING GMBH 2014) sind im Raum Gießen/Wetzlar an ca. 9% der Tage im Jahr austauscharme Wetterlagen zu erwarten.

Besonders in den Sommermonaten entwickeln sich in windschwachen Strahlungsnächten thermisch induzierte regionale und lokale Windsysteme, die wesentliche Gunsteffekte (Kalt- und Frischluftzufuhr) erbringen können. Hierbei lassen sich im Allgemeinen Flurwindeffekte (z.B. kleinräumige Luftaustauschbewegungen zwischen Freiland und Bebauung), Hangabwinde (z.B. Kaltluftabfluss im Hangbereich nördlich von Münchholzhausen) und Talabwinde (z.B. gerichteter Kaltluftabfluss entlang von Bachtälern – Welschbach) unterscheiden.

4.1 Ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation

Bei der Betrachtung und Bewertung der klimaökologische Auswirkungen der geplanten Flächennutzungsänderung im Bebauungsplangebiet „Münchholzhausen-Nord“ sind windschwache Sommer- / Hitzetage wegen ihres bioklimatischen Belastungspotenzials von besonderem Interesse. Wichtige Ausgleichsfaktoren für die im Tagesverlauf auftretenden hohen Temperaturen sind in von Überhitzung betroffenen Siedlungsgebieten die nächtliche Abkühlung und der Zustrom kühler Luft durch Kaltluftabflusssysteme (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG 2013).

Die Bildung bodennaher Kaltluft wird durch die Abkühlung der Erdoberfläche auf Grund einer negativen Wärmebilanz verursacht. Besonders günstig für eine nächtliche Abkühlung sind windschwache Strahlungsnächte.

Wie in **Tabelle 1** aufgeführt, weisen Grünland/Streuobstwiesen/Rasenflächen und Ackerflächen die höchsten Kaltluftproduktionsraten auf. In Waldflächen bleibt die Luft im Bestand am Tag auf Grund der Beschattung vergleichsweise kühl. In den Nachtstunden wird im Kronendach Kaltluft gebildet. Infolge der reduzierten Ausstrahlung im Bestand ist die „Kaltluft“ jedoch etwas wärmer als über Wiesen und Ackerflächen. Das thermische Ausgleichspotenzial ist dennoch nicht zu unterschätzen.

Landnutzung	Kaltluftproduktionsrate $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$	Kälteproduktionsrate W/m^2
Grünland, Ackerland	15 – 20	30
Wald	12 – 15	17 (über ebenem Gelände)
Gartenbau, Mischflächen	10 – 15	24
Siedlungsgebiete	1	0 - 8 (dichte – lockere Bebauung)
Wasseroberflächen	0	0 - 6 (flache – tiefe Gewässer)

Tabelle 1: Zuordnung von typischen Kaltluft- bzw. Kälteproduktionsraten ausgewählter Landnutzungen (Bundministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2013)

Im Allgemeinen nimmt die Kaltluftmächtigkeit hangabwärts zu, da von höheren Geländelagen kommend immer mehr Kaltluft in den Abfluss mit einbezogen wird. Die Intensität des Kaltluftabflusses ist von der Hangneigung sowie von der Oberflächenrauigkeit des Bewuchses abhängig. Die Reibungskraft der Oberflächen bremst die Strömungsdynamik.

Kaltluftbewegungen zeigen in der ersten Nachthälfte die größten Fließgeschwindigkeiten, da zu diesem Zeitpunkt die vertikale Mächtigkeit der stabil geschichteten Luftmassen noch geringer ist und somit regionale und überregionale Winde höherer Geschwindigkeit noch vermehrt bodennah durchgreifen können.

Kaltluftstaus bilden sich im Luv von natürlichen und anthropogenen Hindernissen (Wald- und Siedlungsrand, einzelne Baukörper, Straßendämme etc.). Die kalte Luft staut sich bis zur Hindernishöhe oder etwas darunter auf, bis bei weiterem Nachfließen von Kaltluft das Hindernis schließlich überströmt wird (KING, 1973). Kleinere Hindernisse werden von der abfließenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubbildung um- oder überströmt. Kaltluftseen entstehen durch Ansammlung kalter Luft in Mulden und Senken.

Zur Beschreibung des nächtlichen Kaltluftströmungsgeschehens im Planungsgebiet und in dessen Umfeld werden nachfolgend die Ergebnisse von mobilen Windmessungen (Rauchschwadenbeobachtungen) und Kaltluftabflusssimulationen analysiert.

Am 15.06.2021 wurden in einer austauscharmen sommerlichen Strahlungsnacht⁵ (siehe Tagesgang der Windes und der Lufttemperatur in **Abbildung 7**) mit Hilfe von Rauschschwaden die ortsspezifischen Kaltluftbewegungen untersucht. Ihre Ausbreitung zeigt die bodennahe Windrichtung. Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit (ca. 1.5 m ü.G.) erfolgte zeitgleich mit einem hochempfindlichen Hitzdrahtanemometer (**Abbildung 8.1**).

Die Messergebnisse (**Abbildung 8.2**) zeigen, dass sich im Planungsgebiet im Laufe der Nachtstunden aus der örtlichen Kaltluftbildung markante Kaltluftabflüsse in südliche bis südöstliche Richtungen entwickeln, die in Bodennähe (1.5 m ü.G.) mittlere Fließgeschwindigkeiten von ca. 0.5 – 1.1 m/s erreichen.

Die bodennah abfließende Kaltluft gelangt über der Freiraum südlich der L 3451 bis in die Ortslage Münchholzhausen, wo sie insbesondere in den Wohnlagen nördlich der Linie Sonnenstraße-Weingartenstraße die nächtliche Abkühlung forcieren. Innerhalb der Bebauung fungieren Gebäudeabstandsflächen sowie Straßenzüge (z.B. Jahnstraße) als Kaltluftleitbahnen. Südlich der o.a. Linie dominiert der Einfluss von Kaltluftbewegungen entlang des Welschbachs.

Ergänzend zu den mobilen Messungen wurden auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (Rasterauflösung 10 m)⁶ - siehe **Abbildung 2** - mit dem Mesoskalenmodell KLAM_21 (Version 2.012) Kaltluftströmungssimulationen durchgeführt. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch flächenhafte Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Das Modell KLAM_21 berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt: Siedlung dicht, Siedlung locker, Wald / dichter Gehölzbestand, Autobahn, Industrie-/Gewerbeflächen, halbversiegelte Flächen, unversiegelte Freiflächen, versiegelte Flächen und Wasserflächen.

Zusammenhängende Siedlungsflächen werden als teilweise durchströmbare (poröse) Hindernisse im Modell berücksichtigt (DEUTSCHER WETTERDIENST 2005/2008). Damit gelingt es, die Strömungsverdrängung durch die Baukörper sowie die bremsende Wirkung der Gebäude in Übereinstimmung mit Beobachtungen zu modellieren.

⁵ Großwetterlage: Hochdruckbrücke über Mitteleuropa. Sommertag mit einer max. Lufttemperatur von 28.7°C und einer Minimumtemperatur von 12.8°C.

⁶ Die digitalen Geländedaten wurden von der HESS. VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION zur Verfügung gestellt.

Das geplante Baugebiet Schattenlänge im Nordosten von Münchholzhausen findet Eingang in die Berechnungen.

Das betrachtete Rechenggebiet umfasst eine Gebietsgröße von 6.0 x 3.0 km (18 km²), so dass die planungsnahen Kaltlufteinzugsgebiete und Kaltluftwirkgebiete mitberücksichtigt werden.

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d.h. eine klare und windschwache Nacht mit nordöstlichem Höhenwind (1.0 m/s, 40 m ü.G.).

Die **Abbildungen 9.1 – 9.4** zeigen für den Ist-Zustand (inkl. Baugebiet „Schattenlänge“) die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen in der 1. Nachhälfte - 2 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung⁷. Bioklimatisch ist der Zeitpunkt von Bedeutung, da im Hochsommer tagsüber überwärmte Wohnungen in der ersten Nachthälfte meist nochmals durchgelüftet werden. Kühle Umgebungsverhältnisse intensivieren die bioklimatische Entlastungswirkung.

In dieser Kaltluftbildungsphase entstehen über dem südsüdostexponierten Hangbereich des Planungsgebiets kaltluftinduzierte südliche Hangabwinde, die Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 0.2 – 1.0 m/s (2 m ü.G.) erreichen – **Abbildung 9.1**. Aus dem nördlich angrenzenden Waldgebiet ergeben sich für das Planungsgebiet nur schwache Kaltluftzuflüsse (Kaltluftfließgeschwindigkeit unter 0.2 m/s). Die südlichen Hangabwinde strömen über die L 3451 in Richtung der Ortslage Münchholzhausen, wobei am nördlichen Siedlungsrand durch die Stau-/Barrierewirkung der Wohnbebauung die Kaltluftfließgeschwindigkeit auf Werte von 0.2 – 0.5 m/s abnimmt.

Innerhalb der Bebauung von Münchholzhausen wird die Kaltluft zunehmend nach Osten umgelenkt, da zusätzlich Kaltluftbewegungen aus den Bereichen Am Spitzenberg und Welschbachtal Einfluss auf die lokalen Luftaustauschbewegungen nehmen.

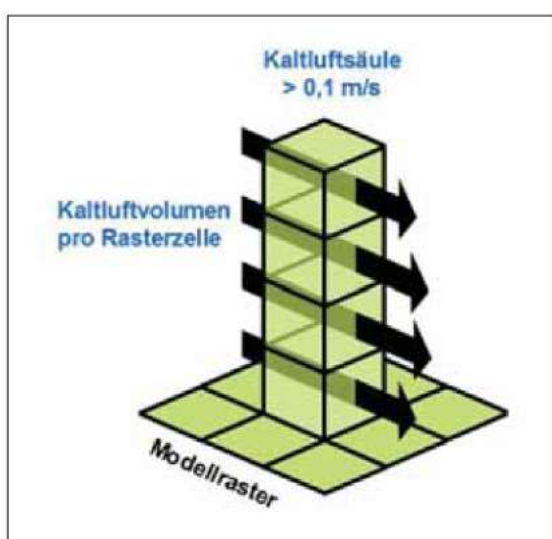
Die Kaltluftmächtigkeit beträgt 2 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung (**Abbildung 9.2**) am Planungsstandort ca. 3 – 9 m. Eine größere Mächtigkeit wird durch das stete Abfließen der Kaltluft unterbunden.

⁷ In den Monaten Juni/Juli entspricht dies ca. dem Zeitpunkt 22:15 – 22:45 Uhr (MEZ)

Bis zum nördlichen Siedlungsrand von Münchholzhausen steigt die Mächtigkeit der lokalen Kaltluft auf Werte von ca. 15 – 20 m an, so dass die dortige Wohnbebauung überströmt werden kann.

Im Welschbachtal beträgt die Kaltluftmächtigkeit bereits über 40 m.

In **Abbildung 9.3** ist die berechnete Kaltluftvolumenstromdichte 2 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt. Die Kaltluftvolumenstromdichte ist diejenige Kaltluftmenge in m^3 , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Obergrenze der Kaltluftschicht, welcher senkrecht zur Strömung steht, fließt. Ihre Einheit ist $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ (siehe **Grafik 3**).



Grafik 3: Prinzipienskizze Kaltluftvolumenstromdichte (aus: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2015)

Die Berechnungsergebnisse zeigen über dem Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ Kaltluftvolumendichten von ca. 2 – 5 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Zum Vergleich: Entlang des Welschbachs werden im Süden von Münchholzhausen Kaltluftvolumendichten von ca. 30 – 50 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ simuliert. Die kaltluftbedingte Belüftungsintensität am Planungsstandort ist demnach vergleichsweise mäßig.

Am nördlichen Siedlungsrand von Münchholzhausen beläuft sich die Kaltluftvolumenstromdichte auf ca. 5 – 10 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$.

Bestimmt man im Norden von Münchholzhausen beispielhaft über ein 1.240 m langes Querprofil A – A* (Lage siehe **Abbildung 9.3**) den von Norden nach Süden abfließenden Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich ein Wert von ca. 2.312 m^3/s . Über die Kaltluftbewegungen des Welschbachs in Richtung Osten (Profil C – C*) ergibt sich ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 9.060 m^3/s . Er dominiert deutlich die lokalklimatische Situation in Münchholzhausen.

Fasst man die zu bestimmenden Kaltluftvolumenströme über die Profile A-A* und C-C* zusammen, so erhält man in Summe das Kaltluftvolumen, das wesentlich die kaltluftbedingte Belüftung/Abkühlung in Münchholzhausen bestimmt. In der 1. Nachthälfte ergibt sich dabei ein Wert von ca. 11.372 m³/s.

Laut VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) ist ein Kaltluftvolumenstrom ab etwa 10.000 m³/s erforderlich, um kleinere Siedlungen zu durchströmen. Die Eindringtiefe an Stadt-/Siedlungsrändern bewegt sich typischerweise in einem Bereich bis ca. 1.000 m. Aber auch Kaltluftvolumenstrommengen ab ca. 1.000 m³/s bewirken bzgl. der Belüftung und Abkühlungswirkung klimaökologisch wirksame Positivwirkungen.

In Richtung Dutenhofen / Lahntal strömt im Ist-Zustand über das Bewertungsprofil B – B* ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.588 m³/s nach Osten.

In **Abbildung 9.4** ist mittels einer Ausbreitungssimulation (Tracer) die Ausbreitungsrichtung von Kaltluft aus dem Planungsgebiet dargestellt.

Die nach Süden abfließende Kaltluft wird im Bereich der Ortslage Münchholzhausen zunehmend nach Osten umgelenkt und speist zusätzlich den Kaltluftstrom entlang des Welschbachs. Damit ist das Planungsgebiet in der ersten Nachthälfte auch Bestandteil des Kaltlufteinzugsgebiets von Dutenhofen.

Im Laufe der zweiten Nachthälfte (**Abbildungen 10.1 – 10.4**) nimmt die Kaltluftfließgeschwindigkeit bei weitgehend gleich bleibender Kaltluftmächtigkeit im Norden von Münchholzhausen etwas ab, so dass über das Profil A – A* ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.652 m³/s (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung) zu bilanzieren ist. Über das Profil B – B* fließt ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.715 m³/s nach Osten.

Der Kaltluftvolumenstrom entlang des Welschbachs beläuft sich auf ca. 8.967 m³/s und bestimmt somit weiterhin in großem Umfang die kaltluftspezifische Belüftung von Münchholzhausen.

4.2 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen

Zur Erfassung der lokalen Lufttemperaturverhältnisse wurden im Rahmen der Messkampagne am 14./15.06.2021 an zwei Messterminen (22:30 Uhr / 1. Nachthälfte und 01:00 / 2. Nachthälfte) profilhaft angelegte Lufttemperaturmessfahrten durchgeführt.

Die Messfahrten erfolgten mit einem Messfahrzeug, das mit einem ventilierten Psychrometer der FA. AHLBORN ausgestattet war (siehe **Abbildung 11**).

Die Messungen wurden linienhaft auf einer zuvor festgelegten Fahrtroute durchgeführt, die sowohl das Planungsgebiet als auch die benachbarten Siedlungslagen durchquert.

Zur zeitlichen Interpolation der mobilen Messwerte auf eine Messzeitpunkt wurden die Daten der Luftmessstation HLNUG-Wetzlar verwendet. In einem ersten Schritt wurden die während der Messfahrten an der Station erfassten Temperaturmodifikationen ausgewertet. Hieraus resultierten Verlaufskurven der Lufttemperatur, die in einem zweiten Schritt den zeitcodierten Werten der Messfahrt zugeordnet wurden.

Diese Methodik hat als Ergebnis zur Folge, dass alle Messwerte der Lufttemperaturmessfahrten auf einen Zeitpunkt korrigiert sind. Zuvor fand eine Filterung verkehrsbedingter Standzeiten aus den Messdaten statt.

Bei der Aufnahme der Lufttemperatur spielen die Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle. Die Ausprägung flächennutzungsspezifischer, kleinräumiger Temperaturunterschiede zeigt sich am besten bei windschwachen Strahlungswetterlagen in den Nachtstunden.

Der gewählte Messtermin orientierte sich daher an folgenden Vorgaben:

- Geringe Bewölkung, d.h. intensive Ausstrahlung.
- Geringe Windgeschwindigkeit in freien Lagen (≤ 2.0 m/s).
- Witterungsverlauf in den letzten sechs Stunden - heiter, höchstens wechselnd bewölkt. Während der Messfahrten weitgehend wolkenlos (Bedeckungsgrad $\leq 2/8$).

Wie die **Abbildung 7** dokumentiert, herrschten am 14./15.06.2021 während der beiden Messfahrttermine (22:30 Uhr und 01:00 Uhr) unter dem Einfluss eines Hochs über Mitteleuropa (HM) schwache Winde vor. Da es zudem weitgehend wolkenlos war, lagen ideale Kaltluftbildungsverhältnisse vor.

Bei der Ausbildung unterschiedlicher thermischer Umgebungsbedingungen ist sowohl die kleinräumige als auch die großräumigere (regionaler Maßstab) Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung von wesentlicher Bedeutung.

Die Verteilung der Lufttemperatur wird dabei zum Indiz für diese Erscheinungen und für die klimaökologische Leistungsfähigkeit der Freiflächen und Freiräume.

Während der vorliegenden Messfahrten wurden Temperaturunterschiede bis ca. 5.7°C gemessen.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrt vom 14.06.2021 (22:00 – 23:30 Uhr, korrigiert auf den Zeitpunkt 22:30 Uhr) sind in der **Abbildung 12.1** dargestellt.

Die niedrigsten Lufttemperaturwerte zeigen sich entlang des Welschbachs im Süden von Münchholzhausen (14.8°C) sowie im Gewann An der Pfingstweide östlich des Wohngebiets „Blankenfeld“ im Stadtteil Büblingshausen (15.7°C). Beide Bereiche befinden sich sowohl in Kaltluftentstehungsgebieten als auch in Kaltluftsammel- und Kaltluftabflussbereichen.

Die höchsten Lufttemperaturen (20.0 – 20.5°C) werden im Bereich des Leitz-Parks, im Wohngebiet Blankenfeld und im Ortszentrum von Dutenhofen gemessen. Während sich im Leitz-Park und im Ortszentrum von Dutenhofen der Wärmeinseleffekt der großflächig versiegelten Flächen bzw. der dichten Bebauung thermisch negativ bemerkbar macht, sind die recht hohen Lufttemperaturwerte im Wohngebiet Blankenfeld vorwiegend auf den fehlenden direkten Einfluss lokaler Kaltluftzufuhr bei vorherrschenden westlichen Windrichtungen zurückzuführen.

Im Planungsgebiet Münchholzhausen-Nord zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 16.5 – 18.5°C. Durch den beständigen Abfluss der Kaltluft nach Süden bleibt die Hangzone etwas wärmer als der nördliche Siedlungsbereich von Münchholzhausen, in welchem Lufttemperaturen von ca. 16.0 – 17.5°C gemessen werden. Dieses „Phänomen“ ist in der Geländeklimatologie auch als „warme Hangzone“ bekannt. Die Hangkaltluft aus dem Planungsgebiet trägt damit zur günstigen Gestaltung der thermischen Verhältnisse in Münchholzhausen bei.

In den dichter bebauten Teilen von Münchholzhausen (Wetzlarer Straße/Rechtenbacher Straße) werden trotz des Einflusses der Kaltluft entlang des Welschbachs Lufttemperaturen bis ca. 18.6°C erfasst.

In Dutenhofen werden die niedrigsten Lufttemperaturen (15.7°C) im Gewann An dem Floss (Kaltluftammel- und Kaltluftabflussgebiet) gemessen.

Die Ergebnisse der Messungen in der 2. Nachthälfte sind in der **Abbildung 12.2** dokumentiert.

Zwischen wärmsten und kühlfsten Bereichen werden zum Zeitpunkt 01:00 Uhr Lufttemperaturdifferenzen von ca. 5.5°C registriert. Die höchsten Lufttemperaturen von 17.7°C werden im Bereich des Leitz Parks gemessen. Hier wirkt die Wärmeabstrahlung des großflächig versiegelten Gewerbegebiets einer intensiveren Abkühlung entgegen.

Auffallende Abkühlung ist hingegen im Welschbachtal im Süden von Münchholzhausen und Dutenhofen zu ermitteln. Der Talzug fungiert als Kaltluftammel- und Kaltluftabflussbereich. Zudem wird in der Talaue intensiv Kaltluft gebildet.

In vergleichbarer Stärke ist auch die Abkühlung im Gewann An dem Floss im Nordwesten von Dutenhofen und in den Gewannen Geißler und An der Pfingstweide westlich des Wohngebiets Blankenfeld.

Im Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ werden gegen 01:00 Uhr Lufttemperaturen zwischen ca. 13.7 und 15.0°C gemessen.

In der Ortslage Münchholzhausen zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 13.4 – 15.3°C. Die mit den Werten des angrenzenden Freilandes vergleichbaren Lufttemperaturen spiegeln günstige thermische Verhältnisse in Münchholzhausen wider. Die Kaltluftzufuhr über die nördlich angrenzenden Hangzonen und über das Welschbachtal forcieren die nächtliche Abkühlung.

Die thermische/bioklimatische Gunstlage von Münchholzhausen wird von den Ergebnissen einer Klimauntersuchung in Gießen (GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH 2014) bestätigt – siehe **Abbildung 13**. In der Klimafunktionskarte der STADT GIEßEN ist Münchholzhausen und Dutenhofen als bioklimatisch begünstigter Siedlungsraum definiert. Die Wärmeinselbildung ist aufgrund des Einflusses von Kaltluft aus dem benachbarten Freiraumgefüge deutlich reduziert.

4.3 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Planungsgebiet und in dessen Umfeld

Wie sich aus den Darstellungen vorliegender Messdaten entnehmen lässt, bildet sich im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch die topographische Gliederung (Tal- und Hangzonen, Hangeinschnitte) des Geländes und die Flächennutzung (Bebauung, Wald, Landwirtschaftsflächen, Wiesen etc.) ein ortsspezifisches Lokalklima aus. Dies dokumentiert sich einerseits anhand der thermischen Umgebungsbedingungen und andererseits im Strömungsgeschehen des Raumes, das bei klimarelevanten Strahlungswetterlagen nach Sonnenuntergang sowohl durch überregionale Winde als auch durch lokale Kaltluftbewegungen bestimmt wird.

Anhand des thermischen Verhaltens unterschiedlicher Flächennutzungsstrukturen während durch Hochdruck beeinflusster Wetterlagen werden die Auswirkungen lokaler Faktoren auf das Klima deutlich erkennbar (siehe Kap. 4.1 / 4.2). Schwache Windbewegung und länger anhaltende Einstrahlung am Tag führen in den Sommermonaten zu intensiver Erwärmung, ungehinderte Ausstrahlung bei Nacht hingegen zu intensiver Abkühlung der unteren Luftschichten.

Bei diesen Wetterlagen bilden sich durch unterschiedliche Exposition, Geländeform und Oberflächenart wärmere und kühlere Bereiche aus.

Nach Sonnenuntergang, im Laufe der Abkühlungsphase, stellen sich durch die Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung induzierte lokale Erscheinungen ein (z.B. Hangabwinde, Kaltluftstagnation), die bei Strahlungswetterlagen in meist gleicher Weise auftreten und die Intensität der Be- und Durchlüftung in der Bebauung wesentlich bestimmen.

Besonders im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten beeinflussen lokale Luftströmungen, deren Existenz auf die Kaltluftproduktion der Freiräume und die Kaltluftbewegung entlang des Welschbachs und angrenzender vegetationsbedeckter Hangzonen zurückzuführen ist, in hohem Maße das Ventilationsgeschehen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld. Da diese lokalen Luftzirkulationen nur begrenzte horizontale und vertikale Reichweite entwickeln, in ihrer Summenwirkung aber das Ventilationsgeschehen bei windschwachen, austauscharmen Wetterlagen wesentlich bestimmen, ist dem Erhalt ihrer Entstehungsgebiete und bevorzugten Zugbahnen besondere Beachtung zu schenken.

Der treibende Faktor dieser Luftströmungen ist, wie bereits erwähnt, die nächtliche Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung. Voraussetzung für die Kaltluftentstehung ist ein bestimmtes Potenzial vegetationsbedeckter Freiflächen.

Insbesondere über Wiesen und Ackerflächen kommt es zu intensiver Kaltluftproduktion. Die Kaltluftbewegung und die sich daraus entwickelnden Lokalströmungen beschränken sich weitgehend auf den bodennäheren Luftraum. Nur wenn gleichgerichtete überregionale bzw. regionale Luftströmungen für zusätzliche Bewegungsimpulse sorgen, können beispielsweise Dämme, Gehölzgruppen und größere Gebäudekörper über- und umströmt werden. Ansonsten bilden sie markante Barrieren.

Um die klimaökologischen Auswirkungen der geplanten Bebauung „Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord“ vertiefend beurteilen zu können, muss der Stellenwert des Raumes im komplexen lokalen Klimageschehen bekannt sein. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Ausgleichsräumen (Freiräume), die klimaökologisch positiv wirken, d.h. klimaökologische Leistungen in Form eines Abbaus thermischer und lufthygienischer Belastungen erbringen sowie Wirkungsräumen (Bebauung), in welchen durch diese Leistungen thermische und lufthygienische Negativerscheinungen abgebaut oder vermieden werden.

Klimaökologische Ausgleichs- und Wirkungsräume stehen über das Luftaustauschgeschehen funktional in Beziehung, wobei vor allem auch lokal begrenzte, bodennah ablaufende Wirkungsmechanismen von Bedeutung sind.

Die klimaökologische Wirkung der Ausgleichsräume besteht zum einen in ihrem Beitrag zur Intensivierung der Ventilation und zum anderen in der Verbesserung der Luftqualität sowohl in thermischer als auch in lufthygienischer Hinsicht, wobei die Ausgleichsräume sowohl passiv als auch aktiv wirken.

- **Aktive Wirkung**

Die aktive Wirkung liegt in der Kaltluftproduktion der Freiflächen. Aufgrund von Temperaturunterschieden zwischen vegetationsbedecktem Freiraum und der angrenzenden Bebauung sowie der daraus resultierenden Luftdruckunterschiede entstehen Luftaustauschbewegungen, die in Form kleinräumiger Luftbewegungen, bei ausgedehnteren Freiräumen in Form von deutlich messbaren Lokalströmungen, besonders bei windschwachen Wetterlagen das Ventilationsgeschehen wesentlich mitbestimmen.

- **Passive Wirkung**

Die passive Wirkung besteht darin, dass die im weiteren Umland entstehende Frischluft auch bei Schwachwindsituationen, durch den Bewegungsimpuls des großräumigen bzw. regionalen Windes unterstützt, über diese siedlungsnahen Freiräume im bodennäheren Luftraum weitgehend ungehindert in die Bebauung gelangen kann.

Wie **Abbildung 13** dokumentiert, ist das Planungsgebiet Bestandteil des Freiraumgefüges nördlich von Münchholzhausen.

Die Wald-, Wiesen- und Landwirtschaftsflächen nördlich der Bebauung von Münchholzhausen funktionieren als klimaökologische Ausgleichsräume, die der Bebauung Münchholzhausen und Dutenhofen zugeordnet werden können.

Die Windverhältnisse werden im Raum Wetzlar werden am Tag vorwiegend von südwestlichen bis westlichen und nordöstlichen bis östlichen Winden bestimmt. Am Planungsstandort sind dabei mittlere Windgeschwindigkeiten um 2.5 – 3.0 m/s zu erwarten, was auf günstige Belüftungsverhältnisse hinweist.

In stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten setzen im Planungsgebiet vermehrt lokale Kaltluftströmungen aus nördlichen Richtungssektoren ein, die in der Hangzone nördlich der L3451 vertikale Mächtigkeiten von ca. 3 – 9 m erreichen. Ergebnisse von ortsspezifischen Messungen und Kaltluftströmungssimulationen zeigen, dass die in Richtung Münchholzhausen abfließende Kaltluft bereits ab der Linie Sonnenstraße / Weingartenstraße in die Kaltluftbewegungen entlang des Welschbachs eingebunden werden, der das Kaltluftströmungsgeschehen in Münchholzhausen dominiert. Während am nördlichen Ortsrand von Münchholzhausen aus Norden ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.652 - 2.312 m³/s zuströmt, gelangt über das Welschbachtal im Westen eine Kaltluftvolumen von ca. 8.967 – 9.060 m³/s in die Bebauung.

Der intensive Zustrom von Kaltluft aus westlichen und nördlichen Richtungen sorgt an warmen Sommertagen für eine rasche nächtliche Abkühlung, weshalb die thermische / bioklimatische Situation in Münchholzhausen als sehr günstig einzustufen ist (**Abbildung 13**).

Laut Klimaprojektionen werden die Folgen des Klimawandels in Münchholzhausen zu einer zunehmenden Wärmebelastung in den Sommermonaten führen. Einer Sicherung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen ist daher auch in Münchholzhausen und in Dutenhofen Beachtung zu schenken.

Derartige Zielvorgaben werden im „Integrierten Klimaschutzplan 2025“ für das Land Hessen formuliert (HESS. MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2017, S. 58):

Für den gesundheitlichen Bevölkerungsschutz ist die Anpassung von Siedlungsstrukturen an den Klimawandel von hoher Bedeutung. Durch die klimawandelbedingte Zunahme von Hitzetagen, Tropennächten, Mitteltemperaturen und vom städtischen Wärmeinsel-Effekt werden vor allem im städtischen Raum in Hessen signifikante Zunahmen von Hitzemortalität (Sterberate) und Hitzemorbidity (Erkrankungsrate) erwartet⁴⁶. Dies ist auch durch die hohe Bebauungsdichte und den verringerten Luftaustausch begründet. Damit sind in- und außerhalb von Siedlungen die Flächenfreihaltung und die Entwicklung kühlend wirkender Vegetation zukünftig noch bedeutender für den gesundheitlichen Bevölkerungsschutz in Siedlungsräumen.

5 Planungsstudien für das Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord.

Aus den beschriebenen klimaökologischen Funktionsabläufen / Zielvorgaben (Entwicklung eines ökologisch nachhaltigen und raumverträglichen Gewerbebestands) resultiert, dass im Planungsgebiet auf eine Minimierung der baulichen Barrierewirkung und auf eine möglichst enge räumliche Begrenzung des planungsbedingten Wärmeinseleffektes geachtet wird. Der Verlust an Kaltluftproduktionsflächen durch die bauliche Inanspruchnahme des Planungsgebiets wird durch begleitende grünordnerische Maßnahmen nicht ausgleichbar sein.

Im Zuge eines iterativen Planungsprozesses im Jahr 2021 wurden für das Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord verschiedene Planungsvarianten A – D (**Abbildungen 14.1 – 14.4**) entwickelt. Sie zeigen zum Waldrand im Norden einen begrünzten Mindestabstand von 36 m, so dass die aus dem Wald ausströmende Kaltluft in begrenztem Umfang in den Gewerbebestandort einsickern kann. Entlang der A 45 ist eine ca. 40 m breite Abstandsfläche geplant (= Immissionsschutz). Diese Planungsvorgaben fanden aus klimaökologischer Sicht Unterstützung.

Im Einzelnen wurden die Planungsvarianten im Vorfeld der abschließenden Gutachtererstellung aus klimaökologischer Sicht wie folgt beurteilt

Planungsvariante A (Abbildung 14.1):

Die langgestreckten Gewerbebauten (> 100 m Länge) in Nord-Süd-Richtung sind angesichts angestrebter Gebäudehöhen von mindestens 12 m als ungünstig zu bewerten. Die Gebäudehöhe von 12 m wird laut Informationen von KuBuS auf der höchsten Höhenlinie erforderlich, so dass sich in Richtung L 3451 Höhen bis deutlich über 15 m ergeben. Der Windschatteneffekt in Richtung Münchholzhausen ist damit bei vorherrschenden Kaltluftabflüssen aus nördlichen Richtungssektoren recht groß (ca. 8 - 10 x Gebäudehöhe). Die Gebäudeabstandsflächen in West-Ost-Richtung sind mit Maßen von ca. 20.5 – 21.5 m bei den gewählten Gebäudelängen zu gering, um intensive Durchlüftungseffekte zu sichern und die Berücksichtigung ergänzender Grünflächen zu ermöglichen.

Die kleinteilige Bebauung im Westen (entlang der Autobahn A 45) wäre aus klimaökologischer Sicht besser am Ostrand zu platzieren, um so einen möglichst baulich offenen Übergang zum verbleibenden Freiraumgefüge zu sichern.

Positiv sind die angedachten alleeartigen Baumpflanzungen im Bereich der zentralen Erschließungsstraße sowie die angedachten Baumreihen entlang der L 3451 und am Dorlarer Weg zu bewerten, da sie über ihren Schattenwurf die Aufheizung der befestigten Flächen effektiv mindern.

Auch die Anlage der im Planentwurf dargestellten von Versickerungsmulden ist klimaökologisch vorteilhaft, da diese nach Niederschlägen über die Verdunstung kühlende Wirkung haben und bei Starkregenereignissen der Überflutungsvorsorge dienen. Das Rückhaltepotenzial in derartigen Mulden kann durch die Kombination mit unterirdischen Rigolensystemen erhöht werden. In Trockenperioden ist die Kühlwirkung der Mulden allerdings reduziert.

Planungsvariante B (Abbildung 14.2):

Planungsvariante B zeigt eine kleinteiligere Gebäudestruktur im Norden und eine Orientierung der Gebäudelängsseiten an den Höhenlinien. Hierdurch werden die Gebäudehöhen begrenzt.

Die Gebäudeabstandsflächen von ca. 30 m im Norden ermöglichen ein Einsickern von Kaltluft aus dem angrenzenden Waldgebiet, wodurch die Wärmeinselbildung im Gewerbegebiet reduziert wird.

Auch das diagonale Abrücken der Gewerbebauten von der L 3451 ist positiv zu bewerten, da hierdurch der Lee-Effekt in Richtung Münchholzhausen vermindert wird und die Grünflächen mit Versickerungsmulden die Wärmeinselbildung einengen. Der vergleichsweise offene bauliche Übergang zum Dolarer Weg im Osten ist strömungsdynamisch von Vorteil.

Planungsvariante C (Abbildung 14.3):

Bei Variante C wird durch die hangparallele Ausrichtung der Baufelder ebenfalls eine deutliche Überhöhung der Baukörper unterbunden.

Vorteilhaft ist auch die vergleichsweise kleinteilige Baustruktur entlang der L 3451, da hierdurch der bauliche Windschatteneffekt in Richtung Münchholzhausen begrenzt wird.

Die ca. 30 m breiten Erschließungsachsen/-stiche ermöglichen eine ausreichende Durchlüftung des Planungsgebiets, um Wärmestaus am Tag zu unterbinden und damit die Ausprägung des Wärmeinseleffekts in den Nachtstunden zu dämpfen. Unterstützt wird dies zusätzlich durch die gewählten Baumstellungen.

Am Ostrand des Planungsgebiets sollten möglichst nur kleinteiligere Baustrukturen realisiert werden.

Planungsvariante D (Abbildung 14.4):

Die Planungsvariante D lässt durch die Wahl der Bebauungsstruktur eine allseitige Belüftung des Planungsgebiets zu. Von Vorteil sind auch die Grünflächen mit Versickerungsmulden entlang der L 3451 und des Dolarer Wegs, wodurch der Windschatteneffekt in Richtung Münchholzhausen räumlich vermehrt begrenzt wird.

Durch die vergleichsweise kleineren Baufelder (z.B. gegenüber der Planungsvariante A) kann mit begleitenden grünordnerischen Maßnahmen (z.B. Fassadenbegrünungen) die Wärmeinselbildung effektiver begrenzt werden.

Aus klimaökologischer Sicht bieten die Varianten D und C die besten Möglichkeiten, um ein klimaökologisch verträgliches Gewerbegebiet zu realisieren.

Auf Grundlage dieser klimaökologischen Vorabbewertung und weiteren Vorgabezielen wurde die Planungsvariante D weiterentwickelt → Planungsvariante D_Stand 11.2021 (**Abbildungen 15 - 17**).

Die Gesamtfläche des Planungsgebiets beträgt 128.741 m². Davon entfallen ca. 19.422 m² (15.09% der Gesamtfläche) auf öffentliche Grünflächen am Gebietsrand (**Abbildung 16**). Der Anteil der Verkehrsflächen beträgt 17.155 m² (13.33% der Gesamtfläche). Die Summe der Grundstücksflächen wird entsprechend mit 92.164 m² (71.59% der Gesamtfläche) angegeben.

Als max. Gebäudehöhen sind 12.00 m vorgesehen, die durch das nach Süden abfallende Gelände an den Südfassaden entsprechend ansteigen (bis über 14.00 m – siehe Geländeschnitt in **Abbildung 17**). Untergeordnete Dachaufbauten können diese Höhe noch überragen.

Die Abstände der Baufelder in W-E-Richtung betragen ca. 23.5 – 30 m und in N-S-Richtung ca. 19.5 – 31.5 m. Sie sind teilweise an Erschließungs- und Stellplatzflächen geknüpft (siehe **Abbildung 17**).

Die einzelnen Baukörper weisen eine extensive Dachbegrünung auf.

Zur grünordnerischen Gestaltung des Planungsgebiets sind an den Erschließungsstraßen und entlang der L3451/Dolarer Weg ergänzende Baumpflanzungen vorgesehen.

Im Rahmen der nachfolgenden Modellrechnungen werden die einzelnen Baufelder mit einer max. Bebauung belegt. Die in **Abbildung 15** grau unterlegten Flächen werden als versiegelt (asphaltiert) angenommen.

6 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der kaltluftspezifischen und thermischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens

Wie in Kap. 3 bereits angeführt, werden zur Bilanzierung der stadtklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens numerische Modellrechnungen durchgeführt.

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage vergleichender mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen (Ist-Zustand, Plan-Zustand) die Veränderungen der lokalen Kaltluftbewegungen bestimmt und bewertet.

Zur Bilanzierung der zu erwartenden thermischen Modifikationen an einem heißen Sommertag und in einer Tropennacht werden mikroskalige Lufttemperatursimulationen durchgeführt..

6.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen - Plan-Zustand

Bei der Betrachtung und Bewertung der klimaökologische Auswirkungen der geplanten Flächennutzungsänderung im Planungsgebiet Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord sind windschwache Sommer- / Hitzetage wegen ihres thermischen / bioklimatischen Belastungspotenzials von besonderem Interesse.

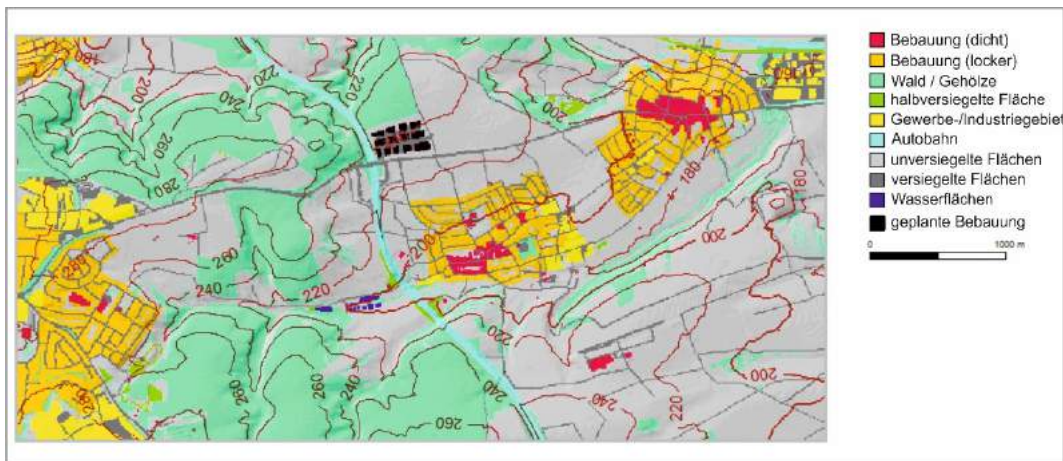
Das Modell KLAM_21 berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt (siehe **Grafik 4**).

Zusammenhängende Siedlungsflächen werden als teilweise durchströmbare (poröse) Hindernisse im Modell berücksichtigt (GROSS 1989, DEUTSCHER WETTERDIENST 2008). Damit gelingt es, die Strömungsverdrängung durch die Baukörper sowie die bremsende Wirkung der Gebäude in Übereinstimmung mit Beobachtungen zu modellieren.

Die Bebauung im Planungsgebiet wird als detaillierte Bebauung mit entsprechenden Gebäudehöhen aufgelöst, um den kleinräumigen Einfluss auf das örtliche Kaltluftgeschehen herausarbeiten zu können.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst eine Gebietsgröße von 3.0 x 6.0 km (18 km²), so dass die planungsnahen Kaltlufteinzugsgebiete und Kaltluftwirkgebiete mitberücksichtigt werden.

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftbewegungen optimale Situation, d.h. eine klare und windschwache Nacht mit großräumigeren nordöstlichen Winden (1.0 m/s), wie sie an der DWD Klimamessstation Gießen in Strahlungsnächten zu erfassen sind.



Grafik 4: KLAM_21 – Modellgebiet (Plan-Zustand)

Die **Abbildungen 18.1- 18.4** zeigen für den Plan-Zustand die Ergebnisse der Kaltluftabflusssimulationen in der ersten Nachthälfte - 2 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung. Bioklimatisch ist der Zeitpunkt von Bedeutung, da im Hochsommer tagsüber überwärmte Wohnungen in der ersten Nachthälfte meist nochmals durchgelüftet werden. Kühle Umgebungsverhältnisse intensivieren die bioklimatische Entlastungswirkung.

Wie bereits den Ergebnissen zum Ist-Zustand (**Abbildungen 9.1 – 9.4**) entnommen werden kann (siehe Kap. 4.1) entwickeln sich in der Hangzone des Planungsgebiets seichte Hangabwinde, die über die L3451 hinweg bis in die Ortslage Münchholzhausen Wirkung zeigen (= Intensivierung der nächtlichen Belüftung und Forcierung der nächtlichen Abkühlung).

Mit Realisierung des potenziellen Gewerbegebiets Münchholzhausen-Nord (Variante D_Stand 11.2021) geht örtlich Kaltluftentstehungspotenzial verloren. Zudem bilden die 12 m hohen Baukörper Strömungsbarrieren.

Wie ein Vergleich der Kaltluftfließgeschwindigkeiten zwischen Plan- und Ist-Zustand verdeutlicht (**Abbildungen 18.1** und **18.4**), nimmt südlich des Planungsgebiets die Kaltluftfließgeschwindigkeit bis zum nördlichen Siedlungsrand von Münchholzhausen flächenhaft ab. Innerhalb der Bestandsbebauung bleibt die bestehende Belüftungsintensität aber weitgehend gesichert, da bereits hier die kaltluftbedingte Belüftung vermehrt aus westlichen bis nordwestlichen Richtungen erfolgt (Kaltluftbewegungen über den Welschbach / Spitzenberg).

Die berechneten Windbeschleunigungen am westlichen und östlichen Rand des potenziellen Gewerbegebiets sind darauf zurückzuführen, dass die von der geplanten Bebauung verdrängte Luft an den Seiten in leicht beschleunigter Form vorbeigeführt wird.

Innerhalb des Gewerbegebiets bilden die Nord-Süd verlaufenden Gebäudeabstandsflächen wirksame Belüftungsachsen. Die über das nördlich angrenzende Waldgebiet einsickernde Kaltluft kann vermehrt zur Intensivierung der örtlichen Abkühlung beitragen. Der Wärmeinseleffekt der Bebauung wird reduziert (siehe auch Kap. 6.2).

In **Abbildung 18.3** ist für den Plan-Zustand die berechnete Kaltluftvolumenstromdichte 2 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch die bauliche Inanspruchnahme des Planungsgebiets der Kaltluftvolumenstrom abnimmt. Einerseits verzögert sich im Lee des Planungsgebiets durch die Oberflächenrauigkeit der Bebauung die Kaltluftfließgeschwindigkeit, andererseits wird die Kaltluft im Luv der geplanten Bebauung angehoben, wodurch sie einen Teil ihrer Kühlwirkung verliert.

Bestimmt man über das ca. 1.2 km lange Querprofil A – A* den in die Ortslage Münchholzhausen aus Norden zufließenden Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich ein Wert von ca. 1.910 m³/s. Gegenüber dem Ist-Zustand (**Abbildung 9.3**) stellt sich eine relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von ca. 17.4% ein. Über das Profil C-C*, das den Kaltluftzustrom aus westlicher Richtung bilanziert, stellt sich im Plan-Zustand noch ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 8.995 m³/s ein. Im Vergleich zum Ist-Zustand ist der Kaltluftvolumenstrom um ca. 1.2% geringer.

Ermittelt man den planungsbedingten summarischen Effekt über die Profile A-A* und C-C*, so reduziert sich das in Münchholzhausen einwirkende Kaltluftvolumen von 11.372 m³/s (Ist-Zustand) auf 10.865 m³/s (Plan-Zustand). Die auf das Planungsvorhaben zurückzuführende relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms beträgt demnach ca. 4.5%. Im Laufe der zweiten Nachthälfte steigt der Wert auf ca. 6.2% an, da die baulich bedingte Beeinträchtigung des lokalen Kaltluftstroms aus Norden in Richtung Münchholzhausen relativ auf 20.8% ansteigt.

Es dominiert in Münchholzhausen jedoch weiterhin der Kaltluftzufluss über das Welschbachtal / Spitzenberg aus westlichen bzw. nordwestlichen Richtungen Profil C – C*), der ein um ca. 85% höheres Kaltluftvolumen in die Bebauung Münchholzhausen führt.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei Kaltluftströmungen eine Verringerung der Abflussvolumina oder der Abflussgeschwindigkeit von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als Eingriff mit deutlich nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet zu bewerten. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ zu bewerten.

Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten.

Die Berechnungen zeigen somit auf, dass der Kaltluftzustrom aus Norden (Planungsgebiet) in Richtung Münchholzhausen durch das geplante Gewerbegebiet zwar deutlich eingeschränkt wird, der betroffene Wirkbereich jedoch eng auf die Ortslage nördlich der Linie Sonnenstraße / Weingartenstraße begrenzt bleibt und in der Gesamtsumme der in Münchholzhausen wirksame Kaltluftvolumenstrom um deutlich weniger als 10% eingeschränkt wird. Die nur „mäßige“ Beeinträchtigung des örtlichen Kaltluftvolumenstroms in Münchholzhausen ist aus klimaökologischer Sicht noch zu akzeptieren, da es zu keinen weitreichenden Eingriffen in regional bedeutsame Kaltluftbewegungen (Welschbachtal) kommt und die thermische Situation auch nach Realisierung des potenziellen Gewerbegebiets Münchholzhausen-Nord begünstigt bleibt.

In Richtung Dutenhofen (Profil B – B*) bleibt die planungsbedingte Reduktion des Kaltluftvolumenstroms auf unter 2% begrenzt und ist damit aus klimaökologischer Sicht unkritisch.

6.2.1 Thermische Situation an heißen Sommertagen (17:00 Uhr mit westnordwestlicher bzw. nördlicher Windanströmung (300° / 350°))

Die **Abbildung 21.1** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 17:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Vorausgesetzt wird eine östliche Luftströmung (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Bei Lufttemperaturen im Bereich schattenwerfender dichter Gehölzbestände von ca. $32.6 - 33.0^{\circ}\text{C}$ werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen/Autobahnspuren Lufttemperaturen bis 35.0°C berechnet. Über Rasen-, Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen bis 33.8°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 2.4°C gegen 17:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Mit Realisierung der angestrebten Bebauung im Planungsgebiet Münchholzhausen-Nord (**Plan-Zustand, Abbildungen 21.2 und 21.3**) ist im Planungsumfeld mit keiner relevanten thermischen Zusatzbelastung zu rechnen. Die geplante Bebauung ist gestalterisch / grünordnerisch derart angelegt, dass die von der Neubebauung ausgehende thermische Zusatzbelastung am Tag räumlich eng begrenzt bleibt. Dies wird anhand der Differenzendarstellung zum Ist-Zustand offenbar.

Durch den Schattenwurf der Bebauung und die veränderten Strömungsverhältnisse wird an den Randbereichen gegenüber dem Ist-Zustand sogar ein leichter Lufttemperaturrückgang ($0.3 - 0.6^{\circ}\text{C}$) bilanziert. Innerhalb des Planungsgebiets ist über den neu versiegelten (Annahme: schwarzer Asphalt) gegenüber dem Ist-Zustand mit einer Lufttemperaturanstieg um ca. $0.3 - 1.7^{\circ}\text{C}$ zu rechnen. Durch die Berücksichtigung einer Grünflächen entlang der L 3451 wird die Ausbildung einer Warmluftfahne in Richtung Münchholzhausen wirksam unterbunden.

Auch an heißen Sommertagen, an denen schwache Nordwinde (350°) das ortsspezifische Strömungsgeschehen bestimmen (**Abbildungen 22.1 – 22.3**), ist die Bestandsbebauung von Münchholzhausen von keinen planungsbedingten thermischen Zusatzbelastungen betroffen. Durch den recht intensiven vertikalen Luftaustausch (Konvektion) bleiben die im Planungsgebiet zu erwartenden höheren Lufttemperaturen im Plan-Zustand weitgehend auf das Planungsgebiet selbst beschränkt.

6.2.2 Thermische Situation in Tropennächten (23:00 Uhr) mit schwacher westnordwestlicher bzw. nördlicher Windanströmung (300° / 350°)

Wie u.a. in Kap. 4.1 bereits erläutert, setzen am Planungssandort in stadtklimatisch besonders relevanten Sommernächten vermehrt Winde aus ostnordöstlichen und nördlichen Richtungssektoren ein. Nachfolgend werden den Berechnungen beispielhafte Situationen mit Schwachwinden (1.5 m/s) zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für den **Ist-Zustand (23.1 – 23.3)** zeigen, dass bei vorherrschenden Westnordwest-Winden die Hangzone nördlich von Münchholzhausen als großflächige Kaltluftproduktionsfläche fungiert, die über Kaltluftabflüsse in der Ortslage Münchholzhausen die nächtliche Abkühlung forciert. Die Kühlwirkung reicht ca. bis zur Linie Sonnenstraße – Weingartenstraße. Weiter hangabwärts dominiert die abkühlende Wirkung der Welschbach-kaltluft aus westlichen Richtungen sowie der Kaltluftbewegungen aus dem Bereich Spitzenberg.

Im Planungsgebiet nördlich der L3451 zeigen sich gegen 23:00 Uhr Lufttemperaturen von ca. 21.0 – 21.8°C. Am nördlichen Ortsrand von Münchholzhausen staut sich die abfließende Kaltluft etwas auf, wodurch die Lufttemperatur weiter absinkt. Hier werden Lufttemperaturen von ca. 20.2 – 20.6°C berechnet.

Innerhalb der Wohnbebauung von Münchholzhausen steigt die Lufttemperatur durch die vermehrte Wärmeabstrahlung befestigter Flächen/ Häuser bis zur Sonnenstraße auf 22.2 – 22.6°C an. Die recht geringen Lufttemperaturdifferenzen zwischen Freiland und Bebauung von ca. 1.2 - 2.4°C weisen auf recht günstige thermische Verhältnisse in Münchholzhausen hin. Die Wärmeinselbildung ist durch den intensiven Einfluss von Kaltluft aus dem umliegenden Freiraumgefüge deutlich reduziert. Dies wird auch durch den Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte der Universitätsstadt Gießen (**Abbildung 13**) dokumentiert.

Mit Realisierung der angedachten Bebauung (**Plan-Zustand, Abbildungen 23.2 und 23.3**) ist im Bereich des Planungsgebiets durch die bauliche Inanspruchnahme der Ackerflächen und Wiesen mit einem Lufttemperaturanstieg um ca. 0.4 – 1.6°C zu rechnen. Eine intensivere Überwärmung wird das beständige Einsickern von Kaltluft aus dem nördlichen Waldbestand und dem gesicherten Waldrandgebiet unterbunden. Hierbei bilden die ca. 23 – 30 m breiten bebauungsinternen Abstandsflächen wirksame Belüftungsachsen. Auch die Dachbegrünungen sowie die Grünflächen entlang der L3451 mindern den Wärmeinseleffekt.

Die verbleibende Warmluftfahne reicht nur in geringer Intensität bis zur Ortslage Münchholzhausen (0.4 bis +0.8°C). Die vegetationsbedeckten Hangzone zwischen L3451 und dem nördlichen Bebauungsrand von Münchholzhausen bildet einen wirksamen Temperaturpuffer.

Die in der Bestandsbebauung Münchholzhausen simulierte thermische Zusatzbelastung führt nicht zur Überschreitung des ortstypischen Klimaniveaus. Die thermische Gunstsituation in Münchholzhausen bleibt weiterhin erhalten.

Bei vorherrschenden Nordwinden (**Abbildungen 24.1 – 24.3**) bleibt die vom potenziellen Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord ausgehende Warmluftfahne (+0.8 bis +1.5°C) in Strahlungsnächten ebenfalls weitgehend auf das verbleibende Freiraumgefüge zwischen der L3451 und dem nördlichen Ortsrand von Münchholzhausen begrenzt. Am Nordwestrand von Münchholzhausen stellen sich allein kleinräumig Lufttemperaturerhöhungen von unter 1.0°C ein. Eine markante thermische Zusatzbelastung, die zu einer Überschreitung des ortsspezifischen Lufttemperaturniveaus in Münchholzhausen führt, ist nicht zu bilanzieren.

7 Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen

In Wetzlar ist auf der Gemarkung Münchholzhausen, unmittelbar nordöstlich angrenzend an die Autobahnanschlussstelle A 45 / Wetzlar-Süd, eine Gewerbegebietsentwicklung geplant. Ziel ist es, im ca. 12.8 ha großen Planungsgebiet einen ökologisch nachhaltigen und raumverträglichen Gewerbebestandort zu entwickeln.

Zur Realisierung des Vorhabens wird die STADT WETZLAR zu gegebener Zeit ein Bebauungsplanverfahren durchführen. Im Regionalplan Mittelhessen (2010) ist das Planungsgebiet bereits als „Vorranggebiet Industrie und Gewerbe Planung“ ausgewiesen.

Der aktuelle Planungsstudie für das Gewerbegebiet (Stand 11.2021) sieht für das Planungsgebiet eine Gesamtfläche von 128.741 m² vor. Davon entfallen ca. 19.422 m² (15.09% der Gesamtfläche) auf öffentliche Grünflächen am Gebietsrand. Der Anteil der Verkehrsflächen beträgt 17.155 m² (13.33% der Gesamtfläche). Die Summe der Grundstücksflächen wird entsprechend mit 92.164 m² (71.59% der Gesamtfläche) angegeben.

Als max. Gebäudehöhen sind 12.00 m vorgesehen, die durch das nach Süden abfallende Gelände an den Südfassaden entsprechend ansteigen (bis über 14.00 m). Untergeordnete Dachaufbauten können diese Höhe noch überragen.

Die Abstände der Baufelder in W-E-Richtung betragen ca. 23.5 – 30 m und in N-S-Richtung ca. 19.5 – 31.5 m. Sie sind teilweise an Erschließungs- und Stellplatzflächen geknüpft.

Die einzelnen Baukörper weisen eine extensive Dachbegrünung auf.

Zur grünordnerischen Gestaltung des Planungsgebiets sind an den Erschließungsstraßen und entlang der L3451/Dolarer Weg Baumpflanzungen vorgesehen.

Die Analyse vorliegender Windstatistiken zeigt, dass die Windverhältnisse im Raum Wetzlar vorwiegend von südwestlichen bis westlichen und nordöstlichen bis östlichen Winden bestimmt werden. Während in innenstadtnahen Lagen von Wetzlar (Luftmessstation HLNUG-Wetzlar) im Zeitraum 2011 – 2020 mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.3 m/s zu erfassen sind, zeigen sich in freien Lagen mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 3.0 m/s. Am Planungsstandort sind demnach mittlere Windgeschwindigkeiten um 2.5 – 3.0 m/s zu erwarten.

Siedlungsklimatisch besonders relevant sind austauscharme Wetterlagen, die im Allgemeinen zu einer deutlichen Minderung des horizontalen und vertikalen Luftaustausches führen. An heißen Tagen ist damit u.a. eine erhöhte Wärmebelastung verbunden.

In den Nachtstunden entwickeln sich in windschwachen Strahlungsnächten thermisch induzierte regionale und lokale Windsysteme, die wesentliche Gunsteffekte (Kalt- und Frischluftzufuhr) erbringen können. Hierbei lassen sich im Allgemeinen Flurwindeffekte (z.B. kleinräumige Luftaustauschbewegungen zwischen Freiland und Bebauung), Hangabwinde (z.B. Kaltluftabfluss im Hangbereich nördlich von Münchholzhausen) und Talabwinde (z.B. gerichteter Kaltluftabfluss entlang von Bachtälern – Welschbach) unterscheiden.

Ergebnisse von ortsspezifischen Messungen (15.06.2021) belegen, dass sich im Planungsgebiet Münchholzhausen-Nord im Laufe der Nachtstunden aus der örtlichen Kaltluftbildung markante Kaltluftabflüsse in südliche bis südöstliche Richtungen entwickeln, die in Bodennähe (1.5 m ü.G.) mittlere Fließgeschwindigkeiten von ca. 0.5 – 1.1 m/s erreichen.

Die bodennah abfließende Kaltluft gelangt über der Freiraum südlich der L3451 bis in die Ortslage Münchholzhausen, wo sie insbesondere in den Wohnlagen nördlich der Linie Sonnenstraße-Weingartenstraße die nächtliche Abkühlung forcieren. Südlich der o.a. Linie dominiert der Einfluss von Kaltluftbewegungen entlang des Welschbachs.

Ergebnisse von numerischen Kaltluftabflusssimulationen zeigen, dass über die Hangzone nördlich von Münchholzhausen ein Kaltluftvolumenstrom von bis zu ca. 2.312 m³/s in die Bebauung einfließt. Über die Kaltluftbewegungen des Welschbachs in Richtung Osten wirkt ein Kaltluftvolumenstrom von bis zu ca. 9.060 m³/s ein. In der Gesamtsumme ergibt sich ein Wert von ca. 11.372 m³/s.

Laut VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) ist ein Kaltluftvolumenstrom ab etwa 10.000 m³/s erforderlich, um kleinere Siedlungen zu durchströmen.

Der intensive Zustrom von Kaltluft aus westlichen und nördlichen Richtungen sorgt an warmen Sommertagen für eine rasche nächtliche Abkühlung, weshalb die thermische / bioklimatische Situation in Münchholzhausen als sehr günstig einzustufen ist. (**Abbildung 13**). So werden bei Lufttemperaturmessfahrten am 14.06.2021 (22:30 Uhr) in Münchholzhausen Lufttemperaturen von ca. 16.0 – 18.6°C gemessen, wohingegen im Wohngebiet Blankenfeld in Büblingshausen und im Ortszentrum von Dutenhofen Werte bis knapp 20.0°C zu erfassen sind.

Im Planungsgebiet Münchholzhausen-Nord zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 16.5 – 18.5°C. Durch den beständigen Abfluss der Kaltluft nach Süden bleibt die Hangzone etwas wärmer als der nördliche Siedlungsbereich von Münchholzhausen, in welchem Lufttemperaturen von ca. 16.0 – 17.5°C gemessen werden.

Zu Bilanzierung der stadt-/siedlungsklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens wurden für den Plan-Zustand ergänzende numerische Modellrechnungen durchgeführt.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass in Münchholzhausen durch die bauliche Inanspruchnahme des Planungsgebiets der Kaltluftvolumenstrom aus nördlichen Richtungen im Laufe der Nachtstunden um ca. 17.4 – 20.8% abnimmt. Einerseits verzögert sich im Lee des Planungsgebiets durch die Oberflächenrauigkeit der Bebauung die Kaltluftfließgeschwindigkeit, andererseits wird die Kaltluft im Luv der geplanten Bebauung angehoben, wodurch sie einen Teil ihrer Kühlwirkung verliert. Neben den Kaltluftbewegungen aus Norden ($1.652 \text{ m}^3/\text{s}$ – $2.312 \text{ m}^3/\text{s}$) bestimmen jedoch im Wesentlichen die Kaltluftströmungen über das Welschbachtal und den Spitzenberg ($8.967 \text{ m}^3/\text{s}$ - $9.060 \text{ m}^3/\text{s}$) die lokalklimatische Situation in Münchholzhausen. Diese werden in ihrem Volumen planungsbedingt um ca. 1.2 -1.3% vermindert.

Ermittelt man den planungsbedingten summarischen Effekt über die nördliche und westliche Hangzone, so reduziert sich das in Münchholzhausen einwirkende Kaltluftvolumen von $10.613 \text{ m}^3/\text{s}$ - $11.372 \text{ m}^3/\text{s}$ (Ist-Zustand) auf $9.961 \text{ m}^3/\text{s}$ - $10.865 \text{ m}^3/\text{s}$ (Plan-Zustand). Die auf das Planungsvorhaben zurückzuführende relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms beträgt demnach ca. 4.5% - 6.2%.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei Kaltluftströmungen eine Verringerung der Abflussvolumina von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als Eingriff mit deutlich nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet zu bewerten. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ zu bewerten. Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten.

Die Berechnungen zeigen somit auf, dass der Kaltluftzustrom aus Norden (Planungsgebiet) in Richtung Münchholzhausen durch das geplante Gewerbegebiet zwar deutlich eingeschränkt wird, der betroffene Wirkungsbereich jedoch eng auf die Ortslage nördlich der Linie Sonnenstraße / Weingartenstraße begrenzt bleibt und in der Gesamtsumme der in Münchholzhausen wirksame Kaltluftvolumenstrom um deutlich weniger als 10% eingeschränkt wird. Die nur „mäßige“ Beeinträchtigung des örtlichen Kaltluftvolumenstroms in Münchholzhausen ist aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren, da es zu keinen weitreichenden Eingriffen in regional bedeutsame Kaltluftbewegungen kommt (in Richtung Dutenhofen bleibt die planungsbedingte Reduktion des Kaltluftvolumenstroms auf unter 2% begrenzt) und die thermische Situation auch nach Realisierung des potenziellen Gewerbegebiets Münchholzhausen-Nord begünstigt bleibt. Dies wird durch weitere Modellrechnungen zum Lufttemperaturfeld belegt.

Die Ergebnisse von Lufttemperatursimulationen dokumentieren, dass in siedlungsklimatisch besonders relevanten warmen Sommernächten / Tropennächten im potenziellen Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord eine intensivere Überwärmung durch das beständige Einsickern von Kaltluft aus dem nördlichen Waldbestand und dem gesicherten Waldrandgebiet sowie durch die angestrebten grünordnerischen Maßnahmen unterbunden wird.

Die verbleibende Warmluftfahne reicht daher nur in geringer Intensität bis zur Ortslage Münchholzhausen (0.4 bis +0.8°C). Die vegetationsbedeckten Hangzone zwischen L3451 und dem nördlichen Bebauungsrand von Münchholzhausen bildet zudem einen wirksamen Temperaturpuffer.

Die in der Bestandsbebauung Münchholzhausen simulierte thermische Zusatzbelastung führt damit nicht zur Überschreitung des ortstypischen Klimaniveaus. Die thermische Gunstsituation in Münchholzhausen bleibt weiterhin gesichert.

Am Tag bewirkt das geplante Gewerbegebiet in Münchholzhausen keine nennenswerte thermische Zusatzbelastungen. Durch den tagsüber recht intensiven vertikalen Luftaustausch (Konvektion) bleiben die im Planungsgebiet zu erwartenden höheren Lufttemperaturen auf das Planungsgebiet selbst beschränkt.

Damit gelingt es dem vorgelegten Planungsentwurf, im geplanten Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord eine angemessene städtebaulichen Dichte zu ermöglichen ohne in der benachbarten Bestandsbebauung (Münchholzhausen / Dutenhofen) relevante klimaökologische Negativeffekte zu bewirken. Die nicht vollständig zu kompensierenden thermischen Zusatzbelastungen in der Bestandsbebauung von Münchholzhausen überschreiten nicht das ortstypische Niveau und können bei Berücksichtigung der nachfolgenden Planungsempfehlungen noch weiter reduziert werden.

Planungsempfehlungen:

Angesichts der Prognosen zu den Klimawandelfolgen, die u.a. eine deutliche Zunahme von heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) erwarten lassen, muss es Ziel der Planung sein, die strömungsdynamische und thermische / bioklimatische Ungunst der geplanten Bebauung mit ergänzenden Ausgleichsmaßnahmen noch weiter zu begrenzen.

Hierzu werden nachfolgend klimawirksame Planungsempfehlungen skizziert, die teilweise im Planungsentwurf bereits Berücksichtigung finden.

- **Berücksichtigung abwechslungsreicher Grün- und Freiflächenstrukturen im Planungsgebiet**

Zur Sicherung einer klimatisch hochwertigen Aufenthaltsqualität sollten im Bereich von Plätzen, die zur Erholung oder als Treffpunkt dienen, mit Hilfe von Bäumen oder auch bautechnischen Elementen (z.B. temporäre Sonnensegel, Pergolen etc.) große beschattete Areale ausgebildet werden. Auch das Gehen/Radfahren sollte im Planungsgebiet entlang der Erschließungsstraßen/-wege mit Hilfe von Baumpflanzungen im Schatten/Teilschatten möglich sein.

Dabei sind vor allem lockere, hochstämmige Baumgruppen und „Baumalleen“ als Beschattungselemente sinnvoll. Die temperatursenkende Wirkung von Straßengrün kann bis zu 6°C in 2 m ü. G. gegenüber unbegrüntem Straßenräumen betragen. In der Tagsituation weisen daher auch kleinere Grünareale eine wertvolle klimaausgleichende Funktion auf.

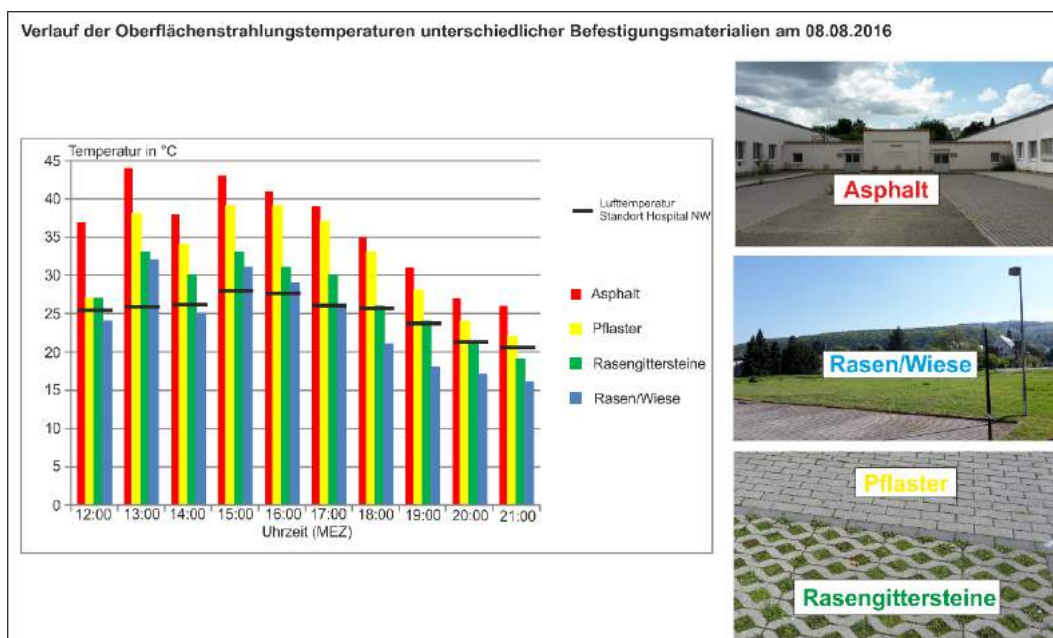
Die in der Planungsstudie D_Stand 11.2021 (**Abbildung 15**) skizzierte Anordnung von Bäumen ist zu befürworten. Zusätzliche Baumpflanzungen sind auf den einzelnen Grundstücken anzustreben. So sollten je fünf Pkw-Stellplätze mindestens ein schattenwerfenden Laubbaum im Bebauungsplan festgesetzt werden.

Bei der Auswahl der Baumarten muss die Toleranz gegenüber erwartbaren Umweltbedingungen (Hitze, Trockenheit, Starkregen und Sturm) gegeben sein. Zudem ist auf ein möglichst geringes Allergiepotenzial zu achten.

- **Berücksichtigung des Albedo-Effektes.**

Die Berücksichtigung des Albedo-Effekts spielt zur Gestaltung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Helle Oberflächenbeläge bewirken eine hohe Reflektion der einwirkenden kurzwelligen Strahlung. Messungen zeigen, dass sich an warmen Sommertagen (Lufttemperatur = 25°C) zwischen besonnten schwarzen Asphaltflächen (37°C) und grauen Pflasterbelägen (27°C) Temperaturunterschiede bis ca. 10 K einstellen. Rasenflächen heizen sich aufgrund ihrer Verdunstungsleistung mit ca. 24°C noch weniger auf – siehe **Grafik 5**.



Grafik 5: Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten
(Aufnahme: ÖKOPLANA, AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

Bei der Befestigung von Platz- und Wegeflächen sollten daher möglichst helle Oberflächenbeläge (z.B. hellgrauer Belag) herangezogen werden.

Auch für potenzielle Lkw-Aufstellflächen sollten möglichst helle Pflasterbeläge Verwendung finden (siehe beispielhaft **Foto 1**).

Bei den Modellierungen wurde von schwarzen Asphaltbelägen ausgegangen.



Foto 1: Gepflasterte Aufstellfläche für Lastkraftwagen im Bereich einer Logistikanlage
(Aufnahme: ÖKOPLANA)

Bei der Befestigung von oberirdischen Parkierungsflächen ist die Verwendung von Rasengittersteinen zu empfehlen, da gegenüber Asphaltdecken die Aufheizung an heißen Sommertagen deutlich geringer ist (siehe **Grafik 5**).

Erschließungsstraßen und oberirdische Stellplatzflächen (= thermischen Ungunstflächen) sind auf das notwendige Maß zu beschränken. Vorteilhaft wären auch zentrale Parkdecks (begrünt) zu bewerten.

Beim Bau der Erschließungsstraßen sollte das Thema blau-grüne Verkehrsraumgestaltung (Stichwort „BlueGreenStreets“) Beachtung finden. Ziel ist es dabei u.a. straßenbegleitendes Grün, dezentrale Versickerung und Überflutungsschutz miteinander zu verknüpfen.

- **Dachbegrünung**

Kleinklimatisch günstig sind auch Dachbegrünungen einzuordnen. Dachbegrünungen wirken einer übermäßigen Aufheizung effektiv entgegen. An Sommertagen heizen sich begrünte Dachflächen im Tagesmittel um bis zu ca. 17°C weniger auf als unbegrünte Dächer.

Sie weisen zudem weitere klimaökologischen Positiveffekte auf:

- Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Staubaufwirbelung geringer. Darüber hinaus bilden die Pflanzen einen Filter, in dem sich Teile des in der Luft enthaltenen Staubs absetzt. Letzteres gilt vor allem für intensiv begrünte Dächer.
- Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit nach Starkregen mit der dadurch bedingten Vermeidung von Abflussspitzen in der Kanalisation. Bei Extensivbegrünung beträgt der jährliche Wasserrückhalt im Mittel ca. 60% vom Niederschlag, bei Intensivbegrünung sogar bis 85%.

Die Dachbegrünungen sollten überall dort Berücksichtigung finden, wo die statischen Voraussetzungen gegeben sind und wo technische Aufbauten den Begrünungsmaßnahmen nicht großflächig entgegenstehen.

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. Die Gründächer können auch positive Wechselwirkungen zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz erzeugen. Eine Dachbegrünung schließt die energiewirtschaftliche Nutzung des Daches nicht aus. Durch die Verdunstungskühlung der Vegetation kann der Ertrag von Fotovoltaikanlagen sogar gesteigert werden, da diese einen höheren Wirkungsgrad aufweisen, wenn sie sich weniger aufheizen.

- **Fassadenbegrünung**

Durch eine Begrünung von Fassaden kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der gebietsinternen Überhitzung und zur Verbesserung des Innenraumklimas geleistet werden. Begrünte Fassaden heizen sich weniger auf als herkömmliche Fassaden, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Zusätzlich reduziert sich durch den Schattenwurf der Vegetation auf die Gebäudewand 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 Straßenniveau 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 schaffen unter Umständen auch Nahrungsangebote.

Für Fassadenbegrünungen bieten sich insbesondere nach Süden und Westen orientierte Gebäudewände an. Dabei können sowohl wandgebundene als auch bodengebundene Begrünungen (Gerüstkletterpflanzen) gewählt werden.

Fazit:

Die vorgelegte Planungsstudie lässt in ihrer klimaökologischen Gesamtbilanz keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung grundsätzlich entgegenstehen. Unvermeidbare thermische Beeinträchtigungen können bei Berücksichtigung der empfohlenen Begrünungsmaßnahmen weiter reduziert werden.



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

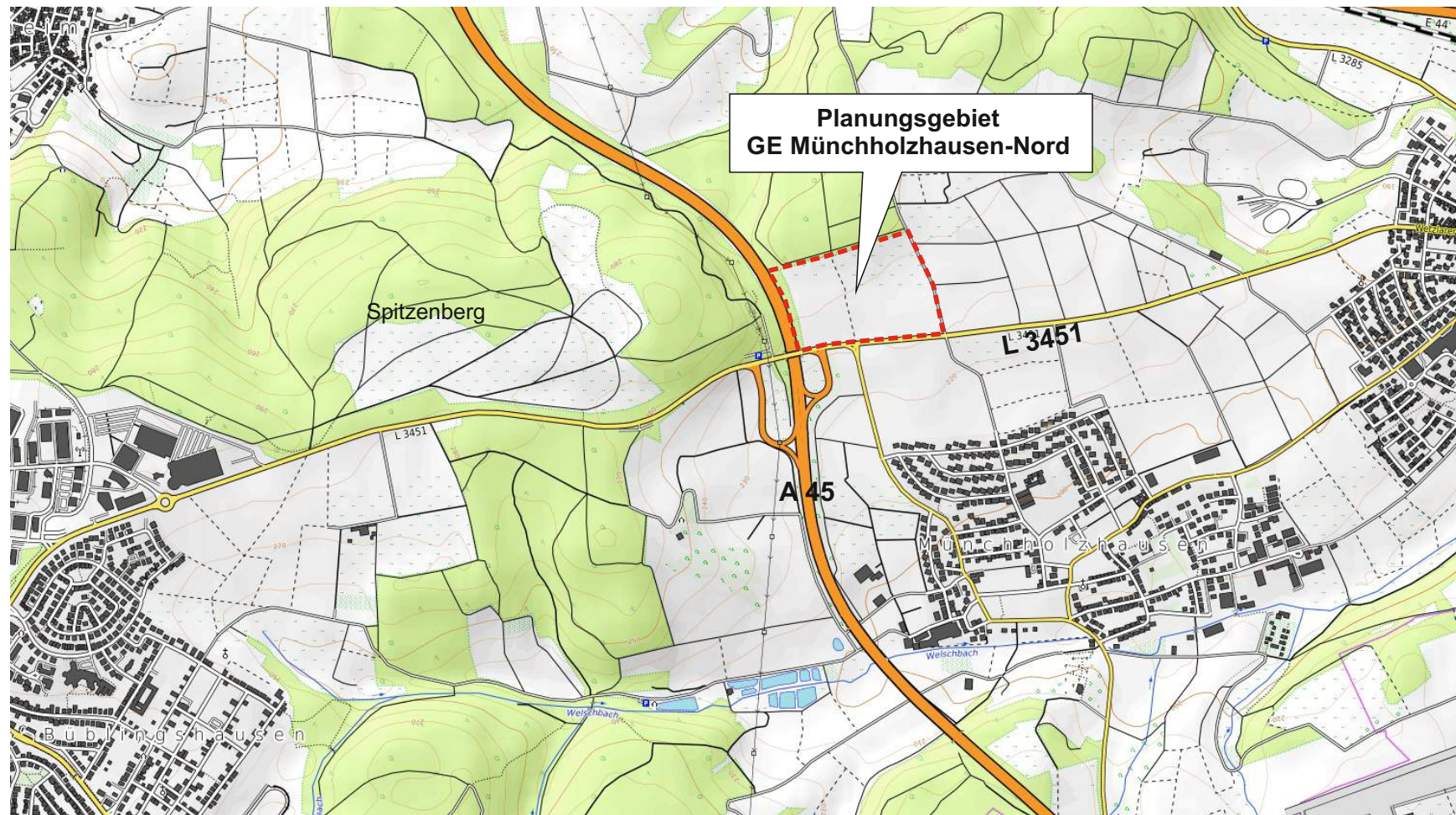
Mannheim, 14. Februar 2022

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- BMBAU, BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013):** KLAMIS. Modellgestützte Klimaanalysen und –bewertungen für die Regionalplanung. Grundlagen für einen Leitfaden. Berlin.
- BRUSE, M. (2002/2021):** Envi-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.
- BRUSE, M. (2003):** Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2005/2008):** Das Kaltluftabfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 227. Offenbach a. M.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2014):** Klimafunktionskarte und Planungshinweiskarte Klima/Luft für die Universitätsstadt Gießen. Modellgestützte Analyse. Hannover.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2015):** Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg. 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.
- GROSS, G. (1993):** Numerical Simulation of Canopy Flows. Springer Verlag, Heidelberg.
- GROSS, G. (2012):** Numerical Simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol 21, No 2, S. 171 -181, Heidelberg.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2001):** Umweltatlas Hessen. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2017):** Integrierter Klimaschutzplan 2025. Wiesbaden.

- IÖR (2011):** REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.
- KING, E. (1973):** Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).
- PFOSE ET AL. (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, Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.
- STADT WETZLAR (2020):** Aktionsplan Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Wetzlar.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2008):** VDI 3787, Bl. 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2019):** VDI 3787, Bl. 8. Stadtentwicklung im Klimawandel. **Entwurf.** Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020):** VDI 3787, Bl. 8. Umweltmeteorologie - Stadtentwicklung im Klimawandel. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2021-ENTWURF):** VDI 3787, Bl. 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Düsseldorf.

Abb. 1 Lagesituation des Planungsgebiets „Münchholzhausen-Nord“



Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Kartendaten:
© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

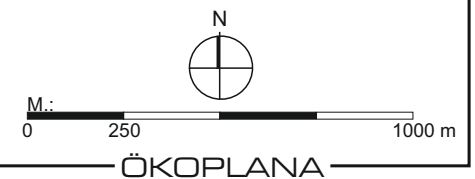
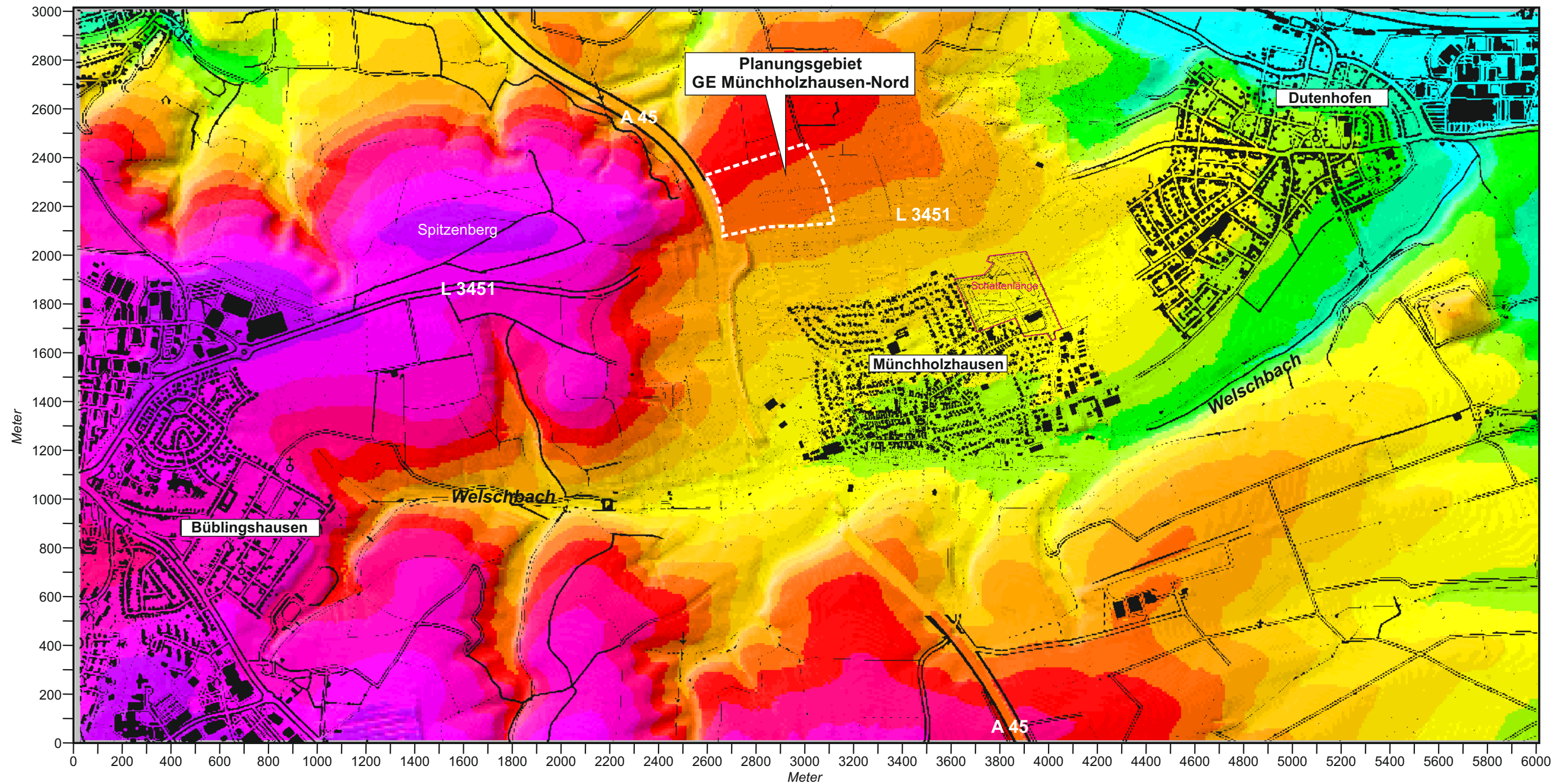


Abb. 2 Lage des Planungsgebiets „Münchholzhausen-Nord“ - Reliefsituation



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Geländehöhen in m ü.NN

- von 153 bis 162
- von 163 bis 172
- von 173 bis 182
- von 183 bis 192
- von 193 bis 202
- von 203 bis 212
- von 213 bis 222
- von 223 bis 232
- von 233 bis 242
- von 243 bis 252
- von 253 bis 262
- von 263 bis 272
- von 273 bis 282
- von 283 bis 292

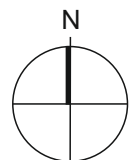
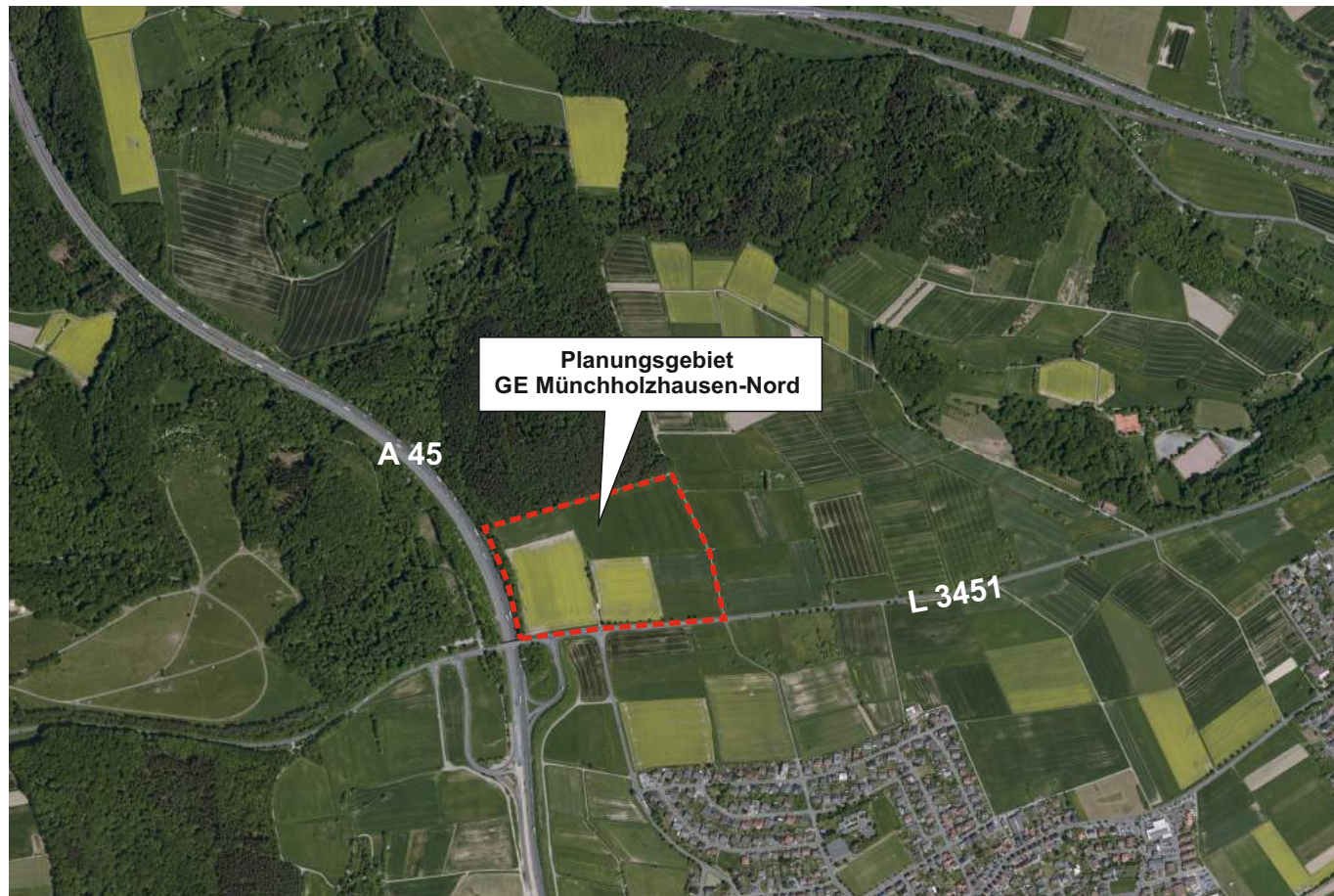


Abb. 3 Luftbild vom Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ und von dessen Umfeld



Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

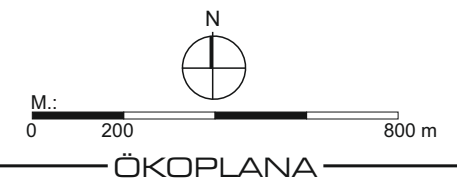


Abb. 4 Planungsgebiet „Münchholzhausen-Nord“ - fotografische Dokumentation

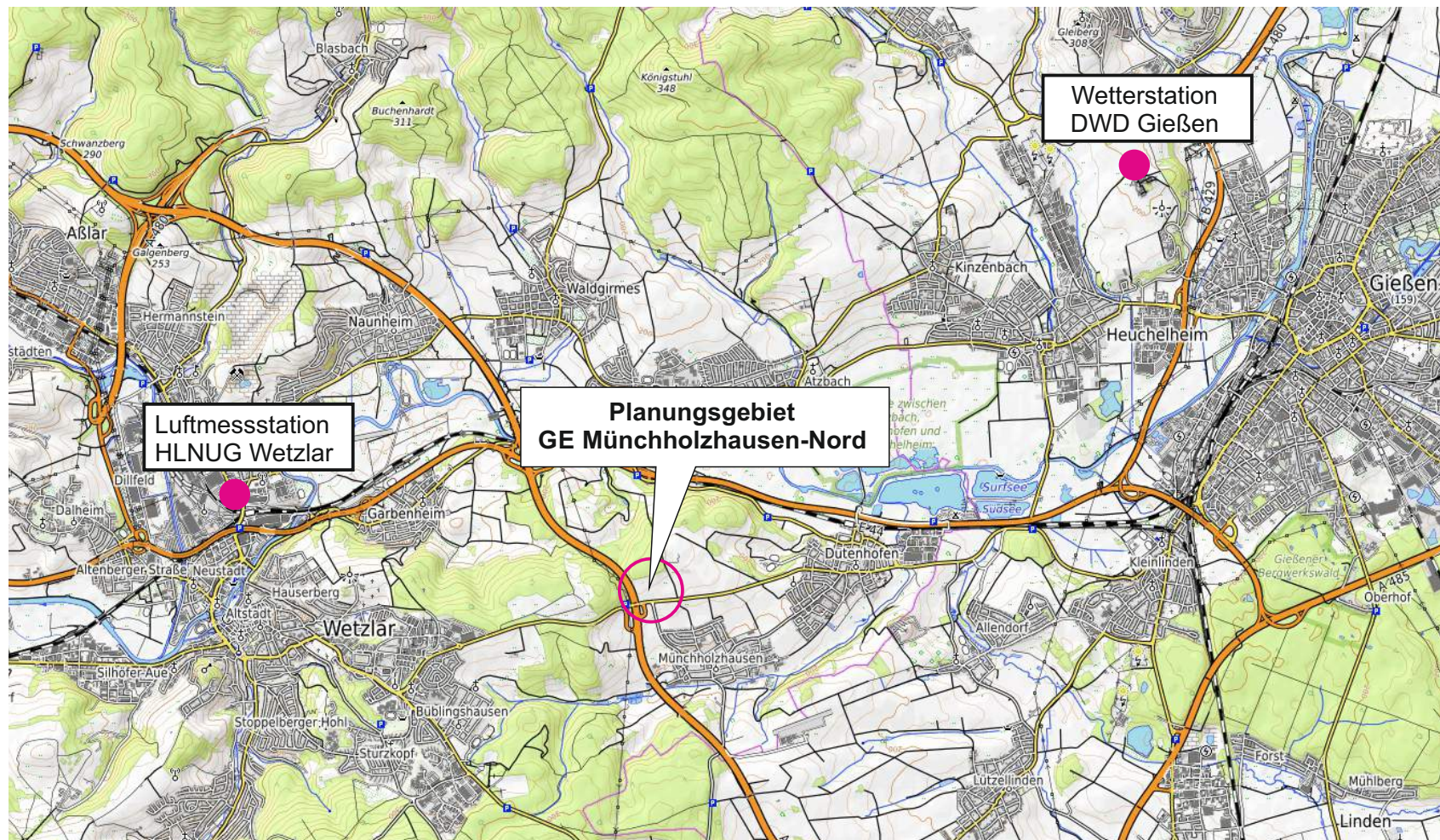


Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Fotoaufnahmen:
ÖKOPLANA

Abb. 5.1 Lage von Klimamessstationen im Planungsumfeld



Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Kartendaten:
© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

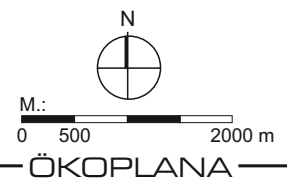
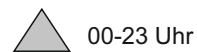
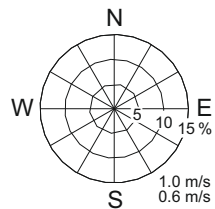
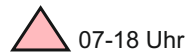
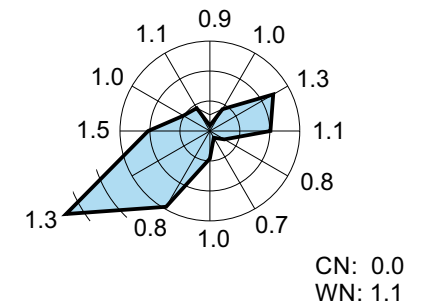
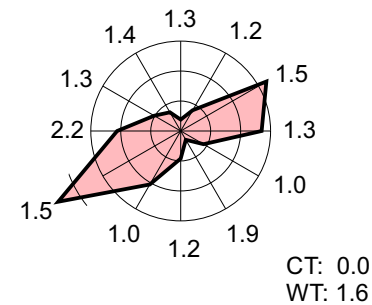
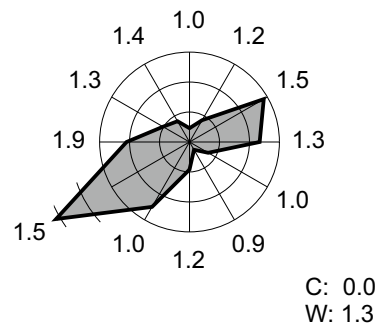


Abb. 5.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 2011 - 2020, alle Tage



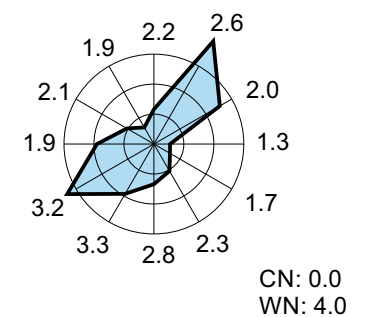
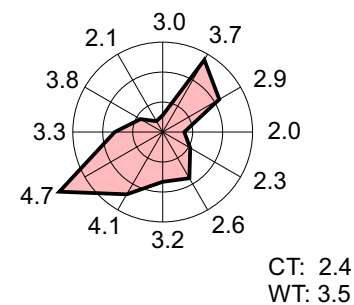
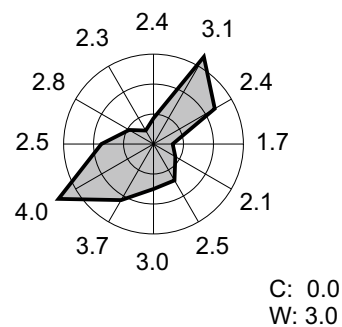
C: Windstillen
W: mittlere Windgeschwindigkeit

Standort: Wetzlar HLNUG



CT: Windstillen
WT: mittlere Windgeschwindigkeit

Standort: Giessen DWD

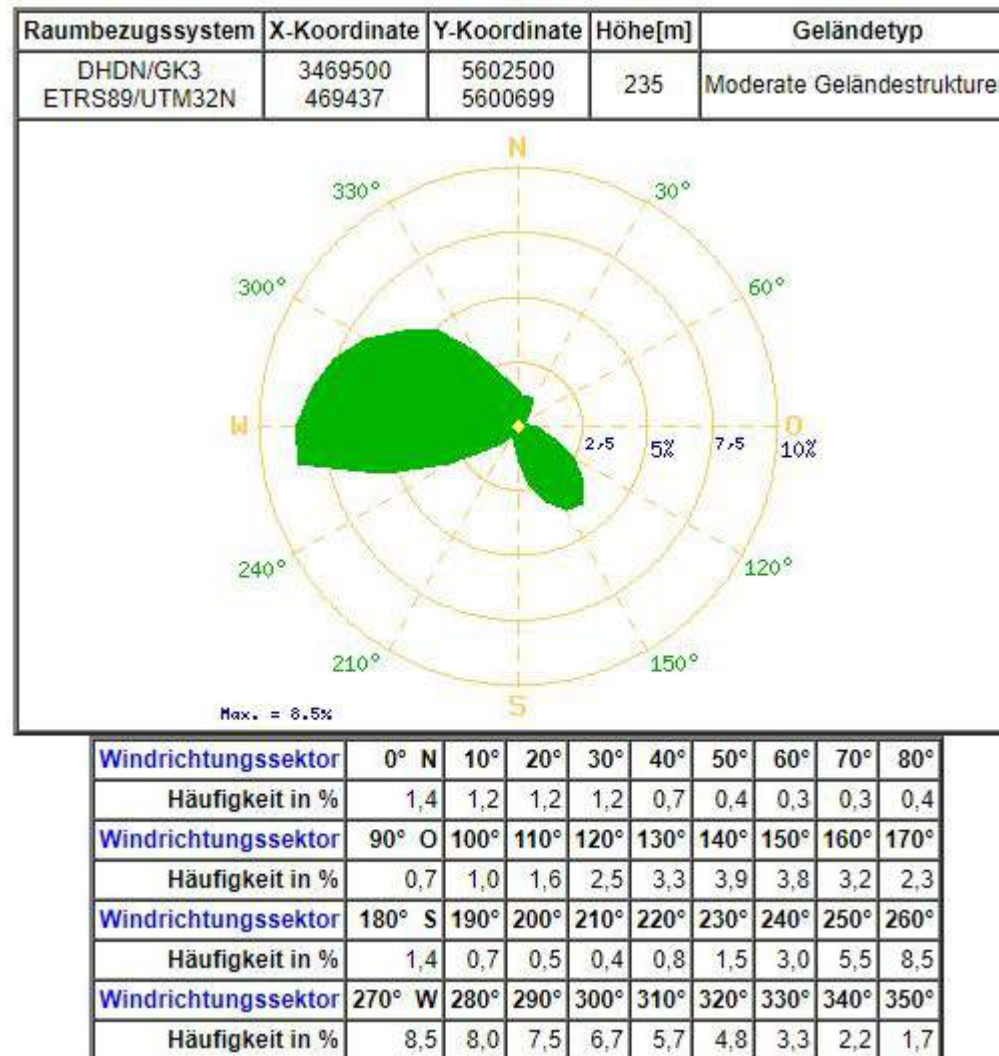


CN: Windstillen
WN: mittlere Windgeschwindigkeit

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Datenquelle:
<https://www.dwd.de>
<https://www.hlnug.de>

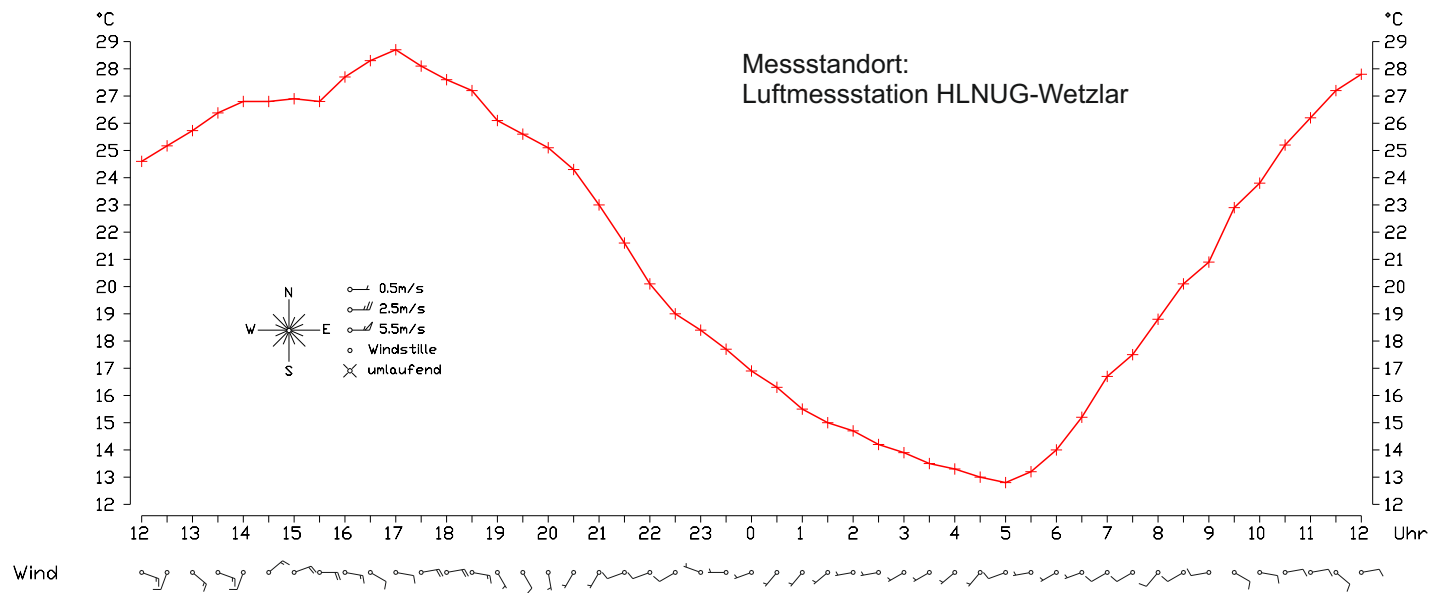
Abb. 6 Berechnete Windrose für den Planungsstandort - Windrosenatlas Hessen



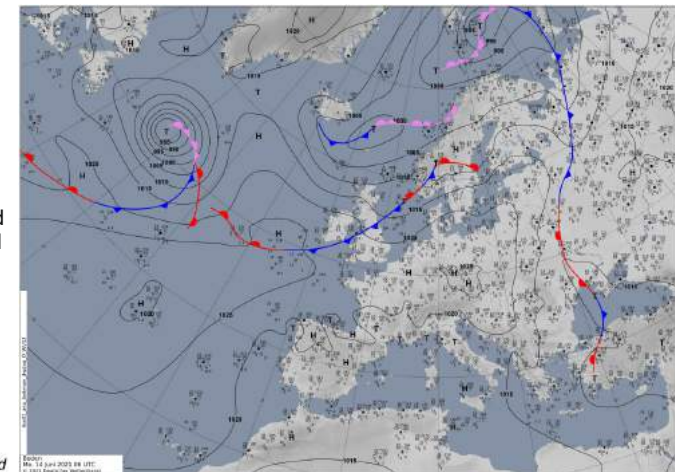
Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Datenquelle:
<https://www.hlnug.de>

Abb. 7 Großwetterlage und Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 14.-15.06.2021



Bodenanalysekarte mit Fronten und
Luftdruckzentren vom 14.06.2021



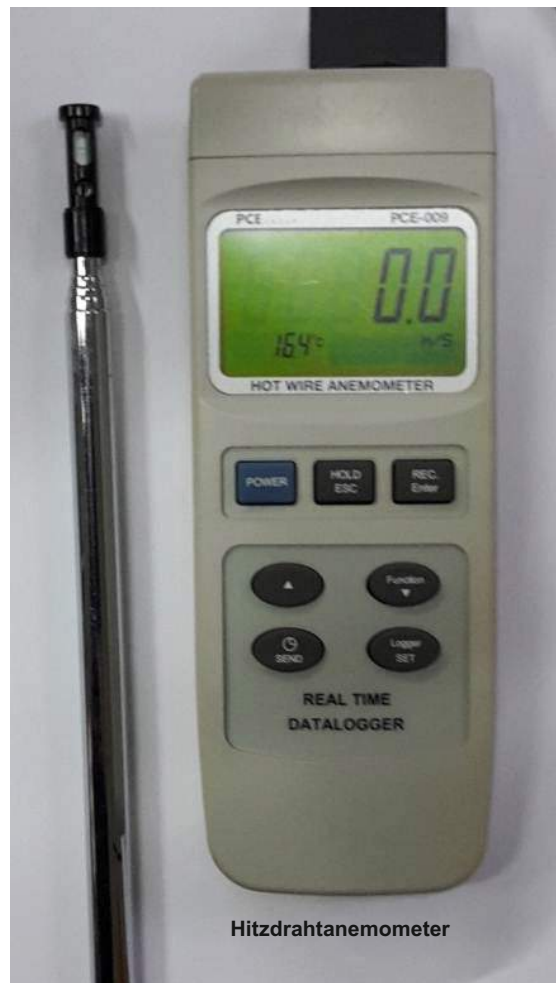
Großwetterlage:
HM Hoch über Mitteleuropa

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

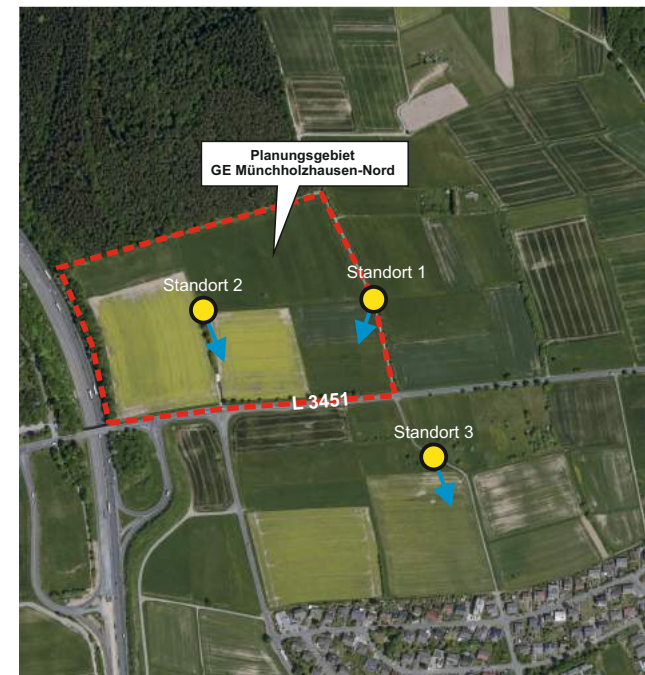
Datenquelle:
<https://www.hlnug.de>
<https://www.dwd.de>

DWD
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Abb. 8.1 Rauchschwadenbeobachtungen am 15.06.2021
Messgerät, Raucherzeuger



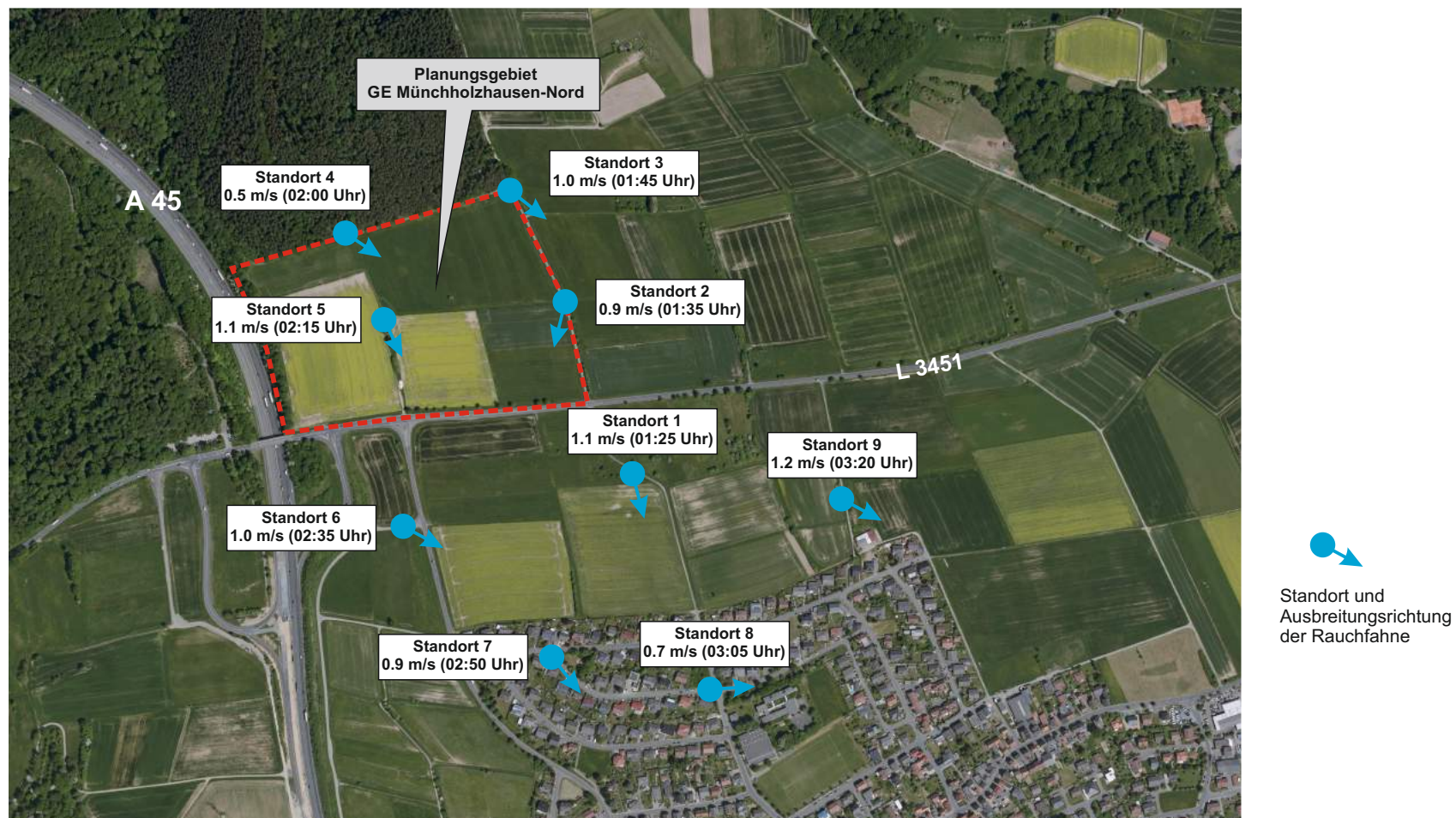
→ Ausbreitungsrichtung der Rauchschwade



Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Fotoaufnahme: ÖKOPLANA

Abb. 8.2 Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 15.06.2021

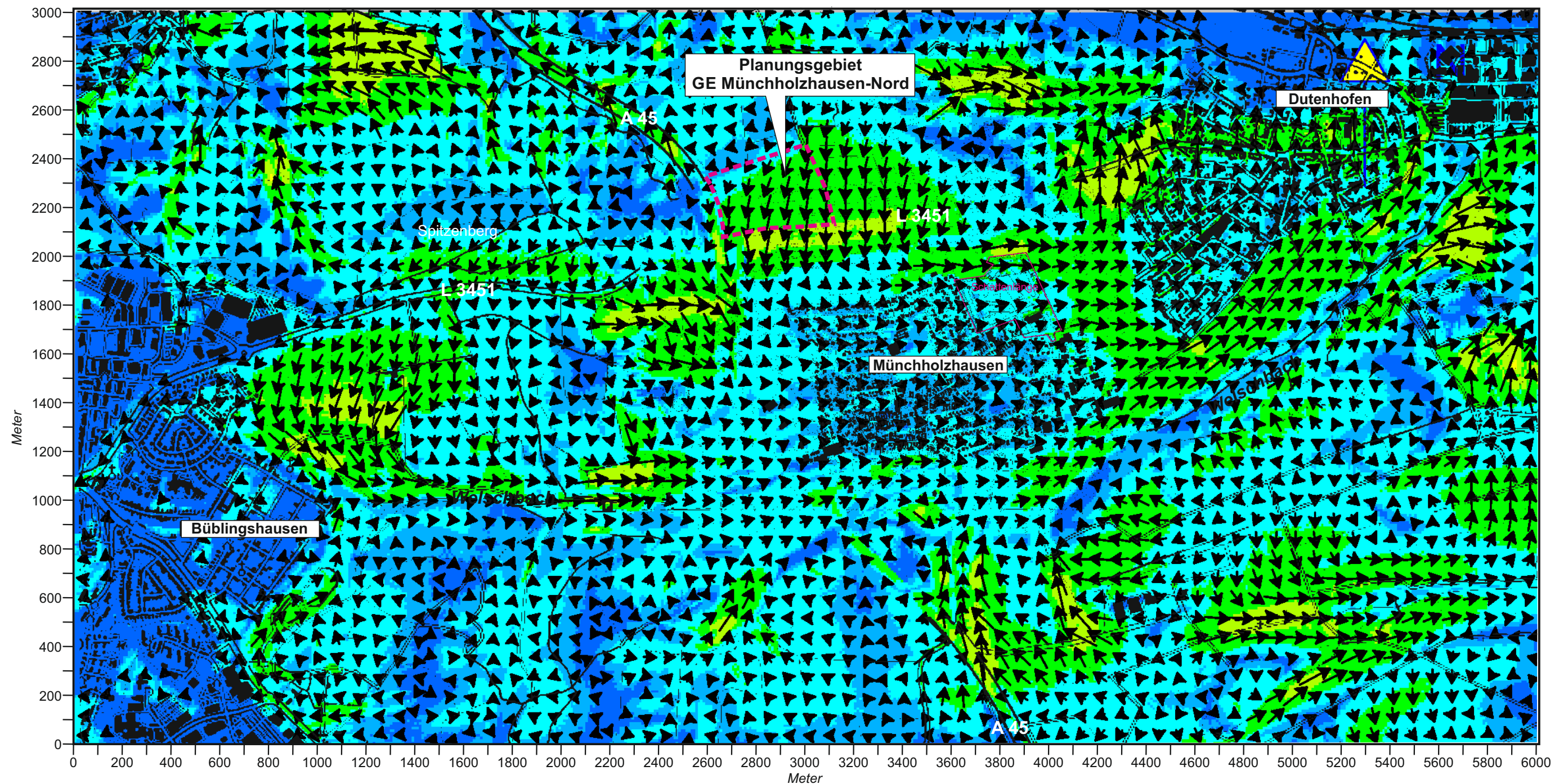


Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar



Abb. 9.1 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftfließgeschwindigkeit
in m/s**

- 0 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5
- ueber 0,5 bis 1,0
- ueber 1,0 bis 2,0
- ueber 2,0 bis 3,0



Deutscher
Wetterdienst
Modell Klam_21
V2.012

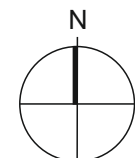
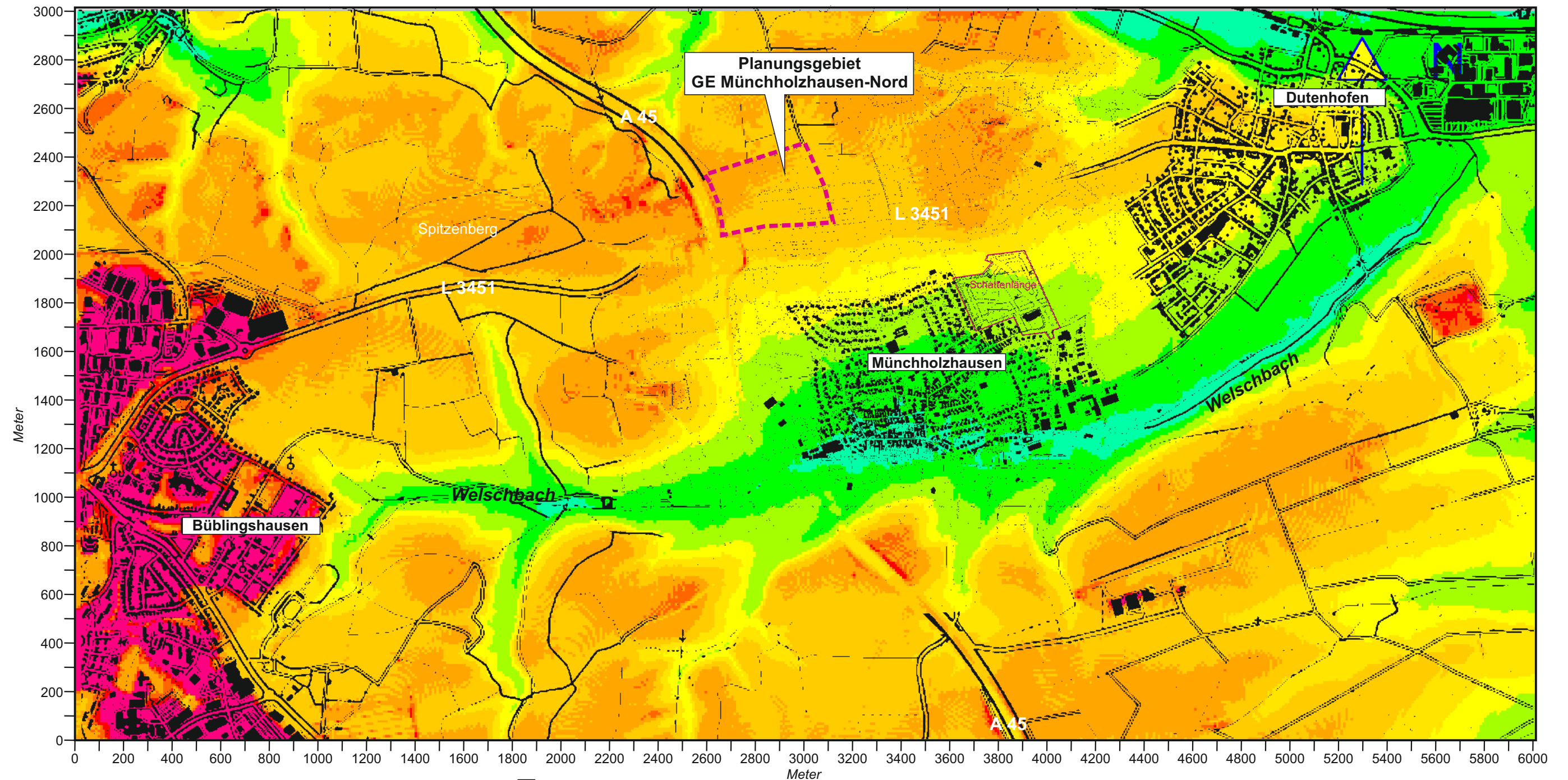


Abb. 9.2 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)

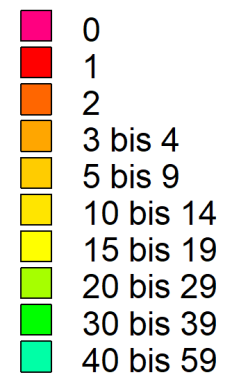


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftmächtigkeit
in m**



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

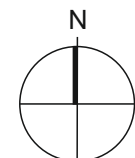
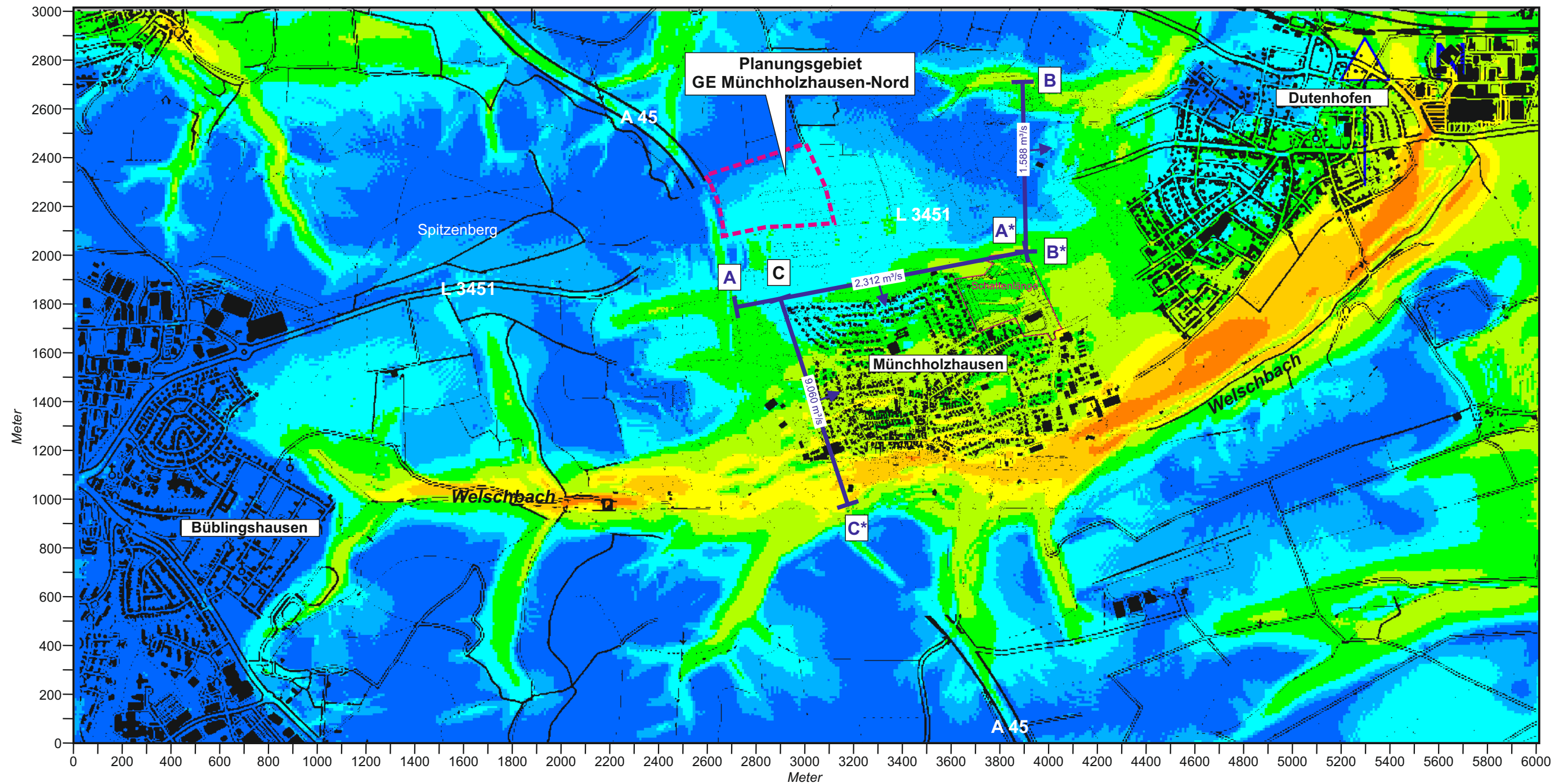


Abb. 9.3 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftvolumenstromdichte
in $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$**

- 0 bis 1
- ueber 1 bis 2
- ueber 2 bis 5
- ueber 5 bis 10
- ueber 10 bis 20
- ueber 20 bis 30
- ueber 30 bis 50
- ueber 50 bis 100


Bewertungsprofil
Kaltluftvolumenstrom in m^3/s



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

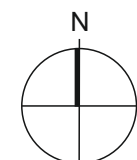
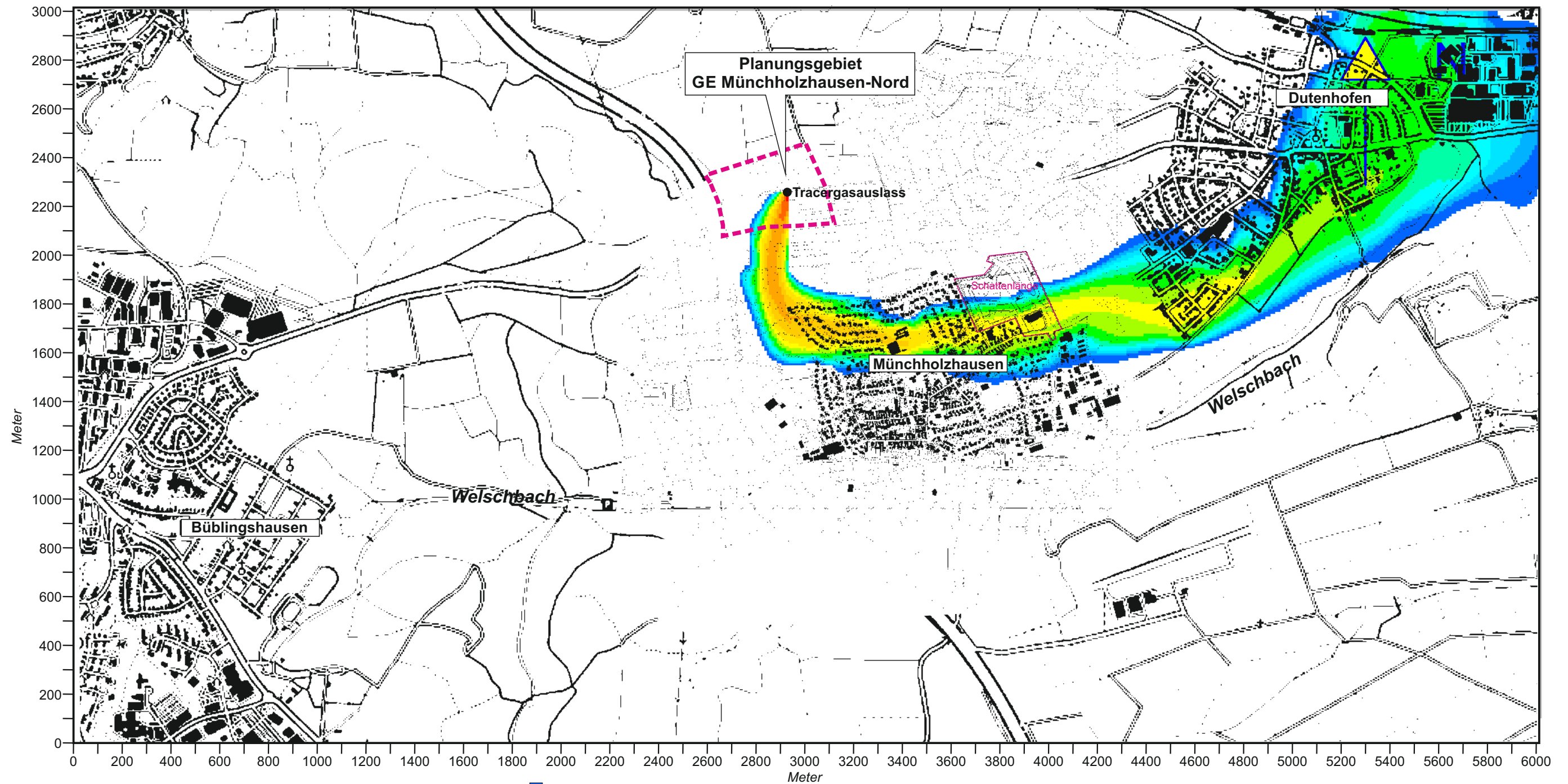


Abb. 9.4 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)

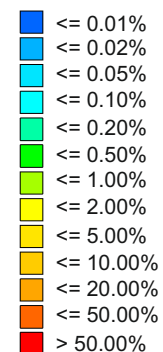


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Relative
Tracergaskonzentration**



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

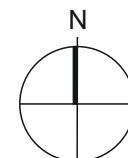
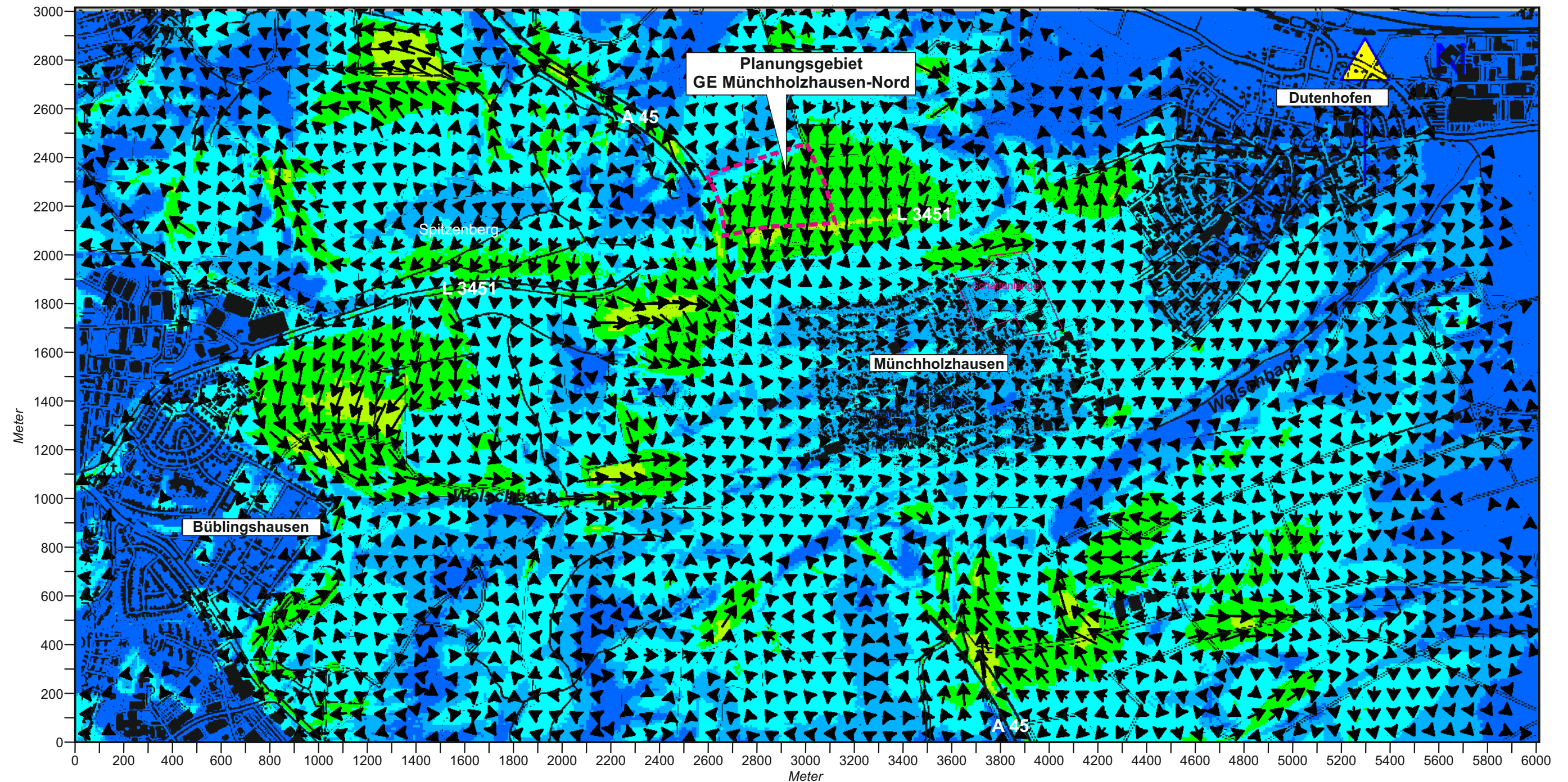


Abb. 10.1 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftfließgeschwindigkeit
in m/s**

- 0 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5
- ueber 0,5 bis 1,0
- ueber 1,0 bis 2,0
- ueber 2,0 bis 3,0



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

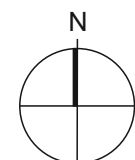
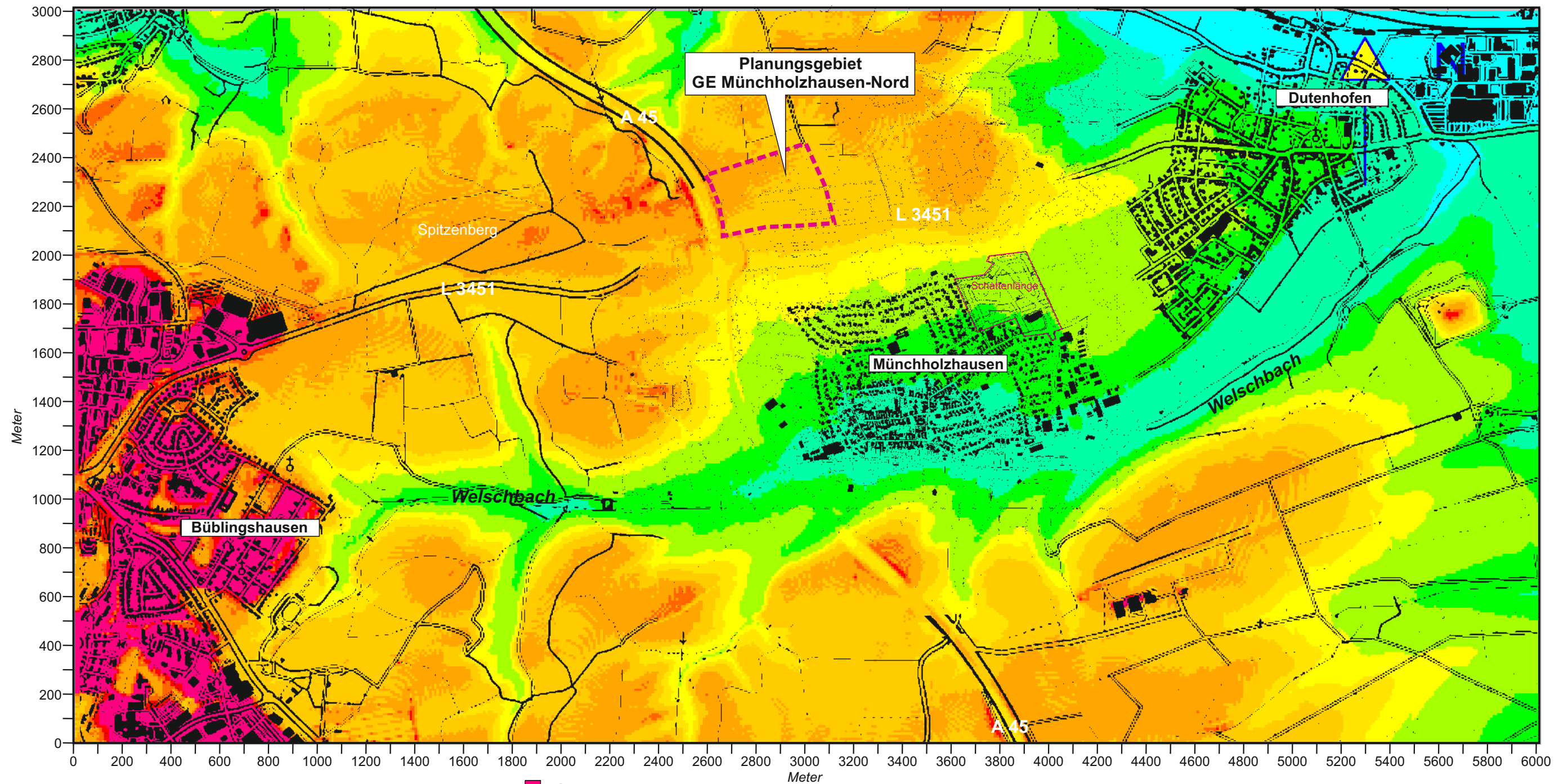


Abb. 10.2 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)

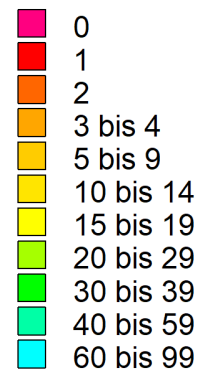


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftmächtigkeit
in m**



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

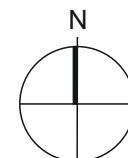
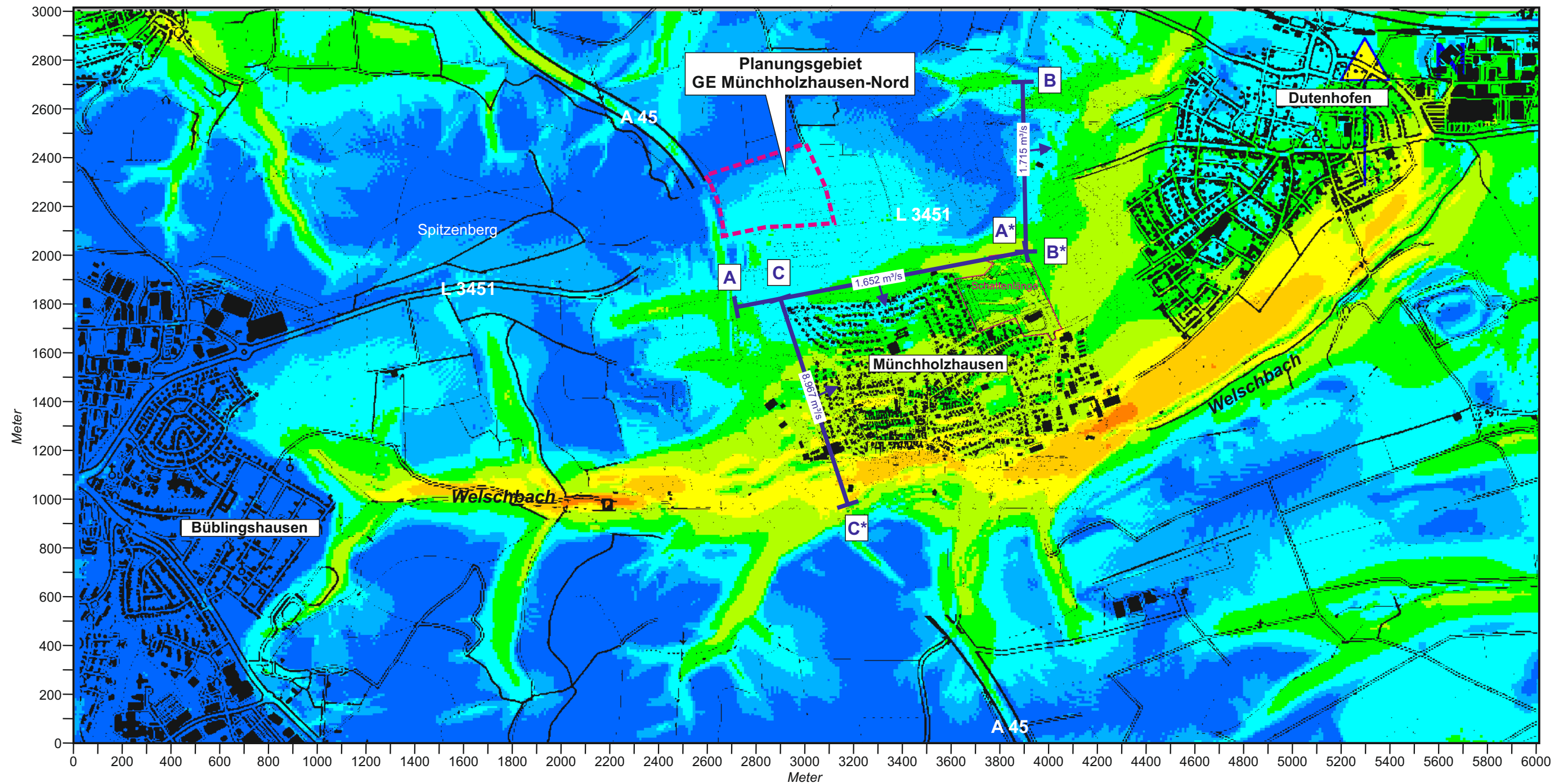


Abb. 10.3 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

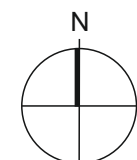
**Kaltluftvolumenstromdichte
in $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$**

- 0 bis 1
- ueber 1 bis 2
- ueber 2 bis 5
- ueber 5 bis 10
- ueber 10 bis 20
- ueber 20 bis 30
- ueber 30 bis 50
- ueber 50 bis 100


Bewertungsprofil
Kaltluftvolumenstrom in m^3/s

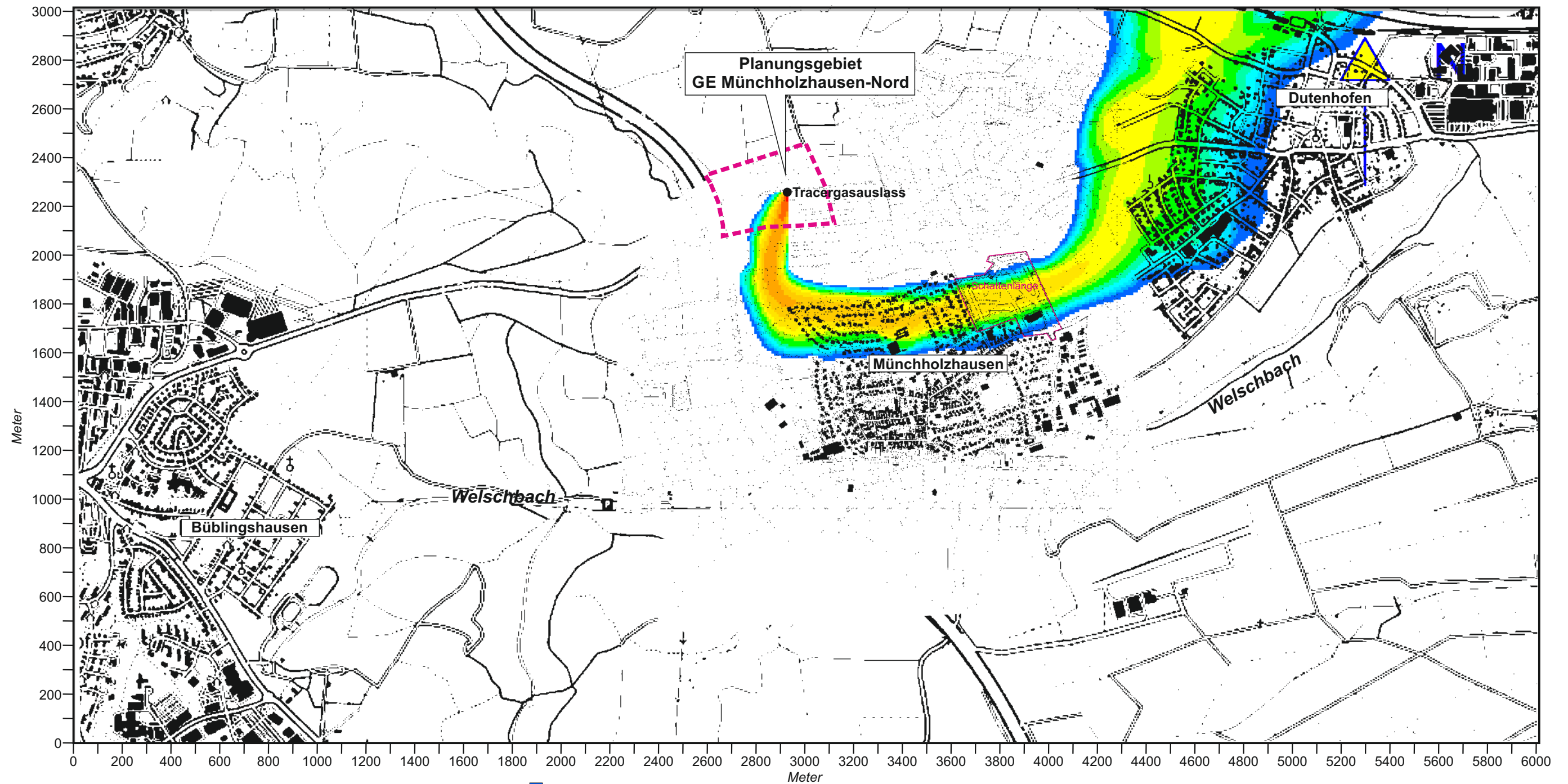


Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



ÖKOPLANA

Abb. 10.4 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Ist-Zustand.
Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)

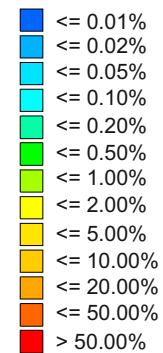


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Relative
Tracergaskonzentration**



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

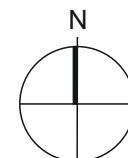


Abb. 11 Messfahrzeug mit elektrisch ventiliertem Psychrometer

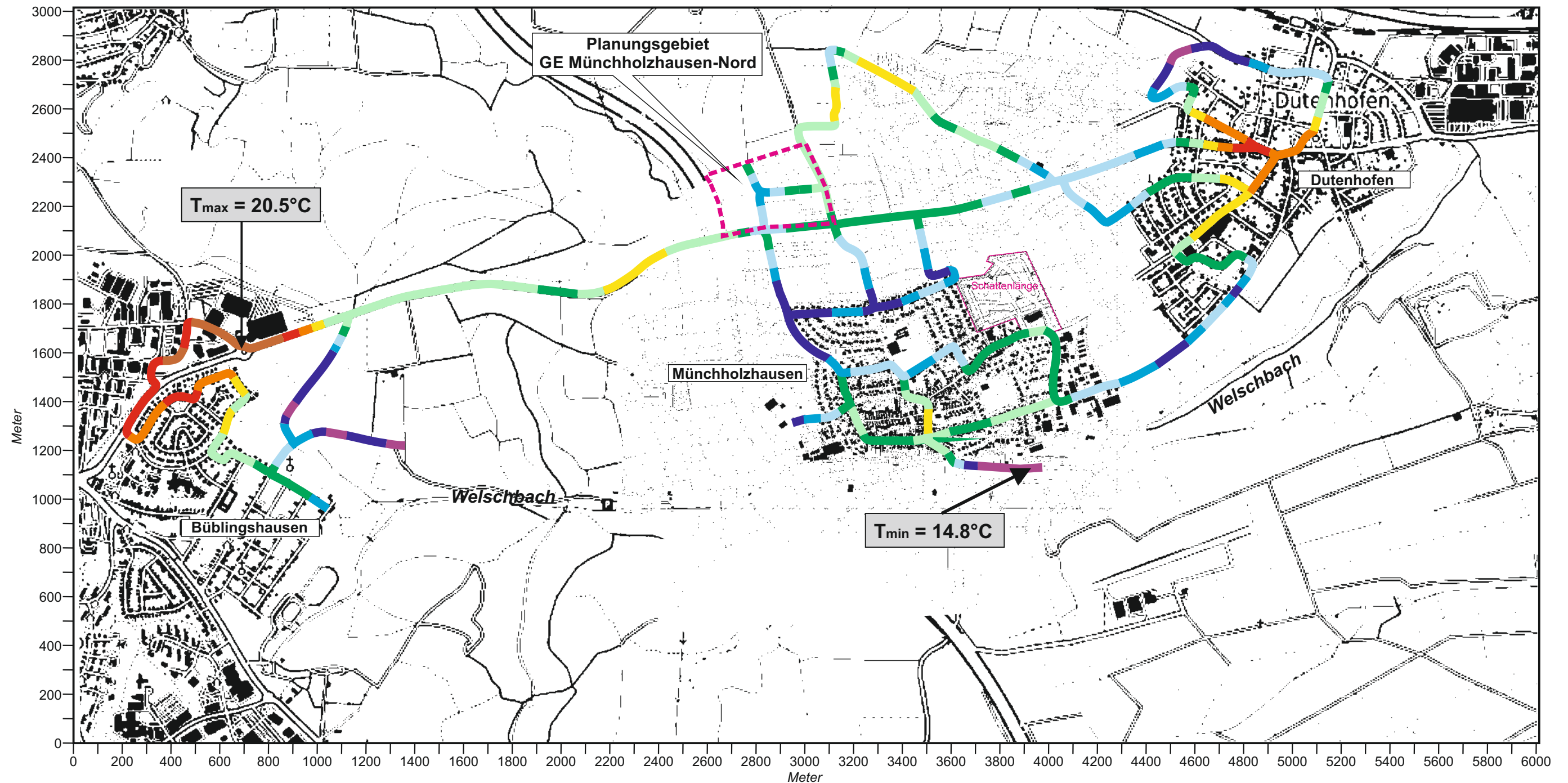


Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA



Abb. 12.1 Profilhafte Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten am 14.06.2021
Zeitunkt: 22:30 Uhr (1. Nachthälfte)

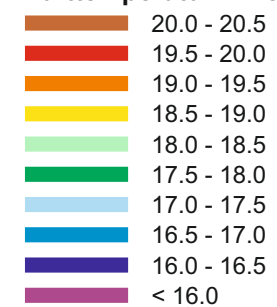


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Lufttemperatur in °C



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

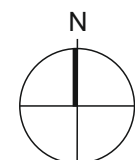
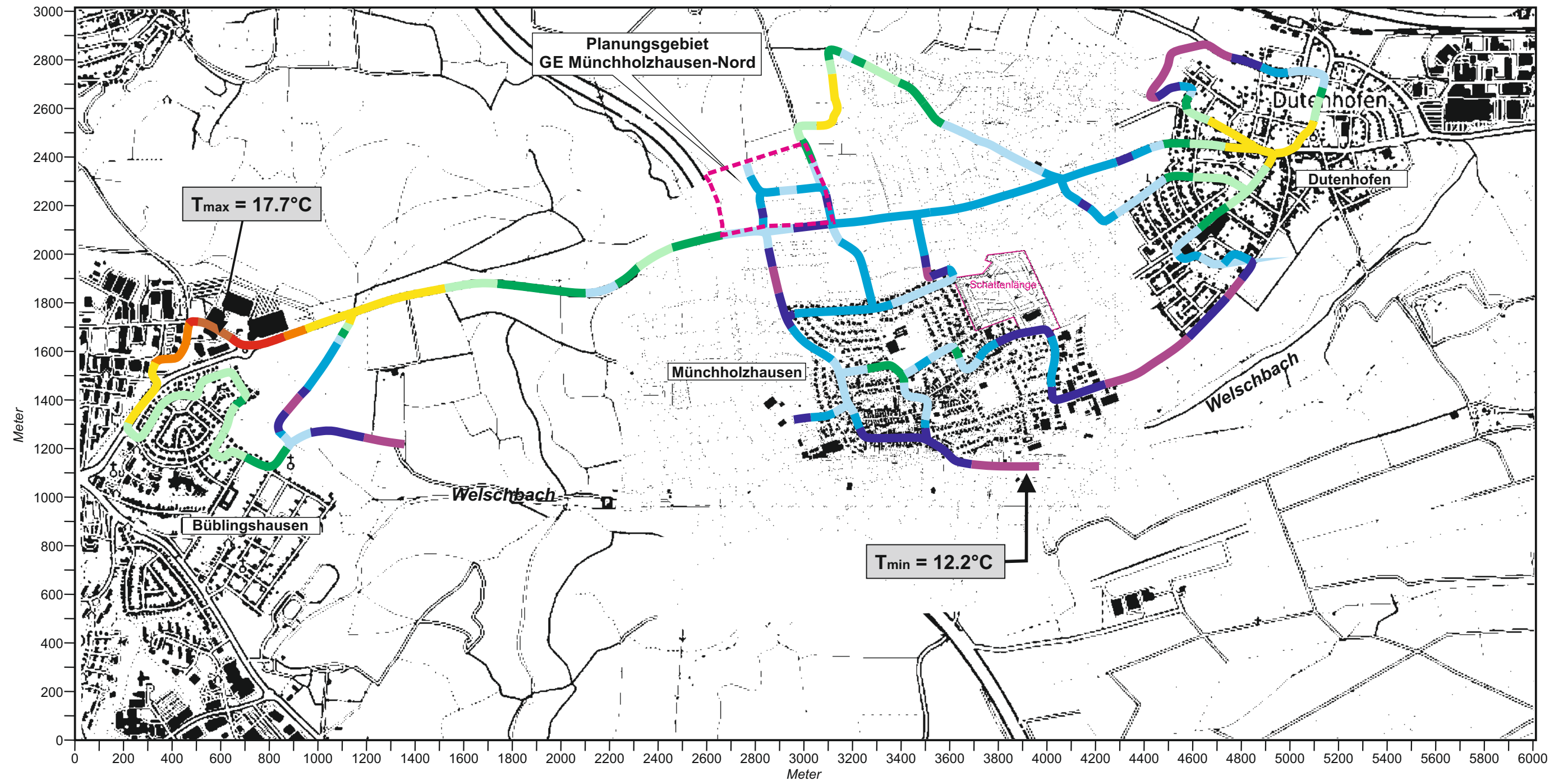


Abb. 12.2 Profilhafte Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten am 15.06.2021
Zeitunkt: 01:00 Uhr (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

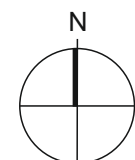
Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Lufttemperatur in °C

17.5 - 18.0
17.0 - 17.5
16.5 - 17.0
16.0 - 16.5
15.5 - 16.0
15.0 - 15.5
14.5 - 15.0
14.0 - 14.5
13.5 - 14.0
< 13.5

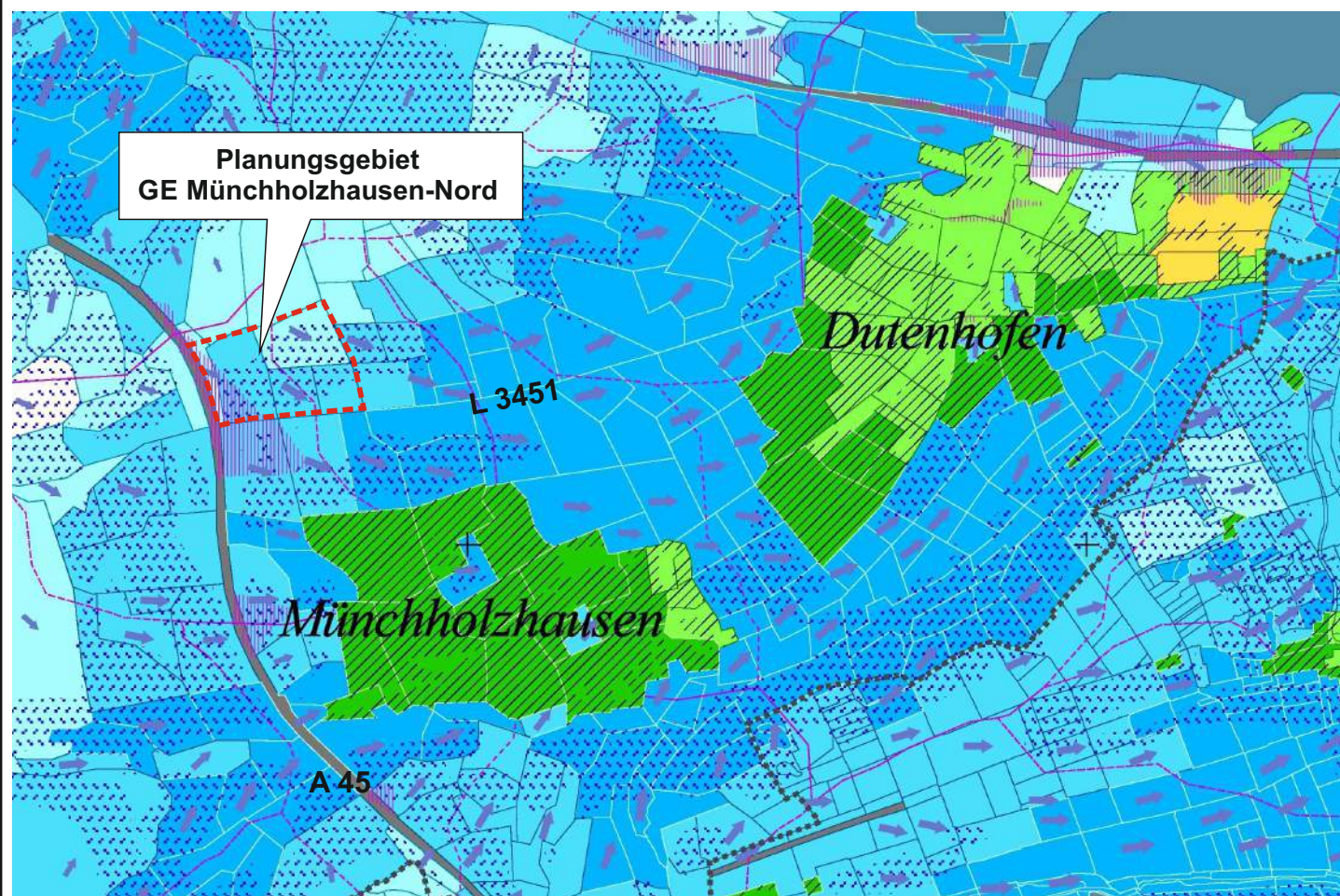


Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



ÖKOPLANA

Abb. 13 Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte der Universitätsstadt Gießen



Wirkungsräume

Bioklimatische Situation in den Siedlungsräumen

- 1 Sehr günstig
- 2 Günstig
- 3 Weniger günstig
- 4 Ungünstig

Einwirkungsbereich der Kaltluftströmung innerhalb der Bebauung

Hohe verkehrsbedingte Luftbelastung

Übergeordnete Luftaustauschbereiche

Lufthygienisch unbelastet

Lufthygienisch belastet

Lokale Luftaustauschbereiche

Lufthygienisch unbelastet

Lufthygienisch belastet

Ausgleichsräume

Kaltluftlieferung der Grün- und Freiflächen

- 4 Sehr hoch
- 3 Hoch
- 2 Mäßig
- 1 Gering

Vorherrschende Strömungsrichtung und mittlere Strömungsgeschwindigkeit (m/s)

- 0.1 - <= 0.2
- 0.2 - <= 0.3
- 0.3 - <= 0.5
- 0.5 - <= 1.0
- > 1

Fläche hoher Kaltluftproduktivität

Grenze Kaltefteinzugsgebiet

Sonstige Signaturen

Gewässer

Straßenfläche

Stadtgrenze Gießen

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Grafik bereitgestellt von:



Universitätsstadt Gießen -
Amt für Umwelt und Natur
Berliner Platz 1
35390 Gießen



GEO-NET
Umweltconsulting GmbH
Große Pfahlsstraße 5a
30161 Hannover



M.: 0 250 1000 m

ÖKOPLANA

Abb. 14.1 Planungsvariante A - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord

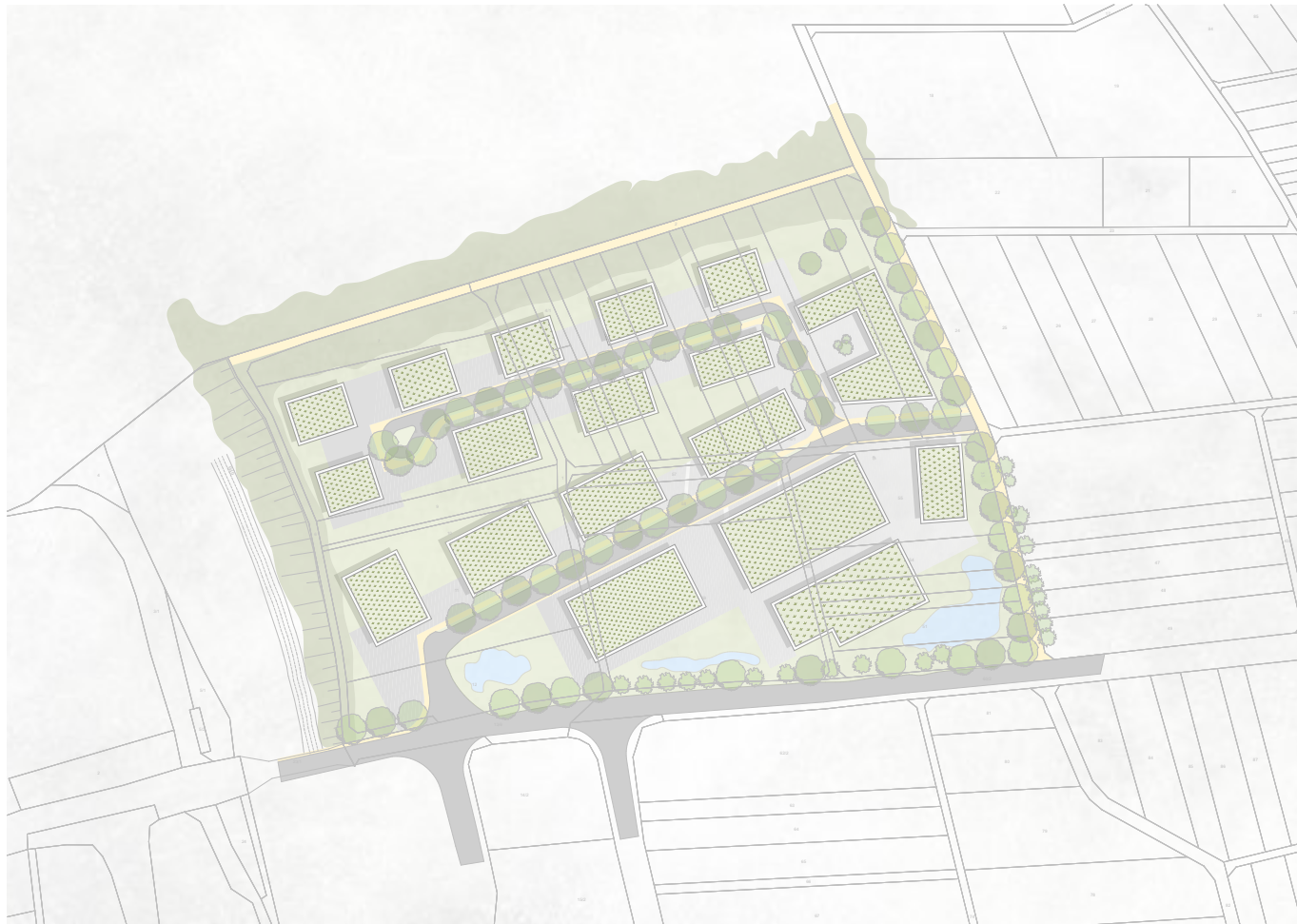


Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



Abb. 14.2 Planungsvariante B - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord



Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



Abb. 14.3 Planungsvariante C - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord



Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

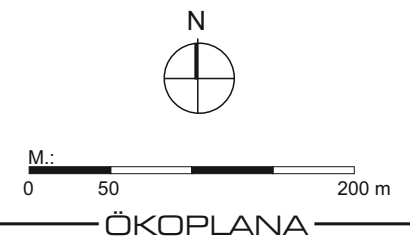


Abb. 14.4 Planungsvariante D - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord



Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



**Abb. 15 Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
Lageplan**



Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

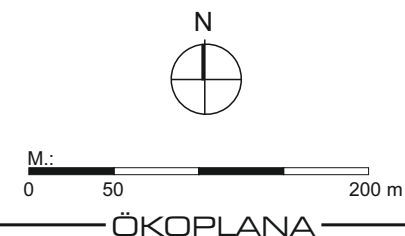


Abb. 16 Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
Grundstücks- und Gebäudeflächen



Grafik bereitgestellt von:
KuBuS Generalplanungs GmbH

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



M.: 0 50 200 m

- ÖKOPLANA -

Abb. 17 Aktualisierte Planungsvariante D, Stand 11.2021 - Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord Visualisierungen



Draufsicht mit Höhenlinien



3D Modell mit Höhenlinien



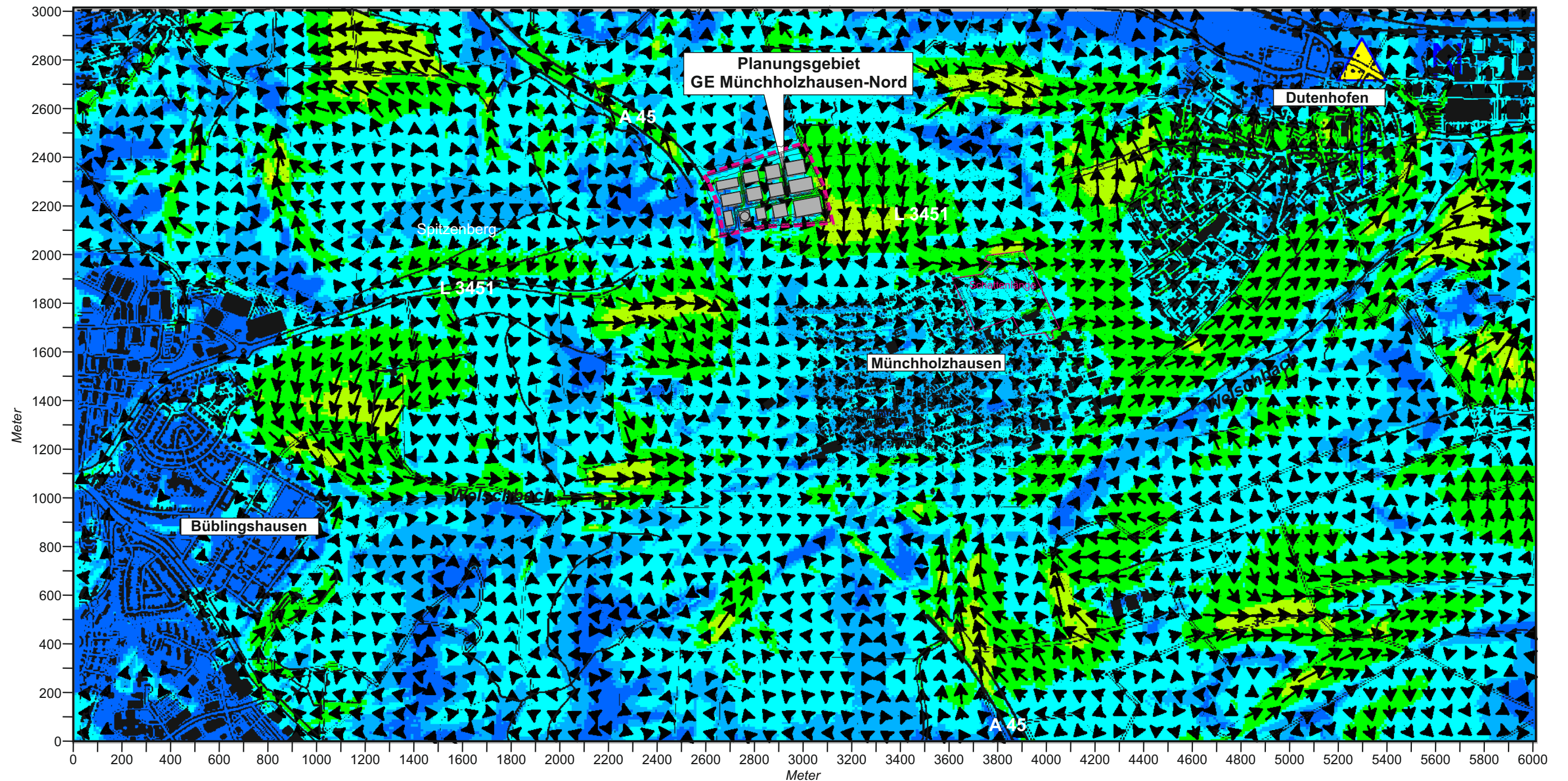
Visualisierung



Geländeschnitt

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Abb. 18.1 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftfließgeschwindigkeit
in m/s**

- 0 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5
- ueber 0,5 bis 1,0
- ueber 1,0 bis 2,0
- ueber 2,0 bis 3,0

Windvektoren



Deutscher
Wetterdienst
Modell Klam_21
V2.012

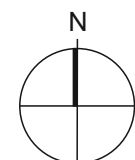
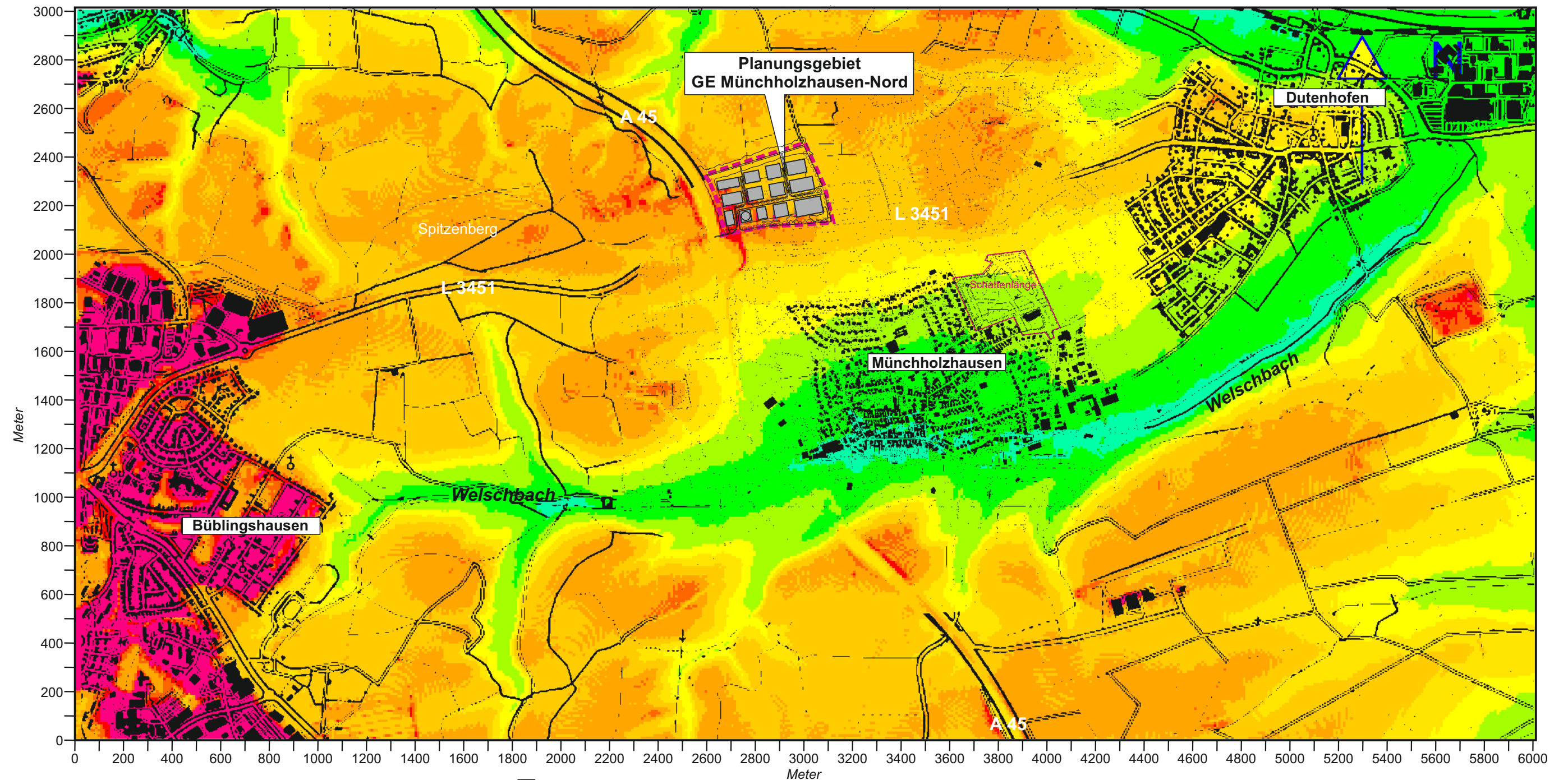


Abb. 18.2 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)

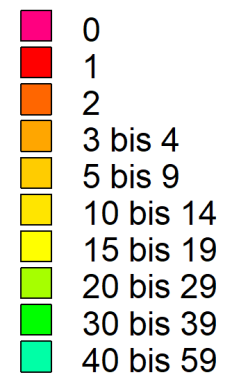


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

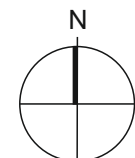
© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftmächtigkeit
in m**

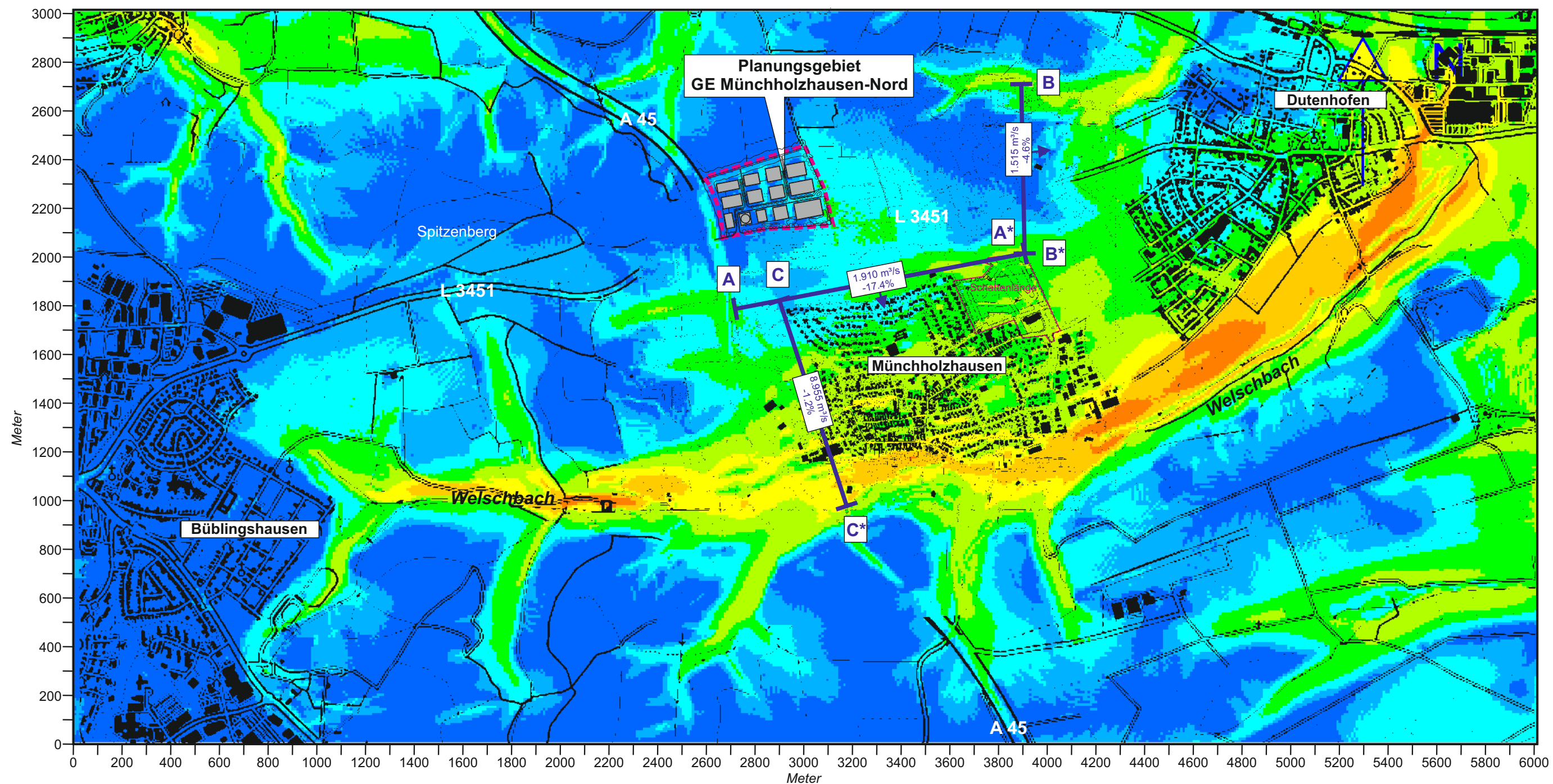


Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



ÖKOPLANA

Abb. 18.3 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftvolumenstromdichte
in m³/m²s**

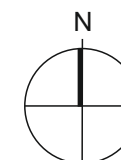
- 0 bis 1
- ueber 1 bis 2
- ueber 2 bis 5
- ueber 5 bis 10
- ueber 10 bis 20
- ueber 20 bis 30
- ueber 30 bis 50
- ueber 50 bis 100

Bewertungsprofil
Kaltluftvolumenstrom in m³/s

Kaltluftvolumenstrom
1.910 m³/s
-17.4%
Relative Veränderung des Kaltluftvolumenstroms
gegenüber dem Ist-Zustand

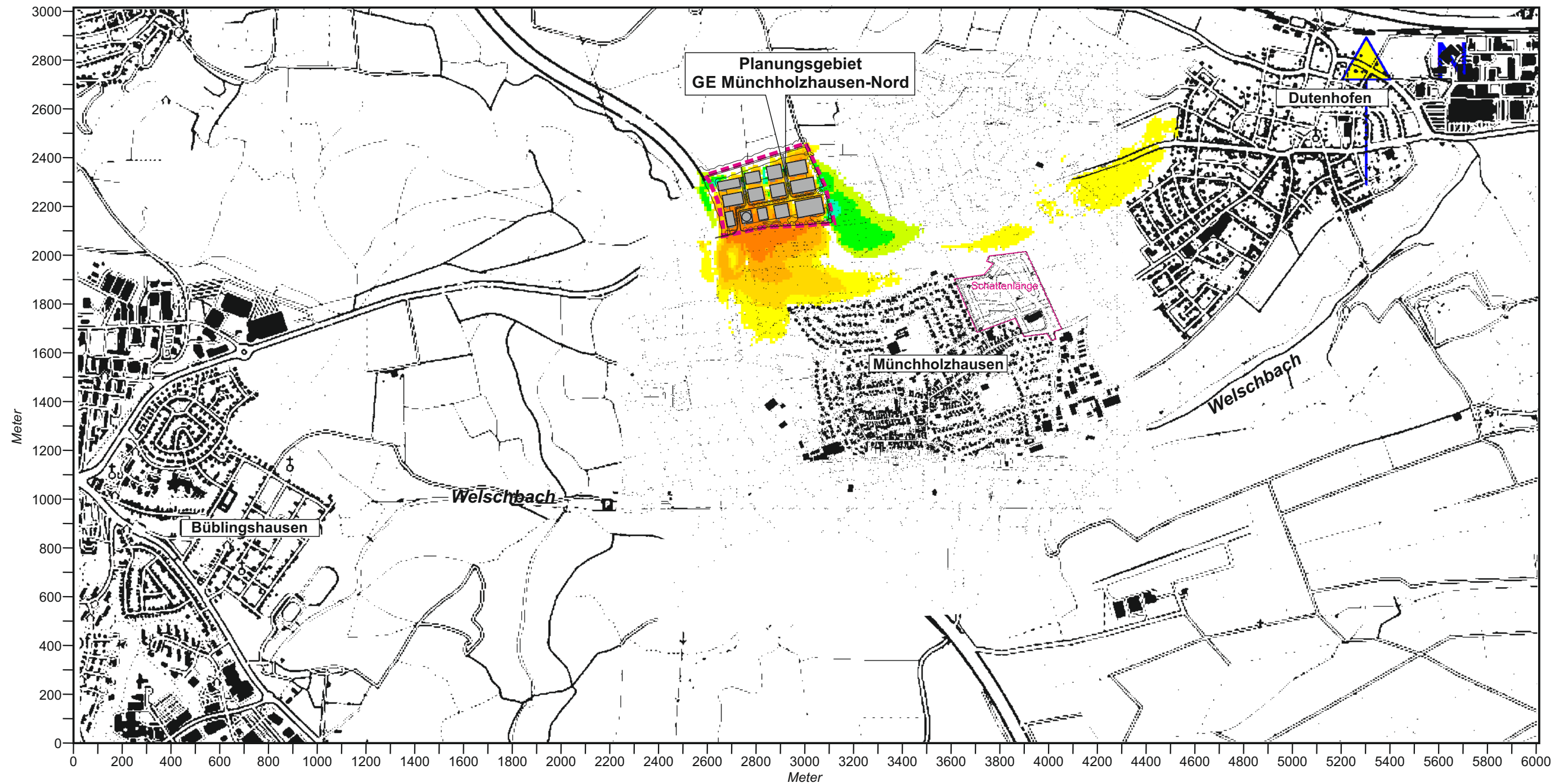


Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



ÖKOPLANA

Abb. 18.4 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G.
in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
2 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Zunahme (+) bzw. Abnahme (-) der
Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

- ueber -1,0 bis -0,5
- ueber -0,5 bis -0,2
- ueber -0,2 bis -0,1
- ueber -0,1 bis -0,05
- ueber -0,05 bis 0,05
- ueber 0,05 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

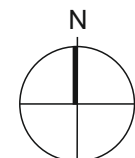
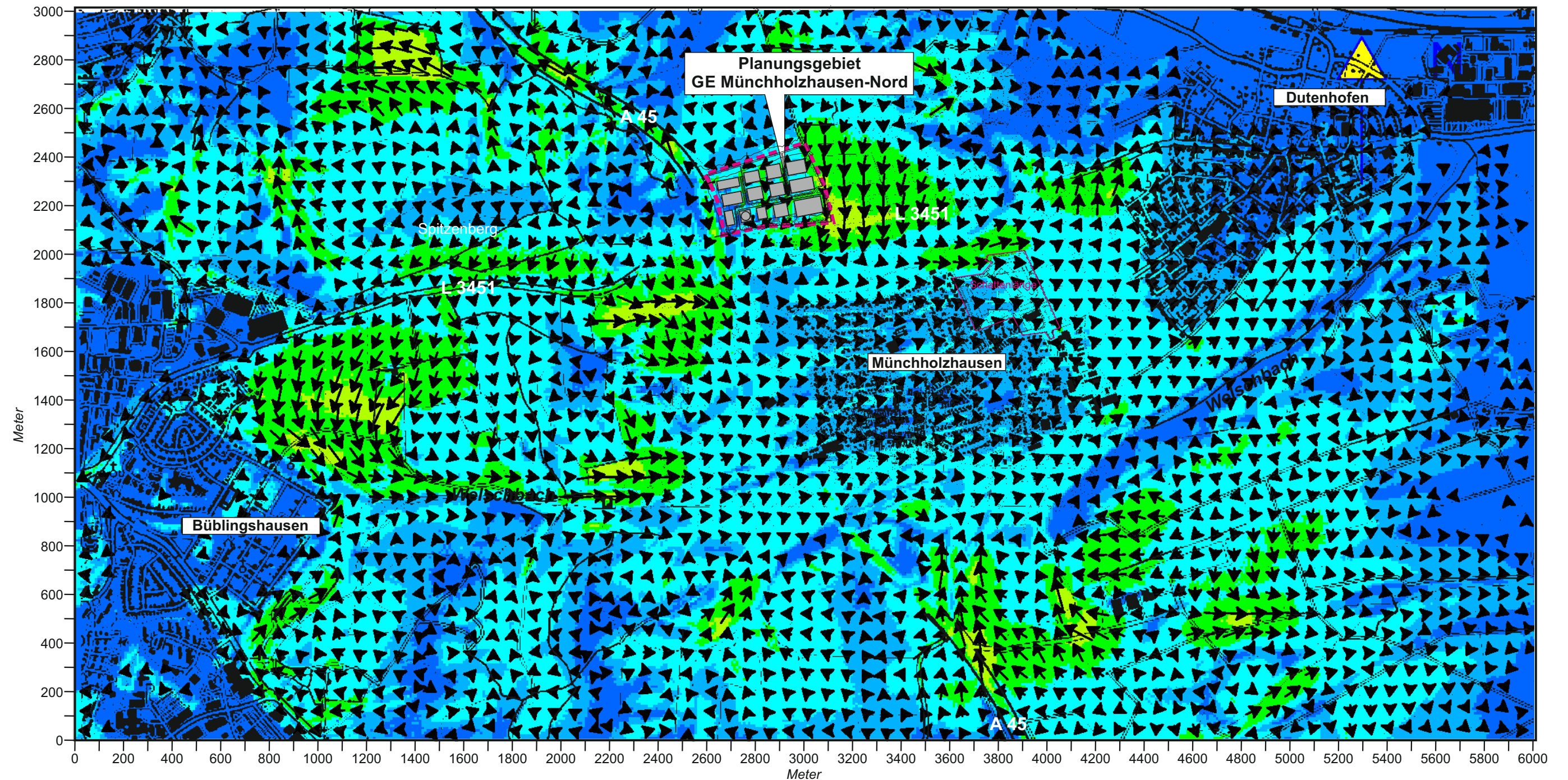


Abb. 19.1 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftfließgeschwindigkeit und Richtung 2 m ü.G. in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftfließgeschwindigkeit
in m/s**

- 0 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5
- ueber 0,5 bis 1,0
- ueber 1,0 bis 2,0
- ueber 2,0 bis 3,0



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

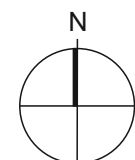
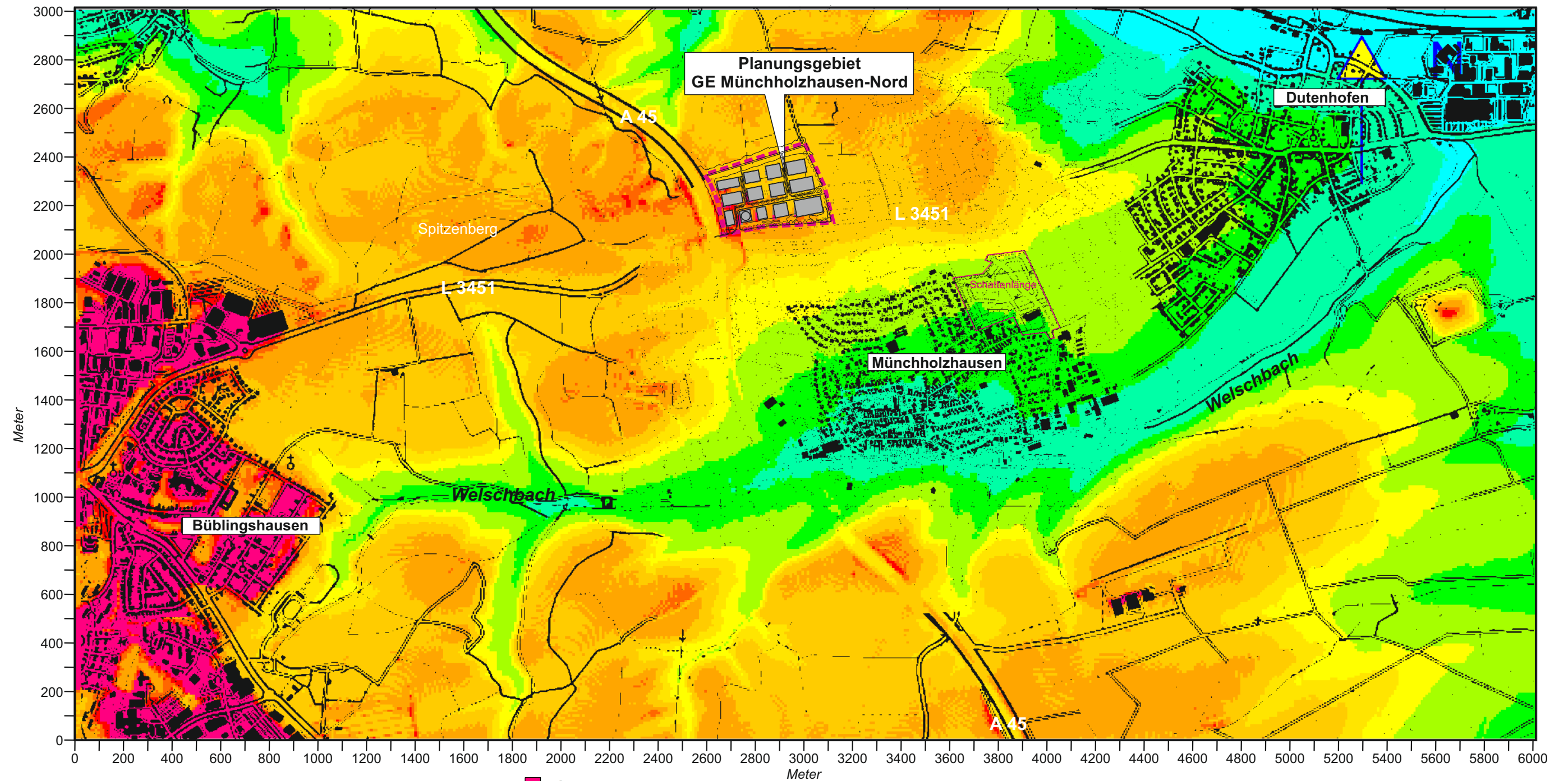


Abb. 19.2 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftmächtigkeit in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)

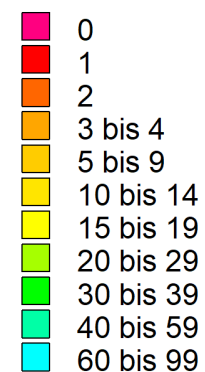


Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

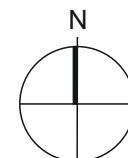
© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftmächtigkeit
in m**

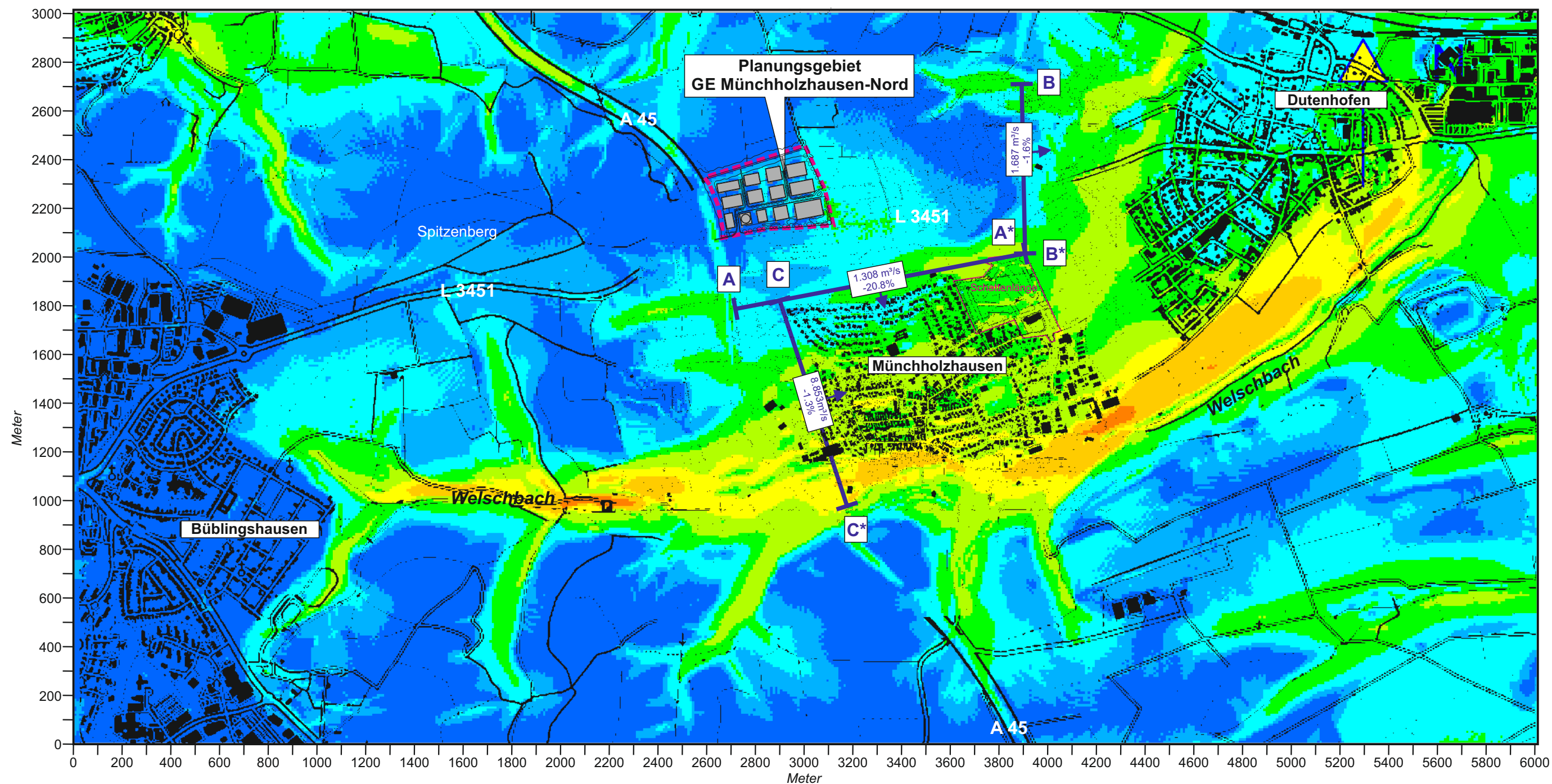


Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



ÖKOPLANA

Abb. 19.3 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

**Kaltluftvolumenstromdichte
in $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$**

- 0 bis 1
- ueber 1 bis 2
- ueber 2 bis 5
- ueber 5 bis 10
- ueber 10 bis 20
- ueber 20 bis 30
- ueber 30 bis 50
- ueber 50 bis 100

Bewertungsprofil
Kaltluftvolumenstrom in m^3/s

Kaltluftvolumenstrom
1.910 m^3/s
-17.4%
Relative Veränderung des Kaltluftvolumenstroms
gegenüber dem Ist-Zustand



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

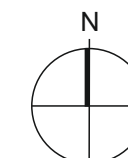
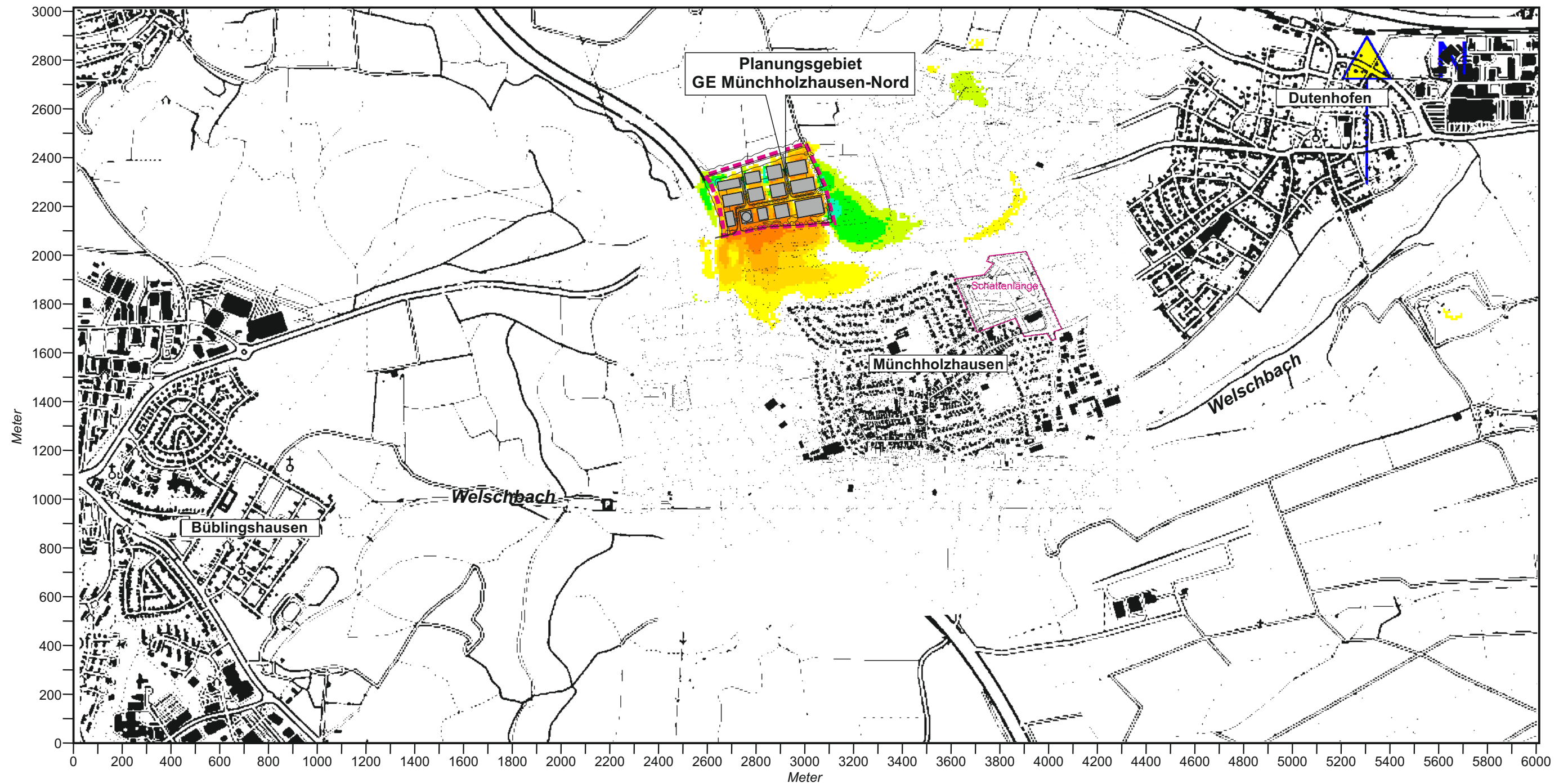


Abb. 19.4 Ergebnisse von Kaltluftströmungssimulationen, Plan-Zustand.
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G.
in einer windschwachen Strahlungsnacht mit vorherrschenden nordöstlichen Höhenwinden.
6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte)



Daten-/Kartengrundlagen:
DGM_10: Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation.

© OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

Zunahme (+) bzw. Abnahme (-) der
Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

- ueber -1,0 bis -0,5
- ueber -0,5 bis -0,2
- ueber -0,2 bis -0,1
- ueber -0,1 bis -0,05
- ueber -0,05 bis 0,05
- ueber 0,05 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

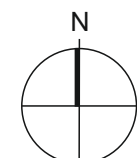


Abb. 20 Luftbild vom Modellgebiet der mikroskaligen Klimasimulationen

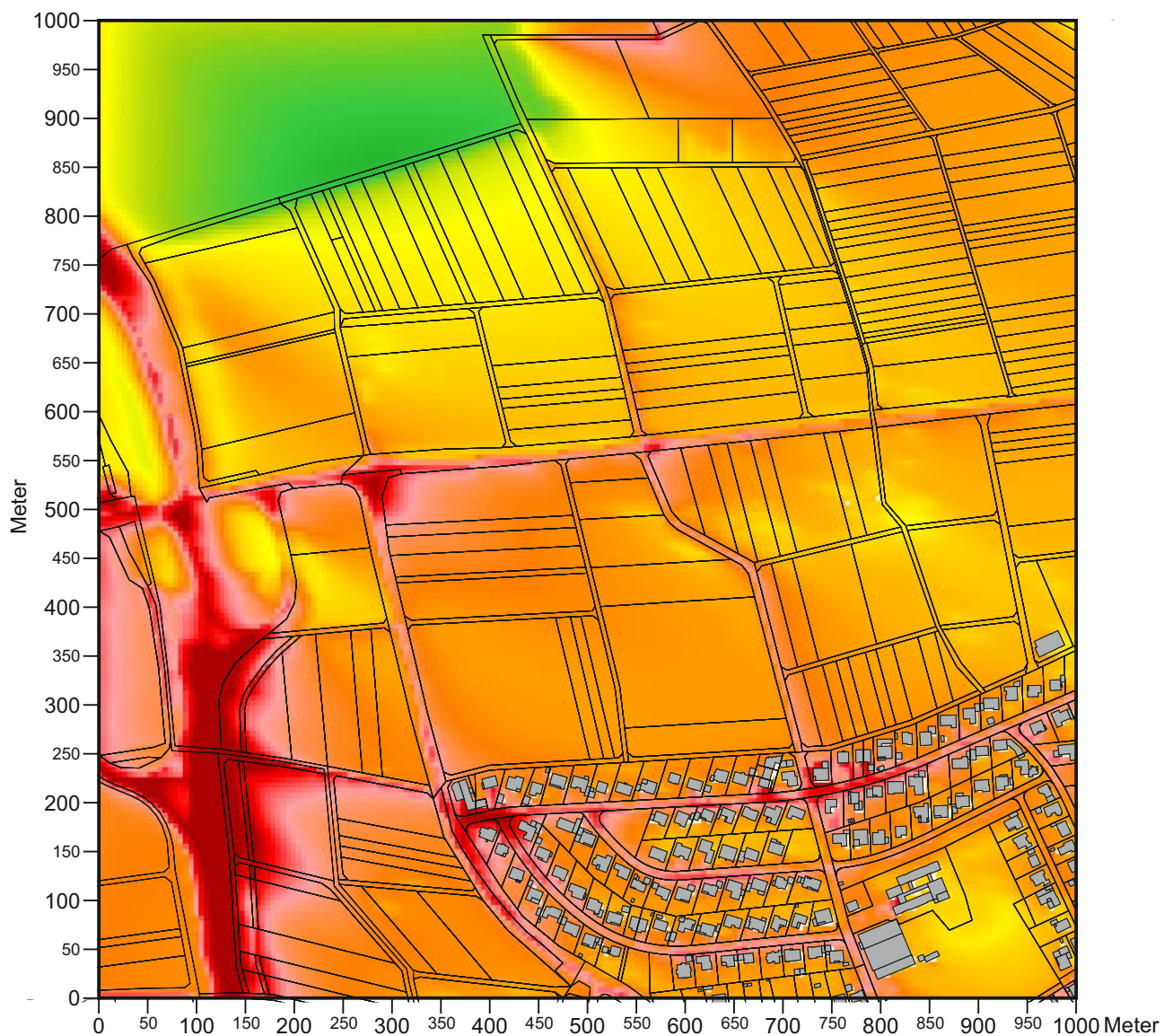


Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

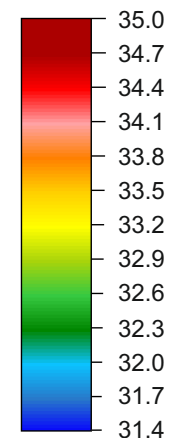
Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



Abb. 21.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

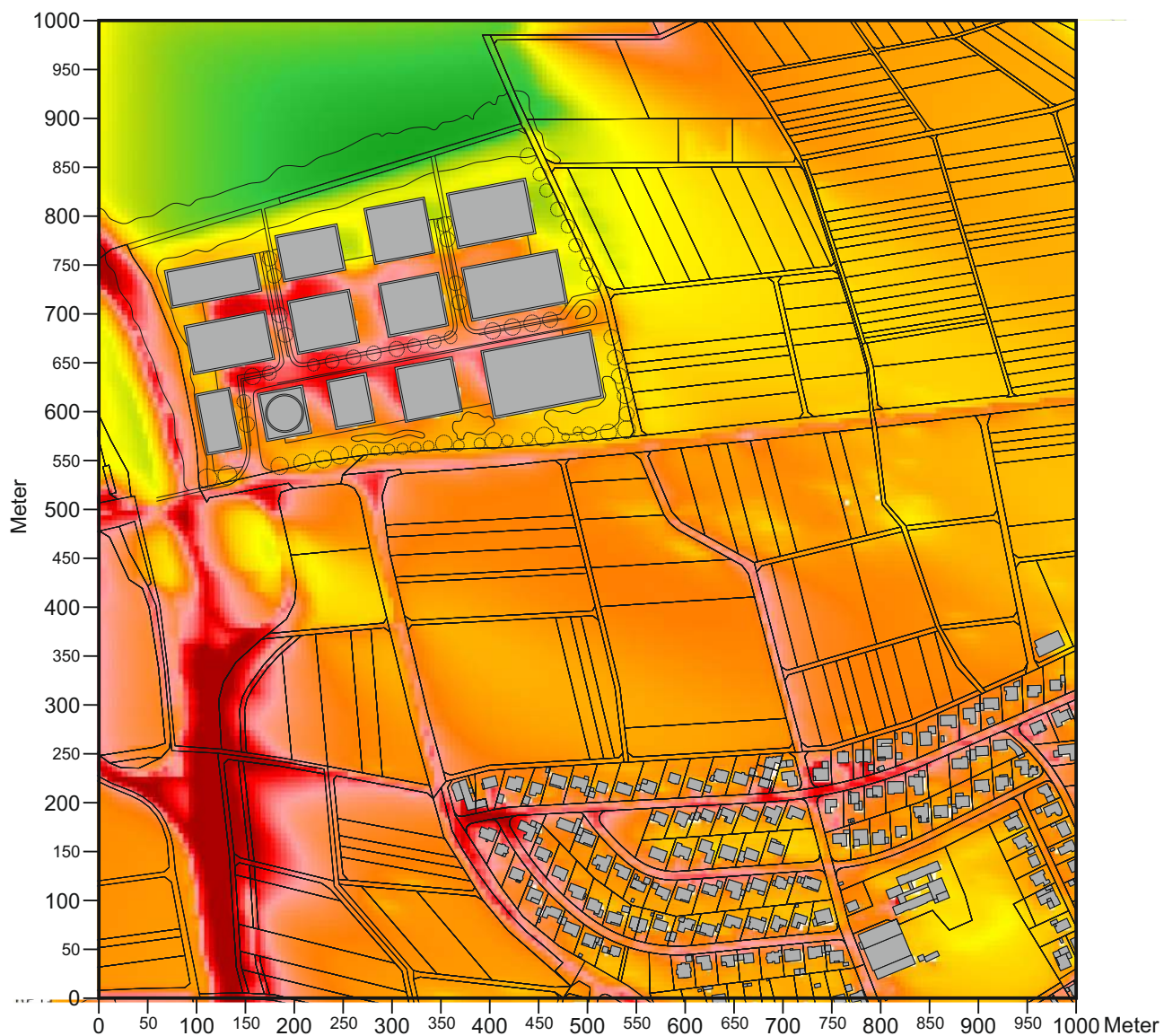
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

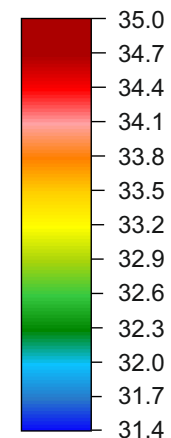


ÖKOPLANA

Abb. 21.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

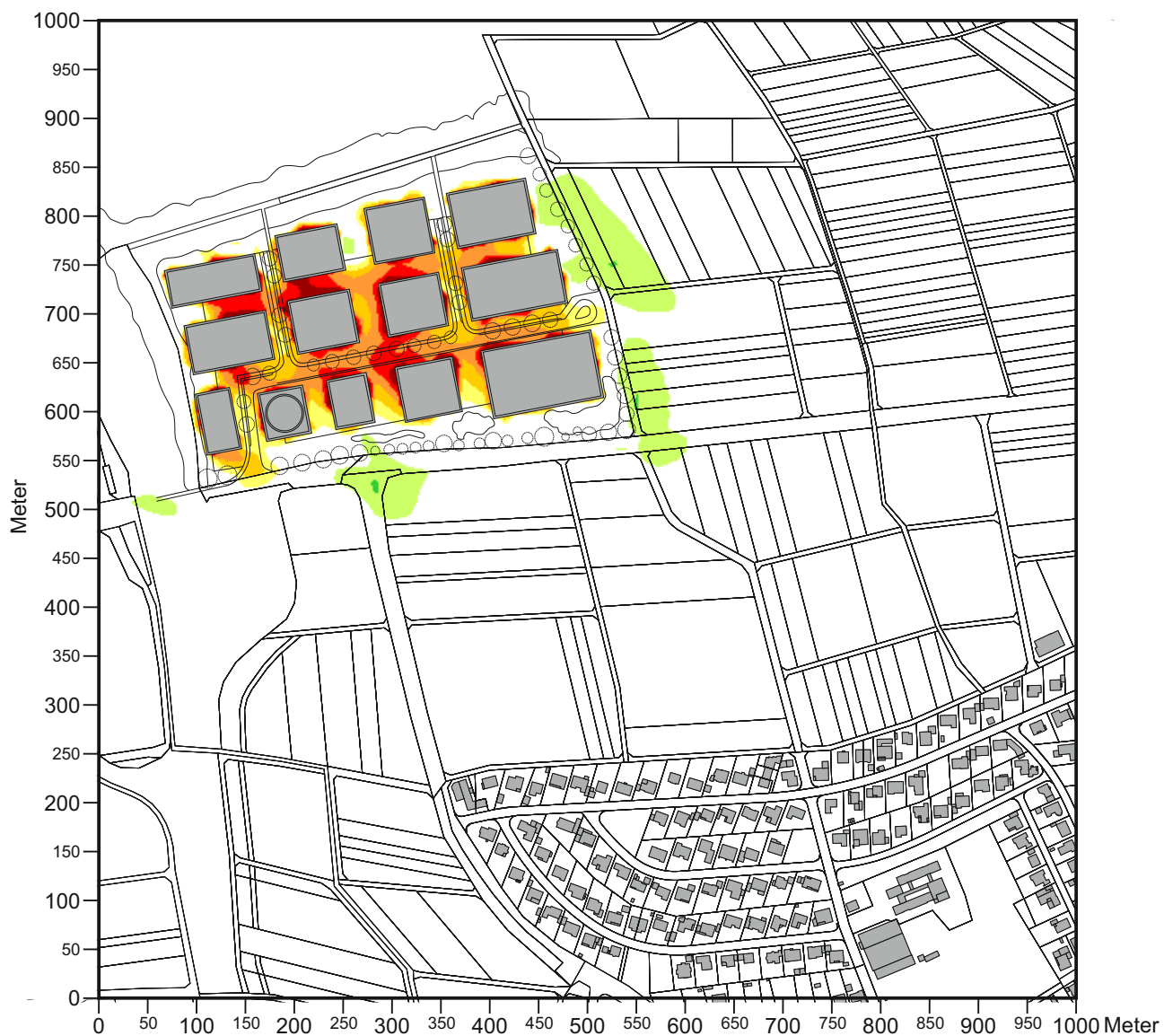
Luftbild bereitgestellt von:
 Stadt Wetzlar

Projekt:
 Klimagutachten zum geplanten
 Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
 in Wetzlar

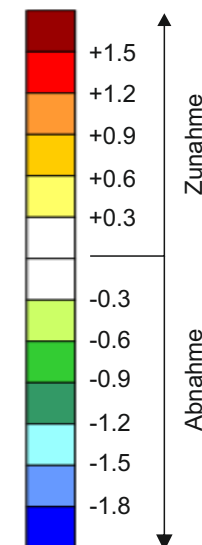


ÖKOPLANA

**Abb. 21.3 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 2.0 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Zu- bzw. Abnahme der
Lufttemperatur in °C



↙ Anströmungsrichtung

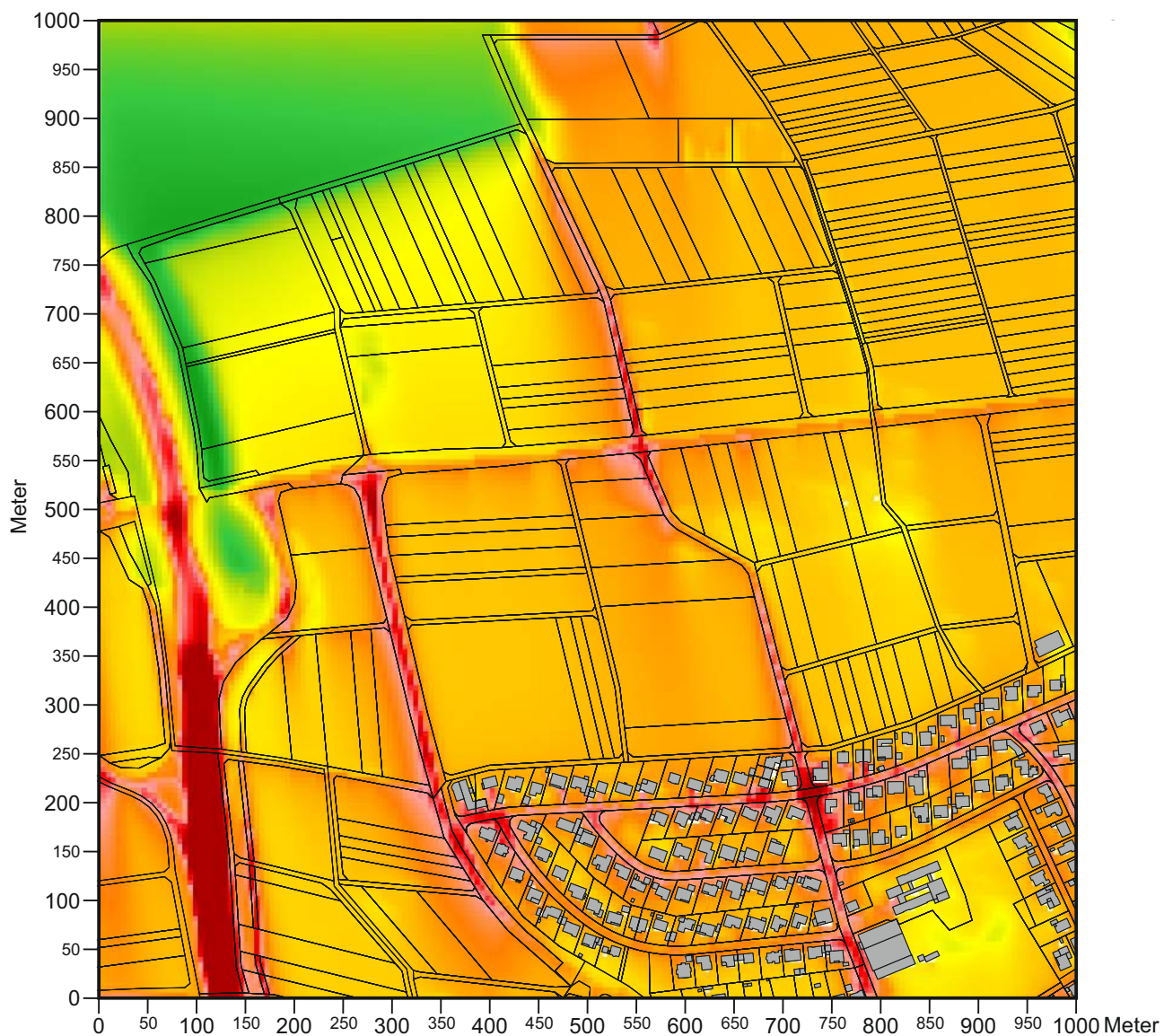
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

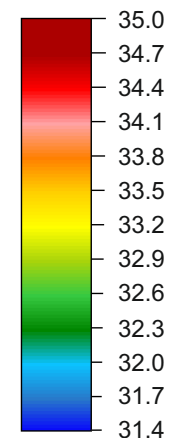


ÖKOPLANA

Abb. 22.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

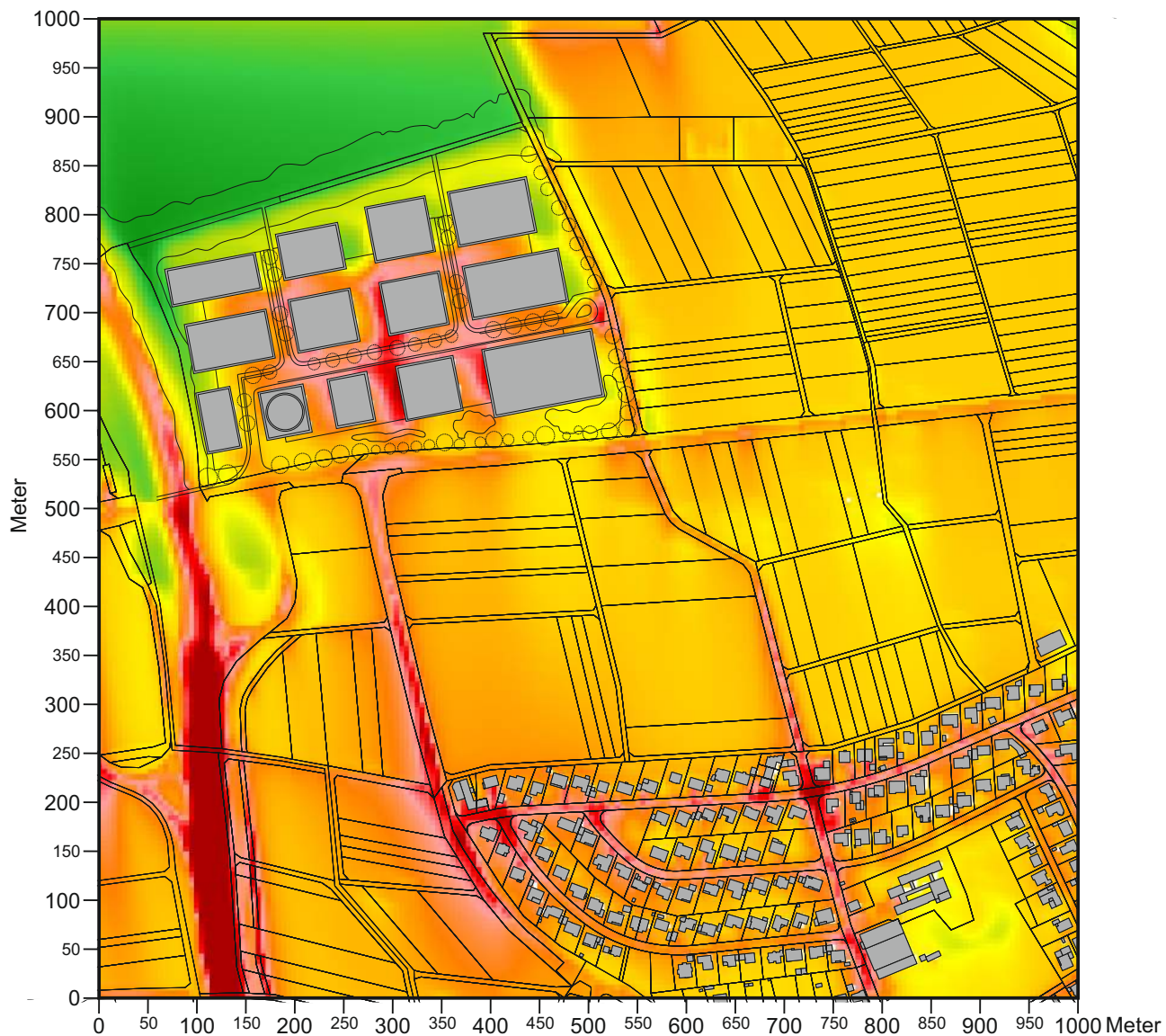
Luftbild bereitgestellt von:
 Stadt Wetzlar

Projekt:
 Klimagutachten zum geplanten
 Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
 in Wetzlar

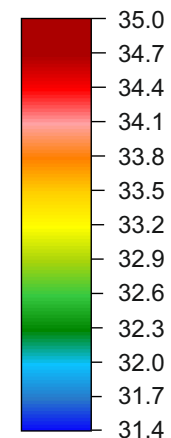


ÖKOPLANA

Abb. 22.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

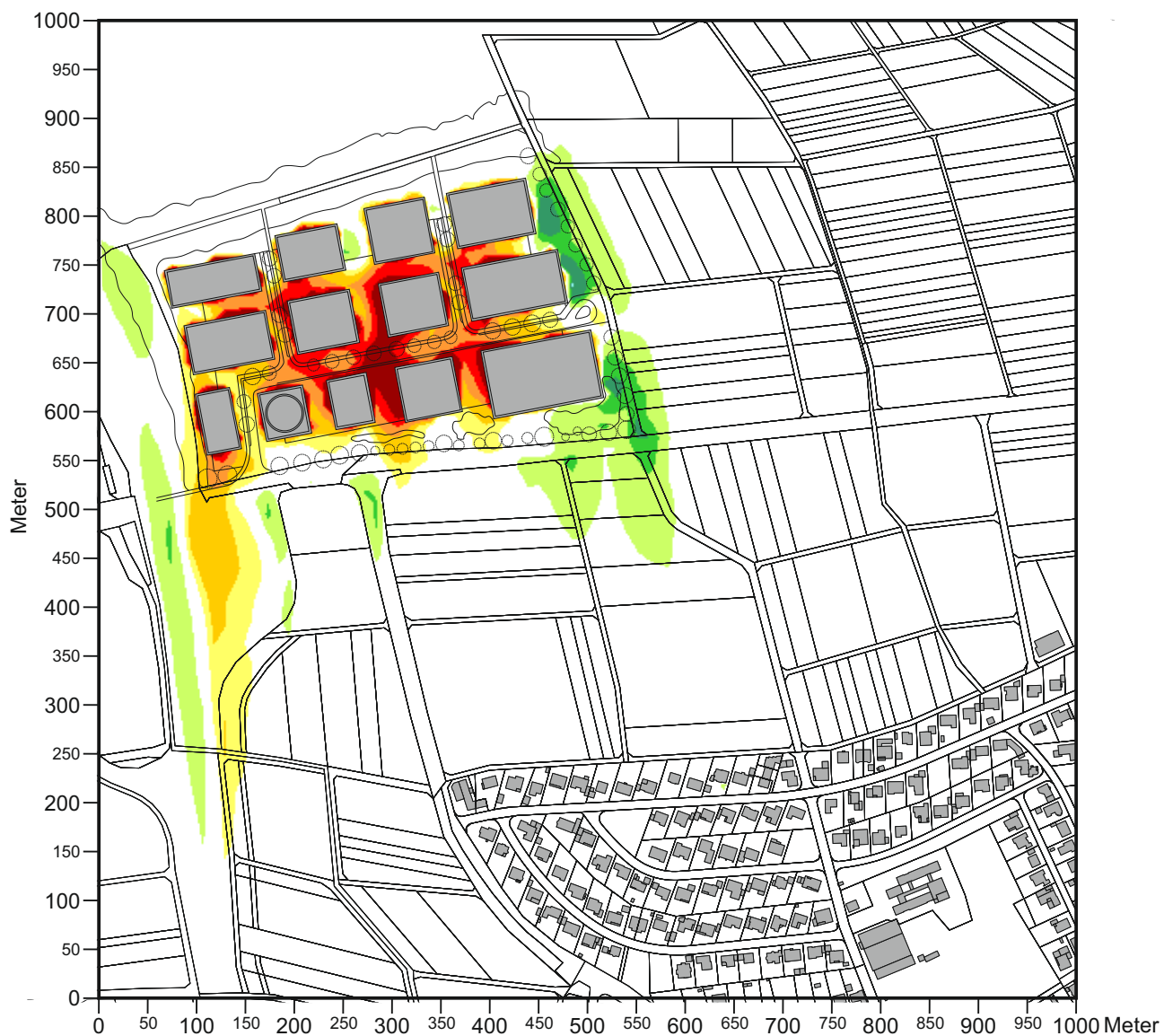
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

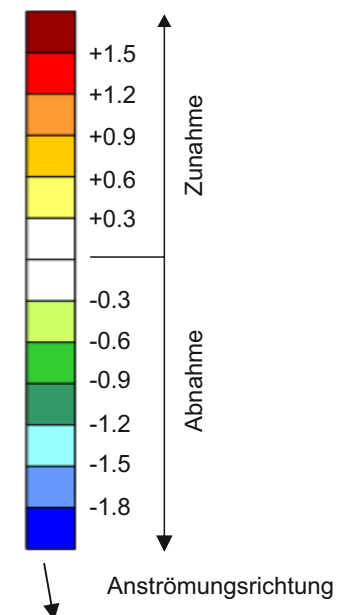


ÖKOPLANA

**Abb. 22.3 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (heißer Sommertag, 17:00 Uhr)
Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 2.0 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Zu- bzw. Abnahme der
Lufttemperatur in °C



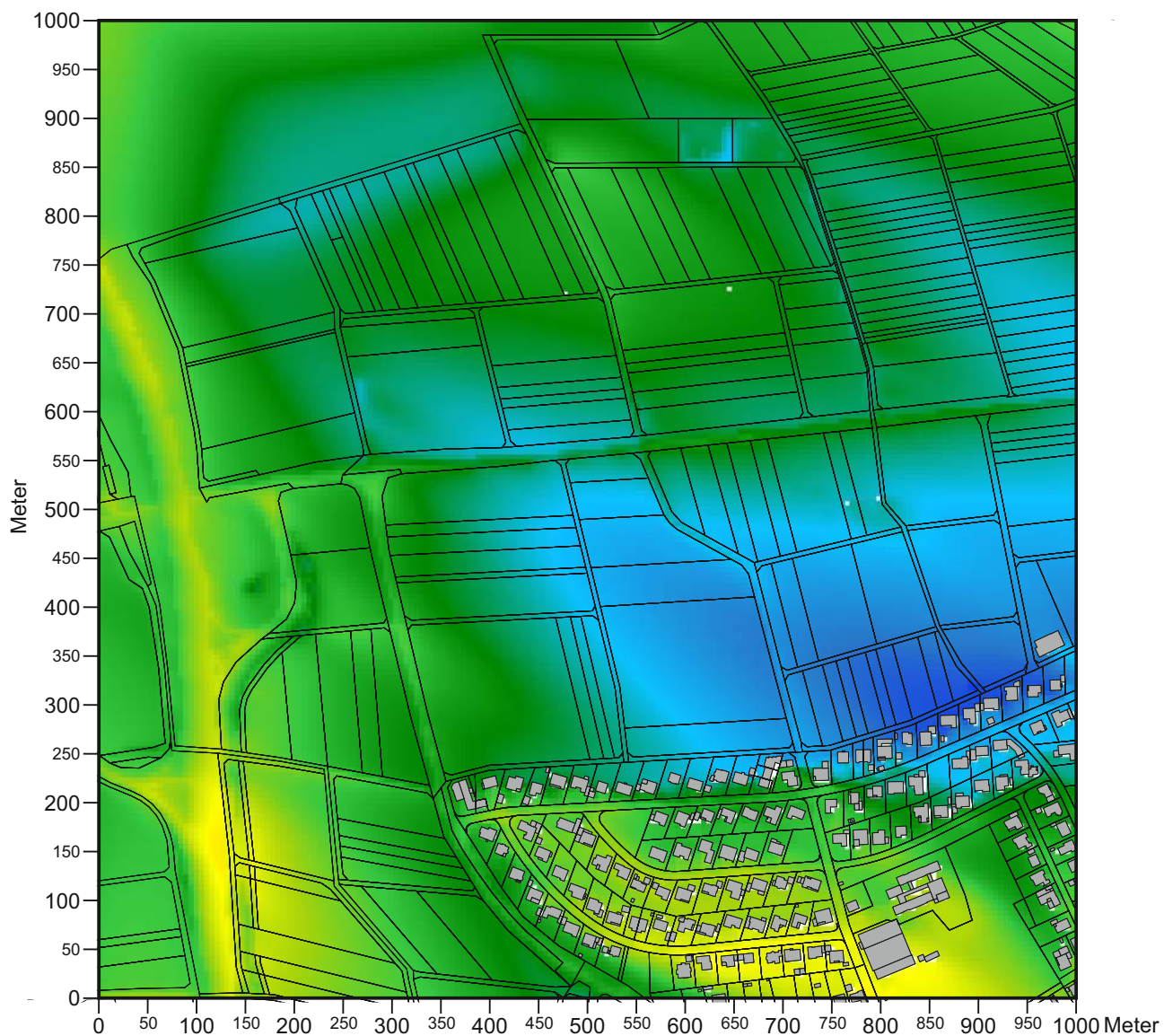
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

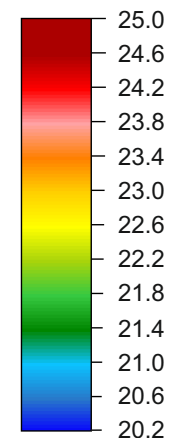


ÖKOPLANA

Abb. 23.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

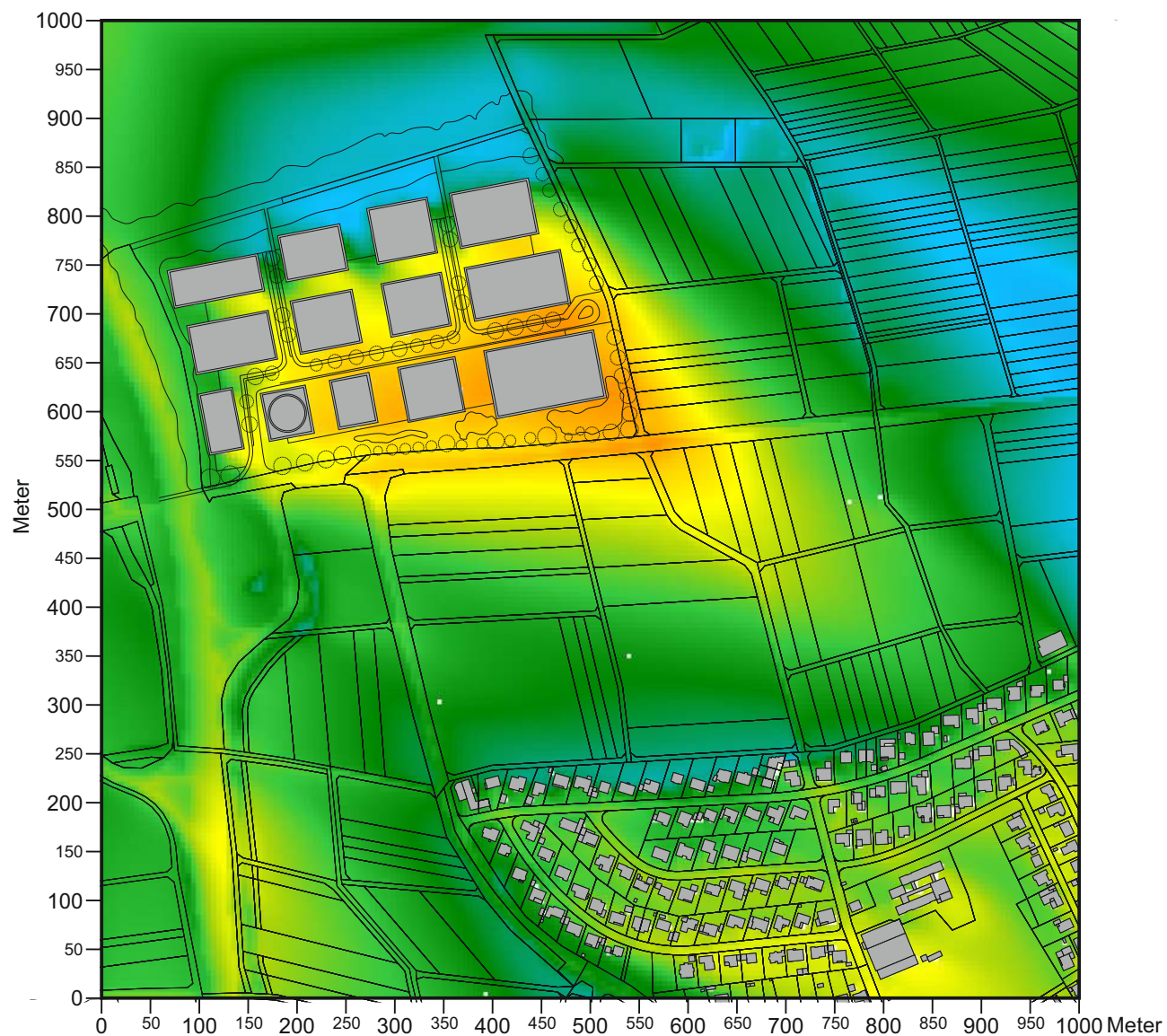
Luftbild bereitgestellt von:
 Stadt Wetzlar

Projekt:
 Klimagutachten zum geplanten
 Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
 in Wetzlar

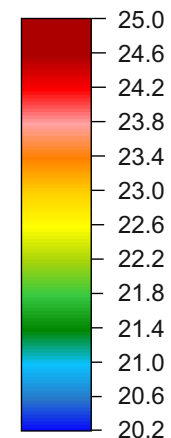


ÖKOPLANA

Abb. 23.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



↖ Anströmungsrichtung

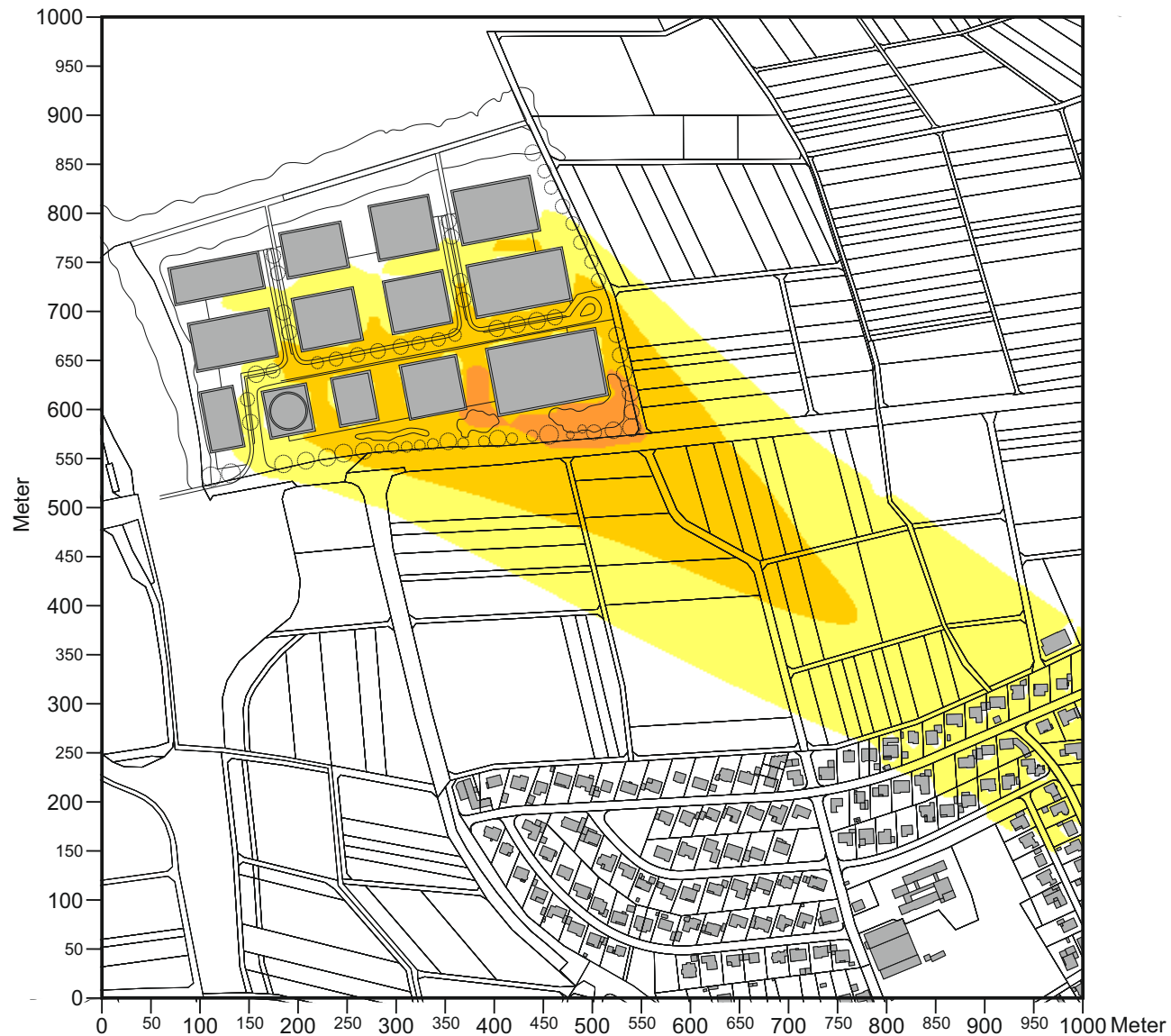
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

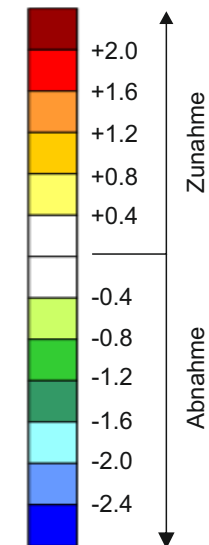


ÖKOPLANA

**Abb. 23.3 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Westnordwestwinden (350°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Zu- bzw. Abnahme der
Lufttemperatur in °C



↙ Anströmungsrichtung

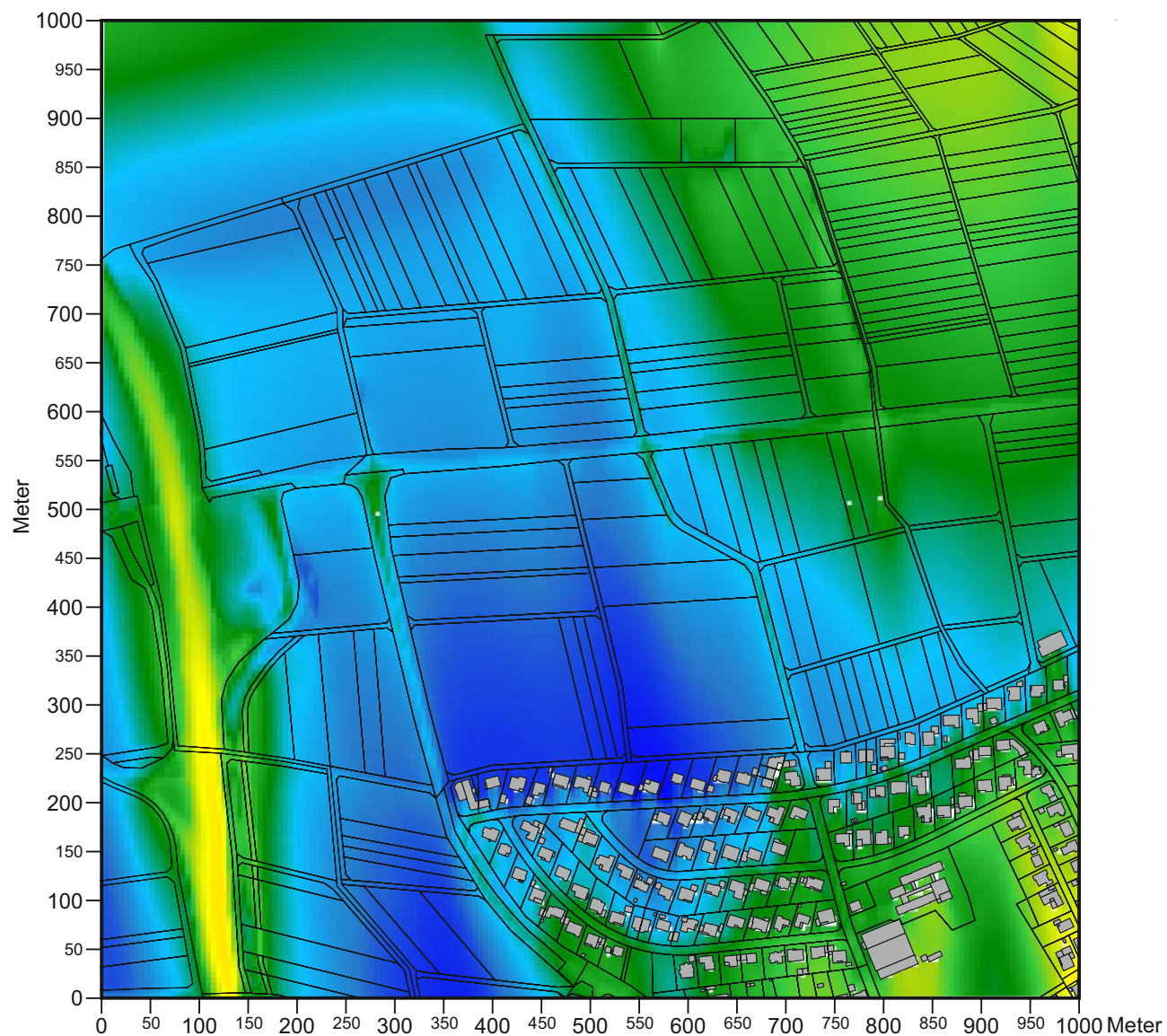
Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar

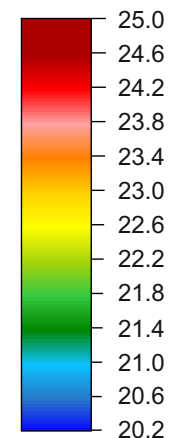


ÖKOPLANA

Abb. 24.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Ist-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

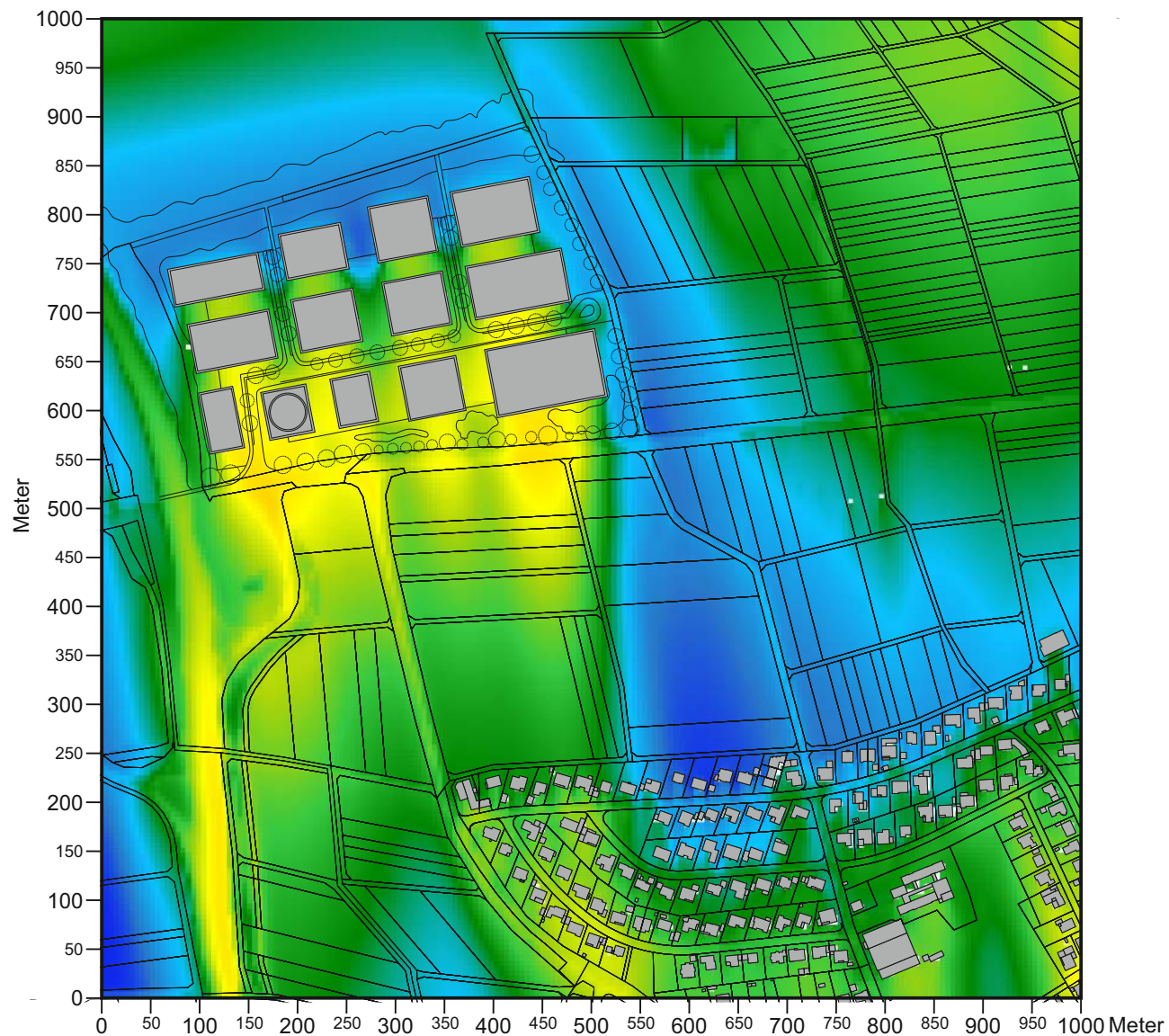
Luftbild bereitgestellt von:
 Stadt Wetzlar

Projekt:
 Klimagutachten zum geplanten
 Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
 in Wetzlar

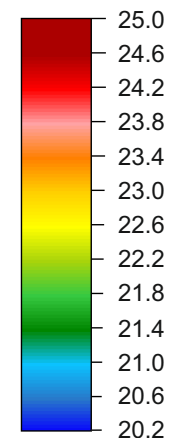


ÖKOPLANA

Abb. 24.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Plan-Zustand (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Lufttemperatur in °C



Anströmungsrichtung

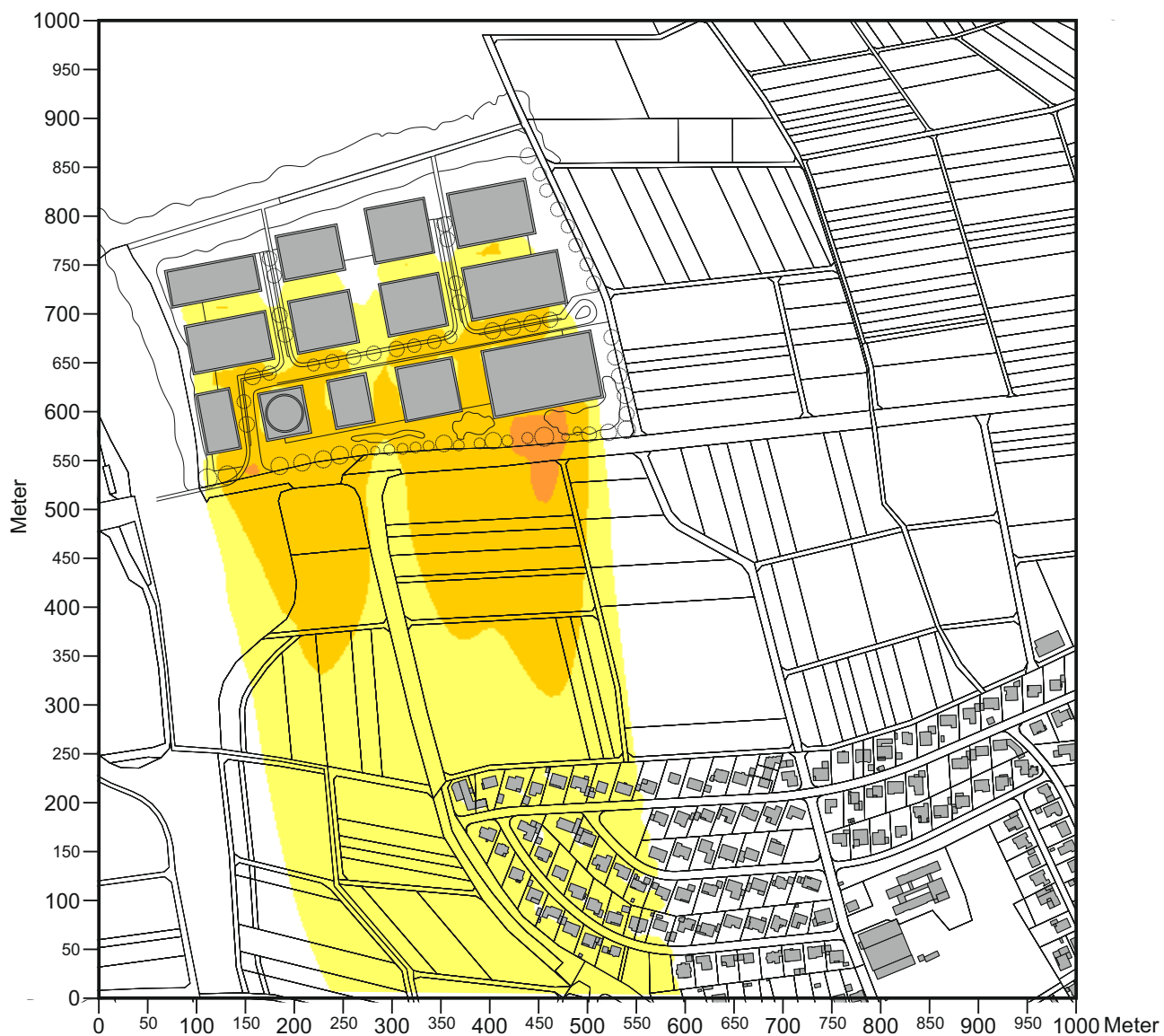
Luftbild bereitgestellt von:
 Stadt Wetzlar

Projekt:
 Klimagutachten zum geplanten
 Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
 in Wetzlar

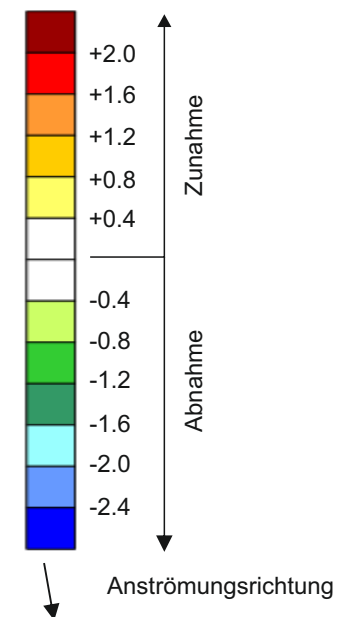


ÖKOPLANA

**Abb. 24.3 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen, Vorher-Nachher-Vergleich (Tropennacht, 23:00 Uhr)
Modifikation der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei vorherrschenden Nordwinden (350°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



Zu- bzw. Abnahme der
Lufttemperatur in °C



Luftbild bereitgestellt von:
Stadt Wetzlar

Projekt:
Klimagutachten zum geplanten
Gewerbegebiet Münchholzhausen-Nord
in Wetzlar



ÖKOPLANA