

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

**KLIMAEXPERTISE ZUM BEBAUUNGSPLAN A32
„GEWERBEGEBIET KAPELLENSTRASSE“
IN DER STADT RÖDERMARK, STADTTTEIL OBER-RODEN**



Vorhabenträger:

HLG Hessische Landgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157 - 159
34121 Kassel

Bearbeitet von:

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

Mannheim, April 2023

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	Untersuchungsgebiet und Bebauungsplangebiet	2
3	Untersuchungsmethodik	3
4	Ortsspezifisches Klimageschehen und Folgen des Klimawandels	6
5	Numerische Modellrechnungen zur klimaökologischen Bewertung des Bebauungsplanentwurfs A 32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ bzgl. des Kaltluftprozessgeschehens und der Lufttemperaturverhältnisse	11
5.1	Kaltluftprozessgeschehen	11
5.1.1	Ergebnisse der Modellrechnungen für den Zeitpunkt 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (ca. 23:00 Uhr)	13
5.1.2	Ergebnisse der Modellrechnungen für den Zeitpunkt 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (ca. 02:00 Uhr)	16
5.2	Lufttemperaturverhältnisse	17
5.2.1	Thermische Situation an heißen Sommertagen (16:00 Uhr) mit nördlicher bzw. westnordwestlicher Luftströmung (0°/300°)	18
5.2.2	Thermische Situation in Tropennächten (23:00 Uhr) mit nördlicher bzw. westnordwestlicher Luftströmung (0°/300°)	20
6	Zusammenfassung der klimaökologischen Funktionsabläufe, Bewertung und Planungsempfehlungen	23
6.1	Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	24
6.2	Planungsempfehlungen	26
	Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften	31
	Anhang 1: Beschreibung des Kaltluftströmungsmodells KLAM_21	32
	Anhang 2: Beschreibung des Klimamodells ENVI-met	35

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Bebauungsplangebiets A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ im Stadtgebiet von Rödermark
- Abb. 2:** Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“
- Abb. 3:** Luftbild vom Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ und von dessen Umfeld
- Abb. 4:** Fotoaufnahmen vom Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ und von dessen Umfeld
- Abb. 5:** Ausschnitt aus dem Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010
- Abb. 6:** Bebauungsplanentwurf A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“, Stand 17.03.2023
- Abb. 7.1:** Lageplan – Planungsentwurf für die geplante Bebauung im „Gewerbegebiet Kapellenstraße“
- Abb. 7.2:** Schema der Kubatur mit Gebäudehöhen - Planungsentwurf für die geplante Bebauung im „Gewerbegebiet Kapellenstraße“
- Abb. 8:** Lageplan Grabenverlegung, Stand: 10/2022
- Abb. 9:** Potenziell mögliche Bebauung im südlichen Teilbereich des geplanten „Gewerbegebiets Kapellenstraße“
- Abb. 10.1:** Vorhabenbezogener Bebauungsplan A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“
- Abb. 10.2:** Vorhaben- und Erschließungsplan A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“
- Abb. 11:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit am DWD Messstandort Frankfurt-Flughafen. Zeitraum: 2010 - 2021
- Abb. 12:** Typische Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes an heißen Sommertagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). DWD-Station Frankfurt-Flughafen
- Abb. 13.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.

- Abb. 13.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 13.3:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 14.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand. Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 14.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 15:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich (Ist- und Plan-Zustand). Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 16.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 16.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.

- Abb. 16.3:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 17.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand. Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 17.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 18:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich (Ist- und Plan-Zustand). Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 19.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 19.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 20:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 21.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 23.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 24:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 25.1:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 25.2:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand. Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.
- Abb. 26:** Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.

1 Aufgabenstellung

Im Norden von Rödermark, Stadtteil Ober-Roden ist zwischen dem Rödermarkring im Nordwesten, der Kapellenstraße im Süden, dem Friedhof Ober-Roden im Südosten bzw. Osten sowie der Frankfurter Straße im Nordosten die Entwicklung eines neuen Gewerbegebiets geplant (Lage siehe **Abbildung 1**). Bei einer GRZ von 0.8 sind max. Gebäudehöhen von 12.0 – 18.0 m angedacht. Die Erschließung der Gewerbegebietsflächen soll über die Kapellenstraße im Süden und die Frankfurter Straße im Osten erfolgen. Durch einen naturnah gestalteten Gewässergrabenverlauf in mittiger Lages des Gebiets werden die potenziellen Gewerbeflächen gegliedert.

Die Umweltprüfung des REGIONALVERBANDS FRANKFURTRHEINMAIN lässt bei einer baulichen Inanspruchnahme der Wiesen mit Gehölzen und Ackerflächen durch den Verlust siedlungsnaher Kaltluftproduktionsflächen einen klimaökologischen Zielkonflikt erwarten.

Im Rahmen des Planungsprozesses ist daher mit Hilfe einer Klimaexpertise der Nachweis zu erbringen, dass das geplante Gewerbegebiet klimaverträglich ist bzw. klimaverträglich gestaltet werden kann.

Neben der Beschreibung der allgemeinen klimatischen Umgebungsbedingungen auf Grundlage von Daten des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE (HLNUG) und des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (DWD) sowie der Analyse der lokalen Klimawandelfolgen sind daher zudem die kaltluftspezifischen und thermischen Belange näher zu analysieren. Dem Ist-Zustand wird dabei der Plan-Zustand mit max. möglicher Überbauung der Baufelder gegenübergestellt. Mit Hilfe der Modellergebnisse ist zu bilanzieren, wie groß der lokale Verlust an Kaltluftvolumen ist und wie weit die dadurch verursachten Minderungen der kaltluftspezifischen Belüftungseffekte reichen.

Bewertungsgrundlage bildet die VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“. Demnach ist bei Kaltluftströmungen eine Verringerung der Strömungsvolumina bzw. der Kaltluftströmungsgeschwindigkeit von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als „starker Eingriff“ mit meist 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 Modellrechnungen zu den kaltluftspezifischen Prozessen werden mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM_21, Vers. 2012 (Programmautor: DWD DEUTSCHER WETTERDIENST) durchgeführt.

Die Veränderungen der thermischen Umgebungsbedingungen (Tag und Nacht) werden mit dem mikroskaligen Klimamodell ENVI-Met (Programmautor: Prof. Dr. Bruse, Univ. Mainz) analysiert.

Auf Grundlage der ortsspezifischen Klimaanalyse werden abschließend Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Umgebungsbedingungen aufgezeigt.

2 Untersuchungsgebiet und Bebauungsplanentwurf

Das ca. 8.8 ha große Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ im Norden von Ober-Roden ist weitgehend eben und weist Geländehöhen von ca. 142.5 m ü. NHN im Südwesten bis ca. 145.5 m im Nordosten (siehe **Abbildung 2**) auf. Großräumiger betrachtet fällt das Gelände von Rödermark / Dietzenbach im Westen in Richtung Hörnersgraben bzw. Rodau im Osten bzw. Nordosten ab.

Wie den **Abbildung 3** und **4** entnommen werden kann, umfasst das Planungsgebiet überwiegend Landwirtschaftsflächen sowie Wiesenflächen mit Gehölzbeständen. Von Westen nach Osten verläuft zudem ein Gewässergraben.

Im Westen / Nordwesten begrenzt der Rödermarkring das potenzielle Gewerbegebiet. Im Nordosten / Osten schließt die Frankfurter Straße bzw. der Friedhof Ober-Roden an. Im Süden bilden die Kapellenstraße sowie das Bebauungsplangebiet A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“ (Flächengröße ca. 1.1 ha) die Begrenzung.

Bestandsbebauung schließt unmittelbar allein südlich der Kapellenstraße an. Dort befinden sich die Oswald-von-Nell-Breuning-Schule sowie die Feuerwehr.

Im Regionalen Flächennutzungsplan (RegFNP) 2010 (Stand 31.12.2020, **Abbildung 5**) der REGION FRANKFURTRHEINMAIN ist das Planungsgebiet größtenteils als sog. Weißfläche ohne planerische Aussage gekennzeichnet. Daher ist zur Ausweisung des geplanten Gewerbegebiets eine entsprechende Änderung des Regionalen Flächennutzungsplans 2010 erforderlich (PLANUNGSBÜRO FISCHER 2021). Die angrenzenden Freiflächen im Westen, Norden und Osten sind als Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen (u.a. Kaltluftentstehung) gekennzeichnet. Sie sind Bestandteil des Vorranggebiets Regionaler Grünzug zwischen Ober-Roden, Messenhausen und Urberach.

Der vorgelegte Bebauungsplanentwurf A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ vom 17.03.2023 (**Abbildung 6**) weist das Planungsgebiet als Gewerbegebiet aus. Die Planung zeigt die Festsetzung von insgesamt fünf überbaubaren Grundstücksflächen. Im Südwesten ist westlich der geplanten Erschließungsstraße ein Baufeld (Kennziffer 1) ausgewiesen, in welchem eine max. Gebäudehöhe von 18.0 m möglich ist. Bei abweichender Bauweise ist eine GRZ von 0.8 festgesetzt. Die GFZ beläuft sich auf 1.8. Östlich der Erschließungsstraße sind zwei überbaubare Grundstücksflächen vorgesehen (Kennziffer 2). Auf ihnen sind in offener Bauweise (die Gebäude sind mit seitlichem Grenzabstand zu errichten) Gewerbebauten mit einer max. Gebäudehöhe von 13.5 m möglich. Die GRZ beträgt 0.8 und die GFZ 1.8. Nördlich der o.g. Grundstücksflächen schließen Flächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft an. Sie beinhalten den bestehenden Gewässergraben, der im östlichen Bereich abschnittsweise verlegt und naturnah gestaltet werden soll. Für die Gewerbegebietsflächen mit der Kennziffer 3 ist keine Bauweise festgesetzt. Die max. möglichen Gebäudehöhen sind mit 14.0 m und 12.0 m angegeben. Es ist hierbei zu beachten, dass das Gelände in diesem Bereich um ca. 1 m aufgeschüttet wird. Die GRZ beträgt 0.8. An Stelle der GFZ wird die BMZ mit 8.0 festgesetzt.

3 Untersuchungsmethodik

Als Datengrundlage für die Bearbeitung der Klimaexpertise dienen u.a. das vom PLANUNGSBÜRO FISCHER und von der HLG HESSISCHE LANDGESELLSCHAFT MBH bereitgestellte Kartenmaterial (Luftbilder, Vermesserplan, Bebauungsplanentwurf) sowie ergänzende Planungsentwürfe.

Die **Abbildungen 7.1** und **7.2** zeigen für die geplanten Gewerbegebietsflächen nördlich des Gewässergrabens mögliche Gebäudekubaturen und Erschließungs- / Grünstrukturen, die in den nachfolgenden Modellrechnungen Berücksichtigung finden. Die Gebäudehöhe orientiert sich jedoch im gesamten Bereich am potenziell möglichen Maximalwert (hier: 12 m bzw. 14 m, zzgl. 1 m Geländeanhebung).

Abbildung 8 dokumentiert den Lageplan zur Grabenverlegung.

In **Abbildung 9** ist für das südliche Teilgebiet eine nach Bebauungsplanentwurf mögliche Gebäudeanordnung dargestellt. Diese geht ebenfalls als Grundlage in die nachfolgenden Modellrechnungen ein. Sie wurde von der HLG HESSISCHEN LANDGESELLSCHAFT MBH bereitgestellt.

Ergänzend findet zudem das Bebauungsplangebiet A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“ Beachtung (**Abbildungen 10.1** und **10.2**). Bei den nachfolgenden Modellrechnungen werden auch für dieses Gebiet die max. möglichen Gebäudehöhen angesetzt.

Weitere Grundlagen bilden ein digitales Geländemodell im 5 m-Raster (DGM_5) des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION sowie Klimadaten des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES.

Da sich der Planungsstandort am nordwestlichen Übergang der Bebauung Ober-Roden zum Freiraumgefüge Messenhausen / Waldacker befindet und das Gelände derzeit unbebaut ist, besitzt das Areal sowohl als siedlungsnaher Kaltluftproduktionsfläche als auch als Belüftungsbahn eine stadtklimatische Bedeutung. Die Belüftungseffekte vermeiden am Tag lokale Hitzestaus und reduzieren über den vermehrten bodennahen Luftmassenaustausch auch in den Nachtstunden die örtliche Wärmebelastung.

Die möglichen planungsbedingten Veränderungen im lokalen Kaltluftprozessgeschehen werden auf Grundlage der Ergebnisse eines meteorologischen Kaltluftströmungsmodells (KLAM_21) untersucht. Mit Hilfe des KLAM_21-Modells werden vergleichende Szenarien (Ist-Zustand / Plan-Zustand) erstellt, die Rückschlüsse auf mögliche Veränderungen beim kaltluftspezifischen Belüftungsgeschehen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld zulassen.

Das anerkannte Kaltluftabflussmodell KLAM_21 des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (**Grafik 1**) wird seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetzt, ist langjährig geprüft und entspricht den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5.



Grafik 1: „Programmstempel“ KLAM_21

Es können damit die möglichen Veränderungen des örtlichen, kaltluftbedingten Windfeldes durch die Flächennutzungsänderung / Geländemodifikation aufgezeigt werden. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch flächenhafte Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt. Die Modellresultate werden mit dem Bewertungsschlüssel der VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ ausgewertet.

Des Weiteren erfolgt eine Analyse der thermischen Umgebungsbedingungen mit dem 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).

Die Bebauung wird durch einfache Basiselemente (Würfel in ENVI-met: Grid) nachgebaut / modelliert. 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).

Auf Grundlage der klimaökologischen Analysen erfolgt eine abschließende klimaökologische Bewertung des Bebauungsplanentwurfs.

¹ BRUSE, M. (2002/2023): ENVI-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum/Essen.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass eine solche Abschätzung zur Auswirkung von geplanten Landnutzungsänderungen / Geländemodifikationen 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.

4 Ortsspezifisches Klimageschehen und Folgen des Klimawandels

Das Stadtgebiet von Rödermark im Landkreis Offenbach a. M. ist mit seiner Lage im Rhein-Main-Tiefland 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 führen.

Die Jahressumme des Niederschlags beläuft sich im Landkreis Offenbach a. M. im 30-jährigen Mittel (1971 .2000) auf ca. 775 mm (GERICS² 2021), wobei der Monat Juni die größte Niederschlagshöhe (ca. 78 mm) aufweist. In diesem Monat kommt es durch hohe Einstrahlungsintensität und der daraus folgenden Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern. Die geringsten Niederschläge treten mit einer monatlichen Niederschlagsmenge von durchschnittlich ca. 49 mm im Februar auf.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt im mehrjährigen Mittel ca. 9.4°C (1971 – 2000). Die Julitemperaturen erreichen Durchschnittswerte um 18.4°C, die minimalen Durchschnittswerte werden im Januar mit 0.8°C im Januar gemessen.

Laut Statistik von GERICS sind im Landkreis Offenbach a. M. im 30-jährigen Mittel (1971 – 2000)

- 16.2 Eistage $T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$
- 75.7 Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 7.3 heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)

² GERICS = Climate Service Center Germany mit Sitz in Hamburg
https://gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/landkreise/index.php.de

- 38.3 Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
- 0.2 Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$)

pro Jahr zu registrieren.

Bioklimatisch ist der Raum Rödermark als Zone mit häufiger Wärmebelastung und gelegentlichem Kältereiz zu bewerten (<https://www.dwd.de>).

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Planungsgebiet deutlich zunehmen wird.

Nach Berechnungen von GERICS (2021) wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 2036 – 2065 (= nahe Zukunft) gegenüber der Zeitspanne 1971 – 2000 um ca. 1.9 K zunehmen. Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird um ca. 6.0 Tage/Jahr bzw. 14.8 Tage/Jahr ansteigen. Den Projektionen liegt das Antriebsszenario RCP8.5³ (mittlere bzw. hohe Temperaturzunahme) zu Grunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Da zugleich die Anzahl der Tropennächte (+2.9 Tage/Jahr) zunimmt, steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen. Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress.

Durch die o.a. thermisch wirksamen Klimawandelfolgen wird die Sicherstellung günstiger thermischer Umgebungsverhältnisse zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (≥ 20 mm/Tag) wird von 4.1 Tage/Jahr (1971 – 2000) auf ca. 5.1 Tage/Jahr (2036 – 2065) zunehmen, weshalb bei Baumaßnahmen ausreichende Retentionsmöglichkeiten zu berücksichtigen sind.

Das Stadtgebiet von Rödermark gehört mit seiner Lage im Rhein-Main-Tiefland nach CHRISTOFFER ET AL. (1989) zu einer der windschwächsten Regionen Deutschlands.

³ 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.

Analysiert man die mehrjährigen Winddaten (2008 – 2017) der nächstgelegenen DWD-Station Frankfurt-Flughafen (**Abbildung 11**), so zeigt sich, dass die vorherrschende Windrichtungen in Rödermark im Allgemeinen Südwest und Nordost sind, wobei es durch die Flächennutzung (Bebauung, Waldflächen etc.) lokal zu leichten Differenzierungen kommen kann.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel (1981 – 2000) im Bereich Rödermark in freien Lagen ca. 3.1 – 3.4 m/s (<http://www.dwd.de>). Innerhalb der Bebauung sinkt die mittlere Windgeschwindigkeit auf Werte von unter 3.0 m/s, so dass dort von insgesamt mäßiger Durchlüftungsintensität⁴ auszugehen ist.

Die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten werden an der DWD-Station Frankfurt-Flughafen großwetterlagenbedingt bei Winden aus südwestlichen Richtungen registriert (4.1 – 4.7 m/s). Bei Winden aus nordöstlichen Richtungen (Nebenmaximum) stellen sich mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.2 – 3.2 m/s ein. Die geringeren Windgeschwindigkeiten deuten darauf hin, dass die Nordostwinde häufig mit schwächer ausgeprägten Regionalströmungen in Verbindung zu bringen sind.

Für die Betrachtung der Auswirkungen einer Bebauung im Planungsgebiet „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ auf das lokale Kaltluftprozessgeschehen und auf die thermischen Verhältnisse wird das Augenmerk vermehrt auf thermisch belastende heiße Sommertage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) / Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) gelegt.

In der **Abbildung 12** sind exemplarisch die Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes an der DWD-Station Frankfurt-Flughafen dargestellt. Beide Tagesgänge (24.-25.07.2018, 03.-04.08.2018) zeigen den Lufttemperaturverlauf im Zuge eines heißen Sommertags mit einer darauffolgenden Tropennacht.

⁴ Mit einer ausreichenden weiträumigen Durchlüftung innerhalb der Bebauung ist erst bei Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s zu rechnen. Luftströmungen unter 3.0 m/s dringen zwar in die Bebauung ein, greifen dort je nach Bebauungsdichte auch bis zum Boden durch, können aber die mit lokalen Eigenschaften behaftete Luft nicht ausräumen. In diesem Falle ist deshalb von Belüftung zu sprechen.

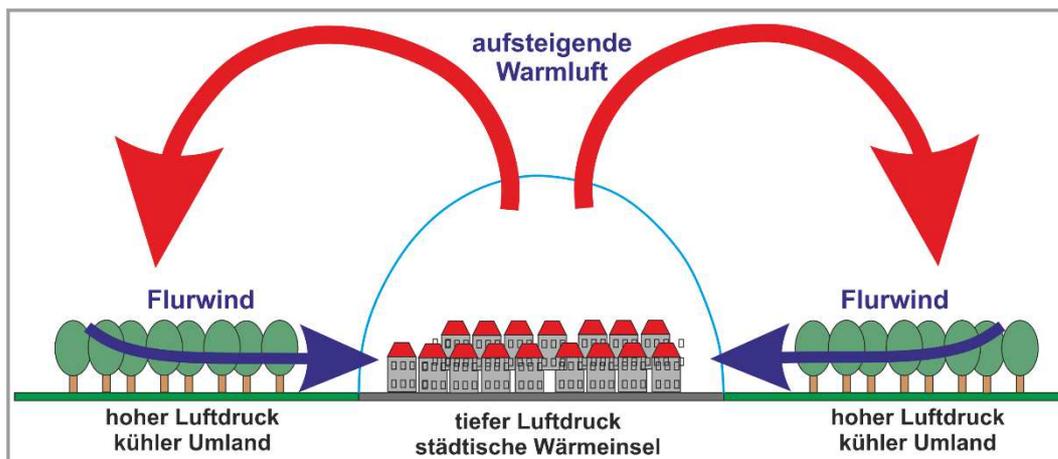
Werden mit der Windgeschwindigkeit auch die Schichtungsverhältnisse berücksichtigt, so ergibt sich folgender Sachverhalt:

Durchlüftung ist der völlige Austausch lokaler Luftmassen durch reinere Luftmassen der höheren Atmosphäre, zurückzuführen auf Luftströmungen höherer Geschwindigkeit, die bis zum Boden durchgreifen. In kürzester Zeit können auf diese Weise lokal belastete Luftmassen durch Frischluft ersetzt werden. Voraussetzung ist vorwiegend indifferente bis labile Luftschichtung.

Belüftung ist die Durchmischung und horizontale Verlagerung lokal belasteter Luftmassen durch über klimaökologische Ausgleichsräume zuströmende Luftmassen geringerer Geschwindigkeit. Der völlige Austausch lokal belasteter Luft kann nicht oder nur über einen längeren Zeitraum hinweg vonstatten gehen. Die Wirksamkeit ist lokal begrenzt. Voraussetzung ist vorwiegend indifferente bis stabile Luftschichtung (z.B. Bodeninversionen und abgehobene Inversionen).

Die Winddaten dokumentieren, dass in den Nachtstunden der Wind zunehmend abflaut und sich nordöstliche Windrichtungen häufen. Derartige tagesperiodische Windrichtungsänderungen sind an sogenannten Strahlungstagen, an denen sich bevorzugt kalte-luftinduzierte Regional- und Lokalwindssysteme ausbilden können, verstärkt zu beobachten. So sind in Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr) auch in Ober-Roden vermehrt regional angelegt nordöstliche Luftbewegungen zu erwarten. Sie tragen in der angrenzenden Bebauung wesentlich zur Belüftung bei.

Von Seiten der Regionalplanung wird daher in besonderem Maße darauf geachtet, dass zwischen dem Freiraumgefüge im Norden von Ober-Roden und der Bebauung günstige Luftaustauschmöglichkeiten gesichert bleiben (siehe Kennzeichnung „Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen“ im Regionalen Flächennutzungsplan 2010). Damit kann die Kaltluft auch über Mikrozirkulationen (Flurwinde) in die Bebauung einströmen (siehe **Grafik 3**) und die dortige thermische Belastung nachhaltig herabsetzen.



Grafik 3: Schematische Darstellung des Flurwindeffekts

Das Kaltluftprozessgeschehen am Übergang Freiland – Bebauung kann allgemein wie folgt beschrieben werden.

In wolkenlosen, windschwachen Nächten kühlt sich der Erdboden und die darüber liegende bodennahe Luft aufgrund der ungehinderten langwelligigen Ausstrahlung und der abgeschwächten vertikalen Durchmischung der bodennahen Luftschichten verstärkt ab. Es kommt, abhängig von der Flächennutzung, zu sog. Kaltluftbildung unterschiedlicher Intensität (siehe **Tabelle 1**).

Nutzung	Kaltluftproduktionsrate in m ³ /m ² ·h
Grünland, Ackerland	~ 15 - 20
Wald	~ 12 - 15
Gartenbau, Mischflächen	~ 10 – 15
Kleingärten	~ 6
Friedhofflächen	~ 6
Sport-/Freizeitflächen	~ 3 - 6
Wasseroberflächen	0

Tabelle 1: Kaltluftproduktionsraten unterschiedlicher Flächennutzungstypen
(BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013),
ÖKOPLANA 2010)

Während die Kaltluft in reliefiertem Gelände infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes dem Gefälle (Hangneigung > 1 – 2°) folgend abfließt, stagniert Kaltluft in Mulden und ebenem Gelände.

Allein durch den zusätzlichen Bewegungsimpuls über regionale Luftströmungen und / oder durch die Druckdifferenz zwischen warmen Siedlungskörpern (tiefer Luftdruck) und kühlen Freiräumen (hoher Luftdruck), die sog. Flurwinde initiiert, kann sich die Kaltluft in Bewegung setzen.

Flurwindartige Luftaustauschbewegungen vollziehen sich schon bei Lufttemperaturunterschieden von 3 K. Die absolute Temperatur der Luft spielt dabei keine wesentliche Rolle. D.h. ob sich ein Unterschied von 10 K zwischen +30°C und +20°C oder zwischen 10° und 0°C warmer Luft einstellt ist nur wenig relevant. Aus diesem Grund können sich Kaltluftbewegungen und Kaltluftströmungssysteme das gesamte Jahr über in ähnlicher Struktur und in nur leicht variierender Intensität ausbilden (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG 2013).

Die Modifikationen der örtlichen kaltluftspezifischen Belüftungsintensität durch die geplanten Baumaßnahmen im Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ werden mit den nachfolgenden numerischen Modellrechnungen aufgezeigt und bewertet.

5 Numerische Modellrechnungen zur klimaökologischen Bewertung des Bebauungsplanentwurfs A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ bzgl. des Kaltluftprozessgeschehens und der Lufttemperaturverhältnisse

5.1 Kaltluftprozessgeschehen

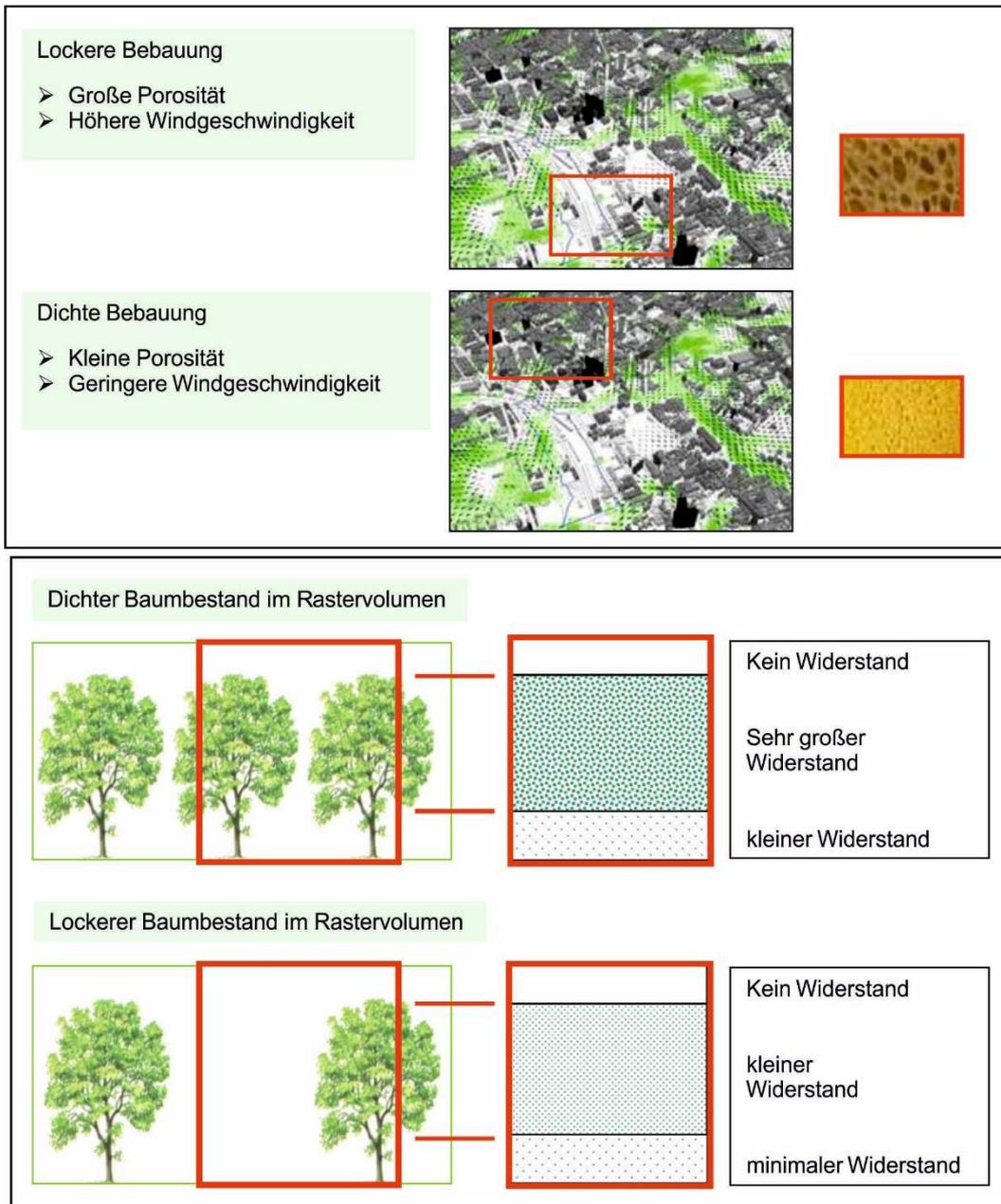
Für das Aufzeigen der Auswirkungen der geplanten Bebauung im Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ auf die lokalen Kaltluftströmungen werden vergleichende Kaltluftsimulationen für den Ist- und Plan-Zustand mit dem Kaltluftströmungsmodell KLAM_21 (siehe Kap. 3) durchgeführt. Vorausgesetzt wird eine siedlungsklimatisch besonders relevante sommerliche Strahlungsnacht mit typischer schwacher nordnordöstlicher Regionalströmung (30°, 1.5 m/sin einer Höhe von 40 m ü.G.).

Das Modell 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 / dichte Bebauung,
- Siedlung / lockere Bebauung,
- Wald / Gehölze,
- Bahnlinie,
- Gewerbegebiete,
- Friedhof,
- unversiegelte Freiflächen (z.B. Wiesen),
- Wasserflächen,
- versiegelte Flächen/Straßen.

Siedlungsgebiete werden als teilweise durchströmbare (poröse) Hindernisse im Modell berücksichtigt (DEUTSCHER WETTERDIENST 2008). Damit gelingt es, die Strömungsverdrängung durch die Baukörper sowie die bremsende Wirkung der Gebäude in Übereinstimmung mit Beobachtungen zu modellieren (siehe **Grafik 4**). Die geplanten Baukörper werden allerdings als undurchströmbare Hindernisse mit ihrer max. festgesetzten Gebäudehöhe definiert.



Grafik 4: Porosität von Bau- und Grünstrukturen
 (AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2016)

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte in $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst eine Gebietsgröße von 2.0 x 2.0 km (4.0 km^2).

Das erforderliche digitale Geländemodell (Auflösung 5 x 5 m-Raster) wurde vom HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt. Die Flächennutzung konnte aktuellen Luftbildern und Ortskartierungen entnommen werden.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen werden für den Zeitpunkt 3 Std. und 6 Std.⁵ nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt. Siedlungsklimatisch ist besonders die Abkühlungsleistung der Kaltluft in der ersten Nachthälfte von Bedeutung, da in der Regel in dieser Phase die Wohnungen vor dem Schlafengehen nochmals gelüftet werden.

5.1.1 Ergebnisse der Modellrechnungen für den Zeitpunkt 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (ca. 23:00 Uhr)

In **Abbildung 13.1** ist für den **Ist-Zustand** die mittlere Fließgeschwindigkeit der lokalen Kaltluft (2 m ü.G.) und ihre Richtung in der Anfangsphase der Kaltluftbildung dargestellt.

In der anfänglichen Kaltluftbildungsphase bilden bei regional vorherrschenden Nordnordostwinden die Landwirtschaftsflächen und Wiesen im Planungsumfeld bedeutsame Kaltluftentstehungsgebiete und Kaltluftbewegungsflächen. In Bodennähe (2 m ü.G.) werden in den Freiräumen typischerweise Kaltluftfließgeschwindigkeiten von ca. 0.2 – 1.0 m/s simuliert. Über dem Planungsgebiet zeigen sich Kaltluftfließgeschwindigkeiten von 0.1 – 0.2 m/s. Im Bereich der Bebauung von Ober-Roden neigt die Kaltluft vermehrt zu Stagnation. Hier macht sich die Barrierewirkung der Bebauung bemerkbar.

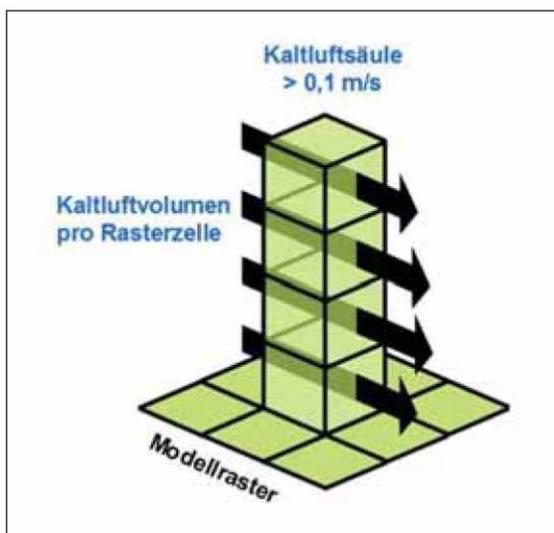
In **Abbildung 13.2** ist mittels einer Ausbreitungssimulation (Tracer) die bevorzugte Ausbreitungsrichtung von Kaltluft aus dem Planungsgebiet dargestellt.

Die nach Südosten weiterfließende Kaltluft überstreicht im Bereich der Ortslage Ober-Roden vor allem die Wohnbebauung östlich der Frankfurter Straße. Anhand der südöstlich des Friedhofs bereits deutlich sinkenden relativen Tracergaskonzentration wird jedoch deutlich, dass die abkühlende Wirkung der Kaltluft in der Bestandsbebauung nur noch gering ist und dort im Wesentlichen die örtliche Flächennutzung die thermische Situation bestimmt.

In **Abbildung 13.3** ist die berechnete Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt.

⁵ Am 01.08. entspricht dies ungefähr den Zeitpunkte 23:00 Uhr und 02:00 Uhr (MEZ)

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 5**).



Grafik 5: Prinzipienskizze Kaltluftvolumenstromdichte (aus: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2016)

Die Berechnungsergebnisse zeigen über dem Planungsareal „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ Kaltluftvolumendichten von ca. 2 – 5 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Derartige Kaltluftvolumenstromdichten werden auch nordwestlich des Rödermarkrings ermittelt. Die kaltluftbedingte Belüftungsintensität am Planungsstandort ist demnach nur mäßig. Innerhalb der Bebauung von Ober-Roden belüftet sich die Kaltluftvolumenstromdichte vermehrt auf ca. 1 – 2 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$. Allein im Bereich breiterer Straßenzüge (Frankfurter Straße, Mainzer Straße), die aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit als bebauungsinterne Belüftungsbahnen fungieren, sind Kaltluftvolumenstromdichten von 5 – 10 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ zu bilanzieren.

Bestimmt man am nordwestlichen Bebauungsrand von Ober-Roden über ein 400 m langes Querprofil A-B (Lage siehe **Abbildung 13.3**) den von Nordwesten nach Südosten fließenden Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich ein Wert von ca. 530 m^3/s . Über das ca. 300 m lange Querprofil B-C fließt ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 706 m^3/s . Als grobe Faustregel gilt, dass die Eindringtiefe von Kaltluft in die Bebauung je 1.000 m^3/s ca. 100 – 200 m beträgt. In strömungsoffenen Bereichen (z.B. strömungsparallele Straßenzüge, Gartenbereiche) kann die Eindringtiefe jedoch auch deutlich größer sein. Laut VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) ist ein Kaltluftvolumenstrom ab etwa 10.000 m^3/s erforderlich, um kleinere Orte vollständig zu durchströmen.

Dementsprechend reichen die Ventilationseffekte und die abkühlende Wirkung der über das Planungsgebiet in die Bebauung vordringenden Kaltluft ca. 100 – 140 m weit nach Südwesten. Danach nimmt die Belüftungs- und Abkühlungswirkung deutlich ab. Dies wird bspw. am Profil D-E ersichtlich. Ca. 100 m südwestlich des Profils A-B hat der klimawirksame Kaltluftvolumenstrom bereits um ca. 25% abgenommen und beläuft sich nur noch auf 398 m³/s.

In den **Abbildungen 14.1** und **14.2** ist für den **Plan-Zustand** die berechnete Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch die bauliche Inanspruchnahme des Planungsgebiets der Kaltluftvolumenstrom abnimmt. Wie anhand der Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand bzgl. der Kaltluftfließgeschwindigkeit (**Abbildung 15**) zu erkennen ist, verringert sich im Luv und Lee der geplanten Bebauung am Rödermarkring durch die Barrierewirkung der Neubebauung die Kaltluftfließgeschwindigkeit, andererseits wird bodennahe Kaltluft an den gebietsrändern labilisiert und damit leicht beschleunigt. Hierdurch verliert sie Teile ihrer Kühlwirkung.

Bestimmt man über das ca. 400 m lange Querprofil A-B-C den in die Ortslage Ober-Roden aus Nordwesten zufließenden Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich ein Wert von ca. 1.104 m³/s (A-B: 493 m³/s; B-C: 611 m³/s). Gegenüber dem Ist-Zustand stellt sich eine relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von ca. -10.7% ein, wobei die relative Abnahme östlich der Frankfurter Straße größer ist als südlich des Alten Seewegs / Am Seewald.

Ca. 100 m südwestlich des Profils A-B-C ist über das Profil D-E-F noch ein Kaltluftvolumenzustrom von ca. 983 m³/s zu bestimmen. Im Vergleich zum Ist-Zustand ist der Kaltluftvolumenstrom um ca. -8.6% geringer. Auch hierbei ist die relative Abnahme östlich der Frankfurter Straße mit -11.2% größer ist als südlich des Alten Seewegs / Am Seewald (-4.0%).

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, dass der Kaltluftzustrom aus Nordwesten (Planungsgebiet) in Richtung Ober-Roden über das geplante Gewerbegebiet nur östlich der Frankfurter Straße zwischen dem Sportplatz des 1. FC Germania 08 e. V. Ober-Roden und Am Kreuz „deutlich“ eingeschränkt wird.

Durch die Siedlungsrandlage und die durchgrünte Wohnbebauung ist hiervon allerdings kein thermisch hoch belasteter Siedlungsbereich von der Minderung der Kaltluftzufuhr betroffen (siehe Kap. 5.2.2).

5.1.2 Ergebnisse der Modellrechnungen für den Zeitpunkt 6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (ca. 02:00 Uhr)

Infolge des weitgehend ebenen Geländes und durch die im Laufe der Nacht zunehmend stabile Luftschichtung neigt die örtlich entstehende sowie die aus nördlichen Richtungen zuströmende Kaltluft im Laufe der zweiten Nachthälfte vermehrt zu Stagnation. Es überwiegen mittlere Kaltluftfließbewegungen von unter 0.2 m/s (**Abbildung 16.1**). Von der über das Planungsgebiet hinwegstreichenden Kaltluft profitiert in Ober-Roden weiterhin vor allem die Wohnbebauung entlang der Frankfurter Straße. Die südöstlich des Friedhofs bereits deutlich abnehmende relative Tracergaskonzentration (**Abbildung 16.2**) weist darauf hin, dass die abkühlende Wirkung der zuströmenden Kaltluft in der Bestandsbebauung auch in der zweiten Nachthälfte gering ist. Östlich der Frankfurter Straße beträgt die Tracergaskonzentration nur noch weniger als 10%.

In **Abbildung 16.3** ist für den **Ist-Zustand** die Kaltluftvolumenstromdichte in der zweiten Nachthälfte dokumentiert. Durch die nachlassende Kaltluftfließgeschwindigkeit ist entlang des Profils A-B-C der Kaltluftvolumenstrom gegenüber der ersten Nachthälfte (**Abbildung 13.3**) von 1.236 m³/s auf 1.106 m³/s (-10.5%) zurückgegangen. Im Bereich des Profils D-E-F beträgt der Rückgang ca. -7.5%.

Mit der geplanten Bebauung nördlich der Kapellenstraße ist auch in der zweiten Nachthälfte mit einer Veränderung des Kaltluftströmungsgeschehens zu rechnen. Wie die **Abbildungen 17.1** und **17.3** zeigen, bleiben die strömungsdynamischen Effekte der geplanten Bebauung aufgrund der geringen Kaltluftfließgeschwindigkeiten im Wesentlichen auf die Planungsgebiete selbst begrenzt. Südlich der Kapellenstraße und östlich der Frankfurter Straße sind in 2 m ü. G. keine Barrierewirkungen mehr zu verzeichnen. Durch den Verlust an örtlichen Kaltluftproduktionsflächen sind über die Profile A-B und B-C (= Siedlungsränder) jedoch weiterhin planungsbedingte Rückgänge an Kaltluftvolumina von ca. -4.8% und -11.3% zu bilanzieren. Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist die Abnahme an Kaltluftvolumen im Bereich der Wohnbebauung südlich des Alten Seewegs / Am Seewald mit nur geringen klimatischen Modifikationen (thermische Verhältnisse – siehe Kap. 5.2.2) verknüpft. Östlich der Frankfurter Straße ist der Kaltluftvolumenstrom zwischen dem Sportplatz des 1. FC Germania 08 e. V. Ober-Roden und Am Kreuz hingegen „deutlich“ reduziert.

Wie in Kap. 5.1 bereits angeführt, ist von der „deutlichen“ Reduktion des örtlichen Kaltluftvolumenstroms aber kein thermisch hoch belasteter Siedlungsbereich (siehe auch Kap. 5.2.2) betroffen.

5.2 Lufttemperaturverhältnisse

Zahlreiche Stadtklimastudien belegen, dass sich tagsüber intensiv aufgeheizte befestigte Areale nach Sonnenuntergang in den Sommermonaten nur verzögert abkühlen. Während über vegetationsbedeckten Bereichen nach Sonnenuntergang die Luft- und Oberflächentemperaturen vergleichsweise rasch sinken, bleiben versiegelte Flächen (Straßen, Parkplätze, Gebäude/Hallen) die ganze Nacht hindurch überwärmt. Durch die bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen nördlich der Kapellenstraße ist sowohl am Tag als auch in der Nacht mit einer örtlichen Veränderung der thermischen Umgebungsbedingungen zu rechnen.

Die nachfolgenden Berechnungen zur Lufttemperatur beziehen sich auf bioklimatisch besonders belastende heiße Sommertage (16:00 Uhr ungefährender Zeitpunkt Tageshöchsttemperatur, siehe **Abbildung 12**) bzw. Tropennächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt bis zu dem in der Regel in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zubett-Gehen nochmals durchgelüftet werden).

Bei den Modellrechnungen wird davon ausgegangen, dass die Erschließungsstrassen im Planungsgebiet asphaltiert und die Erschließungswege und Parkplätze gepflastert sind. Im Sinne eines Worst-Case-Szenarios wird in den einzelnen keine Dachbegrünung berücksichtigt. Es ist noch nicht geklärt, welche Dachaufbauten (z.B. Klima-/Lüftungsanlagen) erforderlich werden und welche Hallen statisch entsprechend ausgelegt sind.

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

5.2.1 Thermische Situation an heißen Sommertagen (16:00 Uhr) mit nördlicher bzw. westnordwestlicher Luftströmung (0° / 300°)

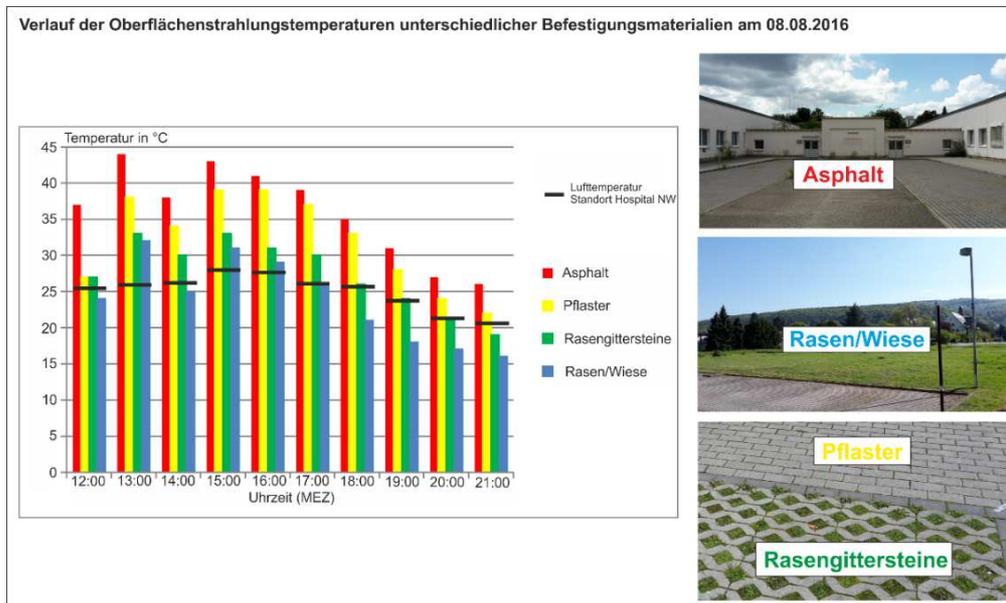
Die **Abbildung 19.1** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 16:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Vorausgesetzt wird eine im Planungsgebiet für Strahlungswetterlagen oftmals typische nördliche Luftströmung (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. Bei einer derartigen Situation befindet sich die Wohnbebauung im Bereich Am Seewald / Thomas-Mann-Straße im Lee der geplanten Bebauung zwischen Kapellenstraße und Rödermarkring.

Bei Lufttemperaturen im Bereich schattenwerfender Gehölzbestände von ca. 32.0 – 32.5°C werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen Lufttemperaturen bis ca. 34.8°C berechnet. Über Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen bis ca. 33.3°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar. Das Planungsgebiet tritt als nur gering bis mäßig überwärmte Freifläche hervor.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 2.8 K gegen 16:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Im **Plan-Zustand (Abbildung 19.2)** bewirken die geplanten Erschließungs- und Stellplatzflächen sowie die Baukörper eine Modifikation der örtlichen Lufttemperaturverhältnisse. Über ihnen werden Lufttemperaturen bis 34.5°C simuliert. Wie IR-Messungen durch ÖKOPLANA am 08.08.2016 in Heidelberg zeigen (GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2017, **Grafik 6**), heizen sich schwarze Asphaltflächen gegenüber Vegetationsflächen (z.B. Wiesen) am Tag intensiv auf. Bei Lufttemperaturen von ca. 26°C werden gegen 13:00 Uhr über Asphaltflächen Oberflächentemperaturen von ca. 44°C gemessen. Über Wiesen sind die Oberflächentemperaturen hingegen auf ca. 32°C begrenzt.

Die Differenzendarstellung zum Ist-Zustand (**Abbildung 20**) belegt, dass sich die planungsbedingten Lufttemperaturveränderungen am Tag weitgehend auf das Planungsgebiet selbst beschränken. Bei vorherrschenden Nordwinden werden im Bebauungsplangebiet Lufttemperaturzunahmen von ca. 0.2 – 1.4 K simuliert. Südlich der Kapellenstraße und östlich der Frankfurter Straße bleiben planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen kleinflächig auf unter 0.5 K begrenzt. Eine deutliche Veränderung der thermischen Umgebungsbedingungen tritt somit im Planungsumfeld nicht ein.



Grafik 6: Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten
(Aufnahme: ÖKOPLANA, AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

Bestimmen am Tag Westnordwestwinde das ortsspezifische Lufttemperaturgeschehen, so befindet sich vermehrt die Wohnbebauung östlich der Frankfurter Straße im Lee des Bebauungsplangebiets „Gewerbegebiet Kapellenstraße“.

Im **Ist-Zustand (Abbildung 21.1)** tritt das unbebaute Planungsgebiet bei den Modellrechnungen wiederum als vergleichsweise kühler Freiraum hervor, während insbesondere größere versiegelte Parkplatz-/Straßenflächen (z.B. Parkplatz des Einkaufsmarktes an der Ecke Kapellenstraße / Frankfurter Straße) thermische Ungunsträume mit ca. 1.5 – 3.0 K höheren Lufttemperaturen darstellen.

Bei potenzieller Realisierung der im Bebauungsplanentwurf festgesetzten Bebauung und den grünordnerischen Maßnahmen (**Plan-Zustand, Abbildungen 21.2 und 22**) ist im Planungsumfeld mit keiner relevanten thermischen Veränderung zu rechnen, da durch den tagsüber recht intensiven vertikalen Luftaustausch die horizontale Verfrachtung warmer Luftpakete deutlich begrenzt ist.

5.2.2 Thermische Situation in Tropennächten (23:00 Uhr) mit nördlicher und westnordwestlicher Luftströmung (0° / 300°)

Die Ergebnisse der nachfolgenden Modellrechnungen beschreiben die nächtlichen Lufttemperaturverteilungen bei vermehrt stabiler Luftschichtung. Bei diesen Verhältnissen ist der vertikale Luftaustausch weitgehend unterbunden und der horizontale Luftaustausch tritt vermehrt hervor.

Bestimmen in den Nachtstunden Nordwinde das örtliche Luftaustauschgeschehen, so befindet sich vermehrt die Wohnbebauung südlich des Alten Seewegs / Am Seewald im Windschatten des Planungsgebiets „Gewerbegebiet Kapellenstraße“.

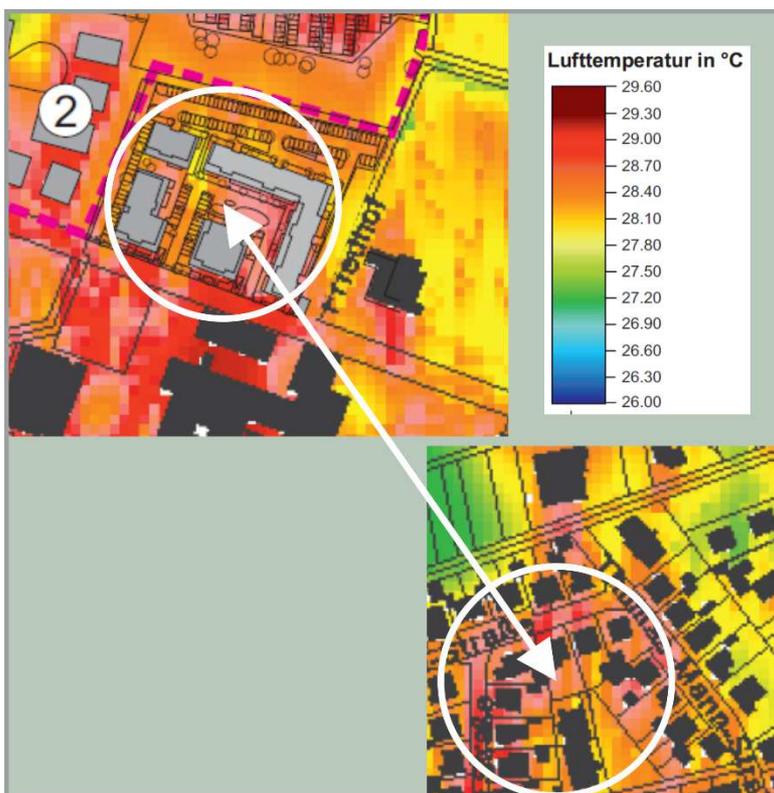
Im **Ist-Zustand (Abbildung 23.1)** bildet das unbebaute Planungsgebiet eine Lufttemperatursenke. Gegenüber der bestehenden Bebauung von Ober-Roden (Bereich Hanauer Straße / Frankfurter Straße) werden gegen 23:00 Uhr um ca. 2 – 3 K niedrigere Lufttemperaturen berechnet. Recht günstige thermische Verhältnisse sind im Wohngebiet südlich des Sportplatzes des 1. FC Germania 08 e.V. Ober-Roden zu bilanzieren. Hier machen sich die lokale Kaltluftzufuhr über das nördlich angrenzende Freiraumgefüge und die Kaltluftentstehung im Bereich der Hausgärten thermisch positiv bemerkbar. Gegenüber der zentralen Ortslage von Ober-Roden sind hier um ca. 1.0 – 1.8 K niedrigere Lufttemperaturen zu erwarten.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 23.2 und 24)** ist im Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ eine Lufttemperaturzunahme um bis über 2.5 K zu verzeichnen. Höchste Lufttemperaturen stellen sich über den neuen Erschließungsstraßen und Stellplatzflächen ein. Mit dem vorherrschenden Nordwind wird die „Warmluft“ aus dem Planungsgebiet über die Kapellenstraße hinweg nach Süden verfrachtet. Im Bereich der Oswald-von-Nell-Breuning-Schule ist daher gegenüber dem Ist-Zustand mit ca. 0.3 – 2.1 K höheren Lufttemperaturen zu rechnen. Da in den Nachtstunden kein Schulbetrieb stattfindet, ist die thermische Zusatzbelastung in diesem Bereich von untergeordneter Bedeutung.

Südlich des Schulgeländes nimmt die planungsbedingte thermische Zusatzbelastung weiter ab, so dass die Wohnbebauung am Alten Seeweg / Am Seewald nur noch in geringem Maße von der „Warmluft“ aus dem Planungsgebiet tangiert wird. Gegenüber dem Ist-Zustand werden entlang der Ludwig-Uhland-Straße nur um ca. 0.1 – 0.4 K höhere Lufttemperaturen simuliert. Das bestehende Lufttemperaturniveau bleibt damit weitgehend bestehen.

Östlich der Frankfurter Straße sind bei vorherrschenden Nordwinden keine bedeutenden Veränderungen im Lufttemperaturfeld zu bestimmen.

Das geplante „Urbane Gebiet Kapellenstraße“ unmittelbar westlich des Friedhofs Ober-Roden ist hingegen von der „Warmluft“ aus dem geplanten Gewerbegebiet Kapellenstraße deutlicher tangiert. Die im Bebauungsplanentwurf A32 gesicherte Grünzone entlang des Gewässergrabens mindert allerdings wirksam die thermische Ungunst der nördlich anschließenden potenziellen Gewerbeflächen, so dass im neuen „Urbanen Gebiet Kapellenstraße“ die nächtlichen Lufttemperaturen den Verhältnissen in der Bestandsbebauung im Bereich der Thomas-Mann-Straße / Heinrich-von-Kleist-Straße entsprechen und somit als ortstypisch einzustufen sind (siehe **Grafik 7**).



Grafik 7: Ausschnitte aus den Abbildungen 23.1 (unten) und 23.2 (oben). Vergleich des ortsspezifischen Lufttemperaturniveaus

Wie in den Kap. 5.1.1 und 5.1.2 bereits erläutert, sind im Planungsgebiet in sommerlichen Strahlungsnächten vermehrt westnordwestliche Luftströmungen zu verzeichnen. Bei derartigen Windverhältnissen befindet sich die Wohnbebauung östlich der Frankfurter Straße im Lee des geplanten Gewerbegebietes Kapellenstraße. Daher wird nachfolgend den Berechnungen eine beispielhafte Situation mit Westnordwestwinden (Windgeschwindigkeit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.) zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für den **Ist-Zustand (Abbildung 25.1)** verdeutlichen nochmals die thermische Gunst des bislang unbebauten Planungsgebiets. Über den Wiesen und Ackerflächen bildet sich in den Nachtstunden Kaltluft, die mit den Westnordwestwinden über den Friedhof Ober-Roden hinweg bis zur Wohnbebauung östlich der Frankfurter Straße verfrachtet wird. Die Lärmschutzanlage entlang der Frankfurter Straße (zwischen Am Kreuz und Am Karnweg) bildet dabei allerdings ein Strömungshindernis.

Mit Realisierung des potenziellen Gewerbegebiets Kapellenstraße (**Plan-Zustand, Abbildungen 25.2 und 26**) gehen große Teile der Kaltluftentstehungsflächen zwischen Kapellenstraße und Rödermarkring verloren. Die geplanten Gewerbeflächen tragen nicht mehr zur örtlichen Kaltluftbildung bei, so dass die Lufttemperatur örtlich um ca. 1.5 – 3.0 K ansteigt. Allein die verbleibenden Grünflächen entlang des zentral gelegenen Gewässergrabens fungieren noch als klimaökologisch wirksame Ausgleichsfläche und Strömungsleitbahn.

Bei vorherrschenden Westnordwestwinden wird die Warmluft aus dem geplanten Gewerbegebiet in Richtung Frankfurter Straße geführt. Der Friedhof Ober-Roden bildet dabei mit seinen Grünflächen einen wirksamen Puffer, so dass im Bereich der Frankfurter Straße (südlich Am Karnweg) der planungsbedingte Lufttemperaturanstieg in den Nachtstunden auf max. 1.2 K begrenzt bleibt. Östlich der Lärmschutzanlage an der Frankfurter Straße beläuft sich der Lufttemperaturanstieg in den dortigen Wohnlagen noch auf max. 0.9 K. Von der Einschränkung der bodennahen Kaltluftzufuhr und geringfügigen Lufttemperaturzunahme ist somit allein eine durchgrünte Wohnbebauung in Siedlungsrandlage betroffen, die nicht als thermisch hoch belasteter Siedlungsbereich einzustufen ist.

6 Zusammenfassung der klimaökologischen Funktionsabläufe, Bewertung und Planungsempfehlungen

Im Norden von Rödermark, Stadtteil Ober-Roden ist zwischen dem Rödermarkring im Nordwesten, der Kapellenstraße im Süden, dem Friedhof Ober-Roden im Südosten bzw. Osten sowie der Frankfurter Straße im Nordosten die Entwicklung eines neuen Gewerbegebiets geplant.

Das weitgehend ebene, ca. 8.8 ha große Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ umfasst im Wesentlichen Landwirtschaftsflächen sowie Wiesen

Im Westen / Nordwesten begrenzt der Rödermarkring das potenzielle Gewerbegebiet. Im Nordosten / Osten schließt die Frankfurter Straße bzw. der Friedhof Ober-Roden an. Im Süden bilden die Kapellenstraße sowie das Bebauungsplangebiet A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“ (Flächengröße ca. 1.1 ha) die Begrenzung.

Im Regionalen Flächennutzungsplan (RegFNP) 2010 der REGION FRANKFURTRHEINMAIN ist das Planungsgebiet größtenteils als sog. Weißfläche ohne planerische Aussage gekennzeichnet. Die angrenzenden Freiflächen im Westen, Norden und Osten sind als Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen (u.a. Kaltluftentstehung) gekennzeichnet. Sie sind Bestandteil des Vorranggebiets Regionaler Grünzug zwischen Ober-Roden, Messenhausen und Urberach.

Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Bebauungsplanentwurf A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ (**Abbildung 6**) vom 17.03.2023 weist die Festsetzung von insgesamt fünf überbaubaren Grundstücksflächen aus. Im Südwesten ist westlich der geplanten Erschließungsstraße ein Baufeld (Kennziffer 1) dargestellt, in welchem eine max. Gebäudehöhe von 18.0 m möglich ist. Bei abweichender Bauweise wird eine GRZ von 0.8 festgesetzt. Die GFZ beläuft sich auf 1.8. Östlich der Erschließungsstraße sind zwei überbaubare Grundstücksflächen vorgesehen (Kennziffer 2). Auf ihnen sind in offener Bauweise (die Gebäude sind mit seitlichem Grenzabstand zu errichten) Gewerbebauten mit einer max. Gebäudehöhe von 13.5 m möglich. Die GRZ beträgt 0.8 und die GFZ 1.8.

Nördlich der o.g. Grundstücksflächen schließen Flächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft an. Sie beinhalten den bestehenden Gewässergraben, der im östlichen Bereich abschnittsweise verlegt und naturnah gestaltet werden soll.

Für die Gewerbegebietsflächen mit der Kennziffer 3 ist keine Bauweise festgesetzt. Die max. möglichen Gebäudehöhen sind mit 14.0 m und 12.0 m angegeben. Es ist hierbei zu beachten, dass das Gelände in diesem Bereich um ca. 1 m aufgeschüttet wird. Die GRZ beträgt 0.8. An Stelle der GFZ wird die BMZ mit 8.0 festgesetzt.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sind mit Hilfe einer Klimaexpertise die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem neuen Planentwurf sich ergebenden kaltspezifischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten. Es wird angestrebt, mit Hilfe geeigneter Festsetzungen zur Gebäudestruktur und zu grünordnerischen Maßnahmen den vom Planungsgebiet ausgehenden Wärmeinseleffekt in seiner Intensität zu minimieren und räumlich eng zu begrenzen.

6.1 Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung

Aus den in Kap. 4 beschriebenen ortsspezifischen Klimaverhältnissen resultiert, dass die im Umfeld bestehenden Funktionen als Luftleit- und Ventilationsbahnen und Kaltluftproduktionsflächen (regionaler Grünzug / Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen) nur in geringem Umfang gestört werden sollten. Zudem ist zu beachten, dass zusätzliche bauliche Versiegelungen nicht zu einer gravierenden thermischen Zusatzbelastung in der benachbarten Bestandsbebauung führen. Die Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen und mikroskaliger Lufttemperatursimulationen dokumentieren, dass in stadtklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten⁶ durch die geplante Bebauung im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) gegenüber dem Ist-Zustand in der angrenzenden Wohnbebauung südlich des Alten Seewegs / Am Seewald nur geringe bis mäßige klimatische Modifikationen (verzögerte und verringerte nächtliche Abkühlung) zu bilanzieren sind.

⁶ Bei derartigen Situation bestimmen im Raum Rödermark zumeist regional angelegte Nordostwinde das übergeordnete Strömungsgeschehen.

Der Kaltluftvolumenstrom nimmt zwischen der Oswald-von-Nell-Breuning-Schule und dem Alten Seeweg / Am Seewald in der ersten Nachthälfte um ca. -7.0% und in der zweiten Nachthälfte um ca. -4.8% ab. Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist erst ab einer Abnahme an Kaltluftvolumen von über 10% mit „deutlichen“ Klimamodifikationen zu rechnen. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen für eine windschwache Tropennacht. Gegenüber dem Ist-Zustand nimmt die Lufttemperatur im Plan-Zustand entlang der Ludwig-Uhland-Straße nur gering um ca. 0.1 – 0.4 K zu. Das ortstypische Klimaniveau bleibt somit südlich des Alten Seewegs / Am Seewald auch bei Realisierung der geplanten Bauvorhaben in den Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ und A31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“ gesichert.

Östlich der Frankfurter Straße ist zwischen dem Sportplatz des 1. FC Germania 08 e. V. Ober-Roden und dem Straßenzug Am Kreuz mit einer planungsbedingten Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von max. 13.5% in der ersten Nachthälfte und von max. 11.3% in der zweiten Nachthälfte zu rechnen. Laut VDI-Richtlinie gehen mit einem Verlust an Kaltluftvolumen von über 10% „deutliche“ Klimamodifikationen einher (Verzögerung und Reduktion der nächtlichen Abkühlung). Im vorliegenden Fall ist allerdings zu berücksichtigen, dass von der Einschränkung der bodennahen Kaltluftzufuhr allein eine durchgrünte Wohnbebauung in Siedlungsrandlage betroffen ist, die nicht als thermisch hoch belasteter Siedlungsbereich einzustufen ist. Dies zeigen die Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen für den Ist-Zustand. Des Weiteren ist bei der klimaökologischen Bewertung des Verlustes an Kaltluftvolumen zu beachten, dass der über das Planungsgebiet zufließende Kaltluftvolumenstrom recht gering ist. In der ersten Nachthälfte beläuft er sich im Ist-Zustand auf ca. 706 m³/s und in der zweiten Nachthälfte auf ca. 627 m³/s. Nach VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) ist ein Kaltluftvolumenstrom von mindestens 10.000 m³/s erforderlich, um kleinere Orte vollständig zu durchströmen. Eine gravierende Beeinträchtigung der nächtlichen Abkühlung in der Bestandsbebauung östlich der Frankfurter Straße ist daher aus den Ergebnissen der Kaltluftströmungssimulationen nicht abzuleiten. Die Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen für die Nachtstunden bestätigen diese Schlussfolgerung. Bei vorherrschenden Westnordwestwinden wird die Warmluft aus dem geplanten Gewerbegebiet zwar in Richtung Frankfurter Straße geführt, der Friedhof Ober-Roden bildet mit seinen Grünflächen aber einen wirksamen Puffer. Im Bereich der Frankfurter Straße (südlich Am Karnweg) bleibt dadurch der planungsbedingte Lufttemperaturanstieg in den Nachtstunden auf max. 1.2 K begrenzt. Östlich der Lärmschutzanlage an der Frankfurter Straße beläuft sich der Lufttemperaturanstieg in den dortigen Wohnlagen noch auf max. 0.9 K. Das bestehende Lufttemperaturniveau wird somit nur geringfügig erhöht.

Am Tag ist bei potenzieller Realisierung der im Bebauungsplanentwurf festgesetzten Bebauung und den grünordnerischen Maßnahmen im Planungsumfeld mit keiner relevanten thermischen Veränderung zu rechnen, da durch den tagsüber recht intensiven vertikalen Luftaustausch die horizontale Verfrachtung warmer Luftpakete deutlich begrenzt ist.

6.2 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 im Planungsentwurf bereits skizzierten klimaökologischen Sicherungsmaßnahmen umzusetzen und mit ergänzenden Planungsempfehlungen zu unterstützen.

Dachbegrünung:

Im Bebauungsplan sind für die Dachflächen zumindest extensive Dachbegrünungen vorzusehen. Sie dienen u.a. der Klimaanpassung. Zusätzliche PV-Anlagen können einen Beitrag zum Klimaschutz (CO_2 -Reduktion) leisten. Sie können in Kombination mit Dachbegrünung realisiert werden. Ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach erhöht die Effizienz von darauf installierten Photovoltaikanlagen (siehe **Foto 1**). Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.



Foto 1: Beispielhafte Darstellung einer extensiven Dachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen auf einer gewerblich genutzten Halle (Fotoaufnahme: ÖKOPLANA)

Dachbegrünungen weisen folgende klimaökologischen Positiveffekte auf:

- Reduzierung der Luftschadstoffbelastung – insbesondere von Feinstaub – durch Erhöhung der schadstoffspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten partikel- und gasförmiger Spurenstoffe. Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Stauaufwirbelung geringer.
- Dämpfung von Extremwerten der Oberflächentemperaturen durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen. An heißen Sommertagen sind begrünte Dächer um ca. 17 – 33 K kühler als unbegrünte Dächer.

Bei intensiv begrünten Dächern werden ca. 62 - 67% der eingestrahlten Energie in latente Wärme umgesetzt. Diese steht dann nicht mehr zur Erwärmung der Umgebungsluft zur Verfügung. Die Lufttemperatur über den Dächern (0.5 m) ist daher um ca. 0.6 – 1.5 K kühler (PFOSER ET AL. 2013).

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

- 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%.

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

Aus klimaökologischer Sicht wären sogenannte Retentions Gründächer zu bevorzugen. Hierbei wird der Ablauf der Dachfläche mit einem Drosselement versehen, wodurch gezielt eine größere Regenmenge auf dem Dach zurückgehalten werden kann, als bei „normalen“ Gründächern (die Dachkonstruktion muss auf die zeitweilige Belastung mit Wasser ausgelegt sein). Das gespeicherte Wasser kann einerseits zur Bewässerung der Dachbegrünung genutzt werden, aber auch zeitlich verzögert im Gebäudeumfeld einer Versickerungsanlage oder der Kanalisation zugeführt werden. Die Zwischenspeicherung des Niederschlagswassers erfolgt in einem separaten Stauraum unterhalb der Begrünung, die entweder intensiv oder extensiv sein kann.

Fassadenbegrünung:

Durch eine Begrünung von Fassadenteilflächen kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der örtlichen Überhitzung an heißen Sommertagen geleistet werden. Begrünte Wände heizen sich weniger auf, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Im Vergleich zu einer unbegrünten Wand können nach PFOSER ET AL. 2013 in ca. 0.6 m Abstand zur Begrünung Lufttemperaturreduktionen bis ca. 1.3 K gemessen werden. Modellrechnungen weisen auf Maximalwerte bis ca. 3.0 K hin. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung.

Zusätzlich reduziert sich durch den Schattenwurf der Vegetation auf die Hauswand und die Luftschicht im Zwischenraum die Wärmeaufnahme des Gebäudes. Somit kann durch Fassadenbegrünung sowohl der thermische Komfort in den angrenzenden Freiräumen, als auch im Gebäudeinneren verbessert werden.

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

Für Fassadenbegrünungen bieten sich zusammenhängende geschlossene Fassadenflächen ab einer Größe von 80 m² an, die nicht durch Fenster-, Tür- oder Toröffnungen gegliedert sind. Dabei können sowohl wandgebundene als auch bodengebundene Begrünungen (Gerüstkletterpflanzen) gewählt werden.

Brandschutzrechtliche Anforderungen sind zu beachten.

Schaffung / Sicherung grüner Freiräume:

Der Bebauungsplanentwurf A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ sieht die naturnahe Neugestaltung des bestehenden Gewässergrabens und die Pflanzung von einheimischen Laubbäumen vor. Damit wird innerhalb des Planungsgebietes eine funktionsfähige Durchlüftungssachse und ein thermisch wirksamer Ausgleichsraum gesichert.

Im Bereich der geplanten Mitarbeiterparkplätze sind zur Schattenbildung und Erhöhung des örtlichen Grünvolumens Baumpflanzungen vorzusehen. Je vier Pkw-Stellplätze sollte ein schattenwerfender Baum gepflanzt werden. Dabei ist auf eine klimaangepasste Artenwahl zu achten.

Alternativ ist an eine Überdachung der Parkplätze zu denken. Diese wären zu begrünen oder mit PV-Anlagen auszustatten (siehe **Foto 2**).

Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tag.

Der zusätzlich kühlende Verdunstungseffekt von Bäumen ist stark abhängig von der Wasserverfügbarkeit. Wird ein Baum in Trockenperioden bewässert, kann er mehr Wasser verdunsten und der Kühleffekt ist größer als bei einem unbewässerten Baum, dem der ausgetrocknete Boden kaum Wasser liefert. Daher kommt es zur Reduktion der Wärmebelastung auch auf die Pflege und eine sorgfältige Vorbereitung der Pflanzgruben an. So kann zum Beispiel durch den Einsatz von Baumrigolen der Wasserhaushalt eines Baumes optimiert werden. In der Rigole kann Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und gespeichert werden, so dass es zu einem späteren Zeitpunkt zur Bewässerung des Baumes eingesetzt werden kann. Vor allem in den ersten Jahren nach der Pflanzung müssen Jungbäume bei anhaltender Trockenheit regelmäßig bewässert werden.

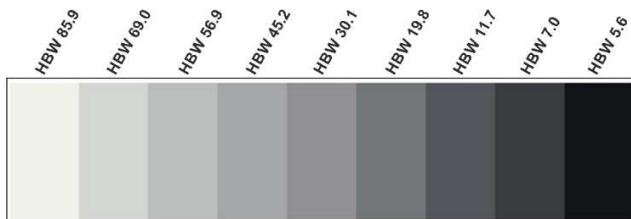


Foto 2: Beispielhafte Darstellung einer Stellplatzüberdachung mit extensiver Dachbegrünung. (Fotoaufnahme: ÖKOPLANA)

In allen Plangebietsteilflächen sollten die Grundstücksfreiflächen als Vegetationsflächen (u.a. mit Bäumen und Sträuchern) angelegt werden.

Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung:

Damit günstige thermische/bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind Pkw-Stellplatzflächen und Fußwege mit möglichst hellen Oberflächenbelägen zu befestigen. Es sollte für Pflasterbeläge ein Hellbezugswert (engl. Albedo)⁷ zwischen ca. 30.0 und 60.0 gewählt werden (siehe **Grafik 8**), um am Tag die Aufheizung des Materials zu begrenzen und in der Nacht die örtliche Abkühlung nicht zu sehr zu verzögern. Bei zu hellen Belägen kann es am Tag zu Blendeffekten kommen.



Grafik 8: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne (aus: <https://www.brillux.de>)

Wie **Grafik 6** (S. 19) zeigt, weisen graue Pflasterbeläge gegenüber schwarzen Asphaltflächen deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf, wodurch in den Abendstunden die nächtliche Abkühlung forciert wird.

Bei Parkplätzen sind Rasengittersteine/Rasenfugenpflaster zu wählen. Die Vorteile geringerer Bodenversiegelungen sind u.a.:

- Reduktion vom Regenwasserabfluss und Wasserspeicherung im Boden,
- erhöhte Verdunstung vom Boden,
- geringere Oberflächentemperaturen

Burst

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

Mannheim, April 2023

⁷ Der Hellbezugswert definiert den Reflexionsgrad eines bestimmten Farbtons. Dabei ist der Reflexionsgrad des Schwarzpunktes = 0 % und der Reflexionsgrad des Weißpunktes = 100 %. Durch den Hellbezugswert wird beschrieben, wie weit der jeweilige Farbton vom Schwarzpunkt entfernt ist.

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- BRUSE, M. (2002/2023):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum/Essen.
- 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.
- CHRISTOFFER, J.; ULBRICHT-EISSING, H. (1989):** Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147. Offenbach a. M.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2008):** Das Kaltluftabfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms. Offenbach a. M.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2016):** Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg – Fortschreibung des Gutachtens von 1995. 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.
- GERICS (2021):** Klimaausblick Landkreis Offenbach und angrenzende Landkreise. Hamburg.
- ÖKOPLANA (2010):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Mannheim.
- 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.
- PLANUNGSBÜRO FISCHER PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT MBH (2022):** Antrag – Zielabweichung zum Regionalplan Südhessen / Regionalen Flächennutzungsplan (RPS/RegFNP 2010). Wettenberg
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

Anhang 1: Beschreibung des Kaltluftströmungsmodells KLAM_21

Allgemeines

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden; dabei fließt in Bodennähe (bzw. bei Wald über dem Kronenraum) gebildete kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m, in Kaltluftammelgebieten, in denen sich die Kaltluft staut, kann die Schicht auf über 100 m anwachsen. Die typische Fließgeschwindigkeit der Kaltluft liegt in der Größenordnung von 1 m/s bis 3 m/s. Die folgenden beiden meteorologischen Bedingungen müssen für die Ausbildung von Kaltluftabflüssen erfüllt sein:

- Wolkenarme Nächte: Durch die aufgrund fehlender Wolken reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre kann die Erdoberfläche kräftig auskühlen.
- Großräumig windschwache Situation: Dadurch kann sich die Tendenz der Kaltluft, an geneigten Flächen abzufließen, gegenüber dem Umgebungswind durchsetzen.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab. Freilandflächen weisen beispielsweise eine hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft, wie in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (VDI, 2003), zusammenfassend beschrieben, eine doppelte Bedeutung. Zum einen kann Kaltluft nachts für Belüftung und damit für eine Abkühlung in thermisch belasteten Siedlungsgebieten sorgen, zum anderen sorgt Kaltluft, die aus emissionsfreien Gebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Vom Standpunkt der Regional- und Stadtplanung her ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können. Als Hilfsmittel ist das nachfolgend beschriebene Modell KLAM_21 erstellt worden (DEUTSCHER WETTERDIENST 2008).

Modellbeschreibung KLAM_21

Das Modell KLAM_21, Vers. 2.012 (Modellentwickler: DEUTSCHER WETTERDIENST) ist ein 2-dimensionales Kaltluftabflussmodell. Das Modell berechnet auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (z.B. 5 x 5 m Raster) und der Flächennutzung die nächtliche Dynamik von Kaltluftbewegungen. Laut DWD (2005) hat sich das Modell in einer Vielzahl von Klimagutachten bewährt. KLAM_21 simuliert u.a. die zeitliche Entwicklung von:

- Kaltluftfließgeschwindigkeiten
- Kaltluftfließrichtungen
- Kaltluftmächtigkeiten
- Kaltluftvolumenströmen

Das Modell geht davon aus, dass die Atmosphäre in ihrem unteren Bereich in zwei Schichten untergliedert werden kann. In einer sogenannten Oberschicht wird ein adiabatisches und hydrostatisches Gleichgewicht angenommen. Die als Kaltluftschicht bezeichnete Unterschicht hingegen kann vertikale Temperaturverteilungen aufweisen, die vom adiabatischen Gleichgewicht abweichen. In ihr ist die Schwerkraft deshalb nicht völlig ausbalanciert, sodass Dichteunterschiede einen Antrieb bewirken. Die so verursachten Luftbewegungen bedingen, dass die Unterschicht eine veränderliche Dicke besitzen muss. Ursache für die vertikalen Temperaturverteilungen ist der Wärmeverlust der Atmosphäre. Dieser Wärmeverlust wird im Modell durch eine in Abhängigkeit von der Flächennutzung vorgebbare Kälteproduktion dargestellt bzw. erzeugt. Sie besitzt die Dimension einer Energiestromdichte (J/m^2) und wirkt auf die Unterschicht, deren Dicke und Intensität infolgedessen mit der Zeit zunehmen.

Die Abkühlung von unten her führt in der Realität zu typischen nächtlichen Vertikalprofilen der Lufttemperatur. Da KLAM_21 als zweidimensionales Modell nur eine einzige Kaltluftschicht kennt, wird die Temperaturänderung mit der Höhe innerhalb dieser Schicht durch ein universelles Temperaturprofil beschrieben, das auf Kenntnissen aus empirischen Studien beruht und auf die jeweilige Situation (Kälteinhalt und Dicke der Kaltluft) an den Punkten im Rechengitter angewandt wird.

Vergleichbar wird bei der Berechnung der Fließgeschwindigkeiten der Kaltluft verfahren. Hier werden durch Anwendung eines universellen Geschwindigkeitsprofils Aussagen über Windgeschwindigkeiten in unterschiedlicher Höhe möglich. Am Strömungsgeschehen ist jedoch nicht die gesamte Abkühlungsschicht beteiligt, sondern nur eine sogenannte Strömungsschicht, deren Mächtigkeit als effektive Kaltluflhöhe bezeichnet wird.

Die effektive Kaltluflthöhe beträgt bei KLAM_21 immer $5/12$ der Höhe der gesamten Abkühlungsschicht. Das universelle Geschwindigkeitsprofil legt die Höhe des Geschwindigkeitsmaximums auf ein Viertel der Höhe der Strömungsschicht. Dies entspricht ebenfalls den Ergebnissen aus zahlreichen Feldstudien.

Die Luftbewegungen in der Kaltluftschicht werden berechnet, indem eine vereinfachte Bewegungsgleichung gelöst wird. Diese Bewegungsgleichung enthält alle Teilkräfte, die am Prozess wesentlich beteiligt sind. Dies sind die Schwerkraft als beschleunigende Kraft sowie als Bremskräfte die Bodenreibung, der angenommene Regionalwind und der horizontale Impulsaustausch.

Die Art der Behandlung der Bodenreibung hängt davon ab, ob im Rechengebiet explizite Hindernisse modelliert werden oder nicht und wie sich die Höhe dieser Hindernisse zur Kaltluflthöhe verhält. Falls die Höhe der Einzelhindernisse über der Höhe des Geschwindigkeitsmaximums liegt, wird eine zusätzliche Volumenreibung modelliert. Liegt das Geschwindigkeitsmaximum oberhalb der Hindernishöhe so wird der Hinderniseinfluss über einen pauschalen Zuschlag zur Bodenrauigkeit berücksichtigt.

Auch der Regionalwind wirkt auf die Luftströmungen, indem er eine Schubkraft auf die Kaltluftschicht ausübt. Diese Kraft greift an der Oberfläche der Kaltluftschicht an. Als Basishöhe wird für den Regionalwind 40 m über der maximalen Orographiehöhe im Modellgebiet gesetzt.

Mit einer zweiten zentralen Gleichung wird der sogenannte „Kälteinhalt“ bzw. die Energiebilanz der Kaltluftschicht berechnet. Dieser Kälteinhalt geht zum einen auf die Kälteproduktion am Standort selber sowie auf advektiven Kälte transport durch die Kaltluftbewegungen zurück.

Für eine Simulation mit KLAM_21 müssen ein digitales Geländemodell und ein Landnutzungsdatensatz in vorgegebenen Formaten und mit den KLAM-eigenen Landnutzungsklassen bereitgestellt werden. Der eigentliche Modelllauf wird über eine Datei gesteuert, in der unter anderem die folgenden Punkte vorgegeben werden müssen:

- Geometrie des Rechengitters:
- Spaltenanzahl und Zeilenanzahl
- Horizontale Gitterauflösung (in m)
- Koordinaten der Eckpunkte
- Zeitliche Steuerung des Modelllaufs:
- Gesamte Simulationsdauer (in Sekunden)

- Ggf. fester Zeitschritt (in Sekunden)
- Stärke und Richtung des Regionalwindes (in m/s und Grad)
- Bezugshöhe für das zusätzliche Strömungsfeld (Höhe z)

Anhang 2: Beschreibung des Klimamodells ENVI-met

ENVI-met ist ein vielfach geprüftes und seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetztes Klimamodell. Die physikalischen Grundlagen basieren auf der Thermodynamik, den Dynamiken der Atmosphäre und den Gesetzen der Strömungsmechanik. Es dient dazu, die Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, urbaner Umgebung und Vegetation sowie der Atmosphäre zu simulieren, wobei städtische Struktureigenschaften wie zum Beispiel die Gebäudedimensionen oder Vegetationseigenschaften berücksichtigt werden.

Die räumliche Auflösung bewegt sich typischerweise, je nach Gebietsgröße, zwischen 0.5 - 10 m. Zeitlich berechnet ENVI-met die Ergebnisse im Untersuchungsgebiet für mindestens 24 Stunden oder länger.

Die physikalischen Gleichungen umfassen, basierend auf den städtischen Strukturen, die Verteilung der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, verschiedene Strahlungsflüsse sowie Turbulenzen, die das Kleinklima prägen. Auch die Wechselwirkung zwischen Vegetation und der Atmosphäre wird berechnet, die sich unter anderem aus dem Wasserdampfaustausch, der Wasseraufnahme über Wurzeln und der Veränderung der Blatttemperatur im Tagesverlauf ergibt.

Die Ergebnisse des Modells eignen sich insbesondere, um Unterschiede in der räumlichen Verteilung der thermischen Belastung abzubilden.

Abb. 1 Lage des Bebauungsplangebiets A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ im Stadtgebiet von Rödermark



 Lage des Planungsgebiets

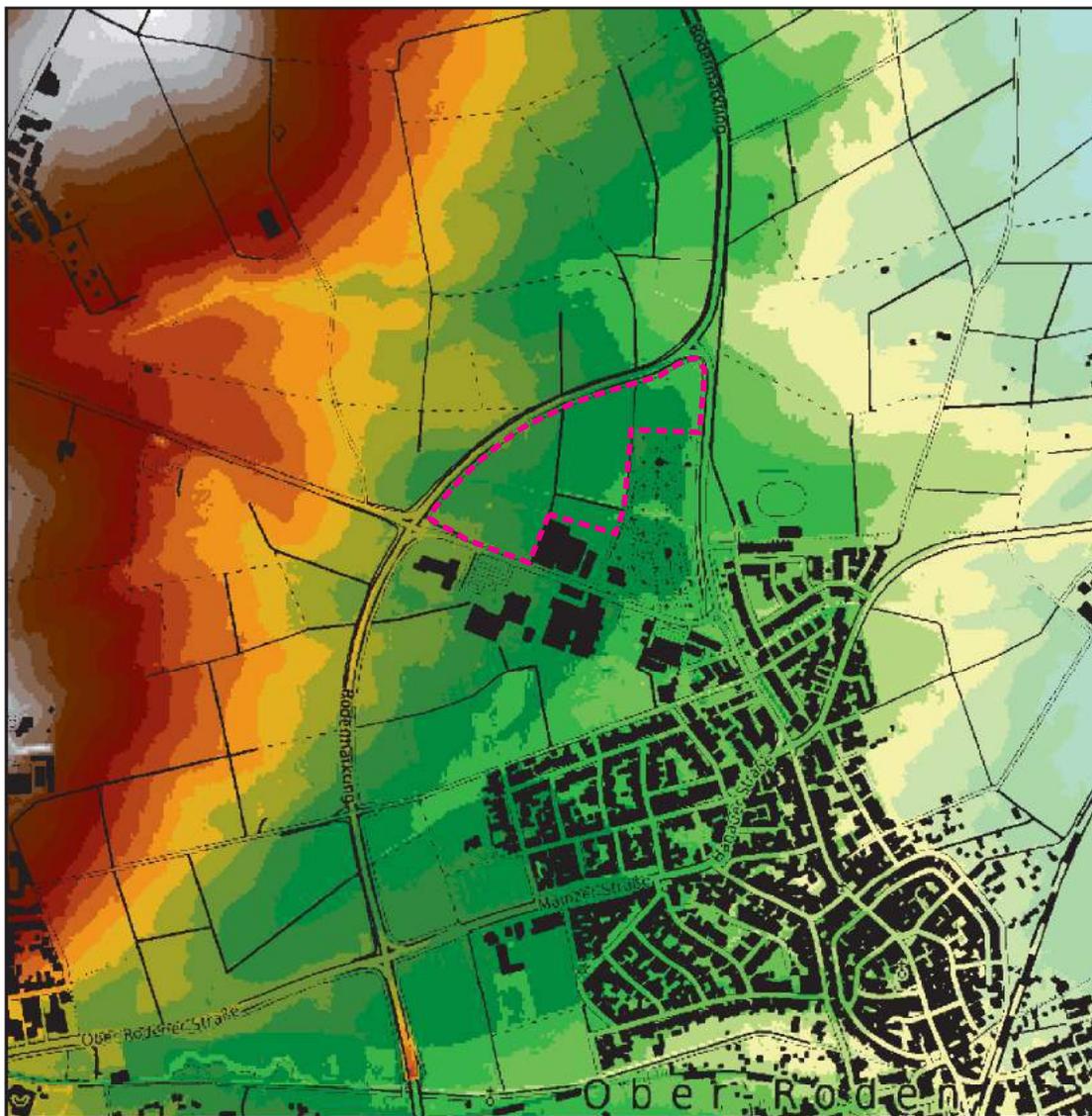
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



M.:
0 250 1000 m

Abb. 2 Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“



 Lage des Planungsgebiets

Geländehöhe in m ü. NHN

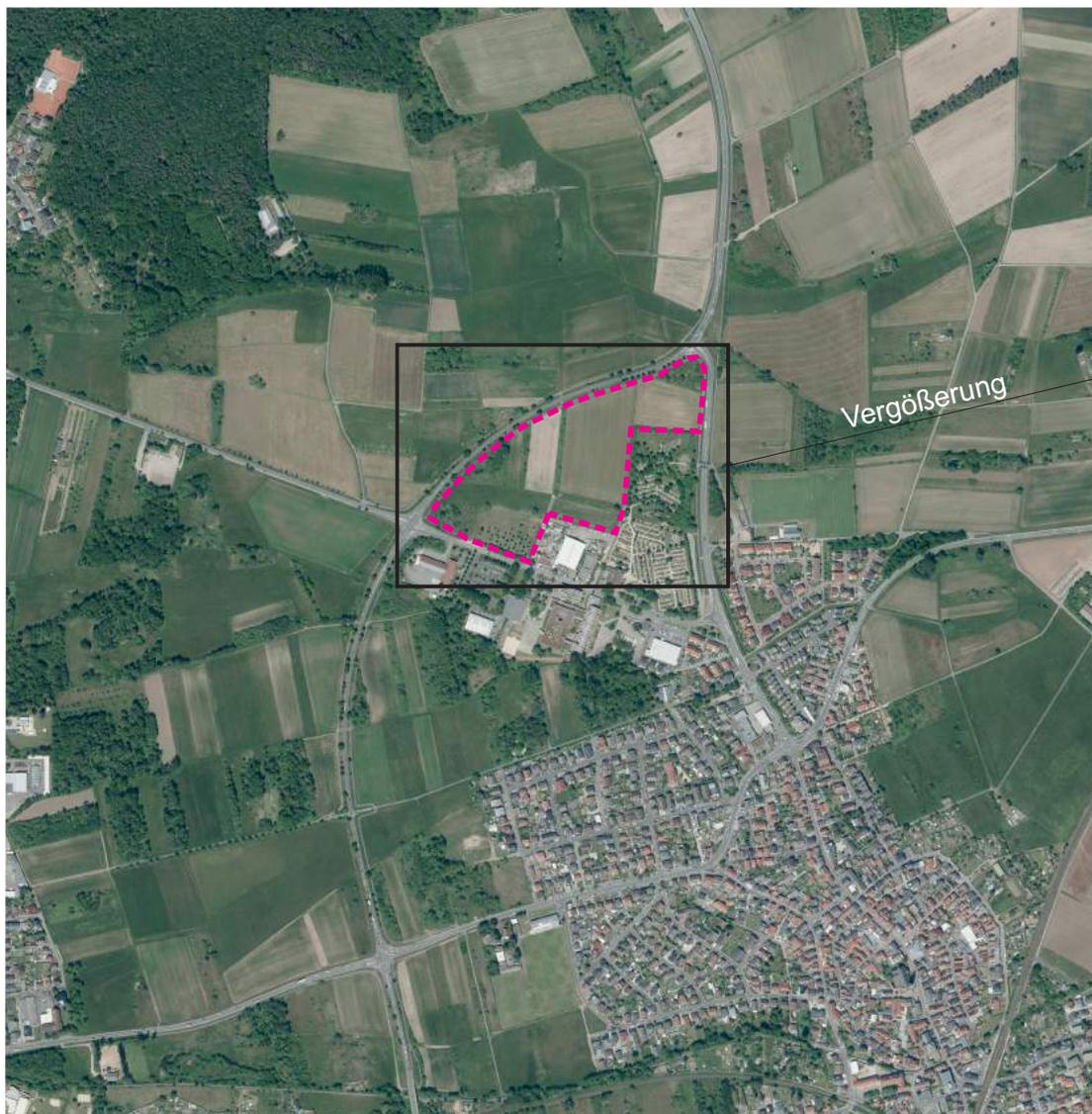
 135 - 136	 150,1 - 151
 136,1 - 137	 151,1 - 152
 137,1 - 138	 152,1 - 153
 138,1 - 139	 153,1 - 154
 139,1 - 140	 154,1 - 155
 140,1 - 141	 155,1 - 156
 141,1 - 142	 156,1 - 157
 142,1 - 143	 157,1 - 158
 143,1 - 144	 158,1 - 159
 144,1 - 145	 159,1 - 160
 145,1 - 146	 160,1 - 161
 146,1 - 147	 161,1 - 162
 147,1 - 148	 162,1 - 163
 148,1 - 149	 163,1 - 164
 149,1 - 150	 164,1 - 165

Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)
DGM_5: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

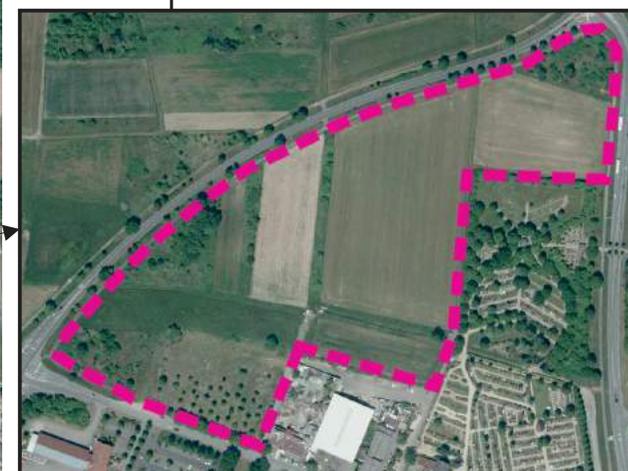
Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 3 Luftbild vom Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ und von dessen Umfeld



 Lage des Planungsgebiets



Luftbild: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation



Datenlizenz: Deutschland - Namensnennung - Version 2.0

Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



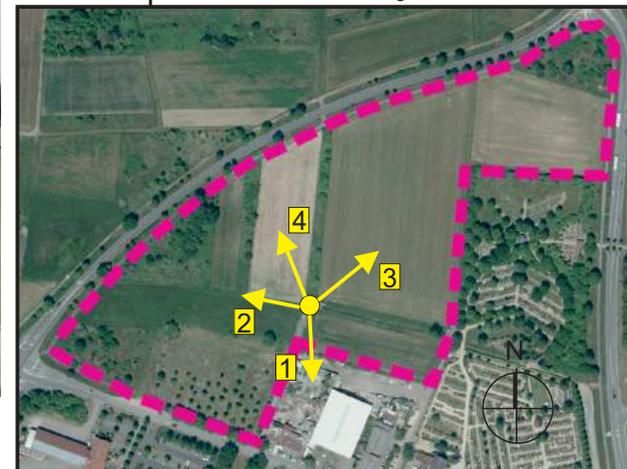
M.:
0 100 400 m

Abb. 4 Fotoaufnahmen vom Bebauungsplangebiet A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ und von dessen Umfeld



 Lage des Planungsgebiets

Standort und Blickrichtung bei den Fotoaufnahmen



Luftbild: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

 OPEN DATA

Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0

Fotos: ÖKOPLANA

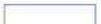
Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Abb. 5 Ausschnitt aus dem Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010



 Lage des Planungsgebiets

Natur und Landschaft

-  Vorranggebiet für Natur und Landschaft
-  Vorbehaltsgebiet für Natur und Landschaft
-  Ökologisch bedeutsame Flächennutzung mit Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
-  Vorranggebiet für Regionalparkkorridor
-  Vorranggebiet Regionaler Grünzug
-  Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen
-  Still- und Fließgewässer
-  Vorranggebiet für vorbeugenden Hochwasserschutz
-  Vorbehaltsgebiet für vorbeugenden Hochwasserschutz

Luftbild: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation



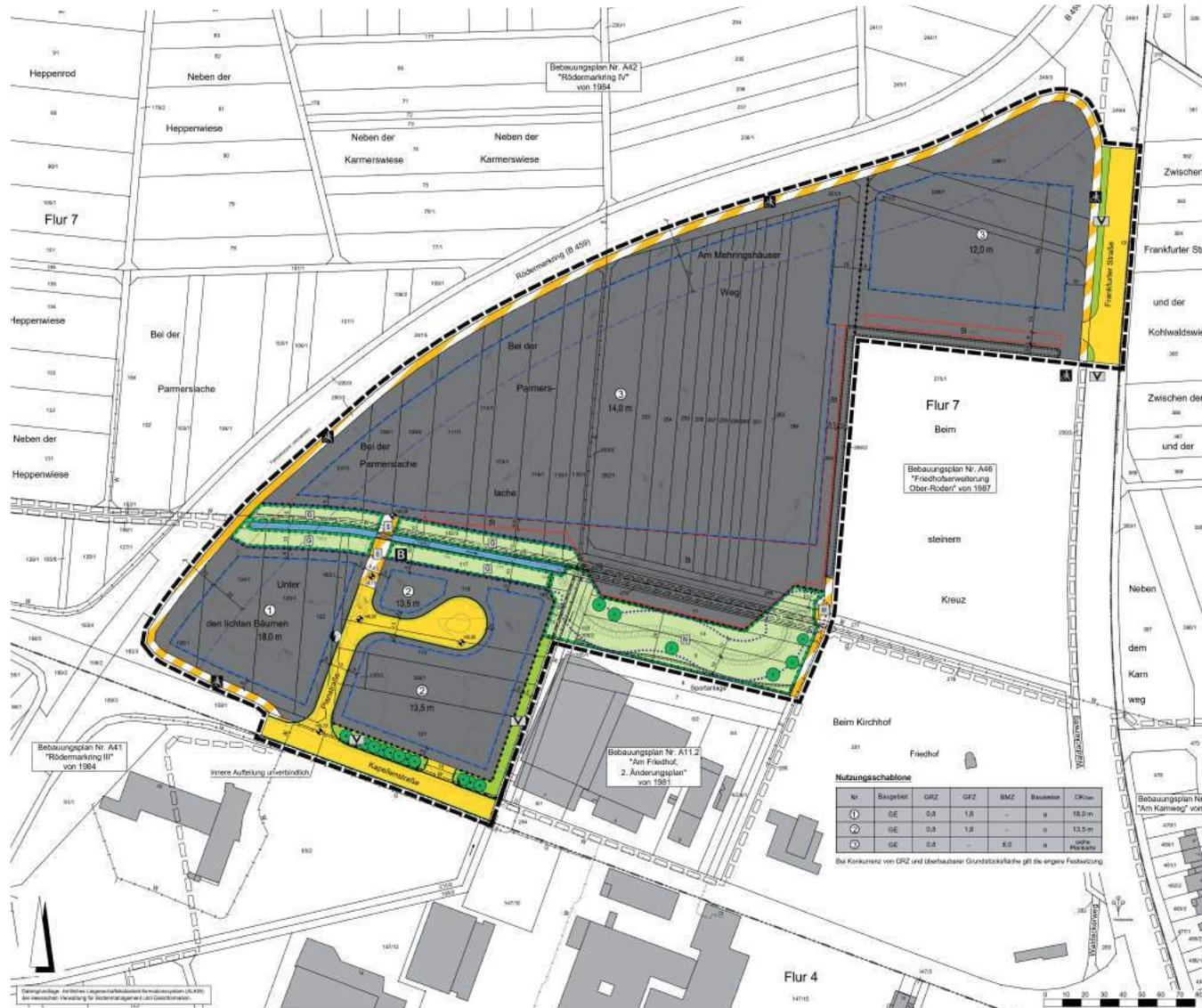
Datenlizenz: Deutschland - Namensnennung - Version 2.0

Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 6 Bebauungsplanentwurf A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“, Stand 17.03.2023



Art der baulichen Nutzung

GE Gewerbegebiet

Maß der baulichen Nutzung

GRZ Grundflächenzahl

GFZ Geschossflächenzahl

Höhe baulicher Anlagen als Höchstmaß in m über Bezugspunkt, hier:

OKGeb. Oberkante Gebäude

Bauweise, Baulinien, Baugrenzen

o offene Bauweise

a abweichende Bauweise

Baugrenze

überbaubare Grundstücksfläche
nicht überbaubare Grundstücksfläche

Verkehrsflächen

Straßenverkehrsflächen

Straßenbegrenzungslinie

Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, hier:

Grünflächen

Öffentliche Grünflächen; Zweckbestimmung:

- V Verkehrsbegleitgrün
- Anpflanzung von Laubbäumen
- Anpflanzung von Obstbäumen
- Erhalt von Laubbäumen

Grafik: Planungsbüro Fischer

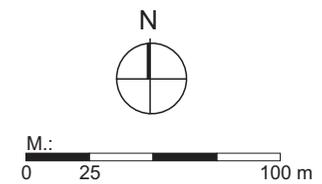
Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Abb. 7.1 Lageplan - Planungsentwurf für die geplante Bebauung im „Gewerbegebiet Kapellenstraße“

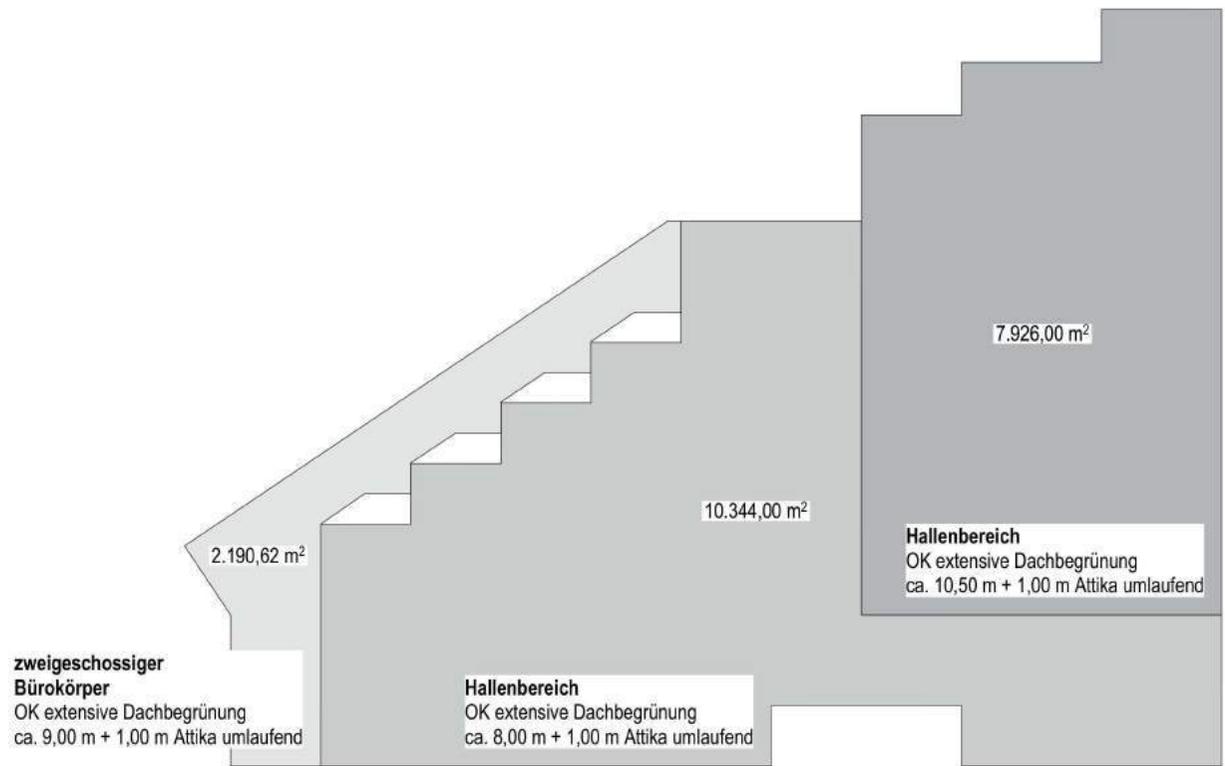


Grafik bereitgestellt von:
HLG Hessische Landgesellschaft mbH

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



**Abb. 7.2 Schema der Kubatur mit Gebäudehöhen -
Planungsentwurf für die geplante Bebauung im „Gewerbegebiet Kapellenstraße“**



Höhenschema 1:1000

Grafik bereitgestellt von:
HLG Hessische Landgesellschaft mbH

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Schema Kubatur
Stand: 230221

Schmoll Maschinen GmbH
Odenwaldstraße 67
63322 Rödermark



Wolfgang Ott Dipl.-Ing. Architekt BDA
Katharinenstraße 14
61476 Kronberg

06173 952227
www.ott-line.de

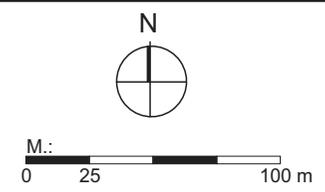
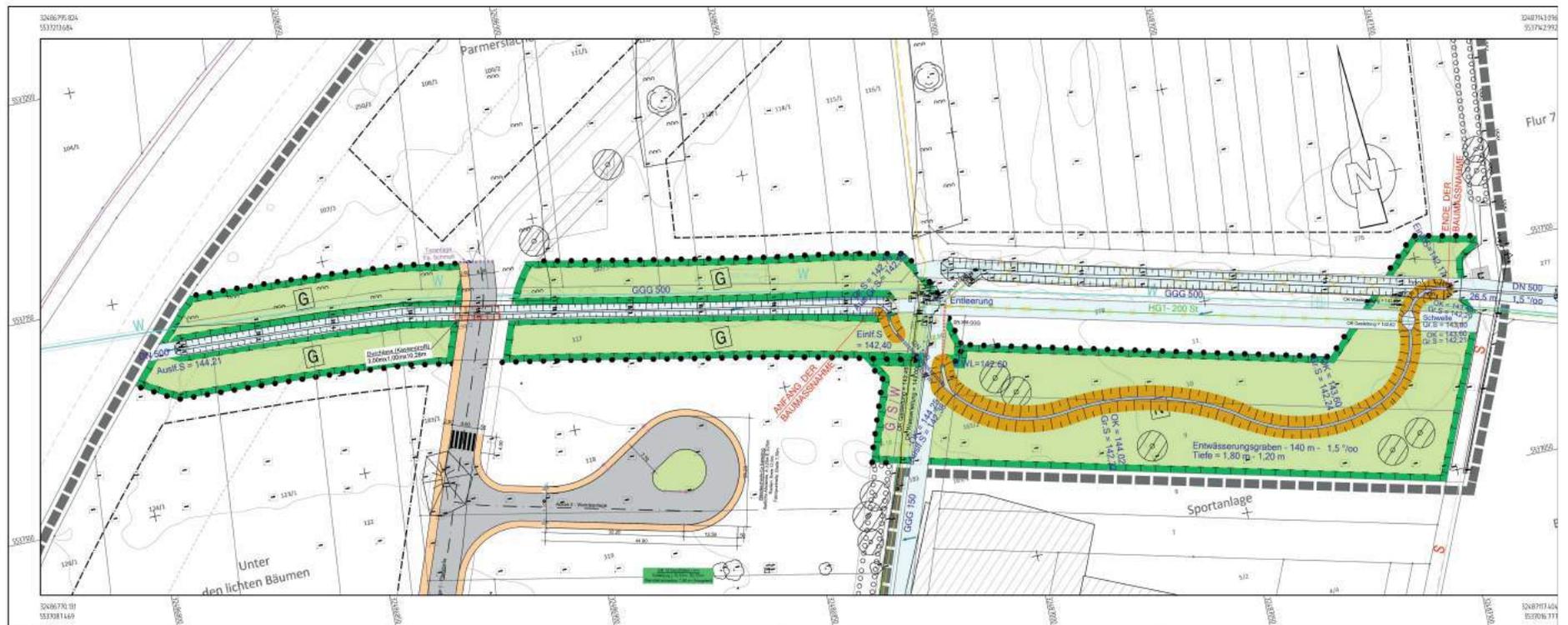


Abb. 8 Lageplan Grabenverlegung, Stand: 10/2022



geplant	vorhanden	
		Strom Mittel- und Hochspannung (E-Netz)
		Wasserleitung (ZVG)
		Steuerkabel (ZVG)
		Gasleitung (E-Netz)
		Steuerkabel (E-Netz)

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Grafik bereitgestellt von:
HLG Hessische Landgesellschaft mbH

Abb. 9 Potenziell mögliche Bebauung im südlichen Teilbereich des geplanten „Gewerbegebiets Kappellenstraße“

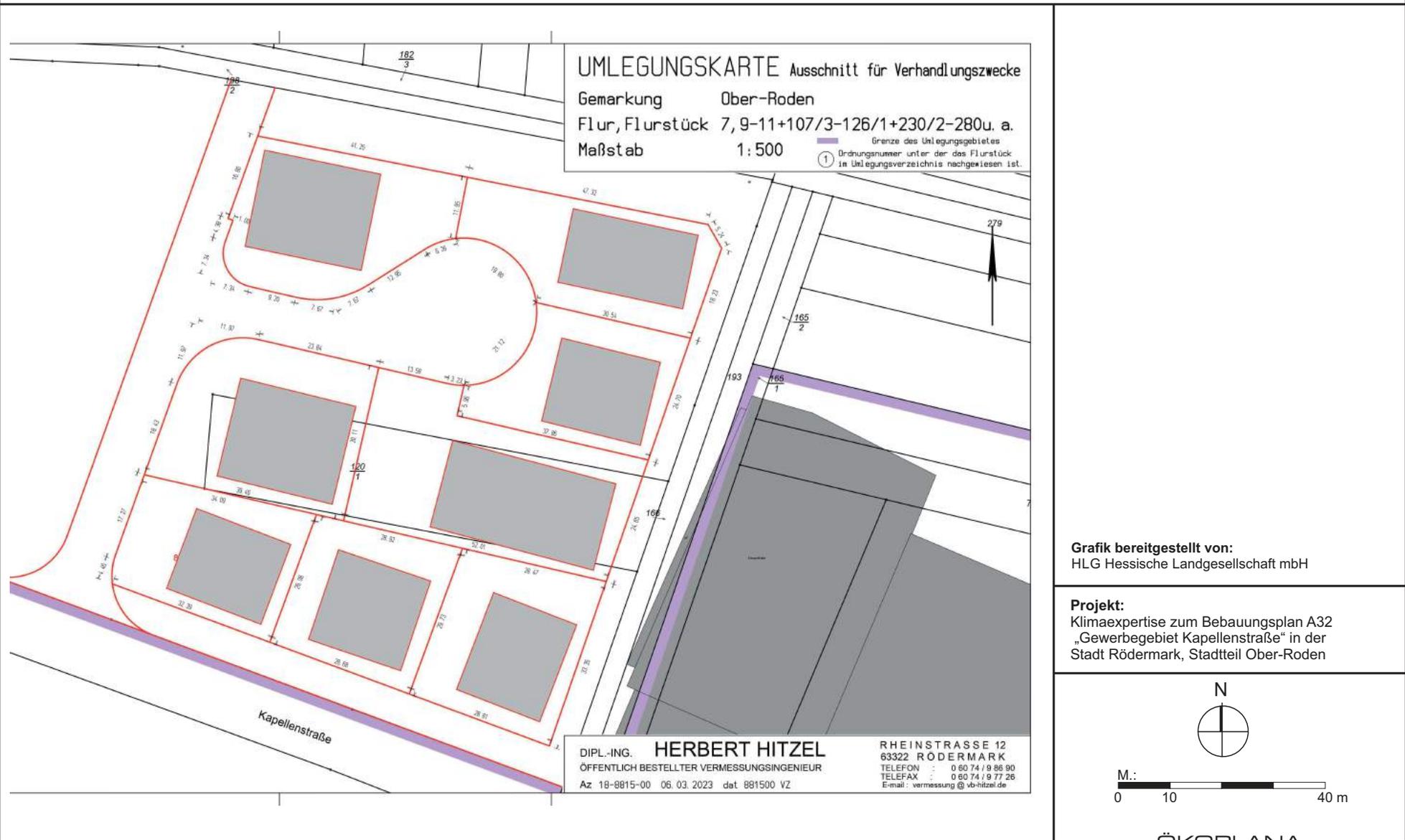
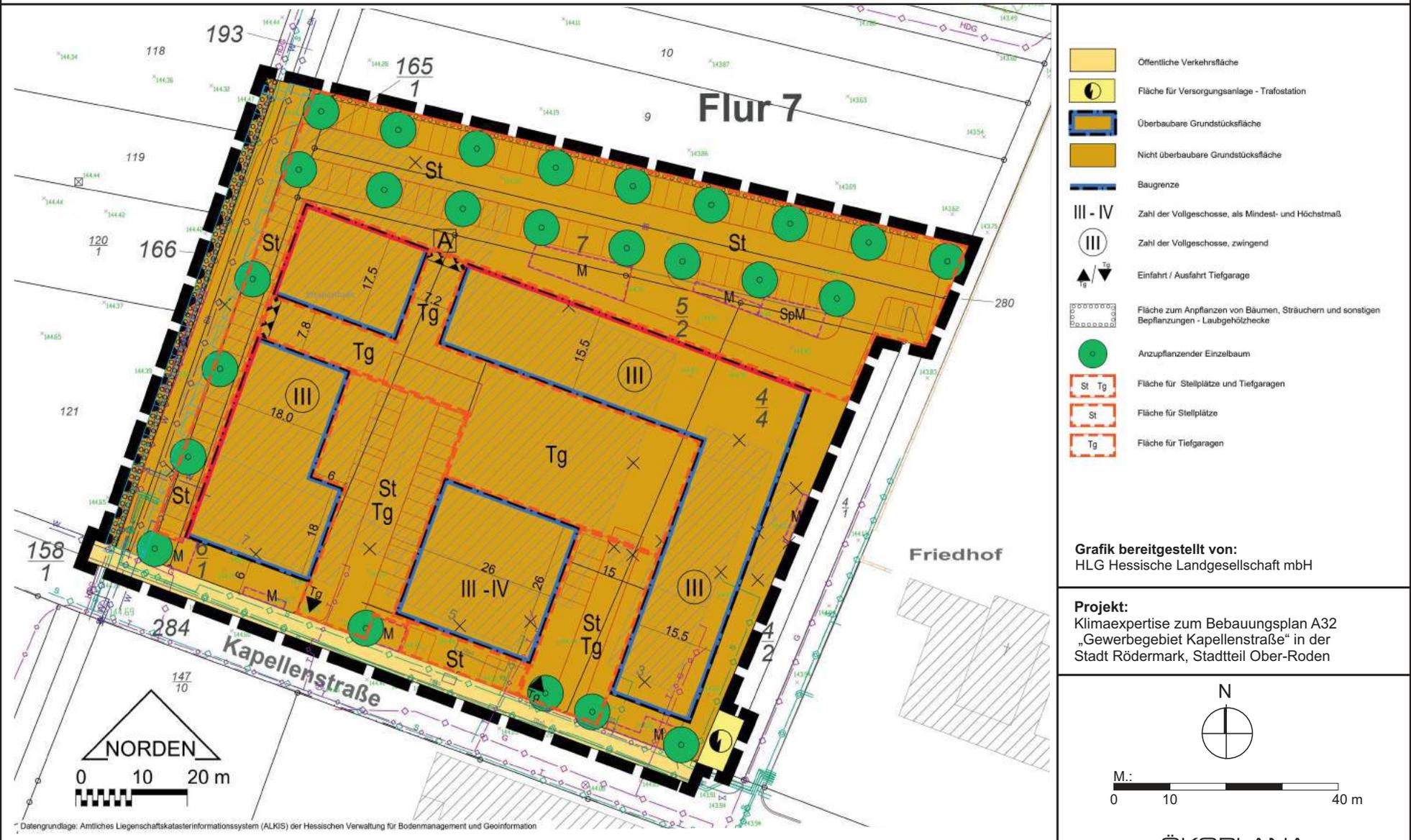


Abb. 10.1 Vorhabenbezogener Bebauungsplan A 31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“



* Datengrundlage: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

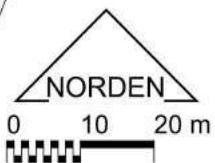
Abb. 10.2 Vorhaben- und Erschließungsplan A 31.1 „Urbanes Gebiet Kapellenstraße“

Grafik bereitgestellt von:
HLG Hessische Landgesellschaft mbH



-  Private Verkehrsflächen
-  Wege
-  Aus- / Einfahrten Tiefgarage
-  Dachaufsicht Gebäude mit Dachbegrünung und Dachterrasse
-  Dachaufsicht Gebäude mit Dachbegrünung und Photovoltaikanlage
-  Lärmschutzwand
-  Quartiersplatz mit Spielfläche, Kunst- und Kulturfächen
-  Terrassen, Balkone, Wintergärten
-  Stellplätze Kfz
-  Stellplätze Kfz - Behindertenstellplatz
-  Fahrradabstellplätze
-  Müllbereitstellungsfläche
-  Müllstandplatz / Müllstandplatz, begrünt
-  Sperrmüllsammelplatz, begrünt
-  geplante Einzelbaumpflanzungen
-  geplante Gehölzpflanzungen
-  Fläche für Trafostation
-  Grenze des räumlichen Geltungsbereiches des Vorhaben- und Erschließungsplanes

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



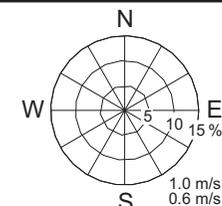
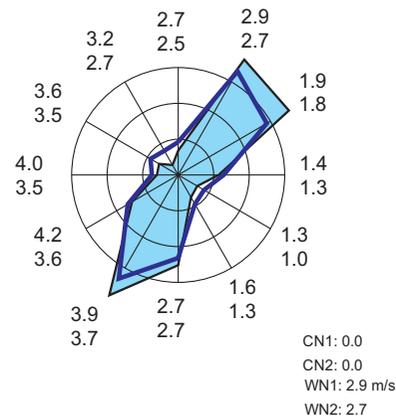
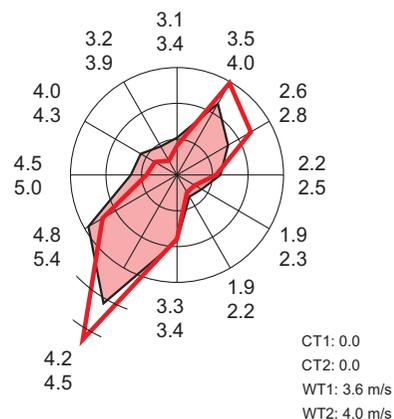
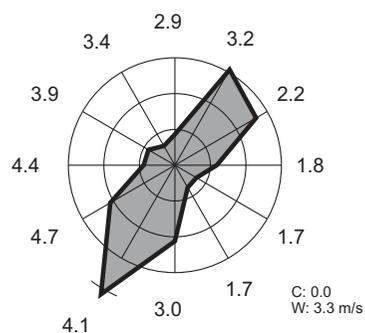
Datengrundlage: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Freiflächenplan angepasst, Quelle:

E&P LEBENSQUALITÄT, UMWELT, PLANUNG UND ANALYTIK
LEBENSQUALITÄT, UMWELT, PLANUNG UND ANALYTIK
MÄRKISCHE STRASSE 13 • 63073 FRIEDRICHSDORF
TELEFON 069 8584411 • FAX 069 85844444



Abb. 11 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeiten am DWD Messstandort Frankfurt-Flughafen Zeitraum: 2010 - 2021



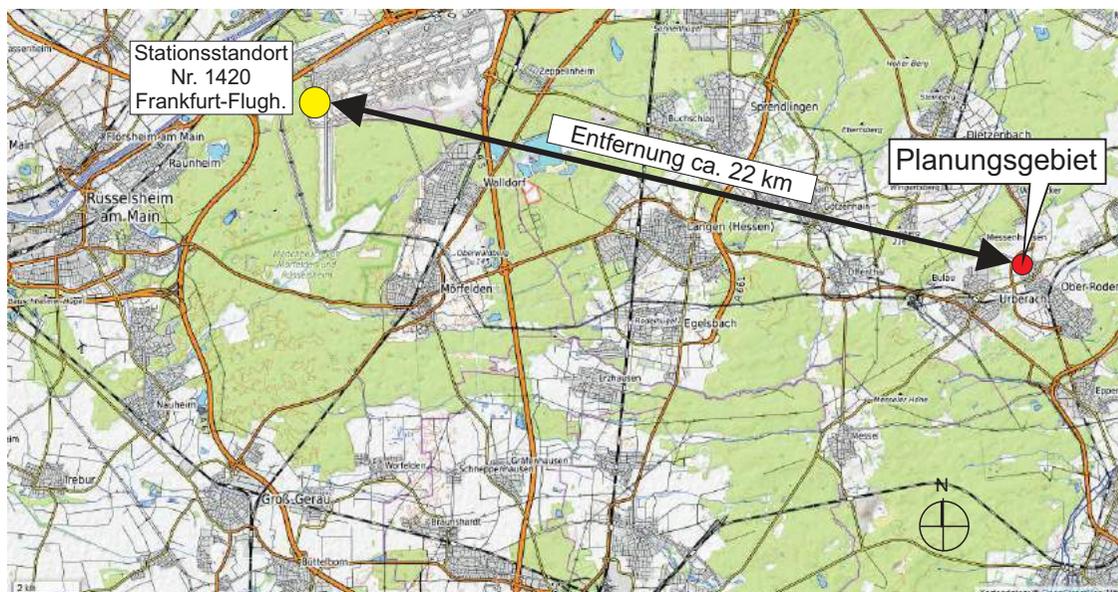
▲ 00-23 Uhr
C: Windstillen
W: mittlere Windgeschwindigkeit

▲ 06-12 Uhr
▲ 13-19 Uhr

CT: Windstillen
WT: mittlere Windgeschwindigkeit

▲ 20-23 Uhr
▲ 00-05 Uhr

CN: Windstillen
WN: mittlere Windgeschwindigkeit

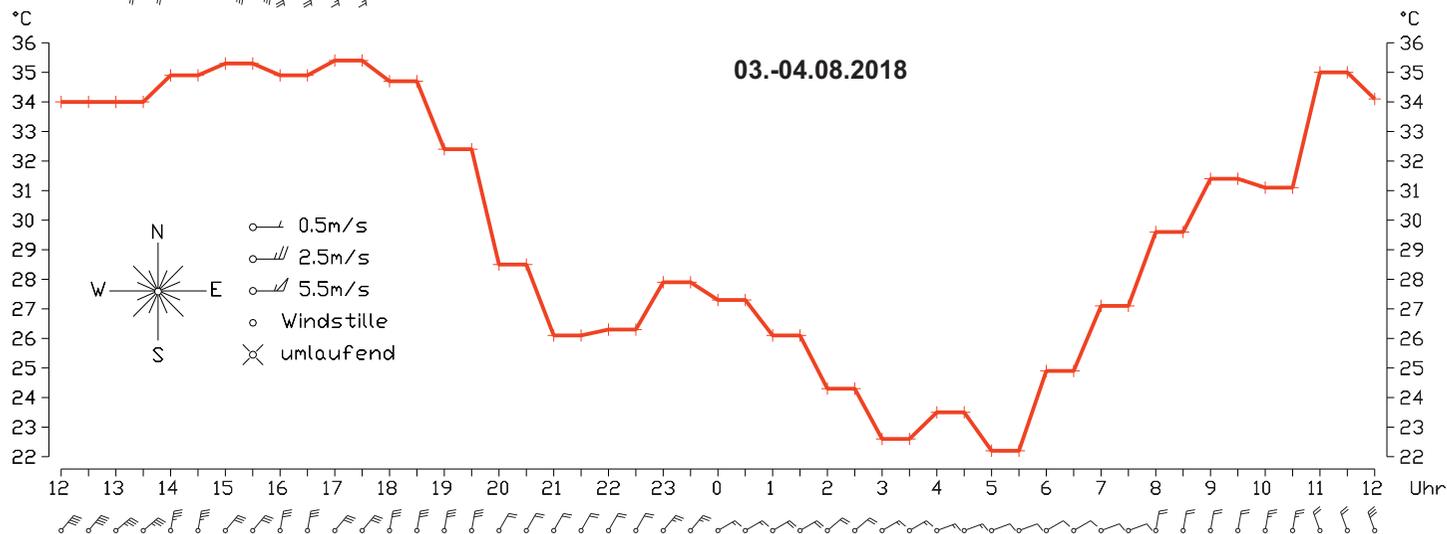
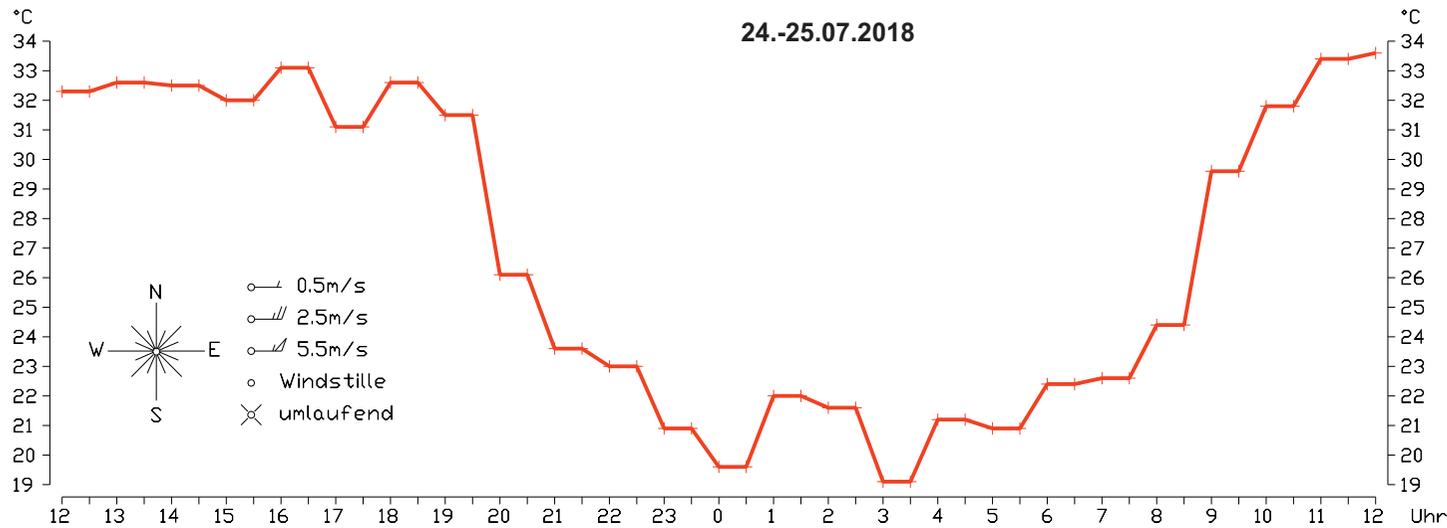


Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Datenquelle:
DWD
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

**ABB. 12 Typische Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes an heißen Sommertagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
DWD-Station Frankfurt-Flughafen**



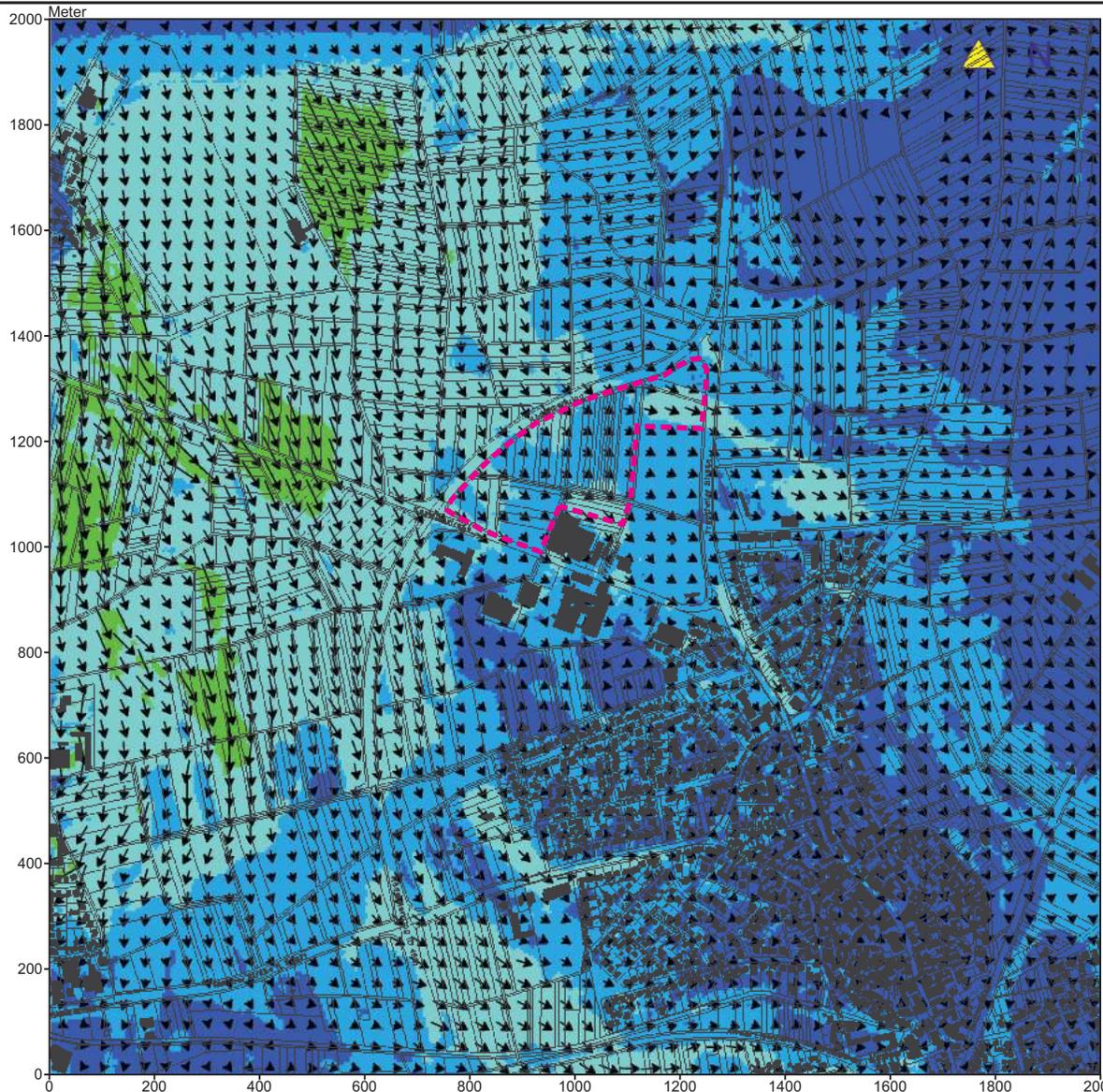
Datenquelle:



Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
„Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

Abb. 13.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

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

 **Windvektoren**



DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



**Abb. 13.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.**



 Lage des Planungsgebiets

Relative Tracergaskonzentration

-  ≤ 0.01%
-  ≤ 0.02%
-  ≤ 0.05%
-  ≤ 0.10%
-  ≤ 0.20%
-  ≤ 0.50%
-  ≤ 1.00%
-  ≤ 2.00%
-  ≤ 5.00%
-  ≤ 10.00%
-  ≤ 20.00%
-  ≤ 50.00%
-  > 50.00%

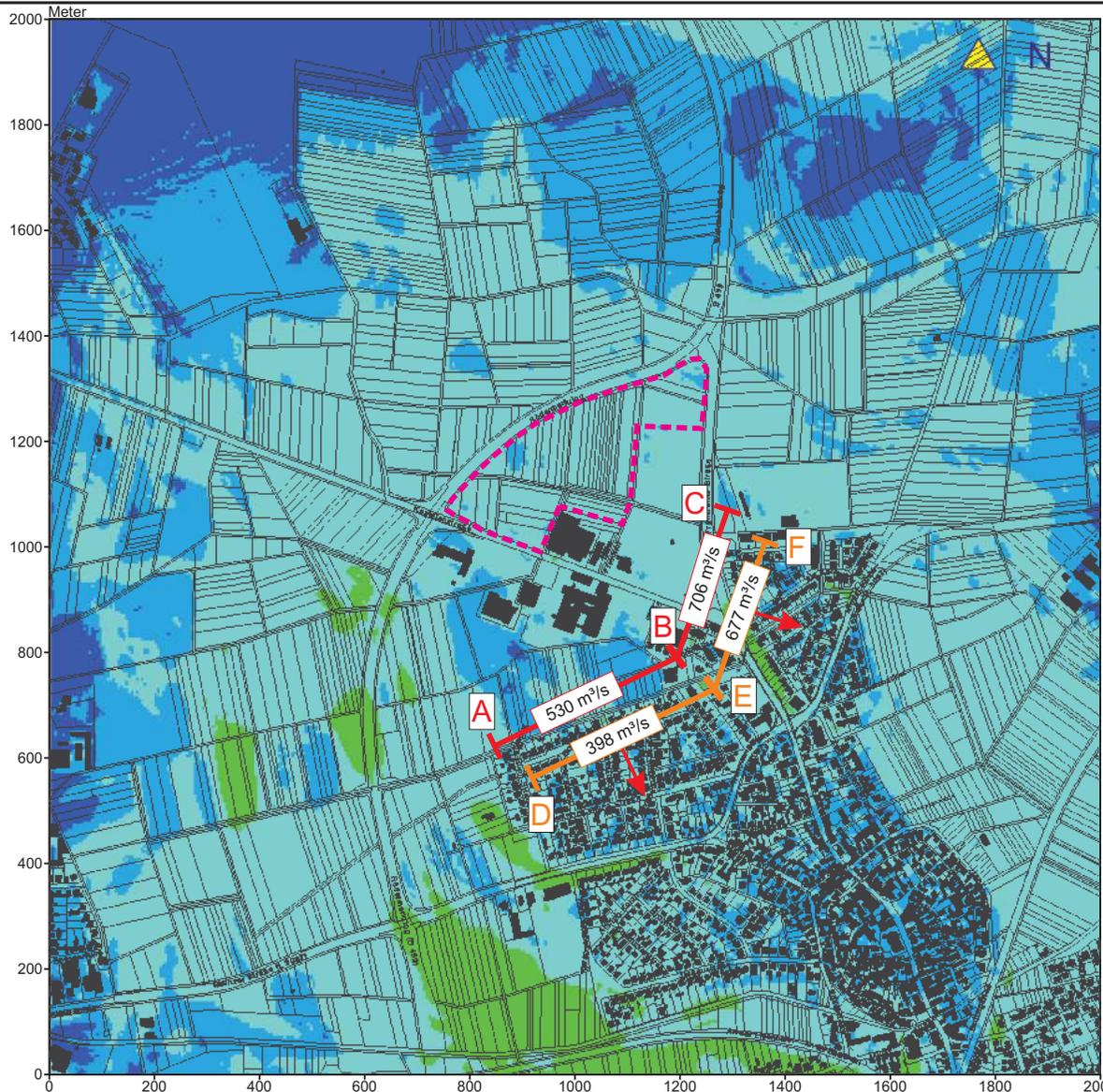


DGM_5/Karte:
Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 13.3 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung).
Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

Geländehöhe in m ü. NHN

Kaltluftvolumenstromdichte
in m³/(m · 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

Bewertungsprofile
 Kaltluftvolumenstrom in m³/s

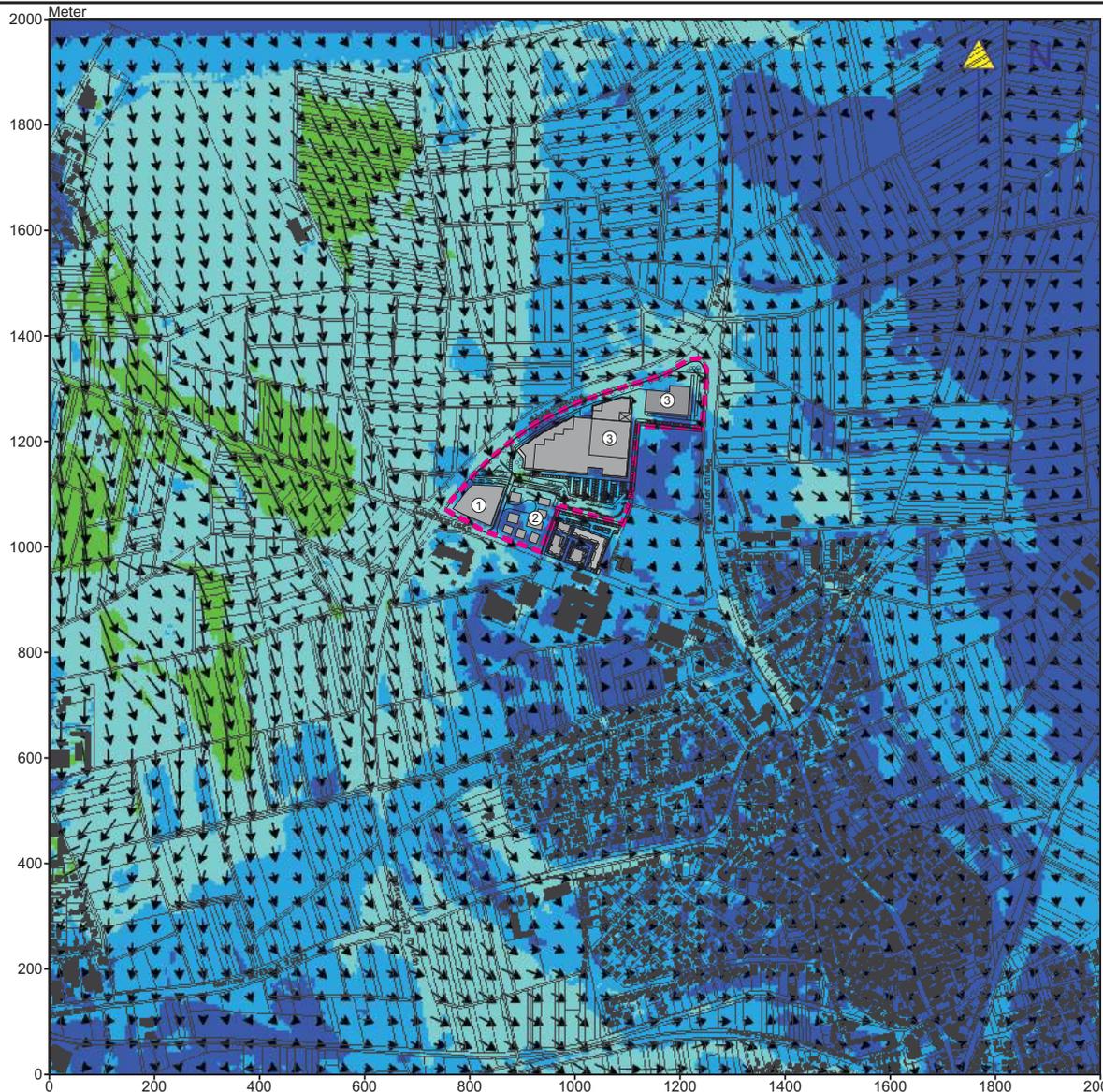


DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 14.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand
Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

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

 Windvektoren



DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

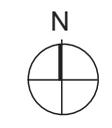
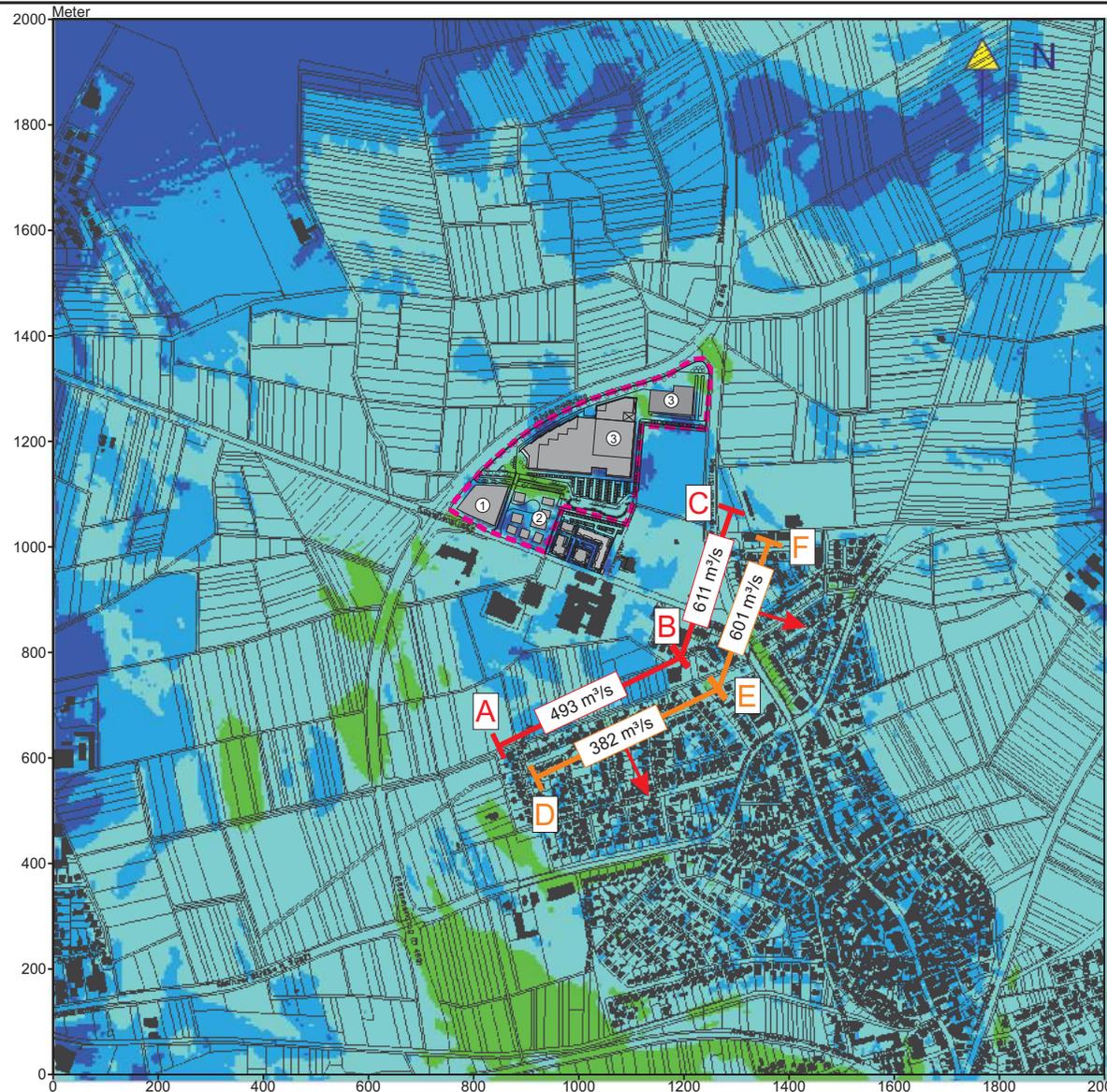


Abb. 14.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand
Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung).
Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Kaltluftvolumenstromdichte
in m³/(m 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

Bewertungsprofile
Kaltluftvolumenstrom in m³/s



DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 15 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich (Ist- und Plan-Zustand) Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht (3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

-  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
-  Gebaeude bis 20 m

Bewertungsprofil



-22.8%
Planungsbedingte prozentuale Abnahme des Kaltluftvolumenstroms



DGM_5/Karte:

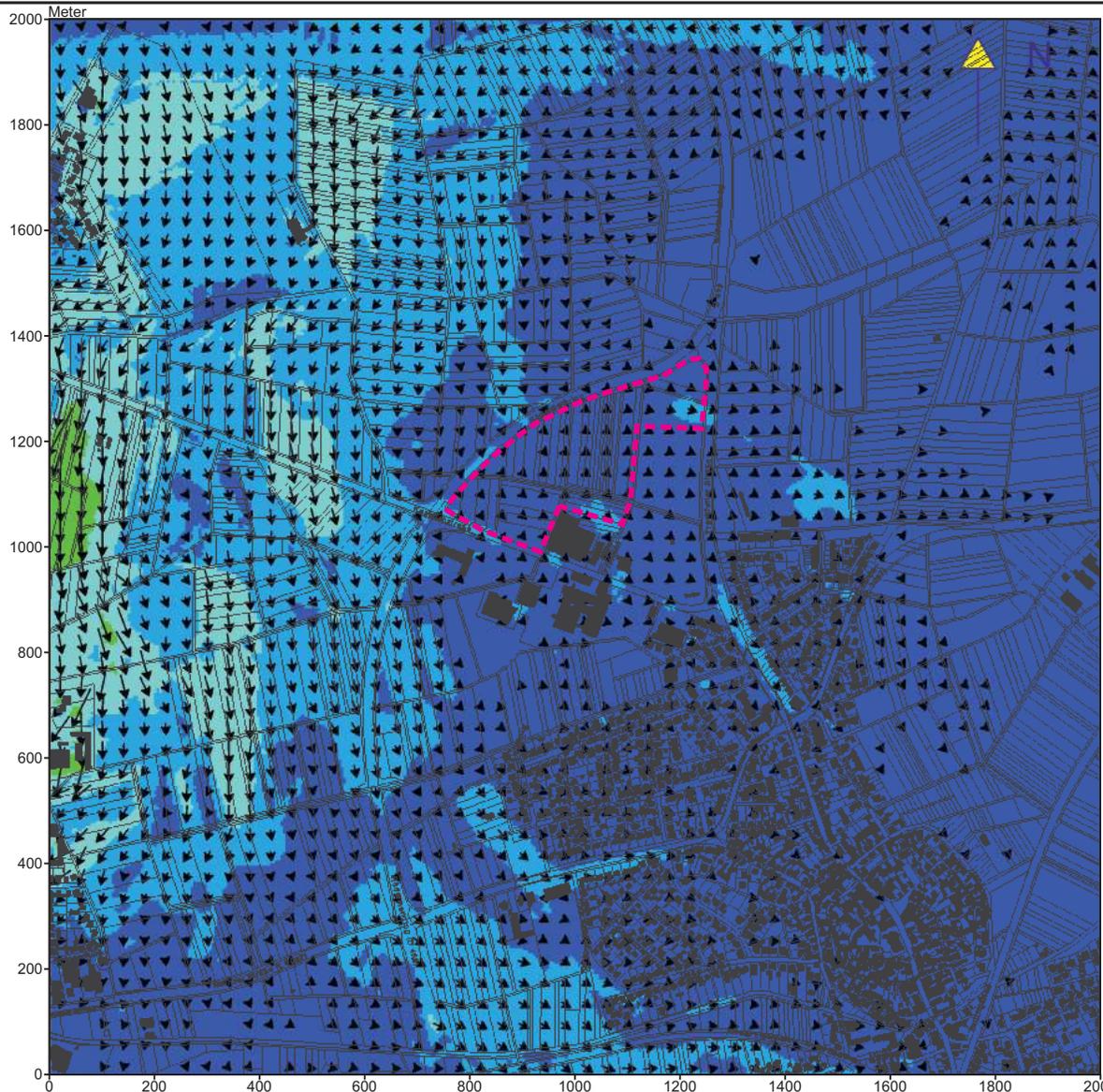
Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 16.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

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

 Windvektoren

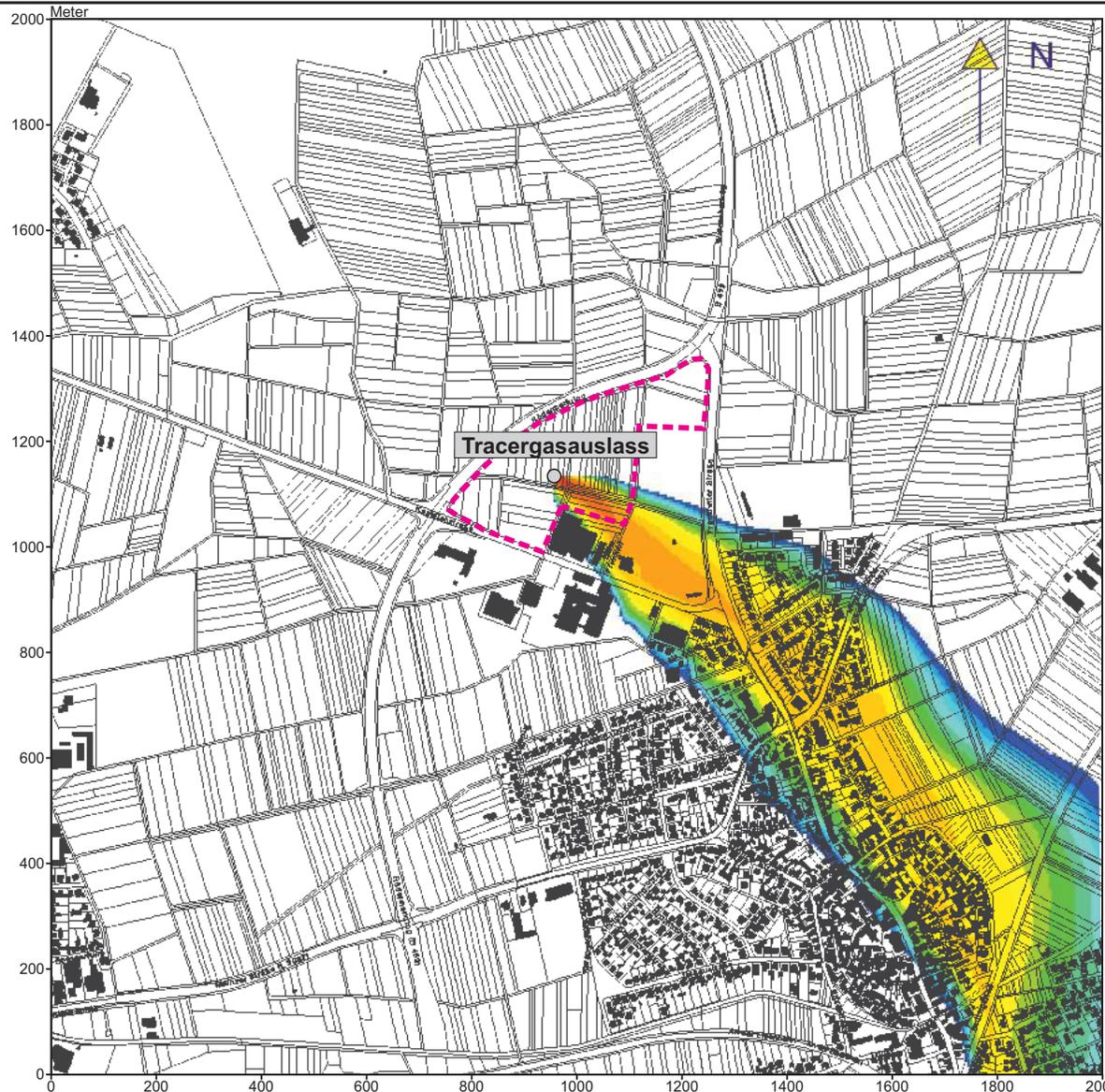


DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 16.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Ausbreitung eines Tracergases im Planungsgebiet in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

Relative Tracergaskonzentration

-  ≤ 0.01%
-  ≤ 0.02%
-  ≤ 0.05%
-  ≤ 0.10%
-  ≤ 0.20%
-  ≤ 0.50%
-  ≤ 1.00%
-  ≤ 2.00%
-  ≤ 5.00%
-  ≤ 10.00%
-  ≤ 20.00%
-  ≤ 50.00%
-  > 50.00%



DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 16.3 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Ist-Zustand
Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung).
Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

Geländehöhe in m ü. NHN

Kaltluftvolumenstromdichte
in $m^3/(m \cdot s)$

-  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

Bewertungsprofile
 Kaltluftvolumenstrom in m^3/s

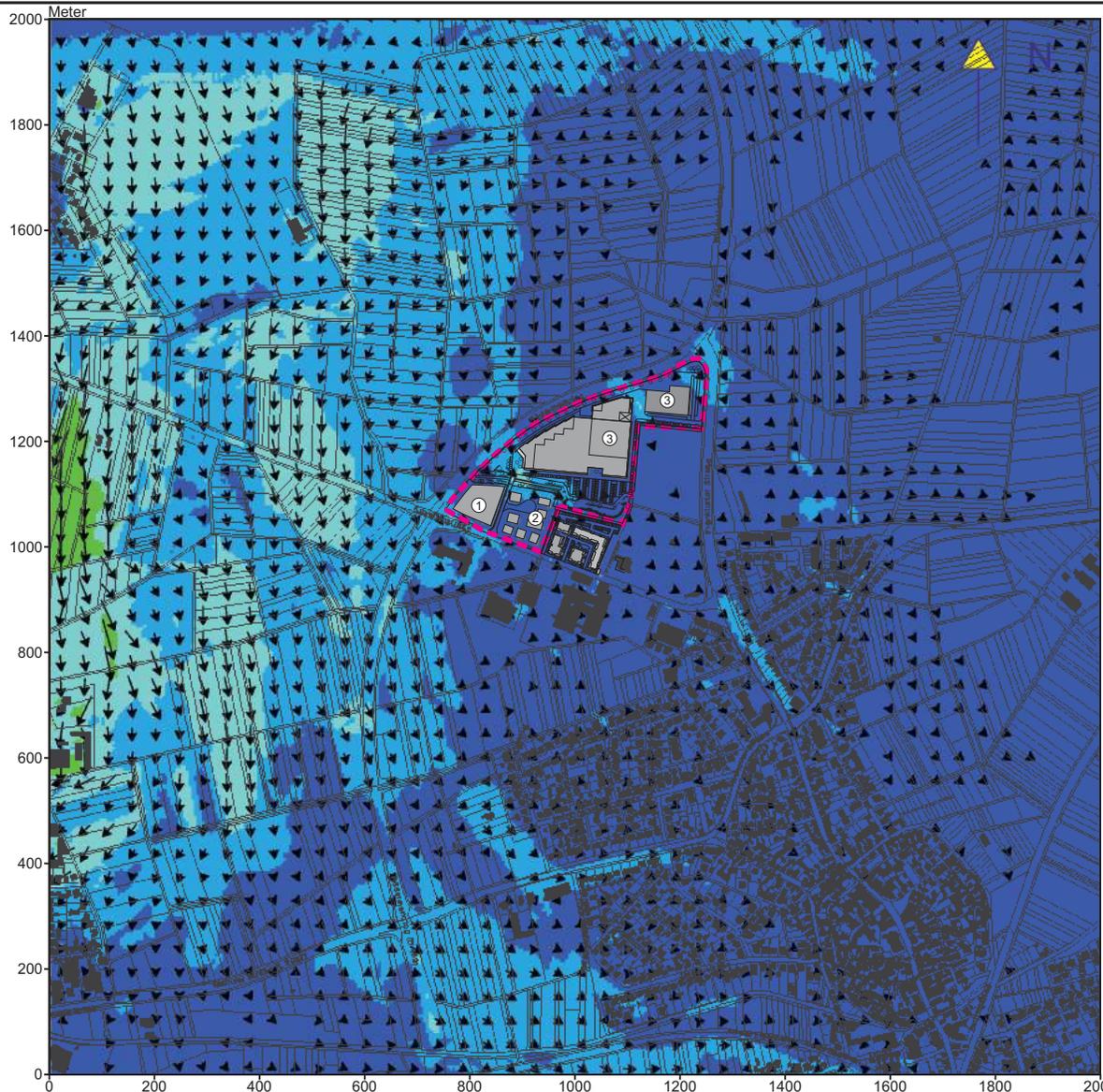


DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 17.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand
Fließgeschwindigkeit und Richtung der lokalen Kaltluft in einer sommerlichen Strahlungsnacht
(6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

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

 Windvektoren



DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

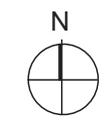
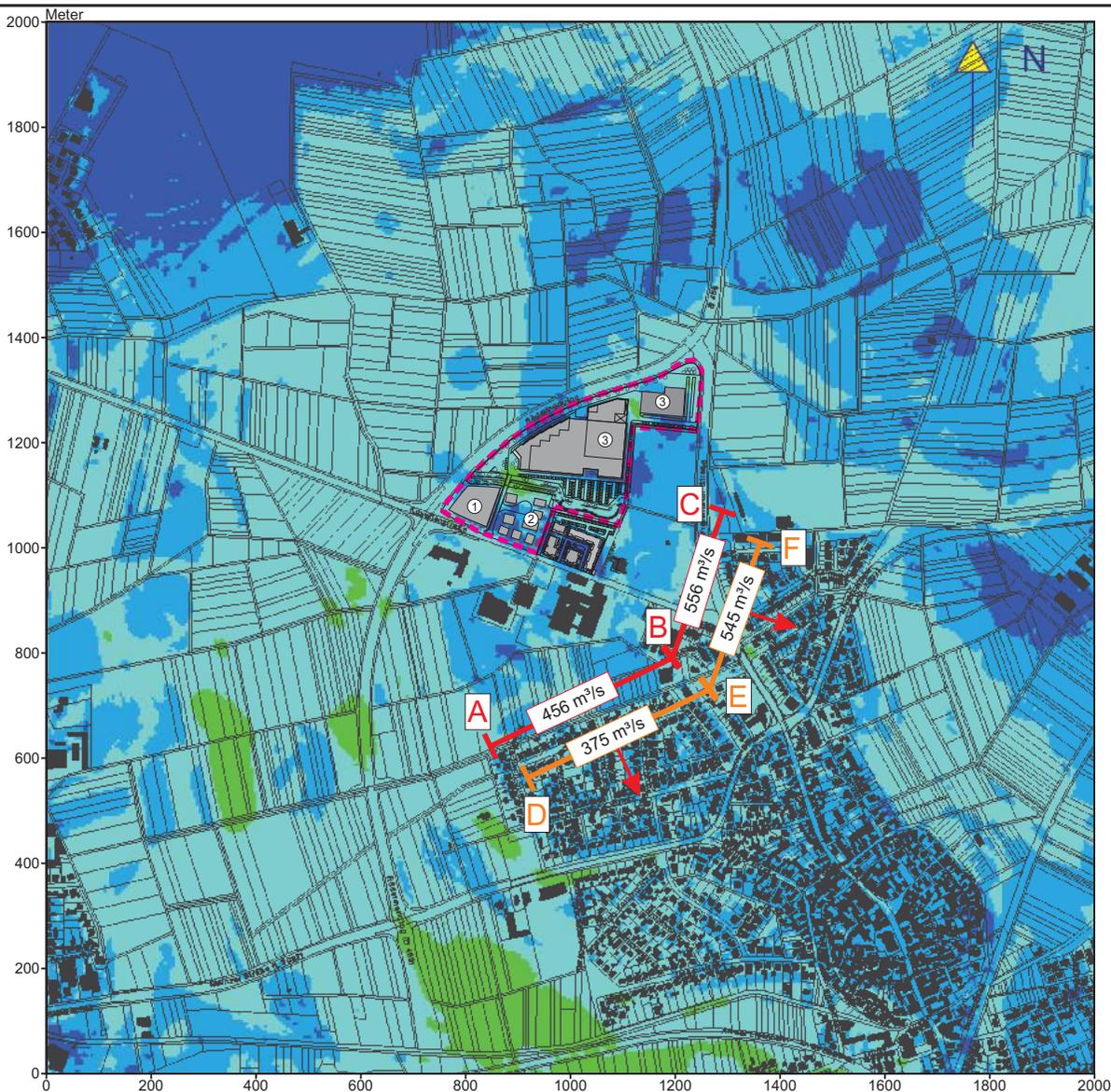


Abb. 17.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Plan-Zustand
Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung).
Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



Lage des Planungsgebiets

- Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Kaltluftvolumenstromdichte
inm³/(m 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

Bewertungsprofile
Kaltluftvolumenstrom in m³/s

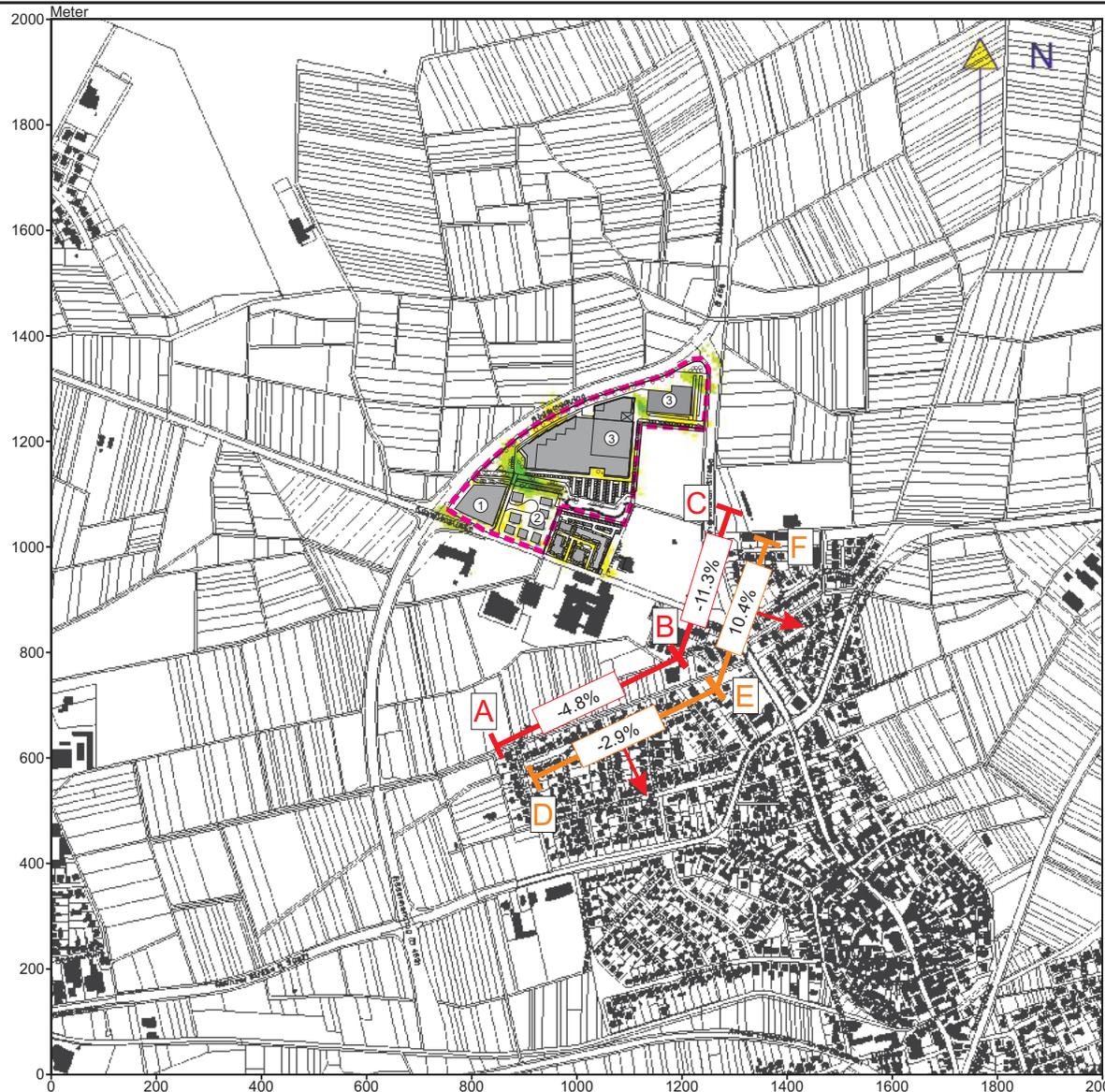


DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 18 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich (Ist- und Plan-Zustand) Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht (6 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung). Großwetterlagenbedingte Höhenströmung aus NNE (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

-  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
-  Gebaeude bis 20 m

Bewertungsprofil



-22.8%
Planungsbedingte prozentuale Abnahme des Kaltluftvolumenstroms



DGM_5/Karte:

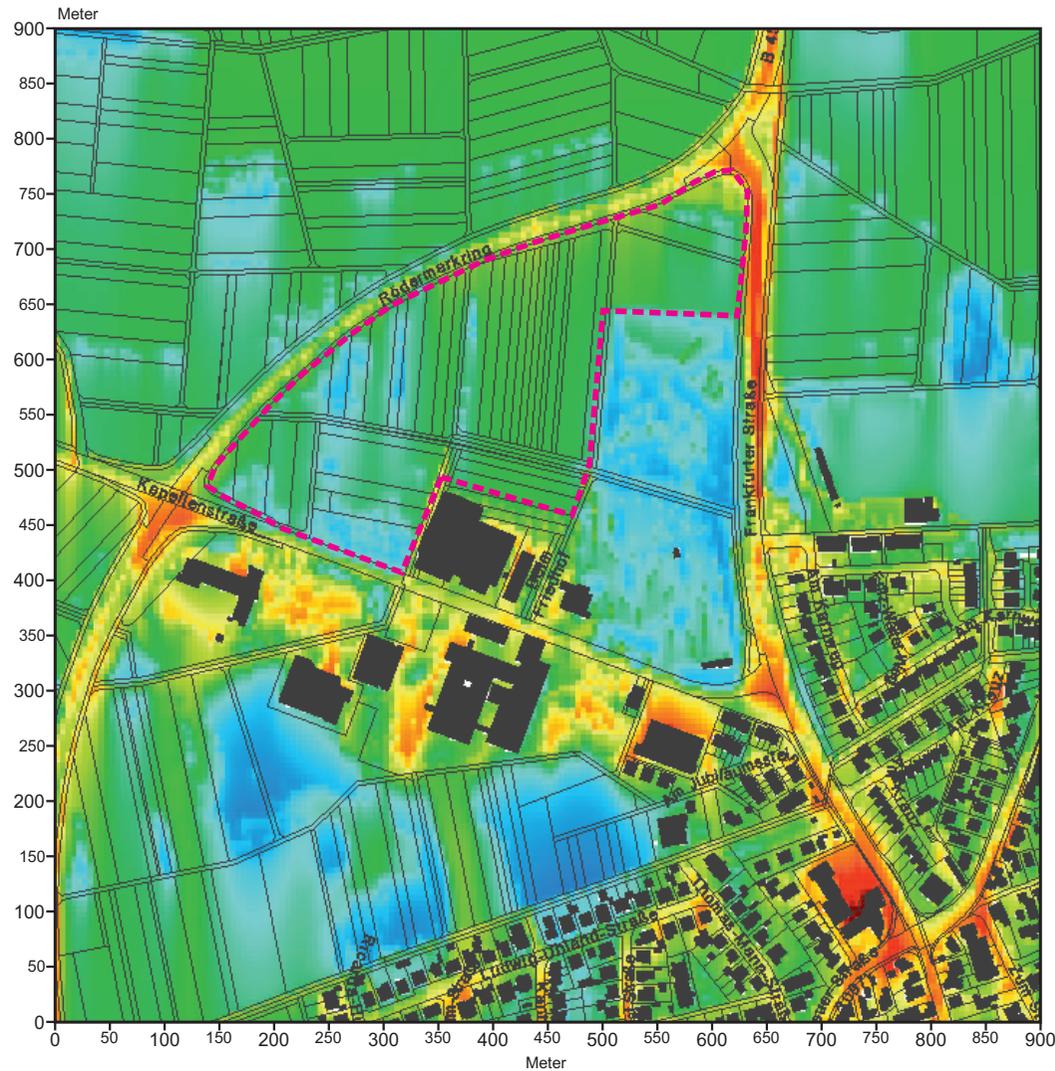
Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

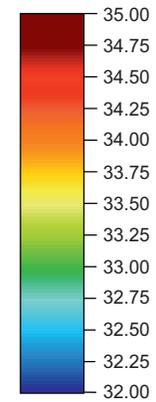


Abb. 19.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

Lufttemperatur in °C



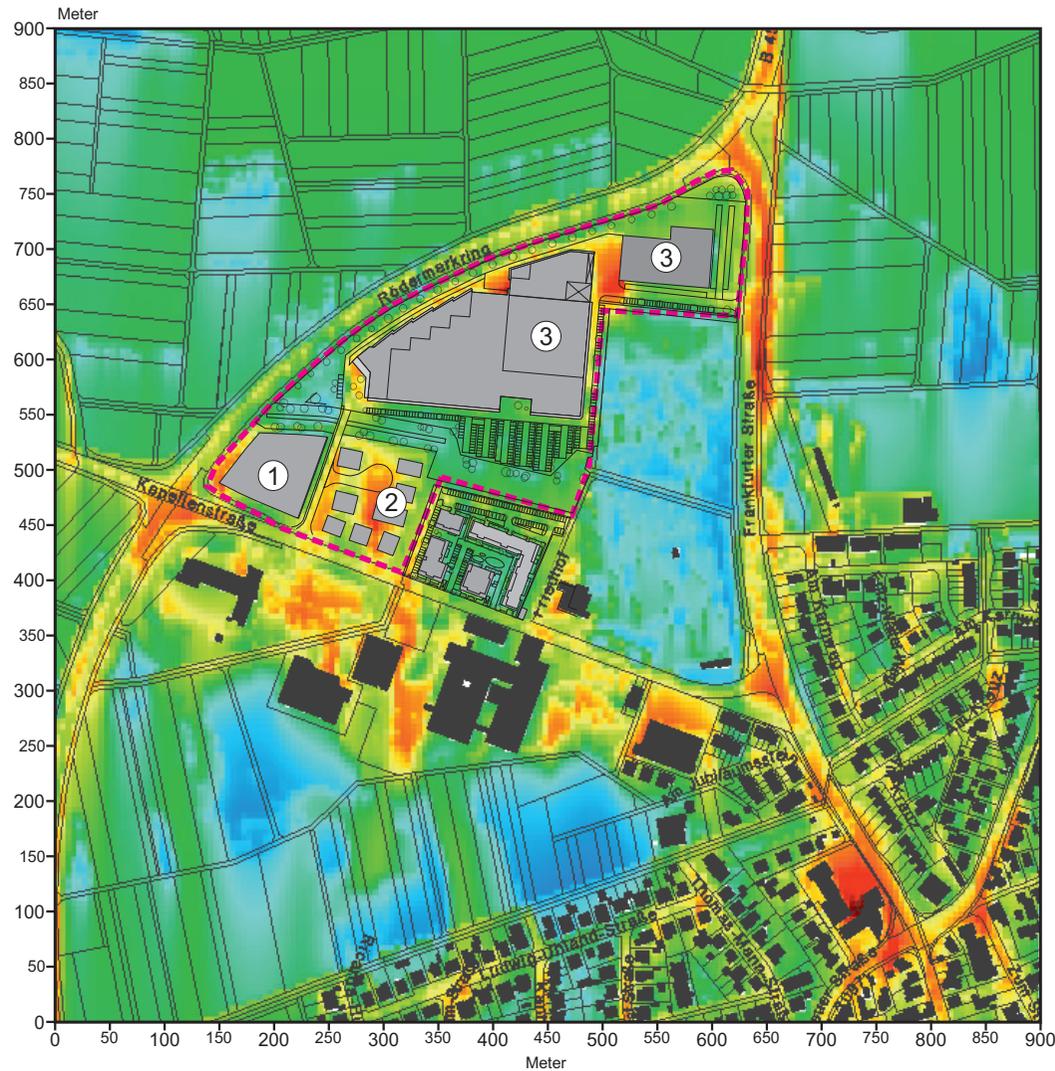
 Anströmungsrichtung

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



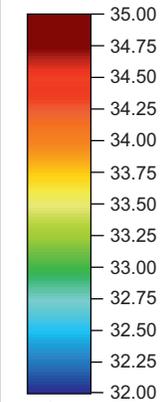
Abb. 19.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



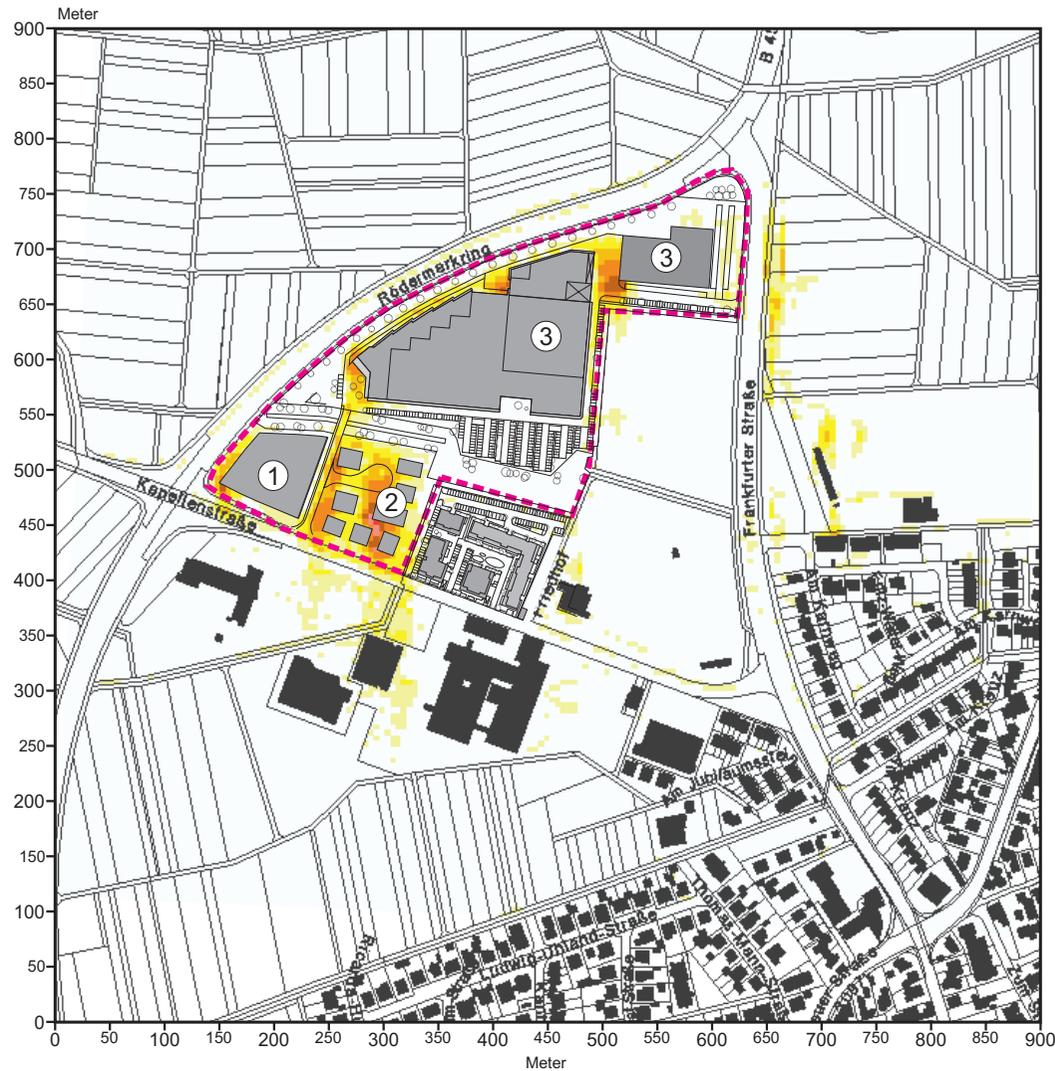
 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 20 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich
 Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr).
 Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Planungsbedingte Zunahme der Lufttemperatur in K

-  >=1.80
-  1.60 - 1.79
-  1.40 - 1.59
-  1.20 - 1.39
-  1.00 - 1.19
-  0.80 - 0.99
-  0.60 - 0.79
-  0.40 - 0.59
-  0.20 - 0.39
-  0.00 - 0.19

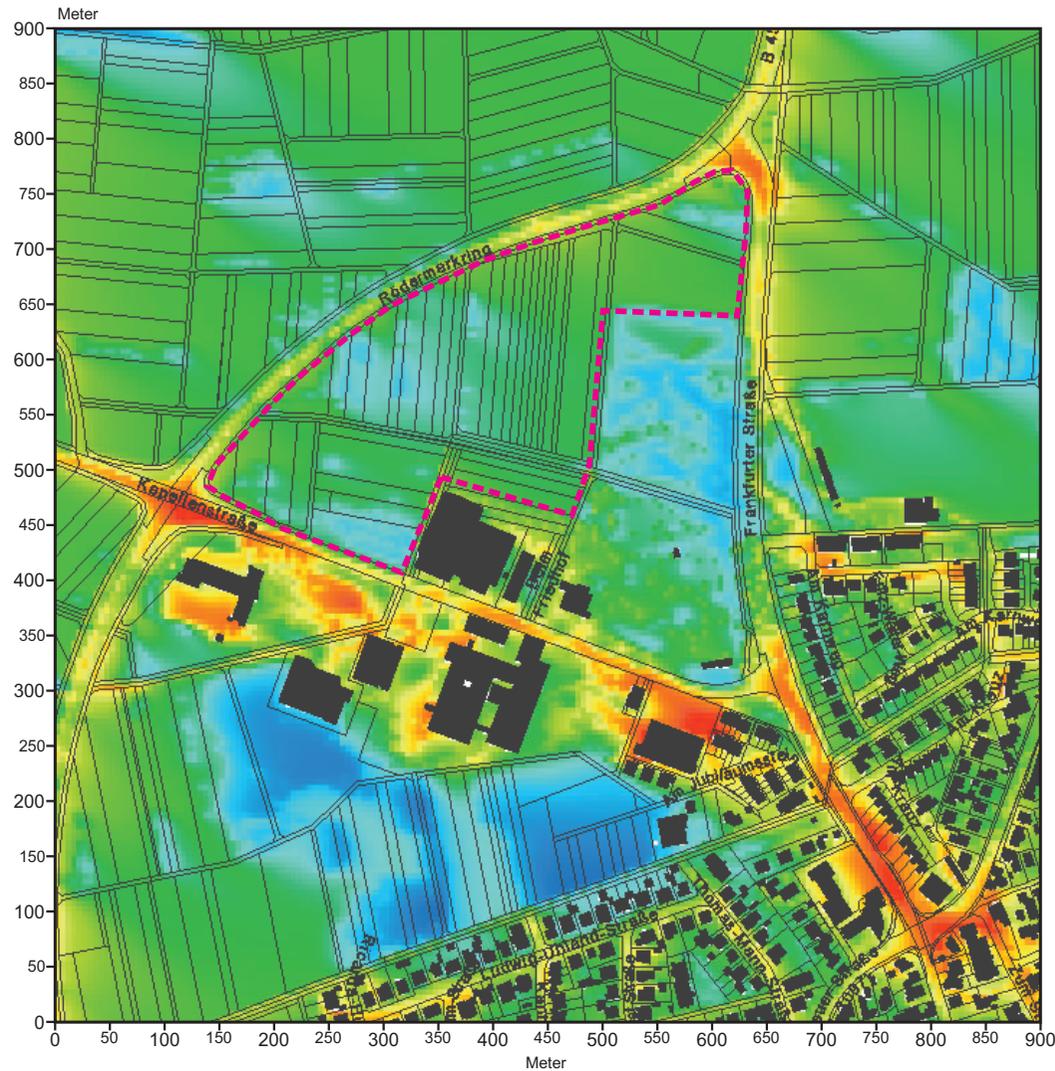
 Anströmungsrichtung

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

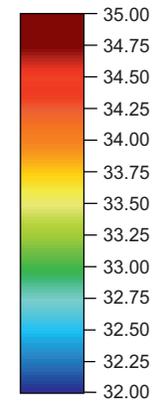


Abb. 21.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

Lufttemperatur in °C



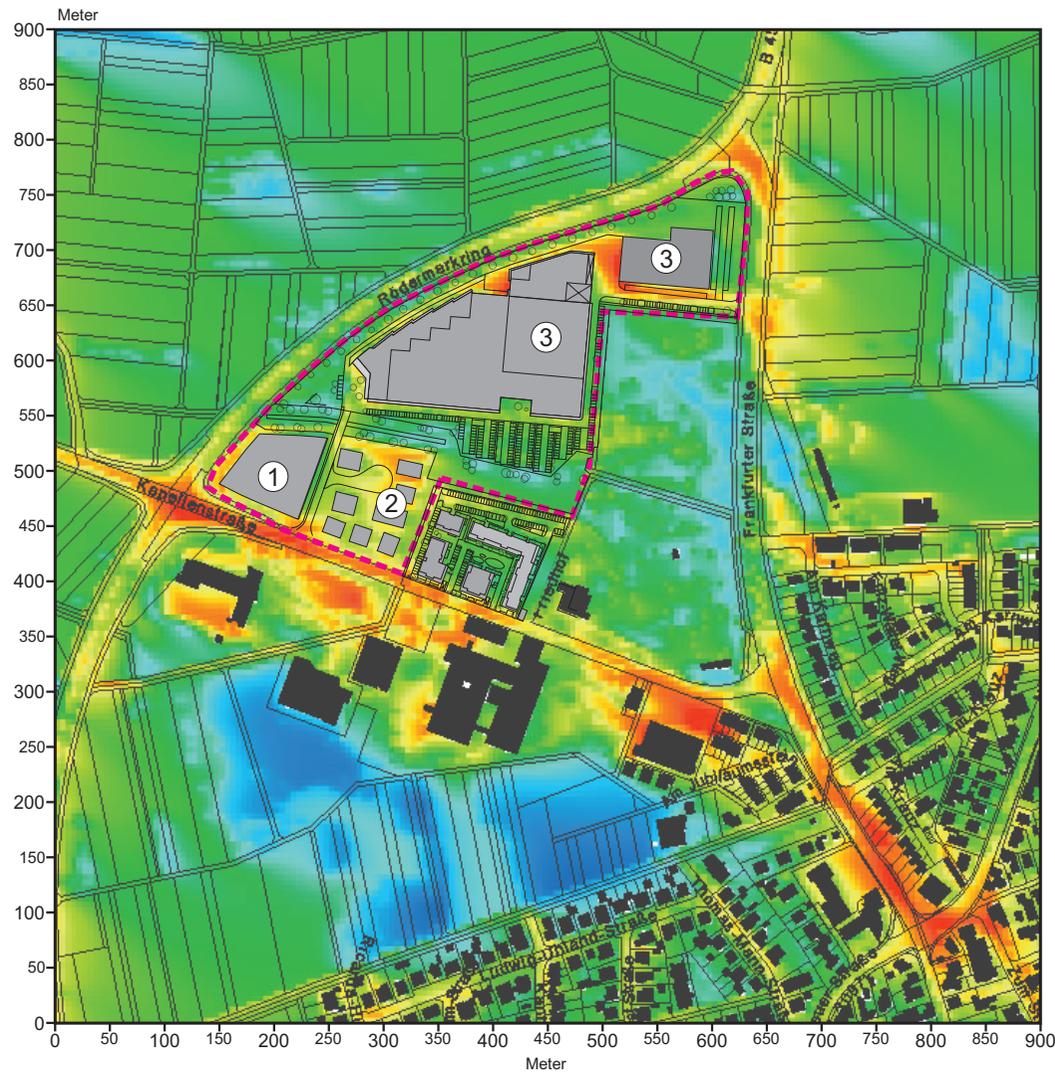
 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



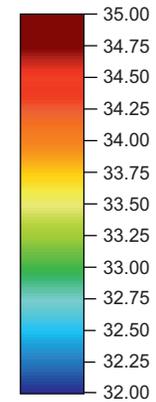
Abb. 21.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°)
mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

-  Geplante Baufelder
- ① OK_{Geb} = 18.0 m
- ② OK_{Geb} = 13.5 m
- ③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



**Abb. 22 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich
Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag (16:00 Uhr).
Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

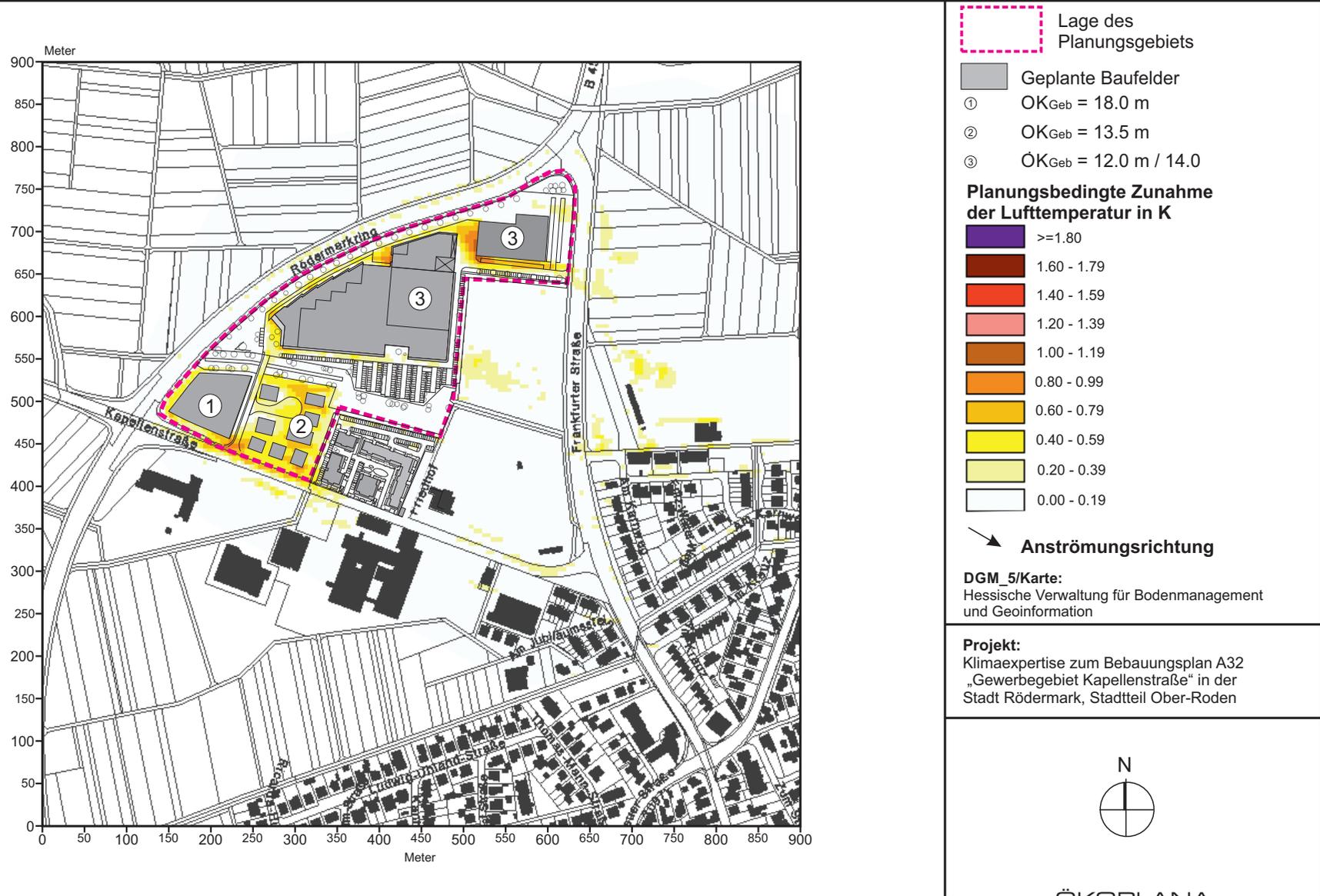
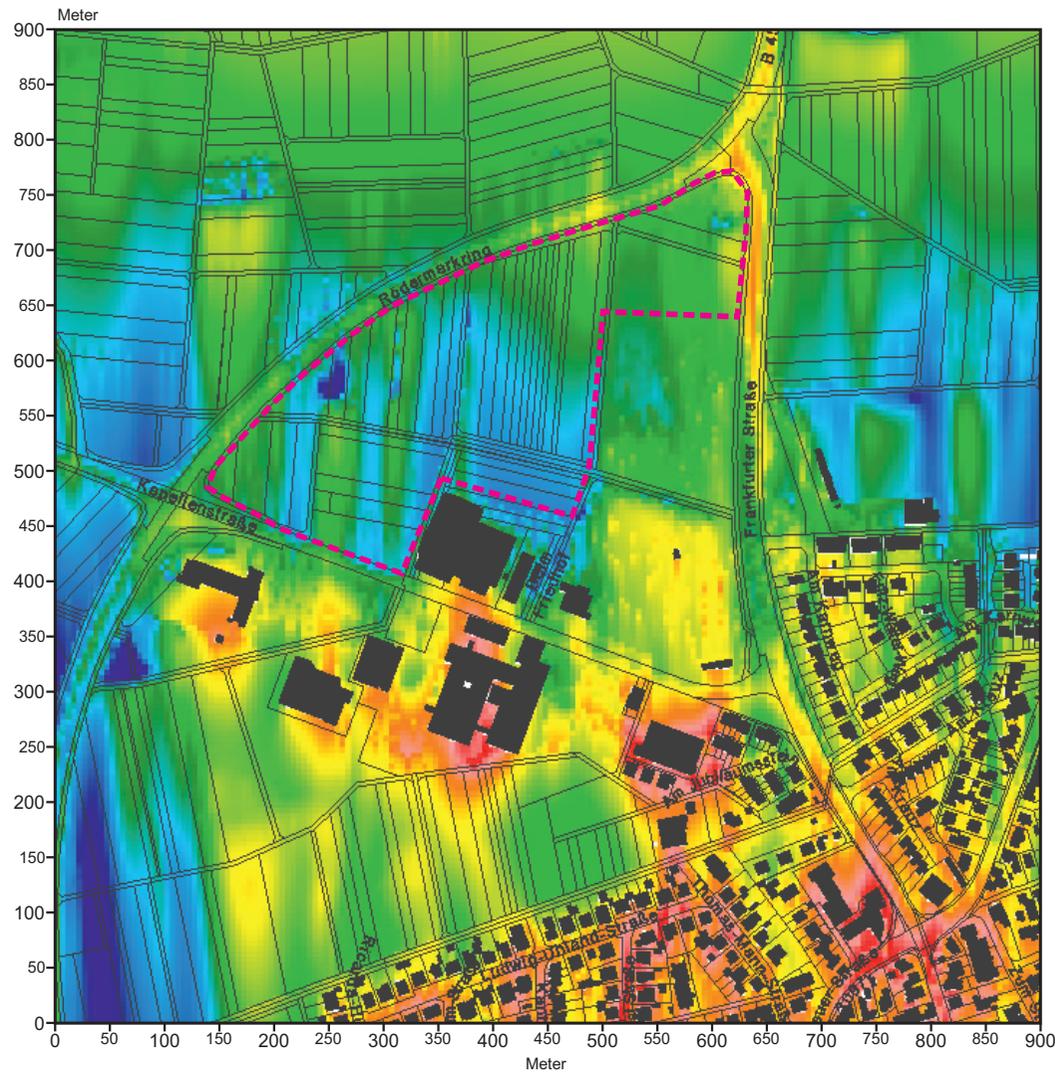


Abb. 23.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

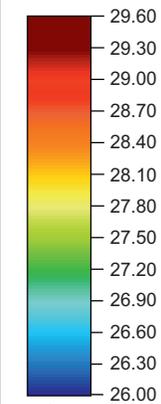
 Geplante Baufelder

① OK_{Geb} = 18.0 m

② OK_{Geb} = 13.5 m

③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



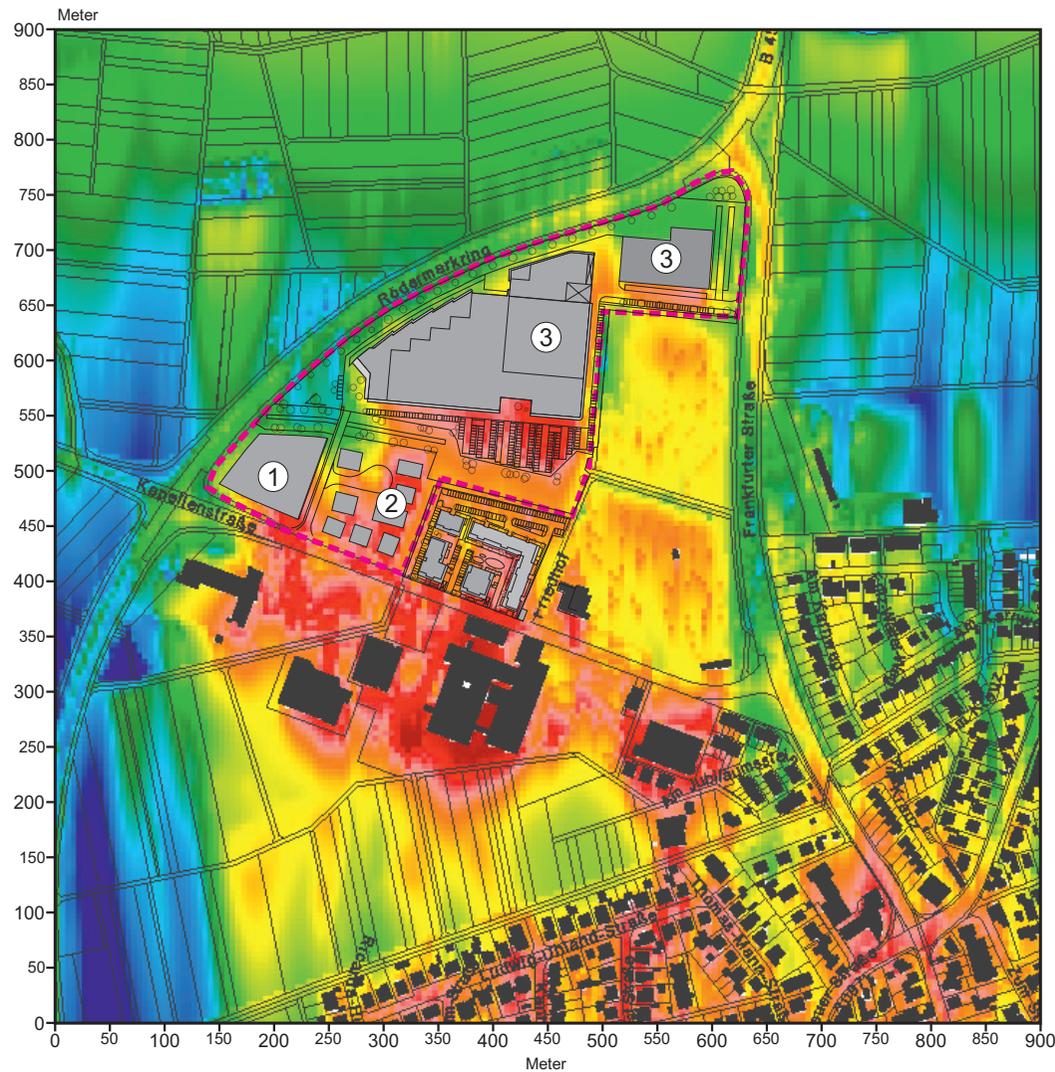
 Anströmungsrichtung

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 23.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Norden (0°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

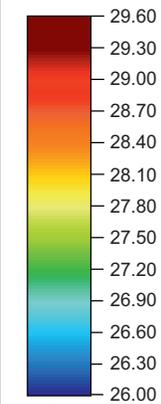
 Geplante Baufelder

① OK_{Geb} = 18.0 m

② OK_{Geb} = 13.5 m

③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



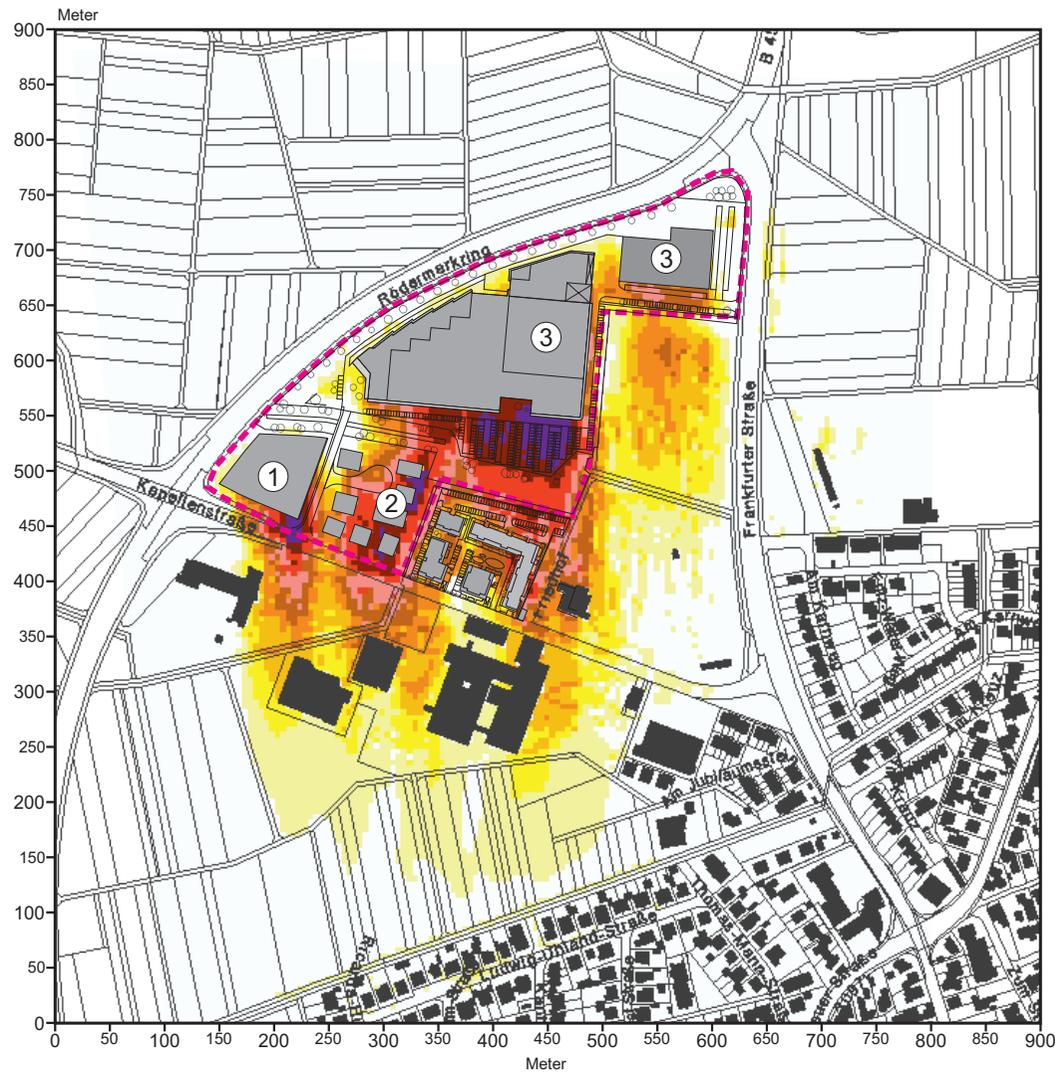
 Anströmungsrichtung

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 24 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich
 Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr).
 Windanströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

 Geplante Baufelder

① OK_{Geb} = 18.0 m

② OK_{Geb} = 13.5 m

③ OK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Planungsbedingte Zunahme der Lufttemperatur in K

-  >=2.70
-  2.40 - 2.69
-  2.10 - 2.39
-  1.80 - 2.09
-  1.50 - 1.79
-  1.20 - 1.49
-  0.90 - 1.19
-  0.60 - 0.89
-  0.30 - 0.59
-  0.00 - 0.29

 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

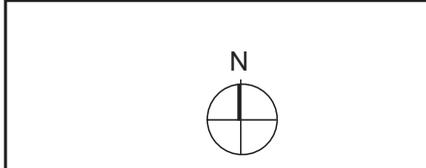
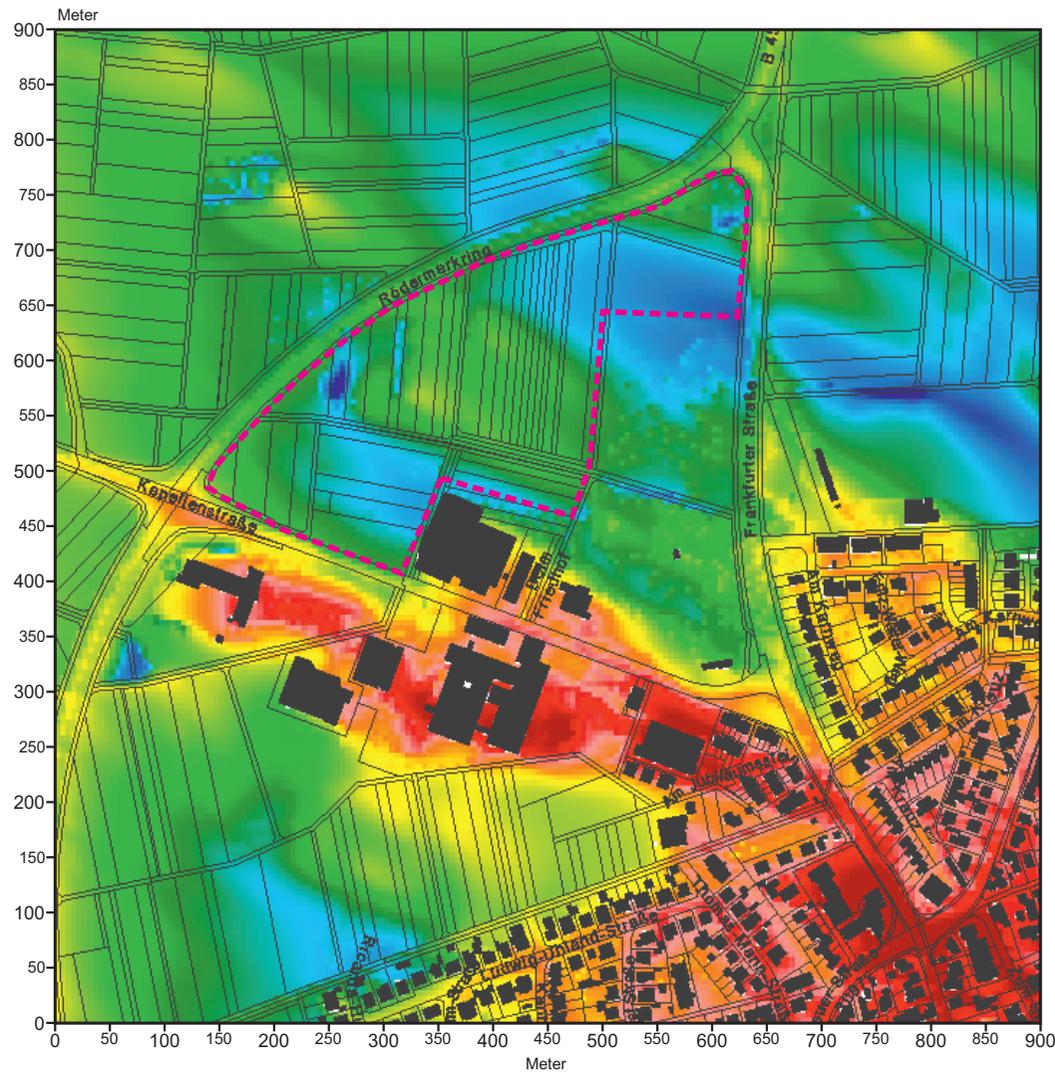


Abb. 25.1 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Ist-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

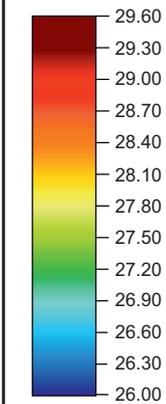
 Geplante Baufelder

① OK_{Geb} = 18.0 m

② OK_{Geb} = 13.5 m

③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:

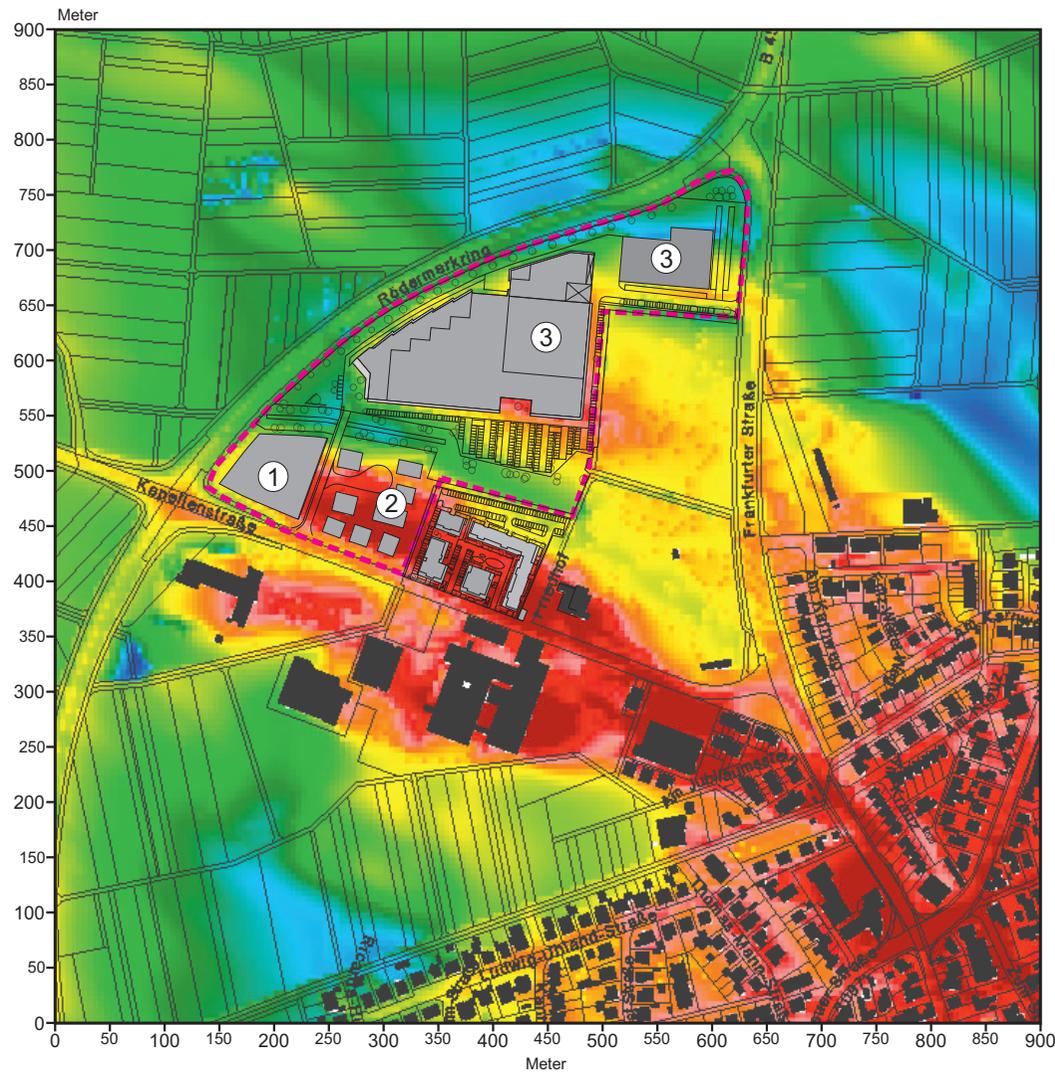
Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:

Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 25.2 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Plan-Zustand
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr). Windanströmung aus Westnordwesten (300°)
mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



 Lage des Planungsgebiets

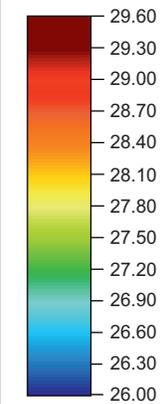
 Geplante Baufelder

① OK_{Geb} = 18.0 m

② OK_{Geb} = 13.5 m

③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Lufttemperatur in °C



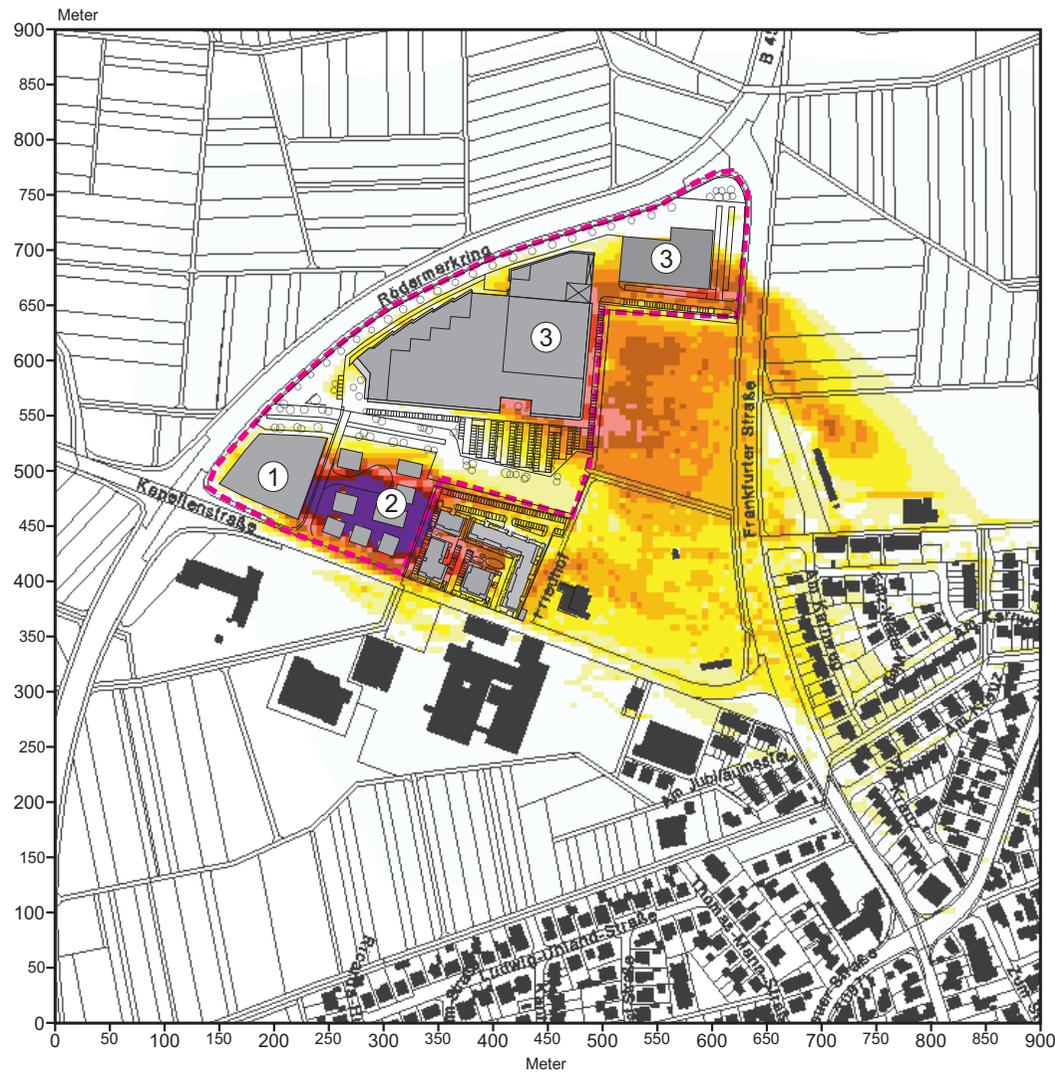
 **Anströmungsrichtung**

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement
 und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden



Abb. 26 Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Vorher-Nachher-Vergleich
 Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer Tropennacht (23:00 Uhr).
 Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.



Lage des Planungsgebiets

Geplante Baufelder
 ① OK_{Geb} = 18.0 m
 ② OK_{Geb} = 13.5 m
 ③ ÖK_{Geb} = 12.0 m / 14.0

Planungsbedingte Zunahme der Lufttemperatur in K

>=2.70
2.40 - 2.69
2.10 - 2.39
1.80 - 2.09
1.50 - 1.79
1.20 - 1.49
0.90 - 1.19
0.60 - 0.89
0.30 - 0.59
0.00 - 0.29

Anströmungsrichtung

DGM_5/Karte:
 Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan A32
 „Gewerbegebiet Kapellenstraße“ in der
 Stadt Rödermark, Stadtteil Ober-Roden

