



<b>Inhalt</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Planungsgebiet und Planungsentwurf</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsmethodik</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Klimawandelfolgen und klimaökologische Situation im Planungsgebiet</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens</b>	<b>15</b>
5.1	Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen	15
5.1.1	Grundlagen	15
5.1.2	Ergebnisse	19
5.2	Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation	21
5.2.1	Tagsituation – Windanströmung aus Westsüdwesten (250°)	22
5.2.2	Tagsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (70°)	24
5.2.3	Nachtsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (70°)	25
5.3	Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima	26
5.3.1	Thermische Situation an einem heißen Sommertag (16 Uhr) mit westsüdwestlicher Luftströmung (250°)	28
5.3.2	Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (16 Uhr / 14 Uhr) mit ostnordöstlicher Luftströmung (70°)	29
5.3.3	Thermische Situation in einer Sommernacht (23 Uhr) mit nördlicher Luftströmung (0°)	30
5.3.4	Thermische Situation in einer Sommernacht (03 Uhr) mit Schwacher ostnordöstlicher Luftströmung (70°)	31
5.2.2	Lufttemperaturfeld in einer warmen Sommernacht (23:00 Uhr) mit vorherrschendem Nordwest-Wind (315°)	25
5.2.3	Lufttemperaturfeld in einer warmen Sommernacht (03:00 Uhr) mit vorherrschendem Nordost-Wind (45°)	26
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung der klimaökologischen Funktionsabläufe, Bewertung und Planungsempfehlungen</b>	<b>33</b>
6.1	Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	35

6.2	Planungsempfehlungen	39
7	<b>Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften</b>	<b>46</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

---

- Abb. 1:** Lage des Bebauungsplangebiets „Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main - Ausschnitt aus der TK 1:25.000
- Abb. 2:** Luftbild vom Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main
- Abb. 3:** Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets „Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main
- Abb. 4:** Flurkarte und fotografische Dokumentation vom Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“
- Abb. 5:** Bestandskarte des Bebauungsplans „Gewerbegebiet West V.2“, Stadt Flörsheim am Main
- Abb. 6:** Ausschnitt RegFNP 2010, Stand 31.12.2022
- Abb. 7:** Vorentwurf des Bebauungsplans „Gewerbegebiet West V.2“, Stadt Flörsheim am Main - Stand: September 2023
- Abb. 8:** Klimawandelfolgen im Main-Taunus-Kreis
- Abb. 9:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeiten am DWD Messstandort Frankfurt-Flughafen. Zeitraum: 2010 - 2021
- Abb. 10:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung an der HLNUG-Luftmessstation Raunheim Zeitraum: 2018 – 2022
- Abb. 11:** Typische Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes an heißen Sommertagen ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) DWD-Station Frankfurt-Flughafen
- Abb. 12:** Tages-Oberflächentemperaturen - Median der Sommermonate 2018 - 2022
- Abb. 13:** Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte Region Rhein-Main des Umlandverbands Frankfurt
- Abb. 14:** Modellgebiet - mesoskalige Kaltluftströmungssimulationen / Flächennutzung (Plan-Zustand)
- Abb. 15.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s

- Abb. 15.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 16.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 16.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 17:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) und des Kaltluftvolumenstroms in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 18.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 18.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 19.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 19.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand. Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s

- Abb. 20:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) und des Kaltluftvolumenstroms in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s
- Abb. 21.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 23.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

- Abb. 23.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 24.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 24.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 24.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 25.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 25.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 25.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 26.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima. PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 26.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima. PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 26.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima. Planungsbedingte Veränderung der PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 27.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 27.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 27.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 28.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 28.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 28.3:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

## 1 Aufgabenstellung

---

In Flörsheim am Main ist südwestlich der Kernstadt zwischen den Siedlungsflächen des Stadtteils Keramag/Falkenberg bzw. den bestehenden Grünflächen entlang des Wickerbachs im Westen und dem Gewerbegebiet West V.1 im Osten die Entwicklung eines neuen Gewerbegebiets (Gewerbegebiet West V.2) geplant. Die Lage des Planungsgebietes im Stadtgefüge von Flörsheim am Main kann der **Abbildung 1** entnommen werden.

Das ca. 10.2 ha große Planungsgebiet wird bislang vorwiegend landwirtschaftlich genutzt und ist weitgehend eben (Höhenlage ca. 90 m ü. NHN).

Der Regionale Flächennutzungsplan 2010 (RegFNP) weist das Planungsgebiet zum größten Teil als „Gewerbliche Baufläche, Planung“ aus. Am Westrand ist eine „Fläche für die Landbewirtschaftung“ als Teil eines „Vorbehaltsgebiets für besondere Klimafunktionen“ dargestellt.

Der vorgelegte Vorentwurf zur Gewerbegebietsentwicklung sieht als Maß für die bauliche Nutzung eine GRZ von 0.6 vor. Die GFZ ist mit 2.2 festgesetzt. Die max. Gebäudehöhe soll auf 20 m beschränkt werden (zzgl. max. 3 m hohen Dachaufbauten). Gebäudelängen von über 50 m sind zulässig.

Die Erschließung des Gebiets erfolgt über die Hochheimer Straße und über den Straßenzug Am Wickerbach.

Am Westrand ist eine öffentliche Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün vorgesehen. Auf ihr sind 90% der Fläche gärtnerisch anzulegen.

Als grünordnerische Ausgleichsmaßnahmen sind u.a. Dach- und Fassadenbegrünungen und die Pflanzung von Straßenbäumen angedacht. Zur Minderung der Wärmeabstrahlung der befestigten Flächen sind Fassaden, Nebenanlagen, Stellplätze und sonstige befestigte Flächen mit möglichst hellen Farbtönen / Belägen herzustellen.

Wie Ergebnisse ortsspezifischer Windmessungen zeigen, herrschen am Planungsstandort am Tag zumeist südwestliche (= Hauptwindrichtung) und nordöstliche Windrichtungen vor. Bei Nordostwinden befindet sich das Planungsgebiet im Luv der Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg.

In den Nachtstunden setzen entlang des Wickerbachs / Mühlgrabens vermehrt Kaltluftabflüsse aus nördlichen Richtungen ein, die u.U. entlang des Wickerbachs bis zum Main Wirkung zeigen. Im Laufe der zweiten Nachthälfte häufen sich während wolkenarmer Hochdruckwetterlagen regional angelegte Nordostwinde. Bei dieser Situation befindet sich das Planungsgebiet wiederum im Luv der Ortslage Keramag/Falkenberg.

Die klimaökologischen Belange werden in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen, da als Folge des Klimawandels eine deutliche Zunahme bioklimatisch belastender heißer Sommertage ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) und Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ ) zu erwarten ist.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses sind daher mit Hilfe einer Klimaexpertise die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen näherer Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem Planungsentwurf sich ergebenden strömungsdynamischen und thermischen/bioklimatischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten. Der aktuelle Ist-Zustand ist dabei dem Plan-Zustand gegenüberzustellen. Über die Formulierung von ergänzenden Planungshinweisen sind ggf. Maßnahmen zur Sicherung günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Verhältnisse aufzuzeigen.

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

- Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Auswertung vorhandener Klimadaten und Prognosen zum Klimawandel.
- Qualitative / quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen dem Planungsgebiet und dessen Umfeld sowie der zu erwartenden planungsbedingten klimatischen Veränderungen mit Hilfe meso- und mikroskaliger Modellrechnungen (Kaltluftdynamik, Belüftungsintensitäten, thermische/bioklimatische Umgebungsbedingungen).
- Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer/bioklimatischer Umgebungsbedingungen. Formulierung möglicher Festsetzungsvorschläge für den B-Plan.

---

## 2 Planungsgebiet und Planungsentwurf

---

Das ca. 10.2 ha große Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“ (**Abbildung 2**) befindet sich zwischen den Siedlungsflächen des Stadtteils Keramag / Falkenberg bzw. den Grünflächen entlang des Wickerbachs im Westen und dem Gewerbegebiet „West V.1“ im Osten, das von einer großflächigen Bebauung eines Logistikunternehmens geprägt wird. Im Süden grenzen Bahnflächen, ein Großtanklager (Gewerbegebiet West I) sowie die Kläranlage des Abwasserverbandes an. Die Kläranlage wird derzeit baulich erweitert (siehe <https://www.abwasserverband-floersheim.de/>). Im Norden wird das Planungsgebiet von der Hochheimer Straße (L 3028) begrenzt, an welche in nördlicher Richtung landwirtschaftlich genutzte Fläche, Kleingärten und der ehemalige Dyckerhoff-Tagebau (Gewerbegebiet West VI) anschließen.

Die Geländehöhen im nur schwach reliefierten Planungsgebiet liegen bei ca. 89 – 92 m ü. NHN (**Abbildung 3**).

Wie den **Abbildungen 4** und **5** entnommen werden kann, ist das Planungsgebiet aktuell überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Es überwiegen Grünlandflächen und intensiv genutzte Ackerflächen (PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU 2023). Dazwischen bestehen dicht bewachsene Gehölzstreifen. Im Nordosten befinden sich zudem Kleingärten.

Der Regionale Flächennutzungsplan 2010 (**Abbildung 6**) stellt das Planungsgebiet überwiegend als „Gewerbliche Baufläche, Planung“ dar. Der Westrand ist als eine „Fläche für die Landbewirtschaftung“ ausgewiesen und ist damit Teil eines „Vorbehaltsgebietes für besondere Klimafunktionen“. Entsprechend weist das Ergebnis einer interaktiven Umweltprüfung (WebSUP, REGION FRANKFURTMAIN) darauf hin, dass mit dem Planungsvorhaben in ein siedlungsnahes Kaltluftentstehungsgebiet mit Relevanz für die Belüftung eingegriffen wird. Derartige Gebiete dienen in Verdichtungsräumen der Vermeidung hoher sommerlicher Wärmebelastung und der Intensivierung der Gebietsdurchlüftung.

Bei Neuentwicklung der Gewerbegebietsflächen besteht die Möglichkeit, auf dem bislang unversiegelten Areal klimawandelangepasste Bau- und Freiflächenstrukturen mit geringer Wärmeaura zu realisieren.

Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Bebauungsplan-Vorentwurf „Gewerbegebiet West V.2“ (Stand: September 2023) setzt als Art der baulichen Nutzung ein „Gewerbegebiet“ gemäß § 8 Baunutzungsverordnung fest (PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU 2023) - **Abbildung 7**.

Speditions- und Logistikgewerbe sowie gewerbliche Parkieranlagen sind nicht zulässig. Die Grundflächenzahl (GRZ) ist auf 0.6 und die Geschossflächenzahl (GFZ) auf 2.2 festgesetzt. Als max. zulässige Gebäudehöhe ist ein Wert von 20 m vorgesehen. Das Maß bezieht sich dabei jeweils auf die Oberkante der angrenzenden Erschließungsstraße.

Die zulässige Gebäudehöhe darf durch technische Aufbauten um bis zu 3 m überschritten werden (PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU 2023).

Die Haupteerschließung des geplanten Gewerbegebiets erfolgt über die Hochheimer Straße (L 3028). Im Südwesten ist ergänzend eine Unterquerung der Bahnlinie geplant. An den Gebietsrändern sind Fuß- und Radwege festgesetzt.

Am West- und Südrand des Planungsgebiets ist eine durchgehende Grünverbindung als „Öffentliche Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün“ ausgewiesen. Mindestens 90% dieser Flächen sind gärtnerisch anzulegen (PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU 2023).

Innerhalb des Planungsgebiets wird eine Versickerungsmulde als Fläche zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser festgesetzt.

Als grünordnerische / klimatische Ausgleichsmaßnahmen sind darüber hinaus 70% der Dachflächen (auch von Garagen) extensiv zu begrünen. Eine Kombination der Dachbegrünung mit PV-Anlagen ist zulässig.

Zur Vermeidung von Aufheizungseffekten sind bei der Gestaltung von Fassaden und versiegelter Flächen möglichst helle Farbtöne zu wählen. Der Albedo-Wert (Grad der Reflexion) darf bei Fassaden im Mittel den Wert von 0.4, bei Stellplätzen und befestigten Flächen im Mittel den Wert von 0.2 nicht unterschreiten.

Des Weiteren sind Außenwandflächen, ab einer Länge von 10 m und ab einer Höhe von 5 m mit keinen oder nur geringfügigen Öffnungen oder Glasflächen dauerhaft zu begrünen.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Gebietsdurchgrünung sind mindestens 25% der Grundstücksflächen mit Gehölzen zu bepflanzen.

Innerhalb der öffentlichen Verkehrsflächen sind mindestens 12 Laubbäume (Hochstämme, Stammumfang 16 – 18 cm) zu pflanzen.

### 3 Untersuchungsmethodik

---

Zur klimaökologischen Bewertung des vorgelegten Planungsentwurfs erfolgt zunächst eine Beschreibung der lokalen Klimasituation. Hierbei wird auf Daten des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES und der HLNUG zurückgegriffen. Die Auswertung von Daten zu den örtlichen Klimawandelfolgen Daten ergänzen die datenbasierte klimaökologische Bestandsanalyse.

Die interaktive Umweltprüfung (WebSUP) zum Regionalplan REGION FRANKFURTRHEINMAIN (<https://www.region-frankfurt.de/Unsere-Themen-Leistungen/Regionaler-Flächennutzungsplan/Umweltprüfung/>) weist eine Konflikt mit dem Thema „Kaltlufthaushalt“ nach.

Daher werden in einem weiteren Analyseschritt mit Hilfe des seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetzten und vielfach geprüften Kaltluftströmungsmodells KLAM\_21 (Vers. 2.012, siehe **Grafik 1**) des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES die ortstypischen lokalen Kaltluftbewegungen in einer sommerlichen windschwachen Strahlungsnacht für den Ist- und Plan-Zustand vergleichend analysiert.



**Grafik 1:** „Programmstempel“ KLAM\_21

Als Grundlage dient ein digitales Geländemodell (DGM\_5), das vom HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt wurde. Die Flächennutzung und Gebäudehöhen (Bestand) wurden über Luftbilder und über ein digitales Oberflächenmodell (DOM1) bestimmt.

Mit Hilfe der KLAM\_21-Simulationen (Gebietsgröße: 3.25 x 3.25 km = 10.56 km<sup>2</sup>) werden die möglichen Veränderungen des örtlichen, kaltluftbedingten Windfeldes durch die potenziellen Sondergebietsflächen aufgezeigt. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass eine solche Abschätzung zur Auswirkung von geplanten Flächennutzungsänderungen nur durch den Einsatz numerischer Modelle möglich ist.

Messungen helfen bei dieser Problemstellung nicht weiter, da nur existierende atmosphärische Zustände instrumentell erfassbar sind. Modellrechnungen gestatten es dagegen, schon im Planungsstadium vorgesehener Nutzungsänderungen mögliche unerwünschte oder gar negative Klimaveränderungen zu erkennen.

Da das Gelände derzeit unbebaut ist, besitzt das Areal sowohl als thermische Ausgleichsfläche als auch als Belüftungsbahn eine stadtklimatische Bedeutung. Die Belüftungseffekte vermeiden am Tag lokale Hitzestaus und reduzieren über den vermehrten bodennahen Luftmassenaustausch die örtliche Wärmebelastung.

Zur Prüfung des Einflusses der geplanten Bebauung auf die lokalen Belüftungseffekte werden mikroskalige Windfeldsimulationen durchgeführt. Dabei kommt das allgemein anerkannten Modellpaket MISKAM (Vers. 6.3)<sup>1</sup> zum Einsatz (**Grafik 2**).



**Grafik 2:** „Programmstempel“ MISKAM

Das Strömungsmodell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert.

Die Gesamtgröße des Rechengebietes orientiert sich am Geltungsbereich des Bebauungsplangebiets N116 und dessen benachbarter Bebauung. Es beträgt inkl. der erforderlichen Randbereiche eine Flächengröße von 1.100 x 700 m. Die Rechenauflösung ist horizontal äquidistant 5 x 5 m. Die vertikale Auflösung ist nicht-äquidistant. Sie reicht von 1 m und 2 m bis 10 m ab 40 m ü.G.

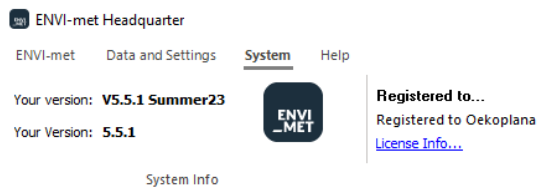
Für die Vegetation (Bäume, höhere Sträucher) wird ein Vegetationsbedeckungsgrad von 40 - 70% zu Grunde gelegt.

Die Modellrechnungen werden für zwei relevante Tagsituationen und eine Nachtsituation durchgeführt.

---

<sup>1</sup> GIESE-EICHHORN (2003): MISKAM – Handbuch. Wackernheim.

Zur Simulation der thermischen Umgebungsbedingungen (Tag- und Nachtsituation) und des Bioklimas erfolgt eine Berechnung des bodennahen Lufttemperaturfeldes. Das eingesetzte Mikroklimamodell ENVI-met<sup>2</sup> (**Grafik 3**) simuliert auf Grundlage der numerischen Strömungs- und Thermodynamik sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik die Wechselwirkung zwischen Gebäuden, Vegetation, natürlichen und künstlichen Oberflächen in einer virtuellen Umgebung.



**Grafik 3:** „Programmstempel“ ENVI-met

Bei allen Modellrechnungen findet die Erweiterung der Kläranlage Flörsheim südwestlich des Planungsgebiets Berücksichtigung.

---

<sup>2</sup> **GIESE-EICHHORN (1998/2016):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.  
Das Rechenmodell MISKAM ist ein dreidimensionales, nichthydrostatisches Strömungsmodell, das laut eines Forschungsberichtes des Landes Baden-Württemberg die Charakteristika der Strömungs- und Konzentrationsverteilung sehr gut wiedergibt.

**BRUSE, M. (2002/2023):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell, Vers. 5.5.1. Essen.

## 4 Klimawandelfolgen und klimaökologische Situation im Planungsgebiet

---

Die Region Flörsheim am Main befindet sich in der warmgemäßigten, feuchten Westwindzone. Das Klima wird überwiegend von milden, feuchten und damit wolkenreichen Luftmassen geprägt, die mit den am häufigsten vorkommenden Südwest- bis Westwinden herangeführt werden.

Die Jahressumme des Niederschlags beläuft sich im Landkreis Main-Taunus mit der Ortslage Keramag//Falkenberg im 30-jährigen Mittel (1971 - 2000) auf ca. 699 mm (GERICS<sup>3</sup> 2021), wobei der Monat Juni die größte Niederschlagshöhe (ca. 72 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. 45 mm im Februar auf.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt im mehrjährigen Mittel ca. 9.3°C (1971 – 2000) – siehe **Abbildung 8**. Die Julitemperaturen erreichen Durchschnittswerte um 18.1°C, die minimalen Durchschnittswerte werden mit 0.8°C im Januar gemessen.

Laut Statistik von GERICS sind im Landkreis Main-Taunus-Kreis im 30-jährigen Mittel (1971 – 2000)

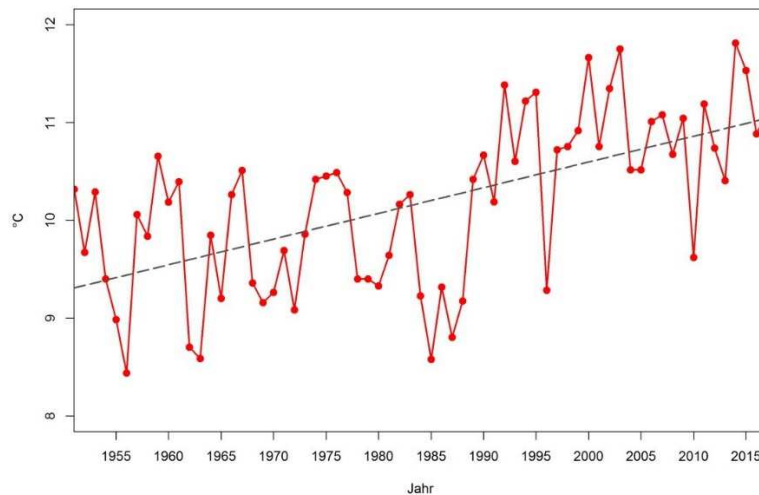
- 16.8 Eistage/Jahr ( $T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )
- 74.0 Frosttage/Jahr ( $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ )
- 6.3 heiße Tage/Jahr ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ )
- 34.6 Sommertage/Jahr ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )
- 0.3 Tropennächte/Jahr ( $T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ )

pro Jahr zu registrieren.

Bereits heute dokumentieren langjährige Daten der DWD-Station Frankfurt-Flughafen einen zu beobachtenden Lufttemperaturanstieg. **Grafik 4** zeigt für die mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum von 1951 bis 2017 einen durchschnittlichen Anstieg von 0.026 K pro Jahr, was einer Erhöhung der Lufttemperatur um 1.73 K entspricht.

---

<sup>3</sup> GERICS = Climate Service Center Germany mit Sitz in Hamburg  
[https://gerics.de/products\\_and\\_publications/fact\\_sheets/landkreise/index.php.de](https://gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/landkreise/index.php.de)



**Grafik 4:** Langjährige Jahresmittelwerte der Temperatur, gemessen an der DWD Station Frankfurt-Flughafen (aus: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH/ÖKOPLANA (2018))

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen freigesetzte CO<sub>2</sub>-Emissionen. Da aktuell nicht detailliert vorhergesagt werden kann, wie sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen.

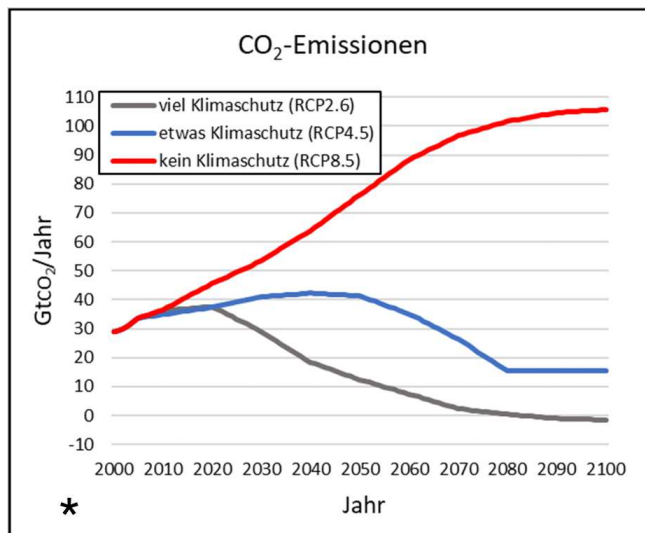
Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klima-Szenarien zur Verfügung: RCP 2.6, 4.5 und 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*).

Die Zahl in der Bezeichnung der RCP-Szenarien (siehe **Grafik 5**) benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m<sup>2</sup>, der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird:

- Das RCP-Szenario 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. 3 W/m<sup>2</sup>. Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf 2,6 W/m<sup>2</sup> ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2°C-Ziel nicht überschreiten, sodass RCP 2.6 als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.
- Das RCP-Szenario 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.

- Das RCP-Szenario 8.5 weist den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und eine Zunahme der globalen Mitteltemperatur um ca. 4°C gegenüber dem Zeitraum 1985 – 2005 bewirken würde. Das RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher-Szenario“ bezeichnet.

Aktuell befinden wir uns, nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes, mit den globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf dem „Pfad“ des RCP-Szenarios 8.5. Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen. Im vorliegenden Gutachten werden nachfolgend vornehmlich Werte zu Klimaänderungen des RCP-Szenarios 8.5 beschrieben.



**Grafik 5:** Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (nach CUBASCH ET AL. 2013, Grafik: GERICS 2021 ).

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Main-Taunus-Kreis 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 ansteigen (**Abbildung 8**).

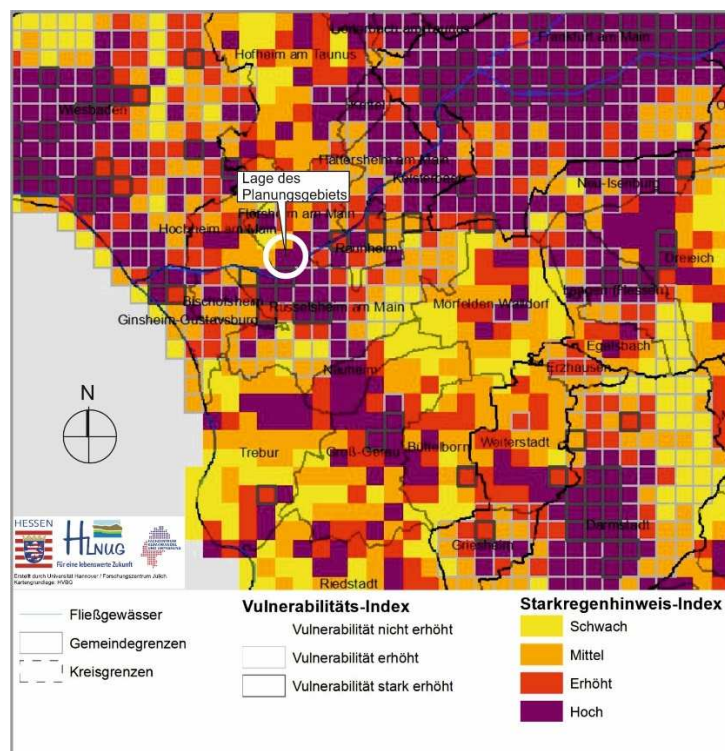
Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird sich um ca. 5.0 Tage/Jahr bzw. 13.0 Tage/Jahr erhöhen.

Den Projektionen liegt das Antriebsszenario RCP8.5 zu Grunde. Da zugleich die Anzahl der Tropennächte (+2.2 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. Die zunehmende Hitzebelastung mindert auch die Produktivität am Arbeitsplatz.

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

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag ( $\geq 20$  mm/Tag) wird von 3.1 Tage/Jahr (1971 – 2000) auf ca. 4.1 Tage/Jahr (2036 – 2065) zunehmen.

Wie der nachfolgende Ausschnitt aus der Starkregen-Hinweiskarte (basierend auf Daten von 2001 – 2020) der HLNUG für Hessen zeigt (**Grafik 6**), besteht bereits heute in Flörsheim am Main ein hohes Risiko für schadensreiche Starkregenereignisse. Der Starkregenhinweis-Index basiert dabei auf der Zusammenschau von Starkregenereignissen, Versiegelungsgrad und überflutungsgefährdeten Flächenanteilen. Der Vulnerabilitäts-Index berücksichtigt die Einwohnerdichte, die Anzahl der Krankenhäuser, die Anzahl gewerblicher Flächen mit Gefahrstoffeinsatz und die Bodenerosionsgefahr. Bei Neubaumaßnahmen sind daher ausreichende Retentionsmöglichkeiten zu berücksichtigen.



**Grafik 6:** Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020).  
Grafikquelle: <https://www.hlnug.de>

Analysiert man die mehrjährigen Winddaten (2010 – 2021) der nächstgelegenen DWD-Station Frankfurt-Flughafen (**Abbildung 9**) und der HLNUG-Luftmessstation Raunheim (**Abbildung 10**), so zeigt sich, dass die vorherrschenden Windrichtungen im Raum Keramag/Falkenberg im Allgemeinen Südsüdwest bis Westsüdwest und Nordnordost bis Ostnordost sind, wobei es durch die Flächennutzung und das Relief lokal zu leichten Differenzierungen kommen kann.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel (1981 – 2000)<sup>4</sup> im Bereich des Planungsgebiets ca. 2.5 - 3.0 m/s, wodurch eine mäßige Durchlüftung möglich ist. Innerhalb der Bebauung sinkt die mittlere Windgeschwindigkeit auf Werte von unter 2.0 m/s, so dass dort von insgesamt geringer Durchlüftungsintensität 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.

In den Nachtstunden häufen sich zunehmend nordöstliche Winde mit mittleren Windgeschwindigkeiten von ca. 1.8 – 2.9 m/s. Die geringeren Windgeschwindigkeiten deuten darauf hin, dass die Nordostwinde häufig mit schwächer ausgeprägten Regionalströmungen in Verbindung zu bringen sind. Diese entwickeln sich als Sammelstrom des Wetterauwindes, der Bergwinde des Maintals und des Niddaltals sowie der darin einmündenden Taunustäler. Im Planungsgebiet sind zudem Einflüsse lokaler Kaltluftabflüsse entlang des Wickerbachs und aus dem nördlichen Freiraumgefüge zu erwarten, die in schwacher Intensität bis zum Main Wirkung zeigen.

Im Rahmen der Klimaanalyse 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 11** sind exemplarisch 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.

Die Winddaten dokumentieren, dass derartige Situationen des Öfteren mit Winden aus nordöstlichen bis östlichen Richtungssektoren in Verbindung stehen. In Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr) ist im Planungsgebiet und in dessen Umfeld eine Häufung nördlicher ostnordöstlicher Kaltluftbewegungen zu erwarten.

---

<sup>4</sup> Aus: **Deutscher Wetterdienst (2004)**: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (10 m ü.G.) in der Bundesrepublik Deutschland. Offenbach a. M.

Sie tragen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld wesentlich zur Belüftung bei.

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

Wie Ergebnisse satellitengebundener Infrarotaufnahmen für die Sommermonate 2018 – 2023 (**Abbildung 12**) dokumentieren, zeigen die Wiesen/Landwirtschaftsflächen im Planungsgebiet mit 33 - 36°C am Tag ein mittleres Oberflächentemperaturniveau. Das Gewerbegebiet West V.1 weist Tagesoberflächentemperaturen von über 42°C auf. Im Siedlungsgebiet Keramag/Falkenberg sind 36 – 42°C zu verzeichnen. Auffallend niedrigere mittlere Oberflächentemperaturen zeigen Gehölzüberstellte Flächen (27 – 33°C). Die thermische Gunstwirkung schattenwerfender Gehölzflächen und unversiegelter Freiflächen wird damit offensichtlich.

An heißen Sommertagen sind tagsüber zwischen dem Planungsgebiet und dem Ortszentrum von Weilbach Lufttemperaturunterschiede von ca. 1 – 2 °C zu erwarten. Deutlich größere Lufttemperaturunterschiede werden am Tag durch den meist intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch unterbunden.

Bereits vor Sonnenuntergang setzt die Abkühlung ein und ist allgemein in der ersten Nachthälfte am stärksten. Die thermische Situation wird dabei vermehrt durch die Topographie (z.B. Tallage, Hanglage, Muldenlage), die Flächennutzung und durch die innerhalb der Bebauung graduell unterschiedlich wirksamen Ventilatoreffekte lokal, regional und überregional angelegter Luftströmungen beeinflusst. In den Nachtstunden kühlen die Oberflächen auf Grund fortdauernder Ausstrahlung und fehlender Einstrahlung zunehmend ab und demzufolge die darüber liegenden Luftschichten. Intensive Abkühlung erfolgt im Bereich vegetationsbedeckter Flächen, während sich innerhalb dichter Bebauung Wärmeinseln ausbilden. Dabei ist anzumerken, dass die stärkste Abkühlung meist zu allen Jahreszeiten in den gleichen Lagen auftritt.

Das Planungsgebiet ist durch Landwirtschafts- und Gehölzflächen sowie durch Kleingärten geprägt. Dadurch stellt sich das Planungsgebiet thermisch vergleichsweise günstig dar. Das Gelände besitzt noch Abkühlungspotenzial für die benachbarten Wohnlagen und die östlich und südlich benachbarten Gewerbegebietsflächen.

**Abbildung 14** skizziert nochmals zusammenfassend die wesentlichen lokalklimatischen Gegebenheiten (Stand: 1993):

- Das Planungsgebiet stellt aktuell einen siedlungsnahen klimaökologischen Ausgleichsraum dar. Die Kaltluftproduktionsrate über den Landwirtschaftsflächen ist als sehr hoch einzustufen.
- In stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten ist im Planungsgebiet insbesondere in der ersten Nachthälfte mit schwachen Kaltluftbewegungen über das Wickerbachtal / Mühlgraben aus Norden zu rechnen. Im Laufe der zweiten Nachthälfte beeinflussen in der Regel zunehmend regional angelegter Nordost-Winde das ortsspezifische Belüftungsgeschehen.
- Die nächtliche Überwärmung des Siedlungskörpers Keramag/Falkenberg ist aufgrund der Durchgrünung ist als mäßig einzustufen, während die Gewerbegebietsflächen im Süden und Osten prägnante Wärmeinseln ausbilden.

Aus den o.a. lokalklimatischen Gegebenheiten resultiert für das Planungsgebiet, dass aus klimafunktionaler Sicht bei Berücksichtigung der örtlichen Belüftungsstrukturen - hierbei sind insbesondere die in Richtung benachbarter Wohnbebauung zielenden Windrichtungen zu beachten - und moderater Oberflächenversiegelungen Umnutzungen (Freiland → Wohnbebauung) möglich sind. Eine markante Ausdehnung des planungsgebedingten Wärmeinseleffektes in die benachbarte Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg hinein ist zu vermeiden.

## **5 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens**

---

Wie in Kap. 4 erläutert, ist die Berücksichtigung klimaökologischer Belange bei der baulichen Entwicklung des Planungsgebiets „Gewerbegebiet West V.2“ angesichts des prognostizierten Klimawandels von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Bei der baulichen Inanspruchnahme klimaökologisch wirksamer Freiflächen ist darauf zu achten, dass das Areal in ausreichendem Maße grünordnerisch ausgestaltet wird und die Möglichkeit eines möglichst intensiven bodennahen Luftaustausches mit dem Planungsumfeld bestehen bleibt. Die zusätzliche Ausbildung großflächiger Windstagnationsbereiche mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist im Planungsumfeld möglichst zu vermeiden.

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

In einem weiteren Analyseschritt werden für relevante Windrichtungen die planungsbedingten Veränderungen bzgl. der lokalen Belüftungsintensitäten berechnet.

Zuletzt erfolgt eine Bilanzierung der zu erwartenden thermischen / bioklimatischen Modifikationen an heißen Sommertagen und in warmen Sommernächten.

### **5.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen**

#### **5.1.1 Grundlagen**

Bei der Betrachtung und Bewertung der klimaökologische Auswirkungen der geplanten Bebauung im Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“ sind wind-schwache Sommer- / Hitzetage wegen ihres bioklimatischen Belastungspotenzials von besonderem Interesse. Wichtige Ausgleichsfaktoren für die im Tagesverlauf auftretenden hohen Temperaturen sind in von Überhitzung betroffenen Siedlungsgebieten die nächtliche Abkühlung und der Zustrom kühler Luft durch Kaltluftfließbewegungen / Flurwinde (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG 2013).

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

Wie in **Tabelle 1** aufgeführt, weisen Grünland/Streuobstwiesen/Rasenflächen und Ackerflächen die höchsten Kaltluftproduktionsraten auf. Der westliche Teilbereich des Planungsgebiets ist daher im Regionalplan als Teil eines „Vorbehaltsgebietes für besondere Klimafunktionen“ dargestellt.

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

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

Die Intensität der Kaltluftströmung ist von der Geländeneigung sowie von der Oberflächenrauigkeit des Bewuchses und von regionalen Strömungsprozessen abhängig. Die Reibungskraft der Oberflächen bremst die Strömungsdynamik.

Kaltluftbewegungen zeigen in der ersten Nachthälfte die größten Fließgeschwindigkeiten, da im Laufe der Nacht die Stabilität der Luftschichtung und damit die Neigung zur Ausbildung von ortsfesten Kaltluftseen (in ebenem Gelände bzw. in Mulden) zunimmt.

Kaltluftstaus bilden sich im Luv von natürlichen und anthropogenen Hindernissen (Wald- und Siedlungsrand, Straßendamm u. a.). Die kalte Luft staut sich bis zur Hindernishöhe oder etwas darunter auf, bis bei weiterem Nachfließen von Kaltluft das Hindernis schließlich überströmt wird (KING, 1973).

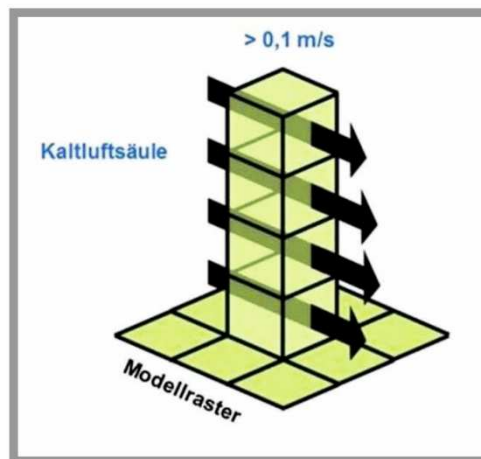
Kleinere Hindernisse werden von der zuströmenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubbildung um- oder überströmt.

Die potenzielle Ausgleichsleistung der Kaltluftströmung lässt sich recht umfassend aus zwei miteinander gekoppelten Parametern des Kaltluftprozessgeschehens ableiten:

1. Aus dem **Kaltluftvolumenstrom**, der das in einer bestimmten Zeiteinheit transportierte Gesamtvolumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt.

Dabei wird das Luftvolumen über die variable absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert), während die horizontale Breite der Fläche stets einem Meter entspricht („Kaltluftvolumenstromdichte“, siehe **Grafik 4**).

Geschwindigkeit und Richtung können innerhalb der Luftsäule veränderlich sein.



**Grafik 7:** Prinzipskizze Kaltluftvolumenstromdichte (nach: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2019)

2. Aus der **bodennahen Strömungsgeschwindigkeit**, die aufzeigt, inwieweit die Kaltluft tatsächlich in den Aufenthaltsbereich des Menschen durchgreifen kann und nicht etwa zu wesentlichen Anteilen in höheren Schichten des Überdachniveaus stattfindet. Die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit ist nicht nur von der Mächtigkeit der Kaltluftschicht und damit von der tatsächlich transportierten Masse an Kaltluft abhängig, sondern auch von der Windoffenheit der bodennahen Nutzungsstrukturen.

Zur Beschreibung des nächtlichen Kaltluftströmungsgeschehens im Planungsgebiet und in dessen Umfeld sowie zur Bestimmung des Einflusses der geplanten Bebauung auf die lokale Kaltluftdynamik werden nachfolgend auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (siehe **Abbildung 3**) und der Flächennutzung (siehe **Abbildung 14**) Kaltluftströmungssimulationen durchgeführt.

Das Modell KLAM\_21 berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt: Siedlung dicht, Siedlung locker, Gehölze / Wald, Bahntrasse / halb versiegelte Flächen, Industrie / Gewerbe, Rebflächen, unversiegelte Flächen, versiegelte Flächen und Wasserflächen.

Zusammenhängende Siedlungsflächen 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.

Die Bebauung im Planungsgebiet wird als detaillierte Bebauung mit entsprechenden Gebäudehöhen aufgelöst, um den kleinräumigen Einfluss auf das örtliche Kaltluftgeschehen herausarbeiten zu können. Dabei werden die Baufelder bei den mesoskaligen Berechnungen im Sinne eines Worst-Case-Szenarios als vollständig überbaut angenommen. Als max. Gebäudehöhe wird den Berechnungen ein Wert von 20 m zu Grunde gelegt.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst eine Gebietsgröße von 3.25 x 3.25 km (10.6 km<sup>2</sup>), so dass die planungsnahen Kaltlufteinzugsgebiete und Kaltluftwirkgebiete mitberücksichtigt werden.

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftbewegungen optimale Situation, d.h. eine klare und windschwache Nacht mit großräumigeren nordöstlichen Winden (2.0 m/s).

## 5.1.2 Ergebnisse

Die **Abbildungen 15.1** und **15.2** zeigen für den **Ist-Zustand** die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen in der ersten Nachhälfte - drei Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung<sup>5</sup>. Bioklimatisch ist der Zeitpunkt von Bedeutung, da im Hochsommer tagsüber überwärmte Wohnungen in der ersten Nachhälfte meist nochmals durchgelüftet werden. Kühle Umgebungsverhältnisse intensivieren die bioklimatische Entlastungswirkung.

In dieser Kaltluftbildungsphase bestimmen im Planungsgebiet schwache bis mäßige (0.5 – 1.0 m/s, Kaltluftschichtmittel) nördliche bis nordnordöstliche Kaltluftbewegungen das bodennahe Ventilationsgeschehen. Wie die Windvektoren verdeutlichen, gelangt die kühlere Luft aus dem nördlichen Freiraumgefüge und dem Wickerbachtal / Mühlgraben in das Planungsgebiet. Zudem wird örtlich Kaltluft gebildet.

Die Logistikhalle im Bereich des östlich benachbarten Gewerbegebiets West V.1 bildet im Ist-Zustand eine Strömungsbarriere, kann jedoch allseitig umströmt werden. Dadurch bleibt die Windschattenwirkung räumlich recht eng begrenzt. Die Ortslage Keramag/Falkenberg westlich des Wickerbachs wird über Kaltluftbewegungen aus nördlichen Richtungen belüftet. Prägnante östliche Luftaustauschbewegungen zwischen dem Planungsgebiet und der Wohnbebauung Keramag/Falkenberg sind nicht zu bilanzieren. Ermittelt man das vom Planungsgebiet West V.2 in Richtung Keramag/Falkenberg fließende Kaltluftvolumen (**Abbildung 15.2**), so ergibt sich an dessen östlicher Ortsgrenze (Profil A1 – A2) in der ersten Nachthälfte ein Wert von 790 m<sup>3</sup>/s. Entlang des Mains werden in Richtung Rüsselsheim über die Bewertungsprofile B1 – B2 und B2 – B3 Kaltluftvolumenströme von 976 m<sup>3</sup>/s bzw. von 2.585 m<sup>3</sup>/s bestimmt.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) können kleinere Siedlungsgebiete ab einem Kaltluftvolumenstrom von ca. 10.000 m<sup>3</sup>/s durchströmt werden. Ein Kaltluftvolumenstrom von 1.000 m<sup>3</sup>/s dringt bei lockerer Siedlungsrandbebauung in weitgehend ebenen Lagen ca. 100 m in die Bebauung vor.

Die im **Plan-Zustand** an den Gewerbebauten im Planungsgebiet zu erwartenden Veränderungen beim Windfeld können in schematischer Weise wie folgt beschrieben werden. Die Bebauung wirkt im vorliegenden Fall für die von Norden bzw. Nordnordosten zuströmenden Kaltluft als Barriere. Die Strömung wird daher vor den Baukörpern verzögert, was in Luv-Lage zu einer windberuhigten Zone führt. Auch hinter (Lee-Lage) den Baukörper wird die Strömung abgeschwächt.

---

<sup>5</sup> In den Monaten Juni/Juli entspricht dies ca. dem Zeitpunkt 23:15 – 23:45 Uhr (MEZ)

Der im Luv-Bereich verzögerte Anteil der Strömung wird stellenweise mit etwas höherer Windgeschwindigkeit an den Seiten vorbeigeführt (Umströmungseffekt) oder überströmt die Dächer (Überströmungseffekt). Hierbei verliert die Kaltluft durch die Wärmeabstrahlung der Dachfläche an Kühlwirkung (Kaltluftaufzehrungseffekt).

Legt man den Kaltluftströmungssimulationen den **Plan-Zustand** zu Grunde (**Abbildungen 16.1 – 17**), so kommt es erwartungsgemäß durch die geplante Bebauung im bodennächsten Luftraum im Luv zu ausgedehnteren gebäudebedingten Kaltluftstauwirkungen, gekennzeichnet bei den Differenzdarstellungen durch gelbe und orange Farbtöne. Wohnbebauung ist hiervon aber nicht betroffen.

Zwischen den Gewerbegebieten West V.1 und West V.2 sowie entlang der Grünzone am Wickerbach ist eine leichte Intensivierung der Kaltluftfließgeschwindigkeiten zu verzeichnen, wodurch im Lee die Abnahme des Kaltluftvolumenstroms minimiert wird.

Ermittelt man auch für den Plan-Zustand den über das Bewertungsprofil A1 – A2 sich bewegenden Kaltluftvolumenstrom in Richtung Keramag/Falkenberg, so ergibt sich ein Wert von 755 m³/s. Gegenüber dem Ist-Zustand nimmt der Kaltluftvolumenstrom an der östlichen Siedlungsgrenze um ca. 4.4% ab. Im Bereich der Bewertungsprofile B1 – B2 und B2 – B 3 am Main ist eine planungsbedingte Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von ca. 8,1% (976 m³/s → 897 m³/s) bzw. 8.7% (2.585 m³/s → 2.359 m³/s) zu bilanzieren.

Laut VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ (**Tabelle 2**) wäre eine Verringerung der Strömungsvolumina von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als „gravierender Eingriff“ mit nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet (hier: Keramag/Falkenberg und Rüsselsheim) zu bewerten. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ einzustufen. Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten.

Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5 %	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch
Veränderung der Häufigkeit des Auftretens (in Jahresstunden)			
Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5 %	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch

**Tabelle 2:** Klimaökologische Bewertung von planungsbedingten Modifikationen des Kaltluftvolumenstroms oder der Kaltluftfließgeschwindigkeit (aus: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 2003, S. 53)

Somit sind in der Ortslage Keramag/Falkenberg und in Rüsselsheim in der ersten Nachthälfte keine relevanten klimatische Auswirkungen durch das geplante „Gewerbegebiet West V.2“ zu erwarten.

Im Laufe der zweiten Nachthälfte (**Abbildungen 18.1 – 20**) dehnt sich die Barrierewirkung des geplanten „Gewerbegebiets West V.2“ in den bodennächsten Luftschichten zwar in Luv- und Lee-Lage aus, durch die Zunahme der lokalen Kaltluftmächtigkeit (> 30 m) verringert sich jedoch die relative planungsbedingte Abnahme Des Kaltluftvolumenstroms im Bereich der Profile A1 – A2, B1 - B2 und B2 – B3 auf 5.1%, 3.6% und 4.7%.

Nach VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ sind bei derartig geringen Veränderungen der Kaltluftvolumina keine relevanten Klimamodifikationen zu erwarten.

Dies ist auch Ergebnis bei Anwendung des Bewertungsschemas nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (Entwurf – März 2024).

## 5.2 Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation

Durch die bauliche Inanspruchnahme bisheriger Freiflächen ist örtlich mit einer Reduzierung der bodennahen Belüftungsintensitäten zu rechnen. Eine ausreichende Belüftung ohne großflächige Ausbildung von Luftstagnationsbereichen (Windgeschwindigkeit < 0.3 m/s) ist zum einen zur Begrenzung der sommerlichen Wärmebelastung erforderlich und zum anderen unterbindet eine möglichst intensive Belüftung ganzjährig die Akkumulation von Luftschadstoffen.

Nachfolgend wird mit Hilfe des Modell MISKAM Vers. 6.3 der Einfluss der geplanten Bebauung auf die örtliche Belüftungssituation analysiert. Dem Plan-Zustand wird dabei der aktuelle Ist-Zustand gegenübergestellt.

Das Untersuchungsgebiet umfasst eine Flächengröße von 1.000 x 600 m zzgl. erforderlicher Randbereiche.

Bei Plan-Zustand wird auf Grundlage des Vorentwurfs zum Bebauungsplan eine beispielhaft max. ausgedehnte Bebauung (GRZ 0.6) mit einer Gebäudehöhe von jeweils 20 m angenommen. Gegenüber den mesoskaligen Kaltluftströmungssimulationen wird bei den mikroskaligen Berechnungen zum lokalen Belüftungsgeschehen die angestrebte Kleinteiligkeit der Bebauung berücksichtigt.

Die Modellrechnungen werden jeweils für zwei typische Tagsituationen und eine relevante Nachtsituation durchgeführt.

**Vorgaben Tagsituation:**

- Westsüdwestwind (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.  
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschender Hauptwindrichtung. Labile Luftschichtung.
- Ostnordostwind (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.  
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung in Richtung der Ortslage Keramag/Falkenberg bei vorherrschendem Sekundärmaximum der Windrichtung. Labile Luftschichtung.

**Vorgaben Nachtsituation:**

- Ostnordostwind (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.  
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung in Richtung der Ortslage Keramag/Falkenberg bei vorherrschendem großwetterlagenbedingtem Wind aus Ostnordosten. Leicht stabile Luftschichtung.

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

Zur Verdeutlichung der Strömungsmodifikationen durch den Plan-Zustand werden zusätzlich Differenzendarstellungen zum Ist-Zustand abgebildet (2 m ü.G.).

### 5.2.1 Tagsituation – Windanströmung aus Westsüdwesten (250°)

Wie der **Abbildungen 9** zu entnehmen ist, herrschen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld am Tag zumeist südwestliche bis westsüdwestliche Windrichtungen vor (= Hauptwindrichtung). Die Häufigkeit liegt bei ca. 36% der Tagstunden im Mittel der Jahre 2010 – 2021.

Die **Abbildung 21.1** zeigt das für den **Ist-Zustand** berechnete Windfeld der Höhengschicht 2.0 m ü.G.

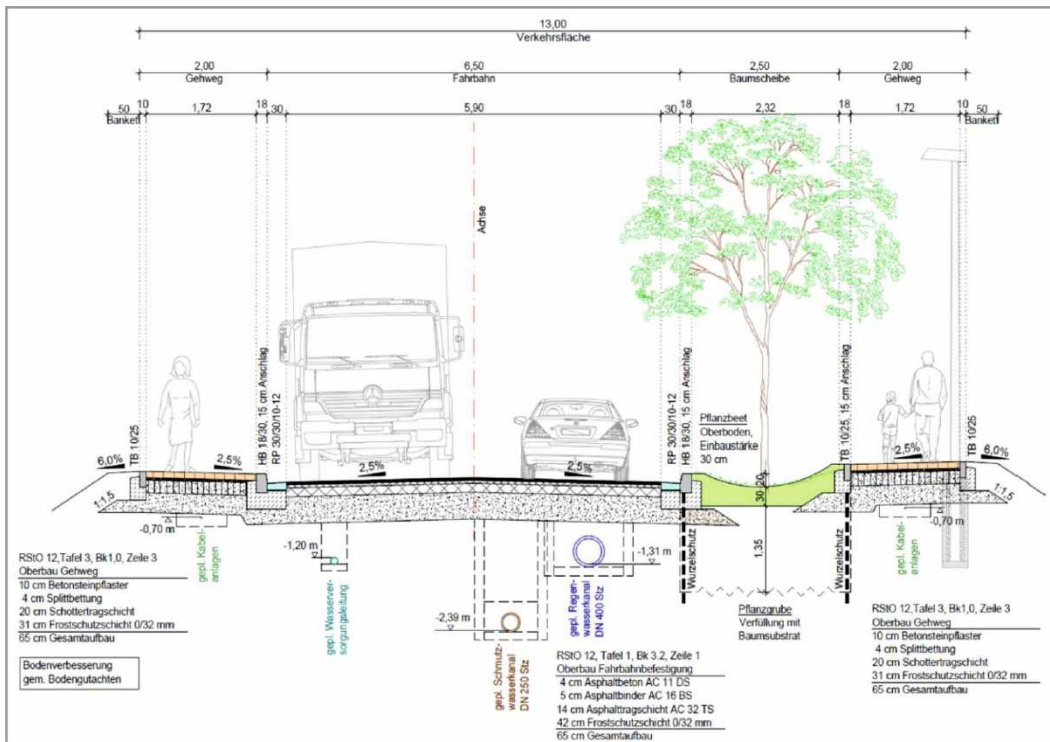
Im Bereich des Planungsgebiets werden über den raugkeitsarmen Landwirtschaftsflächen / Wiesen in einer Höhe von 2.0 m ü.G. mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1.0 und 1.6 m/s berechnet. Eine großflächige Neigung zu Luftstagnation mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist somit nicht zu verzeichnen. Kleinflächige Windabschwächungen werden im Bereich bzw. im Lee von höheren Vegetationsbeständen (z.B. im nordöstlichen Planungsteilgebiet) ermittelt.

In der Ortslage Keramag/Falkenberg und in den zum Planungsgebiete benachbarten Gewerbegebietsflächen bleiben Luftstagnationstendenzen mit Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s auf die unmittelbaren Gebäudeluv- und Gebäudeleelagen begrenzt. Hier wird die mittlere Windgeschwindigkeit durch Stau- und Wirbeleffekte um bis zu ca. 90% reduziert.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 17.2 und 17.3)** nimmt die Belüftungsintensität durch die bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen am Planungsstandort ab. Zusätzliche Luftstagnationstendenzen bleiben aber auch hier auf die unmittelbaren Gebäudeluv- und Gebäudeleelagen begrenzt. Im Gewerbegebiet West V.1 östlich des Planungsgebietes wird keine relevante bodennahe Windabschwächung simuliert, da die bestehende Logistikhalle in Richtung Ostnordosten bereits eine markante Strömungsbarriere darstellt.

Im Bereich der Ortslage Keramag/Falkenberg zeigen sich keine planungsbedingten Windabschwächungen. Bei vorherrschenden Westsüdwest-Winden bleiben planungsbedingte Staueffekte auf die geplante „Öffentliche Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün“ östlich des Wickerbachs begrenzt.

Innerhalb des Planungsgebiets bildet die zentrale Erschließungsstraße (Breite 13 m, siehe **Grafik 8**), auch bei baulicher Inanspruchnahme der Grundstücke bis an die beidseitig um 5 m zurückversetzten Baugrenzen, eine funktionsfähige Belüftungssachse. Hier kann der vorherrschende Höhenwind bodennah durchgreifen und den örtlichen Luftaustausch forcieren.



**Grafik 8:** Regelquerschnitt der Planstraße. Entwurf: DILLIG INGENIEURE GMBH, Stand: 01.06.2023. Aus: PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU (2023)

An den westlichen Gebäudekanten der potenziellen Bebauung sind leichte Windbeschleunigungen zu erwarten, die aus lufthygienischer Sicht als vorteilhaft einzustufen sind.

### 5.2.2 Tagsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (70°)

Die Windstatistik in **Abbildung 9** dokumentiert, dass nordnordöstliche bis ostnordöstliche Windrichtungen am Tag bzgl. ihrer Häufigkeit das Sekundärmaximum bilden. Die möglichen planungsbedingten Windschatteneffekte der Bebauung im geplanten „Gewerbegebiet West V.2“ sind zur Ortslage Keramag/Falkenberg hin gerichtet.

Die Ergebnisse der durchgeführten Strömungssimulationen (**Abbildungen 22.1 – 22.3**) lassen erkennen, dass relevante planungsbedingte Windfeldmodifikationen ausschließlich auf das Planungsgebiet selbst beschränkt bleiben. Die verbleibenden Freiflächen in Richtung der Wohnbebauung Keramag/Falkenberg (Breite ca. 125 – 140 m) sind ausreichend dimensioniert, um die planungsbedingte Windschatteneffekte wirksam aufzufangen.

Durch die gewählten Erschließungsstrukturen, die zugleich als Ventilationsachsen/-flächen dienen, werden großflächige Windstagnationserscheinungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von unter 0.3 m/s vermieden.

### **5.2.3 Nachtsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (70°)**

Während stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten Hochdruckwetterlagen häufen sich im Planungsgebiet in den Nachtstunden Winde aus nordöstlichen bis ostnordöstlichen Richtungssektoren (siehe **Abbildungen 11**). Derartige Situationen mit stabiler Luftschichtung wurden in Kap. 5.1.2 geprüft und bewertet.

Warme Sommernächte bzw. Tropennächte können aber auch in Verbindung mit vermehrt bewölkten Nächten und nur leicht stabiler Luftschichtung auftreten. Derartige Verhältnisse beschreiben die Strömungskarten in den **Abbildungen 23.1 – 23.3**. Dabei wird ein schwacher Ostnordostwind vorausgesetzt.

Vergleichbar mit der Situation mit Ostnordostwinden am Tag, bleiben auch in der Nacht die Windschatteneffekte der potenziellen Bebauung im Planungsgebiet „West V.2“ auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt und betreffen nicht die Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg westlich des Wickerbachs.

Im Planungsgebiet ist die resultierende Belüftungsstärke ausreichend, um großflächige Luftstagnation zu unterbinden. Dies gilt auch dann, wenn die Bebauung bis an die Baugrenzen herangeführt wird.

### 5.3 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima

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

Die nachfolgenden Berechnungen zur Lufttemperatur beziehen sich auf bioklimatisch besonders belastende heiße Tage mit Tageshöchsttemperaturen von über 30°C (16:00 Uhr ungefährender Zeitpunkt der höchsten thermischen Belastung, siehe **Abbildung 11**) bzw. auf warme Sommernächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt bis zu dem in der Regel in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zu-Bett-Gehen nochmals durchgelüftet werden).

Bei der Berechnung des Bioklimaindizes PET wird der 14:00 Uhr Termin gewählt, da zu diesem Zeitpunkt in Kombination Sonneneinstrahlung / Lufttemperatur die höchste bioklimatische Belastung zu erwarten ist. Dabei wird den Berechnungen ein Sommertag ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) zu Grunde gelegt, um im Resultat eine möglichst große Spannbreite unterschiedlicher Belastungsstufen herausarbeiten zu können.

Bei den Modellrechnungen wird davon ausgegangen, dass die Erschließungsstraßen im Planungsgebiet asphaltiert sind. Für die unbebauten Flächen wird ein Pflasterbelag mit einer Albedo von 0.4 angenommen. Im Bebauungsplan-Vorentwurf ist bei den Festsetzungen ein Albedowert von mindestens 0.2 angegeben. Die höhere Albedo wird verwendet, da Grünflächen auf den Grundstücken unberücksichtigt bleiben (ihre Lage ist nicht explizit festgesetzt) und damit ihre kühlende Wirkung fehlt. Im Sinne eines Worst-Case-Szenarios wird zudem keine Dachbegrünung berücksichtigt. Es ist noch nicht geklärt, welche Dachaufbauten (z.B. Klima-/Lüftungsanlagen) erforderlich werden und welche Gebäudeteile statisch entsprechend ausgelegt sind.

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

Wie bereits o.a., wird für die Tagsituation als humanbioklimatisches Maß ergänzend die physiologische Äquivalenttemperatur (engl. Physiological Equivalent Temperature, PET) berechnet, um die Aufenthaltsqualität im Bereich des Planungsgebiets und seines Umfeldes vertiefend zu bewerten.

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

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

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

- Geschlecht: männlich
- Alter: 35 Jahre
- Gewicht: 75 kg
- Größe: 1,75 m
- Körperoberfläche: 1,9 m<sup>2</sup>
- metabolische Rate: 80 W (leichte Tätigkeit, sitzend)
- Kleidungsfaktor: 0,9 clo

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

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

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

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

### 5.3.1 Thermische Situation an einem heißen Sommertag (16 Uhr) mit westsüdwestlicher Luftströmung (250°)

Die **Abbildung 24.1** 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 für Strahlungswetterlagen typische westsüdwestliche Luftströmung (240°) mit einer Geschwindigkeit von 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. (= wind-schwache Situation)

Bei Lufttemperaturen im Bereich schattenwerfender Gehölzbestände von ca. 32.6 – 33.3°C werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen Lufttemperaturen bis ca. 36.2°C berechnet. Über Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen bis ca. 34.1°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar.

Das Planungsgebiet „Gewerbegebiet West V.2“ tritt mit seinen Landwirtschaftsflächen, Wiesen und Gehölzen als mäßig überwärmtes Freilandklimatop hervor.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 2.7°C gegen 16:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Mit der Realisierung der im Bebauungsplanvorentwurf festgesetzten Bebauung und den grünordnerischen Maßnahmen (**Plan-Zustand, Abbildungen 19.2 und 19.3**) sind nur im unmittelbaren Planungsumfeld thermische Veränderungen zu erwarten. So treten bspw. die neuen Erschließungsstraßen als zusätzliche „Wärmebänder“ hervor. Im Nahbereich der potenziellen Neubauten bewirken am Tag deren Schattenwürfe sowie die Verwendung heller Oberflächenmaterialien eine Begrenzung der Aufheizung.

Ostnordöstlich des Plangebiets bleiben Lufttemperaturzunahmen von ca. 0.3 – 0.9 K auf den Nahbereich der bestehenden Logistikhalle im Gewerbegebiet West V.1 begrenzt. Wohnbebauung ist von den planungsbedingten Änderungen der thermischen Umgebungsbedingungen nicht betroffen.

### 5.3.2 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (16 Uhr / 14 Uhr) mit ostnordöstlicher Luftströmung (70°)

Auch bei vorherrschenden Winden aus ostnordöstlichen Richtungen (**Abbildungen 25.1 – 25.3**) gehen an stadtklimatisch besonders relevanten heißen Sommertagen von den nach Planungsentwurf möglichen Gebäude- und Flächennutzungsstrukturen im Bebauungsplangebiet „West V.2“ keine gravierenden thermischen Negativeffekte in Richtung der Ortslage Keramag/Falkenberg aus.

Am Tag ist die vom Planungsgebiet ausgehende Warmluftfahne in Richtung West-südwesten auf die Grünflächen am Wickerbach begrenzt. Die Wiesen und Gehölzflächen (siehe **Foto 1**) bilden mit ihrer „Kühlwirkung“ einen wirksamen Puffer.



**Foto1:** Blick auf die Grünflächen / Freizeitflächen entlang des Wickerbachs (Fotos: ÖKOPLANA)

Innerhalb des geplanten Gewerbegebiets West V.2 bilden die Erschließungsstraßen und -flächen die „Hot-Spots“. Demgegenüber sind die öffentlichen Flächen besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün sowie die Flächen zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser als klimaökologische Gunsträume zu definieren. Hier werden gegenüber den zentralen Erschließungsflächen um über 1.0 K niedrigere Lufttemperaturen bestimmt.

Das vom Land Hessen propagierte Leitziel, die von Gewerbegebietsflächen ausgehende Wärmebelastung und Wärmeaura am Tag möglichst kleinräumig zu begrenzen (HLNUG 2021: Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft! – Klimawandel in Hessen . Schwerpunktthema), wird damit erfüllt.

In den **Abbildung 26.1 – 26.3** sind die Ergebnisse von PET-Simulationen (= Bioklimamaß) exemplarisch für einen typischen Sommertag für den **Ist- und Plan-Zustand** vergleichend dargestellt.

Im Ist-Zustand erreichen die PET-Werte (~ gefühlte Temperatur) im Untersuchungsgebiet mit etwa 24.0°C bis 46.0°C eine Spanne von 22.0°C. Die niedrigsten PET-Werte werden im Baum- und Gebäudeschatten simuliert. Extreme bioklimatische Belastungen mit PET-Werten von über 41.0°C sind über versiegelten Flächen / Straßenzügen ohne Haus- und Baumschatten und mit abgeschwächter bodennaher Ventilation sowie über den Bahngleisen südlich des Planungsgebiets zu bilanzieren.

Die bioklimatische Situation im Wohngebiet Keramag/Falkenberg zeichnet sich dadurch aus, dass durch die lockere Durchgrünung mit Hausgärten extrem starke Wärmebelastungen (PET > 41°C, siehe **Tabelle 1**) nur punktuell berechnet werden. Günstige bioklimatische Verhältnisse (= schwache Wärmebelastung) ergeben sich typischerweise im Baum- und Gebäudeschatten.

Mit Realisierung der geplanten Bebauung ist im Planungsumfeld bzgl. der bioklimatischen Umgebungsbedingungen mit keinen Veränderungen zu rechnen (siehe **Abbildung 26.3**).

### **5.3.3 Thermische Situation in einer Sommernacht (23 Uhr) mit schwacher nördlicher Luftströmung (0°)**

Wie u.a. in Kap. 5.1 bereits erläutert, setzen am Planungssandort in stadtklimatisch besonders relevanten Sommernächten in der ersten Nachthälfte vermehrt lokal angelegte Kaltluftströmungen aus nördlichen Richtungssektoren ein. Daher wird nachfolgend den Berechnungen eine beispielhafte Situation mit schwachen Nordwinden (1.5 m/s) und leicht stabiler Luftschichtung zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für den **Ist-Zustand (Abbildung 27.1)** belegen, dass die Landwirtschaftsflächen, Wiesen und Gehölzflächen im Planungsgebiet „West V.2“ als lokale Temperatursenken fungieren. Bei vorherrschenden Winden aus Norden kann die aus dem nördlichen Freiraumgefüge / Wickerbachtal / Mühlgraben zuströmende Kaltluft weitgehend ungehindert nach Süden in Richtung des Tanklagers / Main (Gewerbegebiet West I) vordringen und dort die nächtliche Abkühlung forcieren. Demgegenüber wird im Gewerbegebiet West V.1 die aus Norden zuströmende Kaltluft über der bestehenden Logistikhalle weitgehend aufgezehrt, wodurch in Richtung Main eine abkühlende Wirkung weitgehend ausbleibt.

Mit Realisierung der potenziellen Bebauung im Bebauungsplangebiet „West V.2“ (**Plan-Zustand, Abbildungen 27.2 und 27.3**) ist im Bereich des Planungsgebiets in den Nachtstunden mit einem Lufttemperaturanstieg um ca. 0.4 – 3.0 K zu rechnen. Grund hierfür ist der Verlust an örtlichen Kaltluftproduktionsflächen und die nächtliche Wärmeabstrahlung versiegelter Oberflächen.

Bei vorherrschenden lokalen Nordwinden reicht die vom Planungsgebiet ausgehende nächtliche Warmluftfahne in deutlicher Intensität (Lufttemperaturanstieg um > 2.0 K) ca. 150 m nach Süden. Der Main befindet sich in einer Entfernung von ca. 600 m. Eine planungsbedingte thermische Zusatzbelastung in Rüsselsheim südlich des Mains ist damit ausgeschlossen.

Klimasensible Nutzungen (Wohnbebauung / Schulen / Kitas / Altenheime etc.) befinden sich nicht im Wirkungsbereich.

Die vom Planungsgebiet ausgehenden thermischen Zusatzbelastungen sind daher als unkritisch zu bewerten.

#### **5.3.4 Thermische Situation in einer Sommernacht (03 Uhr) mit schwacher ostnordöstlicher Luftströmung (70°)**

Im Laufe der zweiten Nachthälfte häufen sich im Planungsgebiet zunehmend nordöstliche Winde. Diese sind auf Regionalströmungen zurückzuführen, die als Sammelstrom des Wetterauwindes, der Bergwinde des Maintals und des Niddaltals sowie der darin einmündenden Taunustäler zu definieren sind. Die Windgeschwindigkeit wird mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. angesetzt (= windschwache Situation).

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen (2 m ü.G.) für den **Ist-Zustand (Abbildung 28.1)** zeigen, dass die Landwirtschaftsflächen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld in den Nachtstunden wiederum als lokale Temperatursenken fungieren. Bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten wird die Kaltluft vermehrt in Richtung der Ortslage Keramag/Falkenberg verfrachtet, wobei die z.T. dichten Gehölzbestände entlang des Wickerbachs als bodennahe Barrieren wirken. Da die Grünflächen am Wickerbach allerdings selbst als Kaltluftentstehungsflächen fungieren, wird die abkühlende Wirkung durch die Barrierewirkung nicht auffallend geschwächt.

Mit Realisierung der potenziellen Bebauung im Bebauungsplangebiet „West V.2“ (**Plan-Zustand, Abbildungen 28.2 und 28.3**) sind bei Betrachtung des Worst-Case-Falls durch den Verlust der Kaltluftproduktionsflächen östlich des Wickersbachs in der Ortslage Keramag/Falkenberg planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen bis ca. 1.2 K zu erwarten. Gegenüber dem geplanten Gewerbegebiet „West V.2“, in welchem gegenüber dem Ist-Zustand um bis zu ca. 4.0 K höhere Lufttemperaturen prognostiziert werden, ist die planungsbedingte Lufttemperaturzunahme in der westlich benachbarten Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg somit auffallend begrenzt. Die Sicherung der Grünflächen am Wickersbach sowie die Entwicklung des Straßenbegleitgrüns machen sich kleinklimatisch positiv bemerkbar. Sie dämpfen in Richtung Keramag/Falkenberg wirksam den Wärmelufteintrag aus potenziellen Gewerbegebiet „West V.2“.

## **6 Zusammenfassung der klimaökologischen Funktionsabläufe, Bewertung und Planungsempfehlungen**

---

In Flörsheim am Main ist südwestlich der Kernstadt zwischen den Siedlungsflächen des Stadtteils Keramag/Falkenberg bzw. den bestehenden Grünflächen entlang des Wickerbachs im Westen und dem Gewerbegebiet West V.1 im Osten die Entwicklung eines neuen Gewerbegebiets geplant. Diese soll planungsrechtlich mit dem Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ festgesetzt werden.

Das ca. 10.2 ha großen Planungsgebiet, das bislang vorwiegend landwirtschaftlich genutzt wird, ist weitgehend eben (Höhenlage ca. 90 m ü. NHN).

Der Regionale Flächennutzungsplan 2010 (RegFNP) weist das Planungsgebiet zum größten Teil als „Gewerbliche Baufläche, Planung“ aus. Am Westrand ist eine „Fläche für die Landbewirtschaftung“ als Teil eines „Vorbehaltsgebiets für besondere Klimafunktionen“ dargestellt.

Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Bebauungsplanvorentwurf „Gewerbegebiet West V.2“ (Stand: September 2023) setzt als Art der baulichen Nutzung ein „Gewerbegebiet“ gemäß § 8 Baunutzungsverordnung fest.

Die Grundflächenzahl (GRZ) ist auf 0.6 und die Geschossflächenzahl (GFZ) auf 2.2 festgesetzt. Als max. zulässige Gebäudehöhe ist ein Wert von 20 m vorgesehen. Das Maß bezieht sich dabei jeweils auf die Oberkante der angrenzenden Erschließungsstraße.

Die Haupteerschließung des geplanten Gewerbegebiets erfolgt über die Hochheimer Straße (L 3028). Im Südwesten ist ergänzend eine Unterquerung der Bahnlinie geplant. An den Gebietsrändern sind Fuß- und Radwege festgesetzt.

Am West- und Südrand des Planungsgebiets ist eine durchgehende Grünverbindung als „Öffentliche Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün“ ausgewiesen. Mindestens 90% dieser Flächen sind gärtnerisch anzulegen.

Innerhalb des Planungsgebiets wird eine Versickerungsmulde als Fläche zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser festgesetzt.

Als grünordnerische / klimatische Ausgleichsmaßnahmen sind darüber hinaus 70% der Dachflächen (auch von Garagen) extensiv zu begrünen. Eine Kombination der Dachbegrünung mit PV-Anlagen ist zulässig.

Zur Vermeidung von Aufheizungseffekten sind bei der Gestaltung von Fassaden und versiegelter Flächen möglichst helle Farbtöne zu wählen. Der Albedo-Wert (Grad der Reflexion) darf bei Fassaden im Mittel den Wert von 0.4, bei Stellplätzen und befestigten Flächen im Mittel den Wert von 0.2 nicht unterschreiten.

Des Weiteren sind Außenwandflächen ab einer Länge von 10 m und ab einer Höhe von 5 m mit keinen oder nur geringfügigen Öffnungen oder Glasflächen dauerhaft zu begrünen.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Gebietsdurchgrünung sind mindestens 25% der Grundstücksflächen mit Gehölzen zu bepflanzen.

Innerhalb der öffentlichen Verkehrsflächen sind mindestens 12 Laubbäume (Hochstämmen, Stammumfang 16 – 18 cm) zu pflanzen.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sind mit Hilfe eines Klimagutachtens die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem Planentwurf sich ergebenden strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten. 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 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 von Keramag/Falkenberg führen.

Die Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen dokumentieren, dass in stadtklimatisch besonders relevanten Strahlungsnächten<sup>6</sup> durch die geplante Bebauung gegenüber dem Ist-Zustand zwar ausgedehnte gebäudebedingte Luv-Effekten zu bilanzieren sind, durch die Sicherung von Grünzonen am West- und Südrand des Planungsgebiets die Windschatteneffekte im Lee jedoch der lokale Kaltluftvolumenstrom nur in geringem Maße reduziert wird.

Ermittelt man vergleichend für den Ist- und Plan-Zustand den in Richtung Keramag/Falkenberg sich bewegenden Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich in der ersten Nachthälfte eine relative Abnahme von ca. 4.4%, die in der zweiten Nachthälfte auf ca. 5.1% ansteigt. Laut VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003) „Lokale Kaltluft“ (**Tabelle 2**) ist erst ab einer Verringerung der Strömungsvolumina von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand von einem lokalklimatisch „gravierenden Eingriff“ mit nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet (hier: Keramag/Falkenberg) zu sprechen.. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ einzustufen. Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten. Diese beiden Wertstufen sind im Allgemeinen zu akzeptieren

Auch in Richtung Rüsselsheim bleiben die planungsbedingten Verluste an Kaltluftvolumen deutlich unter 10%.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen zur Belüftungssituation im Plan-Zustand belegen, dass am Tag bei häufig vorherrschenden Winden aus west-südwestlichen Richtungen (= Hauptwindrichtung) die Belüftungsintensität durch die bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen am Planungsstandort abnimmt. Zusätzliche Luftstagnationstendenzen bleiben aber auf die unmittelbaren Gebäudeluv- und Gebäudeleelagen begrenzt.

---

<sup>6</sup> Bei derartigen Situation bestimmen im Raum Flörsheim am Main zumeist regional angelegte Nordostwinde das übergeordnete Strömungsgeschehen. Lokal können sich in der ersten Nachthälfte in den bodennächsten Luftschichten zumeist noch lokale Kaltluftbewegungen durchsetzen.

Im Gewerbegebiet West V.1 östlich des Planungsgebietes wird keine relevante bodennahe Windabschwächung simuliert, da die bestehende Logistikhalle in Richtung Ostnordosten bereits eine markante Strömungsbarriere darstellt.

Im Bereich der Ortslage Keramag/Falkenberg zeigen sich keine planungsbedingten Windabschwächungen. Bei vorherrschenden Westsüdwest-Winden bleiben planungsbedingte Staueffekte auf die geplante „Öffentliche Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün“ östlich des Wickerbachs begrenzt. Innerhalb des Planungsgebiets bildet die zentrale Erschließungsstraße (Breite 13 m), auch bei baulicher Inanspruchnahme der Grundstücke bis an die beidseitig um 5 m zurückversetzten Baugrenzen, eine funktionsfähige Belüftungsachse. Hier kann der vorherrschende Höhenwind bodennah durchgreifen und den örtlichen Luftaustausch forcieren.

Herrschen am Tag Ostnordost-Winde vor (Sekundärmaximum), lassen die Ergebnisse der durchgeführten Strömungssimulationen erkennen, dass relevante planungsbedingte Windfeldmodifikationen ausschließlich auf das Planungsgebiet selbst beschränkt bleiben. Die verbleibenden Freiflächen in Richtung der Wohnbebauung Keramag/Falkenberg (Breite ca. 125 – 140 m) sind ausreichend dimensioniert, um die planungsbedingte Windschatteneffekte wirksam aufzufangen. Innerhalb des Planungsgebiets werden durch die gewählten Erschließungsstrukturen, die zugleich als Ventilationsachsen/-flächen dienen, großflächige Windstagnationserscheinungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von unter 0.3 m/s vermieden.

In Nächten mit regional angelegten Ostnordostwinden bleiben die Windschatteneffekte der potenziellen Bebauung im Planungsgebiet „West V.2“ ebenfalls auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt und betreffen nicht die Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg westlich des Wickerbachs. Im Planungsgebiet ist die resultierende Belüftungsstärke ausreichend, um großflächige Luftstagnation zu unterbinden. Dies gilt auch dann, wenn die Bebauung bis an die Baugrenzen herangeführt wird.

Neben dem Windfeld beeinflusst die geplante Flächennutzungsänderung im Planungsgebiet auch die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Lufttemperatursimulationen zeigen, dass an heißen Sommertagen bei vorherrschenden Westsüdwestwinden (= Hauptwindrichtung) mit Realisierung der im Bebauungsplanvorentwurf festgesetzten Bebauung und den grünordnerischen Maßnahmen im Planungsumfeld mit keiner relevanten thermischen Veränderung zu rechnen ist.

Ostnordöstlich des Plangebiets bleiben Lufttemperaturzunahmen von ca. 0.3 – 0.9 K auf den Nahbereich der bestehenden Logistikhalle im Gewerbegebiet West V.1 begrenzt. Wohnbebauung ist von den planungsbedingten Änderungen der thermischen Umgebungsbedingungen nicht betroffen.

Auch bei vorherrschenden Winden aus ostnordöstlichen Richtungen gehen an stadtklimatisch besonders relevanten heißen Sommertagen von den nach Planungsentwurf möglichen Gebäude- und Flächennutzungsstrukturen im Bebauungsplangebiet „West V.2“ keine gravierenden thermischen Negativeffekte in Richtung der Ortslage Keramag/Falkenberg aus.

Am Tag ist die vom Planungsgebiet ausgehende Warmluftfahne in Richtung West-südwesten auf die Grünflächen am Wickerbach begrenzt. Die Wiesen und Gehölzflächen bilden mit ihrer „Kühlwirkung“ einen wirksamen Puffer.

Innerhalb des geplanten Gewerbegebiets West V.2 bilden die Erschließungsstraßen und -flächen die „Hot-Spots“. Demgegenüber sind die öffentlichen Flächen besonderer Zweckbestimmung – Straßenbegleitgrün sowie die Flächen zur Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser als klimaökologische Gunsträume zu definieren. Hier werden gegenüber den zentralen Erschließungsflächen um über 1.0 K niedrigere Lufttemperaturen bestimmt.

Das vom Land Hessen propagierte Leitziel, die von Gewerbegebietsflächen ausgehende Wärmebelastung und Wärmeaura am Tag möglichst kleinräumig zu begrenzen (HLNUG 2021: Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft! – Klimawandel in Hessen . Schwerpunktthema), wird damit erfüllt.

In sommerlichen Strahlungsnächten bestimmen am Planungsstandort vermehrt lokale Kaltluftbewegungen aus Norden (erste Nachthälfte) und regional angelegte Ostnordost-Winde (zweite Nachthälfte) die thermischen Umgebungsbedingungen.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für den **Ist-Zustand (Abbildung 27.1)** belegen, dass die Landwirtschaftsflächen, Wiesen und Gehölzflächen im Planungsgebiet „West V.2“ als lokale Temperatursenken fungieren. Bei vorherrschenden Winden aus Norden kann die aus dem nördlichen Freiraumgefüge / Wickerbachtal / Mühlgraben zuströmende Kaltluft weitgehend ungehindert nach Süden in Richtung des Tanklagers / Main (Gewerbegebiet West I) vordringen und dort die nächtliche Abkühlung forcieren.

Mit Realisierung der potenziellen Bebauung im Bebauungsplangebiet „West V.2“ ist im Bereich des Planungsgebiets in den Nachtstunden mit einem Lufttemperaturanstieg um ca. 0.4 – 3.0 K zu rechnen. Grund hierfür ist der Verlust an örtlichen Kaltluftproduktionsflächen und die nächtliche Wärmeabstrahlung versiegelter Oberflächen.

Bei vorherrschenden lokalen Nordwinden reicht die vom Planungsgebiet ausgehende nächtliche Warmluftfahne in deutlicher Intensität (Lufttemperaturanstieg um  $> 2.0$  K) ca. 150 m nach Süden. Der Main befindet sich in einer Entfernung von ca. 600 m. Eine planungsbedingte thermische Zusatzbelastung in Rüsselsheim südlich des Mains ist damit ausgeschlossen.

Die vom Planungsgebiet ausgehenden thermischen Zusatzbelastungen sind daher bei vorherrschenden nördlichen Kaltluftbewegungen als unkritisch zu bewerten.

Wie bereits o.a. häufen sich im Laufe der zweiten Nachthälfte im Planungsgebiet zunehmend ostnordöstliche Winde. Diese sind auf Regionalströmungen zurückzuführen, die als Sammelstrom des Wetterauwindes, der Bergwinde des Maintals und des Niddatals sowie der darin einmündenden Taunustäler zu definieren sind. Mit Realisierung der potenziellen Bebauung im Bebauungsplangebiet „West V.2“ sind bei Betrachtung des Worst-Case-Falls durch den Verlust der Kaltluftproduktionsflächen östlich des Wickerbachs in der Ortslage Keramag/Falkenberg planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen bis ca. 1.2 K zu erwarten. Gegenüber dem geplanten Gewerbegebiet „West V.2“, in welchem gegenüber dem Ist-Zustand um bis zu ca. 4.0 K höhere Lufttemperaturen prognostiziert werden, ist die planungsbedingte Lufttemperaturzunahme in der westlich benachbarten Wohnbebauung von Keramag/Falkenberg somit auffallend begrenzt. Die Sicherung der Grünflächen am Wickersbach sowie die Entwicklung des Straßenbegleitgrüns machen sich kleinklimatisch positiv bemerkbar. Sie dämpfen in Richtung Keramag/Falkenberg wirksam den Warmlufteintrag aus potenziellen Gewerbegebiet „West V.2“. Ein gravierende thermische Zusatzbelastung ist in Anbetracht der recht günstigen thermischen Ausgangslage nicht festzustellen.

## 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 Ausgleichsmaßnahmen umzusetzen und mit ergänzenden Planungsempfehlungen zu unterstützen.

### **Dachbegrünung:**

Der Bebauungsplanvorentwurf sieht für Dachflächen (auch von möglichen Garagen) eine extensive Dachbegrünung vor, die u.a. der Klimaanpassung dient. Zusätzliche PV-Anlagen können einen Beitrag zum Klimaschutz ( $\text{CO}_2$ -Reduktion) leisten. Ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach erhöht die Effizienz von darauf installierten Photovoltaikanlagen (siehe **Foto 2**). Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.



**Foto 2:** Beispielhafte Darstellung einer extensiven Dachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen (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, wo statisch möglich, 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:

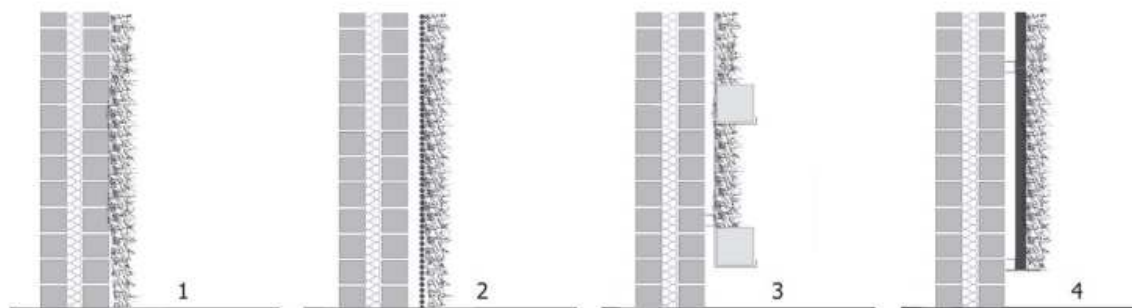
Durch eine Begrünung von Fassadenflächen, wie sie im Bebauungsplan-Vorentwurf bereits angeregt wird, kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der örtlichen Überhitzung an heißen Sommertagen geleistet werden. Begrünte Wände heizen sich weniger auf, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Im Vergleich zu einer unbegrünten Wand können nach PFOSE ET AL. 2013 in ca. 0.6 m Abstand zur Begrünung Lufttemperaturreduktionen bis ca. 1.3 K gemessen werden. Modellrechnungen weisen auf Maximalwerte bis ca. 3.0 K hin. 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 ca. 50 m<sup>2</sup> an, die nicht durch Fenster- oder Türöffnungen gegliedert sind. Dabei können sowohl wandgebundene als auch bodengebundene Begrünungen (Gerüstkletterpflanzen) gewählt werden.

Grundsätzlich kann bei Fassadenbegrünungen zwischen wand- und bodengebundenen Systemen unterschieden werden, wovon vier Beispiele in **Grafik 9** dargestellt sind. Bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung wachsen die Pflanzen aus einer unversiegelten Fläche für den Wurzelraum auf dem Boden entlang der Fassade nach oben. Diese kann frei (1) oder unter Verwendung von Kletterhilfen (2) realisiert werden. Bei der fassadengebundenen Variante werden Substratträger an der Hauswand montiert. Diese können z. B. Pflanzenkästen (3) oder mit Erdschichten versehene Paneele sein (sog. „living walls“) (4) - SANTI ET AL. (2019).



**Grafik 9:** Beispielhafte Querschnittsdarstellung unterschiedlicher Fassadenbegrünungstypen (aus: SANTI ET AL. 2019: 115).

Alternativ zur Fassadenbegrünungen sind auf schattenwerfende Baumpflanzungen entlang langer Fassadenbereich möglich. Diese finden im Bebauungsplanentwurf durch die geplanten Randeingrünungen bereits teilweise Berücksichtigung.

Brandschutzrechtliche Anforderungen sind zu beachten.

Eine Fassadenbegrünung scheidet aus, wenn diese aus technisch konstruktiven Gründen (einschließlich erhöhtem Wartungsaufwand) nicht möglich ist oder bei Gewerbebauten die Betriebsabläufe behindern. Die Möglichkeiten bei der Realisierung werden damit entscheidend von der baulichen Ausgangssituation mitbestimmt.

### **Schaffung / Sicherung grüner Freiräume:**

Der Bebauungsplanvorentwurf „Gewerbegebiet West V.2“ sieht im Westen und Süden des Planungsgebiets Grünflächen vor, was aus klimaökologischer Sicht zu unterstützen ist. Auch die Entwicklung einer begrünter Versickerungsfläche im südlichen Planungsteilgebiet ist ein Baustein zur Begrenzung der örtlichen Überhitzung. Mit der Pflanzung von Bäumen entlang der Erschließungsstraße kann die Überwärmung am Tag ebenfalls wirksam gedämpft werden.

Im Bereich von Mitarbeiterparkplätzen sollten zur Schattenbildung und Erhöhung des örtlichen Grünvolumens ebenfalls Baumpflanzungen vorgesehen werden. 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 3**).



**Foto 3:** Beispielhafte Darstellung einer Stellplatzüberdachung mit extensiver Dachbegrünung. (Fotoaufnahme: ÖKOPLANA)

Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tag. Die Modellrechnungen zum Bioklima (**Abbildung 20.2**) belegen, dass am frühen Nachmittag unter Bäumen die gefühlte Temperatur (PET) um über 10 K niedriger ist als in unbeschatteten Bereichen mit gleicher Bodenbedeckung. Die beschatteten Flächen speichern weniger Wärme, wodurch zudem der nächtliche Wärmeinseleffekt herabgesetzt wird.

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.

Die im Bebauungsplanvorentwurf formulierte Festsetzung „mindestens 25% der Grundstücksflächen sind mit Gehölzen zu bepflanzen“ ist aus klimaökologischer Sicht zu unterstützen.

Entlang des Fuß-/Radwegs sind zur Schattenbildung im südlichen Planungsteilgebiet (wo möglich) Baumpflanzungen zu empfehlen. Ihr Abstand sollte so bemessen sein, dass zwischen zwei Bäumen die Baumkrone eines ausgewachsenen Baumes Platz findet. Damit wird vermieden, dass die Rauigkeit der Bäume zu einer weiteren Reduzierung der lokalen Belüftungsintensitäten führen.

### **Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung:**

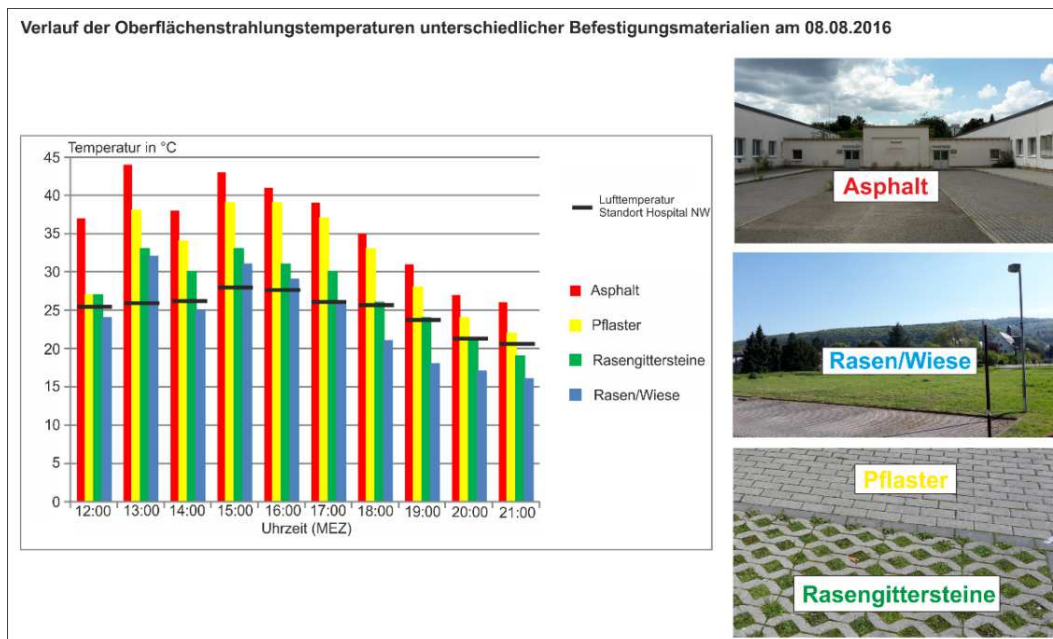
Damit günstige thermische/bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind Pkw-Stellplatzflächen und Fußwege mit möglichst hellen Oberflächenbelägen zu befestigen, um am Tag die Aufheizung des Materials zu begrenzen und in der Nacht die örtliche Abkühlung nicht zu sehr zu verzögern. Bei zu hellen Belägen kann es am Tag zu Blendeffekten kommen.

Die im Bebauungsplanvorentwurf formulierte Festsetzung zu dieser „Ausgleichsmaßnahme“ ist ebenfalls zu unterstützen. Demnach darf der Albedo-Wert (Grad der Reflexion) bei Fassaden im Mittel den Wert von 0.4, bei Stellplätzen und befestigten Flächen im Mittel den Wert von 0.2 nicht unterschreiten.

Wie **Grafik 10** 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



**Grafik 10:** Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten  
(Aufnahme: ÖKOPLANA, AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

**Fazit:**

Die zur Bewertung des vorgelegten Bebauungsplanvorentwurfs „Gewerbegebiet West V.2“ durchgeführten Klimaanalysen lassen in der Gesamtbilanz keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung grundsätzlich entgegenstehen. Unvermeidbare strömungsdynamische Veränderungen führen in den nächstgelegenen Wohnbebauung zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen der Belüftungsintensitäten. Die nächtlichen Kaltluftbewegungen im Umfeld werden gegenüber dem Ist-Zustand nur in geringem Maße geschwächt. Auch die planungsbedingten thermischen / bioklimatischen Zusatzbelastungen führen bei Berücksichtigung der geplanten thermisch wirksamen Ausgleichsmaßnahmen nicht zu einer Überschreitung des ortstypischen Niveaus.



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

Mannheim, 07. Juni 2024

## 7 Quellenverzeichnis, weiterführende Schriften

---

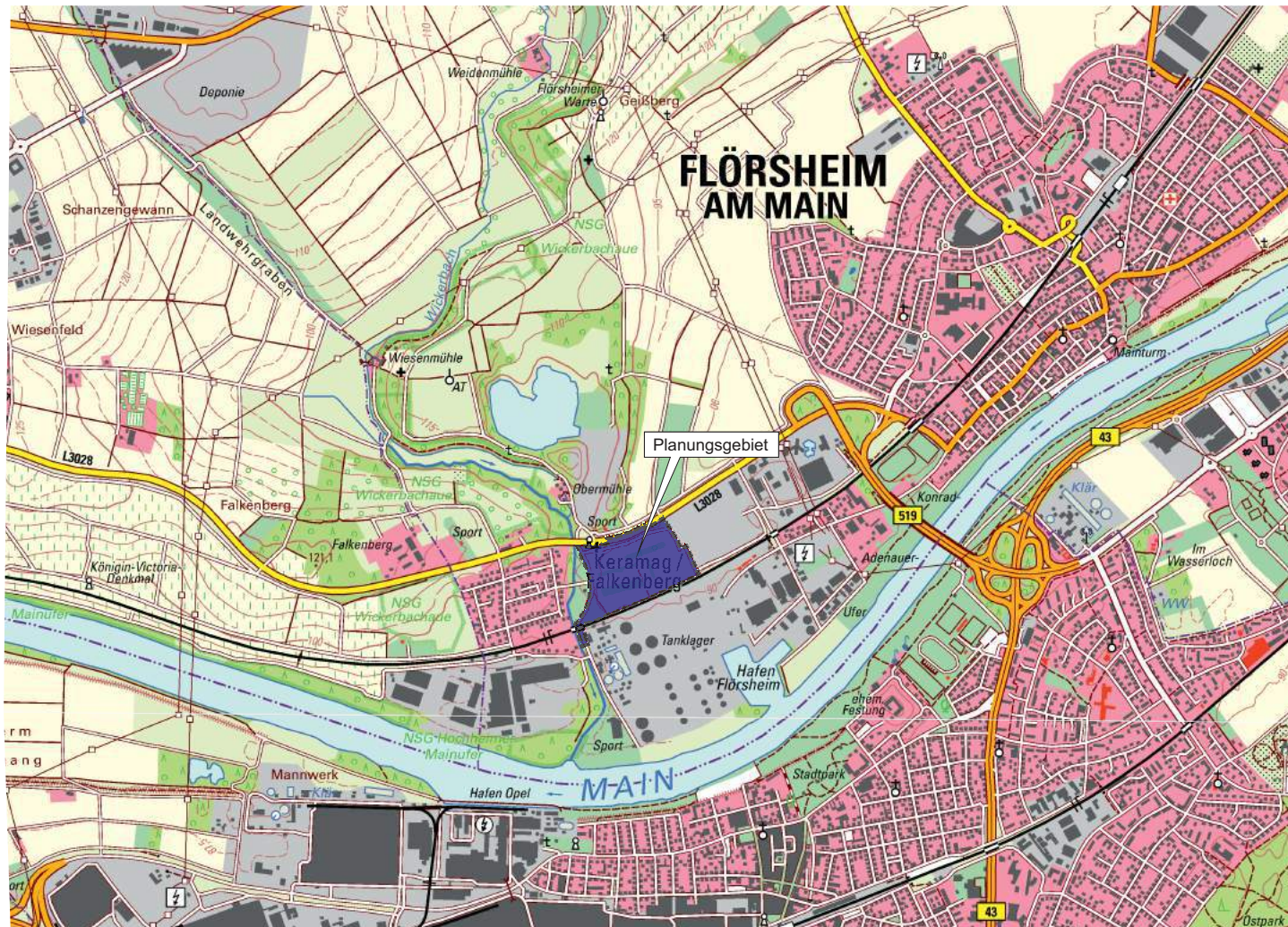
- BRUSE, M. (2002/2023):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Essen.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013):** KLAMIS. Modellgestützte Klimaanalysen und –bewertungen für die Regionalplanung. Grundlagen für einen Leitfaden. Berlin.
- CUBASCH U., WUEBBELS D., CHEN D., FACCHINI M.C., FRAME D., MAHOWALD N., WINTHER J.-G. (2013):** Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- DEUTSCHLÄNDER T., MÄCHEL H. (2017):** Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland. DOI 10.1007/978-3-662-50397-3\_6.
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2004):** Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (10 m ü.G.) in der Bundesrepublik Deutschland. Offenbach a. M.
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2005/2008):** Das Kaltluftabfluss-Modell KLAM\_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 227. Offenbach a. M.
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2017):** Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 3 des Projekts KLIMAPRAX Wiesbaden/Mainz – Stadtklima in der kommunalen Praxis. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 249. Offenbach a. M.
- FRIEDRICHS, J. ET AL. (2014):** Klimaanpassung in Kommunen und Regionen – eine Praxishilfe des Umweltbundesamtes. In: UVP-Report 28 (3 + 4). Hamm. S. 133 – 138.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2017):** Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. Reihe KLIMOPASS-Berichte. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe.

- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2020):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2020. Hannover, Mannheim.
- GERICS (2021):** Klimaausblick – Main-Taunus-Kreis. Hamburg.
- GIESE-EICHHORN (1998/2016):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.
- HNLUG (2021):** Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft! Praxisbeispiele aus Kommunen und Unternehmen. Klimawandel in Hessen – Schwerpunktthema. Wiesbaden.
- IÖR (2011):** REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.
- KING, E. (1973):** Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).
- PFOSE ET AL. (2013):** Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld, Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.
- PLANUNGSBÜRO FÜR STÄDTEBAU (2023):** Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ – Textliche Festsetzungen und Begründung. Vorentwurf September 2023. Groß-Zimmern.
- SANTI, G., BERTOLAZZI, A., TURRINI, U. (2019):** Vertical Turf For Green Façades: a Vertical Greenery Modular System Integrated To the Building Envelope. In: Journal of Green Building, Vol. 14 (4). DOI: 10.3992/1943-4618.14.4.111 (S. 111-132).
- UMLANDVERBAND FRANKFURT (2013):** Umweltvorsorgeatlas. Frankfurt a. M.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020):** VDI 3787, Bl. 4. Umweltmeteorologie – Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung. Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020):** VDI 3787, Bl. 8. Stadtentwicklung im Klimawandel. Düsseldorf.

**VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2022):** VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Düsseldorf.

**VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2024 - ENTWURF):** VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

**Abb. 1 Lage des Bebauungsplangebiets „Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main  
Ausschnitt aus der TK 1:25.000**



 Planungsgebiet

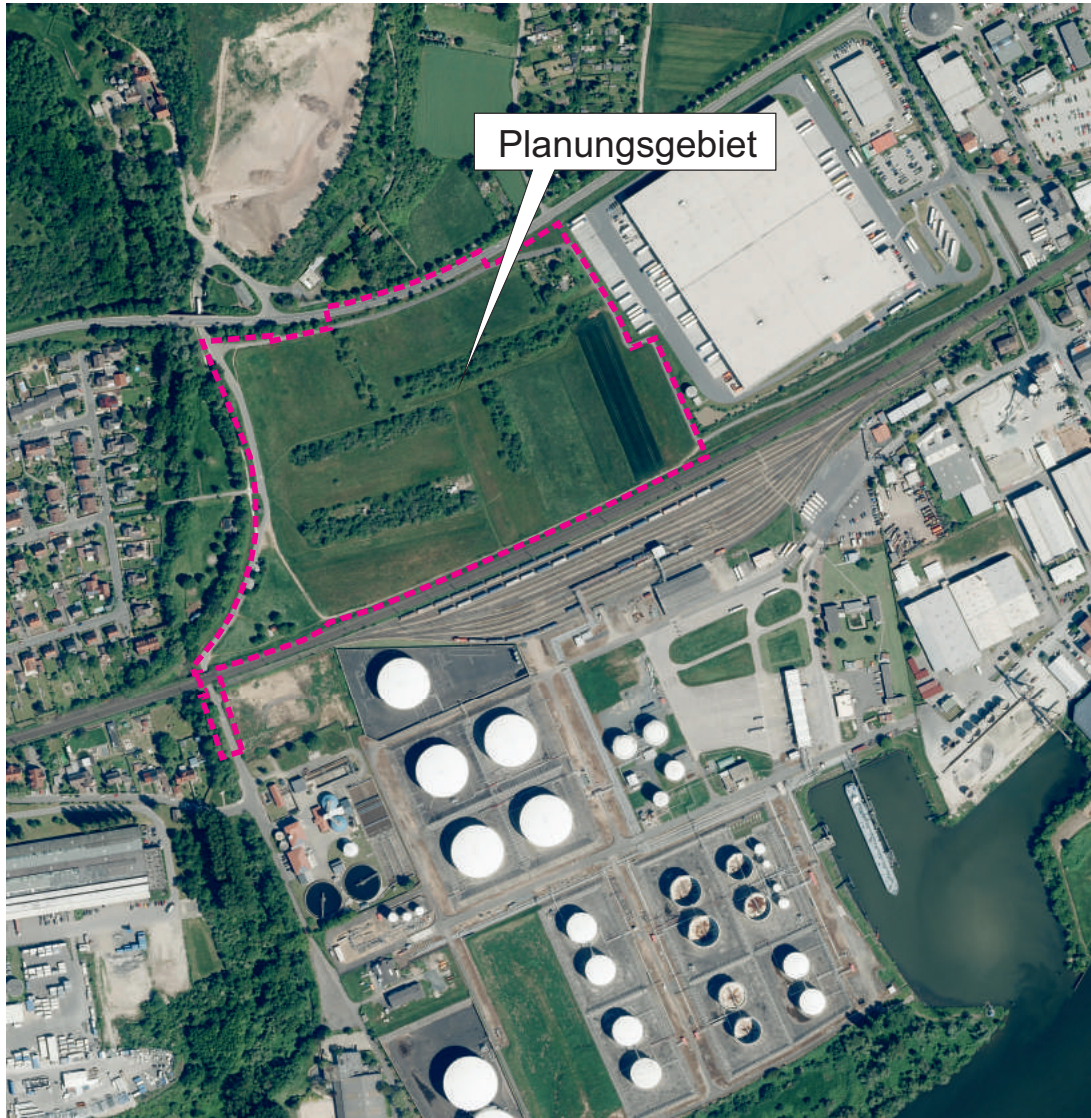
**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



M.:  
0 300 1200 m

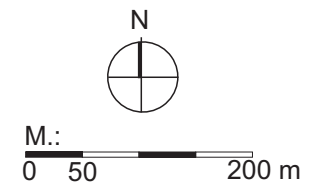
Abb. 2 Luftbild vom Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main



 Planungsgebiet

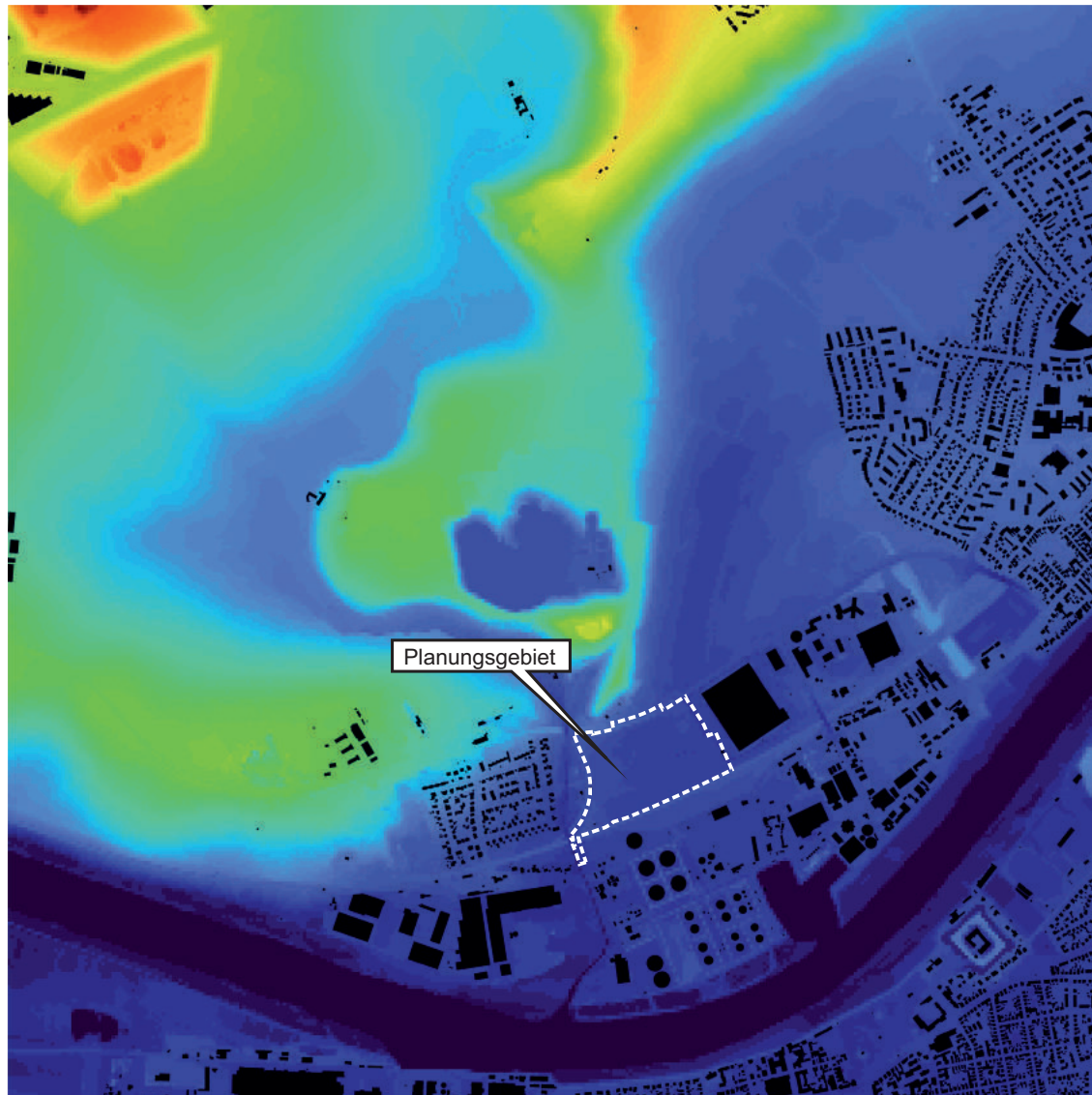
**Luftbild:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

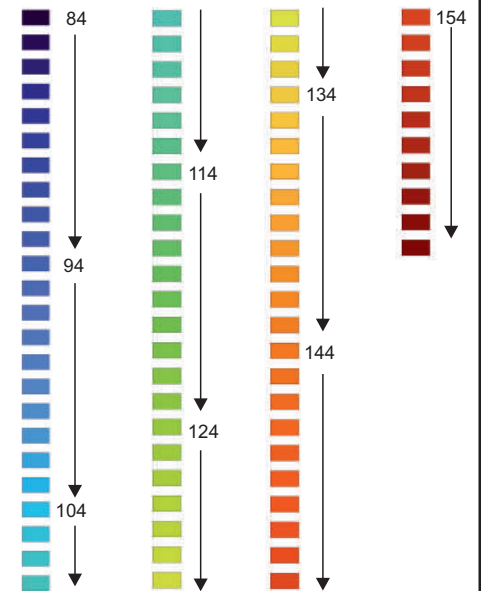


ÖKOPLANA

**Abb. 3** Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets  
„Gewerbegebiet West V.2“ in der Stadt Flörsheim am Main



Geländehöhe  
in m ü. NHN



**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation (TK 1:25.000; DGM\_10)

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

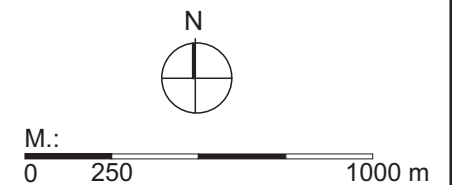
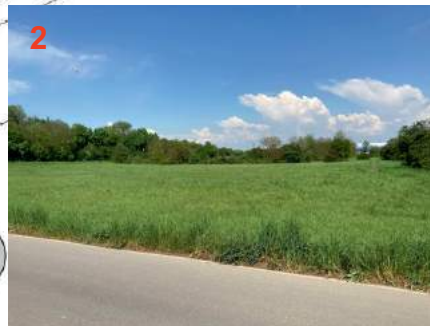



Abb. 4 Flurkarte und fotografische Dokumentation vom Bebauungsplangebiet „Gewerbegebiet West V.2“



 Grenze des räumlichen Geltungsbereiches

 Blickrichtung der Fotoaufnahmen

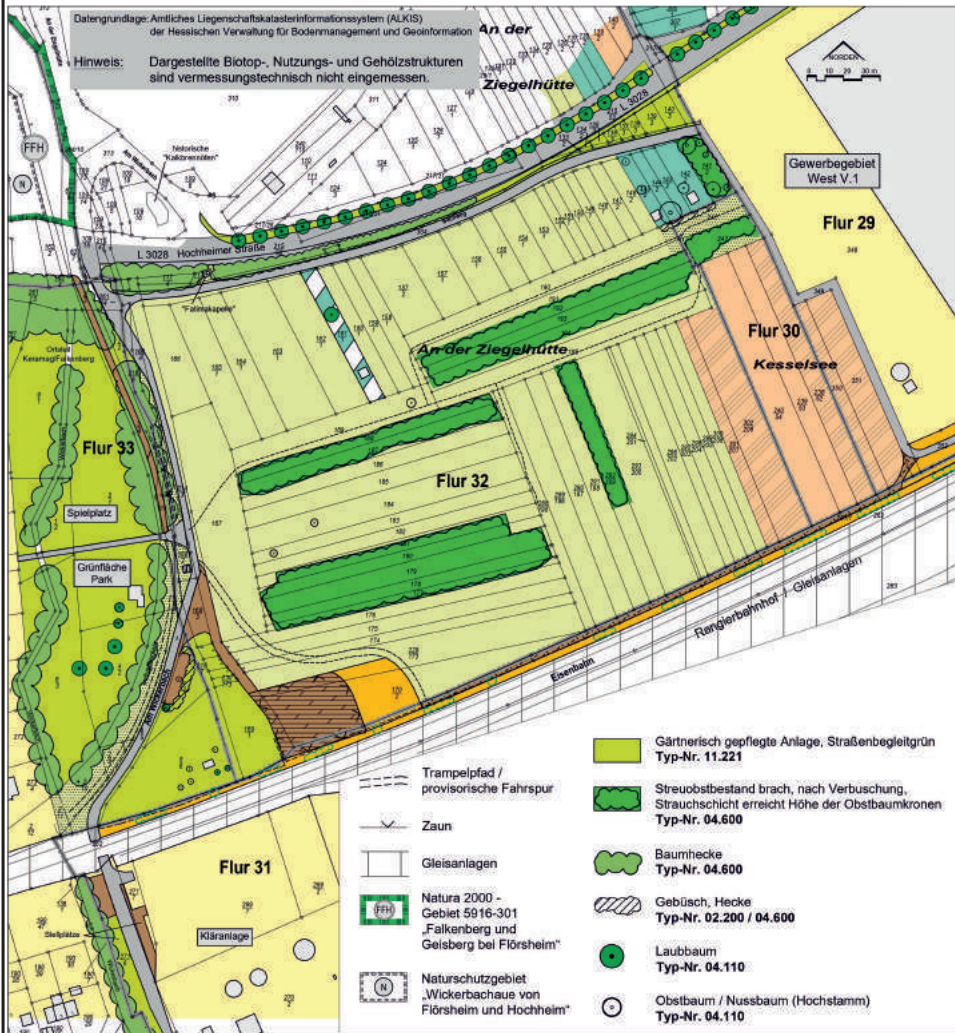
Flurkarte bereitgestellt von:  
Planungsbüro für Städtebau

Fotoaufnahmen:  
ÖKOPLANA

Projekt:  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



Abb. 5 Bestandskarte des Bebauungsplans „Gewerbegebiet West V.2“, Stadt Flörsheim am Main



**Zeichenerklärung**

- Gebäudebestand gemäß Kataster / Gebäudebestand eingemessen  
Typ-Nr. 10.510
- Überbaute Fläche einschl. Grundstücksfreiflächen
- Versiegelte bis nahezu versiegelte Fläche (Asphalt, Ort beton)  
Typ-Nr. 10.510
- Wasserdurchlässig befestigte Fläche  
Typ-Nr. 10.530
- Wasserdurchlässig befestigte Fläche / Lagerplatz mit aufkommenden Gräsern und Kräutern im Randbereich  
Typ-Nr. 10.530
- Bewachsener Schotterweg  
Typ-Nr. 10.670
- Acker, intensiv genutzt  
Typ-Nr. 11.191
- Ackerbrache (Mulchmähd)  
Typ-Nr. 11.193
- Wiese, frischer-trockener Standort, intensive Nutzung, artenarm  
Typ-Nr. 06.350
- Wiesenbrache und ruderal Wiesen  
Typ-Nr. 06.380
- Ruderalvegetation  
Typ-Nr. 09.123
- Ruderalvegetation, trockener Standort im Böschungsbereich des Bahndammes mit aufkommenden Gehölzen  
Typ-Nr. 09.124
- Wohnungsferner Garten  
Typ-Nr. 11.221
- Gartenbrache  
Typ-Nr. 04.600

Grafik bereitgestellt von:  
**planungsbüro für städtebau**  
göringer\_hoffmann\_bauer

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

**Stadt Flörsheim am Main**  
Stadtteil Flörsheim  
Bebauungsplan  
„Gewerbegebiet West V.2“  
**- Bestandskarte -**

Maßstab : 1:2000	Stand : August 2022
Auftrags-Nr. : PB00031-P	

**planungsbüro für städtebau**  
göringer\_hoffmann\_bauer

im rauhen see 1 64846 groß-zimmern i.A. Groß	telefon (060 71) 493 33 telefax (060 71) 493 59 email info@planung-gfb.de www.planungsbuero-fuer-staedtebau.de
--	---



Abb. 6 Ausschnitt RegFNP 2010, Stand 31.12.2022

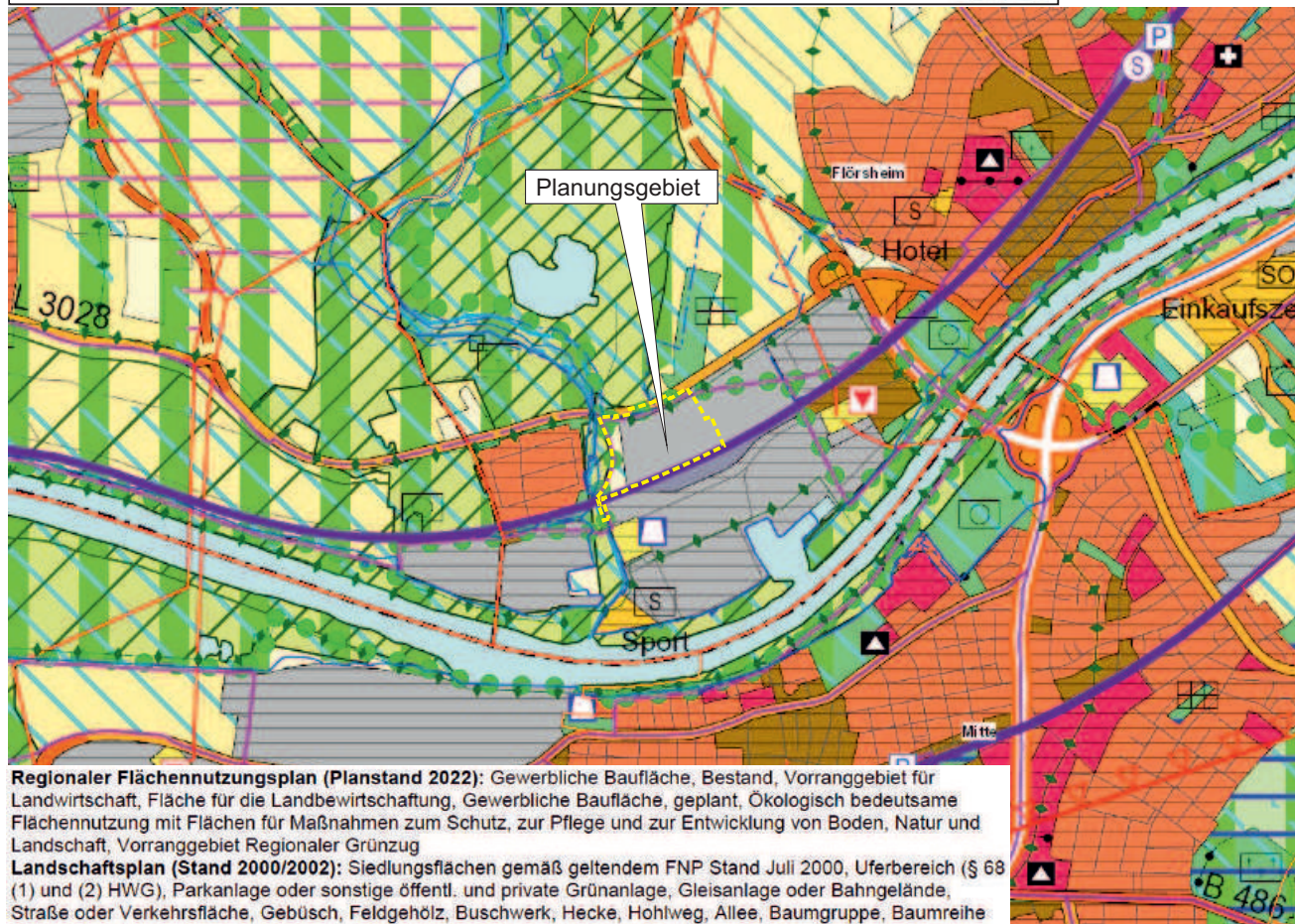
**Belüftungsrelevante Kaltlufteinzugsgebiete (i.V.m. Strömungsintensität)**

**Planfläche:** Betroffener Flächenanteil 100% (10.4ha)  
mäßiges Kaltluftströmungssystem (Volumenstrom > 30-60 m³ je m·s)

**Wärmebelastung (thermische Bedingungen)**

**Planfläche:** Betroffener Flächenanteil 100% (10.4ha)  
sehr hohe thermische Belastung, mittlere thermische Belastung

Ergebnis der interaktiven  
Umweltprüfung (WebSUP)  
Region FrankfurtRheinMain



Planungsgebiet

- Wohnbaufläche, Bestand/geplant
- Gemischte Baufläche, Bestand/geplant
- Gewerbliche Baufläche, Bestand/geplant
- Fläche für den Gemeinbedarf, Bestand/geplant

**Land- und Forstwirtschaft**

- Vorranggebiet für Landwirtschaft
- Fläche für die Landbewirtschaftung
- Wald, Bestand/Zuwachs

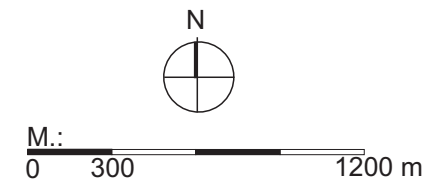
**Natur und Landschaft**

- 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

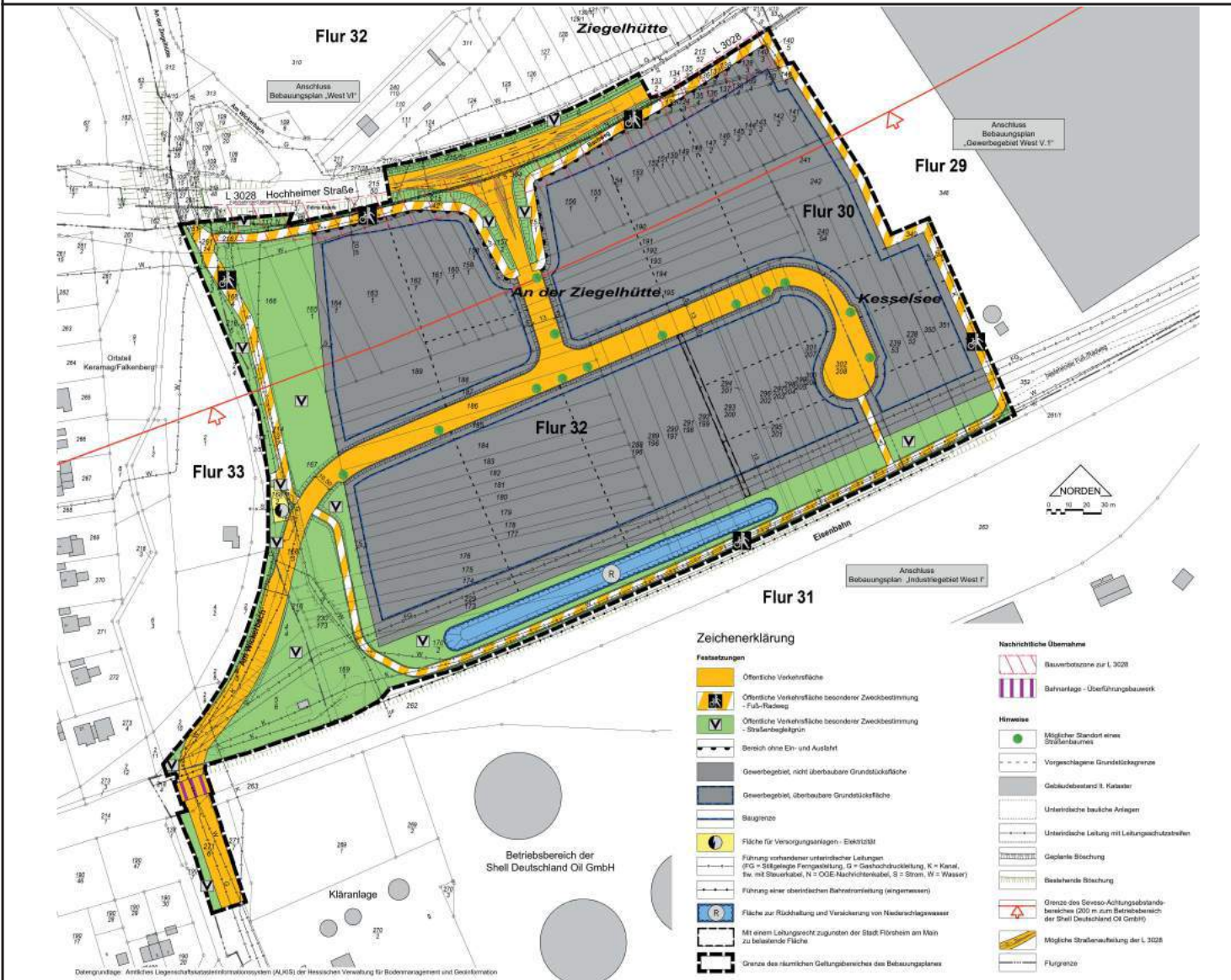
**Kartenquelle:**  
<https://www.region-frankfurt.de/>

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

**Regionaler Flächennutzungsplan (Planstand 2022):** Gewerbliche Baufläche, Bestand, Vorranggebiet für Landwirtschaft, Fläche für die Landbewirtschaftung, Gewerbliche Baufläche, geplant, Ökologisch bedeutsame Flächennutzung mit Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, Vorranggebiet Regionaler Grünzug  
**Landschaftsplan (Stand 2000/2002):** Siedlungsflächen gemäß geltendem FNP Stand Juli 2000, Uferbereich (§ 68 (1) und (2) HWG), Parkanlage oder sonstige öffentl. und private Grünanlage, Gleisanlage oder Bahngelände, Straße oder Verkehrsfläche, Gebüsch, Feldgehölz, Buschwerk, Hecke, Hohlweg, Allee, Baumgruppe, Baumreihe

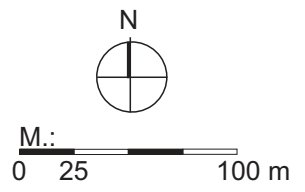


**Abb. 7 Vorentwurf des Bebauungsplans „Gewerbegebiet West V.2“, Stadt Flörsheim am Main  
Stand: September 2023**



Grafik bereitgestellt von:  
**planungsbüro für städtebau**  
göringer\_hoffmann\_bauer

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



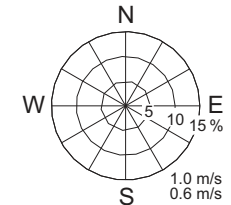
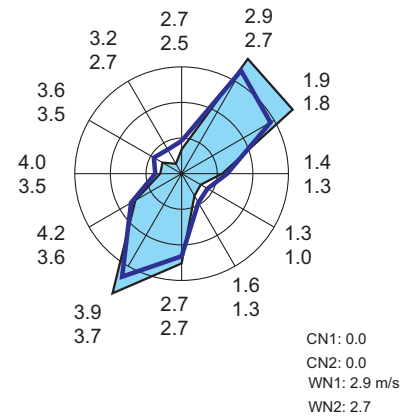
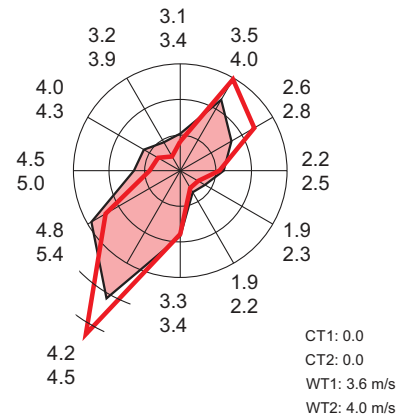
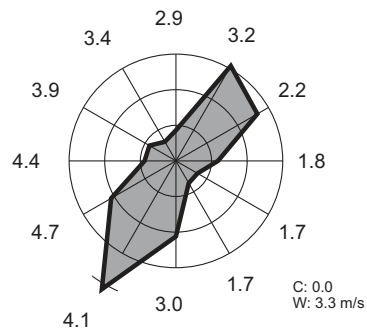
**Abb. 8 Klimawandelfolgen im Main-Taunus-Kreis**



**KLIMAAUSBLICK Main-Taunus-Kreis (Szenario RCP8.5 *Representative Concentration Pathways*)**

Kennwert	Zeitraum 1971 - 2000	Klimaänderung 2036 - 2065	Zeitraum 2036 - 2065
Jahresmittel der Lufttemperatur	9.3°C	+1.9°C →	11.2°C
Anzahl der Sommertage ( $T_{max} \geq 25^{\circ}C$ )	34.6 Tage/Jahr	+13.0 Tage/Jahr →	47.6 Tage/Jahr
Anzahl der heißen Tage ( $T_{max} \geq 30^{\circ}C$ )	6.3 Tage/Jahr	+5.0 Tage/Jahr →	11.3 Tage/Jahr
Anzahl der Tropennächte ( $T_{min} \geq 20^{\circ}C$ )	0.3 Tage/Jahr	+2.2Tage/Jahr →	2.5 Tage/Jahr
Max. Andauer von Hitzeperioden	3.1 Tage	+1.7 Tage →	4.8 Tage
Anzahl der Tage mit Starkniederschlag ( $\geq 20$ mm/Tag)	3.1 Tage/Jahr	+1.0 Tage/Jahr →	4.1 Tage/Jahr

**Abb. 9 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeiten am DWD Messtandort Frankfurt-Flughafen. Zeitraum: 2010 - 2021**



▲ 00-23 Uhr

C: Windstillen  
W: mittlere Windgeschwindigkeit

▲ 06-12 Uhr

▲ 13-19 Uhr

CT: Windstillen  
WT: mittlere Windgeschwindigkeit

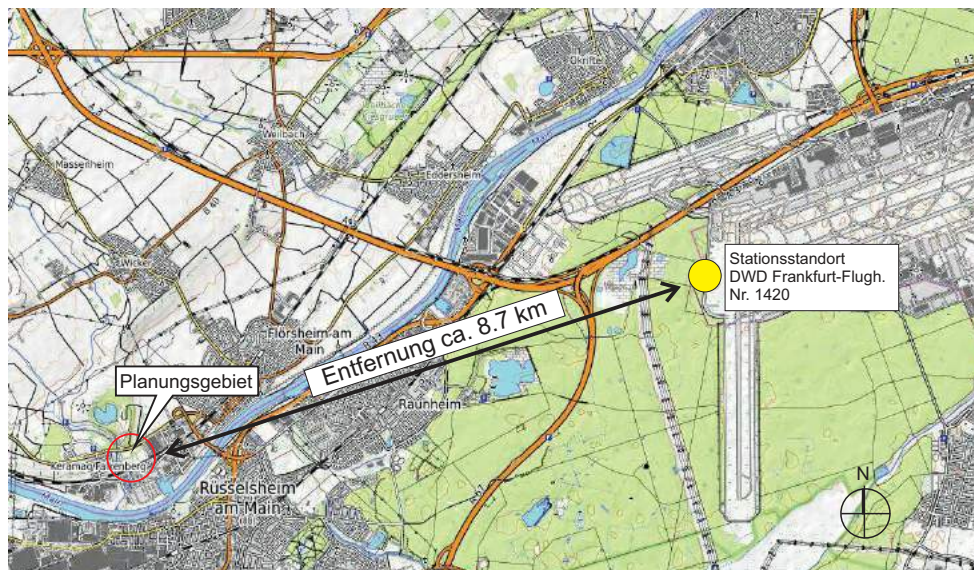
▲ 20-23 Uhr

▲ 00-05 Uhr

CN: Windstillen  
WN: mittlere Windgeschwindigkeit

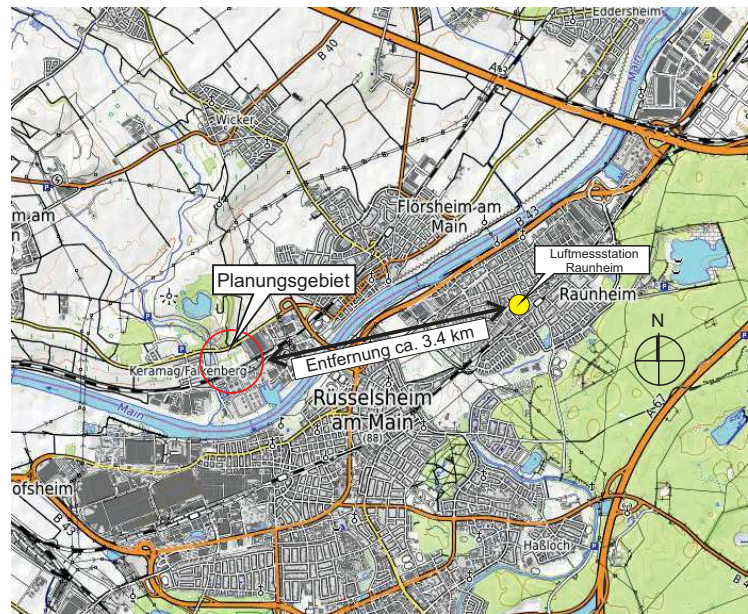
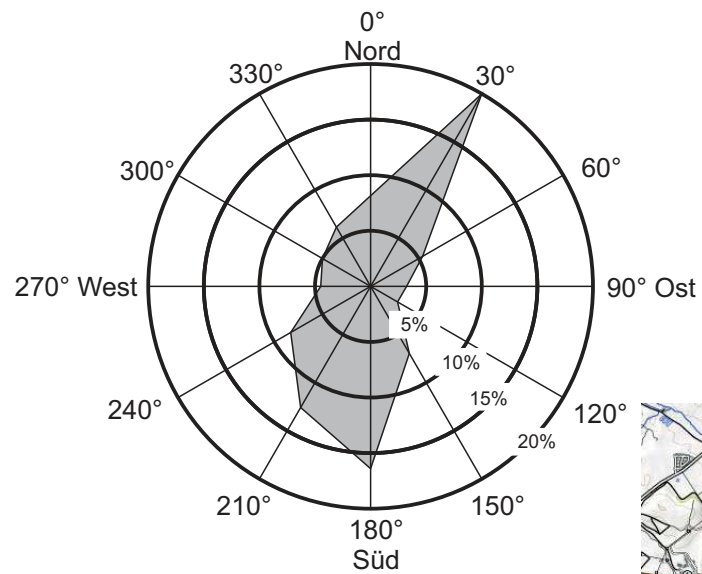
**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

Datenquelle:



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

**Abb. 10 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung an der HLNUG-Luftmessstation Raunheim  
Zeitraum: 2018 - 2022**

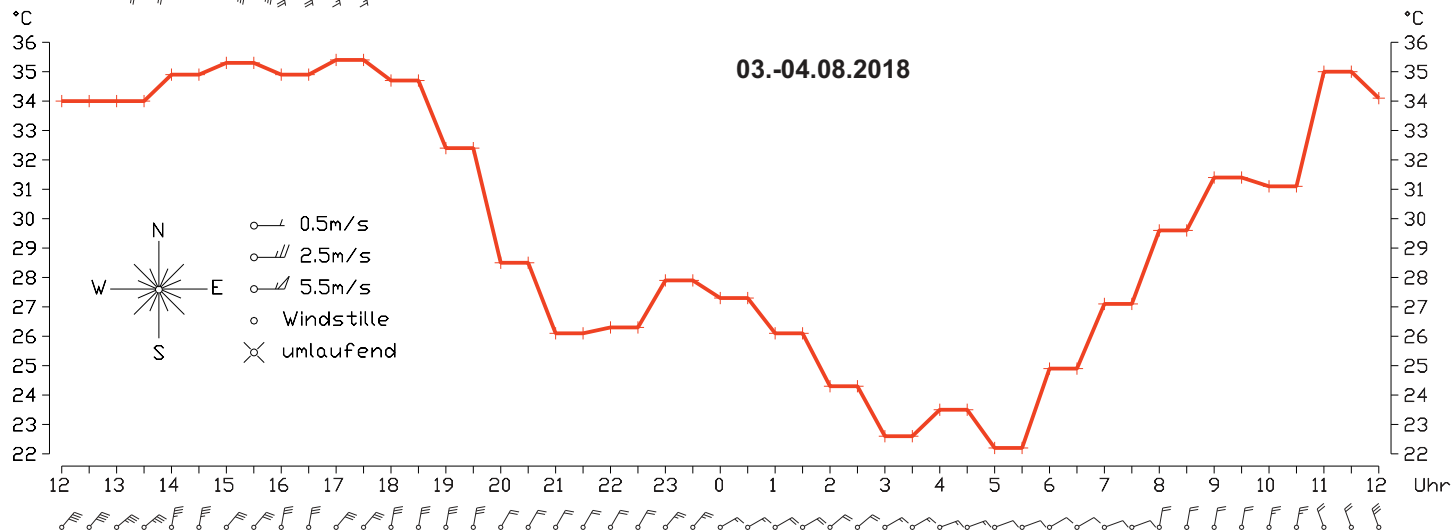
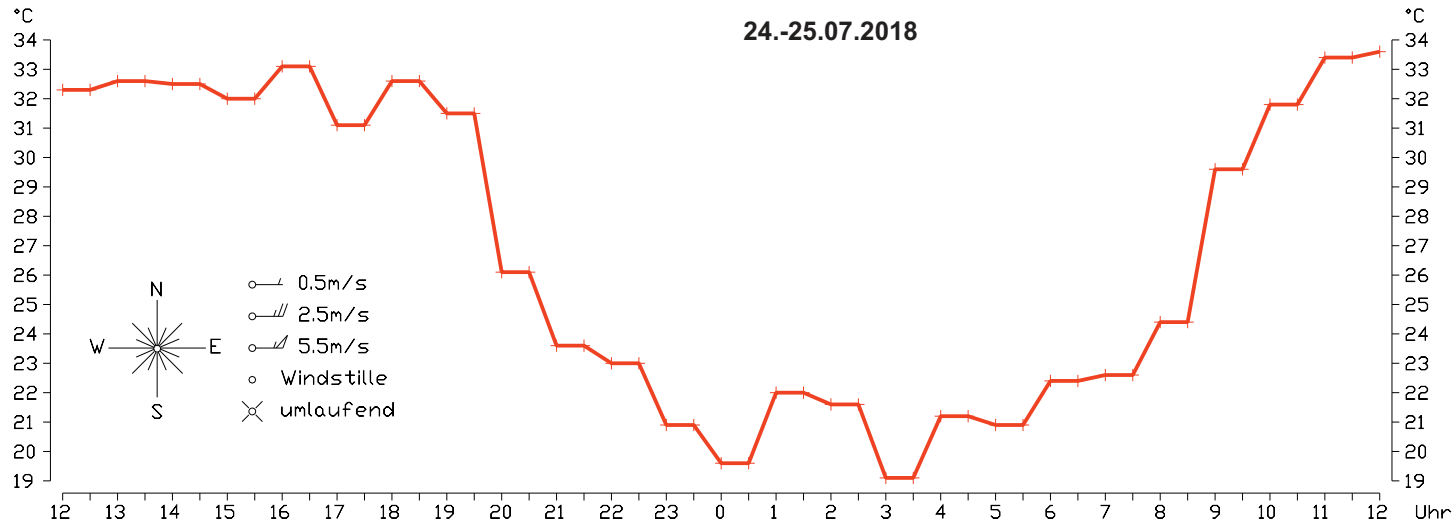


**Datenquelle:**  
<https://www.hlnug.de>

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

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

**Abb. 11** Typische Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes an heißen Sommertagen ( $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ )  
DWD-Station Frankfurt-Flughafen



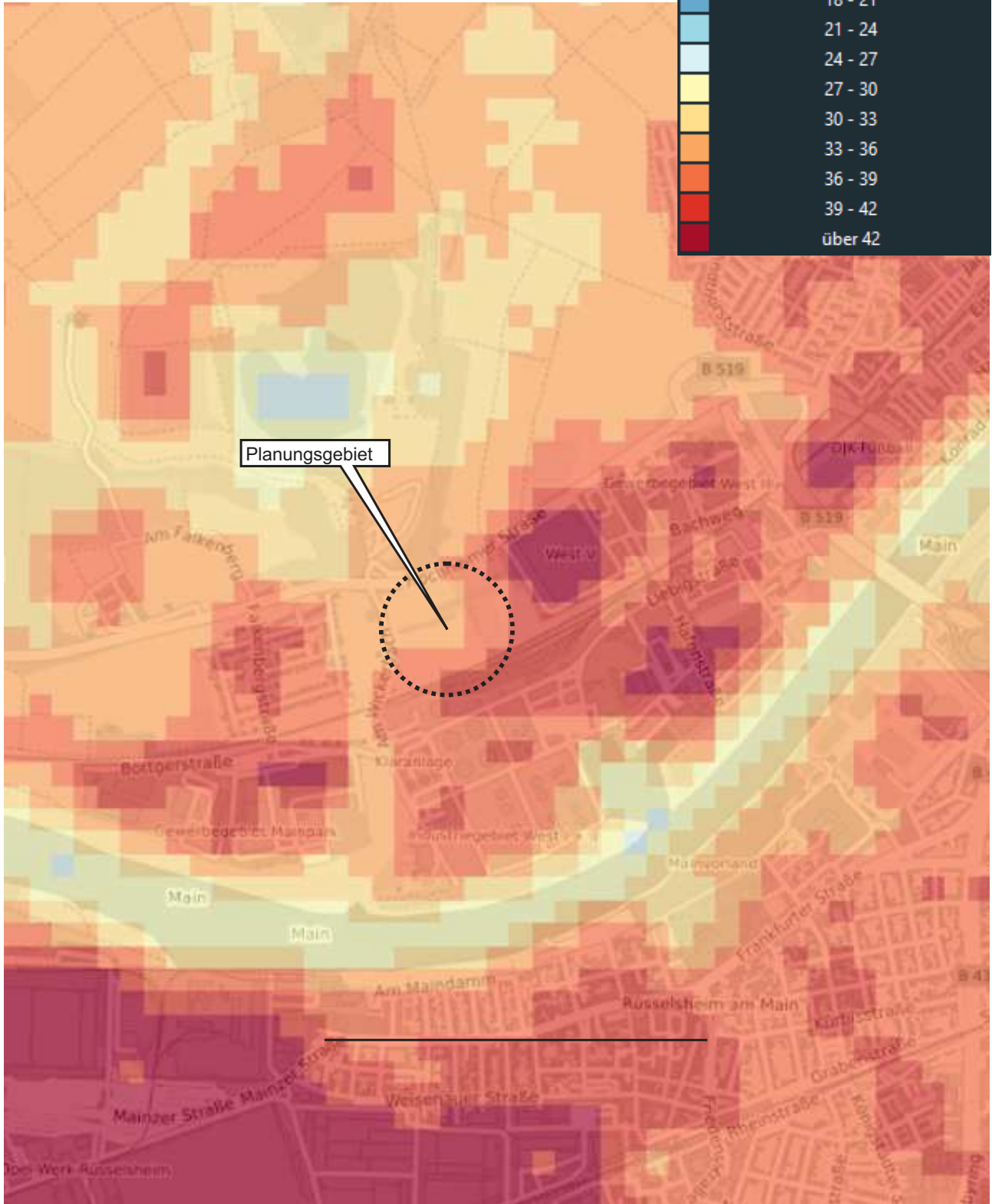
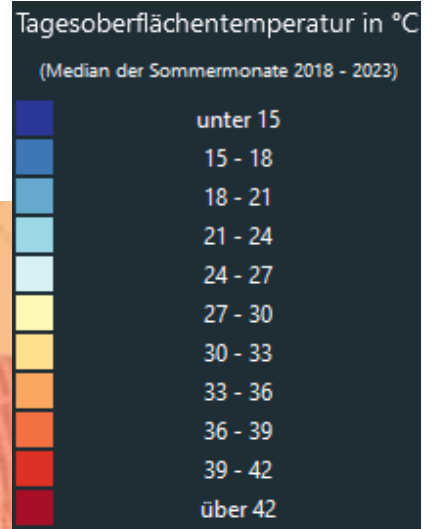
Datenquelle:



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

**Abb. 12 Tages-Oberflächentemperaturen - Median der Sommermonate 2018 - 2023**

Quelle:  
(c) UrbanGreenEye - LUP GmbH



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



Abb. 13 Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte Region Rhein-Main des Umlandverbands Frankfurt

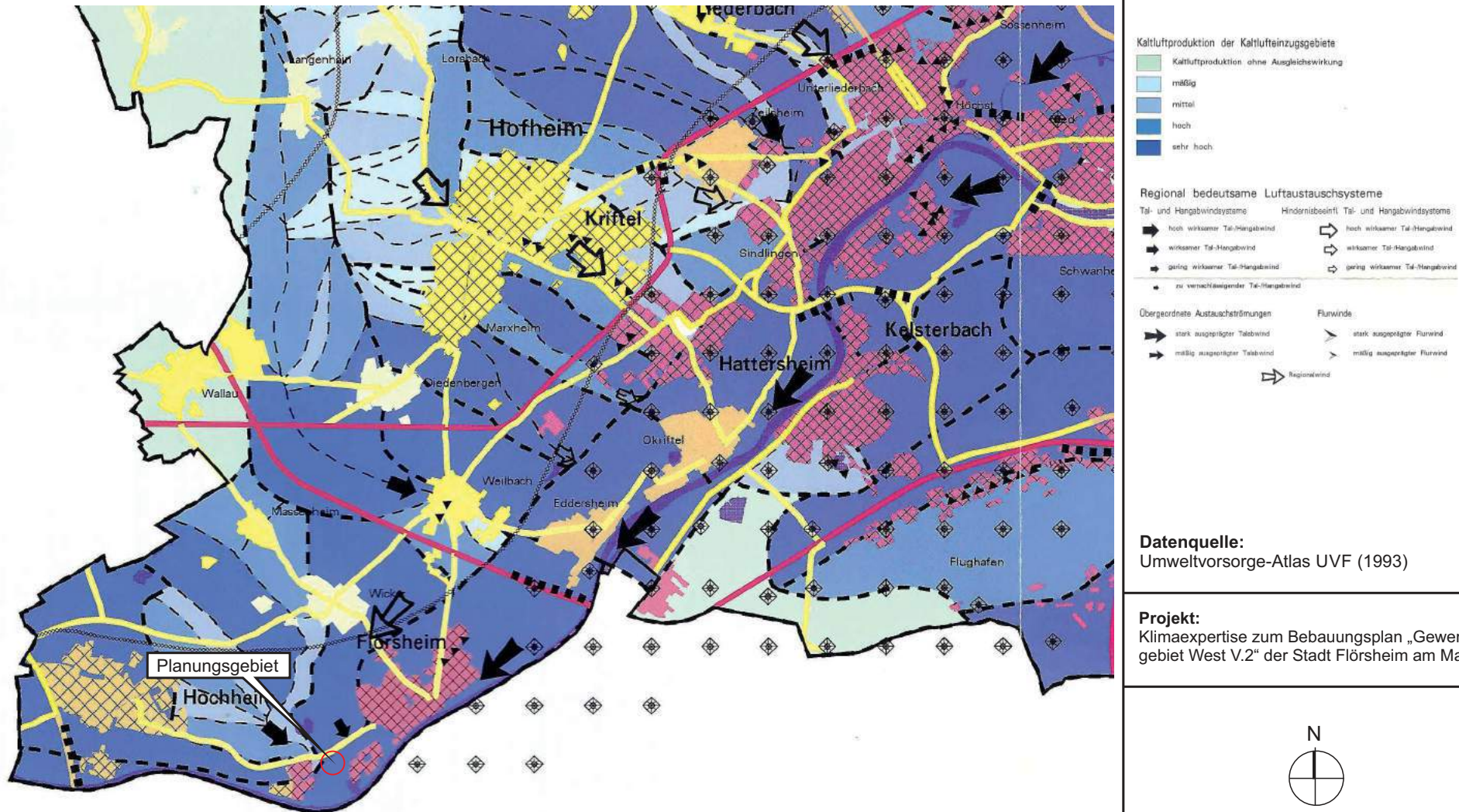
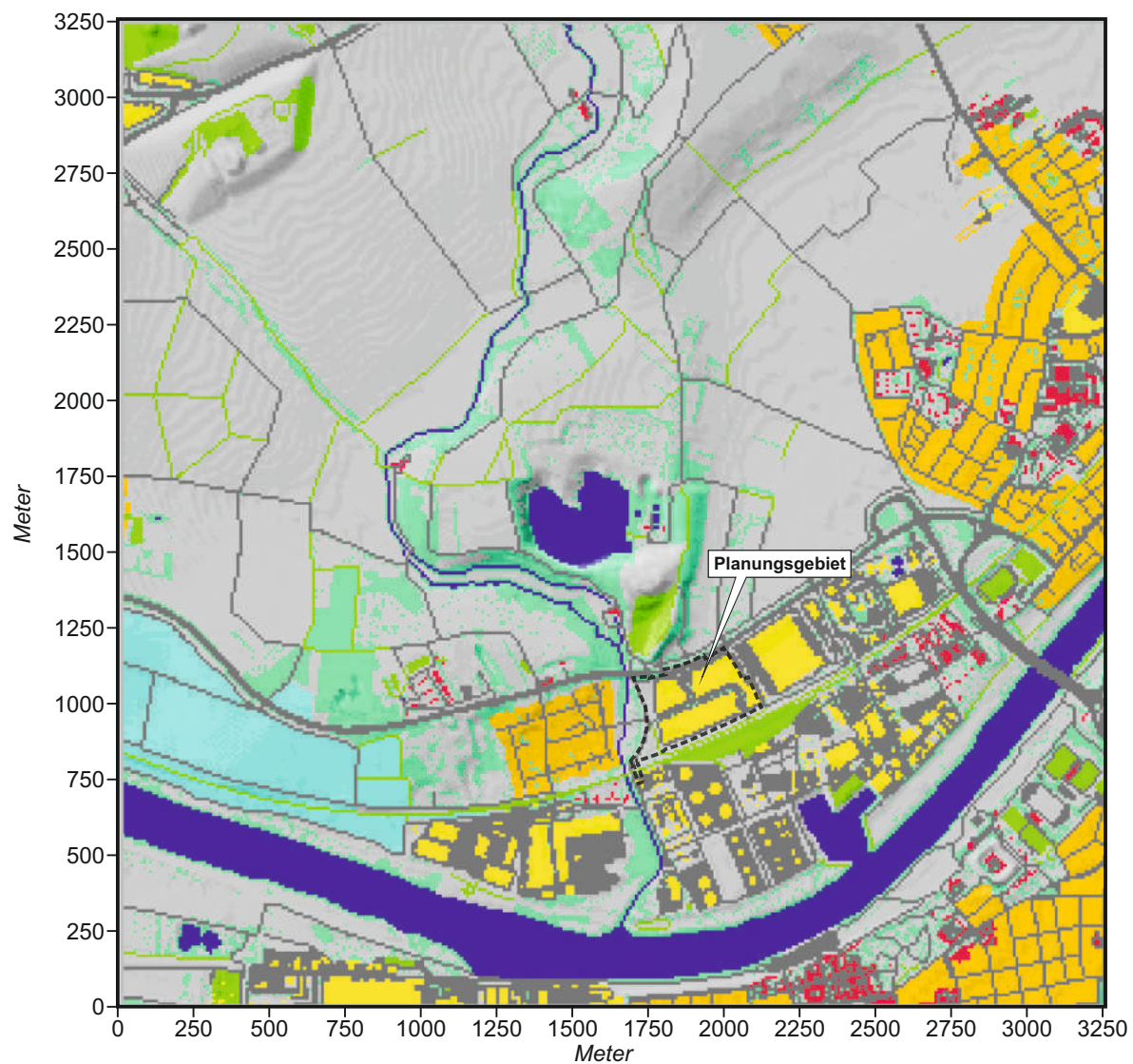


Abb. 14 Modellgebiet - mesoskalige Kaltluftströmungssimulationen / Flächennutzung (Plan-Zustand)



#### Flächennutzung

- Siedlung (locker)
- Siedlung (dicht)
- Gehölze
- Bahntrasse / halb versiegelte Flächen
- Industrie / Gewerbe
- Rebflächen
- unversiegelte Flächen (Wiesen, Acker etc.)
- versiegelte Flächen (Asphalt, Pflaster etc.)
- Wasserflächen / Fluss-und Bachläufe

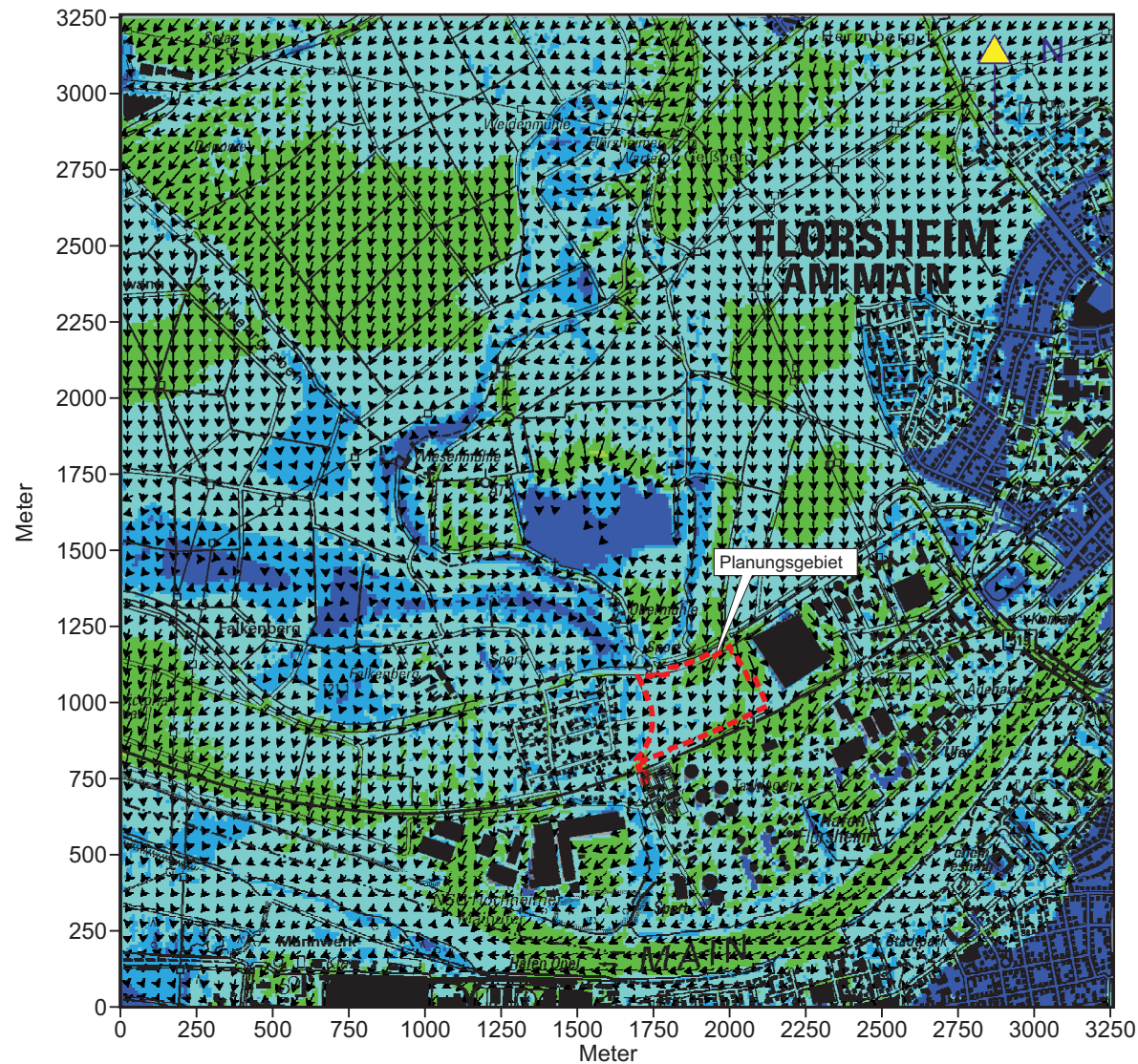


Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 15.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand**  
**Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /**  
**3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

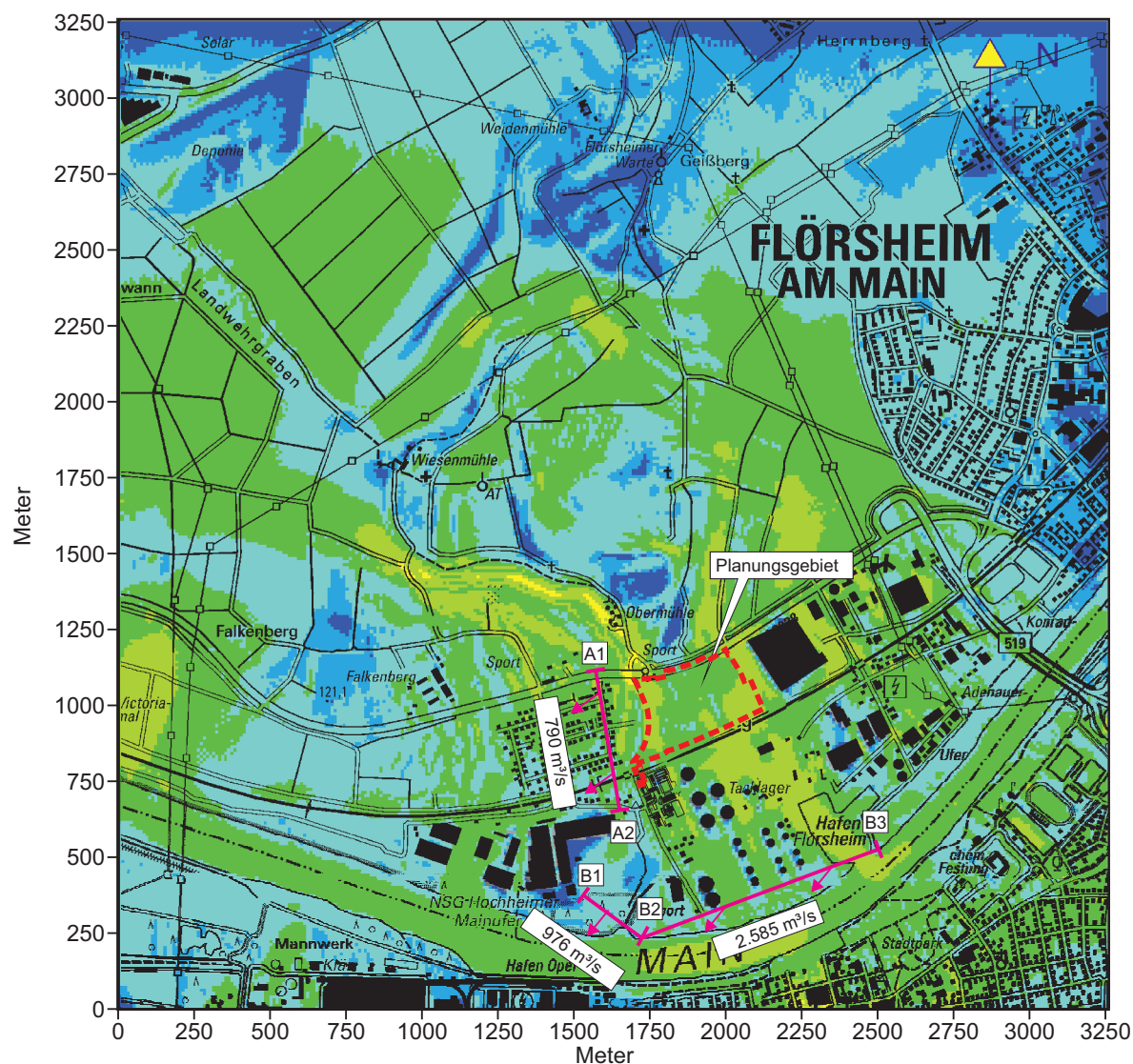
Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 15.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand  
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /  
3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

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

Bewertungsprofil  
Kaltluftvolumenstrom

Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen

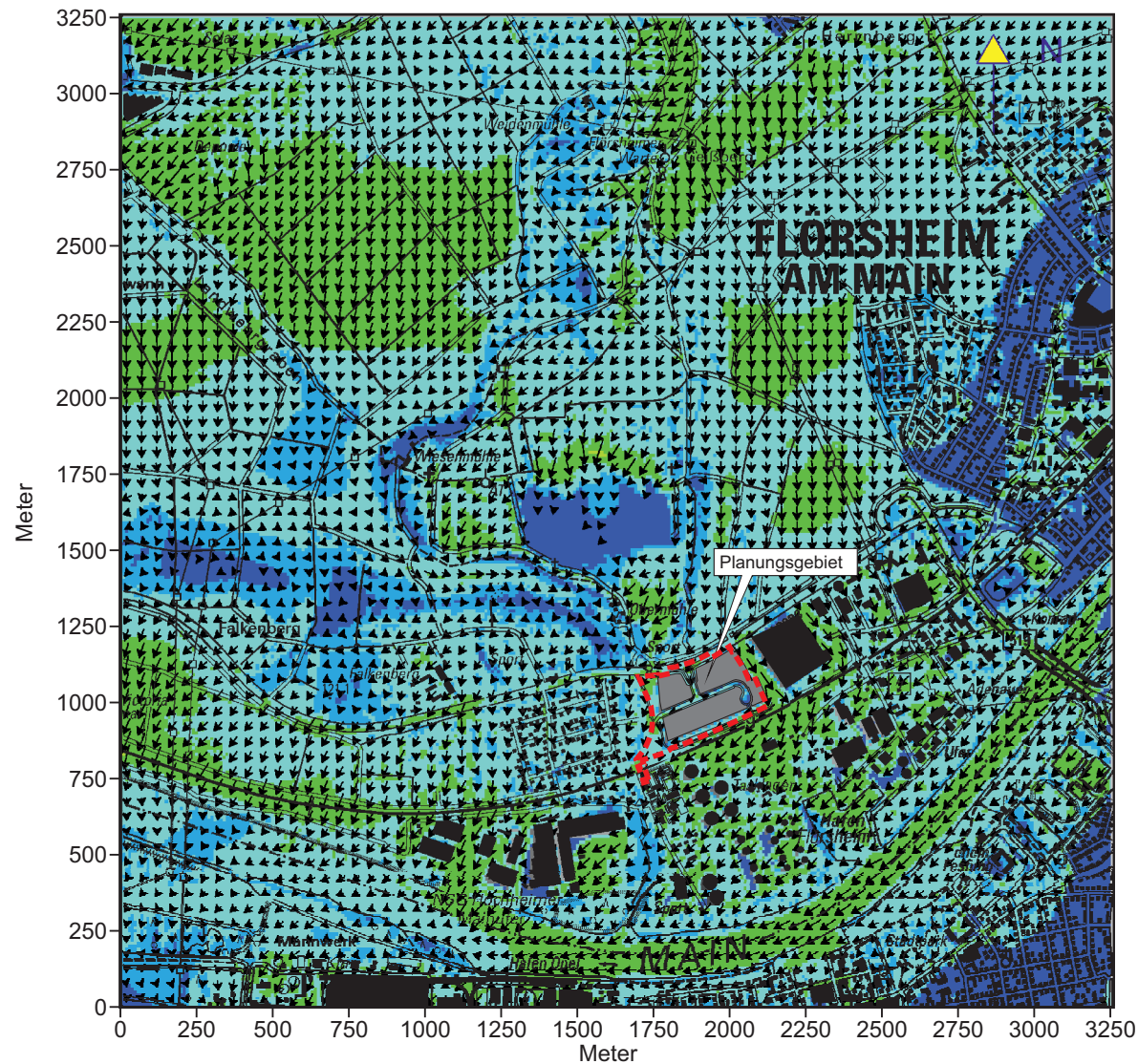


Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 16.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand  
Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /  
3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

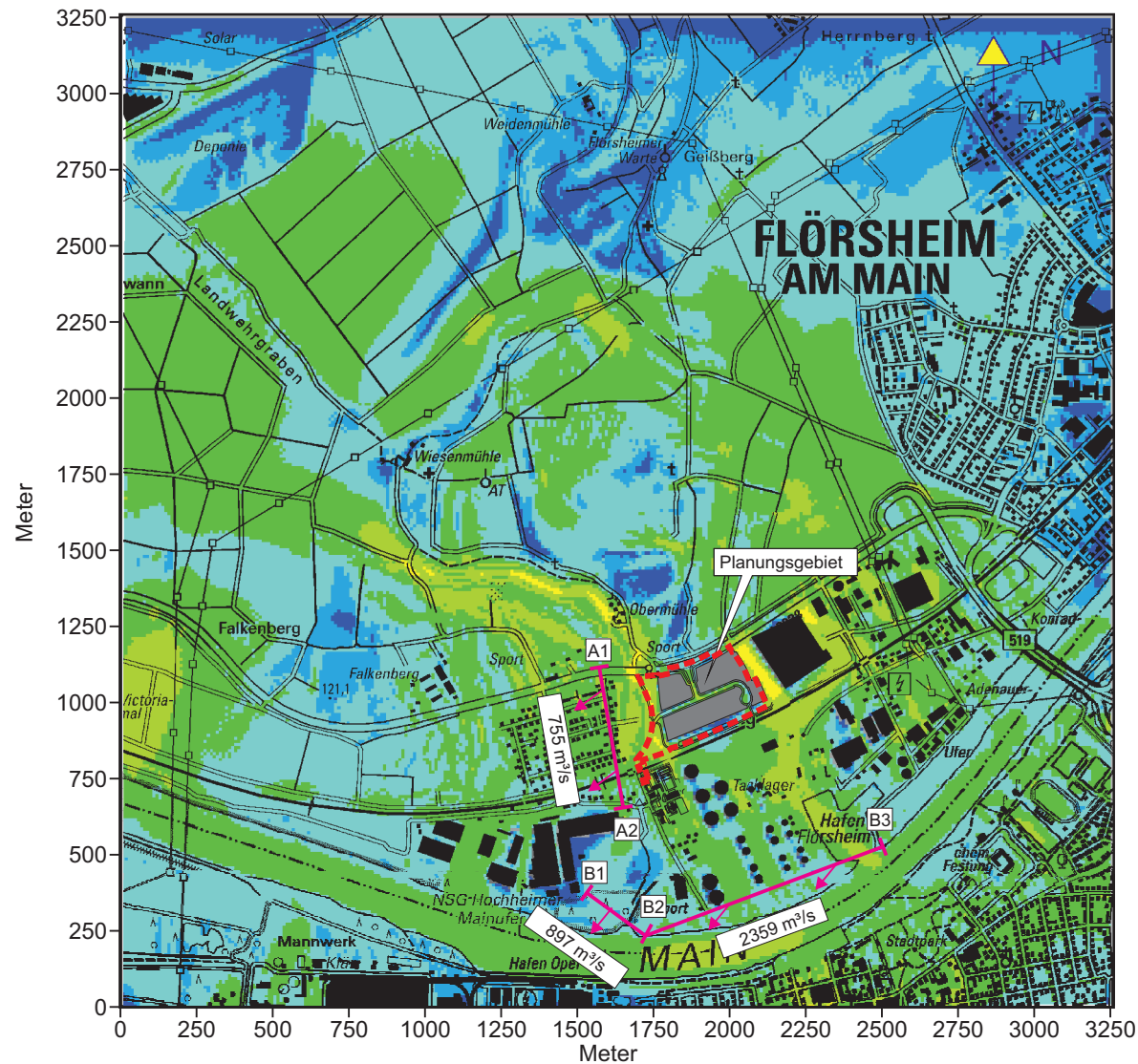
Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 16.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand  
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /  
3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

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

Bewertungsprofil  
Kaltluftvolumenstrom

Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen

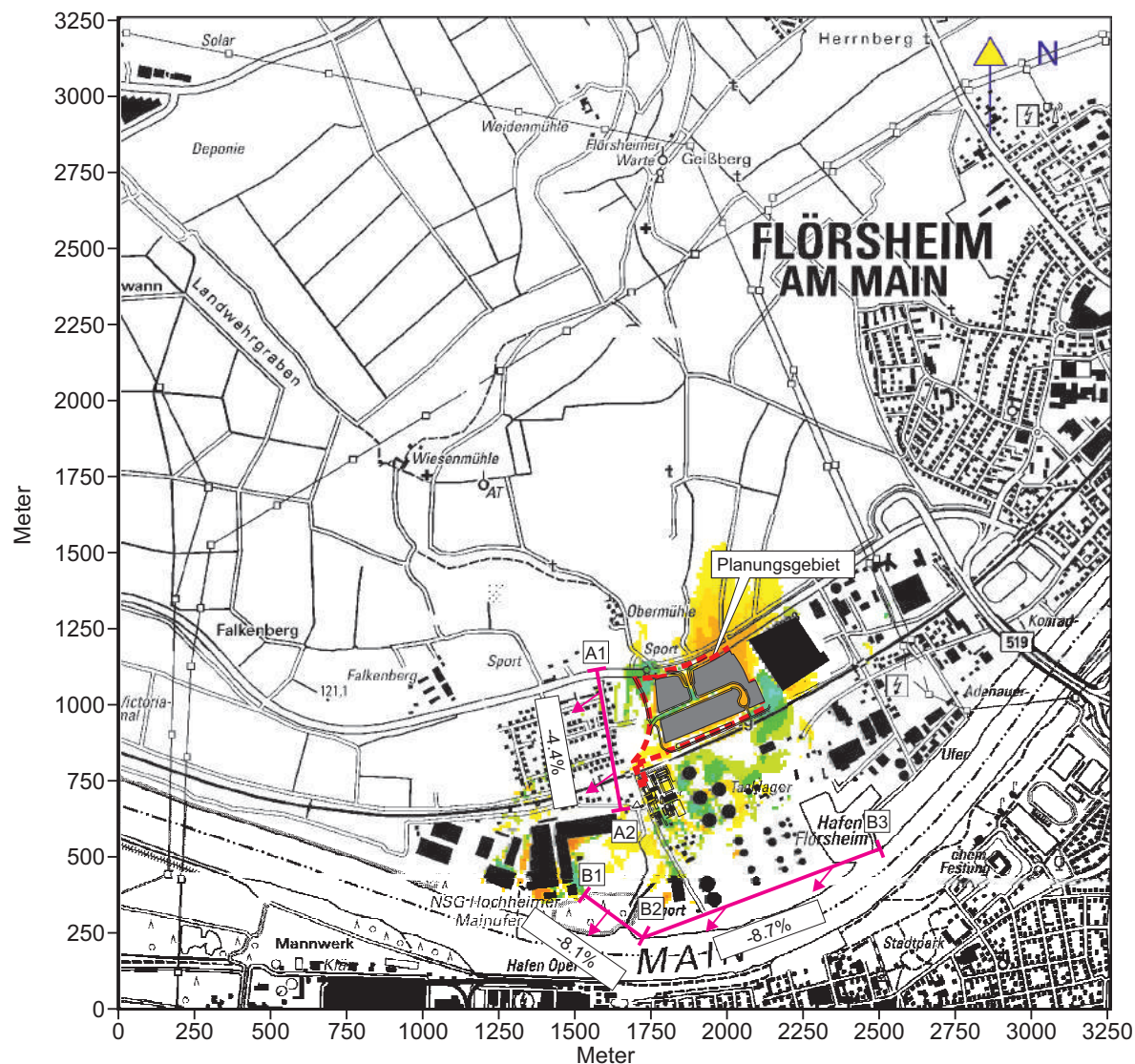


Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 17 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Vorher-Nachher-Vergleich**  
**Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) und des Kaltluftvolumenstroms**  
**in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 3. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (1. Nachthälfte).**  
**Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

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

↑ Abnahme  
↓ Zunahme

Bewertungsprofil  
 Rel. Differenz des Kaltluftvolumenstroms  
 zwischen Plan- und Ist-Zustand



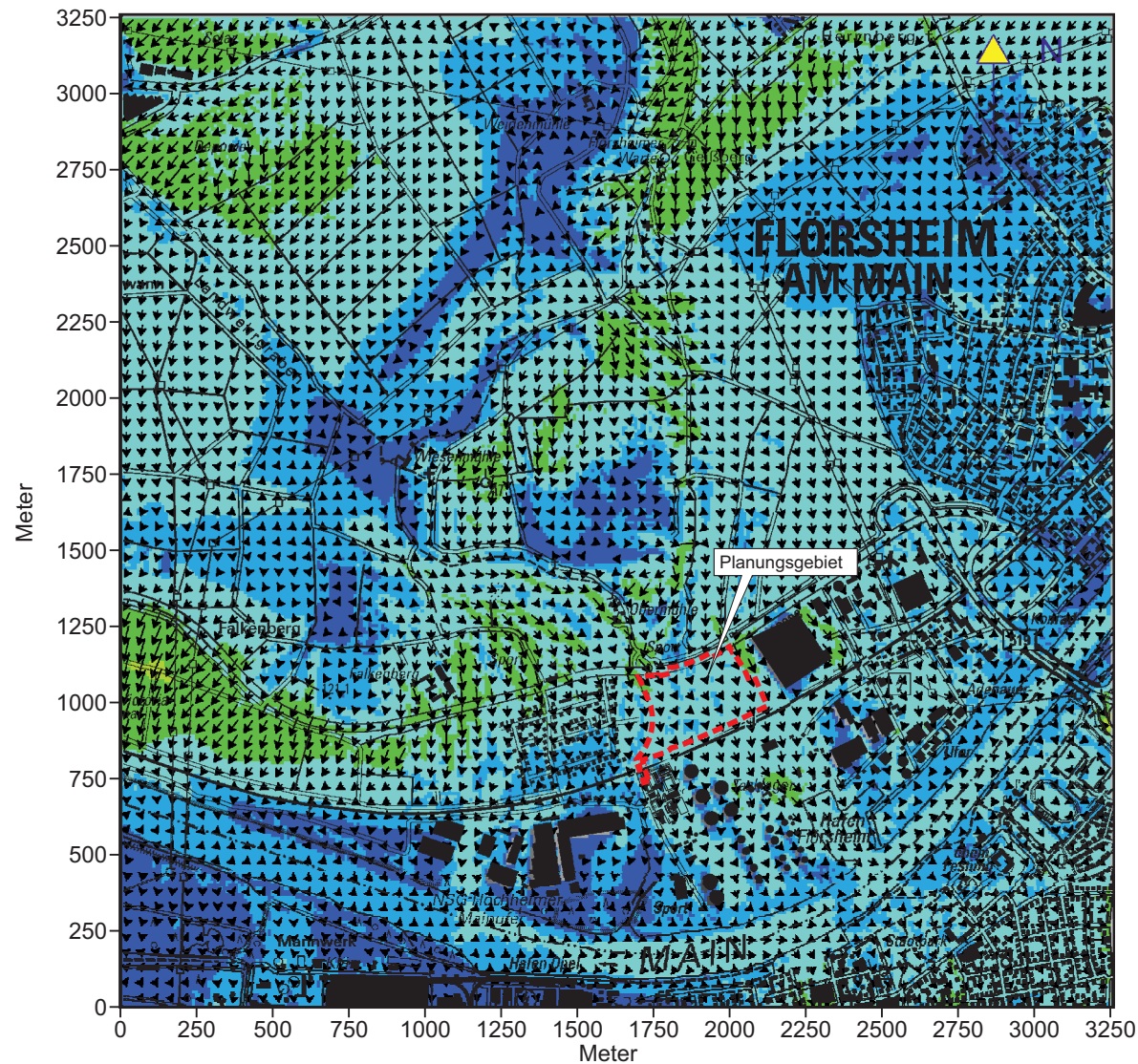
Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
 HVBG Hessen



Projekt:  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 18.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand**  
**Kaltluftfließgeschwindigkeit (Kaltluftschichtmittel) in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /**  
**6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen



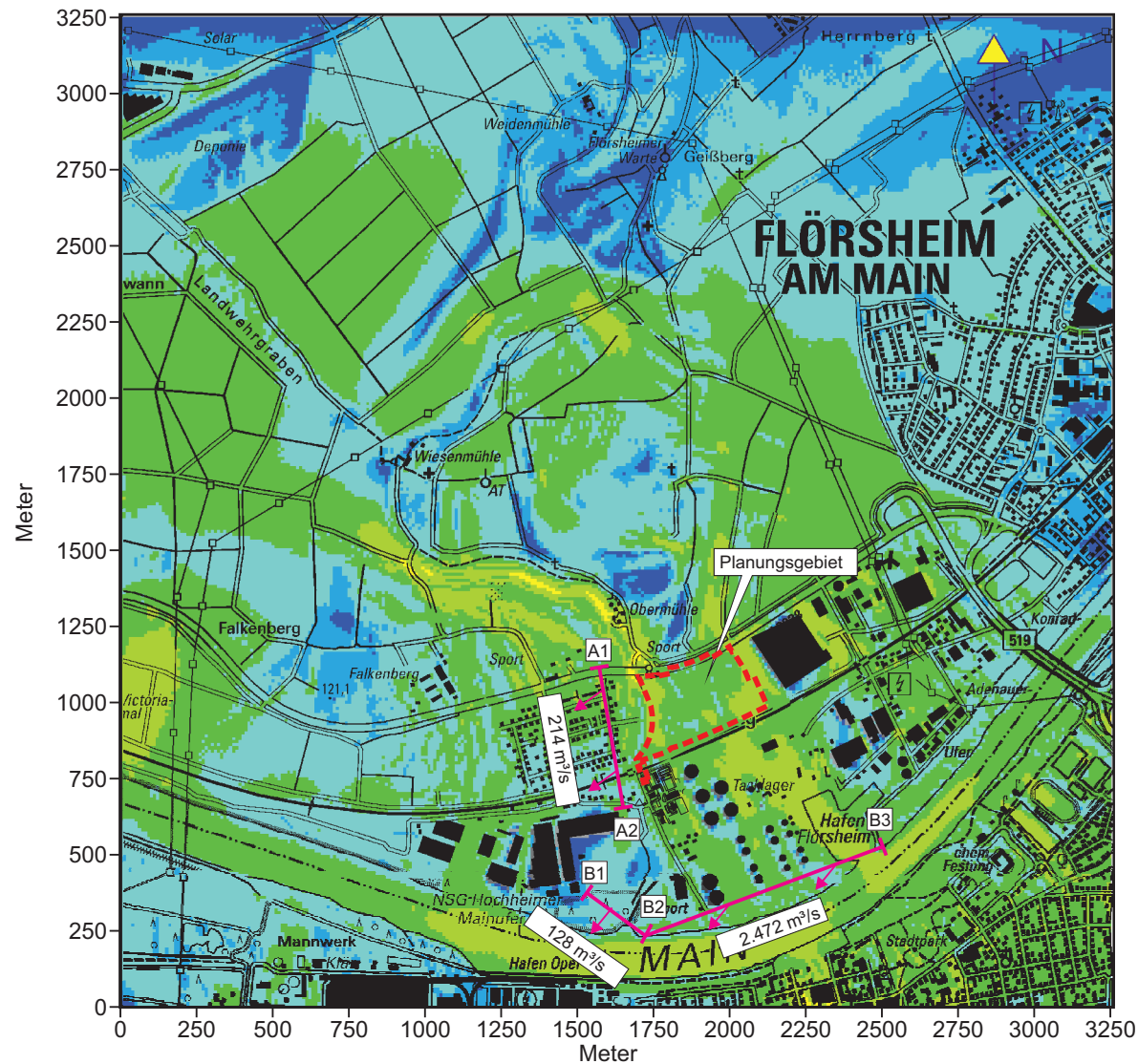
Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**

Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 18.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Ist-Zustand  
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /  
6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

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

Bewertungsprofil  
Kaltluftvolumenstrom



Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen



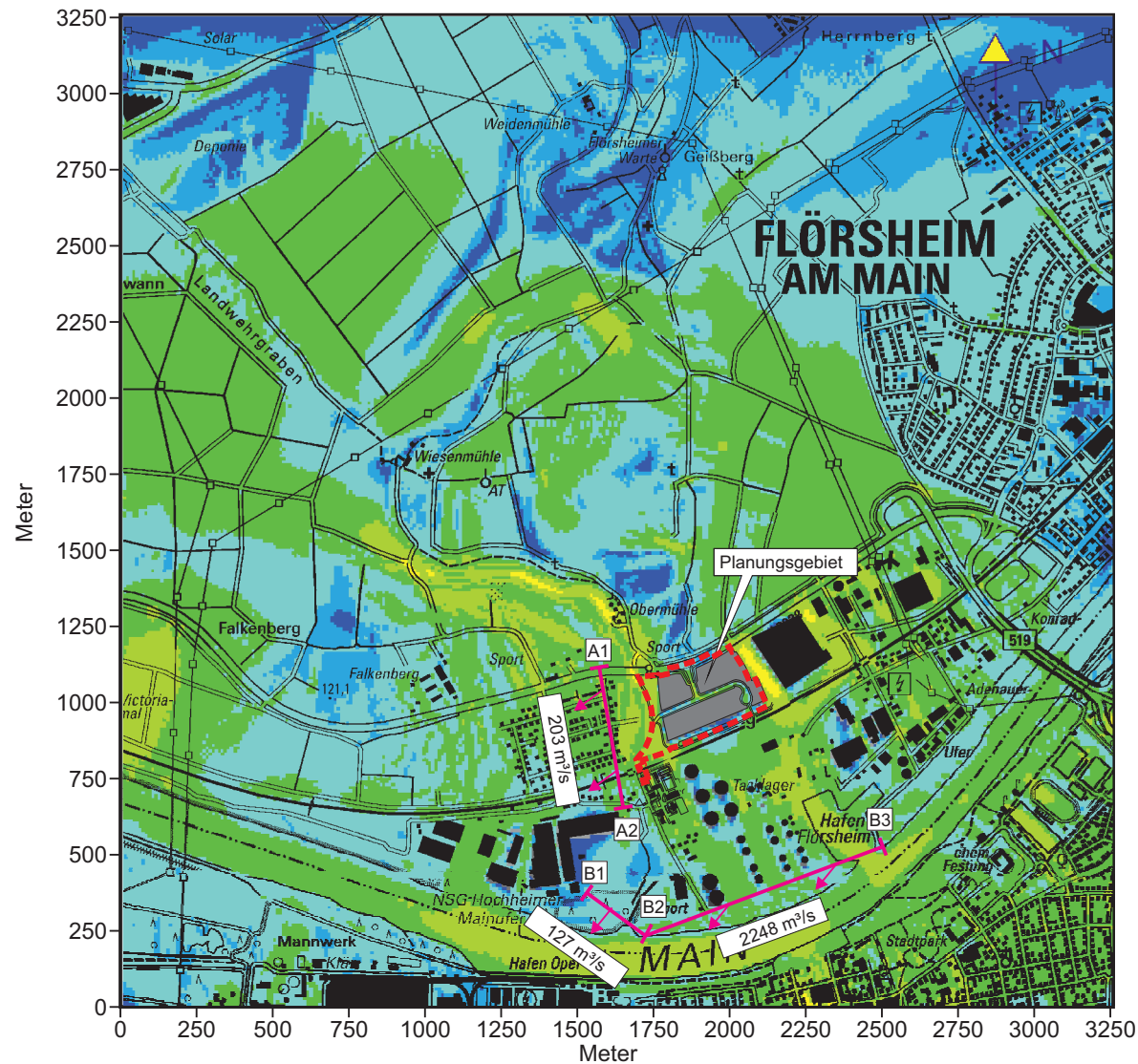
Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main





**Abb. 19.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Plan-Zustand  
Kaltluftvolumenstromdichte in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht /  
6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte). Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



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

- 0 bis 1
- über 1 bis 2
- über 2 bis 5
- über 5 bis 10
- über 10 bis 20
- über 20 bis 30

Bewertungsprofil  
Kaltluftvolumenstrom

Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
HVBG Hessen

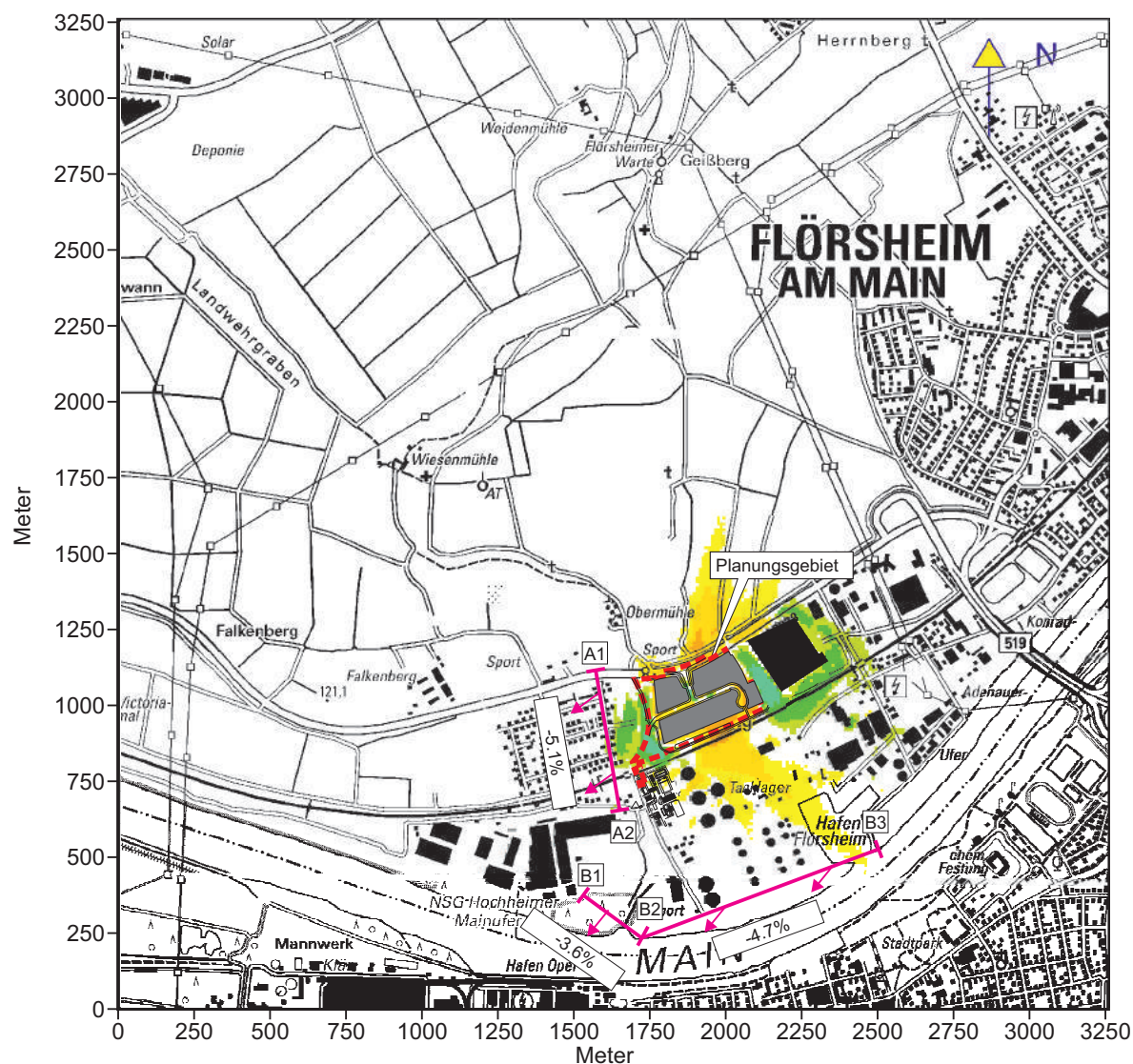


Deutscher  
Wetterdienst  
Modell KLAM\_21  
V2.012

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 20 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen - Vorher-Nachher-Vergleich**  
**Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) und des Kaltluftvolumenstroms**  
**in einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht / 6. Std. nach einsetzender Kaltluftbildung (2. Nachthälfte).**  
**Regionalströmung aus Nordosten mit 2.0 m/s**



Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit in m/s

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

↑ Abnahme  
↓ Zunahme

Bewertungsprofil  
 Rel. Differenz des Kaltluftvolumenstroms  
 zwischen Plan- und Ist-Zustand



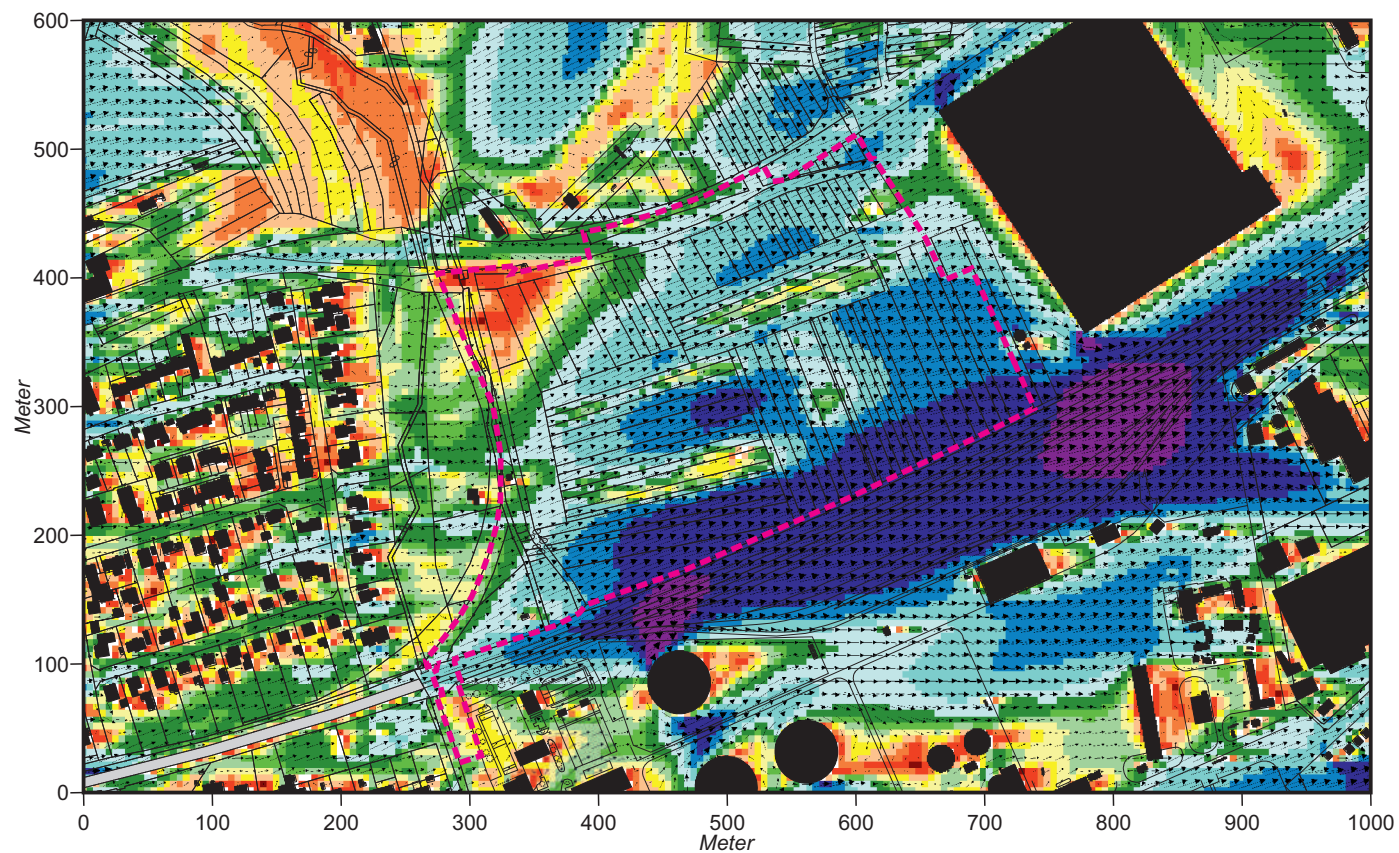
Grundlagenkarte und digitales Geländemodell:  
 HVBG Hessen





Projekt:  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



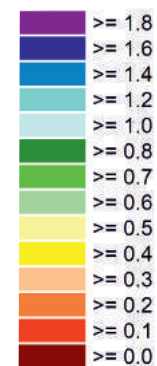
**Abb. 21.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**



 Windvektoren

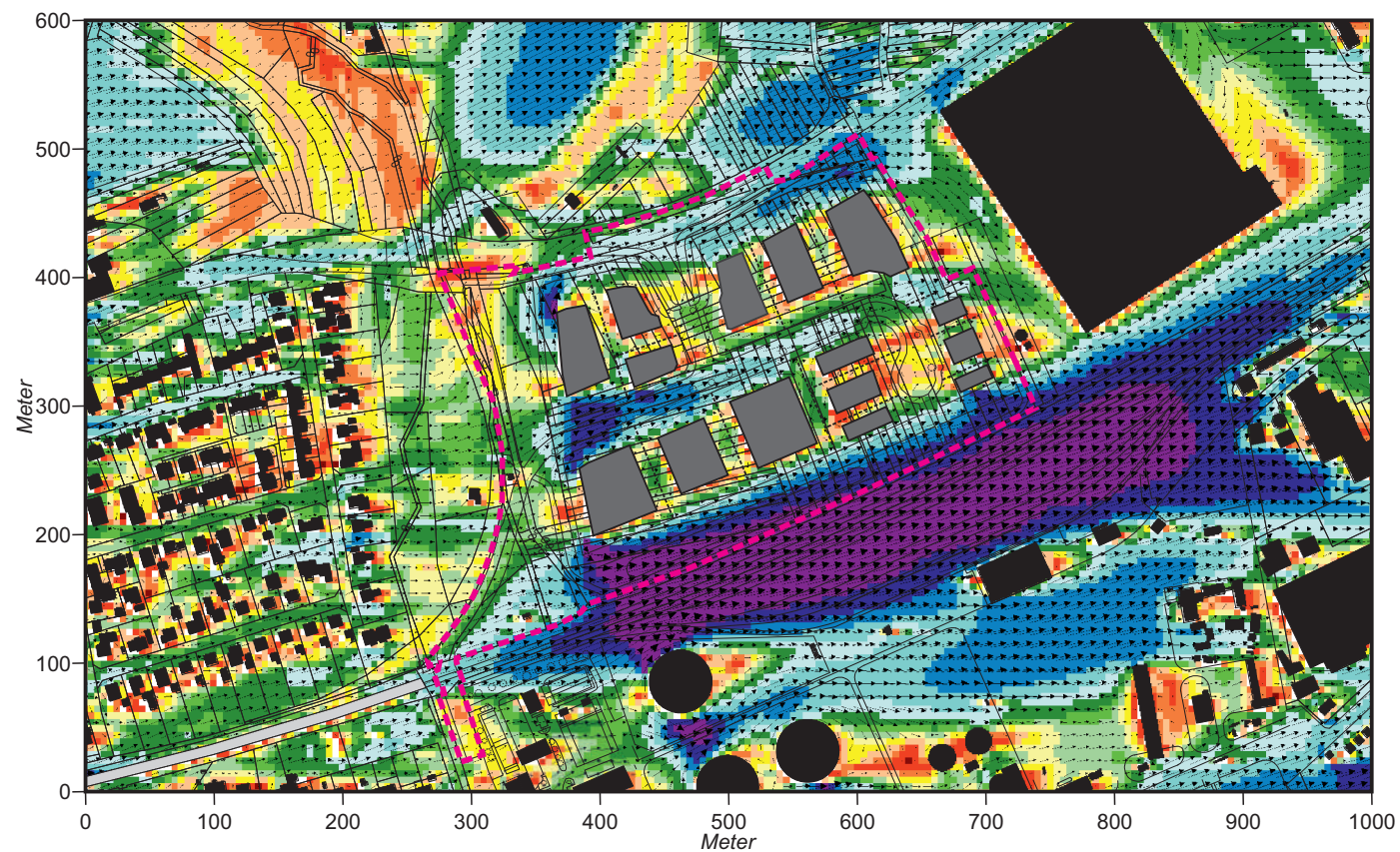
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



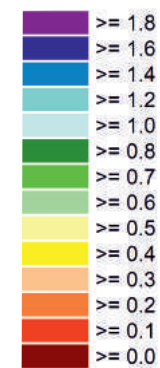
**Abb. 21.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**



 Windvektoren

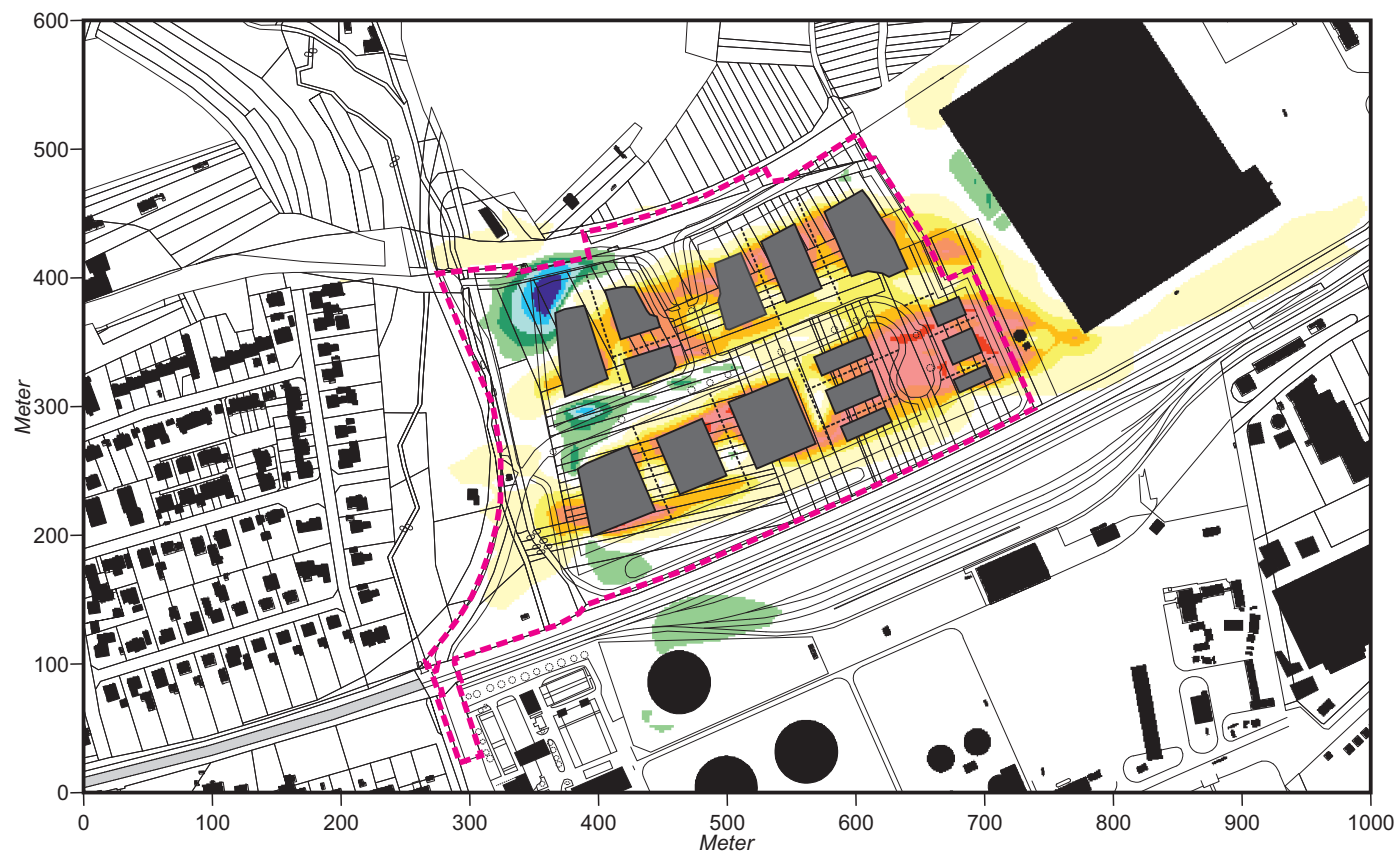
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

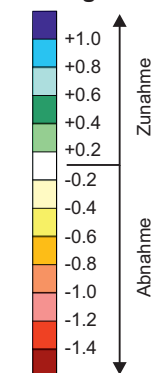


**Abb. 21.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung**  
**aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s**



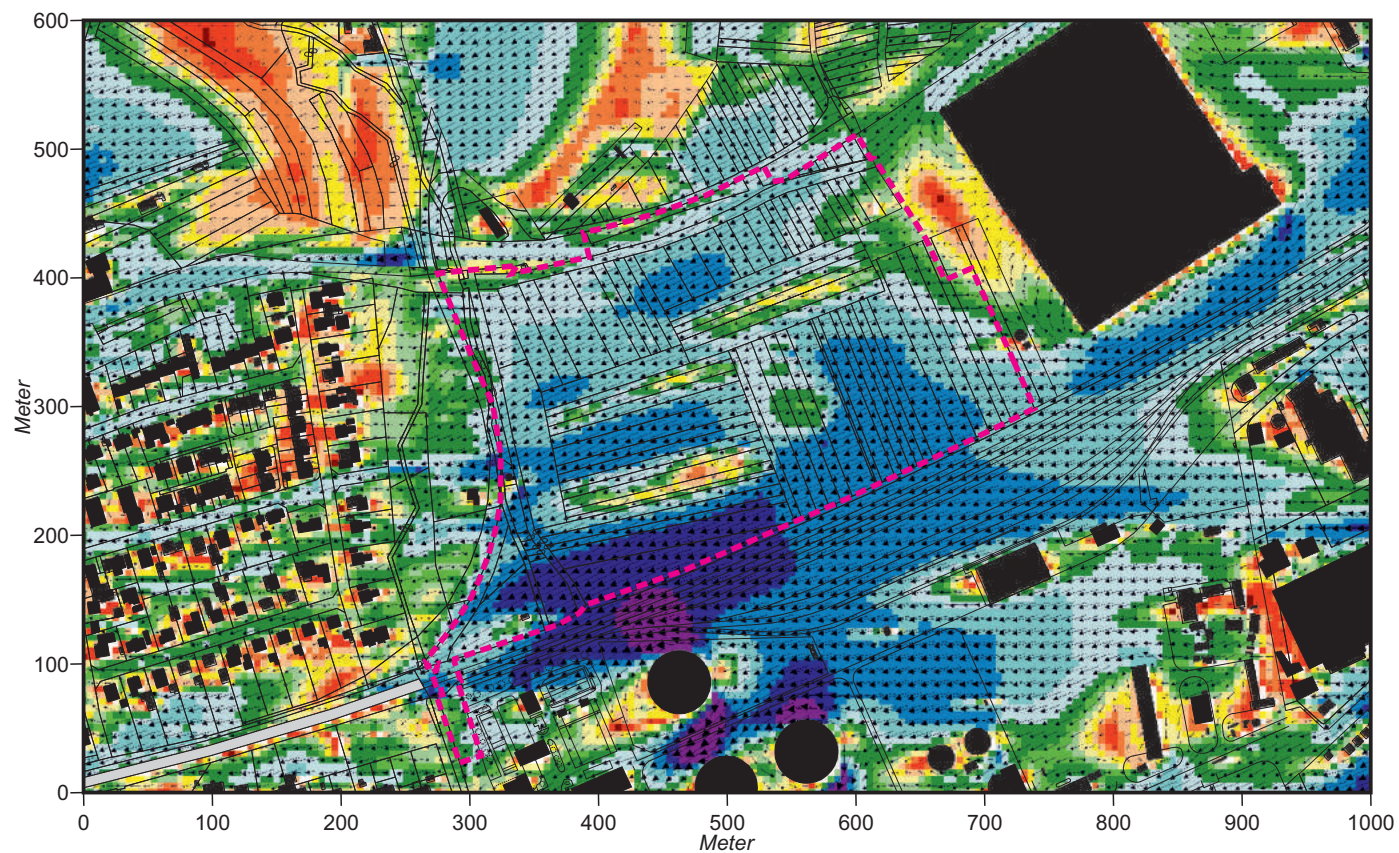
**Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 22.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**

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

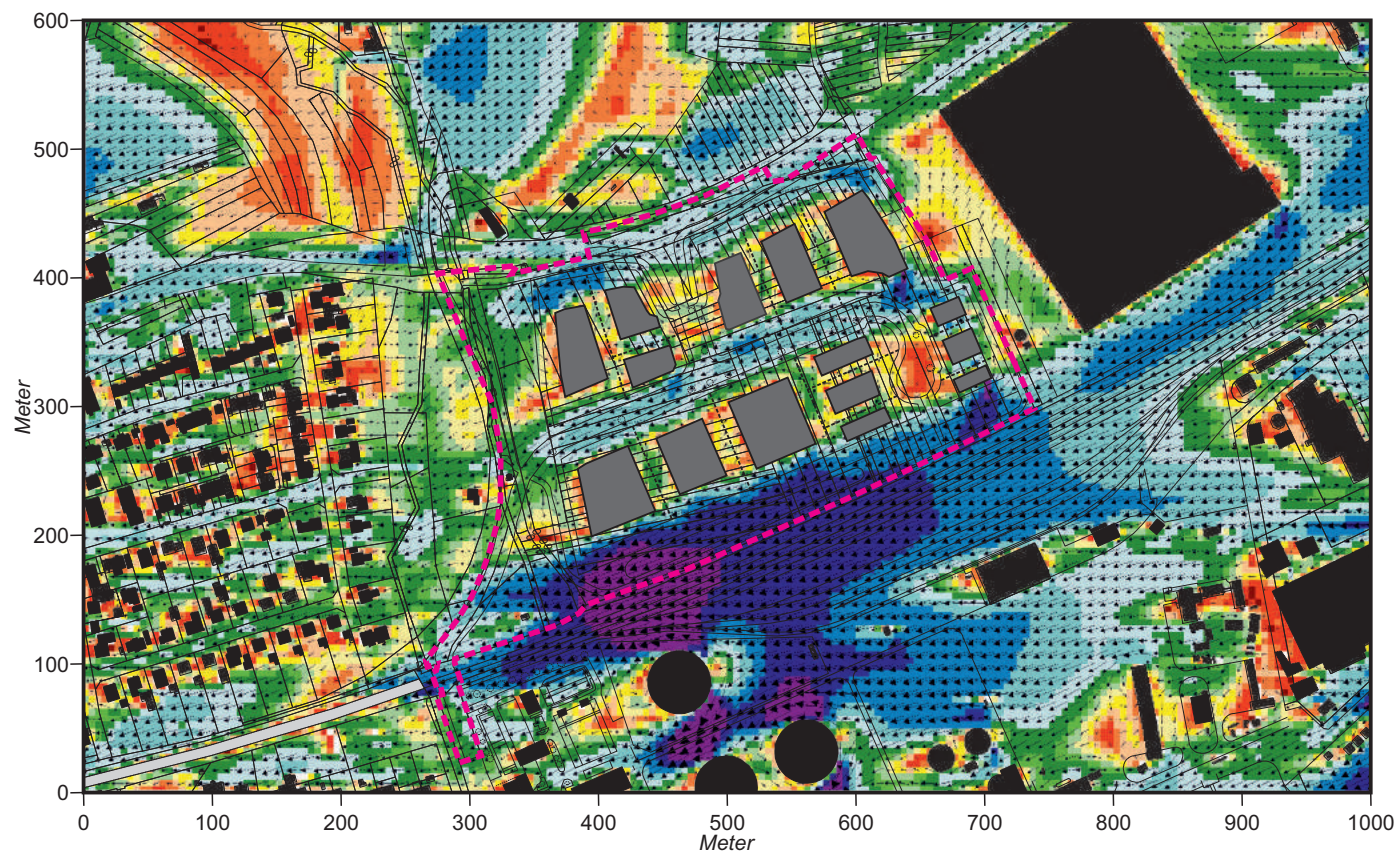


**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



**Abb. 22.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**

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

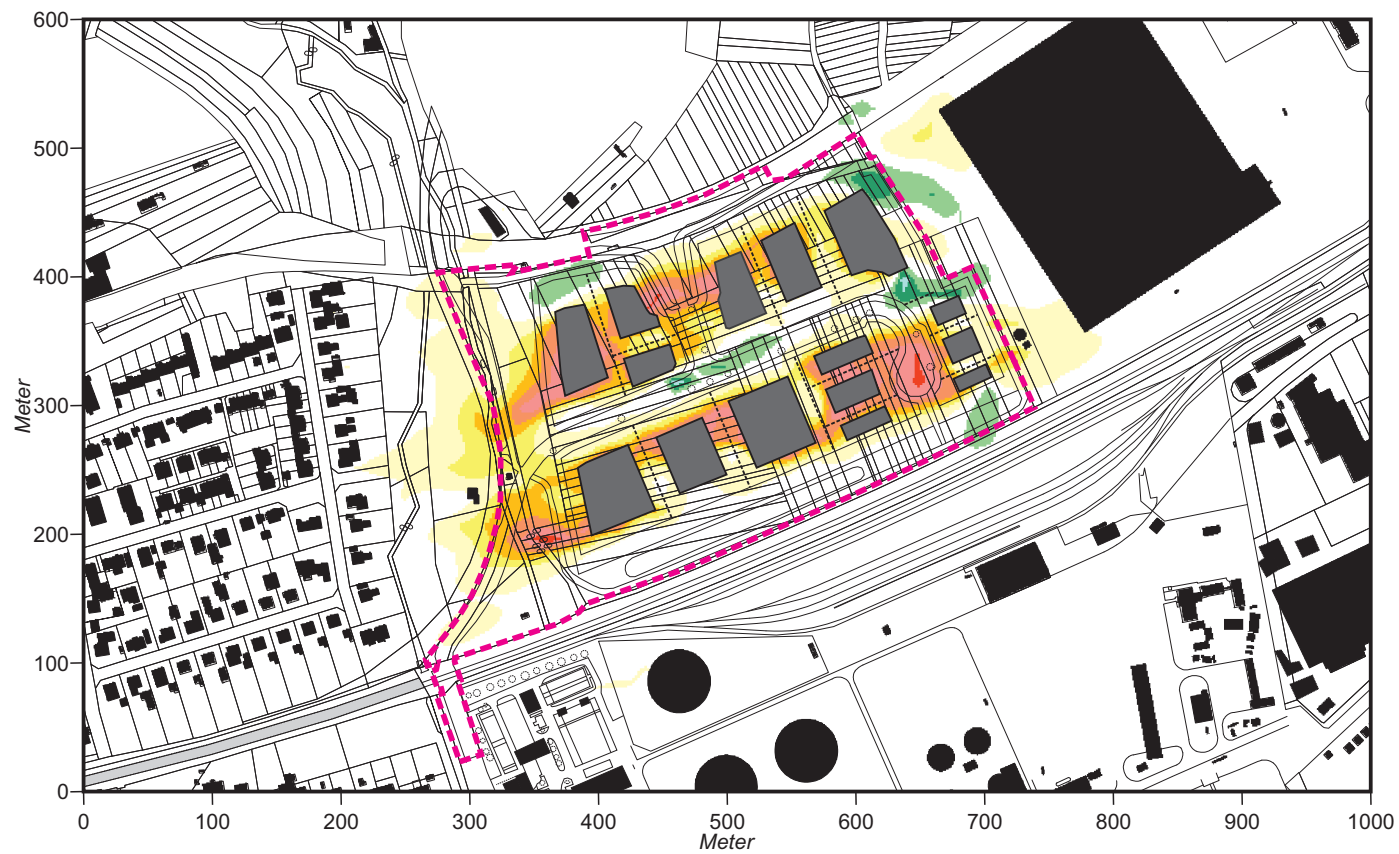


**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

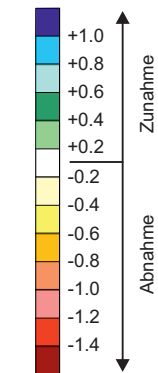


**Abb. 22.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) am Tag bei einer Anströmung**  
**aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s**



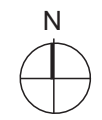
Zunahme

Abnahme

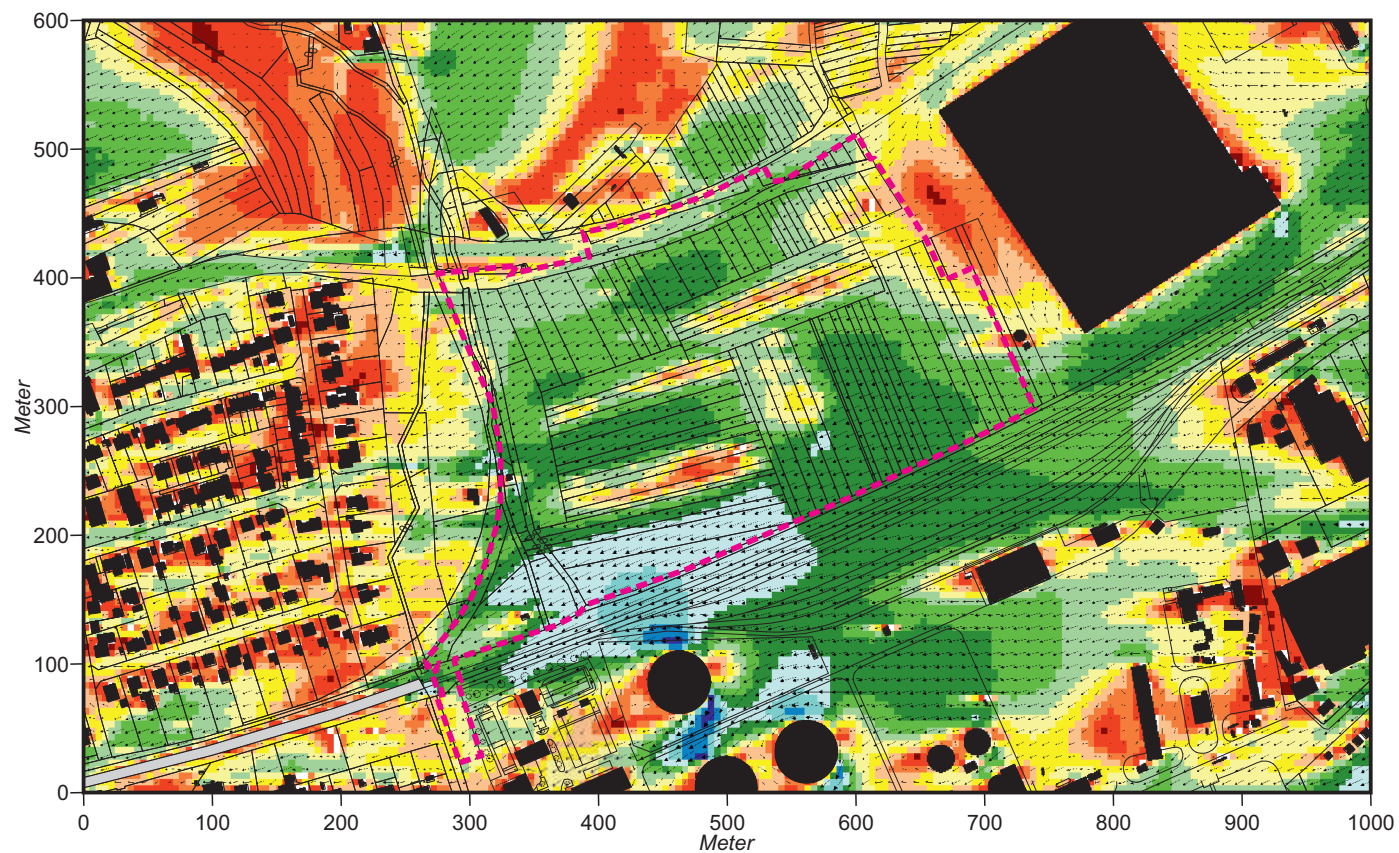
**Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

















**Abb. 23.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**

  $\geq 1.3$   
  $\geq 1.2$   
  $\geq 1.1$   
  $\geq 1.0$   
  $\geq 0.9$   
  $\geq 0.8$   
  $\geq 0.7$   
  $\geq 0.6$   
  $\geq 0.5$   
  $\geq 0.4$   
  $\geq 0.3$   
  $\geq 0.2$   
  $\geq 0.1$   
  $\geq 0.0$

 Windvektoren

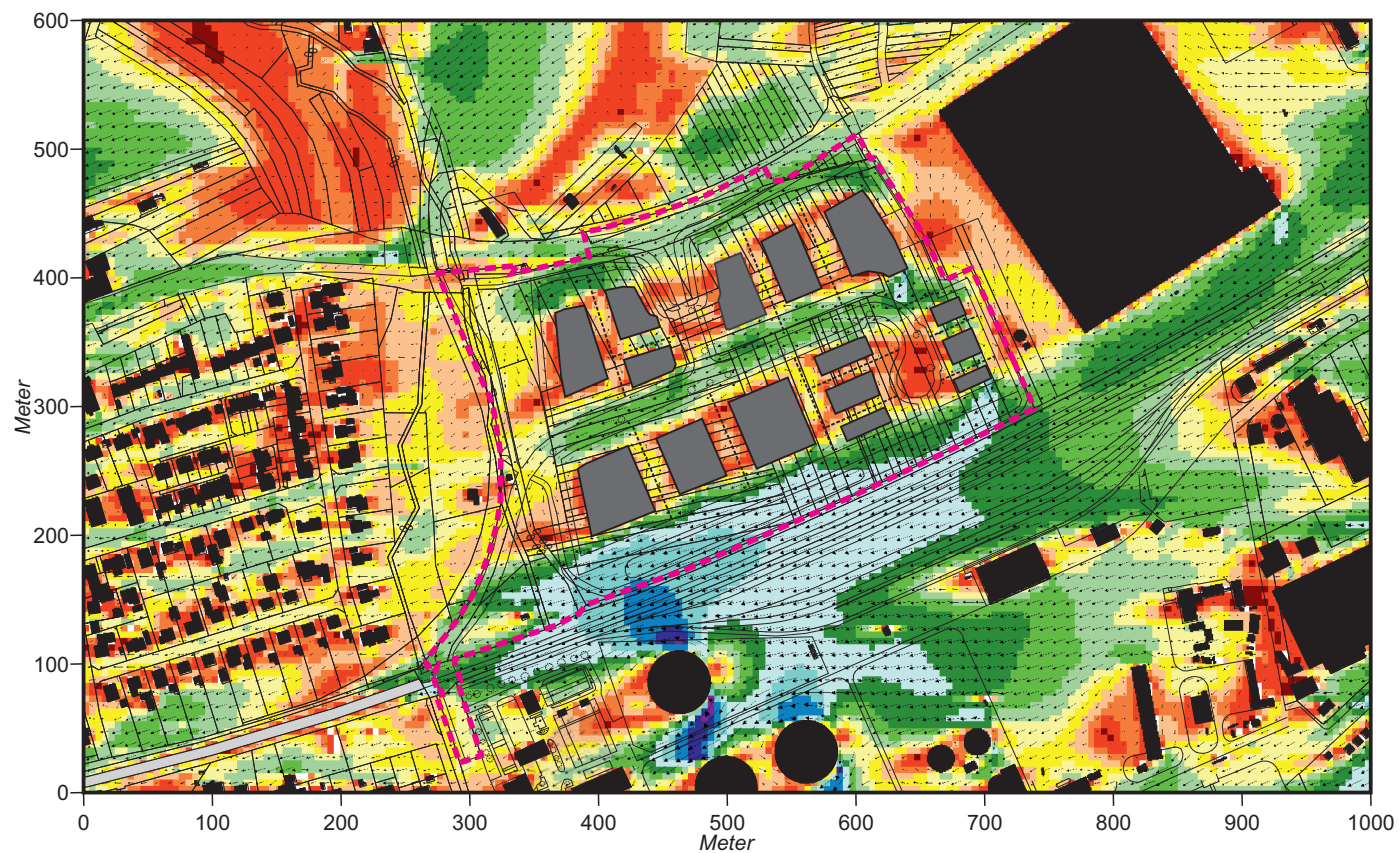
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation


**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main




**Abb. 23.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**

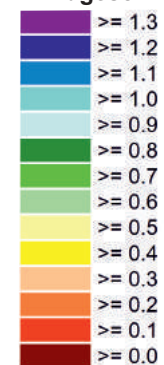


 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand

 Bebauung - Planung

**Windgeschwindigkeit in m/s**



 Windvektoren

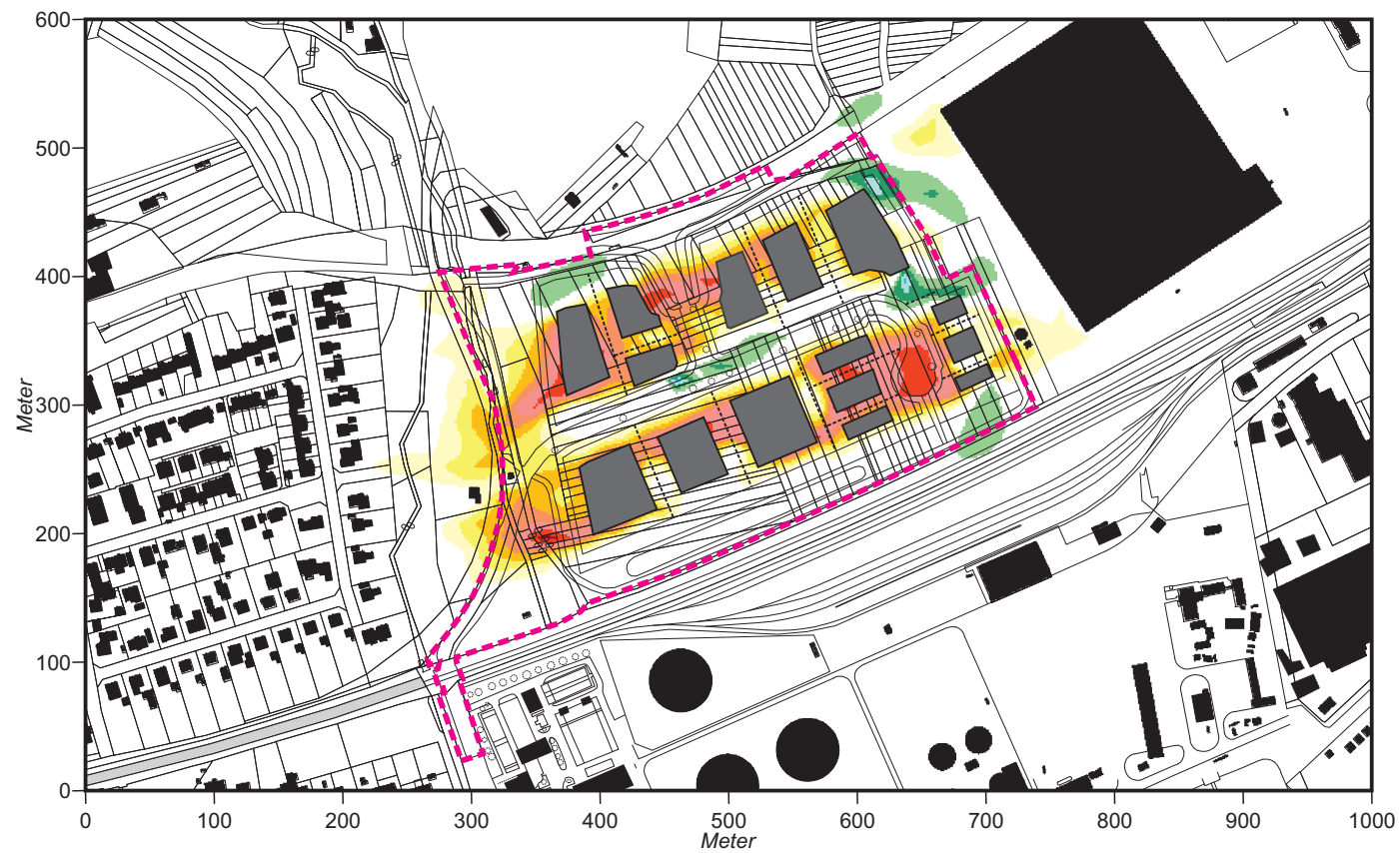
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

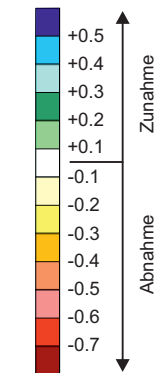


**Abb. 23.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Windfeldsimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) in der Nacht bei einer Anströmung**  
**aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Zu- bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s**



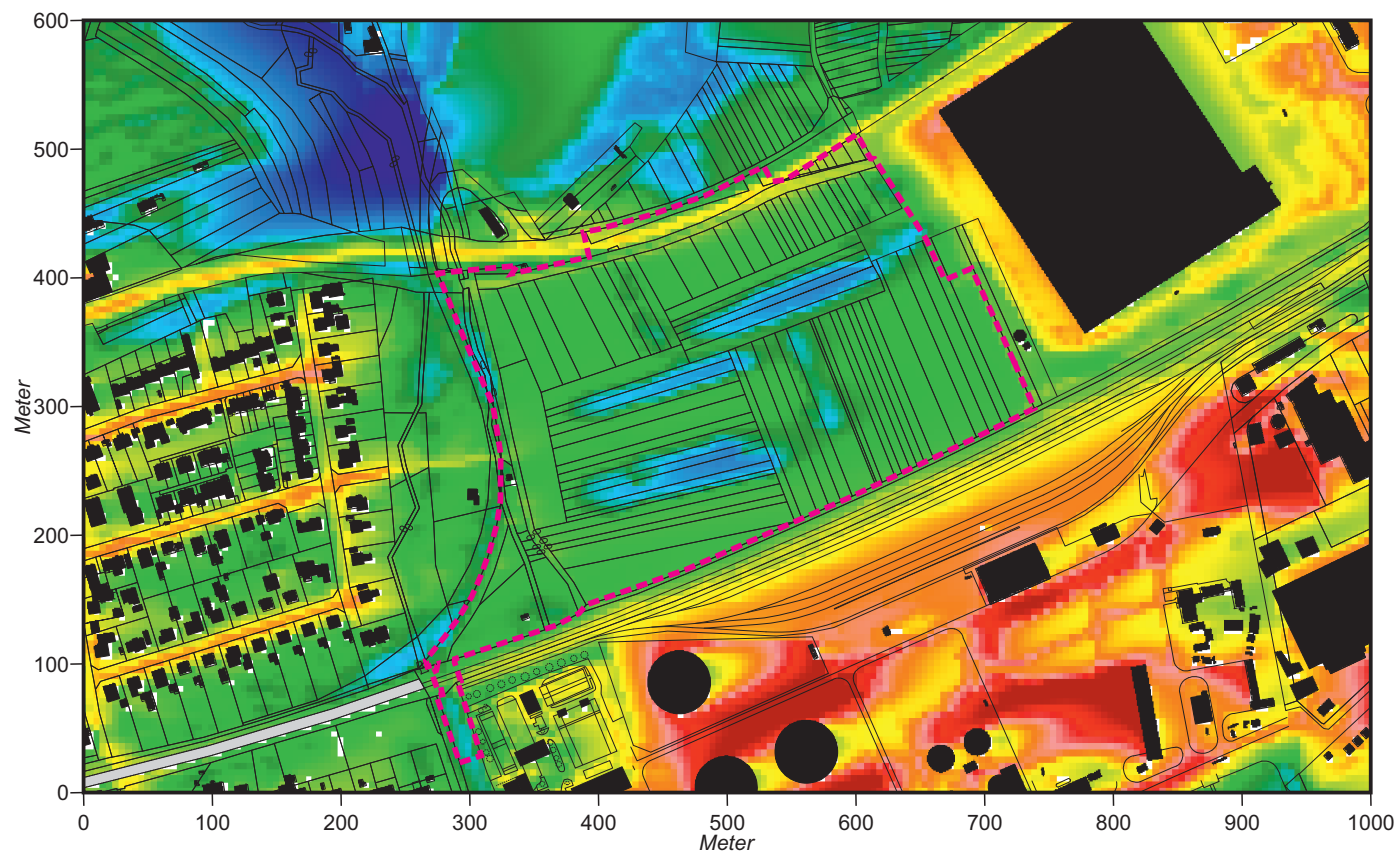
**Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



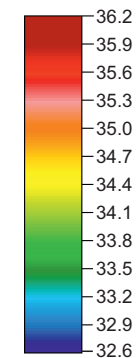
**Abb. 24.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



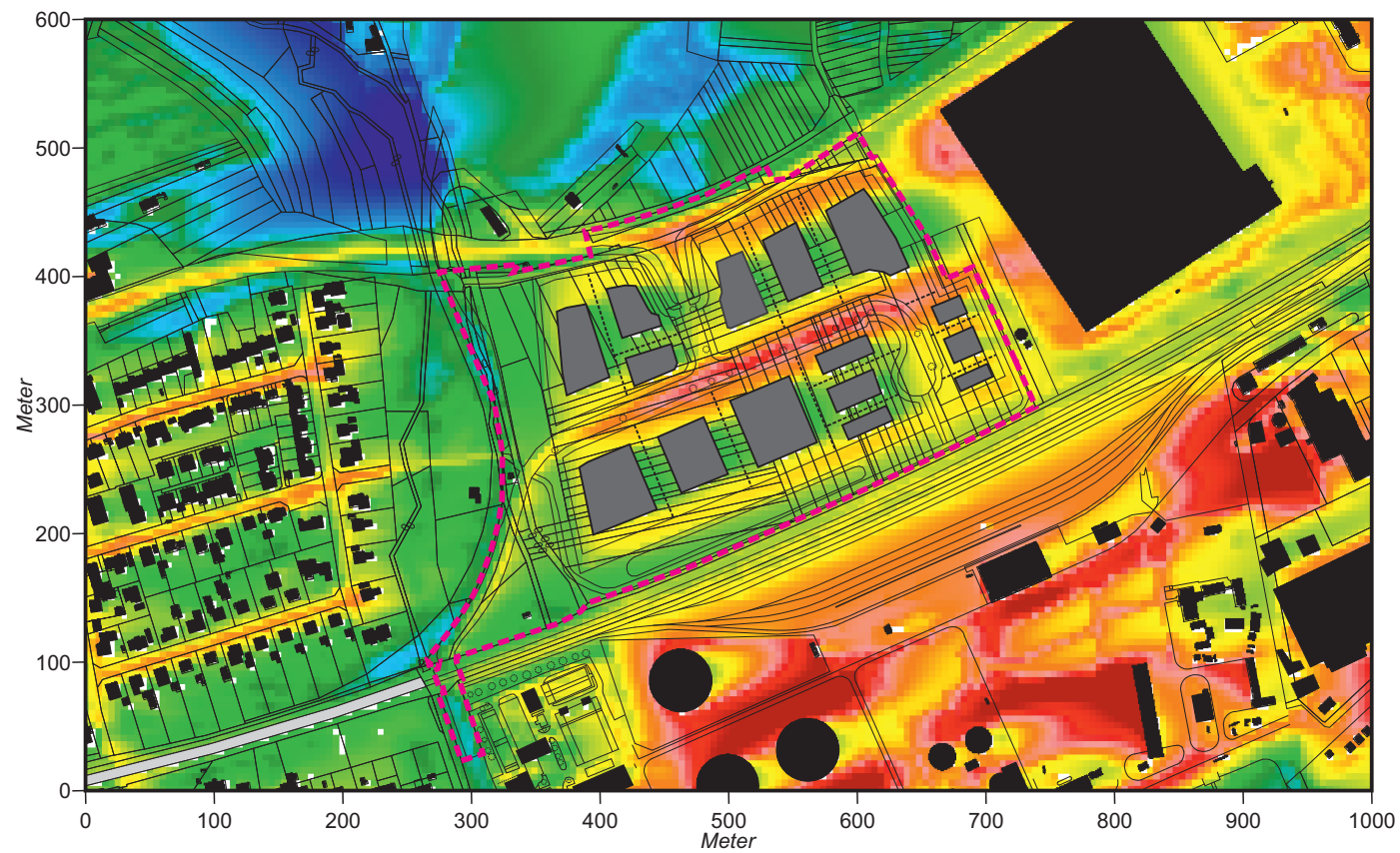
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



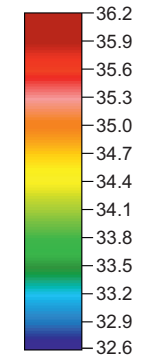
**Abb. 24.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Westsüdwesten (250°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



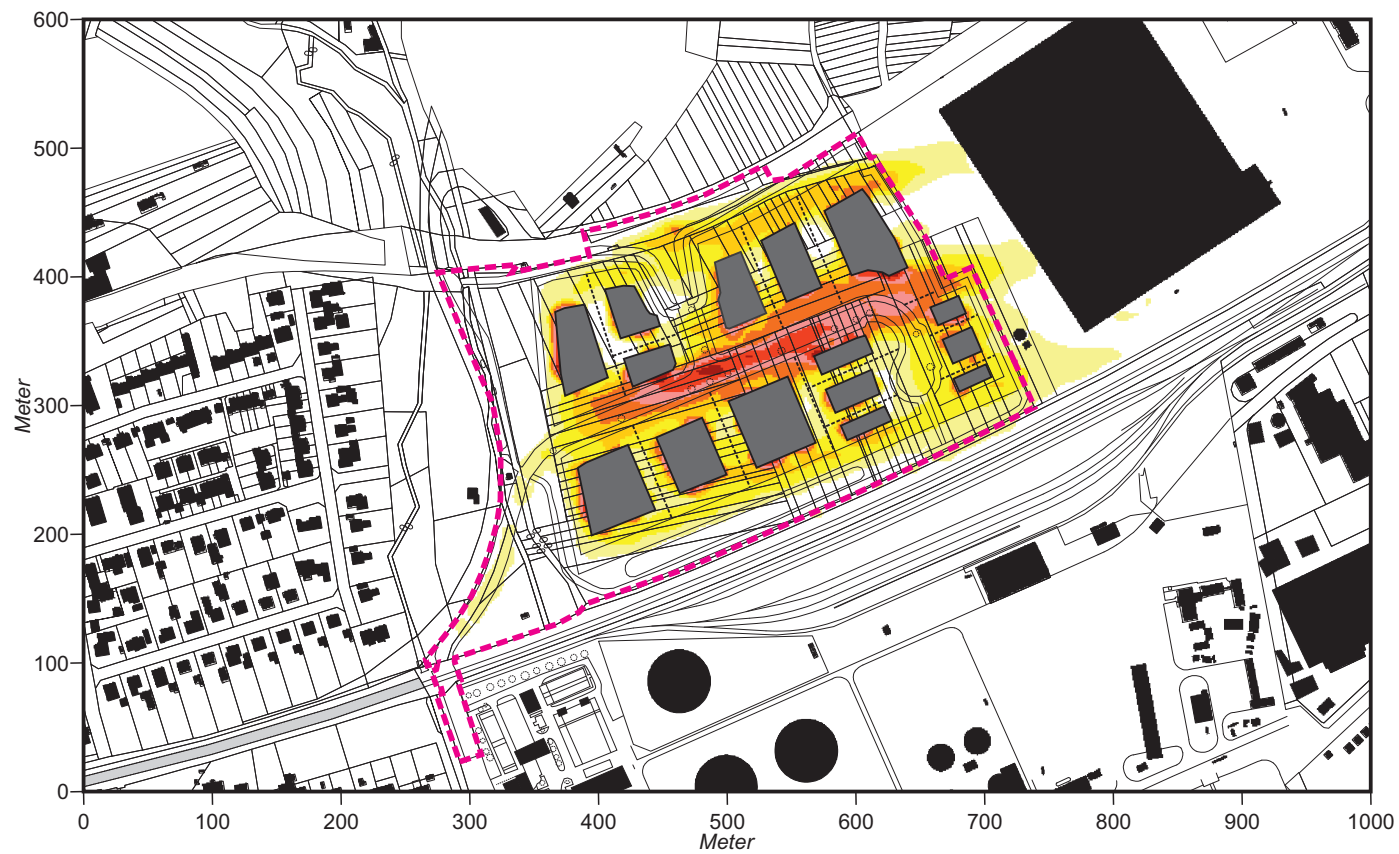
 **Anströmungsrichtung**




**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

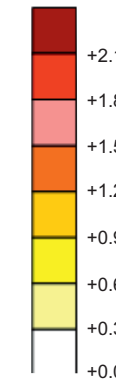


**Abb. 24.3 Vorher-Nachher-Vergleich / Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung**  
**aus Westsüdwesten (250°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



-  Planungsgebiet
-  Bebauung - Bestand
-  Bebauung - Planung

**Zunahme der Lufttemperatur in K**



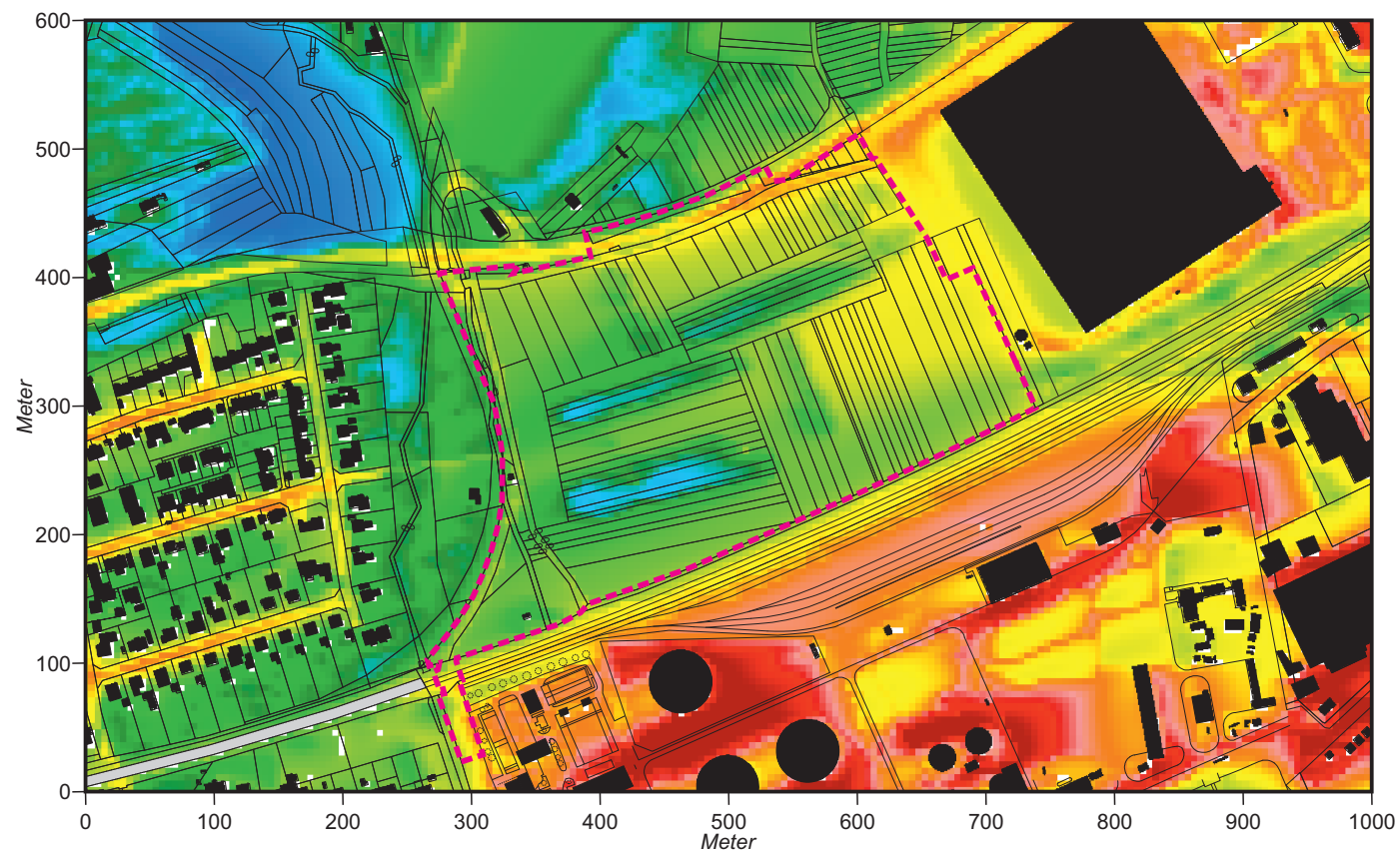
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation


**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main




**Abb. 25.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**

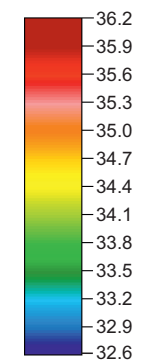


 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand

 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



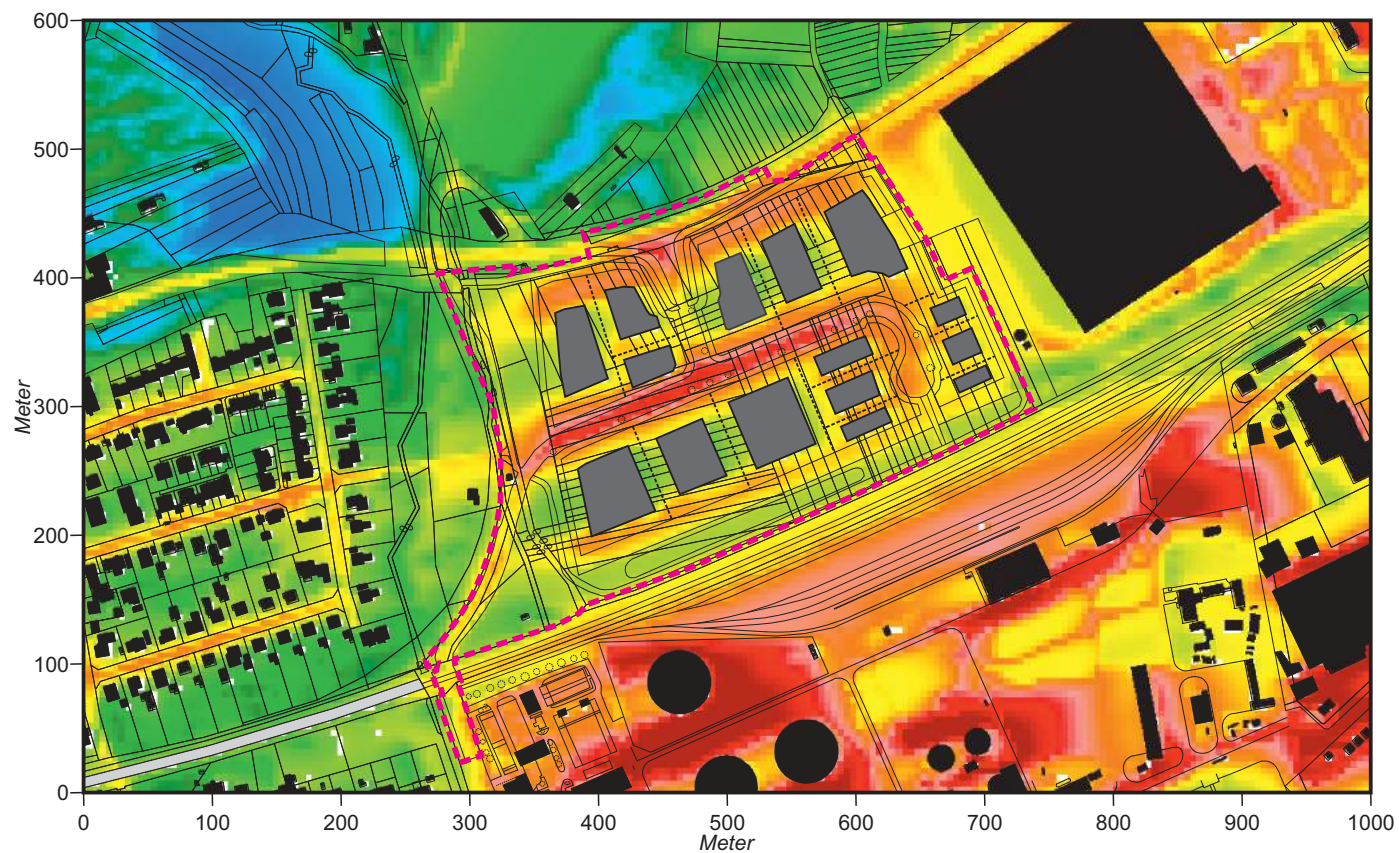
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



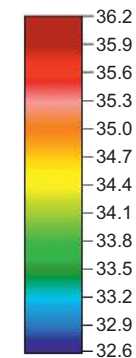
**Abb. 25.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



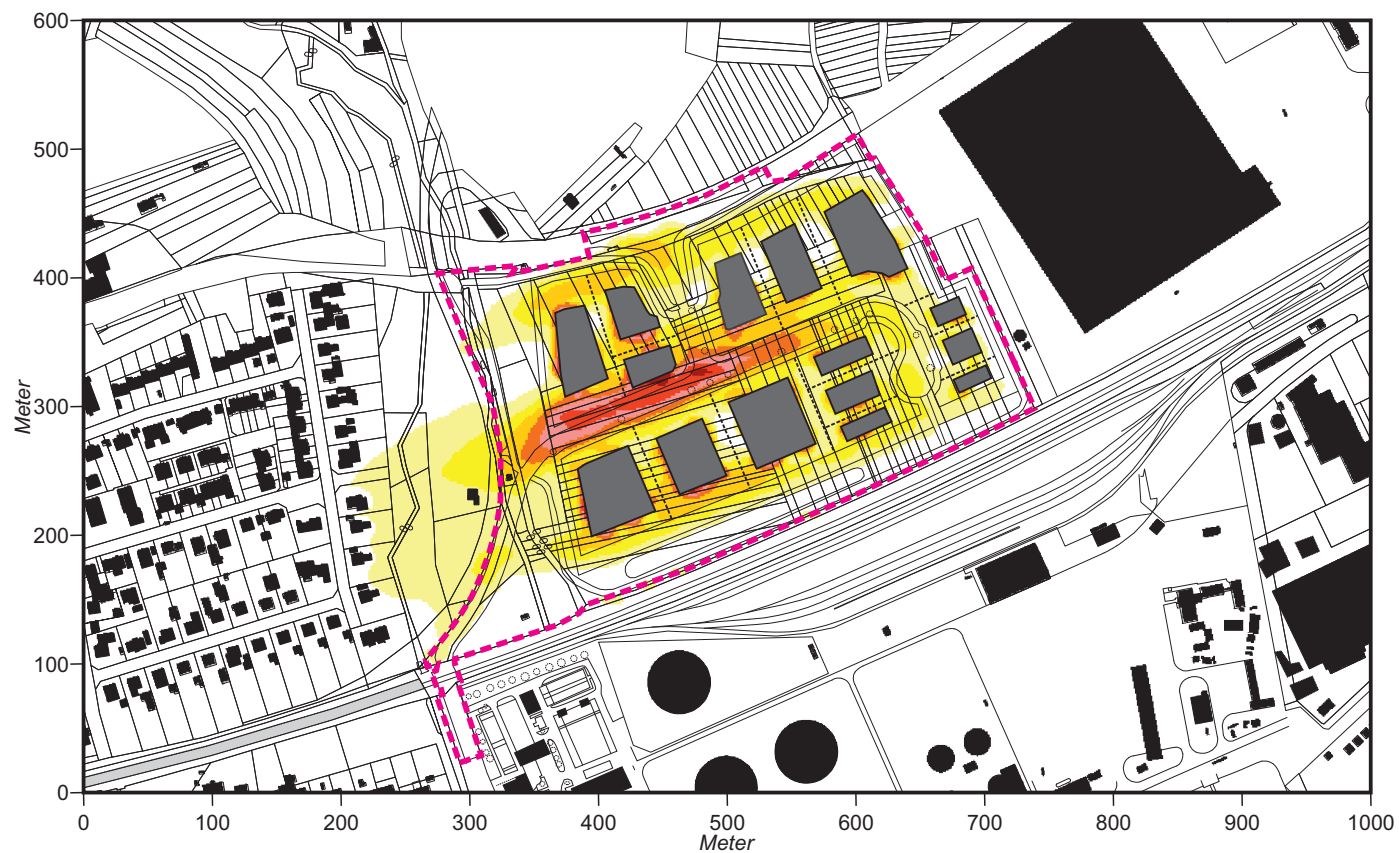
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

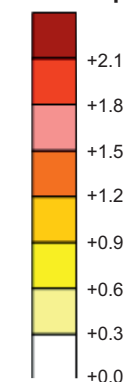


**Abb. 25.3 Vorher-Nachher-Vergleich / Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) am Tag (16:00 Uhr) bei einer Anströmung**  
**aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Planungsgebiet
- Bebauung - Bestand
- Bebauung - Planung

**Zunahme der Lufttemperatur in K**



**← Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



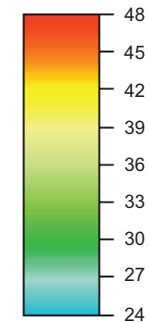
**Abb. 26.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima**  
**PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**PET -  
 Physiologische Äquivalenttemperatur  
 in °C**



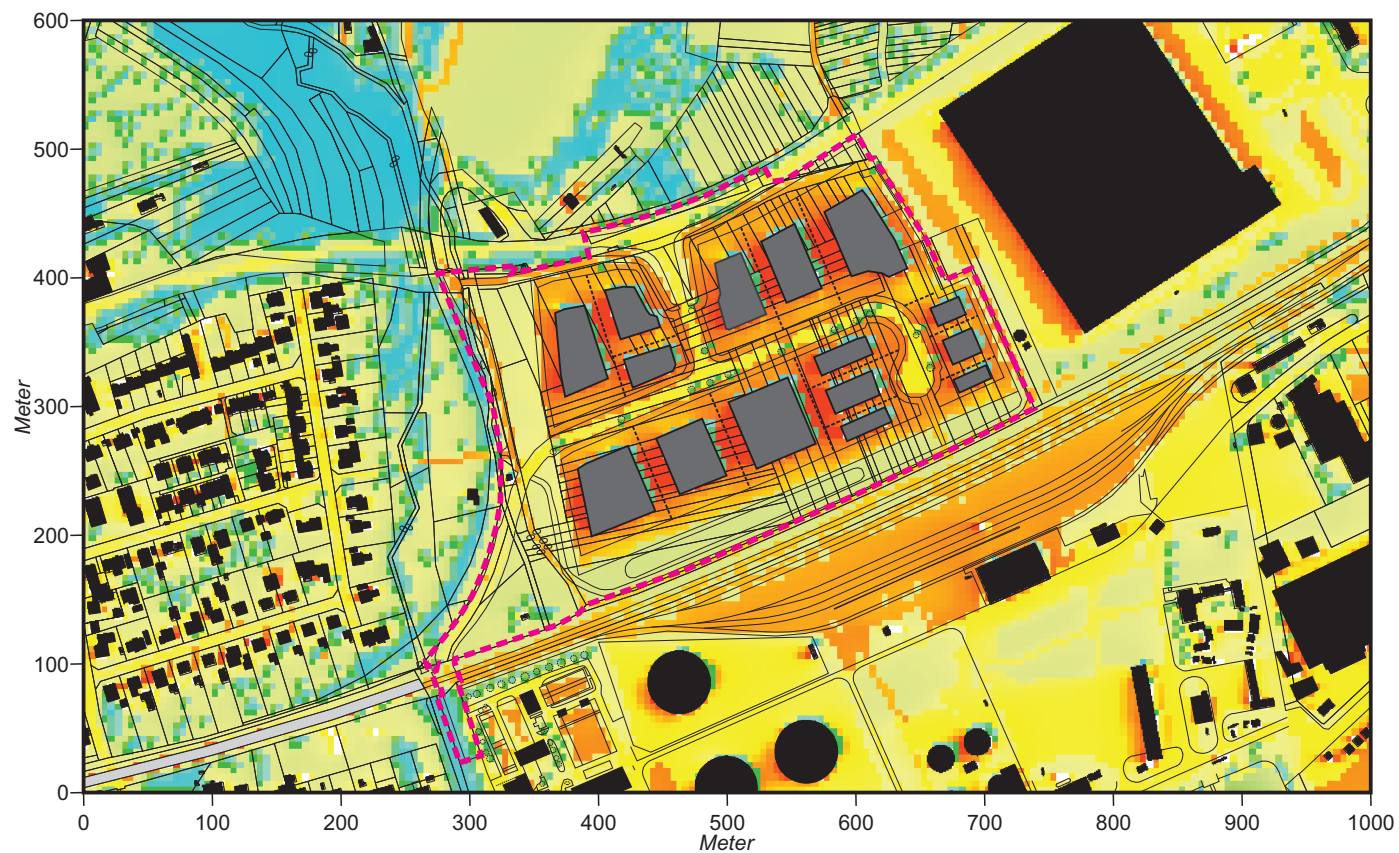
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



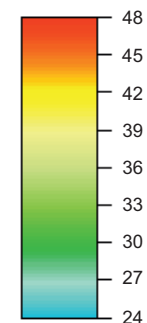
**Abb. 26.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima**  
**PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bauung - Bestand  
 Bauung - Planung

**PET -**  
**Physiologische Äquivalenttemperatur**  
**in °C**



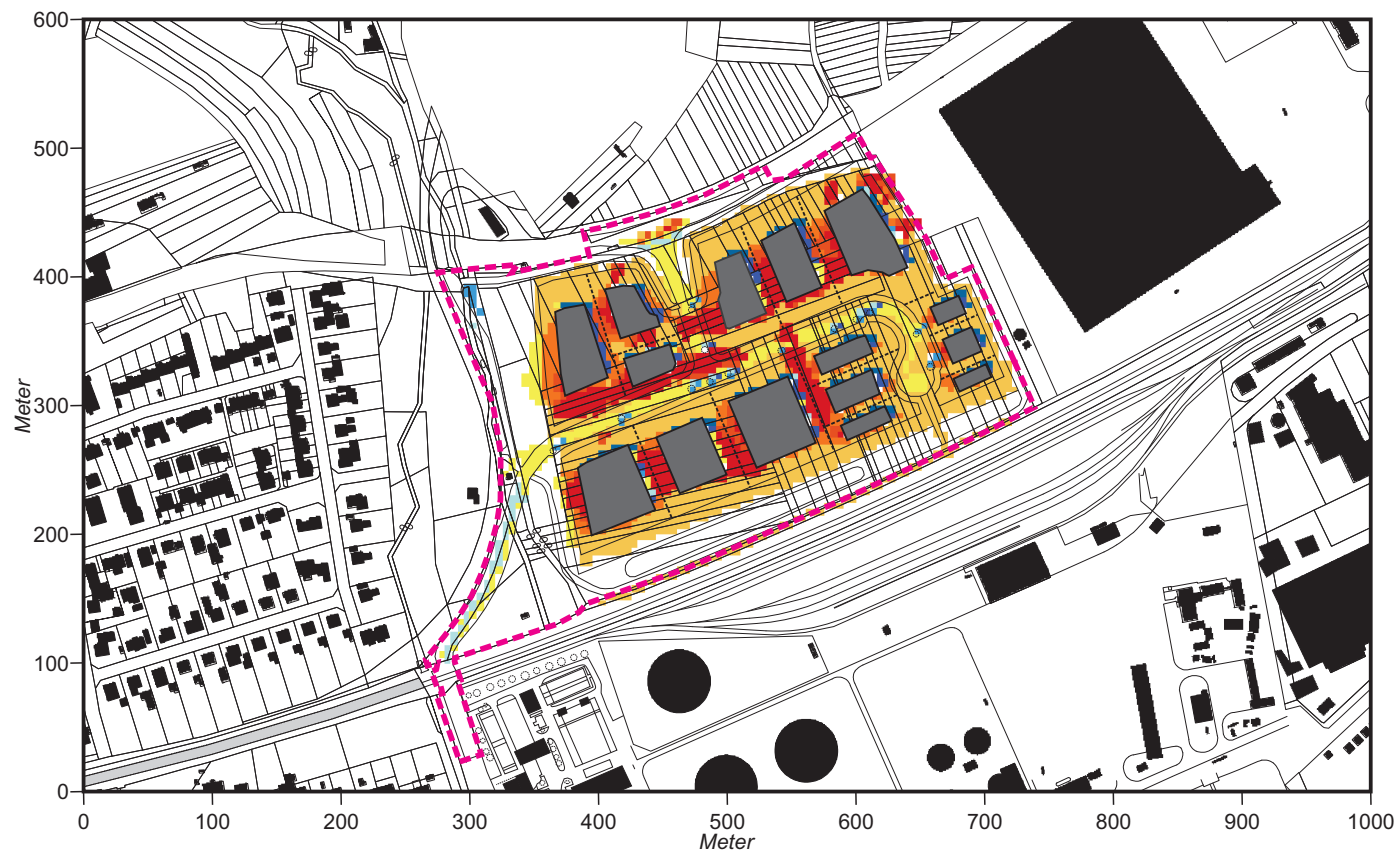
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main













**Abb. 26.3 Vorher-Nachher-Vergleich / Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima**  
**Planungsbedingte Veränderung der PET-Werte (2 m ü.G.) am Tag (14:00 Uhr) bei einer**  
**Anströmung aus Ostnordosten (70°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Differenz PET -  
 Physiologische Äquivalenttemperatur  
 in K**

 >+15  
 +12 bis +15  
 +9 bis +12  
 +6 bis +9  
 +3 bis +6  
 -3 bis +3  
 -3 bis -6  
 -6 bis -9  
 -9 bis -12  
 <-12

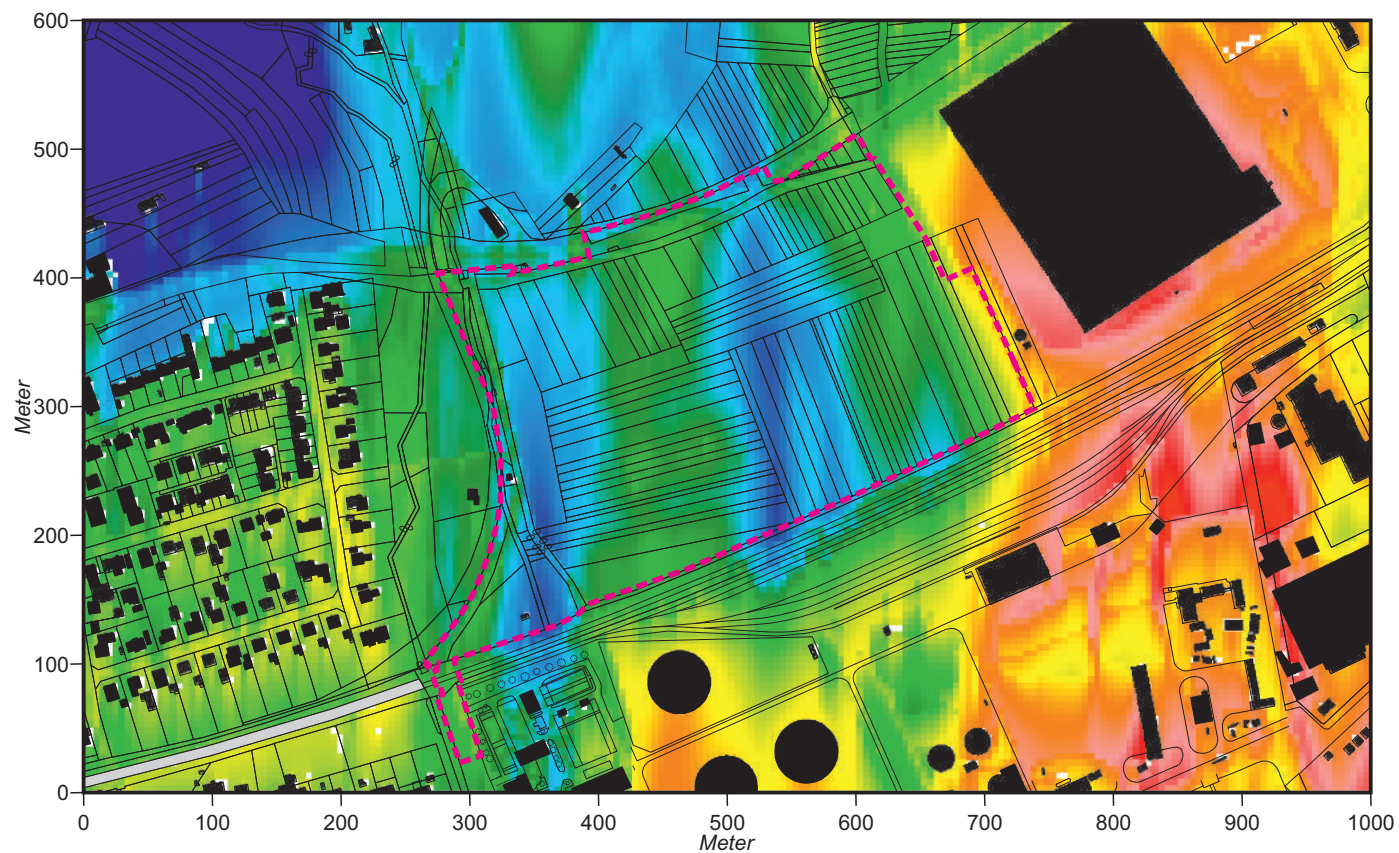
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main




**Abb. 27.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Norden (0°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**

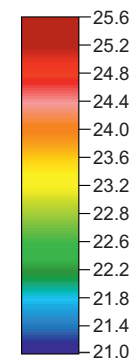


 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand

 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



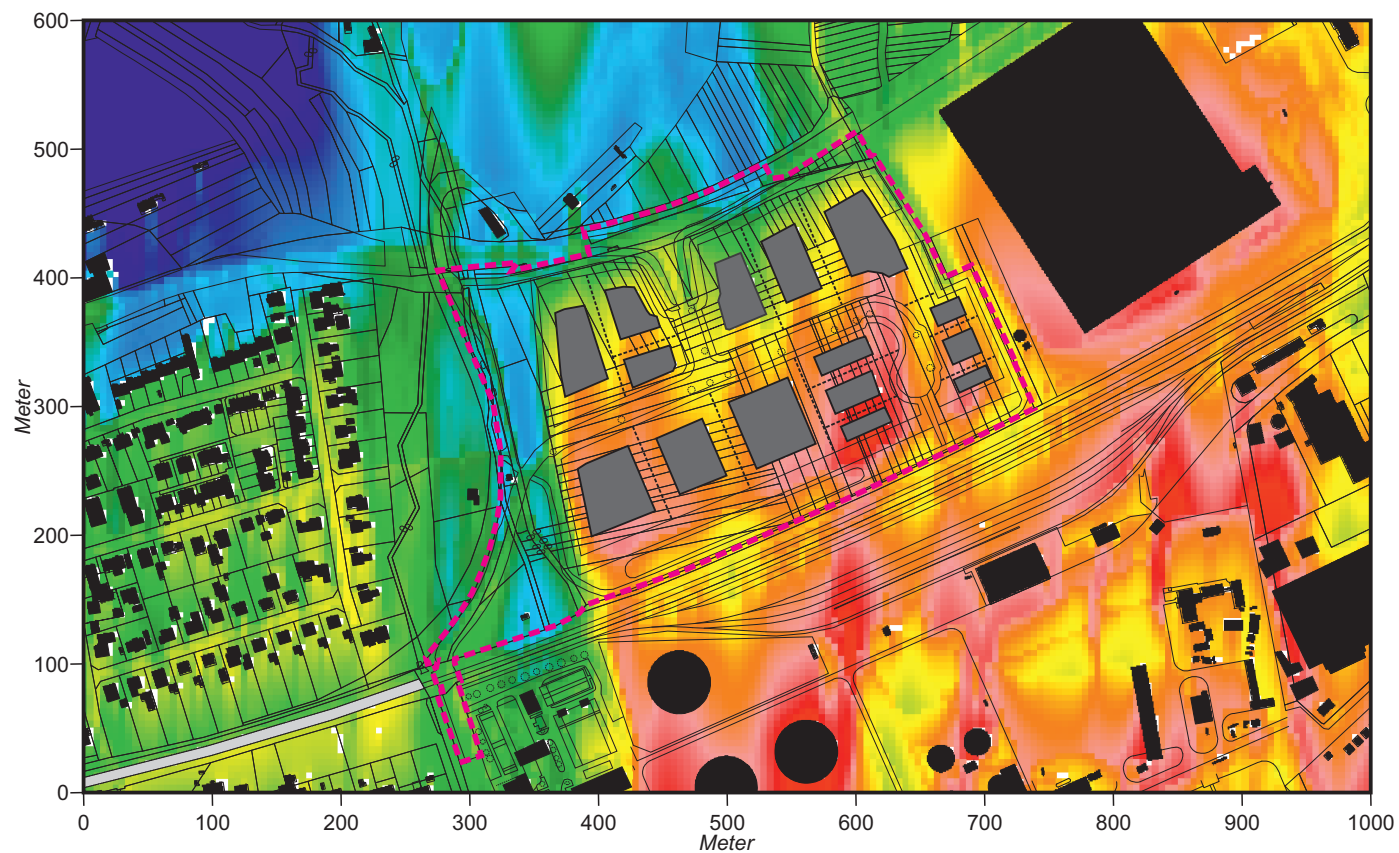
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation


**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main




**Abb. 27.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Norden (0°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**

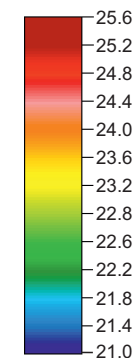


 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand

 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



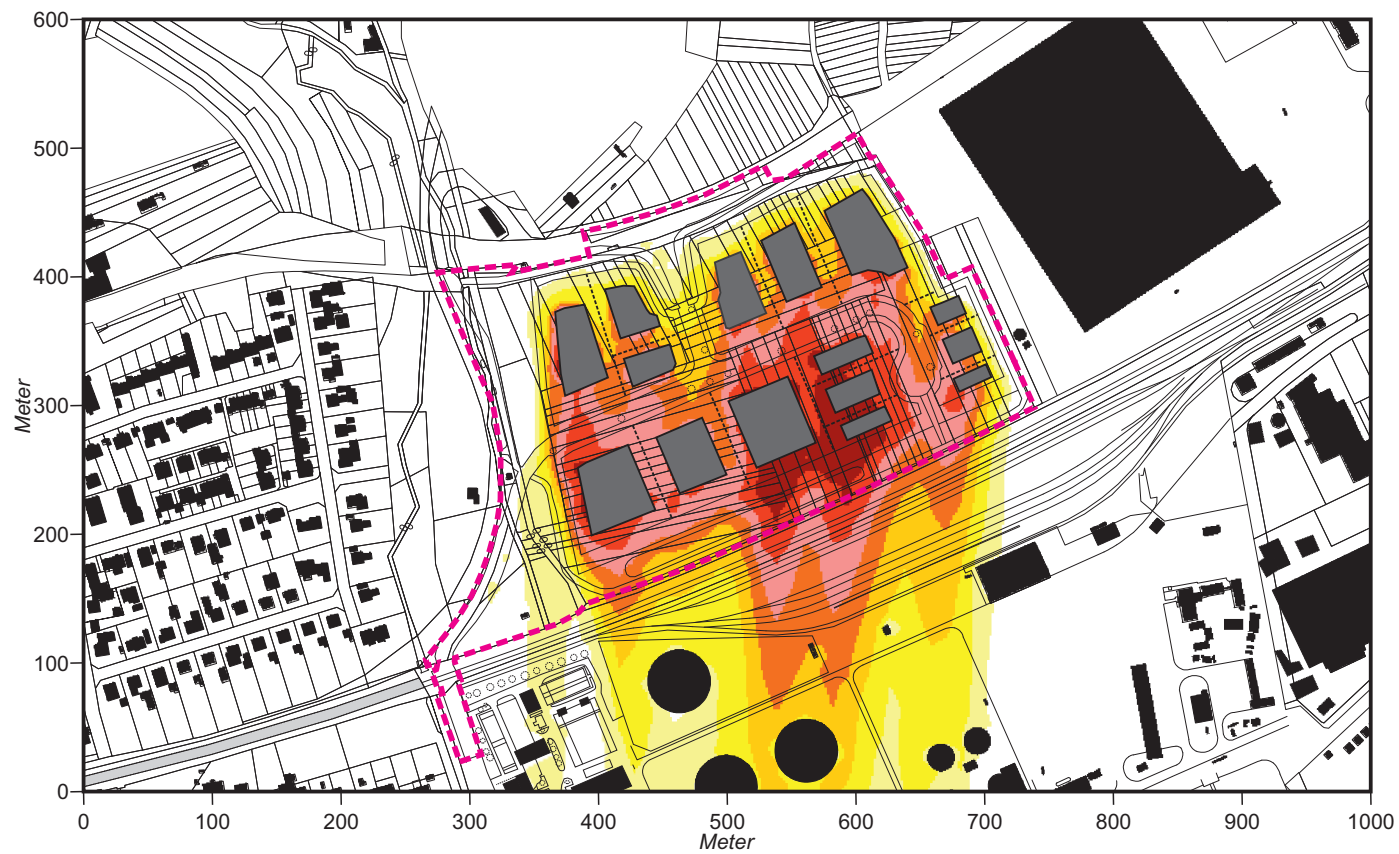
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation

**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main




**Abb. 27.3 Vorher-Nachher-Vergleich / Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (23:00 Uhr) bei einer Anströmung**  
**aus Norden (0°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**

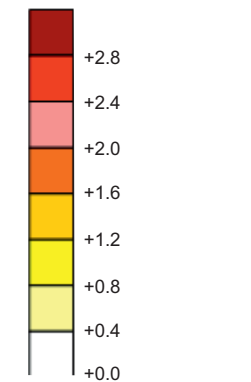


 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand

 Bebauung - Planung

**Zunahme der  
Lufttemperatur in K**



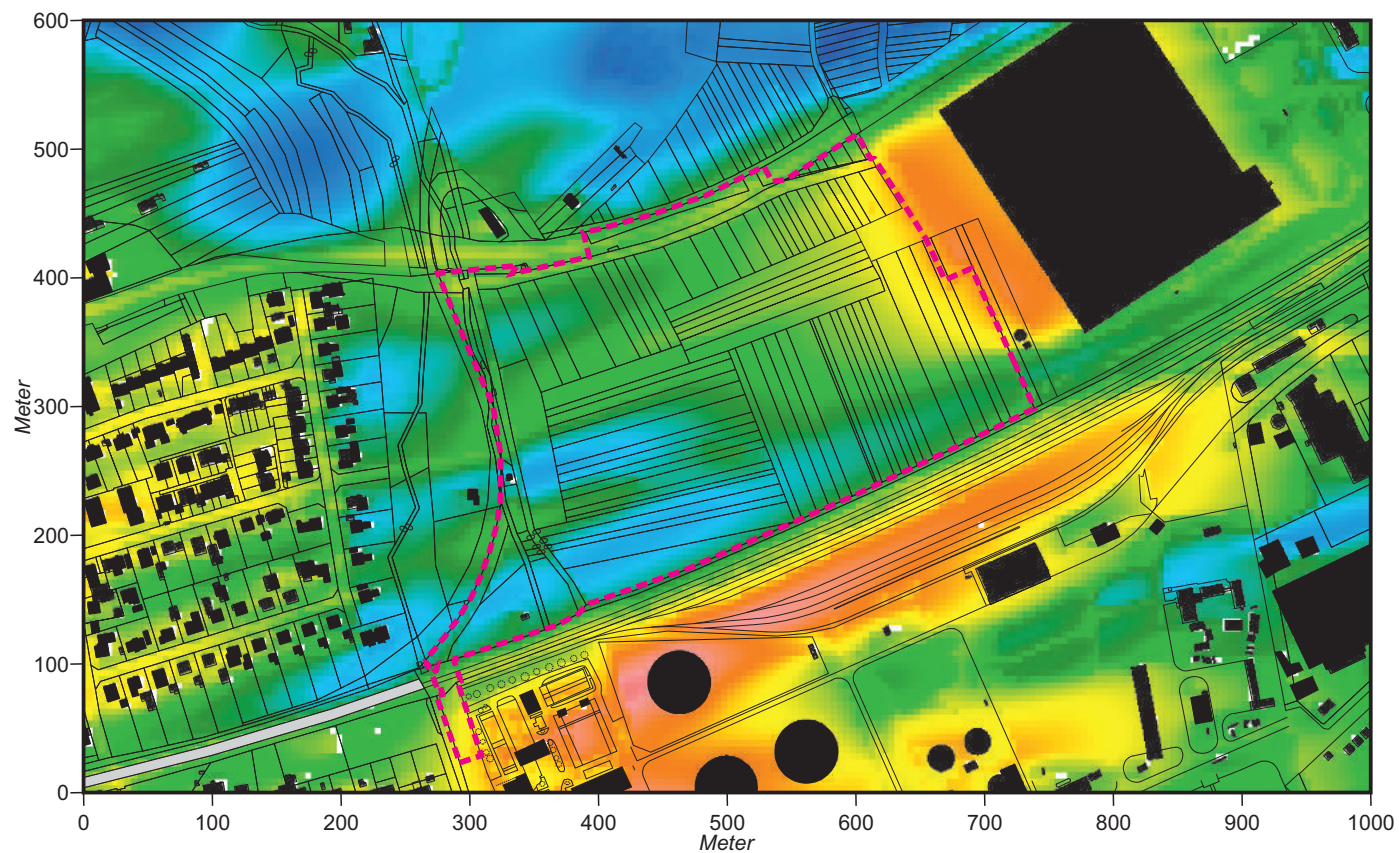
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation



**Projekt:**  
Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



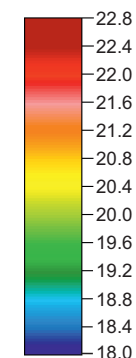
**Abb. 28.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



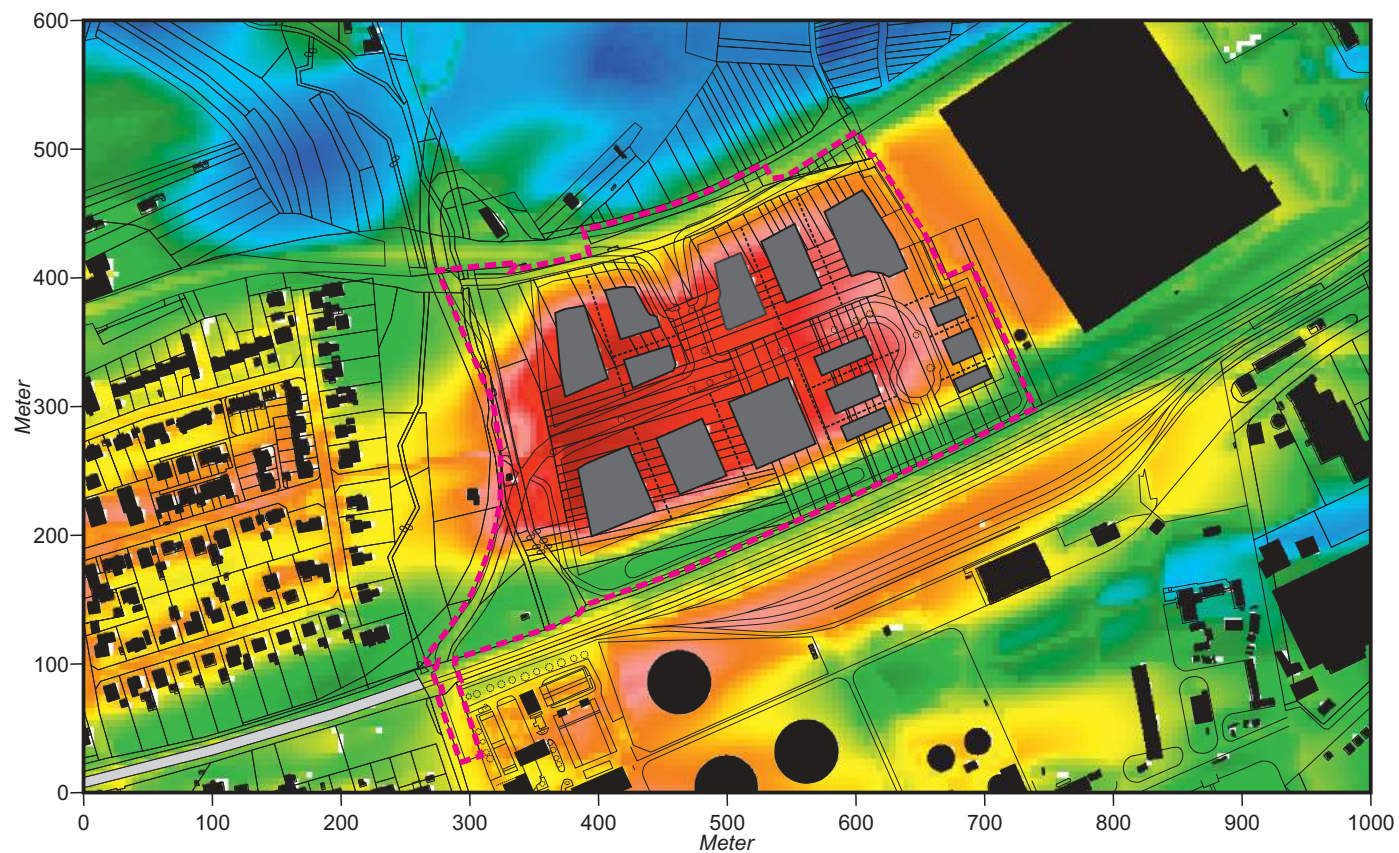
 Anströmungsrichtung

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



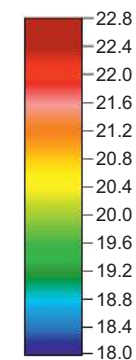
**Abb. 28.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung aus Ostnordosten (70°)**  
**mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Lufttemperatur in °C**



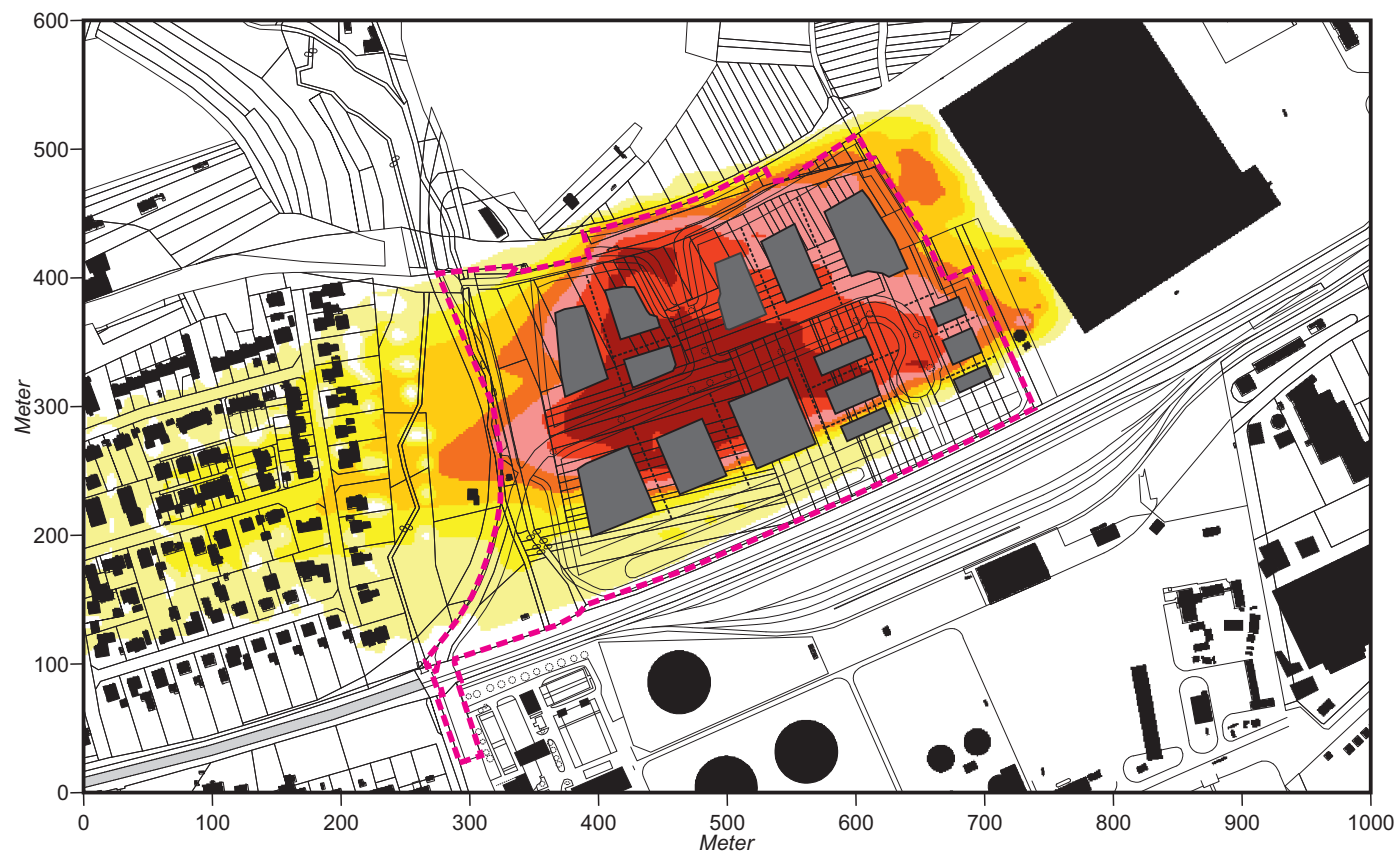
 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation



**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main



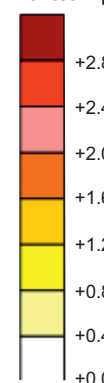
**Abb. 28.3 Vorher-Nachher-Vergleich / Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen**  
**Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur (2 m ü.G.) in der Nacht (03:00 Uhr) bei einer Anströmung**  
**aus Ostnordosten (70°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



 Planungsgebiet

 Bebauung - Bestand  
 Bebauung - Planung

**Zunahme der Lufttemperatur in K**



 **Anströmungsrichtung**

**Grundlagenkarte:**  
 Hess. Landesamt für Bodenmanagement  
 und Geoinformation

**Projekt:**  
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan „Gewerbe-  
 gebiet West V.2“ der Stadt Flörsheim am Main

