

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN - I-HOF SPEYER, BEBAUUNGSPLAN NR. 69 II RHEINUFER NORD, 2. TEILBEBAUUNGSPLAN „INDUSTRIEHOF“



Vorhabenträger:

Industrie Hof Speyer GmbH
St.-Markus-Straße 4
67346 Speyer

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
Dr. Wolfgang Lähne
M.Sc. Geogr. Patrick Burst

Mannheim, 16. Juli 2024

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

Geschäftsinhaber:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

Gemeinsam engagiert in der



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

Steuernummer: 37137/44979

Inhalt	Seite	
1	Aufgabenstellung	1
2	Planungsgebiet und Planungsentwurf	3
3	Untersuchungsmethodik	6
4	Klimaökologische Analyse	9
4.1	Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Speyer und Folgen des Klimawandels	9
4.2	Stadtklimatische Verhältnisse am Planungsstandort und in dessen Umfeld	11
5	Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens	14
5.1	Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation	14
5.1.1	Belüftungssituation am Tag	15
5.1.2	Belüftungssituation in der Nacht	19
5.2	Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima	21
5.2.1	Thermische Situation an einem heißen Sommertag (15:00 Uhr) Südsüdwestlicher Luftströmung (210°)	24
5.2.2	Thermische / bioklimatische Situationen an einem heißen Sommertag (15 Uhr) mit nordnordöstlicher Luftströmung (30°)	25
5.2.3	Thermische Situation in einer warmen Sommernacht (23:00 Uhr) mit schwacher nordnordöstlicher Luftströmung (30°)	29
6	Zusammenfassung – Planung, planungsbedingte Klimamodifikationen, Bewertung und Planungsempfehlungen	30
6.1	Einfluss der nach Bebauungsplanentwurf potenziell möglichen Bebauung (Maximalvariante) auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	31
6.2	Planungsempfehlungen	34
	Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften	41

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Bebauungsplangebiets Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“ im Stadtgebiet von Speyer
- Abb. 2:** Lageplan - Bebauungsplangebiet Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“
- Abb. 3:** Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“
- Abb. 4:** Luftbild vom Bebauungsplangebiet Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“
- Abb. 5.1:** Fotografische Dokumentation vom Planungsgebiet
- Abb. 5.2:** Fotografische Dokumentation vom Planungsgebiet
- Abb. 6:** Rahmenplan „Industriehof Speyer“, Städtebau und Freiraumkonzept vom 21.12.2022
- Abb. 7.1:** Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“, Stand: 12.07.2024
- Abb. 7.2:** Grünordnungsplan zum Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“, Stand: 08.05.2024
- Abb. 8:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen, Zeitraum: 07/1992 – 06/1994
- Abb. 9:** Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik für den Planungsstandort (Antriebszeitraum 2001 – 2010)
- Abb. 10:** Windrichtungen nach Windgeschwindigkeitsklassen, Zeitraum 07/1992 – 06/1994
- Abb. 11:** Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen am Tag und in der Nacht, Zeitraum: 07/1992 – 06/1994
- Abb. 12:** Lokale Kaltluftfließbewegungen in windschwachen Strahlungsnächten. Ergebnis mesoskaliger Strömungssimulationen
- Abb. 13:** Lufttemperaturverteilung in einer sommerlichen Strahlungsnacht (04:00 Uhr MEZ). Ergebnis mesoskaliger Lufttemperatursimulationen
- Abb. 14:** Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) im Jahr 1993
- Abb. 15:** Tages-Oberflächentemperaturen – Median der Sommermonate 2018 - 2022

- Abb. 16.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 16.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 16.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 17.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 17.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 17.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 18.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 18.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 18.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

- Abb. 19.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 19.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 19.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 20.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 20.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 20.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 22:** Ist- und Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation 14:00 Uhr). PET (Physiologische Äquivalenttemperatur) 1.5 m ü.G. an einem warmen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 23.1:** Ist-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 23.2:** Plan-Zustand – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 23.3:** Vorher-Nachher-Vergleich – Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation 23:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

1 Aufgabenstellung

Im Nordosten von Speyer ist im Bereich des Industrie Hof Speyer („I-Hof“) auf einem ca. 12,22 ha großen Areal eine städtebauliche Neuordnung geplant (Lage siehe **Abbildungen 1** und **2**). Für das Gebiet, das im Norden durch ein großflächiges Logistikzentrum, im Westen durch die Hasenpfühlerweide, im Süden durch die Wohnbauflächen an der Heinrich-Narjes-Straße und im Osten durch die Franz-Kirrmeier-Straße (K2) bzw. den Rhein begrenzt wird, sieht der vorgelegte Rahmenplan ein „Verweben“ von Freiraum- und Nutzungsstrukturen vor. Auf eine Zonierung von Gewerbe- und Wohnbereichen wird verzichtet.

Neu gestaltete Straßenzüge, Quartiersplätze und Grünflächen bieten Raum, um möglichst günstige Aufenthaltsqualitäten zu entwickeln. Zusammen mit angedachten Dachgärten und Retentionsflächen soll eine funktionsfähige „blaue Infrastruktur“ entwickelt werden.

Das Planungsgebiet befindet sich laut vorliegenden Ergebnissen von Klimamessungen und Ergebnissen mesoskaliger Modellrechnungen (LUWG RHEINLAND-PFALZ 2013 und ÖKOPLANA / GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH 2009) am Rand der innerstädtischen Wärmeinsel. Durch die Lage am Rhein und an den westlich angrenzenden Grünzonen „Graben an der Hasenpfühlerweide“ und „Schlangengraben“ profitiert das Planungsgebiet in stadtklimatisch besonders relevanten Strahlungsnächten einerseits von der Kaltluftzufuhr aus nördlichen Richtungssektoren, andererseits bilden die nördlich angrenzenden Gewerbegebietsflächen thermische Ungunzbereiche, über die vermehrt wärmebelastete Luftmassen in das Planungsgebiet gelangen. Es ist daher aus stadtklimatischer Sicht bedeutsam, dass zu den benachbarten klimaökologischen Gunsträumen eine möglichst offene räumliche Verzahnung realisiert wird und innerhalb des Planungsgebiets mit Hilfe von geschickt angeordneten Frei- und Grünräumen die Schaffung eines günstigen Eigenklimas ermöglicht wird.

Die klimaökologischen Belange werden in Speyer in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen, da als Folge des Klimawandels ein deutlicher Anstieg 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 eines Klimagutachtens die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen 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.

Über die Formulierung von ergänzenden Planungshinweisen sind Maßnahmen zur Sicherung bzw. Neugestaltung günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Verhältnisse aufzuzeigen.

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

- 1 Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Auswertung vorhandener Klimadaten und Prognosen zum Klimawandel.
- 2 Qualitative / quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen dem Planungsgebiet und dessen Umfeld sowie der zu erwartenden planungsbedingten klimatischen Veränderungen mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen.
 - a) Vergleichende Beurteilung von Ist- und Plan-Zustand bzgl. der thermischen (Lufttemperatur) und bioklimatischen (PET – physiologische Äquivalenttemperatur) Umgebungsbedingungen.
 - b) Vergleichende Beurteilung von Ist- und Plan-Zustand bzgl. der Belüftungsintensitäten am Tag und in der Nacht.
- 3 Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer Umgebungsbedingungen.

2 Planungsgebiet und Planungsentwurf

Das ca. 12.22 ha große Planungsgebiet I-HOF / „Industriehof“ im Nordosten von Speyer umfasst das Gelände der ehemaligen Celluloidfabrik Kirrmeier & Scherer, die direkt angrenzenden Flächen des Gewerbehofs Dr. Pfirrmann sowie eine Grün- und Brachfläche („Rheinpark“).

Die mittlere Geländehöhe liegt bei ca. 95 m ü. NHN (**Abbildung 3**). Das Wohngebiets Rheinufer Nord im Süden befindet sich in einer Höhenlage von ca. 97 – 98 m ü. NHN. Der Rhein im Osten liegt bei ca. 92 m ü. NHN.

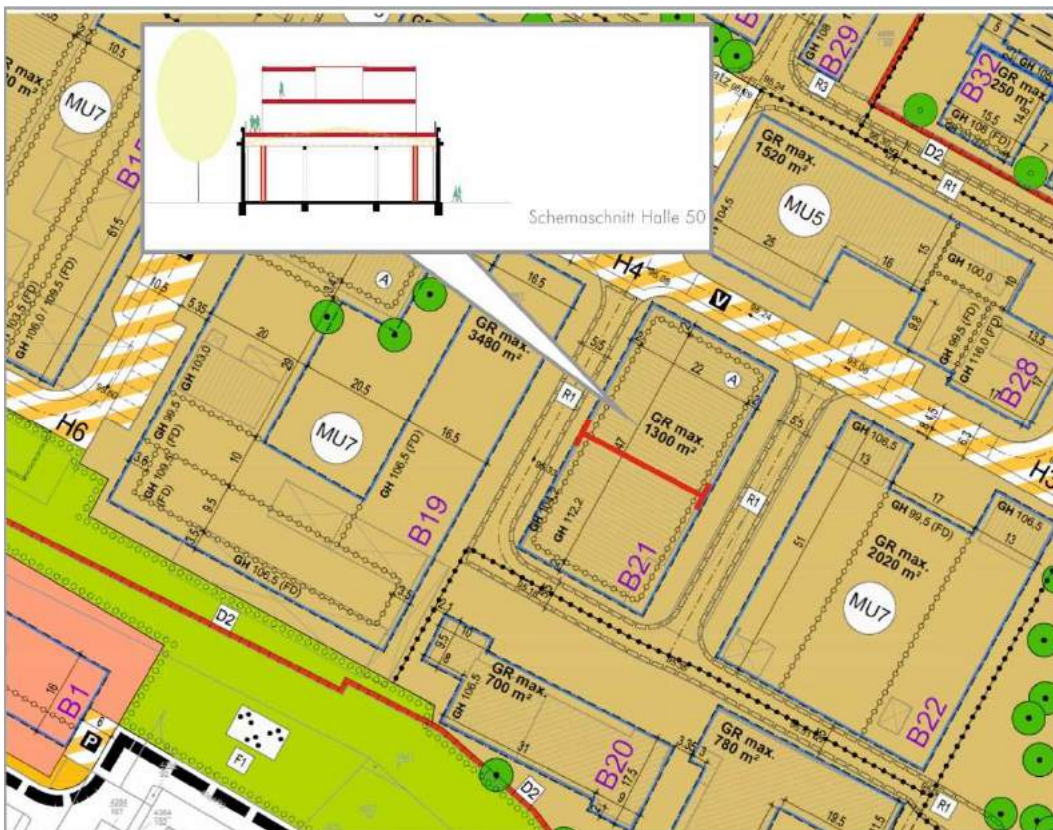
Wie die **Abbildungen 4 – 5.2** verdeutlichen, ist der heutige Industriehof großflächig versiegelt. Das Erscheinungsbild wird zudem durch die Ziegelbauweise geprägt.

Ziel der Planung ist es, ein gemischt genutztes urbanes Gebiet (MU) zu entwickeln. Ein allgemeines Wohngebiet (WA) ist allein am Südrand des Planungsgebiets vorgesehen.

Im Zuge des Planungsprozesses wurde im März 2022 ein „Zweiphasiger, städtebaulicher Einladungswettbewerb mit freiraumplanerischer Vertiefung“ durchgeführt. Erster Preisträger wurde das Planungsteam HILLE, TESCH ARCHITEKTEN + STADTPLANER PARTGMBB MIT BIERBAUM.AICHELE.LANDSCHAFTSARCHITEKTEN PART.GMBB. Der Siegerentwurf bildet das Grundgerüst für den Rahmenplan „Industriehof Speyer“ (**Abbildung 6**) bzw. für den Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“ (**Abbildung 7.2**).

Neben Neubauten und Bestandserhaltung sind auch Aufstockungen geplant, die den örtlichen Denkmalschutz berücksichtigen. Als Beispiel kann die bestehende Halle 50 mit 2-geschossiger Aufstockung angeführt werden (siehe **Grafik 1**).

Die angedachten Aufstockungen von Bestandsgebäuden und die Entwicklung zusammenhängender Gebäudestrukturen dienen zur Stärkung der Hauptachsen und des Gebietszentrums.



Grafik 1: Beispielhafte Darstellung einer möglichen 2-geschossigen Aufstockung der Halle 50 (Grafik bereitgestellt von: Industriehof Speyer GmbH)

Der Bebauungsplanentwurf (**Abbildung 7.1**) unterscheidet neun urbane Gebiete (MU1 – MU9) und ein allgemeines Wohngebiet (WA).

Die maximalen Gebäudehöhen sind im Bebauungsplanentwurf in m ü. NHN angegeben.

Wie **Abbildung 7.2** zusätzlich dokumentiert, soll am Süd- und Westrand des Planungsgebiets eine öffentliche Grünanlage entwickelt werden. Innerhalb dieser Fläche sind offene Entwässerungsgräben, Retentionsflächen sowie Spielgeräte, Fußwege, Bewegungsflächen und zweckgebundene bauliche Anlagen möglich. Bei den Wegeflächen werden bei der vorliegenden Klimaanalyse allein die Haupterschließungsachsen als asphaltiert angenommen. Untergeordnete Wege und Plätze sollen mit Pflaster ausgeführt werden.

Zur Entwicklung eines günstigen Eigenklimas und zur Stärkung der klimaökologischen Ausgleichsleistung der Grünflächen sind zusätzliche Baumpflanzungen geplant.

Zudem sind Neubauten mit einer Dachneigung bis 10° mit einer extensiven Dachbegrünung zu versehen. Tiefgaragen / EG-Garagengeschosse sind mit einer intensiven Begrünung zu überdecken.

3 Untersuchungsmethodik

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

Dabei wird auf Erkenntnisse (Messungen, Modellrechnungen) aus vorliegenden Klimauntersuchungen zurückgegriffen [*LUWG RHEINLAND-PFALZ (2013)*, *GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2009)*].

In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen (Modellpakete *MISKAM* und *ENVI-met*)¹ die kleinräumigen Strömungsverhältnisse und die Lufttemperaturverteilungen / bioklimatischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umfeld analysiert. Damit werden flächendeckend die klimatischen Positiv- bzw. Negativeffekte aufgezeigt.

Grundlagen bilden der aktuelle Ist-Zustand sowie der Plan-Zustand. Die Bebauung im Plan-Zustand basiert auf den im vorgelegten Bebauungsplanentwurf (**Abbildungen 7.1**) festgesetzten Baugrenzen und den max. möglichen Gebäudehöhen. Die grünordnerische Ausgestaltung des Plan-Zustands orientiert sich am Grünordnungsplan zum Bebauungsplanentwurf (**Abbildung 7.2**).

Die eingesetzten Modelle *MISKAM* und *ENVI-met* entsprechen dem Stand der Technik, sind langjährig geprüft und von der VDI anerkannt.

Die Simulation der örtlichen Belüftungsverhältnisse erfolgt mit dem 3-dimensionalen prognostischen Strömungsmodell *MISKAM*. Hierbei werden die Bau- und Flächennutzungsstrukturen in einem Gitter abgebildet (horizontal 4 m x 4 m, vertikal nicht-äquidistant 0.5 - 4 m). Vegetationsflächen werden über ihre Wuchshöhe, Blattflächendichte und Bedeckungsgrad definiert. Der Bedeckungsgrad wird mit 30 – 40% angesetzt.

¹ **GIESE-EICHHORN (2009/2016)**: Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell *MISKAM*. Warkernheim.

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. Bochum.



Grafik 2: „Programmstempel“ MISKAM

Die thermische Situation ist ein Ergebnis aus dem vielfältigen Zusammenspiel verschiedener Flächennutzungs- und Klimaparameter. Die Klimaparameter (z.B. Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur) reagieren sensibel auf Veränderungen der Flächennutzungsstrukturen.

Angesichts der sehr unterschiedlichen Prozesse hat es sich als sinnvoll herausgestellt, numerische Methoden zu benutzen, um deren Einflüsse zu prognostizieren. Zur Anwendung kommt, wie bereits o.a., das Modell ENVI-met.



Grafik 3: „Programmstempel“ ENVI-met

ENVI-met ist ein Mikroklimamodell, das auf Grundlage der numerischen Strömungsdynamik die Wechselwirkung zwischen Gebäuden, Vegetation, natürlichen und künstlichen Oberflächen in einer virtuellen Umgebung simuliert.

Dabei werden die wichtigsten atmosphärischen Prozesse nachgebildet. Die mathematischen Berechnungen beruhen nach BRUSE (1999) auf den Gesetzen der Strömungs- (Windfeld) und Thermodynamik (Temperaturberechnungen) sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik (z.B. Turbulenzprognose). Die Bebauung wird durch einfache Basiselemente (Würfel in ENVI-met: Grid) nachgebaut / modelliert (5 m x 5 m in der Horizontalen, 0.5 – 4.0 m nicht-äquidistant in der Vertikalen).

Alle Strukturen (z.B. Vegetation, Gebäude) werden in rechtwinklige Modellquader eingebettet. Numerisch werden diese Modellquader von der Sonne beschienen und vom Wind umströmt und deren Wechselwirkungen mit den Oberflächen und Strukturen simuliert (BRUSE 2003, S. 66).

Die erforderlichen Geländehöhen wurden einem digitalen Geländemodell (DGM_5, bereitgestellt vom LVERMGEORP) und Plänen zur Bestandsbebauung (u.a. die Mauer am Übergang zur Bestandswohnbebauung südwestlich des Planungsgebiets) entnommen. Die Flächennutzung und Gebäudehöhen in der Umgebung konnten aus Luftbildern (3D-Modell Rheinland-Pfalz) ermittelt werden bzw. wurden vor Ort ergänzend kartiert.

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

Messungen helfen bei dieser Problemstellung nicht weiter, da nur existierende atmosphärische Zustände instrumentell erfassbar sind.

Modellrechnungen gestatten es dagegen, schon im Planungsstadium vorgesehener Nutzungsänderungen mögliche unerwünschte oder gar negative Klimaveränderungen zu erkennen. Unter Berücksichtigung der Modellunsicherheiten hinsichtlich des Vereinfachungsgrades eines Modells und der vielfältigen Eingabegrößen sind diese Ergebnisse sehr wertvolle Planungs- und Entscheidungshilfen.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung.

4 Klimaökologische Analyse

4.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Speyer und Folgen des Klimawandels

Das Stadtgebiet von Speyer befindet sich nach der Systematik von KÖPPEN in der warmgemäßigten Klimazone. Bioklimatisch ist der Raum Speyer durch seine Lage in der Oberrheinischen Tiefebene als Zone mit häufiger Wärmebelastung und seltenem Kältereiz zu bewerten (<https://www.dwd.de>).

Die Jahresmitteltemperatur beträgt in Speyer laut GERICS² (2021, <https://www.gerics.de/klimaausblick-landkreise>) im 30-jährigen Mittel ca. 10.1°C (1971 – 2000). Die Julitemperaturen erreichen Durchschnittswerte um 19.2°C, die minimalen Durchschnittswerte werden im Januar mit 1.5°C im Januar bestimmt.

Laut Statistik von GERICS (2021) sind in Speyer im 30-jährigen Mittel (1971 – 2000)

- 12.9 Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 65.6 Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 9.7 heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
- 46.5 Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
- 0.4 Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$)

zu registrieren.

Mittelfristige Prognosen weisen darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Raum Speyer deutlich zunehmen wird.

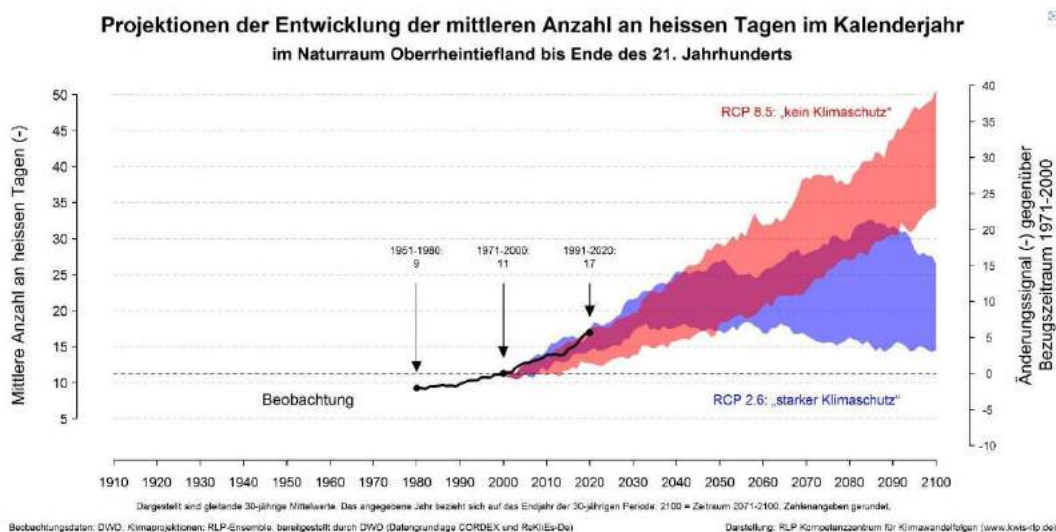
Nach Berechnungen von GERICS (2021) wird die mittlere Jahresmitteltemperatur gegenüber der Zeitspanne 1971 – 2000 im Zeitraum 2036 – 2065 (= nahe Zukunft) um ca. 1.9°C zunehmen. Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird um ca. 8.3 Tage/Jahr bzw. 17.2 Tage/Jahr ansteigen.

² GERICS = Climate Service Center Germany mit Sitz in Hamburg

Da zugleich die Anzahl der Tropennächte (+4.4 Tage/Jahr) zunimmt, steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit langanhaltender Hitzewellen. Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress.

Den Projektionen o.a. liegt das Antriebsszenario RCP8.5³ (mittlere bzw. hohe Temperaturzunahme) zu Grunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

Der prägnante Anstieg der klimawandelbedingten Wärmebelastungen wird durch **Grafik 3** veranschaulicht.



Grafik 3: Projektionen der Entwicklung der mittleren Anzahl an heißen Tagen, die im Kalenderjahr im Naturraum Oberrheintiefland bis Ende des 21. Jahrhunderts zu erwarten sind – www.kwis-rlp.de.

Die Jahressumme des Niederschlags beläuft sich in Speyer im 30-jährigen Mittel (1971 - 2000) auf ca. 783 mm (GERICS 2021), wobei der Monat Juni die größte Niederschlagshöhe (ca. 81 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. 51 mm im Februar auf.

³ Das Szenario RCP 8.5 weist einen starken Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur um ca. 4,8 C gegenüber dem Zeitraum 1985-2005 bewirken würde. Das Szenario RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher Szenario“ bezeichnet.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (≥ 20 mm/Tag) wird in der Projektion 2036 – 2065 um ca. 1.1 Tage/Jahr zunehmen.

Die Windverteilung im Raum Speyer ist durch die großräumige Leitlinienwirkung des Oberrheingrabels geprägt, wobei sich vermehrt südliche bis südwestliche und nördliche Richtungen einstellen.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im Zeitraum 07/1992 – 06/1994 im Bereich der Speyerer Innenstadt nur ca. 0.75 m/s (6 m ü.G.).

Bezüglich der Windgeschwindigkeit werden sich klimawandelbedingt in Speyer keine markanten Veränderungen einstellen.

Die Stadt Speyer hat die Problematik der zunehmenden Wärmebelastung erkannt und weist mit Hilfe der Stadtklimaanalyse Speyer (LUWG RHEINLAND-PFALZ [2013]) darauf hin, dass insbesondere stadtklimatisch relevante Kaltluftentstehungsgebiete sowie Kalt- und Frischluftbahnen vor zusätzlicher Überbauung möglichst zu schützen sind.

In Gebieten mit besonderer klimatischer Vorbelastung und Gefährdungsempfindlichkeiten sind weitere Barrierewirkungen und Oberflächenversiegelungen zu vermeiden und (wo möglich) abzubauen.

4.2 Stadtklimatische Verhältnisse am Planungsstandort und in dessen Umfeld

Wie die **Abbildung 8** zeigt, herrschen in Speyer großwetterlagenbedingt im Allgemeinen südwestliche und nordwestliche bis nordöstliche Windrichtungen vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit (Datenzeitraum 07/1992 – 06/1994) an der Station *Pferdekoppel*, ca. 600 m südwestlich des Planungsgebiets, beträgt ca. 2.1 m/s (6 m ü.G.) und liegt damit deutlich über den Werten an den Stationsstandorten *Stadthalle* (ca. 1.1 m/s) und *Krankenhaus* (ca. 0.7 m/s), die sich in zentrumsnahen Lagen befinden. Die vergleichsweise strömungsgünstige Lagesituation in Nachbarschaft zum Rhein zeigt sich auch anhand der synthetischen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik für den Planungsstandort (**Abbildung 9**). Sie weist dem Planungsgebiet eine mittlere Windgeschwindigkeit von ca. 2.7 m/s zu (10 m ü.G.).

Die Windaufzeichnungen zeigen zudem, dass Windgeschwindigkeiten von mindestens 3.0 m/s, die eine besonders intensivere Belüftung bebauter Bereiche ermöglichen, vorwiegend mit Winden aus südwestlichen Richtungssektoren verknüpft sind (siehe **Abbildung 10**).

Anhand der Detailanalyse der Winddaten (**Abbildung 11**) wird deutlich, dass sich am Planungsstandort und in dessen Umfeld in den Nachtstunden eine mit den Tagstunden nahezu vergleichbare Windrichtungsverteilung einstellt. Auffallend ist in den Nachtstunden allerdings eine leichte Zunahme von Nordnordwest- bis Nordwinden, die auf lokale Kaltluftbewegungen zwischen dem Freiraumgefüge im Umfeld der Baggerseen Wammsee / Steinhäuserwühlsee schließen lassen. Durch die seit 1994 (Ende der Klimamessungen) fortentwickelte Gewerbebebauung entlang der Austraße dürften diese Effekte jedoch abgenommen haben.

Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen (**Abbildung 12**) aus dem Jahr 2009 durch ÖKOPLANA / GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH zeigen für windschwache Strahlungsächte im Bereich des Planungsgebiets nördliche bis nordnordöstliche Kaltluftfließbewegungen. Hierbei bildet der Freiraum Schlangenhühl / Im Geißhorn, westlich des Planungsgebiets, eine stadtklimatisch bedeutsame Kaltluftzugbahn.

Das Planungsgebiet „Industrie Hof“ befindet sich bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren zum Großteil im Windschatten eines Logistikzentrums mit großflächig versiegelten Stellplatzflächen. Nur am West- und Ostrand sind in Strahlungsächten Belüftungseffekte über die Freiflächen zwischen dem Graben an der Hasenpfuhl und dem Straßenzug Im Geißhorn sowie über den Rhein zu erwarten.

Eine Analyse der Lufttemperaturverteilung erfolgt in der Stadtklimatologie vorwiegend nach Sonnenuntergang, da sich im Verlauf der nächtlichen Abkühlungsphase die durch unterschiedliche Flächennutzung bzw. Oberflächenmaterialien (vegetationsbedeckte Oberflächen bzw. Baukörper) bedingten thermischen Unterschiede am deutlichsten ausbilden.

Die **Abbildung 13** zeigt die Ergebnisse von mesoskaligen Modellrechnungen mit dem Modell FITNAH (aus: ÖKOPLANA / GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH 2009). In einer windstillen Strahlungsnacht befindet sich das Planungsgebiet mit Lufttemperaturen von ca. 15.1 – 18.6°C am Nordostrand der innerstädtischen Wärmeinsel (orange bis dunkelrote Farbgebung / Lufttemperatur 18.6 – 20.0°C). Die Wasserfläche des Rheins bildet in sommerlichen Strahlungsächten bei Wassertemperaturen von über 23°C keine Kaltluftproduktionsfläche.

Bei den Ergebnissen der Modellrechnungen ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Kartenerstellung das Wohngebiet Rheinufer Nord noch nicht entwickelt war.

Am Tag ist die Wärmebelastung am Planungsstandort als „hoch“ einzustufen. Die Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) und heißen Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) ist ähnlich hoch wie in Innenstadtlagen. An der Station Pferdekoppel (Planungsumfeld) wurden 1993 66 Sommertage und 23 heiße Tage erfasst. In Innenstadtlagen wurden 68 – 71 Sommertage und 24 – 25 heiße Tage gemessen.

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

Wie Ergebnisse satellitengebundener Infrarotaufnahmen (**Abbildung 15**) dokumentieren, zeigt das Planungsgebiet mit Oberflächentemperaturen von ca. 33 - 42°C ähnlich hohe Werte wie innenstadtnahe Lagen. Sehr hohe Werte zeigt das Logistikareal unmittelbar nördlich des „Industrie Hof“.

Die Wasserflächen des Rheins bilden in den Sommermonaten am Tag eine deutliche Temperatursenke (Oberflächentemperatur ca. 21 – 27°C).

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

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

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage vergleichender mikroskaliger Strömungssimulationen für relevante Windrichtungen die planungsbedingten Veränderungen bzgl. der lokalen Belüftungsintensitäten berechnet.

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Bilanzierung der zu erwartenden thermischen / bioklimatischen Modifikationen an heißen Sommertagen und in einer warmen Sommernacht.

5.1 Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation

Bei den Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation (Modellgebiet siehe **Abbildung 16.1**) wird dem Ist-Zustand der Plan-Zustand gegenübergestellt.

Die Modellrechnungen für den Ist- und Plan-Zustand zur Bestimmung der bodennahen Belüftung werden für Tag- und Nachtsituationen mit besonders relevanten Strömungsrichtungen durchgeführt.

Als Eingangsgeschwindigkeit in freien Lagen wird für eine windschwache Tagsituation ein Wert von 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. vorgegeben. Windstagnationsbereiche sind bei derartigen Situationen mit Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s gekennzeichnet.

Für die Nachtsituation mit vermehrt stabiler Luftschichtung wird eine Eingangsgeschwindigkeit von 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (leicht stabile Luftschichtung) vorgegeben.

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

Zur Verdeutlichung der Strömungsmodifikationen durch den Plan-Zustand werden zusätzlich Differenzendarstellungen zum Ist-Zustand erstellt.

5.1.1 Belüftungssituationen am Tag

Windanströmung aus Südsüdwesten (210°):

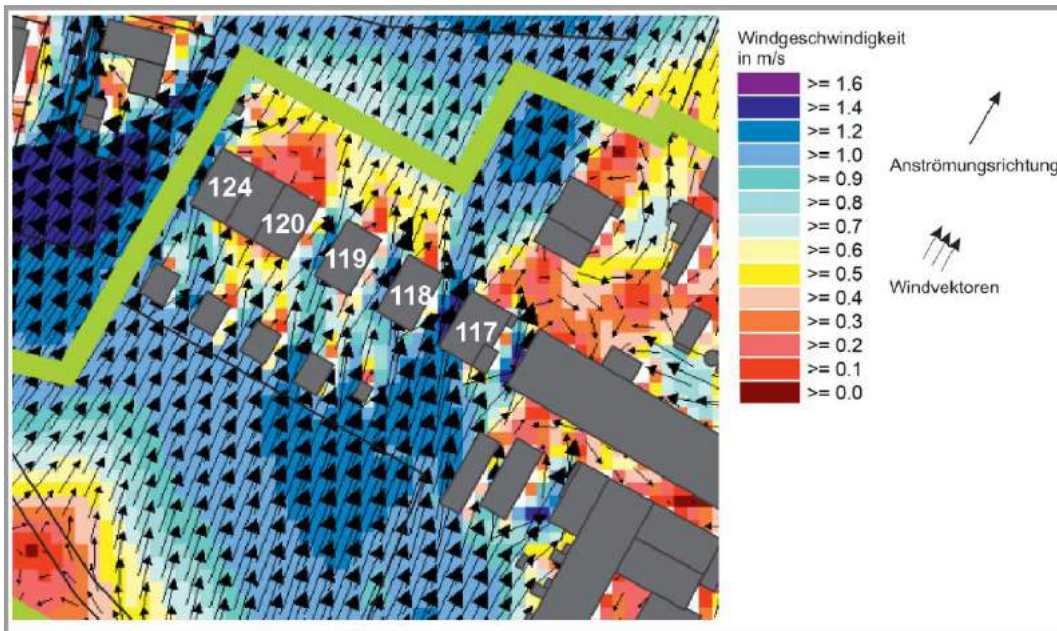
Wie den vorliegenden Windstatistiken zu entnehmen ist, herrschen am Tag häufig südsüdwestliche Windrichtungen (196 – 225°) vor. Die Häufigkeit beläuft sich auf ca. 18.5% der Jahresstunden (siehe **Abbildung 9**).

An warmen/heißen Sommertagen ist im Planungsgebiet eine möglichst intensive Belüftung zu gewährleisten, um großflächige Wärmestaus zu vermeiden. Dies bewirkt, dass in den Abendstunden die Abkühlung rasch erfolgen kann, was sich auch positiv auf die bestehende Bebauung in der Nachbarschaft (u.a. Wohngebiet Rheinufer Nord) auswirkt.

Die **Abbildung 16.1** zeigt das berechnete Windfeld für den **Ist-Zustand** in der Höhenschicht 2 m ü.G.

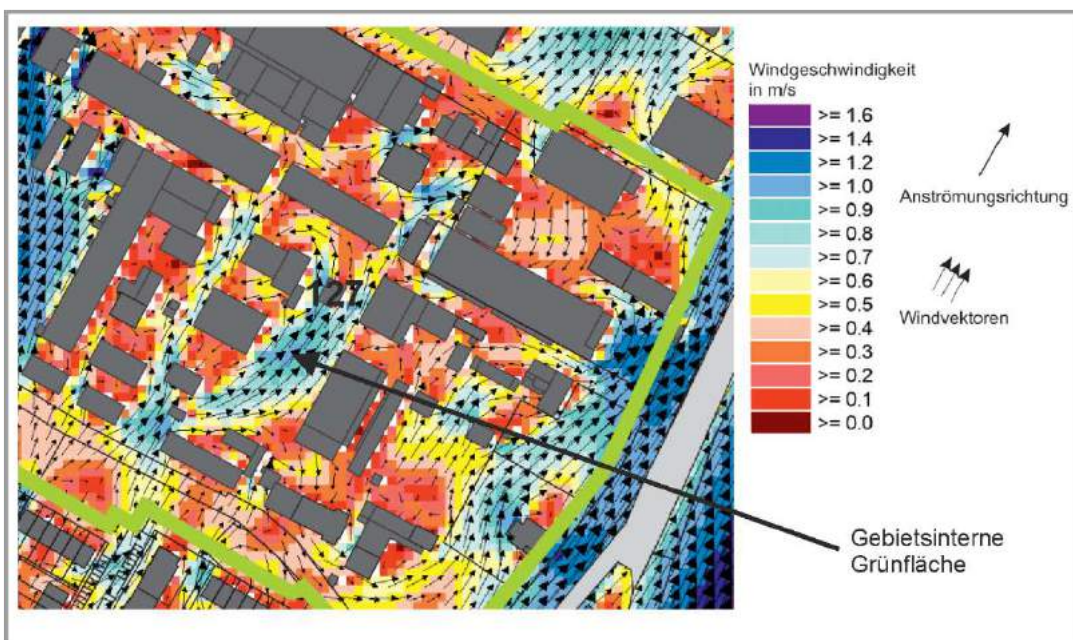
Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Stau- und Windschatteneffekte von Gebäuden, die mit deutlichen Windabschwächungen einhergehen → mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.5 m/s. An den Gebäudekanten sowie entlang strömungsparalleler Straßenzüge und Gebäudeabstandsflächen kommt es durch das Zusammendrängen der Windstromlinien zu leichten Beschleunigungseffekten, so dass in einer Höhe von 2 m ü.G. stellenweise Strömungsgeschwindigkeiten bis über 1.2 m/s berechnet werden.

Im Planungsgebiet werden über den Landwirtschaftsflächen/Wiesen im Südwesten in der Höhenschicht 2 m ü.G. mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0.6 – 1.2 m/s simuliert. Die vergleichsweise hohe Belüftungsintensität wirkt sich auch auf die unmittelbar nördlich angrenzende Bebauung des Industriezugs günstig aus. Im Bereich der Hallen 117 – 124 (siehe **Grafik 4**) bleibt die Ausbildung großflächiger Windstagnationsflächen aus.



Grafik 4: Vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 16.1

Im zentralen Teilbereich des Industriehofgeländes bilden strömungsparell verlaufende Erschließungswege sowie die Grünfläche südsüdwestlich des Bürogebäudes 127 bebauungsinterne Ventilationsflächen, über welchen der Höhenwind verstärkt bodennah durchgreifen kann und somit für einen intensiven Luftaustausch sorgt (siehe **Grafik 5**).



Grafik 5: Vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 16.1

Insgesamt stellt sich der Industriehof bei vorherrschenden Südsüdwestwinden (= Hauptwindrichtung) ausreichend belüftet dar. Eine großflächige Neigung zu Luftstagnation ist nicht zu verzeichnen.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 16.2, 16.3)** ist durch die geplante bauliche Verdichtung vor allem im westlichen Teilbereich mit einer Verringerung der lokalen Belüftungsintensität zu rechnen. Dies wird durch die Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand (**Abbildung 16.3**) dokumentiert. Die geplante bauliche Struktur führt insgesamt aber nicht zu einer kritischen Belüftungssituation. Baulich bedingten Luftstagnationsbereichen stehen netzartig Zonen mit erhöhter Belüftungsintensität gegenüber. In Bereichen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s gewinnen nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 4 (2020)⁴ die Parameter Lufttemperatur und Strahlungstemperatur gegenüber der Windgeschwindigkeit immer mehr an Bedeutung und dominieren die subjektive Empfindung der sommerlichen Wärmebelastung. Es sind mit Baumpflanzungen, Grünflächen oder sonstigen Begrünungsmaßnahmen bioklimatisch akzeptable Verhältnisse zu schaffen. Darauf wird in Kap. 5.2 näher eingegangen.

Die Differenzendarstellung zur Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand (**Abbildungen 16.3**) belegt, dass die planungsbedingte Windschattenwirkung nördlich des Planungsgebiets räumlich eng begrenzt bleibt und keine stadtklimatisch empfindlichen Nutzungen (Wohnbebauung) betrifft.

Windanströmung aus Norden (0°):

Winde aus nördlichen Richtungssektoren (346 – 15°) bilden laut synthetischer Windstatistik der LUBW Baden-Württemberg (**Abbildung 9**) am Planungsstandort mit einer Häufigkeit von ca. 14.9% der Jahresstunden das sekundäre Häufigkeitsmaximum der Windrichtungen. Bei einer derartigen Situation befindet sich das Wohngebiet Rheinufer Nord im Lee des Industriehofs.

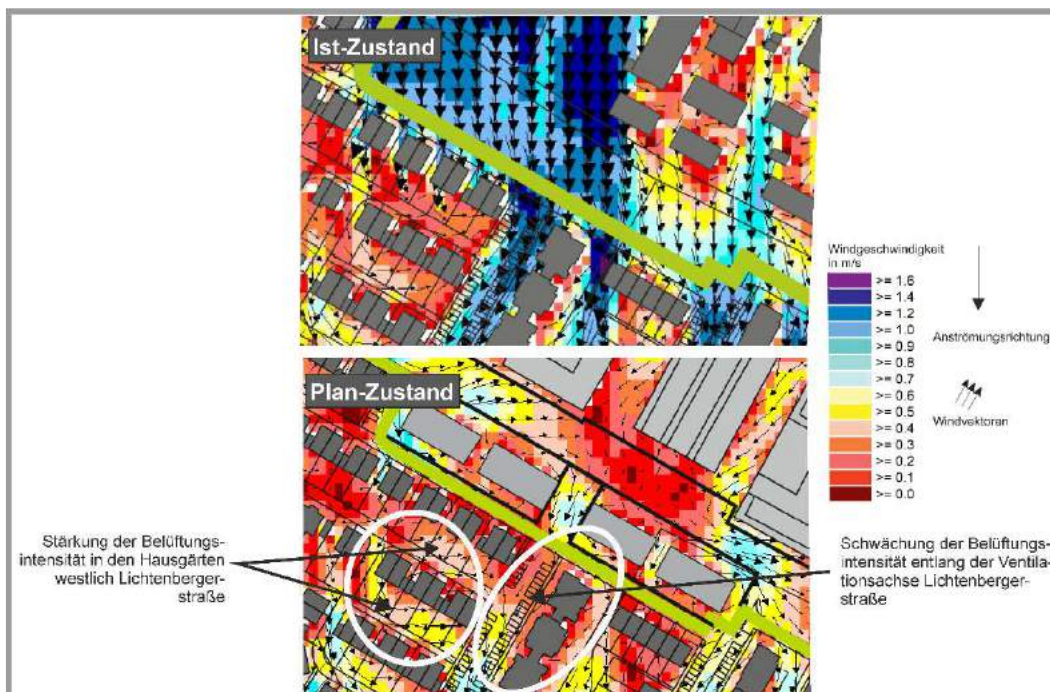
Als mittlere Strömungsgeschwindigkeit wird den Modellrechnungen wiederum ein Wert von ca. 2.5 m/s (10 m ü.G.) zu Grunde gelegt.

Im **Ist-Zustand (Abbildung 17.1)** bilden wiederum die Landwirtschafts- und Grünflächen im westlichen Planungsteilgebiet sowie die Nordnordost-Südsüdwest verlaufenden Erschließungswege im Industriehof funktionsfähige Ventilationsbahnen. Sowohl der Industriehof als auch die etwas höher gelegene Wohnbebauung Rheinufer Nord zeigen sich ausreichend belüftet. Eine großflächige Neigung zu Windstille (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s) ist nicht zu bilanzieren.

⁴ **VDI-RICHTLINIE 3787, BLATT 4 (2020):** Umweltmeteorologie – Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung. Düsseldorf.

Die Ergebnisse der Windfeldsimulationen für den **Plan-Zustand (Abbildungen 17.2, 17.3)** zeigen, dass die vorgesehene bauliche Verdichtung des Industriehofs vor allem im westlichen Teilbereich zu einer Schwächung der örtlichen Belüftungsintensität führt, eine großflächige Neigung zu Luftstagnation aber ausbleibt. Die bodennahen Windgeschwindigkeiten entsprechen weitgehend dem Niveau im bestehenden Wohngebiet Rheinufer Nord und sind damit als ortstypisch zu bewerten.

Durch die bauliche Verdichtung im Industriehof lässt sich bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren eine Überlagerung von Windschatteneffekten (geplante Bebauung) und Stauwirkungen (Bestandsbebauung) nicht gänzlich vermeiden. So führt die geplante Wohnbebauung nördlich der Heinrich-Narjes-Straße im Bereich der Lichtenbergerstraße (Wohngebiet Rheinufer Nord) zu einer Minderung der Belüftungsintensität. Durch die Gliederung der Baukörper mit ca. 6 m breiten Gebäudeabstandsflächen und einer mittig angeordneten, 18 m breiten Bebauungszäsur (potenzieller Gebietseingang Süd) kann eine weitreichende Schwächung der Belüftungsintensität im Wohngebiet Rheinufer Nord unterbunden werden. Die Funktion der Lichtenbergerstraße als bebauungsinterne Belüftungsachse kann allerdings nicht in heutiger Qualität aufrechterhalten werden. Demgegenüber wird aber die Belüftungsintensität in den Hausgärten westlich der Lichtenbergerstraße leicht gestärkt.



Grafik 6: Vergrößerte Ausschnitte der Abbildungen 17.1 und 17.2. Kennzeichnung von Bereichen mit auffallenden planungsbedingten Strömungsmodifikationen.

5.1.2 Belüftungssituation in der Nacht

Windanströmung aus Nordnordosten (30°):

Wie in Kap. 4.2 bereits angeführt, herrschen in stadtklimatisch besonders relevanten Strahlungsnächten am Planungsstandort häufig nordnordöstliche Windrichtungen vor, die im Wesentlichen auf kaltluftbedingte Ausgleichsströmungen zwischen kühlem Freiland und warmer Bebauung (= Flurwinde) zurückzuführen sind. Zusätzliche Bewegungsimpulse gehen von regional angelegten Nord- bis Nordwestwinden aus, wie sie bspw. auch in Ludwigshafen a. Rh. (ÖKOPLANA 2022: Erfassung meteorologischer Daten in Ludwigshafen a. Rh.) in sommerlichen Strahlungsnächten zu beobachten sind.

Wie **Abbildung 18.1** dokumentiert, zeigt sich das Planungsgebiet im **Ist-Zustand** in den zentralen Gebietslagen nur schwach belüftet. Während im westlichen Planungsteilgebiet durch die geringere bauliche Flächeninanspruchnahme großflächig mittlere Windgeschwindigkeiten über 0.5 m/s zu bestimmen sind, erreichen die Windgeschwindigkeiten bspw. entlang der von Ostsudost nach Westnordwest verlaufenden Gebietszufahrt nur Werte bis ca. 0.3 m/s. Bebauungsinternen begrünten Platzstrukturen (z.B. südsüdwestlich des Bürogebäudes 127) kommen als interne Belüftungsflächen vermehrte kleinklimatische Bedeutung zu. In diesen Bereichen kann der Wind vermehrt bodennah durchgreifen, wodurch die nächtliche Abkühlung forciert wird.

Auch im Wohngebiet Rheinufer Nord, südlich des Planungsgebiets „Industriehof“, überwiegen in den Nachtstunden mittlere Windgeschwindigkeiten von unter 0.4 m/s. Zur Gestaltung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen kommen in diesen Bereich Grünstrukturen als bebauungsinterne Kaltluftproduktionsflächen erhöhte Bedeutung zu.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 18.2, 18.3)** nimmt die nächtliche Belüftungsintensität durch die angestrebte bauliche Verdichtung weiter ab. Insbesondere in den westlichen und östlichen Planungsteilgebieten, wo bisherige Freiflächen vermehrt durch Hochbau beansprucht werden, ist eine Minderung des bodennahen Luftaustausches nicht zu vermeiden.

Wie in Kap. 5.1.1 bereits angeführt, gewinnen in den windschwachen Bereichen die Parameter Lufttemperatur und Strahlungstemperatur gegenüber der Windgeschwindigkeit immer mehr an Bedeutung und dominieren die subjektive Empfindung der sommerlichen Wärmebelastung. Durch Realisierung umfangreicher Begrünungsmaßnahmen können aber auch in warmen Sommernächten langfristig (Stichwort: Klimawandel) akzeptable thermische Umgebungsbedingungen geschaffen werden.

Die geplante Bebauung im Bereich des Industriebofs wirkt sich auch kleinräumig auf die nächtliche Belüftungssituation im südlich benachbarten Wohngebiet Rhein- ufer Nord aus.

Wie die Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand aufzeigt, nimmt die Belüftungsintensität insbesondere entlang der Nordnordost-Südsüdwest-verlaufenden Straßenzüge Lichtenbergerstraße und Carl-Dupré-Straße ab. Hier macht sich die geplante Wohnbebauung am Südrand des Planungsgebiets als Strömungsbarriere bemerkbar. Zur Sicherung günstiger thermischer / bioklimatischer Verhältnisse kann die klimatische Ausgleichswirkung der geplanten öffentlichen Grünanlage am Südrand des Planungsgebiets beitragen.

Windanströmung aus Südsüdwesten (210°):

Während stadt-/siedlungsklimatisch besonders relevanten Hochdruckwetterlagen häufen sich im Planungsgebiet in den Nachtstunden Winde aus nordwestlichen bis nordöstlichen Richtungssektoren (siehe **Abbildungen 11** und **12**).

Warme Sommernächte bzw. Tropennächte können aber auch in Verbindung mit vermehrt bewölkten Nächten auftreten. Derartige Verhältnisse beschreiben die Strömungskarten in den **Abbildungen 19.1 – 19.3**. Dabei wird ein schwacher Südsüdwestwind vorausgesetzt.

Vergleichbar mit der Situation mit Südsüdwestwinden am Tag, bleiben auch in der Nacht die Windschatteneffekte des baulich verdichteten Industriebofs (= Plan-Zustand) auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt und tangieren nur in geringem Maße die nördlich benachbarten Gewerbegebietsflächen. Empfindliche Wohnnutzungen sind im Planungsumfeld von planungsbedingten Windabschwächungen nicht betroffen.

Im Wohngebiet Rheinufer Nord, südlich des Industriebofs, sind bei nächtlichen Südsüdwestwinden im Plan-Zustand ebenfalls keine gravierenden strömungsdynamischen Negativeffekte zu bilanzieren. Nur sehr kleinräumig sind im Luv der geplanten Wohnbebauung am Südrand des Industriebofs zusätzliche Staueffekte festzustellen.

Innerhalb des Planungsgebiets nimmt die nächtliche Belüftungsintensität erwartungsgemäß im Westteil deutlich ab. Durch die bauliche Inanspruchnahme der bisherigen Freiflächen steigt die Barrierewirkung an, so dass niedrige Windgeschwindigkeiten unter 0.4 m/s dominieren.

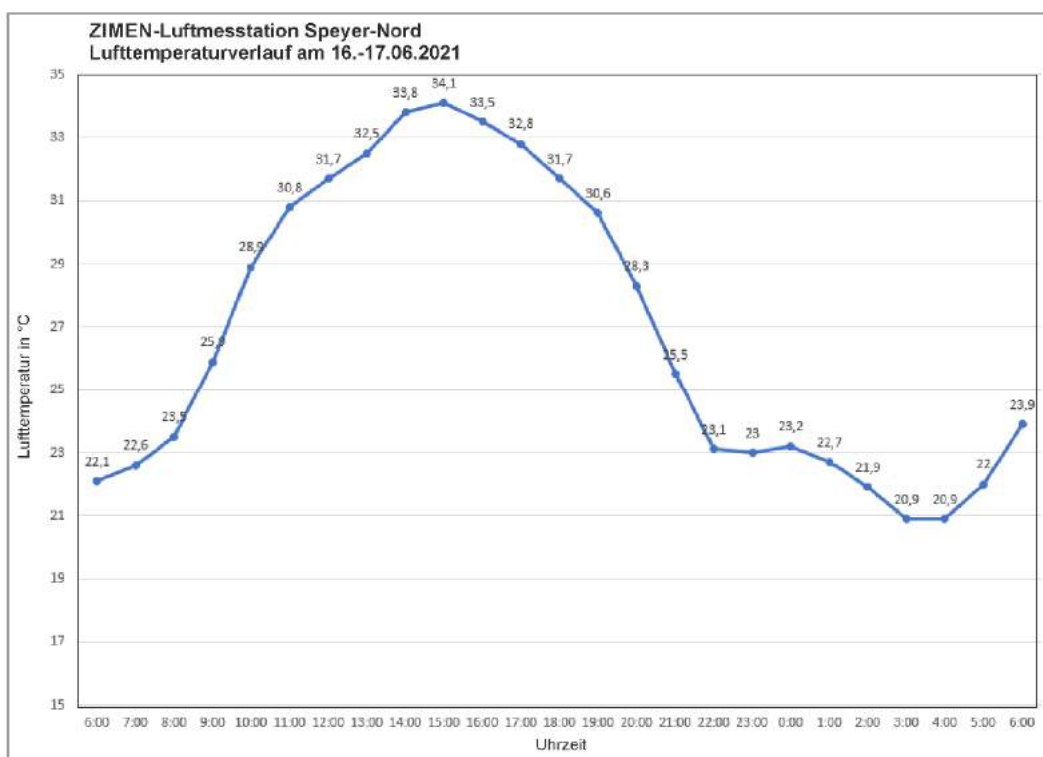
Auch in den zentralen Gebietslagen des Industriebofs zeigen sich gegenüber dem Ist-Zustand Windgeschwindigkeitsabnahmen. Kleinräumige Windbeschleunigungen über Erschließungswegen beruhen auf leichten düsenartigen Beschleunigungen, die sich aus den geplanten Aufstockungen der angrenzenden Gebäude ergeben.

5.2 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima

Zahlreiche Stadtklimastudien belegen, dass sich tagsüber intensiv aufgeheizte befestigte Areale nach Sonnenuntergang in den Sommermonaten nur verzögert abkühlen. Während über vegetationsbedeckten Bereichen nach Sonnenuntergang die Luft- und Oberflächentemperaturen vergleichsweise rasch sinken, bleiben versiegelte Flächen (Straßen, Parkplätze, Gebäude/Hallen) die ganze Nacht hindurch überwärmt. Auch Wasserflächen (z.B. Rhein) bilden sich in Sommernächten durch die thermische Trägheit des Wassers vergleichsweise warm ab (siehe **Abbildung 13**). Sie tragen in den Nachtstunden nicht zur lokalen Kaltluftbildung bei.

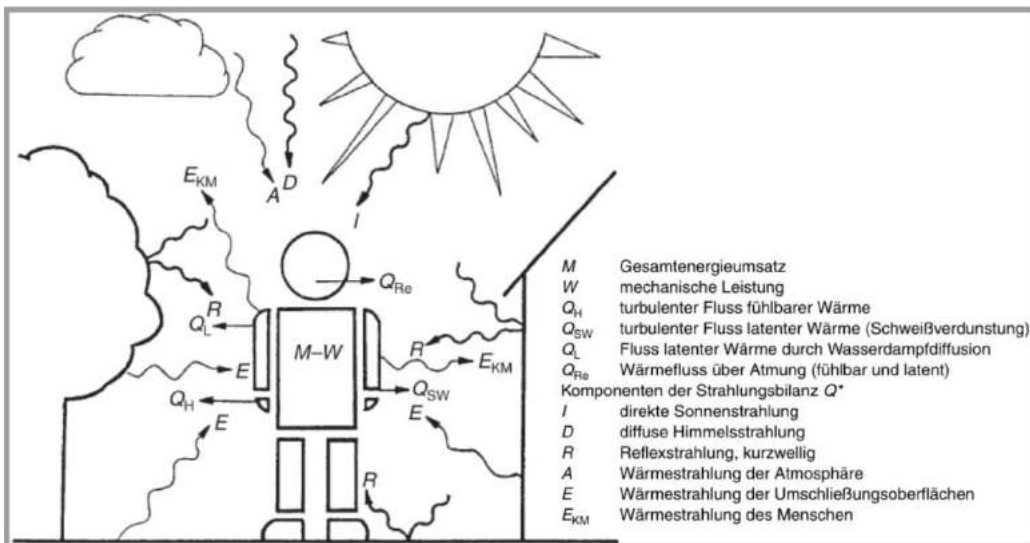
Durch die angestrebten baulichen und grünordnerischen Maßnahmen im Planungsgebiet „Industriehof“ ist mit einer örtlichen Veränderung der thermischen Umgebungsbedingungen zu rechnen.

Die nachfolgenden Berechnungen zur Lufttemperatur beziehen sich auf bioklimatisch besonders belastende heiße Sommertage (15:00 Uhr ungefährender Zeitpunkt der höchsten thermischen Belastung im Juni, siehe **Grafik 7**) bzw. warme Sommernächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt bis zu dem in der Regel in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zu-Bett-Gehen nochmals durchgelüftet werden).



Grafik 7: Beispielhafter Tagesgang der Lufttemperatur an einem heißen Sommertag (16.-17.06.2021) an der ZIMEN-Luftmesstation Speyer-Nord (Meisenweg)

Ergänzend wird für eine Tagsituation mit Nordnordostwind (die Wohnbebauung Rheinufer Nord befindet sich dann im Lee des Planungsgebiets) als humanbioklimatisches Maß die physiologische Äquivalenttemperatur (engl. Physiological Equivalent Temperature, PET) berechnet, um die Aufenthaltsqualität im Bereich der vorgesehenen Bebauung 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 und sämtliche Strahlungsflüsse berücksichtigt (siehe **Grafik 8**).



Grafik 8: Schema „Thermischer Wirkungskomplex“. Parameter, die den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussen. Grafikquelle: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (2008).

Der PET-Wert 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). Das Behaglichkeitsniveau des Menschen liegt beim PET-Wert bei ca. 24°C. Bei Werten ab 35°C beginnt die starke Wärmebelastung / Hitzestress (siehe **Tabelle 1**).

PET in °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 1: Kategorisierung von PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens. Tabelle: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (2022).

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

- Geschlecht: männlich
- Alter: 35 Jahre
- Gewicht: 75 kg
- Größe: 1,75 m
- Körperoberfläche: 1,9 m²
- metabolische Rate: 164 W (gehend)
- Kleidungsfaktor: 0,9 clo
- gehend: 1.21 m/s

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.

Bei den Modellrechnungen wird davon ausgegangen, dass die Erschließungsstraßen, Erschließungswege und Parkplätze im Plan-Zustand mit mittelgrauem Pflaster bzw. Rasengitterstein (Parkplätze) belegt sind. Im Sinne eines Worst-Case-Szenarios wird keine Dachbegrünung berücksichtigt. Es ist noch nicht geklärt, welche Dachaufbauten (z.B. Klima-/Lüftungsanlagen) erforderlich werden und ob alle Gebäudeteile statisch entsprechend ausgelegt werden können. Dachgärten finden Eingang in die Modellierung.

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

5.2.1 Thermische Situation an einem heißen Sommertag (15 Uhr) mit südsüdwestlicher Luftströmung (210°)

Die **Abbildung 20.1** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 15:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Vorausgesetzt wird eine oftmals typische südsüdwestliche Luftströmung (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Bei Lufttemperaturen im Bereich schattenwerfender Gehölzbestände von ca. $32.00 - 32.50^{\circ}\text{C}$ werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen Lufttemperaturen bis ca. 35.00°C berechnet. Über Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen bis ca. 33.00°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar.

Im Planungsgebiet „Industrie Hof“ werden Lufttemperaturen zwischen ca. 32.50 und 34.25°C simuliert. Als vergleichsweise kühl stellen sich die Landwirtschaftsflächen im westlichen Planungsteilgebiet sowie gebietsinterne Grünflächen dar. Auch im Gebäudeschatten zeigen sich gegenüber direkt besonnten Zonen auffallend niedrigere Lufttemperaturen.

Im Wohngebiet Rheinufer Nord, südlich des Planungsgebiets, dominieren Lufttemperaturen von ca. $32.50 - 33.75^{\circ}\text{C}$. Die Hausgärten wirken einer intensiveren Aufheizung entgegen.

Die recht hohen Lufttemperaturen (über 33.50°C) im Bereich des Sportgeländes des FC SPEYER 09 (im südwestlichen Modellgebiet) sind auf die intensive Wärmeabstrahlung der Kunstrasensportplätze zurückzuführen. Sie zeigen an heißen Sommertagen ähnlich hohe Oberflächentemperaturen wie Asphalt. In den Nachtstunden kühlen sie aber rasch ab. Dann zeigen die Oberflächentemperaturen von Kunstrasensportplätzen ähnlich niedrige Werte wie Rasenflächen.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt dennoch recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 3.0 K gegen 15:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Mit der Realisierung der im vorgelegten Bebauungsplanentwurf festgesetzten Bebauung und den grünordnerischen Maßnahmen laut Rahmenplan (**Plan-Zustand**, **Abbildungen 20.2** und **20.3**) ist im Planungsgebiet eine thermische Entlastung zu erwarten. Gegenüber dem Ist-Zustand nimmt die Lufttemperatur zum Zeitpunkt der Tageshöchsttemperatur um ca. 0.25 – 1.25 K ab.

Die geplanten Baumpflanzungen, die Gebäudeaufstockungen sowie die bauliche Verdichtung führen zur vermehrten Schattenbildung. Hierdurch nimmt im Tagesverlauf die Aufheizung der befestigten Oberflächen gegenüber dem Ist-Zustand ab.

Die Abnahme der Lufttemperatur gegenüber dem Ist-Zustand ist aus klimaökologischer Sicht erforderlich, um die im Plan-Zustand abnehmende Belüftungsintensität (siehe Kap. 5.1.1) bzgl. des thermischen Empfindens näherungsweise auszugleichen.

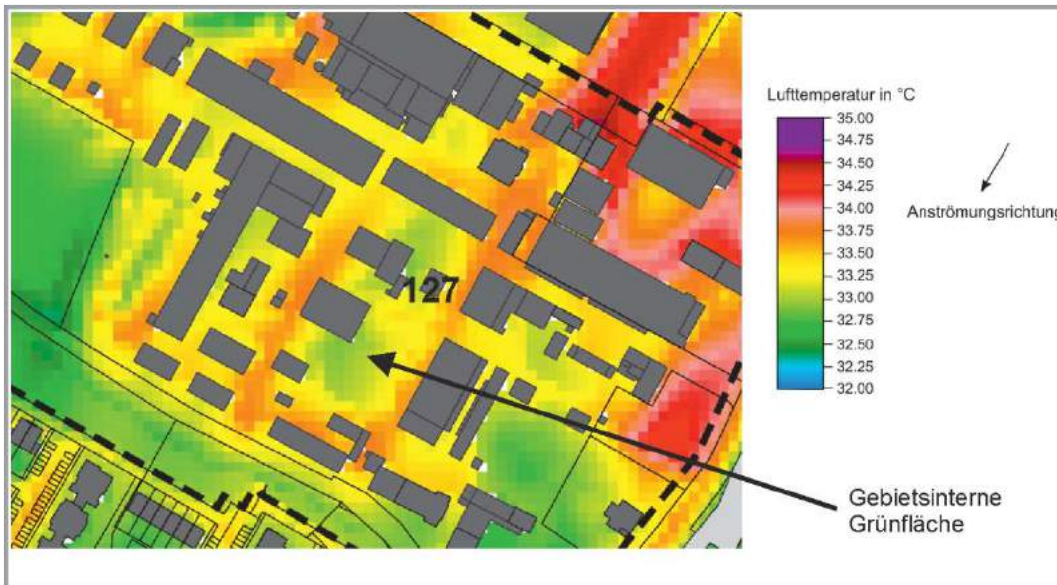
Mit Realisierung des neugestalteten Industriebofs stellen sich bei vorherrschenden Südsüdwestwinden mit dem Wohngebiet Rheinufer Nord vergleichbare Lufttemperaturverhältnisse ein.

5.2.2 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (15 Uhr) mit nordnordöstlicher Luftströmung (30°)

Die Situation mit Nordnordostwind stellt für das Wohngebiet Rheinufer Nord das „Worst-Case-Szenario“ dar, da bei dieser Windrichtung die Barrierewirkung des Industriebofs in Richtung der südlich angrenzenden Wohnbebauung am stärksten ausgeprägt ist.

Die Modellergebnisse für den **Ist-Zustand (Abbildung 21.1)** verdeutlichen, dass sich das Planungsgebiet bei vorherrschenden Nordnordostwinden in direkter Lee-Lage zu den stark wärmebelasteten Stellplatzflächen des Lidl-Logistikzentrums (siehe **Abbildung 5.2, Foto 7**) befindet. Dort werden maximale Lufttemperaturen bis 35.00°C berechnet. Durch den Warmlufteintrag ist auch die Wärmebelastung am Nordrand des Industriebofs recht hoch. Auch die versiegelten Stellplatzflächen im Nordosten des Planungsgebiets (Dr. Pfirrmann's Gewerbehof) unterliegen einer recht hohen thermischen Belastung.

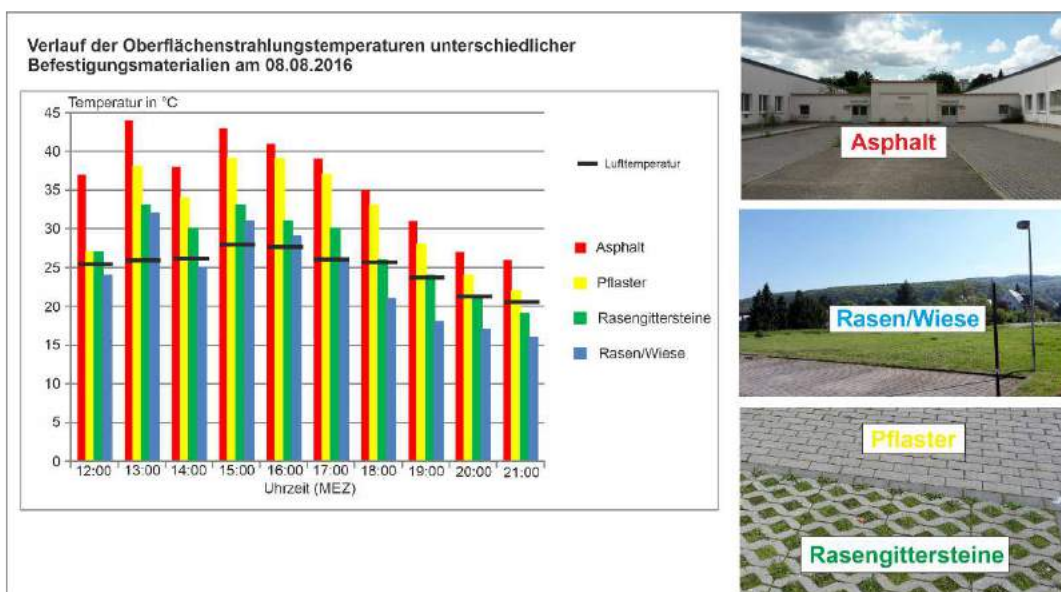
Thermische Gunsträume im Planungsgebiet bilden am Tag die Wiesen / Landwirtschaftsflächen im Südwesten (siehe **Abbildung 5.2, Foto 5**) sowie gebietsinterne Grün-/Freiflächen (z.B. die Grünfläche südlich des Bürogebäudes Nr. 127 – siehe **Grafik 9**). Dort werden gegenüber den o.a. thermischen Belastungszonen um ca. 1.5 – 2.5 K niedrigere Lufttemperaturen bestimmt.



Grafik 9: Vergrößerte Ausschnitt der Abbildung 21.1

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 21.2, 21.3)** ist auch bei vorherrschenden Nord-nordostwinden ein Rückgang der thermischen Belastung zu bilanzieren. Vergleichbar mit der Situation bei Südsüdwestwinden nimmt die Lufttemperatur in der Höhengschicht 2 m ü.G. im Plan-Zustand um ca. 0.25 – 1.25 K ab. Gründe hierfür sind vor allem zusätzliche Schattenwürfe durch neue Baumpflanzungen und aufgestockte Gebäude. Auch der geplante Verzicht auf schwarze Asphaltbeläge bei einem Großteil der Erschließungswege macht sich in thermischer Hinsicht günstig bemerkbar. Mittelgraue Pflasterbeläge sowie Rasengittersteine heizen sich in deutlich geringerem Maße auf als bspw. schwarze Asphaltflächen (siehe **Grafik 10**).

Mit dem Rückgang der Lufttemperatur im Planungsgebiet geht auch eine leichte Minderung der thermischen Belastung (0.25 bis 0.50 K) am Nordrand des Wohngebiets Rheinufer Nord einher. Die planungsbedingte Minderung der Belüftungsintensität bzgl. des thermischen Empfindens kann damit weitgehend aufgefangen werden.



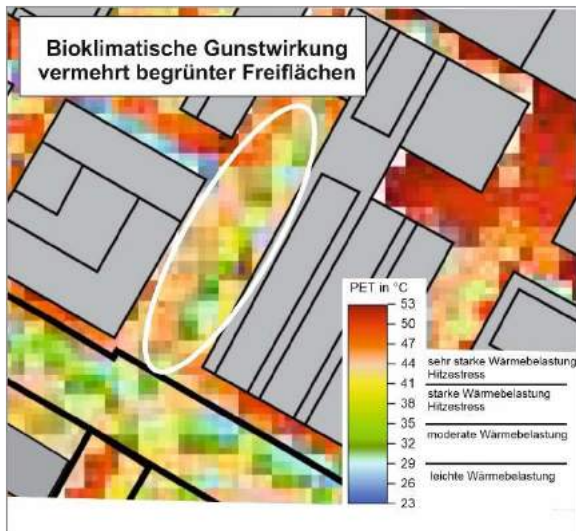
Grafik 10: Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Oberflächenbeläge an einem Sommertag (aus: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

In **Abbildungen 22** sind vergleichend für den **Ist-** und **Plan-Zustand** die Ergebnisse von PET-Simulationen exemplarisch für einen typischen Sommertag ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) zum Zeitpunkt der höchsten bioklimatischen Belastung (Lufttemperatur + intensive Sonneneinstrahlung, 14:00 Uhr) dokumentiert.

Die PET-Werte (~ gefühlte Temperatur) erreichen im Untersuchungsgebiet im **Ist-Zustand** mit etwa 23.0°C bis 53.0°C eine Spanne von 30°C . Die niedrigsten Werte werden im Baumschatten simuliert (unter 29°C). Extreme bioklimatische Belastungen mit PET-Werten von über 47.0°C sind über versiegelten Flächen ohne Gebäude- / Baumschatten und abgeschwächter bodennaher Ventilation zu bilanzieren. Derartige Werte überwiegen auch im Planungsgebiet und in den benachbarten Gewerbegebietsflächen. Im Bereich unbeschatteter Rasenflächen sowie über Wiesen- und Ackerflächen werden PET-Werte von ca. $37 - 42^{\circ}\text{C}$ berechnet (= starke bis sehr starke Wärmebelastung).

Im **Plan-Zustand** ist ein vermehrter Wechsel zwischen sehr stark wärmebelasteten Zonen und Bereichen mit leichter bis moderater Wärmebelastung zu erkennen. Durch gebietsinterne Begrünungsmaßnahmen, wie sie im Grünflächenplan (**Abbildung 7.2**) vorgegeben sind, lassen sich die aus der baulichen Verdichtung resultierenden bioklimatischen Zusatzbelastung (z.B. durch die Wärmeabstrahlung der Hauswände) effektiv ausgleichen.

Auf Plätzen, die im neugestalteten Industriehof als Aufenthaltsbereiche dienen sollen, sind aus klimaökologischer Sicht schattenwerfende Baumpflanzungen zu fordern. Sie können die bioklimatische Belastung an heißen Sommertagen effektiv dämpfen (siehe **Grafik11**).



Grafik 11: Vergrößerter Ausschnitt der Abbildung 22 (Plan-Zustand)

Alternativ können auch Pergolen oder sonstige technische Vorrichtungen (z.B. Sonnensegel) zur Gestaltung günstiger bioklimatischer Verhältnisse dienen.

Außerhalb des Planungsgebiets stellen sich keine auffallenden Veränderungen bzgl. der bioklimatischen Umgebungsbedingungen ein.

5.2.3 Thermische Situation in einer warmen Sommernacht (23:00 Uhr) mit schwacher nordnordöstlicher Luftströmung (30°)

In sommerlichen Strahlungs Nächten sind im Planungsgebiet und in dessen Umfeld häufig nordnordöstliche Windrichtungen zu erwarten, weshalb in den nachfolgenden Berechnungen Winde aus 30° mit einer Windgeschwindigkeit von 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. Berücksichtigung finden (= windschwache sommerliche Strahlungsnacht).

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen (2 m ü.G.) für den **Ist-Zustand (Abbildung 23.1)** zeigen, dass mit den Nordnordostwinden stark wärmebelastete Luft aus dem nördlich angrenzenden Gewerbeareal in den Industriehof gelangt. In nördlicher und zentraler Lage werden daher im Planungsgebiet Lufttemperaturen bis 25.80°C bestimmt. Allein über kleineren Grünflächen ist die Lufttemperatur um ca. 1.0 – 1.6 K reduziert. Im Bereich der Landwirtschaftsflächen im südwestlichen Planungsteilgebiet zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 21.60 – 22.80°C. Dort wirken Kaltluftbewegungen aus den Bereichen Schlangewühl und Hasenpfühlerweide ein.

Mit Realisierung der baulichen Neustrukturierung im Planungsgebiet (**Plan-Zustand, Abbildungen 23.2 und 23.3**) ist im westlichen Planungsteilgebiet durch den Verlust der Kaltluftproduktionsflächen eine planungsbedingte Lufttemperaturzunahme von ca. 0.40 – 2.00 K anzunehmen. Die resultierenden thermischen Verhältnisse entsprechen dann denen in der Bestandsbebauung Rheinufer Nord östlich der Lichtenbergerstraße. Das für die dortige Wohnlage typische Lufttemperaturniveau wird somit nicht überschritten. Im zentralen und östlichen Planungsteilgebiet führen die angedachten grünordnerischen Maßnahmen gegenüber dem Ist-Zustand zu einer leichten Reduktion der thermischen Belastung. Die Lufttemperatur nimmt um ca. 0.40 – 2.00 K ab. Damit wird auch in den Nachtstunden die planungsbedingte Zunahme der subjektiven Wärmeempfindung durch die abgeschwächte Belüftungsintensität ausgeglichen.

6 Zusammenfassung – Planung, planungsbedingte Klimamodifikationen, Bewertung und Planungsempfehlungen

Im Nordosten von Speyer ist auf einem ca. 12.22 ha großen Areal eine städtebauliche Neuordnung geplant. Das Planungsgebiet I-HOF umfasst das Gelände der ehemaligen Celluloidfabrik Kirrmeier & Scherer, die direkt angrenzenden Flächen des Gewerbehofs Dr. Pfirrmann sowie eine Grün- und Brachfläche („Rheinpark“).

Ziel der Planung ist es, ein gemischt genutztes urbanes Gebiet (MU) zu entwickeln. Flächen mit der planungsrechtlichen Festsetzung allgemeines Wohngebiet (WA) sind allein am Südrand des Planungsgebiets vorgesehen.

Im Zuge des Planungsprozesses wurde im März 2022 ein „Zweiphasiger, städtebaulicher Einladungswettbewerb mit freiraumplanerischer Vertiefung“ durchgeführt. Erster Preisträger wurde das Planungsteam HILLE, TESCH ARCHITEKTEN + STADTPLANER PARTGMBB MIT BIERBAUM.AICHELE.LANDSCHAFTSARCHITEKTEN PART.GMBB. Der Siegerentwurf bildet das Grundgerüst für den Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“.

Neben Neubauten und Bestandserhaltung sind auch Aufstockungen geplant, die den örtlichen Denkmalschutz berücksichtigen. Die angedachten Aufstockungen von Bestandsgebäuden und die Entwicklung zusammenhängender Gebäudestrukturen dienen zur Stärkung der Hauptachsen und des Gebietszentrums.

Am Süd- und Westrand des Planungsgebiets soll eine öffentliche Grünanlage entwickelt werden. Innerhalb dieser Fläche sind offene Entwässerungsgräben, Retentionsflächen sowie Spielgeräte, Fußwege, Bewegungsflächen und zweckgebundene bauliche Anlagen möglich.

Bei den Wegeflächen werden bei der Klimaanalyse allein die Haupterschließungsachsen als asphaltiert angenommen. Untergeordnete Wege und Plätze sollen mit Pflaster ausgeführt werden.

Zur Entwicklung eines günstigen Eigenklimas und zur Stärkung der klimaökologischen Ausgleichsleistung der Grünflächen sind zusätzliche Baumpflanzungen geplant. Zudem sind Neubauten mit einer Dachneigung bis 10° mit einer extensiven Dachbegrünung zu versehen. Tiefgaragen / EG-Garagengeschosse sind mit einer intensiven Begrünung zu überdecken.

Neu gestaltete Straßenzüge, Quartiersplätze und Grünflächen bieten Raum, um möglichst günstige Aufenthaltsqualitäten zu entwickeln. Zusammen mit angedachten Dachgärten und Retentionsflächen soll eine funktionsfähige „blaue Infrastruktur“ entwickelt werden.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sind mit Hilfe des vorliegenden Klimagutachtens die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem Planungsentwurf sich ergebenden lokalklimatischen 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 Barriere- und Wärmeinseleffekt in seiner Intensität zu minimieren und räumlich eng zu begrenzen.

6.1 Einfluss der nach Bebauungsplanentwurf potenziell möglichen Bebauung (Maximalvariante) auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung

Aus den in Kap. 4 beschriebenen ortsspezifischen Klimaverhältnissen resultiert die klimaökologische Zielvorstellung, dass die angedachte bauliche Verdichtung im Planungsgebiet nicht zu einer Überschreitung des ortstypischen Klimaniveaus führt und auch in der südlich benachbarten Bestandswohnbebauung Rheinufer Nord keine großflächige thermische Zusatzbelastung verursacht.

Die Ergebnisse mikroskaliger Modellrechnungen zur Belüftungssituation am Tag belegen, dass es bei häufig vorherrschenden Winden aus südsüdwestlichen Richtungen durch die geplante bauliche Verdichtung vor allem im westlichen Planungsteilgebiet zu einer Verringerung der lokalen Belüftungsintensität kommt. Die geplante bauliche Struktur führt insgesamt aber nicht zu einer kritischen Belüftungssituation. Baulich bedingten Luftstagnationsbereichen stehen netzartig Zonen mit erhöhter Belüftungsintensität gegenüber. Ein Vergleich zwischen Plan- und Ist-Zustand belegt, dass die planungsbedingte Windschattenwirkung nördlich des Planungsgebiets räumlich eng begrenzt bleibt und keine stadtklimatisch empfindlichen Nutzungen (Wohnbebauung) betrifft.

Herrschen am Tag nördliche Windrichtungen vor, sichert die geplante Bebauung eine ausreichende Belüftung des Planungsgebiets. Eine großflächige Neigung zu Luftstagnation wird nicht festgestellt. Die bodennahe Windgeschwindigkeit entspricht weitgehend dem Niveau im bestehenden Wohngebiet Rheinufer Nord und ist damit als ortstypisch zu bewerten.

Durch die bauliche Verdichtung im Industriehof lässt sich bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren eine Überlagerung von Windschatteneffekten (geplante Bebauung) und Stauwirkungen (Bestandsbebauung) nicht gänzlich vermeiden. So führt die geplante Wohnbebauung nördlich der Heinrich-Narjes-Straße im Bereich der Lichtenbergerstraße (Wohngebiet Rheinufer Nord) zu einer Minderung der Belüftungsintensität. Durch die Gliederung der Baukörper mit ca. 6 m breiten Gebäudeabstandsflächen und einer mittig angeordneten, 18 m breiten Bebauungszäsur (potenzieller Gebietseingang Süd) kann eine weitreichende Schwächung der Belüftungsintensität im Wohngebiet Rheinufer Nord aber unterbunden werden. Zudem wird Belüftungsintensität in den Hausgärten westlich der Lichtenbergerstraße leicht gestärkt.

Wie in Kap. 4.2 angeführt, herrschen in stadtklimatisch besonders relevanten Strahlungsnächten am Planungsstandort häufig nordnordöstliche Windrichtungen vor, die im Wesentlichen auf kaltluftbedingte Ausgleichsströmungen zwischen kühlem Freiland und warmer Bebauung (= Flurwinde) zurückzuführen sind. Zusätzliche Bewegungsimpulse gehen von regional angelegten Nord- bis Nordwestwinden aus.

Durch die angestrebten baulichen Modifikationen im Planungsgebiet „Industrie Hof“ nimmt die nächtliche Belüftungsintensität ab. Insbesondere in den westlichen und östlichen Planungsteilgebieten, wo bisherige Freiflächen vermehrt durch Hochbau beansprucht werden, ist eine Minderung des bodennahen Luftaustausches nicht zu vermeiden. In den windschwachen Bereichen gewinnen die Parameter Lufttemperatur und Strahlungstemperatur gegenüber der Windgeschwindigkeit an Bedeutung und dominieren die subjektive Empfindung der sommerlichen Wärmebelastung. Nur durch Realisierung umfangreicher Begrünungsmaßnahmen können auch in warmen Sommernächten langfristig (Stichwort: Klimawandel) akzeptable thermische Umgebungsbedingungen geschaffen werden.

Die geplante Bebauung im Bereich des Industriehofs wirkt sich auch kleinräumig auf die nächtliche Belüftungssituation im südlich benachbarten Wohngebiet Rheinufer Nord aus. Wie die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen, nimmt die Belüftungsintensität insbesondere entlang der Nordnordost-Südsüdwest-verlaufenden Straßenzüge Lichtenbergerstraße und Carl-Dupré-Straße ab. Hier macht sich die geplante Wohnbebauung am Südrand des Planungsgebiets als Strömungsbarriere bemerkbar.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen und zum Bioklima belegen, dass von der geplanten Bebauung sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber dem Ist-Zustand in der Umgebungsbebauung keine gravierende Zusatzbelastung ausgeht.

An heißen Strahlungstagen sind durch die angedachten grünordnerischen Maßnahmen mit ergänzenden Baumpflanzungen und durch die Gebäudeaufstockungen vermehrte Schattenbildungen zu erwarten, die zu einer kleinräumigen Senkung der Lufttemperaturen führen.

Mit dem Rückgang der Lufttemperatur im Planungsgebiet geht auch eine leichte Minderung der thermischen Belastung (0.25 bis 0.50 K) am Nordrand des Wohngebiets Rheinufer Nord einher. Die planungsbedingte Minderung der Belüftungsintensität bzgl. des thermischen Empfindens kann damit weitgehend aufgefangen werden.

In sommerlichen Strahlungsnächten sind im Planungsgebiet und in dessen Umfeld häufig nordnordöstliche Windrichtungen zu erwarten. Bei derartigen Verhältnissen ist im westlichen Planungsteilgebiet durch den Verlust der Kaltluftproduktionsflächen eine planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen bis ca. 0.40 – 2.00 K zu erwarten. Die resultierenden thermischen Verhältnisse entsprechen dann denen in der Bestandsbebauung Rheinufer Nord östlich der Lichtenbergerstraße. Das für die dortige Wohnlage typische Lufttemperaturniveau wird somit nicht überschritten. Im zentralen und östlichen Planungsteilgebiet führen die angedachten grünordnerischen Maßnahmen gegenüber dem Ist-Zustand zu einer leichten Reduktion der thermischen Belastung. Die Lufttemperatur nimmt um ca. 0.40 – 2.00 K ab. Damit wird auch in den Nachtstunden die planungsbedingte Zunahme der subjektiven Wärmeempfindung durch die abgeschwächte Belüftungsintensität ausgeglichen.

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 Bebauungsplanentwurf sieht für einen Teil der Dachflächen Dachbegrünung vor, die u.a. der Klimaanpassung dient. Zusätzliche PV-Anlagen können einen Beitrag zum Klimaschutz (CO_2 -Reduktion) leisten. Sie sind in Kombination mit einer extensiven Dachbegrünung realisierbar. Ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach erhöht die Effizienz von darauf installierten Photovoltaikanlagen (siehe **Foto 1**). Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.

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 (z.B. geplante Dachgärten) werden ca. 62 - 67% der eingestrahnten 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.

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



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

Aus klimaökologischer Sicht wären sogenannte Retentions Gründächer zu empfehlen. 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 kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der örtlichen Überhitzung an heißen Sommertagen geleistet werden. Begrünte Wände heizen sich weniger auf, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Im Vergleich zu einer unbegrünten Wand können nach PFOSER ET AL. (2013) in ca. 0.6 m Abstand zur Begrünung Lufttemperaturreduktionen bis ca. 1.3 K gemessen werden. Modellrechnungen weisen auf Maximalwerte bis ca. 3.0 K hin. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Zusätzlich reduziert sich durch den Schattenwurf der Vegetation auf die Hauswand und die Luftschicht im Zwischenraum die Wärmeaufnahme des Gebäudes. Somit kann durch Fassadenbegrünung sowohl der thermische Komfort in den angrenzenden Freiräumen, als auch im Gebäudeinneren verbessert werden. Für die Luftreinhaltung sind begrünte Fassaden ebenfalls von Vorteil. Die Vegetation filtert Feinstaub und Schadstoffe aus der Luft und verbessert dadurch die Luftqualität. Auch für die Biodiversität sind begrünte Fassaden positiv. Sie bilden Lebensräume und können durch eine gezielte Bepflanzung mit geeigneten Pflanzenarten ebenfalls eine wichtige Nahrungsquelle darstellen.

Für Fassadenbegrünungen bieten sich insbesondere bei Neubauten zusammenhängende geschlossene Fassadenflächen ab einer Größe von 50 m² an, die nicht durch Fenster- oder Türöffnungen gegliedert sind. Dabei können sowohl wandgebundene als auch bodengebundene Begrünungen (Gerüstkletterpflanzen) gewählt werden (siehe **Foto 2**). Brandschutzrechtliche Anforderungen und der Denkmalschutz sind zu beachten.



Foto 2: Beispielhafte Fassadenbegrünung (Bild freigegeben von: ©VERTIKO GmbH)
<https://www.vertiko.de/begrueunungen-loesungen/living-wall-outdoor/>

Sicherung / Neuanlage begrünter Flächen im Planungsgebiet:

Der vorgelegte Bebauungsplanentwurf sieht im südlichen und südwestlichen Randbereich des Planungsgebiets öffentliche Grünflächen vor. Trotz des vergleichsweise geringen Flächenanteils tragen diese zur Reduzierung der thermischen Ungunst von versiegelten Erschließungsflächen bei. Die ergänzende Anpflanzung möglichst großkroniger Laubbäume ist zu begrüßen. Die Baumschatten dämpfen an warmen Sommertagen die Aufheizung versiegelter Flächen.

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

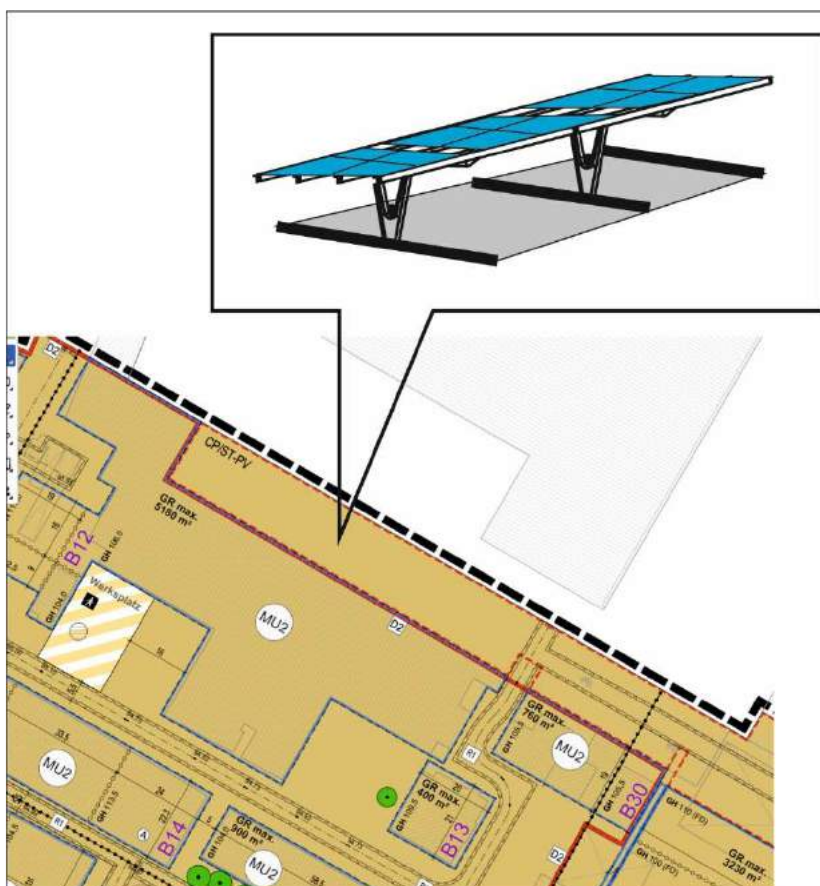
Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tag. Die Modellrechnungen zum Bioklima (**Abbildung 22**) belegen, dass am frühen Nachmittag unter Bäumen die gefühlte Temperatur (PET) um bis zu über 10°C niedriger ist als in unbeschatteten Bereichen mit gleicher 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.

Am Nordrand des Planungsgebiets, sind Parkierungsflächen vorgesehen. Allerdings sind im dortigen Bereich infolge von Altlasten keine Baumpflanzungen und wasserdurchlässigen Beläge möglich. Um in diesem thermisch hochbelasteten Bereich (in den Sommermonaten), die befestigten Flächen vermehrt verschatten, wären PV-Carports zu empfehlen (siehe **Grafik 12**). Sie leisten zugleich einen Beitrag zum Klimaschutz.

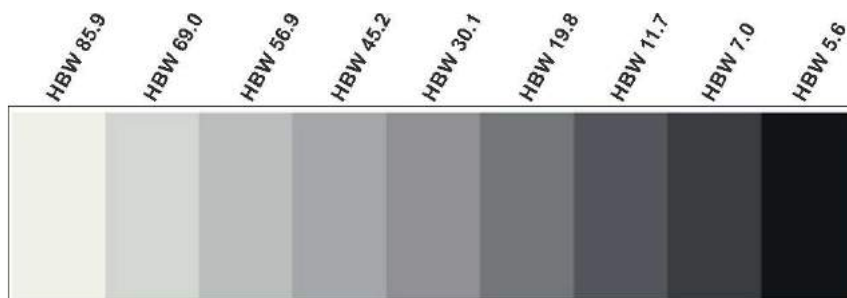


Grafik 12: Vergrößerte Ausschnitte der Abbildung 7.1 und beispielhafter PV-Carport

Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung:

Damit günstige thermische/bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind Pkw-Stellplatzflächen und Fußwege mit möglichst hellen Oberflächenbelägen zu befestigen. Es sollte für Pflasterbeläge ein Hellbezugswert (engl. Albedo)⁵ zwischen ca. 30.0 und 60.0 gewählt werden (siehe **Grafik 13**), um am Tag die Aufheizung des Materials zu begrenzen und in der Nacht die örtliche Abkühlung nicht zu sehr zu verzögern. Bei zu hellen Belägen kann es am Tag zu Blendeffekten und zur Steigerung der bioklimatischen Belastung durch die Reflexstrahlung kommen.

⁵ Der Hellbezugswert definiert den Reflexionsgrad eines bestimmten Farbtons. Dabei ist der Reflexionsgrad des Schwarzpunktes = 0 % und der Reflexionsgrad des Weißpunktes = 100 %. Durch den Hellbezugswert wird beschrieben, wie weit der jeweilige Farbton vom Schwarzpunkt entfernt ist.



Grafik 13: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne (aus: <https://www.brillux.de>)

Wie **Grafik 10** zeigt, weisen graue Pflasterbeläge gegenüber schwarzen Asphaltflächen deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf, wodurch bereits in den frühen Abendstunden die Abkühlung forciert wird.

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

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

Wasserflächen / Fontänen:

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der thermischen Umgebungsbedingungen an heißen Sommertagen bieten Wasserflächen in Form von Wasserspielen, Brunnenanlagen oder kleinen Teichen mit bewegtem Wasser / Fontänen (**Foto 3**). Sie verringern die thermische Belastung an heißen Sommertagen im unmittelbaren Nahbereich durch Verdunstungskälte (vor allem beim Einsatz von Fontänen) und steigern damit die Qualität von Aufenthaltsbereichen. In Kombination mit schattenwerfenden Bäumen sind lokale Lufttemperatursenkungen von ca. 0.2 – 1.5°C möglich.



Foto 3: Beispielhaftes Wasserbecken, Brunnen mit kleinen Fontänen (Foto: ÖKOPLANA, STADT
LANDSCHAFT PLUS LANDSCHAFTSARCHITEKTEN GMBH)

Ein Großteil der o.a. Planungsmaßnahmen findet im vorgelegten Bebauungsplanentwurf / Grünflächenplan bereits Berücksichtigung.

Fazit:

Die zur Bewertung des vorgelegten Bebauungsplanentwurfs Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“ durchgeführten Klimaanalysen lassen in der Gesamtbilanz keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung entgegenstehen. Unvermeidbare strömungsdynamische Veränderungen führen in der nächstgelegenen Wohnbebauung zu keinen großflächigen Beeinträchtigungen der Belüftungsintensitäten. Eine gravierende thermische / bioklimatische Zusatzbelastung, die zu einer Überschreitung des ortstypischen Klimaniveaus führt, ist im Planungsgebiet und in dessen Umfeld bei Beachtung der Planungshinweise nicht festzustellen.

Burst

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

Mannheim, 16. Juli 2024

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- BÄUMLE ARCHITEKTEN / STADTPLANER (2022):** Dokumentation – Zweiphasiger städtebaulicher Einladungswettbewerb mit freiraumplanerischer Vertiefung „Industriehof“ Speyer. Darmstadt.
- BRUSE, M. (2002/2023):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.
- BRUSE, M. (2003):** Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.
- EICHHORN, J. (2009/2016):** Miskam - Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell. Mainz.
- 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 (2015):** Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg. Hannover, Mannheim.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA (2017):** Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. Reihe KLIMOPASS-Berichte. Projekt.-Nr. 4500442984/23. Hrsg.: LUBW. Karlsruhe.
- IÖR (2011):** REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.
- LUWG RHEINLAND-PFALZ (2013):** Stadtklima Speyer. Speyer.
- MANN ET AL. (2000):** Wasserhaushalt begrünter Dächer. In: Dach + Grün. 1/2000
- ÖKOPLANA / GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2009):** Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar auf Basis einer GIS-gestützten Modellierung von stadtklimatisch und lufthygienisch relevanten Kenngrößen mit dem 3D-Klimamodell FITNAH. Mannheim. Hannover.
- ÖKOPLANA (2010):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2017):** Klimaexpertise zum Bauvorhaben „Waldstraße“ in Speyer. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2022):** Erfassung meteorologischer Daten in Ludwigshafen a. Rh. Mannheim.

PFOSER 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.

SCHMIDT, M. (2004): Gebäudebegrünung als Element der Regenwasserbewirtschaftung und Energieeinsparung durch passive Gebäudekühlung. Berlin.

STADT SPEYER (2023): Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer Nord 2. Teilbebauungsplan „Industrie Hof“ mit örtlichen Bauvorschriften. Vorabzug. Speyer.

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. Umweltmeteorologie - Stadtentwicklung im Klimawandel. Düsseldorf.

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

Abb. 1 Lage des Bebauungsplangebiets Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“ im Stadtgebiet von Speyer



 Lage des Planungsgebiets

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

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

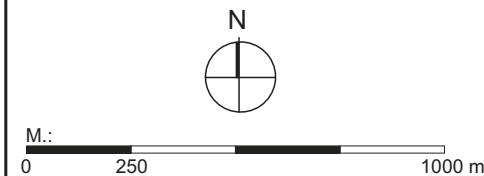
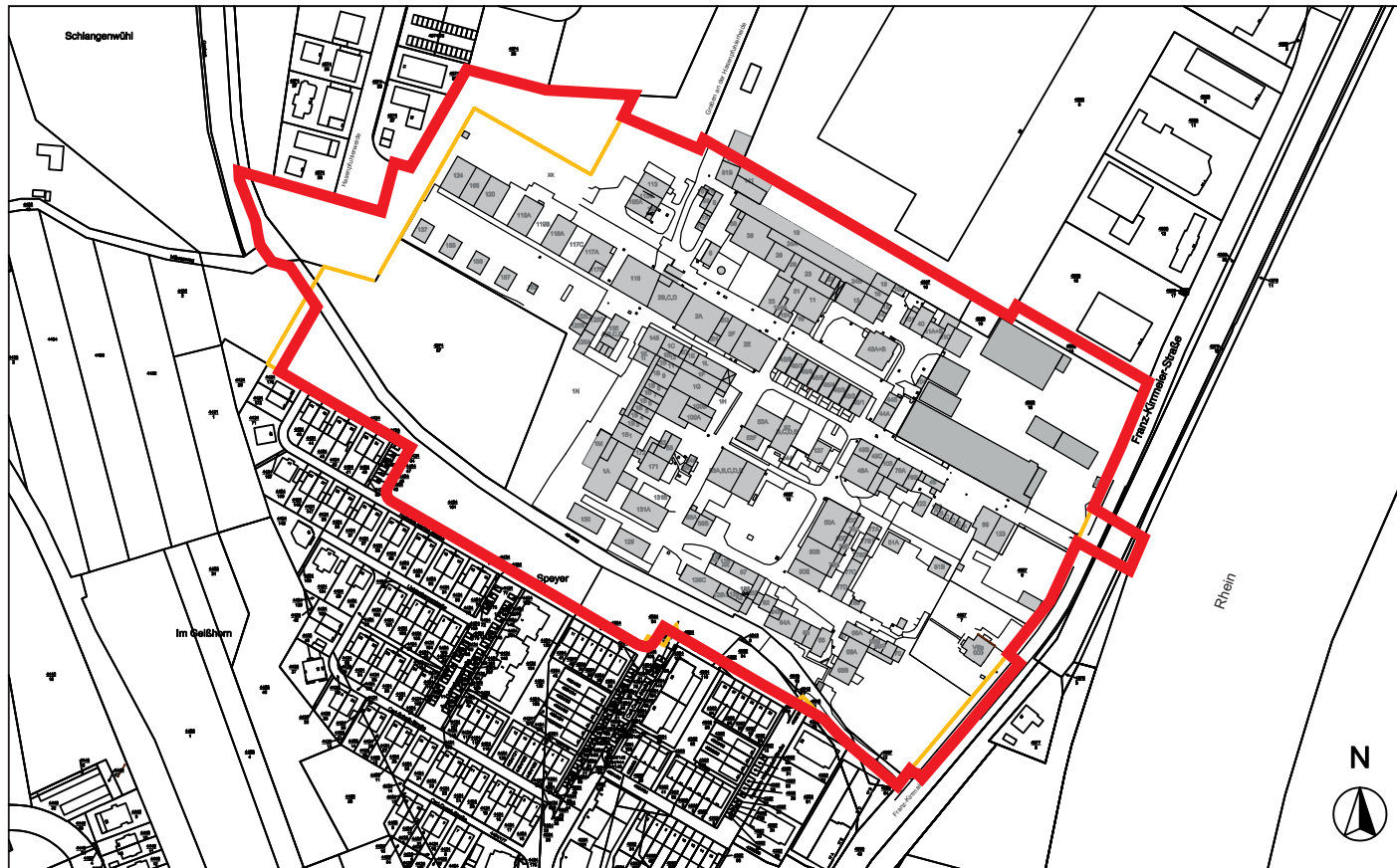


Abb. 2 Lageplan - Bebauungsplangebiet Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

 Planungsgebiet



Grafik bereitgestellt von: Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



M.:
0 50 200 m



**Geländehöhe
in m ü. NHN**

- ≤92.5
- 92.6 - 93.0
- 93.1 - 93.5
- 93.6 - 94.0
- 94.1 - 94.5
- 94.6 - 95.0
- 95.1 - 95.5
- 95.6 - 96.0
- 96.1 - 96.5
- 96.6 - 97.0
- 97.1 - 97.5
- 97.6 - 98.0
- 98.1 - 98.5
- 98.6 - 99.0
- 99.1 - 99.5
- 99.6 - 100.0
- 100.1 - 100.5
- 100.6 - 101.0
- 101.1 - 101.5
- 101.6 - 102.0
- 102.1 - 102.5
- 102.6 - 103.0
- 103.1 - 103.5
- 103.6 - 104.0
- 104.1 - 104.5
- 104.6 - 105.0
- 105.1 - 105.5
- 105.6 - 106.0
- 106.1 - 106.5
- 106.6 - 107.0



Planungsgebiet

Abb. 4 Luftbild vom Bebauungsplangebiet Nr. 069 II Rheinufer Nord, 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



Planungsgebiet

Grafik bereitgestellt von: Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



M.:
0 25 100 m

ÖKOPLANA

Abb. 5.1 Fotografische Dokumentation vom Planungsgebiet



Standort und Blickrichtung der Fotoaufnahme



Luftbild bereitgestellt von: Industriefhof Speyer GmbH
Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA



Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“

Abb. 5.2 Fotografische Dokumentation vom Planungsgebiet



Standort und Blickrichtung der Fotoaufnahme



Luftbild bereitgestellt von: Industriefhof Speyer GmbH
Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA

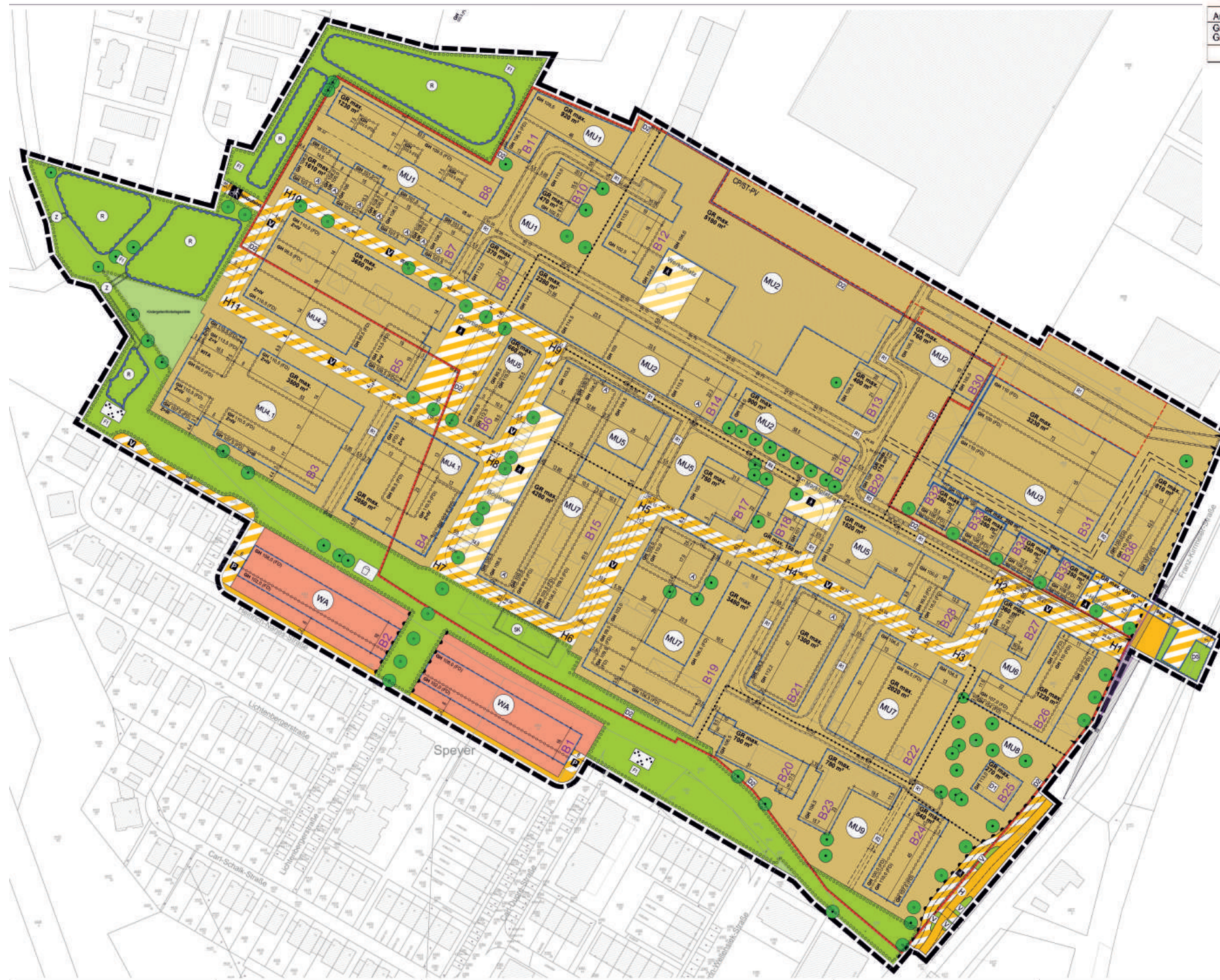


Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“

Abb. 6 Rahmenplan „Industriehof Speyer“, Städtebau und Freiraumkonzept vom 21.12.2022



Abb. 7.1 Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“, Planstand: 12.07.2024



Nutzungsschablone

Art des Baugebiets	Höhe baulicher Anlagen
Grundfläche / Grundflächenzahl	Geschossflächenzahl
Bauweise	

MU1 bis MU9	GHUK: siehe Planeinschrieb
GR max. siehe Plan	-

WA	GH: siehe Planeinschrieb
GRZ 0,4	-
a	

Zeichenerklärung

Art der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB; §§ 1-11 BauNVO)

- Algemeines Wohngebiet WA (§ 4 BauNVO)
- Urbanes Gebiet MU (§ 6 BauNVO)

Maß der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB; §§ 15-20 BauNVO)

- GH: maximal zulässige Gebäudehöhe in m ü. NN (Meter über Normalnull)
- UK: Unterekte Höhe - Mindesthöhe von Durchgängen in m ü. NN (Meter über Normalnull)
- GRZ: Grundflächenzahl
- GR: maximal zulässige Grundfläche in m²
- Z-III: Zahl der Vollgeschosse als Höchstmaß
- U: Aufstockung
- GFZ: Geschossflächenzahl

Bauweise, Baufurien, Baugrenzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB; §§ 22 und 23 BauNVO)

- a: abweichende Bauweise
- Bauweise

Verkehrflächen (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 und Abs. 8 BauGB)

- Strassenverkehrsfläche
- Haltebereich Bus
- Öffentliche Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung
- Öffentliche Parkfläche
- Gehweg
- Private Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung
- Fußgängerbereich
- Bereich ohne Ein- und Ausfahrt
- Einfahrtbereich

Grünflächen (§ 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB)

- Private Grünfläche
- Öffentliche Grünfläche
- Zweckbestimmung: Parkanlage, Verkehrsgrün, Spielplatz

Wasserflächen und Flächen für die Wasserwirtschaft, den Hochwasserschutz und die Regelung des Wasserabflusses (§ 9 Abs. 1 Nr. 18 und Abs. 6 BauGB)

- Deich / Schutzdamm
- Regenrückhaltebecken, Rückhaltung und Versickerung
- Zu- und Ablauf (Ober- oder Unterdirdisch)
- Stauraumkanal

Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft (§ 9 Abs. 1 Nr. 23 und Abs. 9 BauGB)

- Flächen zum Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 a und Abs. 6 BauGB)
- Gründersiche Maßnahmen (siehe Bauvorschriften)
- Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 a und Abs. 6 BauGB)
- Anpflanzung Bäume
- Erhalten von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 b und Abs. 6 BauGB)
- Erhaltung Bäume

Regelungen für die Stadterhaltung und für den Denkmalschutz (§ 9 Abs. 6 BauGB)

- Umgrenzung von Gesamtanlagen (Ensembles), die dem Denkmalschutz unterliegen (§ 9 Abs. 6 BauGB)
- Einzelanlagen (unbewegliche Kulturdenkmale), die dem Denkmalschutz unterliegen (§ 9 Abs. 6 BauGB)

Sonstige Pflanzzeichen

- Flächen für Nebenanlagen, Stellplätze, Caragen und Gemeinschaftsanlagen (§ 9 Abs. 1 Nr. 4 und 22 BauGB)
- Zweckbestimmung: CP: Carport; ST: Stellplatz; ST-PV: Stellplätze mit PV-Überdachung
- Mit Geh-, Fahr- und Leitungsrecht zu belastende Flächen zugunsten der Allgemeinheit, der Leitungsträger und der Anlieger (§ 9 Abs. 1 Nr. 21 und Abs. 6 BauGB)
- Verbindungswege zugunsten der Allgemeinheit (§ 9 Abs. 1 Nr. 21 und Abs. 6 BauGB)
- Mit Leitungsrecht zu belastende Flächen zugunsten der Leitungsträger und der Anlieger (§ 9 Abs. 1 Nr. 21 und Abs. 6 BauGB)
- Mit Geh- und Leitungsrecht zu belastende Flächen zugunsten der Allgemeinheit und der Leitungsträger (§ 9 Abs. 1 Nr. 21 und Abs. 6 BauGB)
- Abgrenzung des räumlichen Geltungsbereichs des Bebauungsplans (§ 9 Abs. 7 BauGB)
- Abgrenzung unterschiedlicher Nutzung oder des Maßes der Nutzung (§ 1 Abs. 4, § 16 Abs. 5 BauNVO)
- Abgrenzung der unterschiedlichen Gebäudehöhen, Aufstockungsmöglichkeiten und/oder Dachformen (§ 16 Abs. 5 BauNVO)
- Flachdach bzw. fach geneigtes Dach

Sonstige Darstellungen (keine Festsetzungen)

- bestehende Haupt- und Nebengebäude
- bestehende Flurstücksgrenzen mit zugehörigen Flurstücknummern
- B1: Baufurienbezeichnung
- H1: Straßenspunkte (Straßenführung)
- bestehende Geländeformen in m ü. NN
- Sichtdreieck (Autverkehr)
- abzubrechende Gebäude

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

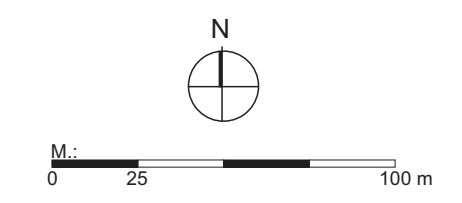


Abb. 7.2 Grünordnungsplan zum Bebauungsplanentwurf Nr. 069 II Rheinufer Nord
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“, Stand 08.05.2024



Grünordnerische Maßnahmen

Geltungsbereich des Bebauungsplans

Festsetzungen des Bebauungsplans

- Allgemeines Wohngebiet
- Urbanes Gebiet
- Straßenverkehrsfläche
- Verkehrsfläche bes. Zweckbestimmung
- Verkehrsfläche bes. Zweckbestimmung, privat
- Öffentliche Grünfläche
- Öffentliche Grünfläche: Parkanlage
- Öffentliche Grünfläche: Verkehrsgrün
- Flächen für Nebenanlagen: Stellplatz

Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft

§ 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB

- Parkartig zu gestaltende Grünfläche (Maßnahme K1)
- Extensive Dachbegrünung (Maßnahme K2)
- Intensive Begrünung der Sockelgeschosse (Maßnahme K6)
- Gestaltung der Regenrückhaltebecken (Maßnahme K7)
- Gestaltung der Kita-Freifläche (Maßnahme K8)

§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB

- Baumpflanzungen (Maßnahme K4)
- Baumerhalt (Maßnahme V3)

Weitere Vermeidungsmaßnahmen

- Einzelbaumschutz (Maßnahme V2)

Maßnahmen ohne räumliche Verortung

- V1 Ökologische Baubegleitung
- V4 Wiederherstellung von bauzeitlich genutzten Flächen
- VA1 Auflagen zur Fällung und Rodung von Gehölzen und Baufeldfreimachung (Bauzeitenregelung)
- VA2 Auflagen zum Gebäudeabbruch
- K3 Intensive Begrünung von Tiefgaragen
- K5 Fassadenbegrünung
- K8 Pflanzgebot im allgemeinen Wohngebiet

Nachrichtliche Übernahmen

- Baugrenze mit Baufensterbezeichnung
- Verbindungswege

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

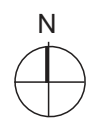
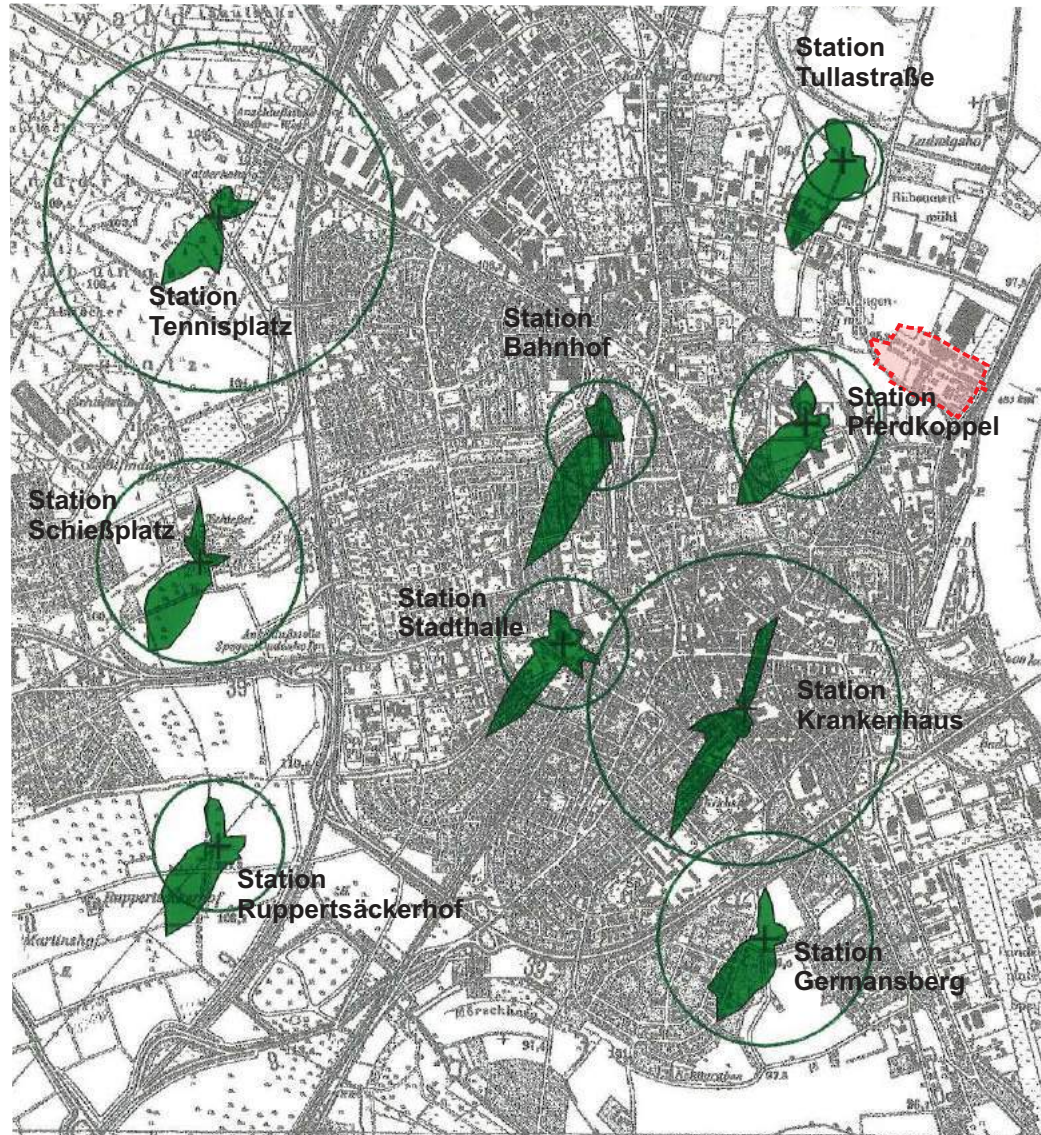


Abb. 8 Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen, Zeitraum: 07/1992 - 06/1994



 Lage des Planungsgebiets



Grafik aus:
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2013).
Bereitgestellt von: Stadt Speyer

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



Abb. 9 Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik für den Planungsstandort (Antriebszeitraum 2001 - 2010)

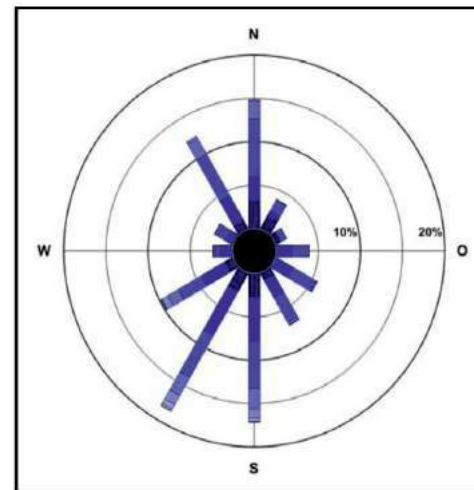
© 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
 © 2013 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

Lage in UTM ETRS89
 Rechtswert: 32 459 941
 Hochwert: 5 464 254

Mittlere Windgeschwindigkeit:
 2.7 m/s

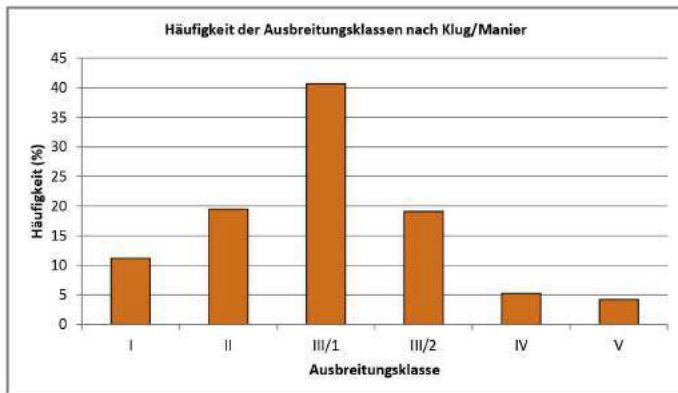
Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in %
 (Klassenaufteilung nach TA Luft)

Geschwindigkeit	0-1.3	1.4-1.8	1.9-2.3	2.4-3.8	3.9-5.4	5.5-6.9	7.0-8.4	8.5-10.0	> 10.0	Summe
Richtung	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	
346°-015°	3.36	1.22	1.43	6.72	2.01	0.19	0.00	0.00	0.00	14.92
016°-045°	1.93	0.33	0.23	1.35	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95
046°-075°	0.66	0.02	0.11	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52
076°-105°	0.11	0.75	1.09	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.98
106°-135°	0.01	0.40	2.00	3.15	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	5.73
136°-165°	1.01	0.83	1.48	3.26	0.33	0.06	0.00	0.00	0.00	6.97
166°-195°	2.76	2.74	2.41	5.43	2.34	1.09	0.38	0.10	0.02	17.26
196°-225°	2.54	2.58	3.20	5.61	2.40	1.23	0.54	0.23	0.12	18.45
226°-255°	1.23	1.77	1.34	3.14	1.47	0.81	0.11	0.03	0.01	9.92
256°-285°	0.07	1.05	0.40	0.52	0.24	0.09	0.00	0.00	0.00	2.37
286°-315°	0.22	0.23	0.58	1.13	0.27	0.11	0.00	0.00	0.00	2.55
316°-345°	1.28	1.15	2.07	5.48	2.12	0.29	0.01	0.00	0.00	12.39
Summe	15.18	13.07	16.35	38.56	11.44	3.86	1.04	0.36	0.15	100.00

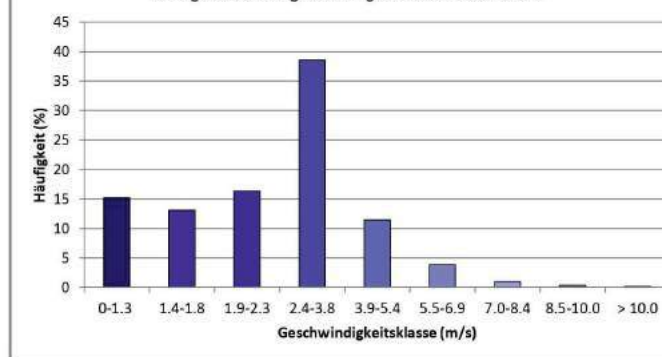


Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

Klasse	I	II	III/1	III/2	IV	V
Häufigkeit (%)	11.20	19.49	40.71	19.11	5.24	4.25



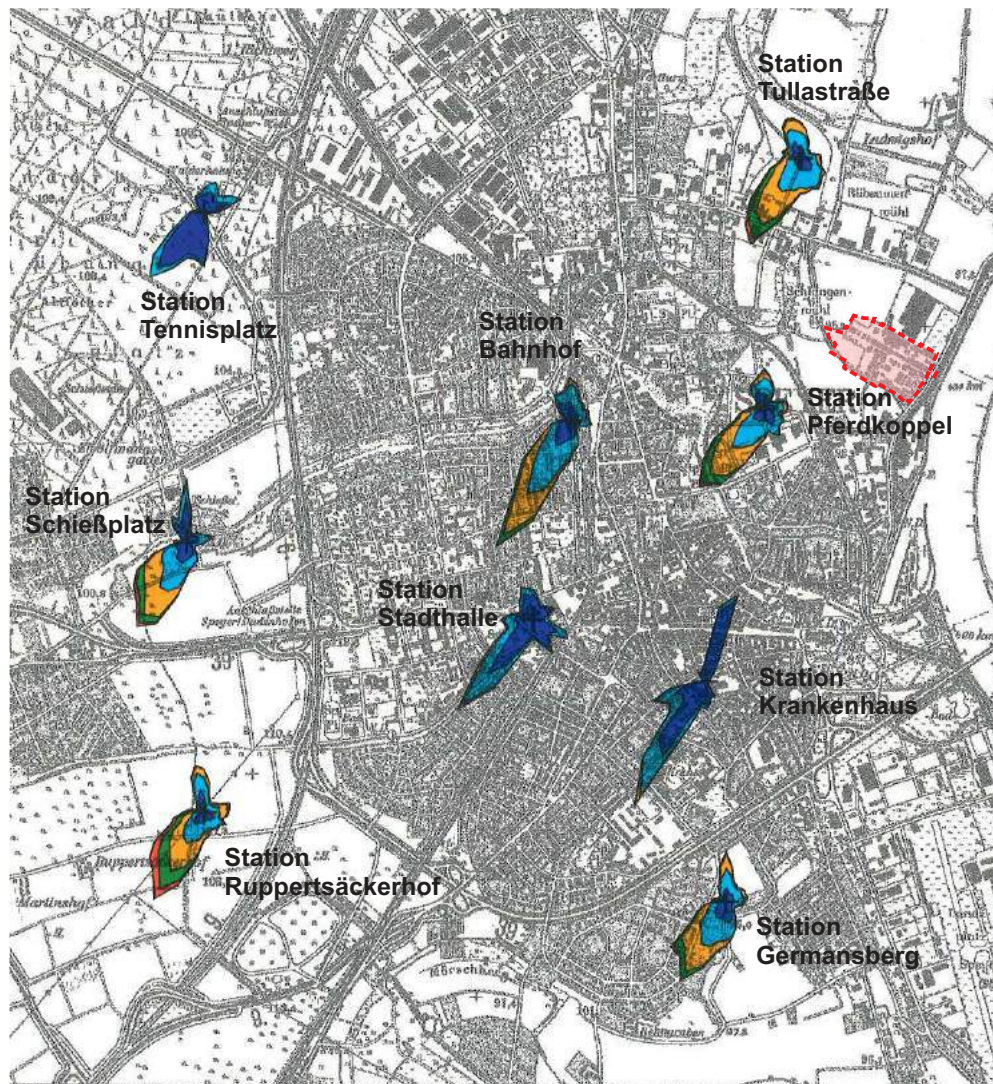
Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft



Datenquelle:
<https://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de>

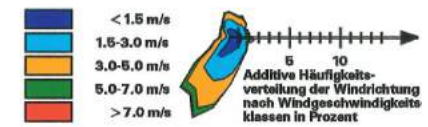
Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

Abb. 10 Windrichtungen nach Windgeschwindigkeitsklassen, Zeitraum: 07/1992 - 06/1994



 Lage des Planungsgebiets

Farbkala der Windgeschwindigkeitsklassen

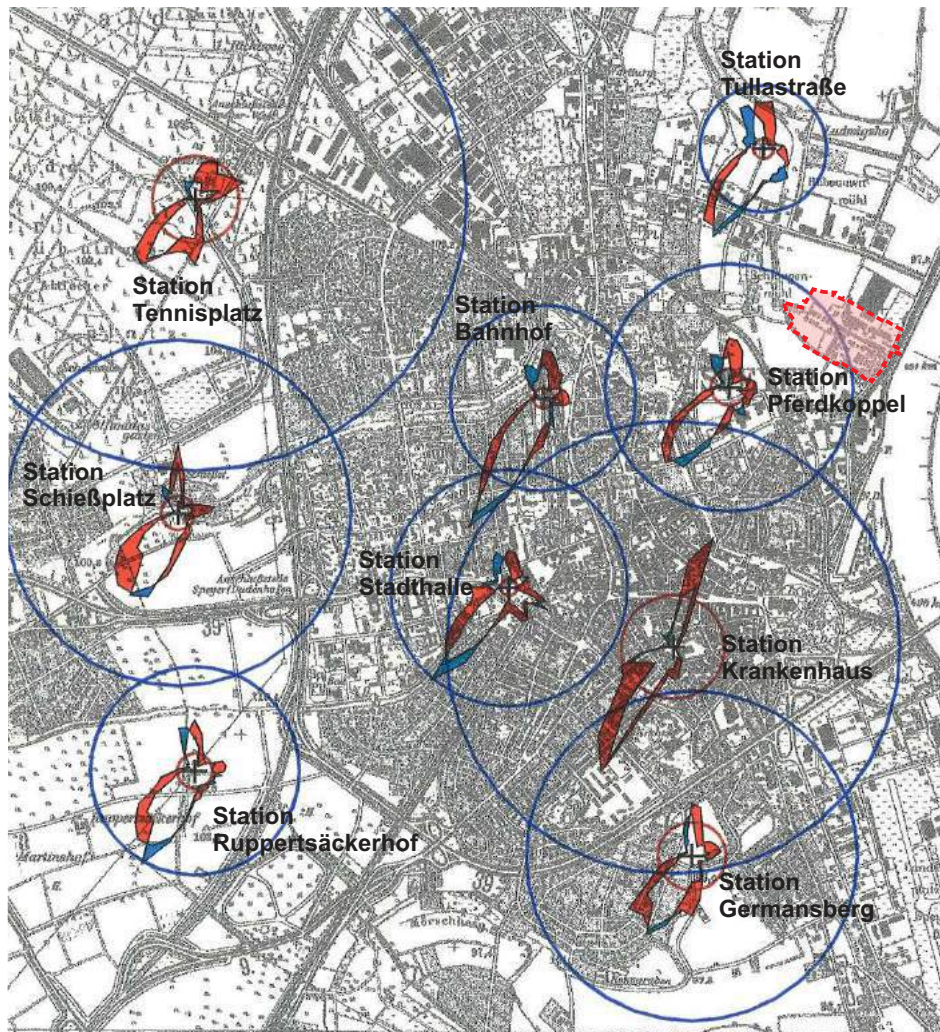


Grafik aus:
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2013).
Bereitgestellt von: Stadt Speyer

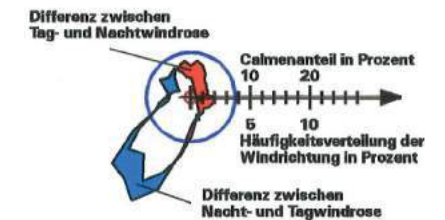
Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



**Abb. 11 Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen am Tag und in der Nacht
Zeitraum: 07/1992 - 06/1994**



 Lage des Planungsgebiets

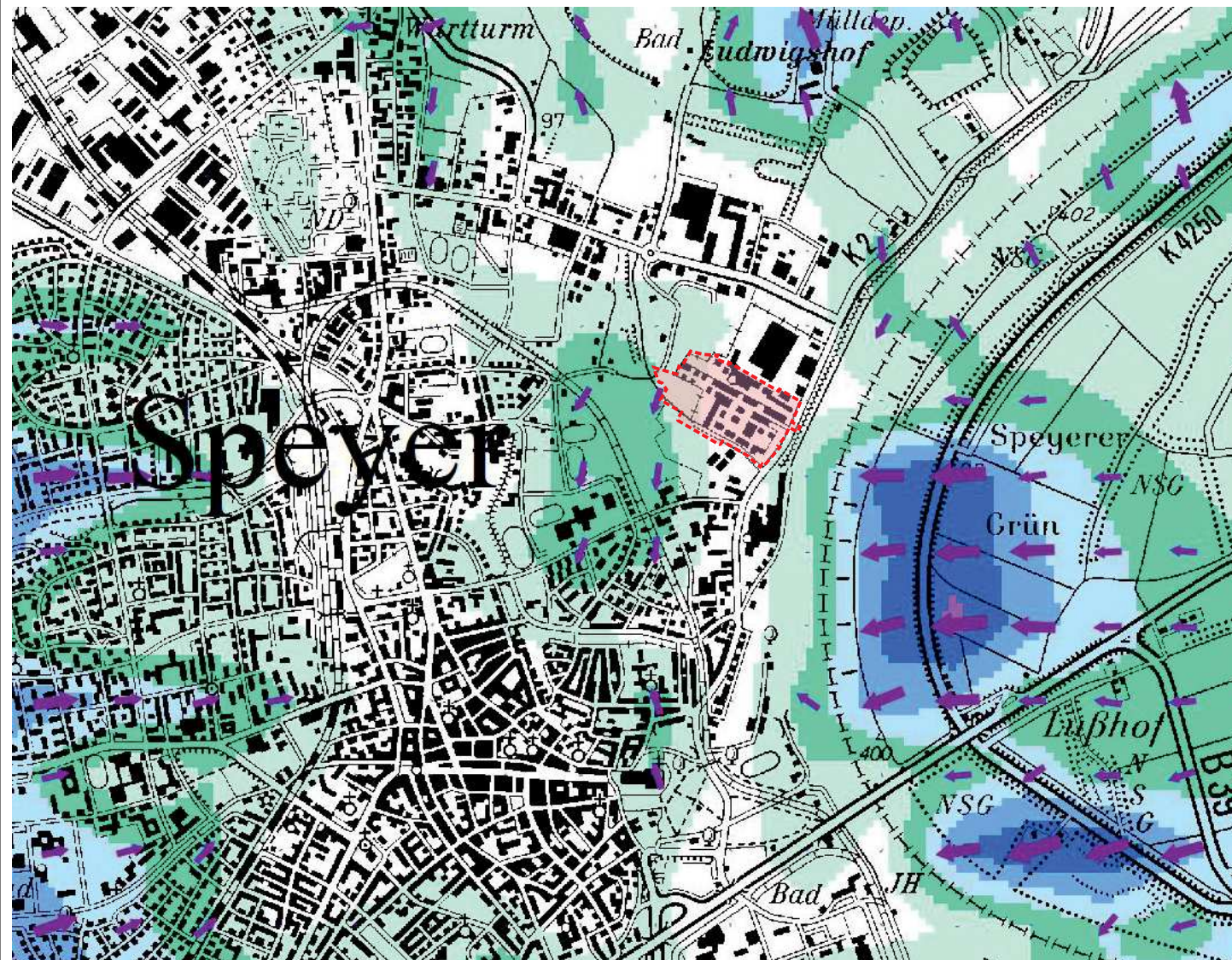


Grafik aus:
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2013).
Bereitgestellt von: Stadt Speyer

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

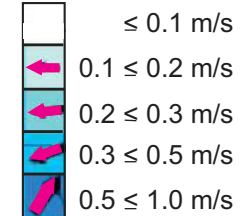


**Abb. 12 Lokale Kaltluftfließbewegungen in windschwachen Strahlungsächten
Ergebnis mesoskaliger Strömungssimulationen**



 Lage des Planungsgebiets

Kaltluftfließgeschwindigkeit

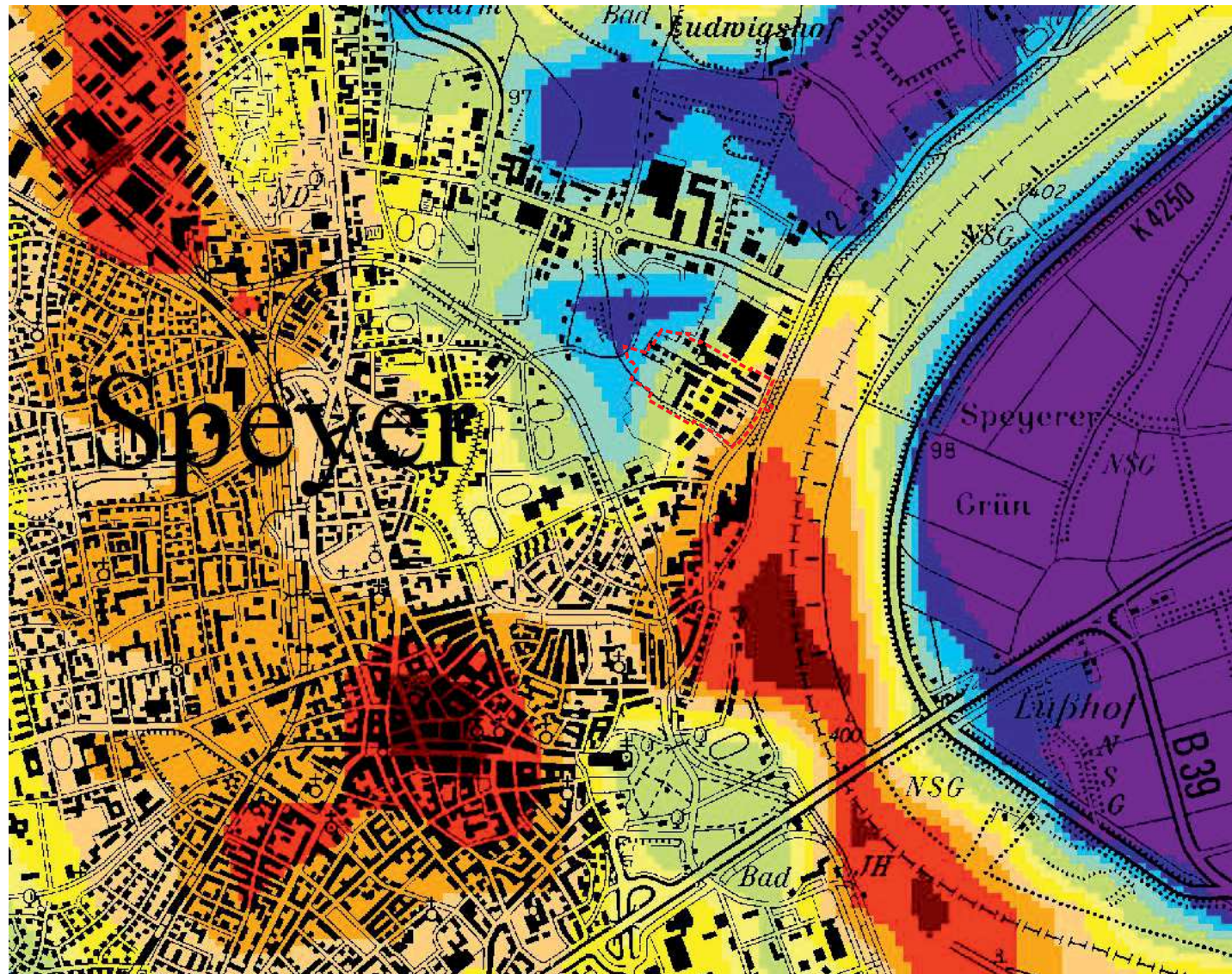


Grafik aus:
ÖKOPLANA/GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2009)
Kartengrundlage:
TK 1:50.000 - Landesamt für Vermessung und Geo-
information Rheinland-Pfalz

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“















Abb. 13 Lufttemperaturverteilung in einer sommerlichen Strahlungsnacht (04:00 Uhr MEZ)
 Ergebnis mesoskaliger Lufttemperatursimulationen



 Lage des Planungsgebiets

Lufttemperatur in °C

-  14,2 - 14,5
-  14,6 - 15
-  15,1 - 15,5
-  15,6 - 16
-  16,1 - 16,5
-  16,6 - 17
-  17,1 - 17,5
-  17,6 - 18
-  18,1 - 18,5
-  18,6 - 19
-  19,1 - 19,5
-  19,6 - 20

Grafik aus:
 ÖKOPLANA/GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2009)
Kartengrundlage:
 TK 1:50.000 - Landesamt für Vermessung und Geo-
 information Rheinland-Pfalz

Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

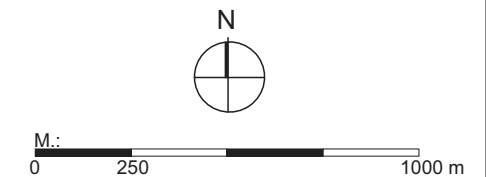
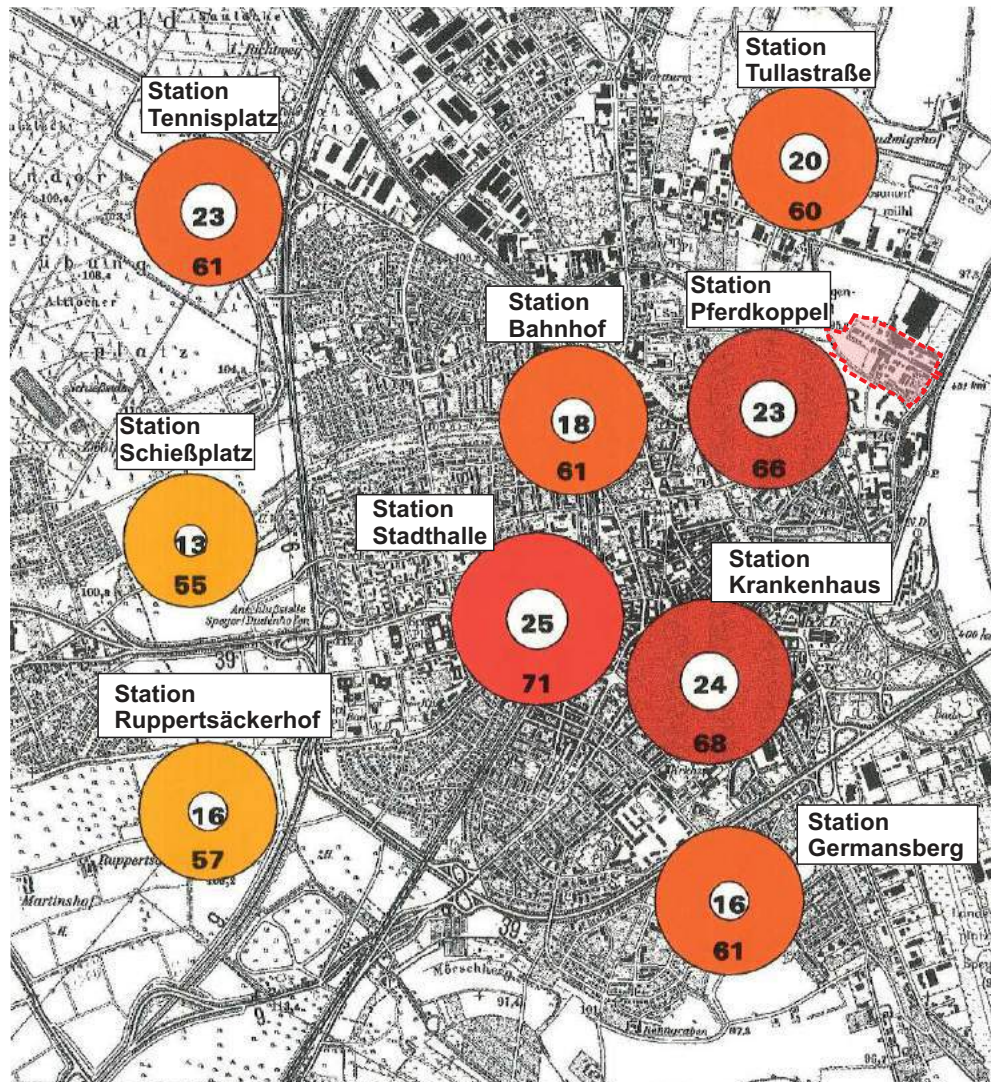
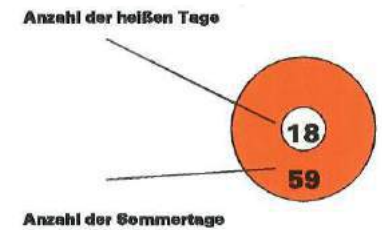


Abb. 14 Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) und der heißen Tage ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) im Jahr 1993



 Lage des Planungsgebiets

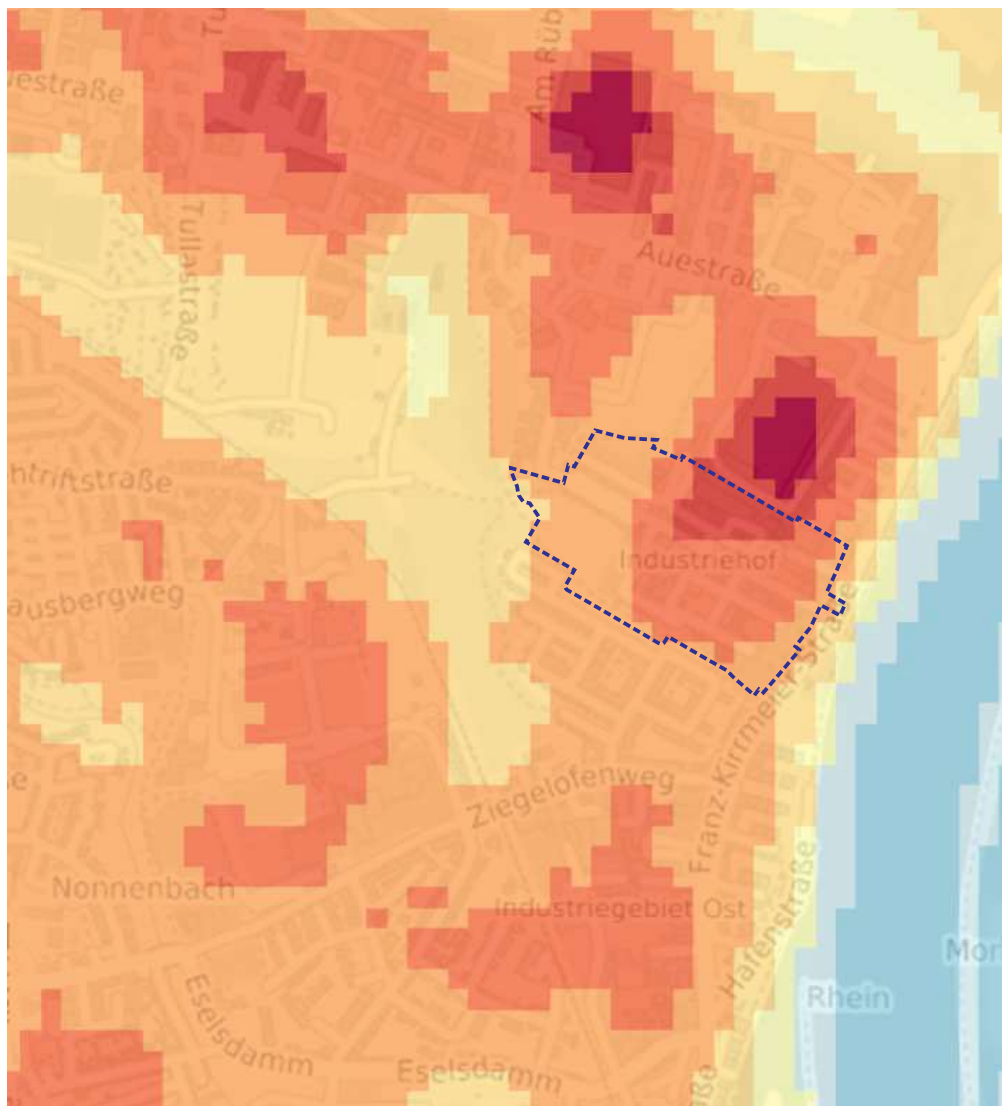


Grafik aus:
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2013).
Bereitgestellt von: Stadt Speyer

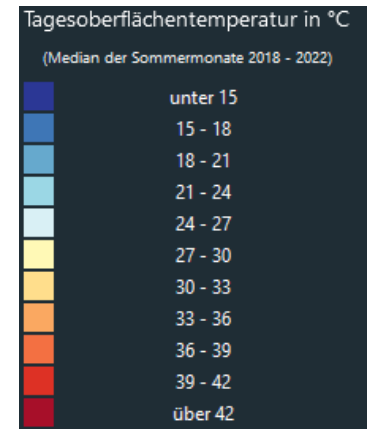
Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industrie Hof“



Abb. 15 Tages-Oberflächentemperaturen - Median der Sommermonate 2018 - 2022



 Lage des Planungsgebiets



Datenquelle Temperaturdaten:
(c) UrbanGreenEye - LUP GmbH

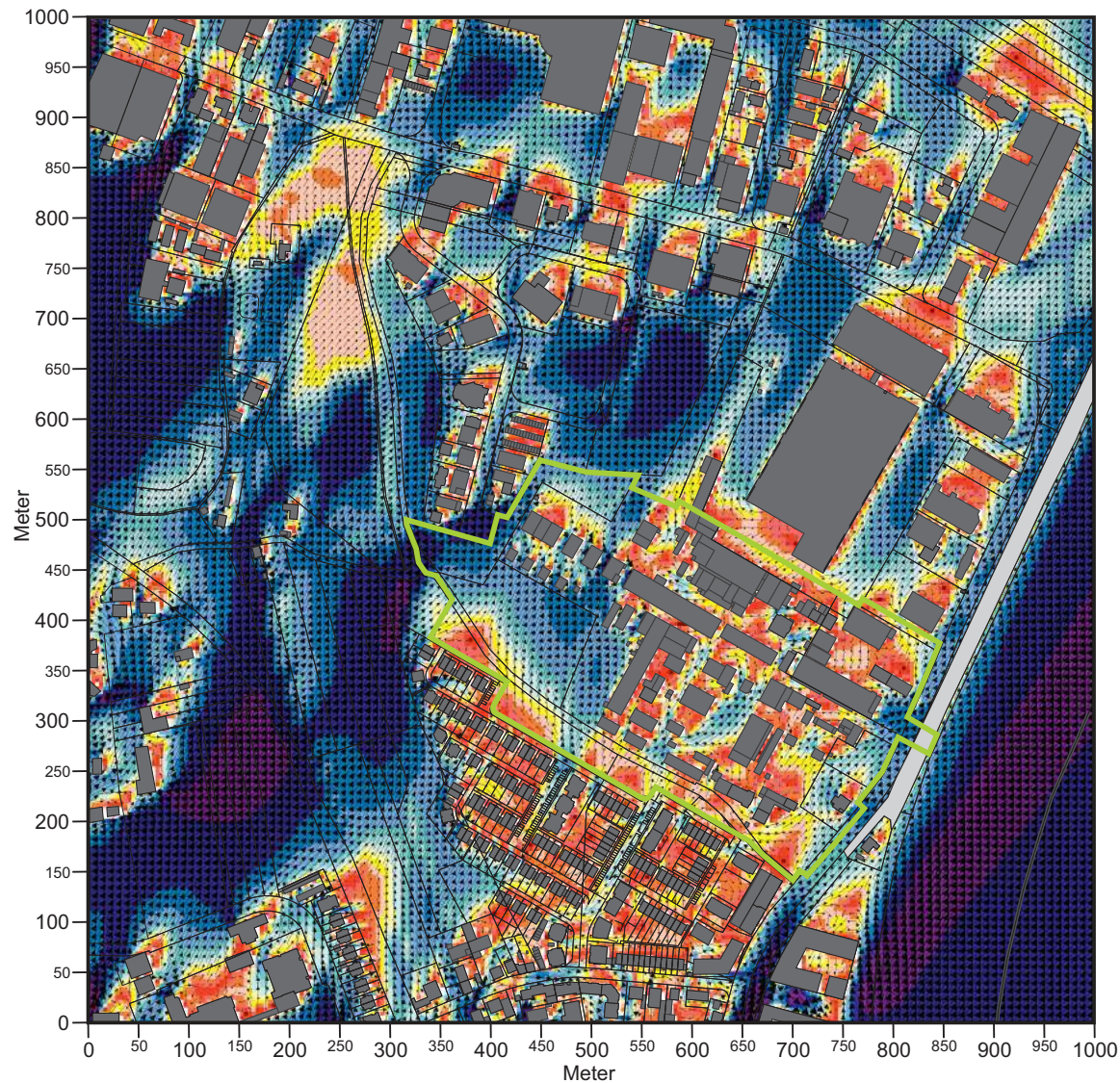


Kartengrundlage:
OSM (grau): © OpenStreetMap contributors

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

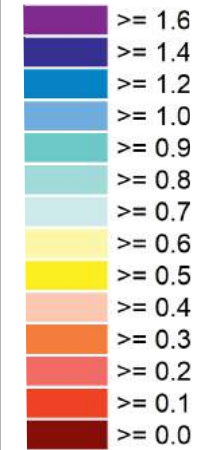


**Abb. 16.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Baukörper - Bestand
- Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s



Anströmungsrichtung

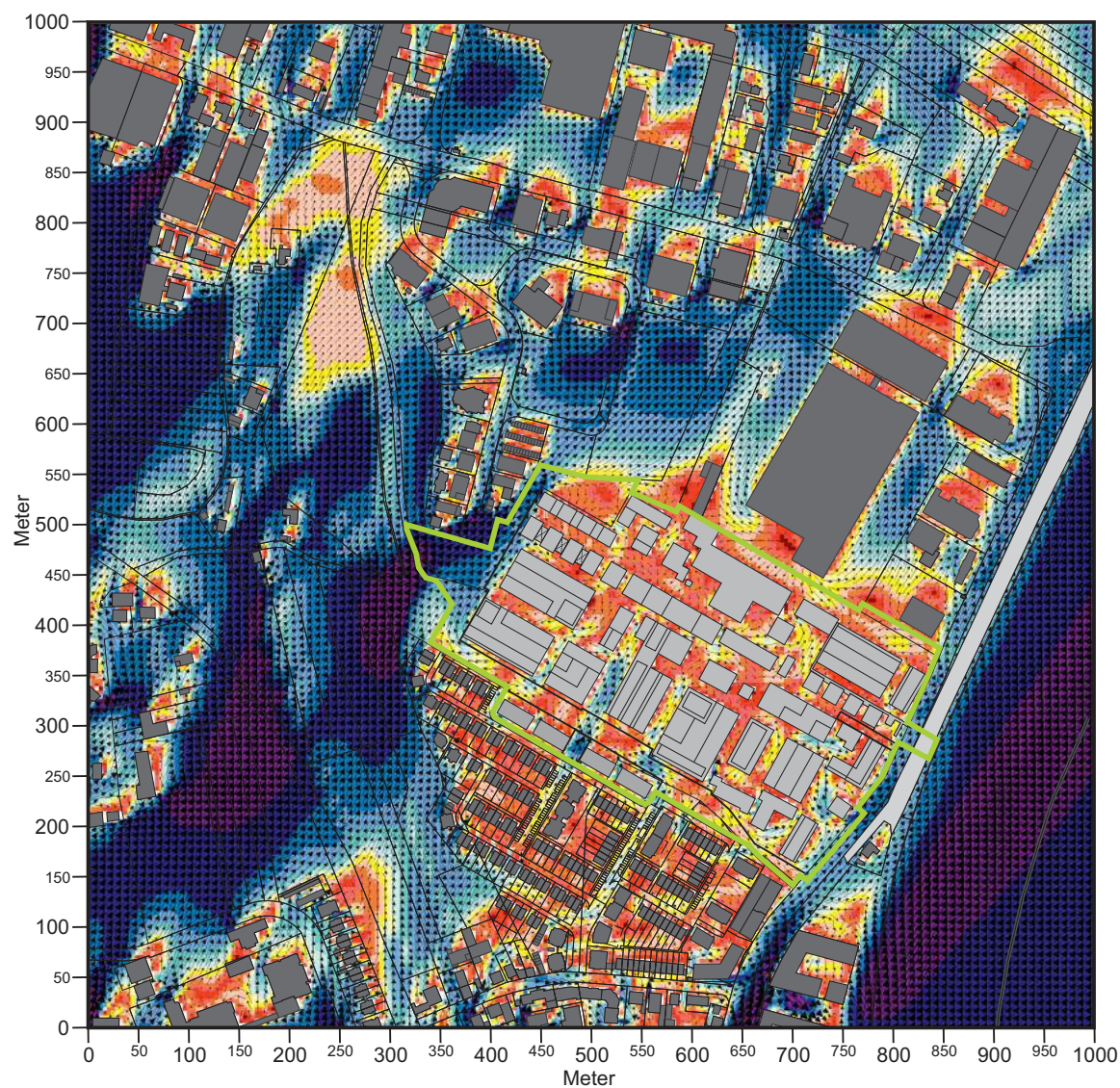
Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“
















**Abb. 16.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s

-  >= 1.6
-  >= 1.4
-  >= 1.2
-  >= 1.0
-  >= 0.9
-  >= 0.8
-  >= 0.6
-  >= 0.5
-  >= 0.4
-  >= 0.3
-  >= 0.2
-  >= 0.1
-  >= 0.0

 Anströmungsrichtung

 Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

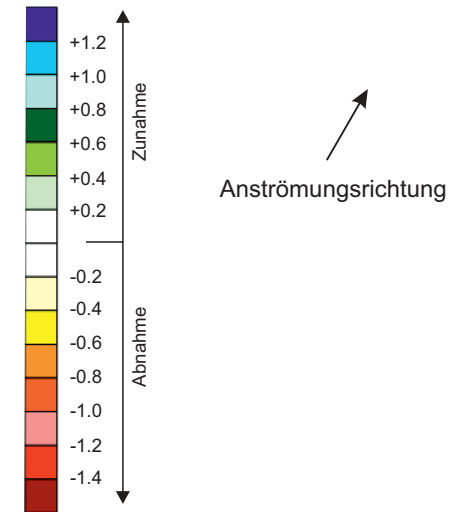


Abb. 16.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

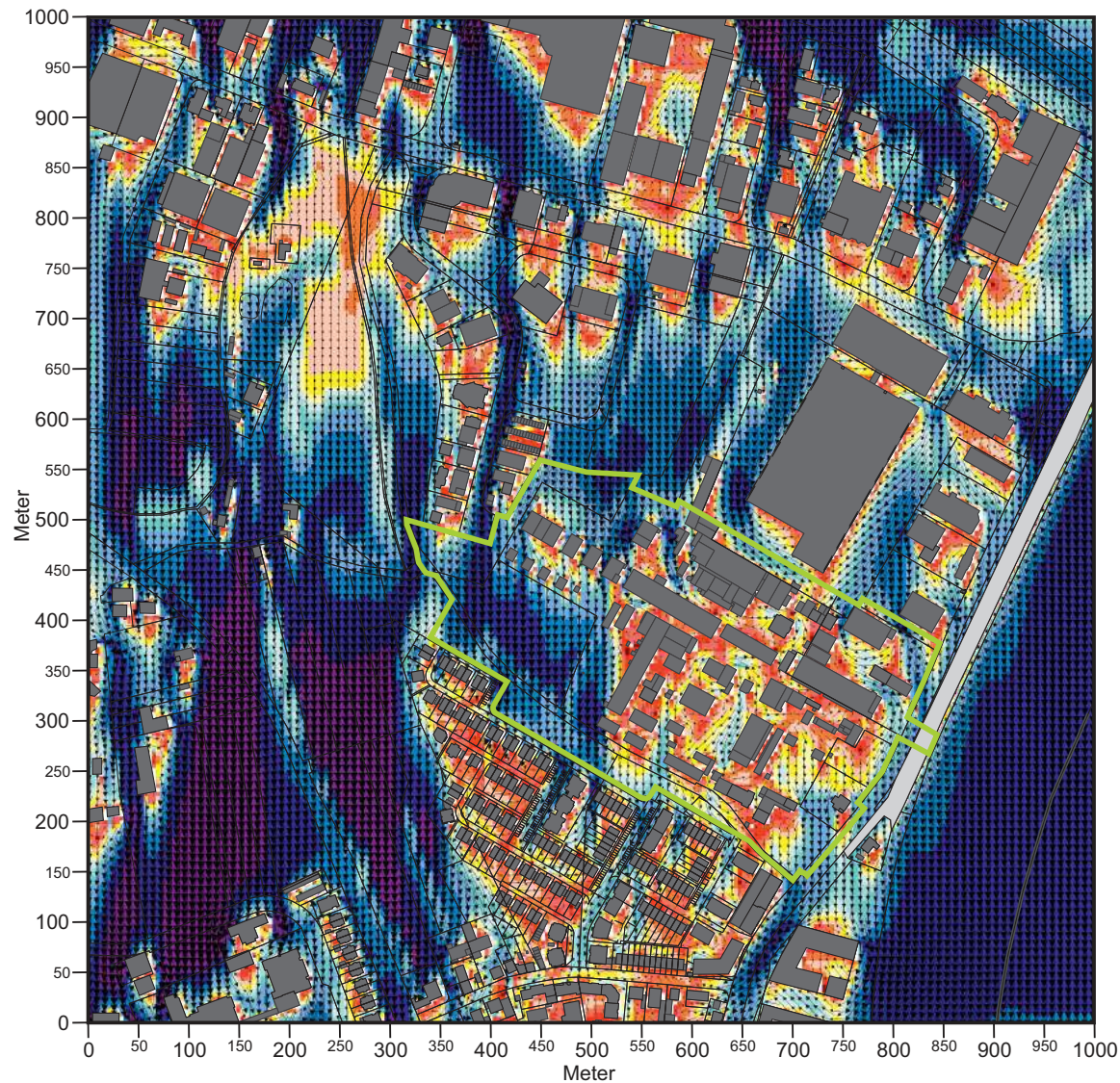
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

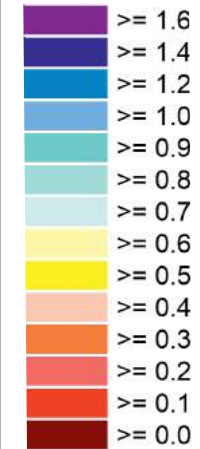


**Abb. 17.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



- Baukörper - Bestand
- Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s



↓
Anströmungsrichtung

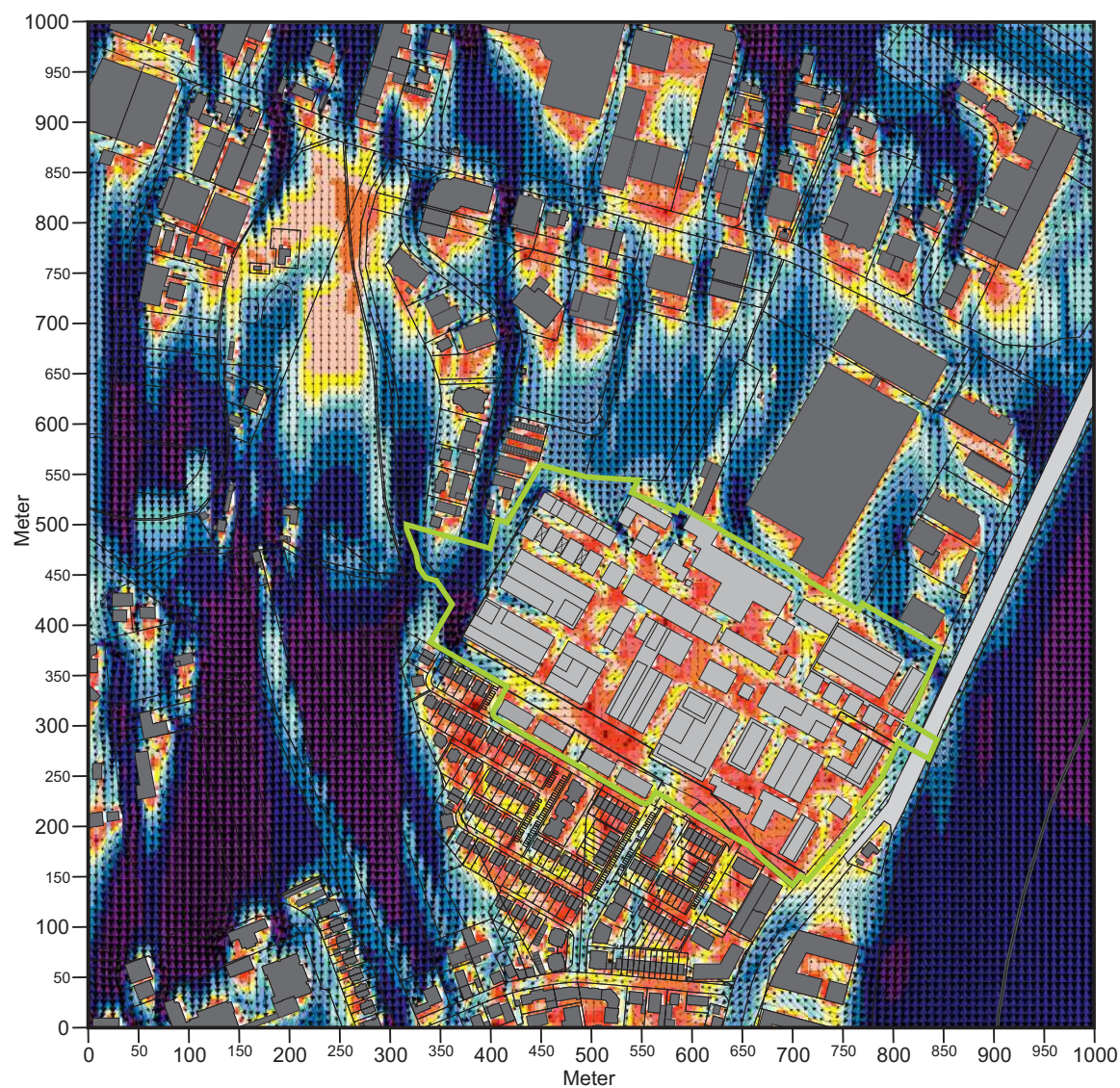
↗ ↘ ↙ ↚
Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“










**Abb. 17.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.**



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s

-  ≥ 1.6
-  ≥ 1.4
-  ≥ 1.2
-  ≥ 1.0
-  ≥ 0.9
-  ≥ 0.8
-  ≥ 0.6
-  ≥ 0.5
-  ≥ 0.4
-  ≥ 0.3
-  ≥ 0.2
-  ≥ 0.1
-  ≥ 0.0

 Anströmungsrichtung

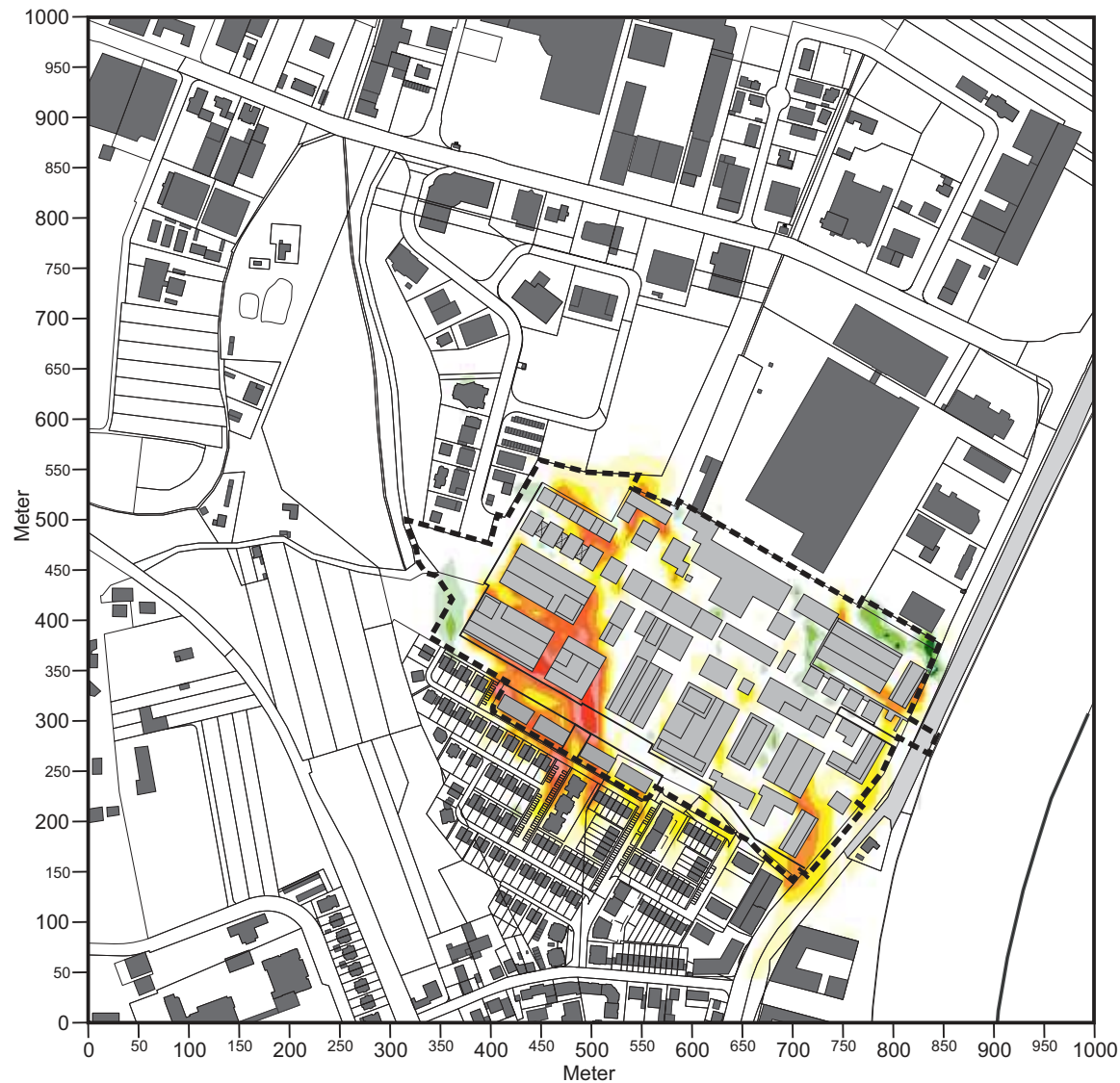
 Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

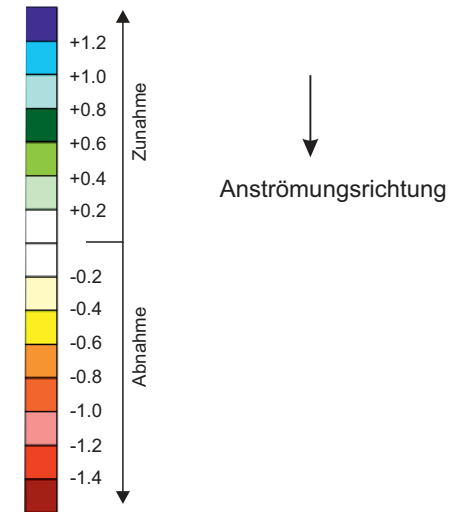


Abb. 17.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Tagsituation mit labiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Norden (0°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

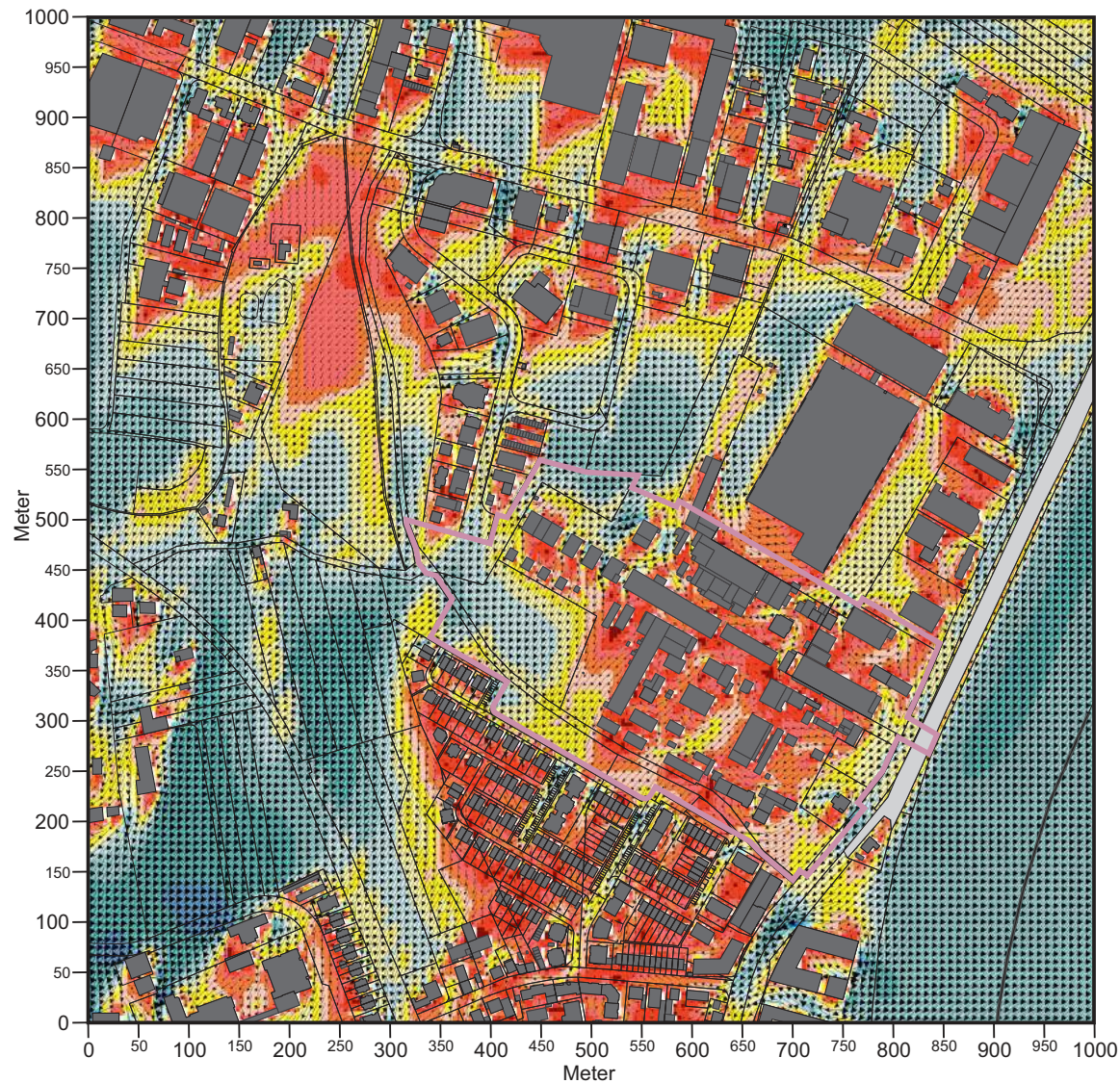
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



Abb. 18.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung) Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.



Baukörper - Bestand
 Planungsgebiet

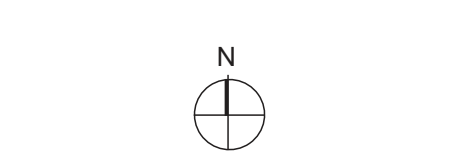
Windgeschwindigkeit in m/s
 ≥ 1.3
 ≥ 1.2
 ≥ 1.1
 ≥ 1.0
 ≥ 0.9
 ≥ 0.8
 ≥ 0.7
 ≥ 0.6
 ≥ 0.5
 ≥ 0.4
 ≥ 0.3
 ≥ 0.2
 ≥ 0.1
 ≥ 0.0

Anströmungsrichtung

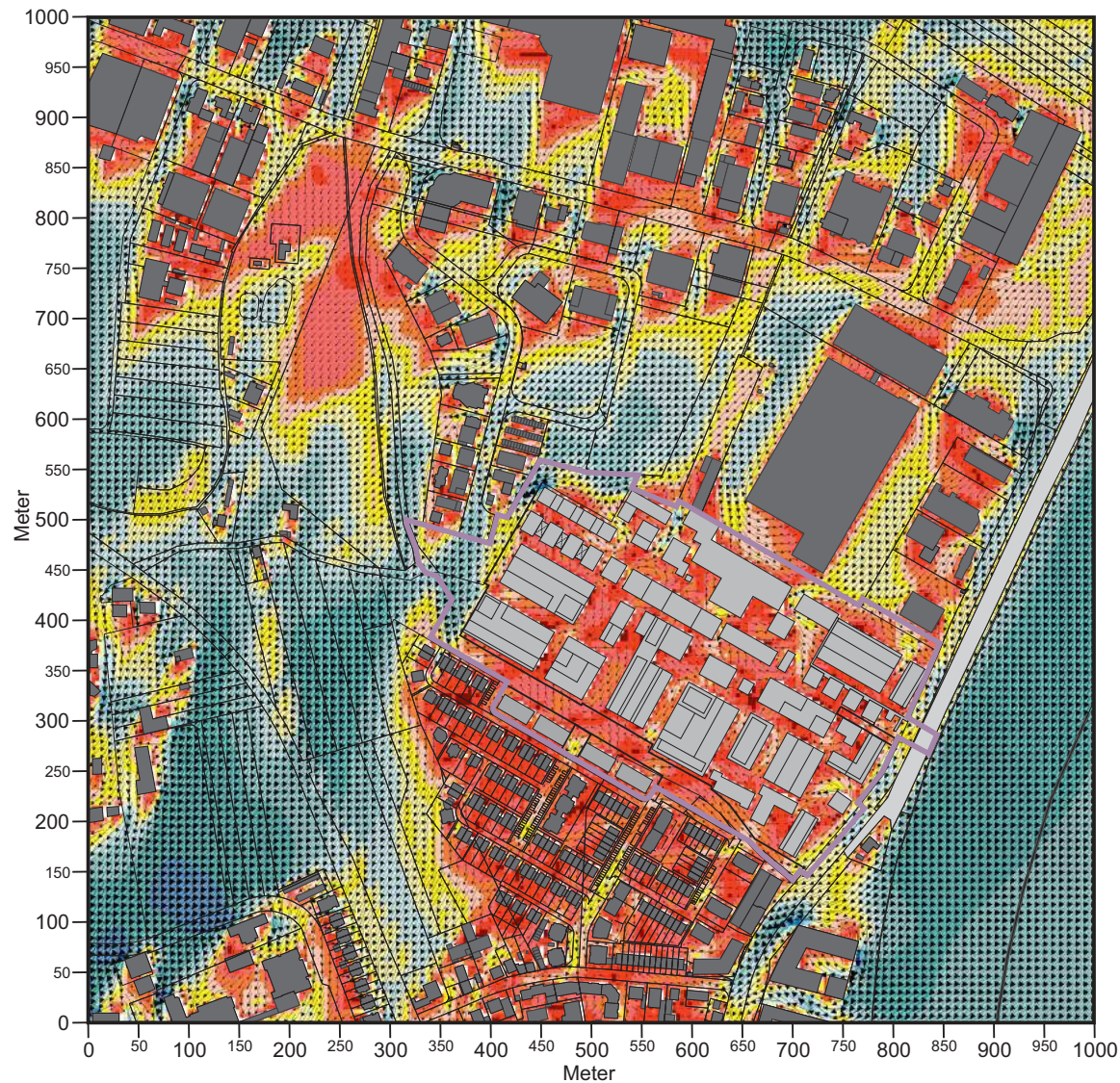
Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

















**Abb. 18.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 15 m ü.G.**



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s

-  ≥ 1.3
-  ≥ 1.2
-  ≥ 1.1
-  ≥ 1.0
-  ≥ 0.9
-  ≥ 0.8
-  ≥ 0.7
-  ≥ 0.6
-  ≥ 0.5
-  ≥ 0.4
-  ≥ 0.3
-  ≥ 0.2
-  ≥ 0.1
-  ≥ 0.0


Anströmungsrichtung

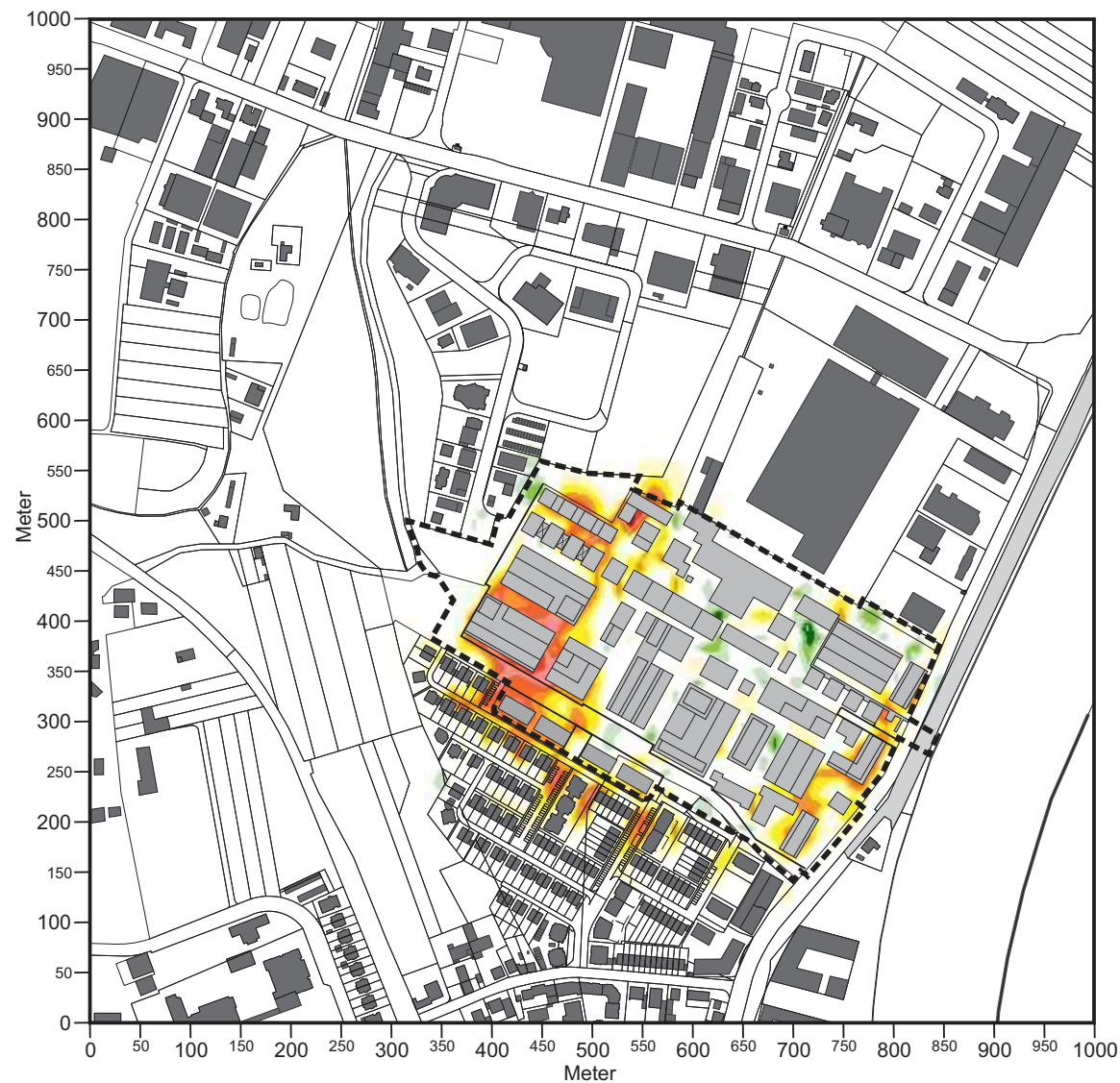

Windvektoren

Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

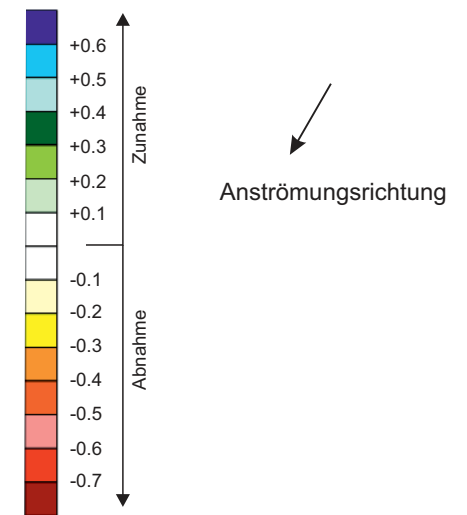


Abb. 18.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.



- Baukörper - Bestand
- Baukörper - Planung
- Planungsgebiet

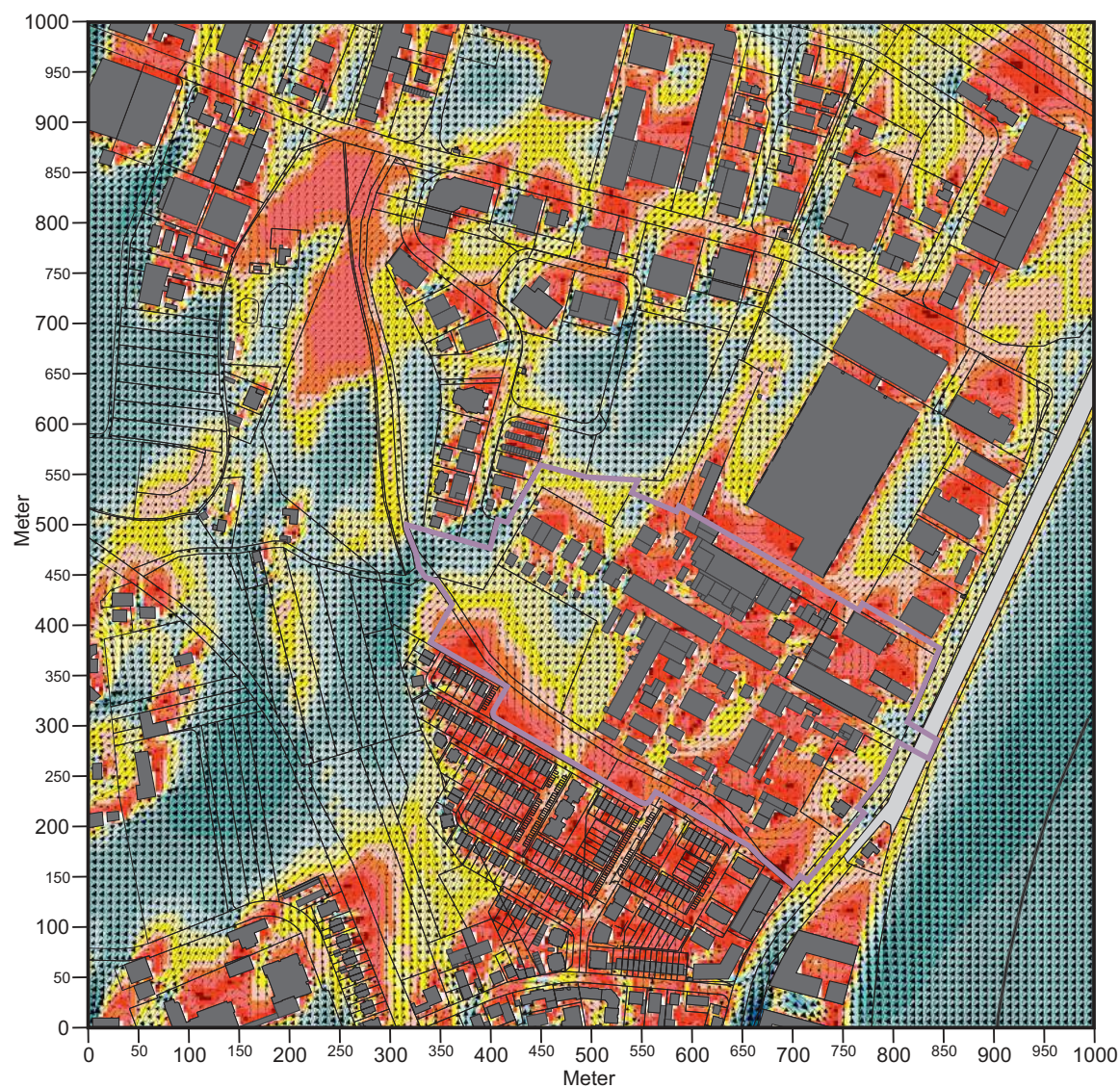
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“



**Abb. 19.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 15 m ü.G.**



■ Baukörper - Bestand
□ Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s



↖ Anströmungsrichtung

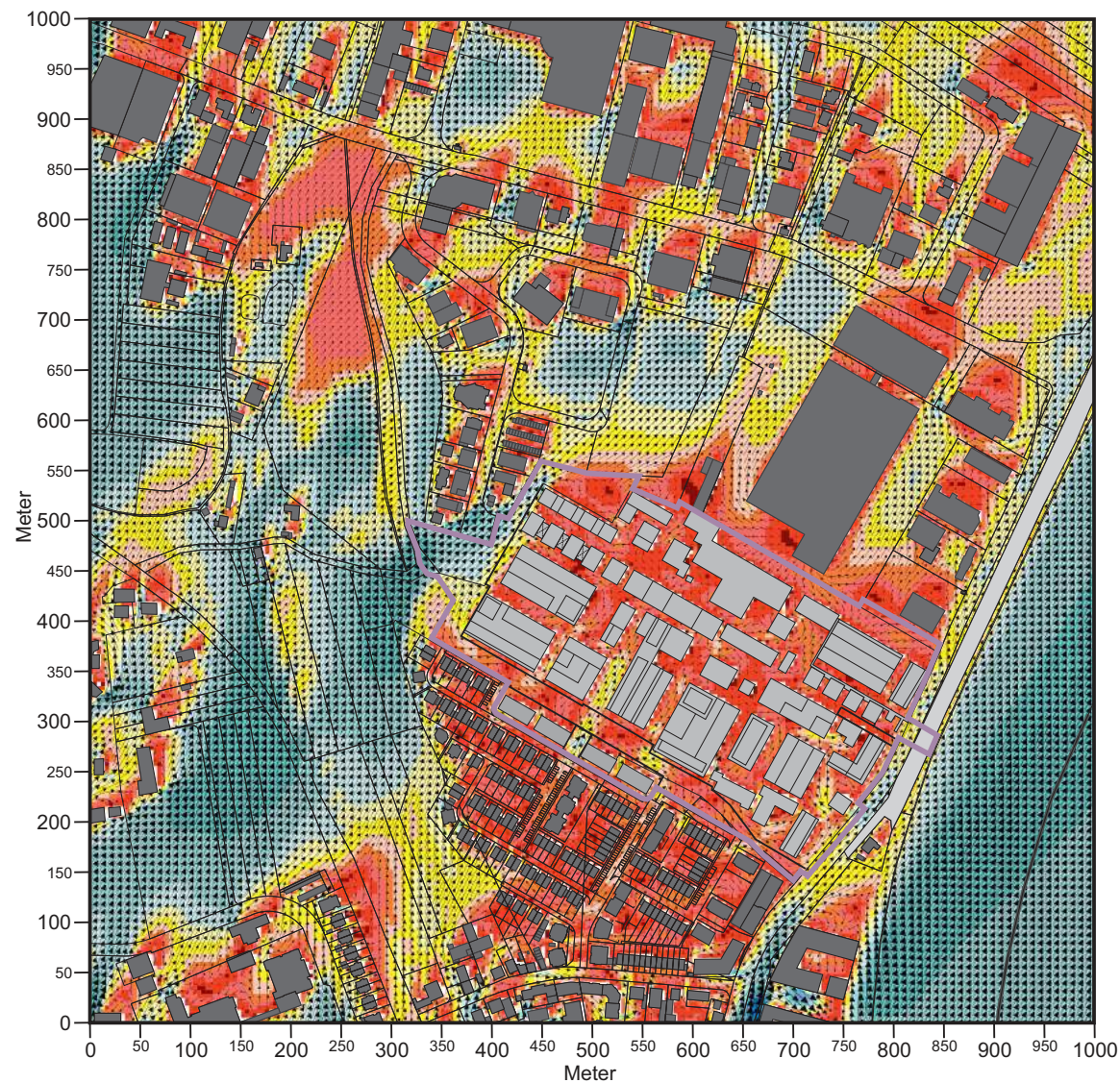
↖↖↖ Windvektoren




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

















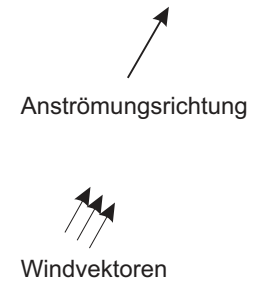
**Abb. 19.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung)
Windgeschwindigkeit und Windrichtungen 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 15 m ü.G.**



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Windgeschwindigkeit
in m/s

-  ≥ 1.3
-  ≥ 1.2
-  ≥ 1.1
-  ≥ 1.0
-  ≥ 0.9
-  ≥ 0.8
-  ≥ 0.7
-  ≥ 0.6
-  ≥ 0.5
-  ≥ 0.4
-  ≥ 0.3
-  ≥ 0.2
-  ≥ 0.1
-  ≥ 0.0

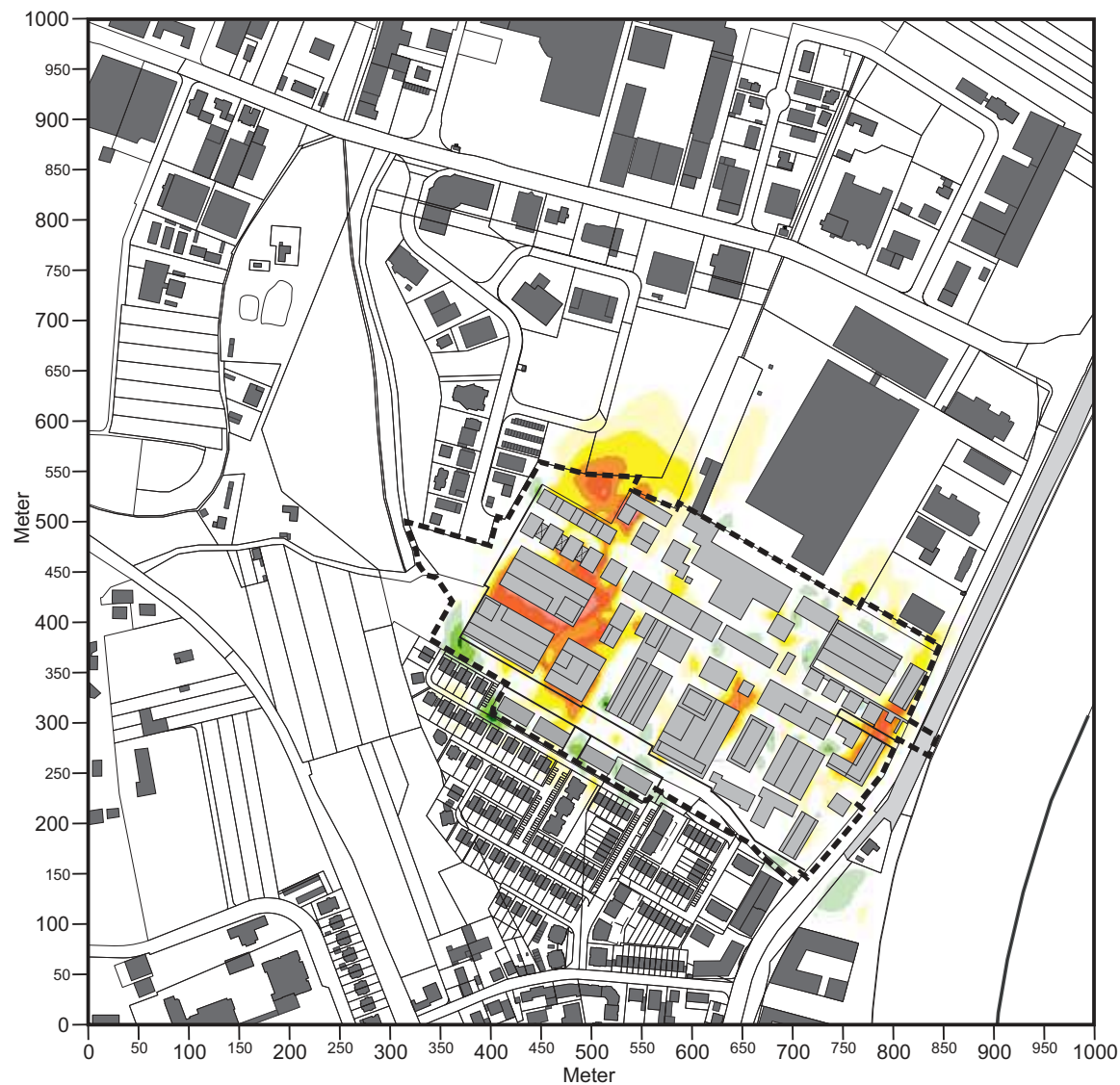





Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

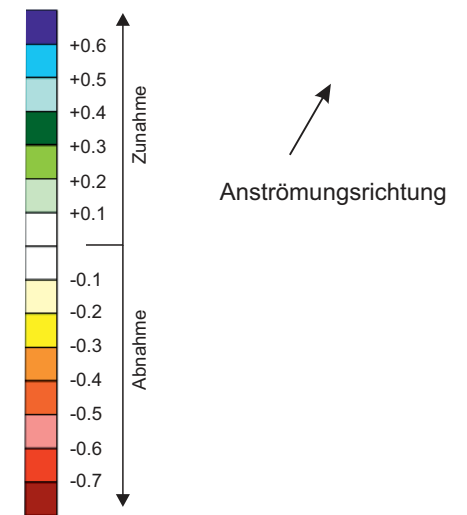


Abb. 19.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen (Nachtsituation mit leicht stabiler Luftschichtung). Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

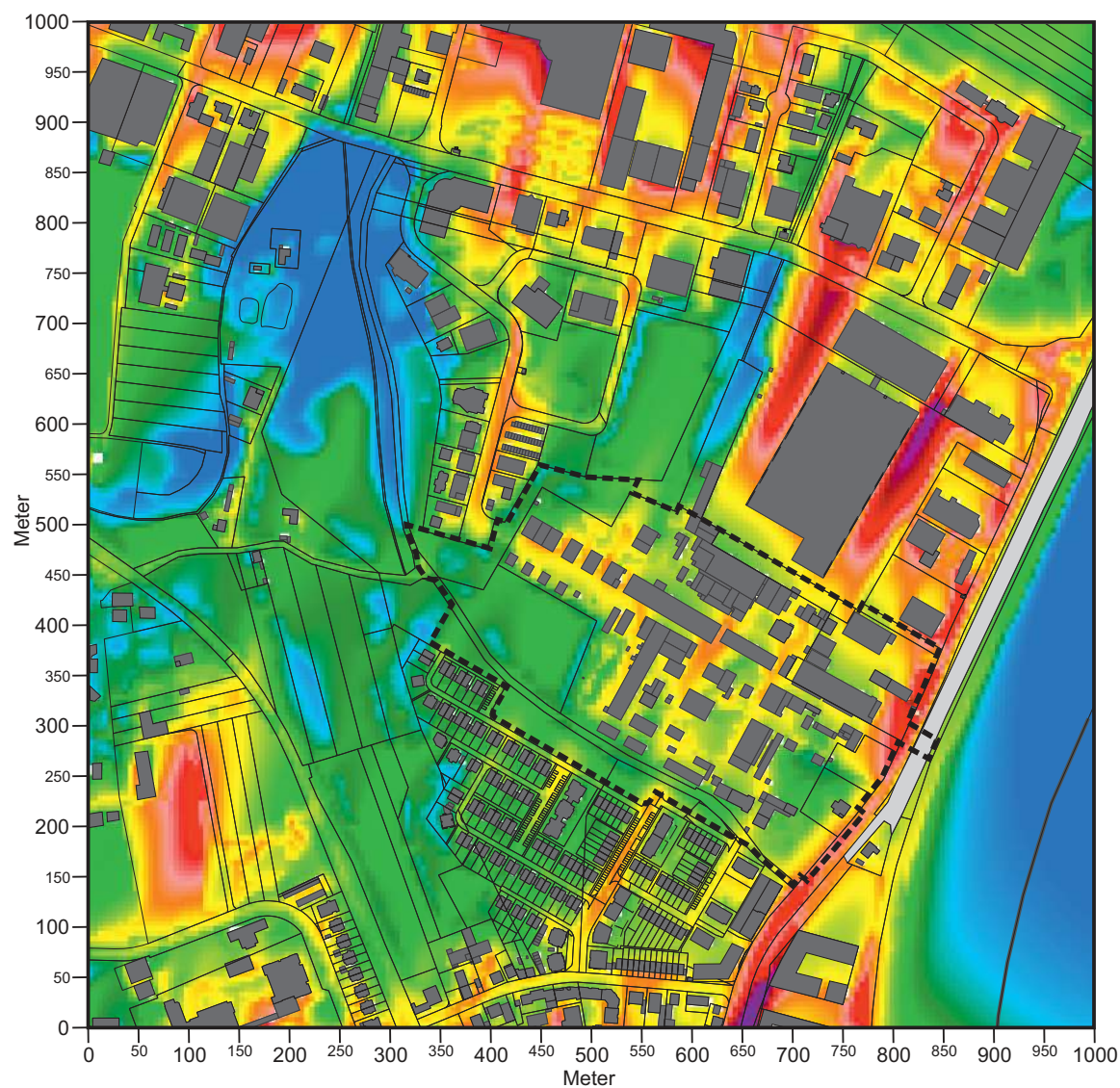
Planungsbedingte Zunahme bzw. Abnahme der Windgeschwindigkeit in m/s



Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

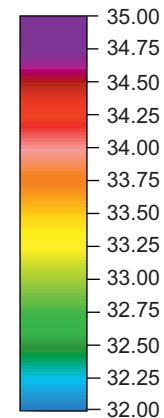


Abb. 20.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.



■ Baukörper - Bestand
 □ Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



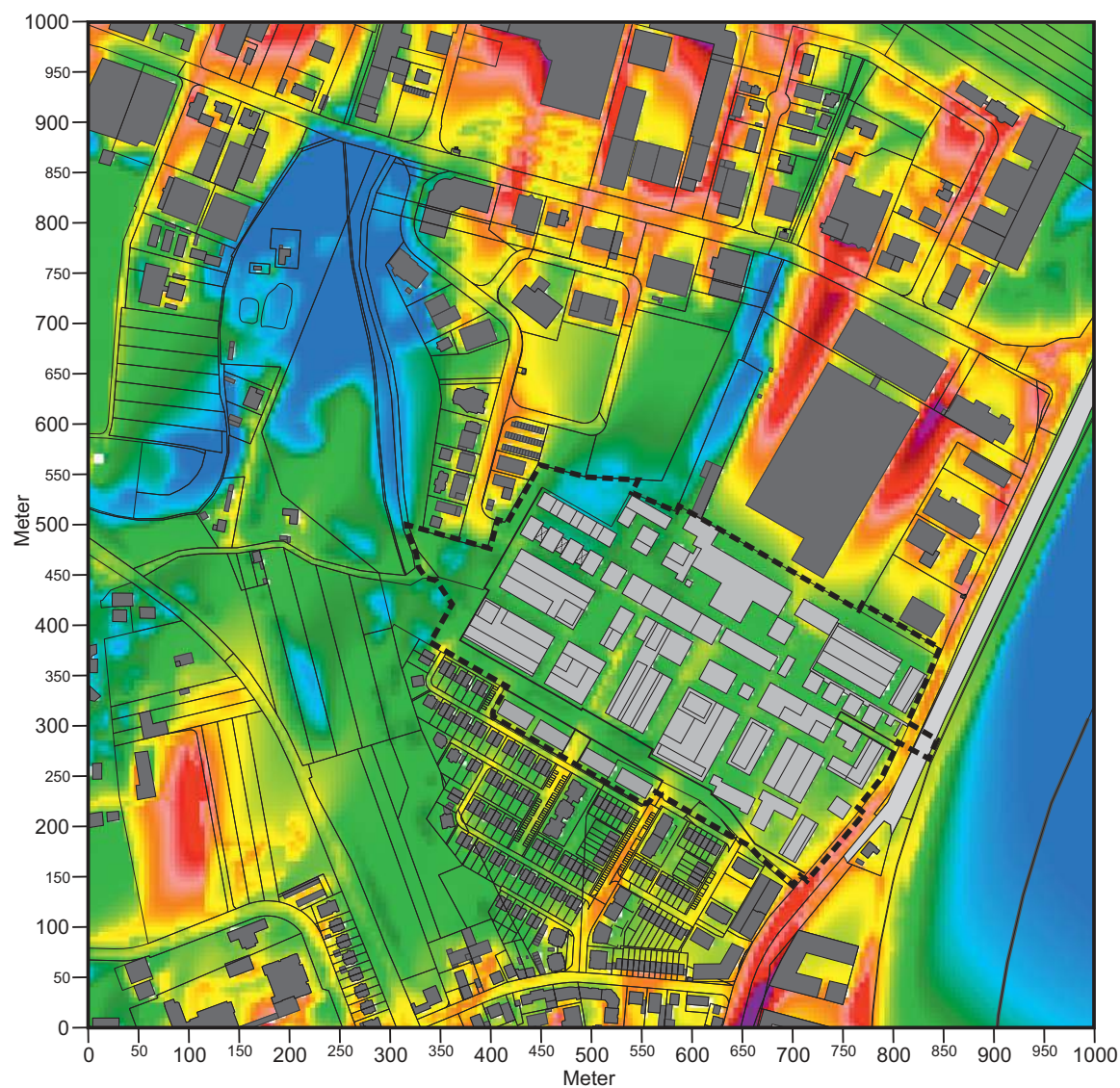
↗ Anströmungsrichtung




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
 Industriefhof Speyer GmbH

Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“

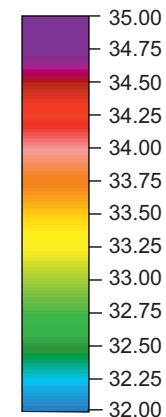


Abb. 20.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



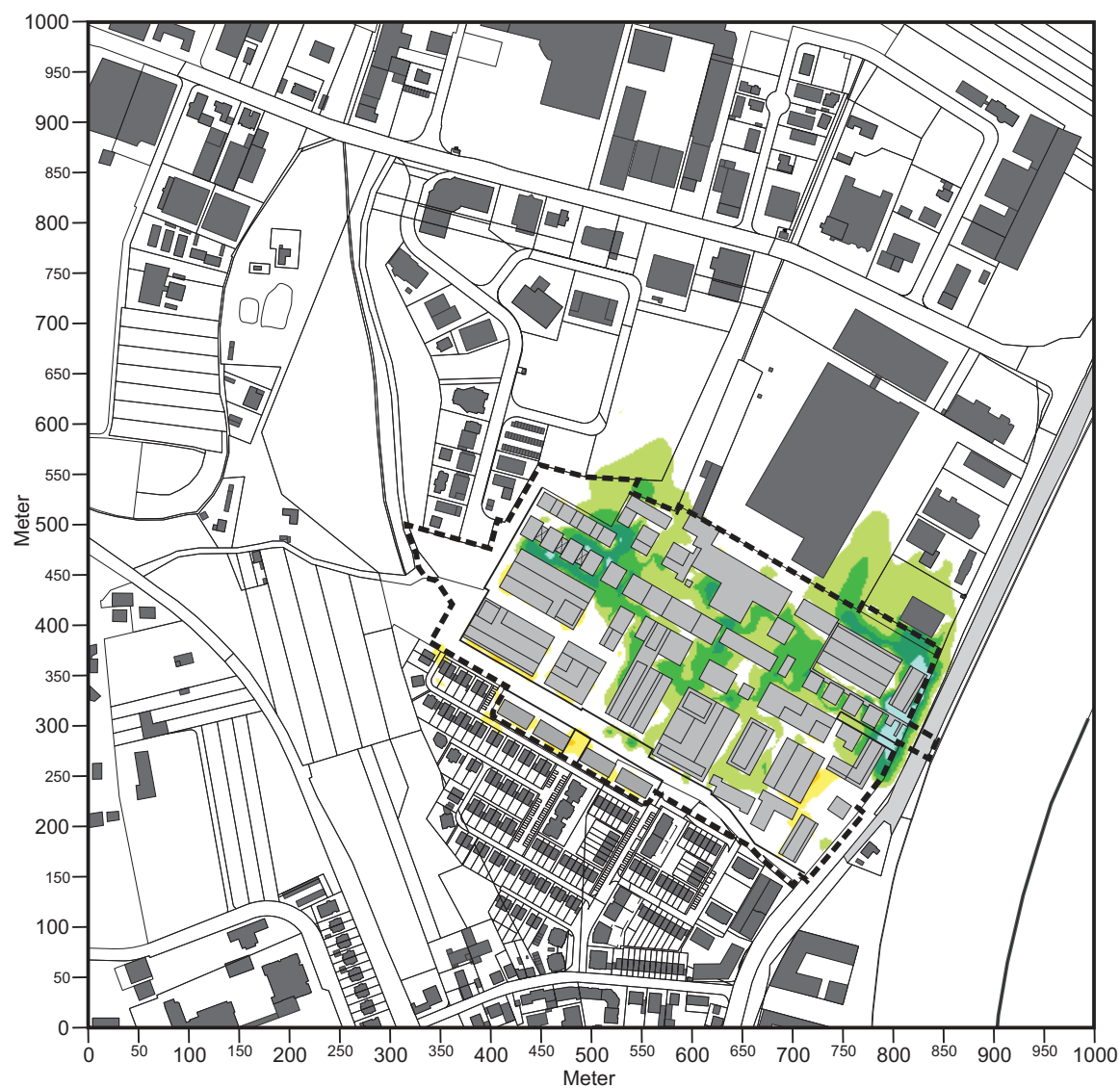

Anströmungsrichtung




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

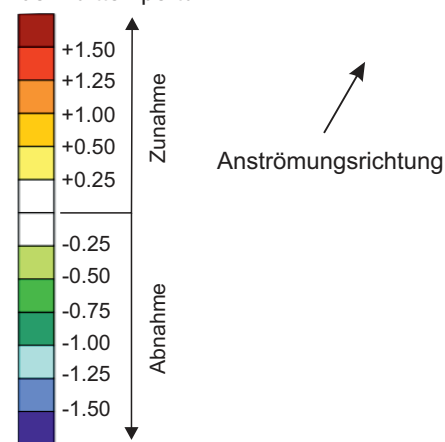


Abb. 20.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung
aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K

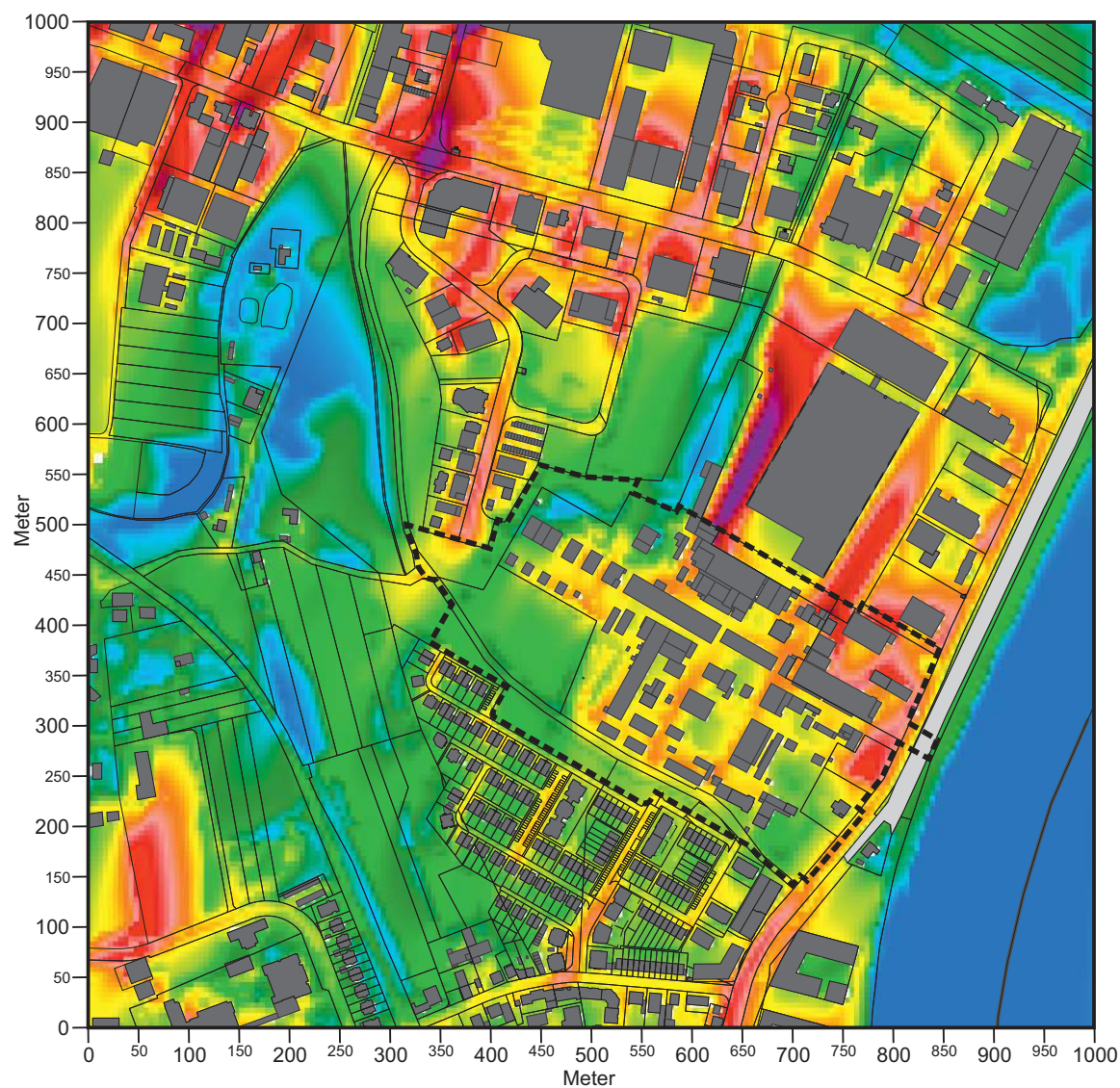


Grundlagenkarte bereitgestellt von:
 Industriefhof Speyer GmbH

Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“

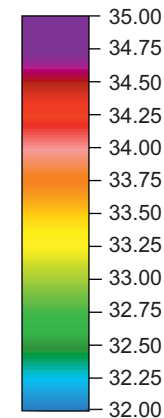


Abb. 21.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Baukörper - Bestand
- ⋯ Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



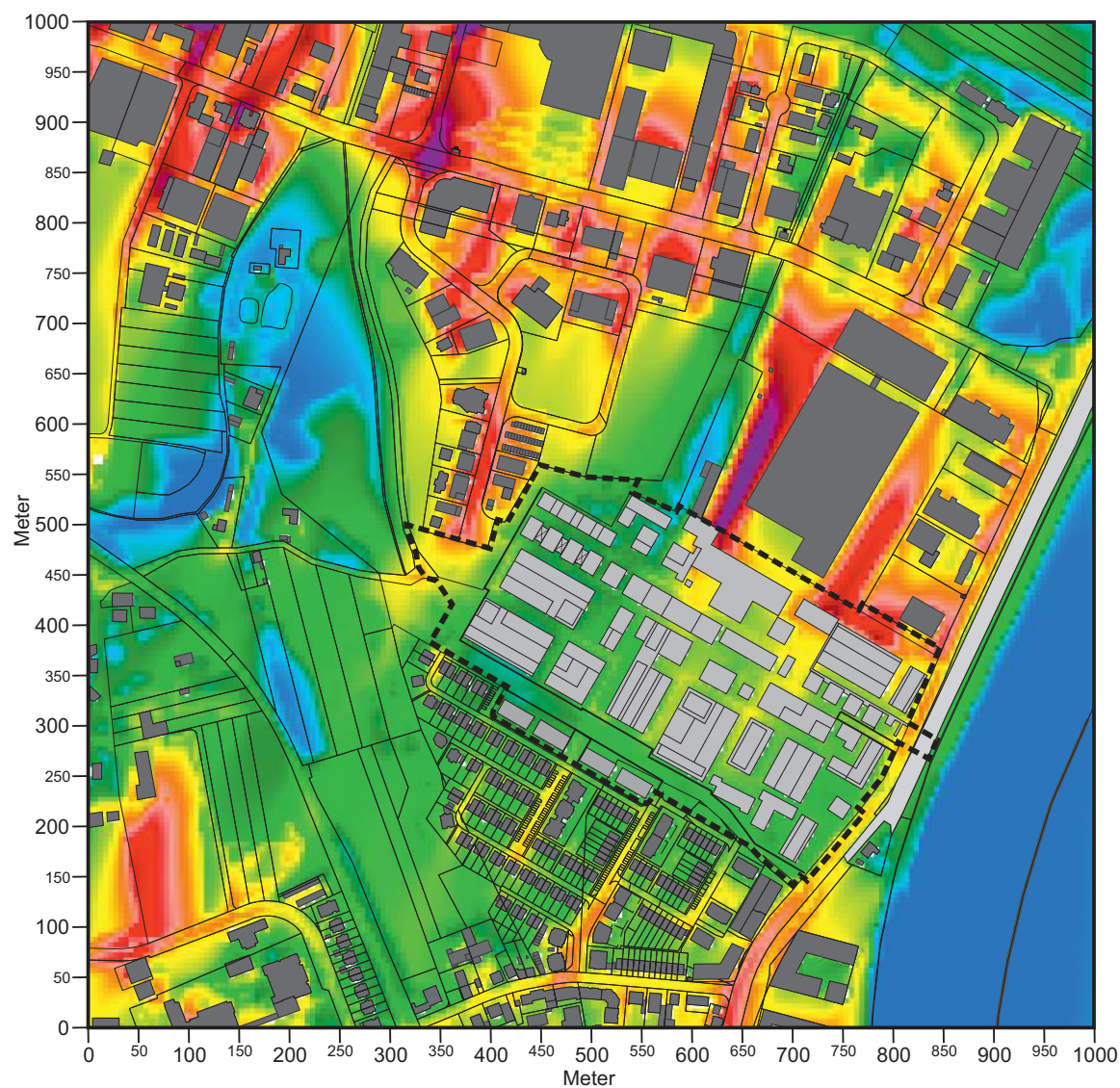
↙ Anströmungsrichtung




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

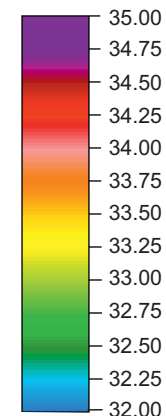


Abb. 21.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s
in einer Höhe von 10 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



↙
Anströmungsrichtung

Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

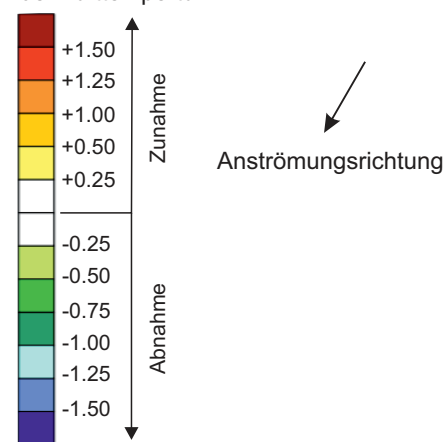


Abb. 21.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation 15:00 Uhr)
Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. an einem heißen Sommertag. Windanströmung
aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Baukörper - Bestand
- Baukörper - Planung
- Planungsgebiet

Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K

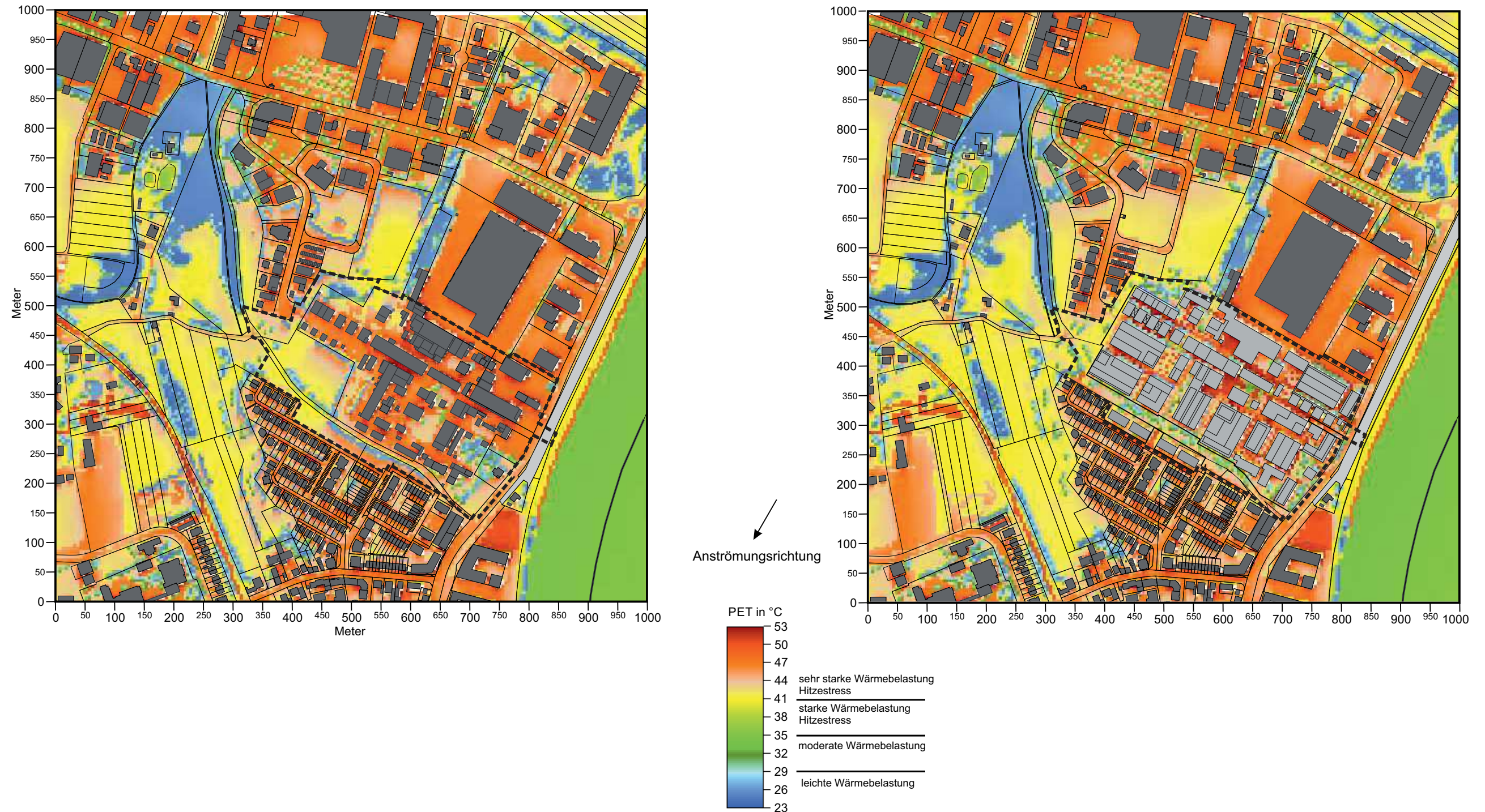


Grundlagenkarte bereitgestellt von:
 Industriefhof Speyer GmbH

Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“



Abb. 22 Ist- und Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation 14:00 Uhr)
PET (Physiologische Äquivalenttemperatur) 1.5 m ü.G. an einem warmen Sommertag. Windanströmung
aus Nordnordosten (30°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



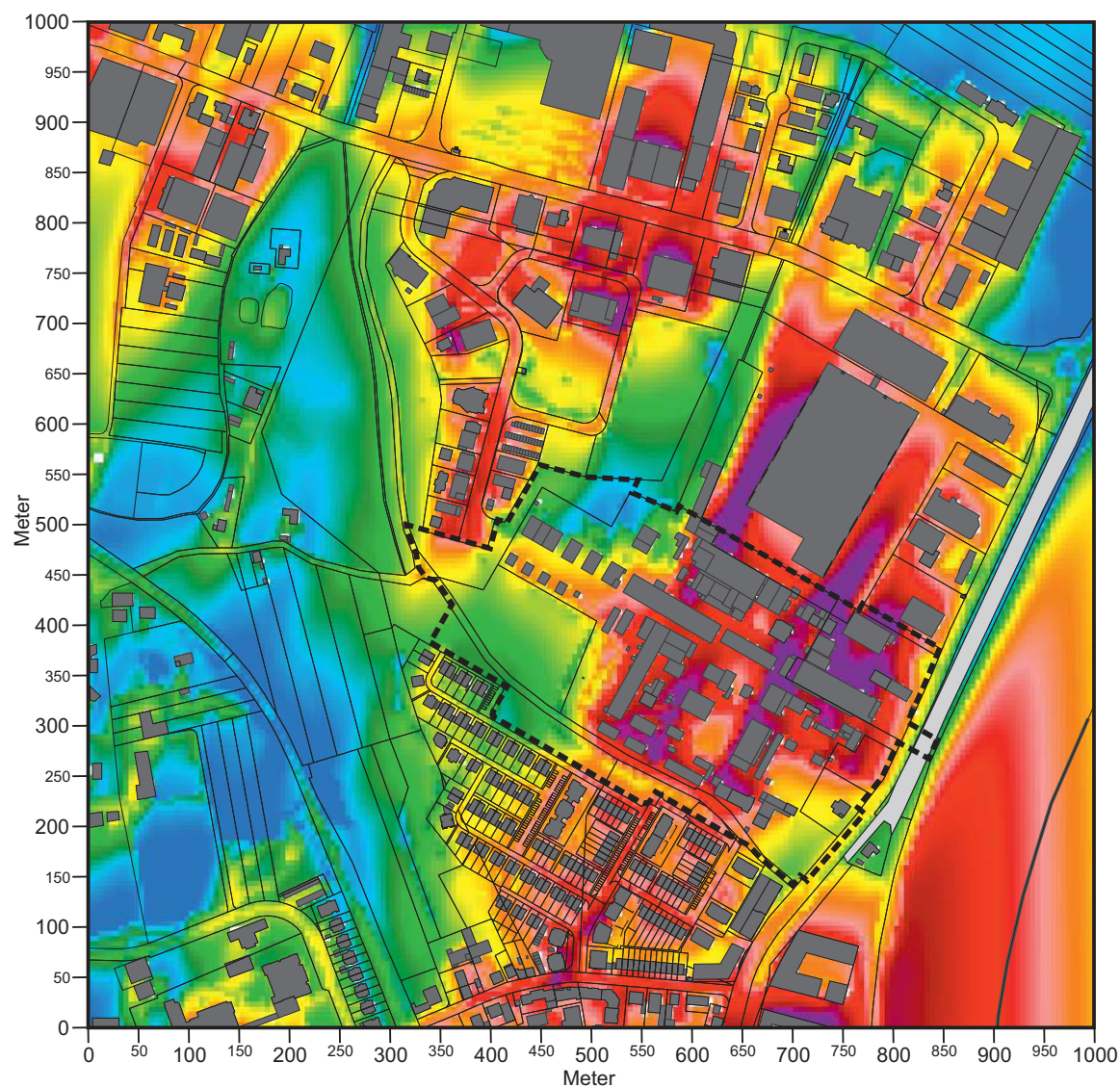
Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

Grundlagenkarte bereitgestellt von:
 Industriehof Speyer GmbH

- Baukörper - Bestand
- Baukörper - Planung
- Planungsgebiet

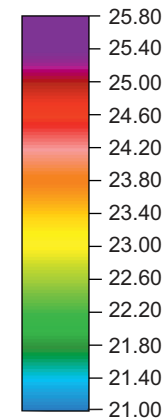


Abb. 23.1 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation 23:00 Uhr)
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 15 m ü.G.



■ Baukörper - Bestand
 □ Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



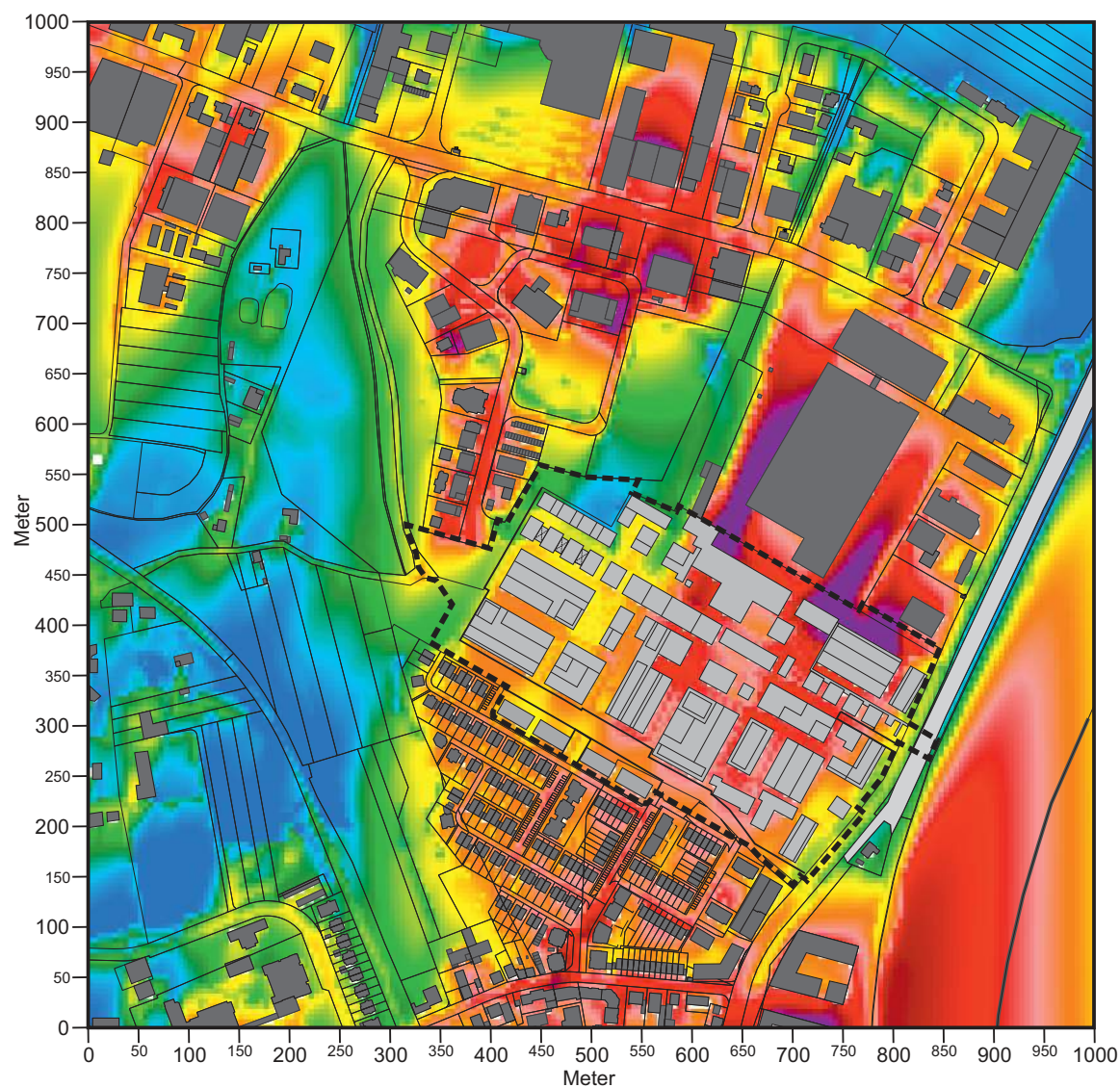
↙
 Anströmungsrichtung




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
 Industriefhof Speyer GmbH

Projekt:
 Klimagutachten - I-HOF Speyer,
 Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
 2. Teilbebauungsplan „Industriefhof“

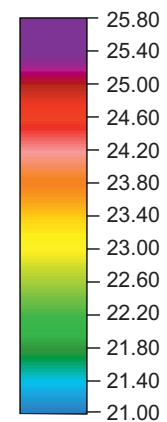


Abb. 23.2 Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperaturesimulationen Nachtsituation 23:00 Uhr
Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s
in einer Höhe von 15 m ü.G.



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Lufttemperatur in °C



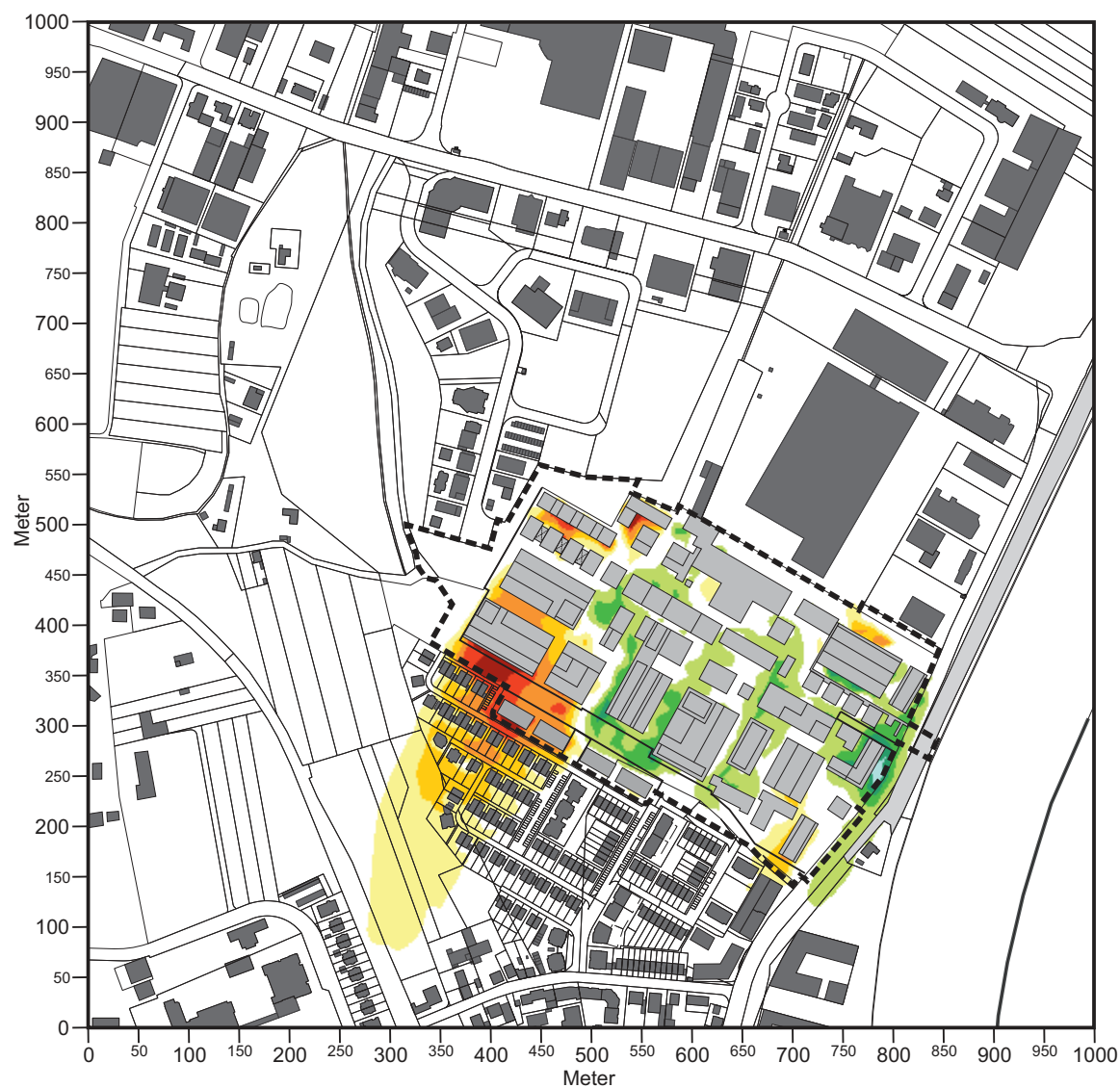
↙
Anströmungsrichtung




Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

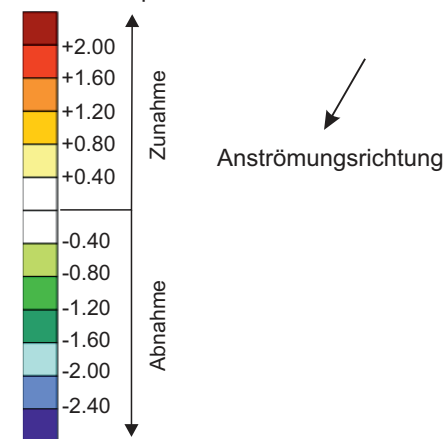


**Abb. 23.3 Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation 23:00 Uhr)
Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. in einer warmen Sommernacht. Windanströmung
aus Nordnordosten (30°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.**



-  Baukörper - Bestand
-  Baukörper - Planung
-  Planungsgebiet

Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur in K



Grundlagenkarte bereitgestellt von:
Industriehof Speyer GmbH

Projekt:
Klimagutachten - I-HOF Speyer,
Bebauungsplan Nr. 069 II Rheinufer-Nord,
2. Teilbebauungsplan „Industriehof“

