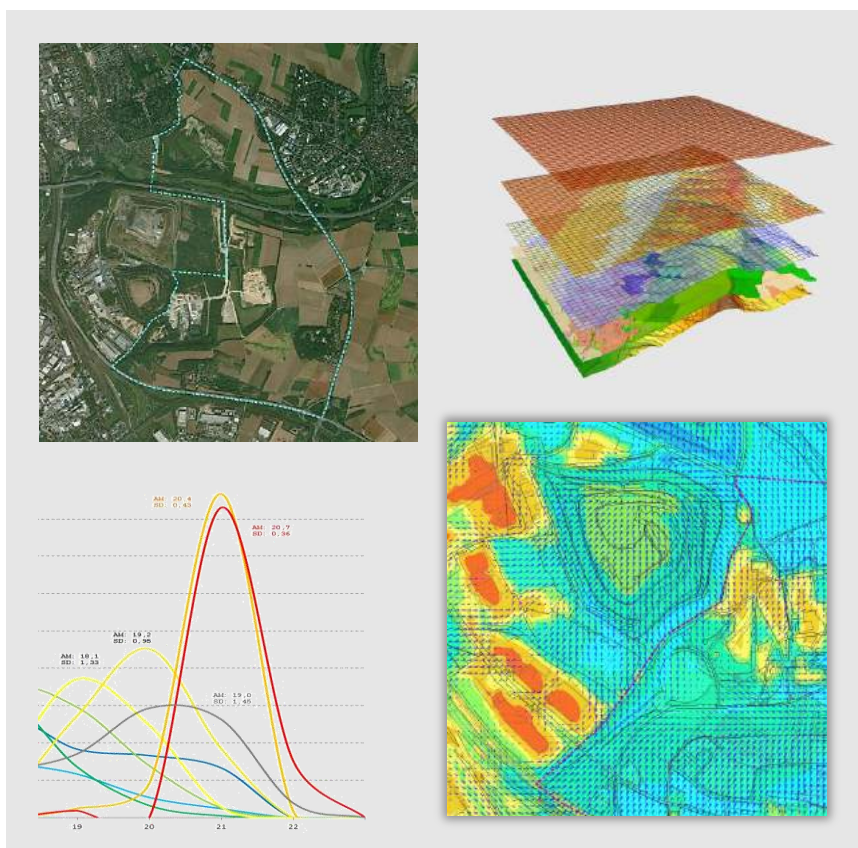


Fachgutachten Klima zur baulichen Entwicklung im Gebiet Ostfeld / Kalkofen der Landeshauptstadt Wiesbaden

Modellgestützte Analyse zum Einfluss der
Neugestaltung auf das Schutzgut Klima



Im Auftrag der



Konrad-Adenauer-Ring 11
65187 Wiesbaden



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
3 0 1 6 1 Hannover
Tel. (0511) 3887200
FAX (0511) 3887201
www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. Günter Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und
Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Hannover, 20. Mai 2019

Inhaltsverzeichnis

Seite:

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis	2

Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung	3
2. Das Stadtentwicklungsprojekt Ostfeld / Kalkofen	5
3. Methodik der Modellrechnung.....	7
3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH.....	7
3.2 Eingangsdaten: Geländehöhe und Nutzungsstruktur.....	10
3.3 Betrachtete Wetterlage.....	13
4. Klimaökologische Ist-Situation	15
4.1 Vorhandene Studien.....	15
4.2 Ergebnisse der Modellrechnungen.....	23
4.2.1 Oberflächennahe Lufttemperatur	23
4.2.2 Bodennahe Strömung der Kaltluft.....	26
4.2.3 Kaltluftvolumenstrom.....	29
4.2.4 Kaltluftproduktionsrate	31
4.3 Klimaökologisches Leitbild für das Ostfeld	33
5. Auswirkungen der Planungen auf das Umfeld.....	34
5.1 Oberflächennahe Lufttemperatur	35
5.2 Bodennahe Strömung der Kaltluft.....	36
5.3 Kaltluftvolumenstrom.....	37
5.4 Planungshinweise zur Minimierung der Auswirkungen auf das Umfeld	41
6. Planinterne humanbioklimatische Situation	41
7. Einfluss des Klimawandels.....	42
8. Fazit.....	43
Literatur.....	44

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.01:	Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage.....	3
Abb. 2.01:	Untersuchungsgebiet Ostfeld / Kalkofen (Hintergrundkarte: OpenStreetMap und Mitwirkende).....	5
Abb. 2.02:	Szenarien Stadtentwicklung Ostfeld / Kalkofen (PESCH PARTNER 2018).....	6
Abb. 3.01:	Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell.....	8
Abb. 3.02:	Eingangsdaten für die Modellrechnung.....	9
Abb. 3.03:	Geländehöhe im Untersuchungsgebiet.....	10
Abb. 3.04:	Nutzungsstruktur der Analysesituation im Untersuchungsgebiet.....	11
Abb. 3.05:	Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen.....	13
Abb. 4.01:	Ausschnitte aus der synthetischen Klimafunktionskarte (oben) und der Klimabewertungskarte (unten). Die vollständigen Legenden sind den jeweiligen Kartenwerken zu entnehmen (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011).....	15
Abb. 4.02:	Ausschnitt aus der Vorrangflächenkarte. Die vollständige Legende ist dem zugehörigen Kartenwerk zu entnehmen (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011).....	16
Abb. 4.03:	Ausschnitt aus der Analyse des Stadtklimas am Beispiel von Wiesbaden und Mainz: Betrag und Richtung der Windgeschwindigkeit in 5 m ü. Grund um 4 Uhr MESZ (DWD 2017, Darstellung verändert).....	16
Abb. 4.04:	Lage der Planungsgebiete „Erbenheim-Süd“ und „Hermann-Ehlers-Schule“.....	18
Abb. 4.05:	Lage des Planungsgebiets „Hainweg“.....	19
Abb. 4.06:	Lage der Planungsgebiete „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“ und „Boelckestraße – Nördlich des Otto-Suhr-Rings“.....	20
Abb. 4.07:	Lage des Planungsgebiets „Zweibörn“.....	21
Abb. 4.08:	Nächtliche Lufttemperatur (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C).....	25
Abb. 4.09:	Vereinfachtes Schema Flurwind.....	26
Abb. 4.10:	Bodennahes Strömungsfeld (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s Richtungsvektoren von 20 m auf 100 m aggregiert).....	27
Abb. 4.11:	Kaltluftvolumenstromdichte (4:00 Uhr in m ³ /m·s) mit bodennaher Strömungsrichtung.....	30
Abb. 4.12:	Kaltluftproduktionsrate (4:00 Uhr in m ³ /m ² und Stunde).....	32
Abb. 5.01:	Szenario P1 (Vorzugsszenario) Stadtentwicklung Ostfeld / Kalkofen (PESCH PARTNER 2018a) 34	
Abb. 5.02:	Nächtliche bodennahe Lufttemperatur (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in K).....	35
Abb. 5.03:	Nächtliche bodennahe Kaltluftströmung (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in m/s).....	36
Abb. 5.04:	Kaltluftvolumenstromdichte (4:00 Uhr, m ³ /ms) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in m ³ /ms (oben rechts) und % (unten rechts).....	38
Abb. 5.05:	Differenz der Kaltluftvolumenstromdichte zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation im Planraum (P1 – A0; in %, 4:00 Uhr) und 50 · 50m-Rasterzellen mit Einwohnern (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2018).....	39
Abb. 7.01:	Ausschnitt aus der Analyse des Stadtklimas am Beispiel von Wiesbaden und Mainz: Änderung der Anzahl von Tropennächten pro Jahr aus den Klimaprojektionen, 50. Perzentil 2031-2060 minus 1971-2000 (DWD 2017, Darstellung verändert).....	42

1. Einleitung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung. Im Rahmen der beabsichtigten Umgestaltungsmaßnahmen soll in Analogie zu § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB eine Beurteilung der zukünftig zu erwartenden humanbioklimatischen Belastungen erfolgen. Hierbei sollen insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Luftaustauschprozesse sind bei einer Nutzungsintensivierung zu berücksichtigen? Welche Siedlungsflächen profitieren von einer Kaltluftlieferung aus der begutachteten Fläche?
- Wie ist die humanbioklimatische Situation im Umfeld der Vorhabenfläche und in den geplanten Siedlungsräumen selbst zu beurteilen?
- Durch welche Maßnahmen sind eventuelle humanbioklimatische Beeinträchtigungen zu vermeiden oder zu minimieren?

Diese Untersuchung soll klimaökologische Rahmendaten in einer hohen räumlichen Auflösung liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima und Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes durch das Vorhaben gelegt. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (**Abb. 1.01**). Die humanbioklimatischen **Auswirkungen der Planungen auf ihr Umfeld** werden beurteilt, indem die Nachtsituation einer solchen Wetterlage untersucht wird (siehe Kapitel 3.3). Der Grund dafür ist die klimafunktionale Fernwirkung, die durch nächtliche Luftaustauschströmungen induziert wird: Kalt- und Frischluft aus Grün- und Freiflächen trägt in der Nacht zum Abbau von thermischen und lufthygienischen Belastungen in den Siedlungsräumen bei. Diese Prozess- und Funktionszusammenhänge können durch Nutzungsintensivierungen nachhaltig gestört werden.

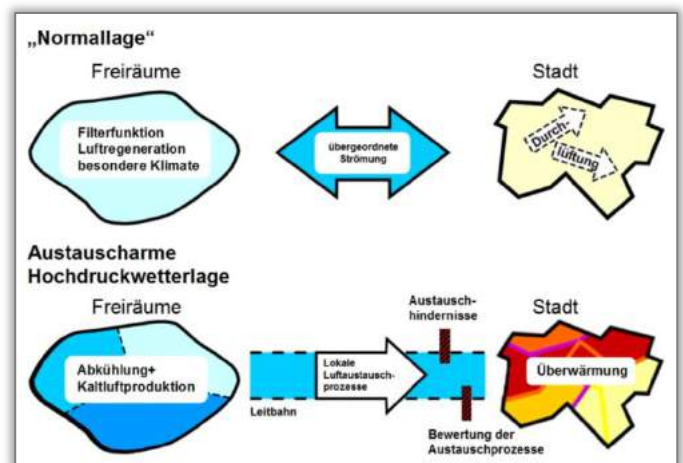


Abb. 1.01: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage

Bei der Analyse der Ist-Situation konnte auf verschiedene, bereits vorliegende Studien und Daten zurückgegriffen werden. Hierzu gehören unter anderem folgende Untersuchungen:

-
- Stadtklima Wiesbaden: Teiluntersuchung zum Landschaftsplan auf Flächennutzungsplanebene (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011)

 - Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz, KLIMPRAX (DWD 2017)

 - Klimastudie Industrie- und Gewerbepark Ostfeld (IMA RICHTER & RÖCKLE 2017)

 - Klimagutachten zum städtebaulichen Rahmenplan Wiesbaden-Erbenheim (ÖKOPLANA 2012)

 - Außerdem verfügt das Umweltamt Wiesbaden und das Büro ÖKOPLANA über umfangreiche Messdaten für den Raum, die in diesem Projekt in Wert gesetzt werden können
-

Über die Auswertung der vorliegenden Analysen hinaus werden hochaufgelöste Modellsimulationen für die klimaökologische Ist-Situation des Plangebietes und die angrenzenden Strukturen durchgeführt. Hierfür wird das Klimamodell FITNAH-3D verwendet (siehe Kapitel 3). Die so erzeugten Klimaparameter geben (über einen Vergleich mit den Ergebnissen von gleichartigen Prognoserechnungen) Aufschluss über die humanbioklimatische Verträglichkeit verschiedener Planvarianten. Neben der Festlegung der „klimagünstigsten“ Planvariante lassen sich darüber hinaus Maßnahmen zur Klimaoptimierung für das Vorhaben ableiten und räumlich passgenau verorten.

Für die Abschätzung der thermischen Belastungssituation bezogen auf die Aufenthaltsqualität und das individuelle Wohlbefinden **innerhalb der überplanten Teilräume selber** wird im weiteren Planungsverlauf eine gesonderte, detailliertere Modellrechnung durchgeführt und fokussiert auf die baugebietsinternen Verhältnisse analysiert.

2. Das Stadtentwicklungsprojekt Ostfeld / Kalkofen

Für den Bereich Ostfeld / Kalkofen werden derzeit vorbereitende Untersuchungen für eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich von der Boelckestraße/Berliner Straße (B 455) im Norden bis zur Bundesautobahn BAB 671 im Süden. Durch das Wäschbachtal und die begleitende BAB 66 wird das Untersuchungsgebiet in zwei Teilbereiche zerschnitten – in den nördlichen Teil „Kalkofen“ und den südlichen Teil „Ostfeld“. Im Westen des Bereiches Kalkofen reicht das Gebiet bis an den Siegfriedring, den Südfriedhof und an die Kleingartenanlage „Kinzenberg“ heran. Jenseits der B 455 liegt im Osten der Ortsteil Erbenheim. Der Teilbereich „Ostfeld“ wird im Westen durch das Deponiegelände der ELW abgegrenzt. Die B 455 bildet die räumliche Begrenzung in Richtung Osten und schließt die Siedlung „Am Fort Biehler“ mit ein. Die Südgrenze verläuft entlang der BAB 671. Jenseits der Autobahn schließen sich die stärker bebauten Flächen der Ortsbezirke Mainz-Amöneburg und Mainz-Kastel an.

Das Untersuchungsgebiet ist über 450 Hektar groß und gegenwärtig mehrheitlich durch einen landwirtschaftlich bedingten Freiflächencharakter geprägt. Im Norden befindet sich mit dem stillgelegten Steinbruch "Kalkofen" ein größeres Biotop ruderaler Prägung. Insbesondere in der Umgebung des Petersberges und des Tierparks Kastel, verdichtet sich die Nutzung in durchgrüneten Siedlungsbereichen und abwechslungsreichen Gehölz- und Waldbeständen. Vereinzelt finden sich Gewerbeflächen und größere Lager- und Abstellplätze. Randlich und zwischen Kalkofen und Ostfeld ist ein großer Teil des Untersuchungsgebietes von überörtlichen Verkehrswegen und deren Begleitanlagen beeinflusst.

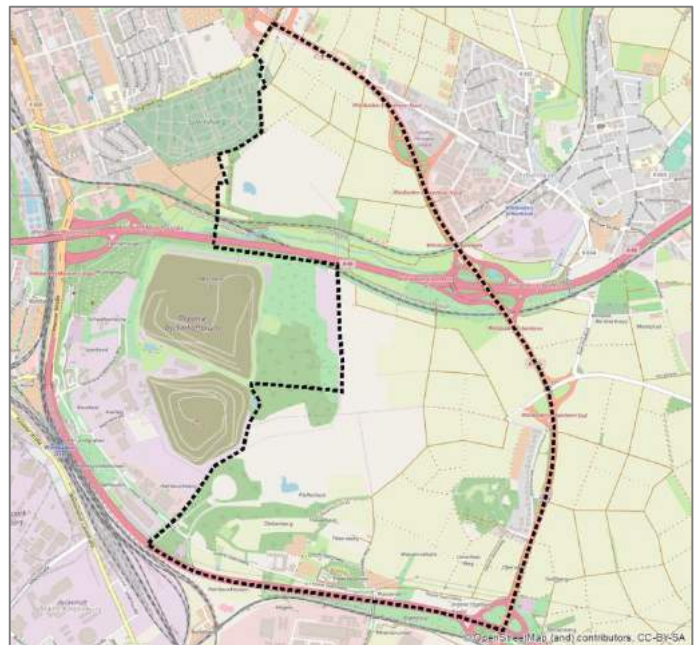


Abb. 2.01: Untersuchungsgebiet Ostfeld / Kalkofen (Hintergrundkarte: OpenStreetMap und Mitwirkende)

Vorläufiges Ziel der Entwicklungsmaßnahme ist laut Stadtverordnetenversammlung vom 29. Juni 2017 die „Herstellung eines ausgewogenen Mix von Wohnen, Arbeiten, Freiflächen und Biotopflächen“. Dafür sind im Auftrag der SEG Wiesbaden drei Szenarien ausgearbeitet worden (siehe Folgeseite). Gemeinsam ist diesen drei Szenarien das der Abfallwirtschaft angegliederte Gewerbe- und Industriegebiet südöstlich des Deponiehügels. Weitere Schwerpunkte der Nutzungsintensivierung mit jeweils abweichender Ausgestaltung finden sich im Umfeld von Fort Biehler sowie zwischen Wäschbachtal, ehemaligem Steinbruch und Erbenheim (PESCH PARTNER 2018).

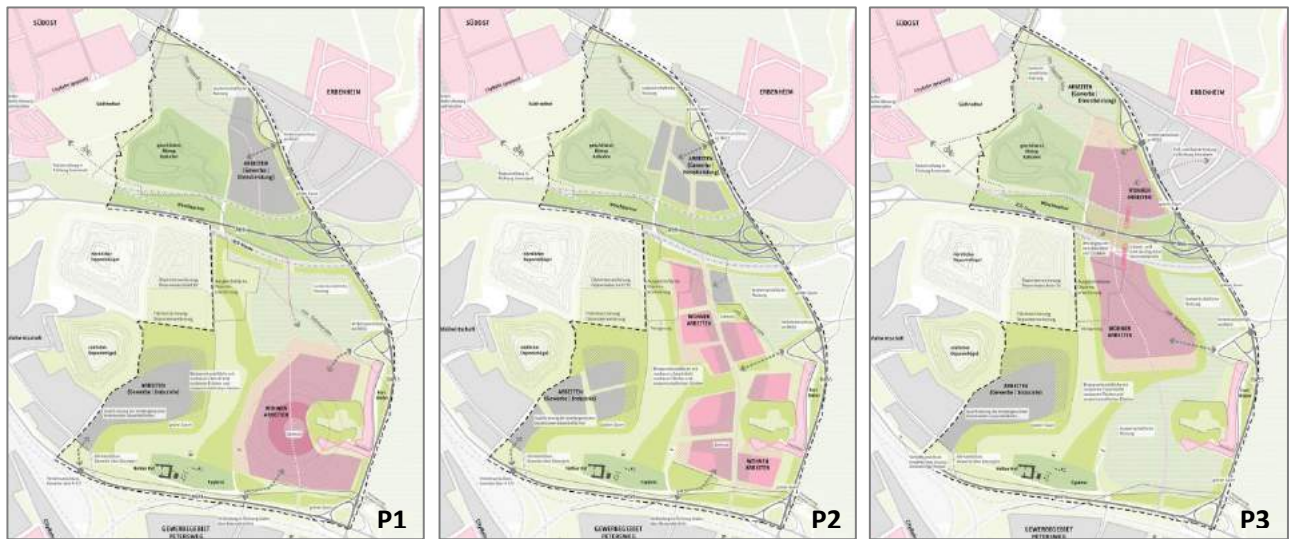


Abb. 2.02: Szenarien Stadtentwicklung Ostfeld / Kalkofen (PESCH PARTNER 2018)

3. Methodik der Modellrechnung

3.1 DAS MESOSKALENMODELL FITNAH

Allgemeines: Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten meso- (und) mikroskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt oder einer Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis hin zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind der Einfluss orographischer Hindernisse auf den Wind wie Kanalisierung und Umströmungseffekte, Land-See-Winde, Flurwinde oder auch Düseneffekte in Straßen, sowie das Phänomen der urbanen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und die physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Allgemeinen bekannt sind, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragung auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände, was es extrem schwierig macht, mit Hilfe einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten. Mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen kann dieser Nachteil überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG 1988) wurden gerade in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert. Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

Grundlagen mesoskaliger Modelle: Die Verteilung der lokalklimatisch relevanten Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings immer nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen, die nicht gemessen wurden und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den großen Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert werden können und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Grundgleichungen: Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung der stadtklimatologisch wichtigen Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst (vgl. **Abb. 3.01**).

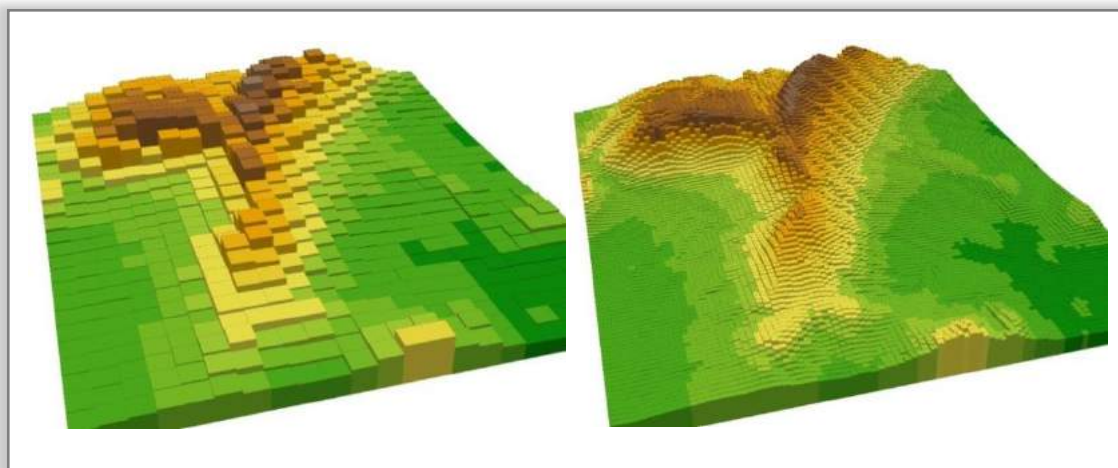


Abb. 3.01: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und an die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite Δx 20 m. Bei allen Modellrechnungen ist die **vertikale** Gitterweite nicht äquidistant. In der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand Δz immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

Eingangsdaten: Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen (Abb. 3.02). Diese müssen zum einen die Landschaft charakterisieren, für welche die lokalklimatische Studie durchgeführt werden soll, und zum anderen auch die größerskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren.

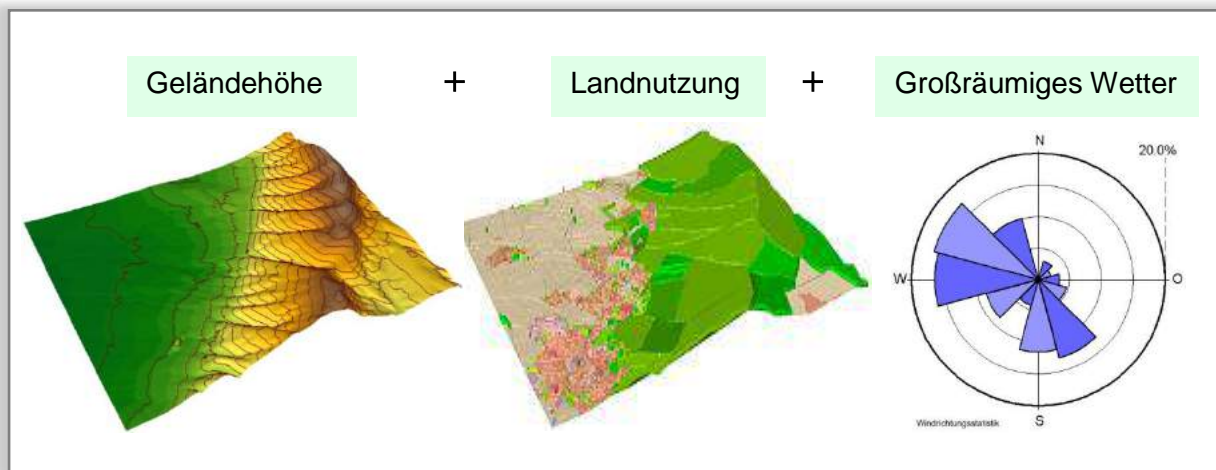


Abb. 3.02: Eingangsdaten für die Modellrechnung

Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereitzustellen:

- Geländedaten (z.B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung)
- Nutzungsstruktur (Verteilung der Landnutzung)

3.2 EINGANGSDATEN: GELÄNDEHÖHE UND NUTZUNGSSTRUKTUR

Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Die dafür erforderlichen Geodaten wurden vom Tiefbau- und Vermessungsamt zur Verfügung gestellt (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2018). Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 5,4 x 8,1 km eine Fläche von insgesamt 43,7 km². Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 20 m.

Zur Aufbereitung der orographischen Eingangsparameter für die Klimaanalyse konnte auf ein digitales Geländehöhenmodell mit einer Auflösung von 5 m zurückgegriffen werden. Die Reliefsituation ist in **Abb. 3.03** dargestellt.

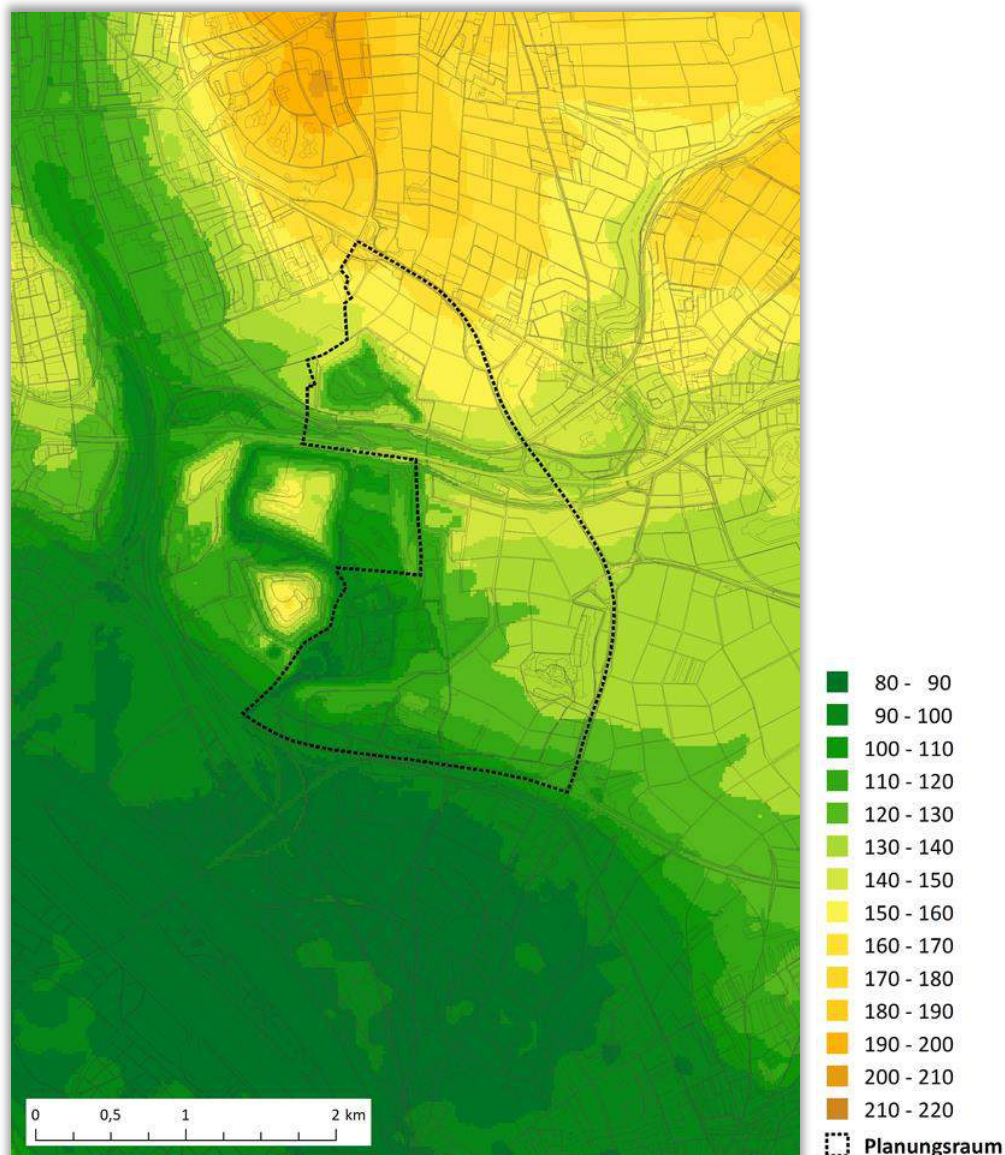


Abb. 3.03: Geländehöhe im Untersuchungsgebiet

Neben der Geländehöhe ist die Nutzung eine wichtige Einflussgröße einer Klimamodellierung. Als Grundlage für die Aufbereitung der Nutzungsstrukturen wurden Daten aus dem Biotoptypenkartierung des Umweltaumtes verwendet (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2013). Die Angaben zur Nutzungsklassifikation sind für jede ins Modell eingehende Rasterzelle auf der Basis von Luftbildern aus dem Jahr 2010 individuell angepasst worden (**Abb. 3.04**).

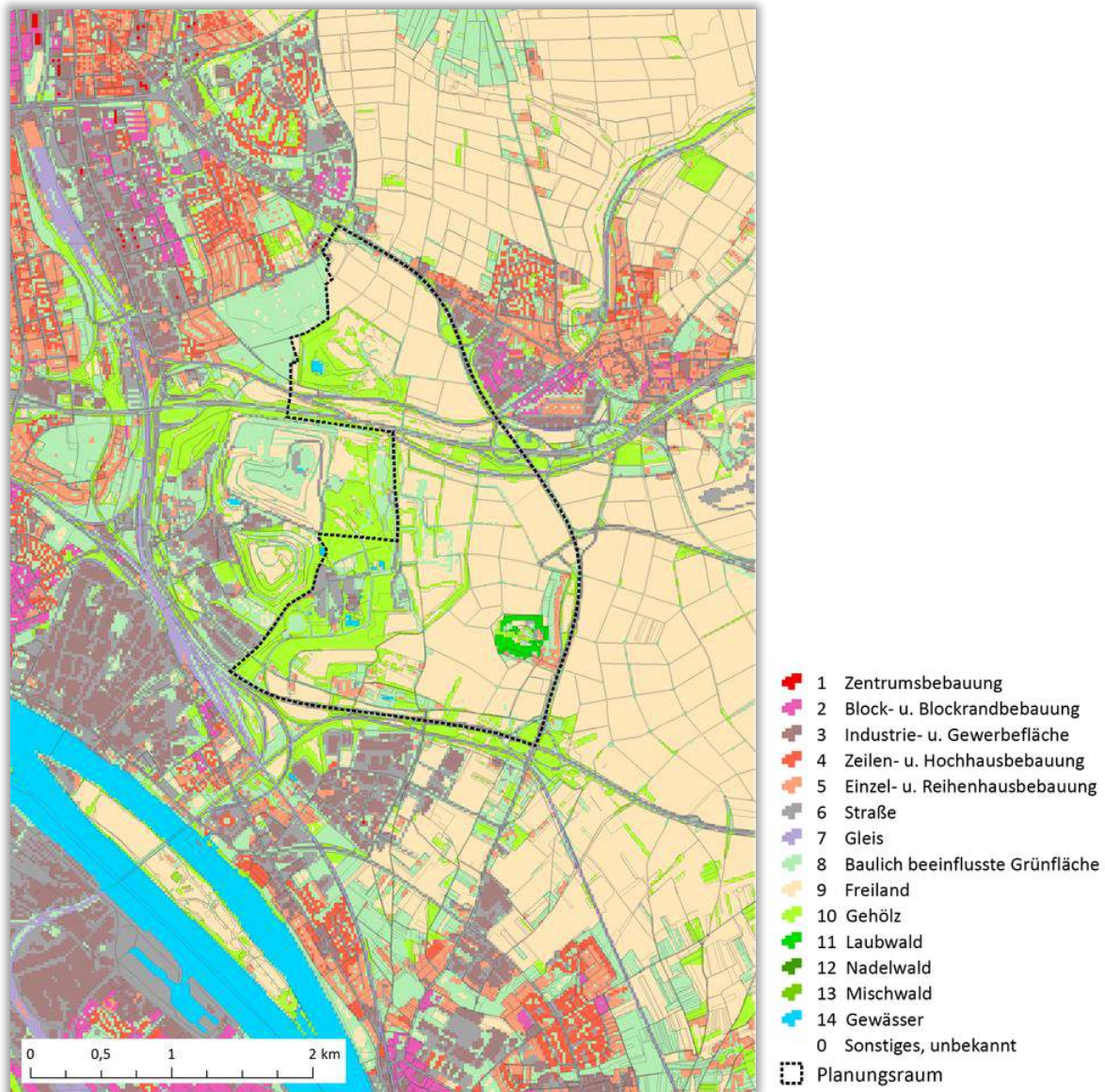


Abb. 3.04: Nutzungsstruktur der Analysesituation im Untersuchungsgebiet

Da die vorliegende Rasterauflösung Einzelgebäude nicht explizit auflöst, sind den einzelnen Flächen mittlere, nutzungsklassifizierte Strukturhöhen und Oberflächenversiegelungsgrade zugewiesen worden. Diese basieren auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen in verschiedenen deutschen Städten (u.a. MOSIMANN et al. 1999). Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurde bei der Aufbereitung der Nutzungsstrukturen ein vereinfachter, 14-klassiger Nutzungsschlüssel ver-

wendet. Der Schlüssel wurde vor allem auch dahingehend definiert, eine problemlose Zuweisung des mittleren Versiegelungsgrades auf Basis der in den Eingangs- und Literaturdaten vorkommenden Nutzungsklassifizierungen möglich zu machen. Die typischen Versiegelungs- und Strukturhöhen je Nutzungskategorie sind in **Tab. 3.01** aufgelistet:

Klasse	Flächentyp	Beschreibung	Mittlerer Versiegelungsgrad (%)	Mittlere Strukturhöhe (m)
1	Zentrumsbebauung	Kerngebietsnutzung, gekennzeichnet durch einen sehr hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrad.	95	25,0
2	Block- und Blockrandbebauung	Vergleichsweise dicht bebaute Siedlungsfläche. Geprägt durch vier- bis sechsgeschossige Mehrfamilienhäuser mit mehr oder weniger stark versiegelten Innenhofbereichen.	78	15,0
3	Industrie- und Gewerbefläche	Gewerbliche Bauflächen. Ähnlich hoher Versiegelungsgrad wie die Zentrumsbebauung, meist geringeres Bauvolumen.	87	10,0
4	Zeilen- und Hochhausbebauung	Zeilenbebauung, halboffene Blockrandbebauung, Hochhäuser. Typisch ist der durch unbebaute Abstandsflächen bedingte relativ hohe Freiflächenanteil.	55	15,0
5	Einzel- und Reihenhausbebauung	Siedlungsflächen mit relativ geringem Überbauungsgrad im Übergang zwischen relativ dichter Reihenhausbebauung und baulich geprägter Grünfläche.	41	5,0
6	Straße	Ebenerdig versiegelte Fläche des Straßenraums.	95	0,0
7	Gleis	Schienenverkehrsfläche mit geringer Strukturhöhe.	25	0,5
8	Baulich beeinflusste Grünfläche	Vegetationsgeprägte Flächen mit einem erhöhten Anteil an versiegelter Fläche (Zuwegungen) und/oder Bebauung. Hierzu zählen z. B. Kleingartenanlagen und Gartenbauflächen, sowie Spiel- und Sportplätze.	25	5,0
9	Freiland, Grünfläche	Vornehmlich landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Wiesen, Weiden und Äcker. Innerstädtisch handelt es sich meist um Rasenflächen mit geringem Gehölzanteil.	5	1,0
10	Gehölz	Gehölzgeprägte Flächen wie städtische Parkareale, Obstbauflächen, Brachen, Straßenbegleitgrün.	5	2,0
11	Laubwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich sommergrün.	5	12,5
12	Nadelwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich immergrün.	5	12,5
13	Mischwald	Waldgeprägte Flächen, Mischbestand.	5	12,5
14	Wasserfläche	Still- und Fließgewässer.	0	0

Tab. 3.01: Nutzungskategorien im Untersuchungsgebiet

Zur Beurteilung der gegenwärtigen und der planbedingten, zukünftig zu erwartenden humanbioklimatischen Belastungen wurden Modellrechnungen für die Ist-Situation und drei Planszenarien durchgeführt (siehe **Abb. 2.02**, Seite 6). Die Ergebnisse werden problemorientiert analysiert und miteinander verglichen.

3.3 BETRACHTETE WETTERLAGE

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH 3D legt eine **sommerliche Hochdruckwetterlage** zugrunde. Eine solche autochthone ("eigenbürtige", von lokalen und regionalen Einflüssen dominierte und damit austauscharme) Wetterlage ist durch einen wolkenarmen Himmel und maximal schwach überlagernde Winde mit herabgesetztem Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht gekennzeichnet. So können die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut in Erscheinung treten: Die unterschiedlichen nächtlichen Abkühlungsraten des städtischen Nutzungsmosaiks führen zur Ausbildung humanbioklimatischer Belastungs- und Entlastungsräume, zwischen denen es aufgrund der unterschiedlichen Lufttemperaturen zu Ausgleichsströmungen kommen kann.

Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen als „Worst-Case-Szenario“ folgendermaßen festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8
- Kein überlagernder geostrophischer Wind
- Antrieb aus Nord in der zweiten Nachthälfte („Taunusabwind“)
- relative Feuchte der Luftmasse 50%.

In **Abb. 3.05** sind schematisch die für die angenommene Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Stellung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

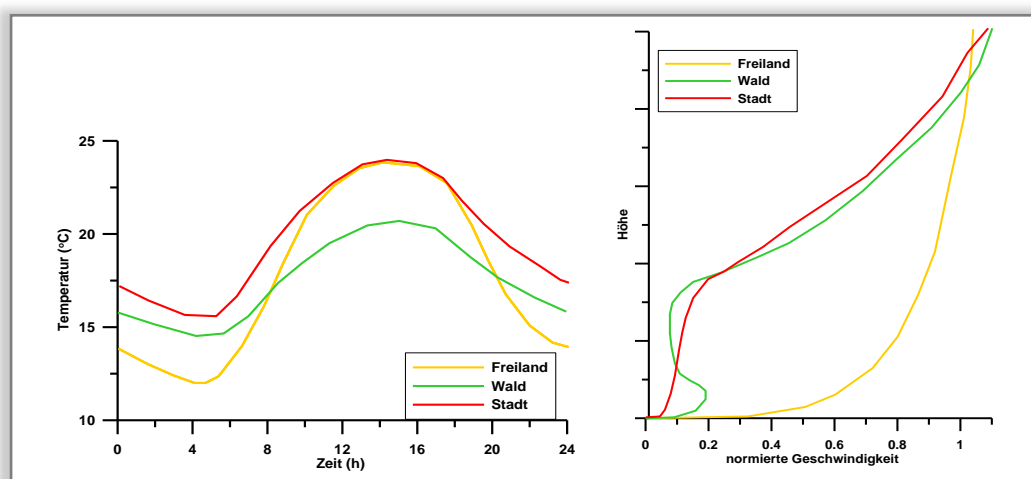


Abb. 3.05: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen

Die Wärmebelastung, wie sie bei Hochdruckwetterlagen **tagsüber** auftritt, hängt ganz wesentlich von der jeweiligen Beschaffenheit des direkten lokalen Umfeldes ab. Veränderungen der Nutzungsintensität oder Grünausstattung weisen daher bei Tage eine räumlich nur sehr begrenzte Wirkung auf. **Nächtliche** Luftaustauschströmungen hingegen induzieren zwischen den sich unterschiedlich stark abkühlenden Flächen eine klimafunktionale Fernwirkung: Kalt- und Frischluft aus Grün- und Freiflächen trägt in der Nacht zum Abbau von thermischen und lufthygienischen Belastungen in den überwärmten Siedlungsflächen bei. Durch **Nutzungsintensivierungen** können solche Prozess- und Funktionszusammenhänge nachhaltig gestört werden. Aus diesem Grund werden die humanbioklimatischen Auswirkungen einer Planung auf ihr Umfeld beurteilt, indem die **Nachtsituation einer austauscharmen, sommerlichen Hochdruckwetterlage** untersucht wird. Da das Kaltluftprozessgeschehen in der zweiten Nachthälfte sein Maximum erreicht, beziehen sich die Auswertungen auf den Zeitpunkt 4 Uhr morgens (siehe Kapitel 4.2).

Neben dem räumlichen Aspekt trägt ein weiterer Umstand zur besonderen Bedeutung der nächtlichen Wärmebelastung bei: Ausgewogene thermische Verhältnisse sind eine wesentliche Bedingung für einen erholsamen Schlaf. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Humanbioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

4. Klimaökologische Ist-Situation

4.1 VORHANDENE STUDIEN

In der „Synthetischen Klimafunktionskarte“ der stadtklimatischen Teiluntersuchung zum Landschaftsplan (Fachgutachten **Stadtklima Wiesbaden** LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011) ist ein überwiegender Teil des Geltungsbereiches gemäß seiner landwirtschaftlichen Nutzungsstruktur als „Potenziell aktives Kalt- bzw. Frischluftentstehungsgebiet“ unterschiedlich hoher Aktivität ausgewiesen worden (s. dunkelblaue Farbe im oberen Teilbild der **Abb. 4.01**). Die zugehörigen Flächen zählen damit während austauscharmer Strahlungswetterlagen zu den produktivsten nächtlichen Kaltluftquellgebieten. Die hellblauen Einschübe kennzeichnen Grünlandbereiche mit ebenfalls hoher Kaltluftproduktivität, gehölzgeprägte Flächen sind dunkelgrün dargestellt. Letztere können aufgrund der unterschiedlichen Mikroklimata, die sie und benachbarte Flächen in der Regel aufweisen, als kühlere Erholungsräume („bioklimatische Komforträume“) für die Bewohner umliegender Wohngebiete dienen. Park- und Gartenbauklimata, wie sie in kleinteiligerem Nutzungsmosaik im Süden des Gebietes auftreten, wirken als hindernisarme Überströmungsbereiche für benachbart entstandene Kaltluftmassen und produzieren selbst Kaltluft, die dazu beiträgt, die Strömungssysteme in ihrer Intensität und thermischen Charakteristik zu erhalten. Sie werden in der Klimafunktionskarte als „klimatische Pufferzonen“ beschrieben. Die dem Geltungsbereich anliegenden Siedlungsräume und Gewerbeflächen sind als geringfügig bis intensiv überwärmt eingestuft worden (gelbe bis rote Farben).

Entsprechend der skizzierten Eigenschaften der planinternen Flächen wurden sie in der Klimabewertungskarte weiträumig als Vorrangzonen mit „durchschnittlicher klimatischer Empfindlichkeit und mit Bedeutung für die Belüftung Wiesbadens“ gekennzeichnet (mittelgrüne Farbtöne, **Abb. 4.01** unten). Eine Umnutzung dieser Flächen wird aus klimafunktionaler Sicht nur „in Ausnahmefällen und unter Zugrundelegung strengster Auflagen“ empfohlen.

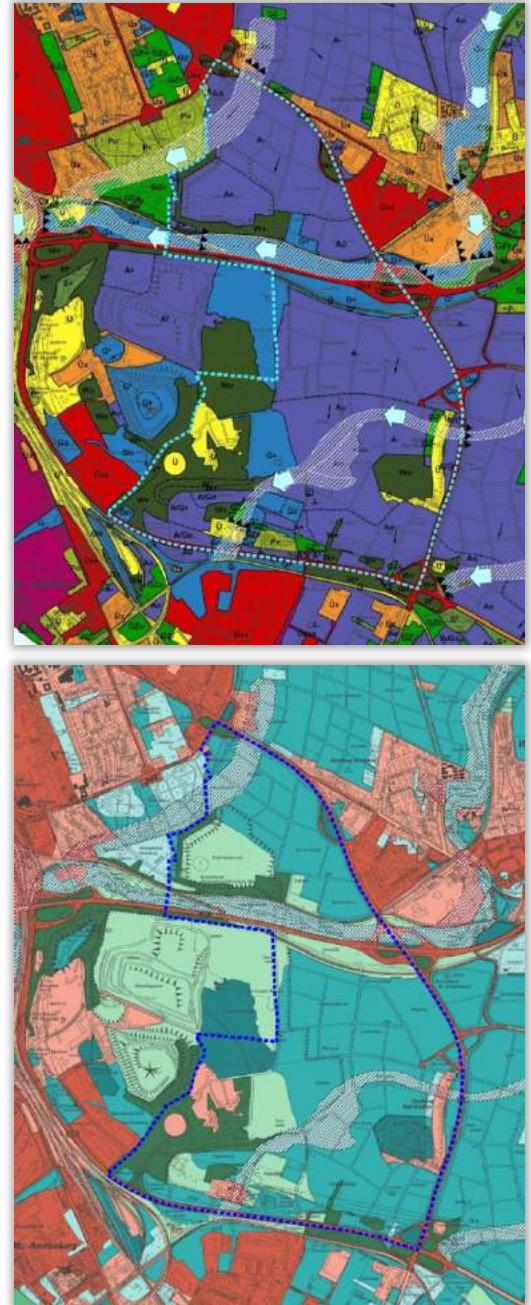


Abb. 4.01: Ausschnitte aus der synthetischen Klimafunktionskarte (oben) und der Klimabewertungskarte (unten). Die vollständigen Legendes sind den jeweiligen Kartenwerken zu entnehmen (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011)

Auf Flächen, für die Umnutzungen baulicher Art (z.B. Neubauten) aus klimafunktionalen Gründen ausgeschlossen bleiben sollten, wird in der Klimabewertungskarte mittels grüner Schraffur hingewiesen. Es handelt sich gemäß dieser Karte um „Strömungsstrukturen höchster klimatischer Empfindlichkeiten und mit größter Bedeutung für die Belüftung Wiesbadens“. Insbesondere wurde hier neben dem Wäschbachtal ein Flächenstreifen ausgewiesen, der sich im Plangebiet von der Erbenheimer Warte in einem Bogen entlang von Theuerbornshohl bis zum Hesslerhof und die BAB 671 zieht.

In der Vorrangflächenkarte (**Abb. 4.02**) ist ein Großteil der Flächen des Plangebietes mit stadtklimatischen Vorrangfunktionen belegt. Grüne Farbtöne weisen dabei gegenüber blau gefärbten Flächen eine höhere Priorität auf. Erstere gelten als Flächen mit unverzichtbarer Bedeutung für die Belüftung Wiesbadens, auf denen Umnutzungen baulicher Art aus klimafunktionalen Gründen ausgeschlossen bleiben sollten. Für die blaugetönten Flächen wird gefordert, Umnutzungen nur in Ausnahmefällen und nach vertiefenden Untersuchungen sowie daraus abgeleiteten Auflagen zu ermöglichen. Über die magentafarbene Schraffur im Norden des Plangebietes wird auf die Gefahr hingewiesen, durch zusätzliche Versiegelung und bauliche Verdichtung Überwärmungsgebiete miteinander zu verknüpfen.

In der vom Deutschen Wetterdienst modellgestützt durchgeführten **Analyse des Stadtklimas am Beispiel von Wiesbaden und Mainz** (DWD 2017) wird für die am Rhein gelegenen Wiesbadener Ortsteile ebenfalls die Belüftung aus nördlichen Richtungen hervorgehoben (siehe **Abb. 4.03**), die im Verlauf der Nacht die anfangs dominierenden rheintalparallelen Strömungen ablöst. In diesem Zusammenhang wird u.a. die wichtige Funktion des im Untersuchungsgebiet liegenden Wäschbachtals betont. Zudem wird darauf hingewiesen, dass „von den Freiflächen im Bereich zwischen Erbenheim, Igstadt und Bierstadt [...] die Luft auch fast direkt nach Kastel und teilweise weiter bis in die Mainzer Innen-

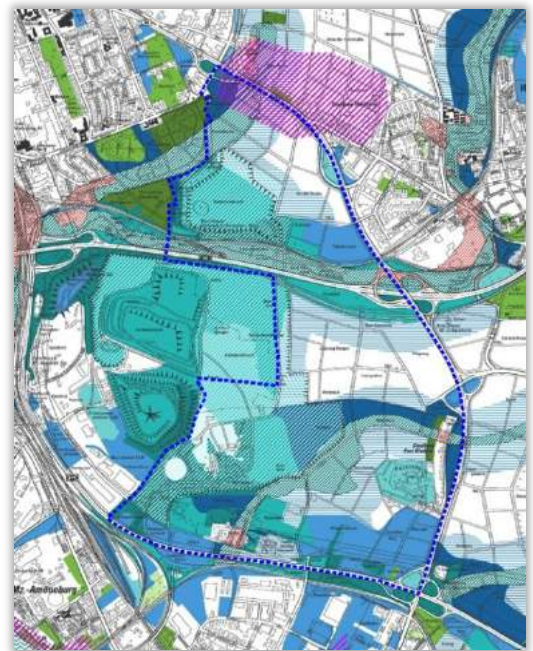


Abb. 4.02: Ausschnitt aus der Vorrangflächenkarte. Die vollständige Legenden ist dem zugehörigen Kartenwerk zu entnehmen (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011)

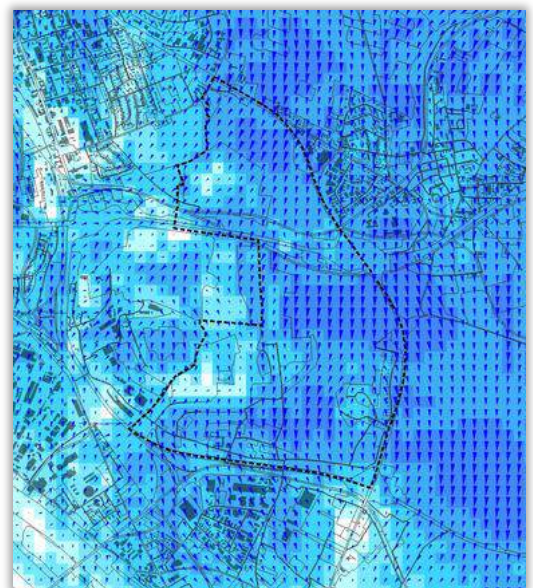


Abb. 4.03: Ausschnitt aus der Analyse des Stadtklimas am Beispiel von Wiesbaden und Mainz: Betrag und Richtung der Windgeschwindigkeit in 5 m ü. Grund um 4 Uhr MESZ (DWD 2017, Darstellung verändert)

stadt und sogar nach Weisenau“ fließt (DWD 2017, S. 68). Dies konnte anhand der Berechnung von Kaltlufttrajektorien¹ gestützt werden. In der zweiten Nachthälfte erfolgt die Belüftung der Mainzer Innenstadt jedoch vorwiegend aus Süden. Die Simulationen des DWD erfolgten mit dem Stadtklimamodell MUKLIMO_3 in einem 100m-Raster.

Planvorhaben im Umfeld des Stadtentwicklungsprojektes Ostfeld / Kalkofen

Im Umfeld des Stadtentwicklungsprojektes Ostfeld / Kalkofen sind weitere städtebauliche Entwicklungsmaßnahmen geplant, die bei der klimaökologischen Gesamtbilanzierung zu berücksichtigen sind.

Abb. 4.04 dokumentiert die Lage der Planungsgebiete „Erbenheim-Süd“ und „Herman-Ehlers-Schule“ im Ortsbezirk Erbenheim. Sie befinden sich östlich bzw. nordöstlich des Untersuchungsgebiets Ostfeld / Kalkofen.

Auf dem ehemaligen Betriebsgrundstück der DYWIDAG zwischen der Bahnstraße / Bahntrasse im Norden, der Berliner Straße im Osten und der Wäschbachau im Süden ist eine städtebauliche Neuordnung geplant. Im südlichen Planungsteilbereich ist ein Gewerbeband angedacht, das als Lärmschutz gegenüber der vielbefahrenen Autobahn A 66 vorgesehen ist. Nach Norden schließen Mischgebiete an. Im östlichen Teilgebiet ist in Nähe zum Kreisverkehr Berliner Straße / Am Friedhof ein Sondergebiet mit Einzelhandel sowie Geschäfts-, Büro- und Verwaltungsgebäuden vorgesehen. Markant durchzieht ein Grünzug (Parkanlage / öffentliche Grünfläche) mit platzartigen Aufweitungen von Südwesten nach Nordosten das Planungsgebiet.

Im Rahmen des Planungsprozesses wurde der Bebauungsplanentwurf bzgl. seiner möglichen Auswirkungen auf das lokale Luftaustauschgeschehen und die thermischen Umgebungsbedingungen geprüft und bewertet (ÖKOPLANA 2015a: Klimagutachten zum Bebauungsplan „Erbenheim-Süd“ in Wiesbaden, Ortsbezirk Erbenheim). Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der vorgelegte Bebauungsplanentwurf „Erbenheim Süd“ bei den gewählten Festsetzungen im Bebauungsplan die klimaökologischen Zielvorstellungen zur Sicherung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen und ausreichender Belüftungseffekte erfüllt. Die stadtklimatisch bedeutsame Kaltluftleitbahn und Ventilationsachse Wäschbachstraße/Wäschbachau-Süd findet in den Planungen Berücksichtigung. Eine nachhaltige Schwächung ihrer klimaökologischen Ausgleichsfunktion wird unterbunden.

¹ Trajektorien verbinden Orte, die ein Luftpaket bei seiner Bewegung überstreicht. Sie können als Vorwärts- und Rückwärtstrajektorien berechnet werden. Vorwärtstrajektorien analysieren ausgehend vom Startpunkt das Ziel eines Luftpaketes – Rückwärtstrajektorien untersuchen die Herkunft eines Luftpaketes

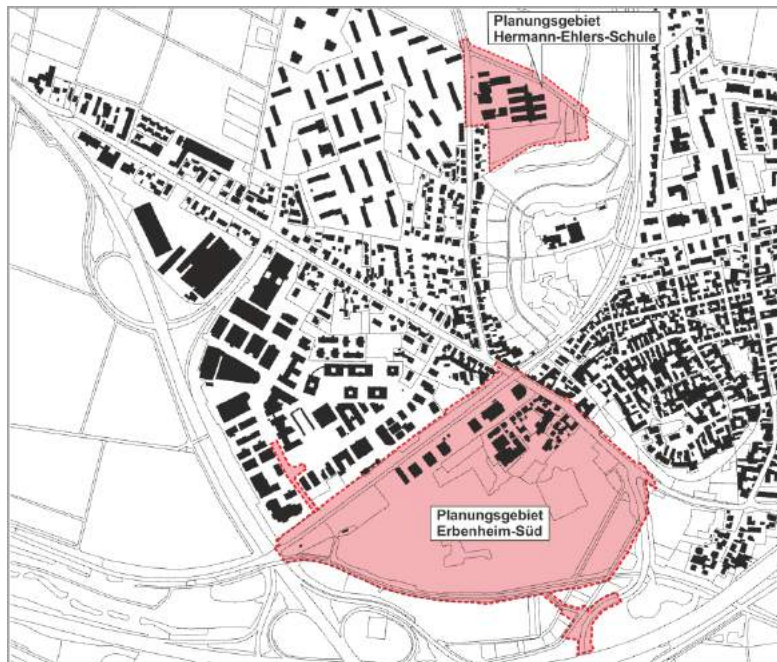


Abb. 4.04: Lage der Planungsgebiete „Erbenheim-Süd“ und „Hermann-Ehlers-Schule“

Im Planungsgebiet „Hermann-Ehlers-Schule“ zwischen Tempelhofer Straße im Westen und der Wäschbachau im Osten ist der Bau einer neuen 3-Feld-Sporthalle geplant. Da sich der Planungsstandort am Rand der stadtklimatisch bedeutsamen und derzeit intakten Kaltluftleitbahn „Wäschbachau“ befindet, wurde mit Hilfe eines Klimagutachtens (ÖKOPLANA 2016/2017: Klimagutachten zum geplanten Neubau einer 3-Feld-Sporthalle „Hermann-Ehlers-Schule“ im Ortsbezirk Wiesbaden-Erbenheim) eine klimaökologisch optimierte Planung entwickelt. Der lokale Kaltluftvolumenstrom entlang der Wäschbachau nimmt örtlich nur um ca. 1% ab.

Ca. 3 km nordöstlich des Stadtentwicklungsprojekts Ostfeld / Kalkofen wird im Ortsbezirk Nordenstadt das Wohnbauprojekt „Hainweg“ realisiert (**Abb. 4.05**).

Das Wohngebiet wird auf einem sanft nach Südsüdosten abfallenden Gelände zwischen K 663 im Süden, Heerstraße im Norden und Eichelhägerstraße im Osten entwickelt. Da die Bebauung laut Klimafunktions- und Klimabewertungskarte der Landeshauptstadt Wiesbaden (Magistrat der Stadt Wiesbaden – Umweltamt 2011) auf einer Freifläche erfolgt, die als siedlungsnahes, aktiv wirkendes Kalt- und Frischluftproduktionsgebiet fungiert, wurden im Rahmen eines Klimagutachtens (ÖKOPLANA 2015: Vertiefendes Klimagutachten zur geplanten baulichen Entwicklung des Wohngebiets „Hainweg“ in Wiesbaden-Nordenstadt) Planungsvorgaben zur Vermeidung großflächiger klimatischer Zusatzbelastungen entwickelt.

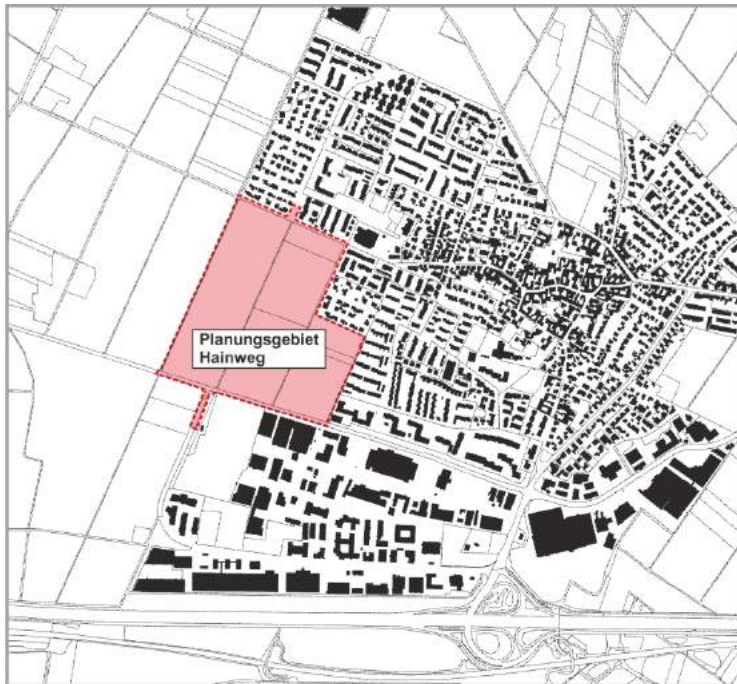


Abb. 4.05: Lage des Planungsgebiets „Hainweg“

Im Norden des Wiesbadener Ortsbezirks Kastel steht westlich der Boelckestraße die baulich Entwicklung von Gewerbegebietsflächen an (Bebauungsplan „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“, **Abb. 4.06**).

Der seit dem 20.10.2000 rechtskräftige Bebauungsplan „*Wiesbadener Straße / Petersweg. 1. Änderung – Gebiet östlich der Anna-Birle-Straße in Mainz-Kastel*“ wird hierzu den aktuellen Planungserfordernissen angepasst.

Zur Berücksichtigung der klimaökologischen Belange, wurde auf Grundlage verschiedener Planungsentwürfe ein Klimagutachten erstellt (ÖKOPLANA 2014/2016: Klimagutachten zu den Bebauungsplangebieten „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“ und „Boelckestraße – Bereich nördlich des Otto-Suhr-Rings“ im Ortsbezirk Kastel).

Es verdeutlicht anhand einer Datenanalyse und mit Hilfe von numerischen Modellrechnungen, dass die Sicherung einer ausreichenden Belüftungsintensität durch lokale Hangabwinde im B-Planungsgebiet „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“ für die stadtklimatischen Umgebungsbedingungen im Ortsbezirk Kastel von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.

Im Rahmen von Variantenbetrachtungen wurden strömungsgünstige / klimaverträgliche Baustrukturen erarbeitet. Es bleibt gesichert, dass entlang der Boelckestraße eine großzügige Ventilationsachse bestehen bleibt und die Anlage netzförmig strukturierter Straßen eine intensive Belüftung der Gewerbeflächen sichert.

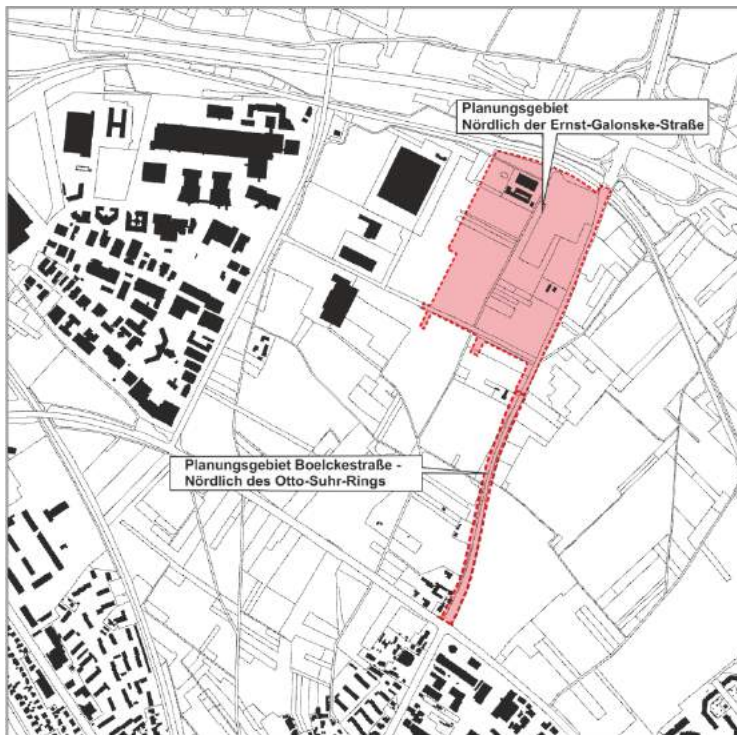


Abb. 4.06: Lage der Planungsgebiete „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“ und „Boelckestraße – Nördlich des Otto-Suhr-Rings“

Zwischen Ernst-Galonske-Straße im Norden und Otto-Suhr-Ring im Süden soll zudem die Boelckestraße 4-spurig ausgebaut werden (Bebauungsplan „Boelckestraße – Bereich nördlich des Otto-Suhr-Rings“). Damit verbunden ist ein Verlust an straßenbegleitenden Frei-/Grünflächen.

Das Klimagutachten zeigt auf, dass der 4-spurige Ausbau der Boelckestraße im unmittelbaren Fahrbahnbereich in sommerlichen Strahlungsnächten einen Anstieg der Lufttemperatur von ca. 1.0 – 1.4°C erwarten lässt. Durch die kühlende Wirkung der begleitenden Grünflächen, wie sie auf der Westseite durch den Bebauungsplan „Wiesbadener Straße / Petersweg. 1. Änderung – Gebiet östlich der Anna-Birle-Straße in Mainz-Kastel“ gesichert sind, wird die Wärmeaura der Straße jedoch räumlich eng begrenzt. Auch der beidseitig vorgesehene Grünstreifen mit Bäumen ist klimaökologisch vorteilhaft. Die Straßenbäume bewirken am Tag – abhängig vom Kronendurchmesser – eine Teilverschattung der Boelckestraße, wodurch die Oberflächentemperatur herabgesetzt wird.

Wohnbebauung ist von relevanten thermischen Zusatzbelastungen nicht betroffen, so dass die vorgesehene Baumaßnahme aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren ist. Dabei wird vorausgesetzt, dass im Zuge der Gewerbegebietsentwicklung westlich der Boelckestraße, die geplante begleitenden Grünflächen (siehe Bebauungsplan „Wiesbadener Straße / Petersweg. 1. Änderung – Gebiet östlich der Anna-Birle-Straße in Mainz-Kastel“) voll umfänglich gesichert bleiben.

Eine weitere städtebauliche Entwicklungsmaßnahme im Umfeld des Planungsgebiets Ostfeld / Kalkofen ist im Wiesbadener Stadtbezirk Süd-Ost im Bereich des Gewanns „Zweibörn“ in nördlicher Nachbarschaft zum Südfriedhof vorgesehen (**Abb. 4.07**).

Auf einer ca. 8.5 ha großen Fläche sollen ca. 500 Wohneinheiten entstehen. Da sich der Planungsstandort laut Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Wiesbaden mit seinen vegetationsbedeckten Freiflächen in einem potenziell aktiven Kalt- und Frischluftentstehungsgebiet befindet, ist eine bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen aus klimafunktionalen Gründen nur dann zu unterstützen, wenn klimaökologische Vorgaben bzgl. der Belüftung und des Bioklimas Berücksichtigung finden. Das landschaftsplanerische Leitbild sieht den Erhalt und die Entwicklung eines gut durchgrüntes Siedlungsbereichs vor.



Abb. 4.07: Lage des Planungsgebiets „Zweibörn“

Im Rahmen einer Klimaexpertise (ÖKOPLANA 2015b: Klimastudie „Zweibörn“ zur Vorbereitung eines städtebaulichen Realisierungswettbewerbs in Wiesbaden Süd-Ost) wurden die ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe auf Grundlage vorhandener Klimadaten und der Klimawirkung der örtlichen Flächennutzungs- und Reliefstrukturen analysiert.

Darauf aufbauend wurde das klimaökologische Leitbild präzisiert und Möglichkeiten aufgezeigt, um im Planungsgebiet und in der benachbarten Bestandsbebauung günstige Belüftungsverhältnisse zu sichern und eine gravierende Zunahme der bioklimatischen Belastung, insbesondere an heißen Sommertagen und in Tropennächten, zu unterbinden.

Eine weiteres Vorhaben betrifft die Deponieerweiterung Dyckerhoffbruch. Die ebenfalls von der iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG Klimastudie ist noch nicht veröffentlicht. Erste Ergebnisse weisen einen an der nördlichen Flanke des geplanten Deponiekörpers auftretenden Stau effekt mit Umlenkungen in westliche und südöstliche Richtungen in Richtung Fort Biehler nach.

Eine Untersuchung, die die Summenwirkung aller im Umfeld des Ostfeldes geplanten Nutzungsänderungen beschreibt, existiert momentan nicht.

4.2 ERGEBNISSE DER MODELLRECHNUNGEN

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur in 2 m Höhe, bodennahes Strömungsfeld, Kaltluftvolumenstrom, Kaltluftproduktionsrate und humanbioklimatische Belastung erläutert. Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine austausch-arme Wetterlage zugrunde gelegt, da sich die stadtklimatischen Effekte vor allem während windschwacher Strahlungswetterlagen im Sommer entwickeln. Auslöser dieser Prozesse sind die Temperaturunterschiede zwischen vergleichsweise warmen Siedlungsräumen und kühleren vegetationsgeprägten oder unbebauten Flächen. Dargestellt werden die Ergebnisse für den Zeitpunkt 4 Uhr morgens. Für die zweite Nachthälfte wurde ein Zustrom aus Norden angenommen („Tanusabwind“). Die Analyse der bioklimatischen Belastungssituation mit Hilfe der einzelnen Klimaparameter ist geeignet planungsrelevante Aussagen im Rahmen einer vorsorgeorientierten Umweltplanung zu liefern.

4.2.1 OBERFLÄCHENNAHE LUFTTEMPERATUR

Allgemeines: Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages ein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen, so dass sich bereits auf kleinem Raum ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 7 K Temperaturabweichung einstellen kann.

Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume. Die in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören:

- die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Boden- und Oberflächeneigenschaften
- die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche
- die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut
- die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt)
- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischen Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland
- die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung.

Doch auch die Luftvolumina über grünteprägtten Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmestand auf. Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u.a. ihrer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu usw.) bestimmt. Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage im Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus.

Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte, insgesamt vermittelnde Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, wobei hier sauerstoffreiche, staubfreie und wenig belastete Luft entsteht. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen humanbioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen.

Bodennahe Lufttemperatur im Untersuchungsgebiet: Die **Abb. 4.09** auf Seite 25 stellt das modellierte Lufttemperaturfeld in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 4 Uhr dar. Es umfasst unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen eine Spannweite von etwa 7 Kelvin (K) und erreicht dabei Werte zwischen 14°C und 21°C. Die mittlere Temperatur des Untersuchungsgebietes liegt bei 17 °C.

Die höchsten Temperaturen von über 21°C treten im Bereich der größeren gewerblich genutzten Gebäudekomplexe in Mainz-Nord und im Industriepark Kalle-Albert auf. Dies beruht auf überdurchschnittlich hohe Versiegelungsgrade und Bauvolumina, die hier die nächtliche Abkühlung vermindern. In den durch Einzel- und Reihenhausbebauung geprägten Siedlungsräumen herrschen je nach Lage Werte um 18°C vor. In Abhängigkeit von Bebauungsdichte und Standort im Mosaik der Nutzungen variieren die Temperaturen innerhalb der übrigen Bebauungstypen im Rahmen dieser thermischen Extremwerte.

Die niedrigsten Temperaturen im Untersuchungsgebiet sind mit unter 14°C über den ausgedehnten Ackerflächen im Bereich Quirnbach/Wäschbach zu verzeichnen. Die Flächen des Plangebietes weisen entsprechend ihres weiträumigen Freiflächencharakters Lufttemperaturen zwischen 14°C (über den Äckern nordwestlich von Fort Biehler und in der Wäschbachau) und 19°C (im Bereich der gewerblichen Flächen am Pfaffenloch) auf.

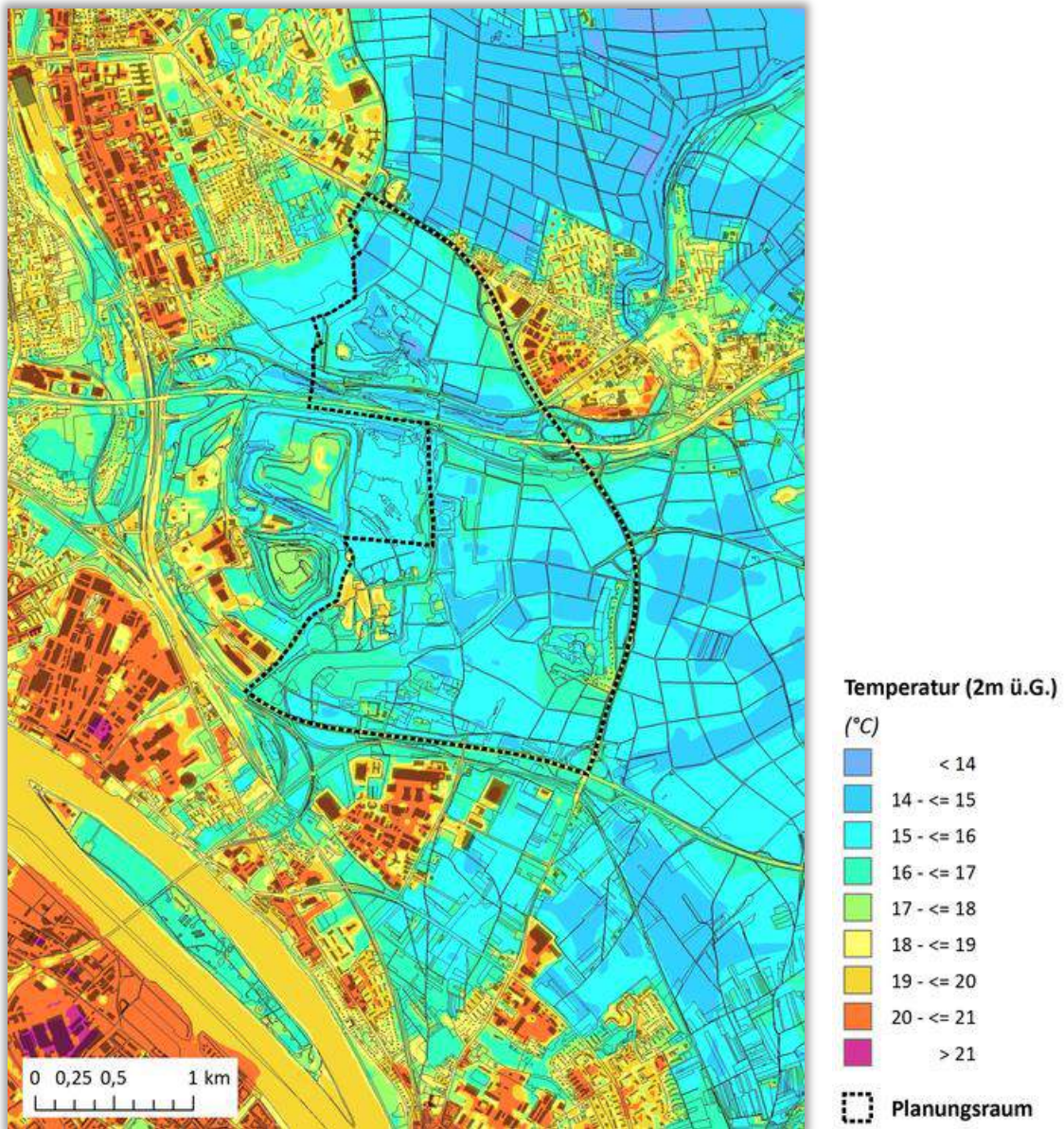


Abb. 4.08: Nächtlche Lufttemperatur (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C)

4.2.2 BODENNAHE STRÖMUNG DER KALTLUFT

Allgemeines: Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen unterschiedlichen nächtlichen Abkühlungsarten der einzelnen Flächen verursachen Temperatur- und Dichteunterschiede, die zu lokalen Ausgleichsströmungen führen. Die auf stadtnahen Flächen entstandene Kaltluft setzt sich aufgrund ihrer höheren Dichte in Richtung der wärmeren Siedlungsräume in Bewegung (siehe **Abb. 4.10**). Die Ausprägung dieser **Flurwinde** wird in erster Linie durch den Temperatur- und damit verbundenen Dichteunterschied bestimmt sowie durch die Rauigkeit des überströmten Geländes beeinflusst. Flurwinde sind eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können. Ihre Geschwindigkeit liegt meist unterhalb von $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kleinräumige Strömungsphänomene, die zwischen einzelnen strukturellen Elementen innerhalb der Stadt auftreten, werden **Strukturwinde** genannt.

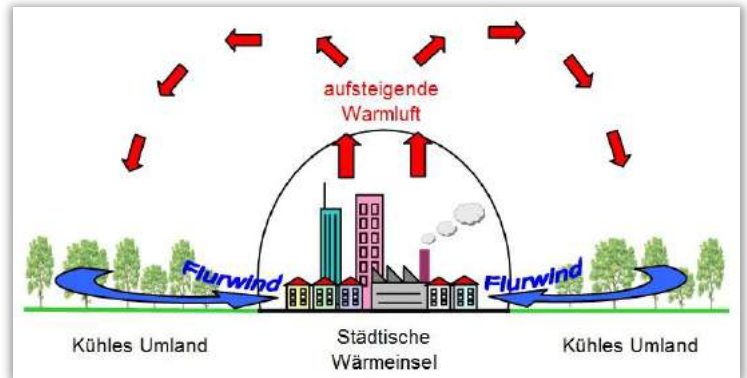


Abb. 4.09: Vereinfachtes Schema Flurwind

An geneigten Flächen fließt außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft hangabwärts. Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird vornehmlich durch die Hangneigung des Geländes, die Temperaturdifferenz und den Strömungswiderstand der überströmten Flächen bestimmt. Solche orographisch bedingten Kaltluftabflüsse erreichen durchweg höhere Strömungsgeschwindigkeiten als rein thermisch angetriebene Ausgleichsströmungen in ebenem Gelände. **Hangabwinde** erreichen maximale Abflussgeschwindigkeiten von etwa $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ihre Mächtigkeit liegt zumeist unterhalb von 10 m (HERGERT 1991). Im Berg- und Bergvorland sind Hangwinde oftmals Teilglieder einer übergeordneten Berg- und Talwindzirkulation. Aufgrund ihrer größeren Einzugsgebiete sind nächtliche Bergwinde deutlich stärker ausgeprägt als Hangabwinde und erreichen bei Mächtigkeiten von mehreren Dekametern Strömungsgeschwindigkeiten von über $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (WERNER 1979).

Den hier beschriebenen Phänomenen kommt eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis. Aus diesem Grund ist die Durchlüftung der Stadtkörper und ihr Luftaustausch mit dem Umland generell herabgesetzt. Die Abfuhr von schadstoffbelasteten und überwärmten Luftmassen in den Straßenschluchten kann in Abhängigkeit von der Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr frischer und kühlerer Luft eine bedeutende klima- und immis-sionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Bodennahe Strömung im Untersuchungsgebiet: Die **Abb. 4.11** zeigt das für den Zeitpunkt 4:00 Uhr modellierte Strömungsfeld, das sich in der Analysesituation während einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungswetternacht autochthon herausgebildet hat. Die momentane Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren dargestellt. Abgebildet sind alle Rasterzellen, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von $\geq 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund.

Neben der flächeneigenen Kaltluftproduktion, die dazu beiträgt, die Strömungssysteme in ihrer Intensität und thermischen Charakteristik zu erhalten, wirken Teile des Planungsraumes als hindernisarme Überströ-

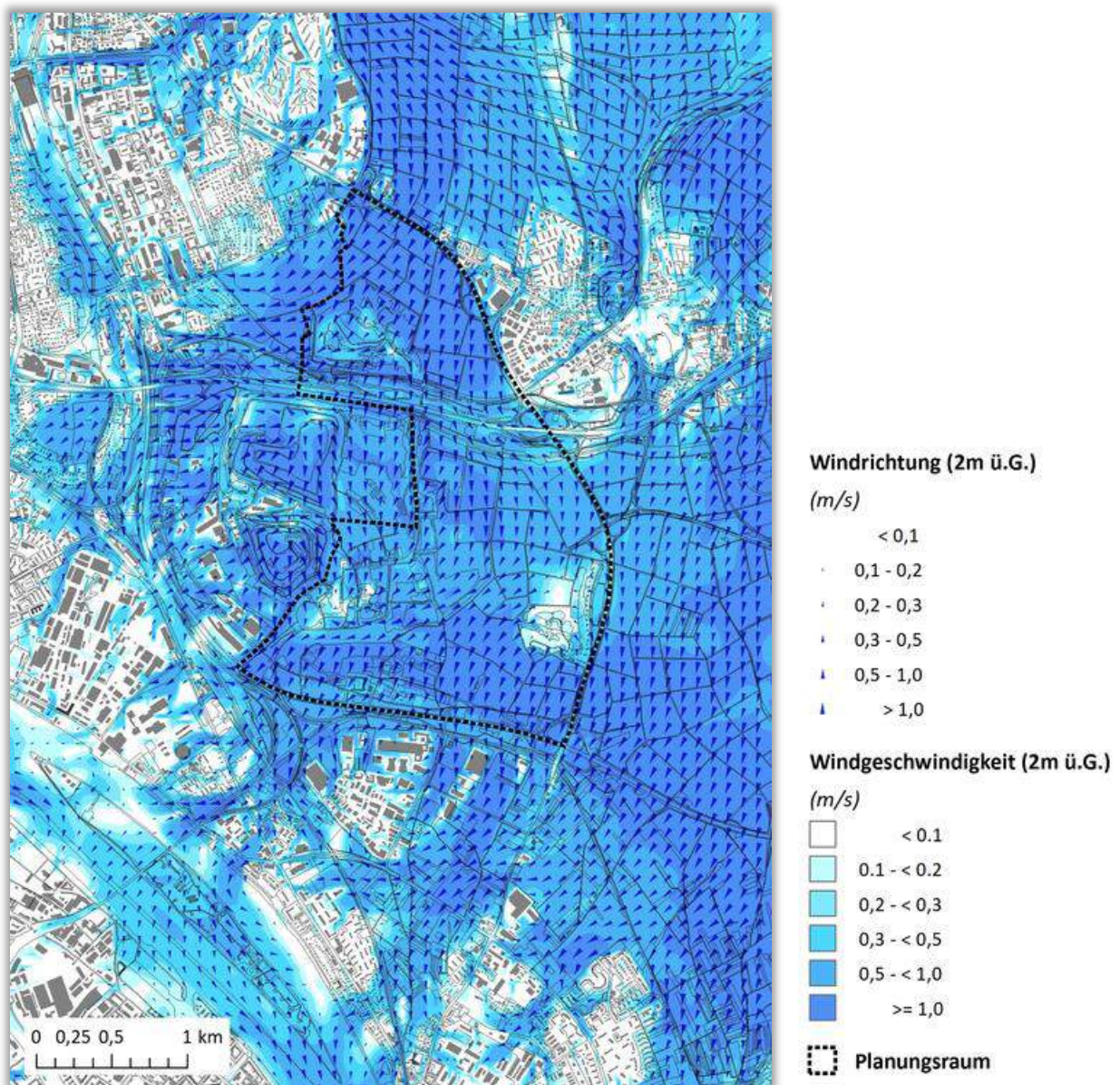


Abb. 4.10: Bodennahes Strömungsfeld (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s Richtungsvektoren von 20 m auf 100 m aggregiert)

mungsbereiche von Luftmassen aus nördlich gelegenen Ackerflächen, die im Bereich Wäschbachaue/Südfriedhof in Richtung Wiesbaden-Südost weitergeleitet werden und dort zum Austausch überwärmter Luftmassen beitragen können. Ein Teil dieser Kaltluftströmung fließt am Kalkofen vorbei in südliche Richtungen und wird im weiteren Verlauf durch die Hinderniswirkung der Querung Wäschbachtal/A66/Bahntrasse nur leicht abgeschwächt. An der folgenden Geländemulde nördlich des Forts Bieler werden die Strömungen nach Westen abgelenkt. Hier können sich die Luftmassen, bei wieder zunehmender Reliefenergie, noch einmal beschleunigen, bevor sie westlich (im Bereich Hambuschboden) und östlich (über die noch unbebauten Flächen des Gewerbegebietes Petersweg) in die Rheinebene eindringen. Durch die zwischen diesen hindernisarmen Flächen liegende Gewerbebebauung wird die Strömung in den südlichen Zentralbereichen jenseits der BAB 671 nahezu vollständig abgeriegelt. Beidseitig davon und dort, wo im weiteren Verlauf rauigkeitsarme Flächen bestehen geblieben sind, kann sich die Luft weiter in Richtung südliches Kastel bewegen sowie über den Rhein und die noch einmal Kaltluft besteuernde Petersaue hinweg in Richtung Mainzer Neustadt. Die Ergebnisse der Strömungsrechnungen stützen somit insgesamt die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der bisherigen Untersuchungen.

4.2.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM

Allgemeines: Den lokalen, durch Dichteunterschiede angetriebenen Ausgleichsströmungen kommen während windschwacher Nächte eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und auch Schadstoffbelastungen der Siedlungsräume zu. Die potenzielle Ausgleichsleistung der Kaltluftströmung kann aber nicht allein aus der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit abgeleitet werden, da sie zu einem wesentlichen Teil von der Mächtigkeit der Kaltluftschicht und damit von der tatsächlich transportierten Masse an Kaltluft abhängig ist. Als quantitativer Parameter für die Ausgleichsleistung von Flächen wird daher der sogenannte Kaltluftvolumenstrom betrachtet, der das transportierte Volumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt. Dabei wird das transportierte Luftvolumen über die absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert), während die horizontale Breite der Fläche stets einem Meter entspricht („Kaltluftvolumenstromdichte“). Der Kaltluftvolumenstrom bestimmt daher neben der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials einer Fläche.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Der jeweilige Beitrag beschleunigender und bremsender Faktoren zur Dynamik der Strömung wird unter anderem stark von der bisherigen zeitlichen Entwicklung des Abflusses beeinflusst. So können beispielsweise die Kaltluftströmungen über einer Fläche sich im Laufe der Nacht dadurch ändern, dass die Fläche zunächst in einem Kaltluftabflussgebiet und später in einem Kaltluftammelgebiet liegt. Letzteres kann als Hindernis auf nachfolgende Luftmassen wirken und von diesen über- oder umströmt werden kann. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab – wobei die Kaltluft selber auf all diese Parameter modifizierend einwirken kann.

Gebäude, Mauern, Straßendämme oder Lärmschutzwände wirken als Strömungshindernisse und können luvseitig markante Kaltluftstaus auslösen. Mächtigere Kaltluftschichten, die sich häufig erst im Laufe einer Nacht ausbilden, über- oder umströmen solche Hindernisse. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt wesentlich von der Bebauungsdichte und -höhe aber auch der anthropogenen Wärmezufuhr ab. Auch natürliche Hindernisse wie zum Beispiel dichte Baum- oder Strauchbestände wirken bremsend. Ebenso tragen natürliche Wärmequellen wie z.B. Wasseroberflächen zu einer Erwärmung der Kaltluftschicht bei und beeinflussen so die Ausgleichsströmungen.

Kaltluftvolumenstrom im Untersuchungsgebiet: Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Auf eine gesonderte Ergebnisbeschreibung wird daher zunächst verzichtet wird. Eine besondere Bedeutung erlangt der Kaltluftvolumenstrom bei der quantitativen Beurteilung der klimafunktionalen Erheblichkeit der vorliegenden Planungen (siehe Kapitel 5). Die **Abb. 4.12** auf Seite 30 stellt die Kaltluftdynamik der Ist-Situation dar.

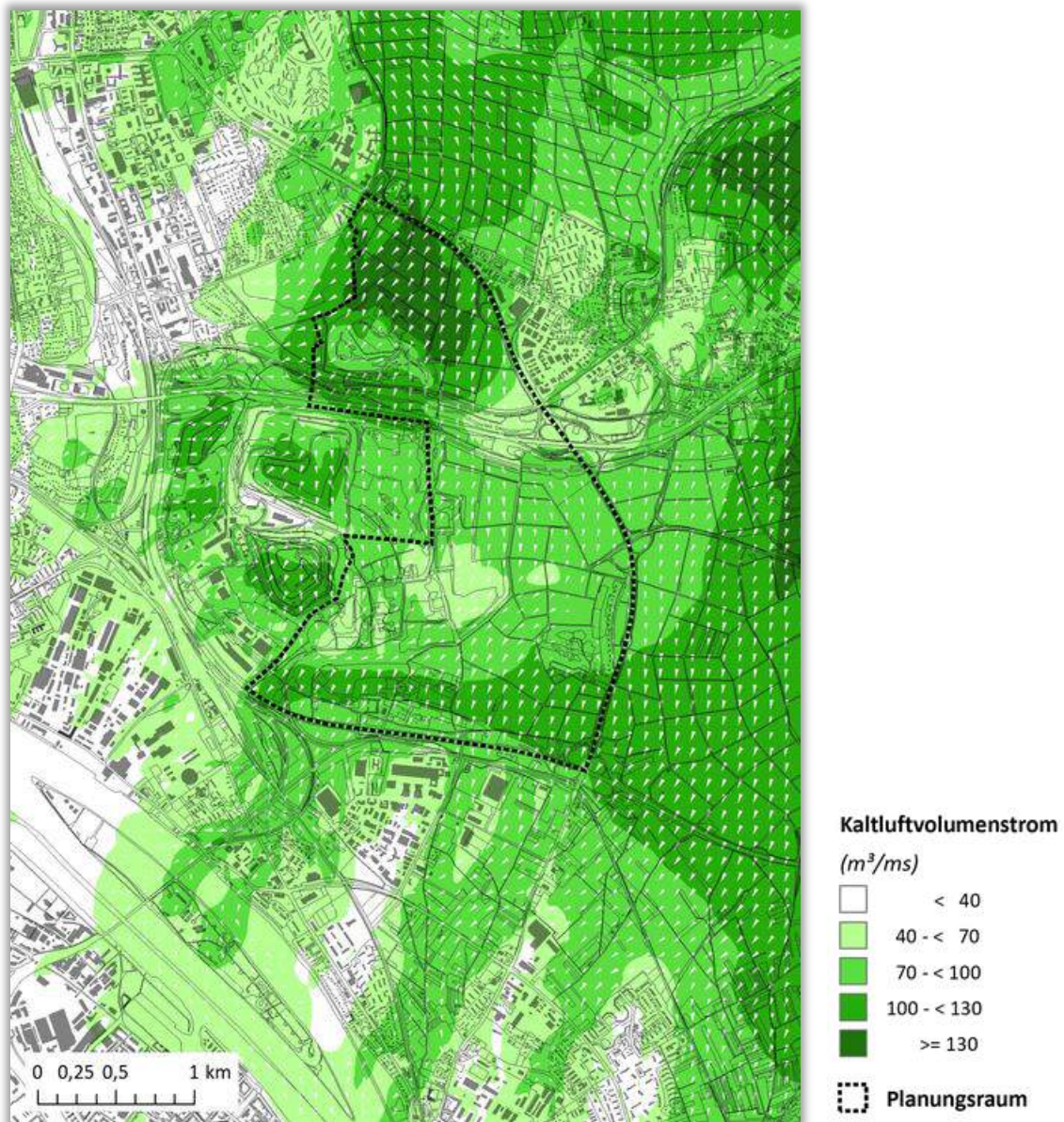


Abb. 4.11: Kaltluftvolumenstromdichte (4:00 Uhr in $m^3/m \cdot s$) mit bodennaher Strömungsrichtung

4.2.4 KALTLUFTPRODUKTIONSRATE

Einige landnutzungstypische Charakteristika der Kaltluftentstehung wurden bereits auf den Vorseiten angesprochen. Ganz allgemein erreicht die langwellige Ausstrahlung des Erdbodens bei wolkenlosem Himmel und geringem Wasserdampfgehalt der unteren Luftschichten – d. h. bei verminderter atmosphärischer Gegenstrahlung – kurz nach Sonnenuntergang ihren maximalen Wert. Die damit verbundene Abkühlung der Erdoberfläche und der unmittelbar angrenzenden bodennahen Luft wird im weiteren Verlauf der Nacht einerseits durch turbulenten vertikalen und horizontalen Wärmeaustausch aus benachbarten Luftschichten, andererseits durch Wärmeleitung aus tieferliegenden Bodenschichten modifiziert. Für die Ausprägung des turbulenten Wärmeaustausches sind das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage des betreffenden Kaltluftentstehungsgebietes im thermisch differenzierten Mosaik angrenzender Flächen verantwortlich. Die Wärmenachlieferung aus dem Boden wird vornehmlich von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität des Substrates sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen wie Vegetation und Laubstreu bestimmt.

Aus der **Abkühlungsrate (Temperaturabnahme pro Zeiteinheit)** die sich im Verlaufe der Nacht über eine Fläche beobachten lässt, kann die Kaltluftproduktion der Fläche abgeschätzt werden. Die **Kaltluftproduktionsrate** beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft. Gerade über Grün- und Freiflächen zeigt der Tagesgang der Lufttemperatur eine große Amplitude, so dass solche Flächen entsprechend hohe Kaltluftproduktionsraten aufweisen. Ihre Bestimmung kann mit erheblichen Fehlern behaftet sein, was sowohl für die modellhafte Berechnung als auch für die Geländemessung gilt. Auf einen Vergleich der Kaltluftproduktionsraten von Ist- und Plansituation im folgenden Kapitel wird daher verzichtet. Es ist davon auszugehen, dass die Kaltluftproduktion von überbauten und versiegelten Grün- und Freiflächen mehr oder weniger vollständig verloren geht. Da die Kaltluftproduktion im Mosaik der unterschiedlich genutzten Flächen in besonderem Maße von der konkreten planerischen Ausgestaltung der Oberflächen abhängig ist, wird dieser Aspekt detaillierter zu berücksichtigen sein, wenn eine innere städtebauliche Differenzierung der Teilräume ausgearbeitet wurde.

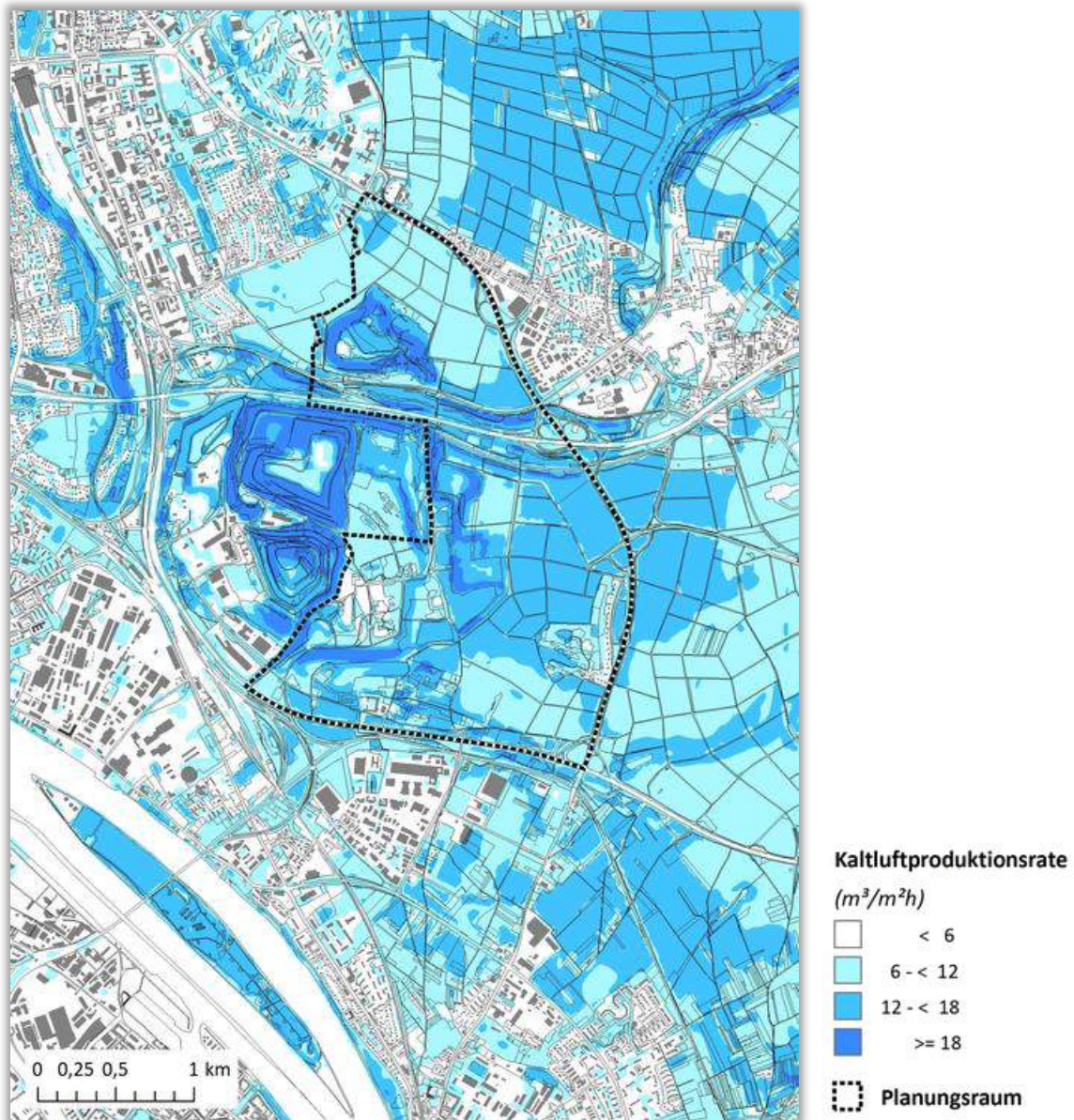


Abb. 4.12: Kaltluftproduktionsrate (4:00 Uhr in m^3/m^2 und Stunde)

4.3 KLIMAÖKOLOGISCHES LEITBILD FÜR DAS OSTFELD

Die im Rahmen dieser Untersuchung ausgewerteten Studien und eigens durchgeführten Modellrechnungen weisen das Gebiet Ostfeld / Kalkofen einheitlich als klimaökologisch bedeutsamen Raum aus. Aufgrund seiner Größe und seiner Lage als verbindendes Element zwischen kaltluftproduzierenden Flächen im Norden und städtischen Bereichen im Süden und Westen ist er ein wesentlicher Bestandteil des Wiesbadener Grünsystems. Die Flächen dienen dabei nicht nur als hindernisarme Überströmungsbereiche für die aus dem Einflussbereich des Taunus abfließende Kaltluft, sondern produzieren selbst Kaltluft, die dazu beiträgt, die Strömungssysteme in ihrer Intensität und thermischen Charakteristik zu erhalten. Die gleichzeitige Funktion als Kaltluftüberströmungs- und Kaltluftentstehungsgebiet kann die Effektivität einer Ausgleichsfläche entscheidend erhöhen. Gemäß den Berechnungen des Deutschen Wetterdienstes fließt die Luft in der ersten Nachthälfte über die zugehörigen und großräumig benachbarten Flächen im Osten sogar bis in die Mainzer Innenstadt (DWD 2017).

Aus klimaökologischer Sicht ist die zunehmende bauliche Inanspruchnahme von Freiflächen grundsätzlich kritisch zu betrachten. Vor dem Hintergrund einer weiter wachsenden Stadt bei gleichzeitig voranschreitendem Klimawandel wird es in Zukunft eine wichtiger und schwieriger werdende stadtplanerische Herausforderung bleiben, einen funktionalen Ausgleich zwischen den unterschiedlichen Nutzungsansprüchen zu schaffen. Ziel eines klimaökologischen Leitbildes für das Gebiet Ostfeld / Kalkofen muss es daher sein, die potenziell mit der geplanten Nutzungsintensivierung konkurrierenden klimatischen Funktionen des Untersuchungsraumes so weit wie möglich zu erhalten. Hierbei ist ein besonderes Augenmerk auf die angepasste Verortung der einzelnen Siedlungsbereiche im Untersuchungsgebiet zu richten. Das Fachgutachten Stadtklima Wiesbaden (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2011) und das zugehörige Kartenwerk bietet hierfür eine fundierte und durch die in Kapitel 4 aufgeführten Untersuchungen unterstützte Grundlage. Bei der Entwicklung der Szenarien diene es bereits als Grundlage zur Berücksichtigung des Schutzgutes Klima. Die konkrete innere Ausgestaltung der Baugebiete nach Baukörperstellung, Maß der baulichen Nutzung, Begrünung usw. lässt sich im weiteren Planungsprozess klimawirksam optimieren.

5. Auswirkungen der Planungen auf das Umfeld

Um klimaökologische Unterschiede und planbedingte humanbioklimatische Beeinträchtigungen aufzeigen zu können, wurden aus den in **Abb. 2.02** (Seite 6) dargestellten Bebauungskonzepten drei Planszenarien des Untersuchungsgebietes abgeleitet und entsprechend der geplanten Strukturhöhen- und Versiegelungsentwicklung für die Modellrechnungen GIS-gestützt parametrisiert. Die Ergebnisse der Rechnungen wurden einzeln analysiert und sowohl untereinander als auch mit der bereits beschriebenen Analysesituation verglichen. Dieser Vergleich dient der Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen der jeweiligen Flächen-nutzungsänderungen auf die in der Ist-Situation (siehe Kapitel 4) hervorgehobenen klimafunktionalen Prozesszusammenhänge im Untersuchungsgebiet.

Hierbei stehen zunächst die vorhabenbedingten, aber planexternen Effekte auf benachbarte Siedlungsräume im Vordergrund. Da die Planvarianten zum Zeitpunkt der Modellierungen noch keine innere Differenzierung aufwiesen, aus denen sich beispielsweise die Lage von Baufeldern, Straßenzügen oder Garten- und Grünflächen ableiten ließen, sind die Rechnungen nicht nur als thermische, sondern auch als baustrukturelle Worst-Case-Szenarien aufzufassen.

Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf die Modellergebnisse für das Szenario P1 und dessen weiteren Konkretisierungen. Dieses Szenario wurde im weiteren Planungsverlauf aufgrund konkurrierender städtebaulicher Erfordernisse – also unabhängig von klimaökologischen Betrachtungen – als Vorzugsszenario (Szenario A) ausgewählt.

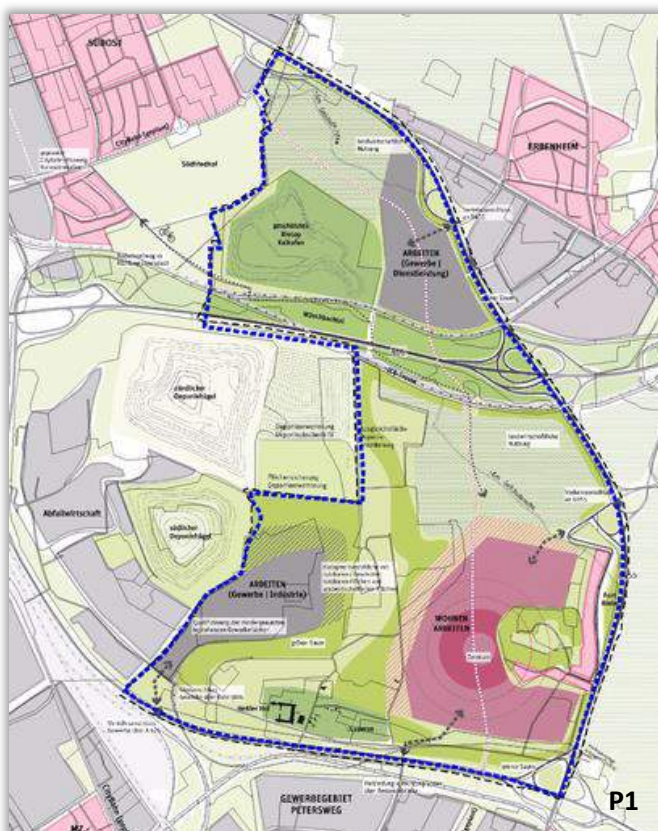


Abb. 5.01: Szenario P1 (Vorzugsszenario) Stadtentwicklung Ostfeld / Kalkofen (PESCH PARTNER 2018a)

5.1 OBERFLÄCHENNAHE LUFTTEMPERATUR

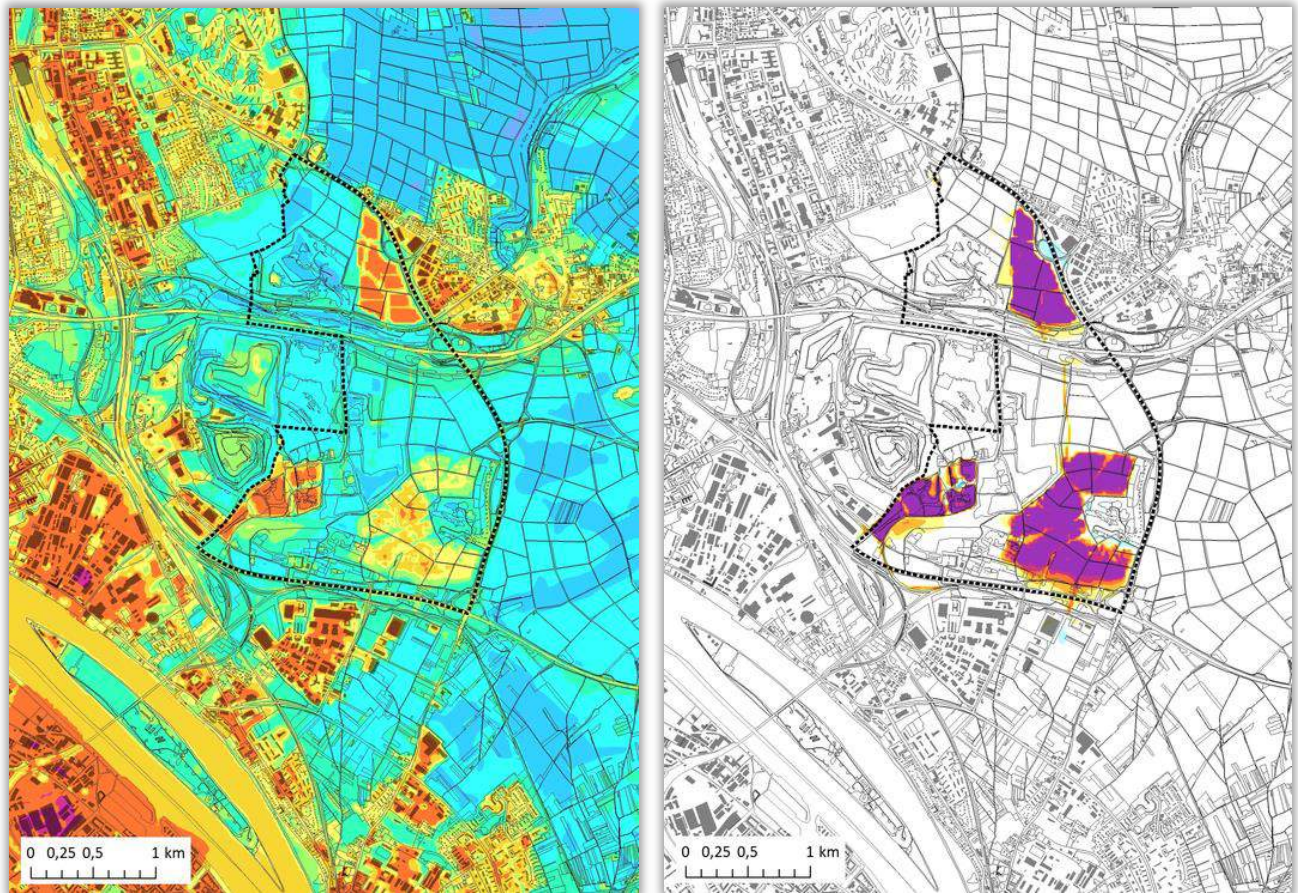
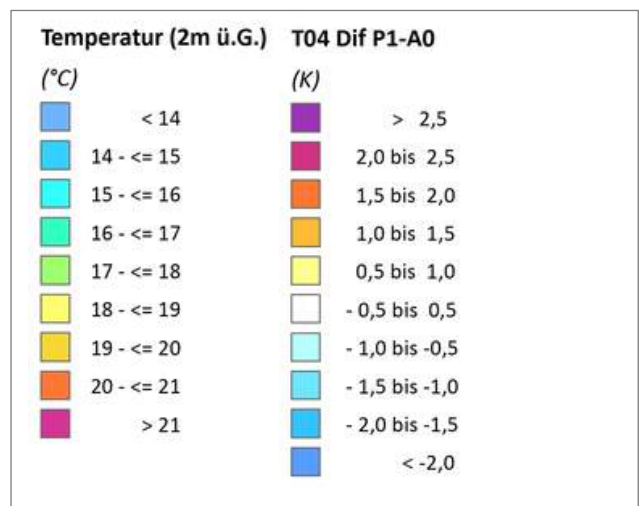


Abb. 5.02: Nächtliche bodennahe Lufttemperatur (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in K)

Die **Abb. 5.02** stellt links oben das modellierte nächtliche Lufttemperaturfeld des Planszenarios dar und vergleicht es rechts über eine Differenz mit der gegenwärtigen Situation (siehe Seite 25). Aufgrund der fehlenden internen Gliederung der Nutzungsänderungen treten die thermisch beeinflussten Bereiche relativ homogen hervor und umfassen Temperaturzunahmen gegenüber der Ist-Situation um bis zu 5 K. Die Temperaturabweichungen beschränken sich im Wesentlichen auf den Planungsraum selber. Lediglich im Bereich Hambuschboden und westlich der Anschlussstelle Wiesbaden-Erbenheim wurden auch für außerhalb liegende Flächen signifikante Temperaturerhöhungen modelliert.



5.2 BODENNAHE STRÖMUNG DER KALTLUFT

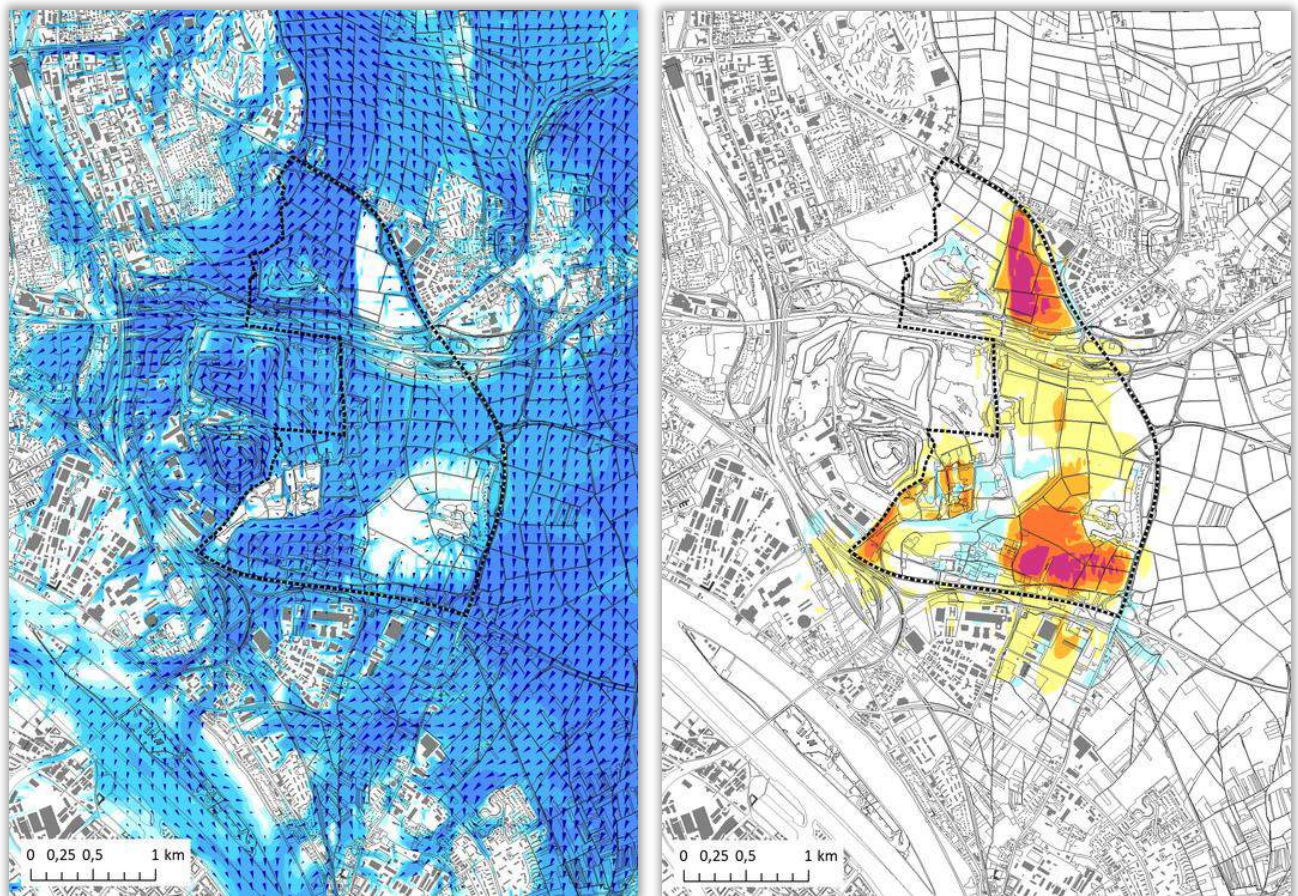
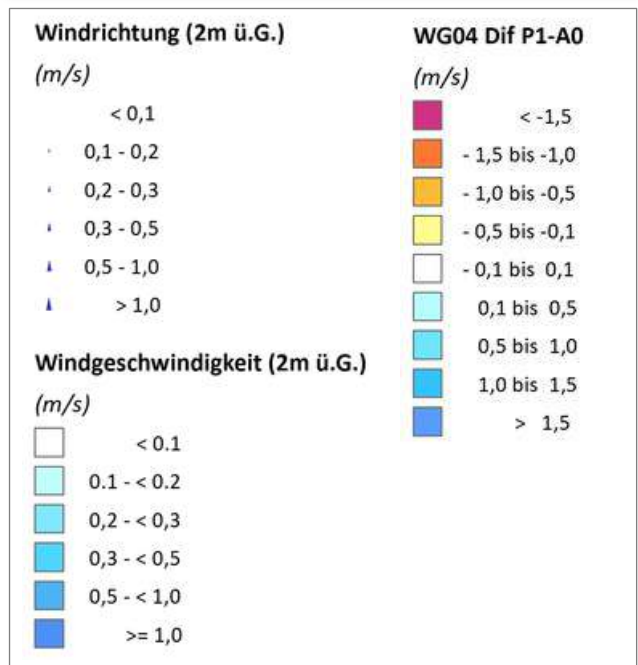


Abb. 5.03: Nächtliche bodennahe Kaltluftströmung (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in m/s)

Im Strömungsfeld des Planszenarios (**Abb. 5.03**) führt die Bebauung der Teilräume zu einer Verringerung der bodennahen Windgeschwindigkeiten um Werte von häufig über 0,1 m/s. Auffällig ist die flächenhafte Reduktion im Bereich zwischen dem nördlichen, gewerblich geprägten Teilraum und der geplanten Siedlung im Umfeld von Fort Biehler. Von dort aus in Richtung Westen sind hingegen leichte kanalisierungsbedingte Zunahmen zu verzeichnen (gekennzeichnet durch blaue Farbtöne). Auf den Flächen der Baufelder selbst kommt es erwartungsgemäß zu den stärksten Reduktionen um bis zu 1,5 m/s.

Wie schon beim Temperaturfeld wird auch hier die noch nicht mitberechnete interne Differenzierung



der Nutzungsänderungen deutlich. Die stärksten Auswirkungen außerhalb des Planungsraumes wurden den Ausbreitungsbedingungen gemäß wiederum im Süden, namentlich für die Bereiche Hambuschboden und die noch unbebauten Flächen des Gewerbegebietes Petersweg modelliert.

5.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe. Lediglich in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (VDI 2003) wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine planbedingte **Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 Prozent** im Umfeld von bioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten **als „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“** ausweist. Eine Verringerung um **5 – 10 Prozent wird als „mäßige Auswirkung“** eingestuft, **unterhalb von 5 Prozent wird die Auswirkung als „geringfügig“ angesehen**. Der Vorteil prozentualer oder relativer Werte liegt darin, dass Veränderungen recht kleiner Ausgangsvolumina überproportional hervor gehoben werden. In einer absoluten Differenzenbetrachtung würden solche Abnahmen nicht mehr dargestellt, obwohl gerade in humanbioklimatischen Sanierungsräumen geringe Ausgangsvolumina besonders bedeutsam sein können. Da die Kaltluftabflüsse über das gesamte Gebiet ein relativ hohes Niveau aufweisen, tritt der Effekt in dieser Untersuchung nicht besonders in Erscheinung.

Der prozentuale Vergleich der **Abb. 4.12** (Seite 30) und der **Abb. 5.04** auf der Folgeseite verdeutlicht die planerischen Auswirkungen auf die Abflussvolumina. Ausgehend von Volumenströmen bis zu $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ verringern sich die Kaltluftflüsse bis in eine Entfernung von etwa 1000 m im Umfeld der Planungen um mehr als 10 Prozent (hellorangefarbene Töne), wodurch „hohe vorhabenbedingte Auswirkungen“ gekennzeichnet sind. Verringerungen um 5 – 10 Prozent sind noch in etwa 900 m Entfernung außerhalb des Planungsraumes feststellbar. Hervorzuheben sind hierbei besonders die Abnahmen in den zugehörigen Siedlungsräumen an den Abschnitten der Wiesbadener Landstraße zwischen Dyckerhoffstraße und der Bahntrasse. Auch im Nordosten des Planungsraumes kommt es aufgrund von Stauwirkungen zu einer signifikanten Verringerung der Kaltluftvolumenstromdichte: Die Siedlungs- und Gewerbeflächen von Erbenheim weisen bis in eine Entfernung von bis zu etwa 300 m Wechselwirkungen mit dem in ihrem Süden vorgesehenen, gewerblich geprägten Teilraum auf. Auf diese Bereiche wird im Weiteren noch näher eingegangen.

Analog zum Windfeld tritt in den Umströmungsbereichen verglichen mit der Analysesituation stellenweise eine Zunahme der Kaltluftvolumina auf (blaue Farbtöne). Insbesondere zwischen der geplanten Siedlung am Fort Biehler und dem westlich vorgesehenen, gewerblich geprägten Teilraum werden die Kaltluftströmungen über den Freiflächen im Bereich Theuerbornshohl und Berstädter Weg deutlich verstärkt.

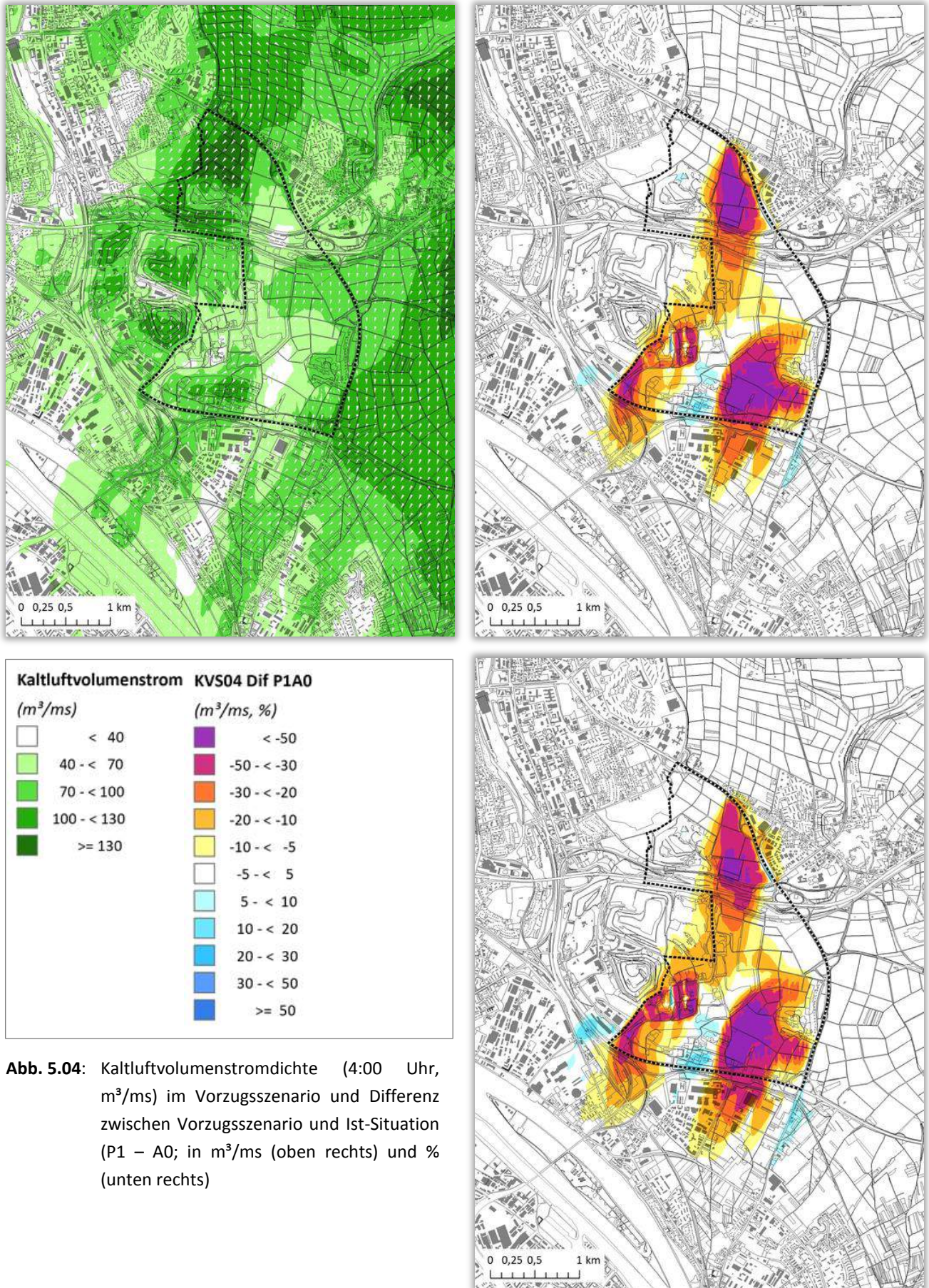


Abb. 5.04: Kaltluftvolumenstromdichte (4:00 Uhr, m³/ms) im Vorzugsszenario und Differenz zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation (P1 – A0; in m³/ms (oben rechts) und % (unten rechts))

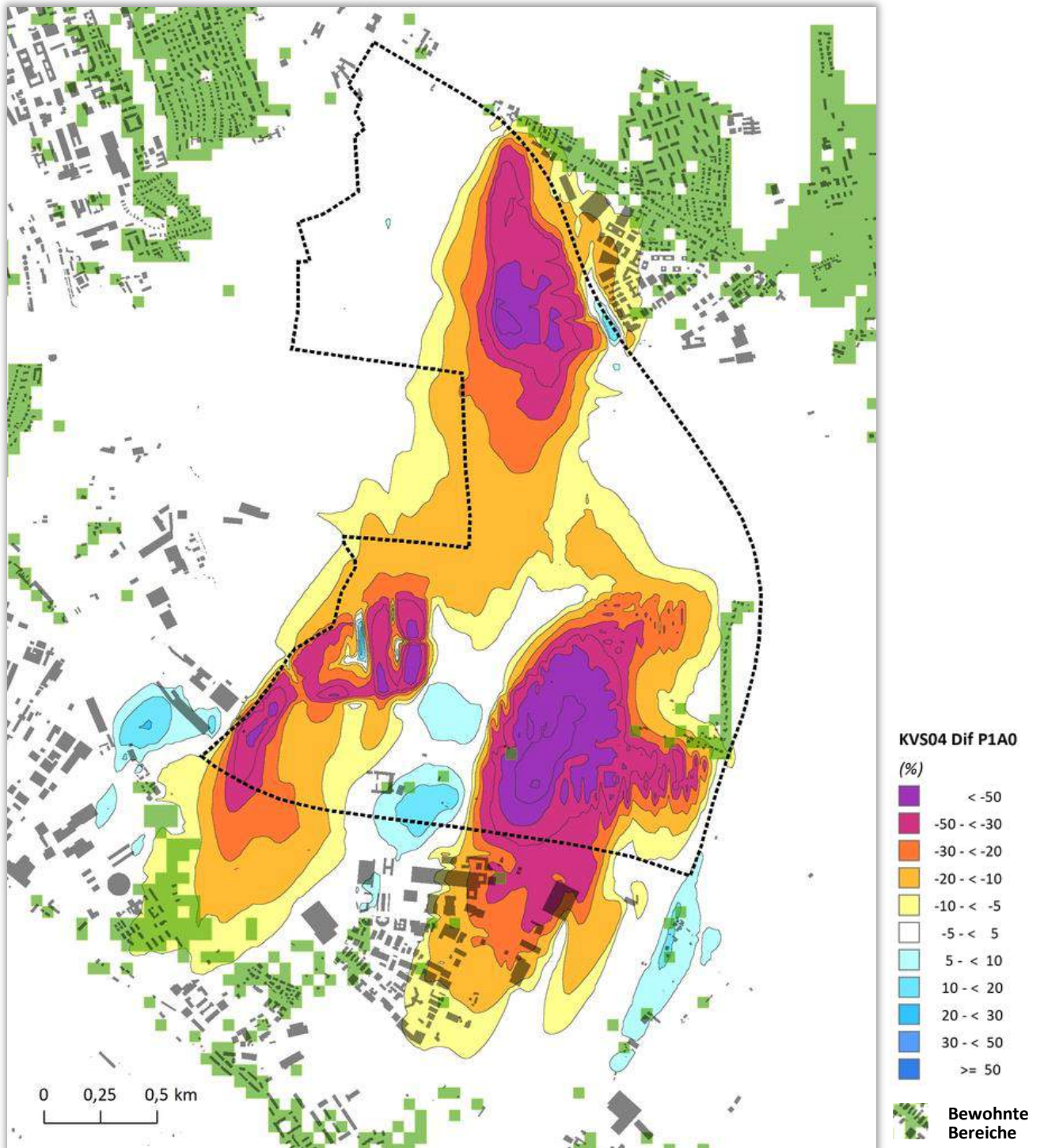


Abb. 5.05: Differenz der Kaltluftvolumenstromdichte zwischen Vorzugsszenario und Ist-Situation im Planraum (P1 – A0; in %, 4:00 Uhr) und 50 · 50m-Rasterzellen mit Einwohnern (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2018)

Die **Abb. 5.05** projiziert die prozentualen Modifikationen des Kaltluftströmungsfeldes auf ein 50m-Raster, das bebaute Flächen repräsentiert, die zum bewohnten Siedlungsraum zählen. Das Raster wurde vom Amt für Statistik und Stadtforschung der Landeshauptstadt Wiesbaden zur Verfügung gestellt (LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2018). Rein gewerblich genutzte Gebäude und Flächen gelten nicht als Aufenthaltsräume in den Nachtstunden, so dass eine nächtliche Wärmebelastung dort keine humanbioklimatischen Auswirkungen hat.

Insbesondere im Süden, an den Abschnitten der Wiesbadener Landstraße **zwischen Dyckerhoffstraße und der Bahntrasse**, aber auch **innerhalb des Gewerbegebietes Petersweg** sind einige Flächen des bewohnten Siedlungsraumes von über zehnpromzentigen Verringerungen des Kaltluftvolumenstroms betroffen. Größere Bereiche verzeichnen einen Rückgang um über fünf Prozent. Vergleicht man den Kaltluftvolumenstrom und die thermischen Bedingungen auf den betroffenen Flächen, fällt auf, dass die Modifikationen der nächtlichen Lufttemperatur insgesamt gering bleibt (siehe Kapitel 5.1). Dies deutet darauf hin, dass interne Prozesse bei der Steuerung des Wärmehaushaltes dieser Bereiche von höherer Bedeutung sind: Die nächtliche Abkühlung beruht hier zu einem wesentlichen Teil auf der hohen Grünausstattung im Siedlungsraum selber und wird nur sekundär durch zufließende Kaltluft induziert. Die maßgeblich durch die Modifikation des Kaltluftströmungsfeldes beeinflussten Flächen sind somit gegenwärtig nur bedingt als humanbioklimatische Belastungsräume einzustufen. Allerdings ist im Rahmen einer vorsorgeorientierten räumlichen Planung (speziell im Hinblick auf das Schutzgut Klima) auf diese Bereiche im weiteren Planungsverlauf ein besonderes Augenmerk zu richten (siehe auch Kapitel 7).

Im Norden ist der Einfluss auf den Kaltluftvolumenstrom insgesamt geringer und beruht im Wesentlichen auf Staueffekte. Entsprechend wurde auf den betroffenen Flächen im **Erbenheimer Süden** keine Erhöhung der Lufttemperatur, sondern tendenziell sogar eine Temperaturabsenkung modelliert (siehe Kapitel 5.1).

5.4 PLANUNGSHINWEISE ZUR MINIMIERUNG DER AUSWIRKUNGEN AUF DAS UMFELD

Aufgrund seiner lokalklimatischen Bedeutung ist eine Überbauung des Gebietes Ostfeld / Kalkofen aus rein klimaökologischer Sicht möglichst gering zu halten. Eine wohnbauliche Entwicklung sollte daher unter Auflagen geschehen, die dazu geeignet sind, Beeinträchtigungen des humanbioklimatisch bedeutsamen Prozessgeschehens so weit wie möglich zu vermeiden oder zu reduzieren und ist unter diesen Umständen grundsätzlich vertretbar. Ein wesentlicher Schritt hierzu wurde bereits getan, indem die zu überplanenden Bereiche, orientiert auch am klimafunktionalen Leitbild für das Gebiet (siehe Kapitel 4.3), auf drei Siedlungsteilräume gegliedert wurde.

Ein wichtiges Ziel der Minimierung von klimafunktionalen Auswirkungen auf das Umfeld ist es, die Durchströmbarkeit der Quartiere für die nord-süd gerichteten Strömungen zu erhalten. Geeignete Maßnahmen hierfür gehen häufig auch mit einer Optimierung der quartierinternen Klimaverhältnisse einher:

Für die jeweils nördlichen Bereiche der einzelnen Planflächen ist es wichtig, den Zutritt für Kaltluft durch einen „sanften“ Übergang des Siedlungskörpers in den offenen Landschaftsraum offen zu halten (d.h. durch die Etablierung von Bereichen mit einem geringen Maß der baulichen Nutzung). Durch die zusätzliche strömungsparallele Ausrichtung von Gebäuden lassen sich auf diese Weise die vorhandenen Kaltluftprozesse für die interne klimatische Situation der geplanten Siedlungskörper optimal in Wert setzen. Rauigkeits- und versiegelungsarme Freihaltezonen (die durchaus auch Privatgrün mit einbeziehen können) sollten möglichst in nördlichen bis westlichen Richtungen orientiert sein und eine Breite von mindestens 50 m aufweisen (MAYER et al. 1994). Durch die Berücksichtigung dieser Empfehlungen lassen sich die Abkühlungs- und Belüftungsfunktionen für die südlich gelegenen Siedlungsräume grundsätzlich erhalten und baulich bedingte Beeinträchtigungen der Schutzgüter Klima und Luft erheblich reduzieren.

6. Planinterne humanbioklimatische Situation

Belastbare und detaillierte Aussagen zur humanbioklimatischen Situation innerhalb der Quartiere sind erst im weiteren Planungsprozess möglich. Für differenzierte Entwürfe der Quartiersstruktur sollen durch zusätzliche hochaufgelöste Modellrechnungen konkrete Grundlagen für klimaoptimierende Festsetzungen im Bebauungsplan gegeben werden.

Das Plangebiet selber profitiert erheblich von den in den Vorkapiteln beschriebenen Strömungen und den im Abschnitt 5.4 skizzierten allgemeinen Planungshinweisen zur Minimierung der Auswirkungen auf das Umfeld. Insbesondere in den nördlichen Bereichen der Siedlung am Fort Biehler kann die Kaltluft tief in die geplanten Siedlungsflächen eindringen und im Verbund mit einer guten Grünausstattung ein beträchtliches Entlastungspotenzial gegen Überwärmungstendenzen entfalten.

Wichtige Parameter, mit denen sich klimaökologische Qualitätsziele innerhalb der Siedlung und in Bezug auf benachbarte Räume sichern lassen, sind die Bebauungsdichte, die Bebauungshöhe, der Gesamtversiegelungsgrad sowie die Sicherung des gebietsinternen Luftaustausches.

Aus diesen Parametern ergeben sich generelle, klimatisch wirksame Maßnahmen, die im Rahmen von Umnutzungen zur Minderung von baulich bedingten Beeinträchtigungen der Schutzgüter Klima und Luft beitragen können. Dies sind beispielsweise: Die Einhaltung eines geringen Maßes der baulichen Nutzung (oder einer flächenschonenderen kompakten Bauweise), die Planung einer kaltluftströmungsangepassten Baukörperstellung (in N-NW-Richtung), sowie die

Integration und Freihaltung von Durchlüftungs- und Kaltluftleitbahnen (von mindestens 50 m Breite), die tagsüber „Klimaoasen“ für den Aufenthalt der Anwohner zur Verfügung stellen können.

Den zugehörigen funktionalen Strukturelementen – wie zum Beispiel gering versiegelten Kaltluftentstehungsflächen, Überströmungsbereichen moderater Strukturhöhen sowie immissionsarmen und klimatisch abwechslungsreichen Komforträumen – ist bei der Planung eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

7. Einfluss des Klimawandels

Vor dem Hintergrund einer wachsenden Stadt bei gleichzeitig voranschreitendem Klimawandel ist die zunehmende bauliche Inanspruchnahme von Freiflächen aus klimaökologischer Sicht grundsätzlich kritisch zu betrachten. Der Klimawandel wird in den städtischen Verdichtungsräumen zu einer Erhöhung der Wärmebelastung für die Bevölkerung führen. Die Anzahl von heißen Tagen und Tropennächten wird deutlich zunehmen und – vor allem für empfindliche Bevölkerungsgruppen, wie alte Menschen und kleine Kinder – zu Hitzestress führen. Da auch die weitere städtebauliche Entwicklung zu einer Erwärmung der Siedlungsgebiete beiträgt, wird einer räumlichen Planung, die zur Erhaltung humanbioklimatisch unbedenklicher Lebensbedingungen beiträgt, eine immer wichtiger werdende Rolle zukommen.

Im Rahmen des Arbeitspaketes 3 („Klimaanalyse und -projektion für das erweiterte Stadtgebiet Wiesbaden und Mainz“) des Projekts KLIMPRAX (DWD 2017) wurden die Folgen des zu erwartenden Temperaturanstieges und die Problematik der zunehmenden Hitzebelastung im Sommer für den Raum Wiesbaden und Mainz untersucht. Am Beispiel der jährlichen Anzahl von Nächten, in denen das Minimum der Lufttemperatur $\geq 20\text{ °C}$ beträgt, sei dies für das Untersuchungsgebiet dargestellt. Demnach ist im gesamten Gebiet mit einer Zunahme der Anzahl der Tropennächte zu rechnen (**Abb. 7.01**). Die Differenzen fußen auf Modellierungen für die Gegenwart, die Werte zwischen 4 und 10 mittleren jährlichen Tropennächten ergab (näheres siehe DWD 2017).

Diese Ergebnisse zeigen, dass Grün- und Freiflächen im Zuge des Klimawandels nicht nur im innerstädtischen Bereich zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Die in den Vorkapiteln beschriebenen Modellergebnisse repräsentieren die Ausprägung von Klimaparametern, die typisch für sommerliche Hochdruckwetterlagen mit Tropennächten sind. Alle zum Verhältnis von Belastungs- und Ausgleichsräumen in diesem Rahmen gemachten Aussagen gelten umso nachdrücklicher, je häufiger solche Wetterlagen zu erwarten sind.

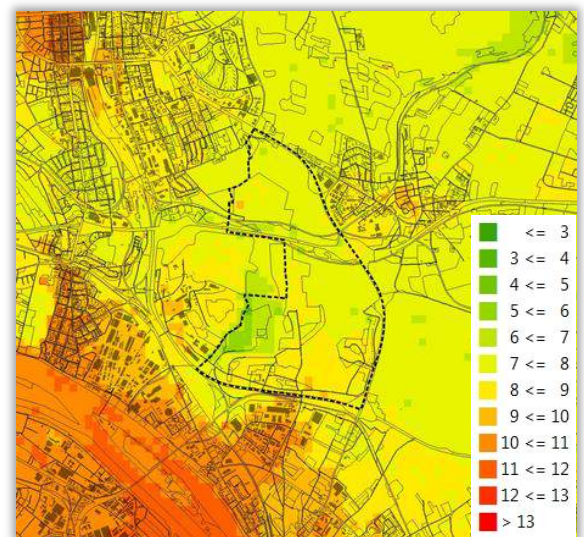


Abb. 7.01: Ausschnitt aus der Analyse des Stadtklimas am Beispiel von Wiesbaden und Mainz: Änderung der Anzahl von Tropennächten pro Jahr aus den Klimaprojektionen, 50. Perzentil 2031-2060 minus 1971-2000 (DWD 2017, Darstellung verändert)

8. Fazit

Wie bereits in der Bestandsanalyse (Kapitel 4) beschrieben, ist der Bereich Ostfeld / Kalkofen aufgrund seines überwiegend landwirtschaftlich geprägten Freiflächencharakters, seiner Größe und seiner Lage als verbindendes Element zwischen kaltluftproduktiven Flächen und städtischen Bereichen ein wesentlicher Bestandteil des Wiesbadener Ausgleichssystems. Die gleichzeitige Funktion der zugehörigen und benachbarten Flächen als Kaltluftüberströmungs- und Kaltluftentstehungsgebiet erhöht ihre Effektivität so weit, dass der Deutsche Wetterdienstes in einer Trajektorienanalyse den Transport von Luft aus den Freiflächen im Bereich zwischen Erbenheim, Igstadt und Bierstadt bis in die Mainzer Innenstadt berechnen konnte (wobei ein wesentlicher Teil dieses Prozessgeschehens auf östlich des städtebaulichen Untersuchungsbereichs gelegene Kaltluftaktivitäten zurückzuführen ist).

Erwartungsgemäß haben die geplanten Nutzungsintensivierungen einen deutlichen Einfluss auf das kalte-lufthaushaltliche Prozessgeschehen. Entsprechend der Prognoserechnungen sind diese Eingriffe aber nicht so erheblich, dass sie zu einer Abkoppelung der genannten Funktionszusammenhänge über den Rhein hinaus in Richtung Mainz führen würden. Allerdings sind insbesondere im Süden des Untersuchungsgebietes, an den Abschnitten der Wiesbadener Landstraße zwischen Dyckerhoffstraße und der Bahntrasse, einige Flächen des bewohnten Siedlungsraumes von einer erheblichen Verringerungen des Kaltluftvolumenstroms betroffen. Die recht geringe Modifikationen der nächtlichen Lufttemperatur auf den zugehörigen Flächen deutet darauf hin, dass interne Prozesse bei der Steuerung des Wärmehaushaltes dieser Bereiche von hoher Bedeutung sind: Das heißt, die nächtliche Abkühlung beruht hier zu einem wesentlichen Teil auf der hohen Grünausstattung im Siedlungsraum selber und wird nur sekundär durch zufließende Kaltluft induziert. Die maßgeblich durch die Modifikation des Kaltluftströmungsfeldes beeinflussten Flächen sind somit gegenwärtig nur bedingt als humanbioklimatische Belastungsräume einzustufen.

Im Rahmen einer vorsorgeorientierten räumlichen Planung (speziell im Hinblick auf das Schutzgut Klima) ist auf diese Bereiche im weiteren Planungsverlauf ein besonderes Augenmerk zu richten (siehe auch Kapitel 7). Vor dem Hintergrund einer weiter wachsenden Stadt bei gleichzeitig voranschreitendem Klimawandel sind zusätzliche Störungen der klimatischen Funktionen in benachbarten Räumen nicht unwahrscheinlich und würden eine schrittweise Erhöhung der thermischen Belastungen nach sich ziehen.

Literatur

- DWD (2017): Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 3 des Projekts KLIMPRAX Wiesbaden/Mainz – Stadtklima in der kommunalen Praxis. Von Heike Noppel. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 249. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main
- FANGER P. O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering, New York: Mc Graw Hill
- GROSS, G. (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. Beitr. Phys. Atmosph. , H 62 , S. 57-72.
- GROSS, G. (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg
- GROSS, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteor. Z.schr. Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- IMA RICHTER & RÖCKLE (2019): Klimastudie Deponieerweiterung Dyckerhoffbruch. iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, Eisenbahnstraße 43, 79098 Freiburg
- JENDRITZKY G. et al. (1990): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen, Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell, Jendritzky G., Menz G., Schmidt-Kessen W., Schirmer H., Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung Nr. 114, Hannover
- KUTTLER W., D. DÜTEMEYER (2003): Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden. Deutscher Wetterdienst Offenbach [Hrsg.], Promet 30, Nr. 1/2, S. 15 – 27
- KUTTLER W. (2010): Urbanes Klima, Teil 1. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 7/8 - Juli/August, S. 329-340. Teil 2. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 9 - September, S. 378-382.
- KIESE, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. Landschaft + Stadt 20, H. 2: 67-71
- LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN (2012): Stadtklima Wiesbaden. Umweltbericht Nr. 22. Teiluntersuchung zum Landschaftsplan auf Flächennutzungsplanebene. DVD, Magistrat der Landeshauptstadt Wiesbaden, Dezernat II, Umweltamt 2012
- LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN (2018a): Geodaten für den Bereich Stadtteilentwicklung Ostfeld. Magistrat der Landeshauptstadt Wiesbaden, Tiefbau- und Vermessungsamt
- LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN (2018b): Bevölkerungsdaten für den Bereich Stadtteilentwicklung Ostfeld. Magistrat der Landeshauptstadt Wiesbaden, Amt für Statistik und Stadtforschung
- MATZARAKIS, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Nr. 6. Juli 2001, Freiburg, 287 S.
- MAYER et al. (1994): Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen. UVP-Report 5/94, S. 265 – 267
- MOSIMANN et al. (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.

- ÖKOPLANA (2014): Klimagutachten zu den Bebauungsplangebieten „Nördlich der Ernst-Galonske-Straße“ und „Boelckestraße – Bereich nördlich des Otto-Suhr-Rings“ im Ortsbezirk Kastel
- ÖKOPLANA (2015a): Klimagutachten zum Bebauungsplan „Erbenheim-Süd“ in Wiesbaden, Ortsbezirk Erbenheim, Mannheim 2015
- ÖKOPLANA (2015b): Klimastudie „Zweibörn“ zur Vorbereitung eines städtebaulichen Realisierungswettbewerbs in Wiesbaden Süd-Ost
- ÖKOPLANA (2016): Klimagutachten zum geplanten Neubau einer 3-Feld-Sporthalle „Hermann-Ehlers-Schule“ im Ortsbezirk Wiesbaden-Erbenheim, Mannheim 2015
- PESCH PARTNER (2018): Szenarien Stadtteilentwicklung Ostfeld, Pesch Partner Architekten Stadtplaner GmbH, Dortmund, Stuttgart
- SEG (2017): Stadtteilentwicklung Ostfeld, Planunterlagen.
- VDI (2003): Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2004): Richtlinie VDI 3787 Blatt 9 Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in der räumlichen Planung. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008a): Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. VDI Verein Deutscher Ingenieure Düsseldorf.
- VDI (2008b): Richtlinie VDI 3785, Blatt 1, Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2015): Richtlinie VDI 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Hannover, den 20. Mai 2019,



Harald Kuttig,
Dipl. Geogr. Umweltmeteorologie

Im Auftrag der



Konrad-Adenauer-Ring 11
65187 Wiesbaden