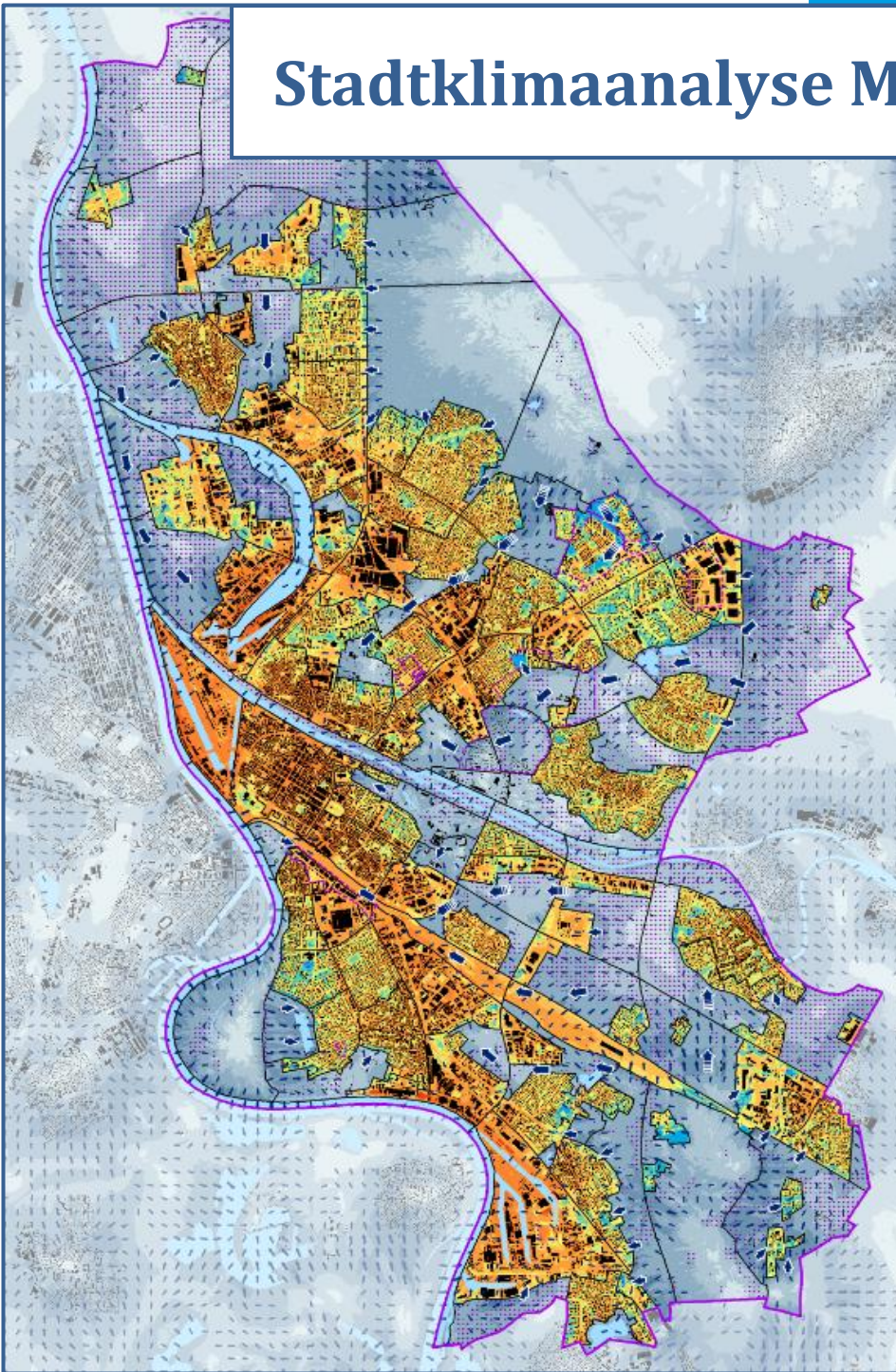


Stadtklimaanalyse Mannheim 2020



Erstellt von:
GEO-NET Umweltconsulting
GmbH, Hannover



In Kooperation mit:
ÖKOPLANA, Mannheim



ÖKOPLANA
KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

Im Auftrag der
Stadt Mannheim
Fachbereich Geoinformation und
Stadtplanung
Freiraumplanung
Collinstraße 1
68161 Mannheim

STADTMANNHEIM²
Geoinformation
und Stadtplanung

Die Stadtklimaanalyse Mannheim 2020 wird gefördert
durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energie-
wirtschaft Baden-Württemberg.



Mai 2021



Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS.....	VI
GLOSSAR	VII
1. ANLASS UND ZIEL DER ANALYSE	1
2. DOKUMENTATION DES ARBEITSPROZESSES.....	2
3. FACHLICHE UND REGIONALKLIMATISCHE GRUNDLAGEN.....	3
3.1 Der Wärmeinseleffekt	3
3.2 Allgemeine klimatische Situation in Mannheim.....	4
3.3 Bisheriger Klimawandel seit 1881.....	6
3.3.1 Grundlagen der Analyse	6
3.3.2 Ergebnisse der Analyse.....	6
3.4 Prognostizierter Klimawandel bis 2100	9
3.4.1 Grundlagen der Analyse	9
3.4.2 Ergebnisse der Analyse.....	12
4. DATEN UND ANGEWANDTE METHODIK.....	15
4.1 Numerische Modellrechnung	15
4.1.1 Eingesetztes Stadtklimamodell.....	15
4.1.2 Vorgegebene Randbedingungen	16
4.1.3 Eingangsdaten und Datenaufbereitung.....	17
4.1.4 Herausforderungen und Unsicherheiten.....	25
4.2 Messkampagne	27
4.2.1 Temporäre Klimamessstationen.....	29
4.2.2 Messfahrten	33
5. ERGEBNISSE	34
5.1 Numerische Modellrechnung	34
5.1.1 Nachtsituation	34
5.1.1.1 Nächtliches Temperaturfeld	34



5.1.1.2	Nächtliches Kaltluftprozessgeschehen	39
5.1.1.3	Klimaanalysekarte.....	49
5.1.2	Tagsituation	54
5.2	Messkampagne	58
5.2.1	Repräsentativität des Messzeitraums	58
5.2.2	Windfeld – stationäre Messungen	62
5.2.3	Lufttemperaturfeld – stationäre Messungen	70
5.2.4	Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten von 2019	73
5.2.4.1	Messtermine	73
5.2.4.2	Verteilung der Lufttemperatur nach Messfahrten am 22.-23.07.2019	75
5.2.4.3	Differenzendarstellung der Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten von 2009 und 2019	81
5.2.4.4	Hinweise zur Bewertung der Ergebnisse der nächtlichen Temperaturfelder aus den Messkampagnen (Isothermenkarten) und der numerischen Modellrechnungen	85
6.	PLANUNGSHINWEISE.....	87
6.1	Bewertungsmethoden	87
6.1.1	Standardisierung der Parameter (z-Transformation)	87
6.1.2	Bewertung von Siedlungs- und Verkehrsflächen (Wirkungsraum).....	88
6.1.3	Bewertung von Grün- und Freiflächen (Ausgleichsraum)	91
6.1.4	Nicht bewertungsrelevante Kriterien	92
6.2	Planungshinweiskarte	93
6.3	Klimafunktion der Mannheimer Grünzüge	98
6.4	Maßnahmen und ihre Wirkungen.....	107
7.	STECKBRIEFE DER AUSGLEICHS- UND WIRKRÄUME	113
7.1	Ausgleichsräume	114
7.2	Wirkräume	227
8.	ZUSAMMENFASSUNG	363
	QUELLENVERZEICHNIS	366
	ANHANG	369



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wichtige Elemente des Arbeitsprozesses.	2
Abbildung 2: Prinzipskizze Flurwind	3
Abbildung 3: Langjährige mittlere monatliche Anzahl an windschwachen Strahlungsnächten in Mannheim (65 pro Jahr) 1971 - 2018, Station: 5906 – Mannheim	5
Abbildung 4: Windrichtungsverteilung an der Station Mannheim-Vogelstang, 2008 – 2017.	5
Abbildung 5: Entwicklung der Mitteltemperatur in Mannheim im Zeitraum 1881 bis 2019	7
Abbildung 6: Entwicklung des Jahresniederschlages in Mannheim im Zeitraum 1881 bis 2019.....	7
Abbildung 7: Jahresmittelwerte der Lufttemperatur von 1758 bis 2019 in der Region nördlicher Oberrhein .8	
Abbildung 8: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien	10
Abbildung 9: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen in Mannheim (RCP 8.5).	13
Abbildung 10: Schematische Darstellung des Tagesgangs der Lufttemperatur und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen	16
Abbildung 11: Digitales Geländemodell für Mannheim und Umgebung	19
Abbildung 12: Rasterhafte Landnutzungsklassifizierung des Ist-Zustandes in 6 Klassen.....	21
Abbildung 13: Rasterbasierter Versiegelungsgrad für das Stadtgebiet von Mannheim.....	22
Abbildung 14: Prinzipskizze des Mischpixelansatzes: Verteilungsbeispiele für einen einzelnen Pixel für Wohnbebauung (links) und dem eines Gewerbegebietes (rechts).....	24
Abbildung 15: Schema der Wertezuordnung zwischen Flächen- und Punktinformation	25
Abbildung 16: Standorte der Klimamessstationen 2019.....	28
Abbildung 17: Klimamessstation Xaver-Fuhr-Straße.	29
Abbildung 18: Klimamessstation Waldwegstadion.....	30
Abbildung 19: Klimamessstation Mannheim-Zentrum.	31
Abbildung 20: Klimamessstation Blumenauer Weg.....	32
Abbildung 21: Messfahrzeug mit Psychrometer der Fa. Ahlborn zur profilhaften Erfassung der Lufttemperatur.....	33
Abbildung 22: Nächtliches bodennahes Temperaturfeld des Ist-Zustandes in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	35
Abbildung 23: Nächtliches bodennahes Temperaturfeld des Zukunfts-Szenarios in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	38
Abbildung 24: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.....	39
Abbildung 25: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	41
Abbildung 26: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Zukunfts-Szenario 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	42



Abbildung 27: Bodennahes nächtliches Strömungsfeld des Ist-Zustandes in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	44
Abbildung 28: Bodennahes nächtliches Strömungsfeld des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	45
Abbildung 29: Nächtliche Kaltluftproduktionsrate im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	47
Abbildung 30: Nächtliche Kaltluftproduktionsrate im Zukunfts-Szenario 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	48
Abbildung 31: Klimaanalysekarte zum Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets (verkürzte Legende).	52
Abbildung 32: Klimaanalysekarte des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	53
Abbildung 33: Wärmebelastung am Tage im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.	55
Abbildung 34: Wärmebelastung am Tage im Zukunfts-Szenario in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.....	57
Abbildung 35: Mittelwerte der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im 30-jährigen Zeitraum 1990 – 2019 an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim.	59
Abbildung 36: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019 an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim.	59
Abbildung 37: Mittelwerte der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im 15-jährigen Zeitraum 2005 – 2019 an Strahlungstagen in den Monaten Mai – September an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim	63
Abbildung 38: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.	65
Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.	65
Abbildung 40: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.	66
Abbildung 41: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.	67
Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.	67
Abbildung 43: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.	68
Abbildung 44: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.	68



Abbildung 45: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.	69
Abbildung 46: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.	69
Abbildung 47: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.	71
Abbildung 48: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Zeitraum Mai – September 2019 an Strahlungstagen.....	72
Abbildung 49: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Zeitraum Mai – September 2019 an heißen Tagen.	72
Abbildung 50: Boden-Analysekarte des Deutschen Wetterdienstes vom 23.07.2019 00 UTC.....	74
Abbildung 51: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 22.-23.07.2019.	75
Abbildung 52: Isothermenkarte vom 22.07.2019 um 23 Uhr.	77
Abbildung 53: Isothermenkarte vom 23.07.2019 um 05 Uhr.	80
Abbildung 54: Differenzen der Lufttemperaturen um 23 Uhr aus Basis der Isothermenkarten 2019 und 2009.	83
Abbildung 55: Differenzen der Lufttemperaturen um 05 Uhr aus Basis der Isothermenkarten 2019 und 2009.	84
Abbildung 56: z-Transformation zur Standardisierung der vergleichenden Bewertung von Parametern	88
Abbildung 57: Schema zur Bewertung der bewohnten und unbewohnten Siedlungsräume in Mannheim. ...	90
Abbildung 58: Schema zur Bewertung der Mannheimer Grünflächen	91
Abbildung 59: Ausschnitt der Planungshinweiskarte Mannheim (verkürzte Legende)	95
Abbildung 60: Lage der Mannheimer Grünzüge auf Basis der ALKIS-Flurstücksgrenzen.	98
Abbildung 61: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nordwest I.	99
Abbildung 62: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nordwest II.	100
Abbildung 63: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nord.....	101
Abbildung 64: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nordost.....	102
Abbildung 65: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Ost.	104
Abbildung 66: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Südost.....	105
Abbildung 67: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Süd.....	106



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bezeichnung und Kriterien für meteorologische Kenntage.....	11
Tabelle 2: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) in Mannheim (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).....	13
Tabelle 3: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage in Mannheim (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).	14
Tabelle 4: Berücksichtigte Mannheimer Entwicklungsflächen (ohne Bebauungsplan) für die zukünftige Situation (2050) mit ihren jeweiligen dem Referenzgebiet entsprechenden Anteilen an Nutzungsklassen (Mischpixelansatz), dem mittleren Versiegelungsgrad sowie der mittleren Strukturhöhe.....	23
Tabelle 5: Zuordnung von Schwellenwerten des Bewertungsindex PET während der Tagstunden (nach VDI 2004).....	54
Tabelle 6: Monatliche Mittelwerte 2019 und deren Abweichung vom langjährigen Mittel (1961-1990) für die Wetterstation Mannheim. Datenquelle: www.dwd.de	60
Tabelle 7: Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord.....	61
Tabelle 8: Mittleres tägliches Maximum der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord. Quelle: Deutscher Wetterdienst, LUBW, ÖKOPLANA	61
Tabelle 9: Mittleres tägliches Minimum der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord.....	61
Tabelle 10: Einordnung der nächtlichen thermischen Belastung im Siedlungs- und Verkehrsraum mittels z-Transformation	89
Tabelle 11: Einordnung der Wärmelastung am Tage im Siedlungs- und Verkehrsraum gemäß VDI 2004....	89
Tabelle 12: Wirkungsraum: Flächenanteile und allgemeine Planungshinweise zum Siedlungs- und Verkehrsraum.....	96
Tabelle 13: Ausgleichsraum: Flächenanteile und allgemeine Planungshinweise	97
Tabelle 14: Tabellarischer Maßnahmenkatalog zur Klimaanalyse Mannheim.	109



Glossar

Albedo: Rückstrahlvermögen einer Oberfläche (Reflexionsgrad kurzwelliger Strahlung). Verhältnis der reflektierten zur einfallenden Lichtmenge. Die Albedo ist abhängig von der Beschaffenheit der bestrahlten Fläche sowie vom Spektralbereich der eintreffenden Strahlung.

Allochthone Wetterlage: Durch großräumige Luftströmungen bestimmte Wetterlage, die die Ausbildung kleinräumiger Windsysteme und nächtlicher Bodeninversionen verhindert. Dabei werden Luftmassen, die ihre Prägung in anderen Räumen erfahren haben, herantransportiert. Die allochthone Wetterlage ist das Gegenstück zur → *autochthonen Wetterlage*.

Ausgleichsraum: Grüneprägte, relativ unbelastete Freifläche, die an einen → *Wirkungsraum* angrenzt oder mit diesem über → *Kaltluftleitbahnen* bzw. Strukturen mit geringer Rauigkeit verbunden ist. Durch die Bildung kühlerer und frischerer Luft sowie über funktionsfähige Austauschbeziehungen trägt dieser zur Verminderung oder zum Abbau der Belastungen im Wirkungsraum bei. Mit seinen günstigen klimatischen Eigenschaften bietet er eine besondere Aufenthaltsqualität für Menschen.

Austauscharme Wetterlage: → *Autochthone Wetterlage*

Autochthone Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt und nur in geringem Maße durch die Luftmasse geprägt, sodass sich lokale Klimate wie das Stadtklima bzw. lokale Windsysteme wie z.B. Berg- und Talwinde am stärksten ausprägen können. In den Nachtstunden sind autochthone Wetterlagen durch stabile Temperaturschichtungen der bodennahen Luft gekennzeichnet. Damit wird eine vertikale Durchmischung unterbunden und eine ggf. überlagerte Höhenströmung hat keinen Einfluss mehr auf das bodennahe Strömungsfeld, das entsprechend sensibel auf Hindernisse reagiert. Tagsüber sind die Verhältnisse weniger stabil.

Bioklima: Beschreibt die direkten und indirekten Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima (= atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf die lebenden Organismen in den verschiedenen Landschaftsteilen, insbesondere auf den Menschen (Humanbioklima).

Flurwind: Thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in Richtung der Überwärmungsbereiche (meist Innenstadt oder Stadtteilzentrum).

Grünfläche: Als „Grünfläche“ werden in dieser Arbeit unabhängig von ihrer jeweiligen Nutzung diejenigen Flächen bezeichnet, die sich durch einen geringen Versiegelungsgrad von maximal ca. 25 % auszeichnen. Neben Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfen und Sportanlagen umfasst dieser Begriff damit auch landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Waldflächen.

Kaltluft: Luftmasse, die im Vergleich zu ihrer Umgebung bzw. zur Obergrenze der entsprechenden Bodeninversion eine geringere Temperatur aufweist und sich als Ergebnis des nächtlichen Abkühlungsprozesses



ses der bodennahen Atmosphäre ergibt. Der ausstrahlungsbedingte Abkühlungsprozess der bodennahen Luft ist umso stärker, je geringer die Wärmekapazität des Untergrundes ist, und über Wiesen, Acker- und Brachflächen am höchsten. Konkrete Festlegungen über die Mindesttemperaturdifferenz zwischen Kaltluft und Umgebung oder etwa die Mindestgröße des Kaltluftvolumens, die das Phänomen quantitativ charakterisieren, gibt es bisher nicht (VDI 2003).

Kaltluftaustauschbereich: Ein Kaltluftaustauschbereich findet sich dort wieder, wo ausgehend von einem Ausgleichsraum ein flächenhaftes Einwirken von Kaltluft in einen Wirkraum stattfinden kann. Voraussetzungen hierfür sind eine auf den Wirkraum gerichtete Kaltluftströmung sowie eine möglichst geringe Barrierewirkung des Siedlungsrandes.

Kaltluftentstehungsgebiete: Bei Kaltluftentstehungsgebieten handelt es sich um grüneprägte Ausgleichsräume bzw. Grünflächen. Diese zeichnen sich durch eine für Grünflächen überdurchschnittliche Kaltluftproduktionsrate aus. Die höchsten Kaltluftproduktionsraten finden sich in der Regel im Bereich offener Grünflächen (Äcker, Wiesen) mit einem geringen Baumanteil, da Bäume durch ihr Kronendach der nächtlichen Ausstrahlung entgegenwirken und somit die Neubildung von Kaltluft bremsen.

Kaltlufteinwirkungsbereich: Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung. Gekennzeichnet sind Siedlungs- und Gewerbeflächen, die von einem überdurchschnittlich hohen → *Kaltluftvolumenstrom* durchflossen werden oder bodennahe Windgeschwindigkeiten von mindestens 0,1 m/s aufweisen.

Kaltluftleitbahnen: Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (→ *Ausgleichsräume*) und Belastungsbereiche (→ *Wirkungsräume*) miteinander und sind mit ihren hohen → *Kaltluftvolumenströmen* elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Sie sind in ihrer Breite räumlich begrenzt, mindestens jedoch 50 m breit (Mayer et al., 1994) und zum belasteten Siedlungsraum ausgerichtet. Sie benötigen dabei in der Regel keinen übergeordneten Antrieb, sondern erfüllen ihre Funktion anhand lokal ausgeprägter Flurwindeffekte (bzw. Hangabwinde).

Kaltluftvolumenstrom: Vereinfacht ausgedrückt das Produkt der Fließgeschwindigkeit der → *Kaltluft*, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite; Einheit $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$). Der Kaltluftvolumenstrom beschreibt somit diejenige Menge an → *Kaltluft*, die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer → *Kaltluftleitbahn* fließt. Anders als das → *Strömungsfeld* berücksichtigt der Kaltluftvolumenstrom somit auch Fließbewegungen oberhalb der bodennahen Schicht.

Klimaanalysekarte: Analytische Darstellung der Klimaauswirkungen und Effekte in der Nacht sowie am Tage im Stadtgebiet und dem näheren Umland (Kaltluftprozessgeschehen, Überwärmung der Siedlungsgebiete).

NEWA (New European Windatlas): Im Neuen Europäischen Windatlas wurden mithilfe eines Wettermodells die Windverhältnisse der zurückliegenden 30 Jahre über ganz Europa mit einer Auflösung von drei Kilometern nachsimuliert. Der Atlas liefert für jeden Punkt in der EU Informationen über das langjährige Windklima. Er stellt unter anderem interaktive Karten, Zeitreihen sowie Statistiken von Windgeschwindigkeit und anderen windenergierelevanten Parametern in verschiedenen Höhen bereit.



PET (Physiological Equivalent Temperature / Physiologisch äquivalente Temperatur): Humanbioklimatischer Index zur Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird.

Planungshinweiskarte (PHK): Bewertung der bioklimatischen Belastung in Siedlungs- und Gewerbeflächen im Stadtgebiet (→ *Wirkungsräume*) sowie der Bedeutung von Grünflächen als → *Ausgleichsräume* in getrennten Karten für die Tag- und die Nachtsituation inklusive der Ableitung von allgemeinen Planungshinweisen.

RCP-Szenarien: Szenarien für die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre. Die RCP-Szenarien lösen im fünften Sachstandsbericht des „Weltklimarats“ der Vereinten Nationen (IPCC) die bis dahin genutzten, auf sozio-ökonomischen Faktoren beruhenden SRES-Szenarien ab. Die Zahl in der Bezeichnung RCP 2.6 („Klimaschutz-Szenario“), RCP 4.5 bzw. RCP 8.5 („Weiter wie bisher-Szenario“) gibt den zusätzlichen Strahlungsantrieb in W/m^2 bis zum Jahr 2100 im Vergleich zum vorindustriellen Stand Mitte des 19. Jahrhunderts an (*Representative Concentration Pathway*).

Städtische Wärmeinsel (Urban Heat Island): Städte weisen im Vergleich zum weitgehend natürlichen, unbebauten Umland aufgrund des anthropogenen Einflusses (u.a. hoher Versiegelungs- und geringer Vegetationsgrad, Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalt) ein modifiziertes Klima auf, das insbesondere im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen führt. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Strahlungswetterlage → *Autochthone Wetterlage*

Strömungsfeld: Für den Analysezeitpunkt 04:00 Uhr morgens simulierte flächendeckende Angabe zur Geschwindigkeit und Richtung der Winde in 2 m über Grund während einer → *autochthonen Wetterlage*.

Synoptischer Wind: Großräumige, in der Regel über längere Zeiträume anhaltende Winde (z.B. Rheintalwind), die das Klima einer Region prägen. Synoptische Winde entstehen nur bei bestimmten Wetterlagen und grenzen sich von tagesperiodischen Winden ab, welche sich aller 24 Stunden mehr oder weniger intensiv wiederholen (z.B. Flurwinde).

Wirkungsraum/Wirkraum: Bebauter oder zur Bebauung vorgesehener Raum (Siedlungs-, Verkehrs- und Gewerbeflächen), in dem eine bioklimatische Belastung auftreten kann.

Ventilationsbahn: Ähnlich wie Kaltluftleitbahnen verbinden Ventilationsbahnen kaltluftbildende Ausgleichsräume mit belasteten Siedlungs-/Wirkräumen. Dabei benötigen sie allerdings einen übergeordneten Antrieb (Regionalströmung) um Kaltluft bis ins Siedlungsinne zu transportieren.

z-Transformation: Umrechnung zur Standardisierung einer Variablen, sodass der arithmetische Mittelwert der transformierten Variable den Wert Null und ihre Standardabweichung den Wert Eins annimmt. Dies wird erreicht, indem von jedem Ausgangswert der Variablen das arithmetische Gebietsmittel abgezogen und anschließend durch die Standardabweichung aller Werte geteilt wird. Dadurch nehmen Abweichungen unterhalb des Gebietsmittels negative und Abweichungen oberhalb des Gebietsmittels positive Werte an, die in Vielfachen der Standardabweichung vorliegen. Die Form der Verteilung bleibt dabei unverändert.



1. Anlass und Ziel der Analyse

Die im vorliegenden Bericht dokumentierte „Stadtlimaanalyse Mannheim 2020“ stellt die Fortschreibung der vorangegangenen gesamtstädtischen Analyse aus dem Jahr 2010 dar (Stadt Mannheim/ÖKOPLANA 2010). Die Notwendigkeit einer Aktualisierung der Stadtlimaanalyse 2010 war dabei aus gleich mehreren rechtlichen, fachlichen, planerischen und politischen Gründen angeraten:

- Die Stadt Mannheim ist eine dynamisch wachsende Stadt. Die heutige Stadtstruktur unterscheidet sich aus der klimaökologischen Perspektive nicht unwesentlich von jener aus dem Jahr 2010, welches der Stand der letzten Klimaanalyse ist. Insbesondere die städtebauliche Konversion ehemaliger amerikanischer Militärstandorte bietet seit einigen Jahren ein erhebliches Innenentwicklungspotential.
- Mit den Klima-Novellen des Baugesetzbuches (BauGB) im Jahr 2011 sowie des Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Jahr 2017 haben sich die für die Stadtklimatologie relevanten Rechtsnormen noch deutlicher als zuvor für stadtklimatische Fragen mit Blick auf das Schutzgut der menschlichen Gesundheit bzw. auf gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse geöffnet. Mit diesen Entwicklungen sind die Ansprüche an die inhaltliche Aussagetiefe und räumliche Aussagegenauigkeit der benötigten Analysen noch einmal deutlich gestiegen.
- Die für Stadtlimaanalysen maßgebliche umweltmeteorologische VDI-Richtlinie 3787, Bl 1 „Klima- und Lüfthygienekarten für Städte und Regionen“ hat zwischenzeitlich eine Aktualisierung erfahren (VDI 2015).
- Mit numerischen Stadtklimamodellen (ggf. in Kombination mit Messungen) stehen heute Instrumente zur Verfügung, die in der Lage sind die meteorologisch-physikalischen Zusammenhänge zwischen Wärmeinseleffekt in den besiedelten Wirkräumen und kühlenden Kaltluftabflüssen und Flurwinden aus dem Ausgleichsraum für bestimmte thermisch belastende (und planerisch beeinflussbare) Wetterlagen umfassend abzubilden. Zudem ist es mit solchen Modellen möglich, szenarienbasierte Ansätze (z.B. zur summarischen Wirkung von Stadtentwicklungsvorhaben bzw. Anpassungsmaßnahmen oder Klimawandelfolgen) zu untersuchen und zu bewerten.
- Die Klimafolgenanpassung (namentlich die Hitzevorsorge und die Bedeutung von Kaltluft) ist in den letzten Jahren noch weiter in den Fokus von Politik, Planung und Stadtgesellschaft gerückt. Als Konsequenz ist die Fortschreibung der Stadtlimaanalyse auch als eine zentrale Schlüsselmaßnahme der 2015 ins Leben gerufenen Anpassungsstrategie des Landes Baden-Württemberg und des Klimaanpassungskonzeptes der Stadt Mannheim zu sehen.

Aus diesen Rahmenbedingungen wurde für die vorliegende Analyse das Oberziel einer Detailierung und Konkretisierung der vorangegangenen Analysen abgeleitet. In der Operationalisierung bedeutet dies eine computermodellgestützte analytische Fokussierung auf den städtischen Kaltlufthaushalt und die kleinräumige sommerliche thermische Belastungssituation der Stadtbevölkerung sowohl am Tage als auch in der Nacht. Darüber hinaus werden entsprechend der Klimopass-Förderrichtlinie des Landes Baden-Württemberg die bioklimatischen Auswirkungen des zu erwartenden Klimawandels für die Zeithorizonte „nahe Zukunft (2021-2050)“ und „ferne Zukunft (2071-2100)“ betrachtet. Diesbezüglich wird neben der modellgestützten Analyse der bioklimatischen Situation des „Ist-Zustandes“ ein auf die „nahe Zukunft“ ausgerichtetes Modell-Szenario entwickelt. Die Modellierung des Bioklimas beider Szenarien sowie die Darstellung der Modellergebnisse erfolgt dabei in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787, welche ebenfalls eine Voraussetzung der Klimopass-Förderung darstellt. Für die „ferne Zukunft“ erfolgt die Betrachtung anhand von Prognose-Zeitreihen, welche auf Grundlage von EURO-CORDEX-Daten erstellt wird.

Primäres Anwendungsfeld der Analyseergebnisse und insbesondere der Planungshinweiskarte soll weiterhin die vorbereitende und verbindliche Bauleitplanung sein.

2. Dokumentation des Arbeitsprozesses

Der sich aus diesen Rahmenbedingungen und Zielen ergebende Arbeitsprozess der Stadtklimaanalyse Mannheim 2020 lässt sich vereinfacht in die Phasen Analyse, Produkterstellung und Dokumentation unterteilen. Der vorliegende Bericht spiegelt diese Grobgliederung unmittelbar wider. Die Analysephase fußt auf der Erhebung der regionalklimatischen Grundlagen (Kap. 3) als Basis für die passgenaue Ausgestaltung des zentralen methodischen Elementes der numerischen Modellierung (Kap. 4.1 bzw. 5.1) sowie der Feinjustierung der ergänzenden Messkampagne (Kap. 4.2 bzw. 5.1). Daran anschließend und aufbauend erfolgte die Phase der Produktentwicklung (insbesondere der hochaggregierten Planungshinweiskarte zur Tag- und Nachtsituation inklusive Klimawandelszenario) sowie der Dokumentation des Arbeitsprozesses (Übergabe der Kartenprodukte, Erstellung des vorliegenden Erläuterungsberichtes inklusive der Steckbriefe).

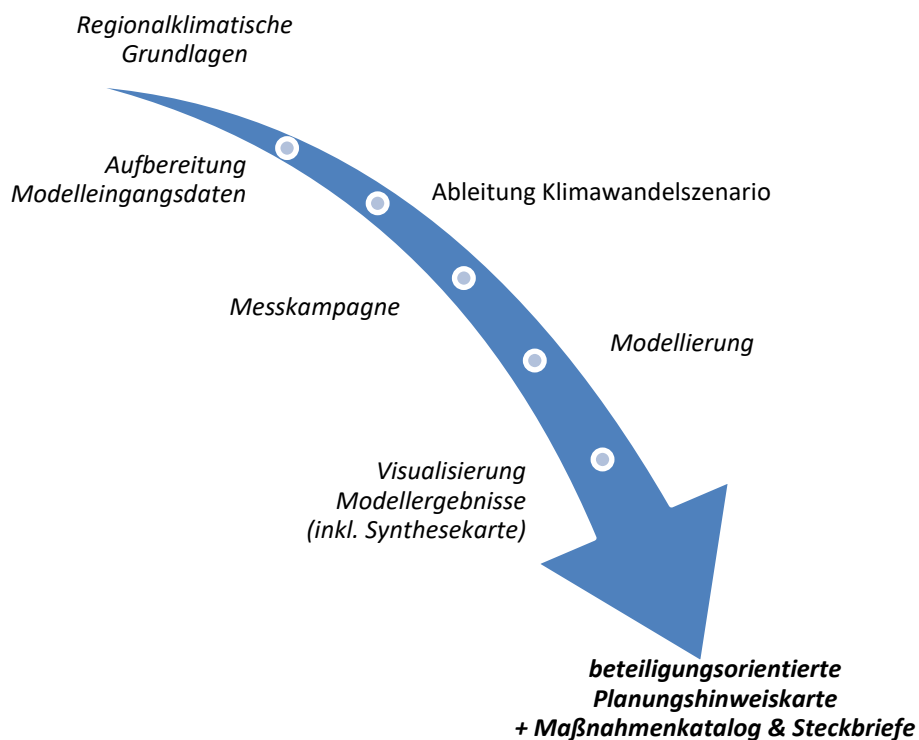


Abbildung 1: Wichtige Elemente des Arbeitsprozesses.

Da die Anwendungsfelder, Methoden und Inhalte einer Planungshinweiskarte Stadtklima als zentrales Produkt einer Stadtklimaanalyse nicht (abschließend) normativ standardisiert und folglich keine rein gutachterliche Tätigkeit sind, wurde die Entwicklung der Planungshinweiskarten in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber (Fachbereich Geoinformation und Stadtplanung) abgestimmt. Ziel war die Schaffung von Transparenz, Verständnis und Akzeptanz für das analytische Vorgehen und der daraus abgeleiteten Planungshinweiskarte.

Insgesamt fanden im Laufe der Projektbearbeitung eine Reihe von Abstimmungsterminen, welche aufgrund der Corona-Pandemie überwiegend digital stattfinden mussten, statt. Lediglich der Auftakttermin fand vor Ort beim Auftraggeber in Mannheim statt.

3. Fachliche und regionalklimatische Grundlagen

3.1 DER WÄRMEINSELEFFEKT

Durch den anthropogenen Einfluss herrschen in einer Stadt modifizierte Klimabedingungen vor, die tendenziell mit steigender Einwohnerzahl bzw. Stadtgröße stärker ausgeprägt sind (OKE 1973). Gründe hierfür sind beispielsweise der hohe Versiegelungsgrad, dem ein geringer Anteil an Vegetation und natürlicher Oberfläche gegenüber steht, die Oberflächenvergrößerung durch Gebäude (Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Mehrfachreflexion der Gebäude) sowie Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalte (anthropogener Wärmefluss). Im Vergleich zum weitgehend natürlichen, unbebauten Umland führen diese Effekte insbesondere im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als **Städtische Wärmeinsel** bezeichnet.

Für die Stadtbevölkerung entstehen hohe Belastungen vornehmlich bei Hochdruckwetterlagen, die durch einen ausgeprägten Tagesgang von Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung bestimmt sind (autochthone Wetterlagen). Unter diesen Rahmenbedingungen kommt es tagsüber zu einem konvektiven Aufsteigen warmer Luft über dem überwärmten Stadtkörper. Als Folge des entstehenden bodennahen Tiefdruckgebietes treten Ausgleichsströmungen auf, d.h. Luftmassen aus dem Umland können bis in das Stadtgebiet hinein strömen (**Flurwinde**; Abbildung 2).

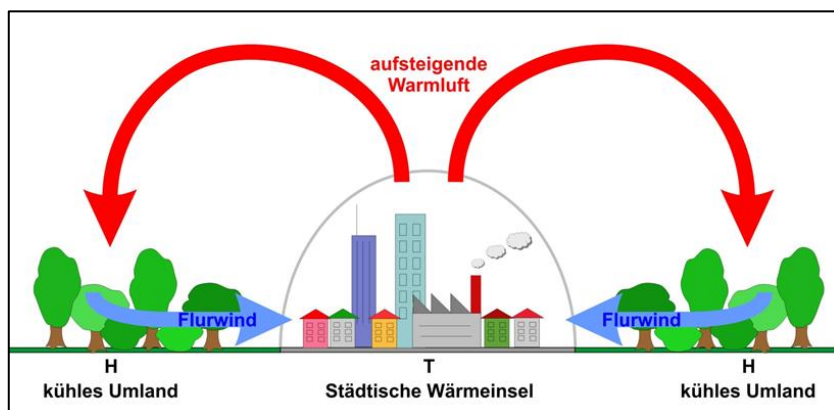


Abbildung 2: Prinzipskizze Flurwind

Am Tag führen Flurwinde in der Regel nicht zum Abbau der Wärmebelastung in den Siedlungsflächen, da im Umland meist ein ähnliches Temperaturniveau vorherrscht. Sie können jedoch zur Durchmischung der bodennahen Luftschicht beitragen und eine Verdünnung von Luftschadstoffen bewirken. Nachts dagegen kann kühlere Umgebungsluft aus stadtnahen (und ggf. innerstädtischen) Grünflächen in das wärmere Stadtgebiet strömen und für Entlastung sorgen. Der bodennahe Zufluss dieser „Kaltluft“ erfolgt mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und reagiert sensibel auf Strömungshindernisse, sodass er nur entlang von Flächen ohne blockierende Bebauung bzw. sonstige Hindernisse erfolgen kann (insb. über sogenannte Kaltluftleitbahnen).

Neben der vom Menschen freigesetzten Abwärme (anthropogener Wärmefluss) kommt es durch den hohen Versiegelungsgrad zu einer Erwärmung des Stadtgebietes. Während unbebaute Flächen im Umland schnell auskühlen, erfolgt der Prozess des Abkühlens bei städtischen, versiegelten Flächen über einen längeren Zeitraum. Beton und Asphalt besitzen eine geringe Albedo, sodass viel Strahlung absorbiert wird und sich die Flächen am Tag stark aufwärmen. In der Nacht kann die gespeicherte Wärme als langwellige



Ausstrahlung an die Atmosphäre abgegeben werden (HÄCKEL 2012, MALBERG 2002). Aufgrund der stärkeren Versiegelung bzw. des geringeren Grünanteils (und zudem meist geringerer Wasserverfügbarkeit) ist die Verdunstung und damit verbundene Kühlleistung in der Stadt herabgesetzt¹ (SCHÖNWIESE 2008).

3.2 ALLGEMEINE KLIMATISCHE SITUATION IN MANNHEIM

Klimatisch befindet sich Mannheim in der außertropischen Westwindzone, deren Wetterablauf durch Zyklogen und Antizyklogen geprägt ist (FLOHN 1954). Dieser Übergangsbereich zwischen Seeklima und kühlem Kontinentalklima zählt nach der Klimaklassifikation von KÖPPEN (1936) zum warm-gemäßigten Regenklima, bei dem die mittlere Temperatur des wärmsten Monats unter 22° C und die des kältesten Monats über -3° C bleibt.

Niederschlag und Temperatur

Die langjährige Mitteltemperatur im Zeitraum von 1981 bis 2010 beträgt in Mannheim 10,9 °C (DWD 2021). Sie liegt damit um 1,6 °C über dem deutschlandweiten Mittelwert von 9,3 °C. Der wärmste Monat ist der Juli und der kälteste der Januar. Mit einer langjährigen jährlichen Niederschlagssumme von 620 mm fallen die Jahresniederschläge deutlich geringer aus als im gesamtdeutschen Durchschnitt mit ca. 793 mm pro Jahr. Die meisten Niederschläge fallen in den Monaten Dezember und Januar, wohingegen die Monate Februar und März im langjährigen Mittel die geringsten Niederschläge aufweisen.

Im langjährigen Mittel treten in Mannheim 61 Sommertage und 17 heiße Tage pro Jahr auf. Vornehmlich in den Wintermonaten wurden 61 Frosttage und 11 Eistage pro Jahr registriert. Dies unterstreicht die wärmere Lage der Stadt im Vergleich zu den deutschlandweiten mittleren Aufttrittshäufigkeiten der betrachteten Ereignistage mit 39 Sommertagen, 9 heißen Tagen, 81 Frosttagen und 19 Eistagen pro Jahr für den Zeitraum von 1990 bis 2019.

Autochthone Wetterlage

Die Klimaanalyse für Mannheim legt einen autochthonen Sommertag (wolkenloser Himmel, nur sehr schwach überlagernder synoptischer Wind) als meteorologische Rahmenbedingung für die Modellrechnung zugrunde (vgl. Kap. 4.1.2). Verbunden mit dieser autochthonen Wetterlage ist das Auftreten einer windschwachen Strahlungsnacht, in welcher die nächtliche Ausstrahlung aufgrund der fehlenden Bewölkung deutliche Temperaturunterschiede im Stadtgebiet erzeugt.

In Mannheim treten im langjährigen Mittel rund 65 windschwache Strahlungsnächte auf, wobei im Sommerhalbjahr und besonders im August die Häufigkeit am größten ist (Abbildung 3). Wichtig ist hier festzuhalten, dass die Ermittlung der langjährigen mittleren Anzahl an windschwachen Strahlungsnächten anhand von Daten der Station Mannheim-Vogelstang ermittelt wurde. Diese Station befindet sich jedoch am Mannheimer Stadtrand und es ist davon auszugehen, dass im verdichteten Siedlungskörper Mannheims die Aufttrittshäufigkeiten dieser lokalen Wetterlagen noch wesentlich höher ist.

¹ In der Stadt steht dem geringeren latenten Wärmestrom ein höherer fühlbarer Wärmetransport gegenüber.

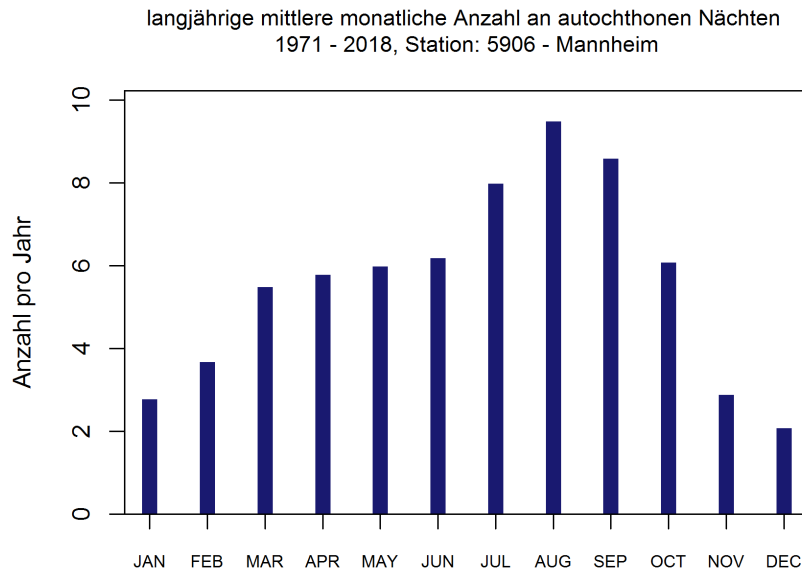


Abbildung 3: Langjährige mittlere monatliche Anzahl an windschwachen Strahlungsnächten in Mannheim (65 pro Jahr) 1971 - 2018, Station: 5906 – Mannheim (Datenquelle: DWD 2019)

Wind

An der DWD-Station Mannheim-Vogelstang dominieren im Zeitraum 2008 bis 2017 Winde aus den Hauptrichtungen SSO bis S sowie NNW bis NW (Abbildung 4). Im Mittel treten dabei Windgeschwindigkeiten von 2,8 m/s (leichte Brise) auf.

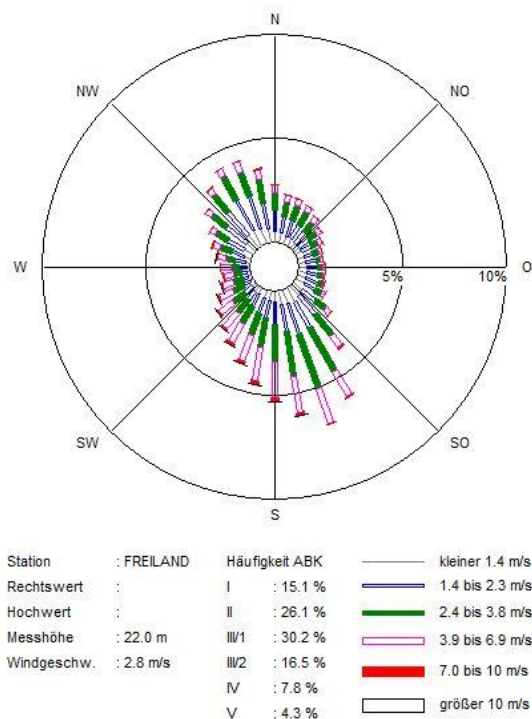


Abbildung 4: Windrichtungsverteilung an der Station Mannheim-Vogelstang, 2008 – 2017 (Quelle: ÖKOPLANA nach DWD 2017).



3.3 BISHERIGER KLIMAWANDEL SEIT 1881

3.3.1 GRUNDLAGEN DER ANALYSE

Die Beschreibung der bisherigen klimatischen Entwicklung in Mannheim basiert auf interpolierten Stationsdaten des Deutschen Wetterdienstes (KASPAR ET AL. 2013). Die Daten weisen eine räumliche Auflösung von 1 x 1 km und eine zeitliche Auflösung von jährlichen Mittelwerten auf. Teilweise reichen die Beobachtungsdaten bis in das Jahr 1881 zurück (Jahresmitteltemperatur und Niederschlagssumme). Minimum- bzw. Maximumtemperaturen sind seit 1901 verfügbar und Daten zu thermischen Kennwerten seit 1951.

Anhand der Stadtgebietsgrenze Mannheims wurden die entsprechenden Punkte aus dem regelmäßigen 1 x 1 km-Gitter extrahiert, räumlich aggregiert und zu repräsentativen Zeitreihen zusammengestellt. Diese jährlichen Zeitreihen wurden direkt ausgewertet. Zudem wurden daraus die Mittelwerte über 30-jährige Perioden gebildet, um Aussagen über die langfristige klimatische Entwicklung treffen zu können (vgl. Anhang A 1).

Die aus Stationsdaten erzeugten Gitterdaten weisen gewisse Unsicherheiten auf, die aus einer über die Zeit veränderten Stationsdichte und der Lage, der für die Interpolation verwendeten Stationen resultieren können. Weiterhin hat sich die Messtechnik im betrachteten Zeithorizont weiterentwickelt, sodass bei älteren Zeitreihen höhere Messungenauigkeiten zu erwarten sind als bei Zeitreihen jüngerer Datums. Für die vorliegenden Auswertungen ist die Genauigkeit der Daten als vollkommen ausreichend anzusehen.

Weiterhin wurden Daten der am östlichen Stadtrand (Stadtteil Vogelstang) gelegenen DWD-Klimastation ausgewertet. Diese wird seit dem Jahr 1948 betrieben und liefert somit eine zur Verfügung stehende Zeitreihe mit einer Länge von deutlich über 30 Jahren (30 Jahre entspricht einer üblichen Zeitspanne eines Referenz-Zeitraumes).

3.3.2 ERGEBNISSE DER ANALYSE

Das Klima hat sich in Deutschland in den letzten Dekaden aufgrund der globalen Erwärmung deutlich verändert (DWD 2016). So ist die Temperatur in Mannheim seit Beginn der Aufzeichnungen im 19. Jahrhundert bis heute signifikant um ca. 2 °C angestiegen (Zeitraum 1990 - 2019 im Vergleich zu 1881 - 1910). Ein ähnliches Bild zeigt auch die Auswertung einer noch längeren Zeitreihe (1758 bis 2019) für die Region „Nördlicher Oberrhein“ (Abbildung 7). Diese zeigt gegenüber dem Zeitraum 1871 bis 1900 eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur von 1,6 °C. Besonders stark fand dieser Anstieg in den vergangenen dreißig Jahren statt. Hier zeigen die jährlichen Mitteltemperaturen, bis auf wenige Ausnahmen, durchweg positive Abweichungen vom langjährigen Mittelwert des Zeitraumes 1971 bis 2000. Drei der fünf wärmsten Jahre wurden in der jüngsten Dekade von 2010 bis 2019 registriert (Abbildung 5).

Der Anstieg der Temperatur steht in engem Zusammenhang mit den temperaturbedingten meteorologischen Kenntagen. So ist die Anzahl der Sommertage und heißen Tage pro Jahr von 49 auf 61 bzw. von 11 auf 17 angestiegen während die Anzahl der Frosttage um drei Tage von 66 auf 63 pro Jahr und die Anzahl an Eistagen von 13 auf 8 pro Jahr gesunken ist. Die Zahlen der Kenntage beziehen sich auf den Vergleich der dreißigjährigen Zeiträume von 1961 bis 1990 und 1989 bis 2018. Die Daten basieren auf Auswertungen der vom DWD frei zur Verfügung gestellten interpolierten und für ganz Deutschland gerasterten Stationsdaten (DWD 2020).

Die Jahresniederschläge sind von 1881 bis zum Jahr 2000 um etwa 10 % angestiegen und von 2000 bis heute um ca. 5 % wieder zurückgegangen (Abbildung 6). Seit dem sehr warmen Jahr 2003 weisen mit



wenigen Ausnahmen fast alle folgenden Jahre bis heute ein Niederschlagsdefizit im Vergleich zum lang-jährigen Mittel von 1971 bis 2000 auf.

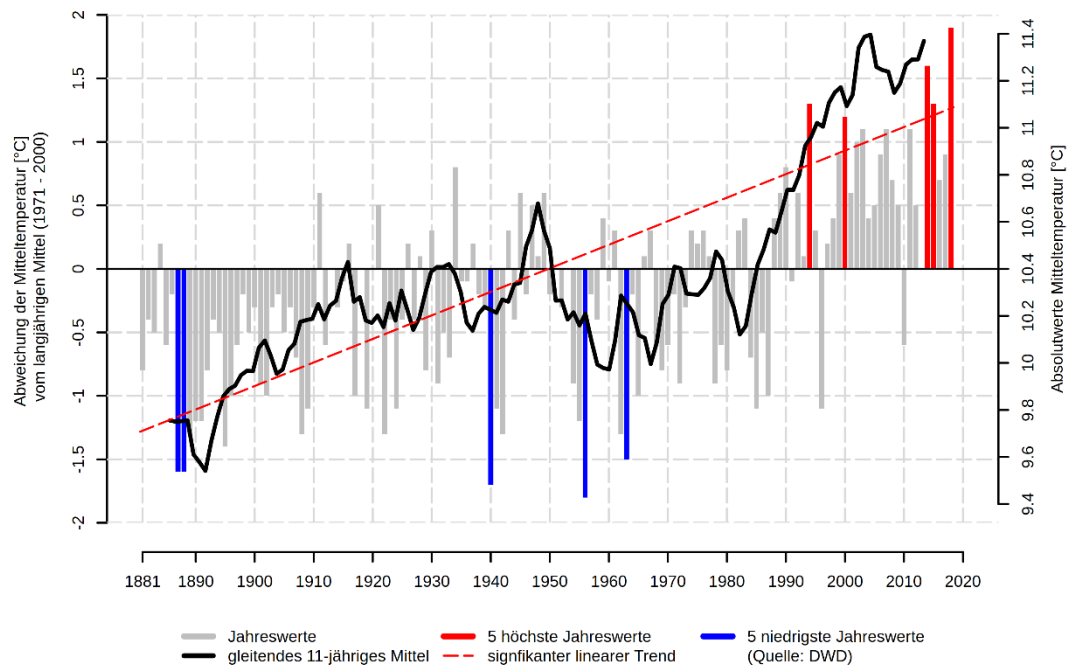


Abbildung 5: Entwicklung der Mitteltemperatur in Mannheim im Zeitraum 1881 bis 2019 (Datenquelle: DWD 2020)

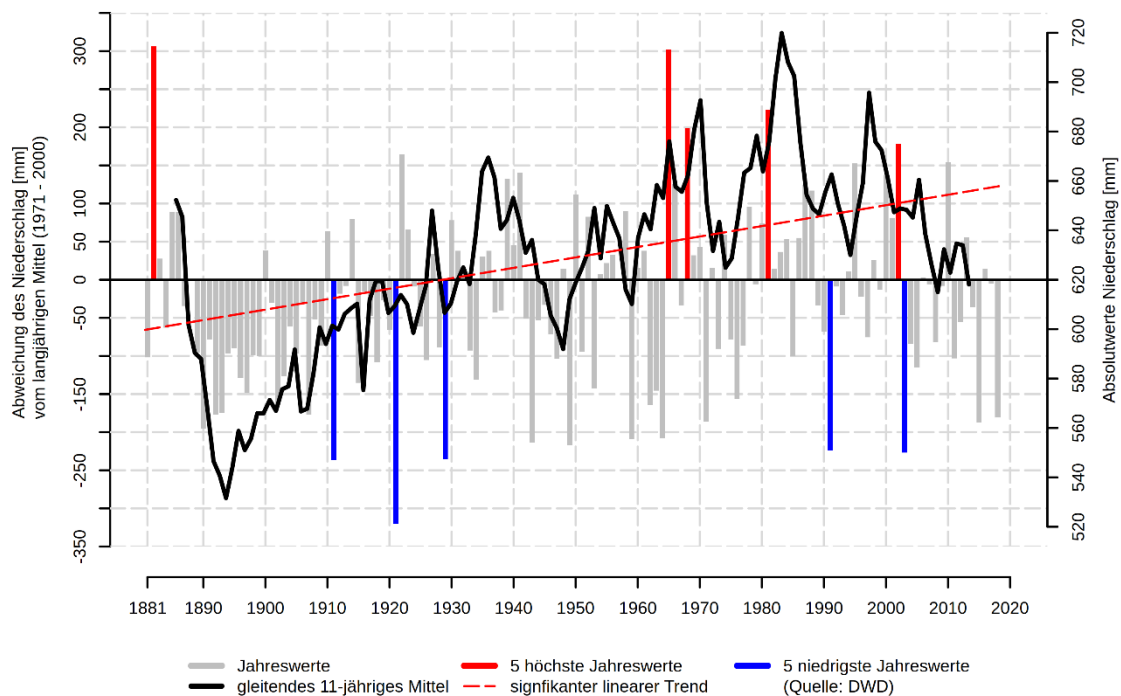
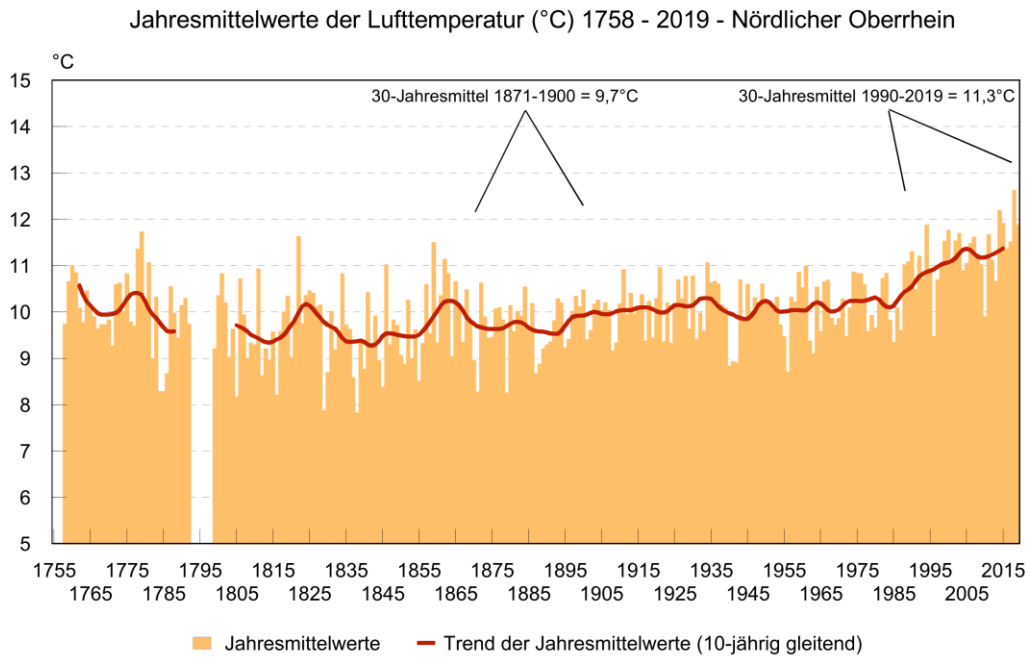


Abbildung 6: Entwicklung des Jahresniederschlages in Mannheim im Zeitraum 1881 bis 2019 (Datenquelle: DWD 2020)



Quelle: Homogenisierte Klimareihe aus Teilreihen Mannheim, Karlsruhe, Frankfurt (Bertram, Lähne, Traup)
Daten: DWD, KIT Karlsruhe, Bertram, Lähne, Traup

Abbildung 7: Jahresmittelwerte der Lufttemperatur von 1758 bis 2019 in der Region nördlicher Oberrhein

Von 1881 bis 2019 sind die Temperaturen in Mannheim stark und die Niederschläge moderat angestiegen. In den letzten zehn Jahren von 2010 bis 2019 ereignete sich der vergleichsweise höchste Temperaturanstieg verbunden mit einem ausgeprägten Niederschlagsdefizit.



3.4 PROGNOTIZIERTER KLIMAWANDEL BIS 2100

3.4.1 GRUNDLAGEN DER ANALYSE

Die Analyse zukünftiger klimatischer Änderungen stützt sich auf Daten numerischer, regionaler Klimamodelle der EURO-CORDEX-Initiative. EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der CORDEX-Initiative, die regionale Projektionen des Klimawandels für alle terrestrischen Gebiete der Erde im Rahmen des Zeitplanes des fünften IPCC² Assessment Reports (IPCC 2014) und darüber hinaus erstellt (GIORGI ET AL. 2009). EURO-CORDEX-Daten sind für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzung frei verfügbar und werden im Internet über mehrere Knoten der Earth System Grid Federation (ESGF) bereitgestellt³.

Mit numerischen Klimamodellen kann das zukünftige Klima unter der Annahme verschiedener Emissions-szenarien simuliert und analysiert werden. Wie alle Modelle sind Klimamodelle Abbilder der Wirklichkeit und somit nicht „perfekt“. Die Ergebnisse von Klimamodellen beinhalten daher einen gewissen Anteil an Modellunsicherheit, der aus der Struktur des Modells, den verwendeten Techniken zur Modellierung der Atmosphärenphysik sowie der Parametrisierung bestimmter Prozesse resultiert. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, nicht nur die Simulationsergebnisse eines Modells, sondern mehrerer Modelle zu verwenden, ein sogenanntes Modellensemble.

Diesem Ansatz folgend wurde für die Analyse der zukünftigen klimatischen Entwicklung der Stadt mannheim ein Modellensemble bestehend aus 39 Mitgliedern verwendet, d.h. Kombinationen aus globalen und regionalen Klimawandelmodellen, die mit jeweils unterschiedlichen Klimawandelszenarien angetrieben wurden (Anhang A 2). Da EURO-CORDEX ein fortlaufendes Projekt ist und die Datenbanken mit den Modellergebnissen permanent aktualisiert werden, können eventuell bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichtes weitere Modellläufe für Europa hinzugekommen sein, die in der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten.

Die Mitglieder des Ensembles werden gleichberechtigt angesehen und die Unterschiede in den Ergebnissen als Modellvariabilität betrachtet. Alle nachfolgenden Auswertungen wurden in enger Anlehnung an die Leitlinien zur Interpretation von Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“ durchgeführt (LINKE ET AL. 2016).

Räumliche und Zeitliche Auflösung

Für die Auswertung wurden bis zum Jahr 2100 prognostizierte Daten mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag und einer räumlichen Auflösung von ca. 12,5 km (0,11 °) verwendet. Die Auswahl der entsprechenden Daten aus dem Gitter der Modellsimulationen, das Europa flächendeckend überspannt, erfolgte durch die Identifikation und Auswahl des dem Mittelpunkt von Mannheim am nächsten gelegenen Gitterpunkt sowie der acht umliegenden Gitterpunkte. Die an diesen Gitterpunkten vorliegenden Zeitreihen der betrachteten meteorologischen Variablen wurden für jeden Zeitschritt (täglich) räumlich aggregiert, um auf diese Weise einheitliche, repräsentative Zeitreihen zu erhalten (DWD 2016).

² Intergovernmental Panel on Climate Change (“Weltklimarat”)

³ Homepage: <https://www.euro-cordex.net>



RCP-Szenarien

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen bedingte CO₂-Emissionen. Da heute noch nicht absehbar ist, wie sich die CO₂-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO₂-Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen. Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klimaszenarien zur Verfügung: RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*). Die Zahl in der Bezeichnung der Szenarien benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m², der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird (MOSS ET AL. 2010; Abbildung 8):

- Das Szenario RCP 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. 3 W/m². Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf 2,6 W/m² ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2 °C-Ziel nicht überschreiten, sodass das RCP 2.6 oft auch als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.
- RCP 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.
- Das Szenario RCP 8.5 weist hingegen den stärksten 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 weltweiten CO₂-Emissionen verzeichnen seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts einen permanenten Anstieg, wobei in den vergangenen Jahren der größte Anteil durch Emissionen aus Asien beigetragen wurde (BODEN 2017).

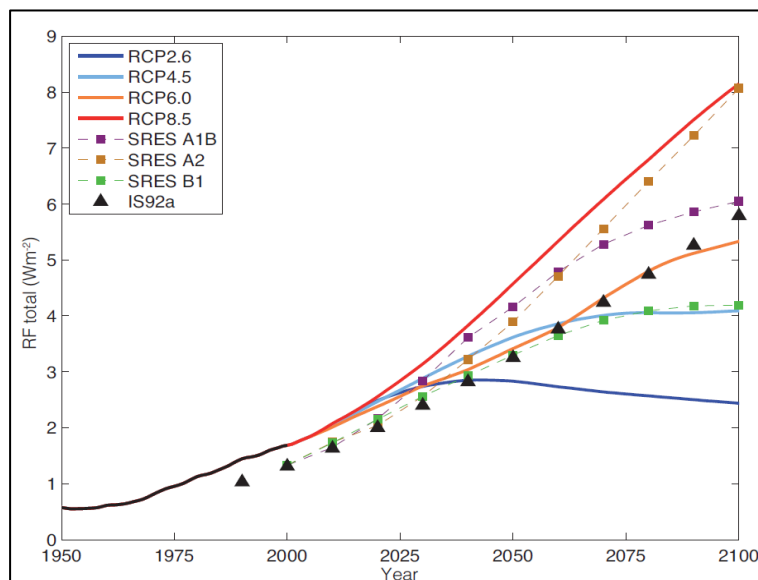


Abbildung 8: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (die schwarze Linie repräsentiert Messwerte; CUBASCH ET AL. 2013)



Meteorologische Kenntage

Eine etablierte Methode zur Beschreibung von klimatischen Änderungen ist die Verwendung von meteorologischen Kenntagen (siehe Tabelle 1). Dies sind beispielsweise die Anzahl von Hitzetagen, Sommertagen oder Frosttagen innerhalb eines zu benennenden Zeitraumes (oftmals jährlich). Die Bestimmung dieser Kenntage kann entweder anhand von Schwellenwerten wie bspw. $T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$ für Sommertage (schwellenwertbasiert) oder anhand von statistischen Maßen wie bspw. dem 95. Perzentil der statistischen Verteilung erfolgen (perzentilbasiert; siehe REKLIES-DE 2017). Für die Betrachtung des zukünftigen Klimawandels in Mannheim wurden schwellenwertbasierte Kenntage verwendet.

Tabelle 1: Bezeichnung und Kriterien für meteorologische Kenntage

Bezeichnung	Kriterium
Sommertag	Tageshöchsttemperatur $\geq 25^\circ\text{C}$
Heißer Tag	Tageshöchsttemperatur $\geq 30^\circ\text{C}$
Frosttag	Tagesminimumtemperatur $\leq 0^\circ\text{C}$
Eistag	Tageshöchsttemperatur $\leq 0^\circ\text{C}$
Tropennacht	Tagesminimumtemperatur $\geq 20^\circ\text{C}$

Einige Modellläufe der regionalen Klimamodelle zeigen bei bestimmten meteorologischen Variablen teilweise systematische Abweichungen (Bias) von den realen Gegebenheiten. Es wird davon ausgegangen, dass der Wertebereich der Abweichungen für den Referenzzeitraum in etwa genauso groß ist wie für die Zukunftszeiträume. Bei einer ausschließlichen Betrachtung der Unterschiede zwischen Zukunft und Referenz haben die Abweichungen, also deren Differenz, keinen Einfluss auf die Aussage.

Bei der schwellenwertbasierten Berechnung von Kenntagen können die benannten systematischen Abweichungen jedoch zu einer Unter- bzw. Überschätzung der Schwellenwerte im Vergleich zu den beobachteten Werten führen. „Ist ein Modell z.B. im Mittel etwas zu warm, so werden in diesem Modell möglicherweise auch besonders viele warme und/oder besonders wenige kalte Kenntage identifiziert“ (REKLIES-DE 2017). Aus diesem Grund wurden für jede Modellsimulation die Schwellenwerte mit der Methode des Quantile-Mappings (PIANI ET AL. 2010, THEMEßL ET AL. 2011) adjustiert. Für jeden Kenntag wurde dementsprechend aus den Beobachtungsdaten das jeweilige Perzentil der statistischen Verteilung berechnet und anhand dieses Perzentilwertes aus dem Referenzlauf jeder Modellsimulation der adjustierte Schwellenwert bestimmt (siehe Anhang A 3). Die Auswertung der Regionalmodellsimulationen wurde dann mit den adjustierten Kenntagen durchgeführt, um systematische Verzerrungen der Ergebnisse weitgehend zu vermeiden.

Statistische Auswertung

Für die Beschreibung des zukünftigen Klimawandels werden klimatische Beobachtungen einer sogenannten Referenzperiode benötigt. Diese sollte einen Zeitraum umfassen, in dem die klimatischen Auswirkungen der globalen Erwärmung noch nicht so stark in Erscheinung getreten sind. Die World Meteorological Organisation (WMO) empfiehlt die Verwendung der sogenannten 30-jährigen Klimanormalperiode von 1961 - 1990. Da jedoch bei einigen der verwendeten Regionalen Klimamodelle der Zeitraum des Referenzlaufs erst 1971 beginnt, wurde hier der Zeitraum von 1971 - 2000 als Referenzperiode festgelegt. Dieser



ist im Verhältnis zu den betrachteten Zukunftszeiträumen noch ausreichend wenig vom Klimawandel beeinflusst, sodass eine vergleichende Betrachtung die wesentlichen klimatischen Veränderungen aufzeigt.

Das Klima eines Raumes wird repräsentiert durch den mittleren Zustand der Atmosphäre über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren, deshalb wurden für jede Variable zeitliche Mittelwerte über folgende Zeiträume berechnet:

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| ■ Referenzperiode: | 1971 – 2000 |
| ■ Zukunftsperiode 1 (nahe Zukunft): | 2021 – 2050 |
| ■ Zukunftsperiode 2 (ferne Zukunft): | 2071 – 2100 |

Von den einzelnen Variablen-Mittelwerten der Zukunftsperioden wurden die zugehörigen Mittelwerte der Referenzperiode subtrahiert und somit die langjährigen mittleren Änderungen für jede Variable berechnet. Die statistische Signifikanz der Änderungen wurde nach einem vom Bund-Länder Fachgespräch zur „Interpretation von Modelldaten“ vorgeschlagenen statistischen Testschema ermittelt (LINKE ET AL. 2016). Das Signifikanzniveau wurde einheitlich auf 95 % festgelegt. Es ist unbedingt zu beachten, dass die Referenzläufe mit den Beobachtungsdaten des gleichen Zeitraumes nur in ihren klimatisch relevanten, statistischen Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind auf kleineren Zeitskalen (Jahre, Monate, Tage) nicht exakt miteinander vergleichbar.

3.4.2 ERGEBNISSE DER ANALYSE

Für die Bewertung des zukünftigen Stadtklimas in Mannheim wurde in Absprache mit dem Auftraggeber und nach Vorgabe der KLIMOPASS-Förderrichtlinie festgelegt, dass die Ergebnisse der Ensembleauswertungen des Szenarios RCP 8.5 im 30-jährigen Zeitraum von 2021 bis 2050 (nahe Zukunft) verwendet werden. Des Weiteren wird der Zeithorizont 2071-2100 entsprechend der Klimopass-Förderrichtlinie berücksichtigt. Alle folgenden Aussagen zum projizierten Klimawandel beziehen sich daher ausschließlich auf diese beiden Zeiträume und das Szenario RCP 8.5.

Im Vergleich zum Referenzzeitraum von 1971 bis zum Jahr 2000 steigt die Mitteltemperatur in Mannheim bis 2050 je nach Auswahl der Modellansätze um etwa 1,1 bis 2 °C (Tabelle 2). Bis 2100 prognostizieren die berücksichtigten Modelle im Mittel sogar einen Temperaturanstieg von 3,9 °C. Etwas stärker, im Vergleich zur Mitteltemperatur, steigen die Minimum- und Maximumtemperaturen mit mittleren Änderungen von 3,2 °C und 1,9 °C (nahe Zukunft) bzw. 8,2 und 5,4 (ferne Zukunft).

Eine Zunahme der Temperaturen ist in allen Regionen Deutschlands beobachtbar und auch in den regionalen Klimaprojektionen erkennbar (DWD 2016, DEUTSCHLÄNDER UND MÄCHEL 2017). Bei der Annahme des Eintretens von Szenario RCP 8.5 würde die Jahresmitteltemperatur in Mannheim im Zeitraum von 2021 bis 2050 somit auf ca. 11,9 °C ansteigen (Referenzzeitraum 1971-2000), was dem aktuellen Niveau der französischen Stadt Lyon entspricht (12,0 °C). Im Jahr 2100 würde mit rund 14 °C sogar ein ähnliches Klima wie in der am Mittelmeer gelegenen Stadt Venedig herrschen. Die Trends der Temperatur und die projizierten Änderungen der langjährigen Mittelwerte sind sehr robust und werden von allen Modellkombinationen des Ensembles als statistisch signifikant ausgegeben. Die großen Unsicherheiten der Prognosen zur fernen Zukunft (2071-2100) sind dabei allerdings berücksichtigen.



Tabelle 2: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) in Mannheim (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Parameter	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000		
	2021-2050 / 2071-2100		
	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	1,1 / 3	1,5 / 3,9	2 / 4,8
Tagesminimum der Temperatur [°C]	1,9 / 5,7	3,2 / 8,2	3,9 / 9,7
Tagesmaximum der Temperatur [°C]	1,3 / 4,3	1,9 / 5,4	3 / 8,2

Im Jahresgang ist ein Temperaturanstieg in allen Monaten erkennbar, wobei von Juli bis Oktober, sowie im Januar und Dezember vergleichsweise größere Temperaturänderungen auftreten als in den übrigen Monaten (Abbildung 9). An der Größe der Monatskerzen und insbesondere der Dochte wird die steigende Unsicherheit mit zunehmenden Zeithorizont deutlich sichtbar.

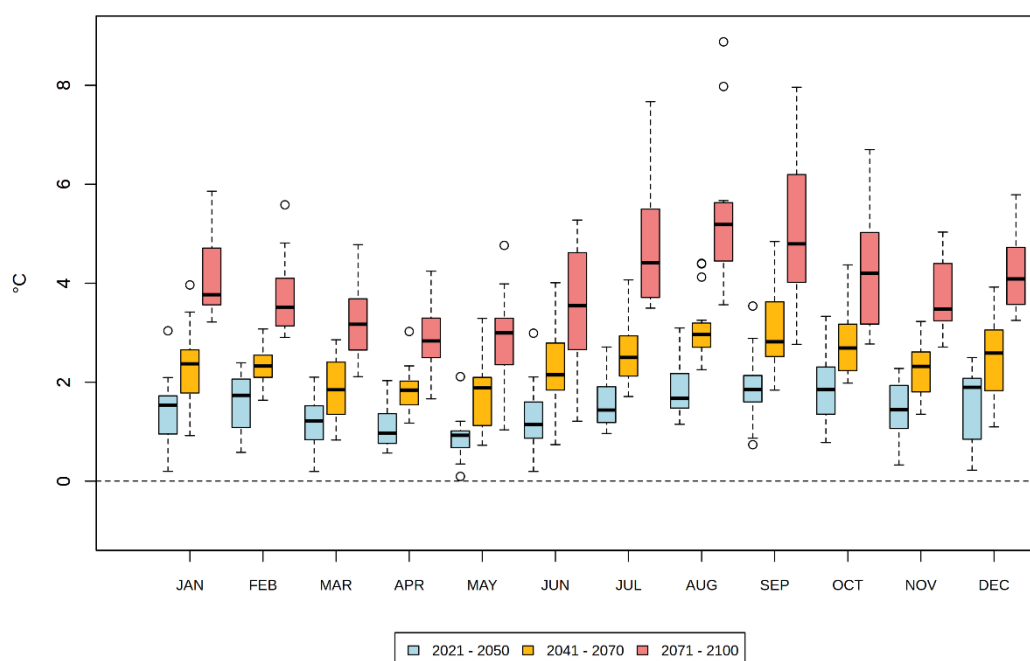


Abbildung 9: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen in Mannheim (RCP 8.5).

Der projizierte Anstieg der Temperatur steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung meteorologischer Kennziffern, die eine anschauliche Sicht auf klimatische Änderungen zulassen. In Tabelle 3 sind die langjährigen mittleren Änderungen ausgewählter Kennziffern für Mannheim aufgeführt. Die durchschnittliche jährliche Anzahl an Sommertagen und heißen Tagen nimmt deutlich zu. In der für Mannheim betrachteten Periode von 2021 bis 2050 ist beim Szenario RCP 8.5 mit im Mittel 8 zusätzlichen heißen Tagen pro Jahr zu rechnen. Damit würden zukünftig im Mittel ca. 20 heiße Tage im Gegensatz zu ca. 12 heißen Tagen pro Jahr (Zeitraum 1971-2000) auftreten. Im aktuellen Zeitraum (1990 bis 2019) treten in Mannheim im Mittel bereits 17 heiße Tage pro Jahr auf. Somit ist die projizierte Anzahl schon fast erreicht und könnte bis 2050 eventuell sogar überschritten werden. Dies deutet darauf hin, dass der obere Schwankungsbereich (P 85) zumindest für die „nahe Zukunft“ zunehmend relevant wird.



Tabelle 3: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage in Mannheim (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Parameter	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000		
	2021-2050 / 2071-2100		
	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	12 / 43	16 / 50	19 / 61
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	6 / 27	8 / 33	16 / 48
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	-27 / -51	-23 / -46	-14 / -45
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	-7 / -9	-6 / -8	-2 / -5
Tropennächte (Tmin > 20°C)	2 / 15	3 / 23	5 / 26

Neben den auf die hohen Temperaturen abzielenden Kenntagen steht die eingangs beschriebene intensive Zunahme der Minimumtemperaturen im Zusammenhang mit einer Abnahme an Frost- und Eistagen. Dies lässt ein häufigeres Auftreten wesentlich milderer Winter und eine geringere Zahl an Tagen mit Frost- und Tauwechseln erwarten. In Mannheim traten im langjährigen Mittel ca. 58 Frosttage pro Jahr auf. Darin enthalten waren etwa 11 Eistage pro Jahr (Zeitraum 1971-2000). Beim Szenario RCP 8.5 würden im Mittel des Zeitraumes 2021 bis 2050 nur noch 35 Frosttage und 5 Eistage (nahe Zukunft) bzw. 12 Frosttage und 3 Eistage (ferne Zukunft) pro Jahr auftreten.

Die Analyse der vom EURO-CORDEX-Modellensemble projizierten klimatischen Änderungen für das Klimaszenario RCP 8.5 und den Zeitraum von 2021 bis 2050 in Mannheim zeigt für die Jahresmitteltemperaturen einen signifikanten Anstieg. Dieser Anstieg tritt in allen Monaten des Jahres auf, wobei die Temperaturen in der zweiten Jahreshälfte stärker zunehmen als in der ersten Jahreshälfte. Die mit dem Temperaturanstieg einhergehende Erwärmung wirkt sich auf die Veränderung der thermischen Kenntage in Mannheim aus. So wird die Anzahl an Sommertagen, heißen Tagen und Tropennächten deutlich zunehmen sowie an Frost- und Eistagen abnehmen. Diese Entwicklung setzt sich gemäß der Modellvorhersagen bis 2100 fort und würde dazu führen, dass Eis- und Frosttage in ferner Zukunft nur noch sehr selten auftreten, wohingegen ausgedehnte heiße Sommer vermehrt die Regel werden würden.



4. Daten und angewandte Methodik

4.1 NUMERISCHE MODELLRECHNUNG

In der Praxis spielen sich umweltmeteorologische Fragestellungen meist in der Größenordnung einer Stadt bzw. Region ab. Die dabei relevanten meteorologischen Phänomene weisen eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis Stunden auf. Als mesoskalige Phänomene werden dabei bspw. Flurwinde, Land-See-Winde oder die städtische Wärmeinsel bezeichnet, während der Einfluss von Hindernissen auf den Wind (z.B. Kanalisierung, Umströmung) oder die Wirkung verschattender Maßnahmen mikroskalige Effekte darstellen.

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen solch lokalklimatischer Phänomene im Wesentlichen bekannt sind, gibt es nach wie vor offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Zwar kann die Verteilung meteorologischer Größen wie Wind und Temperatur durch Messungen ermittelt werden, aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung (insb. in komplexen Umgebungen) in benachbarte Räume nur selten möglich. Entsprechend schwierig ist es, aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende (also flächenhafte) stadtklimatologische Bewertung vornehmen zu können.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe meso- und mikroskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988) und der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch. Zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht somit, neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien, ein weiteres leistungsfähiges Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in der Stadt- und Landschaftsplanung zur Verfügung. Die Modelle basieren, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, 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*).

4.1.1 EINGESETZTES STADTKLIMAMODELL

Für die Klimaanalyse der Stadt Mannheim kam entsprechend der Vorgabe zur Klimopass-Förderung das VDI 3783-konforme Stadtklimamodell FITNAH 3D zum Einsatz. Mesoskalige Modelle wie FITNAH 3D können deutlich besser zur Beantwortung stadtklimatologischer Fragestellungen herangezogen werden, als rein aus Messkampagnen gewonnene Werte, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- bzw. Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom jeweiligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst. Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit

und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH 3D verwendete horizontale räumliche Maschenweite 10 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 40 und 70 m über Grund (ü. Gr.). Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m ü. Gr. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Relief und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Für tiefergehende Informationen zu FITNAH 3D wird u.a. auf GROß (1992) verwiesen.

4.1.2 VORGEGEBENE RANDBEDINGUNGEN

Die Klimaanalyse legt einen autochthonen Sommertag als meteorologische Rahmenbedingung für die Modellrechnungen zugrunde. Dieser wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt bzw. Region besonders gut ausprägen. Charakteristisch für solch eine (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung von Flurwinden, d.h. durch den Temperaturunterschied zwischen kühleren Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetriebene Ausgleichsströmungen.

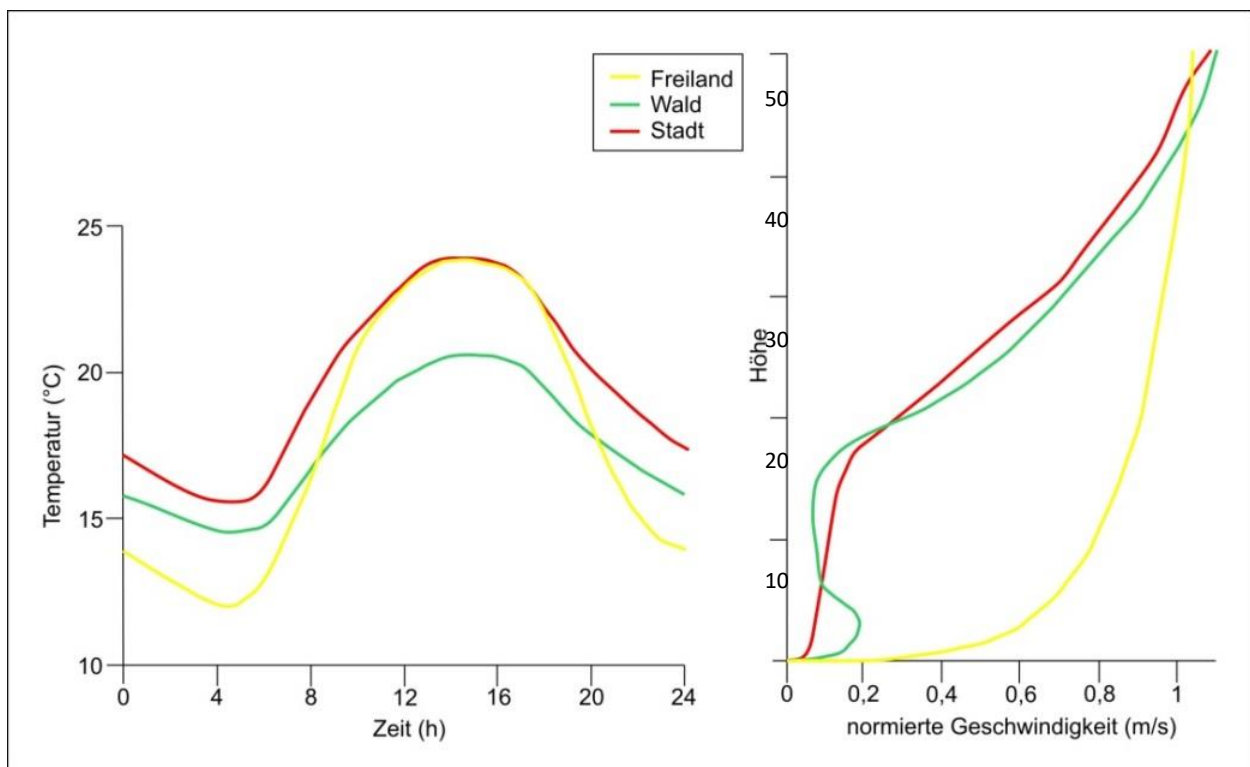


Abbildung 10: Schematische Darstellung des Tagesgangs der Lufttemperatur und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung nach Groß 1992)

In Abbildung 10 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche 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 unversiegelte Freiflächen wie z.B. Wiesen und bebaute Flächen ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, während die nächtliche Abkühlung über Siedlungsflächen deutlich geringer ist (Wärmeinseleffekt). Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch



das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird die Hinderniswirkung von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich. Typischerweise führt ein autochthoner Sommertag aufgrund der hohen Einstrahlung und des geringen Luftaustauschs zu den höchsten thermischen Belastungen. Auch wenn es sich dabei um eine besondere Situation handelt, tritt solch eine Wetterlage regelmäßig und jeden Sommer mehrfach auf (vgl. Abbildung 3).

Sowohl die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte regionalklimatische Analyse (Auswertung der DWD-Stationsdaten) als auch die Messkampagne (Kap. 5.2) zeigen, dass nachts unter austauscharmen Bedingungen häufig süd bis südöstliche Winde aus dem Rheintal auftreten, welche das Strömungsgeschehen der Stadt Mannheim beeinflussen. Die aus dem Rheintal regelmäßig auftretenden Winde wurden in der Klimasimulation nicht direkt berücksichtigt, allerdings wurden diese bei der späteren Auswertung und Interpretation der Modellergebnisse miteinbezogen.

Als Rahmenbedingungen der Modellrechnung zum Ist-Zustand wird die Situation des 21. Juni (Sonnenhöchststand) mit einer 0/8 Bewölkung und einer Bodenfeuchte von 60 % angenommen. Der Modellierungszeitraum erstreckt sich von 21 Uhr bis zum Folgetag um 14 Uhr, wobei in der späteren Auswertung (Kap. 5.1) lediglich die Zeitpunkte um 4 Uhr nachts und um 14 Uhr am Tag dargestellt werden. Die Starttemperatur der Modellierung beträgt 21 °C in 2 m Höhe.

Um die bioklimatischen Auswirkungen des Klimawandels bis 2050 (nahe Zukunft) analysieren zu können, wurde in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber und entsprechend den KLIMOPASS-Förderrichtlinien ein entsprechendes Modellszenario entwickelt. Als Grundlage für das anzunehmende Klimaänderungssignal dient im Wesentlichen die vorangegangene Analyse der EURO-CORDEX-Klimamodelldaten (Kap. 3.4.2). Dabei zeigt sich insbesondere für die nahe Zukunft, dass das Szenario RCP 8.5 derzeit am ehesten der aktuellen Entwicklung entspricht. Durch die Annahme dieses im Vergleich pessimistischen Zukunftsszenarios kann neben der nach aktuellem Stand relativ hohen Wahrscheinlichkeit des Eintreffens vermieden werden im Nachgang negativ überrascht zu werden. Als Temperaturänderungssignal wurde innerhalb RCP 8.5-Szenarios das 85. Perzentil des Wertespektrums gewählt (vgl. Tabelle 2). Mit einem Temperaturantrieb von +2 K handelt es sich dabei um den „Worst Case“, welcher aber nach Analyse der aktuellen Trends ein durchaus realistisches Szenario darstellt. So ist beispielsweise beim aktuellen Trend zur Entwicklung der Anzahl „heißer Tage“ zu sehen, dass die mittleren Prognosen des RCP 8.5-Szenarios für die „nahe Zukunft“ vermutlich übertroffen werden.

Da neben dem Anstieg der Temperatur auch mit zunehmend trockeneren Sommern gerechnet werden muss, wurde im „Zukunfts-Szenario 2050“ zusätzlich die oberflächennahe Bodenfeuchte herabgesetzt. Ausgenommen sind dabei vom Auftraggeber definierte innerstädtische Grünflächen, welche bereits heute einem Bewässerungskonzept unterliegen. Aufgrund des geringeren Verdunstungspotentials des Bodens ist so mit einer zusätzlich leichten Erhöhung des Temperaturantriebs zu rechnen.

4.1.3 EINGANGSDATEN UND DATENAUFBEREITUNG

Ein numerisches Modell wie FITNAH 3D benötigt spezifische Eingangsdaten, die charakteristisch für die Landschaft des Untersuchungsgebiets sind. Dabei müssen für jede Rasterzelle folgende Daten vorliegen, die jeweils vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden bzw. teilweise online zugänglich waren:

- Geländehöhe
 - Digitales Geländemodell Mannheim in 1 m Auflösung (2019)
 - Digitales Geländemodell Ludwigshafen in 5 m Auflösung (2019)
 - EU-DEM für das weitere Umland in 25 m Auflösung (2018)



- Landnutzung
 - Urban Atlas Flächennutzung (2015)
 - Luftbilder zum Abgleich als WMS (2017)
 - Gebäude des 3D-Stadtmodells (2018)
 - OSM-Gebäudeflächen für Umland
 - Bebauungspläne für zukünftige Stadtentwicklung
 - Blockflächen der kleinräumigen Gliederung (2020)
 - Grünflächenkataster (2019)
 - Stadtstrukturtypen (2020)
- Strukturhöhe
 - Digitales Oberflächenmodell (DOM) in 1 m Auflösung (April 2018)
 - Baumkronen-DVM (digital vegetation model)
 - Laserscandaten Ludwigshafen in 1 m-Auflösung
- Versiegelungsgrad
 - versiegelte Flächen als .tif in 10 cm-Auflösung (2017)

Die Klimaanalyse kann den Zustand des Stadtgebiets immer nur in einer bestimmten Situation abbilden. Die aktuelle Situation Mannheims wird demnach aus einer Sammlung von Daten repräsentiert, die einen Stand von mindestens 2015 aufweisen. Aufgrund der Notwendigkeit der Kombination von verschiedenen Geodaten ist es jedoch nicht möglich, einen feststehendes Jahr als „Ist-Zustand“ anzunehmen. Die meisten Datengrundlagen stammen jedoch mindestens aus dem Jahr 2017 und waren zum Zeitpunkt der Bearbeitung (ab Sommer 2019) demnach ausreichend aktuell. Alle Eingangsdaten wurden zudem hinsichtlich ihrer Plausibilität mittels Luftbilder aus den Jahren 2017 und 2018 abgeglichen. Die Auswirkungen aktueller Planvorhaben bzw. jene welche in naher Zukunft umgesetzt werden, wurden anhand von aktuellen konkretisierten Bebauungsplänen in den „Ist-Zustand“ übertragen.

Um die klimatischen Prozesse zwischen Stadt und Umland zu erfassen (insb. bezogen auf den Luftaustausch), geht das Untersuchungsgebiet über die Stadtgrenze hinaus. Außerhalb des Mannheimer Stadtgebiets wurde dabei auf Daten der Stadt Ludwigshafen (DGM; Laserscandaten) sowie auf frei verfügbare Daten zurückgegriffen (Urban Atlas, OpenStreetMap). Die Eingangsdaten für das Mannheimer Umland sind somit weniger detailgetreu aufbereitet, aber grundsätzlich ausreichend um das Prozessgeschehen zwischen Mannheim und seinen Nachbarorten hinreichend genau zu erfassen. Das Stadtgebiet Mannheims erstreckt sich bei einer Ausdehnung von ca. 12 km in Ost-West- bzw. 20 km in Nord-Süd-Richtung über eine Fläche von 144,96 km². Das für die Modellrechnung verwendete rechteckige Untersuchungsgebiet spannt eine Fläche von rund 307 km² auf (14,6 km x 21 km), damit die im Umland gelegenen Höhen- und Landnutzungsunterschiede mit Einfluss auf das Mannheimer Stadtklima berücksichtigt werden können. Insgesamt wird das Modellgebiet mit knapp 3,1 Mio. Rasterzellen beschrieben, wobei für jede Rasterzelle jeweils eine Information zur Geländehöhe, Landnutzung, Strukturhöhe und Versiegelungsgrad hinterlegt ist.

Geländehöhe

Die Geländehöhe des Modellgebiets wird in einem digitalen Geländemodell (DGM) dargestellt, welches für das Mannheimer Stadtgebiet von einer ursprünglichen 1m-Auflösung in die für die Modellierung notwendige 10 m-Rasterauflösung gemittelt wurde (Abbildung 11). Für das Umland lagen lediglich Geländemodelle mit einer Auflösung von 5 m (Stadtgebiet Ludwigshafen) bzw. 25 m (übriges Umland) vor. Auch diese wurden in die notwendige 10 m-Rasterauflösung übertragen.

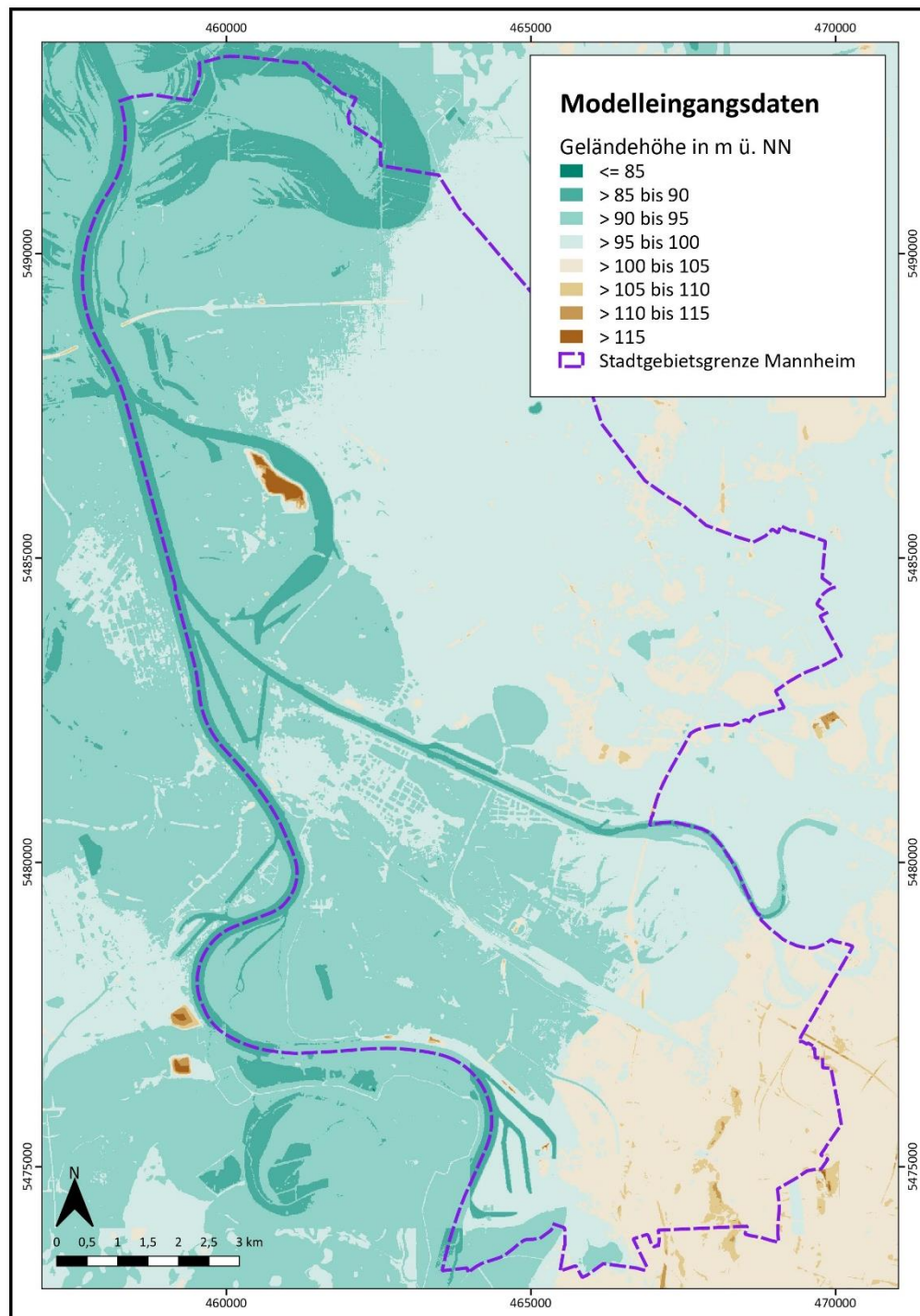


Abbildung 11: Digitales Geländemodell für Mannheim und Umgebung

Im Mannheimer Stadtgebiet treten Höhenunterschiede von maximal 41 Metern auf. Die niedrigsten Bereiche mit einer Höhe von weniger als 90 m über NN sind weitestgehend im Uferbereich der Flussläufe Rhein und Neckar zu finden, wohingegen die höher gelegenen Flächen mit 105 bis 110 m über NN im Bereich der Flugsanddünen (u.a. im Bereich Feudenheim, Unterer Dossenwald) liegen. Die Deponie Friesenheimer Insel stellt mit ca. 127 m über NN den höchsten Punkt dar. Abgesehen von den vergleichsweise kleinräumigen künstlichen Erhöhungen beträgt die maximale Höhendifferenz demnach ca. 20 m.



Landnutzungsklassifizierung

Die Mannheimer Landnutzung wird im Ist-Zustand über 6 verschiedene Nutzungsklassen (Abbildung 13), welche jeweils unterschiedliche physikalische Eigenschaften besitzen, definiert. Bei der vorliegenden Rasterzellenbreite von 10 m war es möglich, einzelne Gebäude und Bäume in der Landnutzungsklassifizierung aufzulösen. Die Gebäude lagen für das Mannheimer Stadtgebiet in Form von 3D-Shapes vor, wodurch neben der Grundfläche zusätzlich die exakt vermessene Gebäudehöhe vorlag und somit in das Raster überführt werden konnte.

Der Baumanteil einer Rasterzelle konnten mittels folgender hochaufgelöster Rasterdaten ermittelt werden:

- Baumkronen-Unterkante (Höhe der Baumunterkante in Metern über Grund)
- Baumkronen-DVM (Höhe der Baumoberkante in Metern über Grund)
- Baumkronen-Grünvolumen (Grünvolumen in m^3/m^2 zwischen der Unter- und Oberkante der Bäume)

Nach Übertragung des jeweiligen Baumanteils in das Nutzungsgitter wurden die 10 x 10 m-Raster ab einem Schwellenwert von 40/100 als „Baum auf unbebaut“ klassifiziert.

Straßen, Gleise und Gewässer wurden anhand der Urban Atlas Nutzungsklassifizierung in das Nutzungsgitter übertragen. Dabei wurde jeweils die Nutzungsklasse gewählt, welche den größten Flächenanteil einer Rasterzelle hatte. Für das Umland wurden durchgängig Urban-Atlas sowie OpenStreetMap-Daten genutzt. Die Genauigkeit dieser Daten ist zwar insgesamt etwas ungenauer als jene, die für das Mannheimer Stadtgebiet vorliegen, reichte aber für den Zweck dieser Untersuchung aus.

Ergänzend zur derzeitigen Situation wurden nach Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Reihe von konkretisierten Bebauungsplänen, welche sich teilweise bereits in Umsetzung befinden oder aber in naher Zukunft umgesetzt werden, in den „Ist-Zustand“ eingearbeitet. Als Grundlage hierfür dienten die vom Auftraggeber bereitgestellten Planungsstände. In den Karten sind betreffenden Flächen durch einen Rahmen hervorgehoben.

Folgende Planstände wurden für den Ist-Zustand berücksichtigt:

- Turley Areal: Bebauungsplan 32.40 (Stand: 12.05.2016)
- Turley Areal: Lageplan Baufeld 4 & 5 (Stand: 17.04.2020)
- Franklin: Bebauungsplan 71.49 (Stand: 11.3. 2016)
- Franklin: Bebauungsplan 71.47 (Stand: 19.07.2017)
- Franklin: Bebauungsplan 71.53 (Stand: 13.12.2019)
- Franklin: Bebauungsplan 71.51 (Stand: 10.04.2019)
- Glücksteinquartier: Bebauungsplan 43.19.1 (Stand 13.08.2015)
- Spinelli: Bebauungsplan 71.54 (Stand: 25.10.2019)
- Spinelli: Übersichtslageplan Grünzug Nordost (Stand: 29.08.2019)
- Sportplatz Rheingoldstraße: Bebauungsplan 82.15.2 (Stand: 22.07.2016)
- Taylor Areal: Bebauungsplan 75.23 (Stand: 29.12.2016)

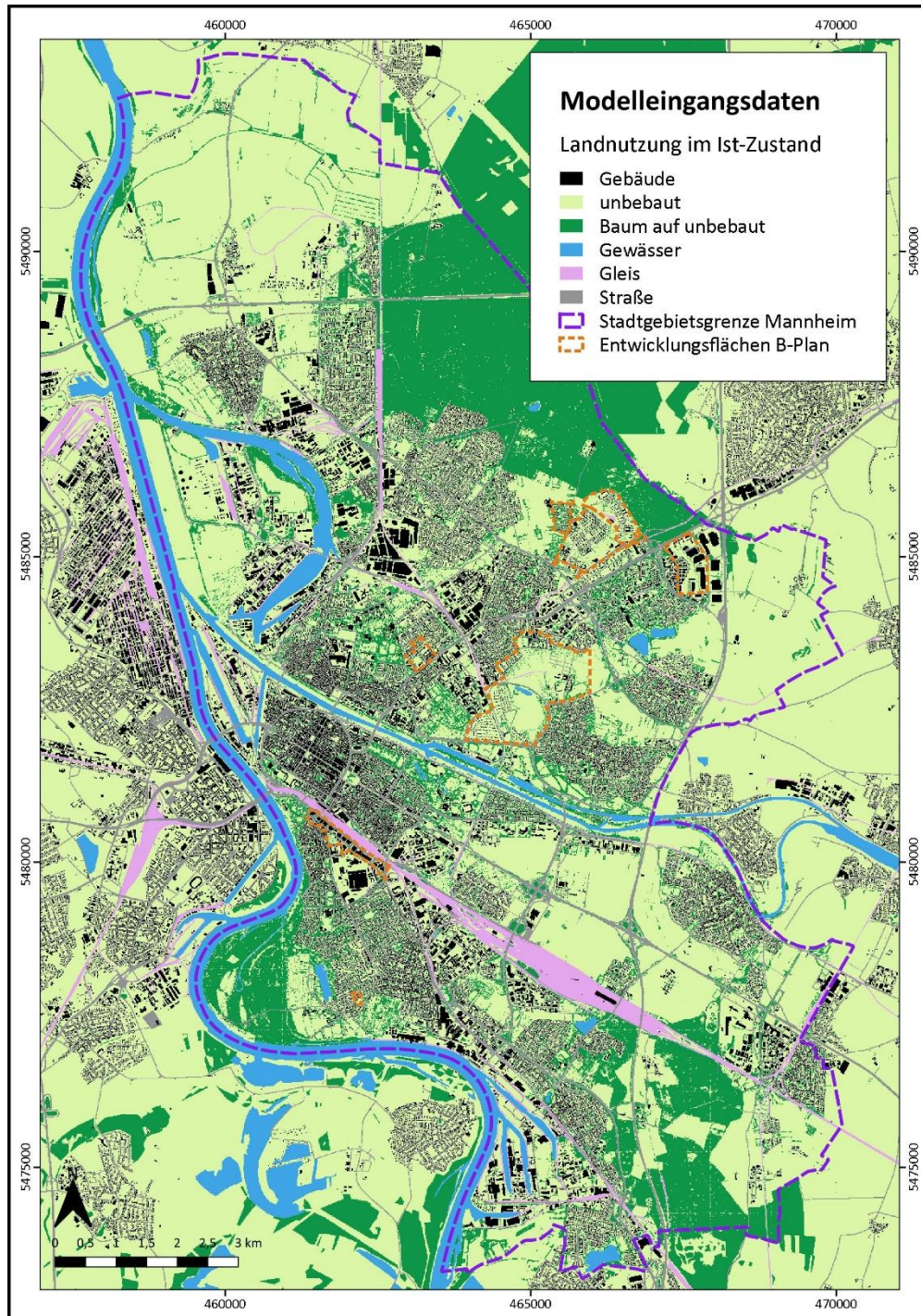


Abbildung 12: Rasterhafte Landnutzungsklassifizierung des Ist-Zustandes in 6 Klassen.

Versiegelungsgrad

Die versiegelten Flächen des Mannheimer Stadtgebiets wurden in Form eines Bildrasters in 10 cm-Auflösung bereitgestellt (Infrarotbild-Auswertung). Diese sehr hochauflösten Daten wurden in das verwendete 10 m-Rastergitter überführt, wobei für jede Rasterzelle zunächst der jeweilige Mittelwert verwendet wurde (Abbildung 13). Die Versiegelungsinformationen wiesen beim Luftbildabgleich überwiegend eine gute Genauigkeit auf. Es wurden allerdings auch einige Bereiche identifiziert, die einen deutlich zu hohen Versiegelungsgrad zugewiesen bekommen haben. Dabei handelte es sich beispielsweise um einige offene



Grünflächen (z.B. Flugplatz Coleman), welche zum Zeitpunkt der Erhebung wahrscheinlich eine vertrocknete Vegetation aufwiesen oder im Fall von Ackerflächen im gepflügten Zustand waren (fehlende bzw. vertrocknete Vegetation führt bei Infrarotbild-Auswertungen häufig zu Fehlern). Aus diesem Grund wurden alle größeren Wiesen und Ackerflächen über eine räumliche Abfrage vorsorglich auf einen Versiegelungsgrad von 0 herabgesetzt. Ebenfalls angepasst wurden Tennis- und Kunstrasenplätze sowie Eisenbahngleisbereiche, da diese im Versiegelungsraster zumeist einen Wert von über 50 % bis 100 % besaßen. Der Versiegelungsgrad wurde entsprechend der bioklimatischen Eigenschaften dieser Flächentypen auf einen Standardwert von 25 % herabgesetzt.

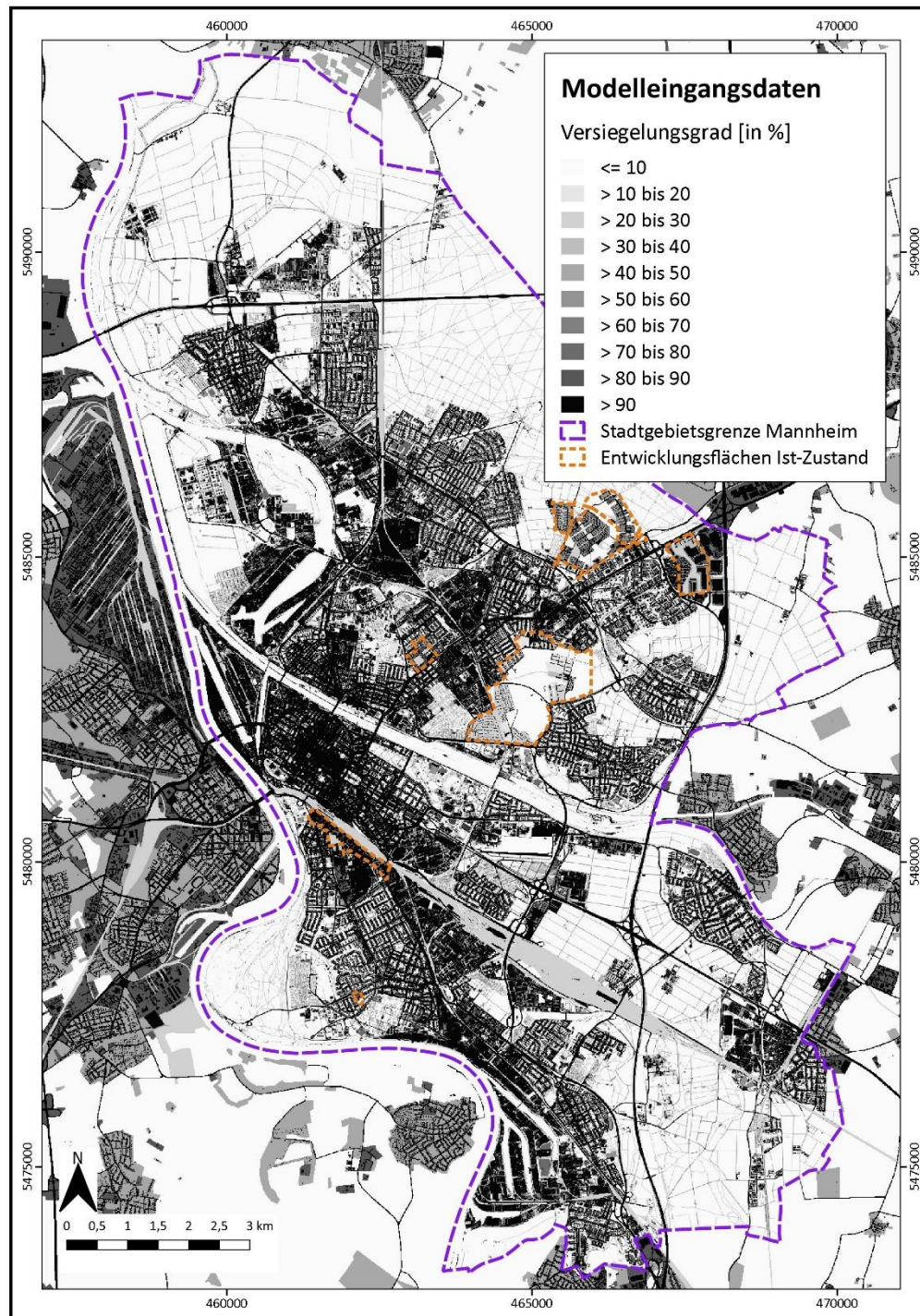


Abbildung 13: Rasterbasierter Versiegelungsgrad für das Stadtgebiet von Mannheim.



Flächenentwicklung im Zukunfts-Szenario 2050: Mischpixelansatz

Die für die nahe Zukunft angenommene Flächenkulisse basiert auf den Entwicklungsgebieten, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung als plausible Flächen vom Auftraggeber definiert wurden und im „Ist-Zustand“ noch keine Berücksichtigung fanden. Es handelt sich um insgesamt 16 Entwicklungsflächen, von denen lediglich eine zum Zeitpunkt der Bearbeitung bereits über einen mindestens in Aufstellung befindlichen Bebauungsplan verfügte (Bebauungsplan Hammonds Nr. 63.32 vom 18.09.2018). Hinzu kommt ein Bereich der Coleman-Barracks, in welchem mittelfristig geplant ist die vorhandene Barrackenbebauung zurückzubauen. An dieser Stelle wurden die betreffenden Gebäude im Zukunfts-Szenario entfernt.

Die 14 verbleibenden möglichen Entwicklungsflächen, die in der Flächenkulisse der zukünftigen Situation berücksichtigt wurden, sind in der Tabelle 4 dargestellt. Für diese, welche jeweils als eigene Nutzungsklasse in die Zukunftsrechnung eingehen (siehe Anhang A 4), fand der sogenannte Mischpixelansatz Verwendung. Dabei wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber für jede Entwicklungsfläche ein Referenzgebiet aus dem Ist-Zustand festgelegt. Dieses Referenzgebiet entspricht dabei weitestgehend der zu erwartenden zukünftigen Nutzung und wurde entsprechend der anteiligen Nutzungsklassen, dem durchschnittlichen Versiegelungsgrad sowie der durchschnittlichen Strukturhöhe (nur Gebäude- und Baumpixel) ausgewertet.

Tabelle 4: Berücksichtigte Mannheimer Entwicklungsflächen (ohne Bebauungsplan) für die zukünftige Situation (2050) mit ihren jeweiligen dem Referenzgebiet entsprechenden Anteilen an Nutzungsklassen (Mischpixelansatz), dem mittleren Versiegelungsgrad sowie der mittleren Strukturhöhe.

Flächentypen	Nutzung 1	Nutzung 2	Nutzung 3	Nutzung 4	Nutzung 5	Nutzung 6	Vers.-grad	Strukturhöhe
Coleman West (Gewerbe)	37,20 %	10,12 %	2,71 %	-	-	49,96 %	82,5 %	7,4 m
Coleman Ost (Gewerbe)	36,10 %	13,47 %	1,60 %	-	-	48,83 %	80,0 %	7,4 m
Groß-Gerauer Str. (Wohngebiet)	30,83 %	31,54 %	6,27 %	-	-	31,36 %	55,11 %	8,0 m
Wallstadt-Nord Nachverdichtung	24,22 %	46,76 %	3,12 %	-	-	25,90 %	55,07 %	7,4 m
Feudenheim Nord (Wohngebiet)	23,74 %	35,61 %	9,71 %	-	-	30,94 %	45,08 %	7,9 m
Kleingärten Aufeldweg (Wohngebiet)	25,74 %	34,39 %	7,38 %	-	-	32,49 %	49,93 %	7,9 m
Otto-Bauder Sportanlagen (Wohngebiet)	28,02 %	37,88 %	8,01 %	-	-	26,10 %	45,14 %	8,3 m
Seckenheim-Süd (Nachverdichtung)	24,47 %	29,38 %	9,44 %	-	-	36,71 %	55,2 %	8,9 m
Friedrichsfeld (2 Wohngebiete)	24,10 %	40,58 %	10,11 %	-	-	25,21 %	45,2 %	6,8 m
Friesenheimer Insel Nord (Gewerbe)	33,19 %	16,90 %	0,60 %	-	5,91 %	43,40 %	77,51 %	12,6 m
Friesenheimer Insel Süd (Gewerbe)	33,19 %	16,90 %	0,60 %	-	5,91 %	43,40 %	77,51 %	12,6 m
Scharhof Ost (Wohngebiet)	25,58 %	42,01 %	8,09 %	-	-	24,32 %	40,51 %	7,4 m
Blumenau Nord-west (Wohngebiet)	25,68 %	38,61 %	7,99 %	-	-	27,72 %	44,92 %	7,4 m
Seckenheim Oberfeld (Gewerbe)	37,82 %	12,89 %	0,77 %	-	1,90 %	46,62 %	79,9 %	13,1 m



Die aus der statistischen Auswertung resultierenden Nutzungsanteile bzw. die Durchschnittswerte des Versiegelungsgrades und der Strukturfhöhe können nun jedem einzelnen Pixel der jeweiligen Entwicklungsfläche zugeordnet werden. Während eine Einzel- und Reihenhausbauung in der Folge eher „grün“ ausgestaltet anmutet, wirken Gewerbegebiete tendenziell „grauer“ und gehen dementsprechend in die Modellrechnung ein (Abbildung 14).

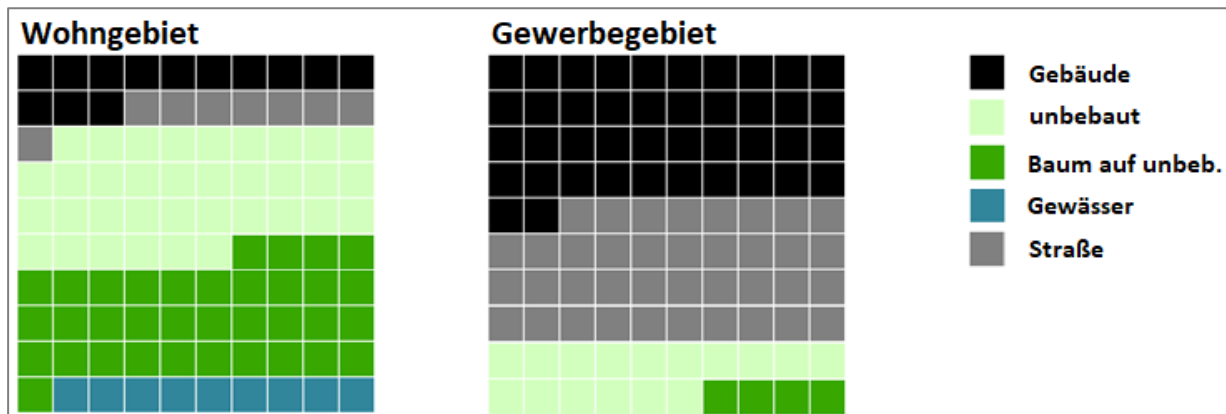


Abbildung 14: Prinzipskizze des Mischpixelansatzes: Verteilungsbeispiele für einen einzelnen Pixel für Wohnbebauung (links) und dem eines Gewerbegebietes (rechts).

Aufbereitung der Eingangsdaten

Ziel der Eingangsdatenaufbereitung ist es, aus den flächenhaft vorliegenden Nutzungsinformationen der Referenzgeometrie punkthaft gerasterte Modelleingangsdaten mit einer Gitterweite von 10 m zu erzeugen (Schritt 1 und 2 in Abbildung 15). Aus diesen punkthaften Repräsentationen der Eingangsvariablen ergeben sich die in gleicher Weise aufgelösten rasterbasierten Modellergebnisse der einzelnen Klimaparameter (Schritt 3).

Die Modellergebnisse erlauben eine erste Analyse der klimaökologischen Gegebenheiten in einem Gebiet. Planerische Aussagen zur bioklimatischen Bedeutung bestimmter Areale können sich allerdings nicht auf einzelne Rasterzellen beziehen. Hierfür muss eine Zonierung des Untersuchungsraumes in klimatisch ähnlichen Flächeneinheiten erfolgen. Diese Blockflächen sollten in der Realität nachvollziehbar und administrativ oder nutzungstypisch abgrenzbar sein. Die wichtigste Datengrundlage hierfür bilden die vom Auftraggeber bereitgestellten Blockflächen (2020), welche auf der Basis von digitalen Orthophotos (2018) noch einmal manuell überarbeitet wurden. Die rasterbasierten Modellergebnisse werden nun auf die Blockflächen gemittelt, sodass jede Blockfläche Informationen bspw. zur Lufttemperatur oder dem Kaltluftvolumenstrom enthält (Schritt 4 in Abbildung 15).

Aufgrund dieser Vorgehensweise liegen die Ergebnisse der Klimaanalyse in zweifacher Form vor: Zum einen als rasterbasierte Verteilung der Klimaparameter im räumlichen Kontinuum (Kap. 5.1), zum anderen als planungsrelevante und maßstabsgerechte, räumlich in der Realität abgrenzbare Flächeneinheiten (Verwendung z.B. in der Planungshinweiskarte in Kap. 6.2).

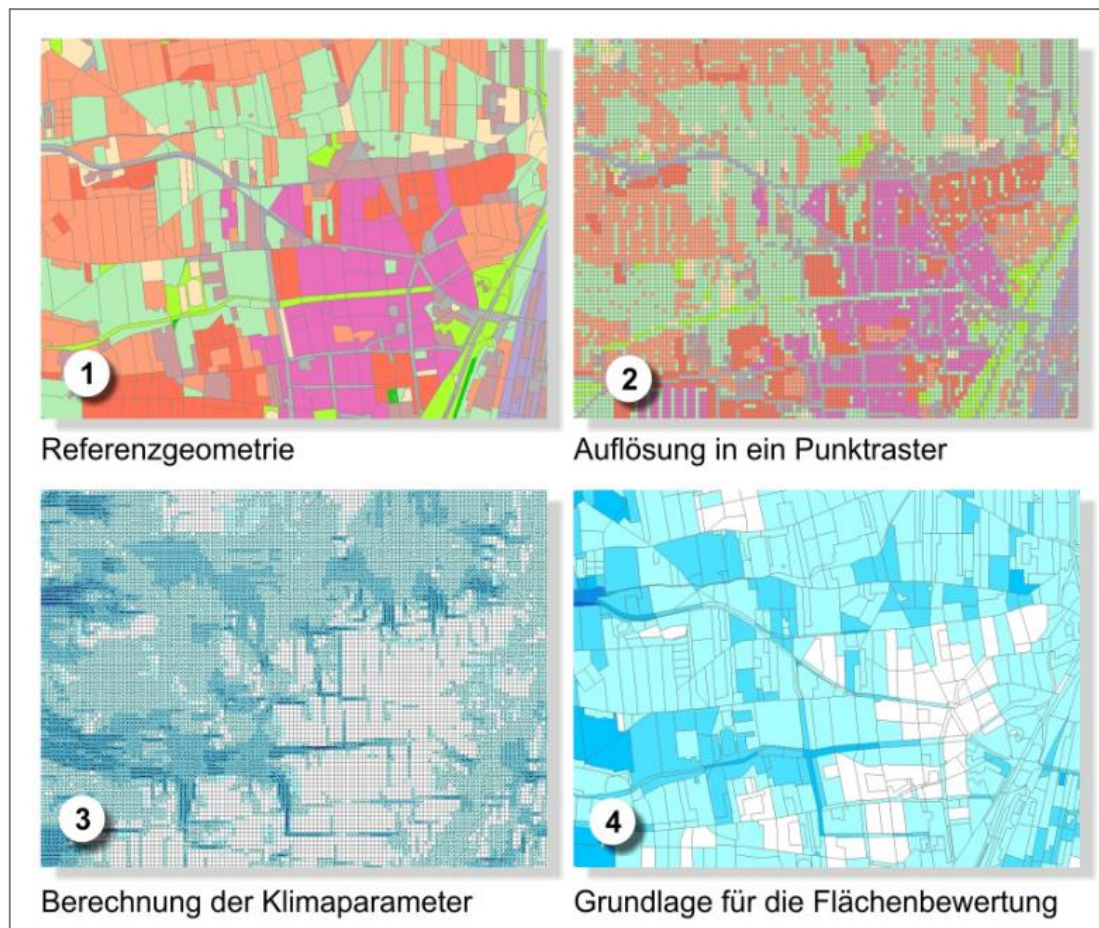


Abbildung 15: Schema der Wertezuordnung zwischen Flächen- und Punktinformation

4.1.4 HERAUSFORDERUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Die Klimamodellierung wird mit einigen Herausforderungen und Unsicherheiten begleitet, welche in diesem Abschnitt näher beschrieben werden. Allgemein lassen sich die auftretenden Ungenauigkeiten je nach Ursprung des Problems in vier verschiedene Kategorien einteilen:

- (1) Rastergeometrie
- (2) Datengrundlage
- (3) Meteorologische Rahmenbedingungen
- (4) Modellunsicherheiten

Bedingt durch die Rasterung von flächendeckenden Informationen in eine Auflösung von 10 Metern ergeben sich Ungenauigkeiten, die sich zum Teil auch in den Modellergebnissen niederschlagen. So können z.B. besonders kleinkronige Bäume in einem 10 m-Gitter nicht erfasst werden, was sich insbesondere auf die PET am Tag niederschlägt (vgl. 5.1.2). Es kann demnach sein, dass eine Straße mit kleinkronigen Baumreihen (und größeren Abständen zwischen den Bäumen) gar nicht als Allee, sondern als reiner Straßenraum ohne Verschattung betrachtet wird. Dieses Problem schlägt sich auch in den übrigen Landnutzungs-klassen nieder. Städte haben besonders kleinteilige Strukturen, sodass oftmals gleich mehrere Oberflächentypen in ein und derselben Rasterzelle liegen. In den Eingangsdaten und damit auch im Modell wird jedoch nur die Nutzung berücksichtigt, die den größten Flächenanteil in der Rasterzelle einnimmt. Auch mit Blick auf die Gelände- und Strukturhöhe treten rasterbedingte Ungenauigkeiten auf. Die mit 1 m sehr



fein aufgelösten Gelände- und Oberflächenmodelle der Stadt Mannheim mussten für die Klimamodellierung auf eine gröbere Rasterauflösung von 10 m gemittelt werden. Erhebungen und Vegetationsstrukturen werden auf diese Weise geglättet bzw. abgerundet. Um die Modellergebnisse allgemein besser nachvollziehen zu können, sollte also auch immer ein Blick auf die rasterbasierten Eingangsdaten erfolgen.

Weitere Unsicherheiten ergeben sich mit Blick auf die Datengrundlage. Die Verwendung bzw. Kombination von Daten mit verschiedenen Aufnahmezeitpunkten ist problematisch und gleichzeitig unvermeidbar. Die „heutige“ Flächenkulisse der Stadt Mannheim wird durch die aktuellsten Daten beschrieben, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung zur Verfügung standen. Doch nicht allein die Datenaktualität, auch Ungenauigkeiten in den Datengrundlagen selbst rufen Probleme hervor. Die Güte der Modellergebnisse hängt also auch stark von der Güte der Eingangsdaten ab. Widersprüchliche und veraltete Daten konnten anhand des Abgleichs mit Luftbildern zum Teil korrigiert bzw. aktualisiert werden, sie sind trotz Plausibilitätsprüfung jedoch nicht komplett auszuschließen.

Die Variabilität von meteorologischen Rahmenbedingungen stellt eine weitere Herausforderung dar. Mit der austauscharmen Strahlungswetterlage wurde eine Situation simuliert, die mehrfach jeden Sommer auftritt und für den Menschen besonders belastend ist. Die modellierte Wettersituation stellt keinen Extremfall, sondern eine durchschnittliche Situation mit wenig Wind und intensiver Sonneneinstrahlung dar. In der Realität treten jedoch viele verschiedene Wettersituationen auf, die nicht alle simuliert und in einer Karte abgebildet werden können. Unter austauschstärkeren Bedingungen sind die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland längst nicht so groß wie in der modellierten Situation. Hinzu kommt, dass im Modell eine Bodenfeuchte von 60 % angenommen wird („Ist-Zustand“) und Wasser an Vegetation potenziell verdunsten kann. Die Bodenfeuchte ist in der Realität jedoch je nach Standort und Niederschlagsverhalten variabel. Das heißt, dass die Kühlleistung von Vegetation an trockenen Standorten oder während andauernder Trockenperioden in der Realität geringer ausfällt als in den modellierten Werten. Will man die modellierten Daten mit Ergebnissen aus anderen Quellen vergleichen, so ist u.a. darauf zu achten, dass die gleichen meteorologischen Rahmenbedingungen vorherrschen, da die Daten sonst nicht miteinander vergleichbar sind.

Zur Charakterisierung einer Landschaft müssen zudem eine ganze Reihe von Standortparametern vorgegeben werden, die zu einem Großteil unbekannt sind. Hier werden in der Regel plausible Werte aus der Literatur angenommen. Wenn diese Annahmen nicht zutreffend sind, können die Modellergebnisse Unsicherheiten aufweisen. Neben der Geländehöhe, die aber in der Regel recht gut bekannt ist, müssen eine Reihe von Oberflächen- und Bodenparameter spezifiziert werden, deren genauen Zahlenwerte vor Ort nicht bekannt sind. In einer umfangreichen Studie wurde untersucht (Groß 2019), mit welchen Unsicherheiten bei den Modellergebnisse zu rechnen ist, wenn diese Eingangsdaten nur mit einer gewissen Genauigkeit bekannt sind. Diese Untersuchungen wurden für einzelne Parameter (z.B. Oberflächenrauigkeit, Albedo, Wärmeleitfähigkeit des Erdboden, etc.), aber auch für viele Kombinationen davon durchgeführt. Als Ergebnis dieser Untersuchungen erhält man, dass die charakteristischen Fehler bei der Lufttemperatur in 2 m Höhe um die Mittagszeit 1,5 Kelvin und in den Nachtstunden 1,1 Kelvin beträgt. Beim Windfeld in 10 m Höhe betragen diese Fehler tagsüber 0,5 m/s und in der Nacht 0,1 m/s.



4.2 MESSKAMPAGNE

Da mit Hilfe von numerischen Klimamodellen wie FITNAH-3D immer nur die Parameter eines festgelegten Raumausschnittes in die Klimamodellierung einfließen, können regionaltypische Phänomene wie übergeordnete Windsysteme, die ihren Ursprung außerhalb dieses Raumausschnittes haben, nur bedingt berücksichtigt werden. So ist es mit FITNAH-3D zwar möglich eine bestimmte Anstromrichtung festzulegen, allerdings zeigt u.a. die vorangegangene auf Messdaten basierte Klimaanalyse 2010, dass in Mannheim für die betrachtete autochthone Wetterlage verschiedene Anstromrichtungen relevant sind. Diese können modelltechnisch aber nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand in Form einer Vielzahl von Modellläufen umgesetzt werden. Eine die numerische Modellrechnung unterstützende Messkampagne kann dagegen die für Mannheim typischen Strömungssysteme ermitteln und dadurch klimaökologisch wertvolle Kalt- und Frischluftachsen aufzeigen, welche durch eine einzelne Modellrechnung ggf. nicht bzw. nicht eindeutig sichtbar gewesen wären. Darüber hinaus dient die Messkampagne der Validierung der modellierten Temperaturverteilung innerhalb des Stadtgebiets. Zwar lassen sich die Ergebnisse beider Untersuchungen nicht eins zu eins vergleichen, da Messkampagnen auch unter autochthonen Wetterbedingungen einem individuellen Wettereinfluss ausgesetzt sind, wohingegen numerische Modellrechnungen definierten „Laborbedingungen“ unterliegen. Allerdings zeigen die innerstädtischen Temperaturunterschiede zwischen beispielsweise offenen Grünflächen am Stadtrand und dicht bebauter Zentrumsbebauung in beiden Ansätzen im Idealfall eine hohe Übereinstimmung.

Messverfahren

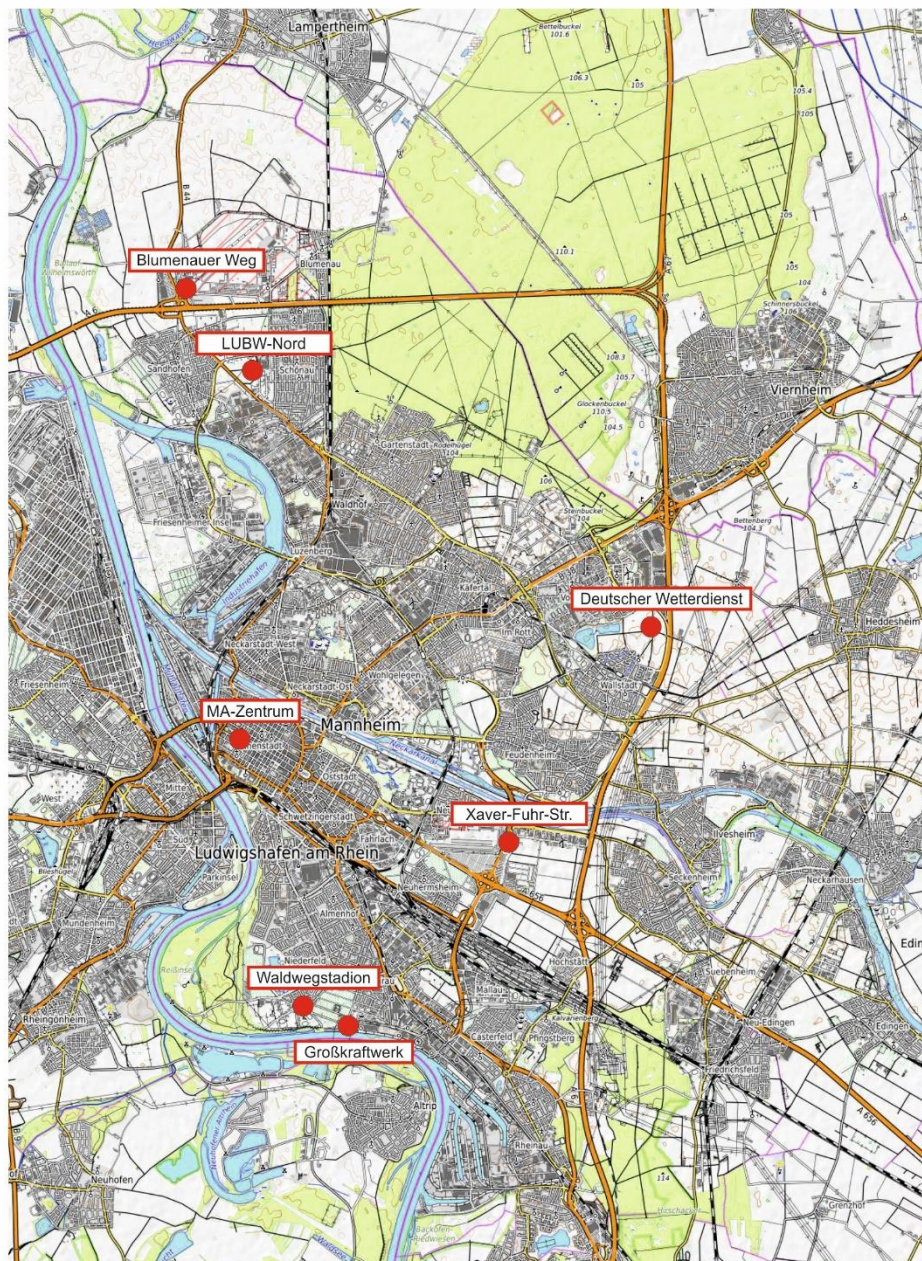
Neben der computergestützten Modellierung des Stadtklimas von Mannheim wurden zur weiteren Vertiefung bereits vorliegender Erkenntnisse zum städtischen Lufttemperatur- und Windfeld [siehe ÖKOPLANA (2010)] im Stadtgebiet von Mannheim folgende Messverfahren angewendet (Zeitraum: Mai-September 2019):

- An vier temporären Klimamessstationen wurden im Untersuchungszeitraum kontinuierlich Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit gemessen. Zusätzlich konnte auf Messungen an der DWD Wetterstation Mannheim-Vogelstang, an der LUBW-Luftmessstation Mannheim-Nord und der Klimamessstation am Mannheimer Großkraftwerk im Stadtteil Rheinau zurückgegriffen werden (Standorte siehe Abbildung 16 bis Abbildung 20).
- Mit Hilfe von vier Messfahrzeugen wurden entlang ausgewählter Messrouten in einer sommerlichen Strahlungsnacht die ortsspezifischen Lufttemperaturverteilungen im Mannheimer Stadtgebiet erfasst. Die Ergebnisse der Modellrechnungen können hierdurch verifiziert werden.

Die temporären Messstationen wurden mit Datenloggern der Fa. EBRU ausgestattet. Die Messung der Lufttemperatur erfolgte über einen Pt100-Messwiderstand. Die Windmessungen wurden mit Schalenkreuzanemometern durchgeführt.



Standorte der Klimamessstationen 2019



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

M.: 0 1 4 km



Abbildung 16: Standorte der Klimamessstationen 2019.



4.2.1 TEMPORÄRE KLIMAMESSTATIONEN

Messstationen:

Station 1 **Xaver-Fuhr-Straße** [95 m ü.NN]

Höhe des Windgebers: 5 m ü.G.

Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.

Die Station befindet sich nördlich des Maimarktgeländes an der Xaver-Fuhr-Straße und beschreibt das Klimageschehen im Freiraum zwischen Maimarktgelände und dem Gewerbegebiet Mühlfeld.



Abbildung 17: Klimamessstation Xaver-Fuhr-Straße.



Station 2 Waldwegstadion [93 m ü.NN]

Höhe des Windgebers: 5 m ü.G.

Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.

Die Messdaten der Station Waldwegstadion dokumentieren das Strömungsgeschehen und die thermische Situation im Südwesten von Mannheim.



Abbildung 18: Klimamessstation Waldwegstadion.



Station 3 **Mannheim-Zentrum** [96 m ü.NN]

Höhe des Windgebers: 5 m ü.G.

Lufttemperatur, rel. Feuchte: 2.5 m ü.G.

Die Stationsdaten geben Aufschluss über die Modifikationen des Wind- und Temperaturfeldes im Stadtzentrum von Mannheim.

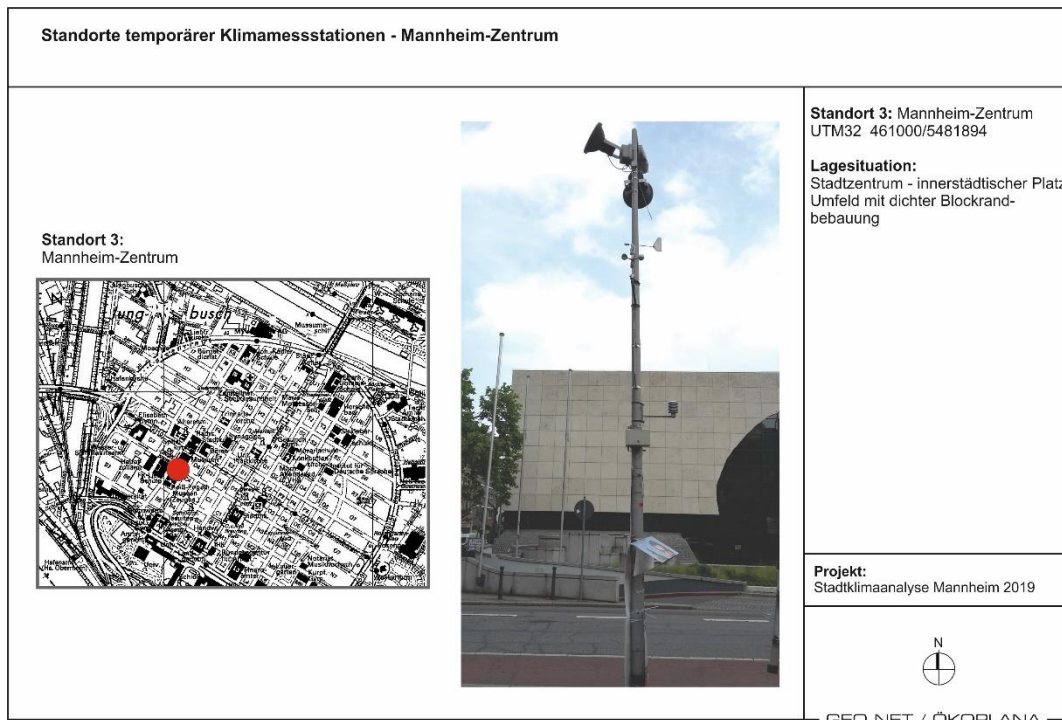


Abbildung 19: Klimamessstation Mannheim-Zentrum.



Station 4 Blumenauer Weg [93 m ü.NN]

Höhe des Windgebers: 5 m ü.G.

Lufttemperatur, rel. Feuchte: 2.5 m ü.G.

Die Station nördlich der A 6 dokumentiert das Temperatur- und Ventilationsgeschehen im nördlichen Stadtgebiet von Mannheim und verdeutlicht die klimaökologische Funktion der Freiräume zwischen Scharhof und Kirschgartshausen.



Abbildung 20: Klimamessstation Blumenauer Weg.

4.2.2 MESSFAHRTEN

Die Messfahrten wurden mit vier Messfahrzeugen durchgeführt, die jeweils mit einem ventilierten Psychrometer der Fa. Ahlborn ausgestattet waren (siehe Abbildung 21). Entlang festgelegter Routen wurde kontinuierlich die Lufttemperatur aufgezeichnet. Die Messhöhe betrug ca. 1.8 m ü.G.



Abbildung 21: Messfahrzeug mit Psychrometer der Fa. Ahlborn zur profilhaften Erfassung der Lufttemperatur.

Voraussetzung für die Ermittlung eines möglichst umfassenden Verteilungsbildes der städtischen Lufttemperatur (→ Isothermenkarte) ist eine geeignete Auswahl von Messstrecken zu einem möglichst dichten Netz. Dabei wird auf folgende Grundforderungen geachtet:

- Mit Hilfe der Messstrecken müssen unterschiedliche repräsentative Bebauungs- und Flächennutzungsstrukturen erfasst werden, um bei der Auswertung mögliche Ursachen des jeweiligen Temperaturverhaltens zu ermitteln.
- Die Dauer der Messfahrt sollte 2.5 Stunden nicht überschreiten.
- Im Interesse einer kontrollierbaren Auswertung sind die Messfahrtstrecken so zu planen, dass bestimmte Punkte (Stationsstandorte, „Schleifpunkte“) in zeitlichem Abstand mehrfach angefahren werden. So ist ein unmittelbarer Einblick in die während der Messfahrtdauer erfolgten Temperaturänderungen möglich.



5. Ergebnisse

Im Folgenden werden zum einen die Ergebnisse der numerischen Modellrechnung in Form des nächtlichen Temperaturfeldes und Kaltluftprozessgeschehens sowie der Wärmebelastung am Tag anhand von Einzelkarten dargestellt und beschrieben und zudem in Form einer Klimaanalysekarte für die Nachtsituation zusammengefasst. Des Weiteren werden die Ergebnisse der Messkampagne ebenfalls umfassend dargestellt und erläutert.

5.1 NUMERISCHE MODELLRECHNUNG

Nachfolgend werden die rasterbasierten Modellergebnisse der Parameter Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld, Kaltluftvolumenstrom und Kaltluftproduktionsrate (Nachtsituation) sowie Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET; Tagsituation) beschrieben. Zusätzlich fasst die Klimaanalysekarte die wesentlichen Aussagen der Klimaparameter für die Nachtsituation in einer Karte zusammen. Alle Ergebnisse basieren auf einer horizontalen räumlichen Auflösung von 10 m (pro Rasterzelle ein Wert) und einer autochthonen Sommerwetterlage. Sie gelten für den Aufenthaltsbereich des Menschen in 2 m ü.Gr. (Lufttemperatur, Windfeld) bzw. 1,1 m (PET) und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) bzw. 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung).

Den Modellergebnissen des „Ist-Zustandes“ werden darüber hinaus jene des „Zukunfts-Szenarios 2050“ gegenübergestellt. Die Rahmenbedingungen der Zukunftsrechnung entsprechen dabei dem in Kap. 4.1.2 festgelegten Klimawandel-Szenario RCP 8.5. Innerhalb dieses Kapitels sind die Modellergebnisse hinsichtlich einer besseren Übersicht nur für einen zentralen Ausschnitt des Stadtgebiets dargestellt. Die gesamtstädtischen Darstellungen sind den Anhängen Anhang A 5 bis Anhang A 14 zu entnehmen.

5.1.1 NACHTSITUATION

5.1.1.1 NÄCHTLICHES TEMPERATURFELD

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potentiellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen und die räumliche Ausprägung sowie Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine autochthone Sommernacht als besondere Wetterlage zu verstehen. Die daraus abgeleiteten relativen Unterschiede innerhalb städtischer Bereiche bzw. zwischen den Nutzungsstrukturen gelten dagegen weitgehend auch während anderer Wetterlagen, sodass die Flächenbewertung, etwa in der Planungshinweiskarte, auf diesen beruht.

Modellergebnisse des Ist-Zustandes

Je nach meteorologischen Verhältnissen, Lage bzw. Höhe des Standorts und den Boden- bzw. Oberflächeneigenschaften kann die nächtliche Abkühlung merkliche Unterschiede aufweisen, was bei Betrachtung des gesamten Untersuchungsgebiets auch für das Stadtgebiet Mannheims mit seinen verschiedenen Flächennutzungen deutlich wird. So umfasst die nächtliche bodennahe Lufttemperatur bei Minimalwerten von weniger als 12 °C über stadtfernen Freiflächen und Maximalwerten bis knapp über 20 °C im Bereich der Hafengebiete, dem Stadtkern sowie der Gewässerflächen eine Spannweite von ca. 8,5 K. Die mittlere Temperatur der Stadt liegt unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen bei 16,2 °C. Die Modellrechnung bestätigt folglich den messtechnisch bereits nachgewiesenen Wärmeinseleffekt, erlaubt darüber hinaus jedoch auch eine genauere räumliche Abgrenzung belasteter Bereiche.

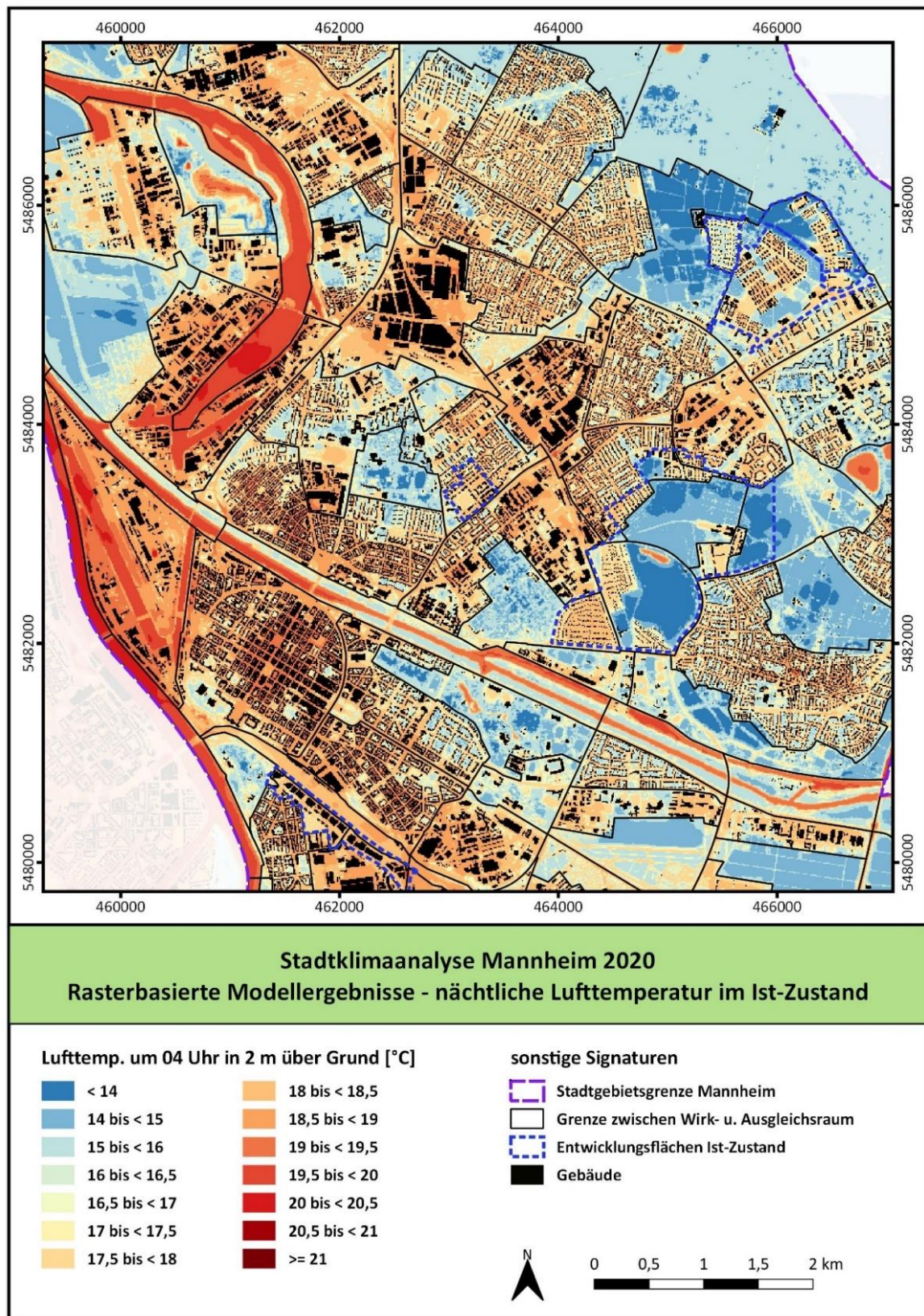


Abbildung 22: Nächtliches bodennahes Temperaturfeld des Ist-Zustandes in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.



Das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich ist vor allem von der Größe der Stadt und Dichte der Überbauung abhängig. Im Zentrum sind die höchsten Bebauungsdichten und, gerade in den gewerblich geprägten Bereichen, hohe Versiegelungsgrade vorzufinden, was sich in der stärksten nächtlichen Überwärmung widerspiegelt – selbst nachts werden unter den angenommenen Bedingungen noch Temperaturen von weiträumig über 19 °C erreicht (Abbildung 22 bzw. Anhang A 5).

Welchen Effekt die Bebauungsdichte, der Versiegelungsgrad sowie die Nähe zu ausgleichend wirkenden Grünflächen auf die nächtliche Lufttemperatur haben kann, zeigt sich sehr gut am Beispiel der östlich an die Innenstadt angrenzenden Schwetzingenstadt bzw. Oststadt. So weist der deutlich dichter bebaute südliche Teil überwiegend Temperaturen von 18 bis 19 °C auf, wohingegen der direkt an den Luisenpark angrenzende nördliche Teil mit zumeist 16 bis 18 °C deutlich kühler ist. Insbesondere der hohe Grünanteil im Bereich der Abstandsflächen hat hier einen positiven Effekt auf das Stadtklima. Hier kühlt es sich nachts stellenweise sogar auf deutlich unter 16 °C ab. Die weiteren Siedlungsflächen weisen je nach Bebauungsdichte und Anschluss an klimawirksame Ausgleichsräume Temperaturen von 15 bis 18 °C (z.B. Wohnbebauung Vogelstang, Neckarau und Gartenstadt) bzw. 18 bis über 20 °C (z.B. Stadtzentrum, Neckarstadt-Ost, Industriehafen, Handelshafen, Rheinau-Hafen) auf.

Unter den Grünflächen zählen die landwirtschaftlichen Freiflächen sowie die baumärmeren Bereiche der Mannheimer Grünzüge mit meist 14 bis 15 °C zu den kältesten Bereichen im Stadtgebiet. Stellenweise kühlen sich die dortigen Acker- und Rasenflächen sogar auf Werte von unter 14 °C ab. Im Übergang zu Siedlungsflächen kann die Kühlwirkung dieser Flächen dabei auch auf die umliegende Bebauung ausstrahlen. Verglichen mit den grünen Außenbereichen weisen innerstädtische Grünflächen mit meist 14 - 17 °C ein höheres Wertespektrum auf, wobei eine Abhängigkeit von ihrer Größe und Grünstruktur besteht. So sinkt die Temperatur über kleineren Grünflächen nur selten unter 16 °C, wenn sie in eine insgesamt wärmere Umgebung eingebettet sind (z.B. Lauergärten, Schillerplatz und Friedrichsplatz). Größere Parkflächen wie beispielsweise der Luisen- oder Herzogenriedpark können dagegen stellenweise ähnliche Temperaturen wie die äußeren Grünflächen aufweisen. Gemeinsam mit den teils relativ weit in den Siedlungsraum greifenden Mannheimer Grünzügen stellen diese größeren vegetationsgeprägte Grünflächen demnach besonders bedeutende Entlastungsräume für die umliegenden Siedlungsflächen dar.

In Wäldern dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur, sodass in 2 m ü. Gr. meist Werte von knapp unter 16 °C erreicht werden (z.B. Käfertaler Wald und Dossenwald). Nachts fällt daher die Kaltluftproduktion etwas geringer aus als über unversiegelten Freiflächen, jedoch nehmen größere Waldgebiete eine wichtige Funktion als Frischluftproduktionsgebiete ein, in denen sauerstoffreiche und wenig belastete Luft entsteht.

U.a. die hohe spezifische Wärmekapazität von Wasser⁴ sorgt für einen verringerten Tagesgang der Lufttemperatur über größeren Gewässern, sodass die nächtlichen Temperaturen sogar höher als in der Umgebung sein und deren Abkühlung verringern können. Da die Lufttemperatur über Wasser auch stark von der Wassertemperatur selbst abhängt, zeigen sich die Wasserflächen des Rheins und Neckars in der Nacht noch überwärmter als die am stärksten belasteten Siedlungsräume.

⁴ Thermische Energie wird in Wasser gespeichert.



Modellergebnisse des Zukunfts-Szenarios 2050

Aufgrund des Klimawandels ist in naher Zukunft (2050) mit einer sommerlichen Temperaturzunahme von durchschnittlich 2 K gegenüber der Referenzperiode (1971-2000) zu rechnen (RCP-Szenario 8.5, Abbildung 23 bzw. Anhang A 6). Die nachstehende Abbildung zeigt, dass sich diese Temperaturerhöhung sehr deutlich in den Nachttemperaturen widerspiegelt. Mit dem Klimawandel erwärmen sich dabei die Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen Mannheims mit durchschnittlich +2,0 K tendenziell etwas stärker als die Grün- und Freiflächen (+ 1,9 K), d.h. die Wärmebelastung im bebauten Gebiet nimmt leicht überproportional zu, wodurch sich auch der Wärmeinseleffekt leicht erhöht. Ähnlich wie beim Tagesgang der Gewässertemperatur zeigt sich auch hier eine gewisse Trägheit. So nimmt die Lufttemperatur im Bereich der Gewässer mit durchschnittlich +1,4 K am wenigsten stark zu.

Die größten Veränderungen sind erwartungsgemäß im Bereich der im Zukunfts-Szenario neu erschlossenen Wohn- und Gewerbeflächen zu beobachten. Im Bereich der Entwicklungsflächen, wo Freiflächen in Gewerbeflächen (z.B. Coleman und Friesenheimer Insel) umgewandelt werden sollen, nimmt die Temperatur mit bis zu 7,4 K am stärksten zu. In bereits im Ist-Zustand bebauten Entwicklungsflächen wie z.B. den Hammond Baracks zeigt sich dagegen ein heterogeneres Bild. So beträgt die Temperaturzunahme hier lediglich 0,5 bis 3,4 K.

Die meist sehr starke Änderung im Bereich der Entwicklungsflächen erklärt sich zum einen damit, dass die (im Ist-Zustand) unbebauten Freiflächen derzeit noch relativ kühl sind und durch eine bauliche Erschließung deutlich wärmer werden. Zum anderen kommt die Wirkung des Klimawandels noch hinzu, sodass sich insbesondere auf den Entwicklungsflächen deutlich spürbare Änderungen ergeben. Auch das nähere Umfeld der Entwicklungsflächen ist von einer stärkeren Temperaturzunahme von bis zu 2,5 K betroffen.

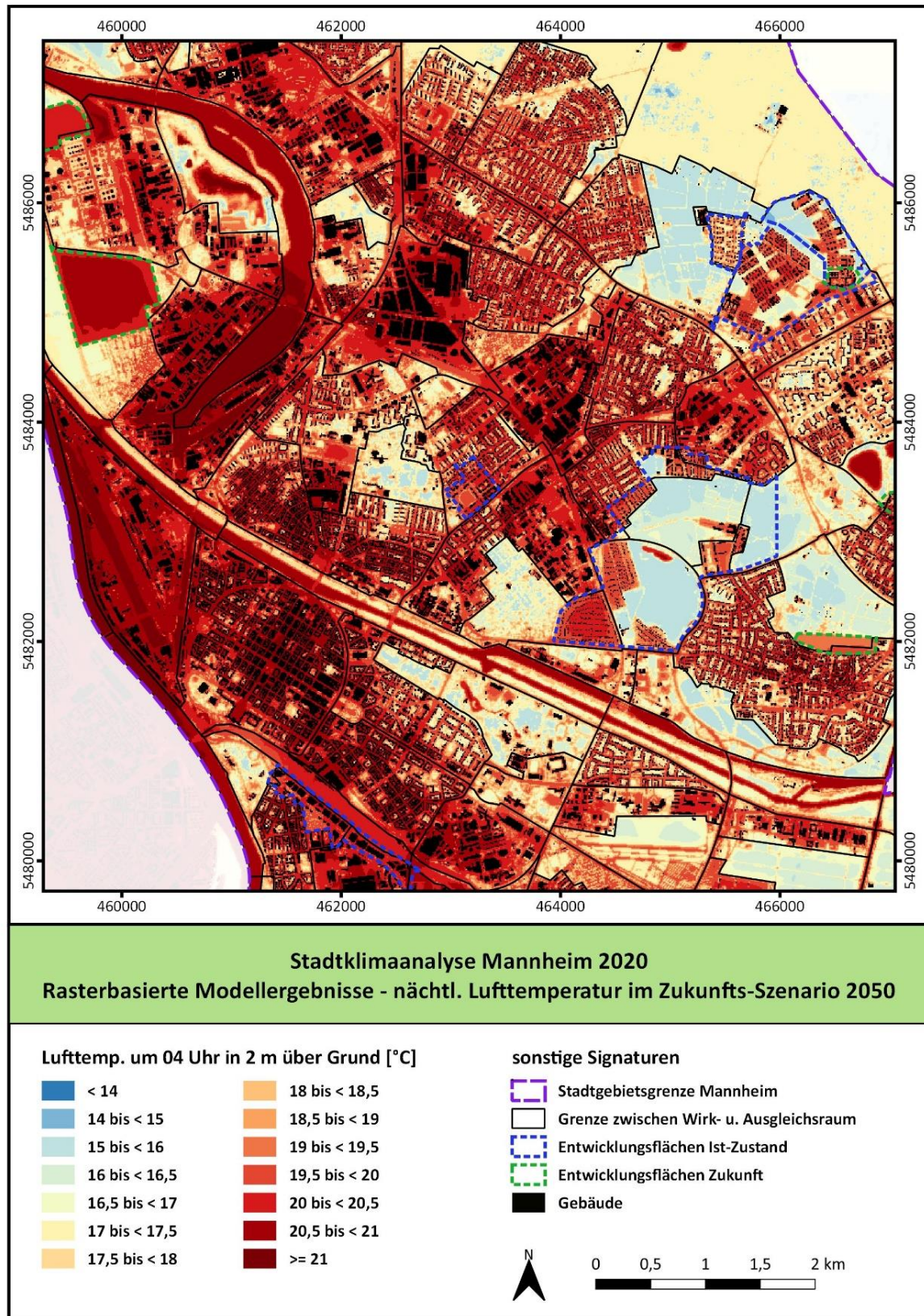


Abbildung 23: Nächtliches bodennahes Temperaturfeld des Zukunfts-Szenarios in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.

5.1.1.2 NÄCHTLICHES KALTLUFTPROZESSGESCHEHEN

Lokalen Strömungssystemen wie Flurwinden kommt eine besondere stadtplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis, sodass die Durchlüftung des Stadtkörpers herabgesetzt ist. Die Abfuhr überwärmter und schadstoffbelasteter 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 kühlerer und frischer Luft eine bedeutende klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen, insbesondere dann, wenn Flächen mit hoher Kaltluftproduktion an dieses Strömungssystem angeschlossen sind.

Kaltluftvolumenstrom

Weil die Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), muss zur Bewertung der Grünflächen ein umfassenderer Klimaparameter herangezogen werden: der Kaltluftvolumenstrom. Vereinfacht ausgedrückt stellt er das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts dar. Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt bspw. eines Hanges oder einer Leitbahn fließt (Abbildung 24).

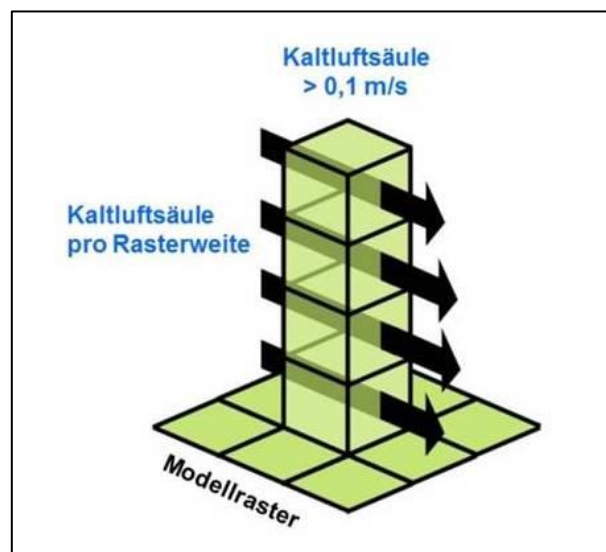


Abbildung 24: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. 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. Die Mächtigkeit der Kaltluftschicht nimmt im Verlaufe einer Nacht in der Regel zu und ist, genau wie die Luftaustauschprozesse allgemein, meist erst in der zweiten Nachthälfte vollständig entwickelt.



Strömungshindernisse wie Straßendämme oder Gebäude können luvseitig⁵ markante Kaltluftstaus auslösen. Werden die Hindernisse von größeren Luftvolumina über- oder umströmt, kommt es im Lee⁶ zu bodennahen Geschwindigkeitsreduktionen, die in Verbindung mit vertikalen oder horizontalen Verlagerungen der Strömungsmaxima stehen können. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt folglich von der Siedlungsgröße und –struktur sowie Bebauungsdichte und zudem von der anthropogenen Wärmefreisetzung und Menge einströmender Kaltluft ab.

Der Kaltluftvolumenstrom zeigt in Mannheim eine relativ große Variabilität und reicht von „nicht vorhanden“ (z.B. geschlossene Blockinnenhöfe) bis zu maximalen Werten über $44 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ (z.B. Hänge der Deponie, Daimler-Werk). Der Mittelwert im Mannheimer Stadtgebiet liegt bei vergleichsweise geringen $6 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$, was insbesondere auf das insgesamt sehr schwach ausgeprägte Relief zurückzuführen ist. Die räumliche Verteilung des Kaltluftvolumenstroms ist für einen zentralen Ausschnitt des Stadtgebiets der Abbildung 25 (Ist-Zustand) bzw. Abbildung 26 (Zukunfts-Szenario) zu entnehmen. Die gesamtstädtischen Darstellungen befinden sich in Anhang A 7 und Anhang A 8.

Im Fokus der Untersuchung steht die Funktion des Kaltlufthaushalts für das Mannheimer Stadtgebiet. Eine besonders hohe Kaltluftaktivität ist dabei vor allem im Nahbereich hoher nächtlicher Wärmebelastung in Verbindung mit rauigkeitsarmen Geländeoberflächen zu beobachten. Dies zeigt sich besonders im Fall der Daimler Werke, wo eine hohe nächtliche Überwärmung und relativ weiträumige und rauigkeitsarme Parkplatzflächen aufeinandertreffen. Dabei ist zu beachten, dass sich die Kaltluft oberhalb solcher überwärmter Flächen relativ schnell erwärmt und somit schnell an Wirkung verliert. So lässt sich allgemein sagen, dass rauigkeitsarme Strukturen wie der Rhein, die Bahntrassen sowie breite Straßen und versiegelte Plätze zwar häufig durch hohe Volumenströme gekennzeichnet sind, in der Regel aber wärmere Luft als grünteprägtete Strukturen transportieren. Vor diesem Hintergrund sind rauigkeitsarme Grünflächen in Bezug auf die Kaltluftversorgung tendenziell als wirkungsvoller anzusehen.

Innerhalb der Grünflächen sind dabei u.a. der Grünzug Nord westlich des Franklin Areals, das sogenannte „Grüne U“ innerhalb von Franklin sowie die Kleingärten zwischen Reißinsel und Stollenwörthweiher zu nennen. Eine relativ hohe Kaltluftdynamik ist auch ausgehend vom Käfertaler Wald in die angrenzenden Siedlungsräume zu beobachten. Je nach Barrierewirkung reicht die Kaltluft beispielsweise im Bereich Schönau und Gartenstadt über die Abstandsflächen und Straßenzüge einige hundert Meter in den Siedlungskörper hinein. Ähnlich sieht es auch im Bereich Dossenwald/Rheinau aus.

Die Kaltluftdynamik in der nahen Zukunft verändert sich im Zuge des Klimawandels generell nur geringfügig gegenüber der heutigen Situation. Lokale Änderungen im Kaltluftströmungsfeld ergeben sich vorrangig im Umfeld der Entwicklungsflächen, da neu errichtete Gebäude als Strömungshindernisse fungieren und damit die Winde abbremsen bzw. umlenken. So nehmen Kaltluftvolumenstrom und Windgeschwindigkeit mit der Realisierung potentieller Entwicklungsflächen (Friesenheimer Insel, Scharhof, Seckenheim, Oberfeld, Coleman-Barracks sowie Otto-Bauder Sportanlage) deutlich ab. Die übrigen Entwicklungsflächen haben auf den Kaltluftvolumenstrom keine signifikanten Auswirkungen.

⁵ dem Wind zugewandte Seite

⁶ dem Wind abgewandte Seite

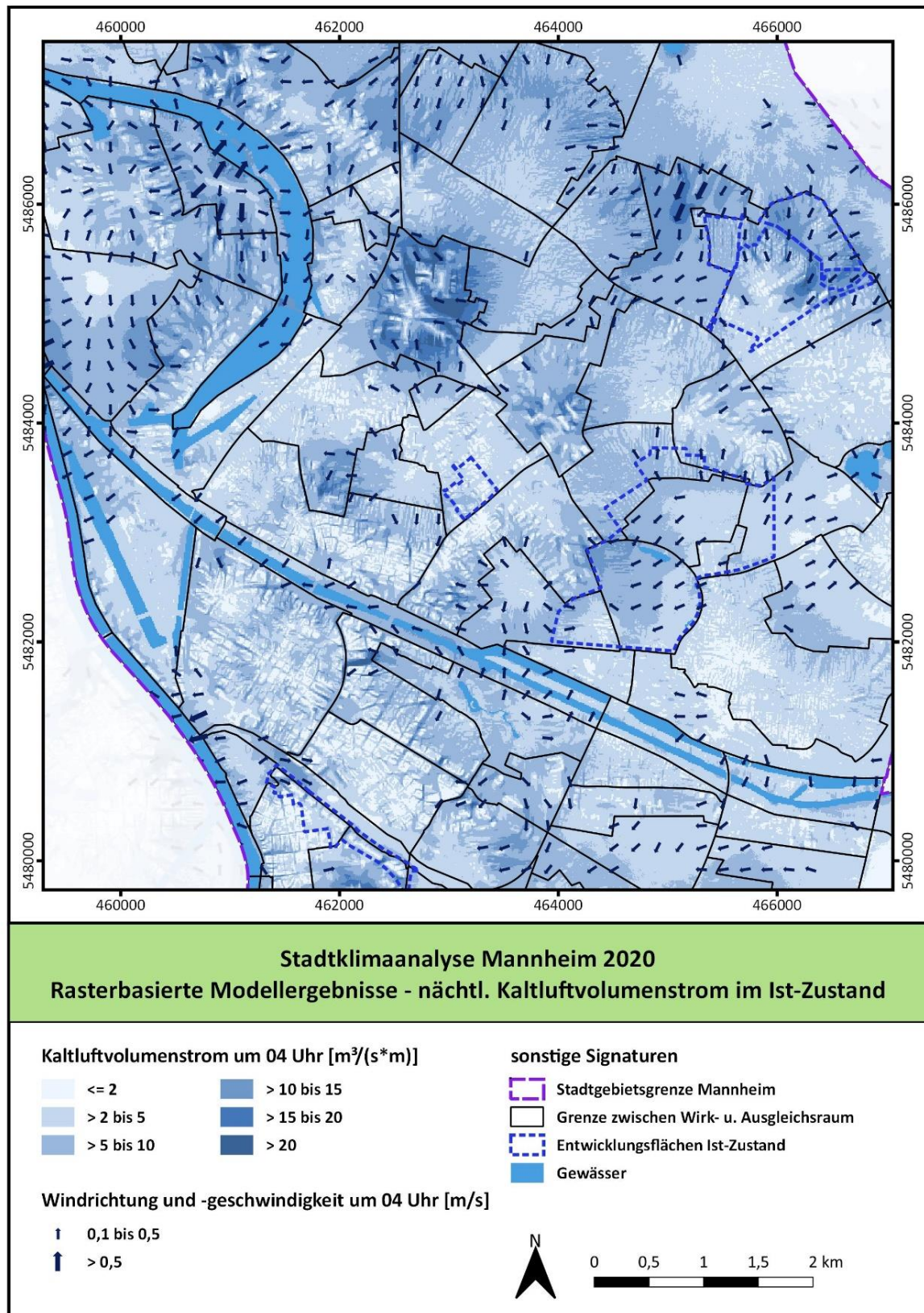


Abbildung 25: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets

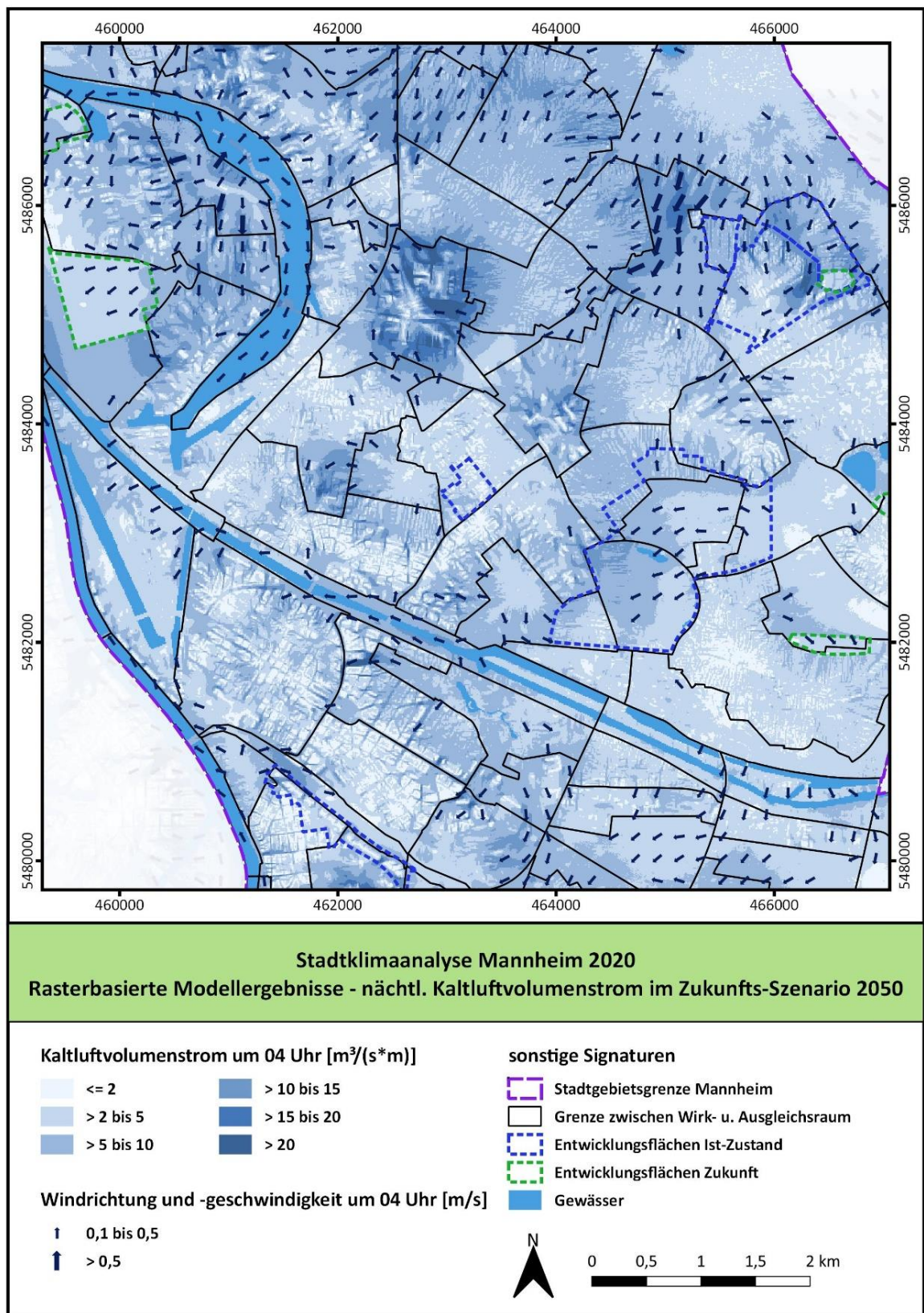


Abbildung 26: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Zukunfts-Szenario 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets



Bodennahe Kaltluftströmungsfeld

Die räumliche Ausprägung des bodennahen Kaltluftströmungsfeldes folgt größtenteils dem Muster des Kaltluftvolumenstroms (Abbildung 27 und Anhang A 9). Im Mannheimer Stadtgebiet sind die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten bis ca. 1,5 m/s im Bereich der Deponie Friesenheimer Insel zu finden. Hier werden thermische Winde (Flurwinde) durch das starke Relief zusätzlich in Richtung Altrhein und die angrenzende Gewerbeflächen beschleunigt. Ebenfalls sehr hohe Windgeschwindigkeiten von stellenweise über 1 m/s treten eingangs des Grünzugs Nord auf. In 2 m ü. Gr. tritt die Hinderniswirkung von Gebäuden stärker hervor, sodass große Teile der Siedlungsflächen bodennah keine wirksame Durchlüftung erfahren. Das Kaltluftströmungsfeld verdeutlicht, dass neben den Grünzügen auch der Straßenraum und Gleisflächen (aufgrund der geringen Hinderniswirkung) zur Durchlüftung des Stadtgebiets beitragen können – unter Umständen handelt es sich dabei nur noch um Kaltluft-, und je nach Verkehrsaufkommen nicht mehr um Frischlufttransport. Neben Gebäuden stellen Bäume, Gehölze und insbesondere Wälder mit ihrem dichten Baumbestand zwangsläufig ein Hindernis für eine bodennahe Strömung dar, doch zeigen die Ergebnisse, dass von den Waldrändern her auch bodennahe Ausgleichsströmungen Richtung Stadtgebiet einsetzen. Letzteres zeigt sich insbesondere ausgehend vom Käfertaler Wald in die Siedlungsflächen Blumenau, Schönau und Gartenstadt.

Ähnlich wie beim Kaltluftvolumenstrom sind klimawandelbedingte Veränderungen bei der bodennahen Kaltluft weitestgehend auf die Entwicklungsflächen begrenzt (Abbildung 28 und Anhang A 10). Am Beispiel der potentiellen Gewerbe-Entwicklungsfläche Friesenheimer Insel (Süd) zeigt sich, dass durch die im Zukunfts-Szenario angenommenen gewerblichen Erschließung nicht nur die bodennahe Windgeschwindigkeit bedeutend beeinflusst wird, sondern auch die Windrichtung von überwiegend Nord-Süd auf Ost-West dreht. Zu berücksichtigen ist, dass aufgrund des angewandten Mischpixelansatzes keine konkreten Gebäudestellungen berücksichtigt werden konnten. Die tatsächliche zukünftige Umsetzung hat somit, insbesondere was die bodennahe Durchströmbarkeit angeht, einen entscheidenden Einfluss.

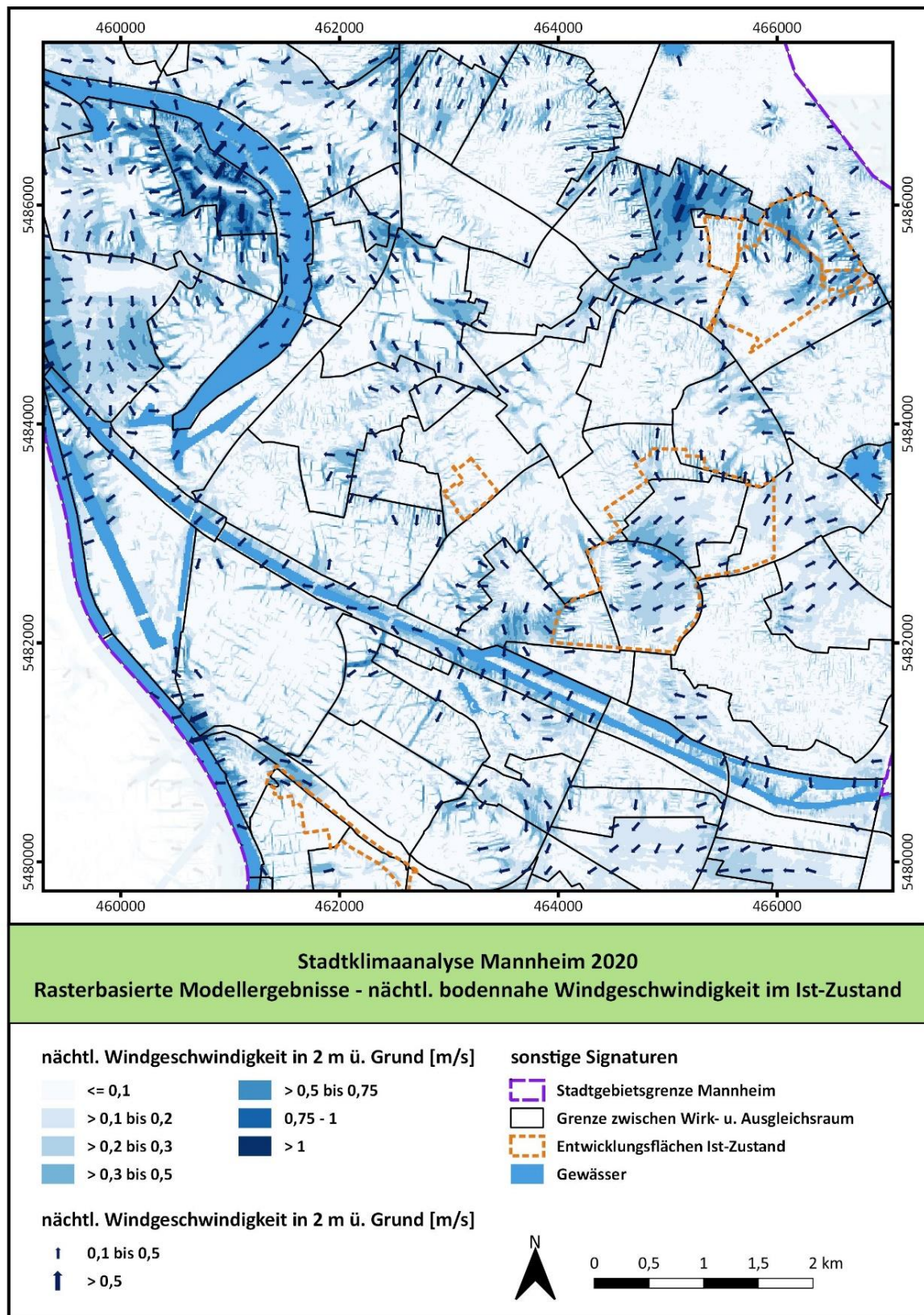


Abbildung 27: Bodennahe nächtliches Strömungsfeld des Ist-Zustandes in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.

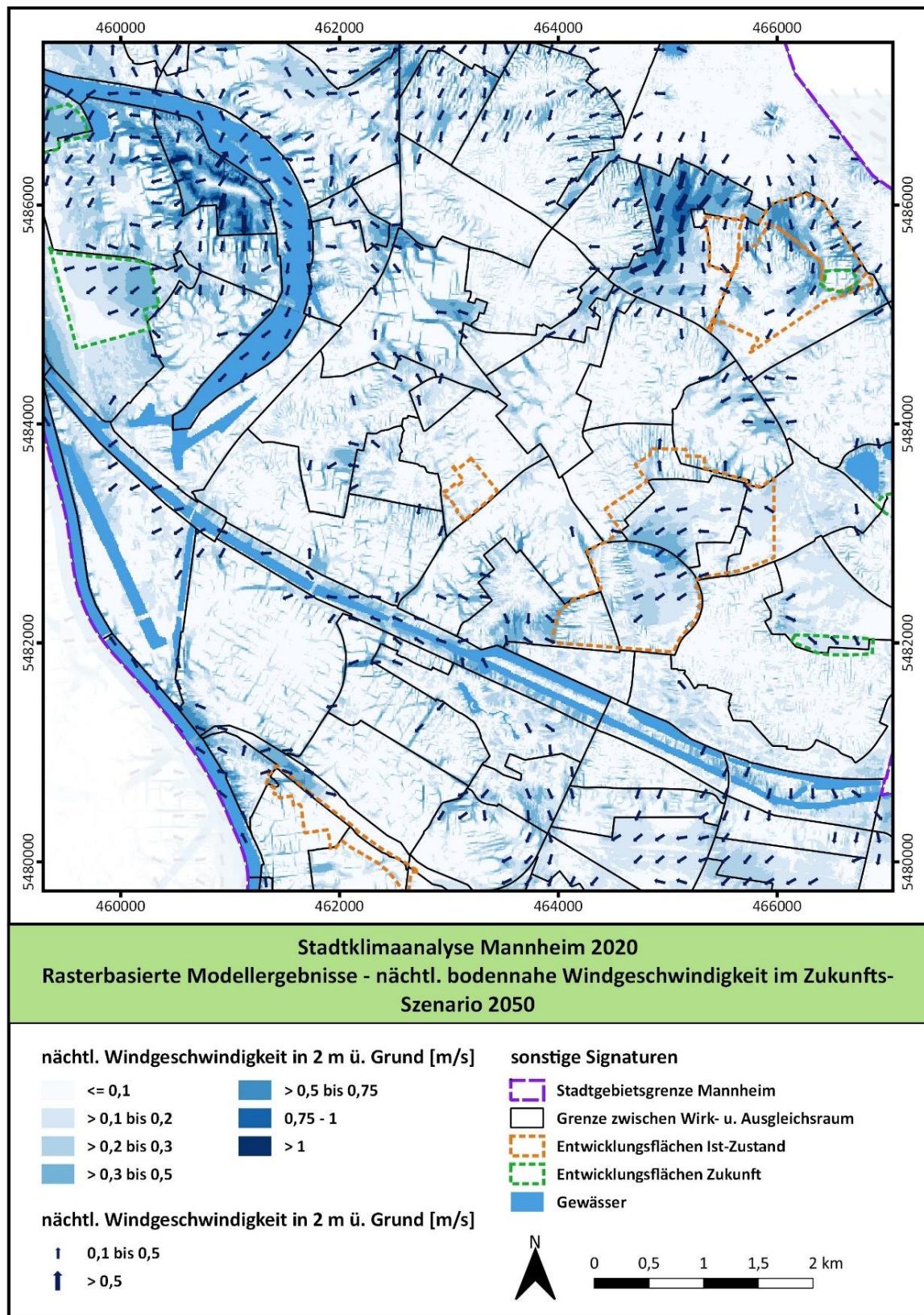


Abbildung 28: Bodennahes nächtliches Strömungsfeld des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.



Kaltluftproduktionsrate

Die Kaltluftproduktionsrate gibt an, wie viele Kubikmeter Luft sich pro Quadratmeter innerhalb einer Stunde lokal durch Ausstrahlung abgekühlt hat. Die Abkühlungsrate hängt unter anderem von der Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität des Bodens ab. Für die Berechnung der Kaltluftproduktionsraten sind somit Kenntnisse über die thermischen Eigenschaften des Untergrundes von großer Bedeutung. Die in der Literatur zu findenden Werte zu den wichtigsten Bodeneigenschaften decken eine große Bandbreite ab, sodass die Parametrisierung der Wärmeleitung im Boden für Modellsimulationen stets mit Unsicherheiten behaftet ist. Die Bestimmung der Kaltluftproduktion kann daher erhebliche Fehler aufweisen, was sowohl für modellhafte Berechnungen als auch für Geländemessungen gilt. In der hier durchgeführten Modellsimulation wurden einheitliche thermische Eigenschaften für den nicht versiegelten Untergrund angenommen. Eine Berücksichtigung variierender Bodenfeuchtigkeiten und daraus resultierender Abkühlungsraten fand damit nicht statt.

Die Abbildung 29 zeigt die räumliche Verteilung der nächtlichen Kaltluftproduktion für einen zentralen Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets (für gesamtstädtische Ansicht siehe Anhang A 11). Am Beispiel der sehr hohen Kaltluftproduktionsrate im Bereich der Deponie Friesenheimer wird bei Werten von bis zu $69,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ersichtlich, dass neben der Landnutzung das Relief eine bestimmende Größe für Kaltluftentstehung darstellt. Eine hohe Kaltluftproduktion ist aber auch auf weniger reliefstarken Grünflächen gegeben. So zeigen insbesondere die landwirtschaftlichen Freiflächen im Norden und Osten des Stadtgebiets eine weiträumig hohe Kaltluftproduktion von über $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ bis knapp $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. Ebenfalls hohe bis sehr Kaltluftproduktionsraten von meist über $12,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ zeigen die siedlungsnahen Bereiche der Mannheimer Grünzüge sowie die innerstädtischen Grünflächen wie z.B. der Luisenpark, der Herzogenriedpark, der Schlossgarten sowie das Neckarvorland. Selbst begrünte Innenhöfe im Kern der Stadt, die sich mit Werten um die $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ noch immer leicht überdurchschnittlich zeigen (durchschnittliche Kaltproduktionsrate der Gesamtstadt = $9,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$), können zu einer deutlichen Temperaturreduktion im stark urbanisierten Raum beitragen.

Die weitläufigen Waldflächen des Käfertaler Waldes sowie des Dossenwaldes zeigen mit einer Kaltluftproduktionsrate von ca. $7,5$ bis $12,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ zwar nur durchschnittliche Werte und sind somit weniger wirksam als offene Grünflächen, wirken aber durch ihr hohes Grünvolumen als leistungsstarke Frischluftquelle.

Da der Modellierung von Kaltluftproduktionsraten ein empirisches Verfahren zugrunde liegt, das größtenteils Landnutzungen und Landnutzungsänderungen untersucht und zusätzlich der Klimawandel keinerlei Auswirkungen auf die Entstehung von Kaltluft ausübt, sind Änderungen der Kaltluftproduktionsrate nur an jenen Orten sichtbar, an denen eine Nutzungsänderung von unversiegelt zu versiegelt stattgefunden hat (Abbildung 30 und Anhang A 12). Dies betrifft sämtliche Entwicklungsflächen, die infolge der Zukunftsmodellierung umgesetzt wurden.

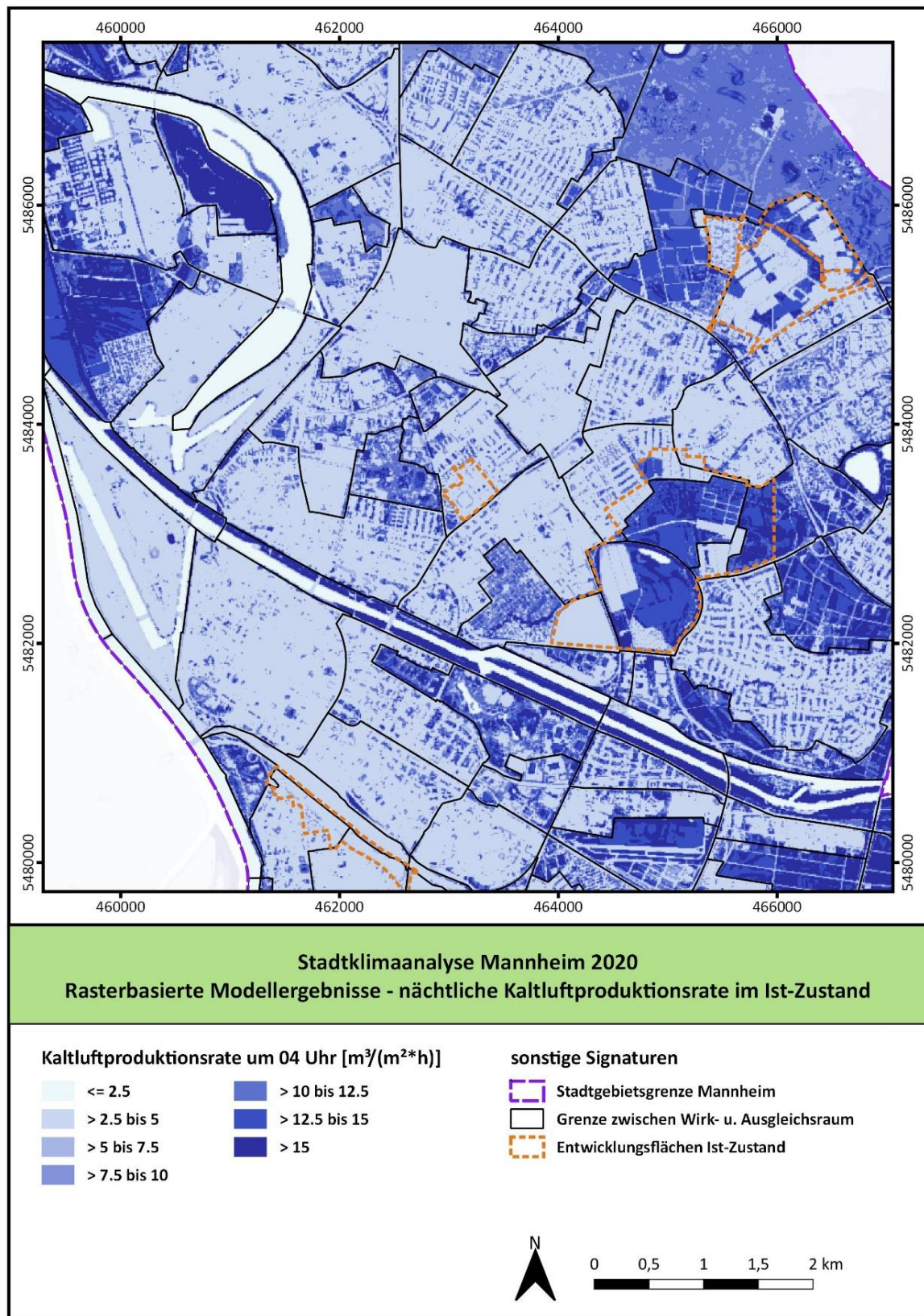


Abbildung 29: Nächtliche Kaltluftproduktionsrate im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.

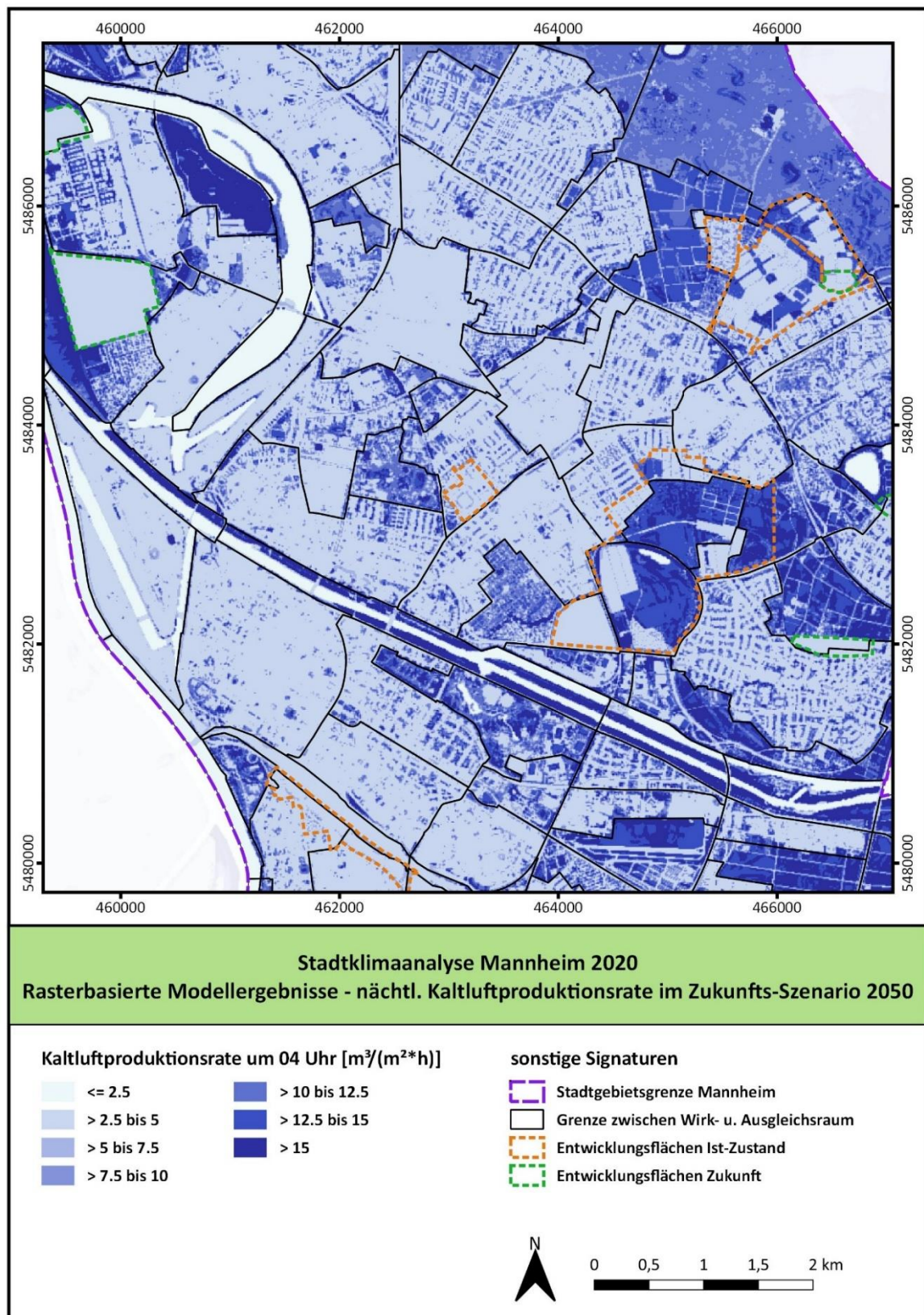


Abbildung 30: Nächtliche Kaltluftproduktionsrate im Zukunfts-Szenario 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.



5.1.1.3 KLIMAANALYSEKARTE

Die Klimaanalysekarte bildet die Funktionen und Prozesse des nächtlichen Luftaustausches im gesamten Untersuchungsraum ab (Strömungsfeld, Kaltluftleitbahnen). Für Siedlungs- und Verkehrsflächen stellt sie die nächtliche Überwärmung dar, basierend auf der bodennahen Lufttemperatur in einer autochthonen Sommernacht um 04:00 Uhr morgens. Außerhalb des Stadtgebiets erlauben die Ergebnisse der Modellrechnung aufgrund des geringeren Detaillierungsgrads zwar eine Darstellung des Prozessgeschehens, lassen jedoch keine tiefergehende Analyse bzw. Ableitung flächenkonkreter Maßnahmen zu (insb. zum Rand des Untersuchungsgebiets hin).

Die Klimaanalysekarte fasst die wesentlichen Aussagen der meteorologischen Parameter für die Nachtsituation in einer Karte zusammen und präzisiert das Kaltluftprozessgeschehen mit zusätzlichen Legendeninhalten. Für die Situation um 14 Uhr ist die PET der einzige ausschlaggebende Parameter (vgl. Kap. 5.1.2), sodass auf die Erstellung einer Klimaanalysekarte für die Tagsituation verzichtet wurde. So bilden sich potentiell entlastende Flurwindssysteme in der Nachtsituation vor allem aufgrund unterschiedlicher Abkühlungsraten der Bodenoberflächen aus (z.B. offene Grünfläche gegenüber stark versiegelter Siedlungsraum). Am Tag sorgt die Sonneneinstrahlung dagegen für eine ähnliche Wärmebelastung im Bereich von Frei- und Siedlungsflächen, weshalb sich Flurwinde kleinräumig lediglich ausgehend von vergleichsweise kühlen Wäldern und Gewässern ausbilden können. Die Reichweite dieser Flurwinde ist aufgrund der starken Einstrahlung der Sonne aber äußerst gering. Die Karte der PET (Abbildung 33 bzw. Anhang A 13 und Abbildung 34 bzw. Anhang A 14) kann jedoch auch als „Klimaanalysekarte für die Tagsituation“ verstanden werden.

In den Klimaanalysekarten zum Status Quo (Abbildung 31 bzw. Anhang A 15) und Zukunfts-Szenario 2050 (Abbildung 32 bzw. Anhang A 16) sind für die Grün- und Freiflächen die Modellergebnisse des Kaltluftvolumenstroms in abgestufter Flächenfarbe dargestellt (blaugraue-Farbgebung). Bei den Siedlungs- und Verkehrsflächen steht dagegen die nächtliche Überwärmung im Vordergrund, welche anhand der Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. beschrieben wird. Weiterhin ist das bodennahe Strömungsfeld ab einer als klimaökologisch wirksam angesehenen Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s mit einer Pfeilsignatur abgebildet. Das Strömungsfeld wurde für eine bessere Lesbarkeit der Karte auf eine Auflösung von 200 m aggregiert. Kleinräumige Windsysteme (z.B. Kanalisierung von Winden in schmalen Straßenabschnitten) werden aus der Karte nicht ersichtlich; derartig detaillierte Informationen müssen aus den Rasterergebnissen auf 10 m-Basis entnommen werden. Neben dem modellierten Strömungsfeld sind in der Karte besondere Kaltluftprozesse hervorgehoben, welche in der Stadt Mannheim eine wichtige Rolle spielen. Dazu zählen die Systeme von Kaltluftleitbahnen, Ventilationsbahnen und Kaltluftaustauschbereiche. Ebenso sind besonders wirksame Kaltluftentstehungsgebiete durch eine violette Punktsignatur hervorgehoben.

Kaltluftleitbahnen sind lineare Strukturen, die Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (Wirkungsräume) miteinander verbinden und einen elementaren Bestandteil des Luftaustausches darstellen. Sie sind in ihrer Breite räumlich begrenzt, mindestens jedoch 50 m breit (MAYER ET AL., 1994) und zum belasteten Siedlungsraum ausgerichtet. Insbesondere entlang von Grünachsen dringt Kaltluft in die Bebauung ein und kann dort die thermische Belastung senken. Im Laufe einer (autochthonen) Sommernacht steigt die Kaltluftmächtigkeit i.d.R. an, sodass geringe Hindernisse überwunden werden können. Beispielsweise können einzelne Grünflächen, die zwar nicht zusammenhängen, aber räumlich nahe liegen und durch nur wenige Hindernisse getrennt sind, als Trittsteine für Kaltluft dienen. In der Stadt Mannheim gibt es insgesamt vier verschiedene Kaltluftleitbahnen. Dazu zählen die Kaltluftleitbahn „Grünzug Nord“ mit einem Verlauf bis zur Engstelle im Bereich des Kreisverkehrs Obere Riedstraße, das



vom Grünzug Nord ausgehende „Grüne U“ durch Franklin, der nördliche Teil des „Grünzugs Südost“ (Verlauf von den Ackerflächen westl. der A6 über den „City Airport Mannheim“ bis zum Gleisdreieck südlich des Gewerbegebiets Farlach) und die Kaltluftleitbahn „Mittelfeld“, welche ausgehend vom nördlichen Dossenwald über die Grünflächen im Bereich des Seckenheimer Wasserturms bis in den Siedlungskörper von Seckenheim greift. Alle vier Kaltluftleitbahnen sind durch ein in den Siedlungsraum gerichtetes bodennahes Strömungsfeld gekennzeichnet und weisen zudem eine überdurchschnittliche Kaltluftvolumenstromdichte. Daneben verfügen sie über einen hohen Grünanteil, sodass sich die Luft während des Transportes nicht wesentlich erwärmt und ausreichend kalte Luft in die Stadt hineingetragen werden kann.

Zwei der vier Kaltluftleitbahnen gehen im weiteren Verlauf in **Ventilationsbahnen** über. Hierbei handelt es sich um raugkeitsarme Leitstrukturen, die – im Gegensatz zu Kaltluftleitbahnen – lediglich das Potenzial haben, bei austauschstärkeren Wetterlagen Luftmassen (z.B. Kalt- oder Frischluft) in die überwärmte Stadt zu transportieren. Da im Rahmen dieser Arbeit lediglich eine austauscharme Wetterlage betrachtet wurde, geht die Wirksamkeit dieser Ventilationsbahnen jedoch nicht eindeutig aus den Modellergebnissen hervor. Insgesamt wurden für Mannheim sechs solcher Ventilationsbahnen identifiziert, wobei wie angedeutet zwei eine im Verlauf vorgelagerte Kaltluftleitbahn aufweisen. Dabei handelt es sich zum einen um die Kaltluftleitbahn „Grünzug Nord“, welche ab der beschriebenen Engstelle im Bereich des Kreisverkehrs Obere Riedstraße in eine Ventilationsbahn übergeht. Die Ventilationsbahn greift hier im weiteren Verlauf über die Kleingärten Waldhof, die Sportplätze südlich der Herzogenriedstraße bis in den Herzogenriedpark. Des Weiteren geht die Kaltluftleitbahn „Grünzug Südost“ ab den Gleisen des Rangierbahnhofs in eine Ventilationsbahn über. Diese verläuft in nordöstlicher Richtung weiter in Richtung Mannheimer Hauptbahnhof. Die weiteren Ventilationsbahnen verlaufen entlang des Grünzugs Nordwest I in südlicher Richtung bis zum Industriehafen, entlang des Grünzugs Nordwest II über die Coleman-Barracks bis zum Wirkraum Waldhof-West, entlang des Grünzugs Nordost bis zum Neckar sowie entlang der zumeist landwirtschaftlich genutzten Grünachse südlich und westlich des Gewerbegebiets Mallau bis zum Friedhof Mannheim Neckarau.

Neben den Kaltluftleitbahnen und Ventilationsbahnen als linienhafte Strukturen gibt es auch **Kaltluftaustauschbereiche**, welche flächenhaft im Übergangsbereich von Wirk- und Ausgleichsräumen auftreten. Kaltluftaustauschbereiche treten überall dort auf, wo Flurwinde oder Hangabwinde – letztere spielen in Mannheim nur eine untergeordnete Rolle – aufgrund einer relativ lockeren Bebauung oder kleinräumigen Grünachsen verhältnismäßig weit in den Wirkraum einwirken können. Diese flächenhaften Kaltluftströmungen sind durch eine überdurchschnittliche Kaltluftvolumenstromdichte sowie ein bodennah wirksame Windgeschwindigkeiten von über 0,1 m/s gekennzeichnet und treten insbesondere ausgehend vom Käfertaler Wald in die Stadtteile Blumenau, Schönau und Gartenstadt auf. Weitere Kaltluftaustauschbereiche finden sich z.B. im Osten des Stadtteils Rheinau, im Westen von Niederfeld ausgehend vom Waldpark sowie am südwestlichen Ortsrand von Friedrichsfeld.

Kaltluftentstehungsgebiete kennzeichnen Grünflächen mit einer besonders hohen Kaltluftproduktionsrate (violette Punktsignatur) und speisen die verschiedenen Kaltluftströmungen bzw. reichen teilweise sogar über diese hinaus. Grünflächen wurden als Kaltluftentstehungsgebiete gekennzeichnet, wenn sie mindestens $15,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ Kaltluft produzieren. Die Grenze entspricht der Summe aus dem Mittelwert der Kaltluftproduktionsrate der Mannheimer Grünflächen und der 1-fachen Standardabweichung der Grünflächen-Kaltluftproduktionsrate (bezogen auf die Situation um 4 Uhr nachts).

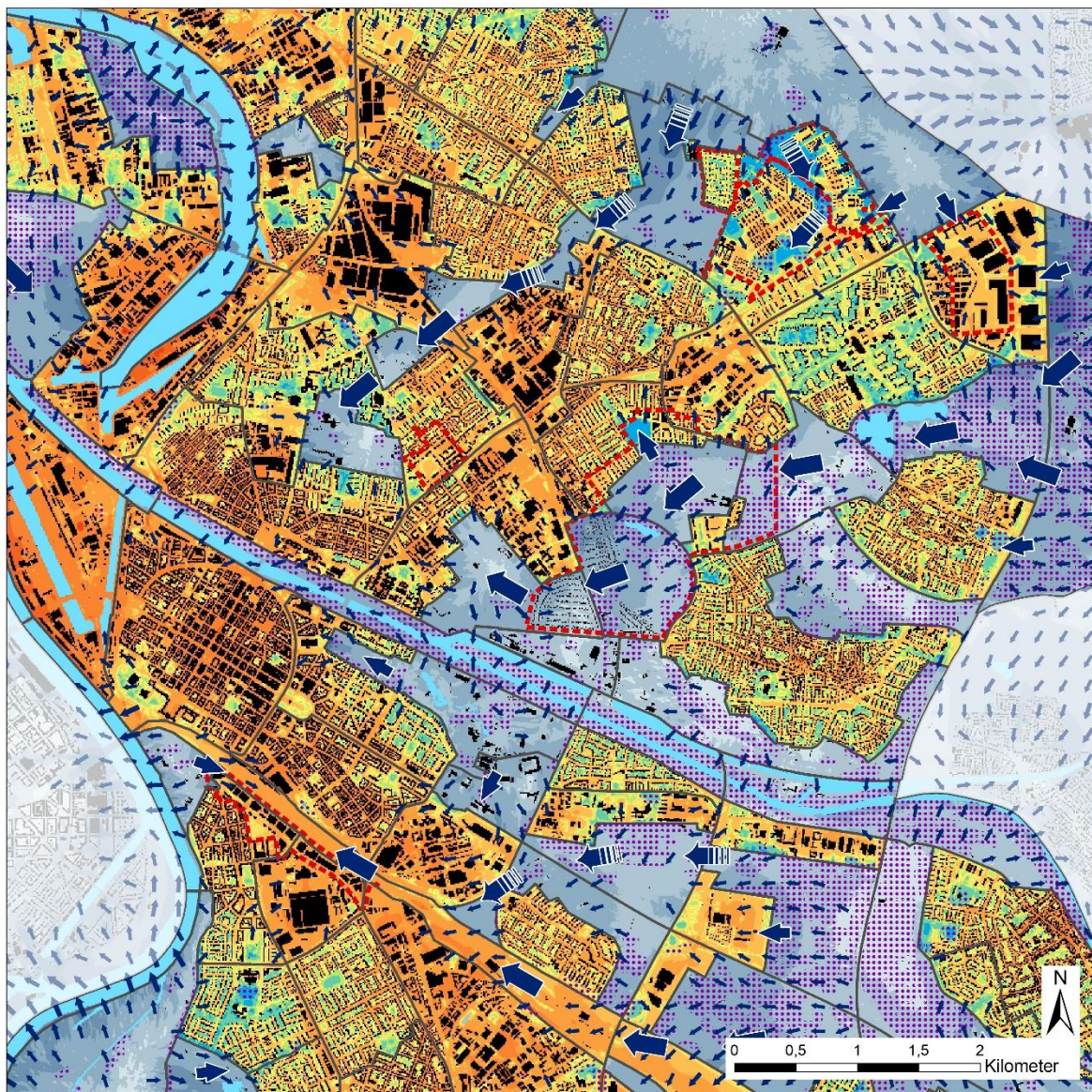


Klimaanalysekarte Zukunfts-Szenario 2050

Analog zur Ist-Situation wurde für die Siedlungsflächen der zukünftige Wärmeinseleffekt von 2050 aus der Differenz der Lufttemperatur eines jeden Siedlungsrasterpunktes und des Mittelwertes der Lufttemperatur der Grünflächen berechnet. Mit dem Klimawandel erwärmen sich die Mannheimer Siedlungs-, Grün- und Verkehrsflächen relativ gleichmäßig (vgl. Kap. 5.1.1.1), was sich in einem nur leicht erhöhten Wärmeinseleffekt von durchschnittlich 3,1 °C (vorher 2,9 °C) niederschlägt (Abbildung 32 und Anhang A 16). Wie auch schon im Kapitel zu den einzelnen Klimaparametern beschrieben, sind über das Klimawandeltemperatursignal hinaus im Wesentlichen die angenommenen Entwicklungsflächen für größere Veränderungen im Mannheimer Stadtgebiet verantwortlich. Dabei werden zum Teil auch ausgewiesene Kaltluftsysteme (Kaltluftleitbahnen, Ventilationsbahnen und Kaltluftaustauschbereiche) zumeist negativ beeinträchtigt. Der in Abbildung 32 dargestellte nördliche Ausschnitt der „Klimaanalysekarte Zukunft 2050“ zeigt einen Teil der Stadt, in welchem sowohl negative als auch positive Effekte durch die Entwicklungsflächen zu beobachten sind. So markiert das rote Oval die Entwicklungsfläche „Friesenheimer Insel Süd“. Dort kommt es im Zukunfts-Szenario durch die angenommene Nutzungsänderung in ein Gewerbegebiet zu einer deutlichen Beeinträchtigung der für den Grünzug Nordwest I ausgewiesenen Ventilationsbahn. Diese wird dabei deutlich nach Westen umgelenkt und verliert neben einem großen Teil ihres ursprünglichen Durchmessers zudem ein hochwirksames Kaltluftentstehungsgebiet. Eine alternativ angedachte Umsetzung in eine Photovoltaikanlage würde klimaökologisch eine deutlich geringere Auswirkung nach sich ziehen. Das grüne Oval dagegen zeigt ein positives Beispiel einer Entwicklungsfläche. So wird die über das Coleman-Areal verlaufende Ventilationsbahn durch die geplante Schaffung eines in Nord-Süd-Richtung verlaufenden grünen Korridors in ihrer Wirksamkeit positiv beeinflusst.

Auf diese und die bisher nicht direkt angesprochenen Entwicklungsflächen wird innerhalb maßnahmenbezogenen Steckbriefe zu den einzelnen Wirk- und Ausgleichsräumen in Kapitel 7 noch näher eingegangen.

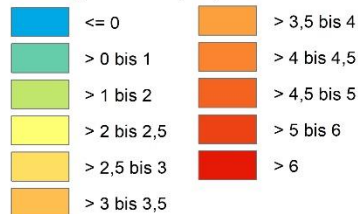
Wie schon für den Ist-Zustand wird auch für die zukünftige Situation für die Klimaanalysekarte am Tage auf die Ergebniskarte der PET für 2050 verwiesen (Abbildung 34 und Anhang A 14).



Klimaanalyse Mannheim 2020 - Klimaanalysekarte Ist-Zustand (Ausschnitt Mitte)

Wärmeinseleffekt des siedlungs-geprägten Wirkraums

Differenz der Lufttemperatur zwischen Wirk- und Ausgleichsraum [in K]



Entwicklungsflächen

 Entwicklungsflächen Ist-Zustand

Kaltlufttransport im grünflächen-geprägten Ausgleichsraum

Kaltluftvolumenstromdichte des Ausgleichsraums [in $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$]



Windfeld in 2 m ü. Grund

Windgeschwindigkeit [m/s]

↑ $> 0,1$ bis 0,3
↑ $> 0,3$ bis 0,5
↑ $> 0,5$

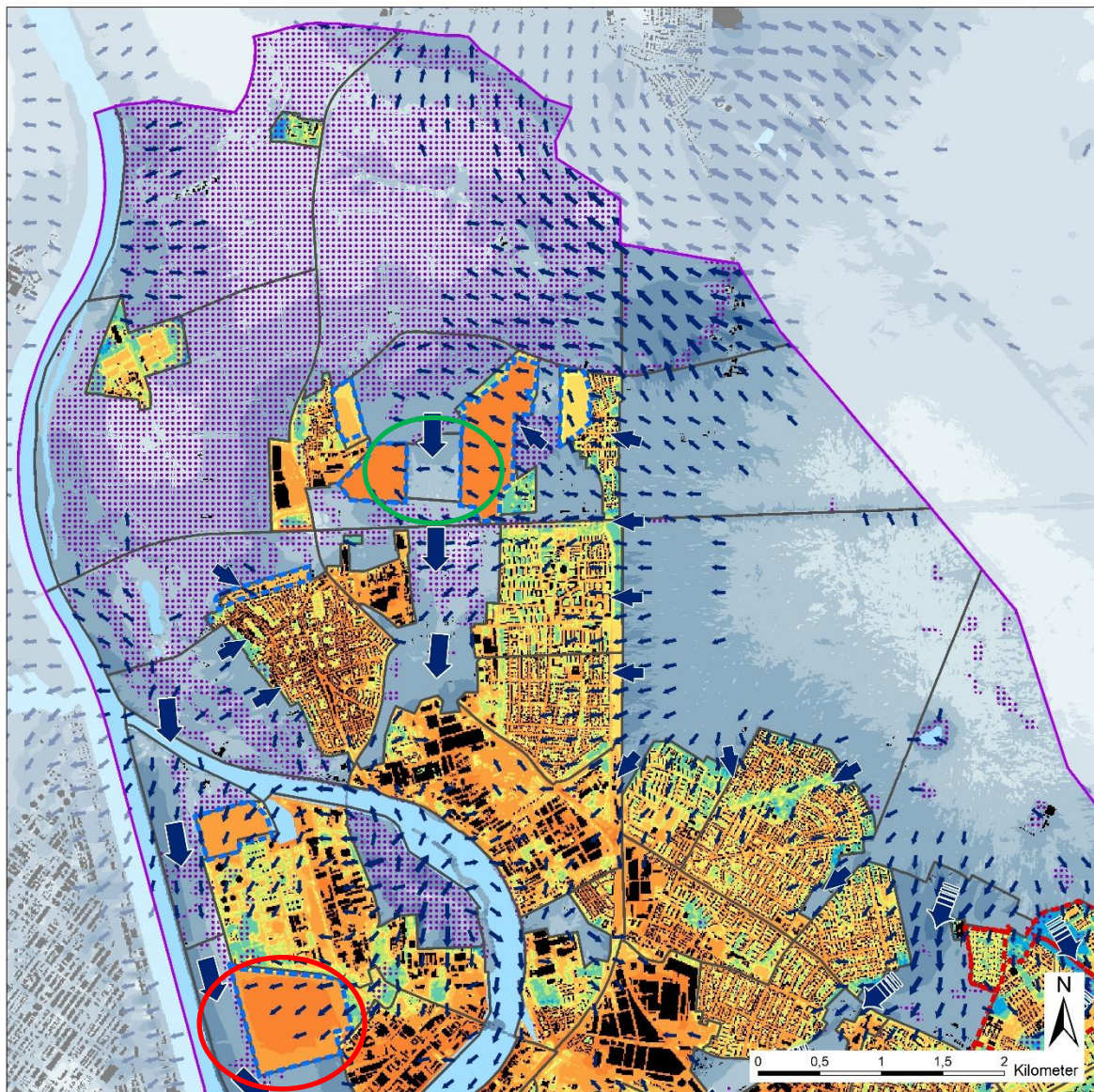
Kaltluftprozesse



sonstiges



Abbildung 31: Klimaanalysekarte zum Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets (verkürzte Legende).



Klimaanalyse Mannheim 2020 - Klimaanalysekarte Zukunft 2050 (Ausschnitt Nord)

Wärmeineleffekt des siedlungs-geprägten Wirkraums

Differenz der Lufttemperatur zwischen Wirk- und Ausgleichsraum [in K]

<= 0	> 3,5 bis 4
> 0 bis 1	> 4 bis 4,5
> 1 bis 2	> 4,5 bis 5
> 2 bis 2,5	> 5 bis 6
> 2,5 bis 3	> 6
> 3 bis 3,5	

Flächenentwicklung

Entwicklungsflächen Zukunft
Entwicklungsflächen Ist-Zustand

Kaltlufttransport im grünflächen-geprägten Ausgleichsraum

Kaltluftvolumenstromdichte des Ausgleichsraums [in $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$]

<= 2,5	> 10 bis 15
> 2,5 bis 5	> 15 bis 20
> 5 bis 10	> 20

Windfeld in 2 m ü. Grund

> 0,1 bis 0,3
> 0,3 bis 0,5
> 0,5

Kaltluftprozesse

Kaltluftleitbahn
Ventilationsbahn
Kaltluftaustauschbereich
Kaltluftentstehungsgebiet

sonstiges

Grenze Wirk-/Ausgleichsraum
Stadtgebietsgrenze Mannheim
Gewässer
Gebäude

Abbildung 32: Klimaanalysekarte des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets (verkürzte Legende).



5.1.2 TAGSITUATION

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Wärmehaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen⁷.

Tabelle 5: Zuordnung von Schwellenwerten des Bewertungsindex PET während der Tagstunden (nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwache Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

In der vorliegenden Arbeit wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur; MATZARAKIS & MAYER 1996). Gegenüber vergleichbaren Indizes hat die PET den Vorteil, aufgrund der °C-Einheit besser nachvollzogen werden zu können⁸. Darüber hinaus hat sich die PET in der Fachwelt zu einer Art „Quasi-Standard“ entwickelt, sodass sich die Ergebnisse mit denen anderer Städte vergleichen lassen. Wie die übrigen human-biometeorologischen Indizes bezieht sich die PET auf außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (KUTTLER 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien und am Tage einsetzbar. Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifiziert (z.B. *Starke Wärmebelastung* ab PET 35 °C; Tabelle 5). Die PET wird in einer Höhe von 1,1 m über dem Grund untersucht, da dies die humanbioklimatisch relevante Höhe ist (mittlere Höhe des Körperschwerpunktes eines Menschen).

⁷ Energiebilanzmodelle für den menschlichen Wärmehaushalt bezogen auf das Temperaturempfinden einer Durchschnittsperson („Klima-Michel“ mit folgenden Annahmen: 1,75 m, 75 kg, 1,9 m² Körperoberfläche, etwa 35 Jahre; vgl. JENDRITZKY 1990).

⁸ Beispiele für weitere Kenngrößen sind der PMV (Predicted Mean Vote) und UTCI (Universeller thermischer Klimaindex).

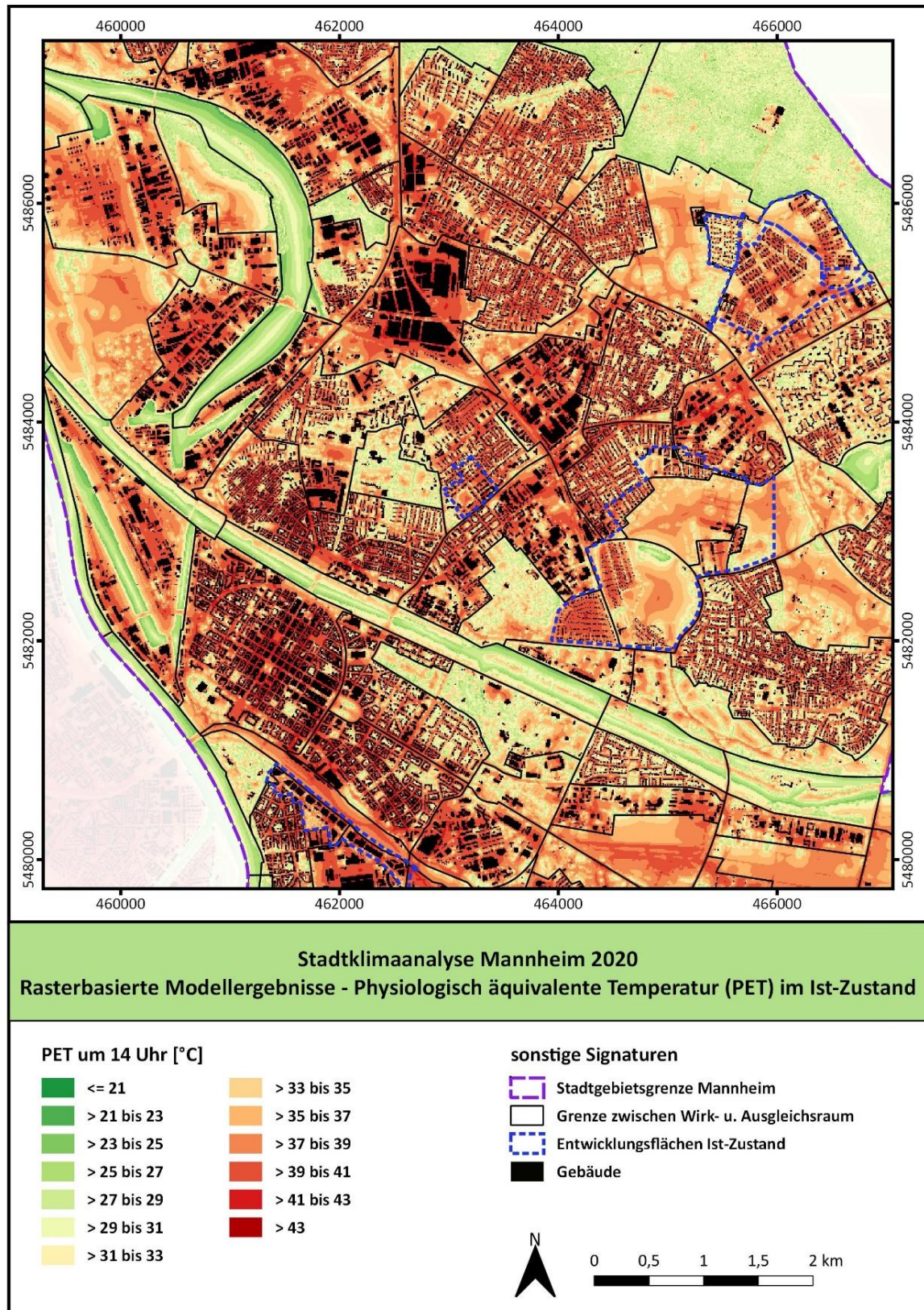


Abbildung 33: Wärmebelastung am Tage im Ist-Zustand in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.



Im Vergleich zur Lufttemperatur weist die PET mit einer Spannbreite von 22,5 °C größere Unterschiede in der Stadt auf und reicht von 20,2 - 42,7 °C. Die geringsten Werte sind im Gewässerumfeld sowie in Waldgebieten zu finden. Diese können tagsüber mit PET-Werten von meist unter 29 °C (*keine bis schwache Wärmebelastung*) eine kühlende Wirkung auf ihre Umgebung haben (z.B. Rhein, Neckar, Käfertaler Wald, Dossenwald, Reißinsel, siehe Abbildung 33 und Anhang A 13). Auch unter größeren Baumgruppen (z.B. Luisenpark, Hauptfriedhof, Schlossgarten) können zum Teil PET-Werte von unter 29 °C vorherrschen. Der Aufenthaltsbereich des Menschen liegt unterhalb des Kronendachs und ist somit vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, sodass Wälder und Baumbestände allgemein als Rückzugsorte dienen können. Zudem vermögen stadtnahe Wälder und Baumgruppen auch am Tage Kaltluft zugunsten des angrenzenden Siedlungsraumes erzeugen (hier nicht dargestellt).

Alle weiteren Flächen weisen unter den gegebenen Annahmen eines autochthonen Sommertags (keine Bewölkung, d.h. ungehinderte Einstrahlung) mindestens eine *mäßige Wärmebelastung* auf, wobei der Siedlungsraum größtenteils von einer *starken Wärmebelastung* betroffen ist. Die höchsten Werte sind über versiegelten Gewerbegebieten und dem Straßenraum, insbesondere in der Innenstadt, zu finden (mehr als 41 °C PET; *extreme Wärmebelastung*). Durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung erreicht die thermische Belastung über unversiegelten Freiflächen fast ähnlich hohe Werte.

Innerhalb des Stadtgebiets stellen Parkareale (z.B. Luisenpark, Herzogenriedpark, August-Bebel-Park) und Friedhöfe (z.B. Hauptfriedhof, Friedhof Mannheim Neckarau) mit ihrer vergleichsweise geringen Wärmebelastung wichtige Rückzugsorte für die Bevölkerung dar. Analog zur Nachtsituation erzielen die großen, begrünten Innenhöfe bzw. Abstandsflächen der Stadt auch tagsüber eine starke Kühlwirkung, die stellenweise sogar vergleichbar mit den Parks und Friedhöfen ist (z.B. nördl. Schwetzingenstadt, Vogelstang). Die aufgeführten Beispiele unterstreichen die Tatsache, dass Schatten spendende Bäumen und Wasserflächen die Klimasituation am Tag wesentlich verbessern können.

Analog zur Lufttemperatur (vgl. Kapitel 5.1.1.1) nimmt die PET am Tag in der nahen Zukunft relativ gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt zu (Abbildung 34 und Anhang A 14). Die Veränderung der PET gegenüber der heutigen Situation reicht von -7 °C bis +12,3 °C, vielerorts entspricht die PET-Änderung mit Werten zwischen +1,7 K und +2,3 aber in etwa dem klimawandelbedingten Temperaturanstieg.

Wie zu erwarten, hat auch bei der PET die Landnutzungsänderung einen größeren Einfluss als der Klimawandel. Die Änderungsraten sind sowohl negativ als auch positiv gegenüber heutzutage. Aufgrund der steigenden Lufttemperaturen und der Zunahme des Versiegelungsgrades auf den Entwicklungsflächen erhöht sich die PET in den meisten Gebieten gegenüber der heutigen Situation. Die potentielle Bebauung im Bereich der derzeitigen Kleingartenanlage am Aufeldweg zeigt dabei mit ca. +5,5 K die stärkste durchschnittliche Zunahme der PET. Dies liegt im Wesentlichen an dem Wegfall des derzeitigen Baumbestands. Dass zusätzliche Verschattungen durch Bäume auch eine Reduktion der PET und damit eine gebietsweise verbesserte bioklimatische Situation am Tag bedeuten können, zeigt die im Zukunfts-Szenario einzige B-Plan-Umsetzung „Hammond“. Die durchschnittliche Zunahme der PET liegt hier mit +1,3 K deutlich unter dem Klimaänderungssignal von +2 K und verdeutlicht, dass eine angepasste Stadtplanung dem Klimawandel erfolgreich entgegenwirken kann.

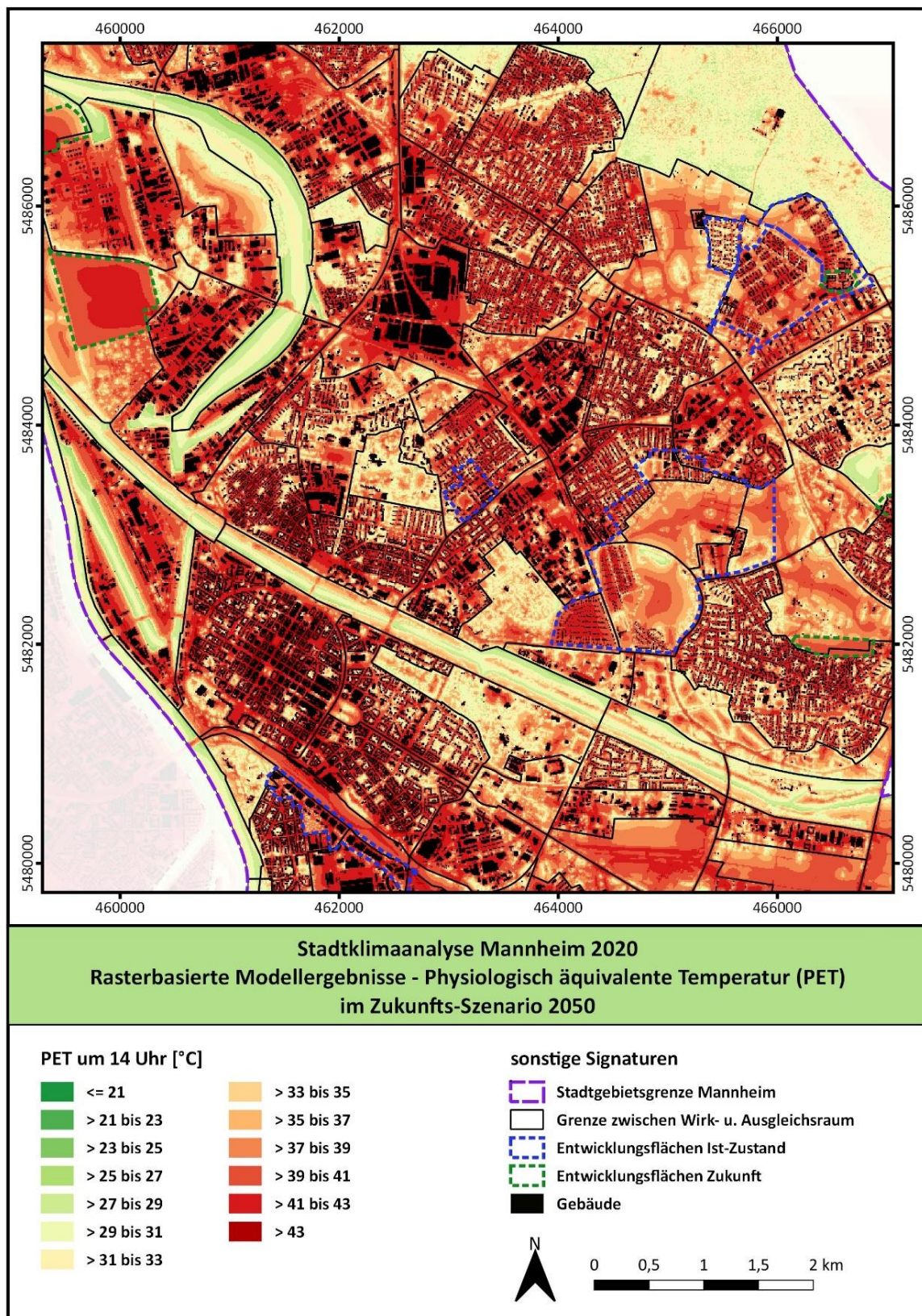


Abbildung 34: Wärmebelastung am Tage im Zukunfts-Szenario in einem Ausschnitt des Mannheimer Stadtgebiets.



5.2 MESSKAMPAGNE

Wie in Kap. 4.2 bereits angeführt, wurden im Rahmen der vorliegenden Stadtklimauntersuchung neben der computergestützten Klimamodellierung auch Messungen an vier temporären Klimamessstationen und mit Hilfe von Lufttemperaturmessfahrten durchgeführt. Die Messungen dienen u.a. dazu, die Variabilität der stadtklimatischen Funktionsabläufe aufzuzeigen. Während bei den Modellrechnungen von einer „idealen“ sommerlichen Strahlungsnacht (wolkenloser Himmel mit nahezu Windstille) ausgegangen wird, basieren die Ergebnisse der Messfahrten auf einer sommerlichen Strahlungswetterlage, bei welcher typischerweise zusätzlich regionale Strömungsprozesse das Wind- und Lufttemperaturfeld beeinflussen.

5.2.1 REPRÄSENTATIVITÄT DES MESSZEITRAUMS

Die statische Auswertung der stationär erfassten Klimadaten basiert auf dem Datenmaterial des Messzeitraums 22.05. - 22.09.2019.

Um die zeitliche Repräsentanz bzw. die bioklimatische Bedeutsamkeit des Messzeitraums zu beurteilen, werden die im Untersuchungszeitraum erfassten Messwerte mittlere Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer an der DWD Wetterstation Mannheim (Datenquelle: www.dwd.de) mit den Daten eines längeren Zeitraums verglichen. Zudem wird die im Untersuchungszeitraum aufgetretene Häufigkeit der Windrichtung und der mittleren Windgeschwindigkeit an der von Bebauung weitgehend ungestörten LUBW-Station Mannheim-Nord sowie der Wetterstation Mannheim einer längeren Zeitreihe (1990 – 2019, Datenquellen: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/index.xhtml>, https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/) gegenübergestellt.

Wie der Vergleich der langjährigen Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit mit denen des Untersuchungszeitraumes 2019 belegt, ergeben sich zwischen den beiden Zeiträumen keine gravierenden Unterschiede (vgl. Abbildung 35 und Abbildung 36). In beiden Zeiträumen dominieren nordnordwestliche bis nördliche und südliche bis südsüdöstliche Windrichtungen. Höchste Windgeschwindigkeiten sind in beiden Messzeiträumen bei südwestlichen Winden zu messen. Die mittlere Windgeschwindigkeit von 2,30 m/s ist im Kurzzeitraum 2019 gegenüber dem mehrjährigen Mittel (2,80 m/s) etwas niedriger, da die allgemein windstärkeren Jahreszeiten (Spätherbst, Winter und Frühling) im Datenkollektiv 2019 fehlen.

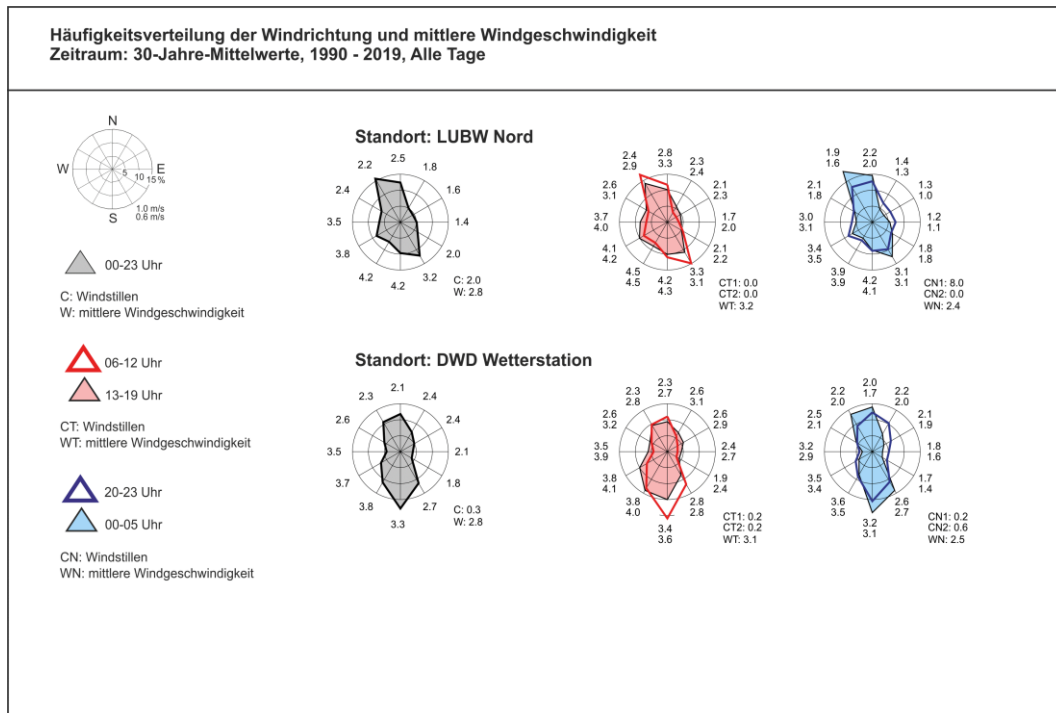


Abbildung 35: Mittelwerte der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im 30-jährigen Zeitraum 1990 – 2019 an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim.

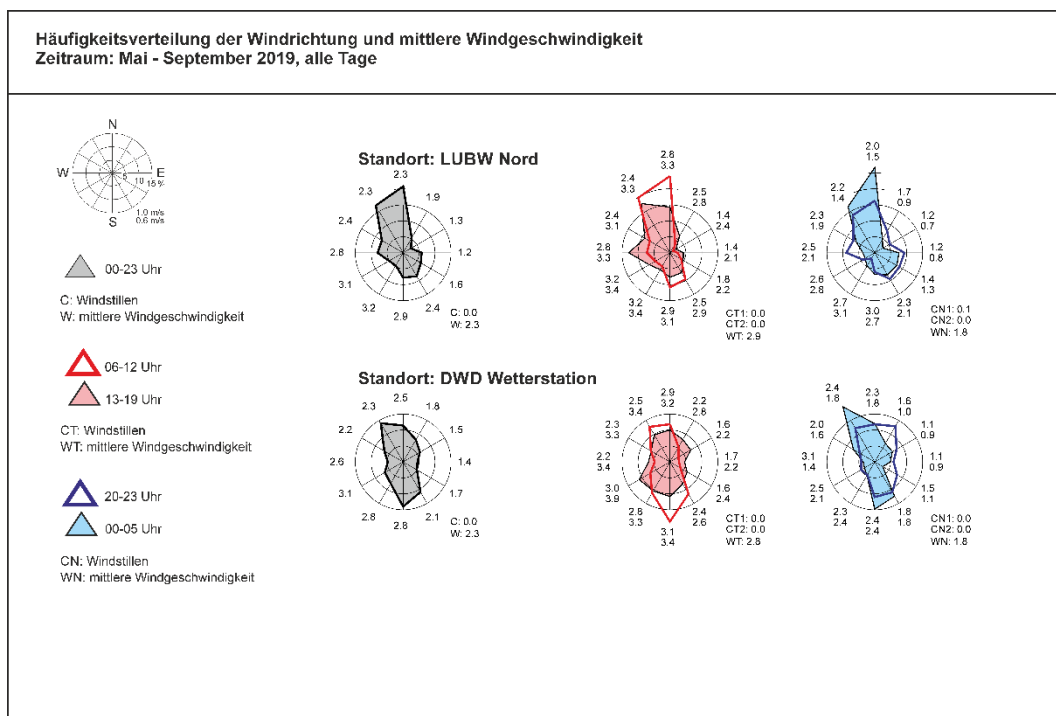


Abbildung 36: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019 an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim.



Der Verlauf der mittleren Lufttemperatur, der Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer während des Untersuchungszeitraumes 2019 (Tabelle 6) zeigt im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1961-1990) des Deutschen Wetterdienst teilweise Abweichungen.

Während der Mai 2019 gegenüber dem langjährigen Mittel etwas zu kühl ist, zeigen sich die Sommermonate Juni – August 2019 insgesamt deutlich wärmer, trockener und sonnenscheinreicher als im langjährigen Mittel.

Mit einer Abweichung von +2,5 K gehört der Sommer 2019 an der Wetterstation Mannheim (Tabelle 6) zu den fünf wärmsten der vergangenen Jahrzehnte. Lediglich der August zeigt bedingt durch ein einzelnes Starkregenereignis eine ausgeglichene Niederschlagsbilanz. Bedingt durch die Kombination aus hohen Temperaturen, überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer sowie der fast ausschließlich konvektiven Niederschlagstätigkeit (Fehlen länger andauernder skalarer „Landregenereignisse“) weist die klimatische Wasserbilanz ein deutliches Defizit auf.

Etwas überdurchschnittliche Temperaturen und relativ sonnenscheinreich zeigt sich auch der September. Die Niederschlagsmenge ist leicht überdurchschnittlich, aber auch hier analog den Sommermonaten als Folge einzelner Starkregen. Im Beobachtungszeitraum erreichen die Tageshöchstwerte an der Wetterstation Mannheim am 30.06.2019 mit 38,9°C bzw. am 25.07.2019 mit 39,5°C Werte, die im Bereich der absoluten Extremwerte seit Messbeginn liegen.

Tabelle 6: Monatliche Mittelwerte 2019 und deren Abweichung vom langjährigen Mittel (1961-1990) für die Wetterstation Mannheim. Datenquelle: www.dwd.de

Monat	Mitteltemperatur in °C u. Abweichung in K		Niederschlag in mm u. in % vom Mittel		Sonnenscheindauer in Std. und in % vom Mittel	
2019	°C	K	mm	%	Std.	%
Mai	12,7	-1.7	63	85%	217	105
Juni	21,2	+3.6	57	74%	322	150
Juli	21.3	+1.8	43	56%	290	123
August	20.9	+2.1	63	108%	249	116
September	16.0	+0.7	77	144%	199	118
Gesamtzeitraum	18.4 °C	+1.3 K	303 mm	89%	1277 h	123



Der Vergleich der Temperaturmittelwerte bzw. der mittleren Maxima und Minima des temporären Messnetzes mit den Werten der Wetterstation Mannheim offenbart die typischen thermischen Stadtklimaefekte (Tabelle 7 bis Tabelle 9). Während sich die mittleren Höchsttemperaturen nur wenig unterschieden, liegen die Monatsmitteltemperaturen im Stadtzentrum etwa 1,2 bis 1,4 K über denen der Freilandstation Wetterwarte und die mittleren Minima bis zu 4,0 K (Juli) höher.

Strahlungstage, bei denen sich lokale und regionale Klimateffekte besonders ausgeprägt darstellen, sind im Untersuchungszeitraum 22.05. - 22.09.2019 an ca. 31% der Tage zu verzeichnen. Dies entspricht weitgehend dem langjährigen Mittel von ca. 25 - 30% der Tage im Jahr.

Die Daten von 2019 zeigen somit insgesamt verstärkt bioklimatische Belastungssituationen auf.

Tabelle 7: Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord

Monat	Wetterstation DWD	MA-Zentrum	Blumenauer Weg	LUBW Nord	Xaver-Fuhr-Straße	Waldwegstadion
Juni	21,2	22,6	21,5	22,0	21,4	21,3
Juli	21,3	22,6	21,3	21,9	21,5	21,6
August	20,9	22,1	20,9	21,5	21,0	21,0

Tabelle 8: Mittleres tägliches Maximum⁹ der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord. Quelle: Deutscher Wetterdienst, LUBW, ÖKOPLANA

Monat	Wetterstation DWD	MA-Zentrum	Blumenauer Weg	LUBW Nord	Xaver-Fuhr-Straße	Waldwegstadion
Juni	28,0	28,3	27,8	28,0	27,8	28,0
Juli	28,0	27,6	27,7	27,4	27,3	27,6
August	27,6	27,2	26,6	26,8	27,1	27,2

Tabelle 9: Mittleres tägliches Minimum¹⁰ der Lufttemperatur in °C 2019 an den Stationen des stationären Messnetzes sowie der Wetterstation Mannheim und der LUBW-Station Mannheim-Nord. Quelle: Deutscher Wetterdienst, LUBW, ÖKOPLANA

Monat	Wetterstation DWD	MA-Zentrum	Blumenauer Weg	LUBW Nord	Xaver-Fuhr-Straße	Waldwegstadion
Juni	13,1	17,2	14,9	15,8	14,8	15,0
Juli	14,0	18,0	15,5	16,3	15,7	16,0
August	14,8	17,5	15,9	16,6	15,7	15,5

⁹ Maxima der Wetterstation Mannheim sind absolute Werte; Werte der übrigen Stationen resultieren aus den Halbstundenwerten

¹⁰ Minima der Wetterstation Mannheim sind absolute Werte; Werte der übrigen Stationen resultieren aus den Halbstundenwerten



5.2.2 WINDFELD – STATIONÄRE MESSUNGEN

Die Windrichtungsverteilungen zeigen im langjährigen Mittel an der Wetterstation Mannheim (30 Jahre-Zeitraum 1990 – 2019, Abbildung 35) primär ein Vorherrschen südsüdöstlicher bis südsüdwestlicher Richtungen (ca. 40 % aller Windrichtungen) mit einem Maximum bei Süd und eine sekundäre Häufung im Bereich nordnordwestlicher bis nordnordöstlicher Richtungen (ca. 30 %).

Flächennutzungsbedingt (Bebauung, Wald) kann es zu auffallenden Differenzierungen kommen, wie die analogen langjährigen Windrichtungsverteilungen der LUBW-Station Mannheim-Nord verdeutlichen.

Bei Differenzierung zwischen Tag- und Nachtsituationen sind tageszeiteinspezifische Verschiebungen der Häufigkeitsverteilungen als Folge des individuelleren regionalen Strömungsgeschehens während strahlungsbetonter Wetterlagen zu erkennen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel im Bereich der Mannheimer Innenstadt ca. 2,0 m/s und im Freiland ca. 3,0 m/s, so dass innerhalb der städtischen Bebauung von insgesamt mäßiger bis schlechter Durchlüftung¹¹ gesprochen werden kann.

Die vorliegenden Winddaten aus Mannheim dokumentieren, dass mittlere Windgeschwindigkeiten über 3,0 m/s, die eine intensive bodennahe Durchlüftung ermöglichen, vorwiegend in den Wintermonaten bzw. in den Übergangsjahreszeiten auftreten.

Im Sommer schwächt sich die Intensität der bodennahen Ventilation deutlich ab, was zusammen mit hohen Lufttemperaturen (Sommertage mit Lufttemperaturen $\geq 25^{\circ}\text{C}$) vermehrt zu bioklimatischen Belastungen führt.

Die niedrigen Windgeschwindigkeiten im Raum Mannheim sind mit ein Grund, weshalb sich häufig Inversionen (> 225 Tage im Jahr) einstellen.

Für die Luftbelastung und die Luftfeuchtigkeit sind Inversionen von großer Bedeutung, da der vertikale Luftaustausch nahezu zum Erliegen kommt. Eine verstärkte Luftschadstoffakkumulation und vermehrte Nebelbildung sind die Folgen.

Inversionen bilden sich im Untersuchungsraum im Sommerhalbjahr während Strahlungswetterlagen in nahezu jeder Nacht aus. Bei diesen Situationen stellt sich ein typisches regionales Strömungsgeschehen mit tagesperiodisch wechselnden Anströmungsrichtungen ein, wie die über 15 Jahre gemittelten Windrichtungsverteilungen der beiden Stationen LUBW-Mannheim-Nord und Wetterstation Mannheim für die Monate Mai – September im Zeitraum 2005 – 2019 verdeutlichen (Abbildung 37). So werden an der Wetterstation Mannheim in der ersten Tageshälfte noch relativ gerichtete Strömungen mit deutlichem Häufigkeitsmaximum um Südsüdost bis Süd (ca. 35 % der Windrichtungsverteilungen) und sekundären Maxima um Nord bis Nordnordwest (ca. 28 %) gemessen. Am Nachmittag zeigt sich infolge der intensiven

¹¹ Mit einer ausreichenden weiträumigen Durchlüftung innerhalb der Bebauung ist erst bei Windgeschwindigkeiten über 3,0 m/s zu rechnen. Luftströmungen unter 3,0 m/s dringen zwar in die Bebauung ein, greifen dort je nach Bebauungsdichte auch bis zum Boden durch, können aber die mit lokalen Eigenschaften behaftete Luft nicht ausräumen. In diesem Falle ist deshalb von Belüftung zu sprechen. Werden mit der Windgeschwindigkeit auch die Schichtungsverhältnisse berücksichtigt, so ergibt sich folgender Sachverhalt:

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

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

vertikalen Durchmischung in den bodennahen Luftschichten der planetaren Grenzschicht ein relativ breit ausgefächertes Verteilungsmuster ohne Vorzugsanströmrichtung.

Besonderes Augenmerk ist auf die nächtlichen Windverteilungen mit typischem Wechsel der Hauptanströmrichtungen im Verlauf der Nacht zu richten. Während sich in der ersten Nachthälfte zunächst bevorzugt nördliche bis östliche Windrichtungen (ca. 68 % aller Fälle) mit deutlicher Dominanz bei Nordnordost (28 % aller Fälle) einstellen, dreht im Verlauf der zweiten Nachthälfte die bevorzugte Anströmrichtung auf Nord bis Nordwest (ca. 63 % aller Fälle im Bereich der Richtungssektoren 300° bis 30°).

Ein ähnliches Bild zeigen die Windrichtungsverteilungen der LUBW-Station Mannheim-Nord. Auch hier ist wiederum der markante nächtliche Wechsel der Anströmrichtung mit noch stärker ausgeprägter Dominanz nördlicher und nordnordwestlicher Windrichtungen in der zweiten Nachthälfte erkennbar (ca. 61 % aller Fälle).

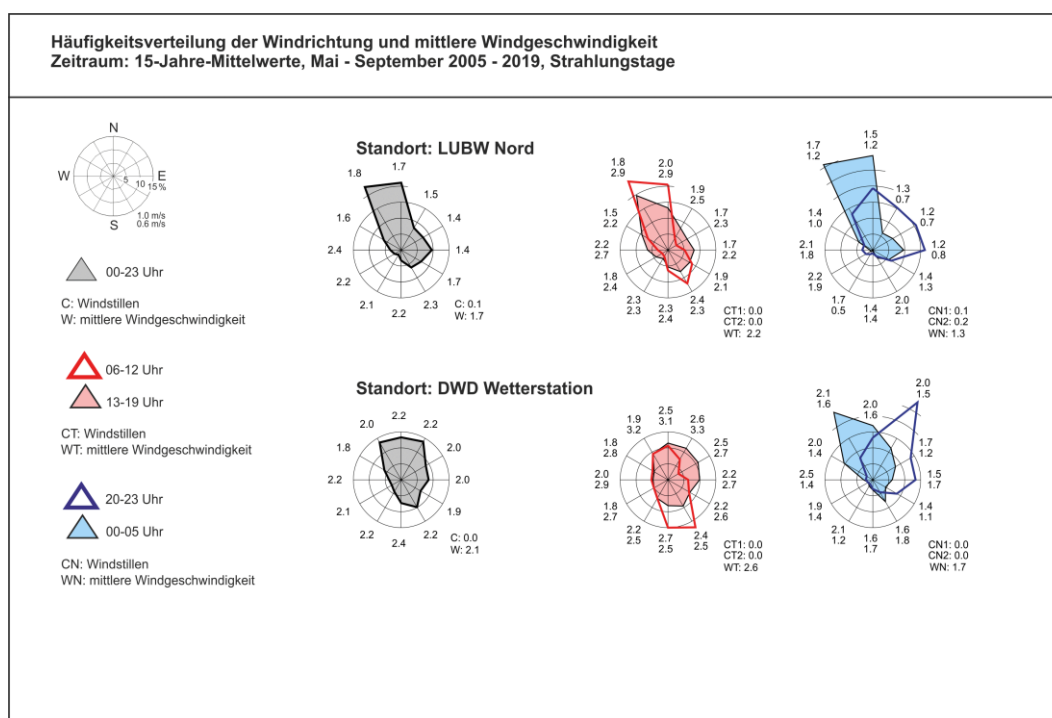


Abbildung 37: Mittelwerte der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit im 15-jährigen Zeitraum 2005 – 2019 an Strahlungstagen in den Monaten Mai – September an der LUBW-Station Mannheim-Nord und an der DWD Station Mannheim

Zur Vertiefung der Erkenntnisse zum lokalen Strömungsgeschehens in Mannheim werden nachfolgend der Gesamtmesszeitraum (22.05. - 22.09.2019) sowie als eigenständiges Datenkollektiv die Strahlungstage und heißen Tage (Lufttemperaturmaximum $\geq 30^{\circ}\text{C}$) ausgewertet, analysiert und für die einzelnen Stationsstandorte in Form von Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung (Windrosen) dargestellt.

Die Vergleichbarkeit des Strömungsgeschehens im Untersuchungszeitraum, insbesondere während der für stadtklimatische Prozesse besonders relevanten Strahlungswetterlagen, lässt sich anhand der langjährigen Windverteilungen der beiden Stationen LUBW Nord und DWD Wetterstation überprüfen. Abbildung 3 gibt die entsprechenden Verteilungen für die Strahlungstage der Monate Mai – September im 15-Jahre-Zeitraum 2005 – 2019 wieder. Sie zeigen sowohl bezüglich der nachfolgend näher erläuterten Verteilung der Windrichtungen sowie deren prozentualer Häufigkeiten und des tagesperiodischen Windrichtungswechsels grundsätzliche Übereinstimmungen mit den entsprechenden Windverteilungen (Strahlungstage Mai - September) im Untersuchungszeitraum 2019 (Abbildung 41 bis Abbildung 43), so dass eine Repräsentativität gegeben ist.



Die Windverteilung der einzelnen Stationen verdeutlicht (Abbildung 38 bis Abbildung 46), dass im Tagesverlauf, insbesondere während strahlungsdominierter Wetterlagen (Strahlungstage, heiße Tage), bestimmte Vorzugsrichtungen auftreten. Während der Tagstunden bzw. generell während Nichtstrahlungswetterlagen auch in den Nachtstunden ist das Strömungsgeschehen weitgehend von der vorherrschenden Großwetterlage, der Stationslage und der Umgebung (Art der Bebauung, Flächennutzung und Lagebeziehung zu Freiräumen) abhängig, wobei in freien Lagen (Stationen *Xaver-Fuhr-Straße*, *Blumenauer Weg*) südwestliche bis nördliche Windrichtungen überwiegen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt über alle Witterungssituationen im Tagesmittel (alle Tage, Abbildung 38 bis Abbildung 46) an den Freilandstandorten LUBW Nord und DWD Wetterstation 2,3 m/s. Im Mannheimer Stadtzentrum (Station Mannheim-Zentrum) liegt die mittlere Windgeschwindigkeit dagegen bei 1,2 m/s. Die Durchlüftung ist somit gegenüber dem Freiland um etwa 50% reduziert.

Ähnlich niedrige Werte weist auch der Standort Großkraftwerk mit 1,3 m/s auf, während am Standort Waldwegstadion mit 0,9 m/s noch niedrigere Werte verzeichnet werden. Hier setzt der Einfluss der angrenzenden Bebauungen und hochstämmiger Bäume (Waldwegstadion) die Strömungsintensität erheblich herab. Die spezifische Situation beider Standorte sowie der Station Mannheim-Zentrum zeigt die Bedeutung innerstädtischer Freiräume (Plätze, Parkanlagen etc.) für den bodennahen Luftaustausch auf. Großflächig niedrige Windgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s können zu Luftschadstoffakkumulationen und sommerlichen Wärmestaus führen.

Nach Sonnenuntergang stellen sich vermehrt lokalspezifische Windrichtungsverteilungen ein. Im Datenkollektiv „alle Tage“ sind diese Effekte bereits erkennbar und treten in den Kollektiven „Strahlungstage“ (Abbildung 38 bis Abbildung 46) und „heiße Tage“ (Abbildung 38 bis Abbildung 46) sehr prägnant hervor. Da heiße Tage, d.h. Witterungssituationen mit Tageshöchstwerten der Lufttemperatur von über 30°C auch mit dichter Bewölkung sowie konvektiven Niederschlägen (Schauer, Gewitter) verknüpft sein können, werden die lokalklimatischen Effekte zeitweise auch vom externen meteorologischen Geschehen überlagert.

An Strahlungstagen und heißen Tagen häufen sich an der Station *Xaver-Fuhr-Straße*, unweit des Maimarktgeländes, vor allem in der ersten Nachthälfte schwache nordöstliche bis südöstliche Strömungsrichtungen, die auf flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Grünzug Mannheim-Südost und dem Stadtzentrum Mannheim zurückzuführen sind. Derartige Beobachtungen konnten auch bereits bei früheren Untersuchungen (z.B. ÖKOPLANA 2010) gemacht werden.

Am Messstandort *Waldwegstadion* ist in der Nacht eine auffallende Häufung von Windstillen zu registrieren. Hier führen die nahegelegene Bebauung und der Baumbestand im Stationsumfeld zu einer deutlich herabgesetzten bodennahen Belüftung. Sie bedingt auch die anhand der Richtungsverteilungen deutlich erkennbaren Kanalisierungseffekte als Folge der Leitlinienwirkung von Hauszeilen und Verkehrswegen.

Auch im Stadtzentrum von Mannheim (Station *Mannheim-Zentrum*) ist die mittlere Windgeschwindigkeit als Folge der dichten Citybebauung gegenüber dem Freiland deutlich herabgesetzt (-45% an Strahlungstagen bzw. -50% an heißen Tagen).

Im Norden von Mannheim (Station *Blumenauer Weg*) bestimmen nach Sonnenuntergang nordnordwestliche bis nordnordöstliche Luftströmungen das bodennahe Ventilationsgeschehen. Eine derartige Häufung von Winden aus nördlichen Richtungssektoren ist im Süden von Mannheim (Stationen *Waldwegstadion*, *Großkraftwerk*) nicht zu beobachten. Das radial auf das Stadtzentrum von Mannheim ausgerichtete Flurwindssystem wird offenbar.

Häufigkeitsverteilung bezogen auf alle Tage im Untersuchungszeitraum:

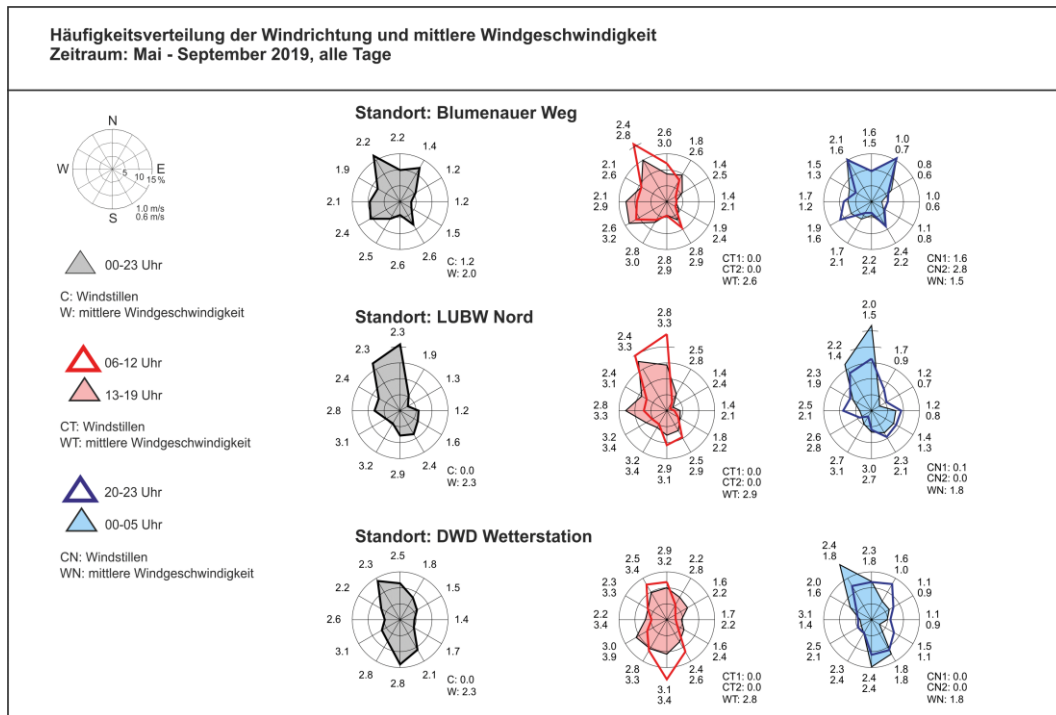


Abbildung 38: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.

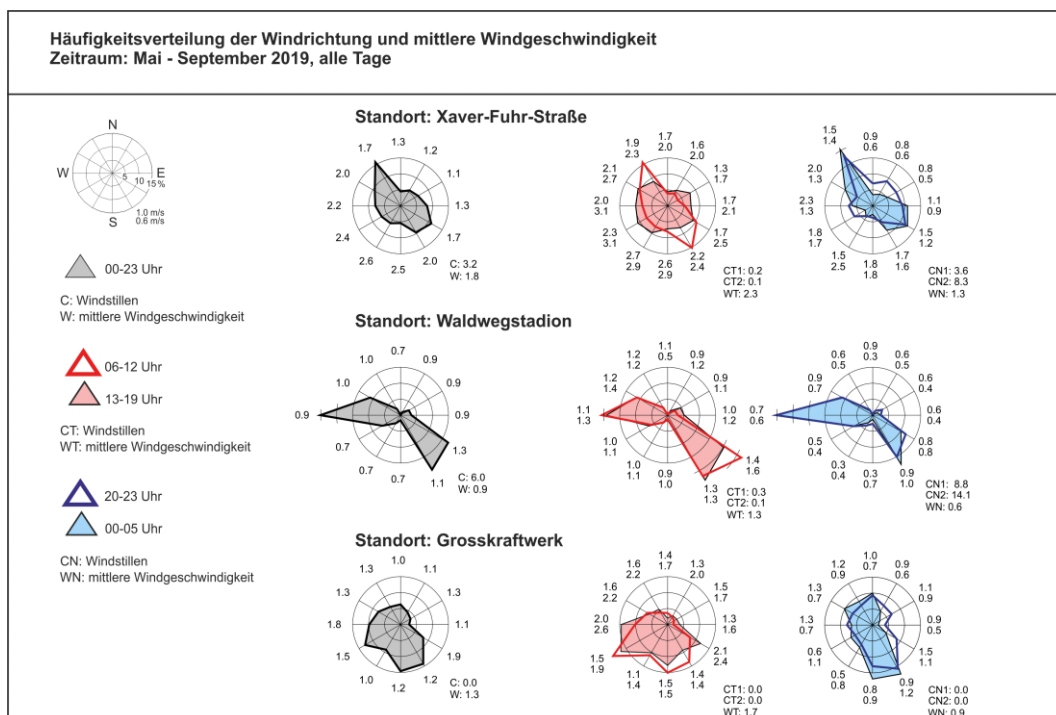


Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.

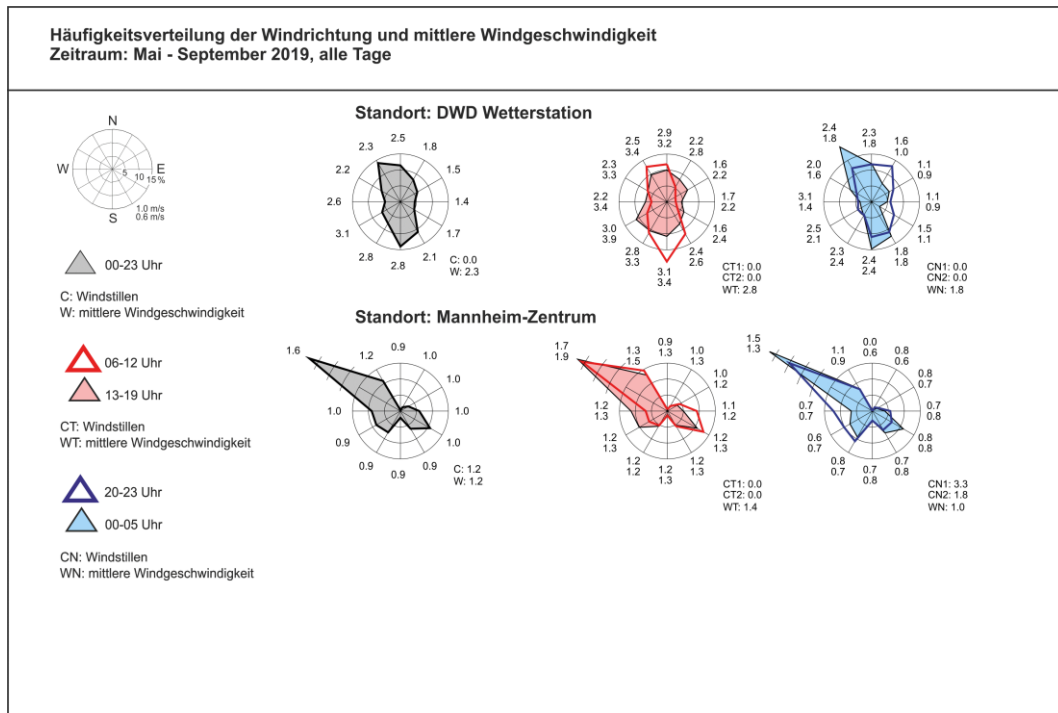


Abbildung 40: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.



Häufigkeitsverteilung bezogen auf Strahlungstage im Untersuchungszeitraum:

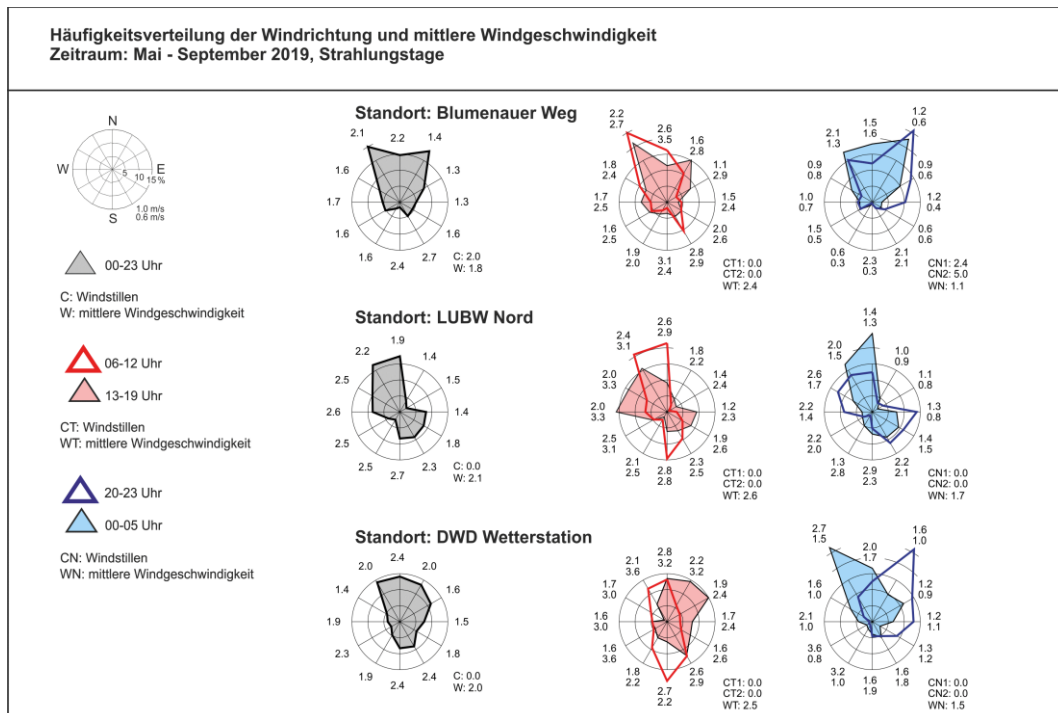


Abbildung 41: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.

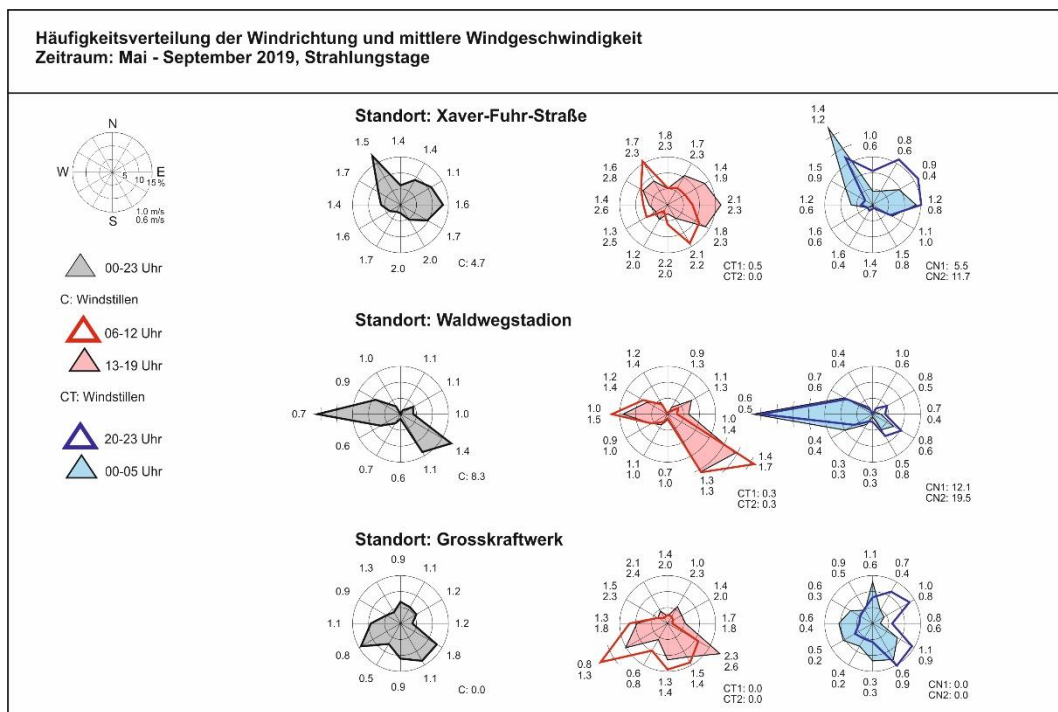


Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.

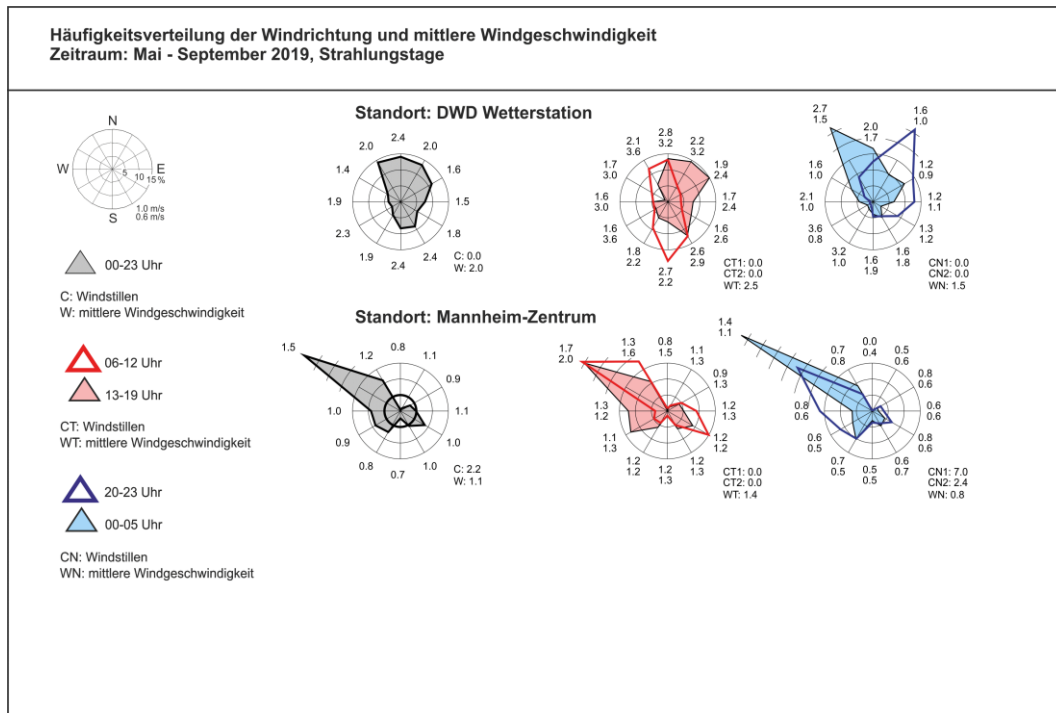


Abbildung 43: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, Strahlungstage.

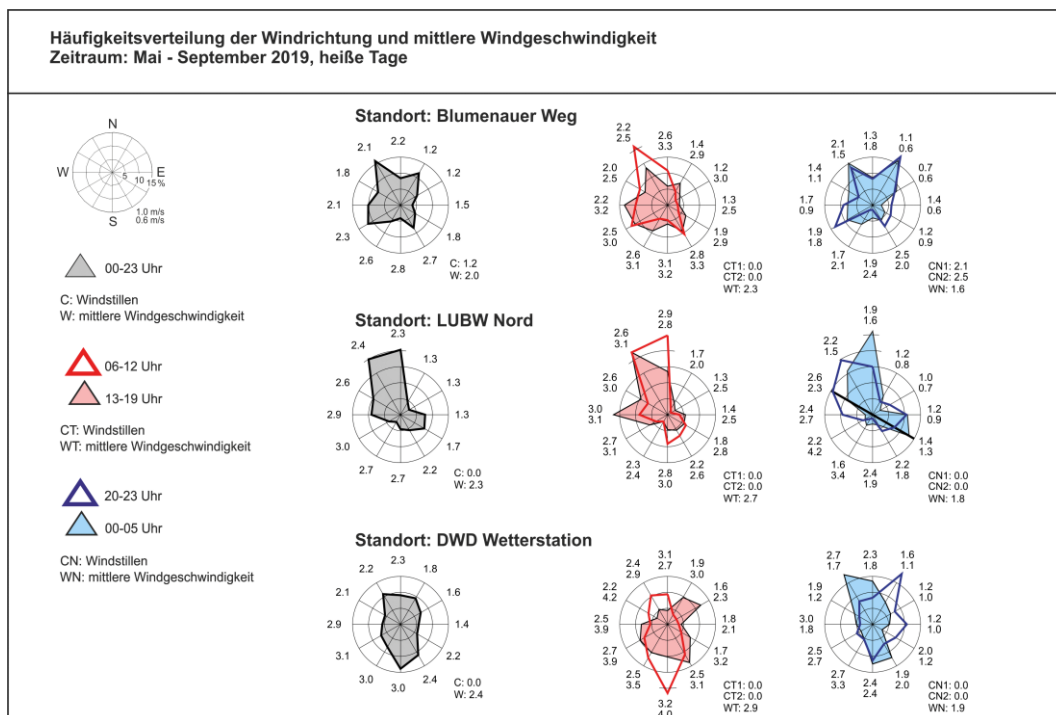


Abbildung 44: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.

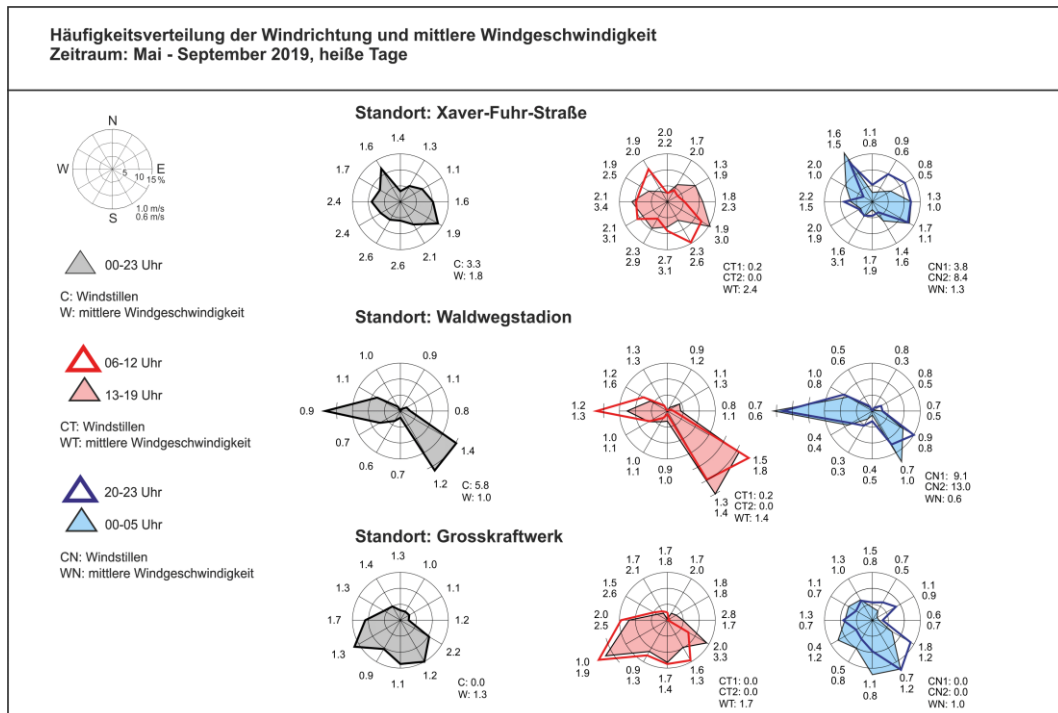


Abbildung 45: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.

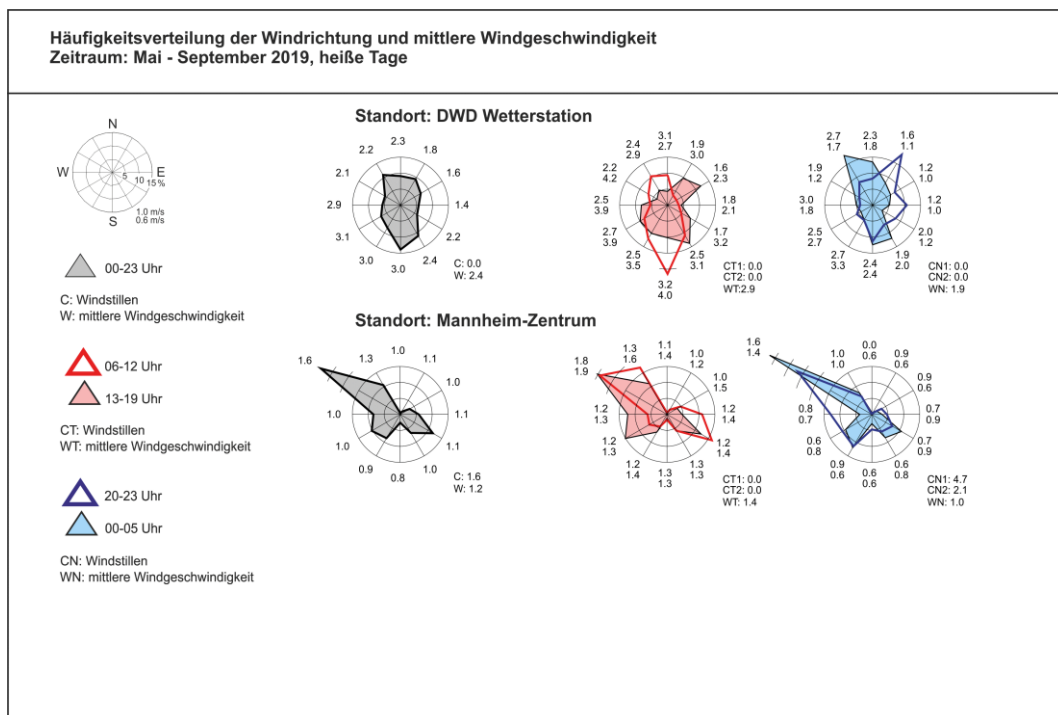


Abbildung 46: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum Mai – September 2019, heiße Tage.



5.2.3 LUFTTEMPERATURFELD – STATIONÄRE MESSUNGEN

Die thermische Situation im Stadtgebiet von Mannheim wird vorwiegend von der Flächennutzung und der Lagebeziehung zwischen Freiräumen und Bebauung bestimmt.

Die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur zeigen bereits bei Betrachtung des Gesamtmesszeitraumes (22.05. - 22.09.2019, alle Tage, Abbildung 47) den typischen Stadtklimaeffekt mit deutlicher nächtlicher Überwärmung der innerstädtischen Strukturen. So beträgt die Temperaturdifferenz zwischen Freiland (DWD Wetterstation) und Innenstadt (Mannheim-Zentrum) nach Sonnenuntergang bis gegen Sonnenaufgang im Mittel etwa 3 K.

Noch deutlicher sind diese Effekte während klimaökologisch relevanter Strahlungswetterlagen (Abbildung 48) bzw. an heißen Tagen (Abbildung 49) ausgeprägt, treten am Tag jedoch infolge der turbulenten Durchmischung der unteren Atmosphäre mit dem bodennahen Raum in den Hintergrund. Die mittleren Tagesgänge zeigen, dass die Lufterwärmung nach Sonnenaufgang beginnt und im Sommer ihr Maximum zwischen 15:00 Uhr und 17:30 Uhr erreicht. Die dabei gegenüber dem Sonnenhöchststand verzögerte maximale Erwärmung ist darauf zurückzuführen, dass das Maximum der Energiebilanz der Oberfläche nach Sonnenhöchststand eintritt und sich infolgedessen die Erwärmung der dem Boden aufliegenden Luft auch noch danach fortgesetzt.

Bereits vor Sonnenuntergang setzt die Abkühlung ein, die in der ersten Nachthälfte am stärksten ist. Das Temperaturminimum wird an allen Stationen kurz vor Sonnenaufgang gemessen.

Im Detail ergeben sich z.T. auffallende Unterschiede zwischen den einzelnen Messstationen. Wie bereits erwähnt, steht die thermische Situation in enger Beziehung zur Flächennutzung. Besonders in den Sommermonaten ist die Aufheizung fester Materialien (Bebauung) und deren Wärmespeicherung (am Tag) bzw. Wärmeabgabe (in der Nacht) beträchtlich. Vegetationsbedeckte Flächen stellen sich aufgrund der höheren Verdunstung bzw. der Transpiration der Pflanzen und des damit verbundenen Wärmeverbrauchs thermisch günstiger dar.

Die Ventilation hat in Form des vertikalen und horizontalen Luftaustausches wesentlichen Einfluss auf das thermische Geschehen. Intensive Ventilation führt z.B. in der Bebauung zur Durchmischung örtlicher Warmluft mit kühleren Luftmassen aus den Freiräumen oder aus der höheren Atmosphäre. Verminderte Ventilation hat hingegen, z.B. im Sommer, bei hoher Einstrahlung sowohl in der Bebauung als auch im Freiland Hitzestaus zur Folge.

Wie die mittleren Tagesgänge zeigen, ergeben sich am Tag zwischen den einzelnen Stationsstandorten nur geringe thermische Unterschiede. Die Spanne reicht von 28,5° bis 28,9°C, wobei die höchsten Werte an den Stationen Mannheim-Zentrum und LUBW Nord (28,8°C) sowie DWD Wetterstation und Waldwegstadion (28,9°C) erreicht werden. Am Standort Mannheim-Zentrum weist der nachmittägliche Temperaturverlauf eine aus dem unmittelbaren Stationsumfeld resultierende Besonderheit auf. Bis etwa 15 Uhr werden hier bei weitgehend ungehinderter Sonneneinstrahlung und deutlich reduzierter Ventilation überwiegend die höchsten Temperaturen gemessen. Danach wird der Temperaturverlauf jedoch als Folge der zunehmenden Abschattung durch die angrenzenden Bebauungen und Bäume gedämpft bzw. die Temperatur geht im Gegensatz zu den anderen Stationen bereits etwas zurück. Zwischen 16:00 Uhr und 17:30 Uhr werden hier sogar die niedrigsten Temperaturen des Stationskollektivs verzeichnet, was die Positivwirkung u.a. schattenspendender Bäume in einem ansonsten hochgradig versiegelten Raum verdeutlicht.

Nach den Lufttemperaturmaxima zwischen 15:00 und 17:30 Uhr (u.a. abhängig von der Besonnungsdauer) stellt sich deutliche Abkühlung ein. Besonders an den Stationen Blumenauer Weg, Xaver-Fuhr-Straße und Waldwegstadion ist ein vergleichsweise steiler Temperaturabfall zu beobachten. Dies ist auf



die einsetzende Kaltluftproduktion über den Freiflächen der Stationsumfelder zurückzuführen und bewirkt ein rasches Abklingen thermischer Belastungen.

Im Stadtzentrum ist der nächtliche Temperaturrückgang deutlich gedämpft. Hier macht sich das große Wärmespeichervermögen überbauter Flächen und die reduzierte nächtliche Ausstrahlung in Folge der Horizontüberhöhung bioklimatisch negativ bemerkbar. Nach 22:00 Uhr werden bis zum Zeitpunkt des Temperaturminimums am Toulonplatz (Station *Mannheim-Zentrum*) gegenüber dem Freiraum im Bereich der *DWD Wetterstation* im Durchschnitt zwischen 4,3 und 4,7 K höhere Lufttemperaturen gemessen.

Bestimmt man die physiologisch äquivalente Temperatur (PET), die auch die Oberflächentemperatur berücksichtigt, ergeben sich im Stadtzentrum von Mannheim sogar um ca. 8 - 9 K höhere Werte.

Ein weitgehend analoges Bild zeigen die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur an heißen Tagen (Tagesmaxima der Lufttemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$, Abbildung 49). Auch hier liegen die Temperaturwerte am Nachmittag mit Werten zwischen $30,8^{\circ}\text{C}$ und $31,5^{\circ}\text{C}$ in einem relativ engen Bereich, welcher sich am Abend und in der Nacht als Folge der unterschiedlichen lokalen Einflüsse der Siedlungs- bzw. Freiraumstrukturen deutlich auffächert. Die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen Innenstadt (Station *Mannheim-Zentrum*) und Freiland (Station *DWD Mannheim*) sind mit Werten von 3,5 bis 4,0 K als Folge des nicht reinen Strahlungscharakters des Witterungsgeschehens etwas geringer.

So werden Stadtzentrum am Toulonplatz (Station *Mannheim-Zentrum*) um 22:00 Uhr im Mittel noch $26,4^{\circ}\text{C}$ und um 00:00 Uhr $24,2^{\circ}\text{C}$ gemessen. Die Minimalwerte liegen durchschnittlich bei $20,5^{\circ}\text{C}$, d.h. in den meisten Fällen werden hier Tropennächte beobachtet (Grenzwert $20,0^{\circ}\text{C}$).

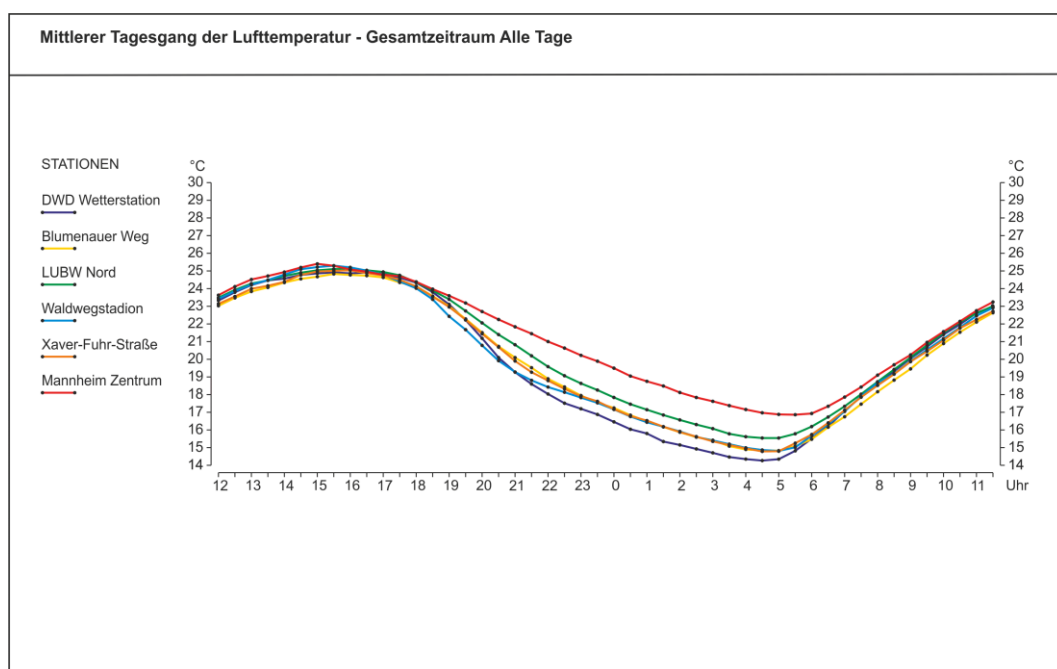


Abbildung 47: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Gesamtzeitraum Mai – September 2019.

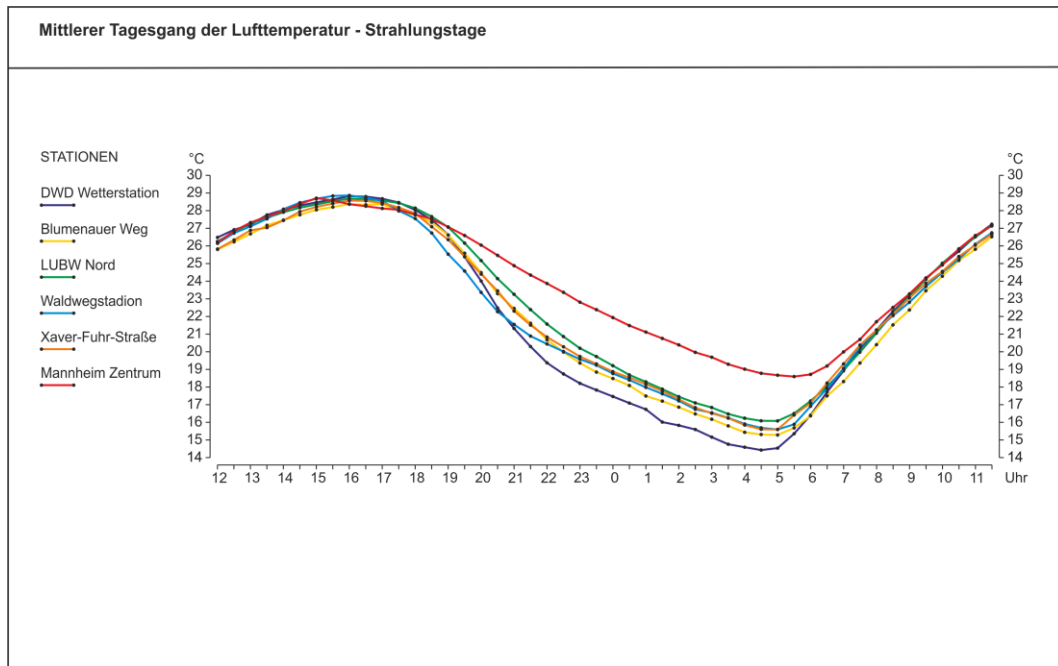


Abbildung 48: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Zeitraum Mai – September 2019 an Strahlungstagen.

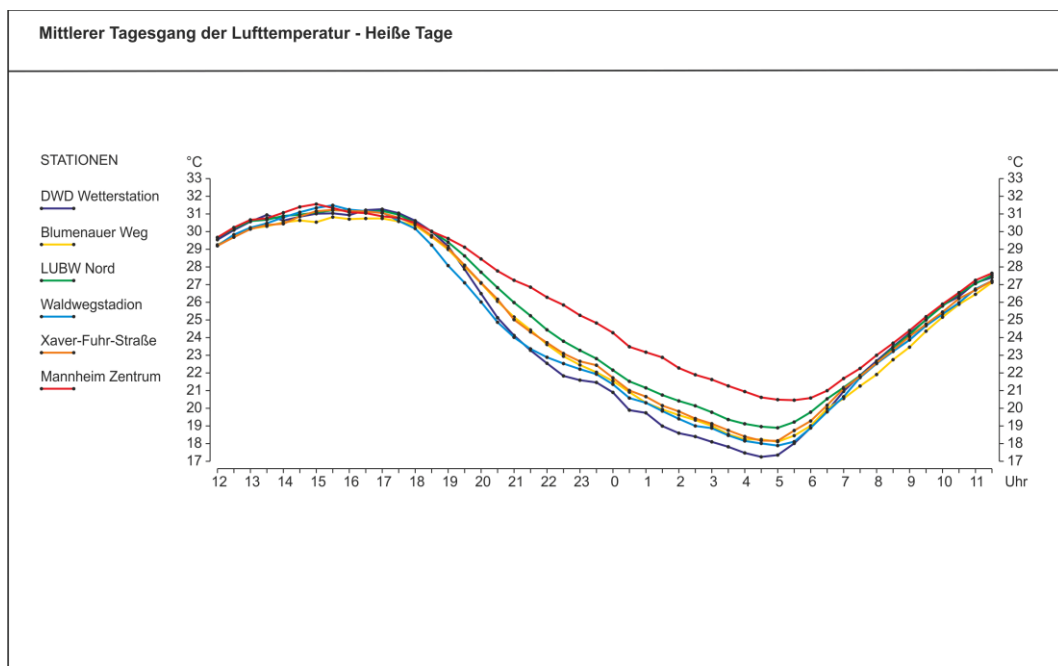


Abbildung 49: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur im Zeitraum Mai – September 2019 an heißen Tagen.



5.2.4 ERGEBNISSE DER LUFTTEMPERATURMESSFAHRTEN VON 2019

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten anhand von zwei Isothermenkarten der 23 und 5 Uhr Situation dargestellt und beschrieben. Zudem kommt es zu einer jeweiligen Differenzendarstellung, bei welcher die Situation von 2019 mit jener von 2009 verglichen wird. Abschließend werden die Ergebnisse der Isothermenkarten hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit den Ergebnissen der numerischen Modellrechnung bewertet. Eine detaillierte, stadtteilbezogene Analyse der Messfahrtergebnisse ist den Anhängen Anhang A 17 und Anhang A 18 zu entnehmen.

5.2.4.1 MESSTERMINE

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

Die gewählten Messtermine orientieren sich daher an folgenden Vorgaben:

- Antizyklonale Wetterlage,
- geringe Bewölkung, d.h. intensive Ein- und Ausstrahlung,
- geringe Windgeschwindigkeit, mittlere Windgeschwindigkeit während der Messfahrt unter 3.0 m/s,
- Witterungsverlauf in den letzten sechs Stunden - heiter, höchstens wechselnd bewölkt.

Um bei der Interpretation und Nutzung der Messwerte einen Vergleich mit den Lufttemperaturen der Messfahrten von 1985, 2001 und 2009 zu ermöglichen, wurden vergleichbare Messzeitpunkte gewählt (22:00 Uhr und 05:00 Uhr MEZ).

In einem ersten Schritt wurden die während der Messfahrten an den Stationen erfassten Temperaturmodifikationen ausgewertet. Hieraus resultierten Verlaufskurven der Lufttemperatur, die in einem zweiten Schritt den zeitcodierten Werten der Messfahrt zugeordnet wurden. Diese Methodik hat als Ergebnis zur Folge, dass alle Messwerte der Lufttemperaturmessfahrten auf einen Zeitpunkt korrigiert wurden. Zuvor fand eine Filterung verkehrsbedingter Standzeiten aus den Messdaten statt.

Die Temperaturmessfahrten im Gesamtstadtgebiet von Mannheim wurden aufgrund vorhergesagter günstiger synoptisch-meteorologischer Bedingungen in der Nacht vom 22. zum 23.07.2009 an zwei Terminen durchgeführt (Bezugszeitpunkte: 22:00 Uhr und 05:00 Uhr MEZ).

Wie Abbildung 50 dokumentiert, bestimmt am 22. und 23.07.08.2019 ein kräftiges Bodenhoch das Witterungsgeschehen in Mitteleuropa (Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ nach HESS & BREZOWSKY). Die zuvor eingeflossene warme Meeresluft heizt sich hierbei auf, erreichte mit Tagesmaxima um 31°C jedoch noch nicht die extremen Hitzewerte der Folgetage.

Am Tag, in der folgenden Nacht und am Morgen ist es abgesehen von einzelnen hohen Schleierwolken (Cirrus) nahezu wolkenlos (Sonnenscheindauer am 22.07. 14,3 h), so dass ideale Ausstrahlungsbedingungen vorlagen.

Aus den Tagesgängen der Lufttemperatur und des Windes der temporären Messstationen lässt sich das ortsspezifische Verhalten von Lufttemperatur und Strömungsgeschehen entnehmen (Abbildung 51).

Tagsüber stellen sich im Stadtzentrum von Mannheim wie auch am Stadtrand und im umgebenden Freiland Lufttemperaturen bis über 31°C ein (→ heißer Sommertag). Die relativ geringen Differenzierungen lassen sich auf eine intensive vertikale (Turbulenz) und horizontale Durchmischung der bodennahen Atmosphäre zurückführen. So liegen die mittleren Windgeschwindigkeiten im Freiland (*DWD Wetterstation*)

am Nachmittag bei 2,5 bis 3,0 m/s und am Toulonplatz (Station *Mannheim-Zentrum*) zwischen 1,0 und 2,0 m/s.

Nach 20:00 Uhr flaut der Wind deutlich ab und während des ersten Messfahrttermins (22:00 – 00:00 Uhr) ist es sehr windschwach (Idealverhältnisse für die flächendeckende Erhebung der Lufttemperatur). Im Freiland setzt als Folge der bodennahen Kaltluftproduktion und des reduzierten Luftaustauschs (mittlere Windgeschwindigkeiten überwiegend um 1,0 m/s) ein sehr rapider Temperaturrückgang ein, der lokal bei kurzzeitig auflebendem Wind (gegen Abschluss der Messungen um 23:00 Uhr an der *DWD Wetterstation*) unterbrochen wird. Über den Stadtflächen geht die Lufttemperatur bei mittleren Windbewegungen um 0,5 m/s erwartungsgemäß deutlich langsamer zurück.

Während der Messungen in der zweiten Nachthälfte (03:00 - 05:00 Uhr) herrscht ein weitgehend analoges Strömungsgeschehen. Im Freiland werden weiterhin mittlere Windintensitäten um 1,0 m/s und am Stadtrand sowie im Zentrum um 0,5 m/s gemessen. Bis Sonnenaufgang ist ein weiterer Temperaturrückgang zu beobachten, wobei die thermischen Gegensätze zwischen Freiland bzw. Stadtrand und der Innenstadt weitgehend gleich bleiben.

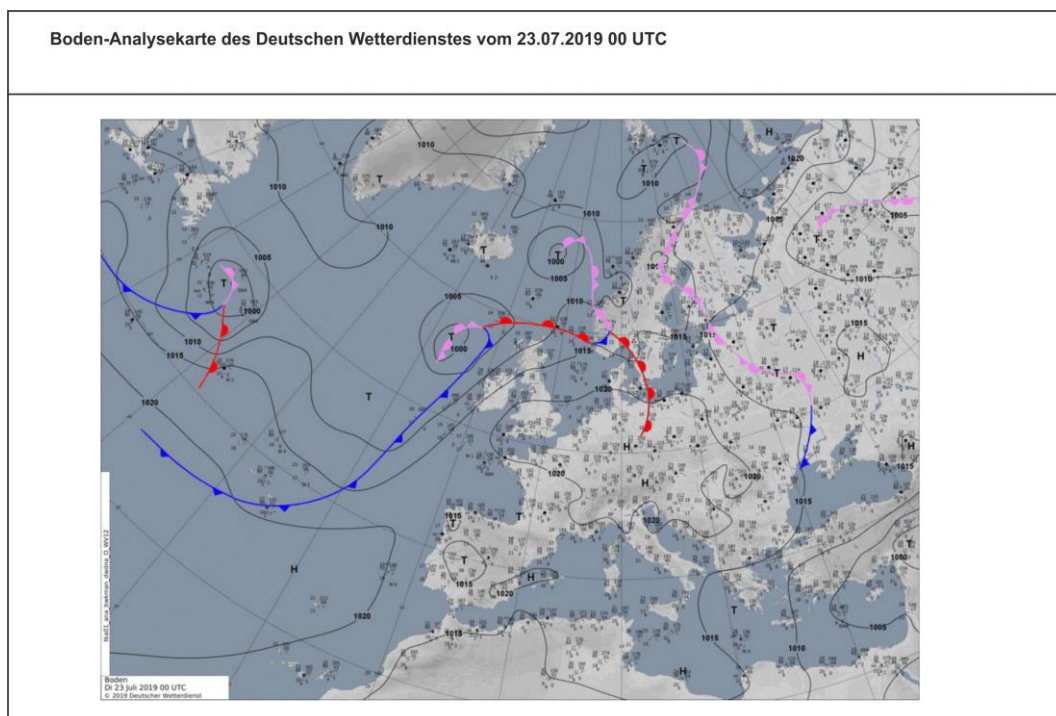


Abbildung 50: Boden-Analysekarte des Deutschen Wetterdienstes vom 23.07.2019 00 UTC.

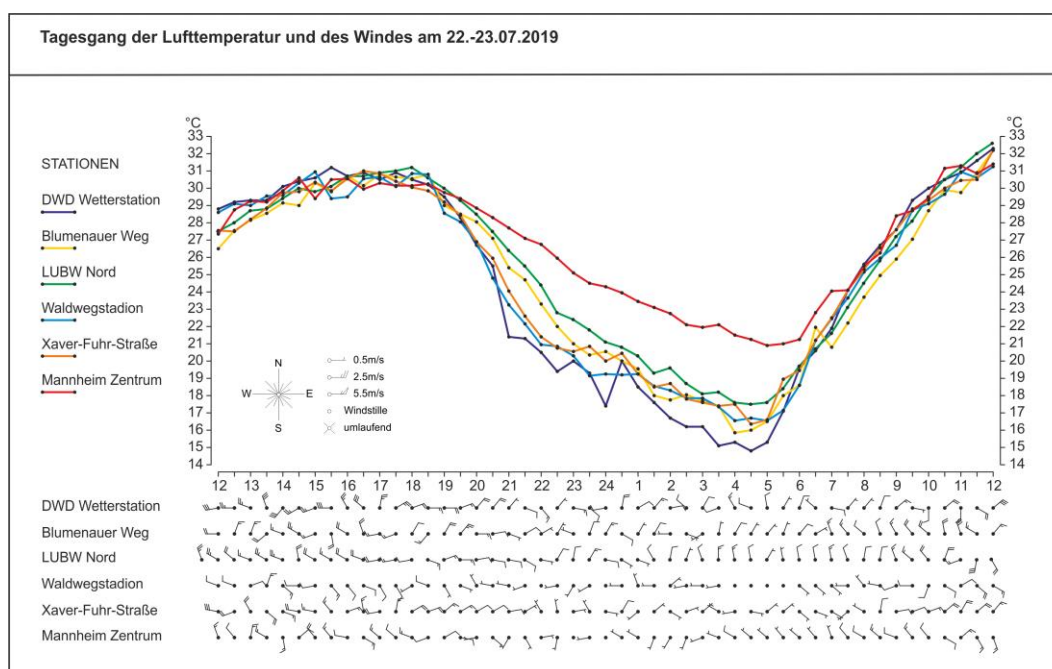


Abbildung 51: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 22.-23.07.2019.

5.2.4.2 VERTEILUNG DER LUFTTEMPERATUR NACH MESSFAHRTEN AM 22.-23.07.2019

Eine Analyse der Temperaturverteilung erfolgt 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. Abhängig von der Flächennutzung, der Lagebeziehung zu klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen und dem Geländere relief bilden sich nach Sonnenuntergang wärmere und kühlere Bereiche. Hierfür sind sowohl die kleinräumige als auch die großräumigere (regionaler Maßstab) Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung von wesentlicher Bedeutung.

Bereits vor Sonnenuntergang beginnen sich die Bodenoberfläche sowie die darauf befindlichen Materialien und damit auch die darüber liegenden Luftschichten abzukühlen. Über Vegetationsflächen (z.B. Wiesen, Ackerflächen) ist diese Abkühlung besonders intensiv. In ebenem Gelände stagniert die so entstehende Kaltluft größtenteils am Ort ihrer Entstehung, wenn sie nicht durch eine Luftströmung höherer Geschwindigkeit ausgeräumt wird. Die flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur wird dabei zum Indiz für diese Erscheinungen und für die klimaökologische Leistungsfähigkeit der Freiflächen und Freiräume.

Die Isothermenkarten (Abbildung 52 und Abbildung 53) zeigen die flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur während einer klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlage. In der Darstellung der Lufttemperaturverteilung markiert die jeweilige Isotherme (Linie gleicher Lufttemperatur) den Übergang zu einem anderen Temperaturwert. Im vorliegenden Fall umfasst die Fläche zwischen zwei Isothermen eine Änderung der Lufttemperatur von 1,0 °C¹².

¹² Als Einheit für Temperaturdifferenzen wird von der DIN in Anpassung an das Internationale Einheitensystem (SI) mit der Norm DIN 1345 (Ausgabe Dezember 1993) das Kelvin empfohlen. Die DIN ergänzt dazu: „Nach dem Beschluss der 13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1967–1968) darf die Differenz zweier Celsius-Temperaturen auch in der Einheit Grad Celsius (°C) angegeben werden.“ Hier wird also der Einheitenname Grad Celsius als besonderer Name für das Kelvin benutzt.



Ergebnisse der Temperaturmessfahrten - 23:00 Uhr

Wie die Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes dokumentieren (siehe Abbildung 51), entwickelt sich im Untersuchungsgebiet nach Sonnenuntergang ein räumlich differenziertes Strömungsgeschehen, das sich auch auf die Verteilung der Lufttemperatur auswirkt.

Abbildung 52: Auf der Isothermenkarte von 23:00 Uhr (erste Nachthälfte) lassen sich deutlich die flächennutzungsspezifischen thermischen Unterschiede im Stadtgebiet von Mannheim erkennen. Die durchschnittliche Lufttemperatur im Gesamtstadtgebiet von Mannheim beträgt 21,7 °C. Die maximale Temperaturdifferenz beläuft sich auf 9,2 °C. Die tiefsten Werte (17,2 °C bzw. 17,4 °C) werden über den Wiesen und landwirtschaftlich genutzten Flächen südlich und östlich von Straßenheim sowie im Bereich der Niederterrasse des Sandtorfer Bruchs nördlich des Flugfeldes der Coleman Barracks und des Stadtteils Sandhofen gemessen.

Die im Gelände eingetieften ehemaligen Mäander des Neckars (Straßenheim) und des Rheins (Sandtorfer Bruchs) bilden kleinteilige bzw. flächige Kaltluftsammelgebiete. Im Sandtorfer Bruch wird dieser ausge dehnte Bereich der niedrigsten Temperaturen nach Osten durch den Niederterrassenrand begrenzt. Derartige Verhältnisse zeigen sich auch bei den Modellrechnungen zur flächenhaften Verteilung der nächtlichen Lufttemperatur.

Bei vorherrschenden schwachen östlichen bis nordöstlichen Winden neigen diese Freiräume, unterstützt durch die Muldenlagen, zu bodennahen Luftstagnationen, so dass sich örtliche Kaltluftseen ausbilden. Da während der Messfahrt der schwache Höhenwind im gesamten nördlichen Freiraum nur wenig in den bodennahen Raum eingreifen kann, zeigen sich im Gegensatz zur Isothermenkarte 2010 keine signifikanten Differenzierungen: Das Freiraumgefüge westlich der B 44 zeichnet sich durch ähnlich niedrige Lufttemperaturen (17,0 – 18,0 °C bzw. 16,0 – 17,0 °C im ehemaligen Rheinmäander) wie der östlich angrenzende Bereich aus. Muldenlageneffekte, wie z.B. nordwestlich der BAB-Anschlussstelle Mannheim-Sandhofen (Wörtharm, Große Weide, Im Grund; 17,3 °C) sowie Leewirkungen des Autobahndammes und des Gewerbegebiets (IKEA) nördlich der BAB-Anschlussstelle zeigen sich anhand verstärkter Stagnation (Ausbildung lokaler Kaltluftseen). Ein Beispiel hierfür ist auch der eingetiefte Sportplatz westlich der Bebauung Blumenau.

Rasche nächtliche Abkühlung (Lufttemperaturen zwischen 18,0 und 19,0 °C) zeigt sich auch zwischen dem Autobahndamm der A 6 und den Ortslagen Sandhofen und Schönau, flächig im Bereich des Käfertaler Waldes, im Freiraum zwischen der Gartenstadt und der Benjamin Franklin Village (17,0 – 18,0 °C), im Bereich des Grünzuges Nordost, im Freiraum zwischen Reißinsel/Waldpark und der Bebauung Almenhof/Neckarau (Gewanne Rottfeld und Aufeld), über den Riedwiesen südlich des Rheinauhafens sowie über den landwirtschaftlichen Flächen zwischen dem Maimarktgelände und dem Autobahndamm der A 6 bzw. östlich angrenzend zwischen der A 6 und der Wohnbebauung Seckenheim (Gewann Niederfeld). Hier führt der Autobahndamm bei schwacher Strömung zu Leeeffekten mit verstärkter Kaltluftstagnation im bodennahen Raum - insbesondere in Muldenlagen.

Die stärkste Überwärmung (>25,0 °C) stellt sich über der Mannheimer Innenstadt in einem von Tattersall/Kaiserring - Planken - Kurpfalzstraße - Paradeplatz - Marktplatz - Rathaus - Zentralinstitut - Luisenring/Jungbuschstraße umrissenen Gebiet ein. Hier werden Lufttemperaturen bis 25,4 °C registriert. Der Bereich mit Werten zwischen 24,0 und 25,0 °C greift über die Innenstadt hinaus und umfasst große Teile des Hafengebietes zwischen Neckar und Rhein, des Stadtteils Jungbusch und setzt sich östlich der Innenstadt über Teile der Oststadt (Nationaltheater – Rosengarten) und die Schwetzingenstadt bis zum Lindenhof fort. Ähnlich hohe Überwärmungen werden inselhaft auch im Bereich der Industrie- und Gewerbeflächen John-Deere-Werke/Hochschule/Feuerwache-Mitte, im Zentrum von Neckarau bis zum Großkraftwerk sowie nördlich des Neckars in einem Bereich von Neckarstadt-West bis Neckarstadt-Ost, über den Industrieflächen östlich und westlich des Industriehafens sowie Luzenberg/Waldhof gemessen.

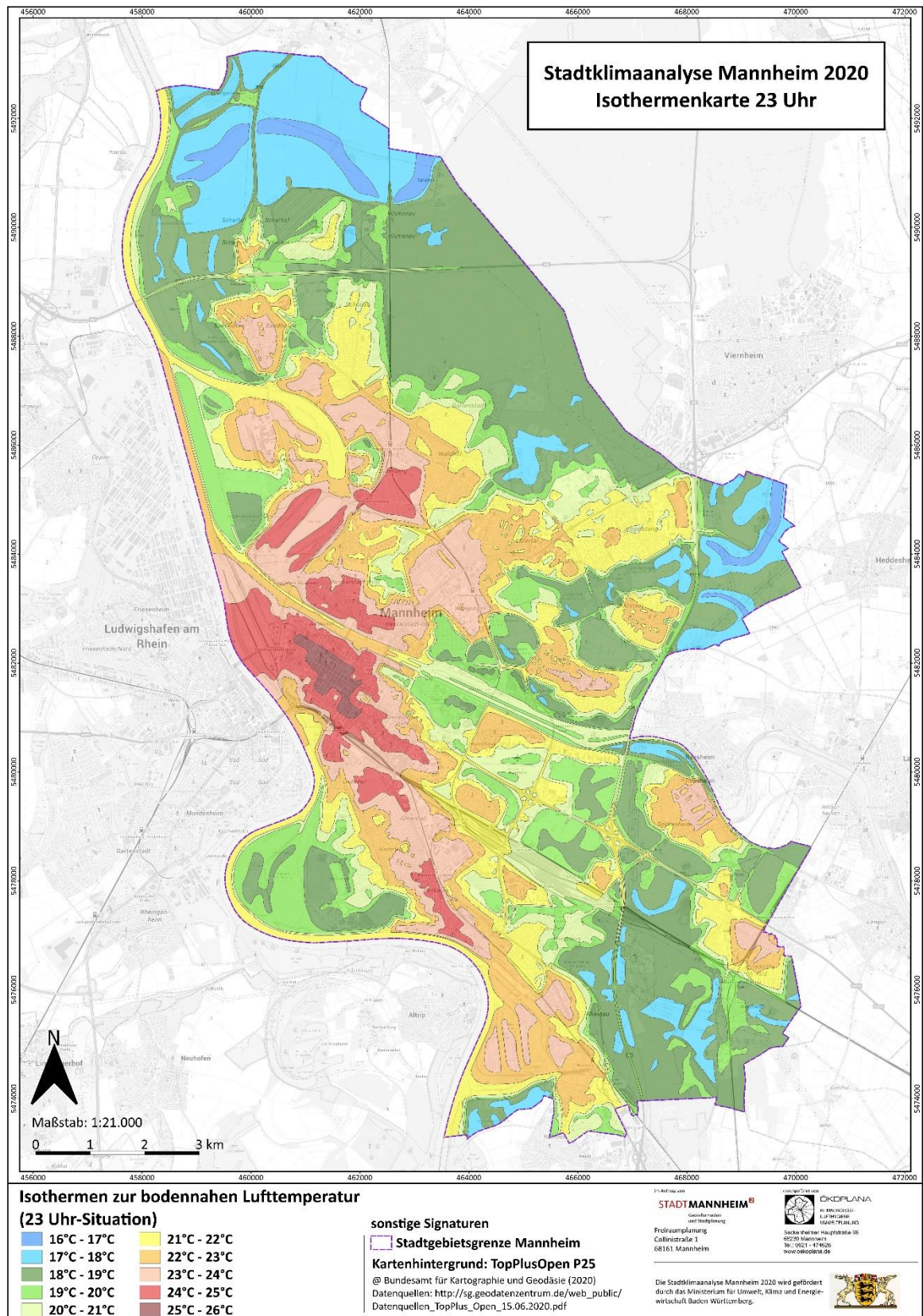


Abbildung 52: Isothermenkarte vom 22.07.2019 um 23 Uhr.



Ergebnisse der Temperaturmessfahrten - 05:00 Uhr

Die Abbildung 53 stellt die flächenhafte thermische Situation in Mannheim kurz vor Sonnenaufgang gegen 05:00 Uhr dar.

In der zweiten Nachthälfte herrschen weiterhin überwiegend schwache Luftbewegungen vor. Analog dem typischen regionalen Geschehen in Strahlungsnächten stellen sich im nördlichen und zentralen Stadtraum nach Mitternacht zunehmend nördliche bis nordwestliche Strömungsrichtungen ein. Im südlichen und südöstlichen Stadtraum dominieren hingegen östliche bis südöstliche Windrichtungen. Zum Zeitpunkt der zweiten Messfahrt um 05:00 Uhr liegen die mittleren Windgeschwindigkeiten an den Messstationen zwischen ca. 0,5 und 1,0 m/s (Abbildung 51). Der im Vergleich zur ersten Nachthälfte etwas verminderte Temperaturrückgang ist charakteristisch für ruhige Strahlungsnächte. Die Minimalwerte werden gegen Sonnenaufgang (ca. 05:45 Uhr) erreicht.

Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen kühlfsten und wärmsten Bereichen liegen um 05.00 Uhr bei ca. 7,0 °C.

Die niedrigsten Temperaturen werden im Grünzug Nordwest im Bereich der Niederterrasse des Sandtorfer Bruchs nördlich Blumenau, des Flugfeldes der Coleman-Barracks bzw. nordwestlich und westlich von Scharhof sowie im Grünzug Nordost in den Mulden der früheren Neckarmäander bei Straßenheim mit Werten bis 14,3 °C gemessen. Bei der gegebenen windschwachen Situation neigt die über den landwirtschaftlich genutzten Flächen bodennah entstehende Kaltluft vor allem in leichten Senken zu Stagnation, was intensive Abkühlung bewirkt.

Ähnlich niedrige Werte mit etwas über 14,5 °C weisen zudem der Freiraum zwischen Gartenstadt und Franklin, im Grünzug Nordost die Muldenbereiche zwischen Vogelstang und Wallstadt bzw. in der Feudenheimer Au auf. Bei Seckenheim zeigen das Gewann Waidstücke im Neckarvorland und eng begrenzte Areale östlich des Damms der A 6 vergleichsweise niedrige Lufttemperaturen. Intensive Abkühlung ist zudem in den Bereichen westlich der Pferderennbahn Seckenheim, zwischen Friedrichsfeld und Rheinau im Unteren Dossenwald (Brunnenfeld, Brunnstücker) sowie im Gewann „Im Eichwald“ zu bestimmen. Im Süden von Mannheim bilden sich die Freiflächen über den Riedwiesen als kühle Inseln ab.

Die Zone niedriger Lufttemperaturen unter 17,0 °C deckt flächig die Freiland- und Waldbereiche außerhalb der Bebauungsstrukturen ab und erstreckt sich über den Grünzügen inselhaft aufgelöst teilweise bis in Richtung Innenstadt. So werden im Grünzug Nordost zwischen den Stadtteilen Im Rott/Vogelstang, Wallstadt und Feudenheim, in der Feudenheimer Au und in den Garten- und Sportanlagen Sellweiden sowie im Bereich Pfeifferswörth Werte zwischen 16 und 17 °C gemessen.

Im Bereich des Grünzuges Nord reicht eine kühle Zone geschlossen vom Käfertaler Wald bis zur Waldstraße. Südwestlich der Waldstraße werden Lufttemperaturen unter 17,0 °C noch in kleineren Bereichen der hier schmalen Ventilationsachse zwischen Speckwegsiedlung und Käfertal verzeichnet. Mit etwas höheren Temperaturen zwischen 17 und 18 °C setzt sich der Grünzug jedoch im Wesentlichen bis zum Herzogenriedpark fort.

Im Grünzug Nordwest erstreckt sich der kühle Bereich westlich von Sandhofen bis zum Altrhein und lässt sich, unterbrochen von der Wirkung der warmen Wasserflächen der Flusszone, mit Temperaturen zwischen 16,7 und 18,0 °C bis zum Gewann Hemshofer Weid im Bereich Hafenschleuse/Neckarspitze verfolgen. Im Freilandbereich zwischen Sandhofen und Schönau werden Werte unter 17,0 °C im nördlichen Bereich vor allem im Lee des Autobahndammes der A6 registriert.



Größere zusammenhängende Gebiete niedriger Lufttemperaturen unter 17,0 °C – teilweise auch inselhaft aufgelöst – sind auf der Isothermenkarte von 05:00 Uhr auch im südöstlichen Stadtgebiet zu erkennen. Sie reichen im Bereich westlich Seckenheim und Hochstätt in den Gewannen Niederfeld, Kloppenheimer Feld und Hermsheimer Bösfeld nach Westen bis zum Gelände des Maimarktes bzw. der SAP-Arena, während sich im Osten und Südosten zwischen Seckenheim, Suebenheim, Friedrichsfeld und Rheinau die kühle Zone mit Werten unter 17,0 °C weitflächig erstreckt. Gleiches gilt auch für den Freilandbereich westlich Neckarau/Niederfeld und Almenhof. Hier überdeckt der Temperaturbereich zwischen etwa 16,3 und 17,0 °C sowohl die Waldflächen der Reißinsel wie auch die Grünzonen der Gewanne Dohllache, Rottfeld und Aufeld flächendeckend. Erst im Nahbereich des Rheins steigen die Temperaturen als Folge des warmen Flusswassers (über 25 °C Wassertemperatur) deutlich an.

Wo die randlichen Stadtteile durch Freizonen/Grünzüge gegliedert werden, ist innerhalb der Bebauung eine intensive Abkühlung festzustellen, die im Wesentlichen auf den kleinräumigen Luftaustausch Freizone - Bebauung zurückzuführen ist.

Erwartungsgemäß hoch liegen die nächtlichen Temperaturen im Stadtzentrum von Mannheim. Die Quadrate heben sich zusammen mit dem Jungbusch, Teilen des Hafens, der Oststadt und der Schwetzingenstadt sowie nördlich des Neckars der Kernbereich der Neckarstadt als deutlich erkennbare „Wärmeinseln“ vom übrigen Stadtgebiet ab. Gegen 05:00 Uhr werden hier noch Lufttemperaturen über 22,0 °C gemessen. Die Maxima liegen mit bis 22,4 °C in einer Zone, die sich vom Swanseaplatz über Marktplatz und Paradeplatz bis zu den Planken im Bereich der Quadrate O6/P6 erstreckt. Hier macht sich das große Wärmespeichervermögen der festen Materialien, die in Straßenzügen durch die Horizontüberhöhung der angrenzenden Bebauung reduzierte Ausstrahlung sowie der fehlende direkte räumliche Bezug zu größeren, klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen bemerkbar.

Die Isothermenkarten zeigen zusammenfassend, dass sich in der zweiten Nachthälfte in weiten Bereichen eine mit der ersten Nachthälfte vergleichbare Temperaturverteilung einstellt. Die bebauungsspezifischen Differenzierungen bzw. die thermischen Gegensätze zwischen Bebauung und Freiraum sind, bedingt durch die landnutzungsspezifisch individuellen Temperaturverläufe, teilweise etwas weniger deutlich ausgeprägt. So kühlen sich Freilandstrukturen während autochthoner Strahlungswetterlagen nachts zunächst sehr schnell ab. Vor allem in feuchter Luft flacht sich der Temperaturrückgang in der zweiten Nachthälfte als Folge freiwerdender Kondensationswärme ab, während dieser Effekt über Bebauungsstrukturen weniger zum Tragen kommt. Unterstützt durch Ventilationsprozesse können sich dann die thermischen Gegensätze zwischen Bebauung und Freiland teilweise auch etwas angleichen.

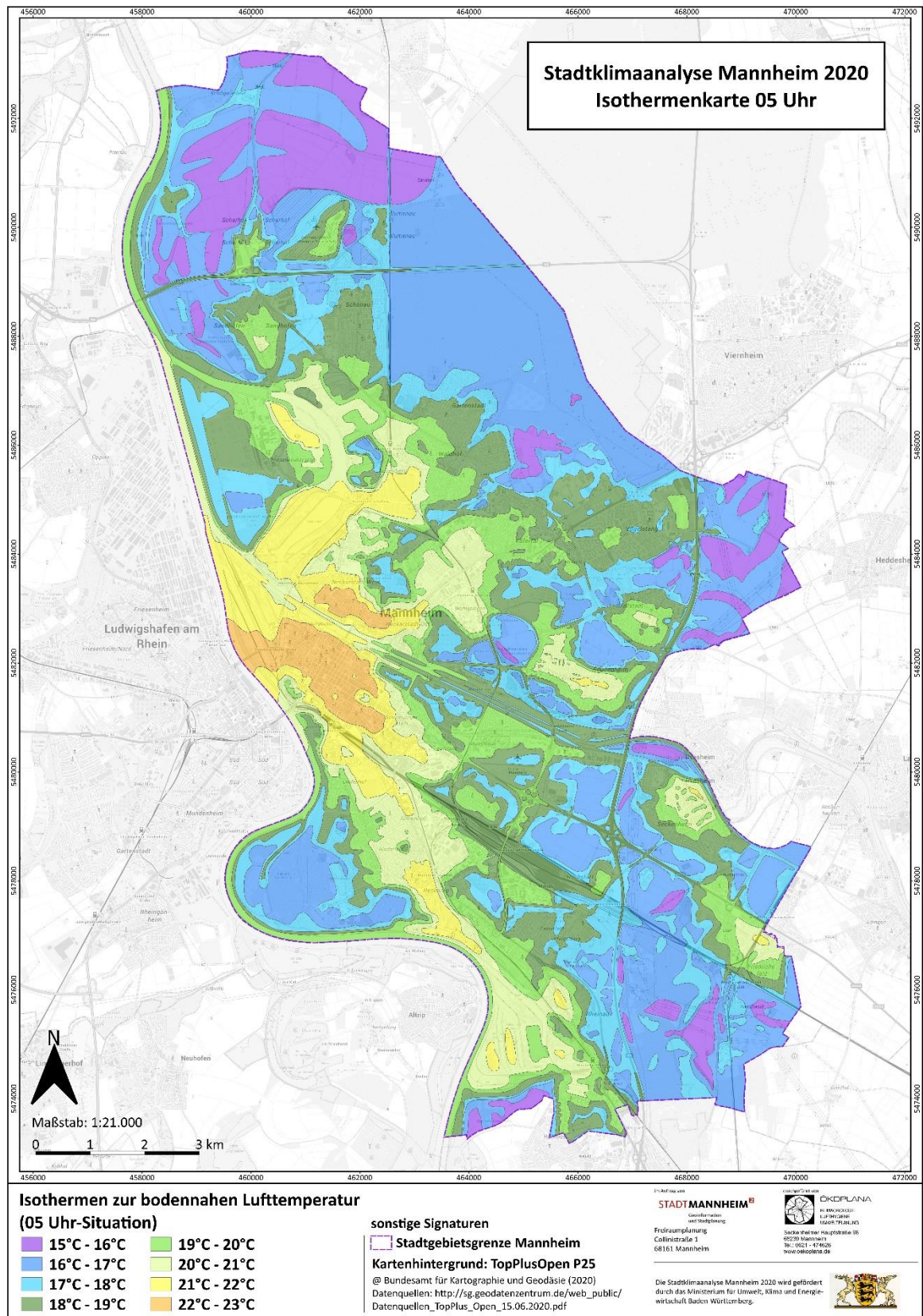


Abbildung 53: Isothermenkarte vom 23.07.2019 um 05 Uhr.



5.2.4.3 DIFFERENZENDARSTELLUNG DER LUFTTEMPERATURVERTEILUNG NACH MESSFAHRTEN VON 2009 UND 2019

Die in Abbildung 54 und Abbildung 55 dargestellten Differenzen der Lufttemperaturen stellen den Versuch dar, kleinräumige spezifische Entwicklungen des Temperaturfeldes des vergangenen Jahrzehnts im Stadtgebiet von Mannheim kenntlich zu machen. Zu diesem Zweck wurden die Isothermenkarten aus den Jahren 2009 und 2019 der ersten und zweiten Nachthälfte in digitale georeferenzierte Raster mit 10 m Kantenlänge übertragen und die jeweiligen Isothermen auf Temperatur-Nullpunkte referenziert. Als Null-Referenz wurden die Isothermenflächen mit den jeweils höchsten Temperaturwerten definiert. Die Innenstadtbereiche mit den höchsten Temperaturen bilden somit die Bezugsbasis für die Differenzendarstellung, d.h. für die Subtraktion der Temperaturaufnahmen 2019 von 2009.

Die Temperaturdifferenzen reichen von -4 °C bis + 3 °C. In Bereichen mit negativen Differenzwerten ist es, mit Bezug auf das Zentrum der Mannheimer Wärmeinsel, 2019 relativ kühler als bei der Aufnahme 2009 bzw. hinsichtlich der positiven Differenzenwerte wärmer als 2009.

Bei Interpretation der Differenzendarstellung, d.h. im Hinblick auf die Frage, ob bestimmte Bereiche und Strukturen aufgrund baulicher Veränderungen positiven oder negativen stadtklimatischen Effekten unterworfen sind, sollten folgende Einschränkungen und Hinweise berücksichtigt werden:

- Die Berechnungsbasis, d.h. die Isothermenkarten sind flächig interpolierte Umsetzungen der Profilmessfahrten auf definierte Zeitpunkte und erheben nicht den Anspruch auf absolute Ortschärfe. Da die Isothermenflächen darüber hinaus in Matrizes mit 1.0 °C-Abständen transformiert wurden, folgt bei den abgeleiteten Temperaturdifferenzen wiederum eine zusätzliche relative Unschärfe.
- Die beiden Temperaturaufnahmen 2009 und 2019 wurden zwar während autochthoner Strahlungswetterlagen durchgeführt, in Bezug zur Tages- und Nachtlänge im solaren Jahresgang jedoch nicht zum relativ gleichen Zeitpunkt (22. Juli bzw. 01. September). Eine absolute Vergleichbarkeit ist hierdurch nicht gegeben.
- Weiterhin zeigen Strahlungswetterlagen im nächtlichen Temperatur- und Ventilationsgeschehen zwar immer wieder typische bzw. ähnliche Muster, die jedoch wiederum von zahlreichen weiteren Faktoren variiert werden. So beeinflussen Lage und Achsausrichtung der zugrunde liegenden Hochdruckgebiete und die Intensität und Ausprägung des bodennahen Strömungsgeschehens bzw. variieren deren Ausgestaltung. Weiterhin wird das nächtliche Temperaturgeschehen von der latenten Wärme der zugeführten Luftmasse sowie deren Feuchtegehalt beeinflusst.
- In trocken warmen Luftmassen stellen sich regelmäßig deutlich größere Temperaturamplituden zwischen Nachmittag und dem frühen Morgen ein, als beispielsweise in schwülheißen Luftmassen. Entscheidend ist hier nicht Hitzegrad.
- Absolut identische ungestörte Strahlungswetterlagen als Vergleichsbasis für die in großen zeitlichen Abständen durchgeführten städtische Temperaturaufnahmen lassen sich praktisch auch aufgrund des typischerweise wechselhaften mitteleuropäischen Sommerwitterungscharakters nicht finden. Dies gilt auch für die Isothermenkarten aus den Jahren 2009 und 2019. So kamen bei der Situation 2009 im Laufe der Nacht wetterlagenbedingt zunehmende Störeinflüsse zur Geltung, die bei der Erstellung der Isothermenkarte nicht vollständig kompensiert werden konnten.



Auf Basis der vorgenannten Einschränkungen zeigen die Differenzendarstellungen der Lufttemperaturverteilung beispielhaft anhand der Abbildung 54 (23:00 Uhr) folgende Besonderheiten:

- Ortsschärfe: Relative scheinbare Verschiebungen der Lage der Isothermen in Ortsrandbereichen (Sandhofen westlich Untergasse und Obergasse, Industriehafen nordwestlich der Friesenheimer Straße, Unterer Luisenpark entlang Renzstraße und Kolpingstraße. Unschärfe der Isothermenlage/-ausdehnung vor allem am Übergang der Bebauungen Waldhof-Gartenstadt zum Käfertaler Wald.
- Ventilationsunterschiede: Ventilationsbedingte thermische Unterschiede im Raum Niederfeld/Maimarkt/Kloppenheimerfeld/Hochstätt, Teilen des Rheinauer Hafens und des Wohngebietes Rheinauer See, im Bereich der Gewerbeflächen zwischen den Wohnbebauungen Waldhof-Gartenstadt und Schönau sowie im Bereich des Flugplatzes Sandhofen.
- Bebauungseffekte: Ausdehnung bzw. Erweiterung der Wärmeinseln durch bauliche Arrondierung z.B. am Nordwestrand von Sandhofen oder im Bereich Neckarstadt Nordost (zwischen Ulmenweg und An der Radrennbahn). Abkühlung durch beginnende Entsiegelung im Bereich der Konversionsflächen Spinelli bzw. temporäre Entsiegelung während baulicher Umwidmung im zukünftigen Stadtteil Franklin.
- Überlappende / überkompensierende Effekte: Am Beispiel des Gewerbegebietes Vogelstang/Taylor zeigen sich trotz baulicher Verdichtung 2019 überwiegend niedrigere Temperaturen. Als Folge unterschiedlicher lokaler Ventilationssituationen wird der potenziell stärkere Wärmeinseleffekt überkompensiert.

Die Differenzendarstellungen der Lufttemperaturverteilung sind aufgrund der vorgenannten Einschränkungen nicht hinreichend dazu geeignet ortsscharfe stadtklimatologische Veränderungsprozesse als Folge baulicher Entwicklungen zu bestimmen.

Zukünftig kann hierzu auf die Ergebnisse der Modellrechnungen zurückgegriffen werden, denen als Basis für das Lokalklimageschehen vergleichbare Wetterlagen zu Grunde gelegt werden können.

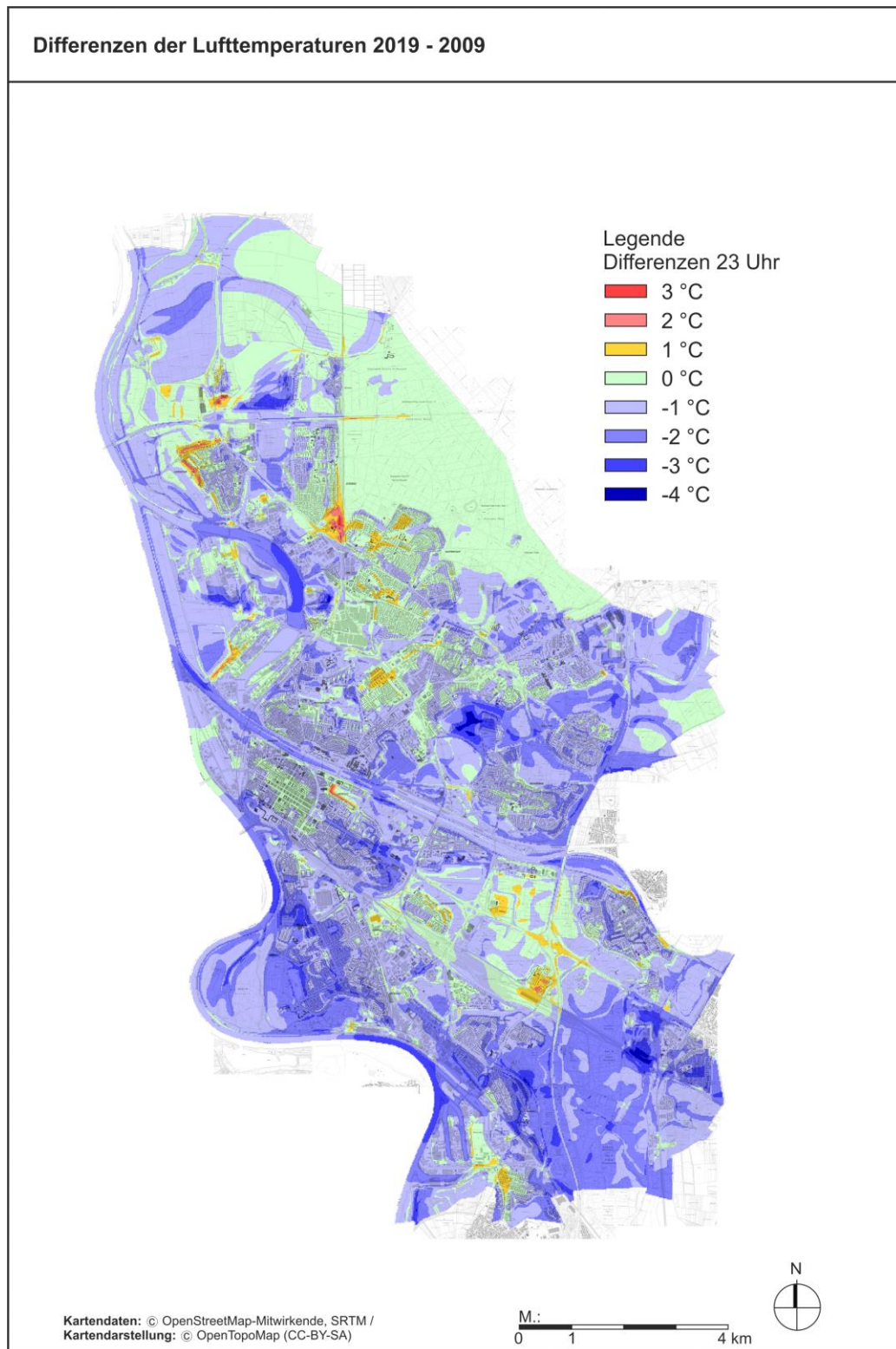


Abbildung 54: Differenzen der Lufttemperaturen um 23 Uhr aus Basis der Isothermenkarten 2019 und 2009.

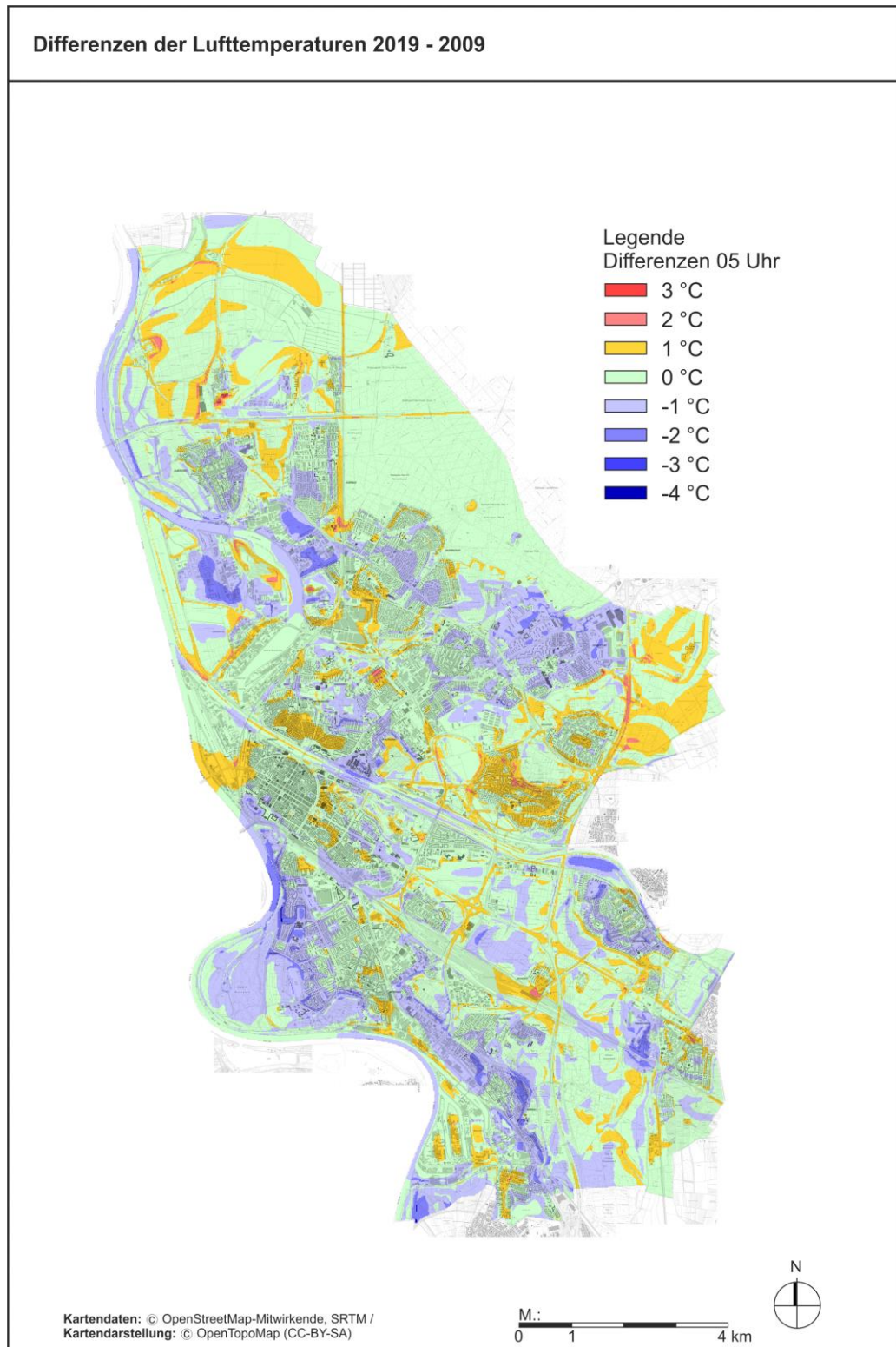


Abbildung 55: Differenzen der Lufttemperaturen um 05 Uhr aus Basis der Isothermenkarten 2019 und 2009.



5.2.4.4 HINWEISE ZUR BEWERTUNG DER ERGEBNISSE DER NÄCHTLICHEN TEMPERATURFELDER AUS DEN MESSKAMPAGNEN (ISOTHERMENKARTEN) UND DER NUMERISCHEN MODELLRECHNUNGEN

Die in den Isothermenkarten (Messfahrten 22./23.07.2019) und den rasterbasierten Karten (numerische Ist-Zustand-Modellrechnungen) dargestellten nächtlichen Temperaturfelder zeigen grundsätzlich übereinstimmende nutzungsspezifische Muster bzw. in gleicher Größenordnung den Wärmeinseleffekt. Die im Detail erkennbaren Unterschiede stellen keinen Widerspruch dar, sondern sind vielmehr systembedingt. Während die numerische Modellrechnung auf einem atmosphärischen Idealzustand abzielt, d.h. eine ungestörte Strahlungswetterlage ohne großwetterlagenspezifische und meso-/makroklimatische Einflüsse simuliert, zeigt die Isothermenkarte die Situation anhand der gegebenen realen Strahlungswetersituation während der Messkampagne. Deren Wirkungsgeschehen wird durch die bereits in Kap. 5.2.4.3 (Differenzendarstellung der Lufttemperaturverteilung nach Messfahrten von 2009 und 2019) dargelegten Einflüsse mitbestimmt. So wird der erweiterte Analyserraum u.a. typischerweise von nächtlichen Regionalwindsystemen beeinflusst, welche Modellrechnungen systembedingt nur in stark eingeschränktem Maße berücksichtigen können. Dies kann bewirken, dass in Modellrechnungen Flurwindeffekte als Folge der thermischen Interaktionen zwischen Überbauungen und Freiflächen in etwas stärkerem Maß hervorgehoben werden, während sie in gemessenen Situationen in mehr oder weniger starkem Maß vom Regionalwindgeschehen überdeckt werden. Besonders augenfällig zeigt sich dies beispielsweise bei den Temperaturwerten über den Wasserflächen von Rhein und Neckar sowie den einzelnen Baggerseen, die, bedingt durch die hohen Wassertemperaturen der Eingangsdaten, im Vergleich zur Situation der Messkampagne überproportional warm berechnet werden.

Ein weiterer Unterschied zwischen Isothermenkarten und numerischen Modellrechnungen resultiert aus deren unterschiedlichen Grundlagen. Während die Modellrechnungen gerasterte Berechnungen auf Basis der digitalen Eingangsdaten darstellen, bilden die Isothermenkarten in analoger Form eine Kombination aus interpretativ-räumlicher Umsetzung der Profilmessfahrten mit langjährig detaillierter Kenntnis des örtlichen stadtklimatischen Geschehens.

Trotz der systembedingten Unterschiede und resultierenden ungleichen Detailschärfen zeigen die Modellrechnungen und die Isothermenkarten die gleichen Verteilungen der Wärmeinseln und die gleichen Temperaturgefälle zwischen Stadtkern und Freiland. So weisen jeweils die Innenstadt sowie die Neckarstadt gefolgt von den großen Industrieflächen (insbesondere die Hafenbereichen) die höchsten Temperaturen auf, während insbesondere die Muldenbereiche über den weitläufigen Freiflächen im Norden, Osten und Süden am kühlsen sind. Vergleichbar werden die kühlen Grünzüge inklusive der citynahen Parkflächen (Herzogenriedpark, Luisenpark) abgebildet. Parallel illustrieren die gerasterten Modellrechnungen in noch detaillierterer Schärfe die Wirkungen innerörtlicher Grünflächen bei sehr schwachem bodenahem Ventilationsgeschehen, d.h. bei stark reduzierten kleinräumigen Ausgleichswirkungen. Hier zeigen die Profilmessfahrten u.U. geringere Differenzierungen bei gegebener Strahlungswetersituation. Ein Beispiel stellen die Quadrate der Innenstadt mit dem Schlosspark und dem Friedrichspark dar. Während der Messfahrten wurde nur über den größeren innerstädtischen Grünanlagen (Wasserturm/Friedrichsplatz, Lameygarten, Lauersche Gärten, Schillerplatz) eine merkliche Abkühlung mit vergleichsweise geringer Wirkungsreichweite in die unmittelbar angrenzende Bebauung bei sonst überwiegend homogenem Temperaturfeld erfasst. Die Modellrechnungen zeigen demgegenüber ein differenzierteres Bild, welches auch als mögliches positives Wirkungspotential bei idealer Witterungssituation interpretiert werden kann. Gleichzeitig wird der Bereich Friedrichspark/Schlosspark als vergleichsweise kühl berechnet, was in Bezug auf die Ausdehnung der Grünflächen plausibel nachvollziehbar ist. Während der Messkampagne wurde dieser Effekt jedoch offenbar vom hohen Wärmepotential der ausgedehnten innerstädtischen Hitzeinseln



von Mannheim und Ludwigshafen teilweise kompensiert, so dass in diesem Bereich etwas höhere Temperaturen als im Vergleich zu den Modellrechnungen gemessen wurden.

Aus der Zusammenschau von modellbasierter und gemessener Lufttemperaturverteilung ergibt sich somit ein sehr detailliertes, realistisches Bild von den thermischen Umgebungsbedingungen im Mannheimer Stadtgebiet.



6. Planungshinweise

6.1 BEWERTUNGSMETHODEN

Im Unterschied zur Klimaanalysekarte wurde bei der Planungshinweiskarte (PHK) die Nacht- und die Tagsituation berücksichtigt. Zudem kommt es im Fall der Planungshinweiskarte zu einer kombinierten Bewertung des Ist-Zustandes und des Zukunfts-Szenarios, sodass als Ergebnis ein einzelnes Produkt entsteht. Die Bewertung der bioklimatischen Belastung im Siedlungsraum (Wirkungsraum) sowie der Bedeutung von Grünflächen als Ausgleichsraum erfolgte in Anlehnung an die VDI-Richtlinien 3785, Blatt 1 bzw. 3787, Blatt 1 (VDI 2008a, VDI 2014). Ausgehend von ihren Bewertungen wurden den Flächen allgemeine Planungshinweise zugeschrieben. Die Bewertungen beruhen auf den klimaökologischen Funktionen ohne die Belange weiterer Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. die Planungshinweiskarte stellt das aus klimafachlicher Sicht gewonnene Abwägungsmaterial dar.

6.1.1 STANDARDISIERUNG DER PARAMETER (Z-TRANSFORMATION)

Die Modellergebnisse und Klimaanalysekarte bilden das Prozessgeschehen in Form absoluter Werte ab – diese gelten jedoch nur für den Zustand einer autochthonen Sommerwetterlage. Die Bewertung in den Planungshinweiskarten fußt dagegen auf relativen Unterschieden der meteorologischen Parameter zwischen den Flächen, um losgelöst von einer bestimmten Wetterlage die Belastungen beschreiben und Planungshinweise ableiten zu können.

Für die Bewertung meteorologischer Größen bedarf es eines begründeten, nachvollziehbaren Maßstabes. Nicht immer ist ersichtlich, aufgrund welcher Kriterien eine Klassifizierung in Kategorien wie beispielsweise Hoch und Niedrig oder Günstig und Ungünstig erfolgt. In der VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 wird daher vorgeschlagen, einer Beurteilung das lokale bzw. regionale Wertenniveau der Klimaanalyse zugrunde zu legen und die Abweichung eines Klimaparameters von den mittleren Verhältnissen im Untersuchungsraum als Bewertungsmaßstab heranzuziehen (VDI 2008a).

Erstrebenswert wäre es zudem, die Beurteilungskriterien sowohl mit der Ausprägung zusätzlich modellierter Variablen als auch mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleichen zu können. Um eine solche Vergleichbarkeit herzustellen, wurden die Parameter über eine z-Transformation standardisiert. Rechnerisch bedeutet dies, dass von jedem Ausgangswert der Variablen das arithmetische Gebietsmittel abgezogen und durch die Standardabweichung aller Werte geteilt wird. Hieraus ergeben sich Bewertungskategorien, deren Abgrenzung durch den Mittelwert ($= 0$) und positive sowie negative Standardabweichungen (S_i) von diesem Mittelwert festgelegt sind (standardmäßig vier Bewertungskategorien durch Mittelwert, obere und untere S_1 -Schranke; Abbildung 56).

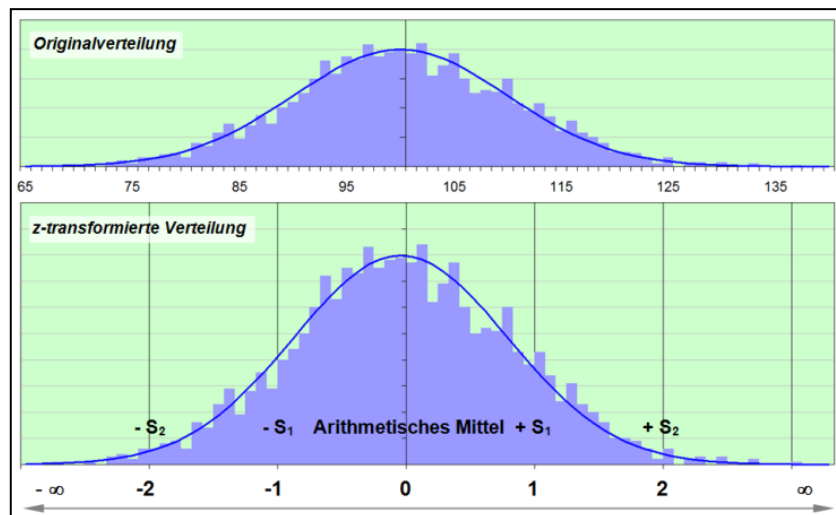


Abbildung 56: z-Transformation zur Standardisierung der vergleichenden Bewertung von Parametern

6.1.2 BEWERTUNG VON SIEDLUNGS- UND VERKEHRSFLÄCHEN (WIRKUNGSRAUM)

Der Siedlungsraum und die Verkehrswege stellen den primären Wirkungsraum des stadtklimatischen Prozessgeschehens dar. Im Folgenden wird die Herleitung der bioklimatischen Belastungssituation geschildert. Innerhalb des Siedlungsraumes wurde dabei zusätzlich zwischen bewohntem und unbewohnten Siedlungsraum unterschieden. Die Unterscheidung erfolgte anhand einer kombinierten Betrachtung der ALKIS-Flächennutzung und Stadtstrukturtypenkartierung sowie eines Luftbildabgleichs. Da eine Trennung nicht immer eindeutig möglich war, wurde im Zweifel die Klasse „bewohnter Siedlungsraum“ gewählt.

Bewertung der Nachtsituation

In der Nacht ist weniger der Aufenthalt im Freien Bewertungsgegenstand, sondern vielmehr die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum. Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 weist darauf hin, dass die „Lufttemperatur der Außenluft die entscheidende Größe“ für die Bewertung der Nachtsituation darstellt und näherungsweise ein direkter Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumluft unterstellt werden kann (VDI 2008b). Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16-18 °C angegeben (UBA 2016), entsprechend definiert das Climate Service Center Germany seinen „Schlecht-Schlaf-Index“ als Nächte, in denen die Temperatur 18 °C nicht unterschreitet (GERICS 2019). Als besonders belastend gelten Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C - eine mit der PET vergleichbare Bewertungsskala existiert für die nächtliche Situation im Innenraum jedoch (noch) nicht.

Hinsichtlich der kombinierten Bewertung des Ist-Zustandes und des Zukunfts-Szenarios 2050 wurde für jeden Klimaparameter der Mittelwert aus beiden Modellszenarien gebildet, wodurch für jeden modellierten Parameter drei Werte vorliegen (Ist-Zustand, Zukunfts-Szenario und kombiniert). Die Basis der Bewertung bildet dabei jeweils der kombinierte Wert, für welchen auch jeweils die z-Transformation durchgeführt wird. Die Einordnung der beispielweise thermischen Belastung in der Nacht erfolgt dann für alle drei Werte anhand derselben Skala, wodurch Entwicklungen zwischen Ist- und Zukunfts-Szenario besser ersichtlich werden. Diese Entwicklungen werden zwar so in der PHK nicht komplett dargestellt, fließen aber teilweise in die Bewertung mit ein oder werden im Einzelfall als Zusatzinformation in der Karte dargestellt (z.B. Signatur für Flächen mit besonders negativer Entwicklung durch den Klimawandel).



Tabelle 10: Einordnung der nächtlichen thermischen Belastung im Siedlungs- und Verkehrsraum mittels z-Transformation

Mittlerer z-Wert	Qualitative Einordnung	Lufttemperatur [°C] – Siedlungsflächen *	Lufttemperatur [°C] – Verkehrswege und Plätze **
< -1	1 = sehr günstig	bis 18,4	bis 17,99
-1 bis 0	2 = günstig	> 18,4 bis 18,55	> 17,99 bis 18,89
> 0 bis 1	3 = ungünstig	> 18,55 bis 19,65	> 18,89 bis 19,79
> 1	4 = sehr ungünstig	> 19,65	> 19,79

* Mittelwert = 18,55 °C; Standardabweichung = 1,1 °C | ** Mittelwert = 18,89 °C; Standardabweichung = 0,9 °C

Für die PHK erfolgte die räumliche Bewertung anhand der nächtlichen Überwärmung (Wärmeinseleffekt). Abweichend zur Klimaanalysekarte liegt der Bewertung eine z-Transformation zugrunde, um die relativen Unterschiede im Stadtgebiet zu erfassen. Dabei wurde die bioklimatische Belastung der Siedlungs- und Verkehrsflächen zur besseren Differenzierung in vier Klassen von sehr günstig bis sehr ungünstig eingeteilt (Tabelle 10). Ähnlich wie bei Gewerbegebieten steht der Verkehrsraum in der nächtlichen Betrachtung weniger im Vordergrund, doch geben aufgeheizte Plätze und Straßen nachts ihre Wärme an die Umgebung ab und beeinflussen damit ebenfalls die Situation in der umliegenden Bebauung.

Bewertung der Tagsituation

Zur Bewertung der Tagsituation wurde der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (vgl. Kap. 5.1.2). Die Bewertung der thermischen Belastung in den Siedlungs- und Verkehrsflächen im Stadtgebiet Mannheims wurde anders als in der Nachtsituation nicht auf der Basis der z-transformierten Werte vorgenommen, sondern gemäß der in Tabelle 5 aufgeführten Belastungsstufen. Dies war im Fall von Mannheim gut umsetzbar, da sich das Wertespektrum ziemlich gleichmäßig auf die vier Klassen aufteilt (Tabelle 11). Die bioklimatische Bewertung am Tage ist ein Maß für die Aufenthaltsqualität außerhalb von Gebäuden. Dieses übt einen gewissen Einfluss auf die Situation innerhalb der Gebäude aus, doch hängt das Innenraumklima von vielen weiteren Faktoren ab und kann hier nicht bestimmt werden.

Tabelle 11: Einordnung der Wärmelastung am Tage im Siedlungs- und Verkehrsraum gemäß VDI 2004

Qualitative Einordnung	PET [°C] – Siedlungsflächen	PET [°C] – Verkehrswege und Plätze
1 = bis mäßige Wärmelastung	bis 35	bis 35
2 = starke Wärmelastung	> 35 bis 38	> 35 bis 38
3 = sehr starke Wärmelastung	> 38 bis 41	> 38 bis 41
4 = extreme Wärmelastung	> 41	> 41

Kombination der Bewertung von Tag- und Nachtsituation

Für die PHK fließen bei Siedlungsflächen die Tag- und die Nachtsituation gemeinsam in die Bewertung ein. Dabei überwiegt beim bewohnten Siedlungsraum die Bewertung der Nachtsituation, da hier der Schlafkomfort im Mittelpunkt steht. Im unbewohnten Siedlungsraum (z.B. Gewerbeflächen) halten sich Menschen nachts dagegen deutlich seltener auf, weshalb hier die Tagsituation primär für die Bewertung herangezogen wird (Arbeitszeit). Bei den Verkehrswegen und Plätzen wurde hinsichtlich der Bewertung nur die Tagsituation betrachtet, da diese in der Nacht weder ein Arbeits- noch ein Schlafumfeld darstellen.



Tagsüber werden die Verkehrswege und Plätze dagegen in der Regel deutlich häufiger genutzt (z.B. Arbeitsweg, Einkaufsweg, usw.). Nach welchem Muster die Bewertung der beiden Siedlungstypen im Detail geschehen ist, ist der jeweiligen Bewertungsmatrix zu entnehmen (Abbildung 57).

		Wärmebelastung Nacht (04:00 Uhr)				
		niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch (IST-Zustand)
Wärmebelastung Tag (14:00 Uhr)	schwach bis mäßig	1	2	3	4	5
	stark	1	2	3	4	5
	sehr stark	1*	2*	3*	4	5
	extrem stark	2	3	4	4	5
	extrem stark (IST-Zustand)	2	3	4	5	5

* nächst höhere Belastungsstufe bei schlechter Durchlüftung

		Wärmebelastung Nacht (04:00 Uhr)				
		niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch (IST-Zustand)
Wärmebelastung Tag (14:00 Uhr)	schwach bis mäßig	1	1	2	3	3
	stark	2	2	3	3	4
	sehr stark	3	3	3	4	4
	extrem stark	4	4	4	4	5
	extrem stark (IST-Zustand)	5	5	5	5	5

Abbildung 57: Schema zur Bewertung der bewohnten und unbewohnten Siedlungsräume in Mannheim.

Verwendet wurde eine insgesamt 5-stufige Bewertungsskala, wobei sich die Belastungsstufen (BS) 1 bis 4 an den 4 Bewertungsklassen von Tabelle 10 und Tabelle 11 orientieren. Die zusätzliche Belastungsstufe 5 wurde eingeführt um innerhalb der höchsten Belastungsstufe eine weitere Differenzierung zu erreichen. So erhalten nur die Flächen die Belastungsstufe 5, die bereits im Ist-Zustand eine mindestens hohe Belastungsstufe (BS 3 oder 4) aufweisen.

Da im bewohnten Siedlungsraum die nächtliche Durchlüftung einen besonders hohen Stellenwert besitzt, wurden im Grenzbereich zweier Belastungsstufen (außer Grenzbereich BS 4 zu 5) die Flächen um eine BS erhöht, die eine besonders schlechte Kaltluftsituation aufwiesen. Dieses Kriterium ist erfüllt, wenn eine bodennahe Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s sowie der siedlungsraumbezogene Mittelwert von Kaltluftvolumenstrom und Kaltluftproduktionsrate unterschritten werden. Diese weitere Unterscheidung wurde vollzogen, da die betroffenen Flächen besonders anfällig gegenüber einer durch den Klimawandel steigenden Wärmebelastung sind.



6.1.3 BEWERTUNG VON GRÜN- UND FREIFLÄCHEN (AUSGLEICHSPAUM)

In den Planungshinweiskarten steht die stadtklimatische Bedeutung von Grünflächen sowie deren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen im Mittelpunkt. Zur Bewertung der klimaökologischen Charakteristika bedarf es im Hinblick auf planerische Belange einer Analyse der vorhandenen Wirkungsraum-Ausgleichsraum-Systeme im Stadtgebiet. Der während einer autochthonen Sommernacht über Grünflächen entstehenden Kaltluft wird nur dann eine planerische Relevanz zugesprochen, wenn sie in Zusammenhang mit Siedlungsräumen steht, die von ihrer Ausgleichsleistung profitieren. Erfüllt eine Grünfläche dagegen für den derzeitigen Siedlungsraum keine Funktion bzw. stellt keinen Ausgleichsraum dar, ist ihre klimaökologische Bedeutung geringer einzustufen. Im Falle zusätzlicher Bebauung im Bereich dieser Flächen kann sich deren Funktion ändern und muss ggf. neu bewertet werden. Die Grünflächen wurden anhand von insgesamt 9 Kriterien ihrem jeweiligen Schutzbedarf zugeordnet. Dabei handelt es sich zum einen um die Wärmebelastung am Tag und zum anderen um 8 weitere Kriterien, welche die Entfernung von Grünflächen zu (belasteten) Siedlungsräumen oder das Kaltluftprozessgeschehen aufgreifen (Abbildung 58). Insgesamt wurde in vier Stufen von Schutzbedarf 1 (hohe Priorität) bis Schutzbedarf 4 (geringe Priorität) unterteilt.

Bewertung der Grünflächen

Für die Bewertung von Grünflächen in der Nacht rückt der Kaltlufthaushalt in den Fokus. So erhielten Kaltluftleitbahnen sowie Ventilationsbahnen automatisch eine sehr hohe Bedeutung (**Kriterium 8**). Zudem spielen die Kaltluftproduktivität, Lage, Kaltluftvolumenstromdichte, bodennahe Windgeschwindigkeit, Art und Größe der Grünflächen eine Rolle. Im Einzelnen wurde folgende Bewertungsmatrix verwendet:

Bewertungsmatrix der Grün- und Freiflächen						
Kriterium	Definition/Funktion	Schutzbedarf	Wärmebelastung Tag (14:00 Uhr)			
			extrem stark	sehr stark	stark	schwach bis mäßig
1	Grünfläche liegt mehr als 500 m vom bewohnten Siedlungsraum entfernt	4	4	4	4	3
2	Grünfläche liegt im nahen Umfeld hoher oder sehr hoher Wärmebelastung des unbewohnten Siedlungsraums	3	3	3	3	2
3	Grünfläche liegt im Einzugsgebiet einer Kaltluftleitbahn bzw. eines Kaltluftaustauschbereichs	3	3	3	3	2
4	Kriterium 3 mit zusätzlich sehr hoher Kaltluftproduktion	2	2	2	2	2
5	Grünfläche im Kaltluftaustauschbereich	2	2	2	2	2
6	Grünfläche im nahen Umfeld hoher bis sehr hoher Wärmebelastung des bewohnten Siedlungsraums	2	2	2	2	2
7	Grünfläche im direkten Umfeld sehr hoher Wärmebelastung des bewohnten Siedlungsraums	1/2	2	2	1	1
8	Grünfläche im Bereich einer Kaltluftleitbahn oder Ventilationsbahn	1	1	1	1	1

Abbildung 58: Schema zur Bewertung der Mannheimer Grünflächen

Wie bereits erläutert fungieren Grünflächen nur dann als relevanter Ausgleichsraum, wenn sie in einem Zusammenhang zum Siedlungsraum stehen. Ab einer Entfernung von 500 m ist bei einer Grünfläche kaum noch mit einer Ausgleichswirkung auszugehen, weshalb Grünflächen in dieser Kategorie grundsätzlich den geringsten Schutzbedarf hinsichtlich der zugrundeliegenden Fragestellung zugewiesen bekommen haben.



Ausnahmen stellen dabei Grünflächen mit einer vergleichsweise geringen Wärmebelastung am Tag (PET < 35 °C) dar. Hierbei handelt es sich in der Regel um Waldflächen oder Uferbereiche von Gewässern. Diese dienen auch bei etwas größerer Entfernung zum Siedlungsraum als Erholungsgebiete und werden demnach dem nächsthöheren Schutzbedarf 3. Priorität zugeordnet (**Kriterium 1**).

Ein weiteres **Kriterium (2)** ist die Lagebeziehung von Grünflächen zu hoch oder sehr hoch belasteten unbewohnten Siedlungsflächen. So erhält eine Grünfläche im nahen Umfeld (bis 100 m Entfernung) hoher bis sehr hoher Wärmebelastung (Belastungsstufe 3 bis 5) mindestens den Schutzbedarf 3. Eine schwach bis mäßige Wärmebelastung am Tag erhöht den Schutzbedarf dabei um eine weitere Stufe.

Auch die Einzugsgebiete von Kaltluftleitbahnen, Ventilationsbahnen und Kaltluftaustauschbereichen erhalten mindestens den Schutzbedarf 3 (**Kriterium 3**). Verfügt die betreffende Grünfläche gleichzeitig über eine sehr hohe Kaltluftproduktionsrate ($> 15,4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; **Kriterium 4**) oder eine nur schwach bis mäßige Wärmebelastung am Tag so erhält die Grünfläche den nächsthöheren Schutzbedarf 2.

Grünflächen des Kaltluftaustauschbereichs (**Kriterium 5**) sowie jene im nahen Umfeld (bis 100 m) hoher bis sehr hoher Wärmebelastung (BS 3 bis 5) des bewohnten Siedlungsraums (**Kriterium 6**) erhalten durchgängig den Schutzbedarf 2.

Grünflächen im direkten Nahbereich sehr hoher Wärmebelastung (BS 4 und 5) haben neben den Kaltluftleitbahnen und Ventilationsbahnen die höchste Bedeutung (**Kriterium 7**). Hält sich die Wärmebelastung am Tag darüber hinaus durch beispielsweise kleinere Baumgruppen oder Gewässer einigermaßen in Grenzen (durchschnittliche PET < 38 °C) erhalten diese Flächen ebenfalls den höchsten Schutzbedarf. Dies betrifft in der Regel innerstädtische Grünflächen mit einem mittleren bis hohen Baumanteil.

6.1.4 NICHT BEWERTUNGSRELEVANTE KRITERIEN

Neben den bewertungsrelevanten Kriterien (u.a. Lufttemperatur in der Nacht, PET am Tag) werden weitere Kriterien definiert, die für das (Human-)Biolima wichtig sind, aber keinen direkten Einfluss auf die Bewertung des Ausgleichs- bzw. Wirkungsraums haben. Dazu zählen zum einen Kaltluftwirkbereiche des Siedlungsraums, bei welchen eine bodennahe Windgeschwindigkeit von mindestens 0,1 m/s sowie ein für den Siedlungsraum überdurchschnittlicher Kaltluftvolumenstrom gegeben sind. Diese Flächen sind in der Planungshinweiskarte nicht explizit dargestellt, können aber über eine Flächenabfrage im GIS-Projekt abgerufen werden. Des Weiteren werden in der PHK die Siedlungsräume, welche hinsichtlich ihrer Kaltluftproduktionsrate eine relevante Funktion erfüllen, durch eine blaue Punktsignatur hervorgehoben. Dabei handelt es sich um Siedlungsflächen mit einer Kaltluftproduktionsrate von mindestens $7,4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, was dem Mittelwert zzgl. einfacher Standardabweichung des Siedlungsraums entspricht.



6.2 PLANUNGSHINWEISKARTE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Planungshinweiskarte (siehe Kartenausschnitt in Abbildung 59 bzw. externe gesamtstädtische Darstellung) im gesamtstädtischen Kontext beschrieben. In den Steckbriefen der Wirk- und Ausgleichsräume (siehe Kap. 7) werden die wesentlichen Ergebnisse der Planungshinweiskarte separat für jeden Wirk- und Ausgleichsraum zusammengefasst. Das Kartenmaterial liefert sowohl Hinweise für die Bestandssituation als auch für mögliche Nutzungsänderungen (Entwicklungsflächen).

In Mannheim haben mit 37,8 % über ein Drittel der Siedlungsflächen eine im gesamtstädtischen Vergleich günstige bis sehr günstige bioklimatische Situation (Belastungsstufe 1 und 2, siehe Tabelle 12), 42,7 % weisen eine mittlere bioklimatische Situation (Belastungsstufe 3) und 19,5 % eine ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Situation auf (Belastungsstufe 4 und 5). Die günstigsten bioklimatischen Bedingungen befinden sich u.a. in den Stadtteilen Vogelstang, Schönau (insbesondere im nördlichen Teil), Neustheim, Niederfeld, Lindenhof-Süd sowie u.a. den äußeren Stadtteilen Hochstädt, Seckenheim, Friedrichsfeld, Wallstadt und Feudenheim. Darüber hinaus zeigen auch Teile zentrumsnaher Siedlungsräume eine günstige bis sehr günstige bioklimatische Situation. Hierzu zählen der nordöstliche Teil der Schwetzingenstadt sowie die südlich an den Herzogenriedpark angrenzende Bebauung der Neckarstadt-Ost. Neben der vergleichsweise aufgelockerten Bebauung haben hier die angrenzenden großen Parkflächen einen entlastenden Effekt.

Den gering belasteten Siedlungsräumen stehen dicht bebaute innerstädtische Bereiche (z.B. Quadrate, Neckarstadt-West, Schwetzingenstadt-Süd) oder hoch versiegelte Industrie- und Gewerbeflächen (z.B. Hafenbereiche, Daimler-Werke, Gewerbegebiete Käfertal und Neckarau) mit weitestgehend thermisch belasteten Siedlungen gegenüber (Abbildung 59). Weitgehend Unabhängig vom generellen Belastungslevel einer Siedlungsfläche weisen die Kernbereiche eines Siedlungskörpers in der Regel die vergleichsweise höchsten Belastungen auf. Dies ist auch in Mannheim zu beobachten und begründet sich anhand der zunehmenden Entfernung zum kaltaufladenden Ausgleichsraum. Je geringer dabei die Barrierewirkung der vorherrschenden Bebauung und je höher die siedlungsflächeninterne Kaltaufladung ist, desto geringer fällt dieser Effekt aus.

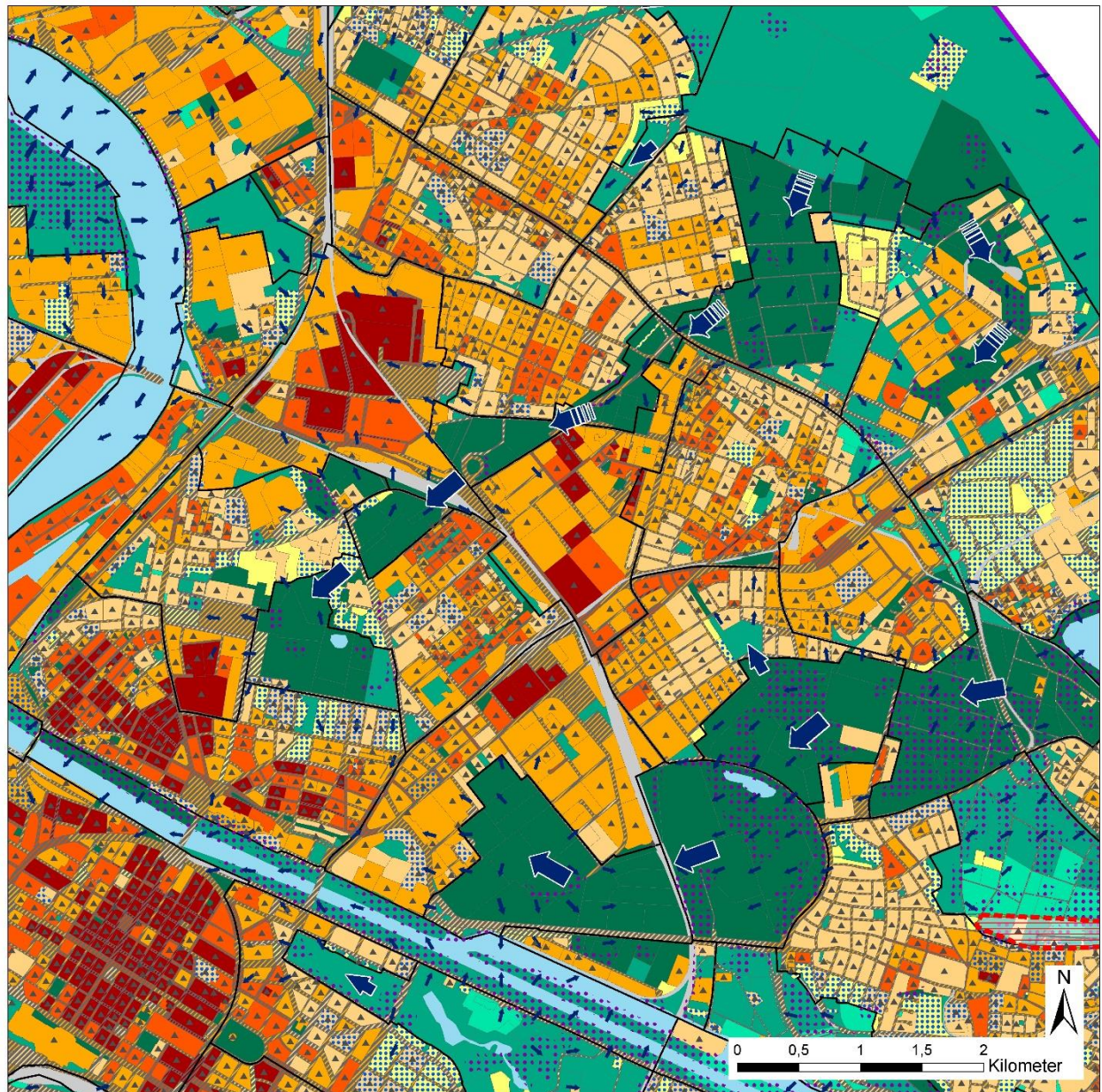
Bei den Verkehrswegen und Plätzen, wo nur die Tagsituation - also die PET - in die Bewertung eingeflossen ist weisen lediglich 7 % eine geringe bis mäßige Wärmebelastung auf (Tabelle 12). Diese liegen zumeist entweder in Bereichen, wo auch im Siedlungsraum ein vergleichsweise geringes Belastungslevel vorliegt oder aber angrenzend bzw. innerhalb von Ausgleichsräumen. Zentrumsnah ist die Max-Joseph-Straße als Positivbeispiel hervorzuheben. Die hohe Anzahl großkroniger Straßenbäume, insbesondere zwischen Käfertaler Straße und Carl-Benz-Straße, haben hier einen am Tag kühlenden Effekt. Der größte Teil (81,8 %) der Mannheimer Verkehrswege und Plätze weist eine starke bis sehr starke Wärmebelastung (Belastungsstufe 2 und 3) auf. Die Verteilung korreliert dabei relativ gut mit der jeweils angrenzenden Siedlungsraumbelastung. Die höchste Wärmebelastung (Belastungsstufe 4 und 5) tritt in Mannheim bei ca. 11 % der Straßen und Plätze auf und verteilt sich im Wesentlichen auf die im Siedlungsraum hoch belasteten Gewerbegebiete sowie die Innenstadt, Neckarstadt und südliche Schwetzingenstadt. Darüber hinaus sind aber auch die Stadtteile Sandhofen und Seckenheim im Straßenraum verbreitet extrem stark belastet.

Unter den Mannheimer Ausgleichsräumen haben 20,1 % den aufgrund ihrer sehr hohen bioklimatischen Bedeutung höchsten Schutzbedarf (Schutzbedarf 1, siehe Abbildung 59 und Tabelle 13). Hierzu zählen insbesondere die vier ausgewiesenen Kaltaufladungsbahnen (z.B. „Grünzug Nord“) sowie die sechs Ventilationsbahnen (z.B. „Grünzug Nordost“). Zudem gehört auch eine Reihe von innerstädtischen Grünflächen



dem höchsten Schutzbedarf 1 an (z.B. Friedrichsplatz, Lauergärten). Ebenfalls einen hohen Schutzbedarf (2) haben die Kaltluftaustauschbereiche, die kaltluftproduzierenden Einzugsgebiete der Leitbahnen sowie eine Reihe weiterer innerstädtischer Grünflächen (z.B. Luisenpark, Schlossgarten, Friedrichspark). Gemeinsam machen die Grünflächen mit dem Schutzbedarf 2 44 % der Mannheimer Grünflächen aus. Weiteren 31,6 % wurde der Schutzbedarf 3 zugewiesen. Hierbei handelt es sich u.a. um weniger leistungsstarke Einzugsgebiete, nicht im direkten Nahbereich des Siedlungsraums befindliche Grünflächen sowie innerstädtische Grünflächen im gering belasteten Siedlungsraum. Grünflächen mit dem geringsten Schutzbedarf 4 sind in den peripheren Lagen des Mannheimer Stadtgebiets zu finden und machen lediglich einen Flächenanteil von 4,3 % aus.

Durch die Berücksichtigung der bis 2050 zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels sind über 70 % des Siedlungsraums mindestens eine Belastungsstufe höher bewertet worden als es im reinen Ist-Zustand der Fall gewesen wäre. Die Flächen die davon betroffen sind, sind durch eine Dreieck-Signatur in der PHK gekennzeichnet. Ein Vergleich der Belastungsstufe zwischen dem Ist-Zustand, dem Zukunfts-Szenario sowie der in der PHK dargestellten kombinierten Variante ist zudem über das dem Auftraggeber am Projektende bereitgestellten GIS-Projekt möglich. Zudem können dort die Bewertungen der einzelnen Klimaparameter sowie der weiteren Bewertungskriterien nachvollzogen werden. So ist es bei Betrachtung der PHK aufgrund der komplexen Bewertungsmethodik nicht uneingeschränkt möglich die Bewertung einzelner Flächen im Detail nachzuvollziehen.



Klimaanalyse Mannheim 2020 - Planungshinweiskarte (Ausschnitt)

Wohn- und Arbeitsumfeld

- Belastungsstufe 1
- Belastungsstufe 2
- Belastungsstufe 3
- Belastungsstufe 4
- Belastungsstufe 5
- ▲ Erhöhung der Belastungsstufe durch Klimawandel

Grün- und Freiflächen

- Schutzbedarf 1. Priorität
- Schutzbedarf 2. Priorität
- Schutzbedarf 3. Priorität
- Schutzbedarf 4. Priorität

Bewegungsumfeld (Straßen u. Plätze)

- Belastungsstufe 1
- Belastungsstufe 2
- Belastungsstufe 3
- Belastungsstufe 4
- Belastungsstufe 5

Windfeld in 2 m ü. Grund

- Windgeschwindigkeit [m/s]
- > 0,1 bis 0,3
 - > 0,3 bis 0,5
 - > 0,5

Kaltluftprozesse

- Kaltluftleitbahn
- Ventilationsbahn
- Kaltluftaustauschbereich
- Kaltluftentstehungsgebiet
- Siedlungsraum mit klimarelevanter Funktion

sonstiges

- Grenze Wirk-/Ausgleichsraum
- Stadtgebietsgrenze Mannheim
- Gewässer
- Gleis

Abbildung 59: Ausschnitt der Planungshinweiskarte Mannheim (verkürzte Legende)



Tabelle 12: Wirkungsraum: Flächenanteile und allgemeine Planungshinweise zum Siedlungs- und Verkehrsraum

Bewertung der Siedlungsflächen	Flächenanteil [%]	Allgemeine Planungshinweise
Belastungsstufe 1 (sehr günstig)	7,7	Vorwiegend offene Siedlungsstruktur mit guter Durchlüftung und einer geringen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen bei Beachtung klimaökologischer Aspekte. Das sehr günstige Bioklima ist zu sichern. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht erforderlich. Der Vegetationsanteil sollte möglichst erhalten bleiben.
Belastungsstufe 2 (günstig)	30,1	Geringe bis mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung bei Beachtung klimaökologischer Aspekte. Das günstige Bioklima ist zu sichern. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht notwendig. Freiflächen und der Vegetationsanteil sollten möglichst erhalten bleiben.
Belastungsstufe 3 (mittel)	42,7	Mittlere bis hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation werden empfohlen. Die Baukörperstellung sollte beachtet, Freiflächen erhalten und möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden.
Belastungsstufe 4 (ungünstig)	14,3	Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig. Es sollte keine weitere Verdichtung (insb. zu Lasten von Grün-/Freiflächen) erfolgen und eine Verbesserung der Durchlüftung angestrebt werden. Freiflächen sollten erhalten und der Vegetationsanteil durch z.B. Entsiegelungsmaßnahmen erhöht werden (ggf. Begrünung von Blockinnenhöfen).
Belastungsstufe 5 (sehr ungünstig)	5,2	Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Es sollte keine weitere Verdichtung (insb. zu Lasten von Grün-/Freiflächen) erfolgen und eine Verbesserung der Durchlüftung angestrebt werden. Freiflächen sind zu erhalten und der Vegetationsanteil sollte erhöht sowie möglichst Entsiegelungsmaßnahmen durchgeführt werden (z.B. Pocket-Parks, Begrünung von Blockinnenhöfen).

Bewertung der Verkehrswege und Plätze	Flächenanteil [%]	Allgemeine Planungshinweise
1 = schwach bis mäßige Wärmebelastung	7	Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht erforderlich, sollten bei wichtigen Fußwegen und Plätzen jedoch geprüft werden. Das sehr günstige Bioklima ist zu sichern.
2 = starke Wärmebelastung	24,7	Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht zwingend erforderlich, sollten im Umfeld hoher Siedlungsbelastung aber angestrebt werden (Beschattungsmaßnahmen). Das günstige Bioklima ist zudem zu sichern.
3 = sehr starke Wärmebelastung	57,1	Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind insbesondere dann notwendig, wenn eine als ungünstig oder sehr ungünstig eingestufte Siedlungsfläche unmittelbar angrenzt. Der Grünanteil sollte erhöht werden.
4 = extrem starke Wärmebelastung	9,6	Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind insbesondere im Bereich von hoch belasteten Siedlungsräumen sowie von Plätzen, Haltestellen und Fußwegen im Rahmen der Möglichkeiten erforderlich. Die Verschattungssituation sollte ausgebaut und verbessert werden.
5 = extrem starke Wärmebelastung	1,6	Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind insbesondere im Bereich von hoch belasteten Siedlungsräumen sowie von Plätzen, Haltestellen und Fußwegen im Rahmen der Möglichkeiten erforderlich und prioritär. Es besteht sehr hoher Bedarf an Verschattungselementen.



Tabelle 13: Ausgleichsraum: Flächenanteile und allgemeine Planungshinweise

Bewertung der Grünflächen	Flächenanteil [%]	Allgemeine Planungshinweise
Schutzbedarf 1	20,1	Grün- und Freiflächen, die eine zentrale Rolle im nächtlichen Kaltlufthaushalt spielen und die wichtigsten klimaökologischen Ausgleichsräume darstellen. Bauliche Eingriffe sind gänzlich zu vermeiden bzw sollten, sofern bereits planungsrechtlich zulässig, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Die gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung ist zu erhalten und ggf. mithilfe von Grünverbindungen auszubauen.
Schutzbedarf 2	44	Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur besonders wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten gänzlich vermieden werden bzw., sofern bereits planungsrechtlich zulässig, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung ist anzustreben und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung sollte eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden.
Schutzbedarf 3	31,6	Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer mittleren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen und eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.
Schutzbedarf 4	4,3	Flächen stellen für die gegenwärtige Siedlungsstruktur keine relevanten Klimafunktionen bereit und weisen eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung auf. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen.

6.3 KLIMAFUNKTION DER MANNHEIMER GRÜNZÜGE

Für das Mannheimer Stadtgebiet sind insgesamt sieben Grünzüge definiert (vgl. Abbildung 60). Im Folgenden werden die jeweiligen Klimafunktionen dieser Grünzüge auf Grundlage der Erkenntnisse aus der numerischen Modellrechnung sowie der Messkampagne zusammengefasst. Dabei werden zum einen die primären Klimafunktionen beschrieben und des Weiteren das Wirkpotential anhand der Barrierewirkung zwischen Wirk- und Ausgleichsraum untersucht bzw. in Form einer Übersichtskarte dargestellt. Ferner werden die Bereiche innerhalb der Grünzüge hervorgehoben, die hinsichtlich der aktuellen Klimafunktion entweder besonders sensibel auf bauliche Eingriffe reagieren würden oder andererseits bereits in der aktuellen Situation eine stark einschränkende Wirkung auf die Klimafunktion ausüben. Ergänzend werden für die hervorgehobenen Bereiche grundlegende Maßnahmenhinweise gegeben, welche in den entsprechenden Steckbriefen (Kapitel 7) größtenteils näher ausgeführt bzw. in Verbindung mit den Maßnahmenempfehlungen des Maßnahmenkatalogs gesetzt werden.

Die dargestellte Barrierewirkung ist dahingehend zu interpretieren, dass bei starker bis sehr starker Ausprägung eine vorgelagerte Erweiterung der Bebauung möglichst zu vermeiden ist. Dies gilt umso mehr je höher die Barrierewirkung derzeit bereits ist. Es wäre zudem zu prüfen inwieweit die aktuelle Barrierewirkung durch gezielte Maßnahmen reduziert werden kann. Sind bauliche Eingriffe nicht vermeidbar, müssen diese aus klimaökologischer Sicht in sehr aufgelockerter Form umgesetzt werden. Dabei sind ggf. vorhandene Durchlüftungsachsen (z.B. Straßen, Grünkorridore) in der Planung aufzugreifen. Die Wirksamkeit der planerischen Maßnahmen sollte dabei unbedingt mit Hilfe eines modellgestützten Gutachtens überprüft werden.

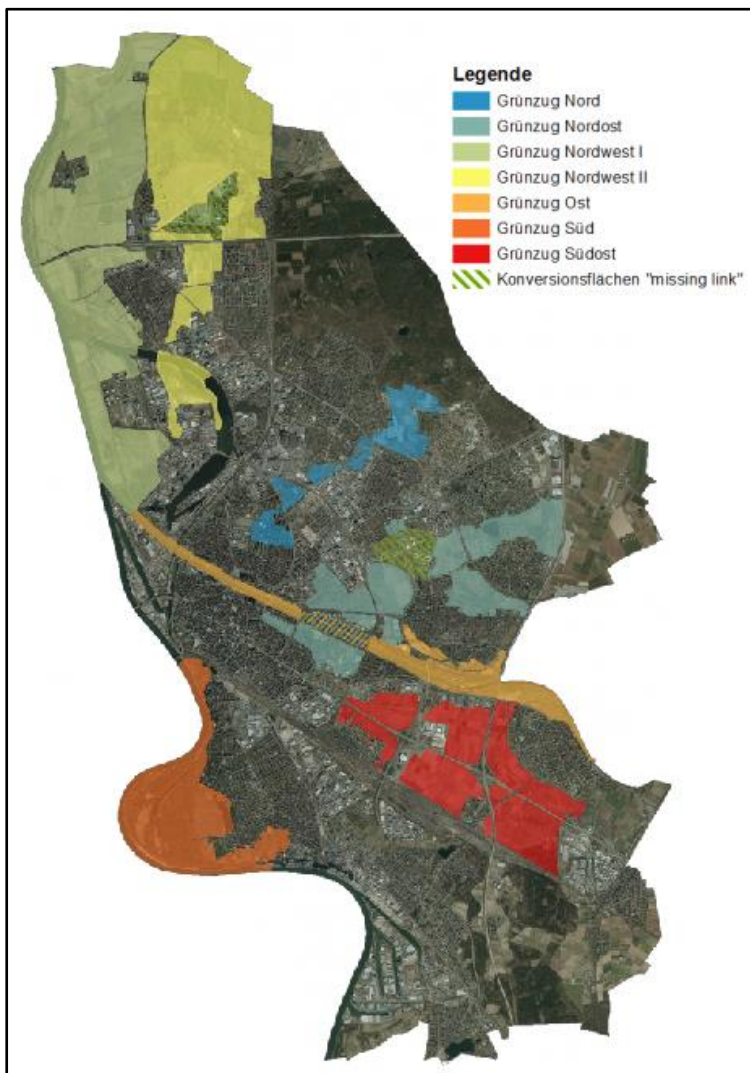


Abbildung 60: Lage der Mannheimer Grünzüge auf Basis der ALKIS-Flurstücksgrenzen (verändert nach STADT MANNHEIM 2016).

In Bereichen mit einer geringen bis mäßigen Barrierewirkung sind bauliche Eingriffe bei einer bioklimatisch angepassten Umsetzung grundsätzlich denkbar, solange übergeordnete Kaltluftfunktionen wie Kaltluftleitbahnen und Ventilationsbahnen den Planungen nicht entgegenstehen. Zudem sollte das derzeitige Belastungsniveau der betreffenden Bestandsbebauung berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollten bauliche Erweiterungen, um die Durchlüftungssituation nicht zu stark zu beeinträchtigen, eine möglichst geringere Barrierewirkung aufweisen als die Bestandsbebauung oder die bisherige Barrierewirkung zumindest nicht erhöhen.



Der **Grünzug Northwest I** bildet mit über 1300 ha das größte Freiraumgefüge im Stadtgebiet von Mannheim und setzt sich entlang des östlichen Rheinufer aus den Ausgleichsräumen A62, A61, A55, A51, A50, A45 und A44 zusammen. Nördlich der A 6 fungiert der Grünzug vor allem als weiträumiges Kaltluftentstehungsgebiet dessen Kaltluft während autochthoner Nächte aufgrund der starken Barrierewirkung des Autobahndamms allerdings nur eingeschränkt in Richtung der zentralen Stadtteile verlagert wird. Südlich der A 6 kann die dort produzierte Kaltluft dagegen bei entsprechender Anstromsituation über die Grünflächen entlang des Rheins relativ störungsfrei bis in den Bereich der Wirkräume W61 Industriehafen und W62 Friesenheimer Insel transportiert werden. Um die Wirksamkeit der Ventilationsbahn langfristig zu erhalten sollte der relativ schmale Grünstreifen (ca. 300 m) zwischen Rhein und dem Tanklager von baulichen Erschließungen möglichst ausgenommen werden. Ebenso sollte hinsichtlich der Durchlüftungssituation des nördlichen Industriehafengebiets die Barrierewirkung im Bereich Dffenéstraße nicht erhöht werden. Weiterhin ist aus klimaökologischer Sicht insbesondere im Übergangsbereich zu bewohnten Siedlungsräumen eine maximal mäßige Barrierewirkung anzustreben.

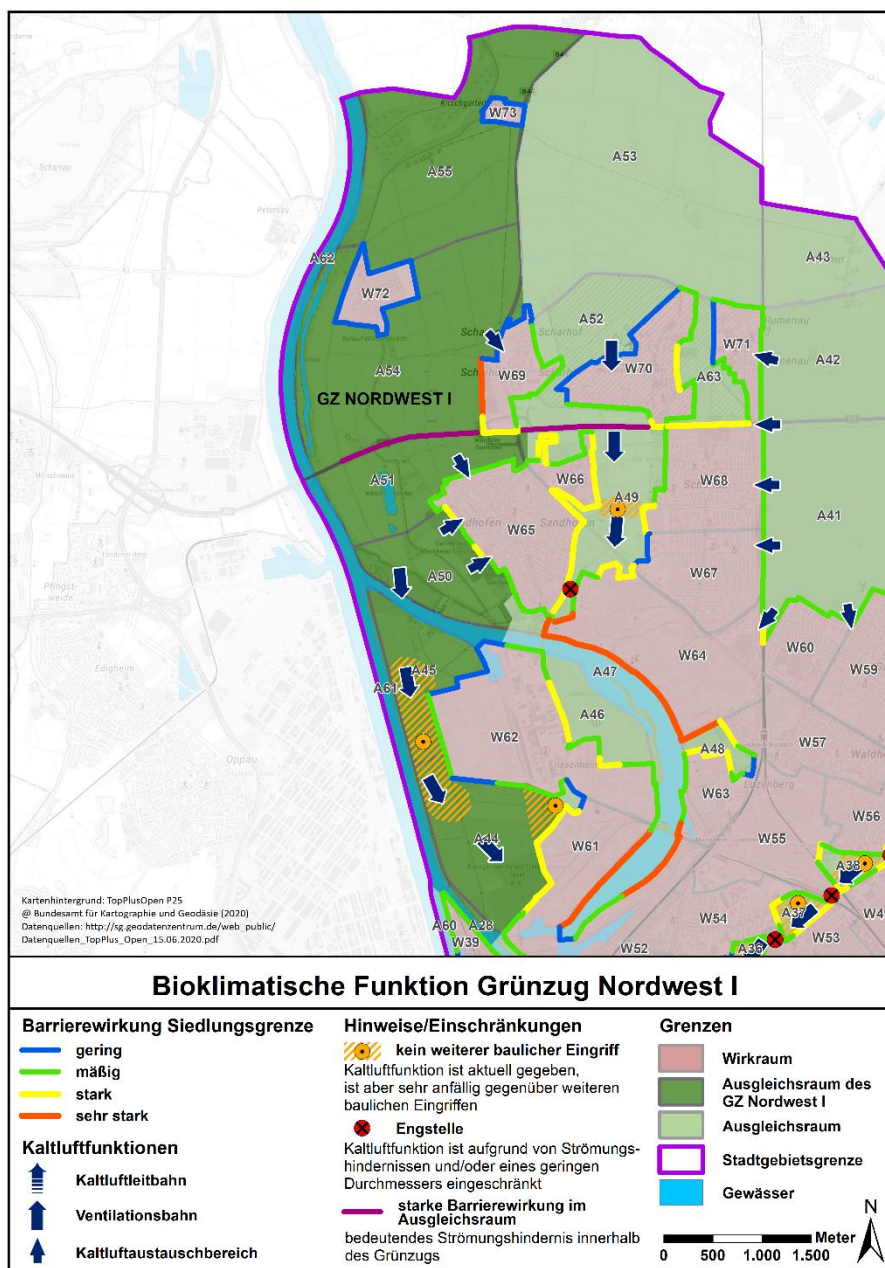


Abbildung 61: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Northwest I.



Der **Grünzug Northwest II** bildet den östlichen Teil des weiträumigen nördlichen Freiraumgefüges der Stadt Mannheim und setzt sich aus den Ausgleichsräumen A63, A53, A52, A49, A47 und A46 zusammen. Ähnlich wie beim Grünzug Northwest I fungiert der Bereich nördlich der A 6 primär als Kaltluftentstehungsgebiet. Zusätzlich zum Autobahndamm stellt der Wirkraum W70 Coleman-Barracks derzeit noch ein wesentliches Strömungshindernis dar. Bei Planungen zur Umstrukturierung der Coleman-Barracks sollte eine nördliche Verlängerung der Ventilationsachse, welche derzeit nur durch den Ausgleichsraum A49 Krähnenflügel gebildet wird, angestrebt werden (Abbildung 62). Südlich der A 6 wird die Ventilationsbahn nur wenig durch bestehende Bebauungen gestört. Im Bereich der Lilienthalstraße sollte um diesen Status aufrecht zu erhalten allerdings auf weitere bauliche Eingriffe verzichtet werden. Im Bereich des Essity Parks verengt sich der Grünzug recht stark und weist im Minimum nur noch eine Breite von weniger als 100 m auf. Zudem wirken entlang der Priebuser Straße Gehölzstrukturen als zusätzliches Strömungshindernis. Durch diese Engstelle bzw. durch die Bebauung des Wirkraums W64 Waldhof-West wird die Verbindung zum Altrhein (A47) deutlich eingeschränkt, weshalb von weiteren baulichen Eingriffen dringend abgesehen werden sollte. Hinsichtlich der Barrierewirkung zum angrenzenden Siedlungsraum tritt insbesondere

der Wirkraum W65 Sandhofen am östlichen Siedlungsrand mit einer weitgehend starken Barrierewirkung hervor, wohingegen die Stadtteile Scharhof, Schönau und Blumenau eine überwiegend deutlich geringere Barrierewirkung zeigen.

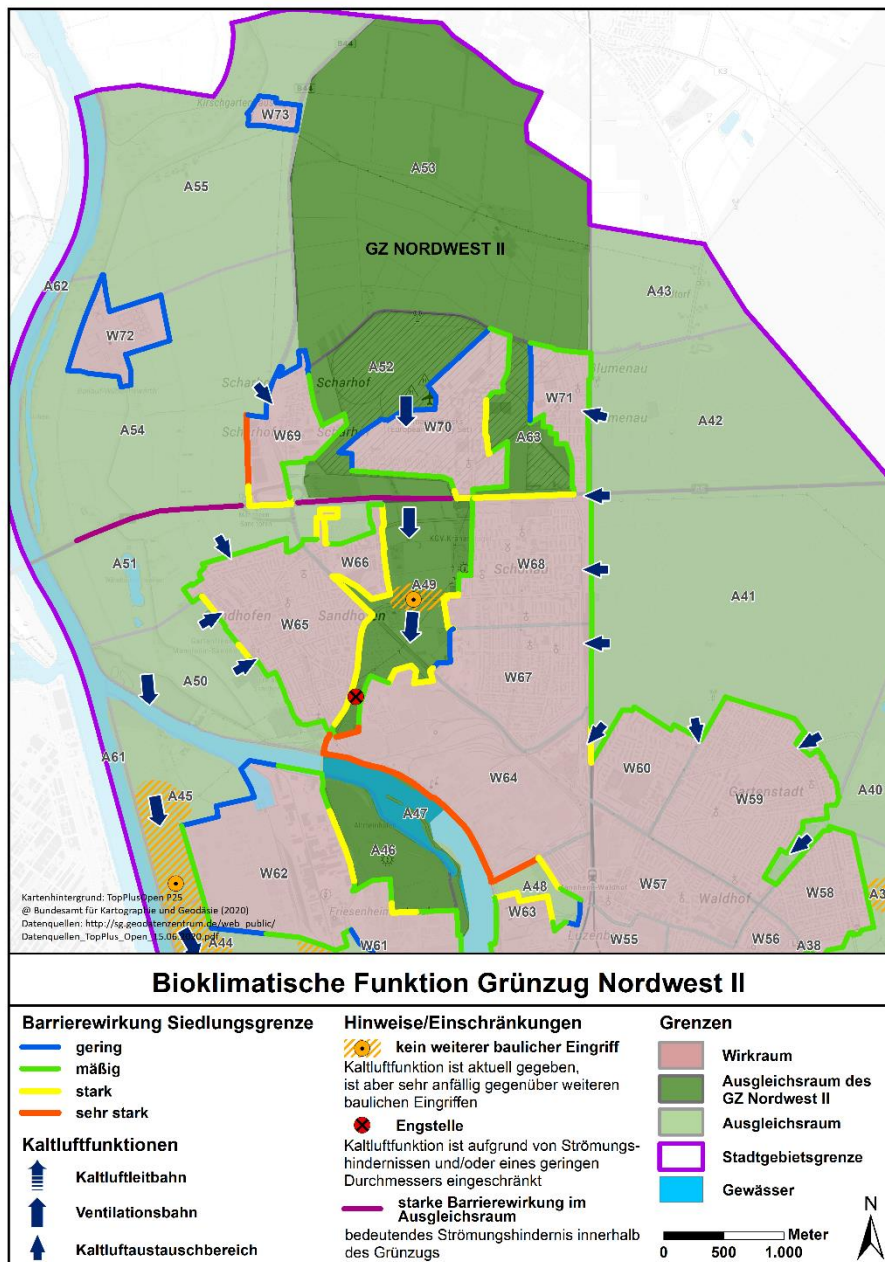


Abbildung 62: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Northwest II.

Der **Grünzug Nord** besitzt ausgehend vom Käfertaler Wald (A40) einen relativ rudimentären Verlauf, welcher sich in Richtung Südwesten bis zum an das Stadtzentrum angrenzenden Herzogenriedpark (A36) fortsetzt. Der Grünzug setzt sich darüber hinaus aus den Ausgleichsräumen A39, A38 und A37 zusammen und weist eine Reihe von Engstellen auf, welche die initiale Funktion als Kaltluftleitbahn im Verlauf deutlich einschränken. In Verbindung mit der südwestlich der Waldstraße vorherrschenden grünflächeninternen Hinderniswirkung (u.a. durch Kleingärten, Funktionsgebäude der Sportanlagen) führt dies innerhalb des Ausgleichsraums A38 Sandgewann/Sibylla-Merian-Straße zu einem Übergang in eine Ventilationsbahn, welche nur noch bei entsprechender Anstromsituation Kaltluft weiter in Richtung Südwesten transportiert. In Anbetracht der bereits vorherrschenden Störungen sollte insbesondere in den markierten Bereichen (siehe Abbildung 63) auf weitere bauliche Eingriffe verzichtet und stattdessen eine Optimierung der Grünflächenstruktur angestrebt werden. Im Übergangsbereich zwischen dem Ausgleichsraum A38 und A37 tritt durch die Gewerbebebauung der Wirkräume W49, W55 sowie der Straßenverkehrsüberführung (Hafenbahnstraße) eine weitere wesentliche Engstelle des Grünzugs Nord auf. Die Sport- und Kleingartenanlagen des Ausgleichsraums A37 bilden zwar nur ein geringes Strömungshindernis, in Anbetracht der

vorangegangenen Strömungsbarrieren wäre aus klimaökologischer Sicht eine Optimierung der Grünflächenstruktur hinsichtlich eines nach Südwesten gerichteten Kaltlufttransports allerdings zu empfehlen. Zumal der Übergang zum Herzogenriedpark (A36) durch mehrgeschossige Wohn- und Schulgebäude ebenfalls beeinträchtigt ist. Innerhalb des Ausgleichsraums A39 Weidenbergel treten derzeit noch keine wesentlichen Strömungshindernisse auf. Um diesen Status zu erhalten, sollte der vergleichsweise schmale Bereich zwischen Offizierssiedlung und der Straße „Am Weidenbergel“ von etwaigen baulichen Eingriffen möglichst ausgenommen werden. Ebenso sollten Eingangs des östlich des Grünzugs Nord verlaufenden „Grünen U“ (Franklin) bauliche Eingriffe aus klimaökologischer Sicht zwingend vermieden werden.

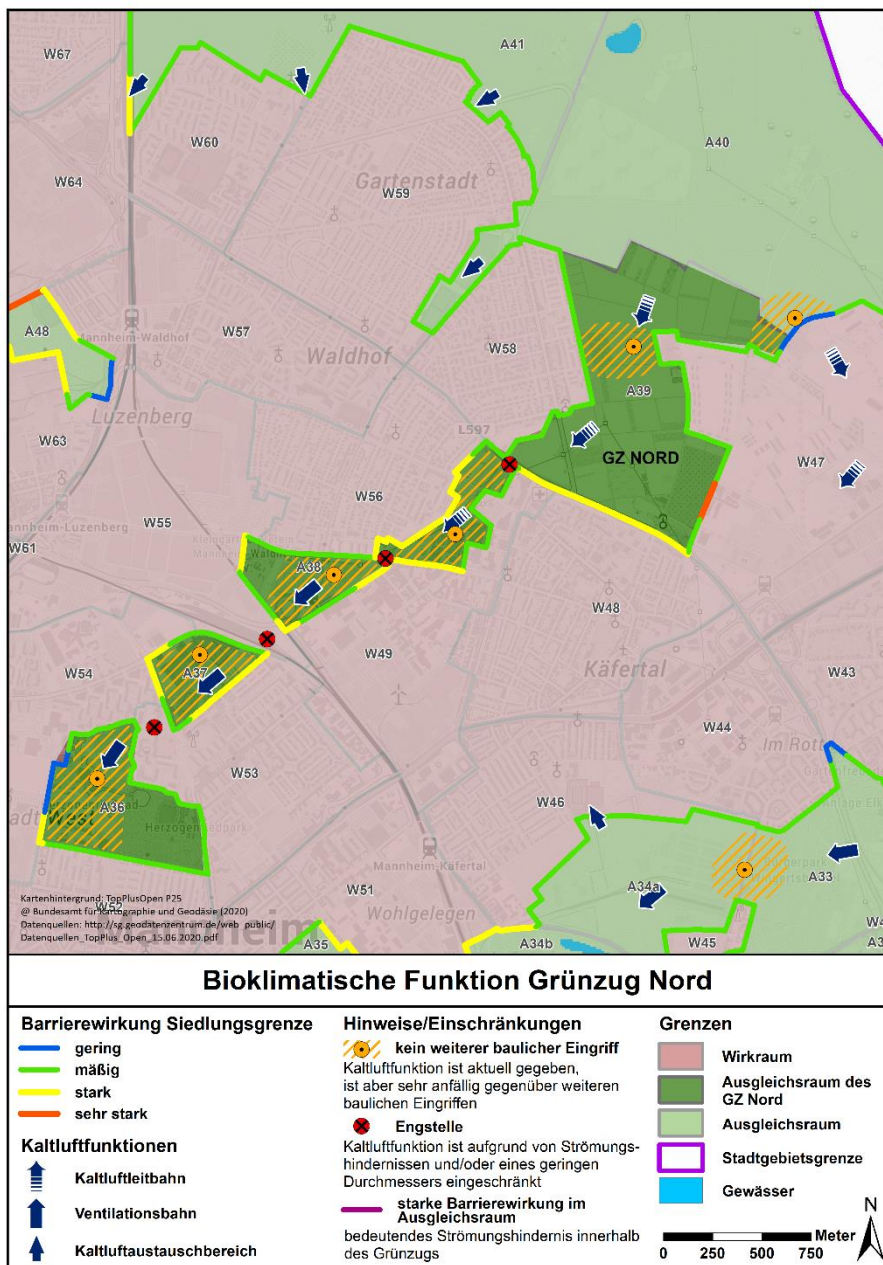


Abbildung 63: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nord.



Der **Grünzug Nordost** reicht vom östlichen Stadtrand über die Ausgleichsräume A30, A32, A33, A34a, A34b und A35 bis in den an das Stadtzentrum angrenzenden Luisenpark (A26) (Abbildung 64). Der Grünzug wirkt dabei primär als Ventilationsbahn und aufgrund der relativ weiträumigen Ausdehnung von rund 600 ha ebenfalls als leistungsstarkes Kaltluftentstehungsgebiet. Die östlich an den Grünzug angrenzenden landwirtschaftlichen Grünflächen fungieren aufgrund der sehr starken Barrierewirkung der Autobahntrasse A 6 nur eingeschränkt als für das Stadtgebiet wirksames Kaltluftentstehungsgebiet. Bei ausreichender östlicher Anströmung kann das Strömungshindernis allerdings überwunden werden, wodurch zusätzliche Kaltluft über den Grünzug bis in zentrumsnahe Stadtteile transportiert werden kann. Innerhalb des Grünzugs treten bis zum Ausgleichsraum A35, insbesondere aufgrund der Umstrukturierung des Spinelli-Geländes (A34a), nur noch wenige Strömungshindernisse auf. Dabei handelt es sich zum einen um die Sport und Freizeiteinrichtungen südwestlich des Vogelstang Sees und zum anderen um die Kleingartenanlagen nördlich der Feudenheimer Straße. Die grünflächeninterne Hinderniswirkung ist in diesen Bereichen allerdings weitestgehend gering. Dies sollte hinsichtlich eines Erhalts der Leitbahnfunktion auch zukünftig so bleiben, weshalb weitere bauliche Eingriffe möglichst zu vermeiden sind. Bei der Grünflächen-

chengestaltung des Spinelli-Geländes und dem anschließenden Rückbau nach der Buga23 sollte insbesondere im vergleichsweise schmalen Übergangsbereich zum Ausgleichsraum A33 (Auf den Ried, Die Bell) auf eine strömungsangepasste Ausrichtung der Gehölzstrukturen geachtet werden.

Der Wirkraum W50 stellt hinsichtlich einer Verknüpfung des Grünzugs mit dem südlich des Neckars gelegenen Luisenpark (A26) ein wesentliches Strömungshindernis dar. In Hinblick auf eine perspektivisch angedachte Umgestaltung des Wirkraums sollte eine südwärts gerichtete Durchströmbbarkeit der Fläche in den Fokus der Planungen rücken. Davon würden die südlich des Luisenparks gelegenen Wirkräume W34, W35, W36 und W37 teils erheblich profitieren.

Die Barrierewirkung zu den angrenzenden Wirkräumen ist je nach Bebauungsdichte,

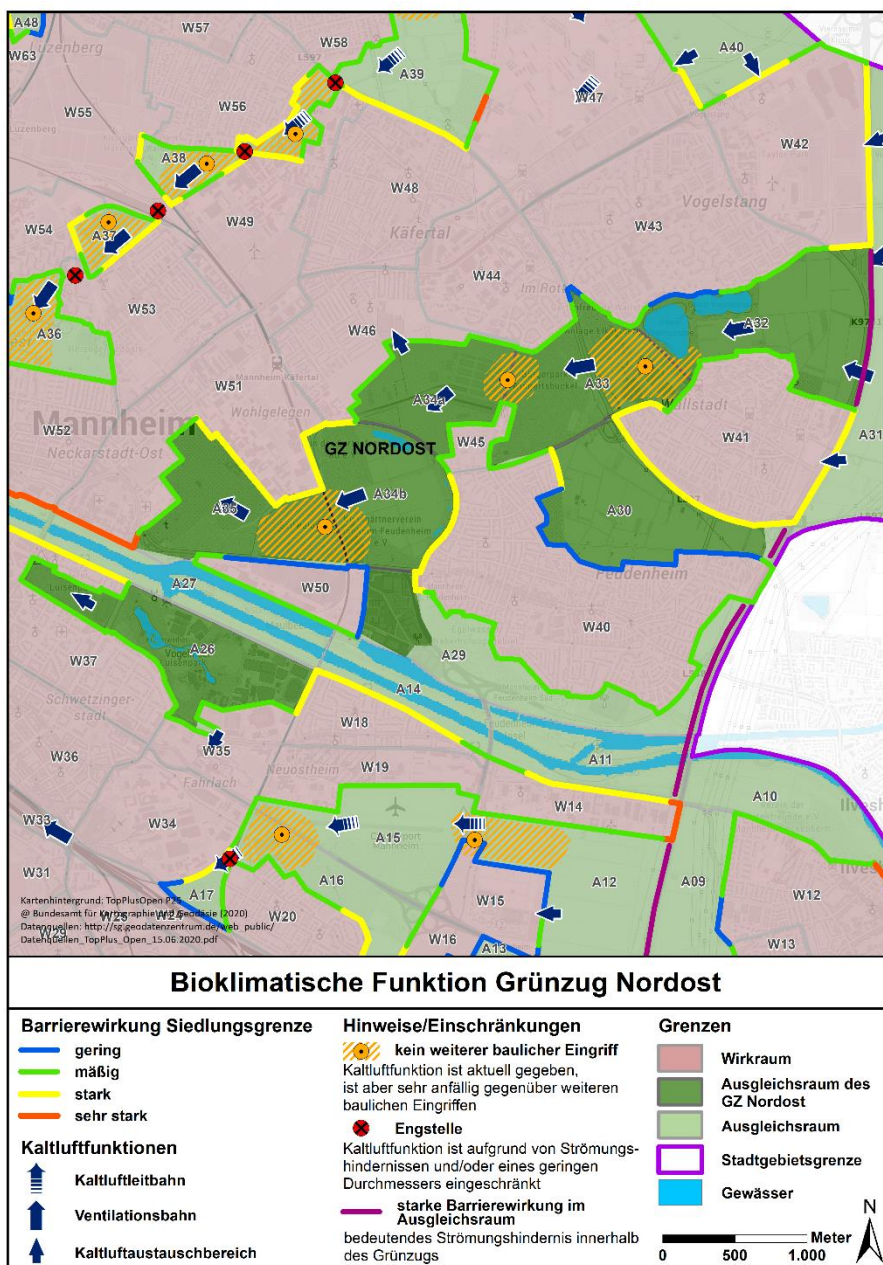


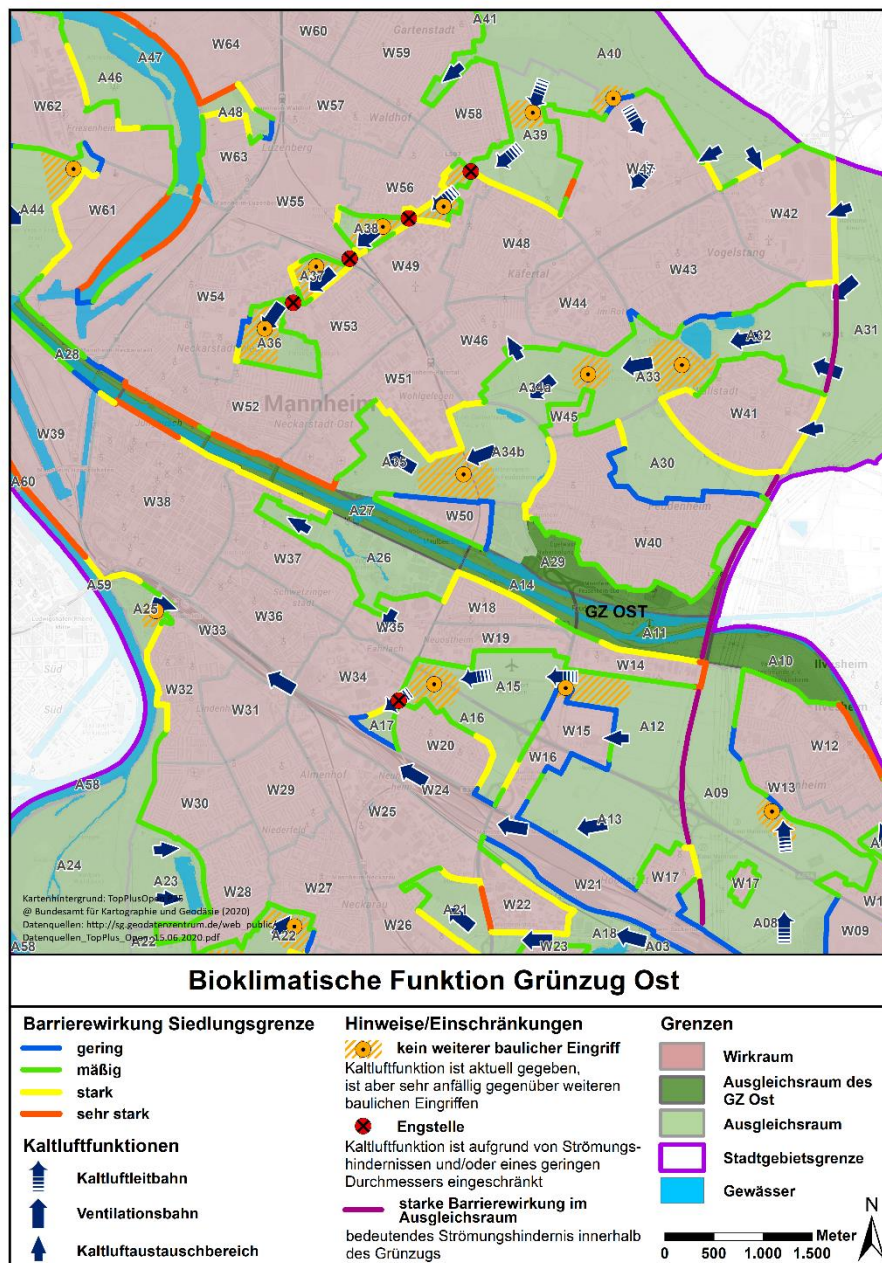
Abbildung 64: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Nordost.



Anordnung der Gebäudekörper sowie weiterer strömungsbeeinflussender Faktoren überwiegend stark bis mäßig. Lediglich Teile der nördlichen Siedlungsgrenzen Feudenheims (W40), des Wirkraums W50 sowie der südlichen Siedlungsgrenze vom Stadtteil Vogelstang weisen eine relativ geringe Barrierewirkung auf.



Der **Grünzug Ost** entspricht dem Verlauf des Neckarvorlandes bzw. dem Flussverlauf des Neckars innerhalb des Mannheimer Stadtgebiets und reicht vom Stadtteil Seckenheim bis zum Mündungsbereich in den Rhein. Insgesamt setzt sich der Grünzug aus den 6 Ausgleichsräumen A10, A11, A14, A27, A28 und A29 zusammen und durchschneidet im Verlauf die Mannheimer Innenstadt (Abbildung 65). Bei südöstlicher Anströmung fungiert der Grünzug als wirksame Ventilationsachse, die Wirksamkeit ist dabei aber weitgehend auf den Abtransport von Luftschadstoffen begrenzt und wirkt hinsichtlich einer Kaltluftzufuhr nur sehr eingeschränkt. Neben der vergleichsweise hohen nächtlichen Wassertemperatur, was zu einer Erwärmung der transportierten Kalt- bzw. Frischluft führt, ist der siedlungsgerichtete Luftaustausch aufgrund des Geländehöhenunterschieds stark eingeschränkt. Dies zeigt sich sehr deutlich anhand der reliefbedingt sehr starken Barrierewirkung am nordöstlichen Rand Seckenheims, aber auch anhand des meist auf den Neckar ausgerichteten nächtlichen bodennahen Windfeldes (Kap. 5.1.1.2). Neben dem unterschiedlich stark ausgeprägten Geländeunterschied erhöht im Siedlungsbereich zudem die Bestandsbebauung den Strömungswiderstand, was häufig eine starke bis sehr starke Barrierewirkung nach sich zieht. Innerhalb des Grünzugs treten bis auf den Autobahndamm der A 6 keine wesentlichen Strömungshindernisse auf.



Unabhängig von der Funktion als Ventilationsachse, welche vorwiegend nachts von Bedeutung ist, fungiert der Grünzug Ost aufgrund der Lage am Neckar und der einhergehenden Kühlwirkung des Gewässers tagsüber zusätzlich als bedeutendes Naherholungsgebiet. Die vorhandenen Grünflächen sind demnach möglichst zu erhalten und zu pflegen. Sie sollten zudem hinsichtlich eines Aufenthalts am Tag an geeigneter Stelle durch zusätzliche Beschattungselemente (z.B. Baumgruppen, temporäre Elemente) optimiert werden.

Abbildung 65: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Ost.



Beim **Grünzug Südost** handelt es sich um ein ca. 660 ha großes Freiraumgefüge, welches sich von den westlichen Siedlungsrandern Seckenheims und Friedrichfelds bis an den östlichen Rand des Gewerbegebietes Fahrlach erstreckt. Es wird durch die Trasse der A 6 in zwei Teilgebiete gegliedert, wovon das östliche aus den Ausgleichsräumen A08 Mittelfeld und A09 Östliches Niederfeld und das westliche aus den Ausgleichsräumen A12 Mühlfeld/Niederfeld, A13 Kloppenheimer Feld / Hermsheimer Bösfeld, A15 Flugplatz und A16 Harrlachgärten gebildet wird. Beide Teilgebiete fungieren dabei als klimaökologisch wertvolle Kaltluftleitbahnen bzw. Ventilationsbahnen und wirken zudem als leistungsstarke Kaltluftproduktionsgebiete. Hinsichtlich der Kaltluftleitbahn im Bereich des Mannheimer Flugplatzes treten zwei besonders sensible Bereiche hervor, welche hinsichtlich eines Erhalts der Leitbahnfunktion von weiteren baulichen Eingriffen ausgeschlossen werden sollten (siehe Abbildung 66). Zudem tritt im Übergangsbereich zum Ausgleichsraum A17 Kleingärten Hintergereute, welcher das Verbindungsstück zur Ventilationsbahn der Eisenbahntrasse darstellt, eine markante Engstelle auf. Die Leitbahn verliert aus diesem Grund erheblich an Dynamik, weshalb vorgelagerte Strömungsbarrieren, insbesondere im Bereich der Markierungen, möglichst vermieden werden sollten. Der Übergang westlich des Flughafens sollte dabei zum einen hinsichtlich einer weiteren Verknüpfung mit der Ventilationsbahn im Bereich des Rangierbahnhofs und zum anderen in Hinblick eines Kaltlufttransports über die aufgelockerte Bebauung im Bereich des Technoseums in Richtung Augustaanlage möglichst nicht durch weitere Strömungshindernisse gestört werden.

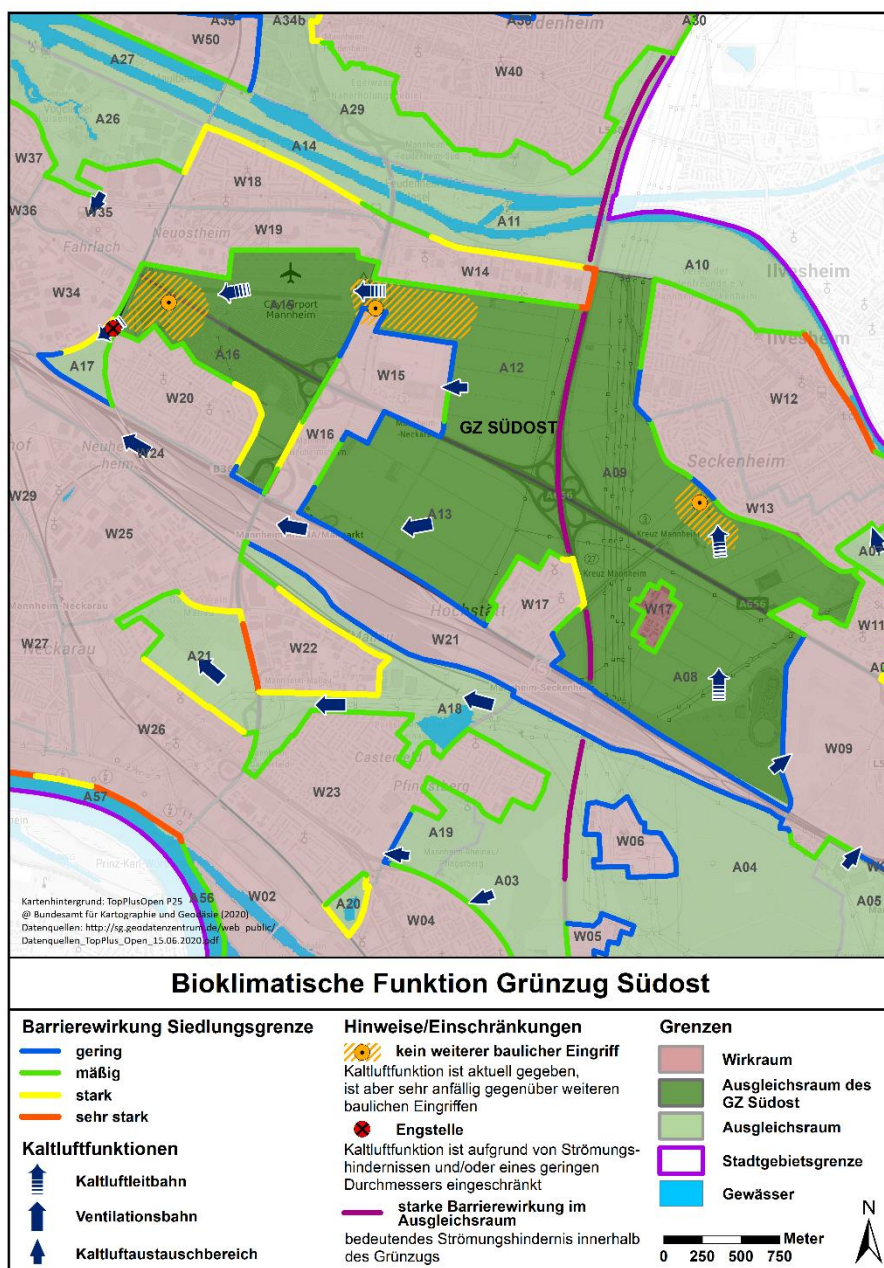


Abbildung 66: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Südost.

Die auf Seckenheim gerichtete Kaltluftleitbahn greift über die Grünflächen im Umfeld des Wasserturms aufgrund der geringen Barrierewirkung relativ weit in den Siedlungskörper hinein. Um dies aufrecht zu erhalten sollten weitere bauliche Eingriffe im Umfeld der Kloppenheimer Straße aus klimaökologischer Sichtweise unbedingt vermieden werden.

Die auf Seckenheim gerichtete Kaltluftleitbahn greift über die Grünflächen im Umfeld des Wasserturms aufgrund der geringen Barrierewirkung relativ weit in den Siedlungskörper hinein. Um dies aufrecht zu erhalten sollten weitere bauliche Eingriffe im Umfeld der Kloppenheimer Straße aus klimaökologischer Sichtweise unbedingt vermieden werden.

Die Barrierewirkung im Übergang zu den angrenzenden Wirkräumen ist aufgrund der insgesamt geringeren Bebauungsdichte im Stadtrandbereich meist gering bis mäßig.



Beim **Grünzug Süd** handelt es sich um ein rund 500 ha großes Grüngefüge, welches im Vergleich zu den anderen Grünzügen einen relativen hohen Baum- und Gehölzbestand besitzt. Aus diesem resultiert eine leicht herabgesetzte Kaltluftproduktion, allerdings führt der erhöhte Baumanteil in Verbindung mit der Lage am Rhein hinsichtlich der Tagsituation zu einem sehr wertvollen Naherholungspotential. Aufgrund der meist nur mäßigen Barrierewirkung zu den angrenzenden Siedlungsflächen kann die überwiegend flächenhafte Kaltluftströmung über die Ausgleichsräume A22 und A23 vergleichsweise weit in den Siedlungskörper einwirken. Um diese Funktion aufrecht zu erhalten sollte die Barrierewirkung durch bauliche Eingriffe möglichst nicht erhöht werden. Dies gilt insbesondere für die in Abbildung 67 markierten Bereiche im Ausgleichsraum A22 Oberes Rottfeld/Aufeld, da über diese Kaltluft bis in das relativ stark belastete Zentrum des Stadtteils Neckarau (W27) transportiert wird.

Im Bereich des Schlossparks (A25) kann aufgrund der vergleichsweise geringen Barrierewirkung im Nordosten Kaltluft über die Gleisanlagen ins Stadtinnere verlagert werden. Dagegen ist der Luftaustausch in den angrenzenden Stadtteil Lindenhof (W32) aufgrund der meist starken Barrierewirkung der vorherrschenden Blockrandbebauung nur über die relativ schmalen Straßenschluchten möglich. Eine Ausnahme stellt die vergleichsweise breite Glücksteinallee dar, welche südlich des Victoria-Turms über eine kleine Grünzunge mit dem Schlosspark verbunden ist. Dieser Bereich sollte hinsichtlich eines Kaltluftaustausches möglichst offen gehalten werden.

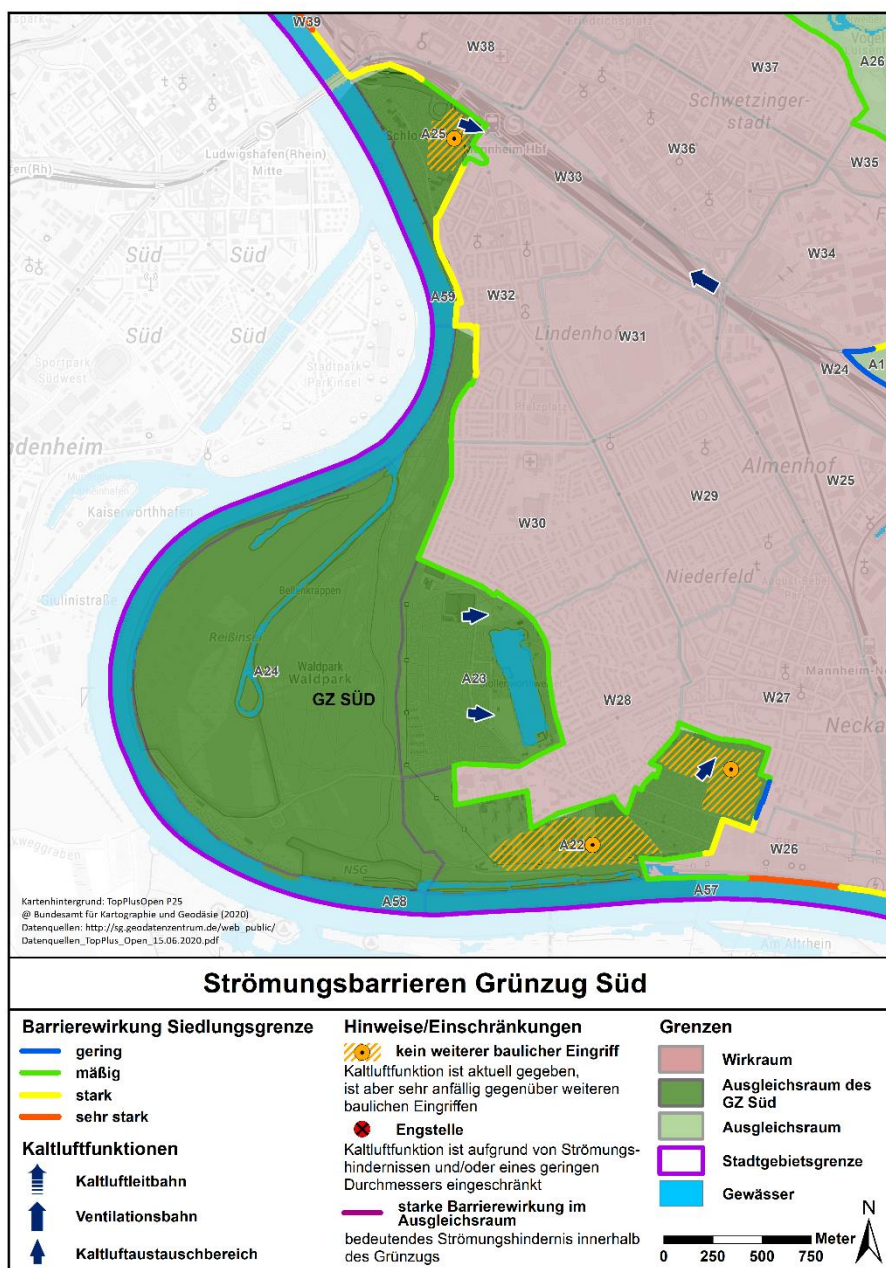


Abbildung 67: Übersicht zur bioklimatischen Funktion des Grünzugs Süd.

6.4 MAßNAHMEN UND IHRE WIRKUNGEN

Die Planungshinweiskarte zeigt Bereiche in der Stadt auf, in denen Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation erforderlich bzw. empfehlenswert sind. Der nachstehende Maßnahmenkatalog zeigt die verschiedenen Möglichkeiten der Ausgestaltung auf und soll dazu dienen, die Planungshinweise zu konkretisieren. Für Mannheim wurde ein Katalog aus **20 klimaökologisch wirksamen Einzelmaßnahmen** identifiziert. Die Maßnahmen sind stichpunktartig in **Tabelle 14** beschrieben und in verschiedene Cluster aufgeteilt:

- Thermisches Wohlbefinden im Außenraum¹³
- Verbesserung der Durchlüftung
- Reduktion der Wärmebelastung im Innenraum¹⁴

Der Maßnahmenkatalog soll dazu dienen, bioklimatisch günstige Strukturen zu erhalten und bioklimatisch belastende Strukturen zu optimieren. Er stützt sich allein auf bioklimatische Aspekte und ist mit anderen (z.B. ökologischen oder stadtplanerischen) Belangen abzuwägen. Demnach sollten etwa Entsiegelungsmaßnahmen unter Beachtung der Belange des Boden- und Grundwasserschutzes umgesetzt werden und Vorhaben zum Rückbau im Hinblick auf die stadtplanerische Leitlinie „Innen- vor Außenentwicklung“ geprüft und abgewogen werden.

Maßnahmenwirkungen

Soweit möglich sollte der Grünanteil im Stadtgebiet erhöht werden, insbesondere in thermisch belasteten Bereichen (→ M01: Innen-/Hinterhof-Begrünung, → M02: Öffentliche Grünräume schaffen). Wasserversorgte strukturreiche Grünflächen (mit Bäumen, Sträuchern) wirken sich durch ihre Verdunstung positiv auf das Umgebungsklima aus und erhöhen durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität (→ M07: Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren). Im Vergleich zu wärmespeichernden städtischen Baumaterialien kühlen Grünflächen nachts deutlich schneller ab und können (ab einer gewissen Größe) als Kaltluftentstehungsgebiete auf ihr (nahes) Umfeld wirken. Gleichzeitig erfüllen sie viele weitere Funktionen wie die Möglichkeit zur Erholung, die Erhöhung der Biodiversität und Synergieeffekte zum Niederschlagsmanagement (Versickerung) und zur Luftreinhaltung (Deposition von Luftschadstoffen).

Neben ihres Potentials zur Verringerung der thermischen Belastung am Tage und in der Nacht (Schattenwurf, Verdunstung, etc.), übernehmen **Bäume** (und Sträucher) im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoffen und verbessern dadurch die Luftqualität. Bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen sollte darauf geachtet werden, dass der (vertikale) Luftaustausch erhalten bleibt, um Schadstoffe abzutransportieren und die nächtliche Ausstrahlung zu gewährleisten. Geschlossene Kronendächer sind daher insbesondere bei kleinen Straßenquerschnitten und hohem motorisierten Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Bei mehrspurigen Straßen bieten sich begrünte Mittelstreifen zur Baumpflanzung an. Im Bereich von Leitbahnen sollten Verschattungselemente zudem keine Barriere für Kalt- und Frischluftströmungen darstellen und daher möglichst nicht quer zur Fließrichtung angelegt werden. Dabei sind solche Gehölze

¹³ Bereich außerhalb von Gebäuden

¹⁴ Gebäudeinnenraum; in diese Kategorie fallen insbesondere Maßnahmen, die direkt am oder im Gebäude umgesetzt werden

zu bevorzugen, die keine hohen Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen, aufweisen¹⁵. Großkronige Laubbäume sind Nadelbäumen vorzuziehen, da sie im Winter geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können. Mit Blick auf den Klimawandel sollte bei der Artenauswahl von Neu- oder Ersatzpflanzungen auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden (vgl. „Projekt Stadtgrün 2021“ der LWG Bayern¹⁶ oder GALK-Straßenbaumliste¹⁷).

Maßnahmen zur Verschattung verringern die durch direkte Sonneneinstrahlung bedingte thermische Belastung am Tage. Beschattete Straßen, Fuß- und Radwege oder Parkplätze speichern weniger Wärme als die der Sonnenstrahlung ausgesetzten versiegelten Freiflächen (→ M06: Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien). Bei großflächiger Verschattung kann somit auch der nächtliche Wärmeinseleffekt und damit die thermische Belastung angrenzender Wohnquartiere reduziert werden.

Klimaangepasstes Bauen enthält viele der bisher genannten Maßnahmen und ist am einfachsten bei Neubauten umzusetzen, doch auch im Bestand und bei Nachverdichtung sind Maßnahmen zur Verbesserung bzw. Berücksichtigung stadtklimatischer Belange möglich. Im Neubau bietet sich die Chance, die Gebäudeausrichtung zu optimieren und damit den direkten Hitzeintrag zu reduzieren. Unter Berücksichtigung der Sonnen- und Windexposition sollten Gebäude so ausgerichtet werden, dass in sensiblen Räumen wie z.B. Schlafzimmern (oder auch Arbeitszimmer/Büroräume) der sommerliche Hitzeintrag minimiert wird (→ M20: Anpassung des Raumnutzungskonzeptes). Umso mehr gilt dies für sensible Gebäudenutzungen wie z.B. Krankenhäuser oder Pflegeheime. Durch geeignete Gebäudeausrichtung kann darüber hinaus eine gute Durchlüftung mit kühlender Wirkung beibehalten bzw. erreicht werden (Ausrichtung parallel zur Kaltluftströmung, Vermeidung von Querriegeln zur Strömungsrichtung, ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen den Gebäuden; → M11: Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten). Auch die Verwendung geeigneter Baumaterialien lässt sich im Wesentlichen nur bei Neubauten realisieren. Dabei ist auf deren thermische Eigenschaften zu achten – natürliche Baumaterialien wie Holz haben einen geringeren Wärmeumsatz und geben entsprechend nachts weniger Energie an die Umgebungsluft ab als z.B. Stahl oder Glas. Auch die Albedo kann über die Wahl entsprechender Baumaterialien beeinflusst werden, so ist die Reflektion der solaren Einstrahlung auf hellen Oberflächen größer, sodass sich diese weniger stark aufheizen (→ M03: Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten). Bautechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Innenraumklimas wie Dach- und Fassadenbegrünung, Verschattungselemente¹⁸ oder energetische Sanierung¹⁹ sind dagegen auch im Bestand umsetzbar und bieten vielfach Synergieeffekte zum Energieverbrauch der Gebäude (→ M15, M16, M17, M18).

Bei **Nachverdichtung** im Stadtgebiet sollten die Belange klimaangepassten Bauens berücksichtigt werden (insb. die Gewährleistung einer guten Durchlüftung). In der Regel stellt die vertikale Nachverdichtung dabei die aus stadtklimatischer Sicht weniger belastende Lösung dar, wobei die genaue Ausgestaltung jeweils im Einzelfall geprüft werden muss. Um Nachverdichtung möglichst klimaverträglich zu gestalten, ist die sogenannte *doppelte Innenentwicklung* in den Blickpunkt geraten (BfN 2016). Dabei geht es darum, Flächenreserven im Siedlungsraum nicht nur baulich, sondern auch mit Blick auf urbanes Grün zu entwickeln. Damit bildet diese auch Schnittstellen zum Städtebau, der Freiraumplanung und dem Naturschutz.

¹⁵ [Saubere Luft in der Stadt: Die besten Bäume für niedrige Ozonwerte | Institute for Advanced Sustainability Studies \(iass-potsdam.de\)](http://saubere-luft-in-der-stadt.de) (Abruf 04.05.2021)

¹⁶ www.lwg.bayern.de/landespflege/urbanes_gruen/085113/index.php (Abruf 24.03.2021)

¹⁷ www.galk.de/index.php/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste (Abruf 24.03.2021)

¹⁸ Bäume, Vordächer, Markisen, Jalousien/Außenrollos, Sonnensegel, Sonnenschutzglas, etc.

¹⁹ Wirkt nicht nur Energieverlusten im Winter entgegen, sondern auch gegen übermäßiges Aufheizen der Fassaden im Sommer.

Tabelle 14: Tabellarischer Maßnahmenkatalog zur Klimaanalyse Mannheim.

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
THERMISCHES WOHLBEFINDEN IM AUSSENRAUM				
01	Innen-/Hinterhofbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> Vegetation und Entsiegelung 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement und zur Biodiversität 	Innen- und Hinterhöfe
02	Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen	<ul style="list-style-type: none"> Kleine Parks und gärtnerisch gestaltete Grünflächen im innerstädtischen Raum, die auch Erholung bieten 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts Vernetzung von Grünflächen Synergien zum Niederschlagswassermanagement und zur Biodiversität 	Baulücken, größere Hinterhöfe (insb. in thermisch belasteten Wohngebieten)
03	Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten	<ul style="list-style-type: none"> Helle Farben (insbesondere von Dächern) und Baumaterialien, die wenig Wärme speichern 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts 	Dächer (Neubau und Bestand), ggf. Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
04	Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren	<ul style="list-style-type: none"> Rasenflächen oder Teilversiegelung (Rasengittersteine, etc.) niedrige Anzahl oberirdischer Stellplätze zugunsten von Grünflächen oder begrünte Gebäudeflächen 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und insb. nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze, Gebäude, Innen- und Hinterhöfe, Vorgärten, Betriebshöfe
05	Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> Blaue oder grüne Maßnahmen für den Verkehrsraum (blau-grün muss nicht zwangsläufig in Kombination erfolgen) Erhöhung des Vegetationsanteils im Verkehrsraum (Bäume, Alleen, Begleitgrün, Rasengitter, etc.) sowie Schaffung von offenen Wasserflächen (z.B. Brunnenanlagen auf Plätzen) s. auch Forschungsprojekt „BlueGreenStreets: Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere“ 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insb. tagsüber (bei Pflanzung neuer Bäume) und nachts Synergien zum Niederschlagswassermanagement (Entlastung des Kanalnetzes bei Starkregen, Grundwasserneubildung, Verdunstungskühlleistung) und zur Biodiversität 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
06	Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien	<ul style="list-style-type: none"> Bäume oder bautechnische Maßnahmen (Markisen, Überdachung, Sonnensegel) 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insb. tagsüber und nachts 	Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze, Gebäude im Wohn- und Arbeitsumfeld
07	Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren	<ul style="list-style-type: none"> Mikroklimatische Vielfalt von Grünflächen (offene Wiesenflächen, Bäume, Wasserflächen, Pflanzungen) 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung tagsüber und nachts Synergien zur Biodiversität 	Grün- und Freiflächen, Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
08	Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung	<ul style="list-style-type: none"> Schutz von Ausgleichsräumen mit einer sehr hohen Bodenkühlleistung und Aufwertung von Böden mit mittlerer bis geringer Bodenkühlleistung Verbesserung des Bodenaufbaus (Bodenlockerung, Bodenauftrag, usw.), Bodenschutz, Etablierung von verdunstungsstarken Pflanzen, Bewässerungsmaßnahmen, Begrünung und Entsiegelung 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insbesondere nachts, aber auch tagsüber Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Grün- und Freiflächen im Innen- und Außenbereich
09	Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen	<ul style="list-style-type: none"> Schutz von Grünflächen, die das Stadtklima besonders begünstigen 	<ul style="list-style-type: none"> Bedeutung für den Kaltlufthaushalt Wichtige Funktionen für die Erholung, Biodiversität und Niederschlagswassermanagement 	Grün- und Freiflächen (insb. im Umfeld hoher Einwohnerdichten)
10	Offene, bewegte Wasserflächen schützen, erweitern und anlegen	<ul style="list-style-type: none"> Stadtklimafunktion größerer Fließ- und Stillgewässer und sonstiger Wasserflächen Rauigkeitsarme Ventilationsbahnen, über die v.a. bei allochthonen Wetterlagen Kalt- und Frischluft transportiert wird 	<ul style="list-style-type: none"> Während der Sommermonate und speziell Hitzeperioden wirken Gewässer auf ihr nahes Umfeld tagsüber kühlend (auch kleinere Gewässer, Wasserspielplätze oder Brunnen in Parks) Oberflächennahe Temperatur kann nachts über der umgebenden Lufttemperatur liegen und eine Wärmeabgabe bewirken 	Gewässer, Grün- und Freiflächen

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
VERBESSERUNG DER DURCHLÜFTUNG				
11	Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten	<ul style="list-style-type: none"> Gebäudeanordnung parallel zur Kaltluftströmung und/oder ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen der Bebauung (aufgelockerte Bebauung) 	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Kaltluftströmung / Durchlüftung Reduktion des Wärmestaus 	Neubau, Gebäudekomplexe
12	Entdichtung (Rückbau)	<ul style="list-style-type: none"> Rückbau von Gebäuden verringert die Bebauungsdichte und das Bauvolumen 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Wärmebelastung insb. nachts Verbesserung der Durchlüftung Synergien zum Niederschlagswassermanagement 	Gebäude(-teile), z.B. in Blockinnenhöfen sowie Garagen, Lagerhallen, ggf. Industrie- und Gewerbebrachen, Bahnanlagen
13	Vermeidung von Austauschbarrieren	<ul style="list-style-type: none"> Quer zur Fließrichtung verlaufende bauliche (Dämme, Gebäude) oder natürliche Hindernisse (Baumgruppen, jedoch Beibehaltung bestehender Gehölze!) im Einflussbereich von Kaltluftflüssen vermeiden bzw. Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte auf klimaökologische Belange anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> Schutz des Luftaustauschsystems 	Grün- und Freiflächen im Innen- und Außenbereich, gut durchlüftete Wohn- und Gewerbeflächen, Straßen, Wege, Plätze, Parkplätze
14	Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen	<ul style="list-style-type: none"> Freihaltung großräumiger, möglichst wasser versorgter und durch flache Vegetation geprägter Grünflächen wie Wiesen, Felder, Kleingärten und Parklandschaften (im Außen- und Innenbereich), die Einfluss auf den lokalen Kaltlufthaushalt haben Kleine Parks als Trittsteine für Kaltluft 	<ul style="list-style-type: none"> Schutz vor stärkerer Überwärmung und Verschlechterung der Durchlüftung Synergien zur Biodiversität 	Grün- und Freiflächen im Innen- und Außenbereich, Wiesen und extensives Grünland

Nr.	Maßnahme	Erläuterung	Wirkung	Räumliche Umsetzung
REDUKTION DER WÄRMEBELASTUNG IM INNENRAUM				
15	Dachbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extensive oder intensive Dachbegrünung (bis hin zu Gärten und urbaner Landwirtschaft auf Dächern; unter Bevorzugung heimischer Pflanzen), blaugüne Dächer (im Wasser stehende Pflanzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung des Innenraumklimas ▪ Bei großflächiger Umsetzung und geringer Dachhöhe Verbesserung des unmittelbar angrenzenden Außenraumklimas möglich ▪ Synergien zum Niederschlagswassermanagement, Biodiversität und Klimaschutz 	Flachdächer, ggf. flach geneigte Dächer
16	Fassadenbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Boden- oder systemgebundene Fassadenbegrünung (Bevorzugung heimischer bzw. bienenfreundlicher Pflanzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung des Innenraumklimas und des unmittelbar angrenzenden Außenraumklimas ▪ Synergien zur Biodiversität sowie zu Lärm- und Gebäudeschutz 	Gebäude (Neubau und Bestand; soweit rechtlich zugelassen)
17	Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fassadenbegrünung, Bäume, Balkongestaltung, bautechnische Maßnahmen wie außen liegende Sonnenschutzelemente (Jalousien, Markisen, etc.), reflektierendes Sonnenschutzglas bzw. -folie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirkung tagsüber und nachts ▪ Verbesserung des Innenraumklimas ▪ Synergien zum Klimaschutz 	Gebäude (Neubau und Bestand)
18	Gebäude energetisch sanieren und klimagerecht kühlen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dämmung von Gebäuden, helle Farbgebung (Erhöhung des Albedowertes), geeignete Raumlüftung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In erster Linie Klimaschutzmaßnahme ▪ Verbesserung des Innenraumklimas tagsüber 	Gebäude (Bestand)
19	Technische Gebäudekühlung	<p>Möglichst ressourcenschonende Lösung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adiabate Abluftkühlung, in der Regenwasser genutzt wird ▪ Erdkältenutzung ▪ Adsorptionskältemaschinen, die durch solare Energie oder Abwärme angetrieben werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühlung des Innenraums von Gebäuden durch eine möglichst nachhaltige Gebäudeklimatisierung 	Gebäude, in denen passive Maßnahmen nicht ausreichend angewendet werden können
20	Anpassung des Raumnutzungskonzeptes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimierung der Gebäudeausrichtung und der Nutzung von Innenräumen, d.h. sensible Räume nicht nach Süden ausrichten (z.B. Schlaf-, Arbeits- oder von Risikogruppen genutzte Zimmer, z.B. im Seniorenzentrum) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung des Innenraumklimas (in sensiblen Räumen) 	Gebäude, insb. klimasensible Gebäudenutzungen (vorwiegend Neubau)

7. Steckbriefe der Ausgleichs- und Wirkräume

In den folgenden Steckbriefen wird die bioklimatische Bewertung der insgesamt 138 Mannheimer Wirk- und Ausgleichsräume zusammengefasst. In jedem dieser Betrachtungsräume (mit Ausnahme der reinen Gewässerabschnitte des Rheins) wird das Bioklima (genau genommen „Humanbioklima“²⁰) für die Tag- und Nachtsituation betrachtet. Als Grundlage dienen die Ergebnisse der Planungshinweiskarte in Kombination mit dem Maßnahmenkatalog sowie der Erkenntnisse aus der Messkampagne. Die Steckbriefe bilden für jeden Ausgleichs- bzw. Wirkraum die genannten Produkte in gekürzter Form ab und setzen Erkenntnisse über diese voraus.

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird jeder Betrachtungsraum nach dem gleichen Muster beschrieben. Jeder Steckbrief enthält einen Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte, Flächenstatistiken, einen beschreibenden Textbaustein zur Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation sowie eine textliche Ausführung detaillierter Maßnahmenempfehlungen für relevante Beispielflächen. Dabei wird zwischen den drei verschiedenen Flächenarten Grün- und Freiflächen, Siedlungsflächen, Verkehrswege und Plätze unterschieden.

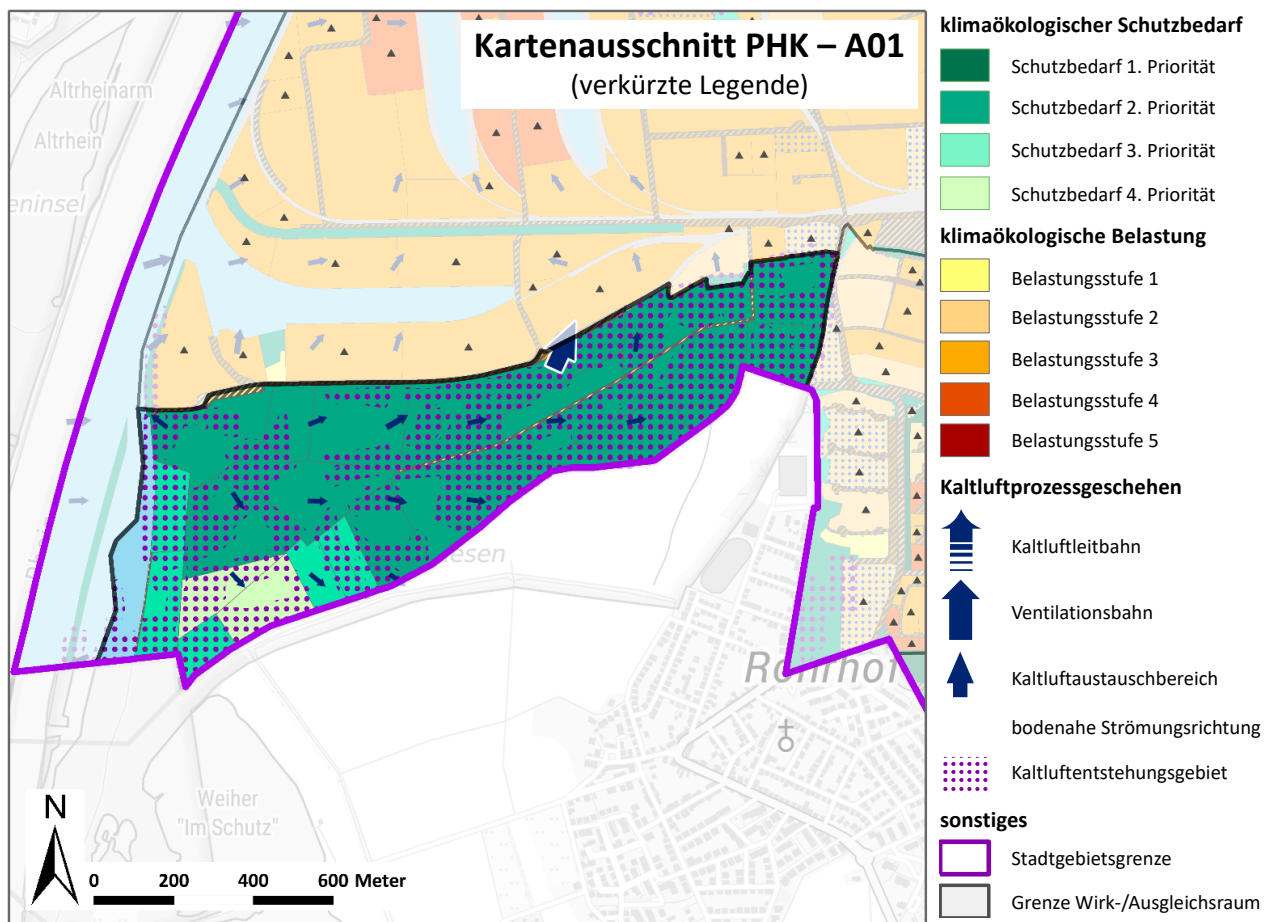
²⁰ Das Humanbioklima beinhaltet die Gesamtheit der Klimafaktoren unter Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf den Menschen (Der Oberbegriff „Bioklima“ berücksichtigt die Gesamtheit der Klimafaktoren und ihre Auswirkungen auf lebende Organismen).

7.1 AUSGLEICHSRÄUME

Ausgleichsraum: A01 Riedwiesen.....	116
Ausgleichsraum: A02 Rheinauer See.....	118
Ausgleichsraum: A03 Dossenwald (I)	120
Ausgleichsraum: A04 Dossenwald (II)	122
Ausgleichsraum: A05 Im Eichwald.....	124
Ausgleichsraum: A06 Lange Liese/Schwarzgewann.....	126
Ausgleichsraum: A07 Oberfeld.....	128
Ausgleichsraum: A08 Mittelfeld	130
Ausgleichsraum: A09 Östliches Niederfeld	132
Ausgleichsraum: A10 Neckarvorland (Waidstücke, Wörth).....	134
Ausgleichsraum: A11 Neckarvorland (Wörthel).....	136
Ausgleichsraum: A12 Mühlfeld, Niederfeld	138
Ausgleichsraum: A13 Kloppenheimer Feld, Hermsheimer Bösfeld	140
Ausgleichsraum: A14 Neckarvorland (Neuostheim Schleuse)	142
Ausgleichsräume: A15/A16/A17 Flugplatz/Harrlachgärten/Kleingärten Hintergereute	144
Ausgleichsraum: A18 Atzelaue.....	146
Ausgleichsraum: A19 Riemen.....	148
Ausgleichsraum: A20 Stengelhofweiher	150
Ausgleichsraum: A21 Morchfeld/Casterfeld	152
Ausgleichsraum: A22 Oberes Rottfeld/Aufeld	154
Ausgleichsraum: A23 Stollenwörthweiher/Dohllache/Grosse Platte	156
Ausgleichsraum: A24 Waldpark	158
Ausgleichsraum: A25 Schlosspark	160
Ausgleichsraum: A26 - Luisenpark	162
Ausgleichsraum: A27 Neckarvorland	164
Ausgleichsraum: A28 Neckarvorland II	166
Ausgleichsraum: A29 Egelwasser	168
Ausgleichsraum: A30 Langgewann/Heckremis	170
Ausgleichsraum: A31 strassenheim	172
Ausgleichsraum: A32 Vogelstang-Seen	174
Ausgleichsraum: A33 Die Bell / Auf Den Ried	176
Ausgleichsraum: A34a Spinelli	178
Ausgleichsraum: A34b Au.....	180
Ausgleichsraum: A35 Sellweiden/Hauptfriedhof	182
Ausgleichsraum: A36 Herzogenriedpark.....	184

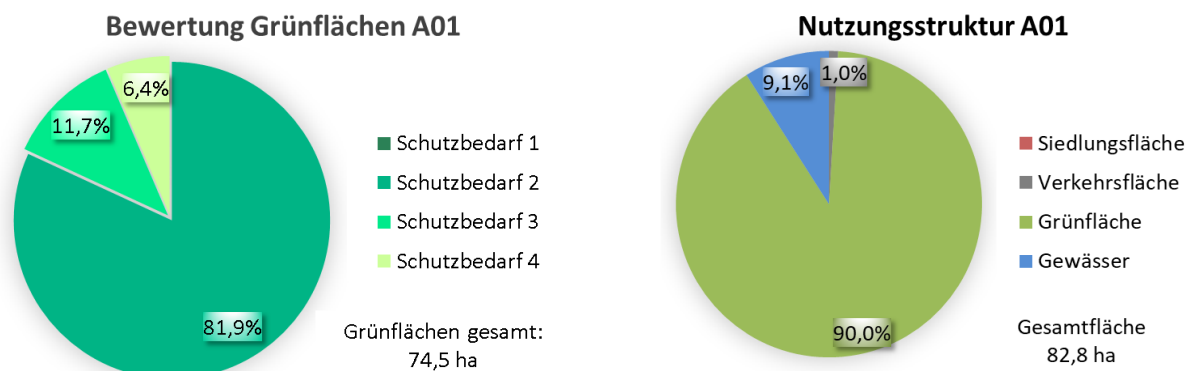
Ausgleichsraum: A37 Radrennbahn	186
Ausgleichsraum: A38 Sandgewann/Sibylla-Merian-Strasse.....	188
Ausgleichsraum: A39 Weidenbergel	190
Ausgleichsraum: A40 Käfertaler Wald.....	192
Ausgleichsraum: A41 Herrschaftswald.....	194
Ausgleichsraum: A42 Neuwald.....	196
Ausgleichsraum: A43 Sandtorf	198
Ausgleichsraum: A44 Kühunterhorst	200
Ausgleichsraum: A45 Rheingewann/Weidenschlägel	202
Ausgleichsraum: A46 Deponie	204
Ausgleichsraum: A47 Altrhein	206
Ausgleichsraum: A48 Sportanlage Harmonia, Grünflächen nördlich der Spiegelfabrik	208
Ausgleichsraum: A49 Krähenflügel.....	210
Ausgleichsraum: A50 Wilhelmswörth/Förchenwörth.....	212
Ausgleichsraum: A51 Wilhelmswörth/Fohlenweide/Steinäcker	214
Ausgleichsraum: A52 Coleman Airfield	216
Ausgleichsraum: A53 Sandtorfer Bruch	218
Ausgleichsraum: A54 Markgrafenacker	220
Ausgleichsraum: A55 Ballauf-Wilhelmswörth.....	222
Ausgleichsräume: A56 bis A62 Rheinsegmente	224
Ausgleichsraum: A63 US-Tanklager.....	225

AUSGLEICHSRaum: A01 RIEDWIESEN



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Riedwiesen (A01)** befindet sich im äußersten Südwesten von Mannheim und umfasst das NSG Backofen-Riedwiesen / Schwetzingen Wiesen. Entlang des Rheins befinden sich Ausläufer der südlich angrenzenden Rheinauen. Die übrigen Flächen sind durch Feuchtwiesen und Gehölzinseln geprägt. Das Freiraumgefüge stellt aufgrund seiner Ausdehnung und Lagebeziehung zu den Industrieflächen des Rheinau-Hafen (Wirkungsraum W02) sowie der Wohnbebauung Rheinau-Süd (W01) ein wesentliches klimaökologisches Gunspotential dar. Über den tiefer liegenden Riedwiesen kommt es zu rascher Abkühlung und erhöhter Kaltluftproduktion. Während Strahlungswetterlagen kann es zwischen der wärmeren Bebauung Rheinau-Süd im bodennahen Luftraum zu intensiverem Luftaustausch in Form einer nächtlichen Lokalströmung aus westlicher Richtung kommen, die vor allem die westlichen Teilbereiche der Bebauung positiv beeinflusst. Bleiben solche Lokalströmungen witterungsspezifisch aus, kann die Kaltluft jedoch nicht aktiv in die höherliegende



Bebauung vordringen. Dies betrifft insbesondere den nördlich angrenzenden Rheinau-Hafen, wo im Bereich der Rotterdamer Straße eine mäßig starke bis starke Strömungsbarrierewirkung zu erkennen ist. Bei intensiverer Anströmung aus südlichen Richtungen profitiert der Hafenbereich gleichwohl von der thermischen Gunst der Riedwiesen. Insgesamt ist das thermische Ausgleichspotenzial der Riedwiesen als sehr hoch einzustufen.

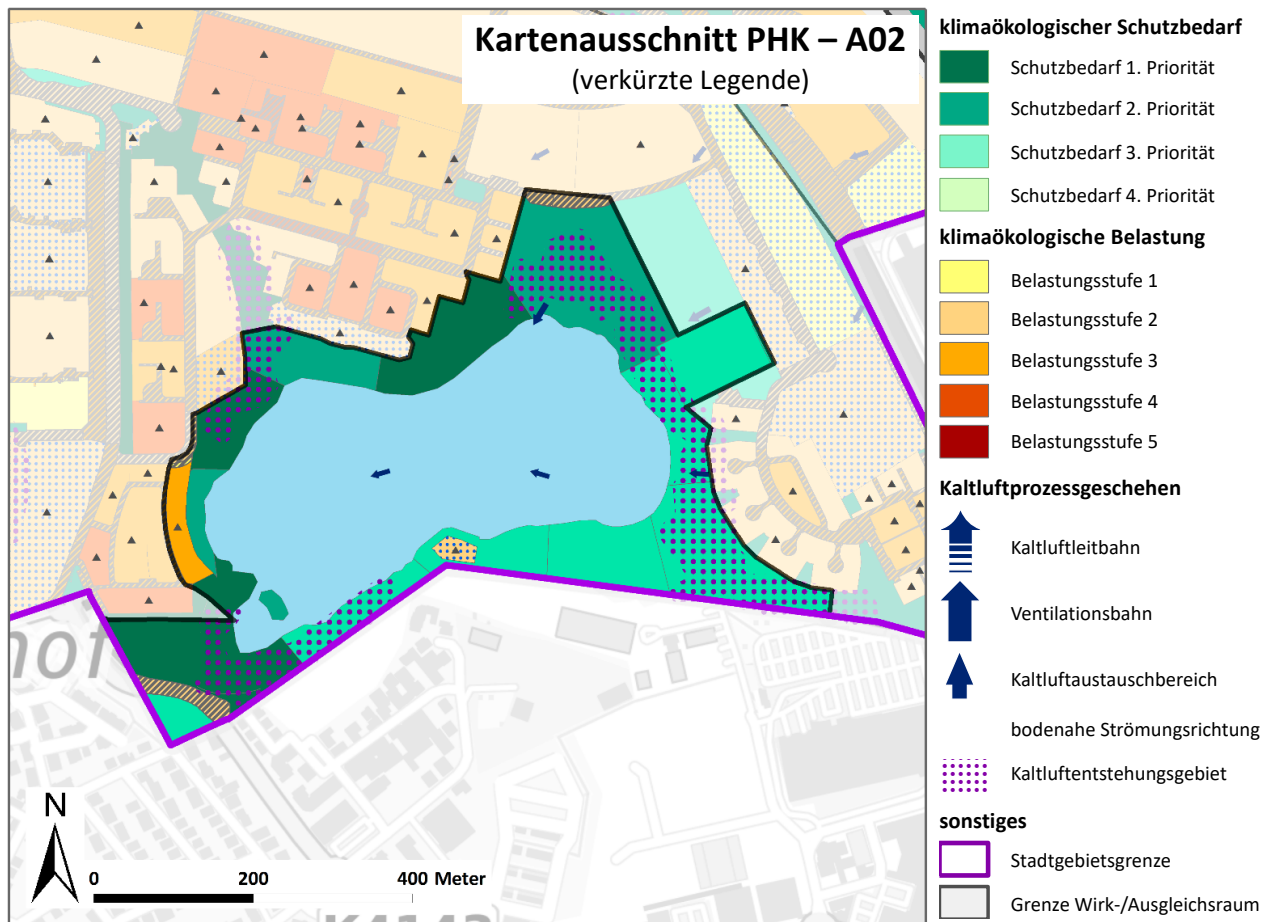
Die bioklimatischen Funktionen als Kaltluftaustauschbereich sowie als bedeutendes Kaltluftentstehungsgebiet führen in der Flächenbewertung zu einem weitestgehend sehr hohen Schutzbedarf (Priorität 2). Lediglich ein kleiner Teilbereich im Südwesten besitzt aufgrund der größeren Entfernung zum Siedlungsraum einen im Vergleich geringeren Schutzbedarf (Priorität 3 und 4).

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A01 ist aufgrund seiner Lage und Flächennutzung ein hoch bedeutsames Kalt-/Frischluf-
tentstehungsgebiet und ist langfristig in seiner Gesamtheit vor einer baulichen Inanspruchnahme zu schützen
**(M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung und M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und
Waldflächen)**. Der Status als NSG ist dauerhaft zu sichern. Am östlichen Übergang des Freiraums zur Wohn-
bebauung Rheinau-Süd ist der bislang bestehende recht offene Übergang beizubehalten **(M13 - Vermeidung
von Austauschbarrieren)**.

Die geplante Bebauung westlich der Rohrhofer Straße sollte einem Einwirken der Kaltluft in östlicher Rich-
tung möglichst wenig Widerstand bieten. So sollten die Abstandsflächen beispielsweise nach Westen hin ge-
öffnet, ausreichend breit (mind. 50 m) und die Gebäude in Ost-West-Richtung ausgerichtet sein **(M11 - Bau-
körperstellung und Abstandsflächen beachten und M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren)**.

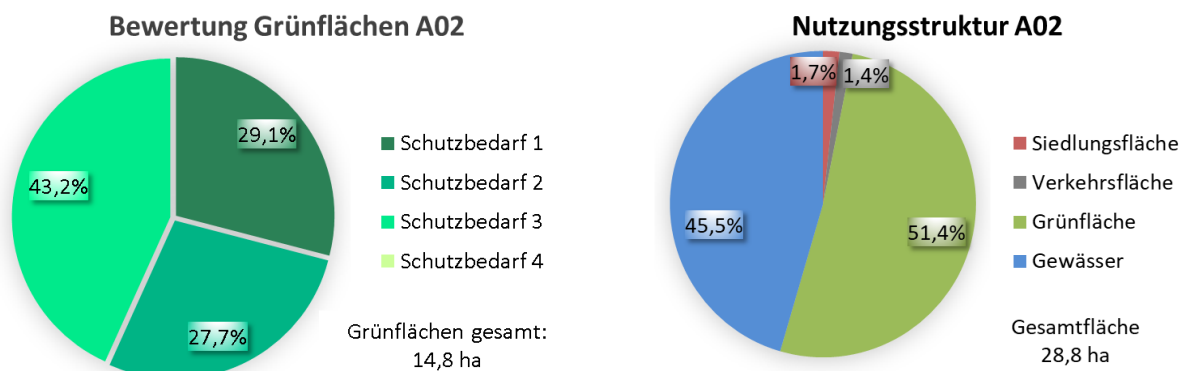
AUSGLEICHSPAUM: A02 RHEINAUER SEE



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Rheinauer See (A02)** umfasst die Seenfläche sowie die Uferbereiche des Rheinauer Sees. Die größtenteils parkartig angelegten Uferrandbereiche werden allein von Fuß- und Radwegen durchquert. Im Südwesten ist in den letzten Jahren ein neues Wohnquartier entwickelt worden, bei welchem klimaökologische Vorgaben bzgl. der Durchströmbbarkeit und Freiflächengestaltung Eingang fanden (ÖKOPLANA 2014). Entsprechend sind am Westrand des Ausgleichsraums A02 allein Solitärbauten in lockerer Reihung errichtet worden, um zwischen dem Ausgleichsraum A02 und dem Wirkungsraum W01 eine möglichst enge räumliche Verzahnung zu gewährleisten.

Der begrünte Uferbereich bildet an warmen / heißen Sommertagen mit seinen schattenwerfenden Baumbeständen einen bioklimatisch bedeutsamen Erholungsraum. In den Nachtstunden fungiert die Fläche als



Kalt- und Frischluftquelle. Die Wasserfläche des Rheinauer Sees weist bzgl. seiner thermischen Gunst ein jahreszeiten- und witterungsspezifisch variierendes Wirkungspotenzial in Abhängigkeit von der Wassertemperatur auf. Es ist hoch bei niedrigen Wassertemperaturen (bevorzugt im Frühsommer) und nimmt mit typischerweise ansteigenden Wassertemperaturen im Hoch- und Spätsommer bzw. anhaltenden Hitzeperioden ab.

Da die Seefläche und die angrenzende begrünte Uferzone tiefer als die angrenzende Bebauung liegt, kann die Frischluft aus dem Ausgleichsraum kaum aktiv (Flurwindeffekt) in W02 zur Geltung kommen. Sie wirkt vielmehr passiv bei Situationen mit südwestlichen bis südöstlichen Lokalströmungen.

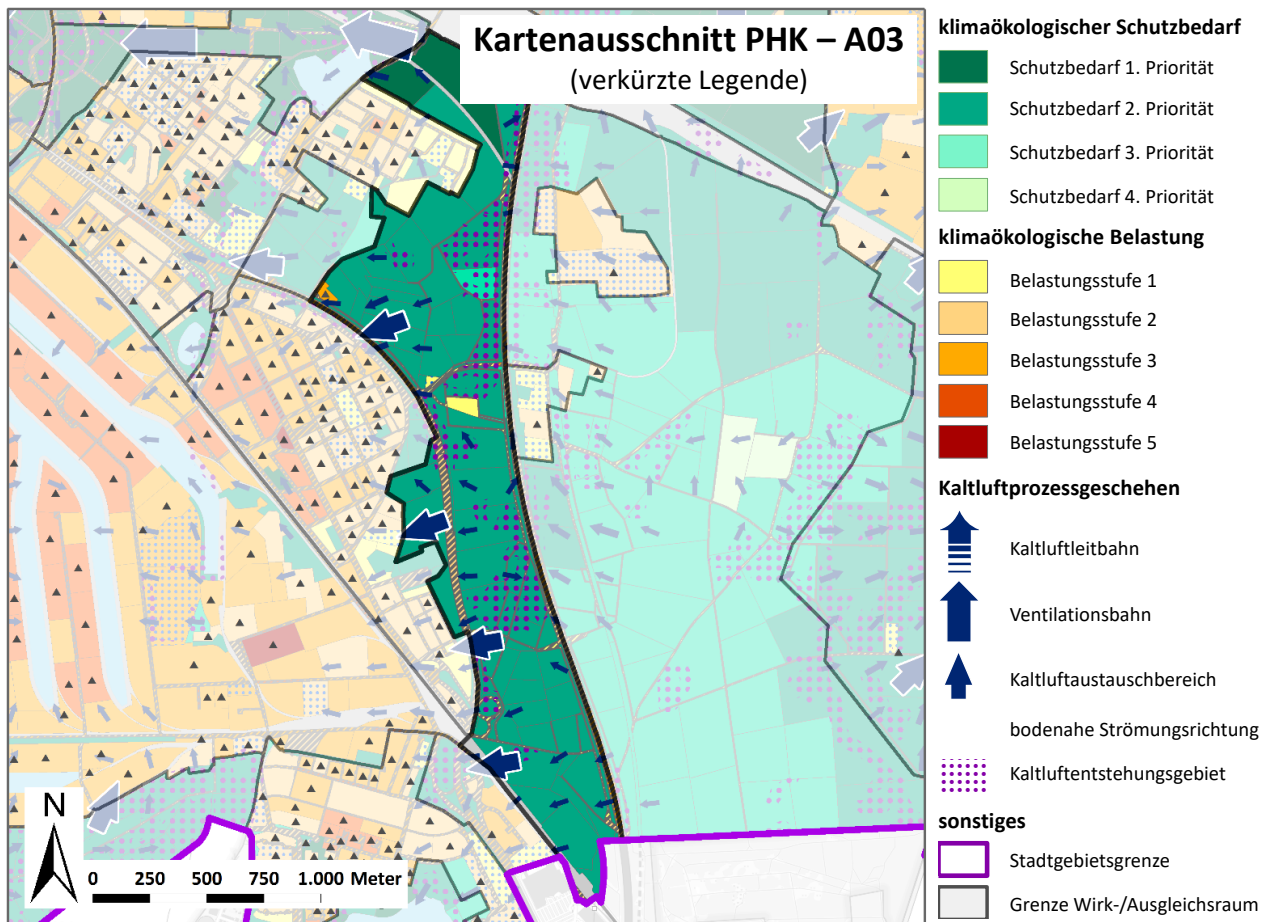
Die Nähe zu stark belasteten Siedlungsräumen, die gewässerbedingte Kühlwirkung am Tage sowie die bioklimatische Funktion als nächtliches Kaltluftentstehungsgebiet führen in der Flächenbewertung zu einem überwiegend sehr hohen Schutzbedarf (Priorität 1 und 2). Da die Grünflächen im Südosten nicht direkt an stark belastete Siedlungsräume angrenzen, besitzen diese einen im Vergleich geringeren Schutzbedarf (Priorität 3).

Maßnahmenempfehlungen

Die parkartig angelegten Grünflächen rund um den Rheinauer See sind auf Mannheimer Gemarkung dauerhaft zu sichern. Eine weitere bauliche Inanspruchnahme von Teilbereichen (z.B. Sportplatzfläche im Osten) ist aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen, um das Kaltluftentstehungspotenzial im Ausgleichsraum A02 nicht weiter zu reduzieren. Die Wasserfläche des Rheinauer Sees trägt in den warmen Sommermonaten nicht zur Kaltluftbildung bei.

Bei der langfristigen Sicherung der Grünflächen im Ausgleichsraum A02 sind die Planungsmaßnahmen **M07 (Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren)**, **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** und **M10 (Offene, bewegte Wasserflächen schützen, erweitern und anlegen)** zu beachten.

AUSGLEICHSRaum: A03 DOSSENWALD (I)



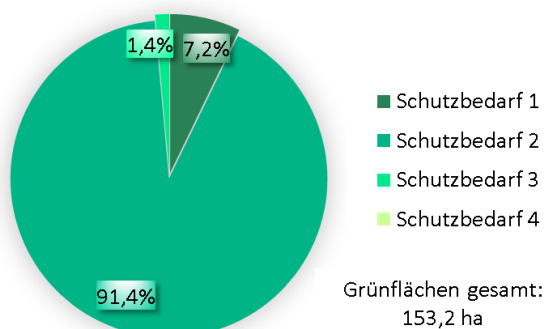
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **A03 Dossenwald (I)** umfasst den westlichen Teilbereich des FFH/LSG-Gebiets Unterer Dossenwald. Der größte Teil der Fläche ist bewaldet. Daneben finden sich noch Wiesen- und Ackerflächen sowie eine Kleingartenfläche östlich der Feuerwache Süd. Im Westen grenzt der Ausgleichsraum A03 an die Bebauung von Rheinau an, die am Siedlungsrand eine nur geringe bis mäßige Barrierewirkung aufweist.

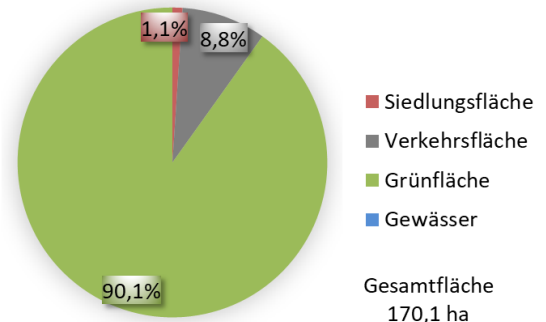
Die den Wald durchschneidende B 36 bildet innerhalb des Ausgleichsraums keine gravierende Strömungsbarriere.

Insgesamt stellt der Ausgleichsraum A03 aufgrund seiner Ausdehnung und Lagebeziehung zur Bebauung ein wesentliches klimaökologisches Gunspotential im südöstlichen Stadtgebiet dar. Der dichte Baumbestand

Bewertung Grünflächen A03



Nutzungsstruktur A03



des Dossenwaldes erschwert zwar die Luftzufuhr aus dem Wald im bodennäheren Luftraum, dennoch ergeben sich bedeutende klimaökologische Positiveffekte. Das Waldgebiet fördert die Produktion von Frischluft. Sie gelangt bei häufig vorherrschenden südöstlichen und östlichen Luftströmungen vorzugsweise in den angrenzenden Wirkungsraum Rheinau (W03, W04) bzw. in Verbindung mit dem kleineren Ausgleichsraum A19 noch in die Bebauung Pfingstberg (W23).

Insbesondere die bioklimatische Funktion als weiträumiger Kaltluftaustauschbereich führt in der Flächenbewertung zu einem überwiegend sehr hohen Schutzbedarf (Priorität 2). Im Norden bildet zudem ein Teilbereich den Beginn der in den Stadtteil Neckarau führenden Ventilationsbahn, was für die betreffenden Flächen den höchsten Schutzbedarf bedeutet (Priorität 1).

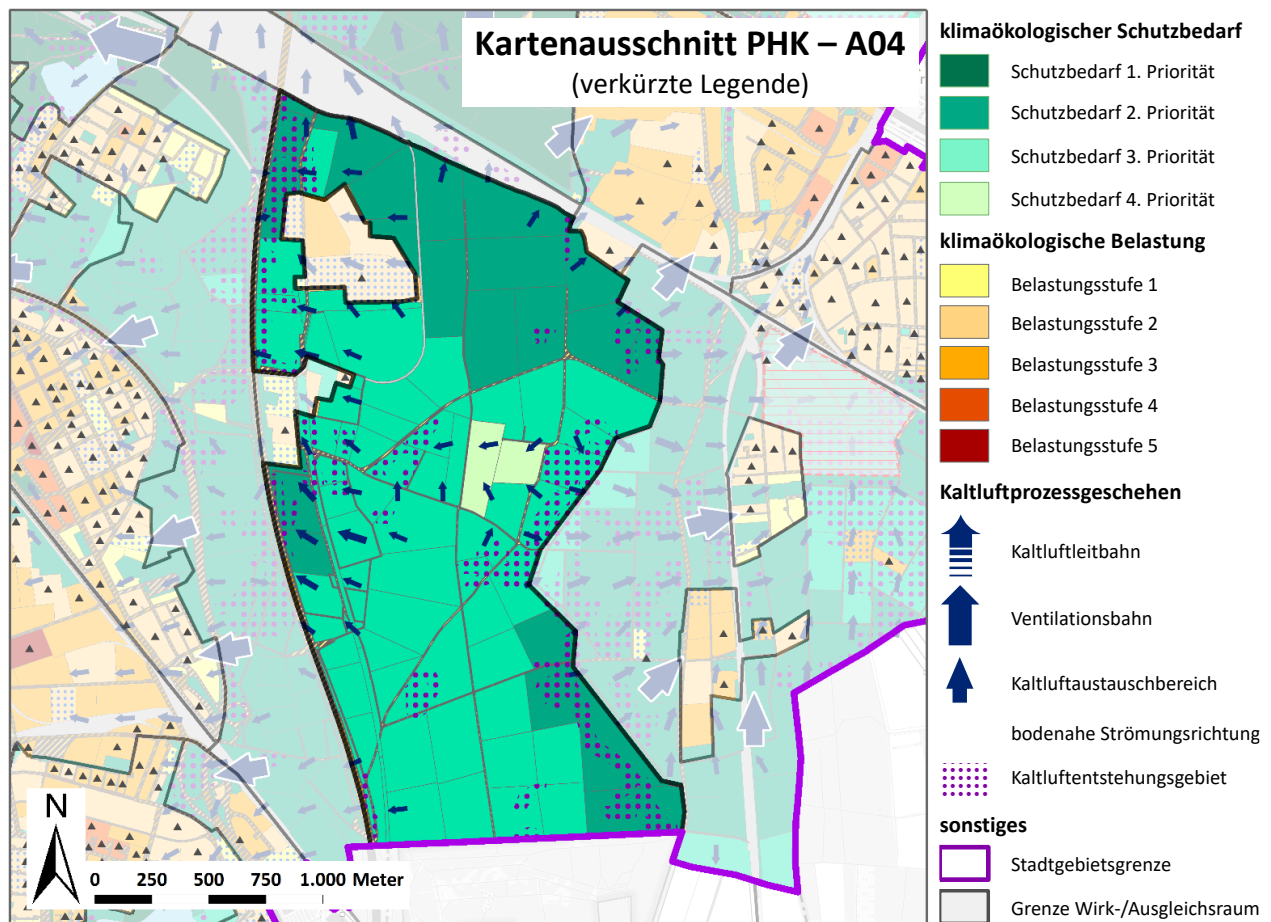
Maßnahmenempfehlungen

Die Waldflächen des Dossenwalds stellen im Teilbereich A03 einen stadtklimatisch hoch bedeutsamen Ausgleichsraum dar. Entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** sind die gesamte Waldfläche sowie die Wiesen- und Ackerflächen langfristig zu sichern.

Am Übergang zur westlich angrenzenden Bebauung von Rheinau (W04, W23) ist auf eine möglichst geringe Barrierewirkung durch Hochbau zu achten (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Treten klimawandelbedingt vermehrt Trockenschäden im Waldbestand auf, so sollte der damit verbundene Baumverlust durch Neupflanzungen ersetzt werden. Bei der Wahl der Baumart ist auf ihre Trockentoleranz und Hitzeresistenz zu achten.

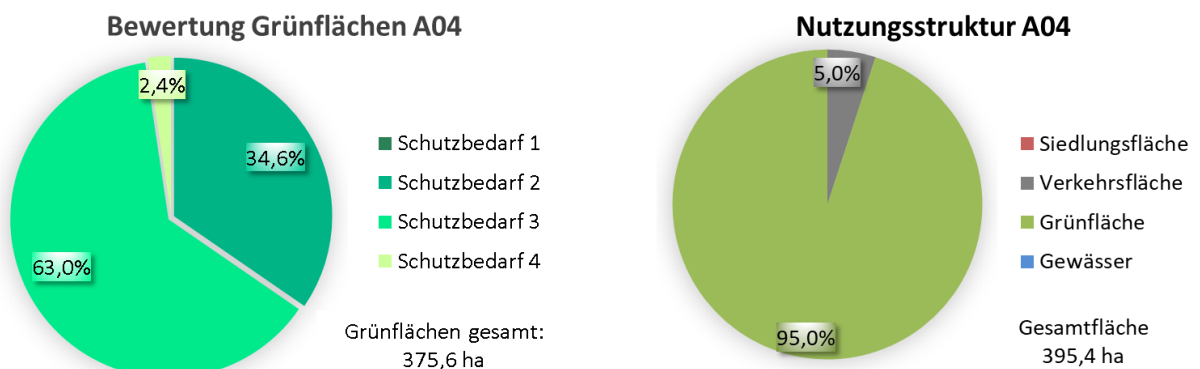
AUSGLEICHSRaum: A04 DOSSENWALD (II)



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **A04 Dossenwald (II)** befindet sich östlich der A 6. Die den Wald durchschneidende Autobahn weist im nördlichen Abschnitt zum Rangierbahnhof und im südlichen Abschnitt zur Anschlussstelle Mannheim/Schwetzingen eine starke Barrierewirkung auf und reduziert somit teilweise den lokalen Luftaustausch bzw. das Gesamtausgleichspotential des Dossenwaldes.

Insgesamt stellt der Ausgleichsraum A04 zusammen mit dem Ausgleichsraum A03 aufgrund seiner Ausdehnung und Lagebeziehung zur Bebauung ein wesentliches klimaökologisches Gunspotential im südöstlichen Stadtgebiet dar. An warmen Sommertagen sind die Waldflächen durch schattenwerfenden Gehölze vergleichsweise kühl und stellen damit bioklimatisch bedeutsame stadtnahe Erholungsflächen dar. Der dichte Baumbestand des Dossenwaldes erschwert zwar die Luftzufuhr aus dem Wald im bodennäheren Luftraum,



dennoch ergeben sich auch in den Nachtstunden bedeutende klimaökologische Positiveffekte. Das Waldgebiet fördert zusammen mit den Wiesen und Landwirtschaftsflächen die Produktion von Kalt- und Frischluft. Sie gelangt bei häufig vorherrschenden südöstlichen und östlichen Luftströmungen vorzugsweise über den Teilraum A03 in die angrenzenden Wirkungsräume Rheinau (W03, W04) bzw. in Verbindung mit dem kleineren Ausgleichsraum A19 noch in die Bebauung Pfingstberg (W23).

In den Ausgleichsraum A04 sind kleinräumige und nur wenig verdichtete Siedlungsstrukturen (Wirkungsraum W05 - Wasserwerk Rheinau und W06 – Forschungsgemeinschaft für Hochstromtechnik e.V.) eingebettet.

Die durch den schattenspendenden Wald reduzierte Wärmebelastung am Tag und die damit einhergehende Erholungsraumfunktion führt neben der Funktion als kalt- und frischluftproduzierendes Einzugsgebiet (z.B. für die „Kaltluftleitbahn Mittelfeld“) in der Flächenbewertung zu einem weitestgehend mittleren bis hohen Schutzbedarf (Priorität 2 und 3).

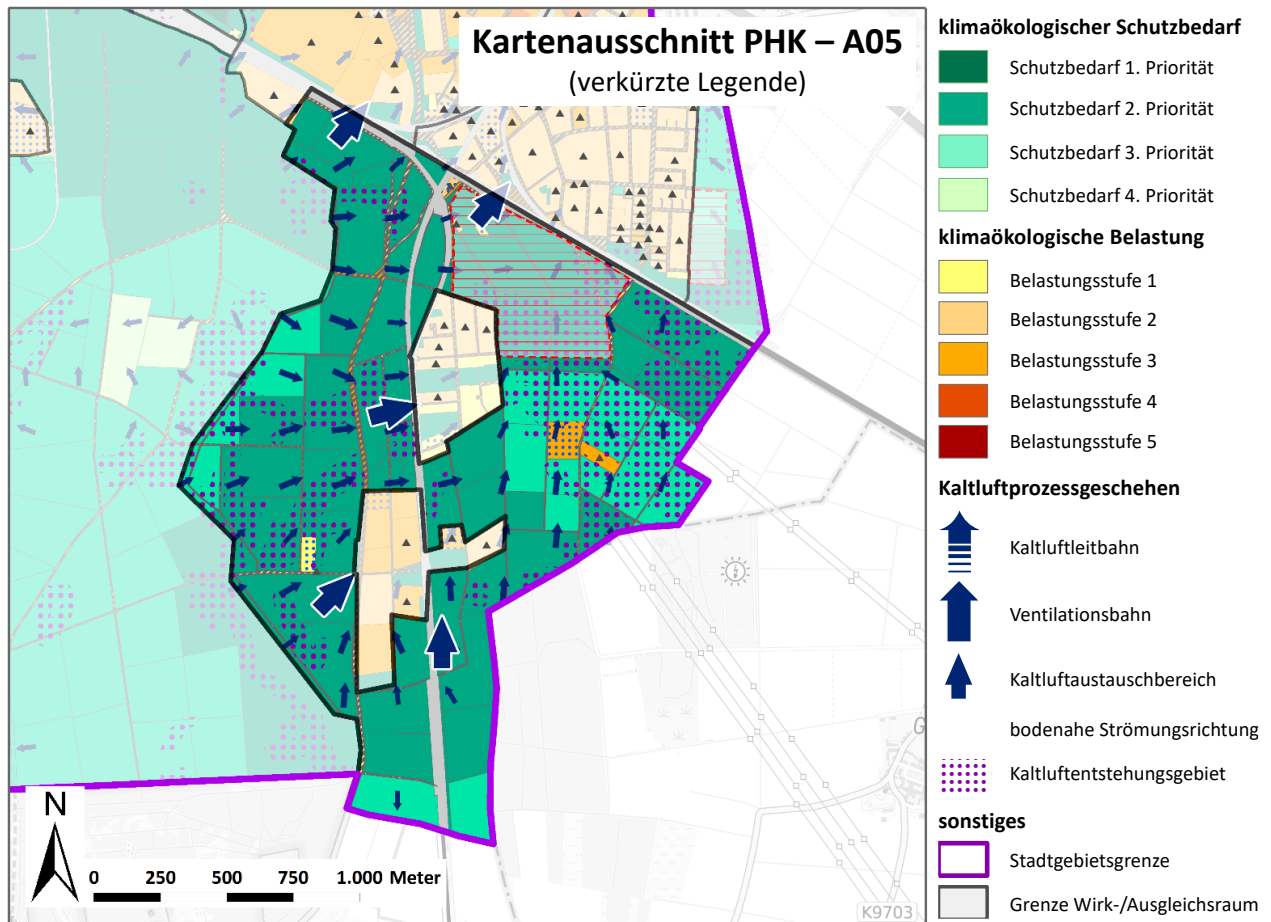
Maßnahmenempfehlungen

Die Wald-, Wiesen und Landwirtschaftsflächen des Ausgleichsraums A04 Dossenwald (II) bilden zusammen mit den Ausgleichsräumen A03, A05 und A19 ein stadtklimatisch hoch bedeutsames Freiraumgefüge. Entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** sind die gesamte Waldfläche sowie die Wiesen- und Ackerflächen langfristig zu sichern.

Im Bereich der räumlich eingebetteten Wirkungsräume W05 und W06 ist allenfalls innerhalb der Wirkungsräume selbst eine begrenzte bauliche Verdichtung möglich.

Treten klimawandelbedingt vermehrt Trockenschäden im Waldbestand auf, so sollte der damit verbundene Baumverlust durch Neupflanzungen ersetzt werden. Bei der Wahl der Baumart ist auf ihre Trockentoleranz und Hitzeresistenz zu achten.

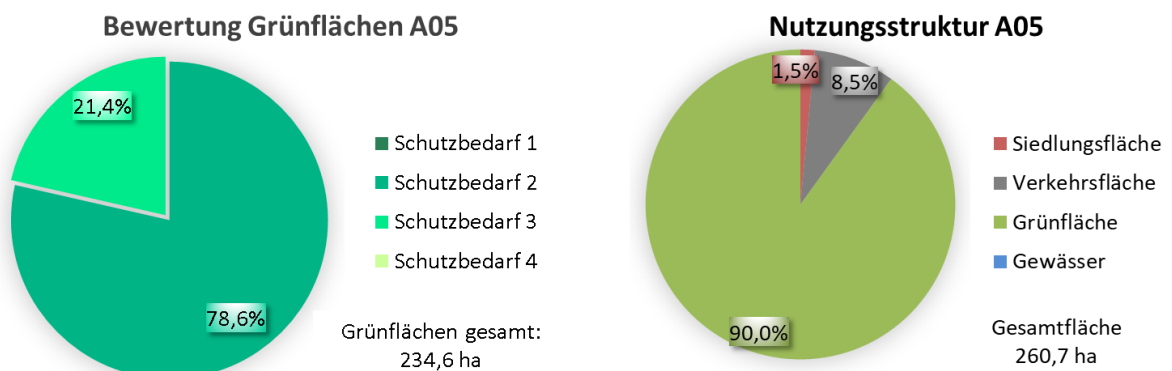
AUSGLEICHSPAUM: A05 IM EICHWALD



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum „Im Eichwald“ (A05) geht in die ausgedehnten, landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich des Stadtteils Friedrichsfeld über, die eine sehr hohe thermische Ausgleichsleistung aufweisen. Nur ein Teilbereich dieses Ausgleichsraumes befindet sich auf Mannheimer Gemarkung zwischen dem Dossenswald und der Bebauung Friedrichsfeld-Süd.

In den Freiflächen (Wiesen, Ackerflächen, Kleingärten) des Ausgleichsraums A05 wirkt sich bei lokalklimatisch relevanten Wetterlagen nach Sonnenuntergang eine östliche Regionalströmung aus, die auf Ausgleichsströmungen zwischen der Odenwaldhochfläche und dem Rheingraben zurückzuführen ist. Sie überlagert zumeist flurwindartig angelegte westliche und südwestliche Kaltluftbewegungen am Übergang zur Bebauung von Friedrichsfeld (W08, W09).



Südlich und westlich der Bebauung Alteichwald (W07) führt die Abschirmung durch den dichten Baumbestand des Dossenwaldes zu erhöhter Kaltluftstagnation, was verminderten Luftaustausch zur Folge hat.

Bei vorherrschend südlicher Anströmung entfaltet der Ausgleichsraum A05 zusammen mit dem Ausgleichsraum A06 seine thermische Positivwirkung in den Wirkungsräumen von Friedrichsfeld (W08, W09). Die strömungsdynamische Barrierewirkung zwischen den Ausgleichs- und Wirkungsräumen durch die Bahntrasse Heidelberg-Mannheim und den südlichen Bebauungsrand von Friedrichsfeld ist als mäßig bis stark einzustufen.

Die in das Freiraumgefüge eingebettete Siedlungslage Alteichwald (W07) profitiert von dessen hoher klimaökologischer Ausgleichsleistung. Die nächtliche Überwärmung ist dadurch in der Regel nur gering.

Die bioklimatischen Funktionen als Kaltluftaustauschbereich sowie als bedeutendes Kaltluftentstehungsgebiet führen in der Flächenbewertung zu einem weitestgehend hohen Schutzbedarf (Priorität 2). Lediglich kleinere Teilbereiche besitzen aufgrund der größeren Entfernung zu belasteten Wohngebieten einen im Vergleich geringeren Schutzbedarf (Priorität 3).

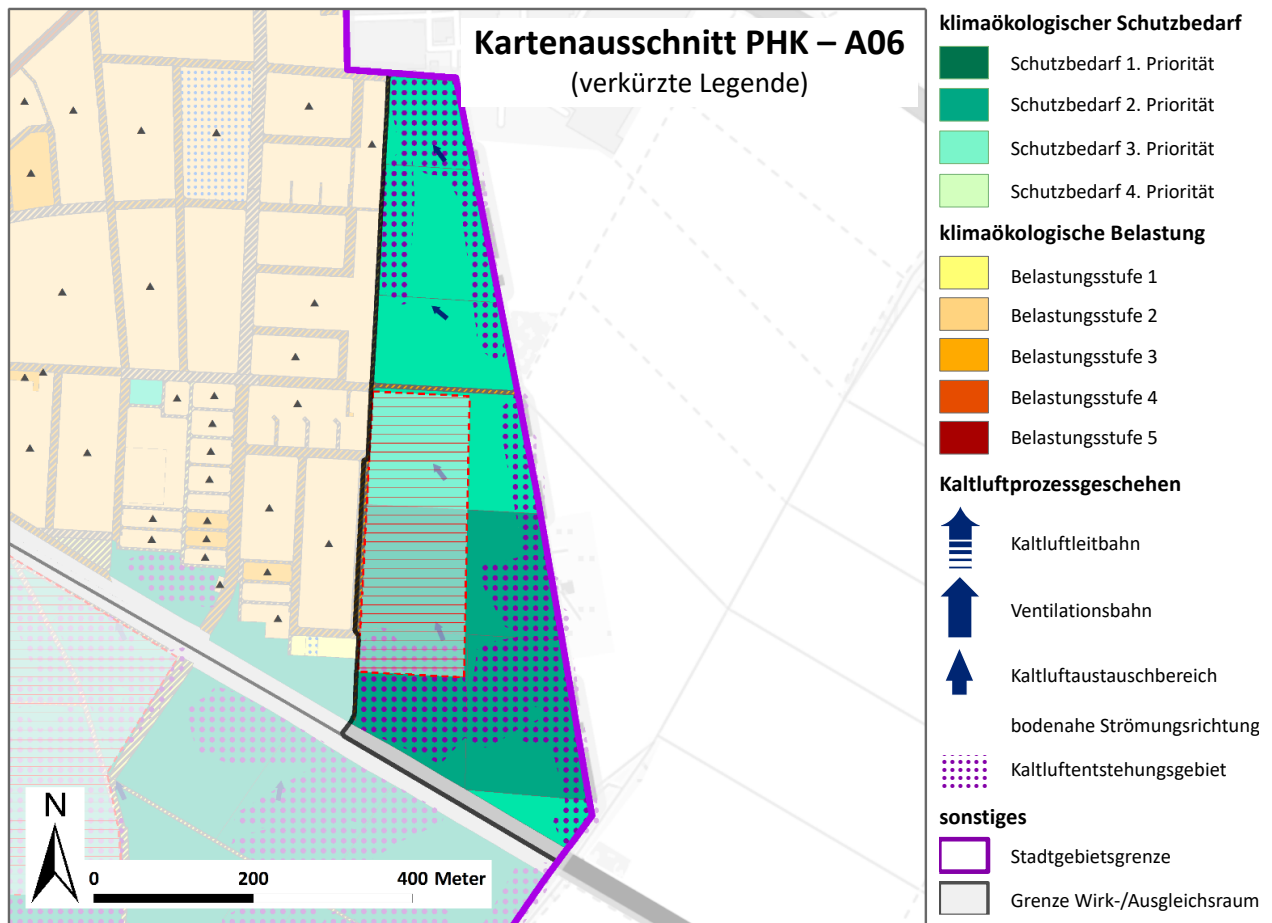
Maßnahmenempfehlungen

Südlich der Bahntrasse Heidelberg-Mannheim wurde bis 2005 die Entwicklung eines neuen Wohnbauschwerpunktes diskutiert. Der Planungsgedanke ist noch nicht verworfen. Im Bereich der Gewanne Im Hanfstück, Langgewann, Spitzköpf und Grund wäre demnach auf einer Fläche von ca. 28 ha der Bau von ca. 1.000 Wohneinheiten denkbar.

Das Planungsgebiet ist Bestandteil des Ausgleichsraums A05, der zusammen mit den Ausgleichsräumen A03/A04 (Dossenwald) hohe klimaökologische Bedeutung für den Südosten von Mannheim hat und somit zu schützen ist (**Planungsmaßnahme M09**). Über dem Freiraumgefüge und dem regionalen Grünzug Mannheim-Südost entwickeln sich in windschwachen Strahlungsnächten kaltluftbedingte flurwindartige Ausgleichsströmungen in Richtung Mannheimer Innenstadt, die von zusätzlichen Bewegungsimpulsen durch mesoskalige östliche Luftströmungen unterstützt werden (Ausgleichsströmungen zwischen der kühlen Odenwaldhochfläche und dem warmen Rheingraben).

Durch die Entwicklung eines großflächigen Siedlungsbereichs würde sich zudem die klimatische Situation in Friedrichsfeld (W08) verändern, da mit einer potenziellen baulichen Inanspruchnahme der Freiflächen die Übergangszone Freiland-Bebauung beträchtlich nach Süden verschoben wird. Je nach Baustruktur, internen Grün- bzw. Freiflächenanteilen erhöht sich im Planungsumfeld die Neigung zu Luftstagnation. Dies hat erhöhte bioklimatische und lufthygienische Belastungen zur Folge. Sollte die Planung langfristig aktuell werden, so ist die Flächennutzungsstruktur zwingend mit Hilfe eines projektbezogenen Klimagutachtens auf seine klimaökologische Verträglichkeit zu prüfen. In der Vorausplanung sollten insbesondere die Planungsmaßnahmen **M11 (Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** sowie **M05 (Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung)** Beachtung finden.

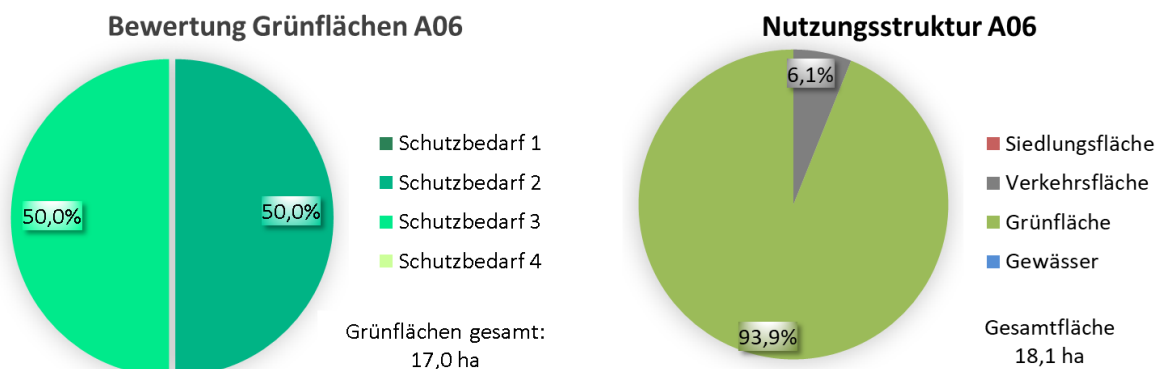
AUSGLEICHSPAUM: A06 LANGE LIESE/SCHWARZGEWANN



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Lange Liese / Schwarzwann (A06)** mit seinen Wiesen und Ackerflächen grenzt an den Ostrand von Friedrichsfeld an und ist Bestandteil des südöstlichen Freiraumgefüges zwischen Mannheim und Heidelberg. Die über den Flächen entstehende Kaltluft wird in klimaökologisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten mit zumeist südöstlichen Winden in die angrenzende, locker durchgrünte Wohnbebauung (W08) verfrachtet und forciert dort die nächtliche Abkühlung. Die Barrierewirkung zwischen Freiland und Bebauung ist aktuell als mäßig einzustufen.

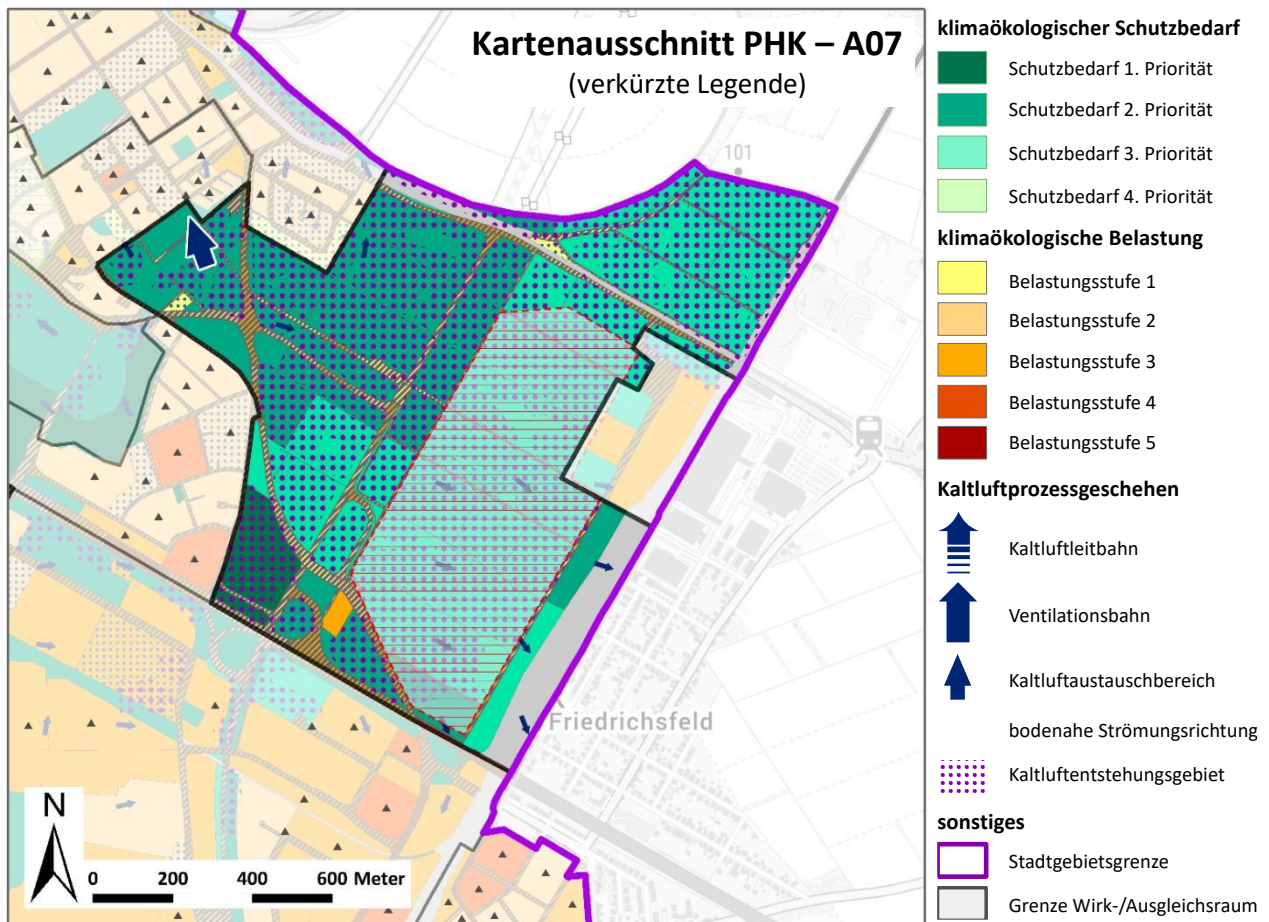
Die bioklimatische Funktion als bedeutendes Kaltluftentstehungsgebiet führt in der Flächenbewertung zu einem mittleren bis hohen Schutzbedarf (Priorität 2 und 3).



Maßnahmenempfehlungen

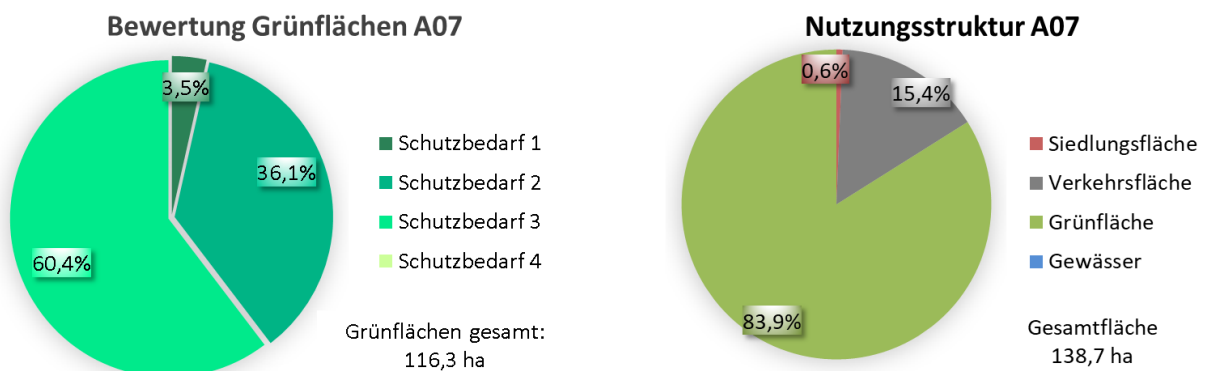
Der Ausgleichsraum A06 weist einen mittleren bis hohen klimaökologischen Schutzbedarf auf und sollte in Anbetracht der Klimawandelfolgen mit erhöhter sommerlicher Wärmebelastung als Kaltluftproduktionsfläche weitgehend erhalten bleiben. Eine Teilinanspruchnahme von Freiflächen für eine Siedlungserweiterung nach Osten ist daher aus klimaökologischer Sicht nicht empfehlenswert. Werden dennoch bauliche Ergänzungen angedacht, so sollte diese zwingend unter Beachtung von auf die Bestandsbebauung abgestimmten Ventilationsachsen und einer engen Begrenzung der Baudichte ($GRZ \leq 0.3$) erfolgen. Die klimaökologischen Folgeerscheinungen sind mit Hilfe eines vertiefenden Klimagutachtens zu prüfen und zu bewerten. In der Vorausplanung sollten insbesondere die Planungsmaßnahmen **M11 (Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** sowie **M05 (Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung)** Beachtung finden.

AUSGLEICHSPAUM: A07 OBERFELD



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Oberfeld (A07)** befindet sich am Südostrand der Mannheimer Gemarkung. Östlich der L 597 überwiegen Wiesen und Ackerflächen. Am Seckenheimer Ortsrand westlich der L 597 treten Gehölzstreifen sowie Friedhofsflächen hinzu. Wie in A06 wirkt sich auch in A07 noch eine östliche bis südöstliche Regionalströmung aus, die im Sommerhalbjahr am stärksten ausgeprägt ist. Die aus dem Freiraum zugeführten Luftmassen sind jedoch durch die in Strömungsrichtung vorgelagerte Bebauung Neu-Edingen modifiziert. Die Barrierewirkung zwischen dem Oberfeld und der Bebauung Seckenheim ist als gering bis mäßig einzustufen. In extrem windschwachen Strahlungsnächten sind im östlichen Teilbereich des Ausgleichsraums auch Flurwinde in östliche bis südöstliche Richtungen zu erwarten. Dann profitiert in begrenztem Maße die Bebauung von Neu-Edingen von der thermischen Ausgleichsleistung des Freiraums.



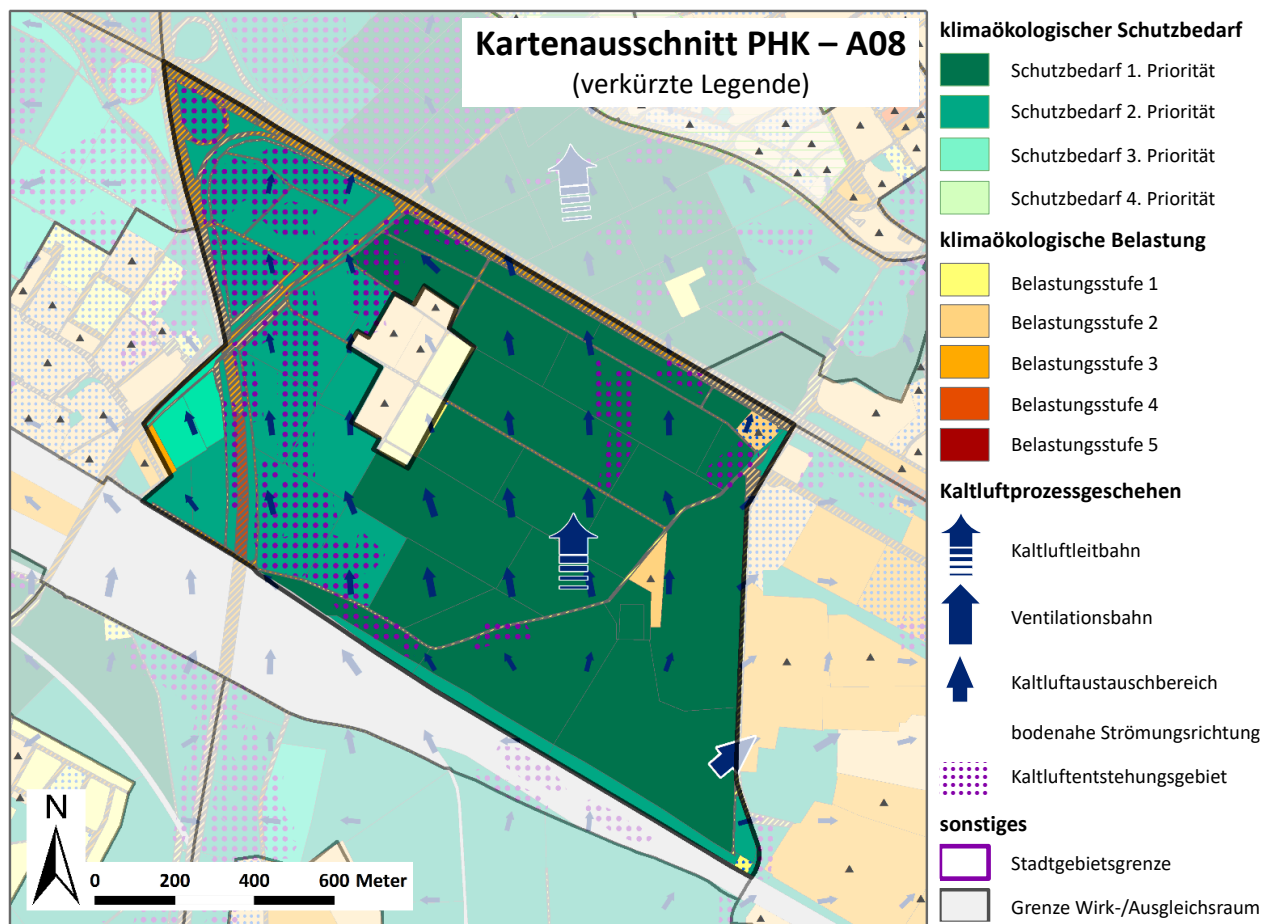
Im tiefer liegenden Teilbereich Wörthfeld kommt es nördlich der B37 und im Umfeld des Hochwasserdammes zur Stagnation bodennaher Kaltluft. Das thermische Ausgleichsvermögen (Kaltluftproduktionsrate in Verbindung mit der Belüftungsintensität) ist als hoch bis sehr hoch einzustufen.

Die bioklimatischen Funktionen als Kaltluftaustauschbereich sowie als sehr bedeutendes Kaltluftentstehungsgebiet führen in der Flächenbewertung zu einem weitestgehend mittleren bis hohen Schutzbedarf (Priorität 2 und 3). Lediglich ein kleinerer Teilbereich im Südwesten besitzt aufgrund der Nähe zu einem stark belasteten Siedlungsraum den höchsten Schutzbedarf (Priorität 1).

Maßnahmenempfehlungen

Das Gewann Oberfeld (A07) bildet einen klimaökologisch hoch effektiven Ausgleichsraum (Kaltluftbildung, Ventilationsfläche), der zwischen Seckenheim/Suebenheim und Neu-Edingen als lokaler Grünzug definiert werden kann. Die in Bau befindliche Verbindungstrasse L 597 MA-Friedrichsfeld – Ladenburg greift im Bereich der Kreuzung mit der L 637 bereits in das Freiraumgefüge ein. Eine weitere bauliche Inanspruchnahme des Oberfeldes durch eine Ausdehnung der Gewerbebebauung im Osten (W10) ist nicht zu empfehlen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Der Verlust an klimaökologischer Ausgleichsleistung (Frisch- und Kaltluftbildung) würde die lufthygienische aber auch bioklimatische Situation in Suebenheim/Seckenheim nachhaltig verschlechtern.

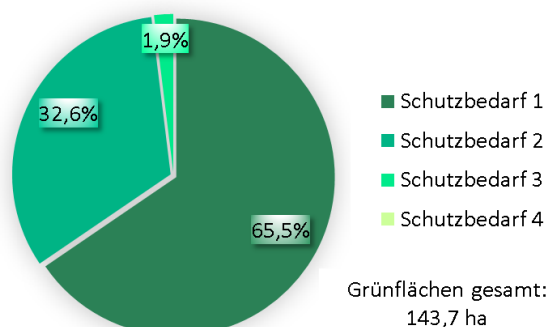
AUSGLEICHSPRAUM: A08 MITTELFELD



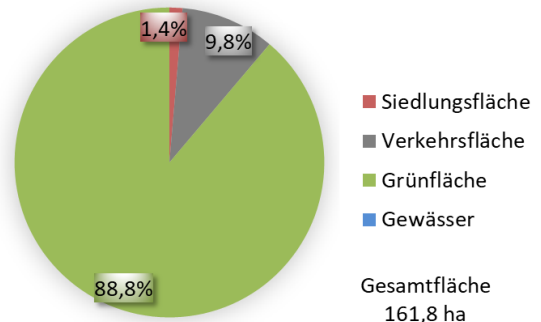
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Mittelfeld (A08)** stellt mit seinen landwirtschaftlich genutzten Flächen, den Waldflächen im Südosten und der Pferderennbahn in Verbindung mit dem Dossenwald, dem Niederfeld, Kloppenheimer Feld, Bösfeld und Flugplatz ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Grünzug Mannheim-Südost dar, das sowohl für die Wirkungsräume im Nahbereich (u.a. Seckenheim) als auch für die Stadtteile Hochstätt, Neuhermsheim, Neuostheim, Oststadt, Schwetzingen sowie Kernstadt von Bedeutung ist (hohes thermisches Ausgleichsvermögen). Die Freiflächen werden von der A 656 in den nördlichen Teilraum A09 und den südlichen Teilraum A08 getrennt. Aufgrund der ebenerdigen Trassenführung bildet die BAB hier jedoch keine wesentliche Barrierewirkung aus. Dagegen bewirken der Damm der A 6, das Gewerbegebiet Friedrichsfeld sowie die Bebauungen Suebenheim und Seckenheim eine starke Kammerung dieses Ausgleichsraumgefüges. Sie drückt sich vor allem im Umfeld des Damms der A 6 in verstärkter Kaltluftstagnation und starken

Bewertung Grünflächen A08



Nutzungsstruktur A08



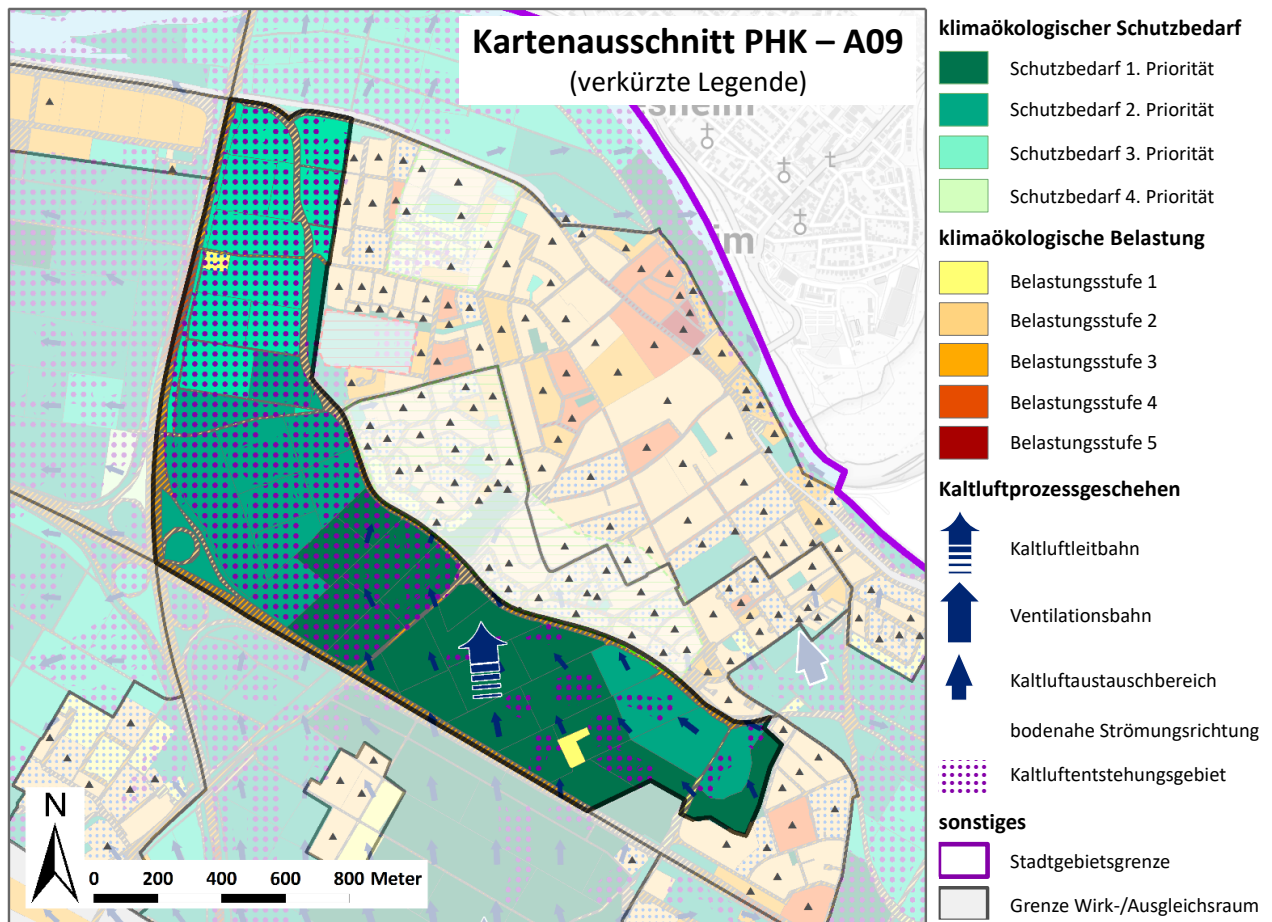
thermischen Kontrasten zur angrenzenden Bebauung (z.B. Gewerbegebiet Friedrichsfeld entlang der A 656) aus. Die durch die Kammerung begünstigte nordgerichtete Kaltluftströmung bildet im Verlauf einen Leitbahncharakter aus, welcher sich im Ausgleichsraum A09 in Richtung Seckenheim fortsetzt.

Die Funktion als Kaltluftleitbahn führt für einen Großteil des A08 Mittelfeld zum höchsten Schutzbedarf (Priorität 1). Die östlich der A6 gelegenen Landwirtschaftsflächen besitzen aufgrund ihrer hohen Kaltluftproduktivität ebenfalls eine hohe bioklimatische Bedeutung (Schutzbedarf 2).

Maßnahmenempfehlungen

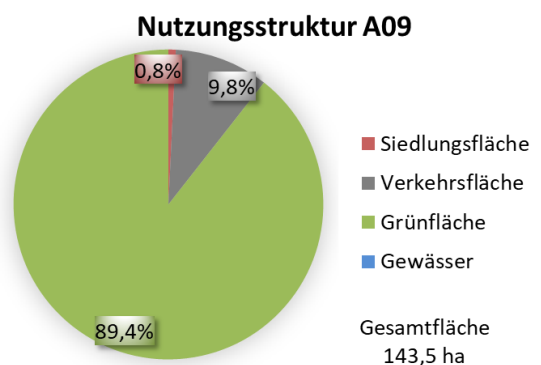
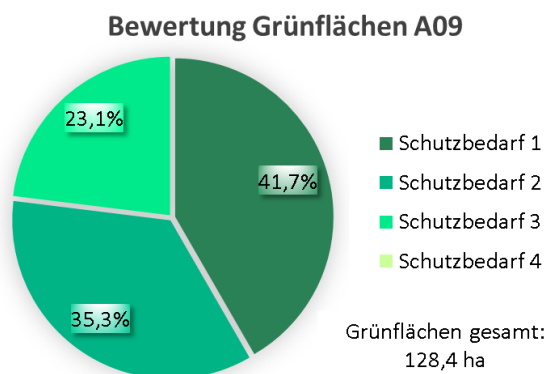
Als Bestandteil des Grünzugs Mannheim-Südost besitzt der Freiraum A08 einen hohen bis sehr hohen Schutzbedarf (Planungsmaßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Weitere bauliche Maßnahmen in diesem Freiraum sollten allenfalls auf kleinere Ergänzungsbauten im Bereich der Pferderennbahn oder einzelne Wirtschaftsgebäude im Bereich der Aussiedlerhöfe eng begrenzt bleiben. Die Durchströmbarkeit der Ansiedlung muss dabei gewährleistet bleiben (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

AUSGLEICHSPAUM: A09 ÖSTLICHES NIEDERFELD



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **östliches Niederfeld (A09)** bildet am Tag mit seinen rauigkeitsarmen Wiesen- und Ackerflächen bei zumeist vorherrschenden Winden aus südlichen Richtungssektoren eine für den Stadtteil Seckenheim bedeutsame Ventilationsfläche. So greift die vom Ausgleichsraum A08 ausgehende Kaltluftleitbahn insbesondere im Bereich des Seckenheimer Wasserturms vergleichsweise weit in die Bebauung hinein. Hier kann der Höhenwind bodennah durchgreifen und aufgrund der nur geringen bis mäßigen Barrierewirkung der Randbebauung einen intensiv Luftaustausch bewirken. Wärmestaus und die Akkumulation von Luftschadstoffen werden wirksam unterbunden.



In den Nachtstunden besitzen die Wiesen und Ackerflächen ein hohes Kaltluftentstehungspotenzial. In Strahlungsnächten dringt die Kaltluft mit dann zumeist vorherrschenden Winden aus südlichen bis südöstlichen Richtungen in die Wohnbebauung von Seckenheim ein und forciert dort die nächtliche Abkühlung (= klimaökologischer Positiveffekt). Zudem bildet der Ausgleichsraum A09 in Verbindung mit dem Dossenwald, dem Ober- und Niederfeld, Kloppenheimer Feld, Bösfeld und Flugplatz ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial, das in den Stadtteilen Hochstätt, Neuhermsheim, Neuostheim, Oststadt und Schwetzingenstadt die thermischen Umgebungsbedingungen begünstigt.

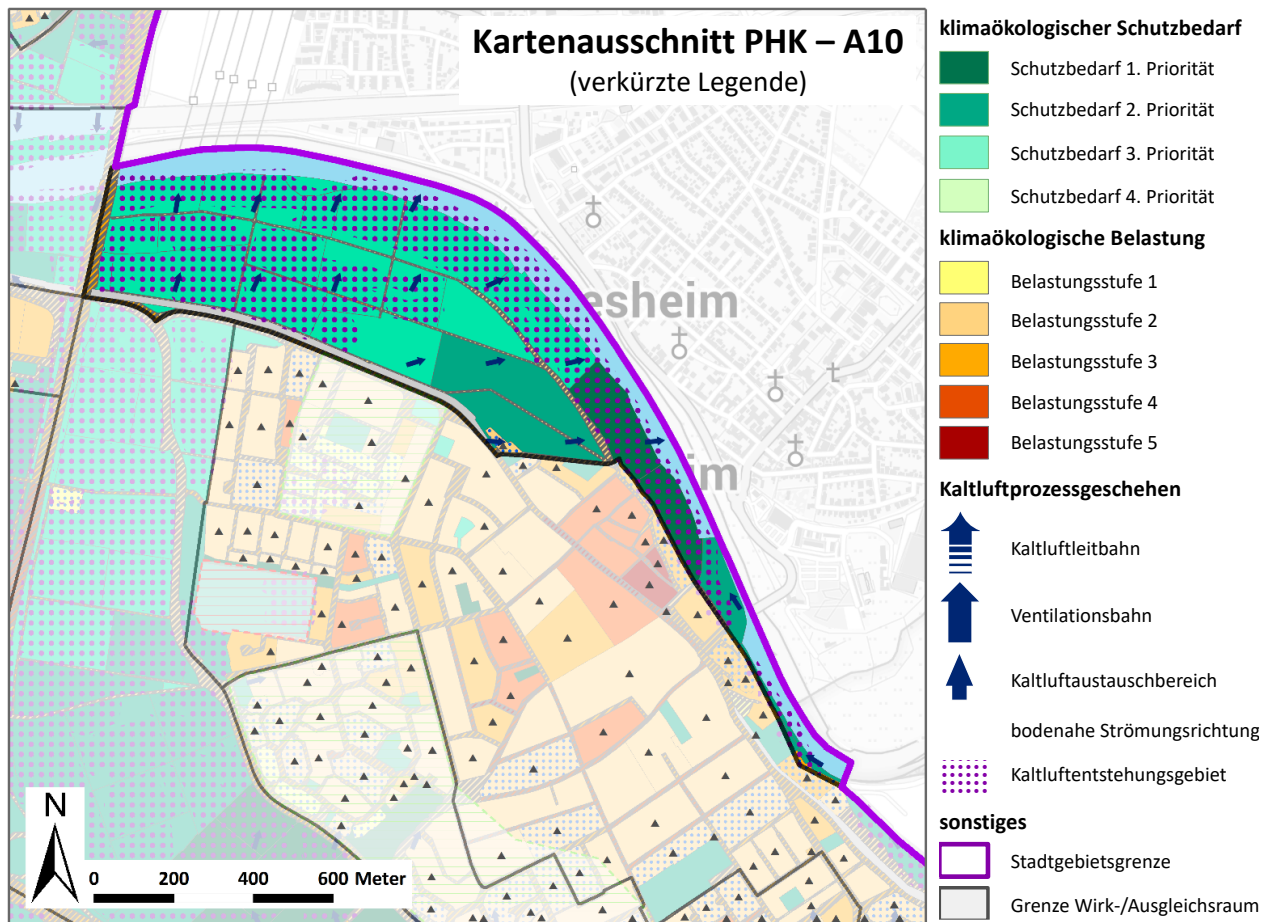
Als strömungsdynamischer Störfaktor wirkt die Trasse der A6 mit ihren begleitenden Lärmschutzanlagen.

Die Funktion als Kaltluftleitbahn führt für einen Großteil des A09 östliches Niederfeld zum höchsten Schutzbedarf (Priorität 1). Die östlich der A6 gelegenen Landwirtschaftsflächen besitzen insbesondere aufgrund ihrer hohen Kaltluftproduktivität einen mittleren bis hohen bioklimatischen Schutzbedarf (Priorität 2 und 3).

Maßnahmenempfehlungen

Als Bestandteil des Grünzugs Südost besitzt der Freiraum A09 einen zumeist hohen bis sehr hohen Schutzbedarf (Planungsmaßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Weitere bauliche Maßnahmen in diesem Freiraum sollten nach Realisierung des neuen Schützenhauses der Schützengesellschaft 1896 Seckenheim möglichst nicht mehr erfolgen, um die klimaökologische Ausgleichsleistung des Grünzugs Südost nicht weiter zu reduzieren. Auch am Westrand von Seckenheim ist eine bauliche Erweiterung nach Westen (z.B. Gewann Kappes Weg) auszuschließen, um langfristig eine klimaökologisch funktionsfähige Verknüpfung der klimaökologischen Ausgleichspotenziale östliches Niederfeld und Neckarvorland (A10) zu sichern.

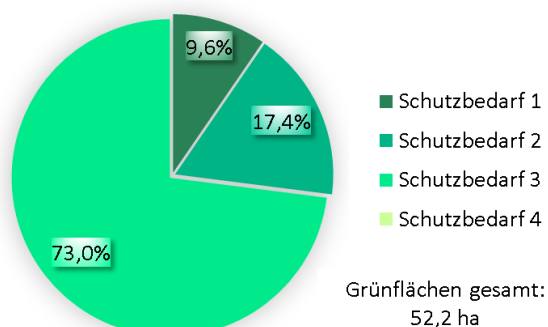
AUSGLEICHSRaum: A10 NECKARVORLAND (WAIDSTÜCKE, WÖRTH)



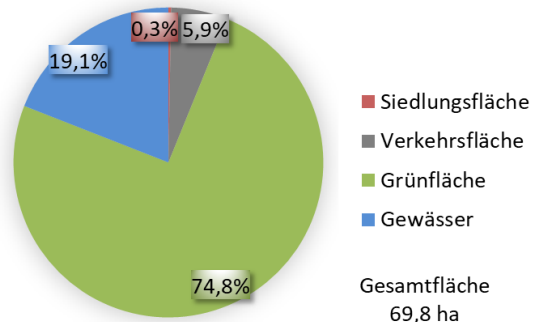
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Ausgleichsraum **Neckarvorland A10 (Waidstücke, Wörth)** neigt mit seinen Wiesen, Ackerflächen, Kleingärten und Sportanlagen vor allem entlang des Neckars aufgrund seiner Tieflage (analog dem Wörthfeld nördlich von A07) zu Kaltluftstagnation. Die geringe Breite und die Tieflage von A10 haben zur Folge, dass sich nur schwer ein eigenständiger Luftaustausch zwischen dem Ausgleichsraum und dem benachbarten Wirkungsraum Seckenheim (W12) entwickeln kann. Ohne die Wechselwirkungen mit den benachbarten Ausgleichsräumen kann sich aus A10 keine nennenswerter Positiveffekte für die angrenzenden Wirkungsräume ergeben. Dies verdeutlicht auch der markante Temperaturkontrast auf kurzer horizontaler Distanz zwischen Neckarvorland (LSG Westlich der Ilvesheimer Schlinge und Seckenheim). Durch die kühlende Wirkung im Uferbereich des Neckars besteht zumindest für die Tagsituation eine bedeutsame Ausgleichsfunktion.

Bewertung Grünflächen A10



Nutzungsstruktur A10

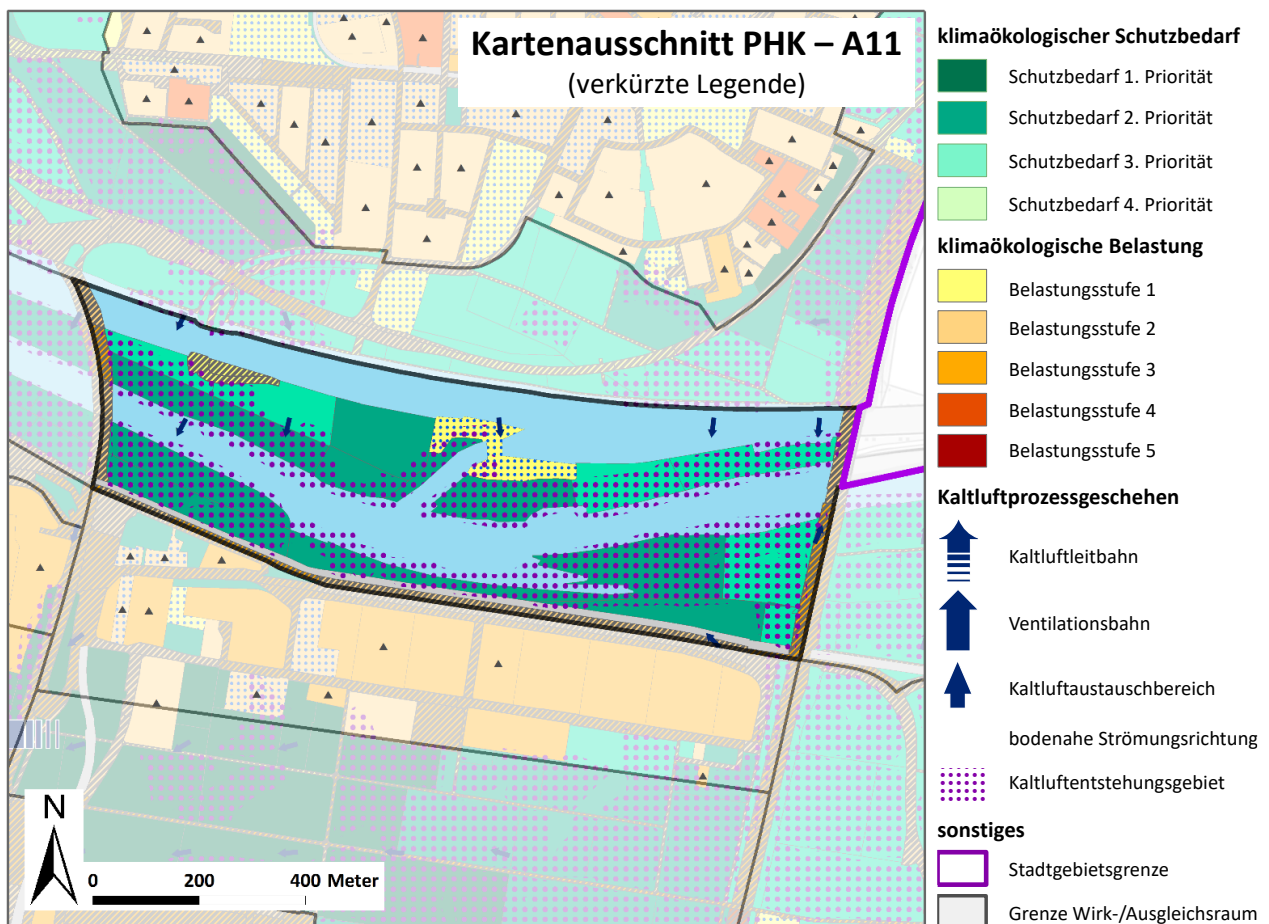


Die Nähe zu stark belasteten Siedlungsräumen sowie die gewässerbedingte Kühlwirkung am Tage führen in der Flächenbewertung zumindest in Teilbereichen zu einem hohen bis sehr hohen Schutzbedarf (Priorität 1 und 2). Da ein Großteil der Grünflächen aber nicht direkt an stark belastete Siedlungsräume angrenzt und die produzierte Kaltluft aufgrund des Geländes nicht in Richtung Seckenheim verlagert werden kann, haben die betreffenden Grünflächen lediglich einen mittleren Schutzbedarf (Priorität 3).

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A10 ist als Kaltluftproduktionsfläche in Verbindung mit weiteren angrenzenden Ausgleichsräumen von hoher stadtklimatischer Bedeutung und ist somit möglichst zu erhalten (Planungsmaßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Sie unterbinden u.a. die Verschmelzung der Wärmeinseln Seckenheim und Ilvesheim. Die Freiflächen bzw. Kleingärten / Sportplatzflächen besitzen einen hohen Schutzbedarf. Eine bauliche Inanspruchnahme auch der höher gelegenen Flächen unmittelbar nördlich der Seckenheimer Hauptstraße ist nicht zu empfehlen.

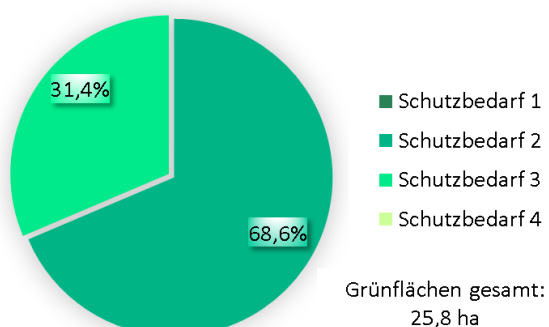
AUSGLEICHSPAUM: A11 NECKARVORLAND (WÖRTHEL)



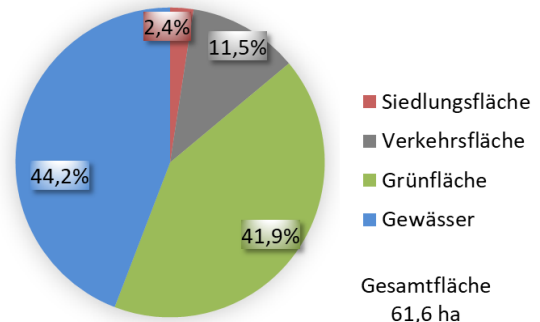
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

In westlicher Fortführung erstreckt sich das **Neckarvorland** als schmales Band aus südöstlicher Richtung in die Stadt hinein. Einen Teilbereich bildet der Ausgleichsraum A11 (Neckarvorland „Wörthel“, Neckar und Neckarkanal) nördlich des Gewerbegebietes Neuostheim. Analog zu A10 neigt auch hier die Luft aufgrund der Tieflage zur Stagnation. Da die Grünflächen des Neckarvorlandes im Verhältnis zu den Wasserflächen von Fluss und Kanal jedoch zunehmend schmaler werden, ist das Kaltluftentstehungspotential etwas schwächer. Vor allem bei quer zum Neckar verlaufenden (z.B. nördlichen bis nordöstlichen Strömungen) kommt das thermische Ausgleichspotenzial weniger stark zum Tragen. Bei vorwiegend östlichen bis südöstlichen Windrichtungen kann es allerdings seine klimaökologische Funktion als Strömungsleitlinie für die westlich angrenzenden Bereiche bis zur Innenstadt bzw. Neckarstadt entfalten. Das thermische Ausgleichsvermögen ist daher als überwiegend hoch zu bezeichnen (Schutzbedarf 2. Priorität).

Bewertung Grünflächen A11



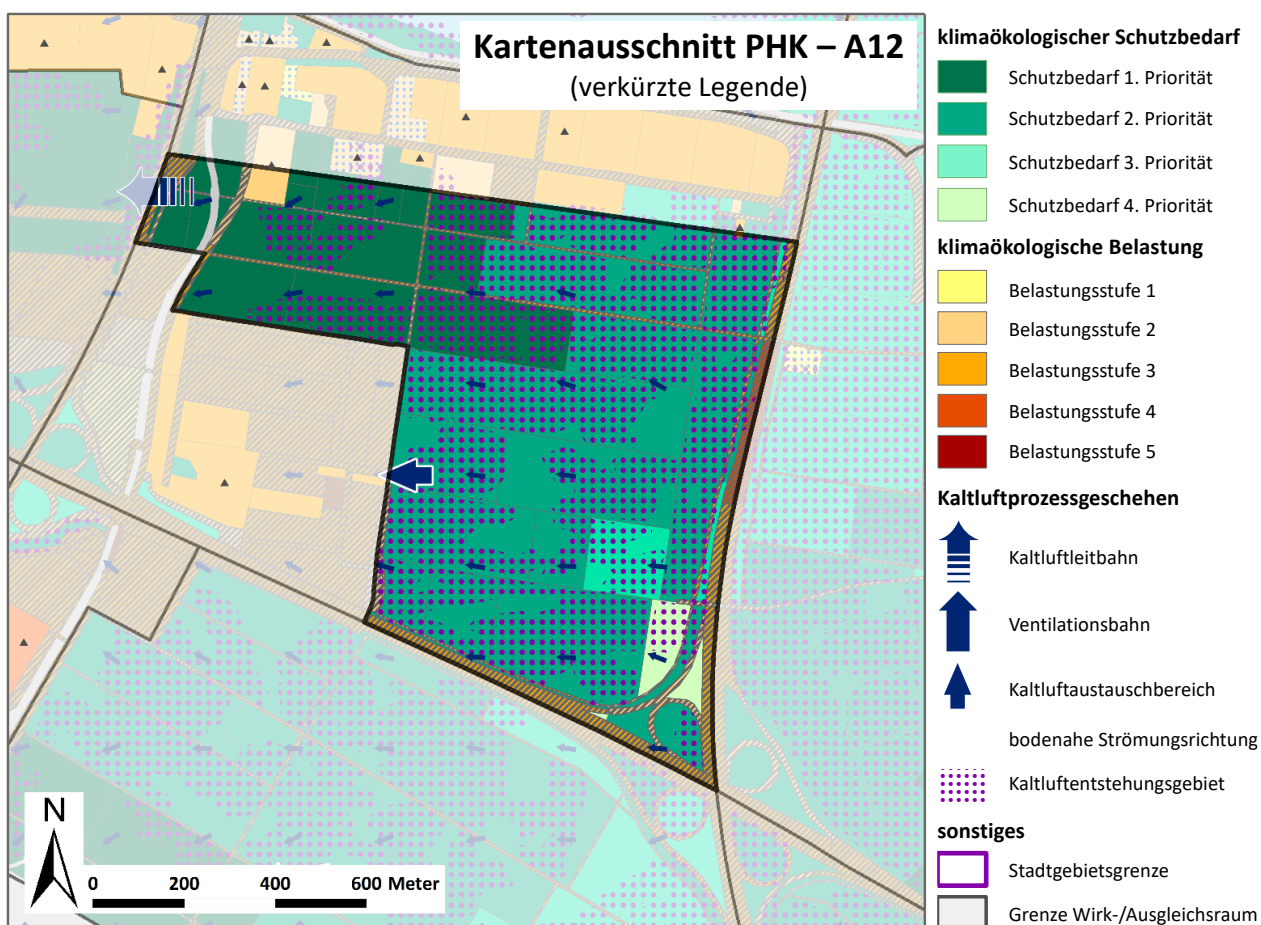
Nutzungsstruktur A11



Maßnahmenempfehlungen

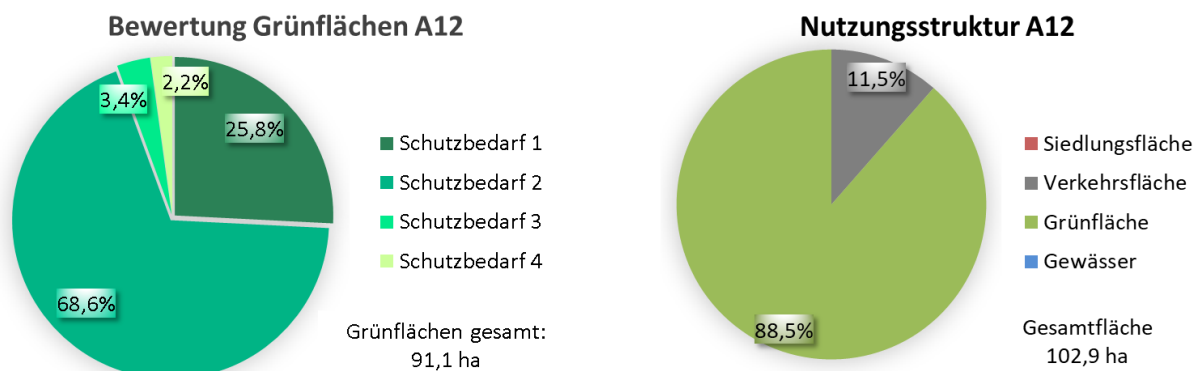
Die Wiesen und Gehölzbestände im Ausgleichsraum A11 sind dauerhaft zu sichern. Auf der Feudenheimer Insel sind allenfalls im Bereich des Stauwehrs kleinflächige bauliche Ergänzungen denkbar. Die Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** ist zu berücksichtigen.

AUSGLEICHSRaum: A12 MÜHLFELD, NIEDERFELD



Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der **Ausgleichsraum A12 Mühlfeld, Niederfeld** bildet zusammen mit dem Morchfeld, Kloppenheimer Feld und Hermsheimer Bösfeld die westliche Fortsetzung der Freiräume A08/A09 (Niederfeld, Mittelfeld) sowie A03/A04 (Dossenwald). Er ist damit Bestandteil des Grünzugs Südost. Als Folge seiner Ausdehnung, Anbindung an die o.a. Ausgleichsräume sowie seiner Lagebeziehung zum Gewerbegebiet Mühlfeld (geringe bis mäßige Barrierewirkung am südlichen Bebauungsrand) stellt er ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Stadtgebiet von Mannheim dar (hoher bis sehr hoher Schutzbedarf). In windschwachen Strahlungsnächten entwickeln sich über den Wiesen (teilweise mit Gehölzen) und Ackerflächen häufig südöstliche bis östliche Flurwinde. In Kombination mit den angrenzenden Ausgleichsräumen A15 (Flugplatz) und A16 (Harrlachgärten) tragen die Freiflächen dann als Strömungsleitbahn zur Belüftung der innenstadtnahen Bereiche bei.

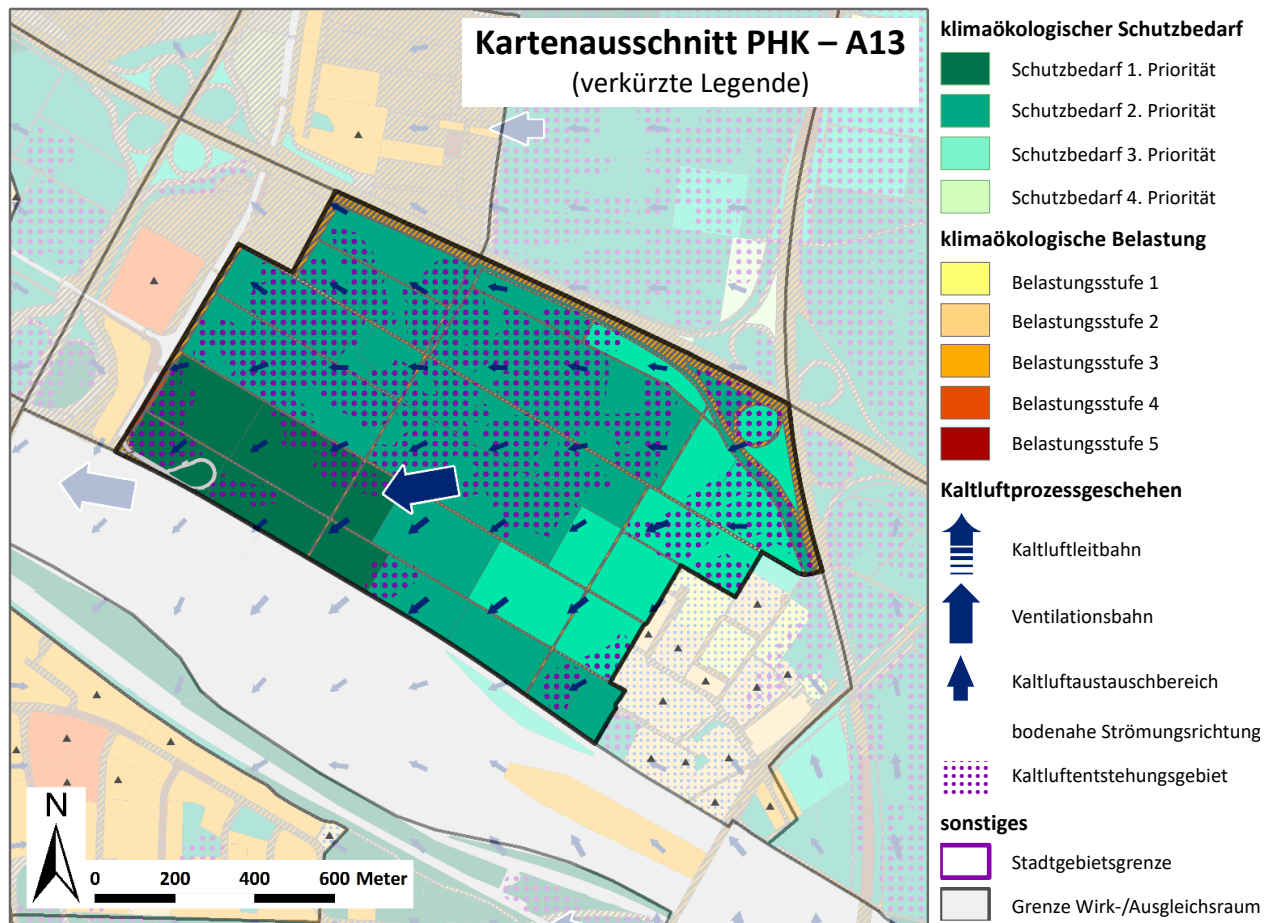


Die das Freiraumgefüge A12 / A13 durchschneidende Trasse der A 656 stellt aufgrund der überwiegend eben-erdigen Trassenführung und der geringen nächtlichen Verkehrsbelastung keine wesentliche Strömungsbarriere dar. Jedoch ist das gesamte Freiraumgefüge durch die Verkehrsanlagen der A 6, des Rangierbahnhofs und der Bebauung Neuostheim sowie und des Sport- und Messeparks gekammert. Speziell der Damm und der Lärmschutzwall der A 6 behindern bei nordöstlicher bis südöstlicher Anströmung das Ventilationsgeschehen. Dies drückt sich im Umfeld des Dammes der A 6 in verstärkter Kaltluftstagnation über den landwirtschaftlich genutzten Flächen aus (insbesondere in Muldenlagen).

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A12 weist einen hohen bis sehr hohen Schutzbedarf auf. Die derzeitige Nutzungsstruktur ist langfristig zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Eine weitere Ausdehnung des Gewerbegebiets Mühlfeld nach Süden oder des Maimarktgeländes nach Norden ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden. Um ein flurwindartiges Einsickern von Kaltluft in das Gewerbegebiet Mühlfeld zu sichern, ist im Bereich der dortige Randbebauung auf eine möglichst geringe Barrierewirkung zu achten (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

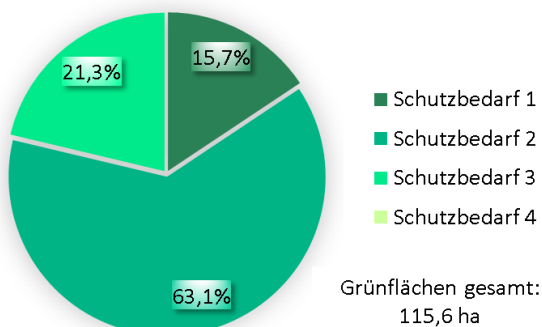
AUSGLEICHSPAUM: A13 KLOPPENHEIMER FELD, HERMSHEIMER BÖSFELD



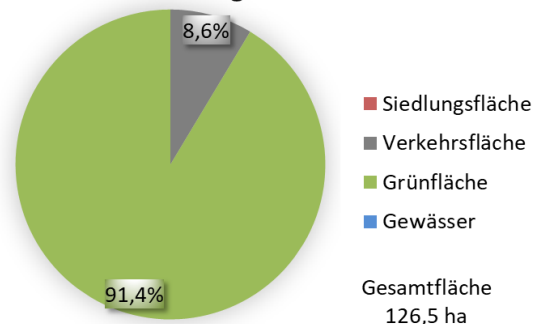
Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der Ausgleichsraum A13 Kloppenheimer Feld / Hermsheimer Bösfeld bildet zusammen mit dem Mühlfeld, Niederfeld, Morchfeld die westliche Fortsetzung der Freiräume A08/A09 (Niederfeld, Mittelfeld) sowie A03/A04 (Dossenwald). Als Folge ihrer Ausdehnung, Anbindung an diese Ausgleichsräume sowie Lagebeziehung zur Bebauung (Sport- und Messepark, Neuhermsheim, Hochstätt) stellen sie ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Stadtgebiet von Mannheim dar (hohes thermisches Ausgleichsvermögen). In windschwachen Strahlungsnächten entwickeln sich hier häufig östliche bis südöstliche Flurwinde. In Kombination mit den angrenzenden Ausgleichsräumen A15 (Flugplatz) und A16 (Harrlachgärten) tragen die Freiflächen dann als Strömungsleitbahn zur Belüftung der innenstadtnahen Bereiche (Schwetzingenstadt, Oststadt) bei. Die B38a bildet in Richtung Westen zwar ein Strömungshindernis, kann von den südöstlichen bis östlichen Kaltluftbewegungen jedoch überströmt werden. Die das Freiraumgefüge A12 / A13 durchschneidende

Bewertung Grünflächen A13



Nutzungsstruktur A13



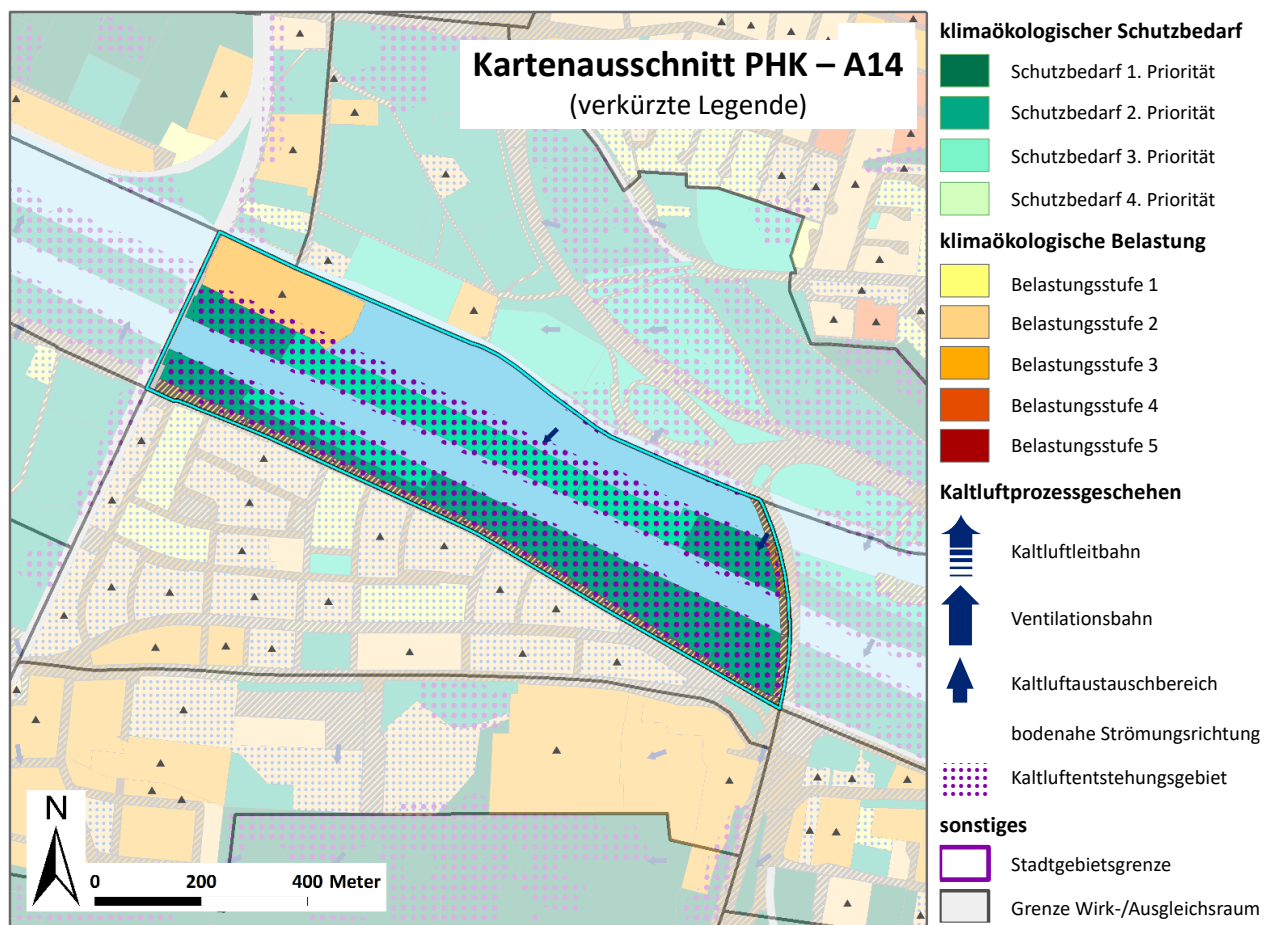
Trasse der A 656 stellt aufgrund der überwiegend ebenerdigen Trassenführung und der geringen nächtlichen Verkehrsbelastung (keine bedeutsame verkehrsbedingte Verwirbelung der Luftströmungen) keine wesentliche Strömungsbarriere dar. Die im Ausgleichsraum A13 entstehende Kalt-/Frischlufte wird zudem im Bereich des Rangierbahnhofs im Süden wirksam und unterstützt dort die Entwicklung eines Flurwindes in Richtung Morchfeld, Mallau und Lindenhof.

Die primäre Funktion als kaltluftlieferndes Einzugsgebiet der über die Bahntrasse verlaufenden Ventilationsbahn führt in der Flächenbewertung zu einem überwiegend hohen Schutzbedarf (Priorität 2). Im Übergangsbereich zum Rangierbahnhof bildet zudem ein Teilbereich den Beginn der in Richtung Innenstadt führenden Ventilationsbahn, was für die betreffenden Flächen den höchsten Schutzbedarf bedeutet (Priorität 1).

Maßnahmenempfehlungen

Dem Ausgleichsraum A13 ist größtenteils dem Schutzbedarf 2. Priorität (hoch) zugeordnet. Die Wiesen und Ackerflächen sind bzgl. der Belüftungsintensität und Kaltluftbildung klimaökologische Optimalflächen. Sie sind langfristig zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen sowie M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Eine weitere Ausdehnung des Sportparks wäre als problematisch einzustufen, da diese das Ventilationsgeschehen aus östlicher Richtung sowie die Kaltluftentstehung stark beeinträchtigen würden. Kleinere bauliche Arrondierungen im direkten Umfeld der SAP-Arena wären unter Berücksichtigung der strömungsdynamischen Prozesse, welche über eine begleitende Klimaanalyse zu prüfen wären, denkbar.

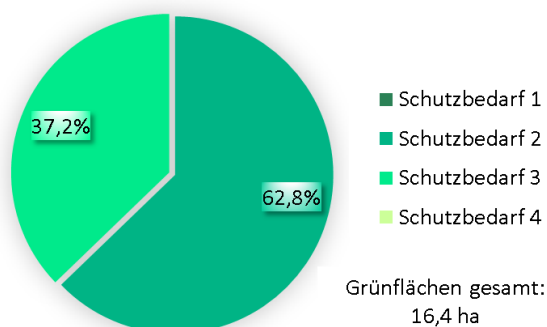
AUSGLEICHSRaum: A14 NECKARVORLAND (NEUOSTHEIM SCHLEUSE)



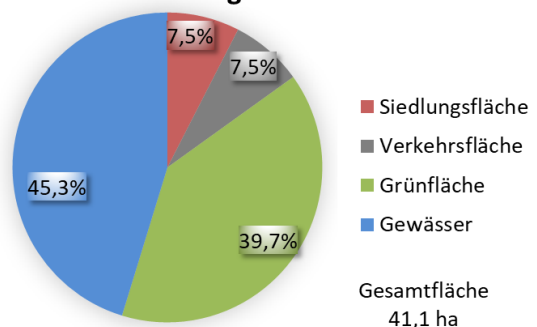
Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

In nordwestlicher Fortführung des LSG „Unterer Neckar: Westlich der Ilvesheimer Schlinge“ (A10) und dem NSG Wörthel (A11) erstreckt sich der Ausgleichsraum **A14 Neckarvorland (Neuostheim Schleuse)** als schmales Band aus südöstlicher Richtung in die Stadt hinein. Die Wiesenflächen und vereinzelten Gehölzbestände am Neckarufer in Neuostheim und auf der Feudenheimer Insel fungieren als Kaltluftentstehungsgebiet mit hoher Kaltluftproduktionsrate. Durch die relative Tieflage des Neckarufers neigt die Kaltluft auch hier zeitweise zu Stagnation. Mit häufig vorherrschenden Südost- und Nordostwinden kann die Kaltluft aber verlagert werden und somit in der angrenzenden Bebauung die nächtliche Abkühlung forcieren, was insbesondere in warmen Sommernächten von hoher stadtklimatischer Bedeutung ist. Tagsüber besitzen die Uferbereiche von Neckar und Neckarkanal aufgrund der Kühlwirkung des Wassers zudem ein Naherholungspotential. Das thermische Ausgleichsvermögen ist daher überwiegend als hoch (Schutzbedarf 2. Priorität) einzustufen.

Bewertung Grünflächen A14



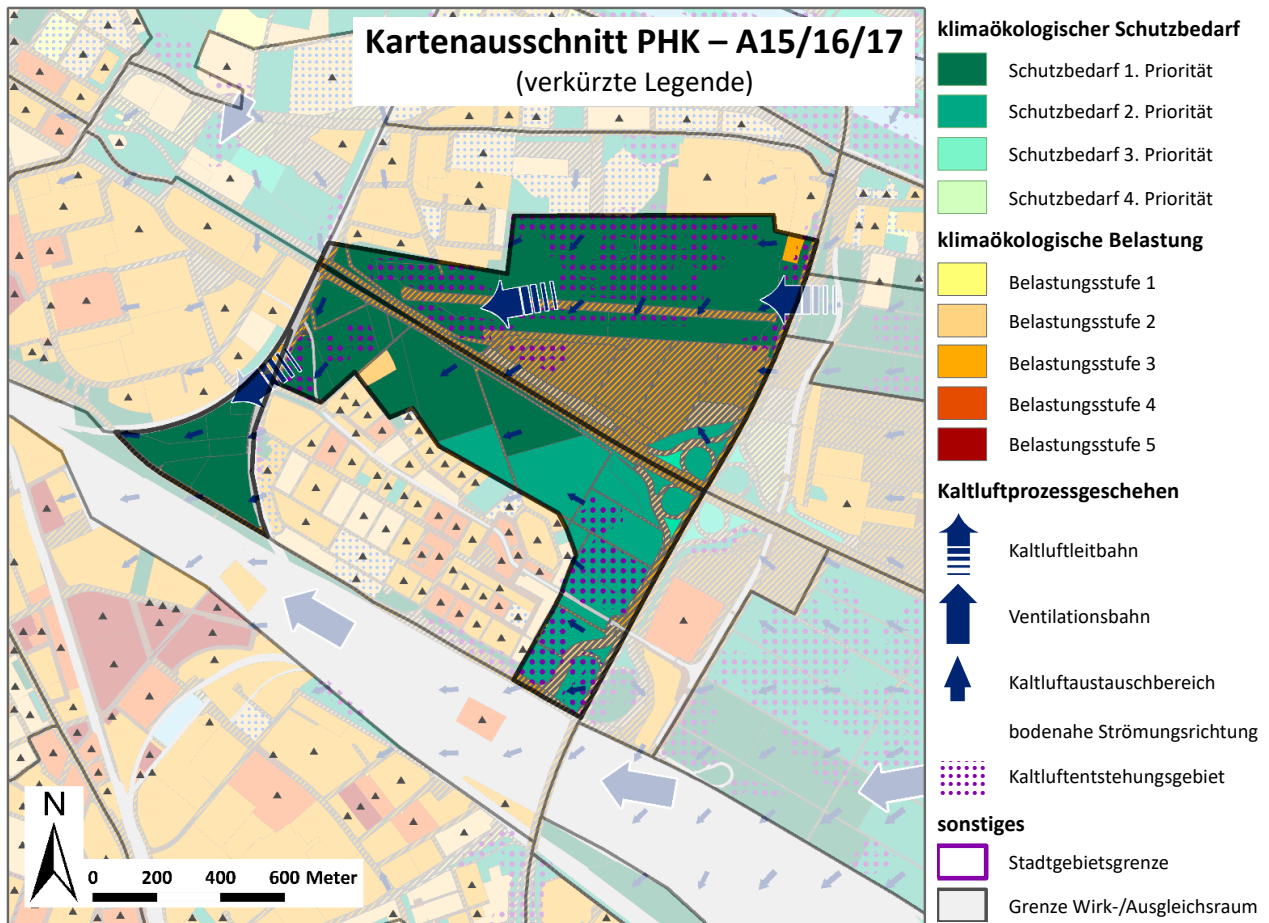
Nutzungsstruktur A14



Maßnahmenempfehlungen

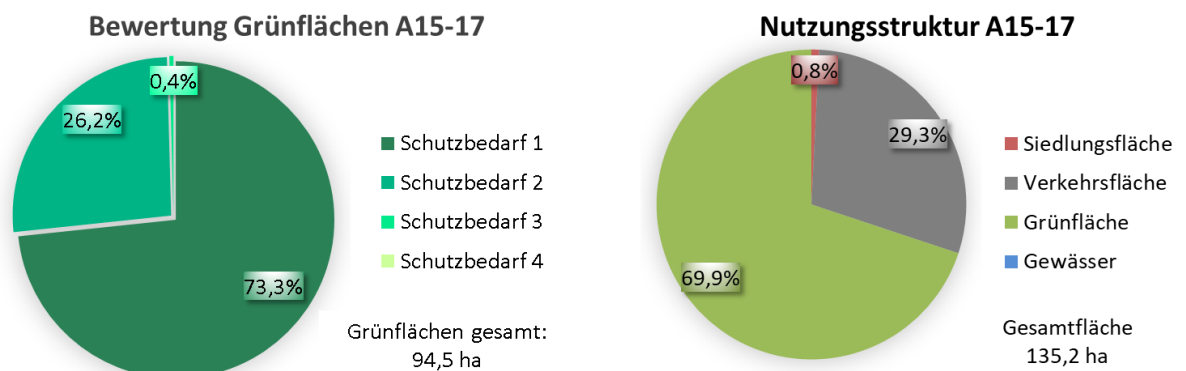
Die Wiesen und Gehölzbestände im Ausgleichsraum A14 sind dauerhaft zu sichern. Die Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** ist zu berücksichtigen.

AUSGLEICHSRÄUME: A15/A16/A17 FLUGPLATZ/HARRLACHGÄRTEN/KLEINGÄRTEN HINTERGEREUTE



Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Die Ausgleichsräume **A15 (Flugplatz)** und **A16 (Harrlachgärten)** werden durch die Verkehrsanlagen der A 656 unterteilt. Die Autobahn stellt hier jedoch kein durchgängiges Strömungshindernis dar, sodass die Ausgleichsräume trotz der thermischen Störungen der Verkehrsanlagen noch ein gemeinsames Funktionsgefüge darstellen. Insbesondere die Wiesenflächen im Bereich des Flugplatzes sowie am Westrand der Harrlachgärten weisen hohe Kaltluftproduktionsraten auf. Dem stehen die versiegelte Start- und Landebahn, sowie die teilversiegelten Parkierungsflächen an der AS Mannheim-Neckarau gegenüber. Auch die nächtliche Abkühlung im Bereich der Kleingartenanlage Harrlachgärten (Gartenfreunde Mannheim Ost 1910 e.V.) ist etwas reduziert. Durch den größeren Anteil versiegelter Flächen wird im Bereich der Ausgleichsräume A15 und A16 nicht



ganz das niedrige Lufttemperaturniveau von Bösfeld, Kloppenheimer Feld (A13) und Niederfeld (A12) erreicht.

Eine starke Barrierewirkung tritt im südöstlichen Bereich des Freiraumgefüges durch den Damm der B38a (Brückenauffahrt zur Querung des Rangierbahnhofes) auf, während im nordöstlichen Bereich in Höhe der Einflugschneise des Flugplatzes Neuostheim keine wesentliche Störungswirkung vorzufinden ist. Vor allem hier kann sich die Funktion der Ausgleichsräume als Kaltluftleitbahn innerhalb des Grünzuges Südost entfalten (Schutzbedarf 1. Priorität).

Im Norden begrenzt die Bebauung Neuostheim (W18, W19) den Ausgleichsraum A15. Bei nördlichen Luftströmungen kann sich die Abkühlung des Freilandes in Nähe der Bebauung durch Warmluftverschiebungen aus der Bebauung Neuostheim/Gewerbegebiet Neuostheim verzögern.

Im Süden begrenzt der Stadtteil Neuhermsheim (W20) und im Westen der Damm der Riedbahn den Ausgleichsraum A16. Vor allem der Damm der Riedbahn entfaltet eine starke Barrierewirkung, so dass sich das thermische Gunspotential der Harrlachgärten nur abgeschwächt im Fahrlachgebiet (W34) entfalten kann. Dies wird durch den markanten Temperaturgegensatz auf kurzer Distanz belegt.

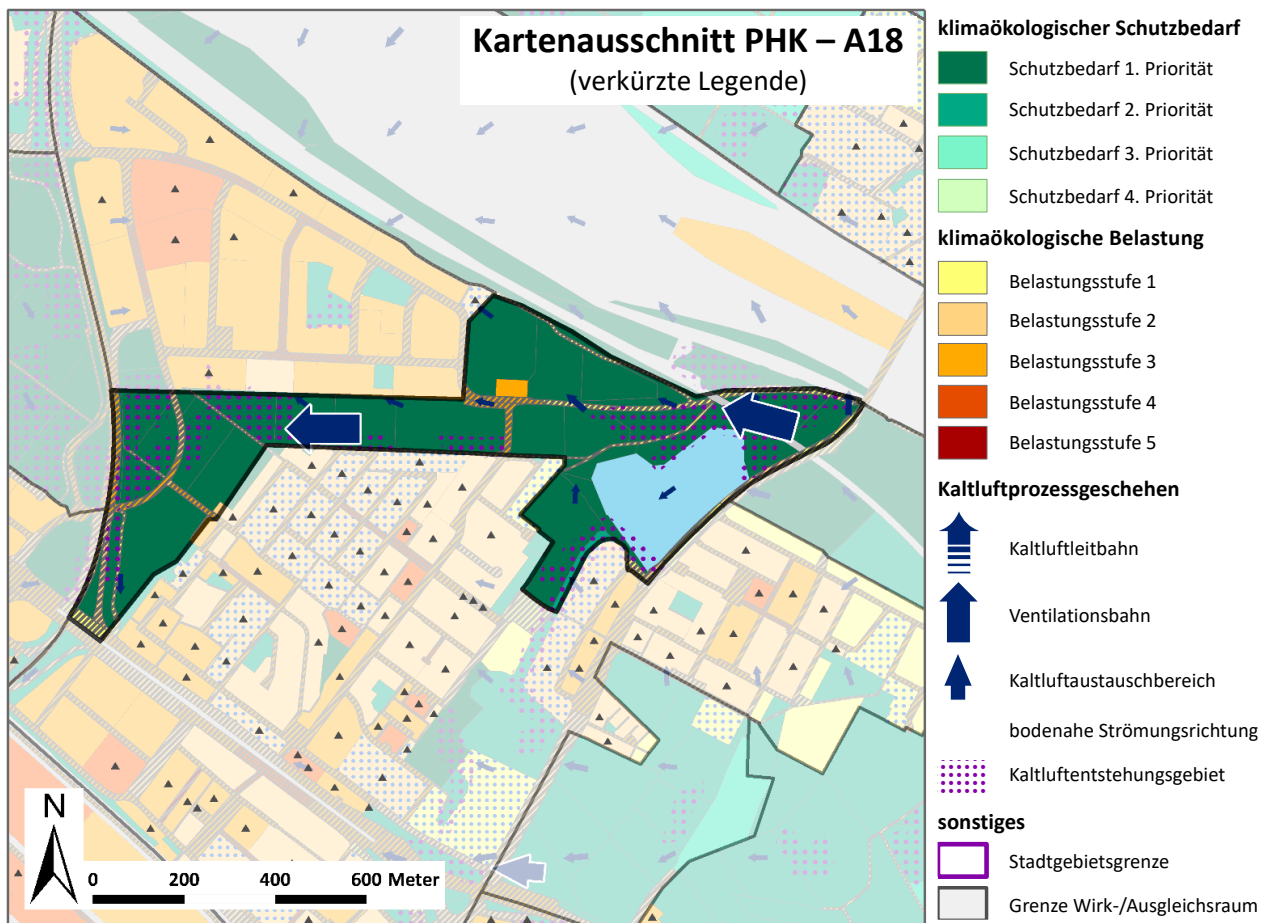
Der Ausgleichsraum **A17 (Kleingärten Hintergereute)** mit seinen Kleingärten nordwestlich von Neuhermsheim wird von den Bahnanlagen gekammert. Vor allem die Dämme der Riedbahn unterbinden Wechselwirkungen mit den angrenzenden Wirkungsräumen (W20, W24, W34). Die über den Ausgleichsraum A16 zugeführte Kaltluft wird vermehrt in Richtung Südwesten zu den Gleisanlagen geführt.

Insgesamt überwiegt bei den betrachteten Ausgleichsräumen (A15, A16 und A17) die Funktion der Kaltluftleitbahn, was zum höchsten Schutzbedarf (Priorität 1) bei einem Großteil der Grünflächen führt.

Maßnahmenempfehlungen

Die bestehenden Wiesen- und Gehölzflächen in den Ausgleichsräumen A15 und A16 sind möglichst dauerhaft zu sichern (Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)**). Weitere Befestigungsmaßnahmen im Bereich der Parkierungsfläche nordwestlich der AS Mannheim-Neckarau sind zu vermeiden. Baumaßnahmen in Form von Hochbau sind auszuschließen, da der Ausgleichsraum als klimaökologisch hoch bedeutsamer Übergangsbereich vom Grünzug Südost zur Mannheimer Innenstadt (Fahrlach, Schwetzingenstadt, Oststadt) fungiert.

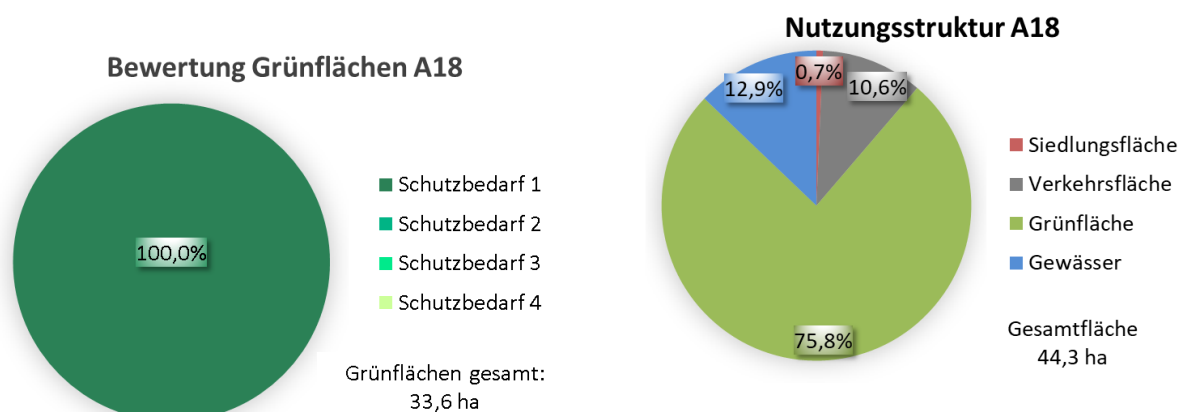
AUSGLEICHSPAUM: A18 ATZELAUE



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Zwischen dem Gewerbegebiet Mallau (W22) und der Bebauung Casterfeld/Pfingstberg (W23) befindet sich der relativ schmale Ausgleichsraum **A18 (Atzelaue)**. Er wird durch die angrenzende Bebauung sowie den teilweise auf einem Damm verlaufenden Rhein-Neckar-Schnellweg (starke Barrierewirkung) und seine verwinkelte Form deutlich gekammert. Durch die geringe Oberflächenrauigkeit der Wiesen und landwirtschaftlichen Flächen südlich der Besselstraße/Mallaustrasse fungiert der Freiraum als Ventilationsachse mit aktiver Kaltluftbildung. Die Neigung zur Wärmeinselbildung im Gewerbegebiet Mallau wird hierdurch merklich gemindert. Zudem unterbindet der Freiraum das Zusammenwachsen der Wärmeinseln Mallau und Casterfeld.

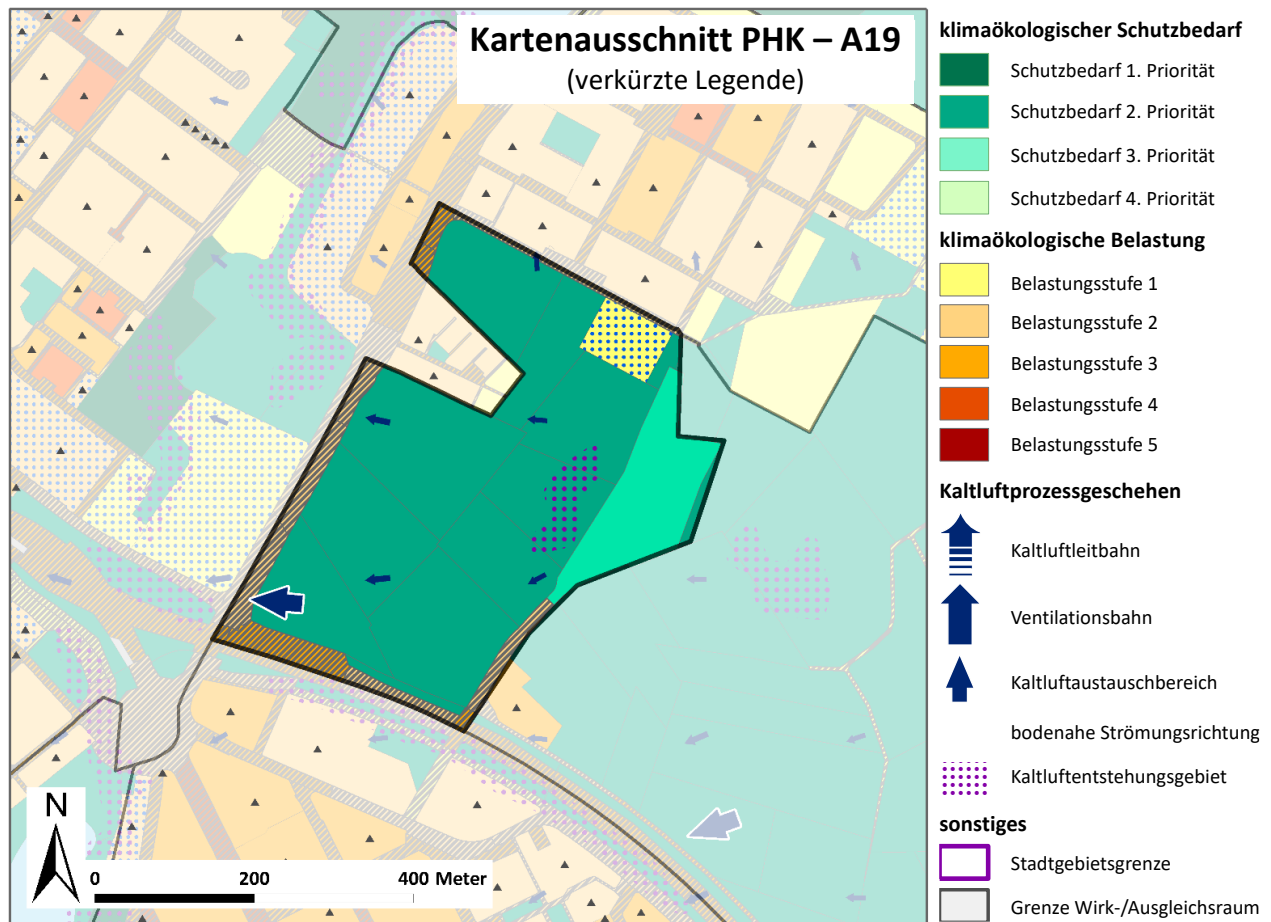
Das Parkschwimmbad mit seinen gehölzüberstellten Wiesenflächen sowie der Pfingsbergweiher bilden an heißen Sommertagen einen bedeutsamen Erholungsraum mit verminderter Wärmebelastung.



Maßnahmenempfehlungen

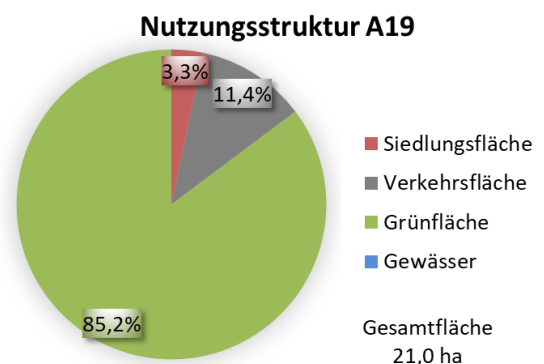
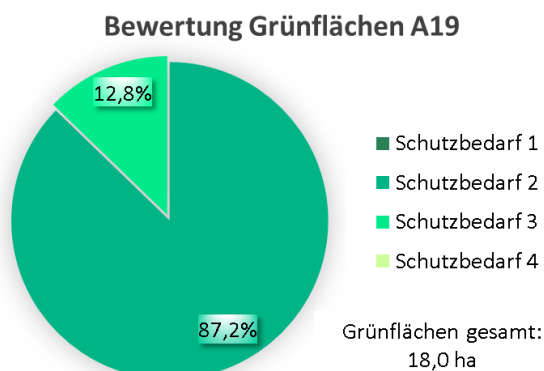
Die bestehenden Wiesen- und Gehölzflächen in den Ausgleichsräumen A15 und A16 sind möglichst dauerhaft zu sichern (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren und M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Eine bauliche Ausdehnung von Wohn- oder Gewerbebebauung in Richtung des Ausgleichsraums ist aus klimaökologischer Sicht auszuschließen, da die Breite der Abstandsfläche zwischen dem Gewerbegebiet Mallau und der Wohnbebauung Casterfeld mit ca. 115 m bereits das Mindestmaß hinsichtlich einer funktionalen Ventilationsbahn aufweist.

AUSGLEICHSPAUM: A19 RIEMEN



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

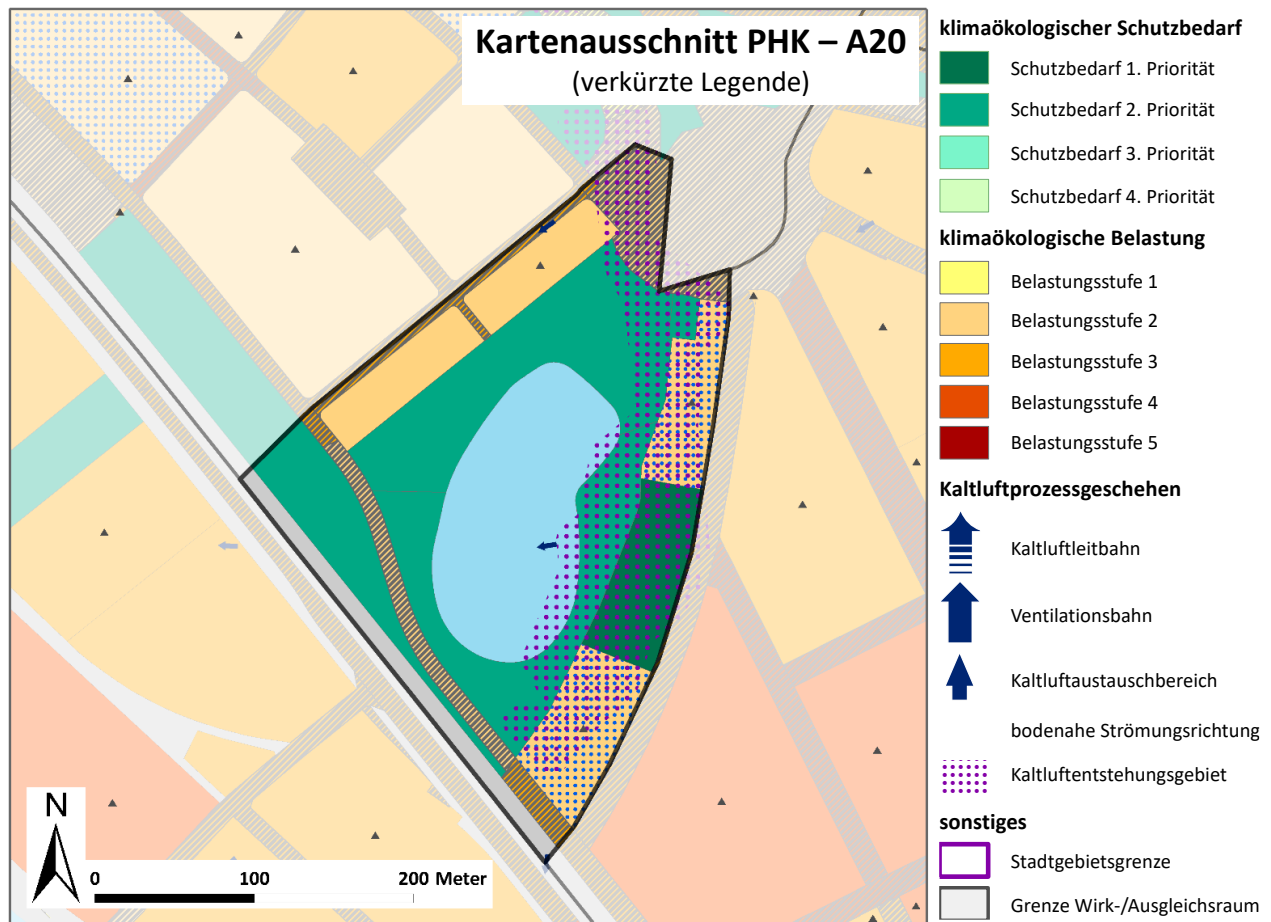
Der Ausgleichsraum **A19 Riemen** zwischen Wachenburgstraße und Waldgartenweg ist als westlicher Teilraum des deutlich größeren Ausgleichsraums A03/A04 zu betrachten. Die kühlen Luftmassen aus dem Dosenwald können bei südöstlichen und östlichen Luftströmungen über die Kleingärten und den Friedhof Pfungstberg in der Bebauung Pfungstberg im Norden und Casterfeld im Westen ihre klimaökologischen Positiveffekte entfalten. Der Bebauungsrand weist hier eine nur geringe bis mäßige Barrierewirkung auf und die Wachenburgstraße kann relativ ungehindert nach Westen und Nordwesten überströmt werden (Kaltluftaustauschbereich).



Maßnahmenempfehlungen

Die bestehenden Kleingärten bilden ein bedeutsames klimaökologisches Gunstpotenzial und weisen daher den Schutzbedarf 2. Priorität auf. Von einer Umwidmung von Teilflächen in Wohnbebauung ist hinsichtlich eines anzustrebenden Erhalts der aktuellen klimaökologischen Funktion möglichst abzusehen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Sollten dennoch stadtplanerische Veränderungen angedacht sein, sind die Planungsmaßnahmen **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu berücksichtigen.

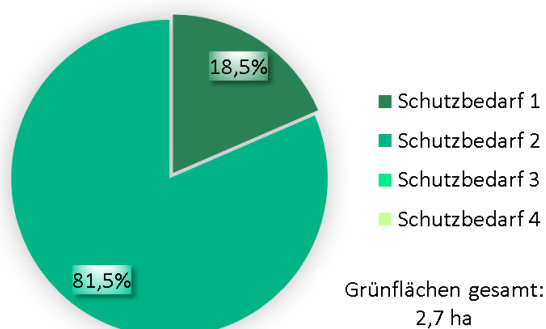
AUSGLEICHSPOTENTIAL: A20 STENGELHOFWEIHER



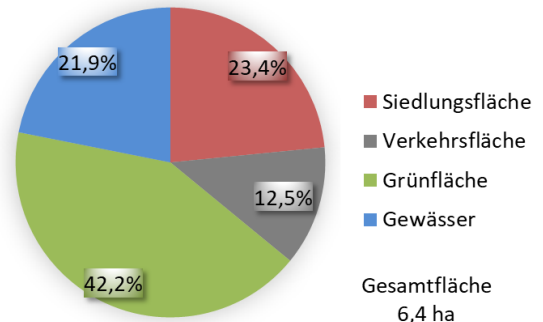
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der sehr klein dimensionierte Ausgleichsraum **A20 Stengelhofweiher** mit seiner Wasserfläche, Uferbegrünung und der direkt angrenzenden Wohnbebauung ist vollständig von den Bebauungen der Wirkungsräume W02, W04 und W23 umgeben. Aufgrund seiner geringen Dimensionierung, seiner leicht kesselförmigen Einsenkung, der Barrierewirkung der Bahnanlagen am Südwestrand des Ausgleichsraumes sowie der Geländestufe zu Stengelhofstraße (Übergang von der Nieder- zur Hochterrasse) kann er sich nur passiv in der unmittelbar angrenzenden Bebauung auswirken. Sein thermisches Ausgleichspotenzial (insgesamt mäßig) wird durch die Wasserflächen des Weihers mitbestimmt und ist tendenziell im Frühling/Frühsummer infolge der dann noch verhältnismäßig niedrigen Wassertemperaturen bzw. in der wärmeren Jahreszeit nach längeren kühlen Witterungsabschnitten etwas stärker ausgeprägt. Am Tag besitzt der Ausgleichsraum A20 aufgrund des kühlenden Gewässers eine bedeutende Ausgleichsfunktion, insbesondere in Hinblick auf die thermisch

Bewertung Grünflächen A20



Nutzungsstruktur A20



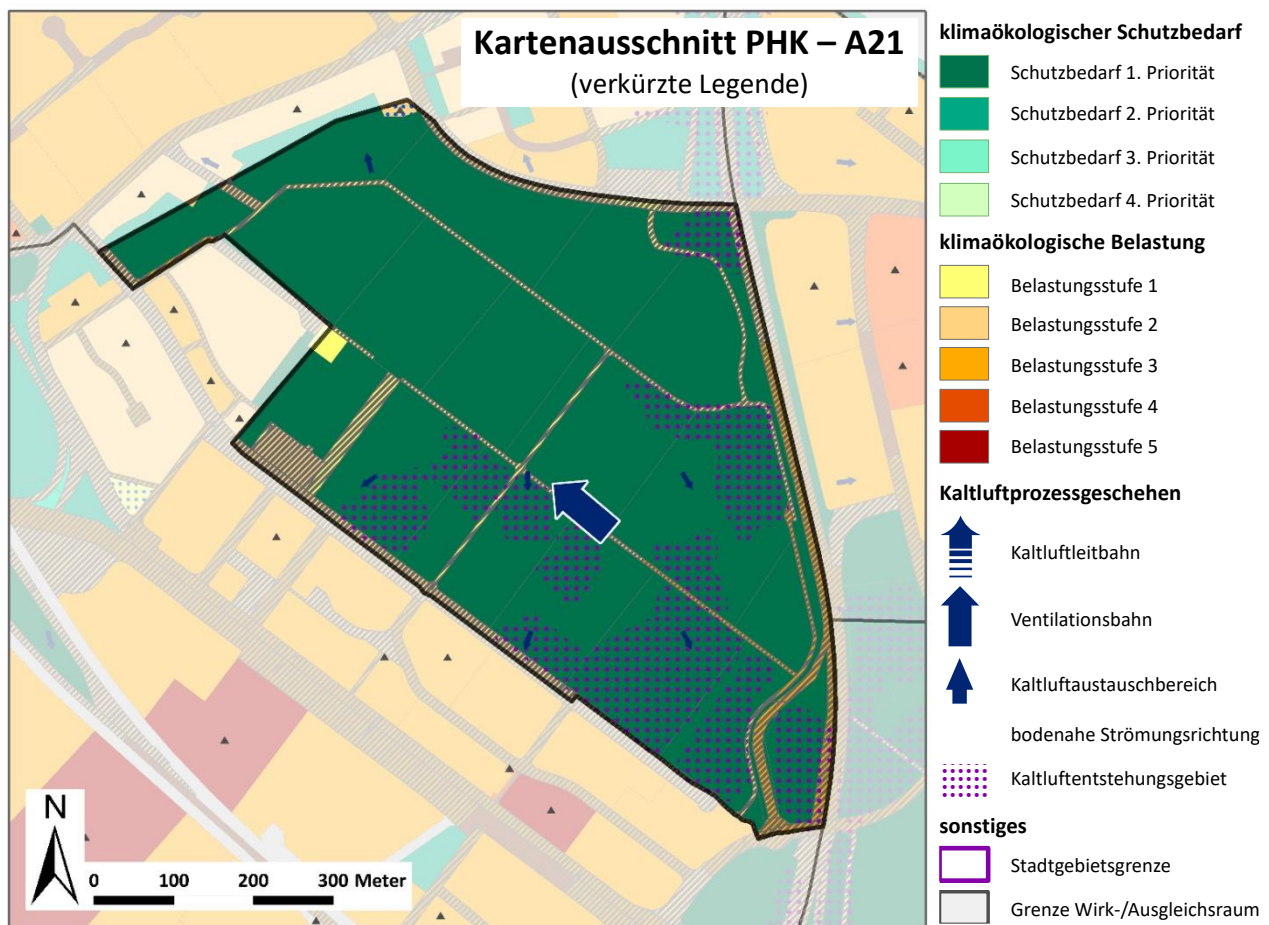
stark belastete Bebauung östlich der Stengelhofstraße. Der Schutzbedarf ist demnach in der Gesamtbetrachtung als hoch bis sehr hoch einzustufen.

Maßnahmenempfehlungen

Die Wasserfläche des Weihers fungiert aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit als lokale Ventilationsfläche, über welcher der Gradientwind bodennah durchgreifen kann. Vor den davon ausgehenden Belüftungseffekten profitiert die direkt angrenzende Bebauung. Da die Wasserfläche in den warmen Sommermonaten nicht zur örtlichen Kaltluftbildung beiträgt ist hoher Wert auf die Sicherung der Gehölzbestände und der angrenzenden Hausgärten zu legen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Während die Wasserfläche aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit die bodennahe Belüftung unterstützt, bilden die Grünflächen eine lokal wirksame Temperatursenke.

Bei baulichen Neustrukturierungen in direkter Nachbarschaft sind diese klimatischen Positivwirkungen zu berücksichtigen. Eine potenzielle Neubebauung westlich der Stengelhofstraße (bisherige Brachfläche mit Schutzbedarf 1. Priorität) ist nur auf Grundlage eines vertiefenden Klimagutachtens zu empfehlen. Eine mögliche Bebauung sollte sich nach Westen zur Weiherfläche hin öffnen (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**).

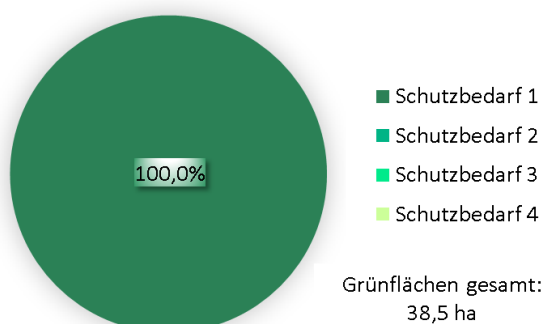
AUSGLEICHSPAUM: A21 MORCHFELD/CASTERFELD



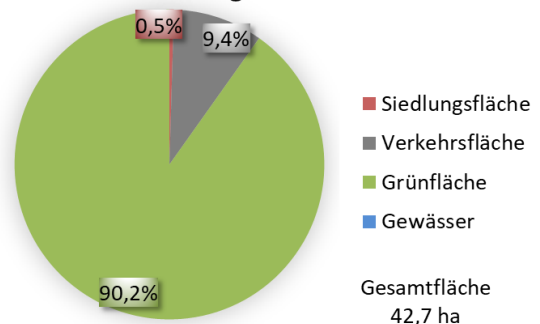
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A21 Morchfeld/Casterfeld** wird durch den teilweise auf einem Damm verlaufenden Rhein-Neckar-Schnellweg und die Gewerbegebiete Mallau, Casterfeld und Morchfeld eingerahmt. Verstärkt wird die Barrierewirkung am Bebauungsrand noch durch die leichten Geländestufen im Bereich der Mallaustraße und Morchfeldstraße. Die sich über dem Friedhof Neckarau im Nordwesten, den Kleingärten im Norden sowie den Wiesen, Gärten und Ackerflächen im Süden und Osten bildenden kühlen Luftmassen können nur abgeschwächt aktiv (= flurwindartig) in die Wirkungsräume W22, W25 und W26 eindringen. Zusammen mit ihrer hohen Passivwirkung als Ventilationsbahn bilden sie jedoch einen stadtklimatisch wichtigen Freiraum. Die thermische Gunstwirkung unterbindet den Anschluss des Gewerbegebietes Mallau an die „Wärmeschiene“ Rheinauer Hafen - Casterfeld - Neckarau - Lindenhof.

Bewertung Grünflächen A21



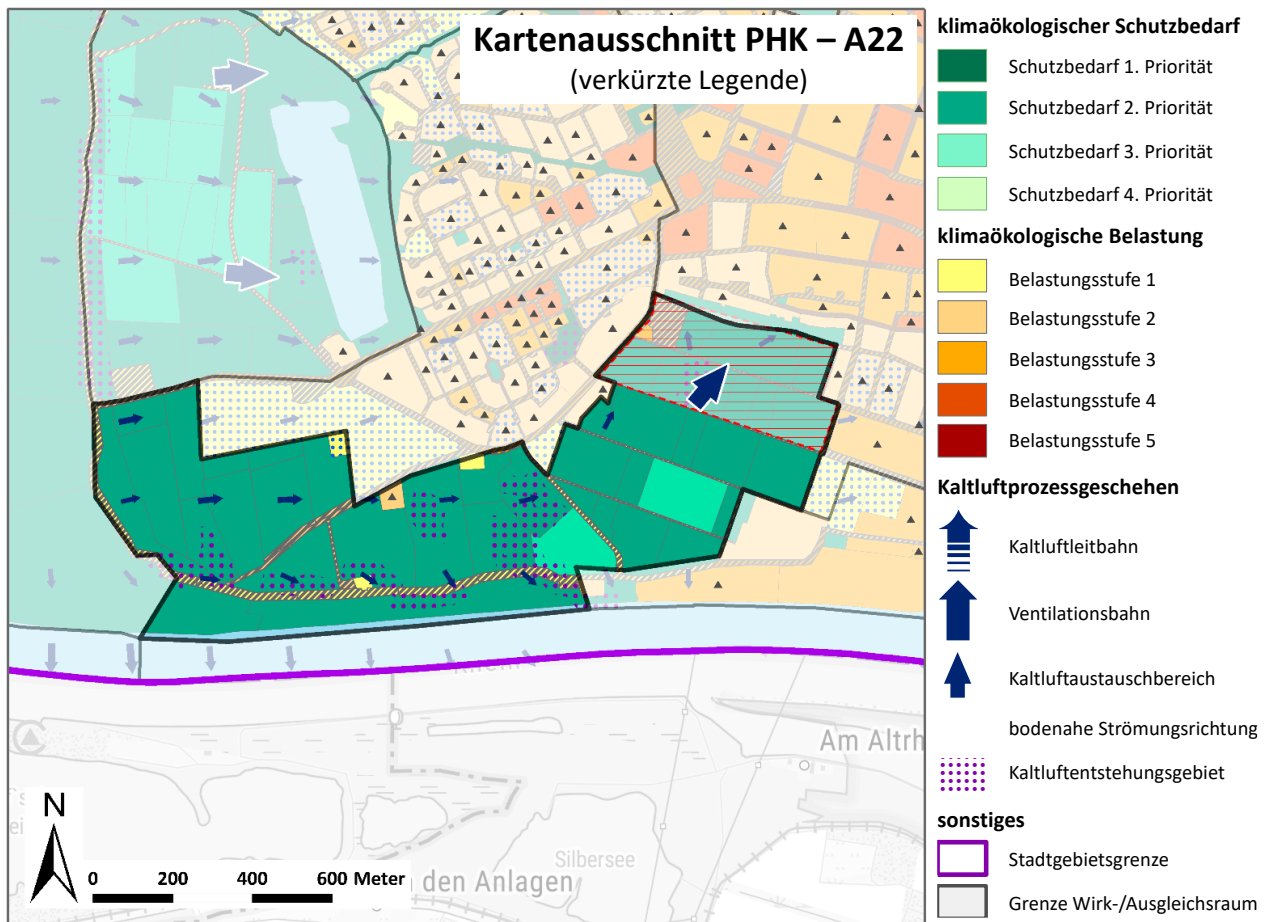
Nutzungsstruktur A21



Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A21 bildet zwischen den Wärmeinseln der Gewerbegebiet Mallau, Morchfeld und Casterfeld einen kühlen Trittstein. Diese Funktion ist möglichst langfristig zu sichern (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

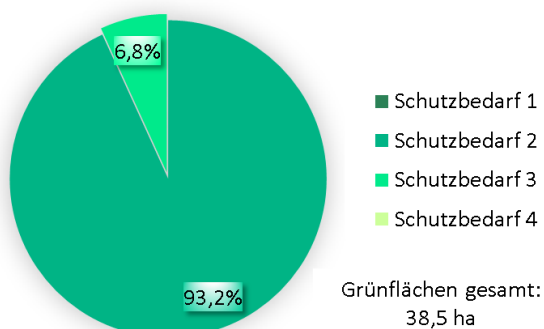
AUSGLEICHSPAUM: A22 OBERES ROTTFFELD/AUFELD



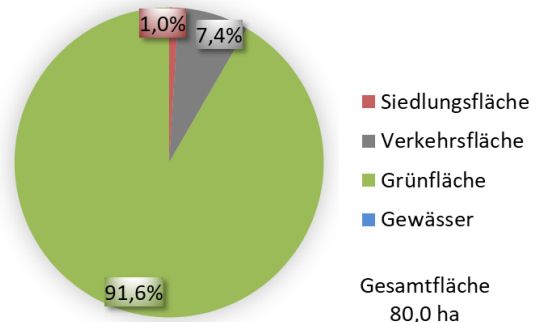
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der im Südwesten von Neckarau gelegene Ausgleichsraum **A22 Oberes Rottfeld/Aufeld** stellt sich sowohl thermisch als auch das Strömungsgeschehen betreffend gegenüber den Ausgleichsräumen im Südosten von Mannheim deutlich heterogener dar. Typische Merkmale sind hier ein schwächer ausgeprägtes Strömungsfeld mit erhöhter Neigung zu Kaltluftstagnation und in der Folge über Freiflächen besonders rasche und intensive Abkühlung. Sie ist Folge der Abschirmung nach Westen durch den dichten Baumbestand des Waldparks, nach Süden durch den Rheinhauptdeich begleitenden Waldstreifen sowie im Norden und Osten durch die Bebauung bzw. durch das teilweise in der Bebauung ansteigende Gelände (z.B. Höhendifferenz Aufeld – Friedrichstraße etwa 5 m). Neben diesen überwiegend mäßig wirksamen Barrieren bewirkt die Gliederung durch die Kleingärten und die Bebauung entlang der Rheingoldstraße eine Kammerung des Ausgleichsraums. Mit den hier häufig vorherrschenden nächtlichen Westwinden kann die über den Kleingärten, den Wiesen-

Bewertung Grünflächen A22



Nutzungsstruktur A22



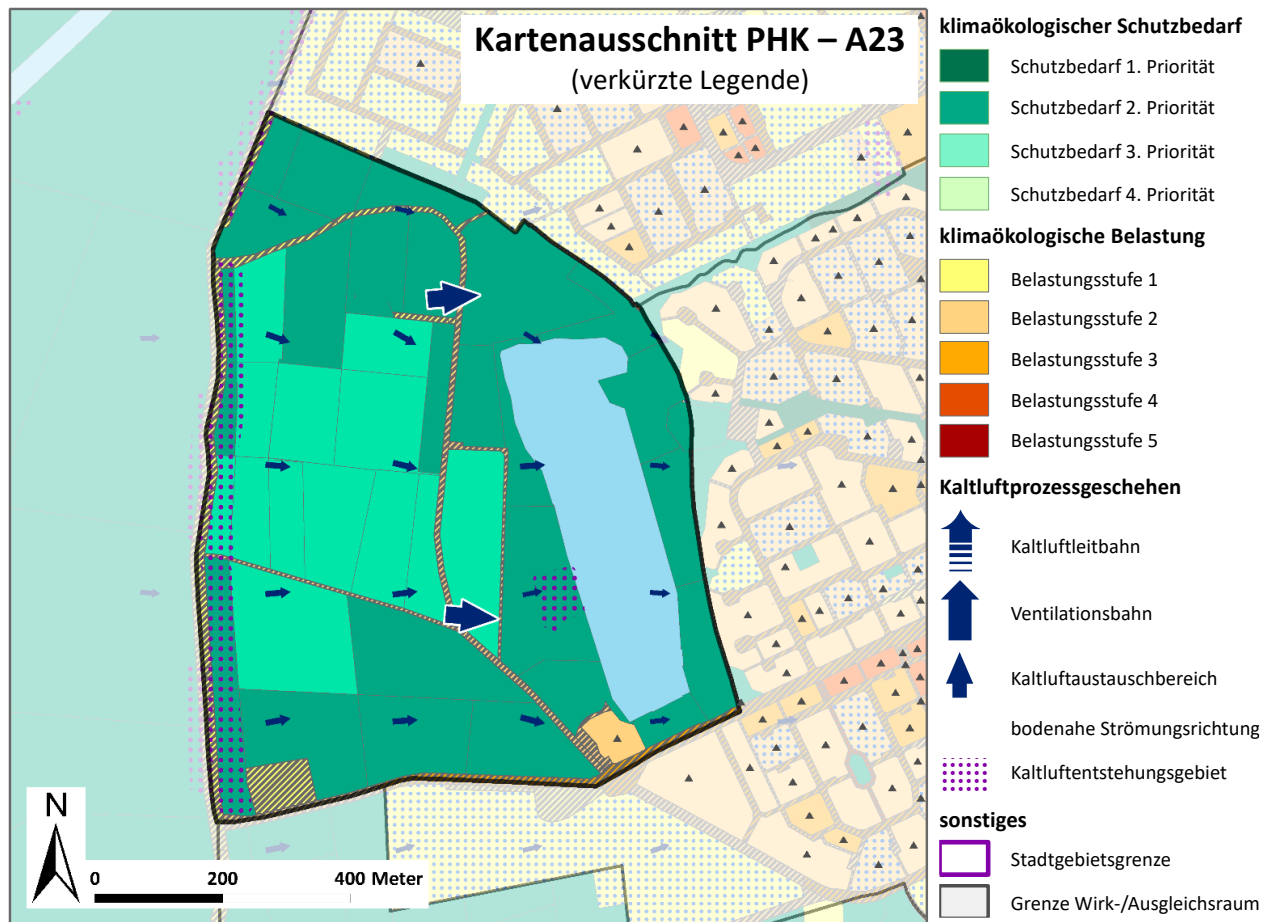
und Gehölzflächen sowie den Sportanlagen gebildete Kaltluft über das Aufeld in die Bebauung von Neckarau geführt werden, wo sie für eine Forcierung der nächtlichen Abkühlung sorgt.

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A22 weist größtenteils einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität) auf, da die hier gebildete Kaltluft im Süden von Neckarau wesentlich zur Begünstigung der thermischen Umgebungsbedingungen beiträgt. Hier greifen die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**.

Bauliche Ergänzungen im Bereich des Aufeldes sind ggf. kritisch zu hinterfragen. Eine Wohnbauentwicklung im Bereich des I. Gewinn ist allein unter strenger Beachtung klimaökologischer Zielvorgaben (u.a. bauliche Dichte, bauliche Höhenentwicklung; Freiflächengestaltung etc.) in Betracht zu ziehen (u.a. Planungsmaßnahme **M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Im II. Gewinn ist allenfalls eine bauliche Arrondierungen unmittelbar entlang des Neckarauer Waldweg vorstellbar. Eine gesamtflächige bauliche Inanspruchnahme des II. Gewinn ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden.

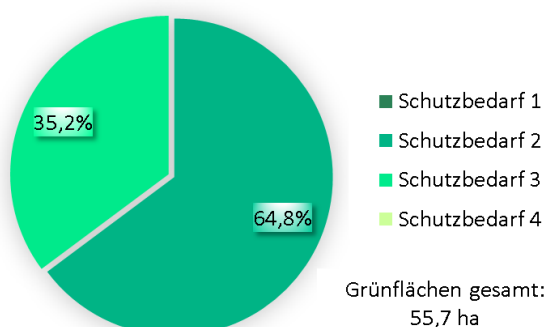
AUSGLEICHSPAUM: A23 STOLLENWÖRTHWEIHER/DOHLLACHE/GROSSE PLATTE



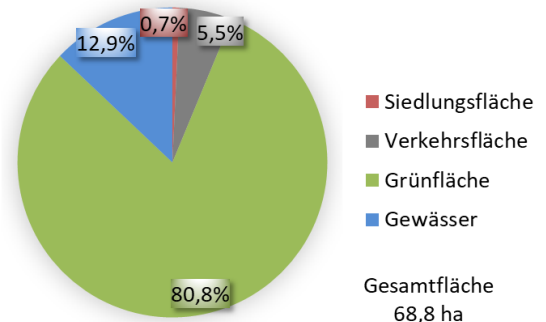
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A23 Stollenwörthweiher / Dohllache / Große Platte** nördlich der Rheingoldstraße bildet den räumlichen Übergang zwischen dem Waldpark im Westen und der Wohnbebauung Niederfeld im Osten. Die Kleingärten sowie die Grünflächen rund um den Stollenwörthweiher weisen sowohl am Tag als auch in der Nacht bioklimatische Gunstwirkungen auf. Insbesondere den naturnahen Grünflächen ist daher ein Schutzbedarf der 2. Priorität zugeordnet. Mit den in sommerlichen Strahlungsnächten lokal häufig vorkommenden Westwinden wird die hier entstehende und aus dem Waldpark herangeführte Kaltluft über den Stollenwörthweiher in Richtung Niederfeld (nur mäßige Barrierewirkung am Westrand) verfrachtet. Dort sorgt diese für eine nachhaltige Minderung des Wärmeinseleffekts.

Bewertung Grünflächen A23



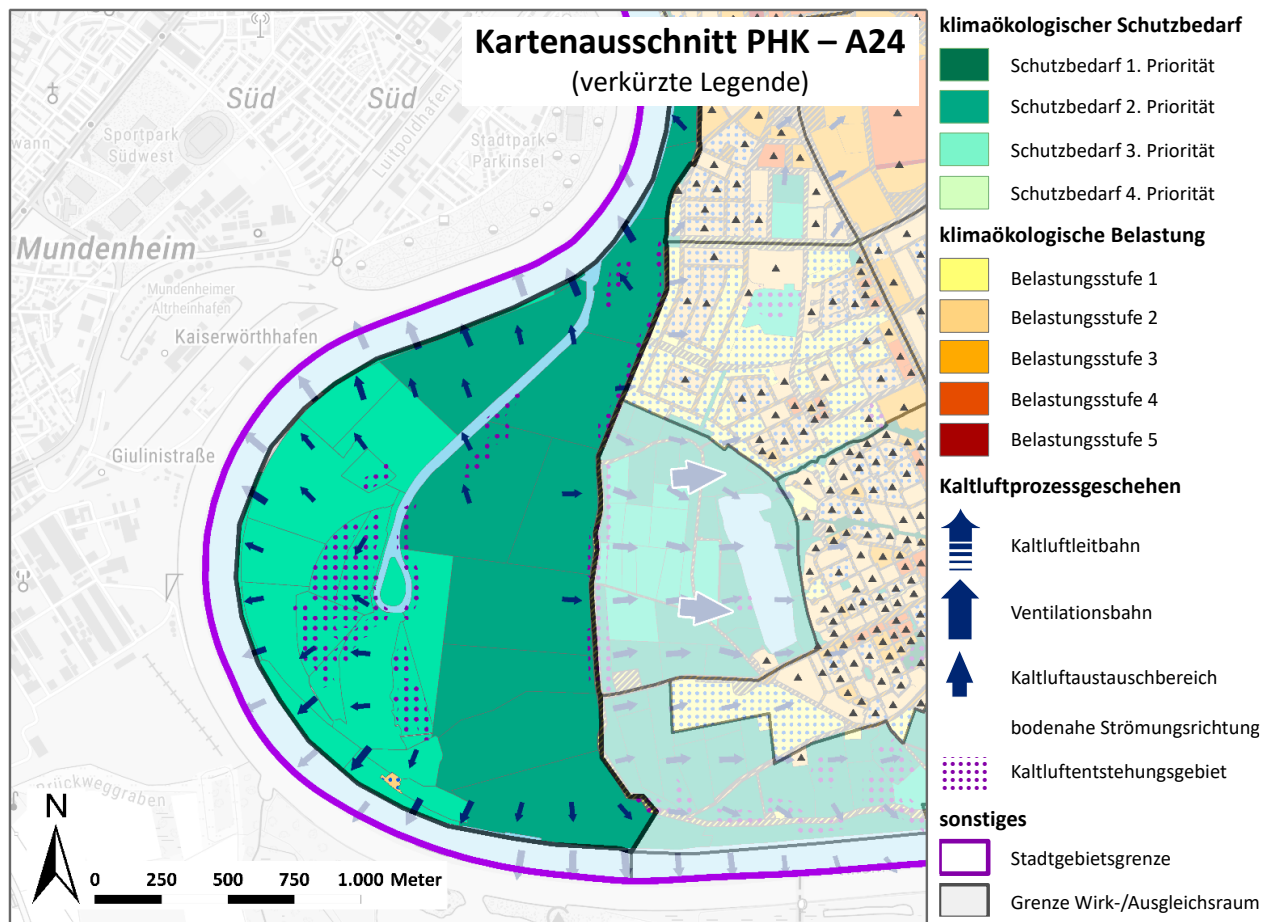
Nutzungsstruktur A23



Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A23 ist zur Gestaltung günstiger thermische Umgebungsverhältnisse und zur Sicherung einer ausreichenden Belüftungsintensität von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Eine bauliche Inanspruchnahme des Freiraums ist daher aus klimaökologischer Sicht auszuschließen. Auch hier gelten die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen.**

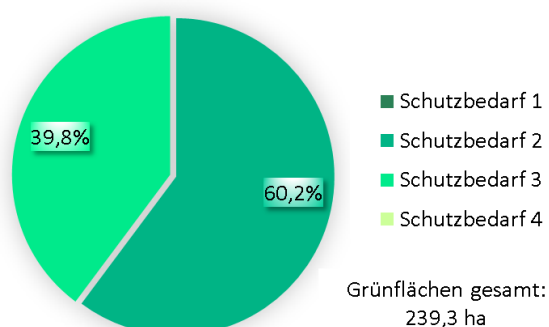
AUSGLEICHSRaum: A24 WALDPARK



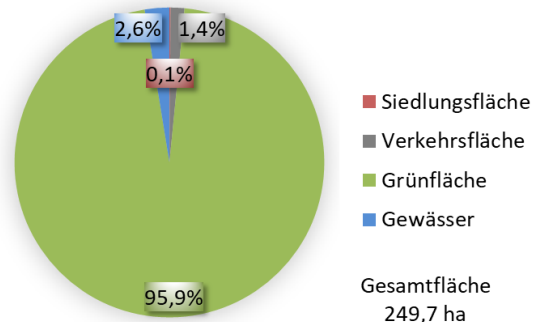
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Über dem Ausgleichsraum **Waldpark (A24)**, der von Waldbeständen, Wiesen / Streuobstwiesen und Altrheinarmen geprägt wird, bewirken die Waldflächen eine Abschwächung der bodennahen Luftströmungen, wodurch in Lichtungen stellenweise Stagnationseffekte auftreten. Bei häufig vorherrschenden südwestlichen und westlichen Winden werden diese jedoch zumeist aufgelöst und die lokal produzierte Kaltluft wird über die Ausgleichsräume A23 und A22 nach Osten verfrachtet, wo sie die Wärmeinselbildung innerhalb der Wohnbebauung Niederfeld und im Süden von Neckarau effektiv reduziert. Am Tag besitzen die vergleichsweise kühlen Waldflächen sowie die Uferbereiche des Rheins eine bedeutende Naherholungsfunktion. In Verbindung mit der nächtlichen Kaltluftfunktion führt dies zu einem je nach Entfernung zum Siedlungsraum mittleren bis hohen Schutzbedarf.

Bewertung Grünflächen A24



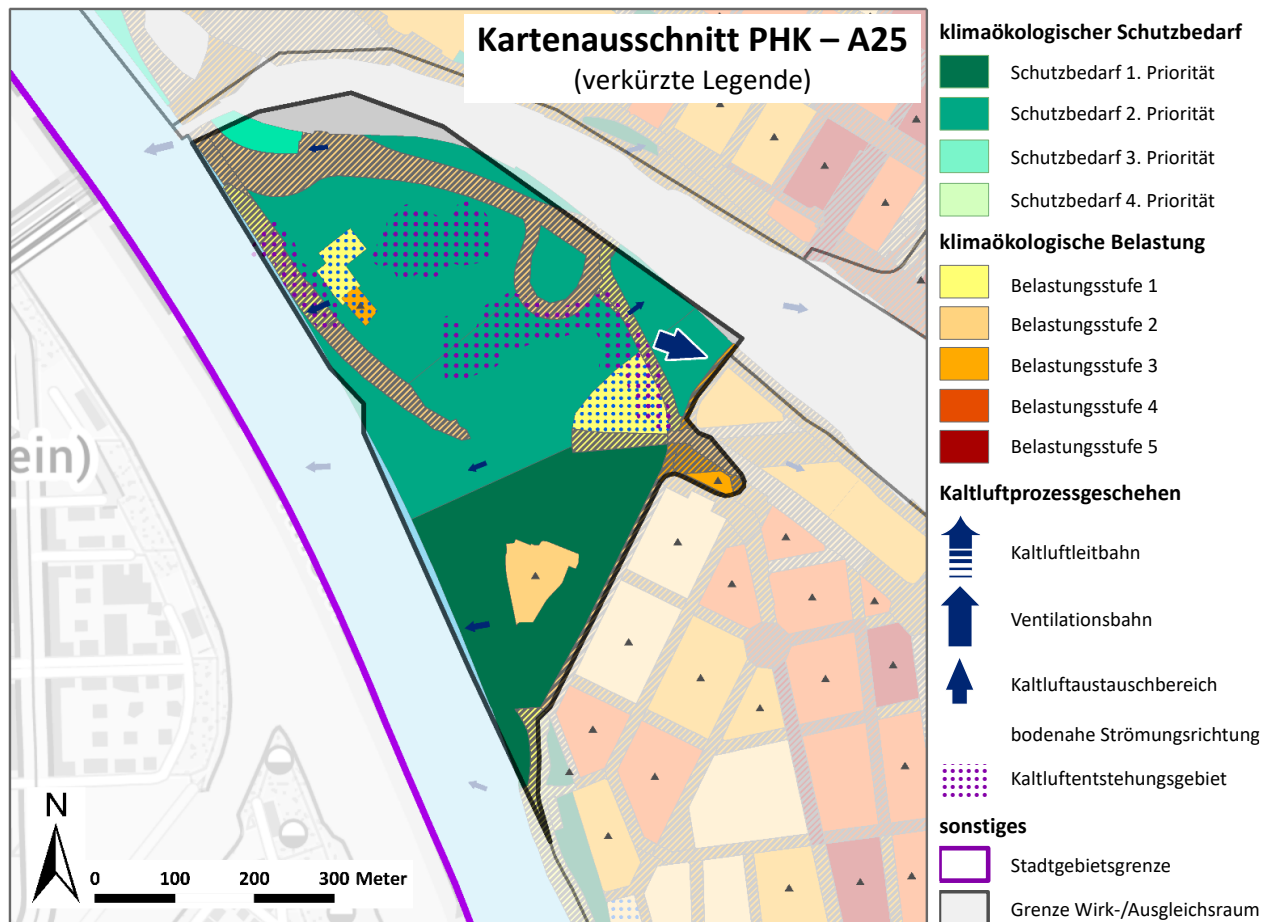
Nutzungsstruktur A24



Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A24 ist zur Gestaltung günstiger thermischer Umgebungsverhältnisse und zur Sicherung einer ausreichenden Belüftungsintensität von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Eine zusätzliche bauliche Inanspruchnahme auch von kleineren Teilbereichen des Freiraums (z.B. im Bereich des Strandbads und des angrenzenden Campinplatzes) ist daher aus klimaökologischer Sicht möglichst abzusehen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

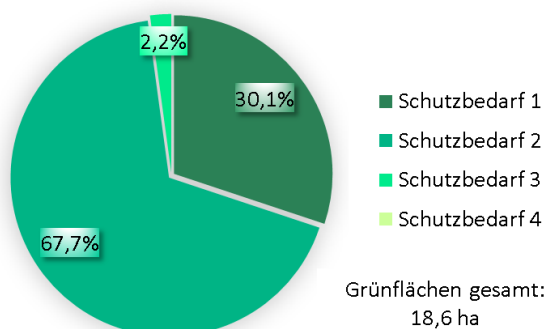
AUSGLEICHSPAUM: A25 SCHLOSSPARK



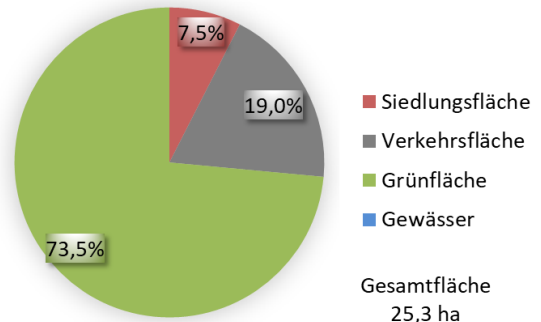
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Zwischen Lindenhof und Innenstadt/Schloss befindet sich am Rhein der relativ klein dimensionierte Ausgleichsraum **A25 Schlosspark**. Stadtseitig umschließenden ihn die Bebauungen Lindenhof (Wirkungsraum W32), die Bahnanlagen und Auffahrten zur Konrad-Adenauer-Brücke (W33) und der Schlossmittelbau zum Stadtzentrum (W38). Infolge der eingetieften Lage des Schlossgartens (locker gehölzüberstellte Rasenflächen mit vereinzelter Baukörpern - z.B. Jugendherberge - und Sportflächen) ist die Barrierewirkung zu den Wirkungsräumen teilweise stark ausgeprägt und der Ausgleichsraum deutlich gekammert. Nach Westen grenzt er barrierefrei an den Rhein. Die Kammerung und der Baumbestand reduzieren die Windgeschwindigkeiten und führen zu Stagnationseffekten wie die inselhafte Fläche mit niedrigen nächtlichen Lufttemperaturen belegt. Zwar weist der Ausgleichsraum im Verhältnis zu den angrenzenden Wirkungsräumen nur eine kleine Fläche auf und kann infolge seiner Tieflage und der Kammerung sein klimaökologisches Wirkungspotential

Bewertung Grünflächen A25



Nutzungsstruktur A25

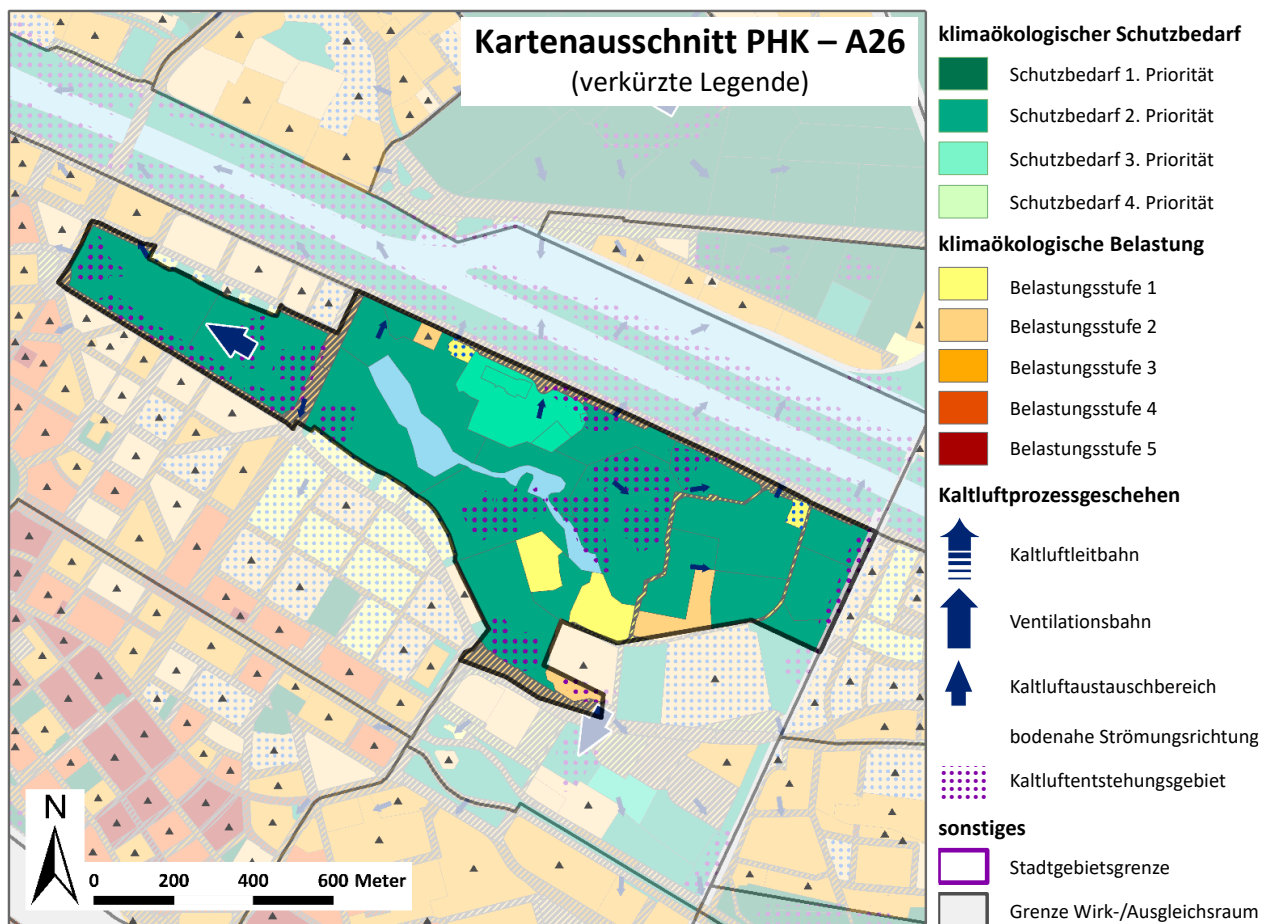


nur teilweise entfalten. Er kann jedoch in der angrenzenden Bebauung, insbesondere bei Situationen mit etwas stärker ausgeprägten Winden aus südlichen bis nordwestlichen Richtungen, noch zu einer Reduzierung der negativen Stadtklimaeffekte beitragen. Das thermische Ausgleichsvermögen für die Nachtsituation ist zusammenfassend als mäßig zu bewerten. In der Tagsituation weist der Schlosspark aufgrund seines relativ hohen Baumanteils sowie seiner Lage am Rhein eine vergleichsweise geringe Wärmebelastung auf und fungiert somit u.a. während heißer Sommertage als bedeutender Naherholungsraum. Insgesamt ist der klimaökologische Schutzbedarf des Schlossparks aufgrund der aufgeführten Klimafunktionen sowie seiner Nähe zu stark belasteter Wohnbebauung (Blockrandbebauung Lindenhof) als hoch bis sehr hoch einzuordnen.

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A25 ist zur Gestaltung günstiger thermischer Umgebungsverhältnisse und zur Sicherung einer ausreichenden Belüftungsintensität in der angrenzenden Bebauung des Stadtteils Lindenhof von hoher Bedeutung. Eine weitere bauliche Inanspruchnahme auch von kleineren Teilbereichen des Freiraums ist daher aus klimaökologischer Sicht auszuschließen. Es gelten die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**. Die vorhandene mikroklimatische Vielfalt (offene und baumüberstellte Rasenflächen) ist zu sichern.

AUSGLEICHSRaum: A26 - LUISENpARK

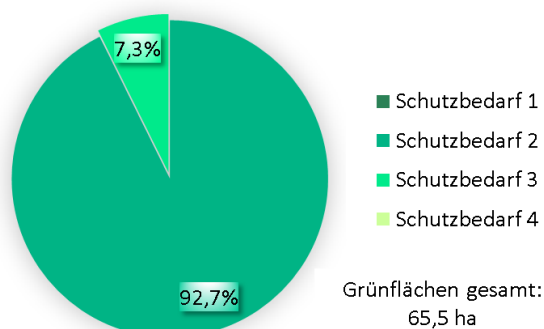


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

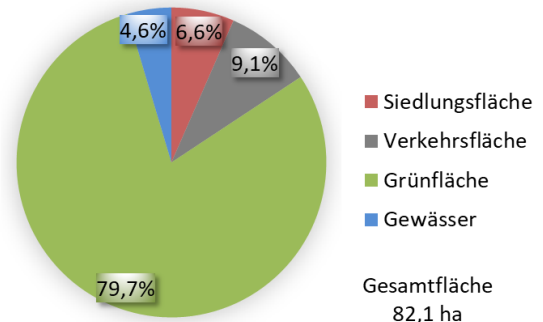
Der Ausgleichsraum **A26 Luisenpark** mit den östlich anschließenden Sportanlagen geht im Norden und Nordosten in die Freiräume A27/A14 (Neckarvorland), A35 (Sellweiden/Hauptfriedhof), A34 (Au) und A29 (Egelwasser) über. Im Westen, Süden und Südosten grenzen die Bebauungen der Wirkungsräume W37 (Oststadt), W35 (Friedensplatz/Carl-Benz-Stadion) und W18/19 (Neuostheim) an. Zwischen dem Oberen und Unteren Luisenpark wird der Ausgleichsraum von der dammartig erhöhten Ludwig-Ratzel-Straße durchquert. Sie bildet eine interne Strömungsbarriere.

Die Umschließung durch Bebauung an drei Seiten, die eingetiefte Lage des Luisenparks, die querende Ludwig-Ratzel-Straße sowie der im Osten nach Neuostheim angrenzende Damm der Riedbahn bewirken eine Abschwächung der bodennahen Ventilation, die durch den Baumbestand über den Parkflächen noch verstärkt wird. So kann sich der Luisenpark besonders über den freien Rasenflächen zwar rasch abkühlen, die Kaltluft

Bewertung Grünflächen A26



Nutzungsstruktur A26



neigt aber bodennah zu Stagnation, wenn sie nicht durch eine kräftigere Höhenströmung (großwetterlagenbedingter Flurwind oder intensive Regional-/Lokalströmung) ausgeräumt werden kann. Zeichen dieser Kaltluftstagnation sind deutliche Temperaturunterschiede zwischen Park und Parkrandbebauung – besonders ausgeprägt im Bereich der dichteren, riegelartigen Bebauung am Unteren Luisenpark (ca. 3 – 4 K). Fließende Temperaturübergänge sind bei intensiverem Luftaustausch zu beobachten, wobei sich der Luisenpark je nach Strömungsgeschehen durch seine Ventilationsfunktion thermisch positiv bis zum Friedrichsring und in der Oststadt auswirken kann. Dies ist vor allem bei nördlichen bis östlichen Windrichtungen gegeben. Im Allgemeinen bleibt die thermische Positivwirkung der Parkflächen auf eine Entfernung von ca. 100 - 300 m begrenzt.

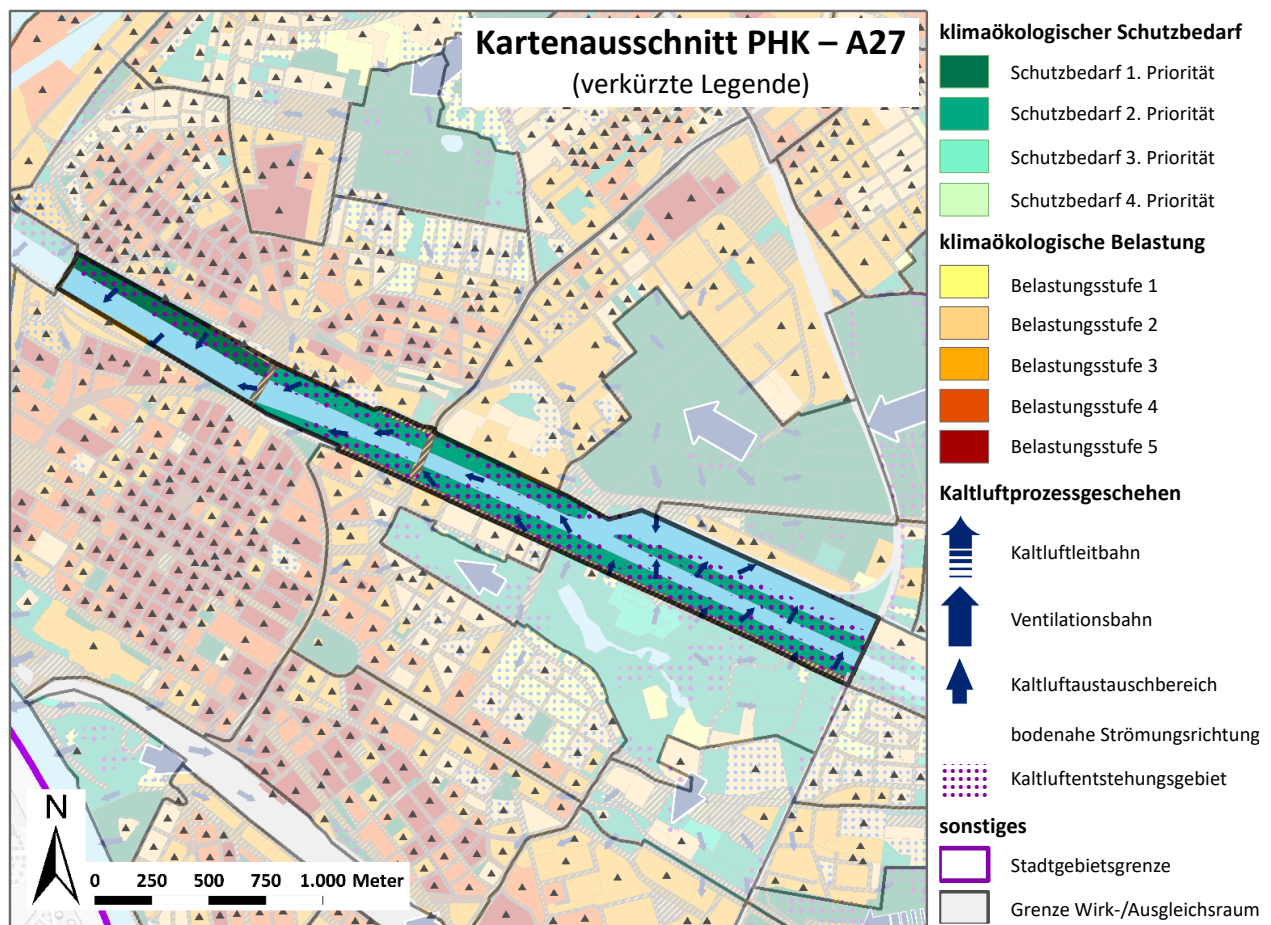
Als „innerstädtische Kalt- und Frischluftoase“ besitzen die Grünflächen des Luisenparks einen hohen klimaökologischen Schutzbedarf.

Maßnahmenempfehlungen

Die Parkanlagen des Luisenparks weisen einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität) auf. Die Gehölzbestände und Rasenflächen sind zu sichern und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

Zusätzliche bauliche Maßnahmen im Bereich der Sportanlagen (z.B. zusätzliche Sporthallen) sind möglichst auszuschließen. Bauliche Erneuerungen mit kleinflächiger Ausdehnung sind unter Beachtung klimaökologischer Vorgaben denkbar. Gleiches gilt für Baumaßnahmen im Bereich des Luisenparks. Der Anteil versiegelter Flächen sollte nicht erhöht werden. Es gelten die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**, **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**. Zudem ist die vorhandene mikroklimatische Vielfalt (offene und baumüberstellte Rasenflächen) ist zu sichern.

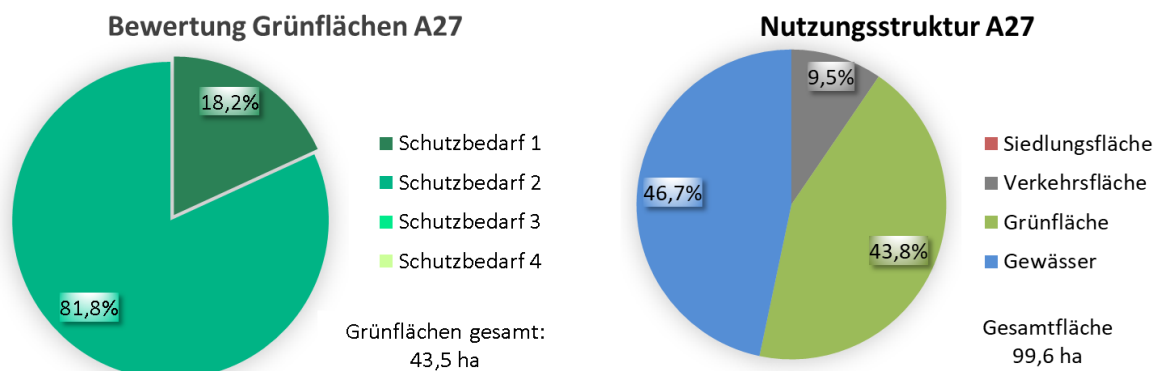
AUSGLEICHSPAUM: A27 NECKARVORLAND



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A27 Neckarvorland** mit seinen Wiesen und Gehölzbeständen lässt sich in mehrere Unterabschnitte unterteilen. Die Grünflächen entlang des Neckars erstrecken sich als schmales Band aus süd-östlicher Richtung in die Stadt hinein. Zwischen dem Mannheimer Stadtzentrum und der Neckarstadt bewirken sie eine Unterbrechung der Zone stärkster Überwärmung. Die innerstädtische Wärmeinsel wird geteilt.

Aufgrund der relativen Tieflage des Geländes, der geringen Breite und der z.T. recht dichten Bebauungsstrukturen am Übergang Freiraum – Bebauung kann sich nur in deutlich abgeschwächter Form zwischen dem Neckarvorland und den benachbarten Wirkungsräumen (W37/W38, W51/W52) ein eigenständiger Luftaustausch entwickeln.



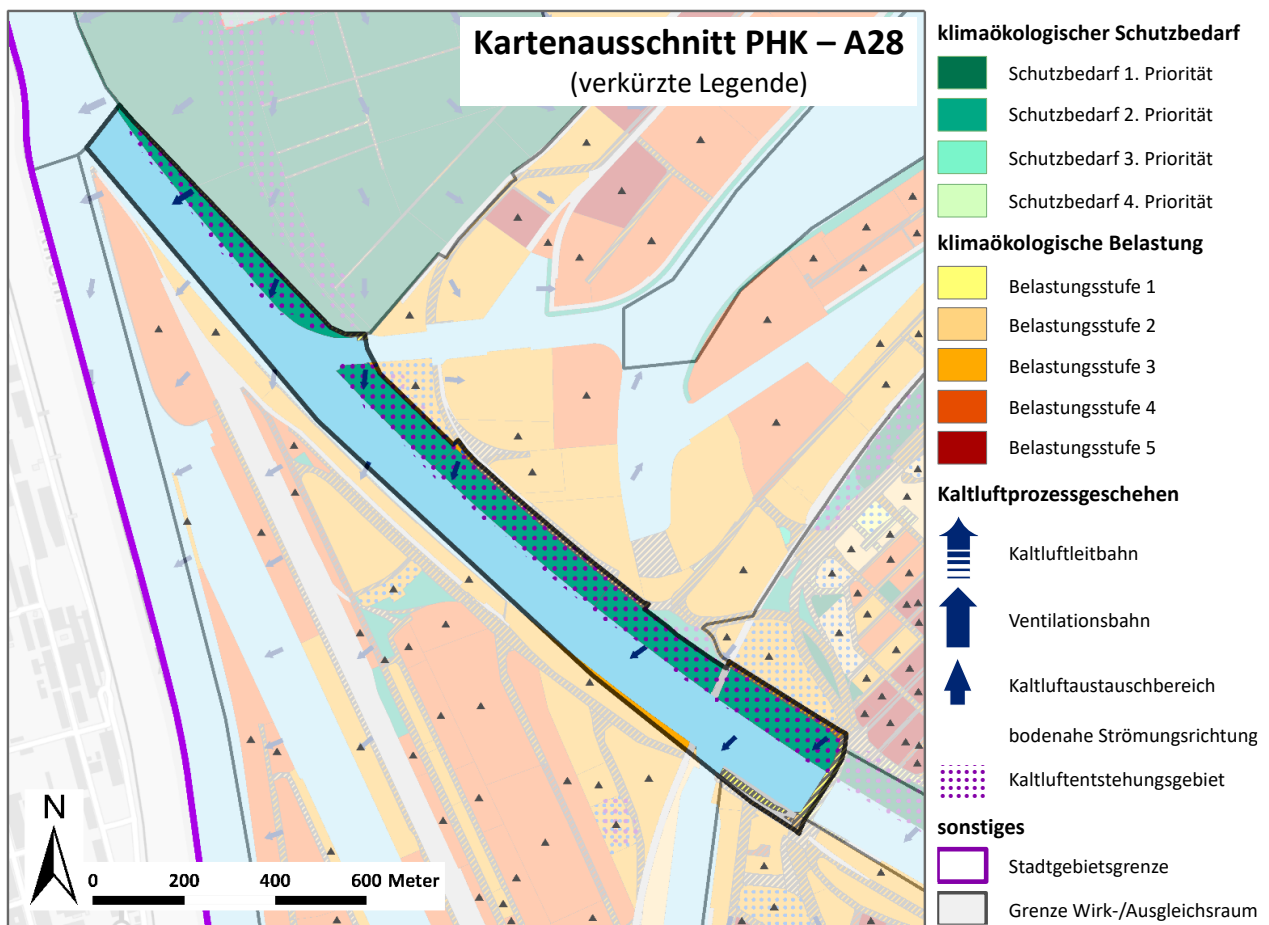
Die Hauptfunktion des Ausgleichsraums Neckarvorland A27 besteht daher in seiner Wirkung als Strömungsleitbahn. Bei Winden aus südöstlichen bis östlichen Richtungen kann Frischluft aus dem Grünzug Ost bis in die Neckarstadt und in die Innenstadt transportiert werden und die thermische Ungunst der großflächig versiegelten Bebauungen reduzieren. Am Tag fungieren die Uferbereiche zudem als thermisch bedingte Entlastungsräume.

Maßnahmenempfehlungen

Die Grünbänder beiderseits des Neckars mit ihren Fuß-/Radwegen bilden ein innerstädtisches strömungsdynamisches und bioklimatisches Gunstpotenzial. Sie weisen einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität) auf. Die Gehölzbestände und Rasenflächen sind zu sichern und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

Zusätzliche temporäre Maßnahmen (z.B. Sonnensegel = Planungsmaßnahme **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**) sind in den warmen Sommermonaten zur Steigerung der Aufenthaltsqualität denkbar. Der Anteil versiegelter Flächen sollte nicht erhöht werden. Es gelten die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**, **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**. Zudem ist die vorhandene mikroklimatische Vielfalt (offene und baumüberstellte Rasenflächen) ist zu sichern.

AUSGLEICHSRaum: A28 NECKARVORLAND II

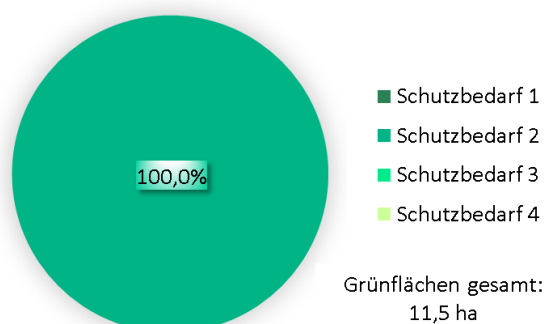


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

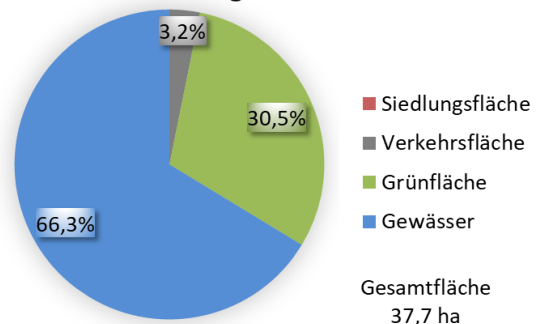
Der Ausgleichsraum **A28 Neckarvorland** weist nur auf der Nordseite Wiesenflächen mit vereinzelt Gehölzbeständen auf. Im Süden grenzen gewerblich genutzte Flächen an.

Im Mündungsbereich des Neckars in den Rhein findet das Neckarvorland (A28) Anbindung über die Ausgleichsräume Friesenheimer Insel (A44 - Kühunterhorst, Hemshöfer Weid, A45 - Rheingewann) sowie Rhein (A61) Anschluss an die Freiräume im Norden von Mannheim. Auch hier besteht die Hauptfunktion des Neckarvorlandes in seiner Wirkung als Strömungsleitbahn: So wirkt im Norden von Mannheim in Strahlungsnächten bevorzugt eine Regionalströmung mit nordöstlichen bis nordwestlichen Richtungskomponenten. Die thermische und lufthygienische Qualität der zugeführten Luftmassen wird jedoch durch die zahlreichen Industrieanlagen entlang des Rheins (u.a. BASF) stark reduziert.

Bewertung Grünflächen A28



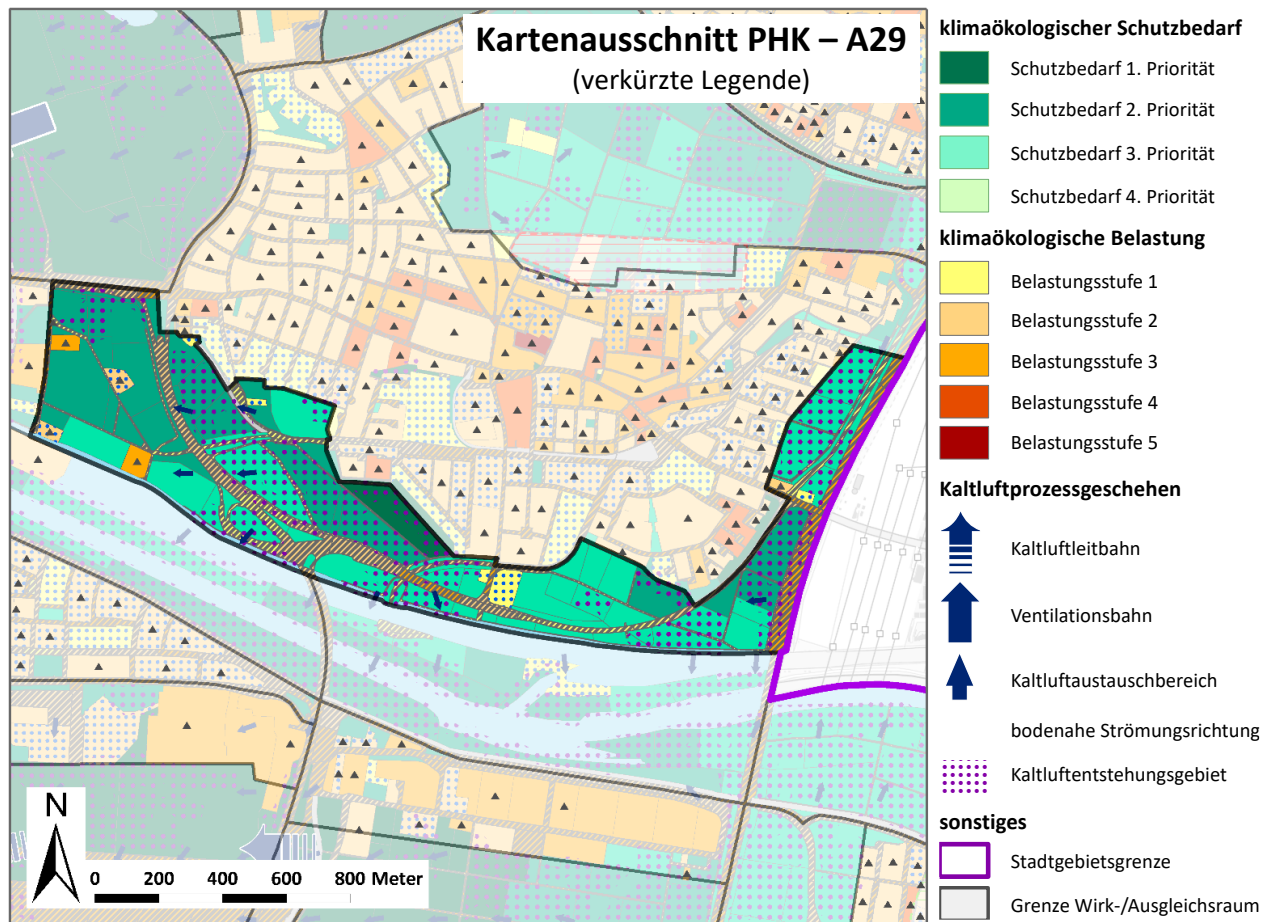
Nutzungsstruktur A28



Maßnahmenempfehlungen

Das Grünband am Nordufer des Neckars mit seinem Fuß-/Radweg bildet zusammen mit dem Flusslauf ein innerstädtisches strömungsdynamisches und bioklimatisches Gunstpotenzial. Es weist einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität) auf. Die Gehölzbestände und Rasenflächen sind zu sichern und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**). Zusätzliche temporäre Maßnahmen (z.B. Sonnensegel = Planungsmaßnahme **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**) sind in den warmen Sommermonaten zur Steigerung der Aufenthaltsqualität denkbar. Der Anteil versiegelter Flächen sollte nicht erhöht werden. Es gelten die Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**, **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**. Zudem ist die vorhandene mikroklimatische Vielfalt (offene und baumüberstellte Rasenflächen) zu sichern. Bei möglichen baulichen Umstrukturierungen am Südufer des Neckars sollten - wo möglich - zusätzliche Grünflächen ausgewiesen werden (**M02 - Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**), da im Bereich des Handelshafens ein hohes Defizit an klimaökologischen Gunstflächen besteht.

AUSGLEICHSRaum: A29 EGELWASSER

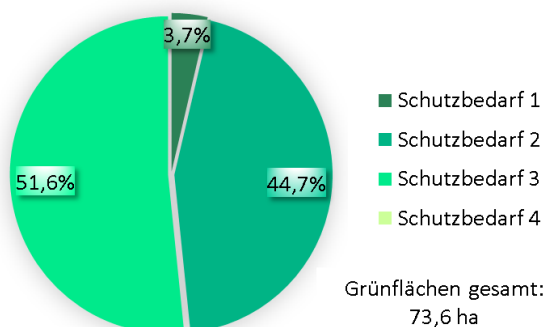


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

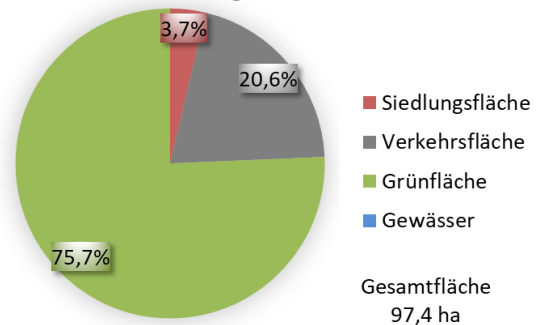
Nördlich des Neckarvorlandes befindet sich zwischen dem Neckarkanal und der Bebauung Feudenheim der Ausgleichsraum **A29 Egelwasser** (Wiesen, Ackerflächen, Gehölzflächen, Kleingärten und Sportanlagen). Im Osten wird er vom Damm der A 6 (sehr starke Barrierewirkung) und im Westen vom klein dimensionierten Wirkungsraum W50 begrenzt. Der Übergang Ausgleichs-/Wirkungsraum ist hier weitgehend barrierefrei. Etwas weiter westlich wirkt jedoch die Trasse der Riedbahn als deutliches Strömungshindernis. Im Nordwesten besteht Anschluss an den Ausgleichsraum A34 Feudenheimer Au. Hier bildet die Feudenheimer Straße eine Barriere.

Insgesamt ist der Ausgleichsraum durch die ihn durchschneidenden Verkehrswege (B38a mit Brückenauffahrten), den Damm des Neckarkanals, die Bebauung Feudenheim und die zahlreichen Baumhecken stark

Bewertung Grünflächen A29



Nutzungsstruktur A29



gekammert. Die daraus resultierende hohe Oberflächenrauigkeit führt zu einer deutlichen Reduktion der bodennahen Windgeschwindigkeit mit teilweise ausgeprägter Kaltluftstagnation. Bei geringem Strömungsimpuls verbleibt die Luft in den Teilkammern des Ausgleichsraumes und kann kaum aktiv in der angrenzenden Bebauung Feudenheim wirksam werden, wobei sich das zur Bebauung ansteigende Gelände und der Lärmschutzwall an der Banater Straße (L 538) als Hindernis darstellen.

Positiveffekte ergeben sich bei etwas intensiverer Höhenströmung als Folge turbulenter Durchmischungen mit der bodennahen Luft und Verfrachtungen mit dem Bewegungsimpuls der Strömung. Je nach Windrichtung erfahren dann die Wirkungsräume Neuostheim (W18, W14) oder der Wirkungsraum Feudenheim (W40) thermische Positiveffekte.

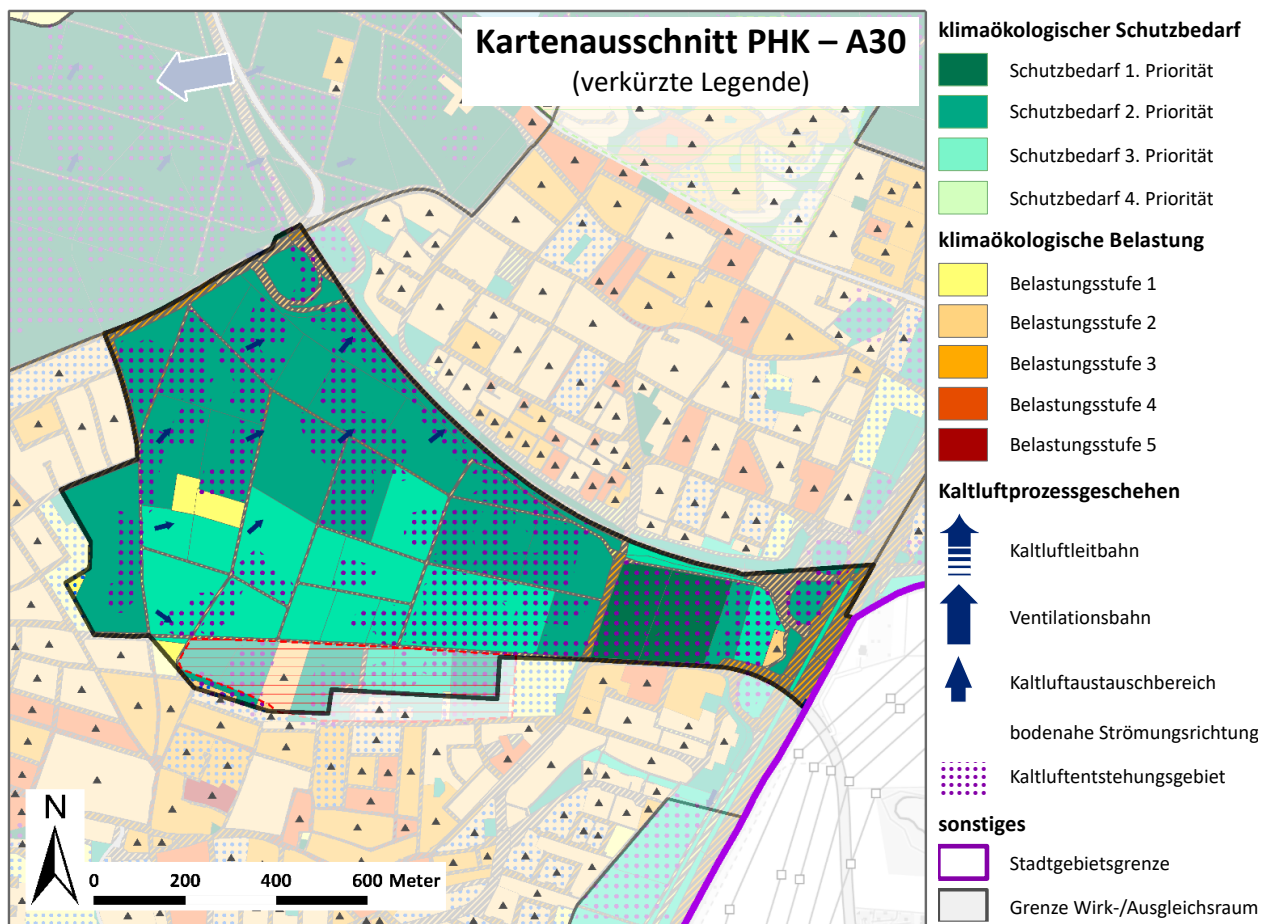
Insgesamt ist der Schutzbedarf des Ausgleichsraums als mittel bis hoch einzustufen. Ein hoher Schutzbedarf ist dabei überwiegend im Nahbereich stark belasteter Wohnbebauung zu verorten.

Maßnahmenempfehlungen

Der „Grüngürtel“ im Süden von Feudenheim bildet für die angrenzende Wohnbebauung ein bedeutsames klimaökologisches Gunstpotenzial das langfristig zu sichern ist. Die Wiesen, Ackerflächen und Gehölzstrukturen fungieren nicht nur als Frisch- und Kaltluftquellen, sondern sind auch als Immissionsschutzstreifen gegenüber den vielbefahrenen Hauptverkehrsachsen B38a und Banater Straße (L538) für Feudenheim von Bedeutung. Die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** sind auch in diesem Ausgleichsraum zu beachten.

Im Bereich der Sportanlagen im Westen ist weiterer Hochbau (z.B. ergänzende Sporthallen, sonstige Funktionsgebäude etc.) nur unter Beachtung des ortsspezifischen Windfeldes denkbar (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Hier sollte ggf. ein vorhabenbezogenes Klimagutachten erstellt werden.

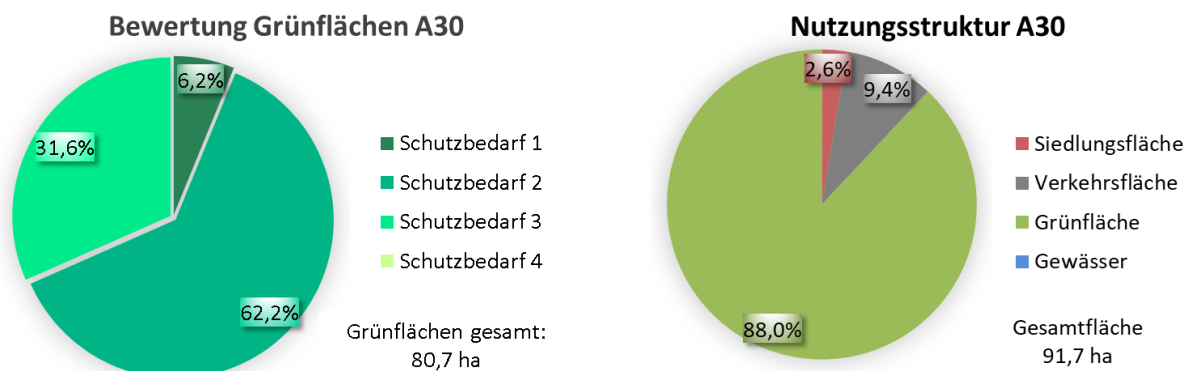
AUSGLEICHSPAUM: A30 LANGGEWANN/HECKREMIS



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A30 (Langgewann/Heckremis)** mit seinen Wiesen, Ackerflächen und Gehölzbeständen befindet sich zwischen den Stadtteilen Feudenheim (Wirkungsraum W40) und Wallstadt (W41) und ist Bestandteil des Grünzuges Nordost, der östlich der A 6 in den großflächigen Ausgleichsraum A31 übergeht.

Getrennt durch die Verbindungsstraße K 9753 (Wingertsbuckel) findet der Ausgleichsraum A30 relativ barrierefrei nach Nordwesten Anschluss an den Ausgleichsraum A33. Nach Osten verengt er sich nördlich des Gewerbegebietes Feudenheim deutlich auf etwa 200 m. Hier stellt insbesondere die A 6 mit ihren Lärmschutzanlagen (Damm und Lärmschutzwand) ein markantes Strömungshindernis dar, die den bodennahen Luftaustausch mit dem östlichen Freiraumgefüge erheblich schwächt. Die klimaökologische Bedeutung des



Ausgleichsraums A30 mit seinem sehr effektiven thermischen Ausgleichsvermögen ist daher nicht zu unterschätzen. Vor allem die Bebauung im Norden von Feudenheim profitiert von den thermischen und strömungsdynamischen Gunsteffekten.

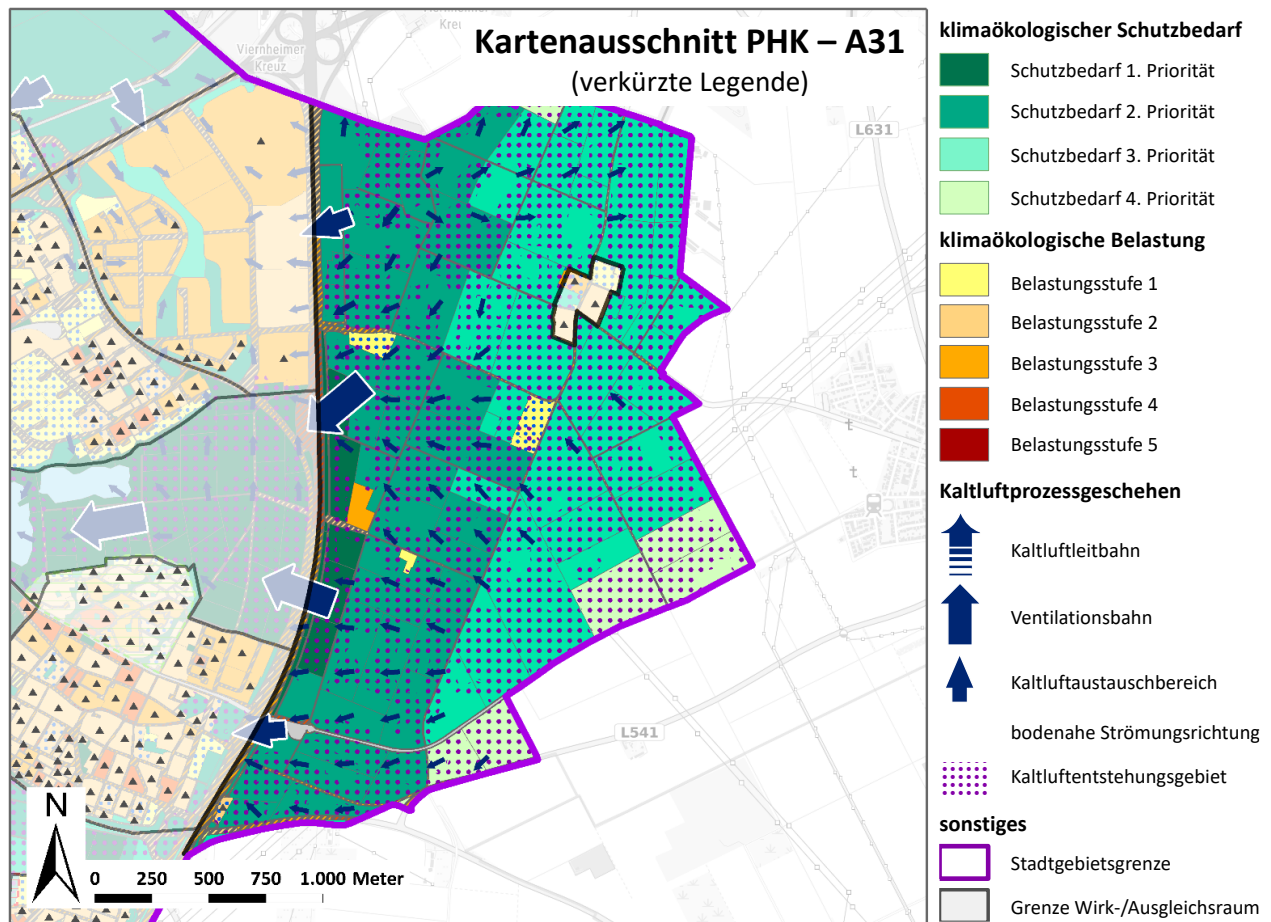
Im Norden des Ausgleichsraumes beeinträchtigt die tiefliegende L597 mit Lärmschutzwall auf breiter Front den bodennahen Luftaustausch zwischen dem Ausgleichsraum A30 und der Bebauung Wallstadt-Süd. Dass sich aber auch bei diesen Nutzungsstrukturen weniger Meter mächtige seichte, zur Bebauung orientierte flurwindartige und der Oberströmung entgegen gerichtete Strömungen entwickeln können, belegen die Modellrechnungen und frühere verdichtende Untersuchungen im Bereich Mudauer Ring/Osterburker Straße (LÄHNE 1992).

Neben der lokalen Wechselwirkung mit den Bebauungen Feudenheim und Wallstadt liegt die Bedeutung vom A30 auch in seiner Funktion als Kaltlufteinzugsgebiet der Ventilationsbahn des Grünzuges Nordost. Dies führt zu einem überwiegend hohen Schutzbedarf (2. Priorität).

Maßnahmenempfehlungen

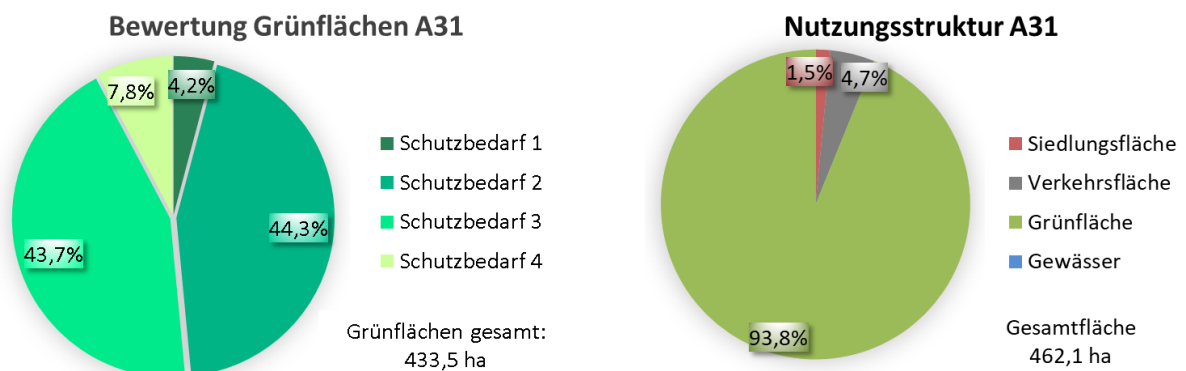
Die Freiflächen im Ausgleichsraum A30 sind langfristig zu sichern (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Eine Ausdehnung der Bebauung Feudenheim südlich der Theodor-Storm-Straße ist aus klimaökologischer Sicht nicht empfehlenswert, da hiermit die Aktiv- und Passivwirkung des Freiraumgefüges zwischen Feudenheim und Wallstadt geschwächt wird. Bauliche Erweiterungen nach Norden hätten verstärkte Störungen des bodennahen Luftaustauschs im älteren Ortsteil (hier herrscht gegenwärtig bereits ein klimaökologisches Leistungsdefizit vor) zur Folge. Wird dennoch eine bauliche Arrondierung angestrebt, so wird dringend angeregt, die möglichen vorhabenbezogenen kleinklimatischen Auswirkungen durch ein Detailgutachten zu analysieren und zu bewerten. An dieser Stelle wäre insbesondere die Planungsmaßnahme **M11 (Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten)** zu berücksichtigen.

AUSGLEICHSPAUM: A31 STRASSENHEIM



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Östlich der A 6 erstreckt sich über die Gemarkungsgrenze hinaus der großflächige Ausgleichsraum **Strassenheim (A31)**. Er ist durch landwirtschaftliche Nutzung und geringen Baumbestand gekennzeichnet. Eine kleinflächige Bebauung findet sich im Stadtteil Strassenheim. Nach Westen geht A31 in die Ausgleichsräume A30 (Freiraum zwischen Wallstadt und Feudenheim) und A 32 (Freiraum zwischen Wallstadt und Vogelstang) über. Sie sind Bestandteil des Grünzugs Nordost. Die Grenze zwischen diesen Teilräumen bildet die Autobahn A 6. Sie durchschneidet mit ihren Lärmschutzanlagen und teilweise auf einem Damm verlaufend den Freiraum und wirkt insbesondere bei nordöstlichen bis südöstlichen Windrichtungen als markant ausgeprägte Barriere.



Bei schwach entwickelten Lokal- und Regionalströmungssystemen kann sie die Leitlinienwirkung des Grünzuges und den Transport von Frischluft aus dem östlichen Freiraum stören und die Kammerung der westlich angrenzenden Ausgleichsräume (A30, A32) verstärken.

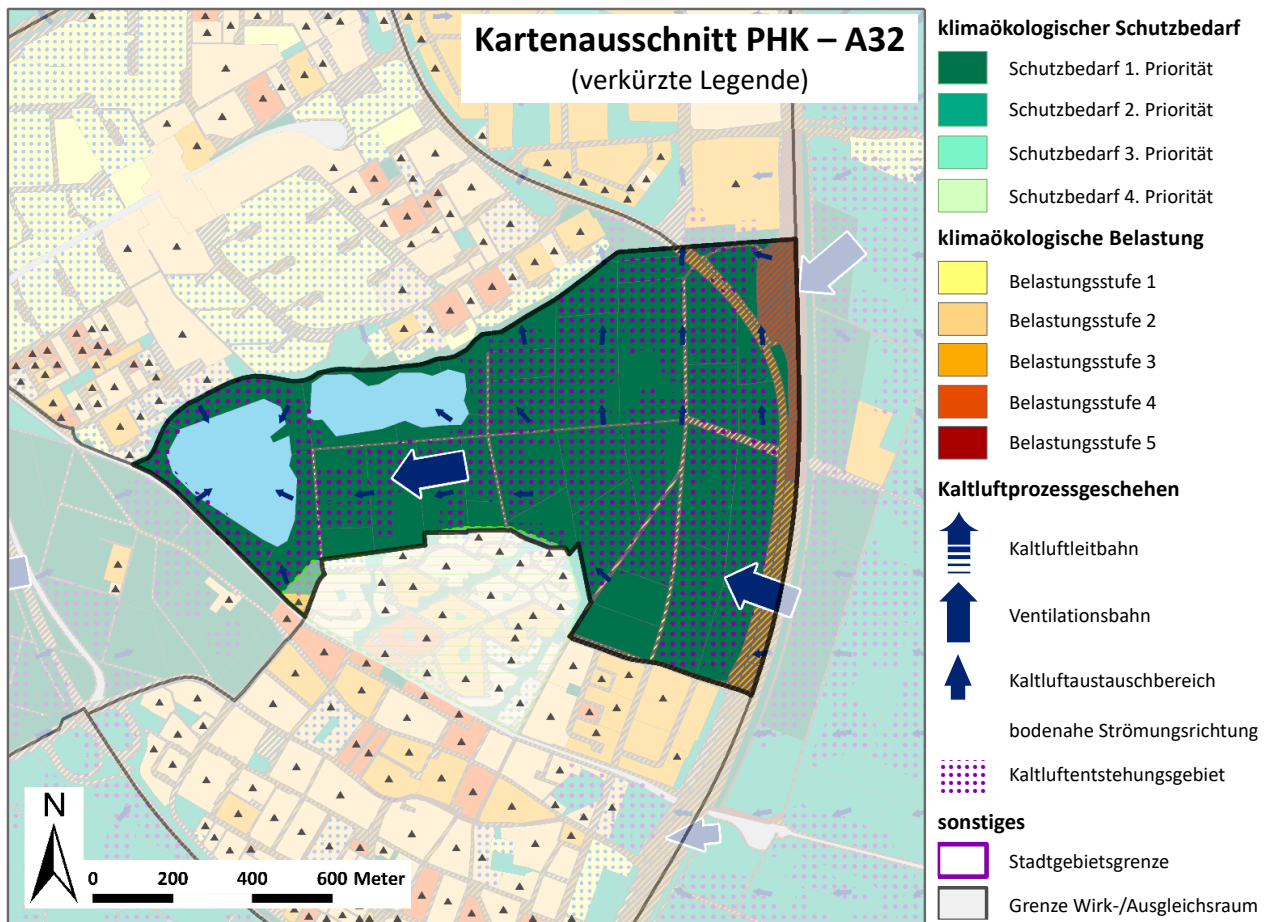
Insgesamt besitzt der Ausgleichsraum A31 ein sehr hohes klimaökologisches Ausgleichsvermögen und ist als Übergangsbereich zwischen östlichem Freiraumgefüge und dem Grünzug Nordost – trotz Strömungsbarriere Autobahntrasse – von großer Bedeutung für das Stadtklima von Mannheim.

Maßnahmenempfehlungen

Die Freiflächen im Ausgleichsraum A31 sind langfristig zu sichern (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Dabei sind insbesondere die durch den Verlauf der A6 gestörten Übergangsbereiche zu den westlich angrenzenden Ausgleichsräumen zu beachten und nach Möglichkeit zu optimieren.

Hinsichtlich einer Neubebauung sind bei Bedarf allenfalls kleinere zusätzliche landwirtschaftliche Funktionsgebäude denkbar.

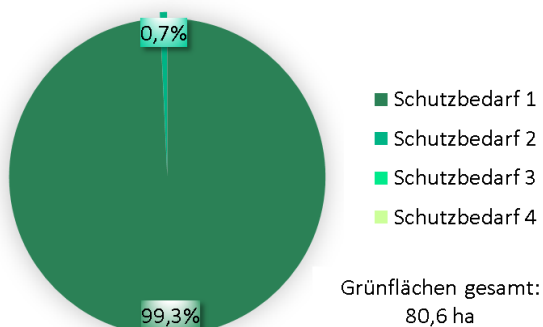
AUSGLEICHSRaum: A32 VOGELSTANG-SEEN



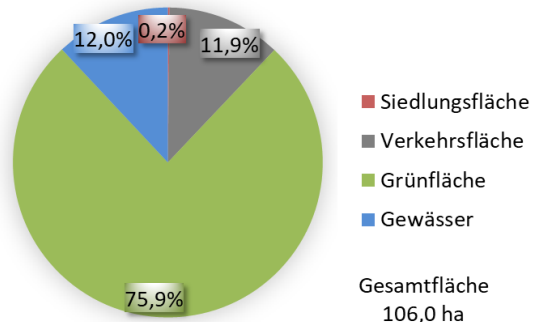
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A32 (Vogelstang-Seen)** befindet sich zwischen Wallstadt (W41) und Taylor Park / Vogelstang (W42, W43) und ist mit seinen Wiesen, Ackerflächen und Seen Bestandteil des Grünzugs Nordost. Östlich der A 6 geht er in den großflächigen Ausgleichsraum Straßenheim (A31) über. Im Westen bildet die Trasse der Straßenbahnlinie 4 die Grenze. Hier geht der A32 barrierefrei in den Ausgleichsraum A33 (Die Bell, Auf den Ried) über. Die Freiflächen weisen ein sehr hohes Kaltluftentstehungspotenzial auf und bilden in Richtung Südwesten eine stadtklimatisch bedeutsame Ventilationsbahn (Schutzbedarf 1. Priorität), die sich über die Ausgleichsräume A33, A 64, A34 und A35/A29 bis zum Neckar erstreckt.

Bewertung Grünflächen A32



Nutzungsstruktur A32

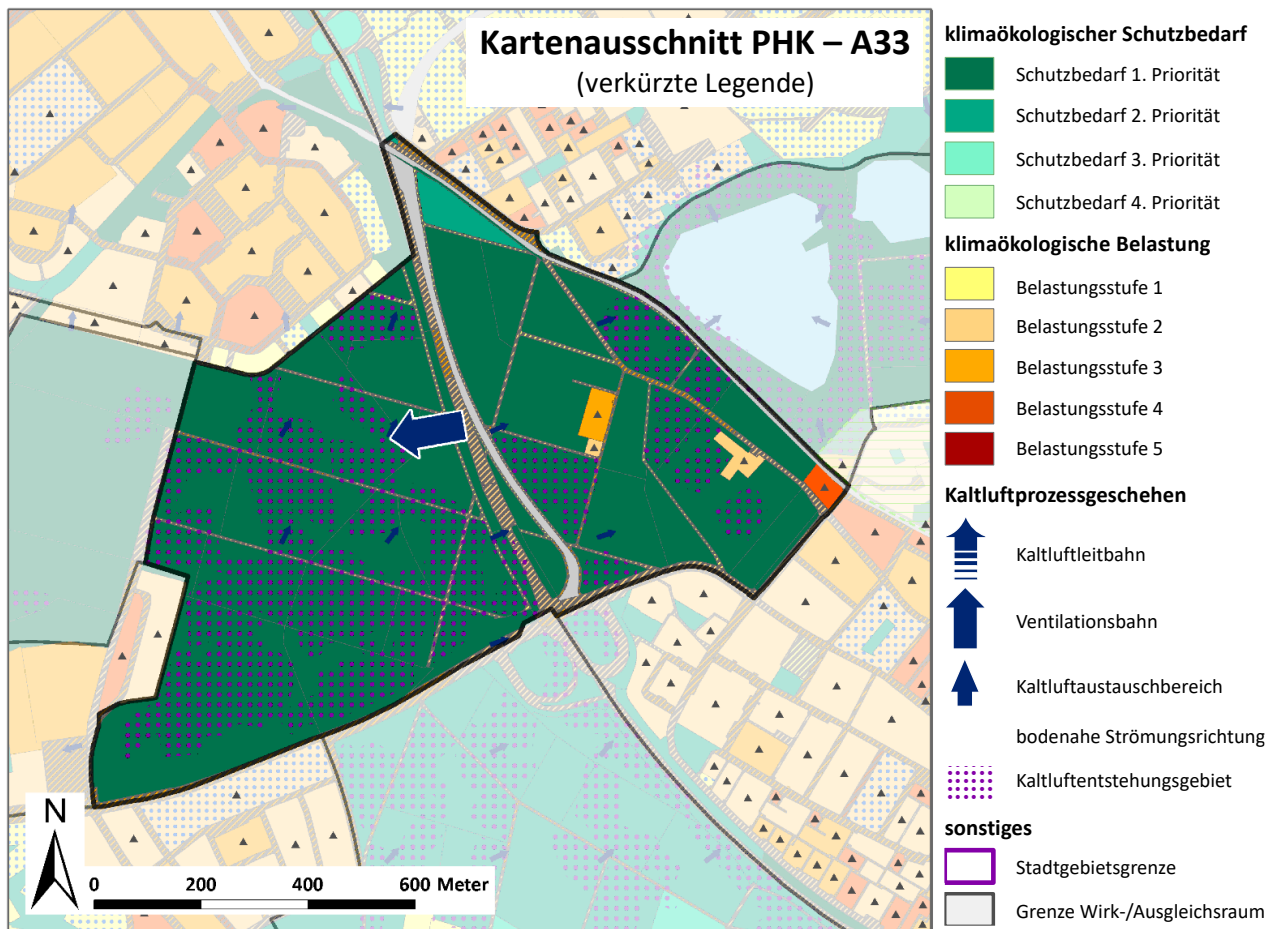


Maßnahmenempfehlungen

Aufgrund der hohen stadtklimatischen Bedeutung des Grünzugs Nordost, in den der Ausgleichsraum A32 eingebettet ist, ist eine bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen auch langfristig nicht zu empfehlen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

Die parkartige Begrünung im Bereich der Vogelstang-Seen ist zu sichern (Planungsmaßnahme **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**) und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**). Ergänzende temporäre Maßnahmen (z.B. Sonnensegel = Planungsmaßnahme **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**) sind in den warmen Sommermonaten zur Steigerung der Aufenthaltsqualität denkbar. Der Anteil versiegelter Flächen sollte nicht erhöht werden.

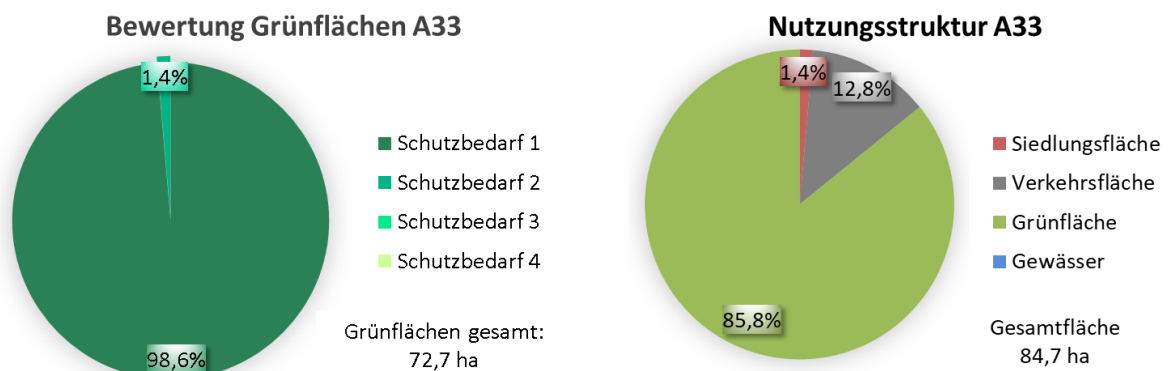
AUSGLEICHSRaum: A33 DIE BELL / AUF DEN RIED



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Die Flächennutzung im Freiraum **A33 (Auf den Ried, Die Bell)** ist von Wiesen, Ackerflächen, Kleingärten, dem Bürgerpark im Südwesten und Sport- sowie Reitanlagen im Osten geprägt. In zentraler Lage quert in relativer Tieflage die Sudetenstraße den Ausgleichsraum.

Während am Tag bevorzugt Winde aus südlichen bis südwestlichen Richtungssektoren das örtliche Strömungsgeschehen bestimmen, setzen in Strahlungsnächten vermehrt nordöstliche Regionalströmungen ein, bei welcher die Freiflächen als Bestandteil des Grünzugs Nordost als Ventilationsbahn fungieren (Schutzbedarf 1. Priorität). Flurwindartige Luftaustauschprozesse zwischen dem Grünraum mit sehr hoher Kaltluftproduktion und der angrenzenden Bebauung sind insbesondere während Schwachwindphasen festzustellen.

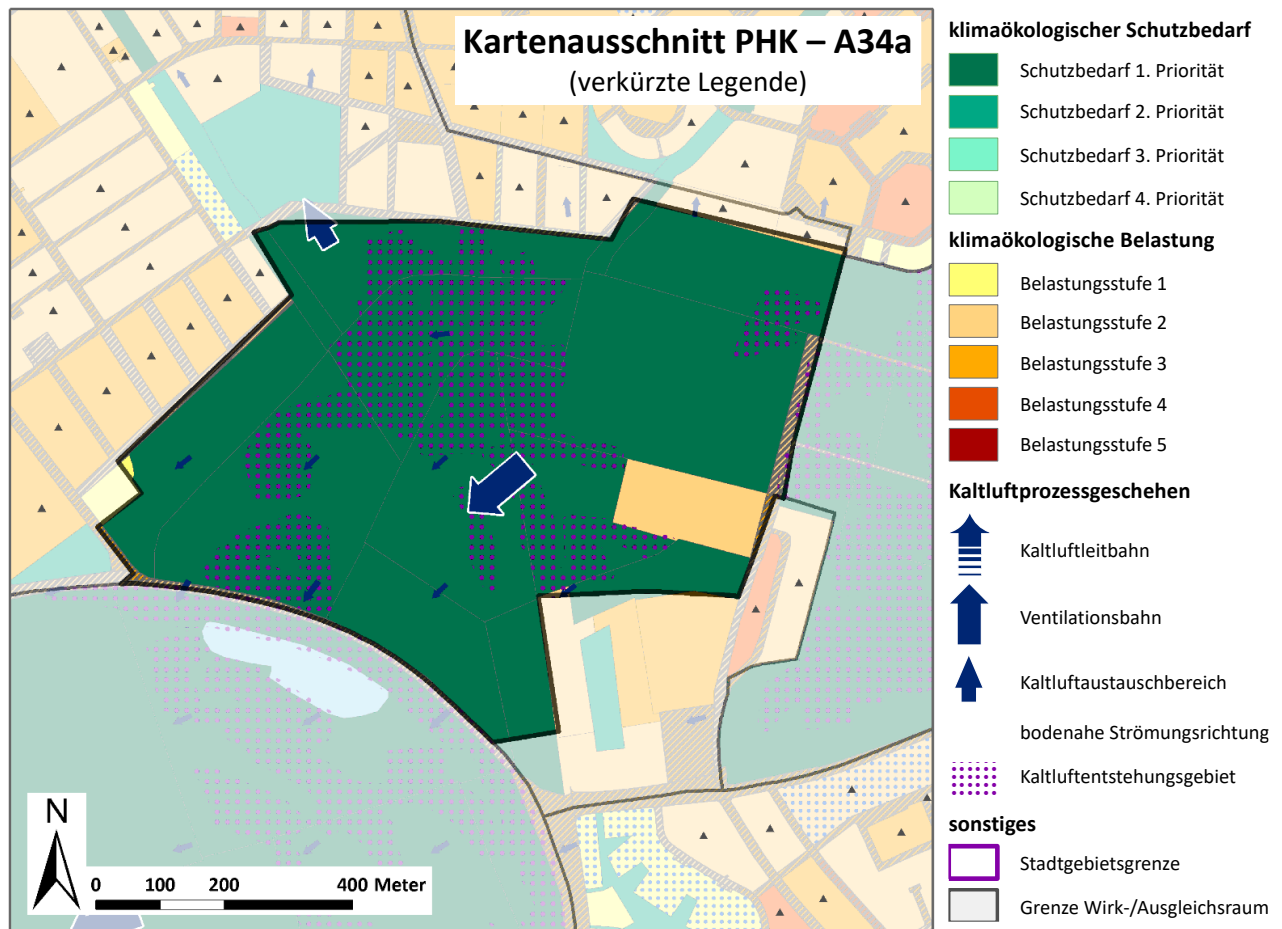


Maßnahmenempfehlungen

Aufgrund der hohen stadtklimatischen Bedeutung des Grünzugs Nordost, in den der Ausgleichsraum A33 eingebettet ist, sollte auf eine bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen auch langfristig verzichtet werden (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

Die parkartige Begrünung im Bereich des Bürgerparks ist zu sichern (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**) und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlungsfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

AUSGLEICHSPAUM: A34A SPINELLI

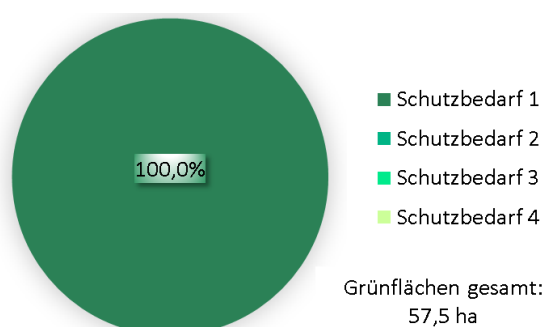


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

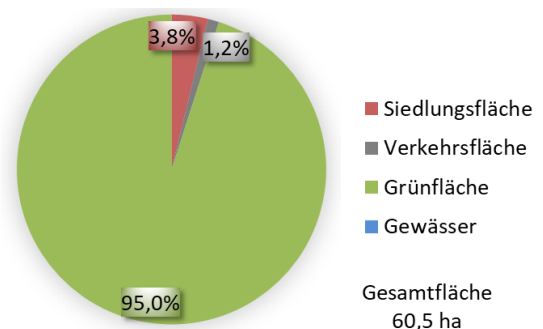
Der Freiraum **Spinelli (A34a)** bildete bislang im Grünzug Nordost einen erheblichen klimaökologischen Störfaktor. Die Messfahrtergebnisse von 2009 belegen, dass die Kaltluftzunge des Grünzugs Nordost im Bereich der Militärfächen unterbrochen wird. Zwischen Bürgerpark im Osten und dem Kasernengelände steigt die Lufttemperatur auf kurzer Distanz um ca. 3 K an. Eine direkte Anbindung an das innerstädtische Freiraumgefüge Au (A34) und Sellweiden/Hauptfriedhof (A35) war bislang nicht gegeben.

Durch die Planungen zur BUGA 2023 werden die Hallenbauten im Ausgleichsraum A64 zu Gunsten von Grünflächen zurückgebaut. Allein die U-Halle bleibt in Fragmenten erhalten. Kaltluftströmungssimulationen durch das KIT Karlsruhe belegen, dass diese für lokale Kaltluftbewegungen durchströmbar sind. Sie lösen in Lee-Lage innerhalb der bodennahen Kaltluftschicht zwar leichte Wellenbewegungen aus, ein Kaltluftstau und damit eine gravierende Schwächung der

Bewertung Grünflächen A34a



Nutzungsstruktur A34a

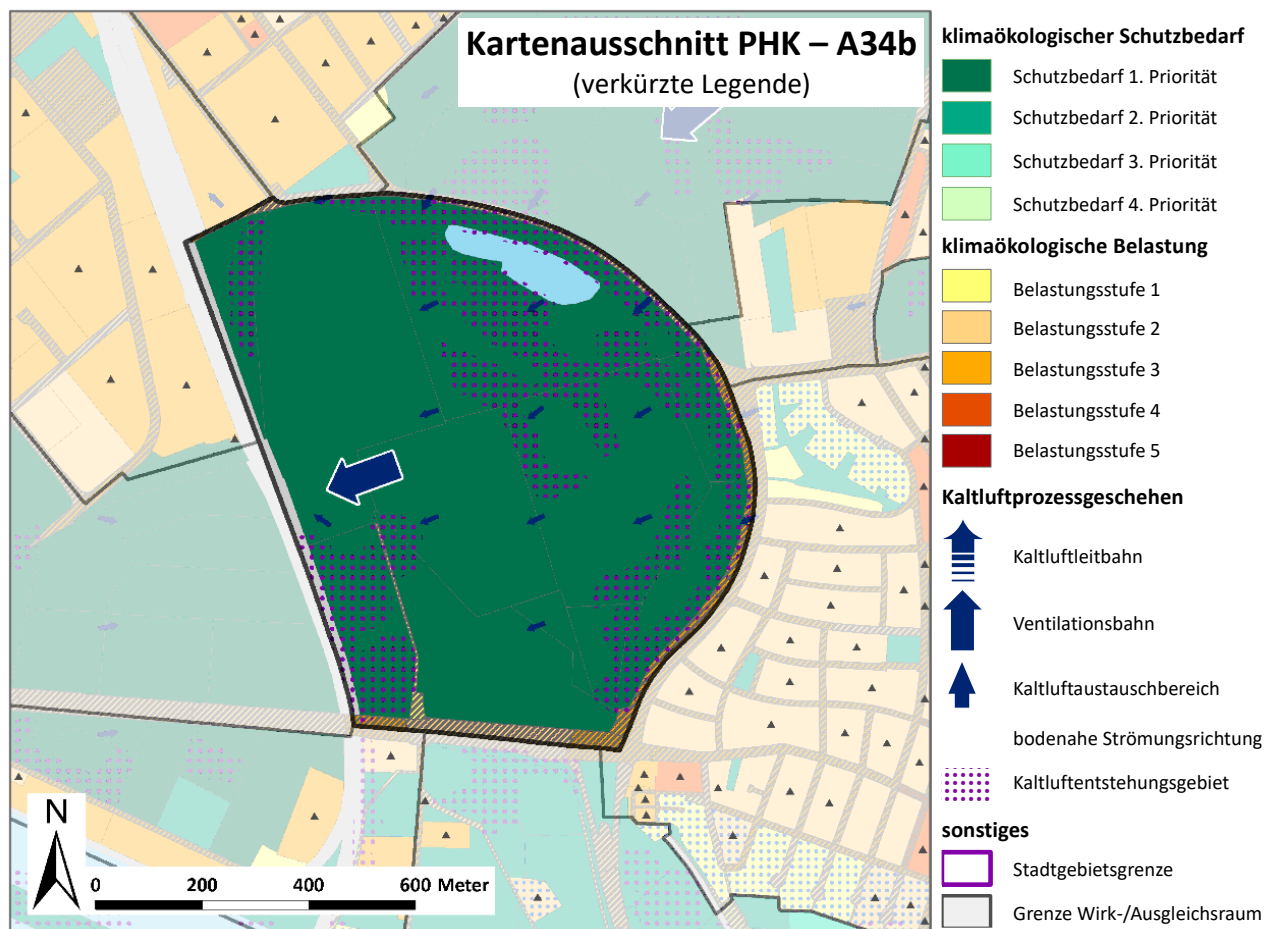


Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost im Teilbereich Spinelli ist aber nicht zu erwarten. Mit den neu zu schaffenden Grünstrukturen wird der bisherige „missing link“ im Grünzug Nordost aufgehoben.

Maßnahmenempfehlungen

Mit der Aufgabe der militärischen Nutzung des Geländes wird zur Sicherung bzw. Entwicklung der klima-ökologischen Gunstfunktion des Geländes wiesenartige Begrünung mit lockerer Anordnung von Gehölzen angestrebt. Bei der Wahl der Pflanzen ist mit Blick auf den Klimawandel auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz zu achten. Gleiches gilt für die geplanten Parkschalen am Nordrand des Ausgleichsraums. Es sind die Planungsmaßnahmen **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien, M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren, M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltluft-haushalt relevanter Flächen** und **M17 - Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen (U-Halle)** zu beachten. Die Planungen werden aktuell klimaökologisch begleitet.

AUSGLEICHSPAUM: A34B FEUDENHEIMER AU

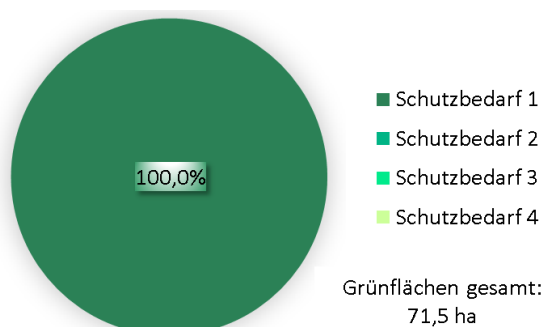


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

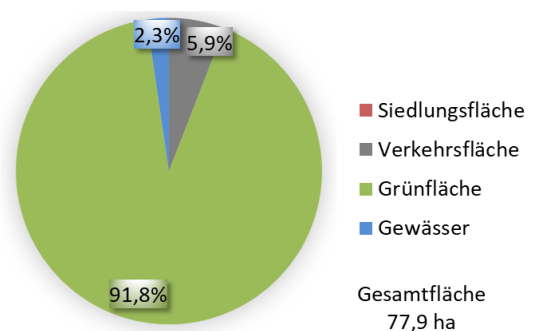
Der Ausgleichsraum **Au (A34b)** befindet sich in relativer Tieflage (Niederterrasse der Neckarauen) westlich des Stadtteils Feudenheim (Wirkungsraum W40). Im Norden und Osten wird die Au bogenförmig von der Hochterrasse (Am Aubuckel) umschlossen. Sie bildet eine markante Geländekante mit Höhenunterschieden bis etwa 10 m. Zusammen mit dem Damm der Riedbahn im Westen und der Feudenheimer Straße im Süden umschließen sie den Ausgleichsraum und bilden Barrieren. Sie bewirken eine deutliche Kammerung, die zu einer Reduktion der Strömungsintensität führen.

Über den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den Kleingärten der Au kühlt die Luft nach Sonnenuntergang stark ab. Durch die geländebedingten Strömungsbarrieren am Übergang zur Bebauung kommt es zur Ausbildung eines ausgeprägten Kaltluftsees. Dieser verbleibt über der Au, wenn die bodennahe Kaltluft nicht

Bewertung Grünflächen A34b



Nutzungsstruktur A34b



durch übergeordnete Windströmungen (großwetterlagenbedingter Höhenwind oder intensivere Regional- bzw. Lokalströmung) verfrachtet wird. Dann gelangt sie im Verlauf der Ventilationsbahn über die Riedbahn nach Südwesten und die Feudenheimer Straße nach Süden.

Zeichen der Kaltluftstagnation sind die markanten Temperaturunterschiede zwischen Au und der Bebauungen Feudenheim und dem Spinelli-Gelände.

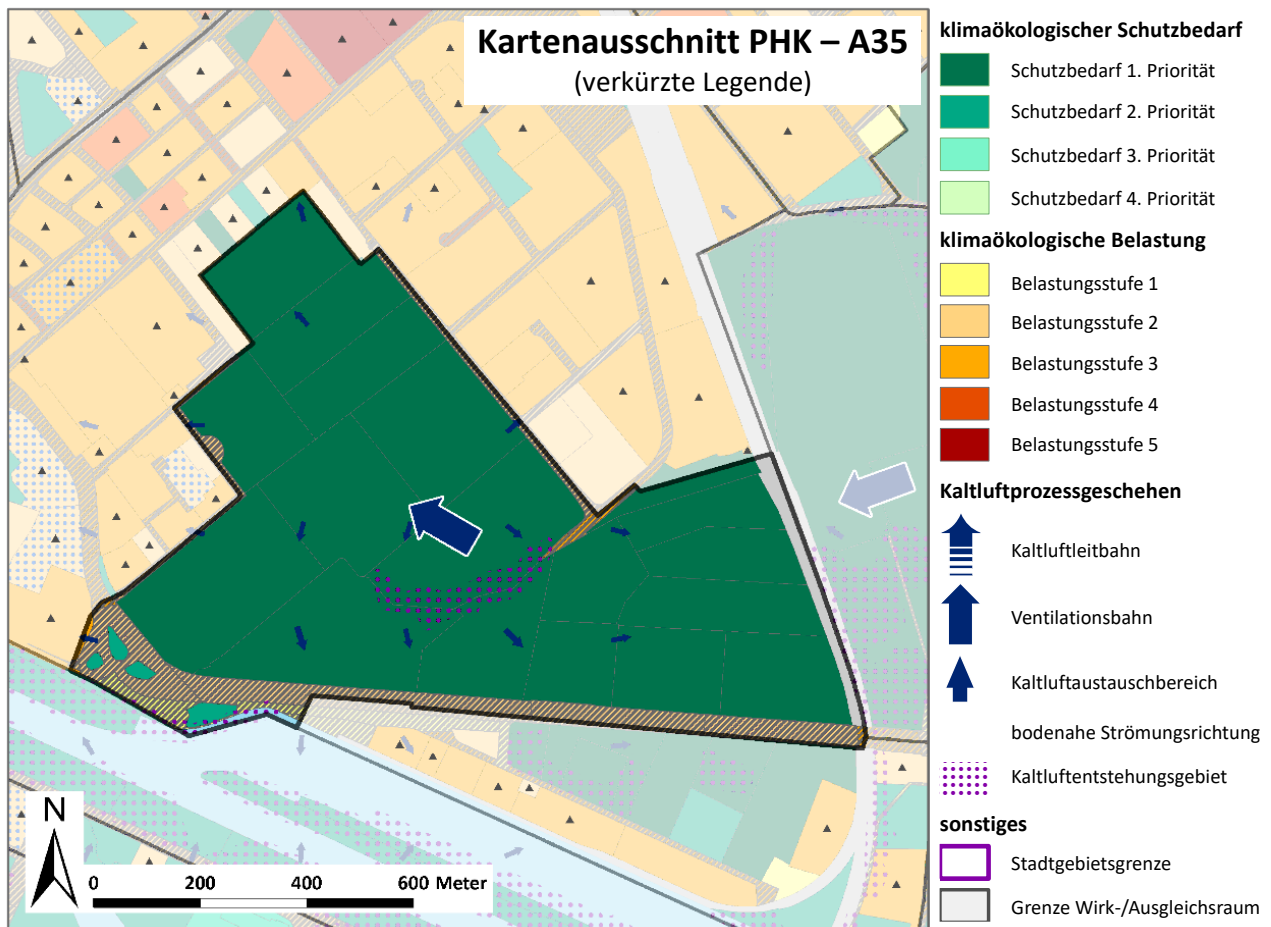
Als Teil der Ventilationsbahn des Grünzugs Nordost kommt dem LSG Feudenheimer Au (A34) erhebliche stadtklimatische Bedeutung zu (Schutzbedarf 1. Priorität). Als Teil der Freiraumradiale leistet die Aktiv- und Passivwirkung der Au einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung großflächig hoher bioklimatischer Belastungen.

Maßnahmenempfehlungen

Die hohe klimaökologische Relevanz des Ausgleichsraums A34 spiegelt sich im sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität) wider. Auf eine zusätzliche bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen in Form von Hochbau sollte auch langfristig verzichtet werden (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Im Rahmen der Planungen zur BUGA 2023 ist die Anlage eines naturnahen Augewässers geplant. Im Rahmen einer klimaökologischen Prüfung konnte belegt werden, dass die geplante Wasserfläche bei Umsetzung der vorgesehenen naturnahen Uferbegrünung in sommerlichen Strahlungsnächten zu keiner auffallenden Verzögerung der Luftabkühlung führt (ÖKOPLANA 2016).

Bei Realisierung eines Radschnellwegs durch die Au ist auf eine möglichst minimale Breite der befestigten Fahrspur zu achten. Mit Hilfe einer alleeartigen Begrünung kann über den daraus resultierenden Schattenwurf die Aufheizung der befestigten Fläche am Tag wirksam reduziert werden (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

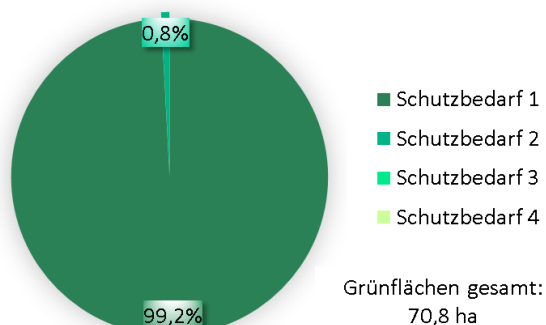
AUSGLEICHSRaum: A35 SELLWEIDEN/HAUPTFRIEDHOF



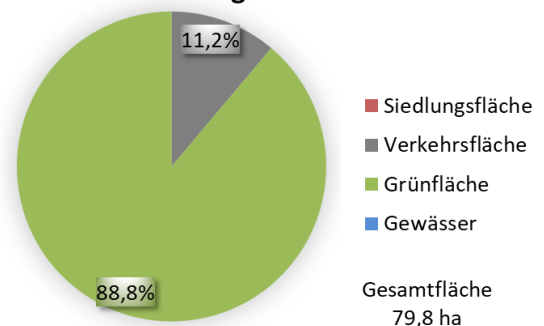
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A35 Sellweiden/Hauptfriedhof** grenzt im Osten an den Ausgleichsraum A34 und bildet den innenstadtnächsten Teilraum des Grünzugs Nordost. Ähnlich der Au zeigt er eine Kammerung durch die ihn umgebenden Bebauungen der Wirkungsräume W51 (Wohlgelegen), W50 (Im Pfeifferswörth), dem Damm des Neckarkanal und der Riedbahn sowie durch die ihn durchquerende Feudenheimer Straße. Sie führt vor allem über den eingetieften Kleingartenanlagen Sellweiden und in etwas geringerem Maß über den Flächen des Hauptfriedhofes zu reduzierter Ventilation mit bodennaher Kaltluftstagnation. Dies wird durch den deutlichen Temperaturkontrast im Übergangsbereich zur Bebauung verdeutlicht, wobei die Bebauungsgrenze den Übergang von der Niederterrasse zu Hochterrasse markiert und als Strömungsbarriere fungiert. Am

Bewertung Grünflächen A35



Nutzungsstruktur A35



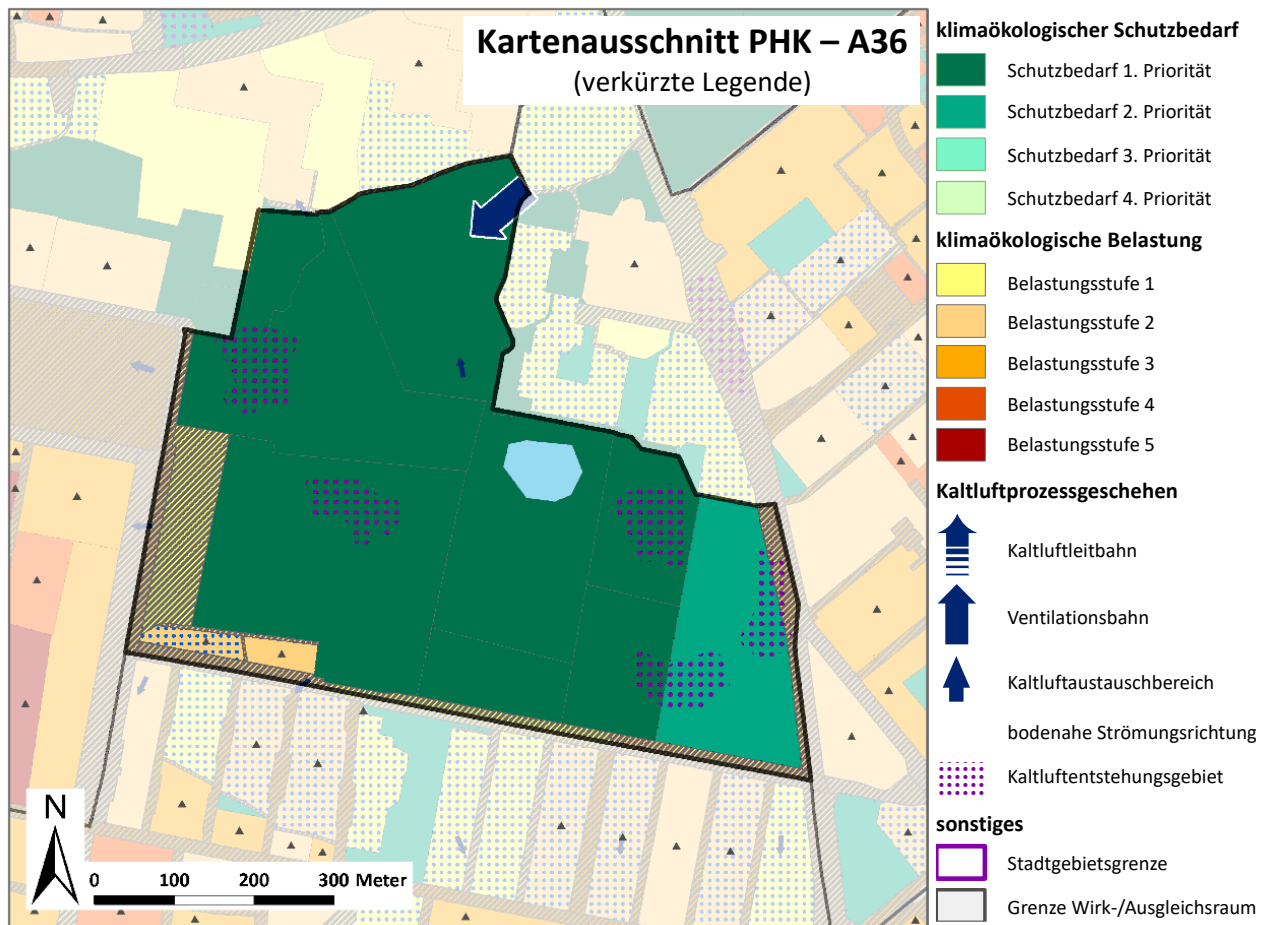
Hauptfriedhof stört die umfassende Friedhofsmauer den Luftaustausch zwischen den parkartigen Grünflächen und den Wohn- bzw. Gewerbegebieten und reduziert den potenziellen thermischen Gunstfaktor des Hauptfriedhofes.

Die über den vegetationsbedeckten Flächen des Hauptfriedhofes und der Kleingärten entstehende Kaltluft neigt somit dazu, an ihrem Entstehungsort liegen zu bleiben. Nur unter dem Einfluss regional angelegter nordöstlicher bis nordwestlicher Winde kann sie ausgeräumt werden und über den Neckar hinweg in südliche Richtungen klimaökologische Positiveffekte bewirken (Intensivierung des Abbaus bioklimatischer und lufthygienischer Belastungen). Hier kommt dem Grünzug Nordost (stadtinterne Freiraumradiale) als Ventilationsbahn nordöstlicher Winde besondere Bedeutung zu. In extrem windschwachen Nächten sind auch flurwindartige Luftaustauschbewegungen zwischen dem Ausgleichsraum A35 und dem Wirkungsraum W51 zu erwarten.

Maßnahmenempfehlungen

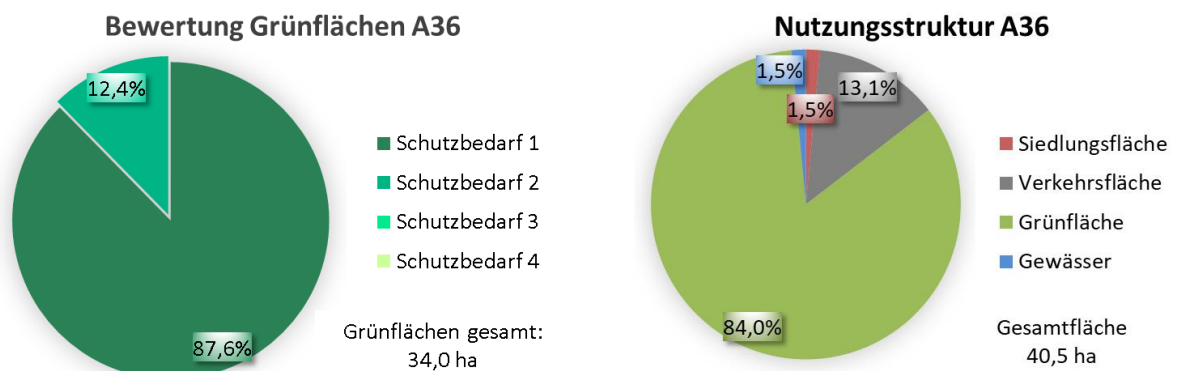
Der Ausgleichsraums A35 hat als Verbindungsglied zwischen der Feudenheimer Au (A34) und dem Neckar (A27) einen sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität). Eine bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen in Form von Hochbau (Wohnungs- und Gewerbebau) ist daher aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

AUSGLEICHSRaum: A36 HERZOGENRIEDPARK



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A36 Herzogenriedpark** mit seinen ergänzenden Kleingärten im Norden und Sportflächen im Osten und Südwesten (Schwimmbad) befindet sich im Osten des Stadtteils Neckarstadt und ist nahezu vollständig von den Bebauungen der Wirkungsräume W52, 53 und 54 umgeben. In Kombination mit der eingetieften Lage des Ausgleichsraums führen sie im Randbereich der Parkflächen zu meist mäßiger Barrierewirkung. Ähnlich dem Luisenpark erschwert der teilweise dichte Baumbestand im bodennäheren Luftraum den Kaltluftaustausch. Dennoch sind im unmittelbaren Parkrandbereich kleinräumige Austauschbewegungen zwischen Park und Bebauung zu bestimmen. Auch hier ist für die Initialisierung eines weiterreichenden Luftaustauschs Park - Bebauung der Bewegungsimpuls advektiver Luftströmungen von entscheidender Bedeutung. Bei nordöstlichen Windrichtungen zeigen sich bspw. in der Bebauung im Wirkungsraum W52 thermische Positiveffekte bis zu Carl-Benz-Straße.



Unterbrochen von Straßen, Bahntrassen und kleinflächigen Bebauungsstrukturen steht der Herzogenriedpark (A36) über die Ausgleichsräume A37 - 39 noch in Verbindung mit dem Freiraumgefüge Käfertaler Wald. Die Freiräume A37 -39 bilden eine Freiraumkette, die im Vergleich zum Grünzug Nordost - aufgrund der Einengungen und kleiner dimensionierten Flächen - zwar eine geringere Ausgleichsqualität aufweist, jedoch vor allem bei nordöstlichen Windrichtungen messbare thermische Positiveffekte bis in die Neckarstadt bewirkt.

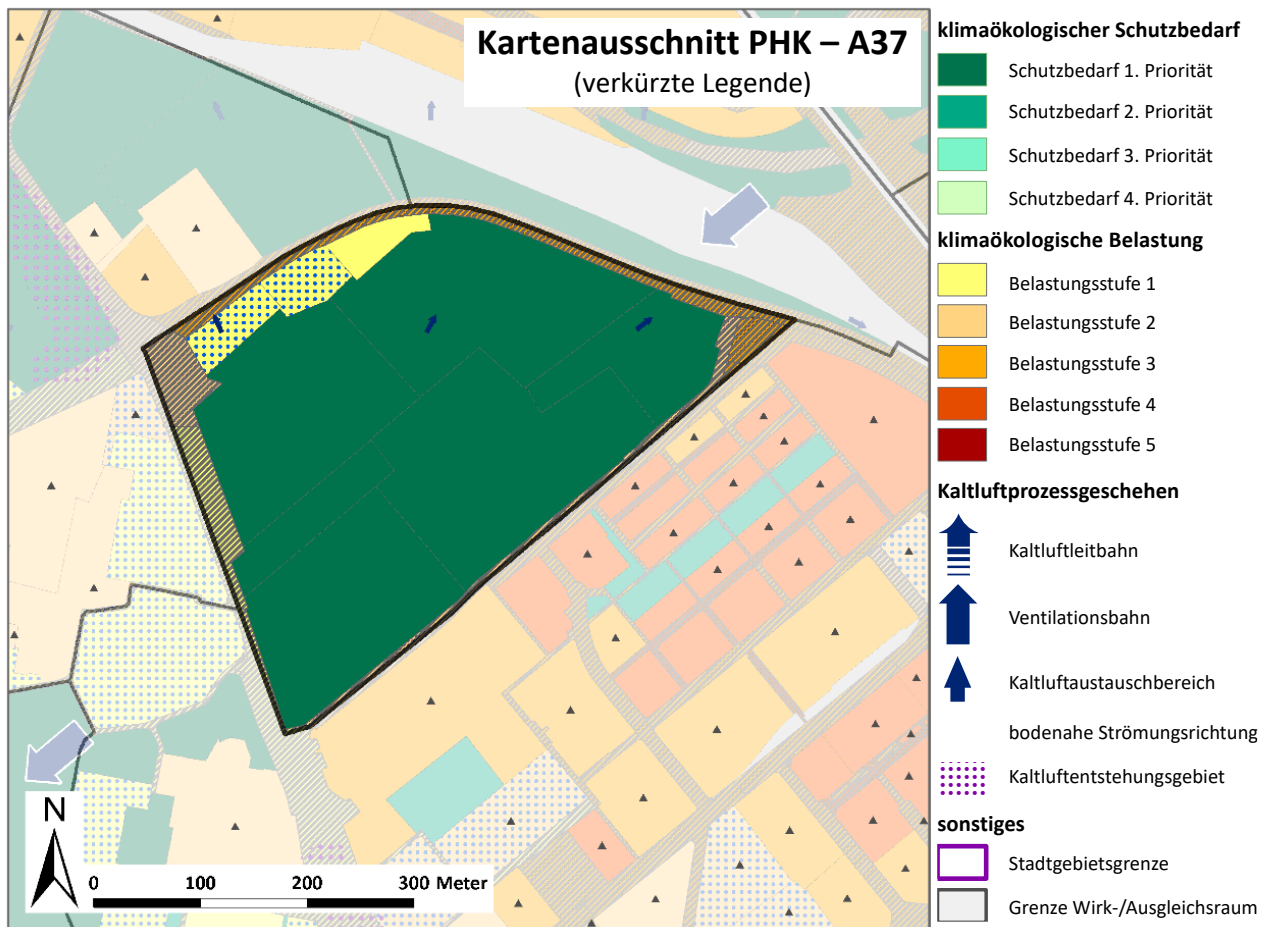
Maßnahmenempfehlungen

Der Herzogenriedpark weist einen sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität) auf. Die Gehölzbestände und Rasenflächen sind zu sichern und während sommerlicher Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

Zusätzliche bauliche Maßnahmen im Bereich der Sportanlagen (z.B. zusätzliche Funktionsgebäude) sind möglichst auszuschließen. Bauliche Erneuerungen mit kleinflächiger Ausdehnung (z.B. Kioske o.ä.) sind unter Beachtung klimaökologischer Vorgaben denkbar. Der Anteil versiegelter Flächen sollte nicht erhöht werden. Es gelten die Vorgaben der Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)**. Zudem ist die vorhandene mikroklimatische Vielfalt (offene und baumüberstellte Rasenflächen) ist zu sichern.

Hinsichtlich des Umbaus der Multihalle sollten möglichst keine zusätzlichen Flächen für etwaige Ergänzungsbauten in Anspruch genommen werden.

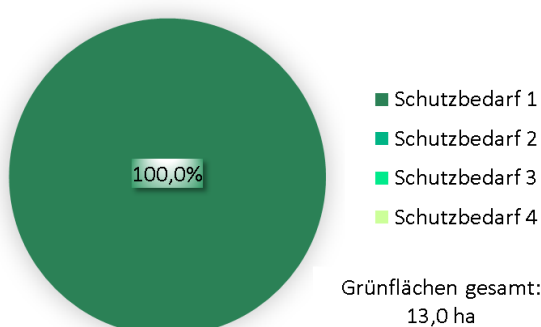
AUSGLEICHSRaum: A37 RADRENNBAHN



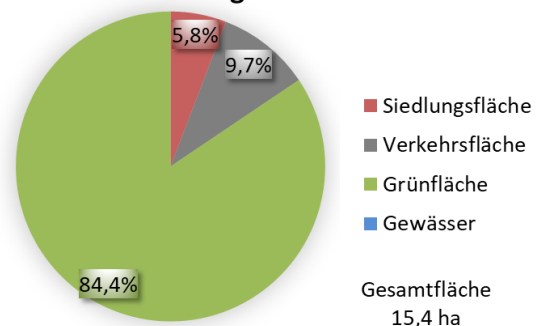
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der zwischen Luzenberg, Herzogenriedbebauung und der Bebauung Ulmenweg/Exerzierplatz gelegene Ausgleichsraum **A37 Radrennbahn** mit seinen Sportanlagen und Kleingärten ist analog dem Herzogenriedpark von Bebauungen (Wirkungsräume W53 - 55) umgeben. Vom östlich angrenzenden, zwischen Käfertal (W49) und Luzenberg/Waldhof-Ost (W55, W56) gelegenen Ausgleichsraum A38 (Sandgewann/Sibylla-Merian-Straße) trennt ihn ein Gürtel aus Bahnanlagen und Straßen (W55). Nach Nordosten geht A38, getrennt durch die Waldstraße, in den Ausgleichsraum A39 über. Im Übergangsbereich zur benachbarten Bebauung sind überwiegend schwache bis mäßige Barrierewirkungen auszumachen. Als Folge der stellenweise recht geringen Breite (min. ca. 65 m) und der verschachtelten Ausformung des Freiraumgefüges zeigen sich verstärkt Kammerungseffekte mit Kaltluftstagnationstendenzen. Folge ist ein verminderter Luftaustausch zwischen

Bewertung Grünflächen A37



Nutzungsstruktur A37

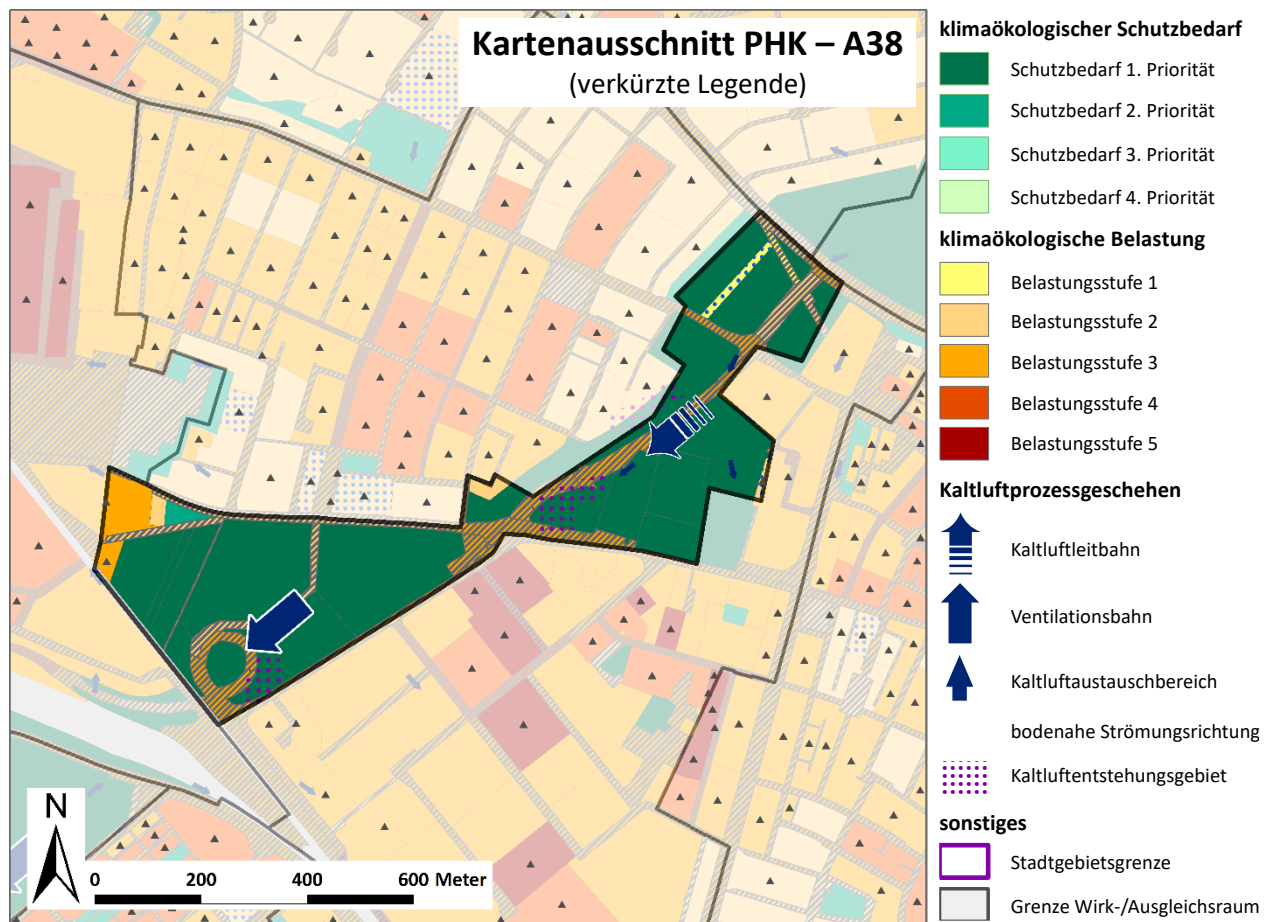


den einzelnen Teilbereichen dieser Ausgleichsräume und der Bebauung. Während der "Grünzug" in der ersten Nachthälfte aufgrund der Wärmeaura der angrenzenden Bebauung sich thermisch noch nicht deutlich von seiner Umgebung abhebt, tritt er in der zweiten Nachthälfte als Bereich intensiver Abkühlung hervor.

Maßnahmenempfehlungen

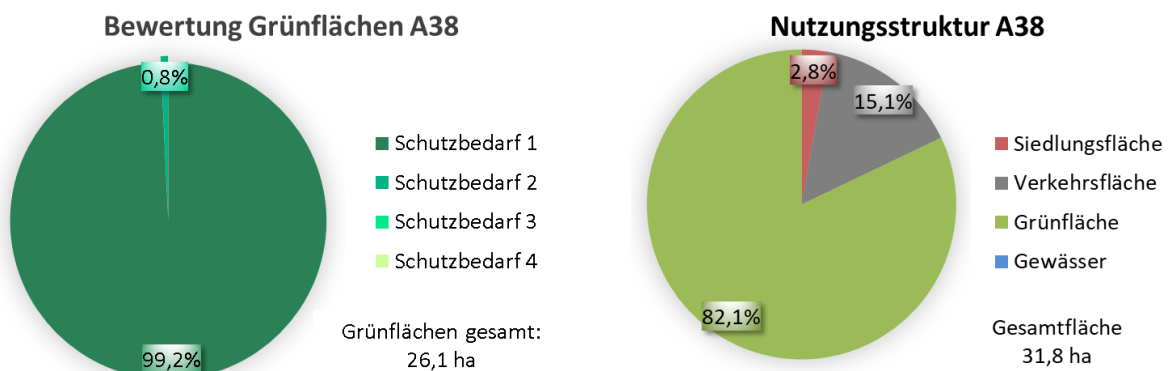
Als Teil eines „rudimentären“ Grünzugs, der sich vom Käfertaler Wald im Nordosten bis zum Herzogenriedpark erstreckt, weist der Ausgleichsraum A37 einen sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität) auf. Bei Flächennutzungsänderungen (z.B. Radrennbahn, Sportplätze) wäre anstelle einer Bebauung eine grünordnerische Optimierung des Ausgleichsraums anzustreben (Planungsmaßnahmen **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Daneben sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** und **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** zu beachten. Eine Bebauung ist aus klimaökologischer Sicht zwingend zu vermeiden.

AUSGLEICHSRaum: A38 SANDGEWANN/SIBYLLA-MERIAN-STRASSE



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

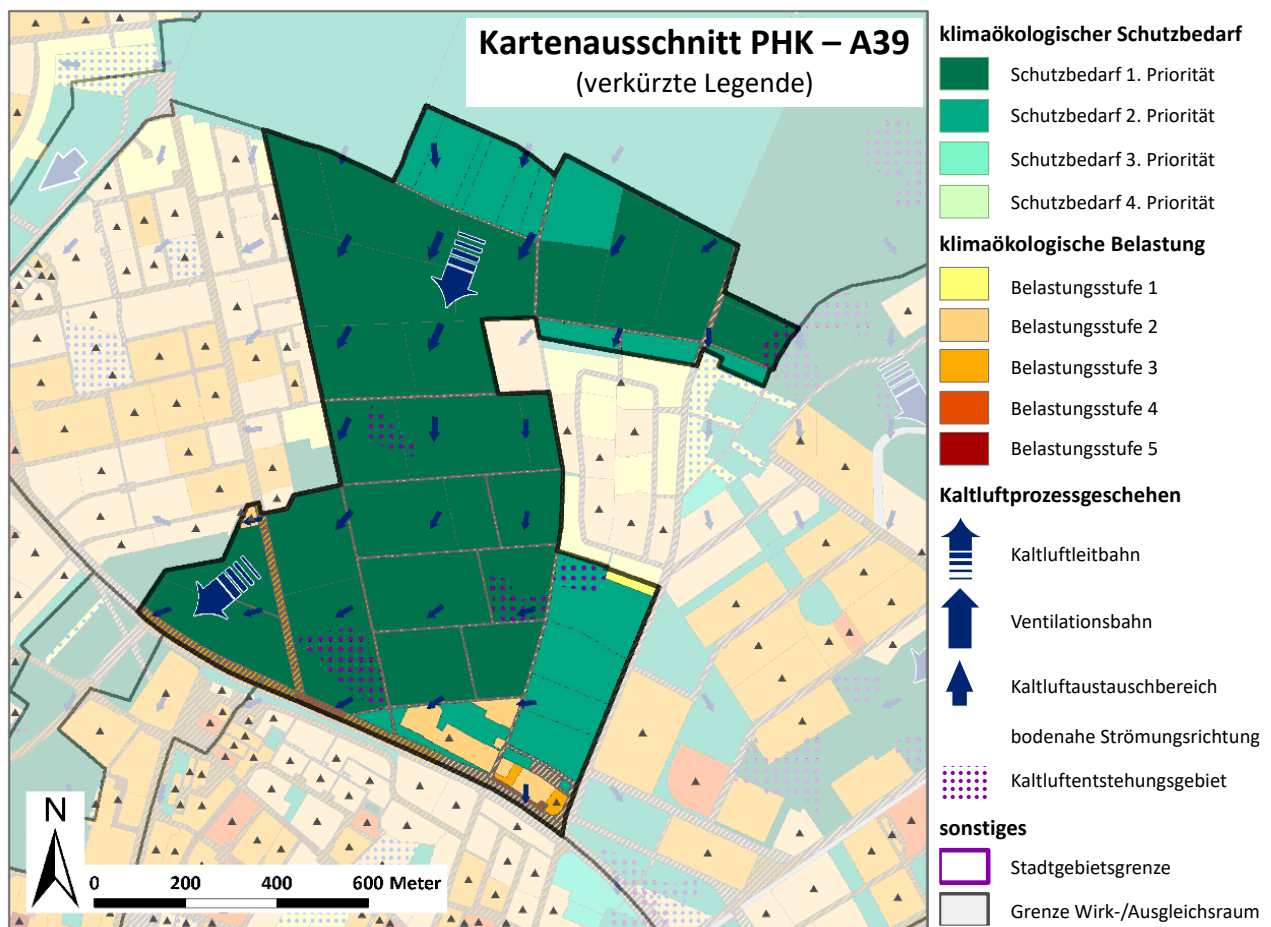
Der Ausgleichsraum **A38 Sandgewann/Sibylla-Merian-Straße** ist Bestandteil des Grünzugs Nord zwischen Käfertaler Wald und Herzogenriedpark. Die Wiesen, Kleingärten und Sportanlagen fungieren trotz der starken Kammerung durch Verkehrsanlagen und angrenzende Baustrukturen als lokale Temperatursenken und als Kaltluftleitbahn in südwestliche Richtung. Dabei treten insbesondere im Bereich der Kreisverkehre Obere Riedstraße und Speckweg Engstellen (Leitbahndurchmesser < 100 m) auf, welche die Funktion der Kaltluftleitbahn deutlich einschränken. Im weiteren südwestlichen Verlauf ist deshalb (ab der Engstelle beim Kreisverkehr Obere Riedstraße) nur noch bei nordöstlicher Anströmung von nennenswerten Leitbahneffekten auszugehen.



Maßnahmenempfehlungen

Als Teil eines „rudimentären“ Grünzugs Nord, der sich vom Käfertaler Wald im Nordosten bis zum Herzogenriedpark erstreckt, weist auch der Ausgleichsraum A38 einen sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität) auf. Bei Flächennutzungsänderungen (z.B. Aufgabe von Sportplätzen, Kleingärten) wäre anstelle einer Bebauung eine grünordnerische Optimierung des Ausgleichsraums anzustreben (Planungsmaßnahme **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**). Eine weitere räumliche Einengung der Freiräume ist zu vermeiden. Daneben sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten.

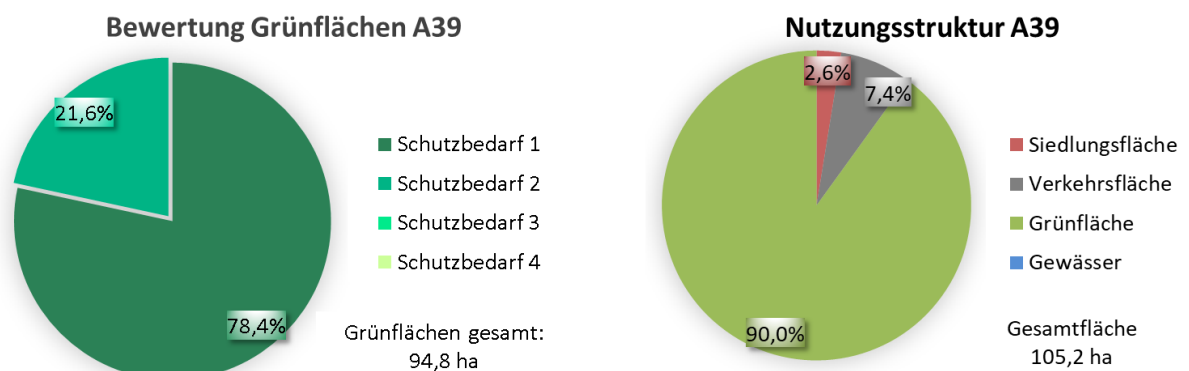
AUSGLEICHSRaum: A39 WEIDENBERGEL



Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der Ausgleichsraum **A39 Weidenbergel** befindet sich zwischen der Lampertheimer Straße (Gartenstadt) im Westen sowie der Wasserwerkstraße im Osten und geht nach Norden barrierefrei in den großen Freiraum Käfertaler Wald (A40) über. Nach Süden grenzt er im Bereich der Waldstraße an den Stadtteil Käfertal (W48). Zum Ausgleichsraum A38 besteht über die Waldstraße ein schmaler Verbindungskorridor. Der Ausgleichsraum ist von Wiesen, Ackerflächen und einzelnen Gehölzstrukturen geprägt.

Die Barrierewirkung im Übergangsbereich zu den Bebauungen ist mäßig, im Bereich der Waldstraße bedingt durch Lärmschutzwände stark. Die hinsichtlich des Strömungsgeschehens hieraus resultierenden unterschiedlich wirksamen Störungen verdeutlichen die Temperaturgefälle im Übergang vom Freiland zur Bebauung. In Käfertal zeigen sich im Bereich der Waldstraße auf geringer horizontaler Distanz teils markante Gegensätze, während an der Lampertheimer Straße fließendere Temperaturübergänge zu verzeichnen sind.



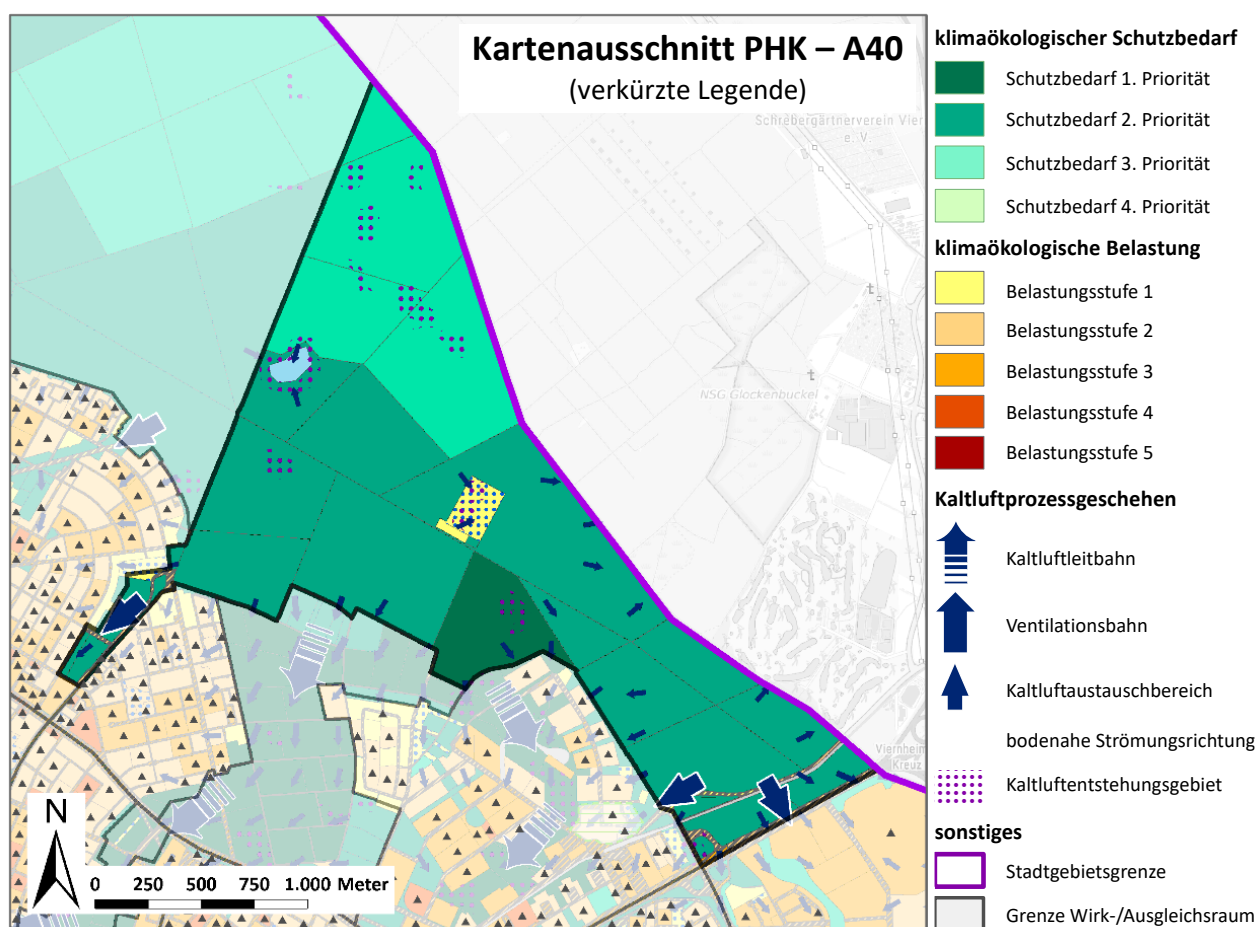
In Phasen schwächer ausgeprägter Lokal- und Regionalströmungen kann sich in Nähe zum Käfertaler Wald durch dessen Lee-Effekt ein Kaltluftsee ausbilden.

Der Ausgleichsraum A39 bietet ein großvolumiges Kalt- und Frischluftreservoir an, dessen thermisches Gunstpotential über die „rudimentäre“ Freiraumradiale A38 - A37 - A36 bis zum Zentrum der Neckarstadt wirken kann. Die Funktion als Kaltluftleitbahn führt dabei weitestgehend zum höchsten Schutzbedarf (1. Priorität).

Maßnahmenempfehlungen

Die hohe klimaökologische Relevanz des Ausgleichsraums A39 spiegelt sich im sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität) wider. Auf eine zusätzliche bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen in Form von Hochbau sollte auch langfristig verzichtet werden, um ihre Funktion als Kaltluftleitbahn in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (Planungsmaßnahmen **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Im Zuge der Planungen „Franklin“ ist im Bereich der Offizierssiedlung auf eine möglichst geringe Barrierewirkung zu achten.

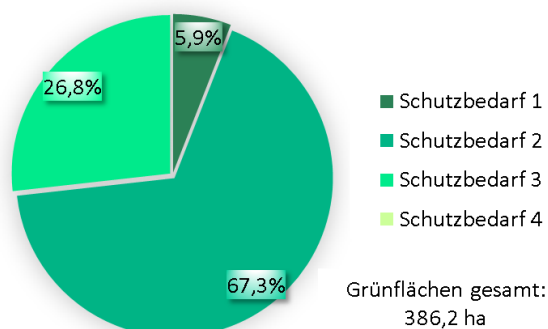
AUSGLEICHSPAUM: A40 KÄFERTALER WALD



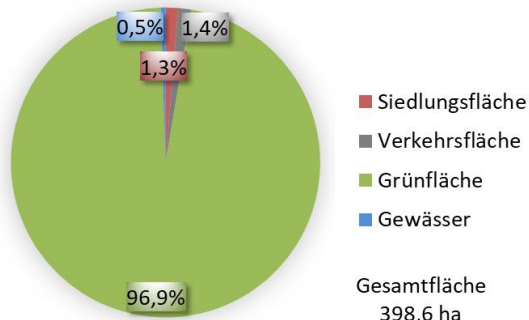
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A40 Käfertaler Wald** bildet zusammen mit den Waldflächen der Ausgleichsräume A41 (Herrschaftswald) und A42 (Neuwald) den großflächigen Freiraum Nordost. Sie sind weitgehend barrierefrei miteinander vernetzt. Im Norden differenziert die in West-Ost-Richtung verlaufende Trasse der A 6 zwischen den Teilräumen A41 und A42. Im westlichen Bereich quert sie dammartig erhöht die Riedbahn. Dem Käfertaler Wald kommt als Kalt- und Frischluftquelle sowie als vergleichsweise kühle Erholungsfläche an heißen Sommertagen eine wesentliche klimaökologische Funktion für den Stadtraum Mannheim zu. Zwar erschwert der dichte Baumbestand die Bodenluftzufuhr aus den Waldflächen. Während der in Strahlungsnächten hier wirksamen nordwestlichen bis nordöstlichen Lokal- und Regionalströmungen wird über den Kronenraum Frischluft flächig in Richtung des Stadtkörpers Mannheim transportiert. Bei intensiverer Strömungsintensität kann der Bewegungsimpuls mittels turbulenter vertikaler Durchmischung auch in den Stammraum eingreifen

Bewertung Grünflächen A40



Nutzungsstruktur A40



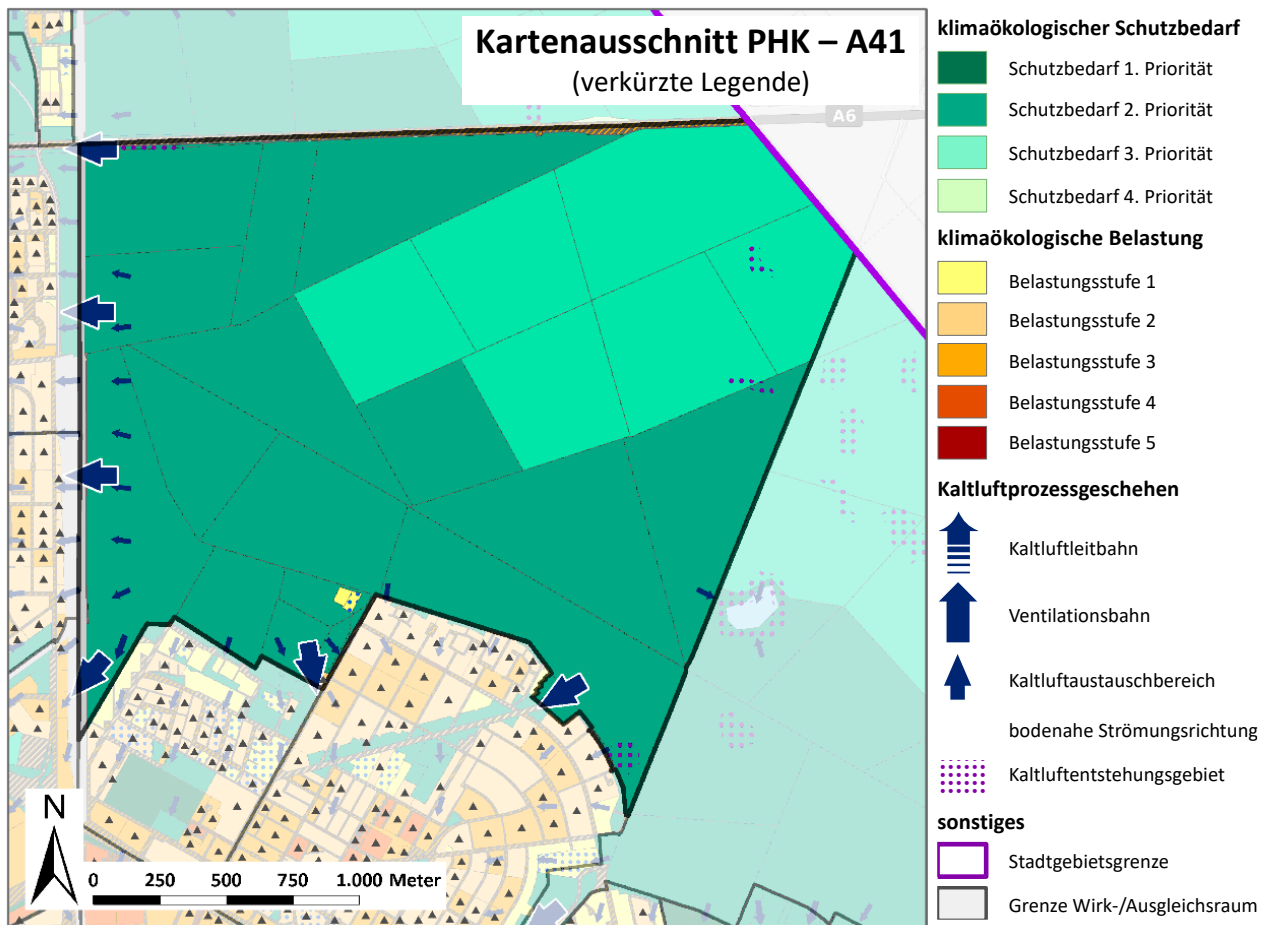
und die hier lagernde Kaltluft in den Strömungstransport einbeziehen. Insbesondere die zum Wald orientierten Bebauungen Gartenstadt, Käfertal, Franklin profitieren von der thermischen Gunst, wie die niedrigen Temperaturen im Übergangsbereich verdeutlichen. Vor allem bei schwach ausgeprägter Barrierewirkung am Bebauungsrand und lockerer Bebauungsdichte (Gartenstadt) zeigen die Isothermenkarten als auch die Modellergebnisse ein fließendes Temperaturgefälle mit einer relativ weit in die Bebauung reichenden Wirkung der thermischen Positiveffekte. Dieser Effekt überträgt sich in eingeschränkter Weise auch in den Bewertungen der PHK, welche an den Siedlungsrändern tendenziell eine günstigere bioklimatische Situation vermitteln.

Maßnahmenempfehlungen

Die Waldflächen mit dem integrierten Wildpark und dem Wasserwerk Käfertal bilden zusammen mit den Ausgleichsräumen A41 und A42 ein stadtklimatisch hoch bedeutsames Waldgebiet (Schutzbedarf größtenteils 2. Priorität). Entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** ist die gesamte Waldfläche langfristig zu sichern. Treten klimawandelbedingt vermehrt Trockenschäden im Waldbestand auf, so sollte der damit verbundene Baumverlust durch Neupflanzungen ersetzt werden. Bei der Wahl der Baumart ist auf ihre Trockentoleranz und Hitzeresistenz zu achten.

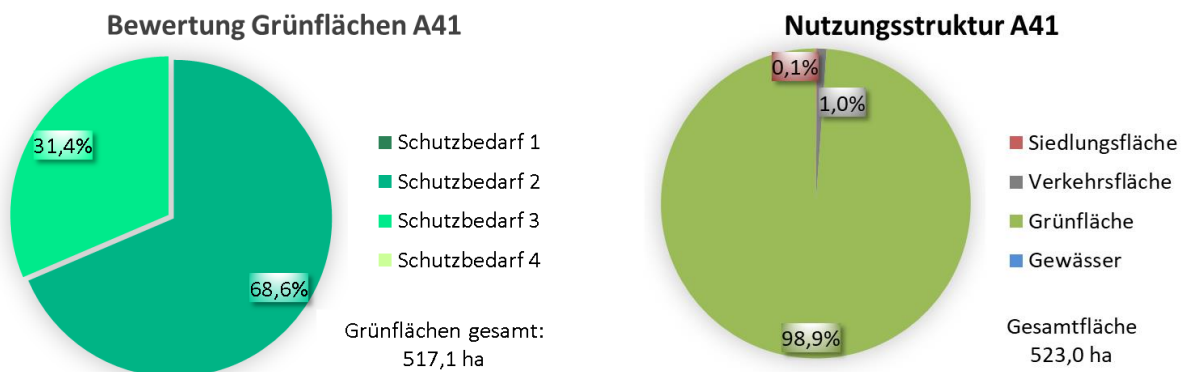
Die Freiflächen des Carl-Benz-Bads und die Sportplätze in Richtung der Gretje-Ahrlachs-Schule östlich des Anemonenwegs sind als bebauungsinterne Ventilationsbahn zu sichern (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

AUSGLEICHSRaum: A41 HERRSCHAFTSWALD



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A41 Herrschaftswald** bildet zusammen mit den Waldflächen der Ausgleichsräume A40 (Käfertaler Wald) und A42 (Neuwald) den großflächigen Freiraum Nordost. Sie sind weitgehend barrierefrei miteinander vernetzt. Im Norden differenziert die in West-Ost-Richtung verlaufende Trasse der A 6 zwischen den Teilräumen A41 und A42. Den Westrand bildet die Riedbahn. Dem Herrschaftswald kommt als Kalt- und Frischluftquelle sowie als vergleichsweise kühle Erholungsfläche an heißen Sommertagen eine wesentliche klimaökologische Funktion für den Stadtraum Mannheim zu. Zwar erschwert der dichte Baumbestand die Bodenluftzufuhr aus den Waldflächen. Während der in Strahlungs Nächten hier wirksamen nordwestlichen bis nordöstlichen Lokal- und Regionalströmungen wird über den Kronenraum Frischluft flächig in Richtung



des Stadtkörpers Mannheim transportiert. Bei intensiverer Strömungsintensität kann der Bewegungsimpuls

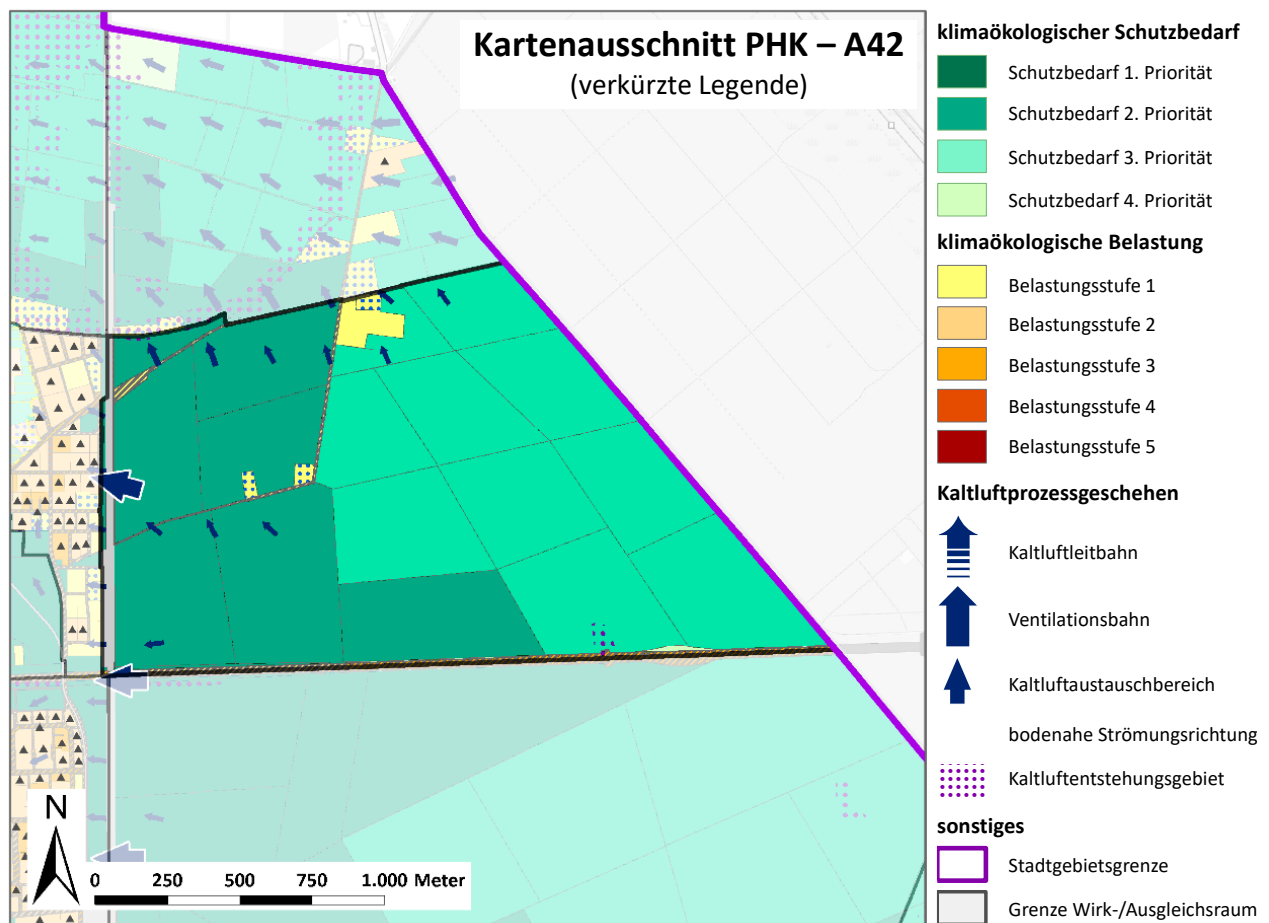
mittels turbulenter vertikaler Durchmischung auch in den Stammraum eingreifen und die hier lagernde Kaltluft in den Strömungstransport einbeziehen. Insbesondere die zum Ausgleichsraum A41 orientierten Bebauungen Gartenstadt, Waldhof und Schönau profitieren von der thermischen Gunst, wie die niedrigen Temperaturen im Übergangsbereich verdeutlichen. Vor allem bei nur schwach bis mäßig ausgeprägter Barrierewirkung am Bebauungsrand und lockerer Bebauungsdichte (Gartenstadt, Waldhof) zeigt sich ein fließendes Temperaturgefälle mit einer relativ weit in die Bebauung reichenden Wirkung der thermischen Positiveffekte.

Maßnahmenempfehlungen

Die Waldflächen mit dem integrierten Waldfriedhof Gartenstadt bilden zusammen mit den Ausgleichsräumen A40 und A42 ein stadtklimatisch hoch bedeutsames Waldgebiet (Schutzbedarf größtenteils 2. Priorität). Entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** ist die gesamte Waldfläche langfristig zu sichern.

Treten klimawandelbedingt vermehrt Trockenschäden im Waldbestand auf, so sollte der damit verbundene Baumverlust durch Neupflanzungen ersetzt werden. Bei der Wahl der Baumart ist auf ihre Trockentoleranz und Hitzeresistenz zu achten.

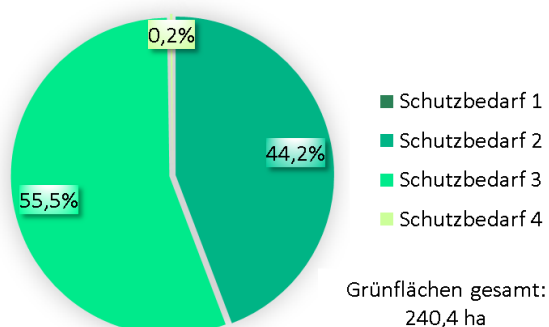
AUSGLEICHSPAUM: A42 NEUWALD



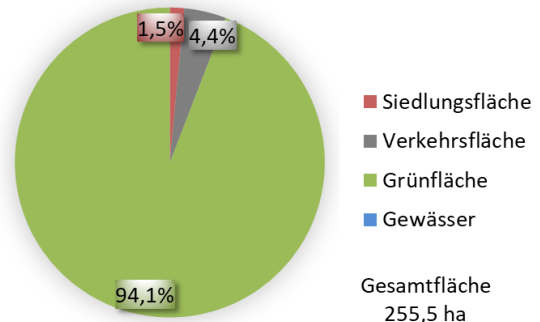
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A42 Neuwald** bildet zusammen mit den Waldflächen der Ausgleichsräume A40 (Käfer-taler Wald) und A41 (Herrschaftswald) den großflächigen Freiraum Nordost. Sie sind weitgehend barrierefrei miteinander vernetzt. Im Süden differenziert die in West-Ost-Richtung verlaufende Trasse der A 6 zwischen den Teilräumen A41 und A42. Den Westrand bildet die Riedbahn. Dem Neuwald kommt als Kalt- und Frisch-luftquelle sowie als vergleichsweise kühle Erholungsfläche an heißen Sommertagen eine wesentliche klima-ökologische Funktion für den Stadtraum Mannheim zu. Zwar erschwert der dichte Baumbestand die Boden-luftzufuhr aus den Waldflächen. Während der in Strahlungs-nächten hier wirksamen nordwestlichen bis nord-östlichen Lokal- und Regionalströmungen wird über den Kronenraum Frischluft flächig in Richtung des Stadt-körpers Mannheim transportiert. Bei intensiverer Strömungsintensität kann der Bewegungsimpuls mittels turbulenter vertikaler Durchmischung auch in den Stammraum eingreifen und die hier lagernde Kaltluft in

Bewertung Grünflächen A42



Nutzungsstruktur A42



den Strömungstransport einbeziehen. Insbesondere die zum Ausgleichsraum A41 orientierte Bebauungen Blumenau profitiert über flurwindartige Luftaustauschbewegungen von der thermischen Gunst, wie die niedrigen Temperaturen im Übergangsbereich verdeutlichen.

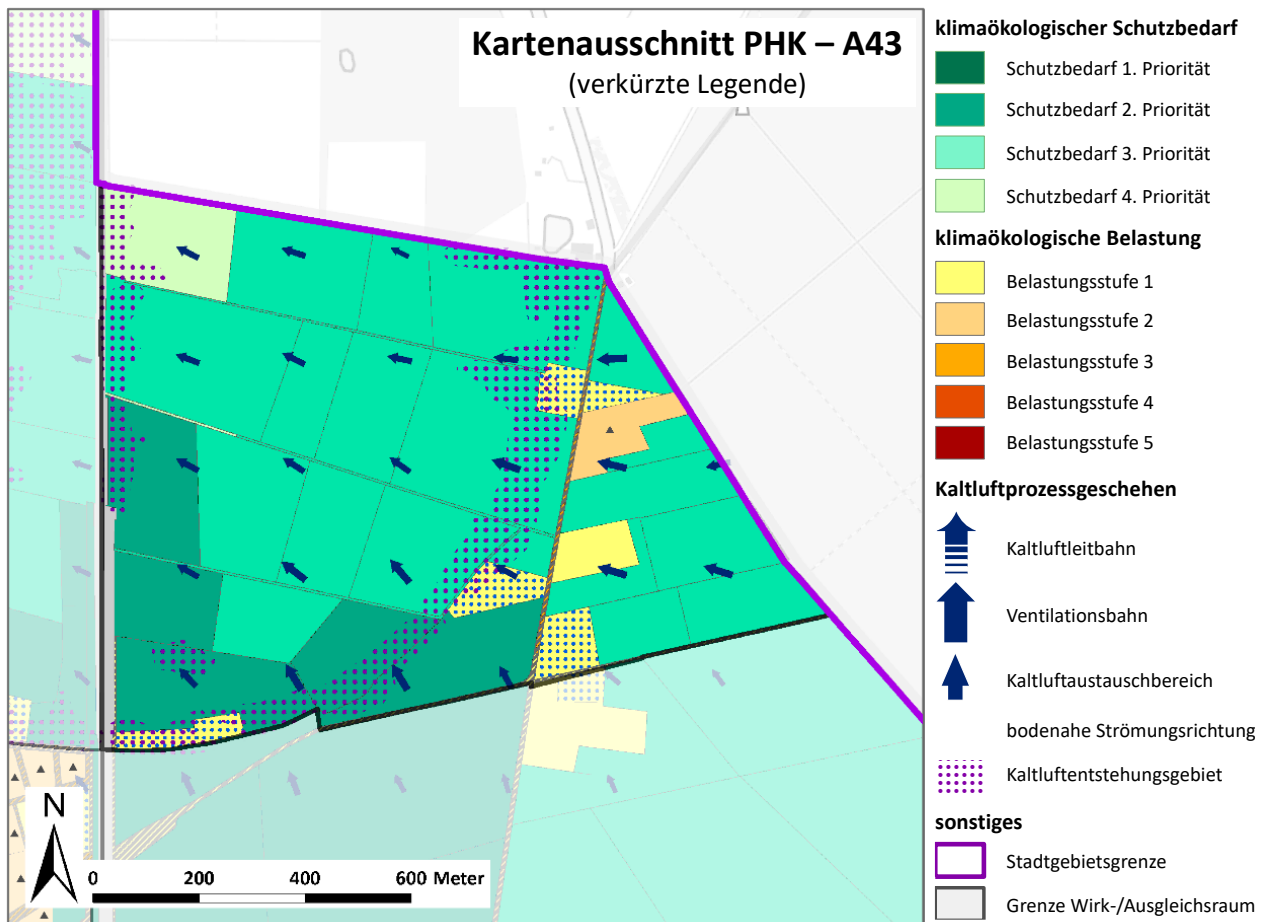
Maßnahmenempfehlungen

Die Waldflächen mit der integrierten Eugen-Neter-Schule, dem Wasserwerk und dem Schützenhaus bilden zusammen mit den Ausgleichsräumen A40 und A41 ein stadtklimatisch hoch bedeutsames Waldgebiet (Schutzbedarf im Westteil 2. Priorität). Entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** ist die gesamte Waldfläche langfristig zu sichern.

Treten klimawandelbedingt vermehrt Trockenschäden im Waldbestand auf, so sollte der damit verbundene Baumverlust durch Neupflanzungen ersetzt werden. Bei der Wahl der Baumart ist auf ihre Trockentoleranz und Hitzeresistenz zu achten.

Bauliche Ergänzungen im Bereich der Eugen-Neter-Schule und beim Schützenhaus sind allenfalls kleinflächig auf den Grundstücken denkbar.

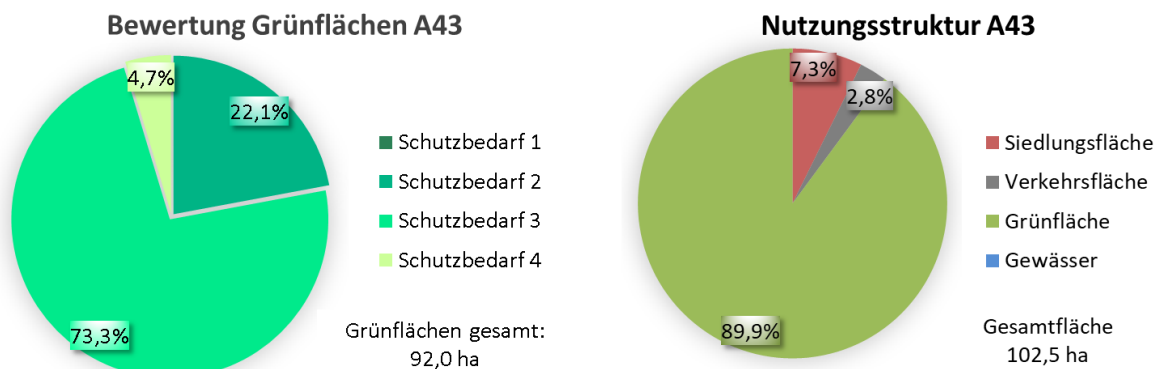
AUSGLEICHSRaum: A43 SANDTORF



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A43 Sandtorf** befindet sich nördlich des Neuwalds im Bereich der Aussiedlerhöfe Sandtorf. Nach Osten und Süden schließen sich ausgedehnte Waldflächen an. Nach Norden geht A43 nahtlos in die Freiflächen der Gemarkung Lampertheim und im Westen nach barrierefreier Querung der Riedbahn in den Ausgleichsraum A53 über. Die Flächen werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt und liegen teilweise auf der Niederterrasse der Rheinauen. Insbesondere hier können sich im bodennahen Raum Kaltluftstagnationseffekte einstellen.

Als Teil des Freiraumes Nord kommt den Freiräumen im Bereich Sandtorf insbesondere Bedeutung als Frischluftentstehungsraum und Transportbahn für den Stadtkörper Mannheim bzw. die Bebauungen der Wirkungsräume W70 (Coleman Barracks) und W71 (Blumenau) zu.

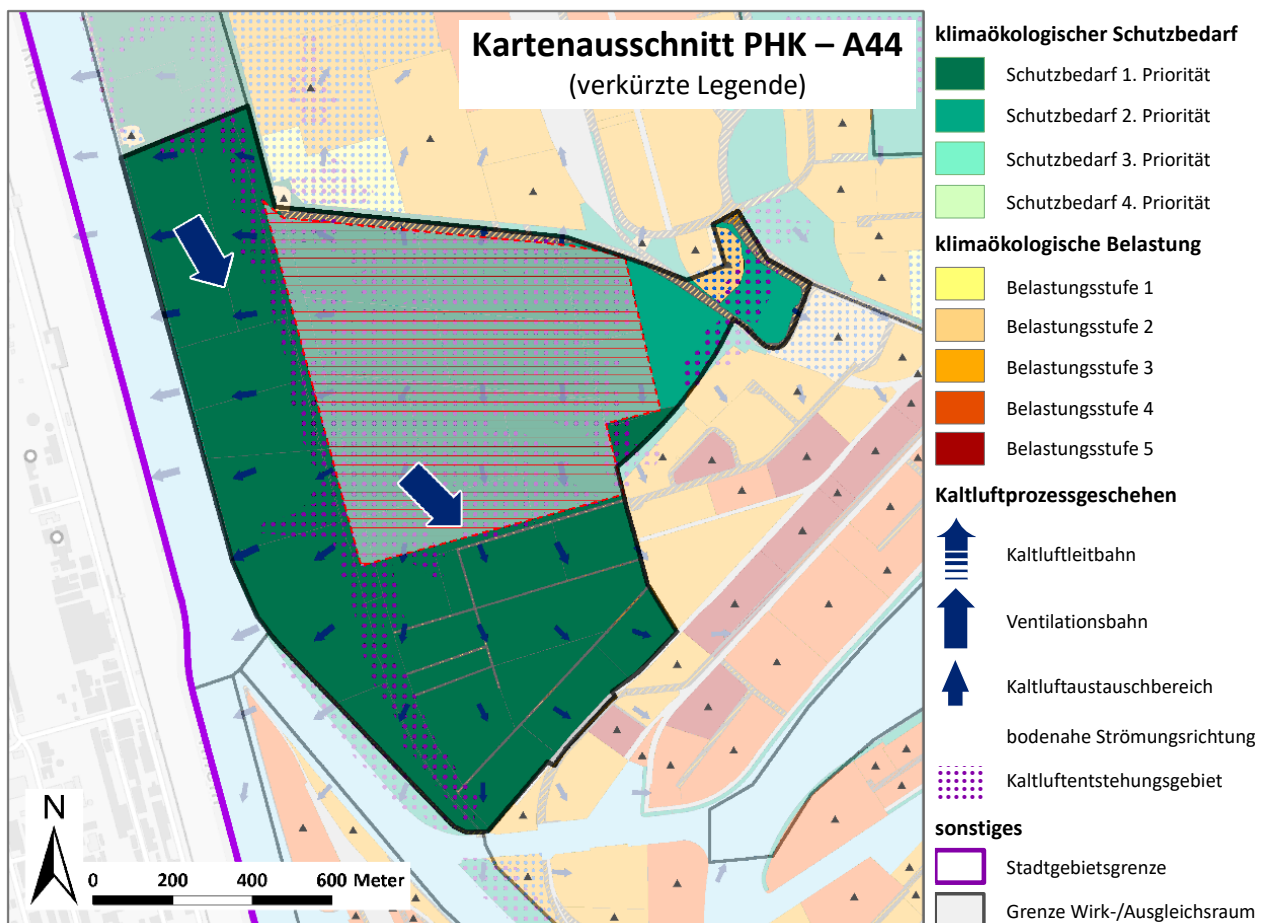


Bei nordöstlichen Strömungen, welche sich in Strahlungs Nächten als Teil lokaler und regionaler Windsysteme typischerweise einstellen, kann die Kaltluft in die angrenzenden Bebauungen verfrachtet werden und ihre thermischen Positiveffekte entfalten. Besonders deutlich ist dies anhand der niedrigen nächtlichen Temperaturen in der aufgelockerten Bebauung Blumenau zu erkennen. Die Effektivität der Kaltluftleistung ist insgesamt als sehr hoch zu einzustufen.

Maßnahmenempfehlungen

Der Freiraum Sandtorf (A43) bildet zusammen mit den Ausgleichsräumen A52, A53, A54 und A55 einen klimaökologisch hoch effektiven Ausgleichsraum (Kaltluftbildung, Ventilationsfläche) im Norden von Mannheim. Eine bauliche Inanspruchnahme der bestehenden Freiflächen im Ausgleichsraum A43 ist nicht zu empfehlen. Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten.

AUSGLEICHSRaum: A44 KÜHUNTERHORST

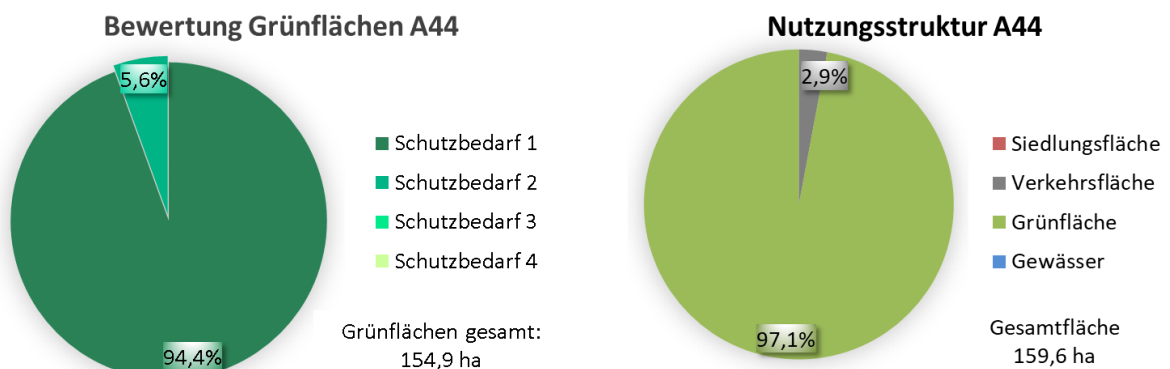


PHK-Ausschnitt Ausgleichsraum 1: Ausschnitt der Planungshinweiskarte für den Ausgleichsraum A44 Kühunterhorst (verkürzte Legende)

Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der Ausgleichsraum **A44 Kühunterhorst** (Wiesen, Ackerflächen und Kleingärten) bildet zusammen mit dem Freiraum A45 Rheingewann/Weidenschlägel das westliche Freiraumgefüge auf der Friesenheimer Insel. Nach Süden, Westen und Norden besteht Anbindung an die benachbarten „Flussausgleichsräume“ Rhein, Neckar/Neckarvorland und Altrhein (A 61, A28 und A47).

Die Freiräume A44 und A45 sind Teilbereiche des sich vom ausgedehnten Freiraum im Norden von Mannheim (Sandtorfer Bruch, Markgrafenacker) in Richtung Innenstadt erstreckenden Grünzuges und bilden ein Gesamtgefüge, dessen klimaökologische Bedeutung in seiner Strömungsleitlinienfunktion zwischen Freiraum und Stadtzentrum besteht (= Ventilationsbahn).



Die Ausgleichsräume A44/45 werden nach Osten von den Industrieflächen der Wirkungsräume W 62 (Friesenheimer Insel) und W 61 (Industriehafen) begrenzt.

Sie weisen im Übergangsbereich teilweise ausgeprägte Barrierewirkungen auf, wie beispielsweise die markanten Temperaturgegensätze zwischen Freiraum und Gewerbegebiet Industriehafen (W 61) vermitteln. In Kombination mit der unregelmäßigen Ausformung der Wirkungsräume mit entsprechenden Einengungen des Freiraumes (A45) sowie den Hochwasserdeichen stellen sich in Teilbereichen ausgeprägte Kammerungserscheinungen ein. Besonders markant ist die hiervon ausgehende Kaltluftstagnation im südöstlichen Bereich von A44 zu beobachten. Wechselwirkungen zwischen den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Ausgleichsräumen und den Industrieflächen zeigen sich vor allem in Bereichen mit offenerer Bebauung und schwächer ausgeprägter Strömungsbarriere (nördlicher und westlicher Bereich von W62).

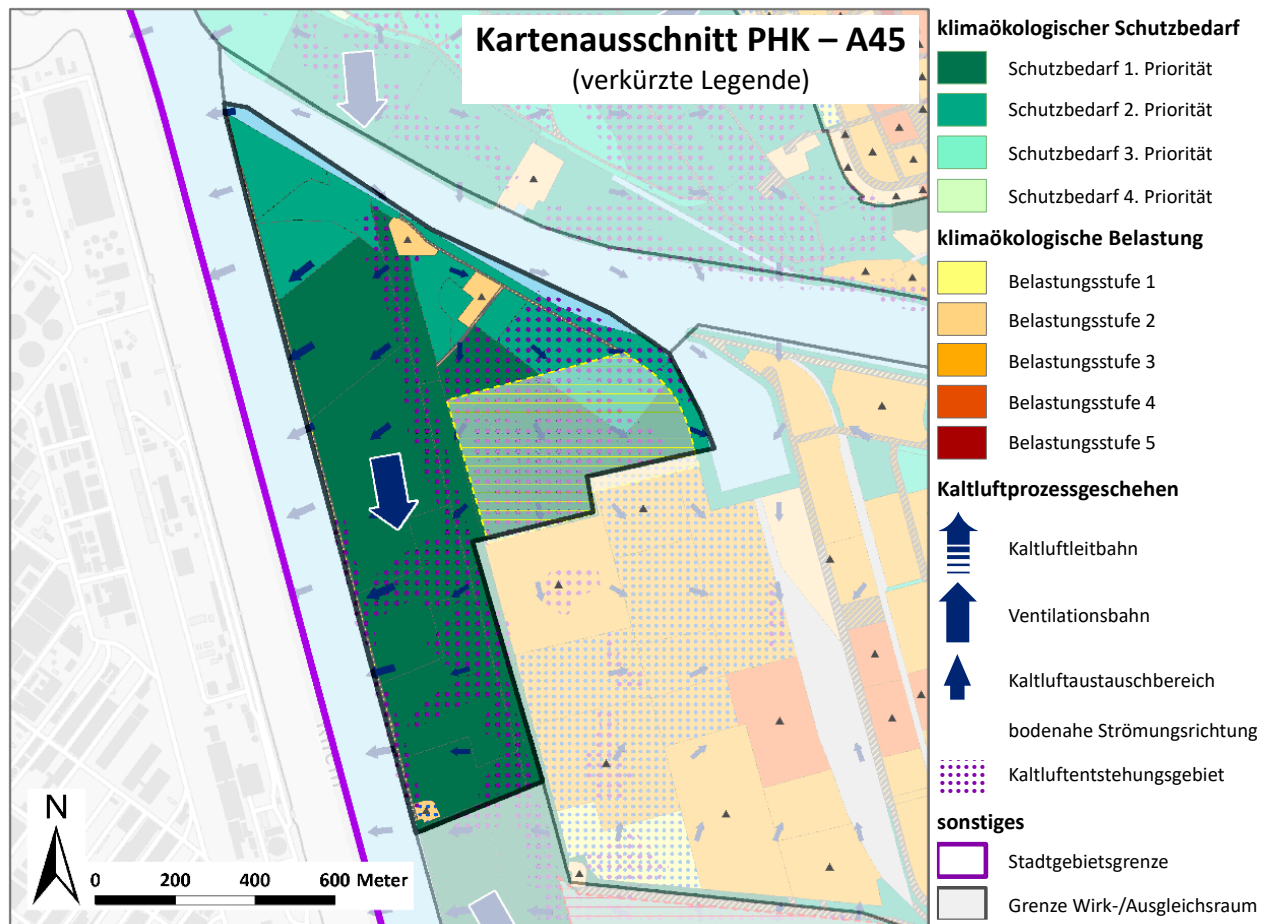
Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A44 ist Bestandteil einer stadtklimatisch bedeutsamen Ventilationsbahn entlang des Rheins und bildet zwischen den Gewerbeflächen/Industrieanlagen auf der Friesenheimer Insel im Osten und der BASF im Westen einen Restfreiraum mit der Funktion „Kaltluftbildung“. Entsprechend weist die Fläche einen Schutzbedarf 1. Priorität auf. Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten.

Eine großflächige bauliche Ausdehnung der Gewerbe-/Industrieflächen in die Gewanne Scheidhorst und Kühntherhorst ist daher aus stadtklimatischer Sicht nicht zu empfehlen. Die verbleibenden Restfreiflächen entlang des Rheins wären dann zu gering dimensioniert, um noch nennenswerte klimaökologische Ausgleichsleistungen zu initiieren (Kaltluftbildung, Ventilationsfunktion).

Wird dennoch an eine bauliche Entwicklung gedacht, ist zwingend ein klimaökologisches Detailgutachten zu beauftragen, das unter Beachtung der ortsspezifischen Windverhältnisse klimaoptimierte Bauweisen/bebauungsinterne Freiflächenstrukturen vorgibt. Gegen eine ebenfalls diskutierte Errichtung von Photovoltaikanlagen ist als wesentlich extensivere Nutzungsvariante grundsätzlich nichts einzuwenden. Um das südwärts gerichtete Strömungsgeschehen möglichst wenig zu beeinträchtigen sollte sich die Photovoltaikanlagen allerdings möglichst auf die nördlichen zwei Drittel der Entwicklungsfläche begrenzen.

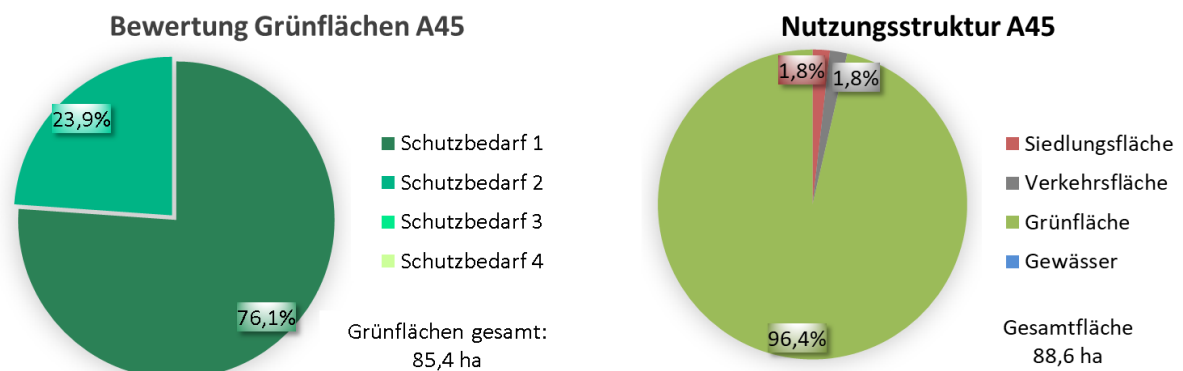
AUSGLEICHSPAUM: A45 RHEINGEWANN/WEIDENSCHLÄGEL



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A45 Rheingewann / Weidenschlägel** (Wiesen, Ackerflächen, Gehölzflächen, Tierheim, Restaurantbetrieb) bildet zusammen mit dem Ausgleichsraum A44 das westliche Freiraumgefüge auf der Friesenheimer Insel. Nach Süden, Westen und Norden besteht Anbindung an die benachbarten „Flussausgleichsräume“ Rhein, Neckar/Neckarvorland und Altrhein (A 61, A28 und A47).

Die Freiräume A44 und A45 sind Teilbereiche des sich vom ausgedehnten Freiraum im Norden von Mannheim (Sandtorfer Bruch, Markgrafenacker) in Richtung Innenstadt erstreckenden Grünzuges und bilden ein Gesamtgefüge, dessen klimaökologische Bedeutung in seiner Strömungsleitlinienfunktion zwischen Freiraum und Stadtzentrum besteht (= Ventilationsbahn).



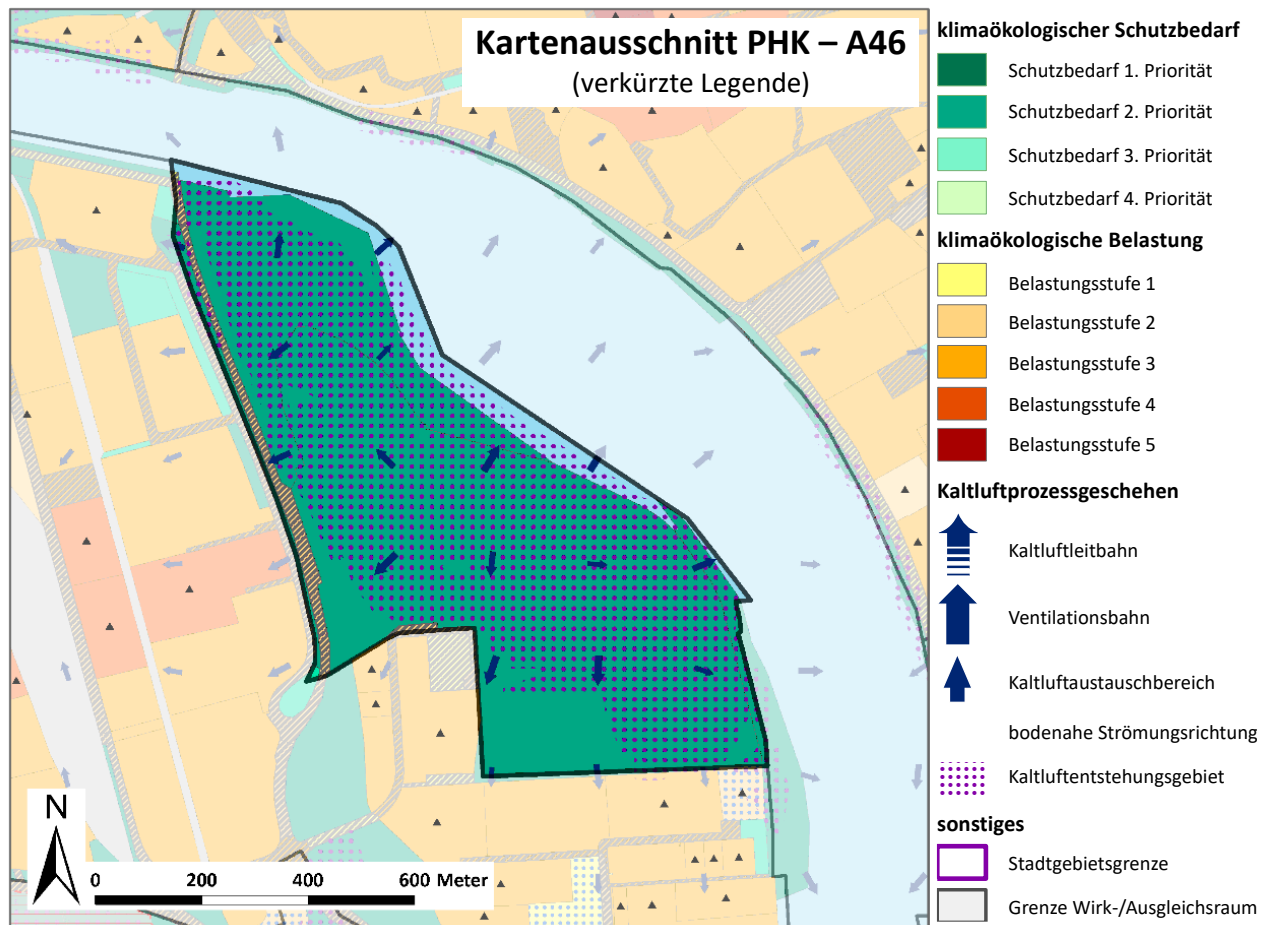
Der Ausgleichsraum A45 bildet in sommerlichen Strahlungsnächten eine Kälteinsel und trägt somit zur Vermeidung einer großflächigen Wärmeinsel zwischen den Gewerbe-/Industrieflächen auf der Friesenheimer Insel und der BASF westlich des Rheins bei.

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A45 ist Bestandteil einer stadtklimatisch bedeutsamen Ventilationsbahn entlang des Rheins und bildet im Norden der Friesenheimer Insel einen Restfreiraum mit den Funktionen „Kaltluftbildung/Ventilation“. Entsprechend weist die Fläche größtenteils einen Schutzbedarf 1. Priorität auf. Hier sind vor allem im westlichen Teilbereich die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen** zu beachten.

Zwischen Tierheim und dem südlich angrenzenden BASF-Gelände (Tanklager) gibt es Überlegungen zu einem neuen Baugebiet. Durch den Verlust von Ackerflächen und Gehölzstreifen geht klimaökologisches Ausgleichspotenzial verloren. Da sich die potenzielle Baufläche bei in Strahlungsnächten häufig vorherrschenden Winden aus nordwestlichen bis nordöstlichen Richtungen in Luv-Lage zum BASF-Tanklager befindet ist eine begrenzte, aufgelockerte bauliche Ergänzung aus klimaökologischer Sicht möglich. Wird eine derartige Flächenumwidmung umgesetzt, sind zwingend klimaökologische Vorgaben/Leitplanken (z.B. interne Belüftungsbahnen, Begrünungsmaßnahmen etc.) zu beachten.

AUSGLEICHSPAUM: A46 DEPONIE

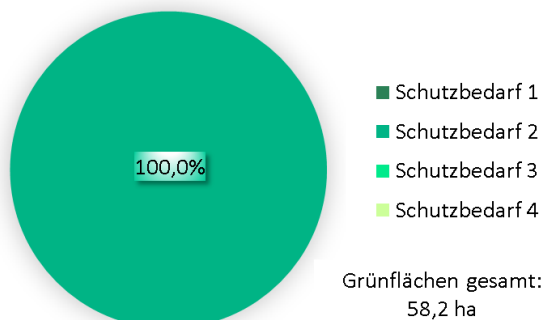


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

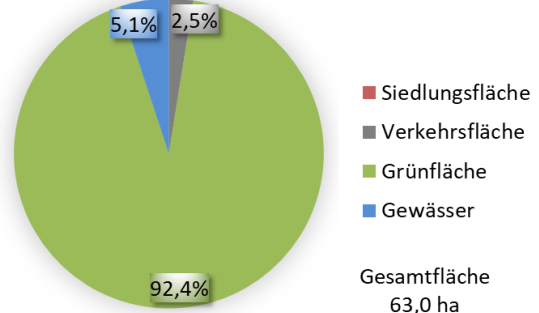
Der Ausgleichsraum **A46 Deponie** umfasst die an den Hangflächen aufgeforstete Deponie im Nordosten der Friesenheimer Insel. Er grenzt an den Ausgleichsraum A47 (Altrhein) sowie an die Industrieflächen des Wirkungsraumes W62. Die Deponie ragt an ihrer Spitze in Strahlungsnächten aus der bodennahen Luftschicht heraus, so dass hier ähnlich hohe Lufttemperaturen gemessen werden wie in dicht bebauten Stadtlagen von Mannheim. Bei extrem schwach ausgeprägtem Windfeld können sich im Bereich des Hanges seichte Kaltluftabflüsse bilden und in Wechselwirkung mit den benachbarten Industrieflächen treten.

Der Nahbereich der angrenzenden Bebauung profitiert somit in solchen Situationen von den thermischen Positiveffekten der begrünten Deponieflächen.

Bewertung Grünflächen A46



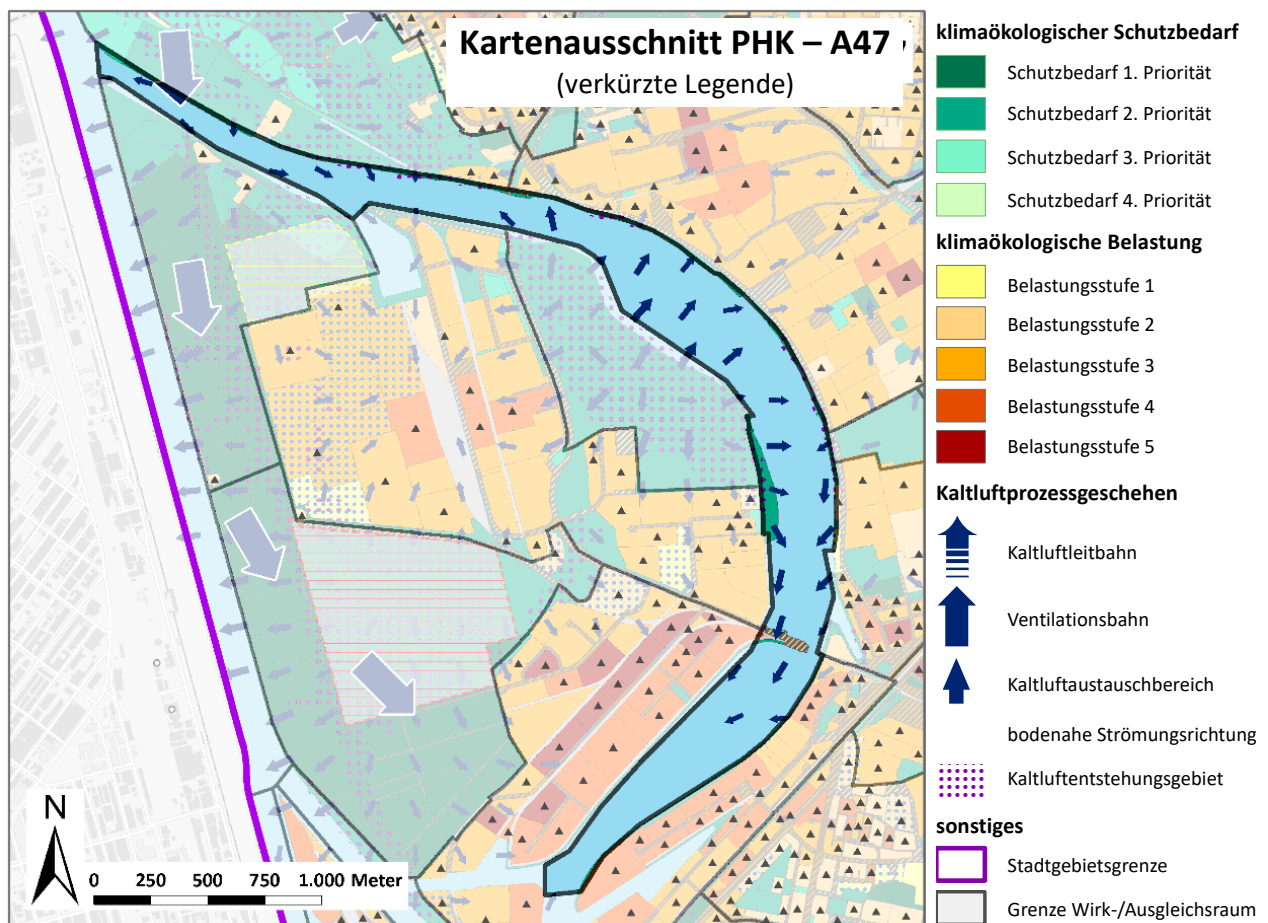
Nutzungsstruktur A46



Maßnahmenempfehlungen

Die begonnenen Begrünungsmaßnahmen sind auch zukünftig fortzusetzen bzw. der Grünbestand ist zu sichern (Maßnahmen **M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

AUSGLEICHSPAUM: A47 ALTRHEIN

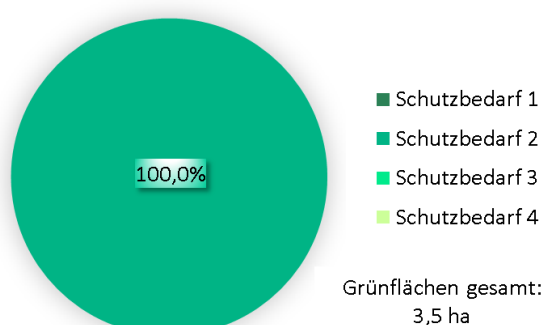


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

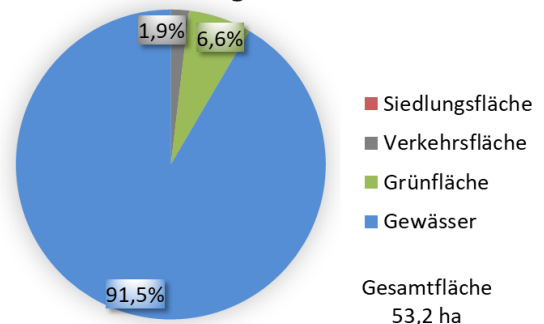
Der Ausgleichsraum **A47 Altrhein** wird von den Wasserflächen des Altrheinarms gebildet. Nach Norden findet er insbesondere über den Ausgleichsraum A50 und in eingeschränktem Maß über den Ausgleichsraum A49 Anschluss an die Freiräume Sandtorfer Bruch/Markgrafenacker. Nach Westen und Osten wird der Altrhein sichelförmig von den Industrieflächen der Wirkungsräume W61 bis W64 umschlossen, unterbrochen von den kleineren Ausgleichsräumen A46 (Deponie) und A48 (Freifläche zwischen Spiegelfabrik und Roche Diagnostics). Starke Barrierewirkungen üben die Übergangsbereiche im Industriehafen bzw. entlang der Sandhofer Straße aus.

Die Bedeutung des Altrheins liegt in seiner Funktion als Strömungsleitlinie: Bedingt durch die geringe Reibung über den Wasserflächen kann der Wind leichter in die stark verdichteten Bebauungen der Industrieräume eingreifen und für eine Reduktion der hohen thermischen Belastung sorgen. Dieser Positiveffekt steht auch

Bewertung Grünflächen A47



Nutzungsstruktur A47

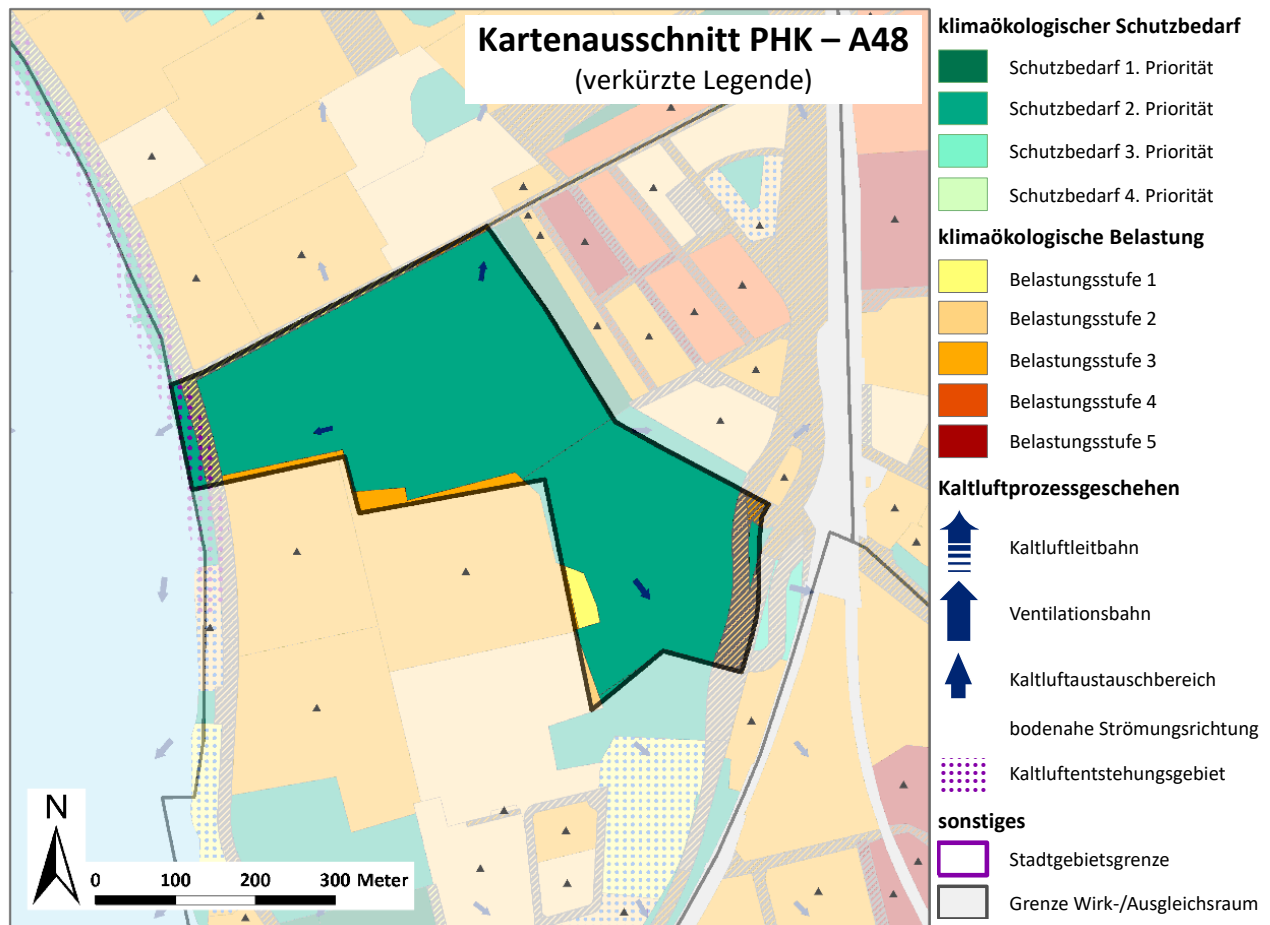


in Zusammenhang mit der Wassertemperatur und ist im Frühsommer tendenziell stärker ausgeprägt als im Hochsommer bei hohen Wassertemperaturen.

Maßnahmenempfehlungen

Die Uferrandbereiche sind entsprechend Planungsmaßnahmen **M07 (Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren)** und **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** möglichst begrünter Form zu sichern bzw. zu entwickeln.

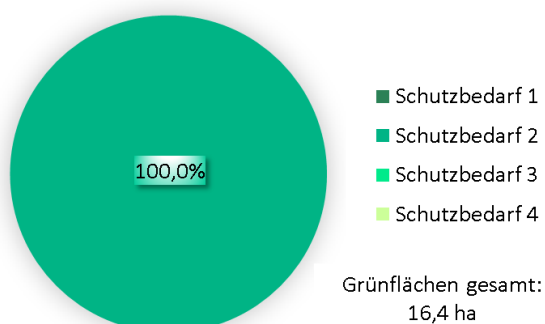
AUSGLEICHSRaum: A48 Sportanlage Harmonia, Grünflächen nÖrdlich DER SPIEGELFABRIK



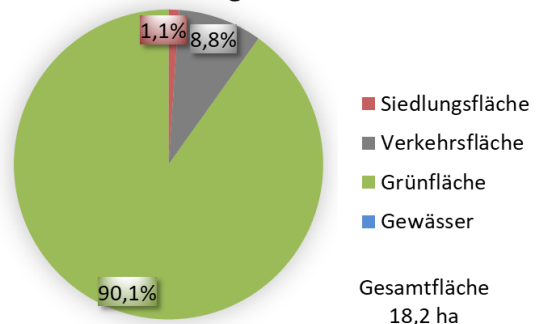
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A48 Sportanlage Harmonia, Grünflächen nördlich der Spiegelfabrik** befindet sich zwischen den Industrieflächen Saint-Gobain sowie Roche Diagnostics Deutschland GmbH und der Wohnbebauung Waldhof-West/Luzenberg. Nach Westen besteht über die Sandhofer Straße ein schmaler Zugang zum Ausgleichsraum A 47 (Altrhein). Sehr starke Barrierewirkungen zeigen sich im Übergangsbereich zu den Industrieflächen der Wirkungsräume W63 (Glaswerke) und W64 (Roche Diagnostics), während zur Wohnbebauung im Osten teilweise nur mäßige bis geringe Strömungsbarrieren vorhanden sind. Die geringe Dimensionierung des Freiraumes sowie seine verwinkelte Lage in Kombination mit der Struktur der angrenzenden

Bewertung Grünflächen A48



Nutzungsstruktur A48

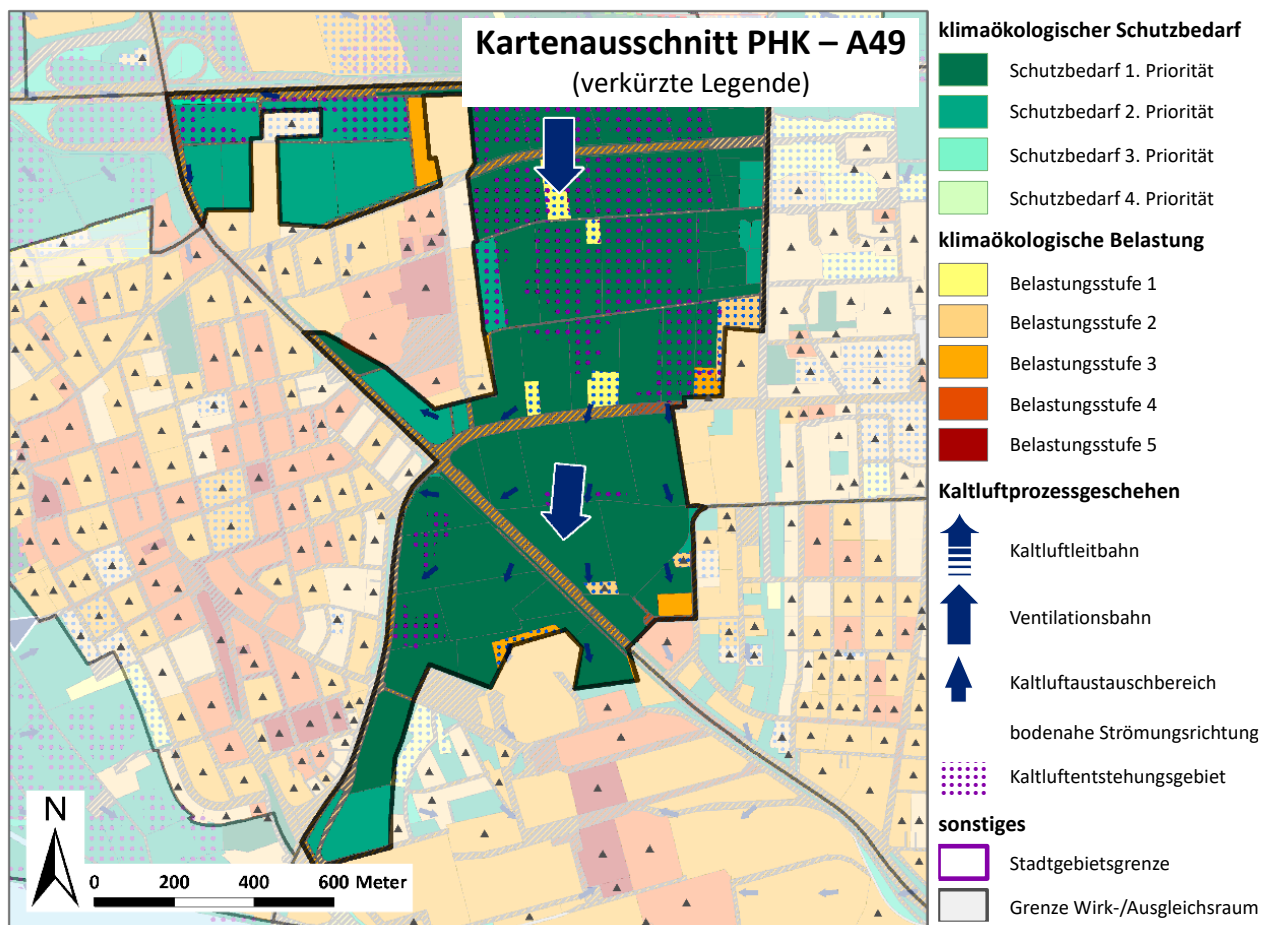


Wirkungsräume führen zu einer ausgeprägten Kammerung. Zusätzlich erschwert der teilweise dichte Baumbestand über der Grünfläche die Ventilation im bodennahen Raum mit in der Folge verstärkter Kaltluftstagnation. Da die Wechselwirkungen zwischen Frei- und Wirkungsraum infolge der Strömungsbarrieren entlang der Industrieflächen stark reduziert sind, zeigen sich hier sehr markante Temperaturgegensätze. Bei schwächer ausgeprägter Strömungsbarriere (Wachtstraße, Jakob-Faulhaber-Straße) können sich Austauschbewegungen im unmittelbaren Randbereich des Austauschraumes mit thermischen Positiveffekten für die angrenzende Bebauung ergeben.

Maßnahmenempfehlungen

Die Grün- und Sportflächen in direkter Nachbarschaft zur Spiegelfabrik besitzen einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität). Die Gehölzflächen sowie das Sportplatzgelände bilden eine lokale Lufttemperatursenke, über die sich flurwindartige Luftaustauscheffekte mit der benachbarten, teils hoch wärmebelasteten Siedlungsflächen einstellen. Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten. Auch eine grünordnerische Optimierung von Teilen der Grünflächen, zur Verbesserung ihrer Belüftungsfunktion (z.B. Entwicklung einer parkartigen Begrünung = Planungsmaßnahme **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**) wäre anzudenken. Diese müssten während sommerlicher Trockenphasen ausreichend bewässert werden, um ihre Kühlfunktion in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

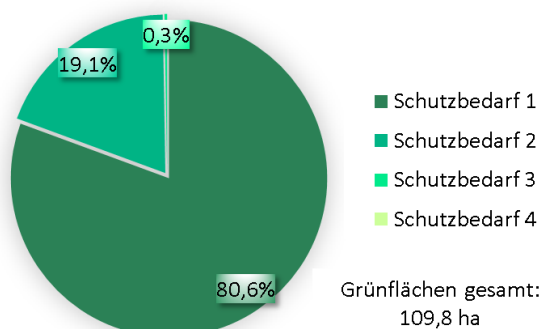
AUSGLEICHSPAUM: A49 KRÄHENFLÜGEL



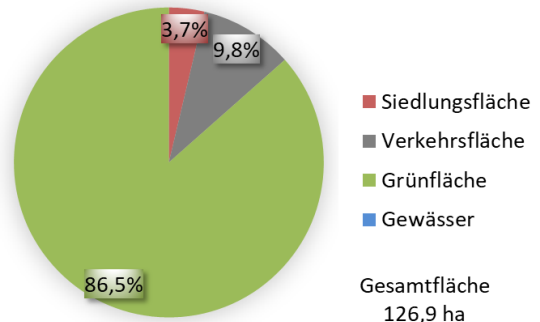
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A49 Krähenflügel** befindet sich zwischen den Stadtteilen Sandhofen (W65, W66) und Schönau (W67, W68) sowie den Industrieflächen der SCA Hygiene Products (W64). Nach Norden bilden der Damm und die Lärmschutzanlagen der A 6 eine sehr starke Strömungsbarriere zum Ausgleichsraum A52 und im Süden die Wirkungsräume W65 und W64 eine schmale Barriere zu den angrenzenden Ausgleichsräumen A47 (Altrhein) und A50 (Förcherwörth/Wilhelmswörthkopf). Aufgrund seiner verwinkelten Struktur mit Einengungen (im südlichen Teil mit weniger als 100 m Breite) und den teilweise starken Barrieren im Übergangsbereich zu den Bebauungen (insbesondere zum Stadtteil Sandhofen) weist der Raum eine deutliche Kammerung auf. Dennoch bildet der Freiraum „Krähenflügel“ mit seinen Wiesen, Ackerflächen, Kleingärten und Gehölzflächen eine stadtklimatisch bedeutsame Ventilationsbahn in Richtung Süden (Grünzug Nordwest II).

Bewertung Grünflächen A49



Nutzungsstruktur A49



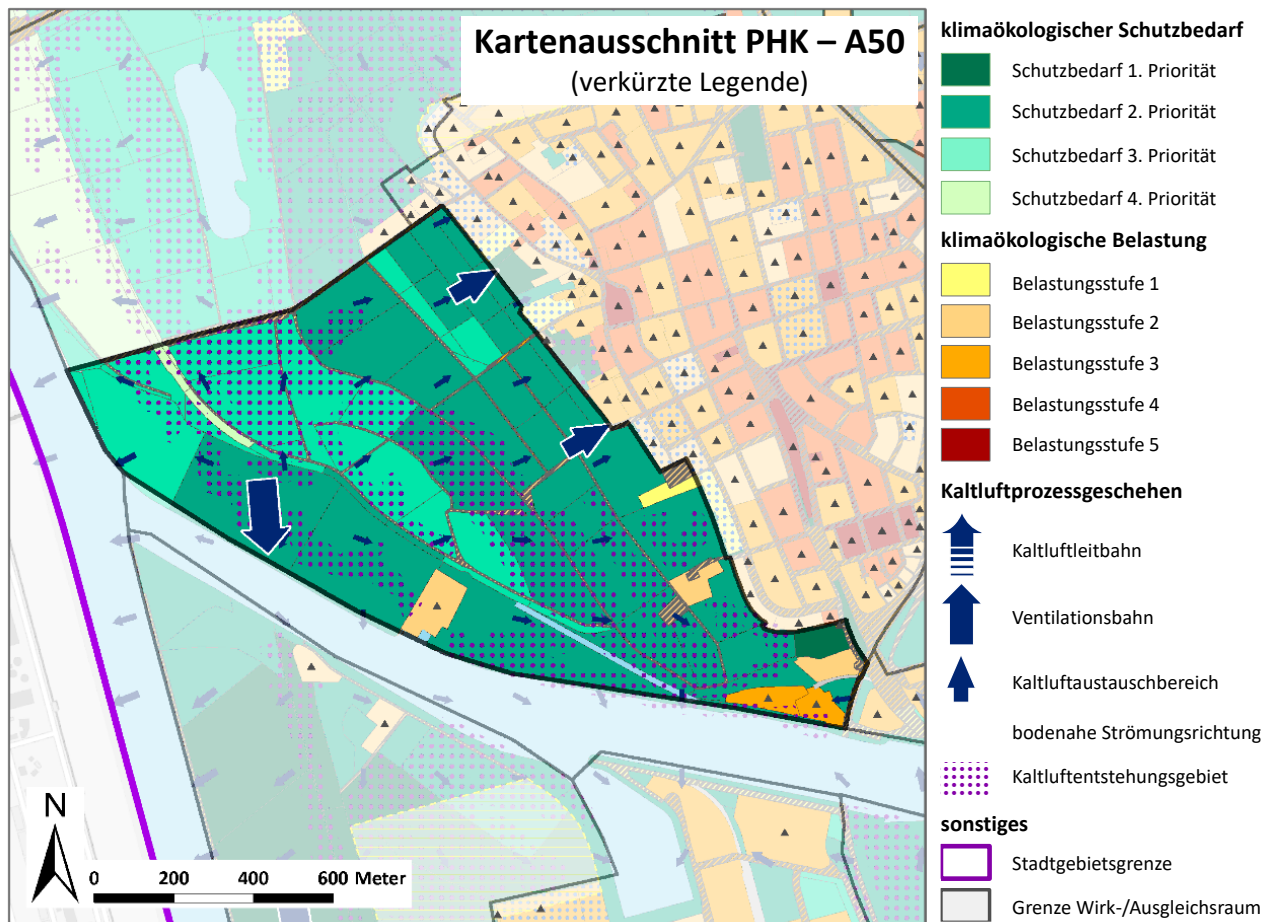
Typisch für den Freiraum Nord ist in Strahlungsnächten ein Lokal- und Regionalströmungssystem mit nordwestlichen bis nordöstlichen Windrichtungen. Über Grünzüge, wie den Ausgleichsraum A49, kann die mitgeführte Kaltluft in der angrenzenden Bebauung die nächtliche Abkühlung begünstigen.

Maßnahmenempfehlungen

Als Bestandteil des Grünzugs Nordwest II besitzt der Freiraum A49 einen sehr hohen Schutzbedarf (1. Priorität). Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu berücksichtigen. Bauliche Maßnahmen in zentraler Lage sind auszuschließen. Dies gilt insbesondere für den Bereich entlang der Lilienthalstraße, welcher bereits aktuell durch bauliche Strömungshindernisse gestört ist. Aufgrund der bereits heute starken Barrierewirkung am Westrand des Ausgleichsraums ist auch eine zusätzliche Bebauung im Bereich Wingertsweg/Bürstadter Straße sowie östlich der Gewerbebebauung an der Amselstraße aus klimaökologischer Sicht auszuschließen.

Am Westrand von Schönau sind im Bereich der Gewerbebebauung Königsberger Allee allenfalls bauliche Verdichtungen im Bestand oder Aufstockungen möglich. Eine flächenhafte Ausdehnung der Bebauung nach Westen, die den Grünzug Nord weiter einengen würde, ist aus klimaökologischer Sicht als kritisch einzustufen. Eine trichterförmige Einengung des Grünzugs in Richtung Frankenthaler Straße würde die klimaökologische Leistungsfähigkeit des Freiraumgefüges weiter schwächen. Bei nur solitären Erweiterungsmaßnahmen ist ggf. eine vertiefende klimaökologische Analyse erforderlich, um die Reichweite und Intensität möglicher strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Negativeffekte zu bilanzieren und zu bewerten.

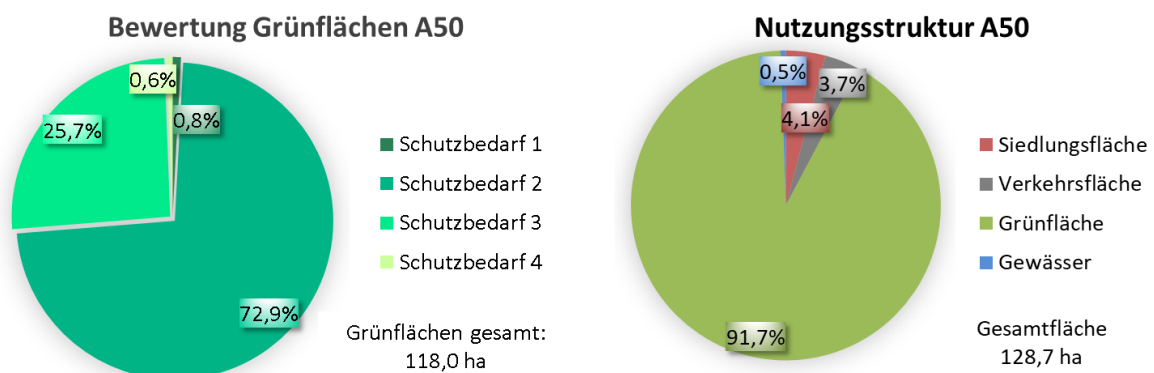
AUSGLEICHSPAUM: A50 WILHELMSWÖRTH/FÖRCHENWÖRTH



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Der Ausgleichsraum **A50 Wilhelmswörth / Förchenwörth** befindet sich südwestlich des Stadtteils Sandhofen (Wirkungsraum W65) und geht im Norden barrierefrei in den Ausgleichsraum A51 über. Er ist Teil des Grünzuges Nordwest I, der sich vom Freiraum Nord (Sandtorfer Bruch/Markgrafenacker) in Richtung Neckarmündung erstreckt. Das Freiraumgefüge ist von Wiesen, Ackerflächen, Kleingärten und Gehölzbeständen (vor allem im Bereich der Neckarmündung) geprägt.

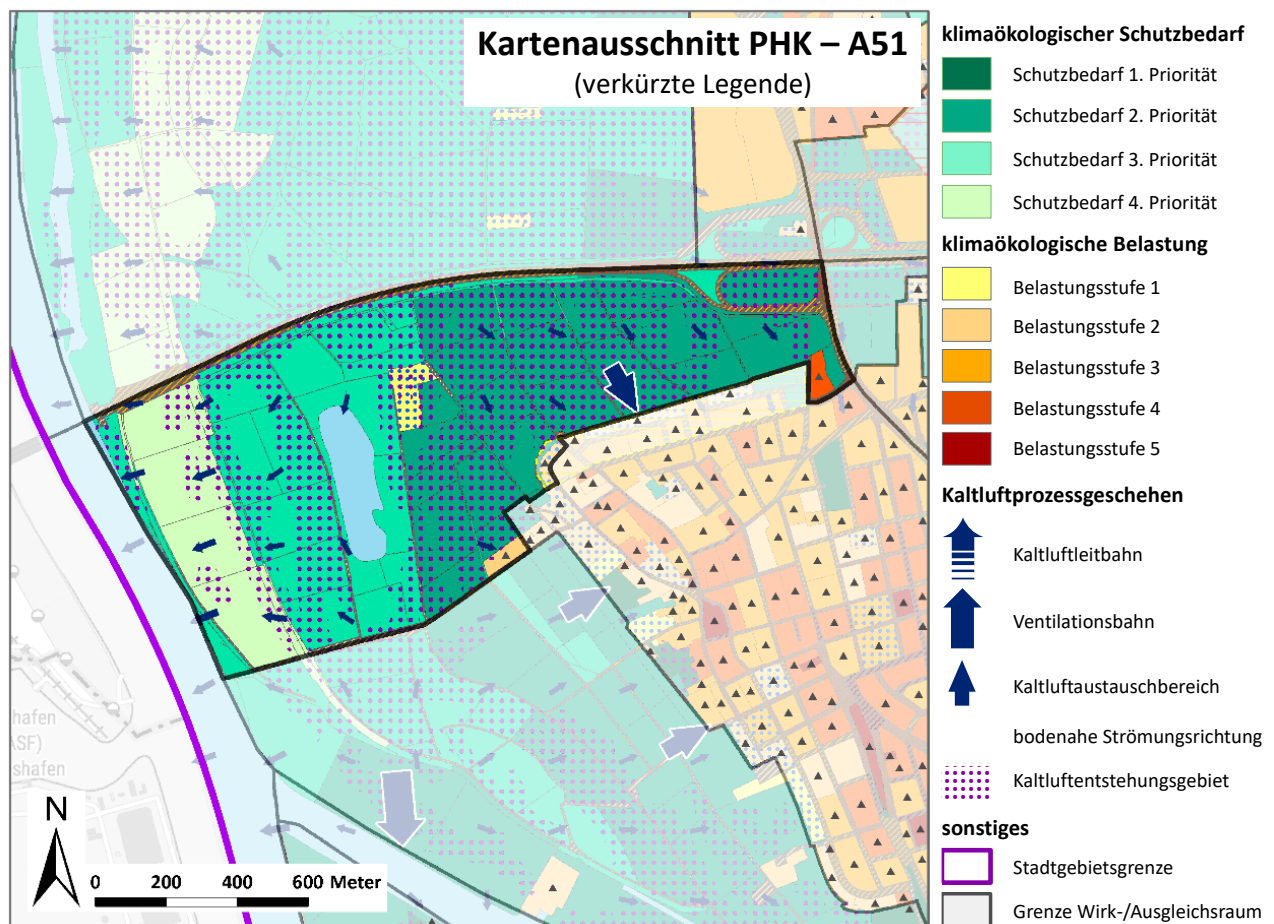
Die Barrierewirkung am Ortsrand von Sandhofen ist nur mäßig ausgeprägt, so dass sich über kleinräumige Ventilationseffekte bioklimatisch begünstigende Wechselwirkungen mit der Wohnbebauung von Sandhofen ergeben.



Maßnahmenempfehlungen

Als Strömungsleitbahn in Richtung Süden und als Kaltluftentstehungsgebiet zwischen Sandhofen und Rhein besitzt der Freiraum A50 zusammen mit dem Ausgleichsraum A51 als „Tor“ zum Freiraumgefüge nördlich der A 6 einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität). Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu berücksichtigen. Bauliche Maßnahmen am westlichen Ortsrand von Sandhofen, die in das Freiraumgefüge eingreifen sind möglichst zu vermeiden. Denkbar wären allenfalls bauliche Ergänzungen im Bereich des Sportplatzes nördlich des Freischwimmbads. Die Kleingärten sollten als Kaltluftentstehungsflächen gesichert bleiben.

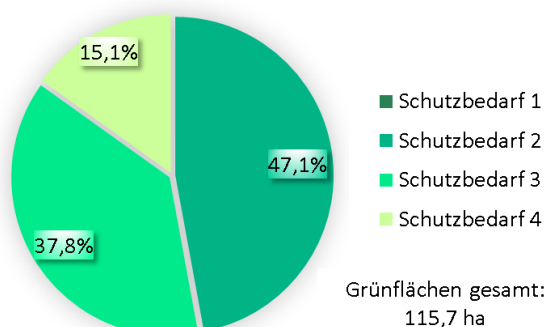
AUSGLEICHSPAUM: A51 WILHELMSWÖRTH/FOHLENWEIDE/STEINÄCKER



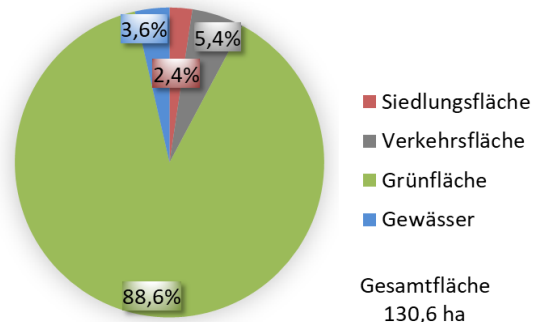
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Die Ausgleichsraum **A51 Wilhelmswörth/Fohlenweide/Steinacker** schließt im Süden an den Ausgleichsraum A50 (Wilhelmswörth, Förchenwörth) an. Er umfasst im Wesentlichen Wiesen und Ackerflächen die westlich bzw. nördlich an den Ortsrand von Sandhofen angrenzen. Die Flächen sind als Bestandteil des Grünzugs Nord einzuordnen, der sich vom Freiraum Nord (Sandtorfer Bruch/Markgrafenacker) in Richtung Neckarmündung erstreckt. Die Barrierewirkung am Ortsrand von Sandhofen ist bislang nur mäßig ausgeprägt. Dagegen stellen der Damm sowie die Lärmschutzanlagen der A 6 im Norden ein prägnantes Strömungshindernis dar und verursachen zusammen mit den parallelen Deichschutzanlagen am Rhein (Sommerdeich, Hauptdeich) eine Kammerung des Ausgleichsraums mit Ausbildung bodennaher Kaltluftstagnationsflächen. Analog dem Geschehen in A49 ist dieser Effekt besonders deutlich im Leebereich der A 6 ausgebildet. Im korrespondierenden

Bewertung Grünflächen A51



Nutzungsstruktur A51



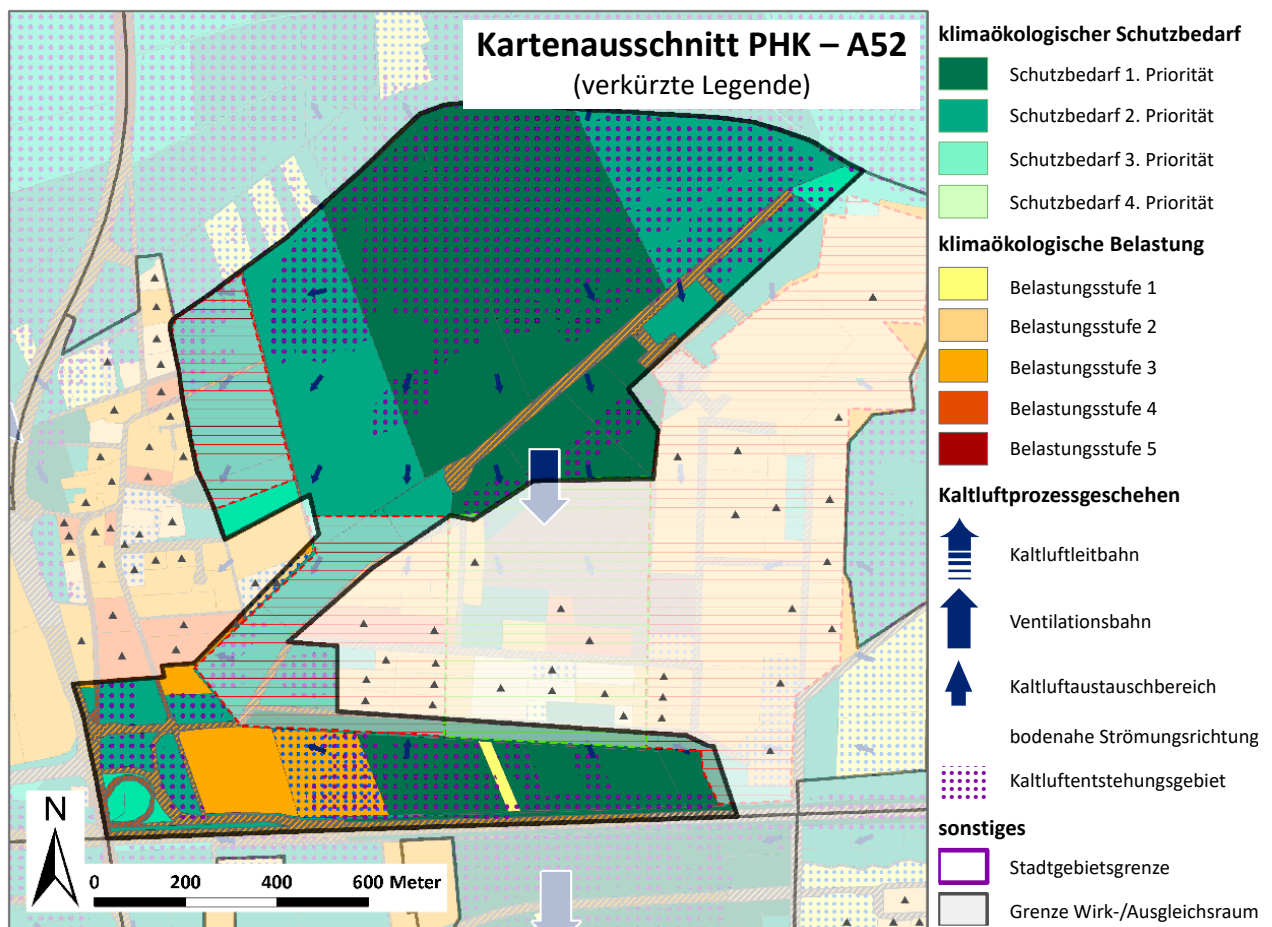
Lokal- und Regionalwindssystem wirkt der Autobahndamm im bodennahen Raum somit als Zäsur und mindert die Funktion des Ausgleichsraums A50/51 als Ventilationsleitbahn innerhalb des Grünzuges Nordwest I.

Trotz reduzierter bodennaher Ventilation können sich im Übergangsbereich von Freiland in die Bebauung Austauschbewegungen einstellen, welche zu einer Reduktion der thermischen Belastung innerhalb der Bebauung führen. Im Bereich der Bebauung Sandhofen ist dieser klimaökologische Positiveffekt insbesondere am nordwestlichen Ortsrand zu beobachten.

Maßnahmenempfehlungen

Als Kaltluftentstehungsgebiet bzw. Kaltluftquellgebiet der über den Ausgleichsraum A50 nach Süden verlaufenden Ventilationsbahn besitzt der Freiraum A51 zusammen mit dem Ausgleichsraum A50 als „Tor“ zum Freiraumgefüge nördlich der A 6 einen überwiegend hohen Schutzbedarf. Hier sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu berücksichtigen. In den letzten Jahren wurden am Nordrand von Sandhofen neue Wohnbauflächen entwickelt. Eine weitere Ausdehnung der Bebauung nach Norden und Osten sollte aus klimaökologischer Sicht nicht stattfinden, um die Ventilationsfunktion aufrecht zu erhalten und zwischen Autobahndamm und nördlichem Siedlungsrand die Luftstagnationstendenzen in Strahlungsnächten noch weiter zu verschärfen. Zudem ist die bislang nur mäßige Barrierewirkung zwischen Ausgleichsraum und Bebauung Sandhofen nicht großflächig weiter zu verdichten. Bei isolitären Nachverdichtungen sollte mit Hilfe einer vertiefenden klimaökologischen Analyse ggf. die lokale Klimaverträglichkeit nachgewiesen werden.

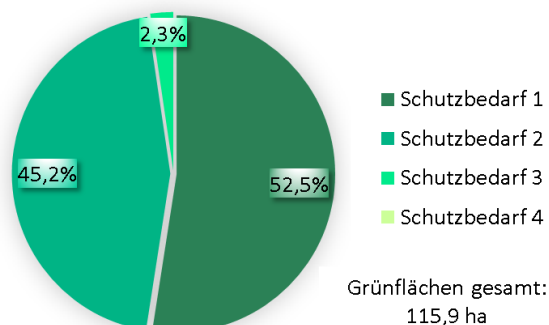
AUSGLEICHSPAUM: A52 COLEMAN AIRFIELD



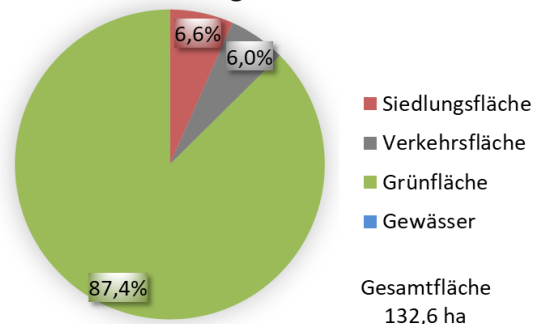
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologischen Funktion

Das Areal des Ausgleichsraums **A52 Coleman Airfield** umfasst das größtenteils begrünte Airfield der Coleman Barracks, Wiesen und Ackerflächen östlich von Scharhof, sowie eine Erddeponie und weitere Landwirtschaftsflächen entlang der A 6. Nach Norden geht der Freiraum A52 barrierefrei in den Freiraum Nord (Sandtorfer Bruch/Markgrafenacker) über. Topografisch befindet sich der Ausgleichsraum im Grenzbereich zwischen der Niederterrasse der Rheinauen und der überschwemmungsfreien Hochterrasse. Bedingt durch seine unregelmäßige Form und sehr starke Gliederung mit schmalen Einengungen (Breite des Ausgleichsraums teilweise unter 100 m) zeigt er eine deutliche Kammerung und kann im südlichen Bereich aufgrund seiner geringen Dimensionierung und dem markanten Strömungshindernis des Autobahndammes keine

Bewertung Grünflächen A52



Nutzungsstruktur A52



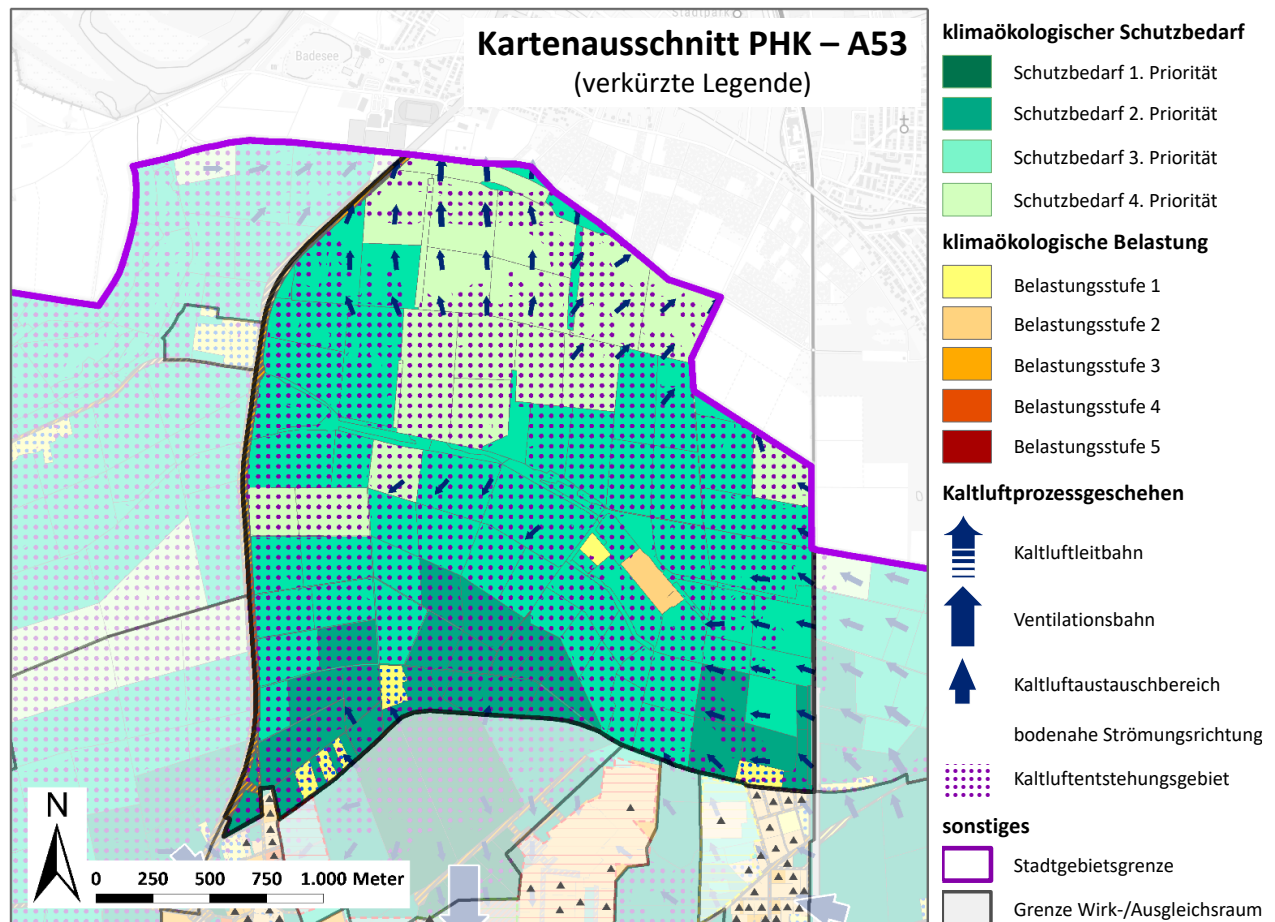
großflächige aktive thermische Gunstfunktion ausüben. Dies wird durch den auffallenden Temperaturkontrast zwischen den Coleman Barracks und den Freiflächen im Gewann „Hinter der Autobahn“ (zwischen Blumenauer Straße und A 6) offenbar.

Als Verbindungsglied zwischen dem Sandtorfer Bruch und dem Freiraum „Krähenflügel“ südlich der Autobahntrasse besitzt der Ausgleichsraum A52 hohe stadtklimatische Bedeutung.

Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A52 weist größtenteils einen hohen bis sehr hohen Schutzbedarf (1. und 2. Priorität) auf. Im Grenzbereich zwischen der Niederterrasse der Rheinauen (u.a. Sandtorfer Bruch) und der Hochterrasse gelegen, fungiert der Freiraum (Teil des Grünzugs Nordwest II) als hoch aktives Kaltluftentstehungsgebiet und Ventilationsbahn über die A 6 hinweg nach Süden. In Strahlungsnächten belegen Messungen das Vorherrschen nordwestlicher bis nordöstlicher Kaltluftströmungen. Eine bauliche Entwicklung am Ostrand von Scharhof ist nur bei zusätzlicher Entwicklung strömungsoffener Bau- und Freiflächenstrukturen im Bereich der heutigen Kasernen (W70) denkbar (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Diese müssten ungefähr die Breite des Freiraums Krähenflügel südlich der A 6 aufweisen und sich trichterförmig nach Norden öffnen. D.h., das heutige Airfield ist weitgehend als Freiraum zu sichern. Planungskonzepte sollten ggf. auf das lokale klimaökologische Prozessgeschehen abgestimmt werden. Die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** und **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** sind zu beachten.

AUSGLEICHSRaum: A53 SANDTORFER BRUCH

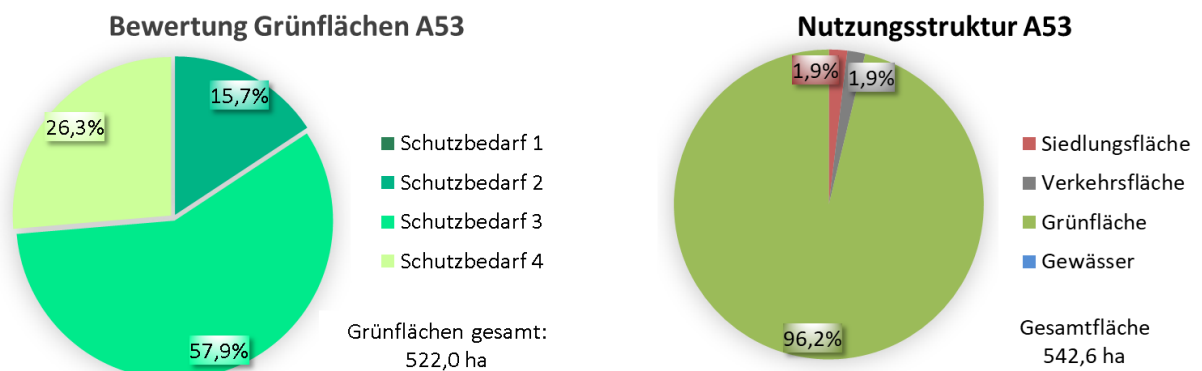


Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der nördlich der Coleman Barracks gelegene Ausgleichsraum **A53 Sandtorfer Bruch** bildet zusammen mit den Freiräumen A54 (Markgrafenacker) und A55 (Ballauf-Wilhelmswörth) den weitgehend barrierefrei miteinander vernetzten Freiraum Nord. Er setzt sich über die Stadtgrenze nach Lampertheim fort.

Über das markante Strömungshindernis des Autobahndamms stehen die Freiflächen in Verbindung mit den südlich angrenzenden, zur Innenstadt gerichteten Luftleitbahnen westlich von Sandhofen und auf der Friesenheimer Insel. Im südlichen Bereich grenzen die Bebauungen Scharhof, Coleman Barracks und Blumenau an. Die Barrierewirkung ist hier überwiegend gering bis mäßig.

Der Ausgleichsraum A53 befindet sich im Bereich der Niederterrasse. Aufgrund der relativen Tieflage und der großflächigen landwirtschaftlichen Nutzung mit geringem Baumbestand kommt es ausstrahlungsbedingt zu

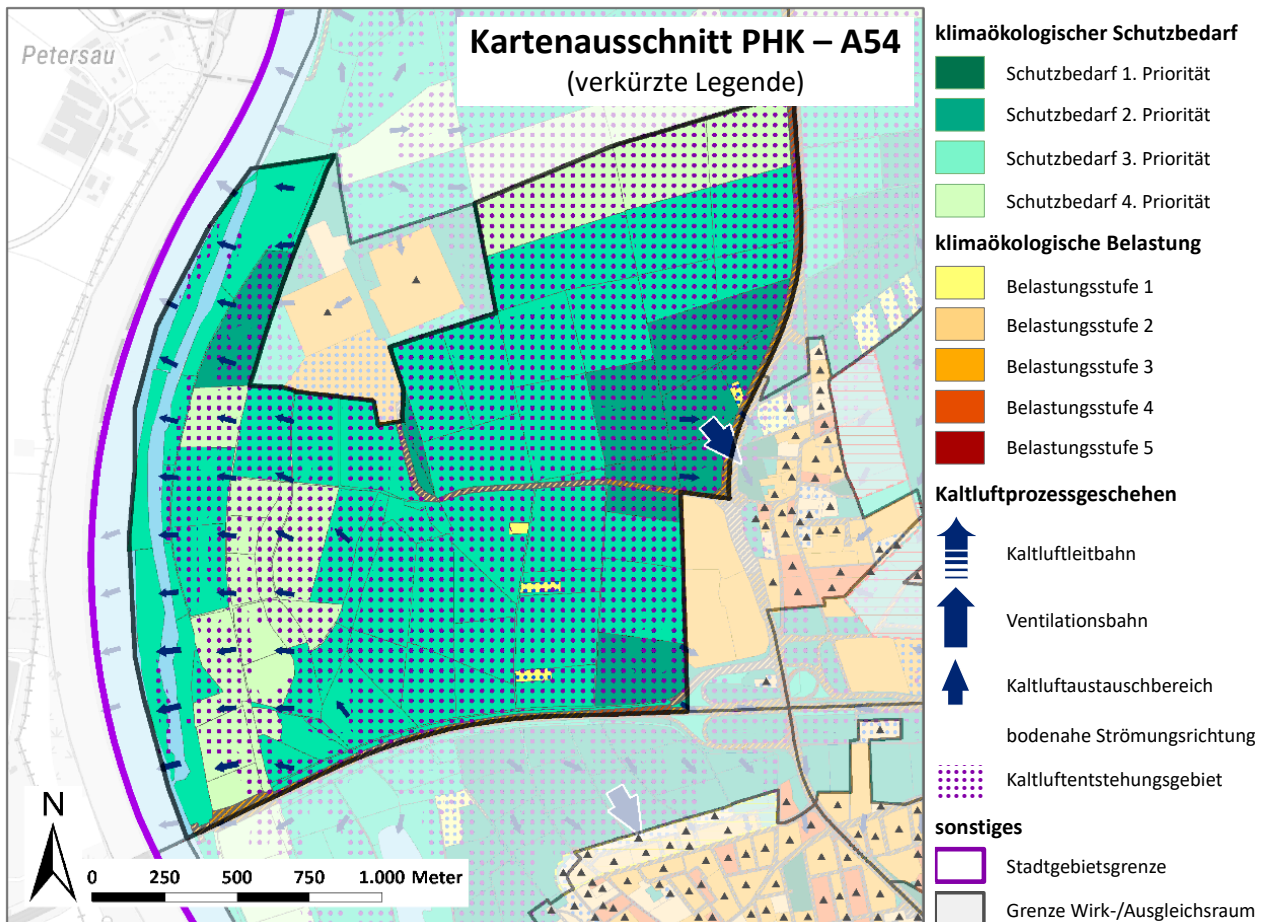


einer intensiven Kaltluftproduktion. Der Niederterrasseneffekt begünstigt in Kombination mit der schweren Kaltluft im bodennahen Bereich Stagnationseffekte, die zu einer Ausbildung flacher Kaltluftseen führt mit nur geringen, diffusen Windbewegungen. Nur mit dem Einwirken regional angelegter nächtlicher Nordwest- bis Nordostwinde kann die Kaltluft schubartig über den Grünzug Northwest II nach Süden verfrachtet werden.

Maßnahmenempfehlungen

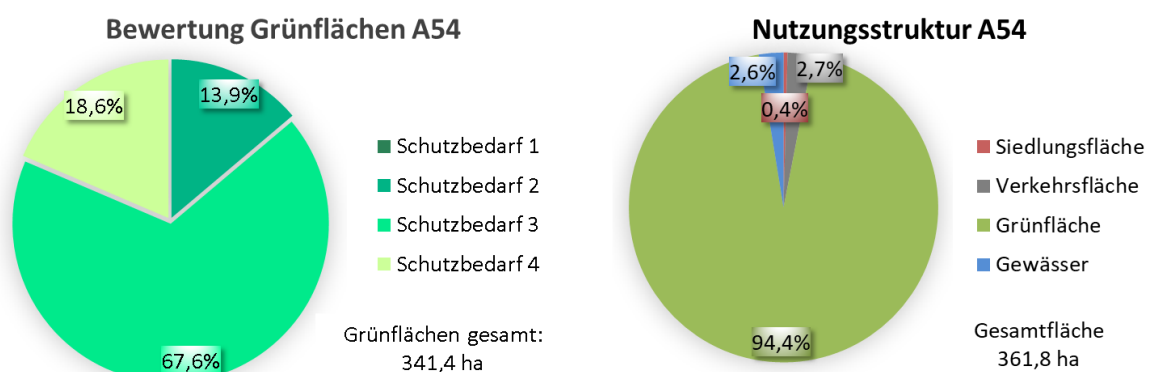
Der Ausgleichsraum A53 weist in Richtung Süden einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität) auf. Dementsprechend sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** sind zu beachten. Der Freiraum ist langfristig als stadtklimatisch bedeutsames Kaltluftreservoir zu sichern. Es gibt Bestrebungen, das Sandtorfer Bruch langfristig zu einem Niedermoor zurück zu entwickeln. Moore sind bekannt als wirksame CO₂-Speicher, so dass diese Planungen auch von klimaökologischer Sicht positiv zu bewerten sind.

AUSGLEICHSPAUM: A54 MARKGRAFENACKER



Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

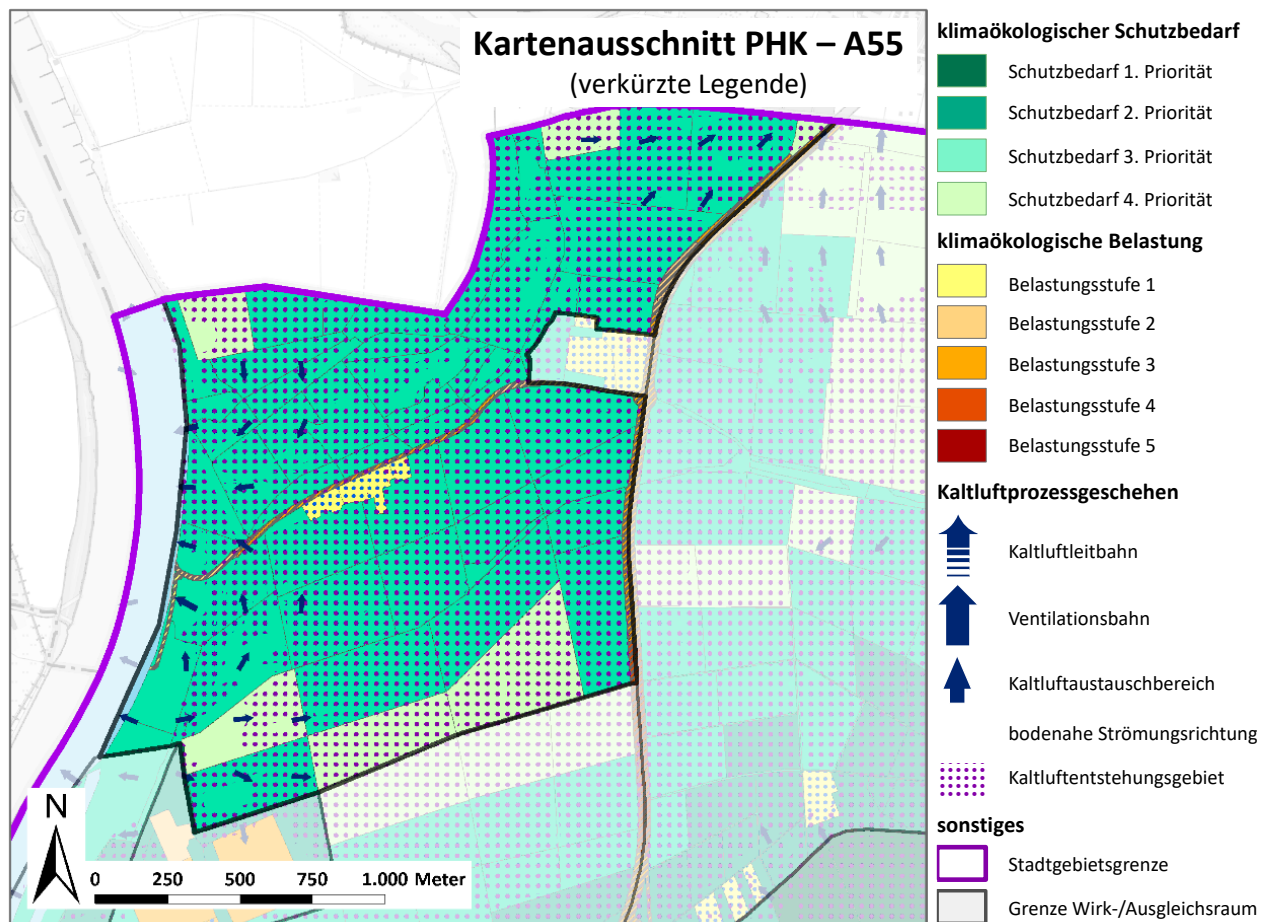
Der Ausgleichsraum **A54 Markgrafenaacker** (Teilgebiet des Grünzugs Nordwest I) grenzt im Westen unmittelbar an den Rhein. Im Süden bildet die A 6 die Begrenzung. Die Wiesen, Ackerflächen und die Gehölzstreifen im Westen an einem Altrheinarm fungieren als hochproduktive Kaltluftentstehungsflächen. Mit den in Strahlungsnächten bevorzugt auftretenden nordwestlichen bis nordöstlichen Regionalströmungen wird die Kaltluft über die Teilflächen des Grünzugs südlich der A 6 in das Mannheimer Stadtgefüge eingebracht, wo sie die nächtliche Abkühlung forciert.



Maßnahmenempfehlungen

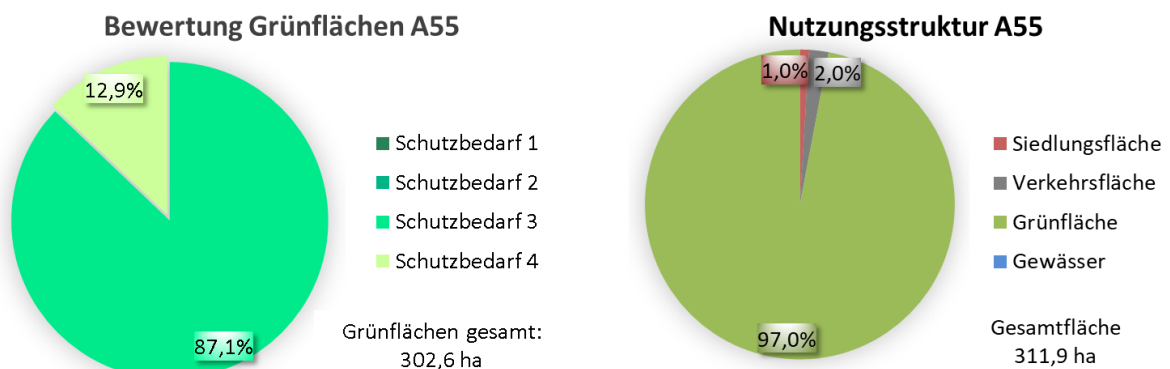
Im Ausgleichsraum A54 sind vor allem im Übergangsbereich zum Wirkraum Scharhof die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten. Als wesentlicher Teil des Grünzugs Nordwest I ist der Freiraum langfristig als stadtklimatisch bedeutsames Kaltluftreservoir zu sichern. Eine Ausdehnung des Gewerbegebiets westlich der Frankenthaler Straße ist aus klimaökologischer Sicht möglichst zu vermeiden.

AUSGLEICHSPAUM: A55 BALLAUF-WILHELMSWÖRTH



Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der Ausgleichsraum **A55 Ballauf-Wilhelmswörth** ist mit den Freiräumen A53 (Sandtorfer Bruch), A54 (Markgrafenacker) weitgehend barrierefrei miteinander vernetzt. Sie bilden die wesentlichen Bestandteile des ausgedehnten Grünzugs Northwest I. In den Ausgleichsraum A55 ist der Wirkungsraum W73 (Kirschgartshausen) eingebettet. Vergleichbar mit den angrenzenden Ausgleichsräumen sind auch die Wiesen und Ackerflächen des A55 eine stadtklimatisch relevante Kaltluftquelle. Dies wird anhand der gemessenen nächtlichen Lufttemperaturen ersichtlich. Hier werden die städtischen Minimumwerte registriert. In flachen Mulden kommt es zu Kaltluftstagnationstendenzen, die nach Westen zum Rhein, bedingt durch die etwas intensivere Ventilation über dem Fluss und der Wärmeabgabe der Wasserflächen, abnehmen.



Maßnahmenempfehlungen

Im Ausgleichsraum A55 sind die Planungsmaßnahmen **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**, **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** zu beachten. Als wesentlicher Teil des Grünzugs Nordwest I ist der Freiraum langfristig als stadtklimatisch bedeutsames Kaltluftreservoir zu sichern. Dabei sollte eine nord-süd-gerichtete Durchströmbarkeit, insbesondere im Übergangsbereich zu den südlich angrenzenden Wirk- und Ausgleichsräumen, erhalten bleiben.

AUSGLEICHSRÄUME: A56 BIS A62 RHEINSEGMENTE

Die Ausgleichsräume **A56 bis A62** werden von einzelnen Segmenten des Rheins gebildet.

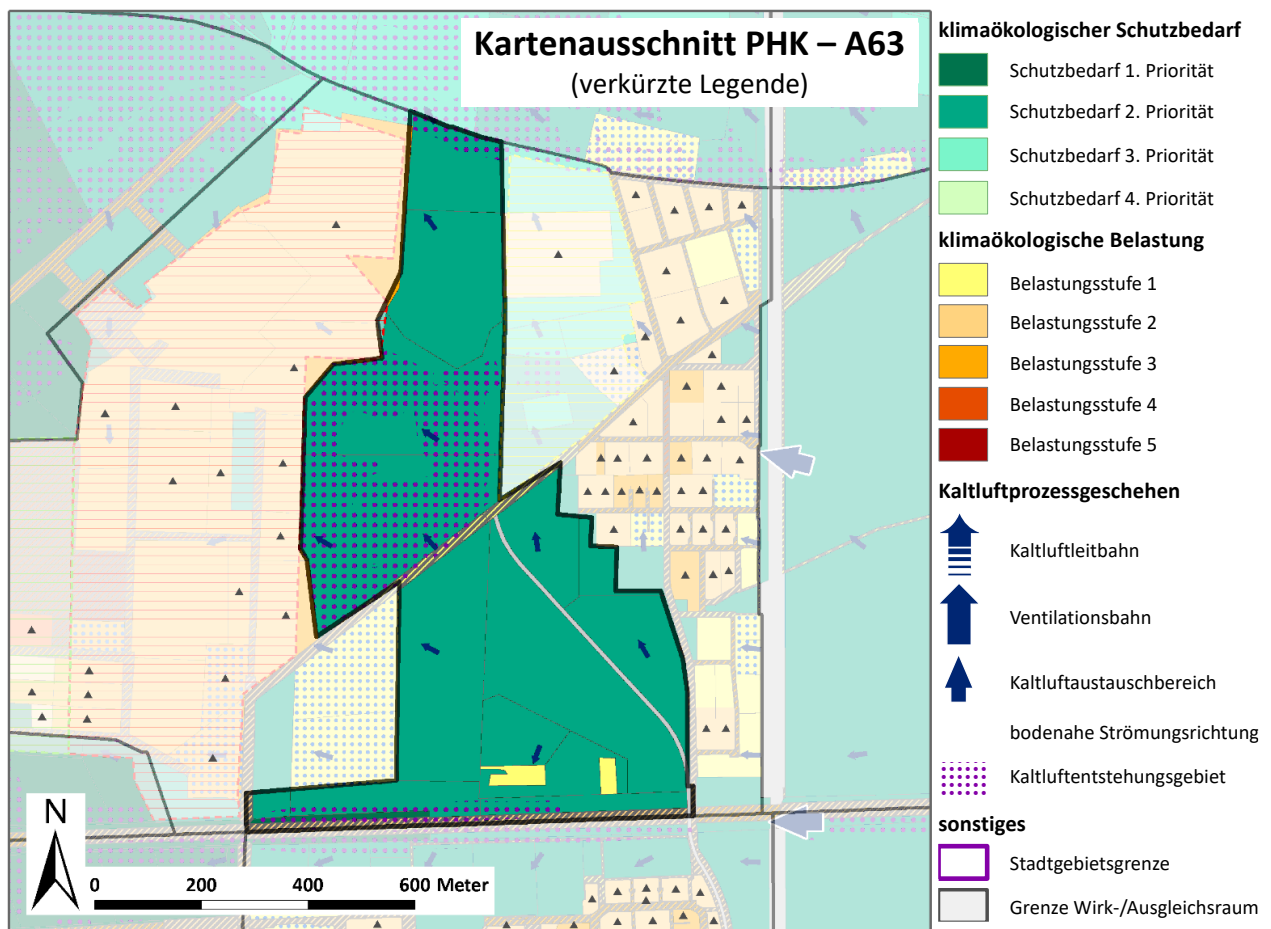
Wasserflächen unterscheiden sich in ihrem thermischen Verhalten deutlich vom Erdboden und versiegelten Flächen. Wichtigstes Kennzeichen ist ihr ausgeglichener Temperaturgang, d.h. die Schwankungen zwischen Tag und Nacht sowie auch zwischen den Jahreszeiten sind sehr viel kleiner als beim festen Boden.

Verantwortlich dafür sind die folgenden physikalischen Besonderheiten von Wasser:

- Kurzwellige Strahlung kann – insbesondere bei klaren Gewässern – bis in größere Tiefen vordringen und bleibt nicht auf die Oberfläche beschränkt.
- Wasser kann durch Strömungen und Wind durchmischt werden, so dass die aufgenommene Wärmeenergie auf ein größeres Volumen verteilt wird.
- Wasser besitzt ein extrem hohes Wärmespeichervermögen. So kann Wasser 3- bis 10mal so viel Wärme aufnehmen wie das gleiche Volumen Erdboden, bis seine Temperatur um 1°C ansteigt.

Durch recht hohen Wassertemperaturen des Rheins in den Sommermonaten geht vom Flusslauf keine klimaökologische Aktivwirkung in Form von Kaltluftbildung aus. Seine Funktion beschränkt sich auf die Passivwirkung als Luftleitbahn.

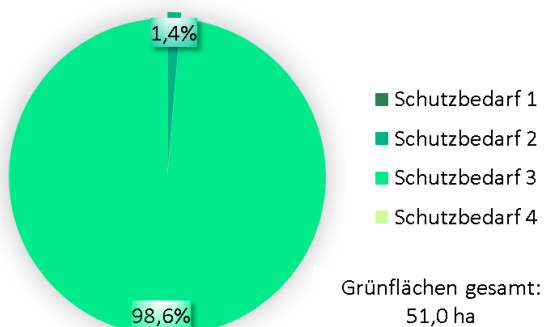
AUSGLEICHSRaum: A63 US-TANKLAGER



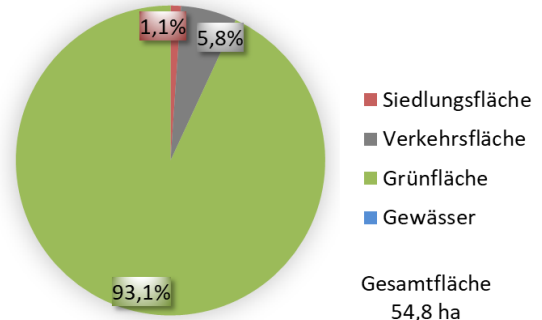
Kurzbeschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und klimaökologische Funktion

Der Ausgleichsraum **A63 US-Tanklager** bildet eine Freiraumzäsur zwischen Coleman Barracks und der Wohnbebauung Blumenau. Die Wiesen, Waldflächen (stellenweise von Tanklagern durchsetzt) und Sportanlagen kühlen sich durch ihren räumlichen Anschluss an das nördliche Freiraumgefüge des Sandtorfer Bruchs bereits in der ersten Nachthälfte deutlich ab, wodurch auch die Wärmeinselnbildung in der angrenzenden Bebauung minimiert ist. Im Süden bildet die A 6 eine Strömungsbarriere. Mit Unterstützung regional angelegter Winde aus nördlichen Richtungssektoren ist aber ein Luftaustausch mit der südlich benachbarten Siedlungslage Schönau gegeben, wodurch auch dort die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen positiv beeinflusst werden.

Bewertung Grünflächen A63



Nutzungsstruktur A63



Maßnahmenempfehlungen

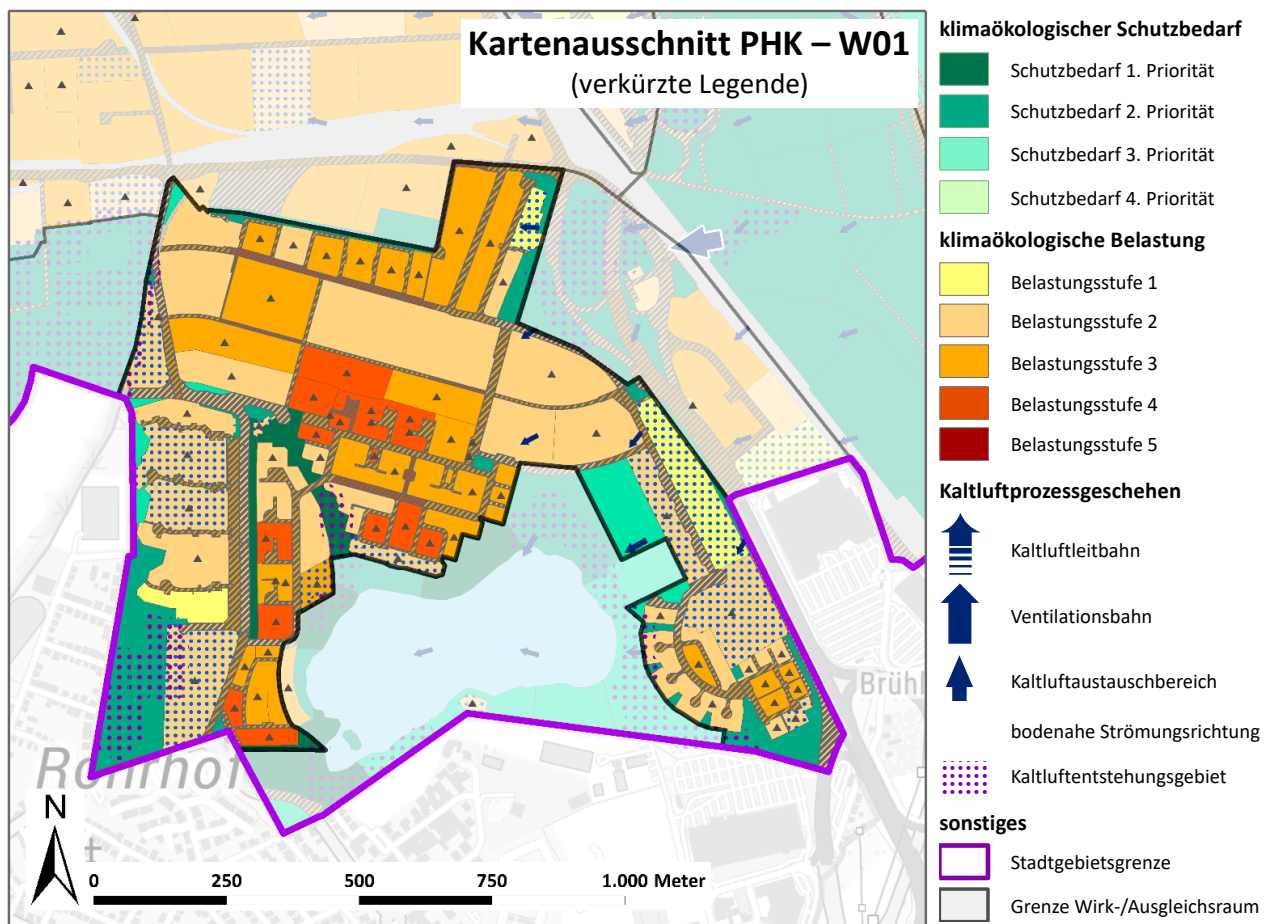
Bei Aufgabe der militärischen Nutzung des Geländes wäre zur Sicherung der klimaökologischen Gunstfunktion des Geländes eine parkartige Begrünung denkbar (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**). Auch eine bauliche Inanspruchnahme von kleineren Teilbereichen wäre trotz des hohen Schutzbedarfs unter Berücksichtigung klimaökologischer Belange denkbar. Dabei müsste die Funktion des Raumes als Bindeglied zwischen dem Freiraumgefüge Nord und dem Stadtteil Schönau südlich der A 6 Berücksichtigung finden (Planungsmaßnahmen **M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**, **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

7.2 WIRKRÄUME

Wirkraum: W01 – Rheinau-Süd	229
Wirkraum: W02 – Rheinau-Hafen	231
Wirkraum: W03 – Gewerbegebiet Marie-Curie-Strasse	233
Wirkraum: W04 – Relaisstrasse / Badische Siedlung	235
Wirkraum: W05/06 – Wasserwerk und Umspannwerk Rheinau	237
Wirkraum: W07 – Alteichwald	239
Wirkraum: W08 – Friedrichsfeld	241
Wirkraum: W09 – Gewerbegebiet Friedrichsfeld	243
Wirkraum: W10 – Gewerbegebiet Seckenheim-Oberfeld	245
Wirkraum: W11 – Suebenheim	247
Wirkraum: W12/13 – Seckenheim	249
Wirkraum: W14 – Gewerbegebiet im Mühlfeld	251
Wirkraum: W15 – Maimarktgelände	253
Wirkraum: W16 – SAP-Arena	255
Wirkraum: W17 – Hochstätt	257
Wirkraum: W18 – Neuostheim (Nord)	259
Wirkraum: W19 – Neuostheim (Süd)	261
Wirkraum: W20 – Neuhermsheim	263
Wirkraum: W21 – Rangierbahnhof-Ost	265
Wirkraum: W22 – Gewerbegebiet Mallau	266
Wirkraum: W23 – Pfingstberg/Casterfeld	268
Wirkraum: W24 – Rangierbahnhof-West	270
Wirkraum: W25 – Gewerbegebiet Neckarau/Almenhof	271
Wirkraum: W26 – Gewerbegebiet Casterfeld Grosskraftwerk	273
Wirkraum: W27 – Neckarau-Mitte	275
Wirkraum: W28 – Niederfeld/Aufeld	277
Wirkraum: W29 – Almenhof	279
Wirkraum: W30 – Niederfeld	281
Wirkraum: W31 – Hochschule/John-Deere-Werke	283
Wirkraum: W32 – Lindenhof	285
Wirkraum: W33 – Bahngleise Hauptbahnhof	287
Wirkraum: W34 – Gewerbegebiet Fahrlach	289
Wirkraum: W35 – Europaplatz/Technoseum/Carl-Benz-Stadion	291
Wirkraum: W36 – Schwetzingenstadt/Oststadt-Süd	293
Wirkraum: W37 – Oststadt	295

Wirkraum: W38 – Innenstadt/Jungbusch	297
Wirkraum: W39 – Handelshafen	300
Wirkraum: W40 – Feudenheim	302
Wirkraum: W41 – Wallstadt	304
Wirkraum: W42 – Taylor Park, Vogelstang	306
Wirkraum: W43 – Vogelstang	308
Wirkraum: W44 – Gewerbegebiet Käfertal-Süd, Im Rott	310
Wirkraum: W45/46 – Käfertal-Süd und Spinelli	312
Wirkraum: W47 –Franklin	314
Wirkraum: W48 – Käfertal.....	316
Wirkraum: W49 – Gewerbegebiet Käfertal.....	318
Wirkraum: W50 – Sportpark Neckarplatt / Pfeifferswörth.....	320
Wirkraum: W51 – UniversitätsKlinikum, Wohlgelegen.....	322
Wirkraum: W52 – Neckarstadt.....	324
Wirkraum: W53 – Neckarstadt-Nordost/Turley.....	326
Wirkraum: W54 – Herzogenried	328
Wirkraum: W55 – Daimler AG, Betriebshof Hafenbahnstrasse	330
Wirkraum: W56 – Speckweggebiet	332
Wirkraum: W57 – Waldhof/Hessische Siedlung	334
Wirkraum: W58 – Sonnenschein.....	336
Wirkraum: W59/60 – Gartenstadt	338
Wirkraum: W61 – Industriehafen	340
Wirkraum: W62 – Friesenheimer Insel	342
Wirkraum: W63 – Luzenberg	344
Wirkraum: W64 – Waldhof-West.....	346
Wirkraum: W65 – Sandhofen.....	348
Wirkraum: W66 – Gewerbegebiet Sandhofen-Ost	350
Wirkraum: W67/68 – Schönau.....	352
Wirkraum: W69 – Scharhof.....	354
Wirkraum: W70 – Coleman-Barracks.....	356
Wirkraum: W71 – Blumenau	358
Wirkraum: W72 – Kläranlage	360
Wirkraum: W73 – Kirschgartshausen.....	361
Wirkraum: W74 – Strassenheim	362

WIRKRAUM: W01 – RHEINAU-SÜD

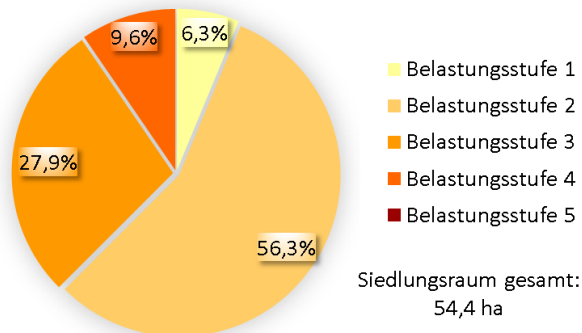


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

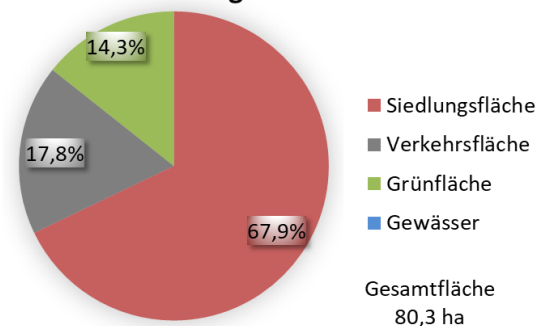
Die Flächennutzung im Wirkraum **W01 (Rheinau-Süd)** ist geprägt von Einzel-/Reihenhausbebauung und Zeilenhausbebauung mit lockerer Durchgrünung.

Am Tag bildet der Rheinauer See (A02) für den Wirkraum W01 einen wichtigen klimaökologischen Ausgleichsraum. In den warmen Sommermonaten bildet die Wasserfläche am Tag eine lokale Temperatursenke. Zudem fungiert die glatte Oberfläche als Ventilationsbahn, über welcher der Höhenwind bodennah durchgreifen kann und die bodennahe Ventilation intensiviert. Besonders die direkt angrenzende Wohnbebauung profitiert von diesen Gunsteffekten. Die nur geringe bis schwache Barrierewirkung der Flächennutzung entlang des Seeufers unterstützt diesen Prozess.

Wärmebelastung Siedlungsraum W01



Nutzungsstruktur W01



Nach Sonnenuntergang macht sich die lockere Durchgrünung des Wohngebietes (Grünflächenanteil 14,3%) positiv bemerkbar. Unterstützt durch Kaltluftzufuhr aus dem Gebiet Riedwiesen (A01) kommt es vor allem im westlichen Teilbereich von Rheinau-Süd zu rascher abendlicher Abkühlung (→ bioklimatischer Positiverfekt). Im Uferbereich des Rheinauer See ist zu beachten, dass die Seefläche in den Sommermonaten nach Sonnenuntergang aufgrund ihrer thermischen Trägheit nicht aktiv als Kaltluftproduktionsfläche wirkt.

Der östliche Teilbereich des Wirkraums W01 profitiert von der Kalt- und Frischluftzufuhr über den Unteren Dossenwald. Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den Kaltluftfließbewegungen zeigen, dass sich hier in Strahlungsnächten häufig nordöstliche Luftströmungen einstellen. Die vielbefahrene B 36 und die Gewerbebebauung im Wirkraum W03 (Zündholzstraße auf Schwetzinger Gemarkung) schränken den bodennahen Luftaustauschprozess jedoch ein.

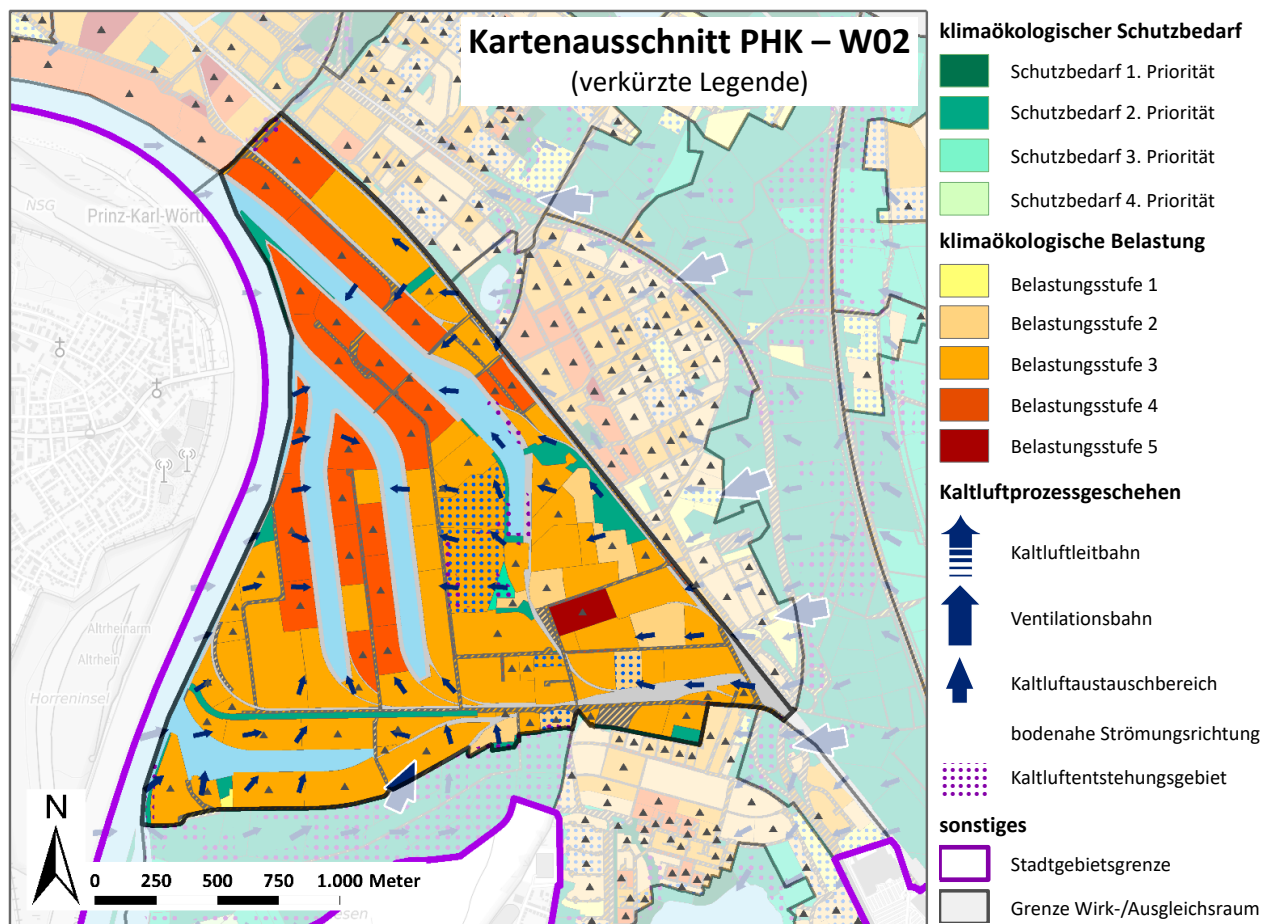
Maßnahmenempfehlungen

Zur Sicherstellung der recht günstigen klimaökologischen Verhältnisse innerhalb der Wohnbebauung Rheinau-Süd sollte bei Flächennutzungsänderungen bzw. baulichen Neustrukturierungen auf die Sicherstellung einer ausreichenden Durchgrünung geachtet werden, um das positive Eigenklima zu erhalten. Eine lockere Einzel- und Reihenhausbauung bzw. eine offene Blockrandbebauung ist geschlossenen Baublockstrukturen zu bevorzugen.

Die Grünanlagen und Sportflächen entlang des Rheinauer Sees und ihre räumliche Vernetzung in die bestehende Bebauung sind vor weiterer Überbauung zu schützen (Maßnahmen **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren, M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen, M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Zudem ist in längeren sommerlichen Trockenphasen für eine ausreichende Bewässerung der Grünflächen zu sorgen, um ihre Funktion als Kaltluftentstehungsgebiet aufrechterhalten zu können (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

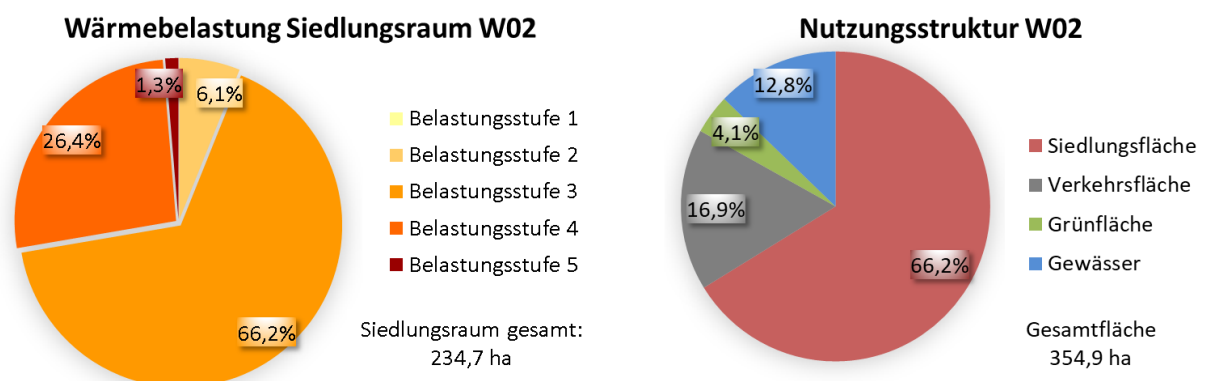
In den Straßenräumen sollte entsprechend der Planungsmaßnahme **M04 (Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren)** geprüft werden, inwieweit oberirdische Stellplatzflächen zugunsten von Grünflächen reduziert werden können.

WIRKRAUM: W02 – RHEINAU-HAFEN



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W02 (Rheinau-Hafen)** ist geprägt von großflächigen Gewerbebauten und versiegelten Stellplatzarealen. Stellenweise finden sich noch größere Brachflächen. Der Anteil an Grünflächen beträgt nur 4,1%. Dies hat zur Folge, dass sich in Strahlungsnächten innerhalb des Hafengebietes eine auffallende thermische Belastung einstellt. Klimaökologische Positiveffekte gehen vorwiegend von den Ventilationsachsen Rhein und Hafenbecken sowie vom Freiraumgefüge auf der Altripper Gemarkung aus (Flurwinde aus südwestlichen bis westlichen Richtungen). Sie unterbinden lokale Luftstagnationserscheinungen und somit eine weitere Zunahme der Wärmebelastung. Eine nennenswerte klimaökologische Ausgleichsleistung über die Freiräume A03 (Dossenwald) und A20 (Weiher an der Stengelhofstraße) ist aufgrund der starken Barrierewirkung (Rhenaniastraße, Bebauung Relaisstraße / Badische Siedlung) nicht zu erwarten.



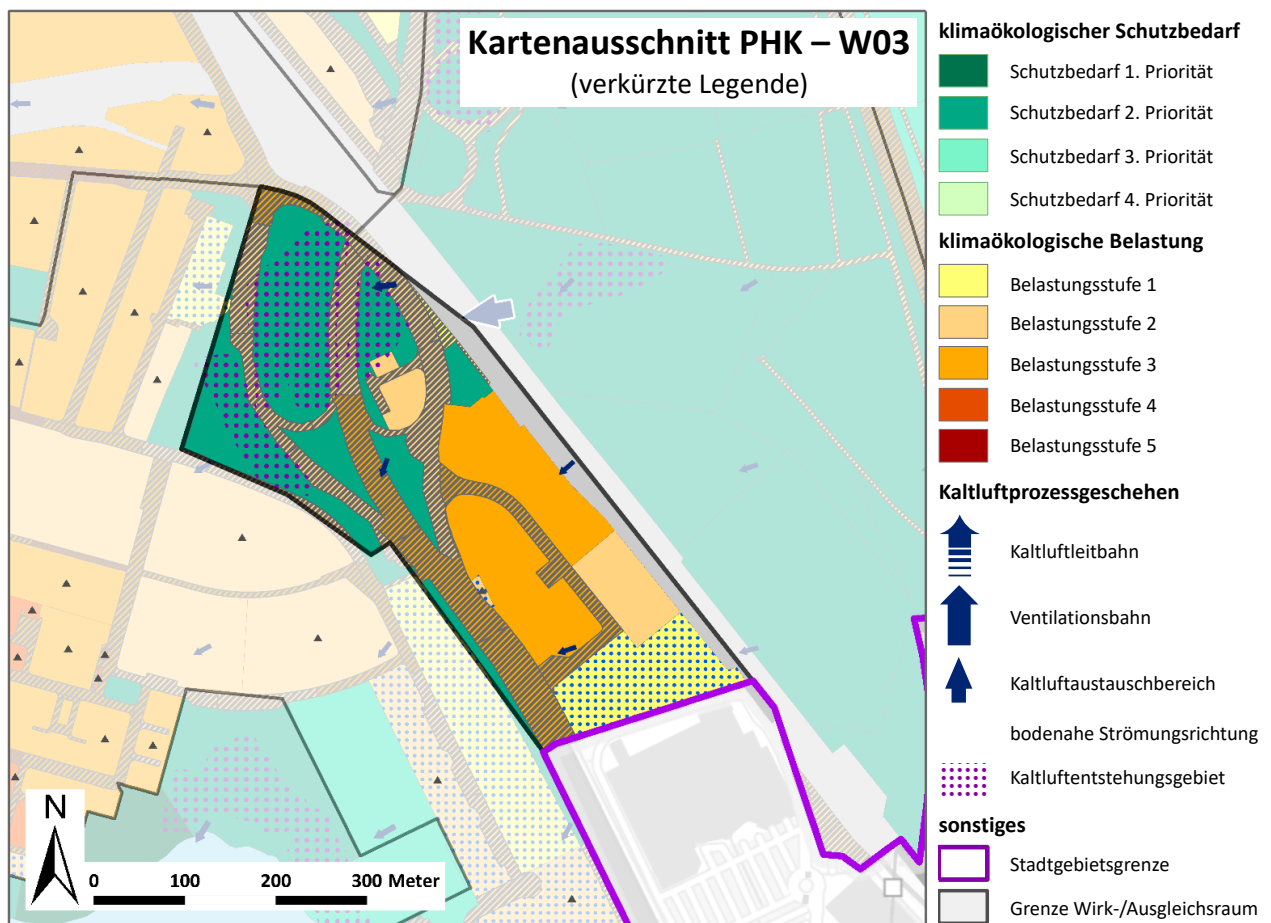
Maßnahmenempfehlungen

Zur Vermeidung einer weiteren Zunahme des „Wärmeinseleffektes“ im Rheinauer Hafen sollten bei einer weiteren baulichen Verdichtung klimaökologische Ausgleichsleistungen in Form von Baumpflanzungen und Anlage von Rasen-/Wiesenarealen im Bereich von Gebäudeabstandsflächen Berücksichtigung finden (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**). Auch grünordnerische Maßnahmen im Straßenraum (z.B. Baumpflanzungen entlang der Ruhrorter Straße) können an Sommertagen einer übermäßigen Aufheizung der Straßenflächen entgegenwirken (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**). Auf den Betriebsgeländen ist die Schaffung von beschatteten Aufenthaltsflächen (**M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**) zu empfehlen, um den Arbeitenden in den Pausen auch an heißen Sommertagen Erholungsflächen anbieten zu können.

Bei Neubaumaßnahmen sind zudem Dach- und/oder Fassadenbegrünungen zu fordern (**M15 – Dachbegrünung, M16 – Fassadenbegrünung**).

Die bestehenden Gehölzflächen entlang der Rhenaniastraße sind als bebauungsinterne Ausgleichsflächen möglichst zu erhalten (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W03 – GEWERBEGEBIET MARIE-CURIE-STRASSE



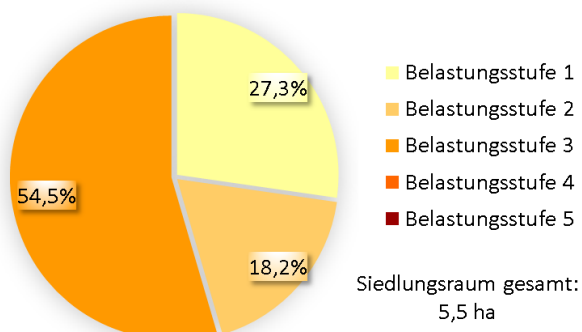
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W03** umfasst das **Gewerbegebiet** im Bereich der **Marie-Curie-Straße**.

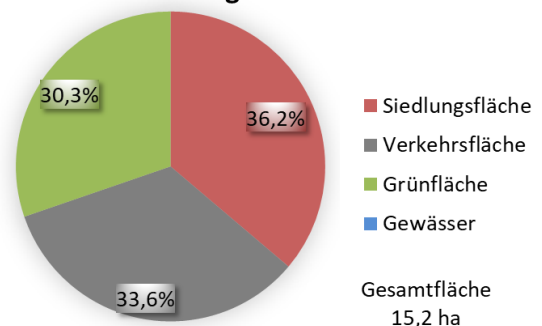
In der Gewerbegebietsfläche überwiegen versiegelte Stellflächen. Im südlichen Übergangsbereich zum Gewerbegebiet entlang der Zündholzstraße (Schwetzingen) bildet ein baumüberstandenes Gartengrundstück jedoch noch eine lokal wirksame klimaökologische Ausgleichsfläche. Weitere Grünflächen, die im Wirkraum 03 einen Flächenanteil von 30,3% besitzen, finden sich im Bereich des Verkehrsknotens B 36/Schwetzingen Landstraße.

Strömungsdynamische / kaltluftspezifische Gunstwirkungen ergeben sich über die räumliche Verknüpfung mit dem Ausgleichsraum Unterer Dossenwald (A03/A04). Das aktuell unbebaute ehem. Kasernengelände (→

Wärmebelastung Siedlungsraum W03



Nutzungsstruktur W03



sehr geringe bioklimatische Belastung) bildet dabei keine Barriere, sondern fungiert vielmehr als Ventilationsbahn und Bindeglied zu den westlichen Ausgleichsräumen, die bzgl. der Effektivität des thermischen Ausgleichsvermögens als hoch bis sehr hoch zu bewerten sind.

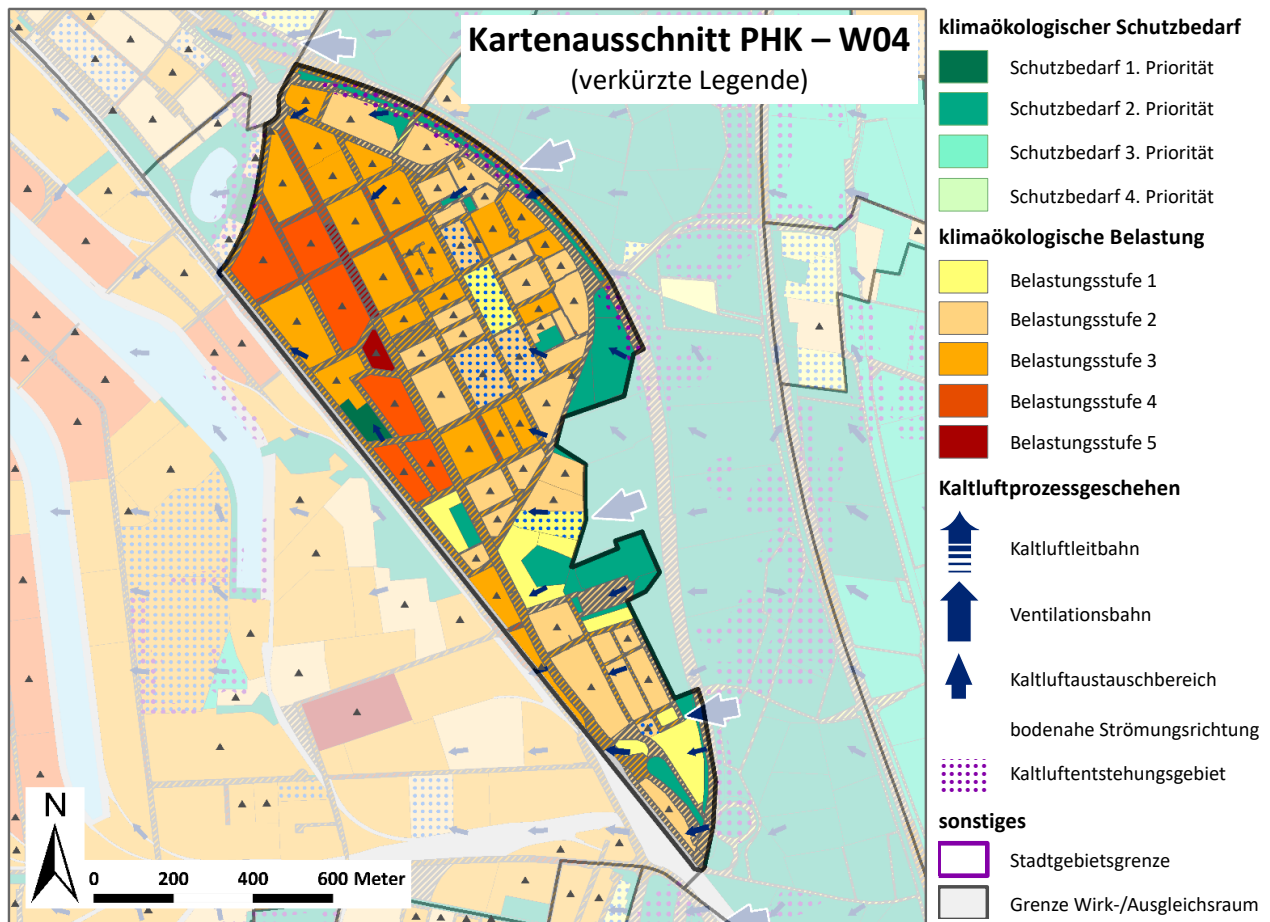
Maßnahmenempfehlungen

Im Gewerbegebiet westlich der Bahntrasse Mannheim – Karlsruhe sollte die bebauungsinterne „Grünzäsur“ (Garten) zum Gewerbegebiet „Zündholzstraße“ als thermisch wirksamer Puffer auch langfristig gesichert werden.

Innerhalb des Gewerbegebiets ist eine weitere bauliche Verdichtung zu vermeiden, um den Luftaustausch zwischen den Ausgleichsräumen Unterer Dossenwald (A03/A04) und dem Wirkraum W01 (Rheinau-Süd) nicht gravierend zu schwächen (**M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Wo möglich, sollte die Planungsmaßnahme **M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren** Berücksichtigung finden.

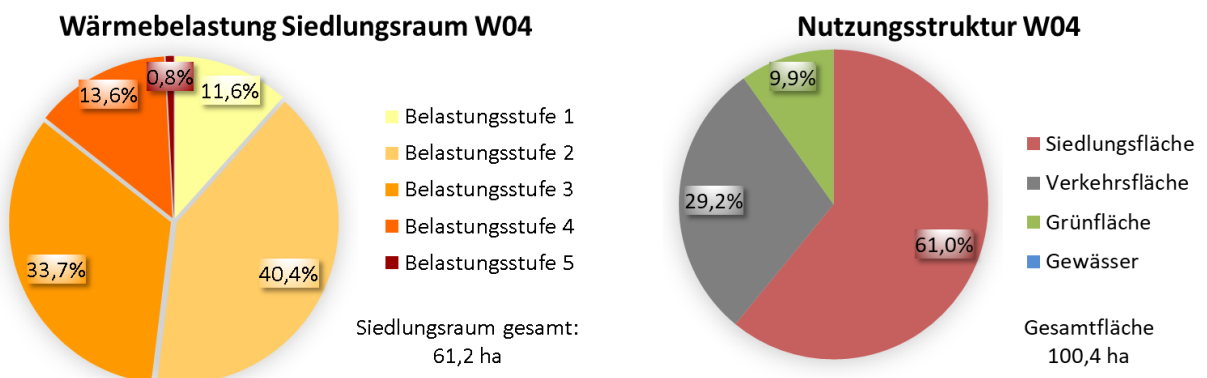
WIRKRAUM: W04 – RELAISSTRASSE / BADISCHE SIEDLUNG



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Im Stadtteil Rheinau (**Relaisstraße / Badische Siedlung W04**) ist ein vielfältiger Mix aus unterschiedlichen Wohnbaustrukturen zu finden. Neben Reihen- und Mehrfamilienhäusern, die vermehrt im östlichen Teilbereich bestehen, finden sich auch Mehrgeschossbauten (Durlacher Straße) und Blockrandbebauung (westlich der Relaisstraße). Der Anteil von Grünflächen beträgt nur 9,9%. Dem steht ein hoher Anteil von 29,2% an Verkehrsflächen gegenüber.

Messergebnisse der ehemaligen LUBW-Luftmessstation *Mannheim-Süd* zeigen bei vorherrschenden Strahlungswetterlagen einen auffallenden tagesperiodischen Windrichtungswechsel. Während am Tag großwetterlagenbedingt westliche Strömungsrichtungen vorherrschen, überwiegen nachts östliche bis ost-südöstliche



che Schwachwinde das örtliche Luftaustauschgeschehen. Sie führen die Kalt-/Frischlufte aus dem angrenzenden Unteren Dossenwald heran (→ lufthygienischer und bioklimatischer Positiveffekt). Dies wird durch die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten von 2019 und durch die Ergebnisse der numerischen Modellrechnungen belegt. Eine erhöhte thermische Belastung ist vorwiegend in der schlechter durchlüfteten Bebauung westlich der Relaisstraße zu beobachten.

Maßnahmenempfehlungen

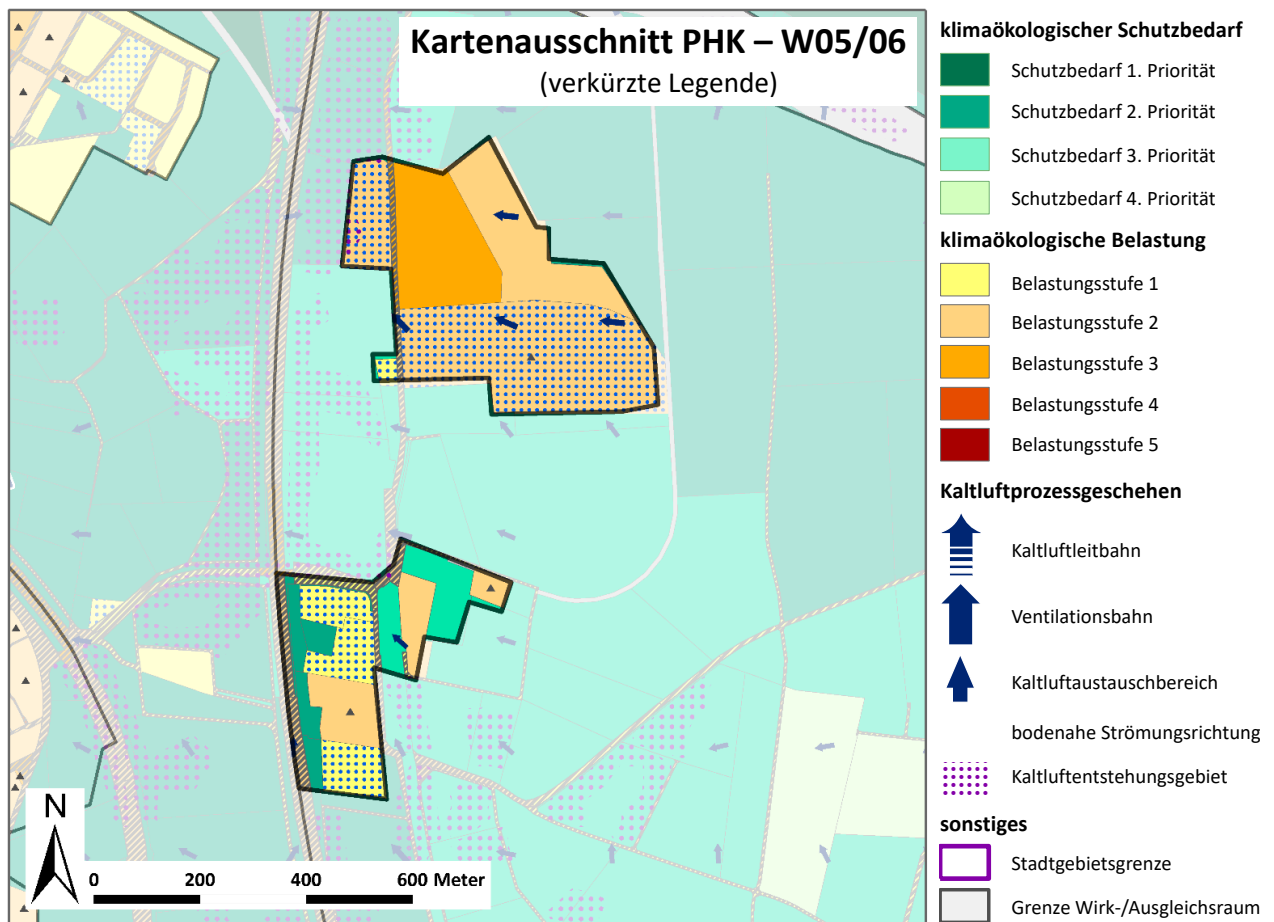
Der Wirkraum W04 profitiert trotz der Strömungsbarrieren B 36 und A 6 in erheblichem Maße von der klimaökologischen Ausgleichswirkung des Unteren Dossenwaldes (A03, A04). Die östlichen Übergangsbereiche sind daher vor weiterer Bebauung zu schützen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Die Sportanlagen und die Waldbestände zwischen Rheinauer Ring und B 36 sollten auch langfristig als Freiflächen erhalten bleiben. Bei größeren, solitären baulichen Ergänzungen (z.B. Sporthalle etc.) ist eine klimatische Expertise vorzulegen.

Im Stadtzentrum bilden begrünte Innenhöfe ein wichtiges thermisches Ausgleichspotenzial. Eine bauliche Nachverdichtung sollte nicht erfolgen. Vielmehr ist eine grünordnerische Optimierung der Innenhöfe zu empfehlen (z.B. Begrünung der Garagenanlagen). Hier die insbesondere die Planungsmaßnahmen **M01 (Innen-/Hinterhofbegrünung)**, **M15 (Dachbegrünung)**, **M16 (Fassadenbegrünung)** zu beachten bzw. zu fördern.

Die Grünflächen/Baumbestände rund um die bestehenden Spielplätze in der Relaisstraße, Walldorfer Straße und Plankstadter Straße (südlich der Rheinauschule) sind langfristig als „Erholungs-/Spielflächen“ zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Bei Änderungen des Spielgeräte-/Spielflächenangebots ist auf eine naturnahe Gestaltung, d.h. ohne versiegelte Flächen, zu achten. Das Thema „Wasser“ sollte mit aufgenommen werden, um an heißen Sommertagen den Kindern „Kühleffekte“ bieten zu können (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**).

Im Bereich der Stengelhofstraße profitiert die Bebauung auf der westlichen Straßenseite klimatisch vom Gunstpotenzial der Grünflächen rund um den Weiher. Während die Wasserfläche aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit die bodennahe Belüftung unterstützt, bilden die Grünflächen eine lokal wirksame Temperatursenke.

WIRKRAUM: W05/06 – WASSERWERK UND UMSPANNWERK RHEINAU

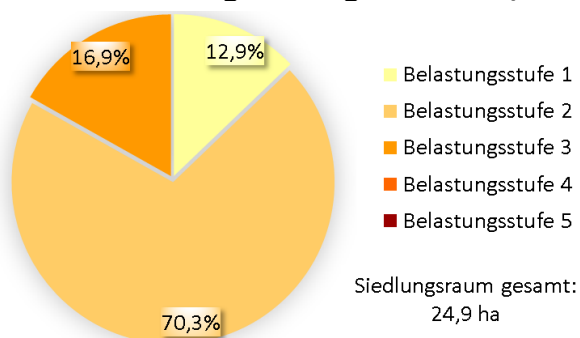


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

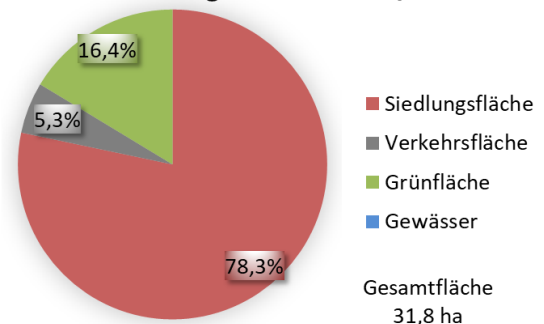
Der Wirkraum **W05 (Wasserwerk Rheinau)** bildet im Ausgleichsraum Unterer Dossenwald keinen relevanten Störfaktor. Das Gelände ist locker durchgrünt (Rasen, Baumbestände) und weist keine relevante klimatische Belastung auf. Nur die benachbarte A 6 lässt am Westrand des Wirkungsraumes erhöhte Luftschadstoffwerte erwarten.

Das **Umspannwerk (W06)** bildet ebenso wie das Wasserwerk Rheinau keinen relevanten klimaökologischen Störfaktor im Ausgleichsraum A04 (Unterer Dossenwald). Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der Modellrechnungen belegen, entwickelt sich über der Bebauung kein nennenswerter „Wärmeinselseffekt“. Auch die Barrierewirkung der Bebauung für lokale bis überregionale Luftströmungen ist gering.

Wärmebelastung Siedlungsraum W05/06



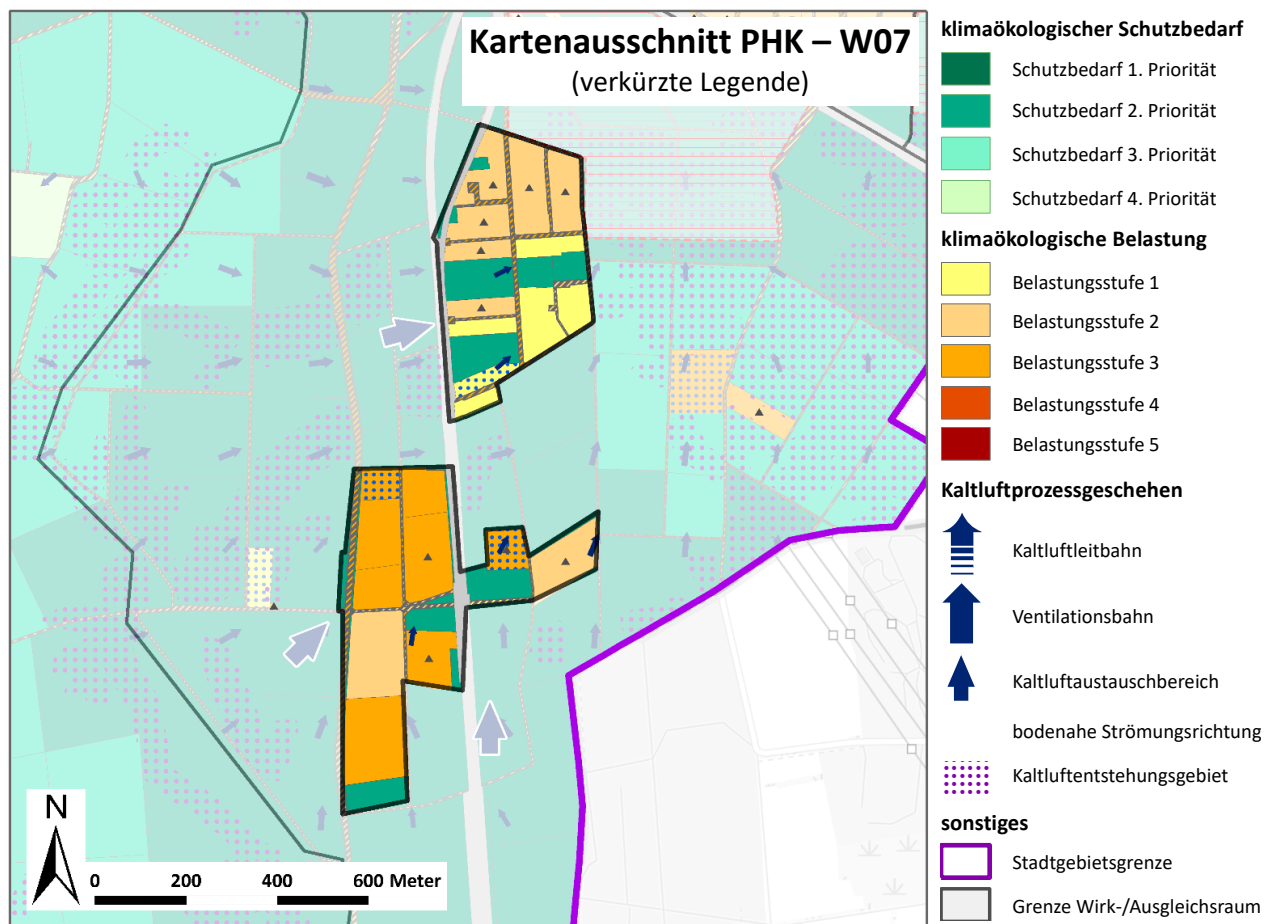
Nutzungsstruktur W05/06



Maßnahmenempfehlungen

Der Untere Dossenwald mit den gebietsinternen landwirtschaftlichen Nutzflächen bildet ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Südosten von Mannheim. Eine Ausdehnung der Bebauung im Bereich der Wirkräume W05 und W06 sollte daher möglichst vermieden werden (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

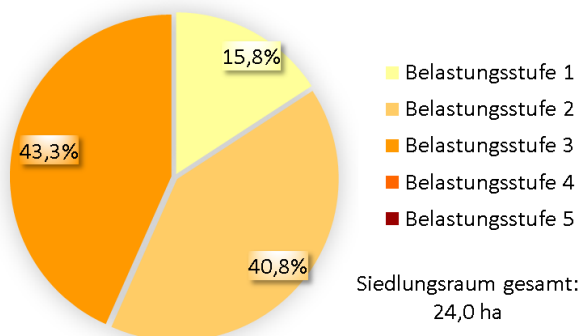
WIRKRAUM: W07 – ALTEICHWALD



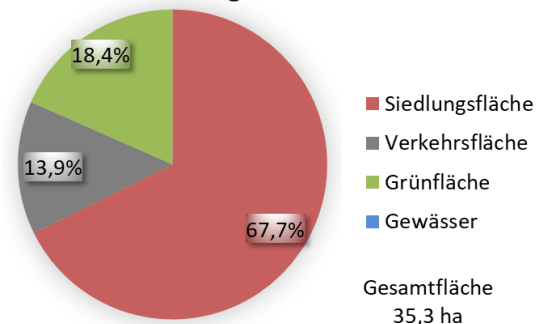
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Bebauung **Alteichwald (W07)** ist durch locker durchgrünte Einzelhausbebauung bzw. Hof- und Stallanlagen geprägt. Der Anteil größerer Grünflächen beträgt 18,4%. Da der Wirkungsraum allseitig von Landwirtschaftsflächen mit effektiven klimatischen Ausgleichsvermögen umgeben ist, stellt sich auch in warmen Sommernächten nur eine sehr schwach ausgeprägte Wärmebelastung ein. Die Belüftungssituation ist ganztagig als günstig einzustufen.

Wärmebelastung Siedlungsraum W07



Nutzungsstruktur W07

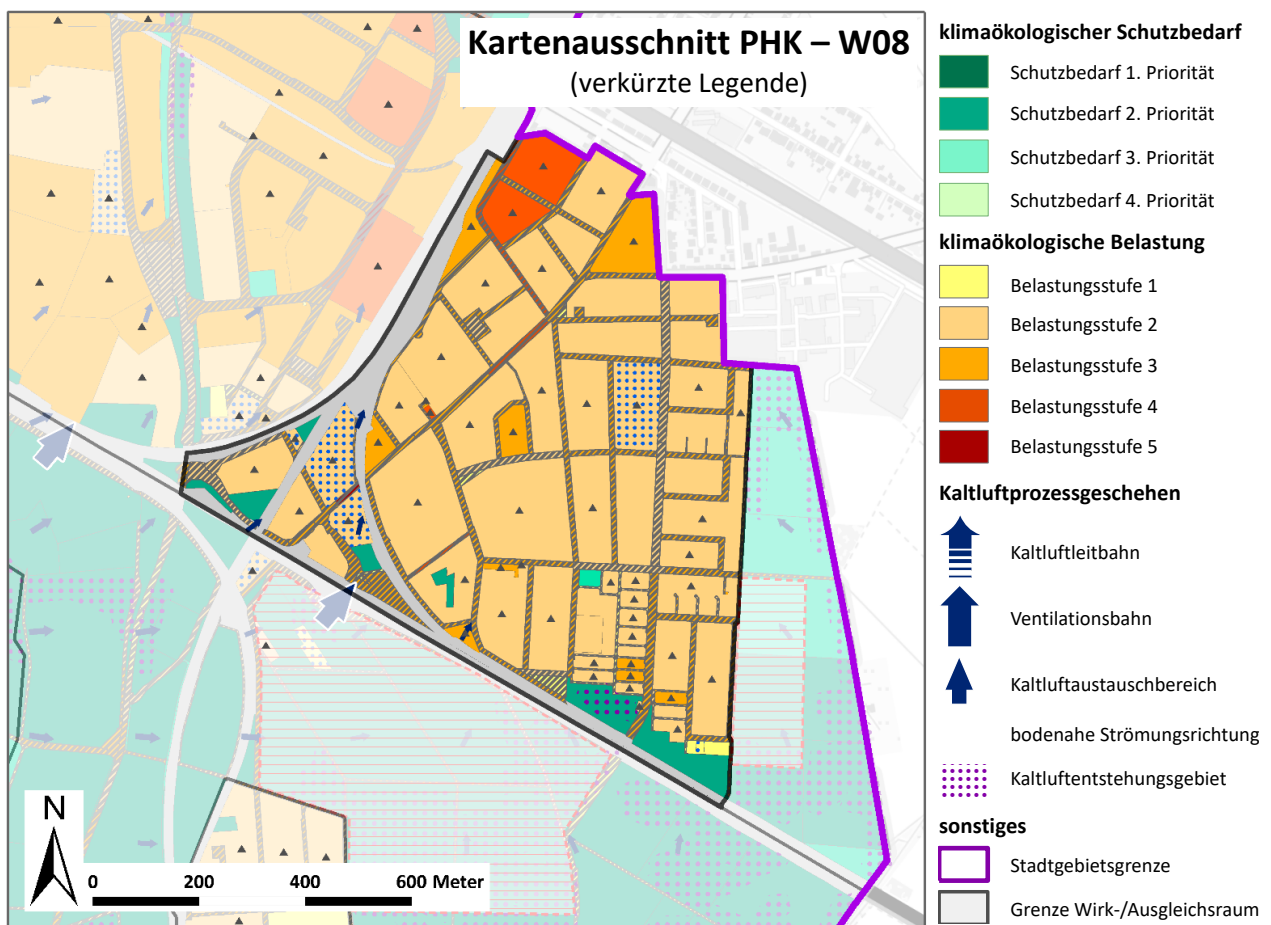


Maßnahmenempfehlungen

Zusammen mit dem Unteren Dossenwald (A03/A04) bilden die Landwirtschaftsflächen im Südosten von Mannheim (A05) ein stadtklimatisch hoch bedeutsames Ausgleichsgefüge. Die großflächige Temperatursenke initiiert eine südliche bis östliche Regionalströmung, die über den Grünzug Mannheim Südost auch innenstadtnahe Lagen (z.B. Schwetzingenstadt) mit Kalt-/Frischlufte versorgt.

Jede Art von Bebauung, die über bauliche Arrondierungen hinausgeht, ist im Umfeld des Wirkraums W07 aus klimaökologischer Sicht abzulehnen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Die vorhandene locker durchgrünte Bebauungsstruktur ist zu sichern. Die Schließung einzelner Baulücken kann in Betracht gezogen werden.

WIRKRAUM: W08 – FRIEDRICHSFELD

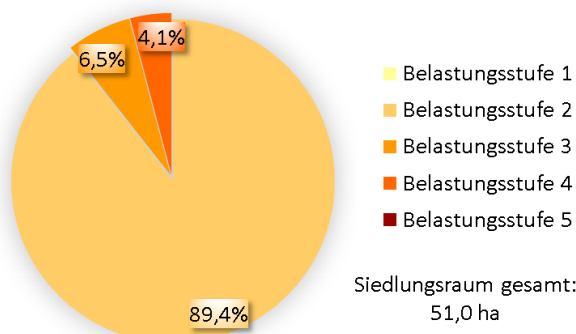


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

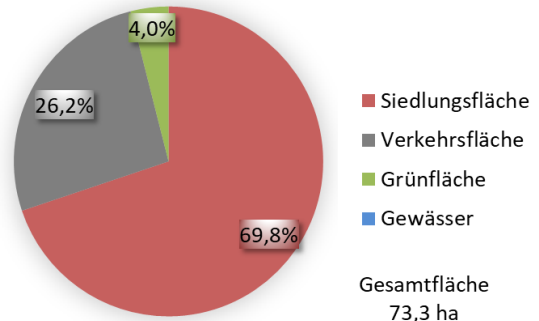
Der Wirkraum **W08** (Stadtteil **Friedrichsfeld**) weist einen nur recht geringen Anteil größerer zusammenhängender Grünflächen (4,0% der Gesamtfläche) auf. Die Bebauung ist geprägt von Reihen- und Mehrfamilienhäusern. Stellenweise bestehen auch Zeilenhäuser (Bischweilerring). Die vorhandenen Baublockstrukturen zeigen begrünte Innenhöfe mit Nebengebäuden.

Im Bereich der südlichen und östlichen Randbebauung ist der Luftaustausch mit den Ausgleichsräumen A05 und A06 als gut zu bezeichnen. Die Barrierewirkung der Bebauung ist nur mäßig, so dass in Strahlungsnächten mit den häufig zu beobachtenden Süd- bis Südostwinden trotz Lärmschutzanlagen an der Bahntrasse bodennahe Kaltluft in die Bebauung vordringen kann. Thermische Belastungen werden hierdurch deutlich gedämpft (überwiegend Belastungsstufe 2).

Wärmebelastung Siedlungsraum W08



Nutzungsstruktur W08



Wie die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen dokumentieren, stellen sich in windschwachen Strahlungsnächten im Norden von Friedrichsfeld zeitweise auch Winde aus nördlichen Richtungen ein. Durch die nördlich vorgelagerte Bebauung von Neu-Edingen und die Autobahntrasse der A 656 bleiben die Belüftungseffekte über den Freiraum A07 (Oberfeld) jedoch begrenzt. Folge ist, dass sich im Ortszentrum eine „Wärmeinsel“ ausbilden kann.

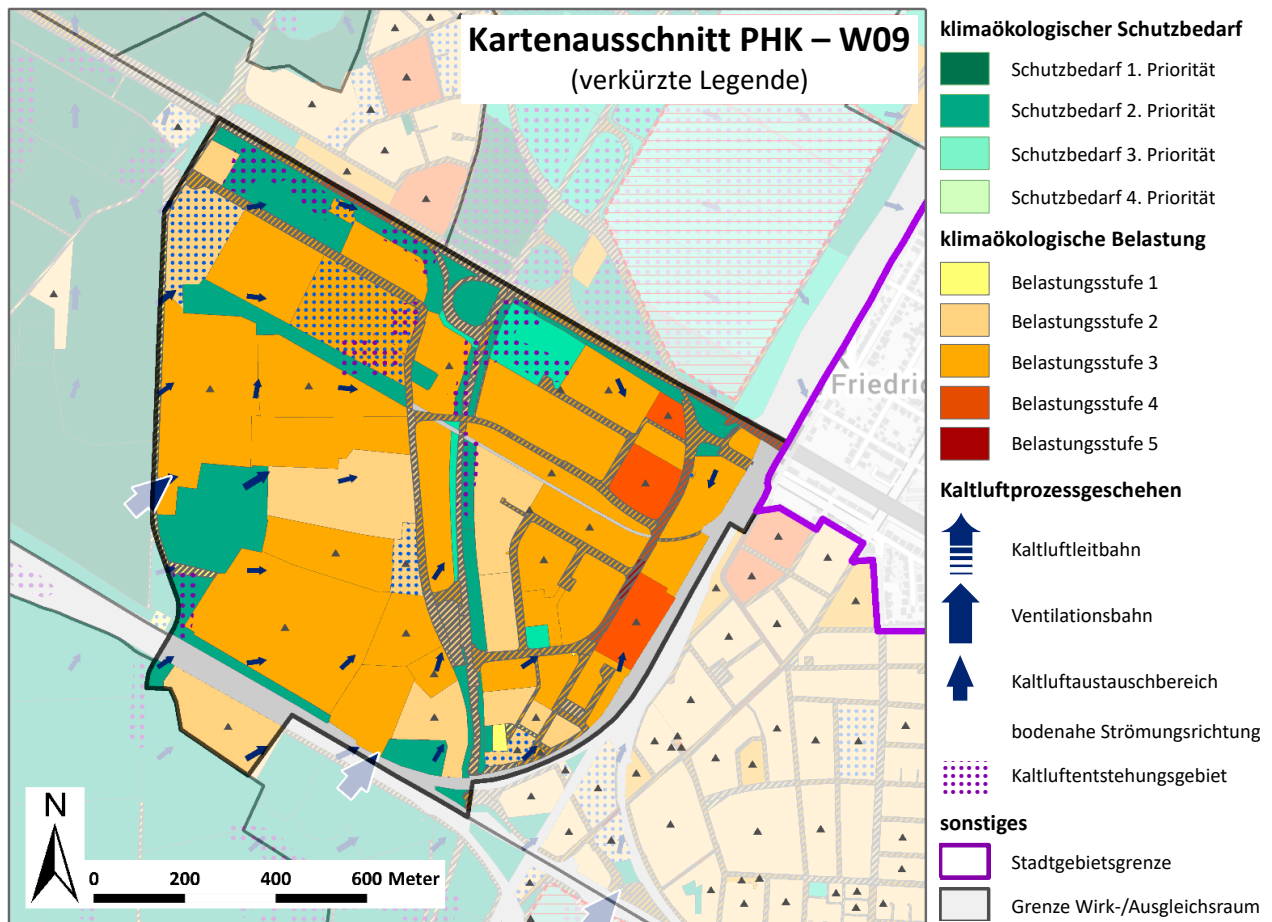
Maßnahmenempfehlungen

Im Bereich Friedrichsfeld sind aus klimaökologischer Sicht am östlichen Ortsrand (Sufflenheimer Straße, nördlich der Bahntrasse Heidelberg-Mannheim) allenfalls bauliche Arrondierungen in Form von Einzel-/Reihenhausbebauung vorstellbar. Dabei sollte die etwaige Neubebauung den strömungsdynamischen Prozessen angepasst werden (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**) um die Barrierewirkung des Siedlungsrandes nicht zu erhöhen.

Innerhalb der bestehenden Bebauung sind die bestehenden Grünstrukturen (Hausgärten) zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Klimatische Optimierungen bieten sich in Blockinnenbereichen an. Nebengebäude sollten möglichst begrünt werden (Planungsmaßnahmen **M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**, **M15 - Dachbegrünung** und **M16 - Fassadenbegrünung**), um die sommerliche Wärmeabstrahlung zu reduzieren.

Im Bereich der Hauptverkehrsachse Vogesenstraße ist die Planungsmaßnahme **M05 (Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung)** zu prüfen.

WIRKRAUM: W09– GEWERBEGEBIET FRIEDRICHSFELD

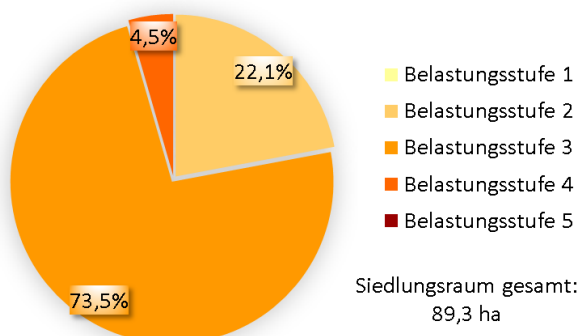


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

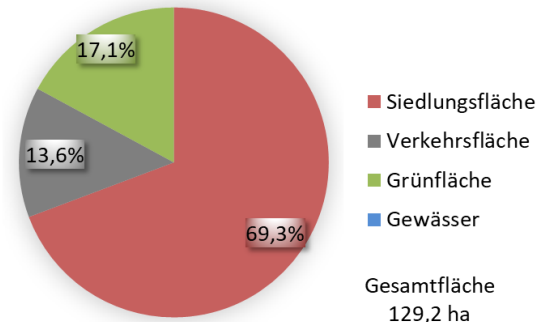
Der Wirkraum **W09 (Gewerbegebiet Friedrichsfeld)** umfasst die Gewerbeflächen westlich und östlich der L597. Während das Gebiet im Osten mit vermehrt kleinteiligem Gewerbe bereits dicht bebaut ist, befinden sich im Westteil mit vermehrt großflächigen Hallenbauten noch größere Brachflächen. Der Grünflächenanteil beträgt daher ca. 17,1%.

Klimatisch macht sich im Wirkraum W09 die direkte Lagebeziehung zu den Ausgleichsräumen A08 und A04 positiv bemerkbar. Örtlichen Windmessungen (Station *Friedrichsfeld-Gewerbe*) ist zu entnehmen, dass in Strahlungsnächten nach Sonnenuntergang die Häufigkeit südöstlicher Windrichtungen ansteigt. Dies ist vorwiegend auf regional angelegte Ausgleichsströmungen zwischen dem Freiraumgefüge Dossental/Gemeindewald, Hirschacker/Alteichwald und dem Innenstadtbereich von Mannheim zurückzuführen. Der Grünzug

Wärmebelastung Siedlungsraum W09



Nutzungsstruktur W09



Südost dient dabei als Kalt-/Frischluftleitbahn und Kalt-/Frischluftherneuerungsfläche. In extrem windschwachen Strahlungsnächten (Wetterlage der Modellrechnung) können sich am Siedlungsrand aber auch flurwindartige südliche bis südwestliche Kaltluftbewegungen einstellen, die Kaltluft aus dem angrenzenden Freiraumgefüge heranführen. Die Gewerbeflächen westlich der L 587 werden dadurch von Kaltluft aus dem südlichen bzw. westlichen Freiraumgefüge durchsetzt. Die Intensität der lokalen Wärmeinsel bleibt für eine Gewerbebebauung insgesamt begrenzt (überwiegend Belastungsstufe 3).

Maßnahmenempfehlungen

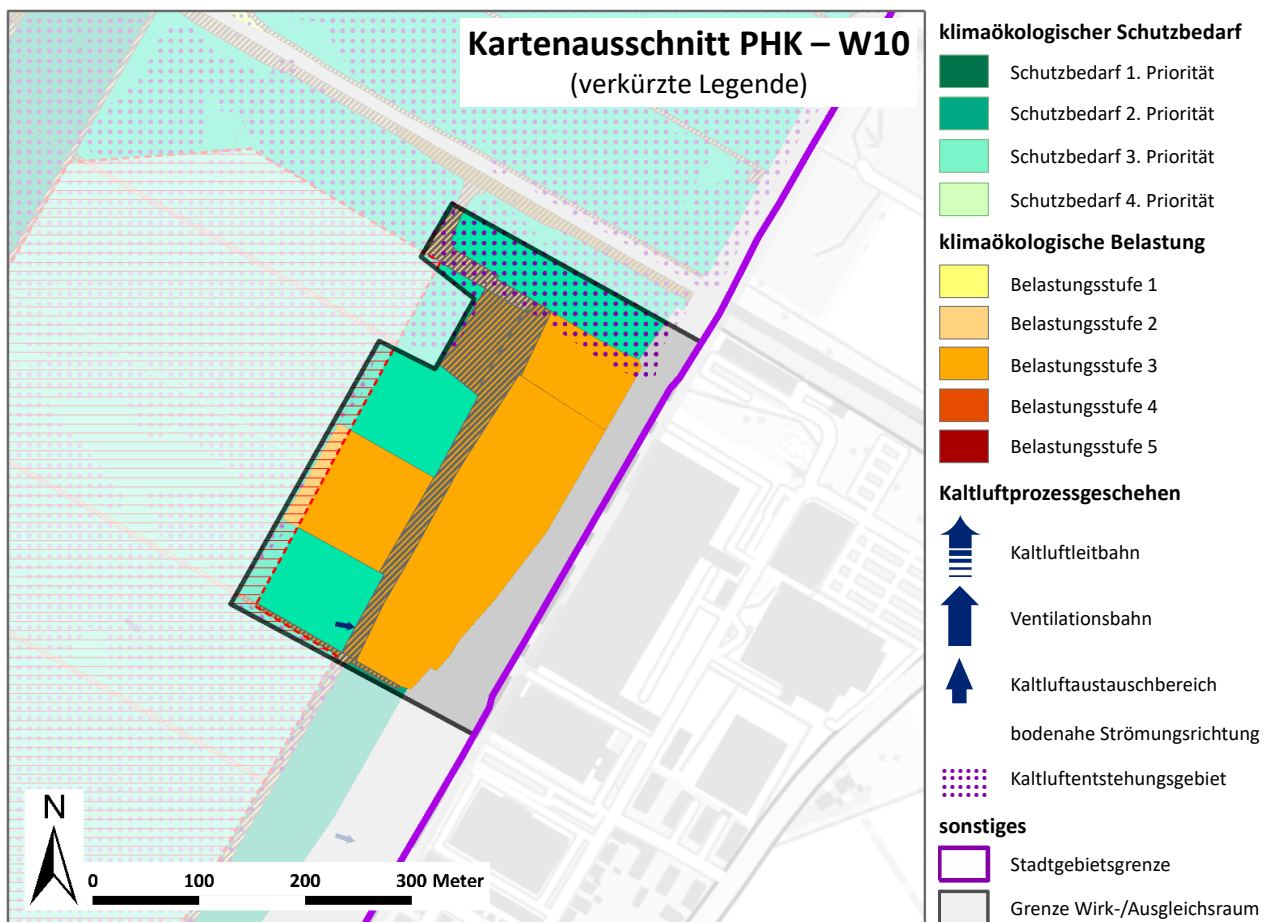
Wie bereits o.a., befindet sich der Wirkraum W09 am Übergangsbereich zwischen der „Wärmeinsel Friedrichsfeld“ und den klimaökologischen Ausgleichsräumen Unterer Dossenwald und Mittelfeld. Diese sind als Bestandteil des Grünzuges Mannheim-Südost zu definieren, der stadtklimatisch von hoher Bedeutung ist. Die Leistungsfähigkeit des Grünzuges Südost ist in hohem Maße auf seine Vernetzung mit den klimaökologischen Ausgleichsräumen Unterer Dossenwald und Mittelfeld/Niederfeld zurückzuführen.

Die bislang recht lockere Bebauungsstruktur bewirkt, dass trotz hohem Versiegelungsgrad die Beeinträchtigung der klimaökologischen Ausgleichsleistung angrenzender Freiräume noch eng begrenzt ist. Auch die Durchlüftung der vielbefahrenen Autobahn A 656 wird durch die bestehende Bebauung nur unwesentlich beeinträchtigt.

Mit der baulichen Fortentwicklung und der zukünftig möglichen großflächigen Überbauung ist mit einer Modifikation des örtlichen Ventilationsgeschehens und der thermischen Umgebungsbedingungen zu rechnen.

Um klimaökologische Negativeffekte weitgehend zu minimieren, sind bei Neubaumaßnahmen vor allem die Planungsmaßnahmen **M02 (Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen)**, **M03 (Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten)**, **M04 (Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren)**, **M15 (Dachbegrünung)** und **M16 (Fassadenbegrünung)** zu berücksichtigen. In ihrer Summenwirkung sind sie geeignet, als klimatische Ausgleichmaßnahmen für zusätzliche bauliche Verdichtungen zu fungieren.

WIRKRAUM: W10 – GEWERBEGEBIET SECKENHEIM-OBERFELD

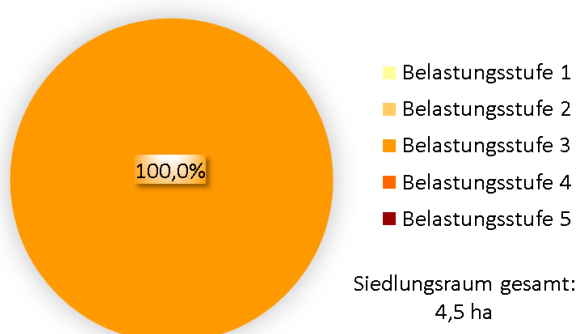


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

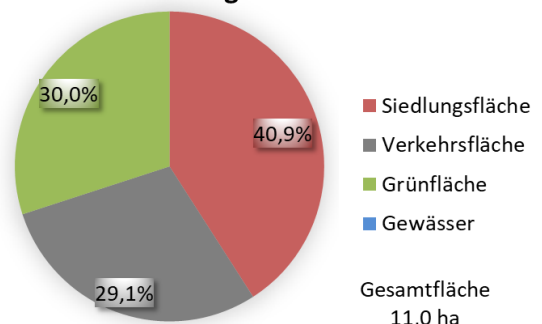
Die Gewerbeflächen **W10** im Bereich **Seckenheim-Oberfeld** grenzen im Osten an Gewerbeflächen Neu-Edingens an.

Der direkt anschließende Ausgleichsraum A07 Oberfeld/Wörthfeld befindet sich nur mit dem Teilbereich Oberfeld auf Mannheimer Gemarkung. Wie Windmessungen aus dem Jahr 1990/1991 (siehe ÖKOPLANA 2010) dokumentieren, können in Strahlungsnächten vermehrt südsüdöstliche bis östliche Luftströmungen gemessen werden, die Kaltluft in Richtung Seckenheim verfrachten und dort den Abbau thermischer Belastungen unterstützt. Aber auch im Wirkungsraum W10 bleibt nächtliche Wärmeinselbildung durch die Zufuhr von Kaltluft aus dem Freiraumgefüge östlich von Neu-Edingen gemäßigt (Belastungsstufe 3). Flauen die regionalen Südsüdost- bis Ostwinde ab, fungiert das Oberfeld mit seinen Freiflächen über flurwindartige Westwinde als thermisch wirksamer Ausgleichsraum in Richtung von W10.

Wärmebelastung Siedlungsraum W10



Nutzungsstruktur W10

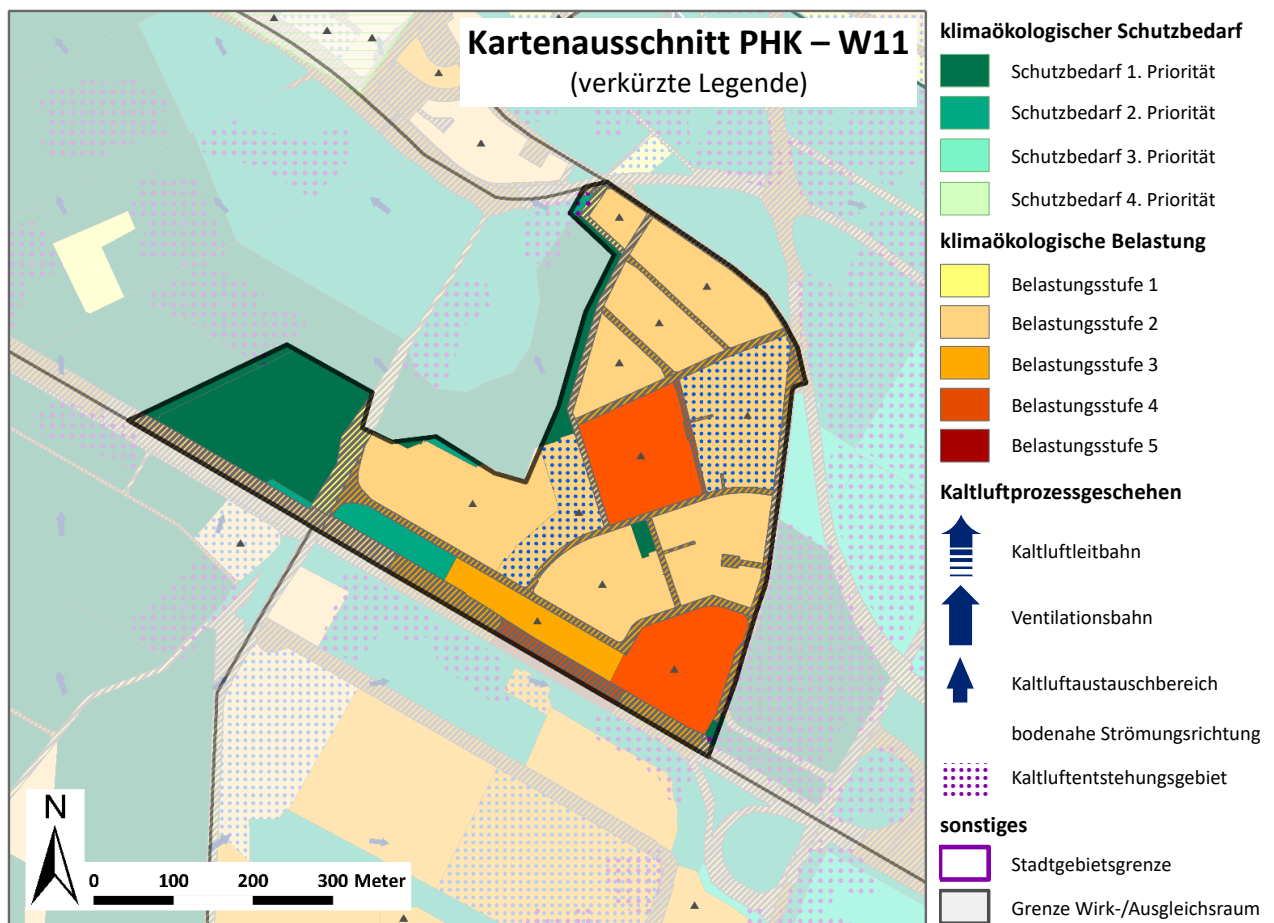


Das Gewann Oberfeld (A07) bildet einen klimaökologisch hoch effektiven Ausgleichsraum (Kaltluftbildung, Ventilationsfläche), der zwischen Seckenheim/Suebenheim und Neu-Edingen als lokaler Grünzug definiert werden kann.

Maßnahmenempfehlungen

Die Im Wirkraum W10 noch vorhandenen Grünflächen (Flächenanteil ca. 30%) sind als bauliche Ergänzungsflächen zu definieren. Zur Sicherstellung einer günstigen Durchlüftung ist dort aber allenfalls eine kleinteilige bauliche Ergänzung zu empfehlen. Hierbei sind dann die Planungsmaßnahmen **M02 (Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen)**, **M15 (Dachbegrünung)** und **M16 (Fassadenbegrünung)** zu berücksichtigen.

WIRKRAUM: W11 – SUEBENHEIM

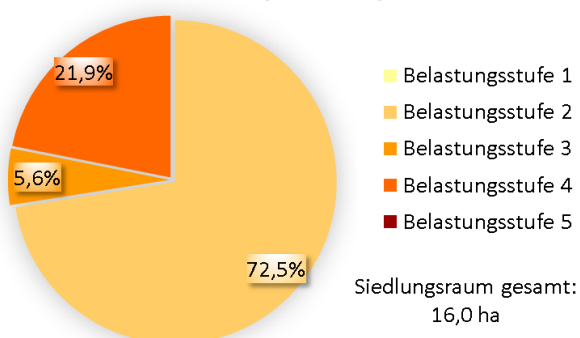


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

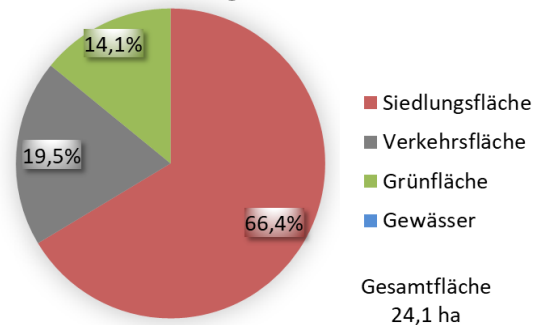
Die Bebauung **Suebenheim (W11)** ist von locker durchgrünter Einzelhaus-/Doppelhausbebauung geprägt. Nur entlang der A 656 sind Gewerbeflächen und brachliegende Militärflächen (Stem Barracks) mit höheren Bodenversiegelungsgraden vorhanden.

Die interne Begrünung sowie der direkte räumliche Anschluss an die Ausgleichsräume A07 im Osten und A08 sind klimaökologisch positiv zu bewerten. Die nächtliche Belüftungsintensität ist als gering einzustufen, was sich in der Modellrechnung in Form einer kleinräumigen Wärmeinsel im Siedlungszentrum bemerkbar macht. Darüber hinaus ist die thermische Belastung entsprechend der lockeren Bebauungsstruktur gering (Belastungsstufe 2).

Wärmebelastung Siedlungsraum W11



Nutzungsstruktur W11



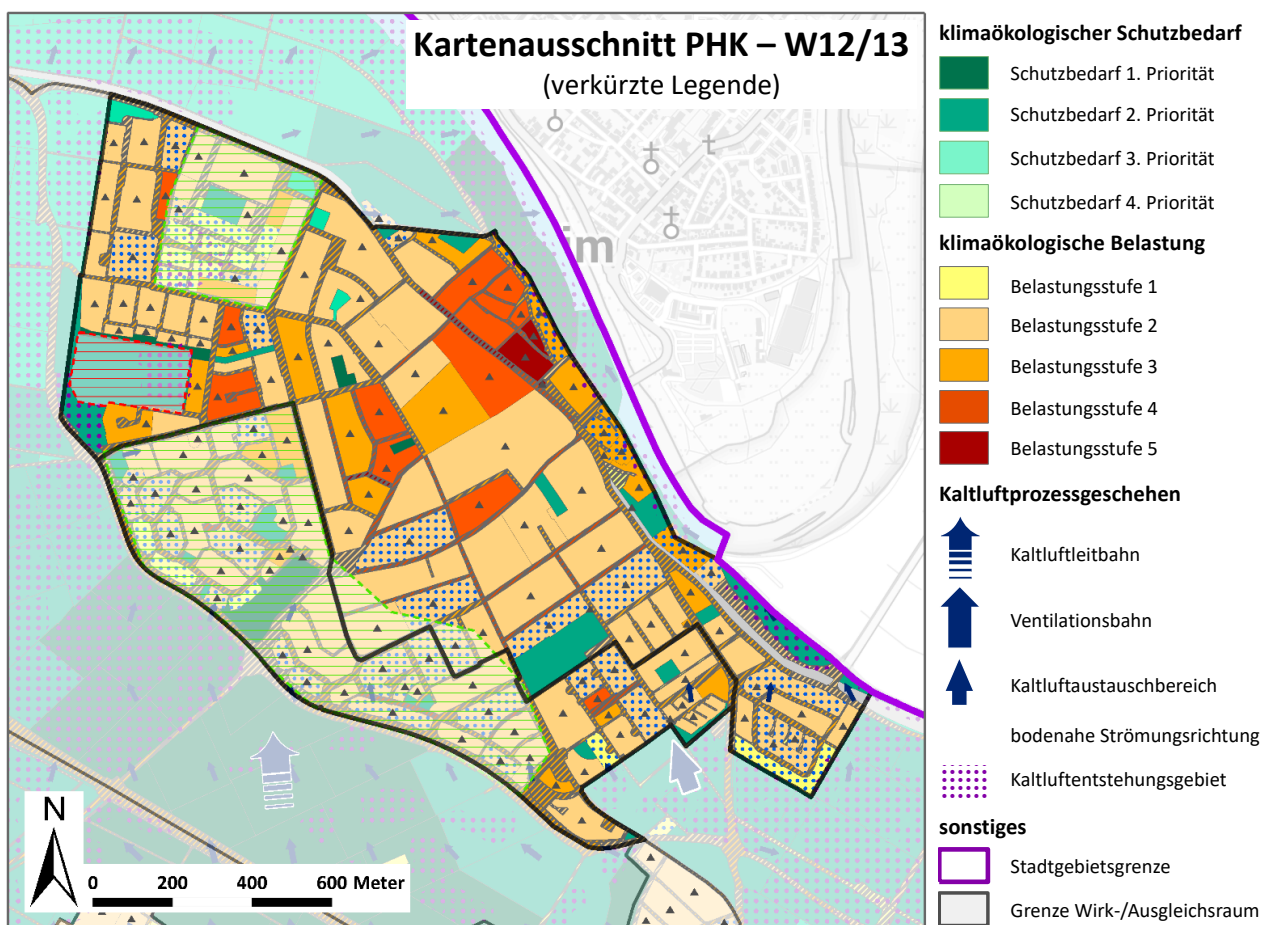
Maßnahmenempfehlungen

Bei baulichen Modifikationen im Stadtteil Suebenheim sollte der Siedlungscharakter beibehalten werden. Für den Bereich der örtlichen Konversionsfläche Stem Barracks wurde 2019 durch die Stadt Mannheim eine Machbarkeitsstudie erarbeitet (Stadt Mannheim 2019: YES, WE STEM – Dokumentation der Machbarkeitsstudie. Mannheim). Diese schlägt vier unterschiedliche Bau- und Freiflächenstrukturen vor.

Aus klimaökologischer Sicht ist die vorgeschlagene Variante 1 zu bevorzugen, da diese einen ausgewogenen Mix aus unterschiedlichen Mikroklimaten unter Ausschluss von Extremen (= Leitbild in der Stadtklimatologie) ermöglicht. Die Variante gliedert die Fläche in zwei Bereiche. Im westlichen Teil ist eine extensive, landschaftliche Grün- und Naherholungsfläche angedacht. Im Osten bleiben die beiden denkmalgeschützten Bestandsbauten erhalten und werden im Norden durch Bürogebäude ergänzt. Daran schließt sich im Nordosten eine Wohnbebauung mit ca. 15 – 20 Wohneinheiten an, die sich um einen grünen Freiraumanger gruppieren. Die Planungsmaßnahmen 07, 15, 16 sollten beachtet werden

Wird eine Variante mit großvolumigen Sporthallenbauten anvisiert (= Variante 4), sollte ihr Einfluss auf die lokalen Durchlüftungsverhältnisse vertiefend analysiert werden.

WIRKRAUM: W12/13 – SECKENHEIM

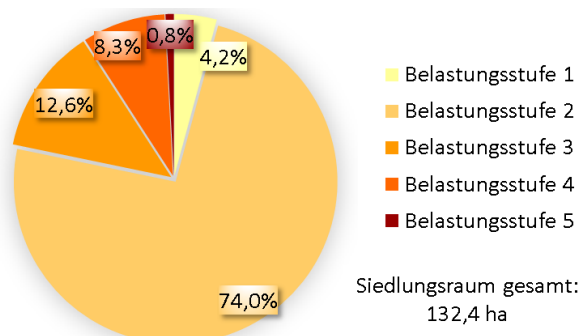


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

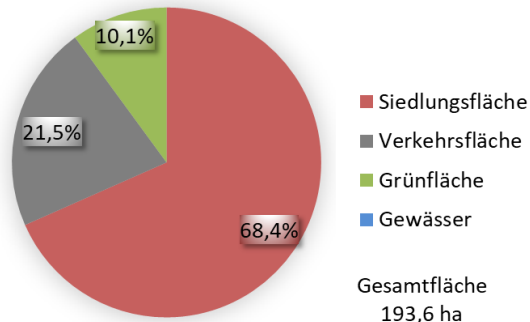
Der Stadtteil **Seckenheim (W12/W13)** weist heterogene Bebauungsstrukturen auf. Neben locker durchgrün-ten Wohnbaustrukturen im Südwesten finden sich in zentraler Lage auch begrünte Baublockstrukturen (zwi-schen Zähringer Straße und Seckenheimer Hauptstraße). Höchste bauliche Verdichtungen zeigen sich zwis-chen Seckenheimer Hauptstraße und Neckar nördlich der Brückenstraße, wodurch sich während austausch-arter Wetterlagen eine kleinräumig verstärkte Wärmeinsel ausbilden kann (Belastungsstufe 4 bis 5).

Das Wohngebiet im Südwesten des Stadtteils (W13) profitiert von den Belüftungseffekten über die Landwirt-schaftsflächen des Ausgleichsraums A09, der klimafunktionaler Bestandteil des Grünzugs Südost ist. Dessen klimaökologisches Gunstpotenzial reicht auch aus, um ein bandartiges Zusammenwachsen der Wärmepole GE/GI Friedrichsfeld-West/Siebenheim/Seckenheim zu unterbinden.

Wärmebelastung Siedlungsraum W12/13



Nutzungsstruktur W12/13



Entlang des Neckars bilden die LSG „südöstlich und westlich der Ilvesheimer Schlinge“ klimaökologisch bedeutsame Ausgleichsräume. Sie fungieren als Kaltluftentstehungsgebiete und Ventilationsbahnen und verhindern ein Zusammenwachsen der Wärmeinseln Seckenheim und Ilvesheim. Durch die relative Tieflage des Geländes und die dichte Randbebauung kommen die thermischen Ausgleichsleistungen im Stadtteilzentrum Seckenheim nur stark abgeschwächt zum Tragen.

Der Anteil an Grünflächen in der Nutzungsstruktur W12/13 ist mit 10,1% recht gering. Dabei finden allerdings die zahlreichen Hausgärten keine Berücksichtigung. Diese dämpfen die thermische Belastung weitgehend auf ein moderates Niveau (überwiegend Belastungsstufe 2).

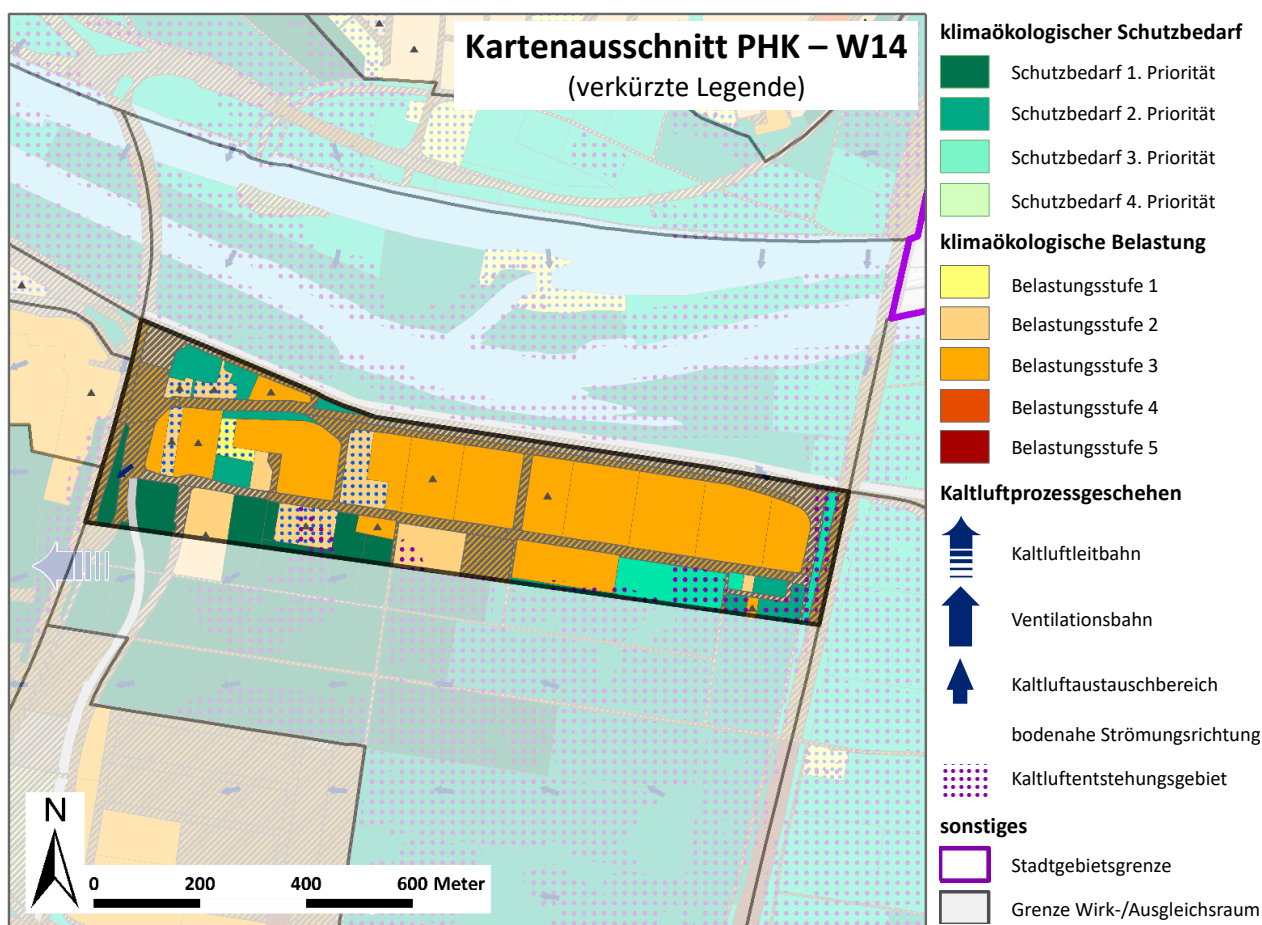
Maßnahmenempfehlungen

Die zwischen den Ausgleichsräumen A07 und A09 bestehende Verbindung im Bereich Friedhof/Suebenheim sollte nicht durch weitere großflächige bauliche Erweiterungen im Umfeld des Friedhofes gestört werden. Die zunehmende Kammerung des Freiraumgefüges Oberfeld, Mittelfeld und Niederfeld (u.a. auch durch den Ausbau der A 6 mit begleitenden Lärmschutzwänden) führt vermehrt zu bodennaher Kaltluftstagnation, was sowohl bioklimatisch als auch lufthygienisch (vermehrte Luftschadstoffakkumulationen) ungünstig zu bewerten ist.

Innerhalb der traditionellen Blockbebauung von Seckenheim wirken die begrünten Blockinnenbereiche einer höheren bioklimatischen Belastung entgegen. Ihr klimaökologisches Ausgleichspotenzial ist möglichst zu sichern. Bauliche Nachverdichtungen sollten in diesen Bereichen nur behutsam vorgenommen werden (z.B. neue Wohnbebauung auf den Flächen ehemaliger Scheunen und Nebengebäude).

Die Grünanlage und die Kleingärten im Bereich des Seckenheimer Wasserturms sind als eine lokalklimatisch relevante Kaltluftleitbahn langfristig zu sichern (Planungsmaßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). In sommerlichen Trockenphasen ist auf eine ausreichende Bewässerung der Grünflächen zu achten, um ihre Funktion als Kaltluftproduktionsflächen aufrechterhalten zu können. Gleiches gilt für die Spielplätze/Grünflächen in der Rastatter Straße, beim Seckenheimer Schloss und entlang des Bernauer Wegs nordöstlich des Friedhofs Seckenheim (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

WIRKRAUM: W14 – GEWERBEGEBIET IM MÜHLFELD

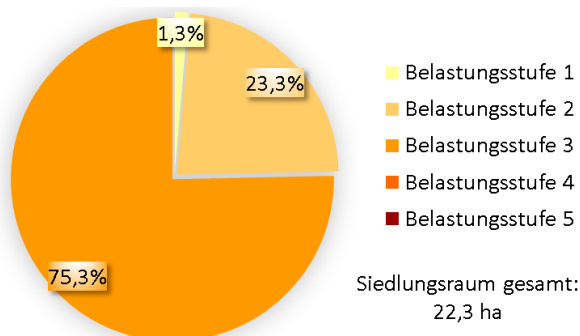


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

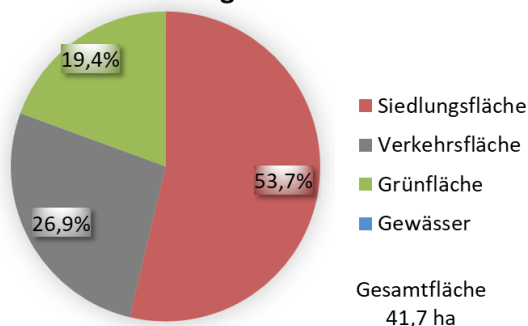
Das **Gewerbegebiet im Mühlfeld (W14)** mit seinen großflächigen Gewerbebauten und Stellplatzflächen bildet zwischen der Autobahntrasse A6 und der B38a auf eine Länge von ca. 1,3 km eine Barriere zwischen dem Ausgleichsraum Neckar (A11) und dem südöstlichen Freiraum Mühlfeld/Niederfeld (A12). Durch die langgezogene und recht dichte Bebauung wird der Luftaustausch zwischen dem Neckarvorland und dem südöstlichen Freiraum gestört. Dies hat zur Folge, dass die auf dem tiefer liegenden Neckarvorland entstehende Kaltluft nur schwer ausgeräumt und in das Ventilationsgeschehen des südöstlichen Stadtgebietes eingebunden werden kann. Dies drückt sich auch in einer größtenteils starken Barrierewirkung zwischen dem Ausgleichsraum A11 und dem Wirkungsraum W14 aus.

Intensiverer Luftaustausch ergibt sich für das Gewerbegebiet über den südlich angrenzenden Freiraum, wodurch die Wärmebelastung auf einem für ein Gewerbegebiet moderaten Niveau gehalten werden kann.

Wärmebelastung Siedlungsraum W14



Nutzungsstruktur W14

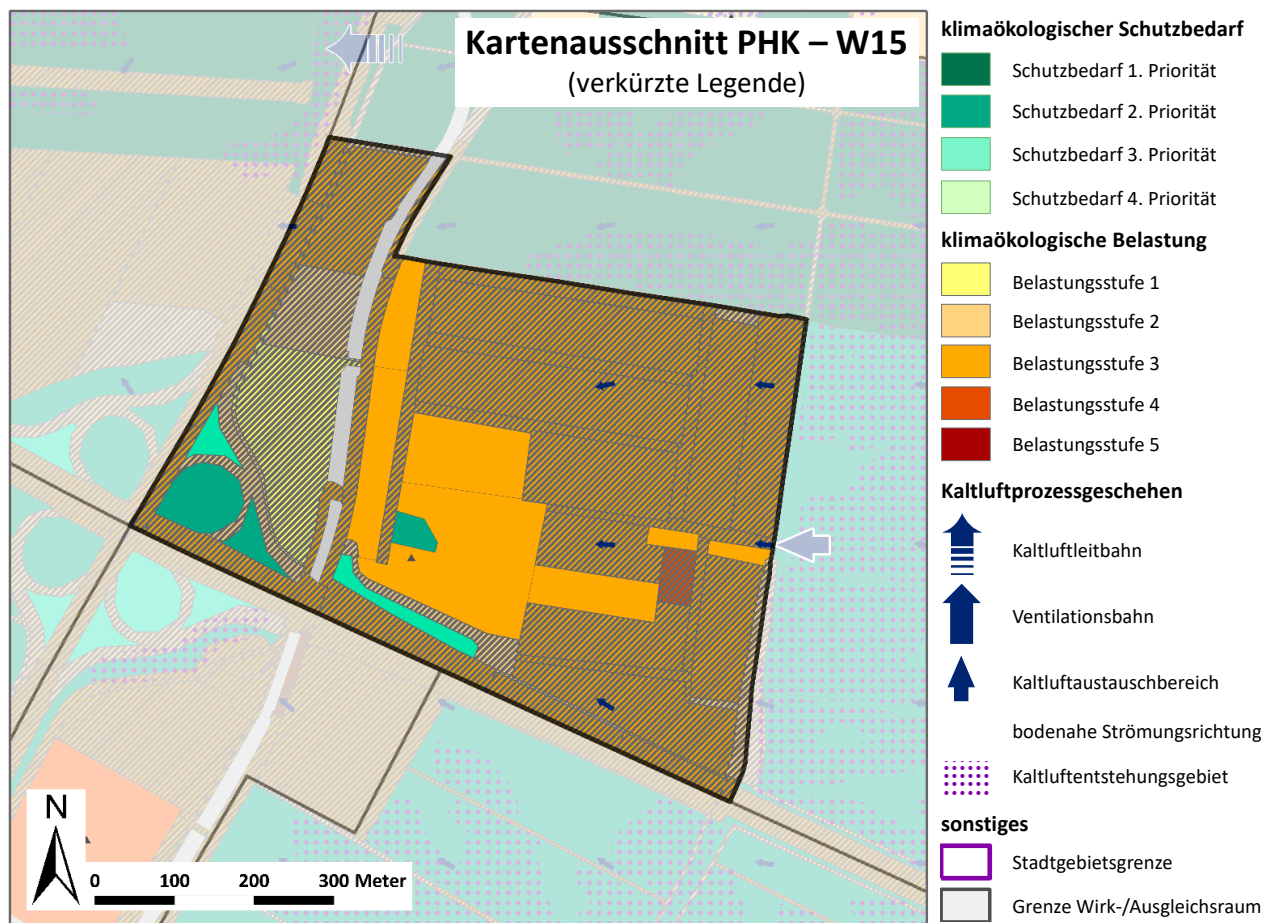


Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A12 hat wesentliche Bedeutung für das städtische Ventilationsgeschehen (Innenstadt und Randbereiche). Er ist Bestandteil des regionalen Grünzugs Südost, der klimaökologische Positiveffekte in Form von intensiverer Ventilation, Lufterneuerung und Dämpfung bioklimatischer Belastungen erbringt. Je nach vorherrschender Strömungssituation kommen die klimaökologischen Gunstwirkungen den Bereichen Neuhermsheim, Mallau, Casterfeld, Schwetzingenstadt/Oststadt und Neuostheim zugute.

Der im Flächennutzungsplan noch ca. 250 m breite Freiraum zwischen dem Gewerbegebiet im Mühlfeld und dem Maimarktgelände ist noch als funktionsfähige Grünzäsur zu bewerten. Eine weitere bauliche Einengung des Korridors über das Maß des Flächennutzungsplans hinaus ist abzulehnen (**M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Bei der Neuausweisung von Stellflächen im Gewerbegebiet sollten möglichst wasserdurchlässige Beläge festgesetzt werden (**M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren**). Ergänzend sollten im Bestand Begrünungsmaßnahmen im Bereich von Stellplätzen, Dach- und Fassadenbegrünungen gefördert werden, um die örtliche Wärmeinselbildung zu reduzieren (Maßnahmenempfehlungen **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**, **M15 – Dachbegrünung** und **M16 – Fassadenbegrünung**).

WIRKRAUM: W15 – MAIMARKTGELÄNDE

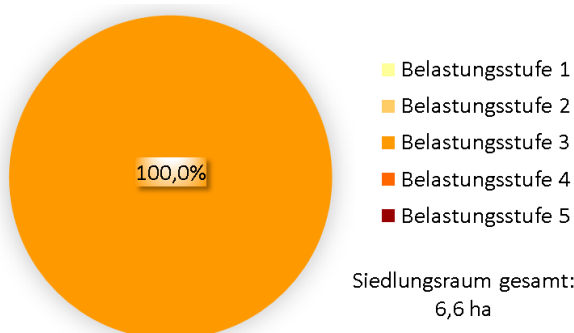


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

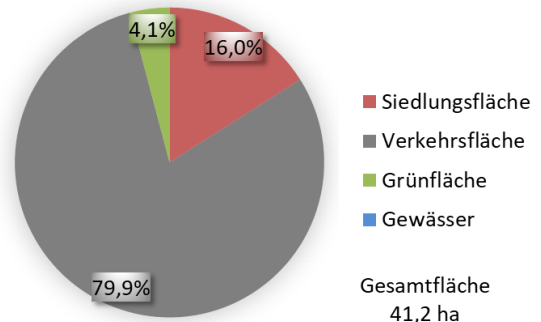
Das **Maimarktgelände (W15)** nördlich der A656 umfasst die Messeanlagen, das Reitstadion sowie ein Fertighauscenter. Entsprechend der vorherrschenden Flächennutzung weist der Wirkraum eine insgesamt überdurchschnittliche Wärmebelastung auf. Neben dem erhöhten Versiegelungsgrad führt insbesondere der geringe Baumanteil des Messegeländes zu einer erhöhten thermischen Belastung, wohingegen die Parkflächen westlich der Xaver-Fuhr-Straße von der Schattenwirkung der vorhandenen Bäume profitieren.

Windmessungen im Nahbereich des Messegeländes belegen, dass im Planungsumfeld im mehrjährigen Mittel durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von ca. 2,6 m/s zu erwarten sind. Eine intensive Durchlüftung mit Windgeschwindigkeiten über 3,0 m/s findet nur an ca. 32% der Tage im Jahr statt. Den auf die Innenstadt von Mannheim zugerechneten Belüftungsbahnen (u.a. regionale Grünzüge und Grünzäsuren) ist daher besondere Beachtung zu schenken.

Wärmebelastung Siedlungsraum W15



Nutzungsstruktur W15

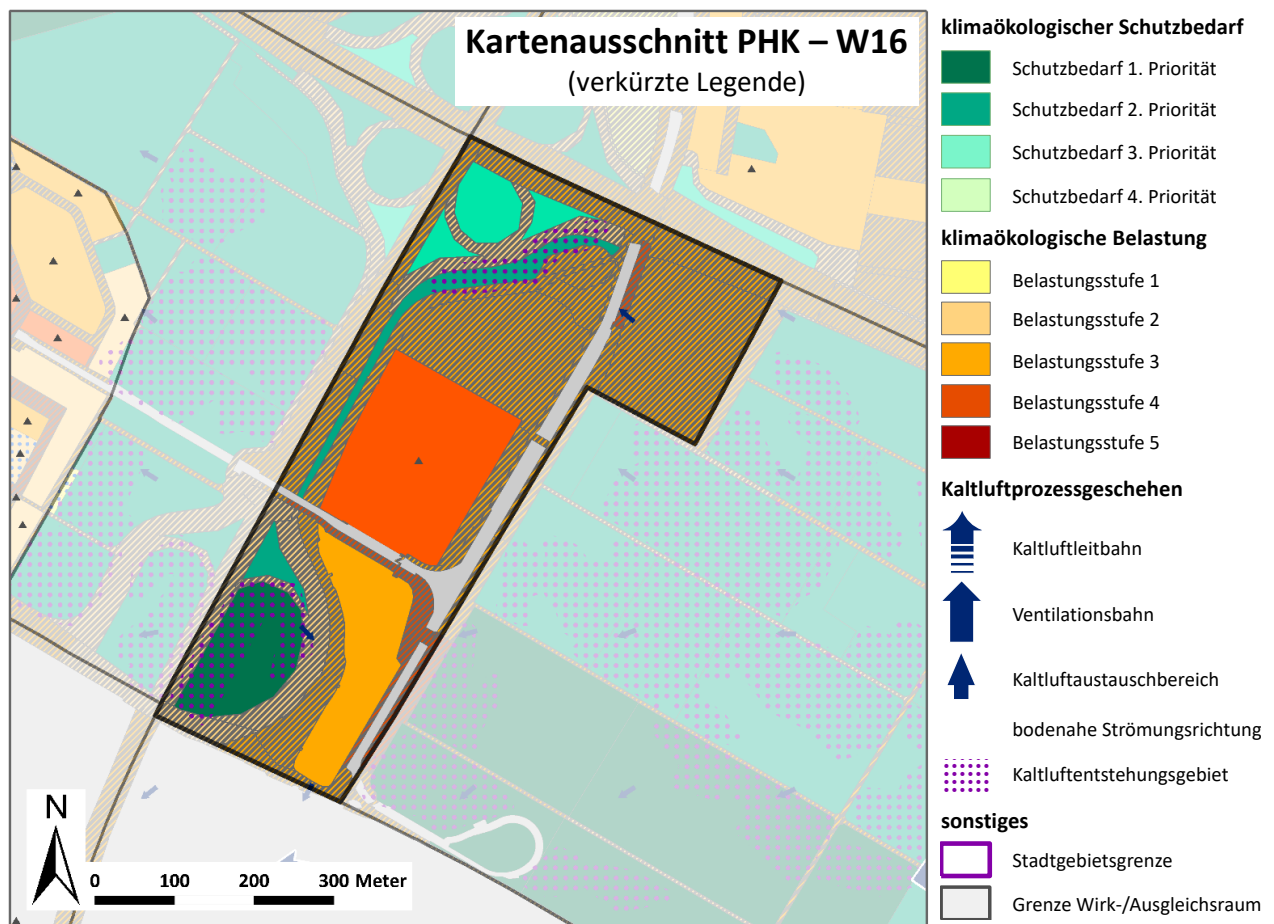


Maßnahmenempfehlungen

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens 61.5.1 „Messepark im Mühlfeld“ wurde u.a. auf Grundlage eines Klima- und Luftschadstoffgutachtens (ÖKOPLANA 2012) die zukünftige Nutzung festgesetzt. Dabei fanden klimaökologische Belange Berücksichtigung. So wurde u.a. auf einen weiteren Eingriff in die Grünstreife in Richtung Gewerbegebiet im Mühlfeld verzichtet, die max. Bauhöhen im östlichen Teil des SO1 Messegelände wurden begrenzt, Dachbegrünungen wurden festgesetzt, und die GRZ wurde in Teilen der Sondergebietsflächen auf 0,4 bzw. 0,5 begrenzt.

Im Bereich des Messegeländes und der Reitsportanlage sollten zur Verminderung der Oberflächenaufheizung die vorhandenen Baumbestände gesichert und wo möglich ergänzt werden (**M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**).

WIRKRAUM: W16 – SAP-ARENA

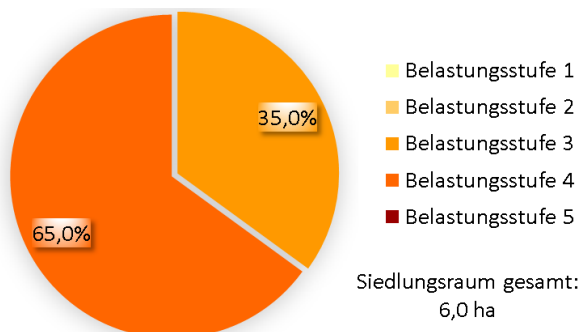


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

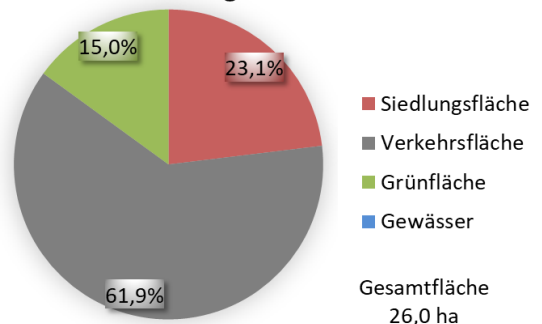
Der Wirkraum **W16 (SAP-Arena)** bildet zusammen mit dem Maimarktgelände und der B38a zwischen den Ausgleichsräumen A12/A13 und A15/A16 eine Wärmeinsel mit kleinräumig erhöhten Lufttemperaturen.

Die SAP-Arena bildet punktuell zwar eine sehr starke Strömungsbarriere, die Durchlässigkeit des o.a. Bandes für regionale Luftströmungen ist jedoch noch derart effektiv, dass im Bereich Neuhermsheim, Schwetzingen/Oststadt die klimaökologische Gunstwirkung der Kalt-/Frischlufzufuhr über den Grünzug Mannheim-Südost noch wirksam wird.

Wärmebelastung Siedlungsraum W16



Nutzungsstruktur W16

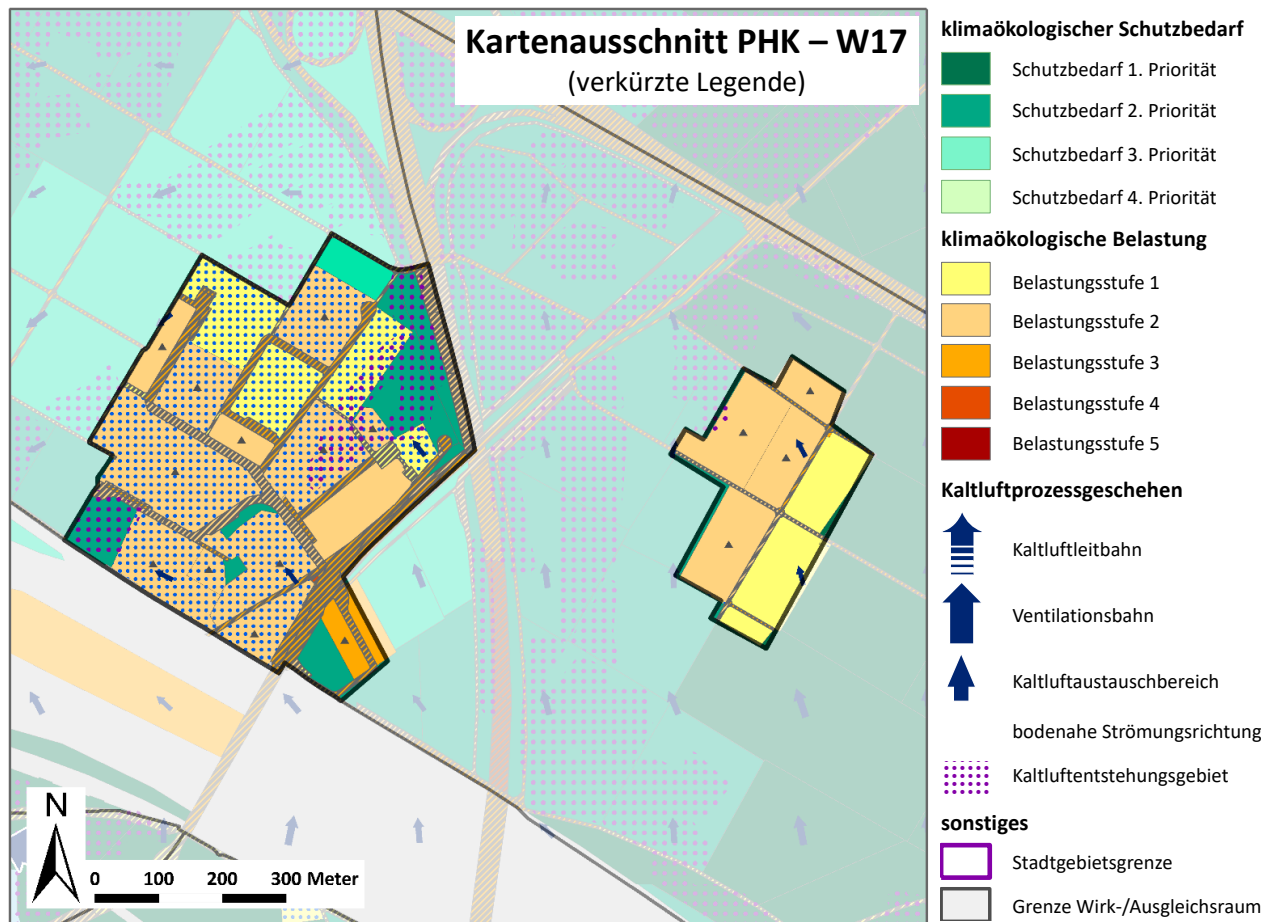


Maßnahmenempfehlungen

Der Wirkungsraum W16 befindet sich im Grünzug Südost, der ein wesentlicher Baustein zur günstigen Gestaltung der stadtklimatischen Umgebungsbedingungen in der Kernstadt von Mannheim ist. Eine weitere Ausdehnung der Bebauung in Richtung Osten ist daher kritisch zu sehen.

Im Wirkraum W16 sind die vorhandenen Grünflächen und Baumbestände im Bereich der Parkierungsflächen zu sichern und ggf. bezüglich ihrer Trockentoleranz bzw. Hitzeresistenz anzupassen (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung, M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W17 – HOCHSTÄTT



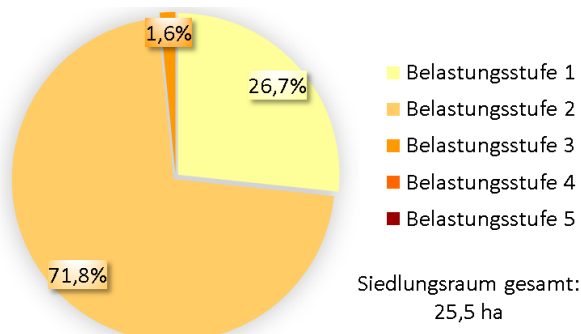
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Wohnbebauung des Stadtteils **Hochstätt (W17)** ist geprägt durch zumeist 4-geschossige Zeilenhausbebauung mit lockerer Durchgrünung.

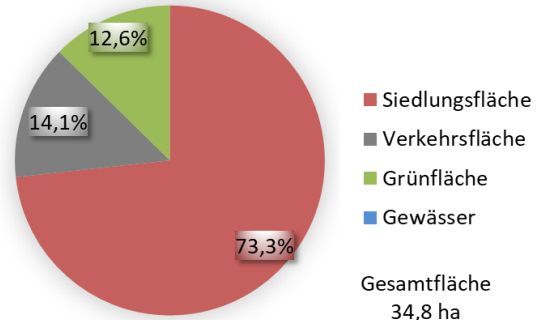
Durch die Lage in Nachbarschaft zu den klimaökologischen Ausgleichsräumen (A08 und A13) und zur Ventilationsbahn „Güterbahnhof“ ist die Siedlung stadtklimatisch begünstigt (zumeist Belastungsstufe 1 bis 2).

Durch den Damm der Autobahn A6 ist der bodennahe Luftaustausch von Südosten her allerdings nur als mäßig zu bezeichnen. Von Nordwesten her ist der Luftaustausch sehr gut, da die Bebauung ohne starke Barrierewirkung in das Kloppenheimer Feld übergeht. Dank der geringen Ausdehnung der Bebauung können sich diese Positiveffekte im gesamten Wohngebiet auswirken.

Wärmebelastung Siedlungsraum W17



Nutzungsstruktur W17



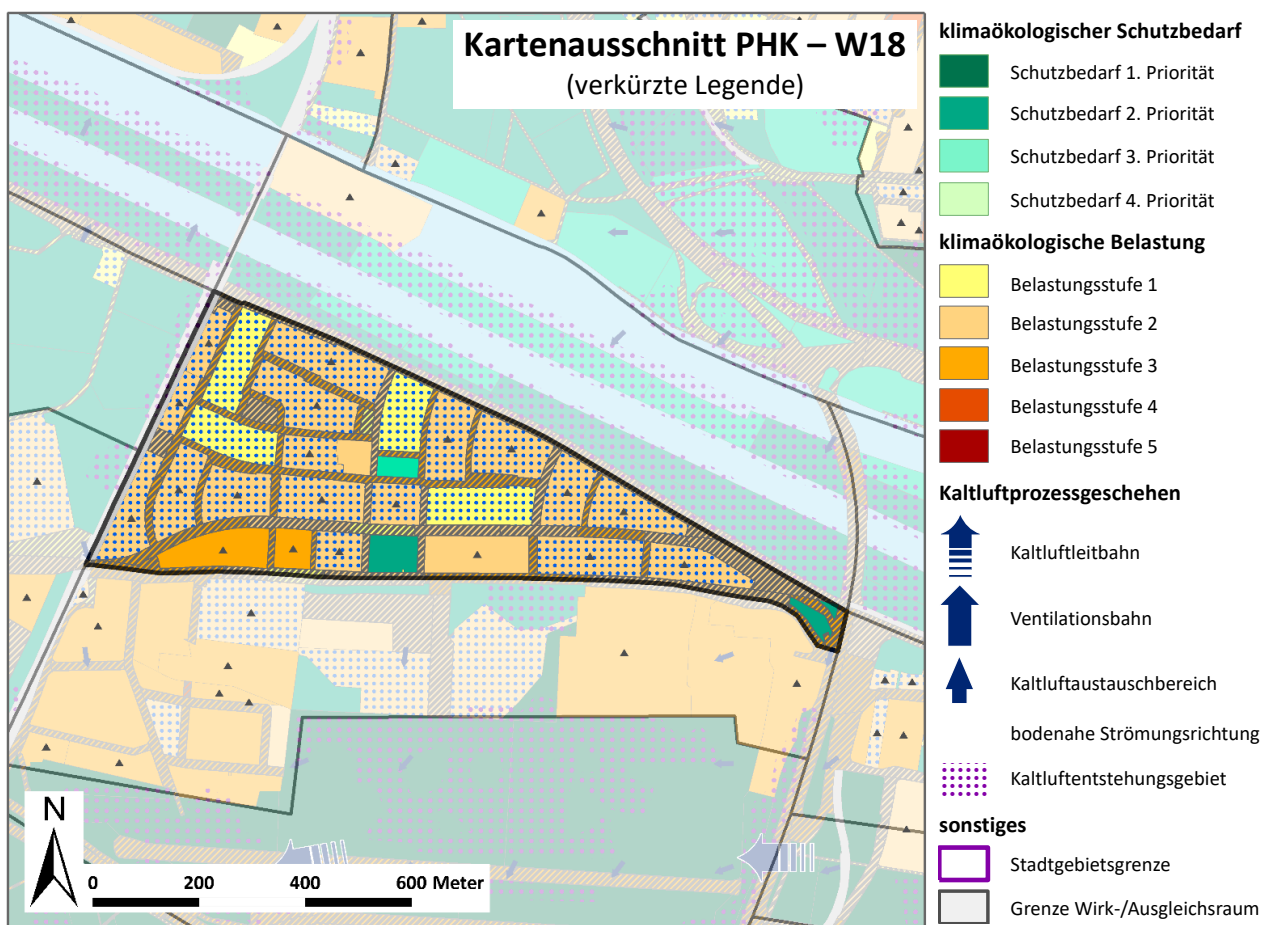
Maßnahmenempfehlungen

Im Wirkraum W17 sollte die lockere Durchgrünung weiterhin gesichert bleiben. Ergänzend sollten Dachbegrünungen auf bestehenden Flachdachbauten gefördert werden, um den Klimawandelfolgen mit zukünftig erhöhter Wärmebelastung entgegenzusteuern (**M15 - Dachbegrünung**).

Eine Ausdehnung der Bebauung in die angrenzenden Freiräume sollte allenfalls kleinräumig in Form einer baulichen Arrondierung in Betracht gezogen werden, um die Funktion des Grünzugs Südost als Kalt- und Frischlufttransportbahn auch langfristig sicher zu stellen (**M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**). Liegen konkrete bauliche Erweiterungsabsichten vor, sind mit Hilfe vertiefender Analysen die lokalklimatischen Folgeerscheinungen zu prüfen und zu bewerten.

Gleiches gilt für den Aussiedlerhof im Mittelfeld östlich der A6. Auch hier sollten bauliche Ergänzungen eng begrenzt bleiben.

WIRKRAUM: W18 – NEUOSTHEIM (NORD)

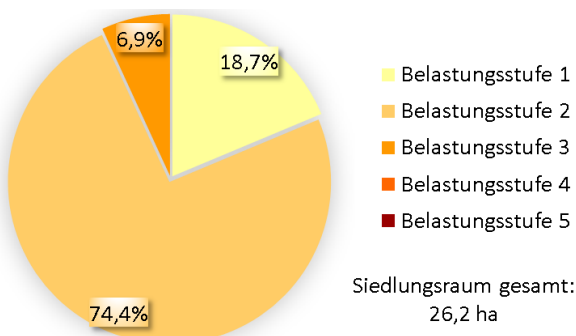


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

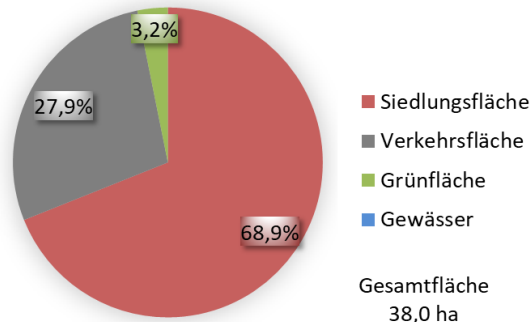
Die Bebauung von **Neuostheim (W18)** nördlich der Seckenheimer Landstraße profitiert von der direkten Lagebeziehung zur Ventilationsachse „Neckar/Feudenheimer Insel“. Die Wärmeinselbildung bleibt hierdurch nur gering bis mäßig ausgeprägt. Daneben machen sich die lockere Durchgrünung (Gärten, begrünte Plätze) der Bebauung und die klimaökologischen Positivwirkungen über den Grünzug Mannheim-Südost günstig bemerkbar.

Mögliche klimaökologische Positiveffekte über den Ausgleichsraum A26 Luisenpark werden durch den Damm der Riedbahn minimiert.

Wärmebelastung Siedlungsraum W18



Nutzungsstruktur W18



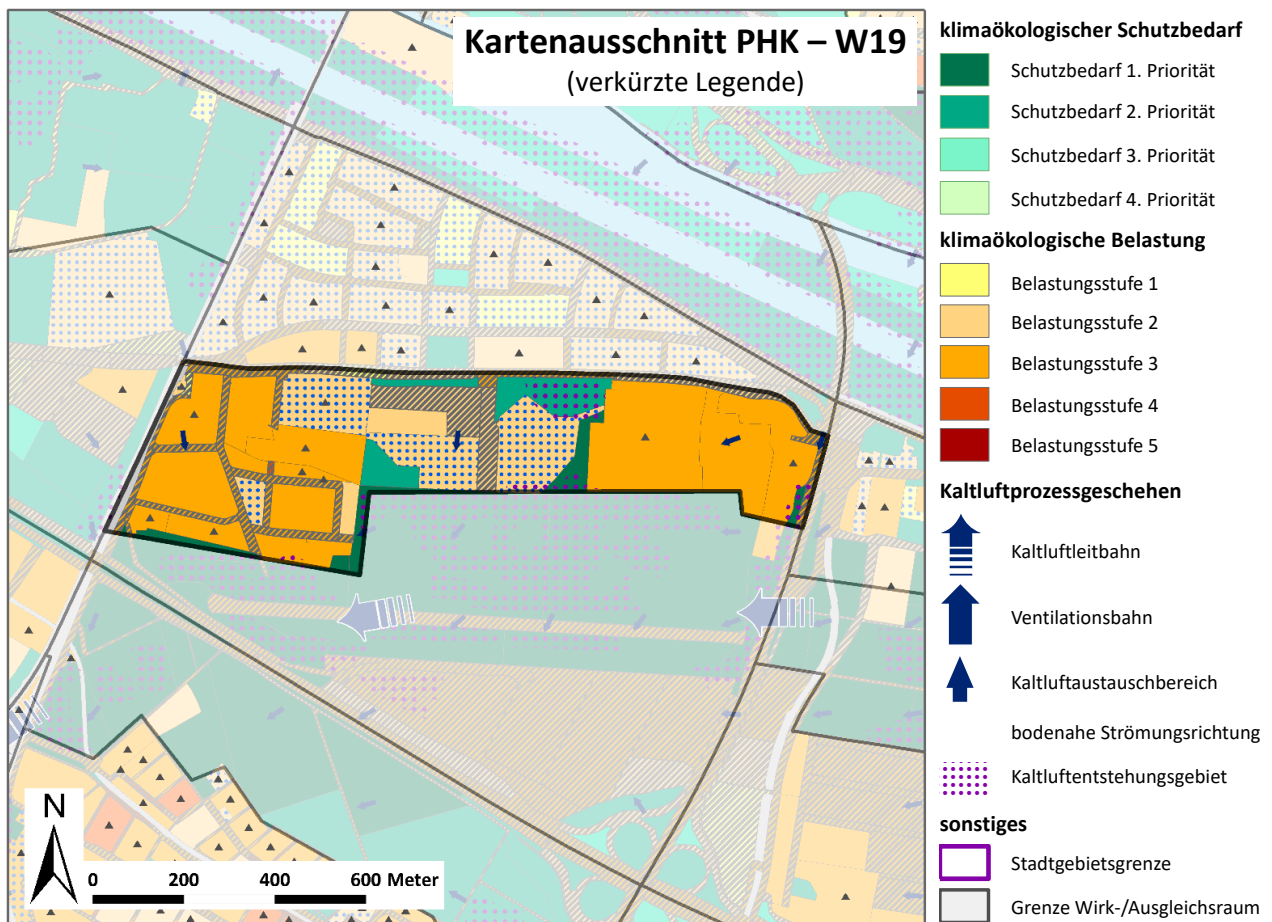
Maßnahmenempfehlungen

Zur Sicherung des positiven Eigenklimas im Stadtteil Neuostheim ist besonders im Norden die lockere Bebauungsstruktur zu sichern. Geschlossene Baublockstrukturen sind zu vermeiden (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Bei möglichen Umbaumaßnahmen oder kleineren baulichen Ergänzungen im Bestand sollte die Bauweise an die bestehende Situation angepasst sein (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**).

Öffentliche Grünflächen (z.B. Böcklin-Platz, Rudi-Baerwind-Platz, Holbeinplatz) sind mit ihrem Baumbestand ebenfalls zu erhalten. Um die Funktion der öffentlichen Grünflächen auch in den vermehrt trockenen Sommermonaten aufrecht zu erhalten, ist ihre ausreichende Bewässerung sicher zu stellen (Planungsmaßnahme **M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**). Bei Kinderspielflächen (z.B. Holbeinplatz, Karl-Ladenburg-Straße) ist vermehrt auf den sommerlichen Sonnenschutz zu achten. Hier können ggf. temporäre bautechnische Maßnahmen (Sonnensegel etc.) in Betracht gezogen werden (**M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**).

WIRKRAUM: W19 – NEUOSTHEIM (SÜD)

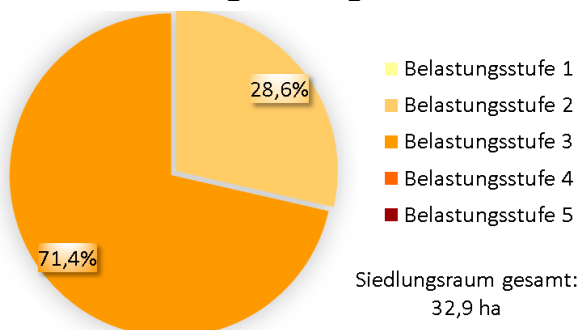


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

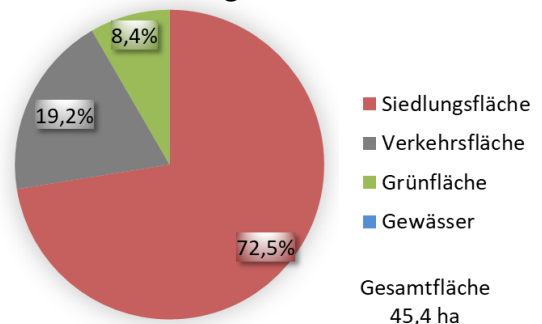
Der Wirkraum **W19 Neuostheim (Süd)** umfasst die Flugplatzgebäude, FH- und Verwaltungsgebäude, den Büropark Eastsite sowie die Gewerbebauten Am Schäferstock. Wie aus den Isothermenkarten für den 22.-23.07.2019 hervorgeht, bildet der Wirkraum W19 zusammen mit der Bebauung Neuostheim (Nord) eine lokale Wärmeinsel. Gegenüber dem Freiraumgefüge östlich der B38a werden bspw. in der ersten Nachthälfte um bis zu ca. 4°C höhere Lufttemperaturen gemessen. Eine stärkere Ausprägung der örtlichen Überwärmung wird durch die direkte Lagebeziehung zum Ausgleichsraum A15 unterbunden, dessen thermische Ausgleichsleistung als sehr hoch einzustufen ist.

In Richtung Westen bildet der Damm der Riedbahn ein markantes Strömungshindernis. Er unterbindet eine effektivere Verknüpfung mit dem thermischen Ausgleichspotenzial im Umfeld des Technoseums.

Wärmebelastung Siedlungsraum W19



Nutzungsstruktur W19



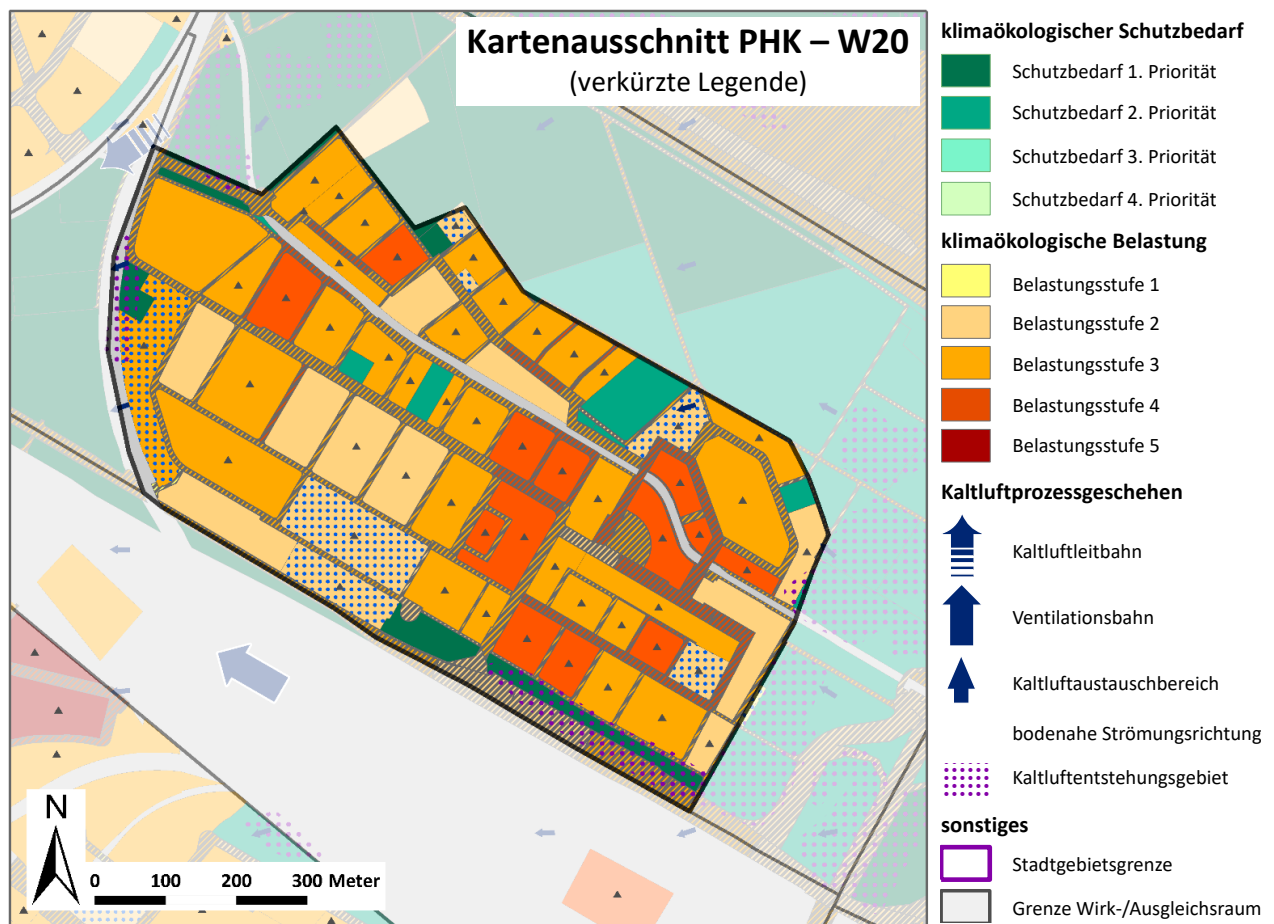
Maßnahmenempfehlungen

Die großzügigen Grünflächen im Bereich der Hochschulen an der Seckenheimer Landstraße bilden ein wichtiges gebietsinternes klimatisches Gunstpotenzial, das auch die thermischen und strömungsdynamischen Verhältnisse in der nördlich angrenzenden Bebauung von Neuostheim positiv beeinflusst. Die Grünflächen sollten daher entsprechend der Maßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** erhalten bleiben. Bauliche Nachverdichtungen sind kritisch zu bewerten und ggf. einer klimaökologischen Prüfung zu unterziehen.

Wird die Aufgabe des Flugplatzes Neuostheim erwogen, so ist ein Freiraum- und Bebauungskonzept unter Berücksichtigung der vielfältigen klimaökologischen Belange zu erstellen. Eine großflächige Überbauung des Flugplatzgeländes ist auch langfristig auszuschließen.

Auch eine weitere Ausdehnung der gewerblichen Flächen in Richtung A656 (Kleingartengelände) ist aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen (Planungsmaßnahme **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**), da diese Flächen als Teil des Grünzugs Südost eine bedeutsame Funktion als Strömungsleitbahn besitzen.

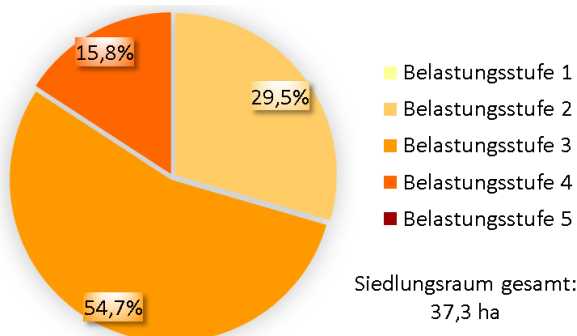
WIRKRAUM: W20 – NEUHERMSHEIM



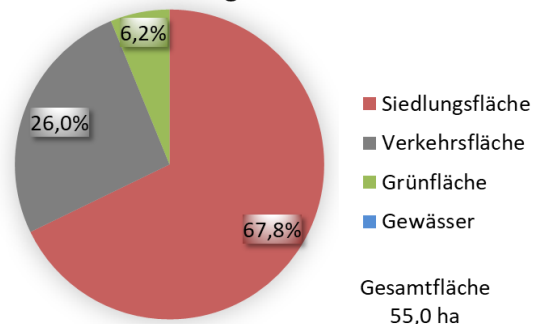
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Stadtteil **Neuhermsheim (W20)** ist geprägt von Einzel- Reihen und Mehrfamilienhäusern und lockerer Durchgrünung. Er weist eine ähnliche Wärmeinselintensität auf, wie der Wirkraum W18 (Neuostheim Nord) auf. Allein der Gerd-Dehof-Platz mit seinen versiegelten Parkierungs-/Platzflächen weist etwas stärkere Überwärmungstendenzen auf. Aufgrund der lockeren Bebauung und starken Durchgrünung werden in warmen Sommernächten gegenüber den Ortskernen von Seckenheim oder Feudenheim um ca. 1 – 2°C niedrigere Lufttemperaturen gemessen (siehe Isothermenkarten für den 22.-23.07.2019). Gegenüber den Mannheimer Quadraten liegen die Lufttemperaturen in der ersten Nachthälfte sogar um ca. 3 – 4°C niedriger. Die gartenstadtähnliche Bebauung (starke Durchgrünung durch Hausgärten) erzeugt ein günstiges Eigenklima,

Wärmebelastung Siedlungsraum W20



Nutzungsstruktur W20



das sich in rascher abendlicher Abkühlung ausdrückt. Zusätzliche thermische Positiveffekte ergeben sich über den Harrlachgärten.

Die Ergebnisse der Modellrechnung lassen vermuten, dass sich insbesondere im Osten von Neuhermsheim bei besonders windschwachen Strahlungsnächten eine stärker ausgeprägte Wärmeinsel ausbildet (Belastungsstufe 3 bis 4). Hauptauslöser hierfür dürfte die starke Barrierewirkung am östlichen Siedlungsrand sein, welche durch die abschirmende Ausrichtung der Zeilen- bzw. Reihenhausbauung ausgelöst wird. Die erhöhte Barrierewirkung kann durch thermisch bedingte Flurwinde kaum überwunden werden, wodurch der Luftaustausch mit den Grünflächen westlich der B38a stark eingeschränkt ist.

Maßnahmenempfehlungen

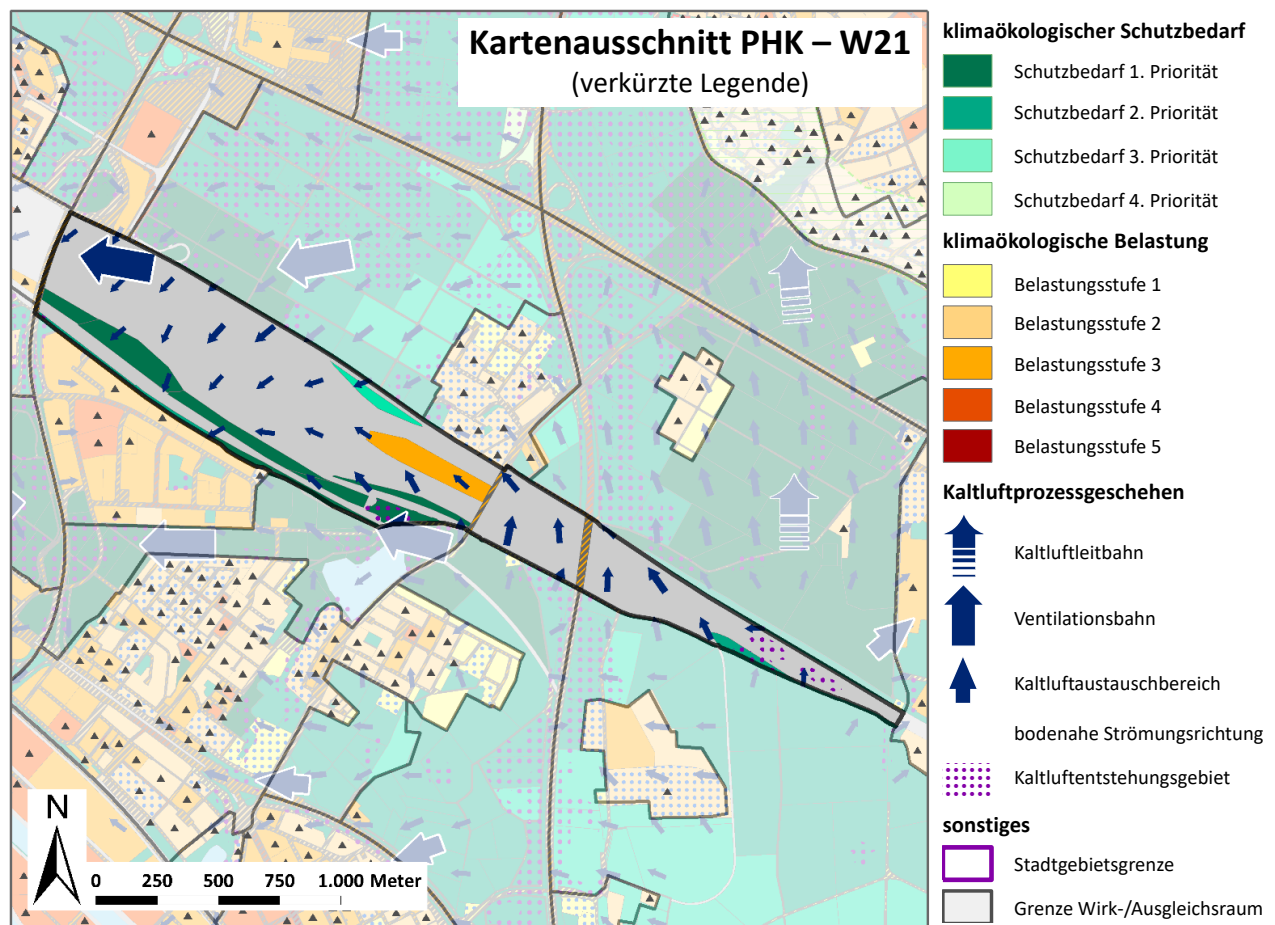
Die Bebauung von Neuhermsheim weist ein recht hohes gebietsinternes thermisches Gunstpotenzial auf, das durch die Harrlachgärten ergänzt wird. Gebietsinterne Abstandsflächen/Ventilationsachsen (begrüntes Gleis der Stadtbahn) ermöglichen trotz der starken Kammerung des Geländes zwischen B38a und Riedbahn zu- meist noch ausreichende Belüftungseffekte. Bauliche Nachverdichtungen sollten nur behutsam vorgenommen werden. Dies gilt insbesondere für den östlichen Siedlungsrand mit seiner aktuell bereits starken Barrierewirkung.

Die noch vorhandene Abstandsfläche zur B38a sollte im Interesse eines funktionierenden Luftaustauschs und günstiger lufthygienischer Umgebungsbedingungen als Vegetationsfläche/Kleingärten gesichert bleiben (Breite ca. 230 bis 250 m).

Bei Kinderspielflächen/Bolzplätzen etc. (z.B. am Harrlachgärtenweg, Landsknechtweg) ist vermehrt auf den sommerlichen Sonnenschutz zu achten. Hier können ggf. temporäre bautechnische Maßnahmen (Sonnensegel etc.) in Betracht gezogen werden (**M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**). Grünflächen wie zwischen Van-den-Branden-Weg und B36 sowie an der Maria-Königin-Kirche sind als örtliche Kaltluftquellen langfristig zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Ergänzend wären entsprechend des Planungsmaßnahme **M05 (Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung)** am Gerd-Dehof-Platz Entsiegelungsmaßnahmen (oder Schaffung von Wasserspielen/Brunnenanlagen) zu empfehlen, um die örtliche Wärmebelastung zu dämpfen.

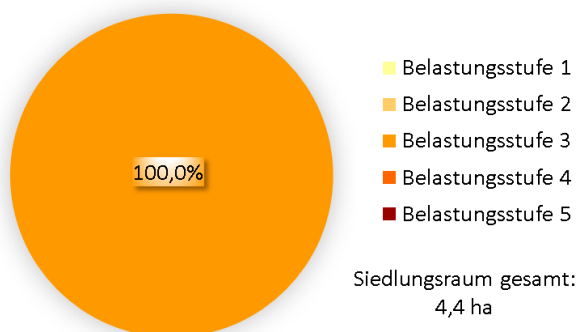
WIRKRAUM: W21 – RANGIERBAHNHOF-OST



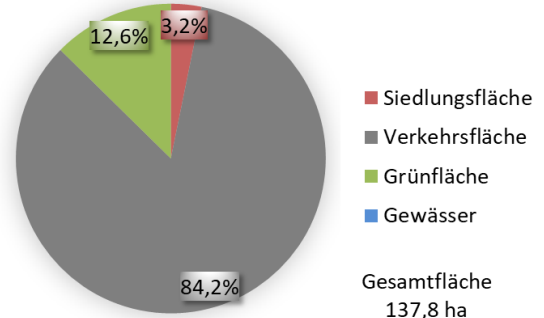
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **Rangierbahnhof (W21)** nimmt eine Sonderstellung ein. Die Gleisanlagen und Güterwaggons wirken in sommerlichen Strahlungsnächten zwar der nächtlichen Abkühlung entgegen, aufgrund der weitgehend fehlenden Bebauung und der großflächigen Ausdehnung bilden sie aber dennoch eine Durchlüftungszone sowohl in Südost-Nordwest-Richtung als auch in Nord-Süd-Richtung. Über den nach Nordwesten anschließenden Wirkraum **W 24** ergeben sich Belüftungseffekte bis in den Bereich Lindenhof.

Wärmebelastung Siedlungsraum W21



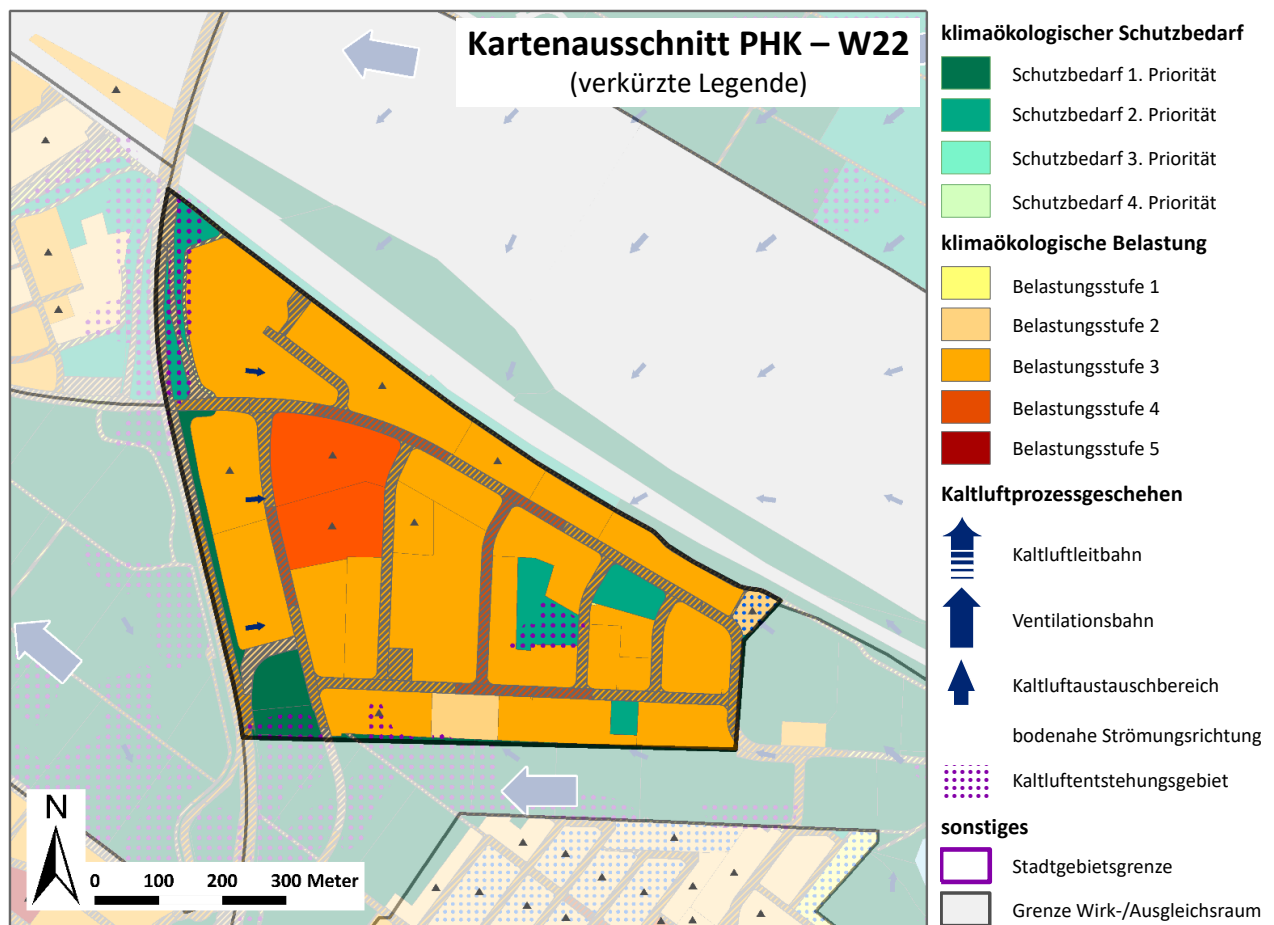
Nutzungsstruktur W21



Maßnahmenempfehlungen

Die sehr geringe Oberflächenrauigkeit der Gleisflächen führt insbesondere während Windwetterlagen zur Aufnahme und Kanalisierung von übergeordneten Luftströmungen, kann also wesentlich zur Stadtbelüftung beitragen. Zur Sicherung dieses Effektes sind bei größeren baulichen Modifikationen (z.B. Hallenkomplexe) in den Wirkräumen W21/W24 die strömungsdynamischen Prozesse zu berücksichtigen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

WIRKRAUM: W22 – GEWERBEGEBIET MALLAU



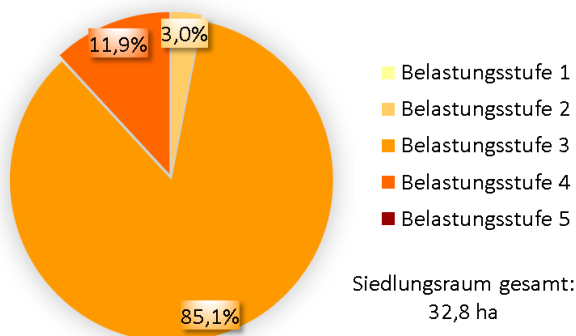
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Das **Gewerbegebiet Mallau (W22)** ist im Westen von großflächigen Gewerbebauten geprägt. Im Süden und Osten besteht vermehrt kleinteiliges Gewerbe.

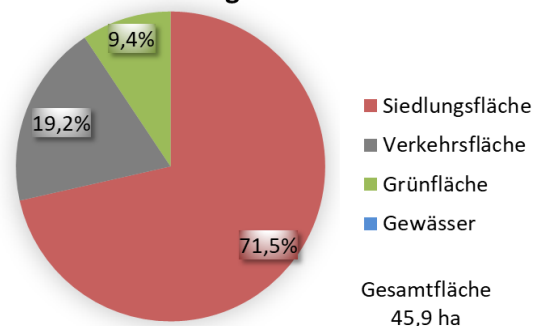
Insgesamt zeigt sich das **Gewerbegebiet Mallau** bei den Messfahrten mäßig überwärmt. Stellenweise noch vorhandene Brachflächen begünstigen die nächtliche Abkühlung und den Luftaustausch mit dem Freiland (z.B. Atzelaue). Die klimaökologischen Ausgleichsleistungen des Freiraums A21 kommen durch die Strömungsbarriere B38a nur in deutlich abgeschwächter Form zum Tragen.

Für die Tagsituation zeigen die Modellergebnisse eine für Gewerbegebiete typisch hohe Wärmebelastung. Diese ergibt sich neben dem hohen Versiegelungsgrad vor allem aufgrund der geringen Zahl an großkronigen Bäumen im Bereich der Parkplätze und Straßenzüge.

Wärmebelastung Siedlungsraum W22



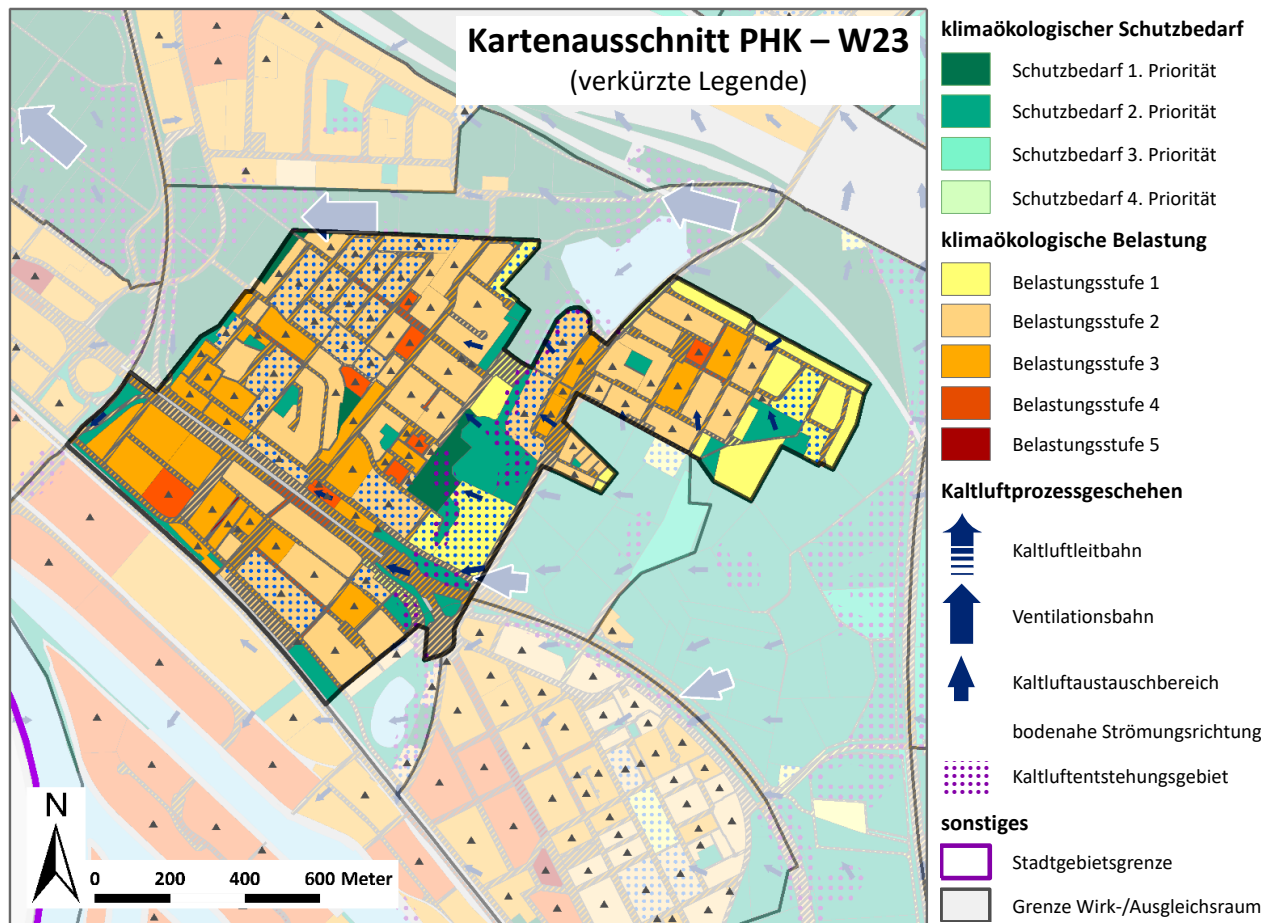
Nutzungsstruktur W22



Maßnahmenempfehlungen

Im Gewerbegebiet Mallau sind bei großflächigen Gewerbeansiedlungen bislang kaum klimaökologisch wirksame Ausgleichsmaßnahmen ergriffen worden. Ein Großteil der bebauten Grundstücke ist hochgradig versiegelt. Die im Verhältnis zu den Baumassen spärlichen grünordnerischen Maßnahmen (kleinkronige Bäume auf Parkierungsflächen) können nur wenig zur Klimaverbesserung beitragen. Im Zuge der weiteren baulichen Verdichtung wäre durch konsequente Begrünung der Flachdächer und Fassadenbegrünungen eine verbesserte klimaökologische Ausgleichsleistung zu erzielen (**M15 - Dachbegrünung, M16 - Fassadenbegrünung**).

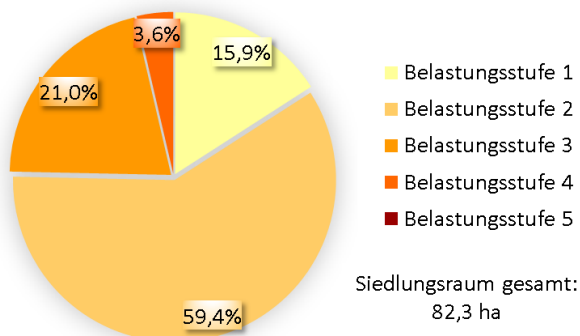
WIRKRAUM: W23 – PFINGSTBERG/CASTERFELD



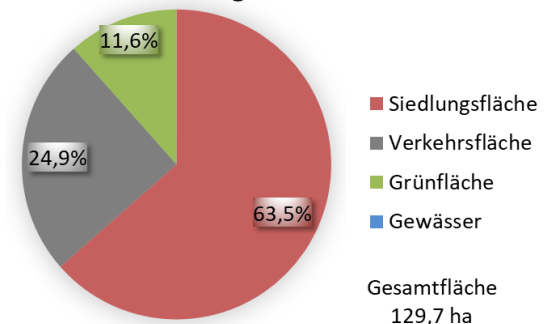
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die locker durchgrüneten Wohnbauflächen von **Pfingstberg/Casterfeld (W23)** werden von den Ausgleichsräumen A18 und A19 direkt klimaökologisch beeinflusst. Der hohe Grünanteil in den Wohngebieten Casterfeld (zwischen B38a im Westen und Wachenburgstraße im Osten) und Pfingstberg bedingt ein günstiges Eigenklima, so dass die Wärmebelastung in den Nachtstunden vergleichsweise gering bis mäßig ist. Im südwestlichen Teilbereich des Wirkraums W23 wirkt sich das Industriegebiet Rheinau-Hafen klimatisch negativ aus. Bei häufig vorherrschenden Südwest-Winden wird wärmebelastete Luft herantransportiert.

Wärmebelastung Siedlungsraum W23



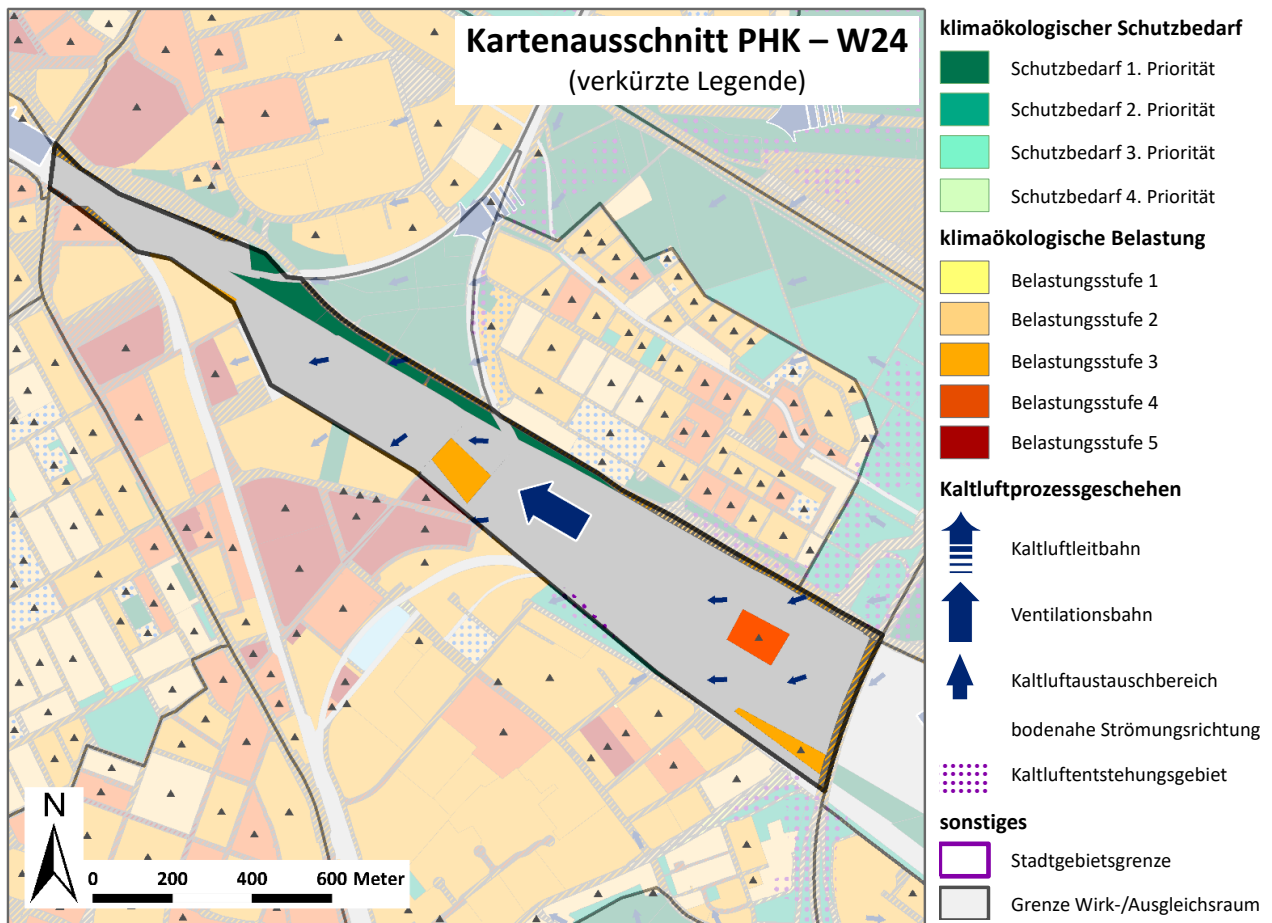
Nutzungsstruktur W23



Maßnahmenempfehlungen

Der Wirkraum W23 profitiert lokalklimatisch zum einen vom thermischen Gunstpotenzial der gebietsinternen Grünflächen (Hausgärten, Parkschwimmbad, Umfeld der Konrad-Duden-Schule) und zum anderen von der strömungsdynamisch günstigen Verknüpfung mit den angrenzenden Ausgleichsräumen A18 und A19. Diese Positivwirkungen sind zu sichern, indem bspw. bauliche Nachverdichtungen nur partiell vorgenommen werden und bei baulichen Umstrukturierungen die gebietsinterne Belüftung beachtet wird. Geschlossene Baublockstrukturen, vor allem am Siedlungsrand, sind zu vermeiden (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

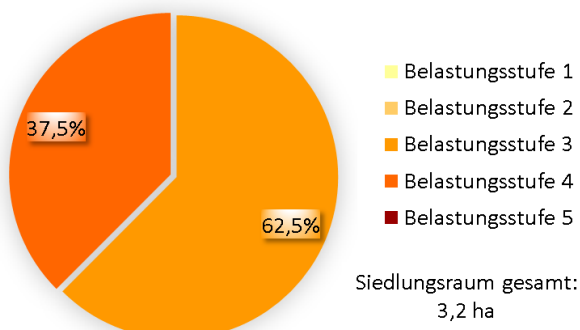
WIRKRAUM: W24 – RANGIERBAHNHOF-WEST



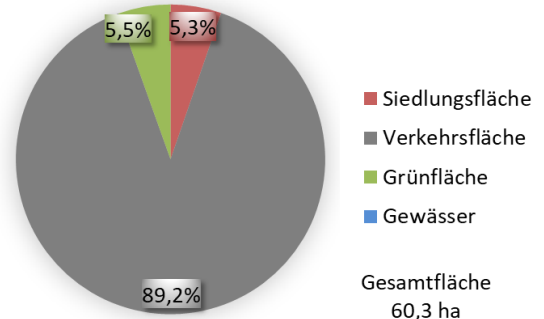
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **Rangierbahnhof-West (W24)** nimmt eine Sonderstellung ein. Die Gleisanlagen und Güterwagons wirken in sommerlichen Strahlungsnächten zwar der nächtlichen Abkühlung entgegen, aufgrund der weitgehend fehlenden Bebauung und der großflächigen Ausdehnung bilden sie aber dennoch eine Durchlüftungszone sowohl in Südost-Nordwest-Richtung als auch in Nord-Süd-Richtung. Über den Wirkraum **W24** ergeben sich Belüftungseffekte bis in den Bereich Lindenhof.

Wärmebelastung Siedlungsraum W24



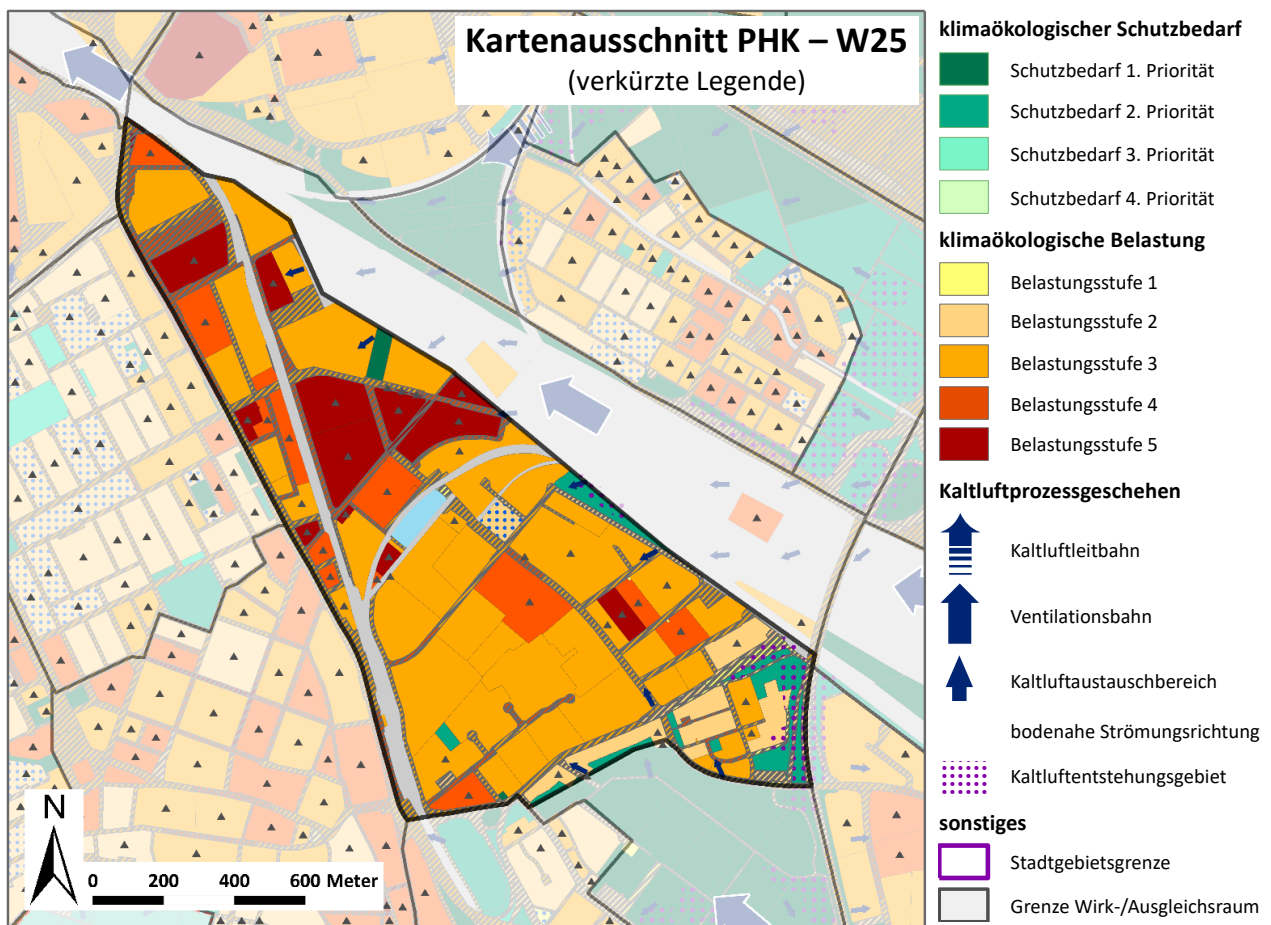
Nutzungsstruktur W24



Maßnahmenempfehlungen

Die sehr geringe Oberflächenrauigkeit der Gleisflächen führt insbesondere während Windwetterlagen zur Aufnahme und Kanalisierung von übergeordneten Luftströmungen, kann also wesentlich zur Stadtbelüftung beitragen. Zur Sicherung dieses Effektes sind bei größeren baulichen Modifikationen (z.B. Hallenkomplexe) im Wirkraum W24 die strömungsdynamischen Prozesse zu berücksichtigen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

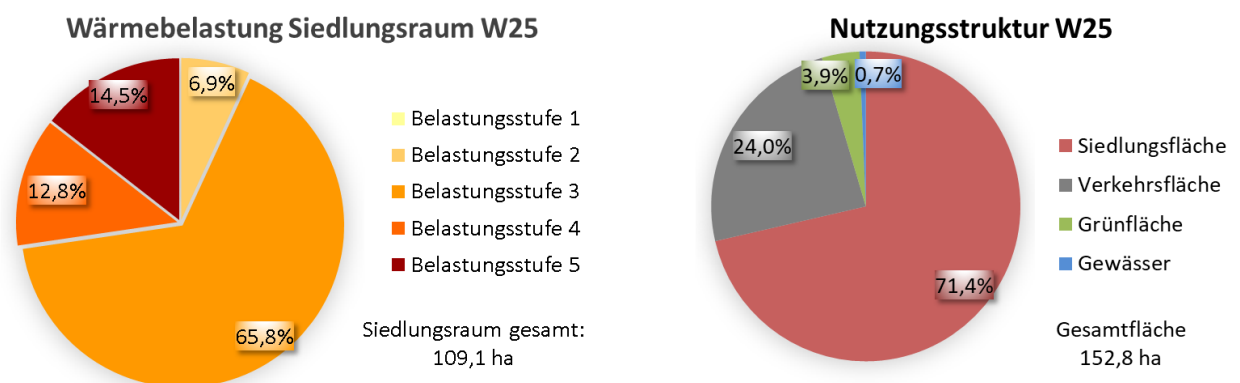
WIRKRAUM: W25 – GEWERBEGEBIET NECKARAU/ALMENHOF



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkungsraum **W25** umfasst das **Gewerbegebiet Neckarau/Almenhof** mit seinen großflächigen Gewerbebauten. In sommerlichen Strahlungsnächten wird das Gebiet häufig vom Ausgleichsraumgefüge A13/A16 positiv beeinflusst. Hierbei bilden die Gleisanlagen des Güterbahnhofs (W21/W24) eine wichtige Luftleitbahn.

Durch die weitgehend versiegelten Flächen und die fehlende direkte Anbindung an einen großräumig wirksamen Ausgleichsraum kommt es an sommerlichen Strahlungstagen stellenweise zu einer sehr hohen Wärmebelastung, die sich auch auf die benachbarten Wirkräume negativ auswirkt.



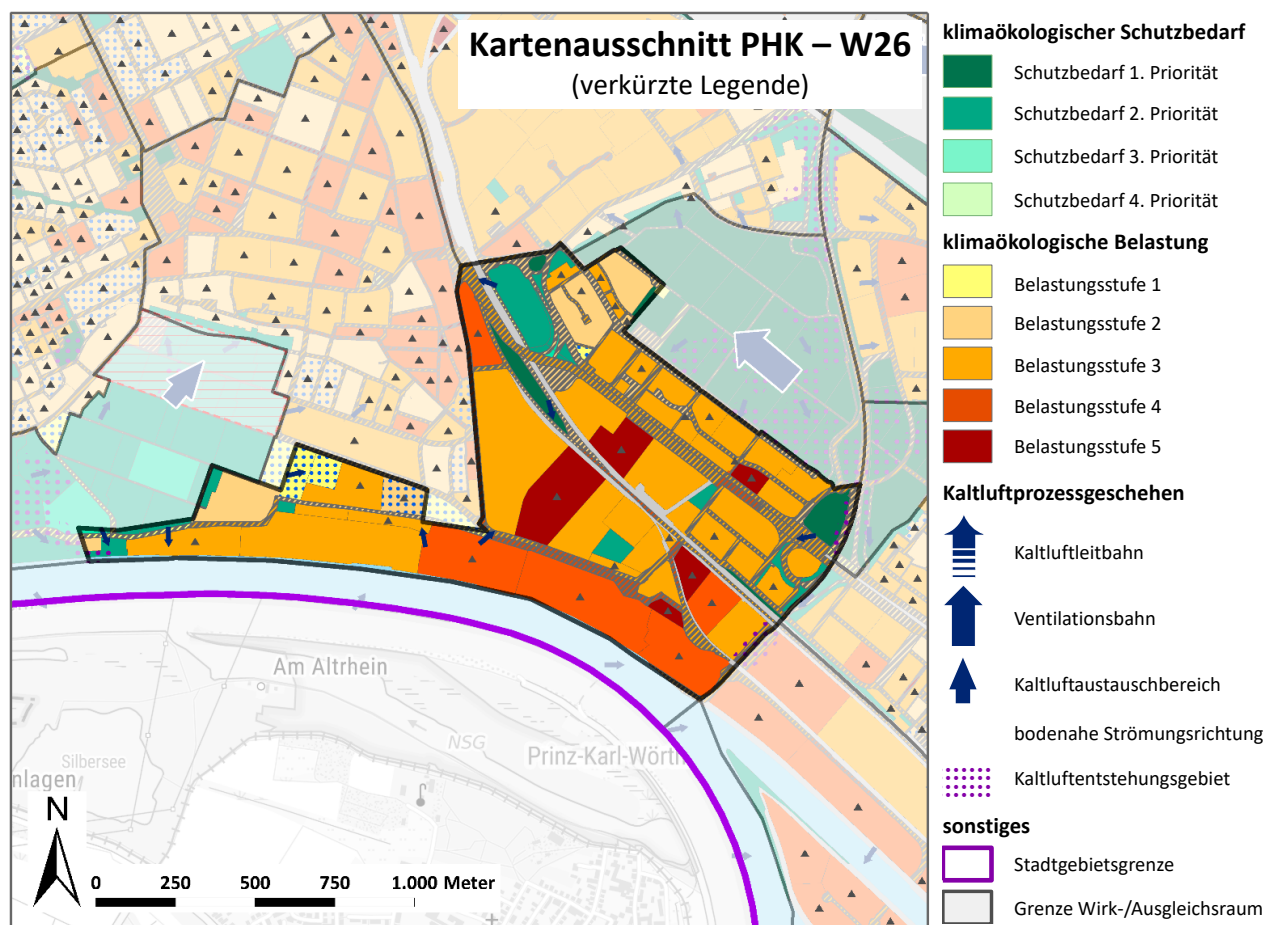
Maßnahmenempfehlungen

In bestehenden Gewerbe-/Industriegebieten ergeben sich durch die hohe GRZ von mind. 0,8 meist nur geringe Möglichkeiten zur Schaffung gebietsinterner Grünflächen. Flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen sind daher wichtige Elemente zur Gestaltung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen, die zukünftig vermehrt Beachtung finden sollten (Planungsmaßnahmen **M03 - Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten**, **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**, **M15 – Dachbegrünung** und **M16 - Fassadenbegrünung**).

Chancen für eine klimaökologische Aufwertung sind meist an Flächenstilllegungen oder an bauliche Umstrukturierungen geknüpft. So wurde nach Aufgabe des Geländes der Firma JOSEPH VÖGELE AG 2013 ein Klimagutachten beauftragt (ÖKOPLANA 2013B), um beim Bau der neuen Feuerwache-Mitte und der städtebaulichen Entwicklung eines neuen Standorts für Bildung und Dienstleistungen klimaökologische Belange (Begrünungsmaßnahmen, Beachtung von Durchlüftungsstrukturen) vermehrt zu berücksichtigen.

Im Bereich der Hauptverkehrsachse Neckarauer Straße könnte der Vegetationsanteil vergrößert werden. Hierzu bietet sich die z.B. Begrünung der Gleisanlagen an. Des Weiteren wäre zu prüfen, wo am Straßenrand zusätzliche Baumpflanzungen möglich sind (Planungsmaßnahme **M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren** und **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

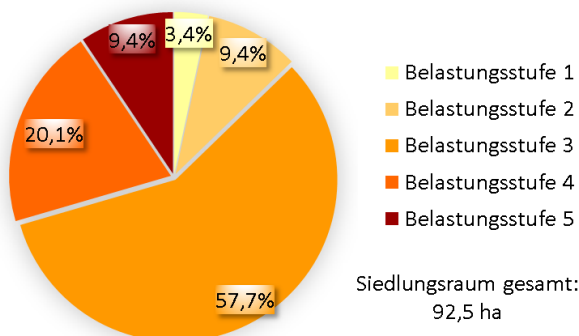
WIRKRAUM: W26 – GEWERBEGBEIT CASTERFELD GROSSKRAFTWERK



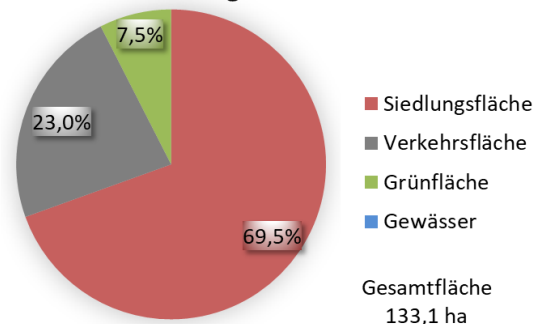
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W26 (Gewerbegebiet Casterfeld, Großkraftwerk)** umfasst großflächige Gewerbebauten sowie das Großkraftwerk mit seinen Halden am Rhein. Da im südwestlichen Stadtgebiet vermehrt südliche bis südwestliche Lokalströmungen auftreten, stellen sich für den Wirkraum W26 (Gewerbegebiet Casterfeld, Großkraftwerk Mannheim) klimaökologische Positiveffekte über dem Freiraumgefüge Rhein/Altriper Rheinaue ein. Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten dokumentieren, ist dennoch vor allem zwischen Rhenaniastraße und Plinaustraße eine stark erhöhte bioklimatische Belastung zu verzeichnen. Am 22.07.2019 wurden hier gegen 23:00 Uhr ähnlich hohe Lufttemperaturen gemessen wie in den Mannheimer Quadranten. Vergleichbare Ergebnisse zeigen die durchgeführten Modellrechnungen. Hier macht sich der hohe Versiegelungsgrad der Industrie-/Gewerbebebauung negativ bemerkbar.

Wärmebelastung Siedlungsraum W26



Nutzungsstruktur W26



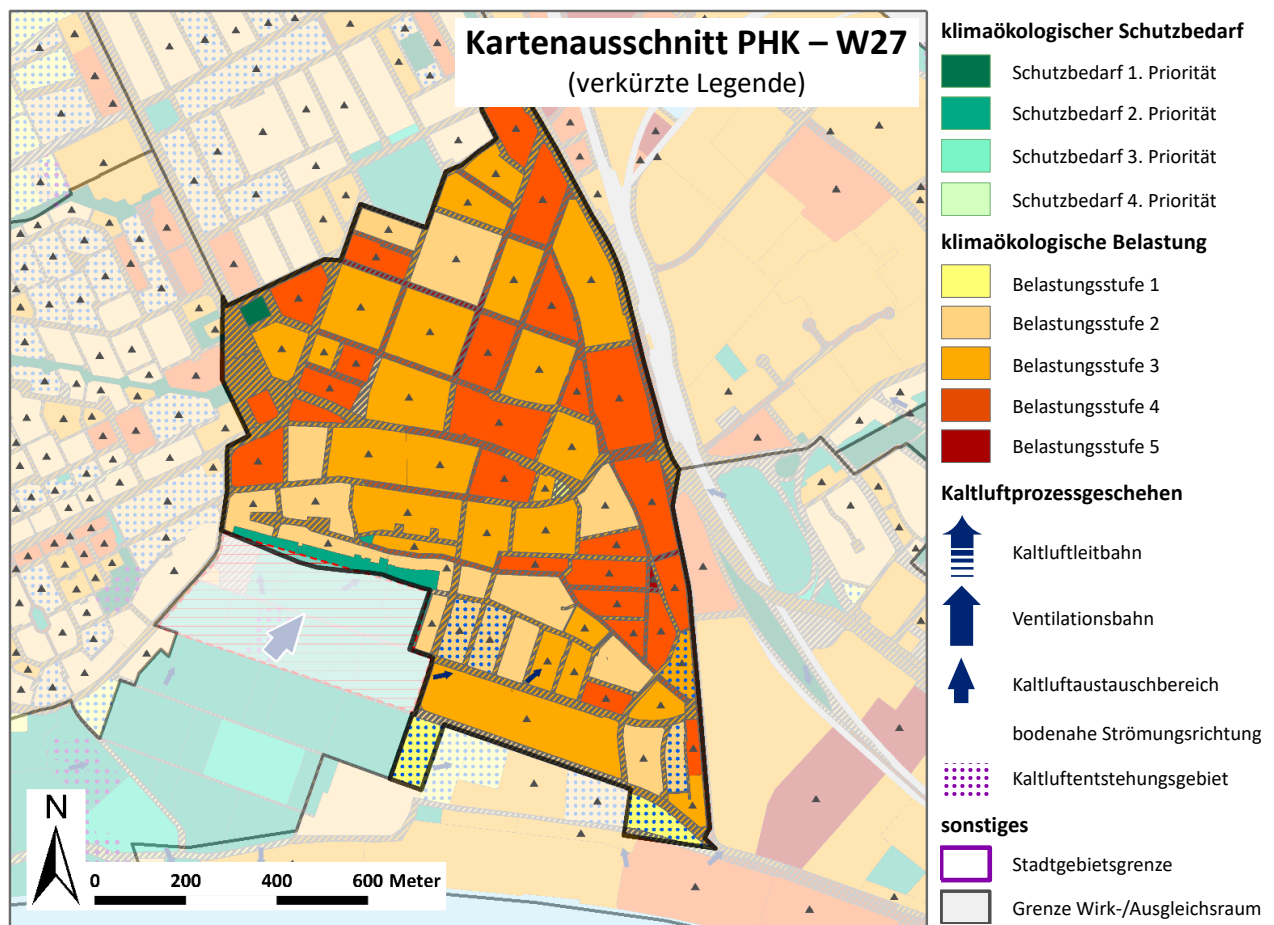
Maßnahmenempfehlungen

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten belegen, dass bei vorherrschenden Südostwinden die Warmluft aus dem Wirkungsraum W26 in Richtung Ortszentrum Neckarau verfrachtet wird und dort die bioklimatische Belastung erhöht.

Werden im Wirkungsraum W26 bauliche Veränderungen angestrebt (z.B. im Zuge von baulichen Umstrukturierungen durch veränderte Nutzeransprüche), so sollten vor allem entlang der Angelstraße und Plinaustraße klimaökologische Ausgleichsmaßnahmen in Form von Baumpflanzungen (Schattenwurf, Staubbinding) und Teilentsiegelungen getroffen werden (Planungsmaßnahmen **M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren, M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

Bei mittel-/langfristiger Aufgabe von Teilen des Großkraftwerks Mannheim wäre aus klimaökologischer Sicht am Ufer des Rheins eine Renaturierung anzustreben (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

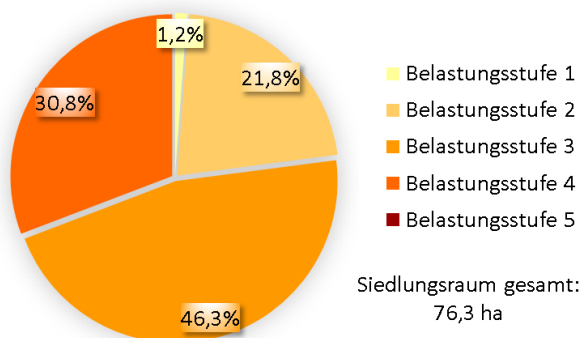
WIRKRAUM: W27 – NECKARAU-MITTE



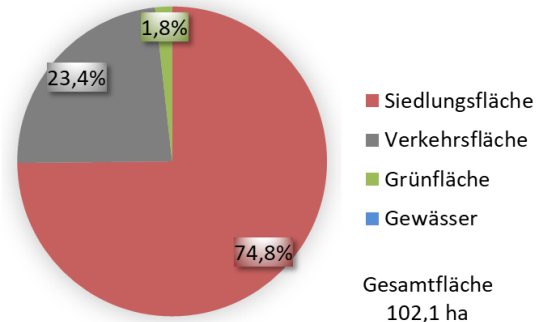
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Im **Ortszentrum von Neckarau (W27)** besteht eine hohe bis sehr hohe Wärmebelastung. Neben der z.T. dichten Blockrandbebauung sowie dem sehr geringen Anteil (öffentlicher) Grünflächen macht sich auch die thermische Ungunst der benachbarten Wirkungsräume W25 (Gewerbegebiet Neckarau) und W26 (Gewerbegebiet Casterfeld, Großkraftwerk Mannheim) klimatisch negativ bemerkbar. Nur im Südwesten besteht direkter Anschluss an einen Ausgleichsraum mit Kaltluftpotenzial (Aufeld).

Wärmebelastung Siedlungsraum W27



Nutzungsstruktur W27

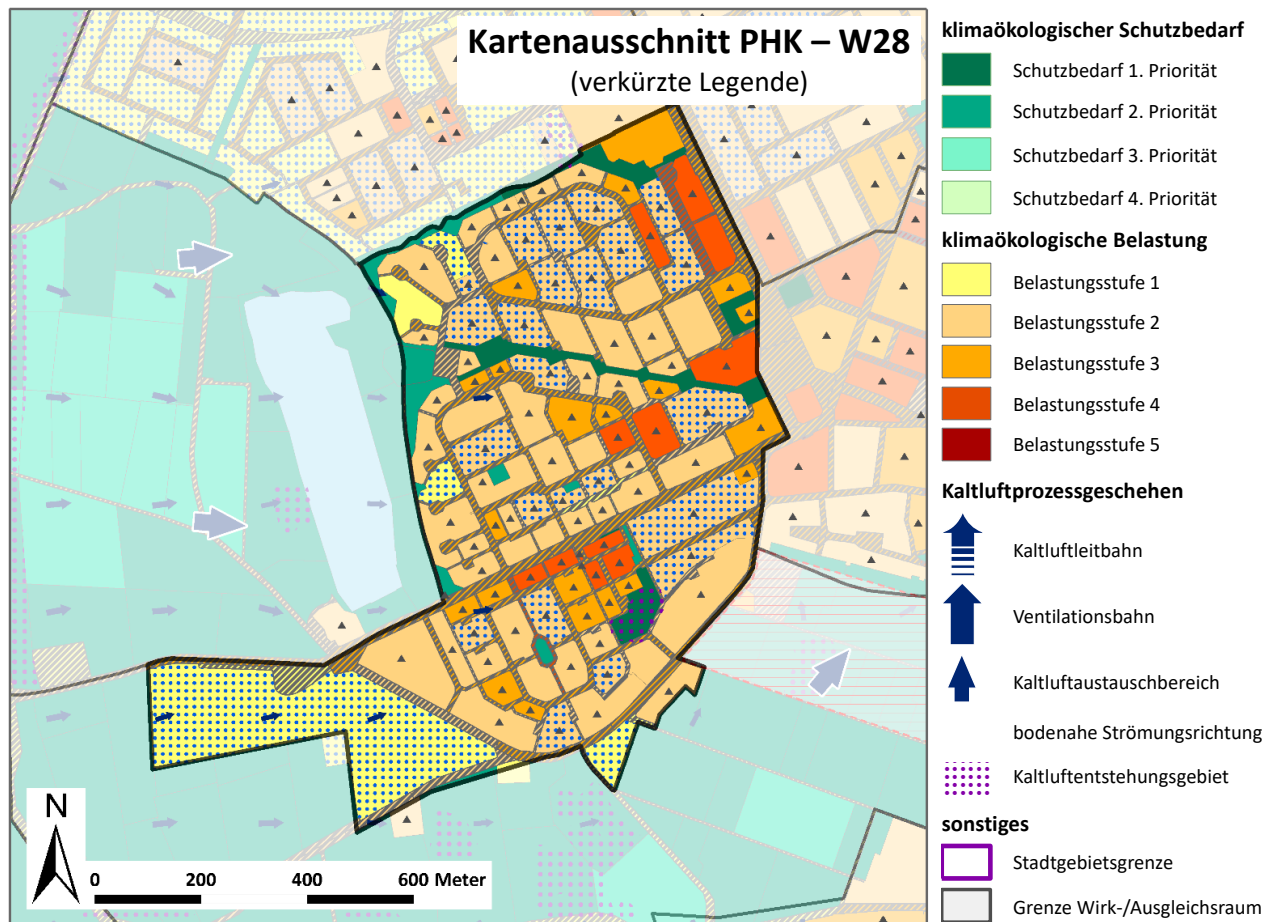


Maßnahmenempfehlungen

Im Ortszentrum von Neckarau können durch bauliche Entkernung der Blockinnenbereiche (**M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**), Teilentsiegelung von versiegelten Hofflächen (**M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren**) und Begrünung von Garagendächern (**M15 - Dachbegrünung**) kleinräumige Klimaverbesserungen erreicht werden.

Vor größerer Bedeutung ist jedoch die Sicherung des Freiraumes „Aufeld“, der bei häufig vorherrschenden Winden aus südwestlichen Richtungen Kalt-/Frischlufte in die Bebauung führt. Bauliche Ergänzungen im Bereich des Aufeldes wären ggf. kritisch zu hinterfragen. Öffentliche Grün- bzw. Spielflächen (z.B. Sennteichplatz) sind langfristig als klimaökologische Gunstflächen zu sichern. An heißen Sommertagen ist auf eine ausreichende Bewässerung der Grünflächen zu achten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**). Im Bereich des Rheingoldplatzes könnte die Schaffung einer Wasserfläche/Wasserspiele und ergänzender Schattenelemente (temporäre Sonnensegel etc.) die sommerliche Aufenthaltsqualität steigern (Planungsmaßnahmen **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung** und **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**).

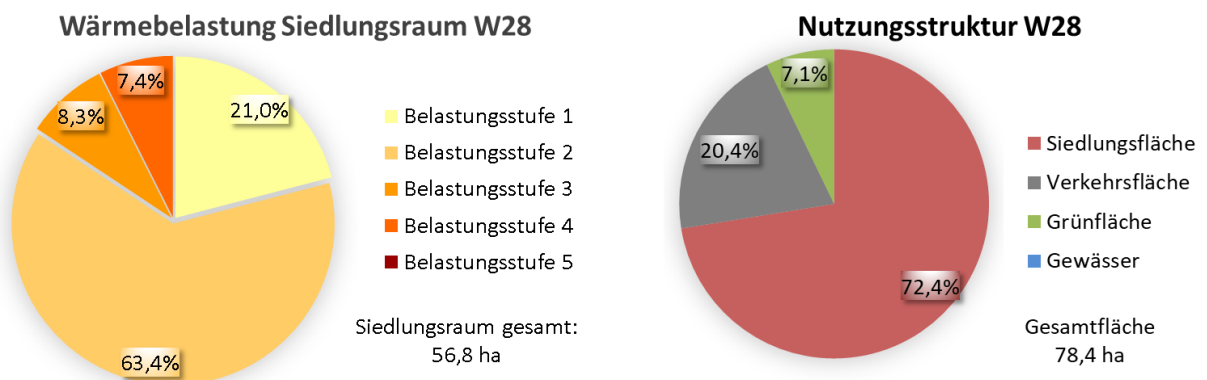
WIRKRAUM: W28 – NIEDERFELD/AUFELD



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Im Wirkraum **W28 (Niederfeld/Aufeld)** ist südlich der Rheingoldstraße von locker durchgrünter Reihen- und Mehrfamilienhausbebauung gekennzeichnet. Im Bereich Niederfeld bestehen ebenfalls derartige Baustrukturen, ergänzt durch Mehrgeschossbauten.

Im mehrjährigen Mittel werden durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von 2,4 m/s bestimmt. Die große Häufigkeit von mittleren Windgeschwindigkeiten unter 3,0 m/s (= 72%) belegt dabei die recht ungünstigen Ventilationsverhältnisse. Eine intensive Durchlüftung der Bebauung findet nur an ca. 28% der Tage im Jahr statt.



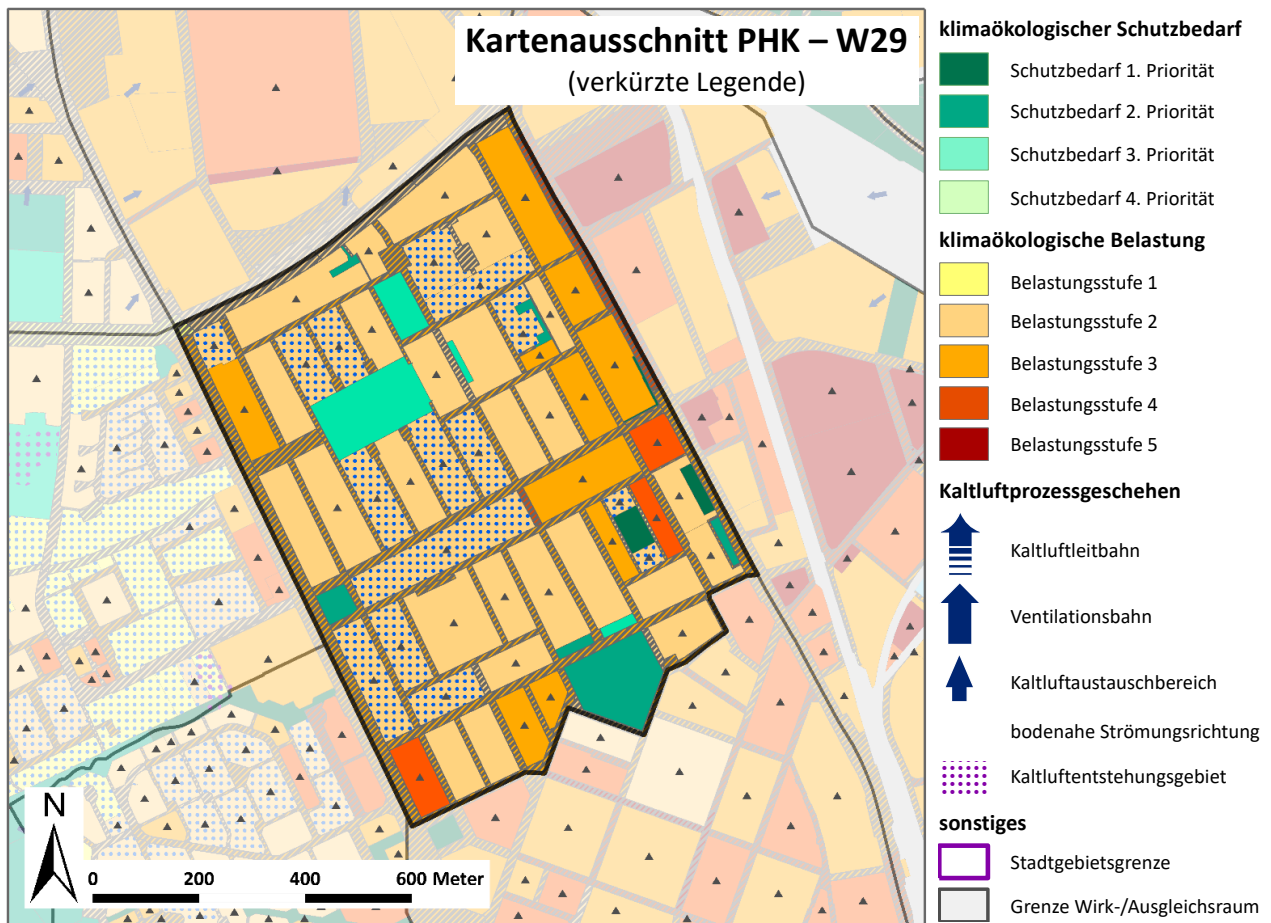
An klimaökologisch besonders relevanten Strahlungstagen wird das Ventilationsgeschehen im Bereich Niederfeld vermehrt durch regional/lokal angelegte Luftströmungen aus südlichen bis westlichen Richtungen bestimmt, wodurch der Wirkraum von der thermischen Ausgleichsleistung der Freiräume Stollenwörthweiher/Rottfeld/Waldpark/Aufeld profitiert. Positiv wirkt dabei die lockere Bebauungsstruktur am Übergang Freiraum/Bebauung. Die Wärmebelastung ist größtenteils als mäßig und nur stellenweise als hoch einzustufen (z.B. im südlichen Nahbereich der Rheingoldstraße).

Maßnahmenempfehlungen

Wesentliche Zugbahnen der bodennahen Kaltluft sind in Strömungsrichtung verlaufende Grünachsen (z.B. Grünanlage Niederfeld zwischen Tannhäuserring und Hans-Sachs-Ring, Sonnige Au), großzügige Gebäudeabstandsflächen und Gärten. Diese sind langfristig zu sichern und zu pflegen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Durch langfristigen Erhalt der lockeren Bebauungsstruktur am Übergang Freiland/Bebauung - z.B. entlang des Stollenwörthweihers - können die vergleichsweise günstigen klimatischen Verhältnisse im W28 erhalten werden.

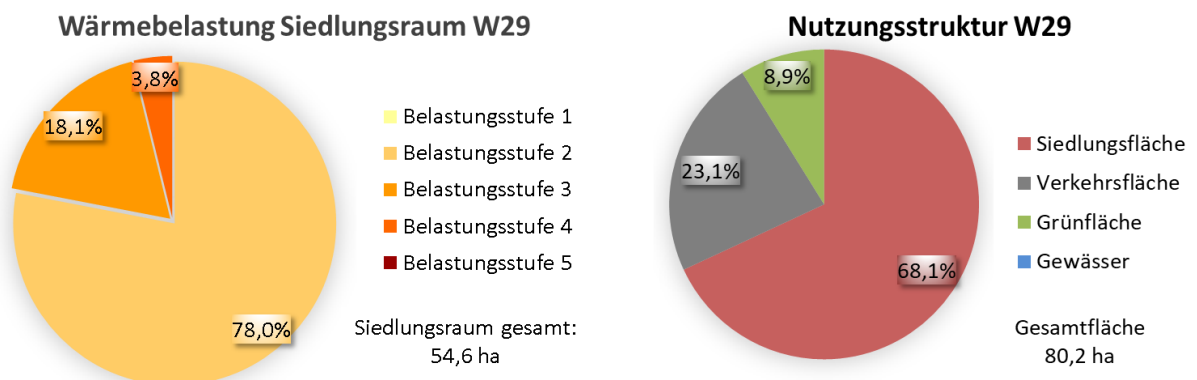
WIRKRAUM: W29 – ALMENHOF



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Im Wirkraum **W29 (Almenhof)** östlich der Steubenstraße überwiegt locker durchgrünte Einzel-, Reihen- und Zeilenhausbebauung. Durch den fehlenden direkten Anschluss an größere klimaökologische Ausgleichsräume ist die klimaökologische Situation an die örtliche Flächennutzung gebunden. Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten von 2019 und die Modellrechnungen dokumentieren, ist der Stadtteil Almenhof Teil einer „Wärmeschiene“, die sich vom Rheinauer Hafen über den Stadtteil Lindenhof bis zu den Mannheimer Quadraten erstreckt.

Kleinere bebauungsinterne Grünflächen (z.B. August-Bebel-Park, 48er Platz mit der „Grünachse“ Franz-Sigel-Straße, Rosa-Luxemburg-Park und Freiheitsplatz) heben sich zwar als vergleichsweise kühl hervor, ihre thermischen Gunsteffekte bleiben aber bei Schwachwindwetterlagen lokal auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt.



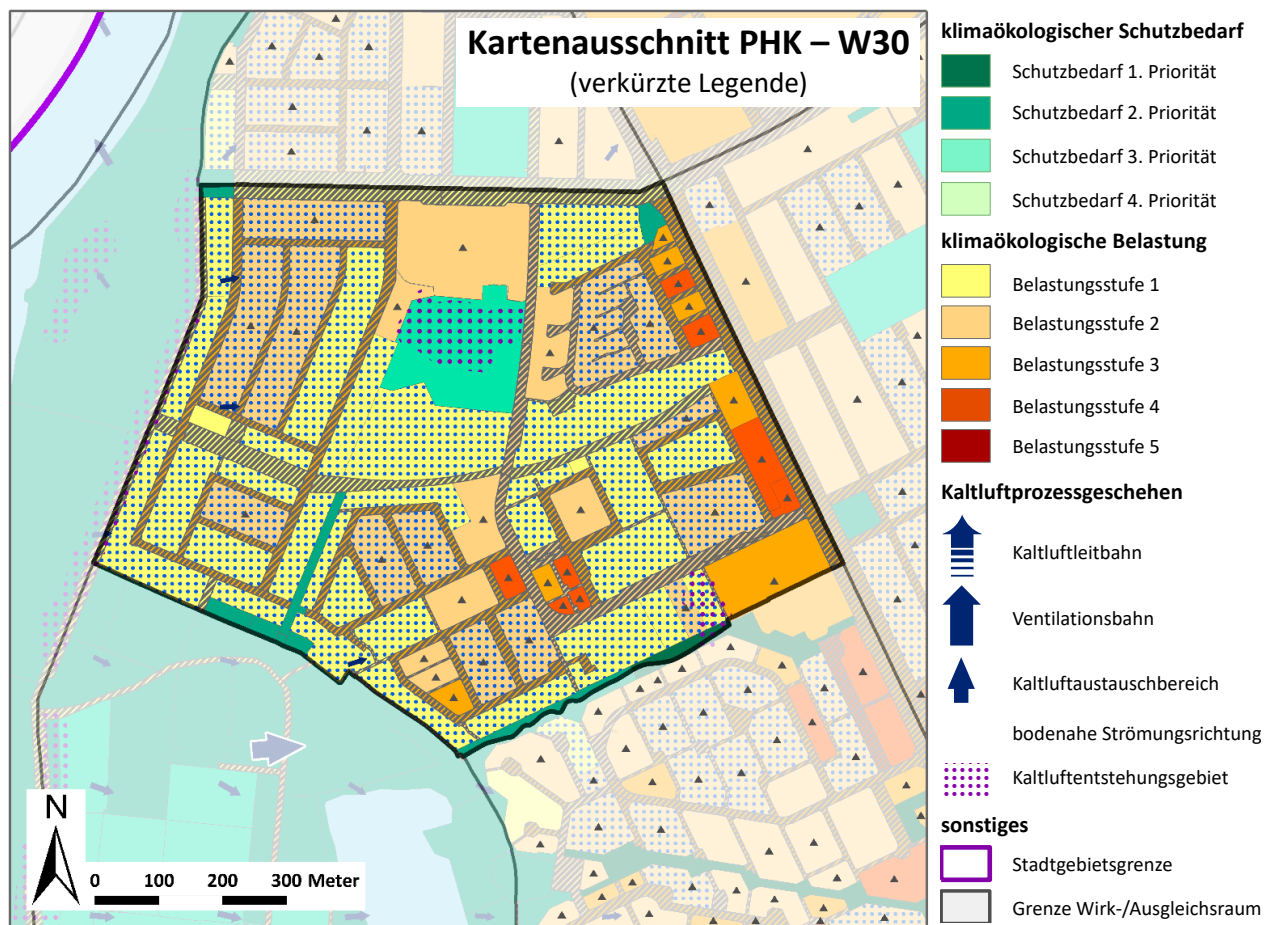
Der 48er Platz östlich der Robert-Blum-Straße bildet eine gebietsinterne Ventilationsfläche, über welcher der Höhenwind bodennah durchgreifen kann. Die Tendenz zu Luftstagnation wird deutlich reduziert.

Maßnahmenempfehlungen

Durch die fehlende Anbindung an größere Ausgleichsräume ist den gebietsinternen Frei-/Grünflächen erhöhte klimaökologische Bedeutung beizumessen. Begrünte Plätze wie der August-Bebel-Park und Rosa-Luxemburg-Park sind langfristig als „Frisch-/Kaltluftoasen“ zu erhalten (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Wird an eine Aufgabe des Sportgeländes gedacht, so sind die klimaökologischen Belange zu berücksichtigen. Eine großflächige Überbauung ist als kritisch einzustufen.

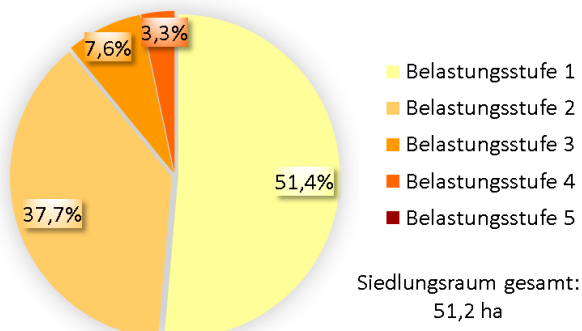
WIRKRAUM: W30 – NIEDERFELD



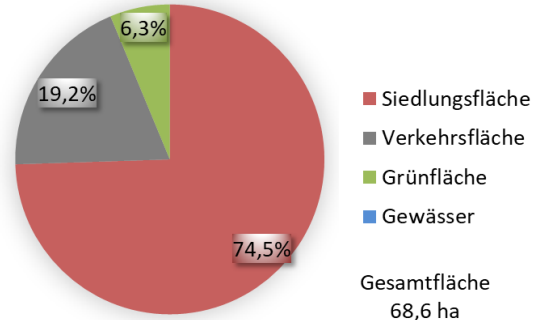
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W30 Niederfeld** mit der locker durchgrünzten Wohnbebauung im Westen und den Mehrgeschossbauten im Osten profitiert klimatisch von der Lagegunst zu den klimaökologischen Ausgleichsräumen Rott (A23) und Reißinsel/Waldpark (A24) und dem recht hohen Grünvolumen innerhalb des Wohngebiets (siehe auch W28). Die Wärmebelastung ist daher im westlichen Teilbereich nur gering (Belastungsstufe 1 bis 2). Eine erhöhte Wärmebelastung ergibt sich nur entlang der Steubenstraße und im südwestlichen Teilbereich der Feldbergstraße. Dort liegt kleinräumig ein erhöhter Versiegelungsgrad vor.

Wärmebelastung Siedlungsraum W30



Nutzungsstruktur W30



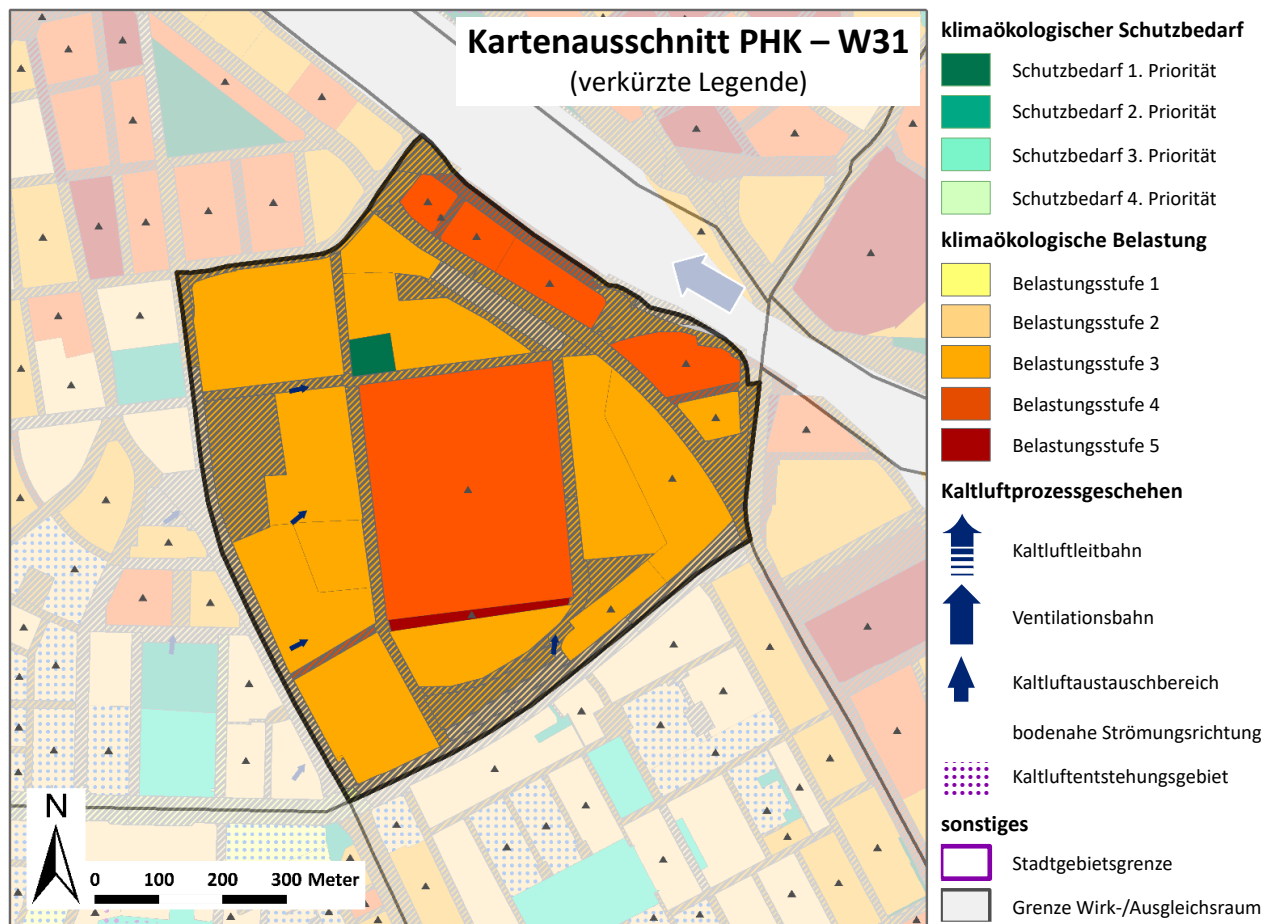
Maßnahmenempfehlungen

Durch langfristige Sicherung der lockeren Bebauungsstruktur am Übergang Freiland/Bebauung können die recht günstigen klimatischen Verhältnisse im W30 erhalten werden.

Bei baulichen Nachverdichtungen ist darauf zu achten, dass die gebietsinterne Belüftung nicht nachhaltig gestört wird. Geschlossene Blockstrukturen sind daher möglichst zu vermeiden (Planungsmaßnahmen **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**).

Die Grünflächen im Bereich des Moll-Gymnasiums /Diakonissenkrankenhauses sind als bebauungsinterne Kalt- und Frischluftquellgebiete vor einer baulichen Inanspruchnahme möglichst zu sichern (Maßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W31 – HOCHSCHULE/JOHN-DEERE-WERKE

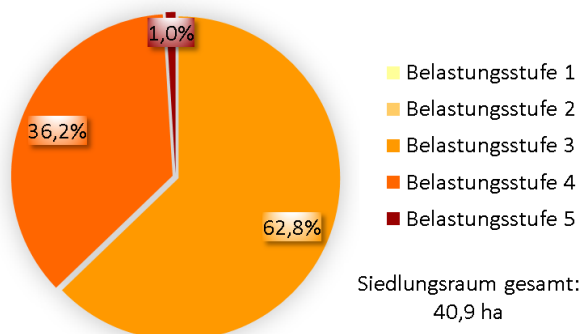


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

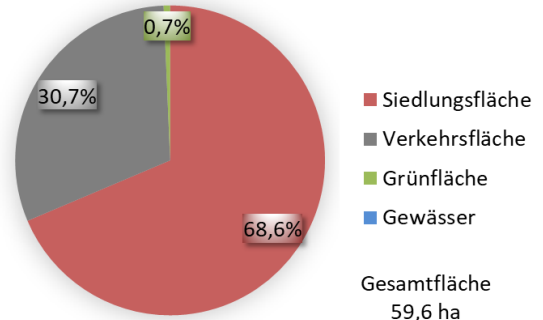
Der Wirkraum **W31** umfasst im Wesentlichen das **Werksgelände der JOHN-DEERE-WERKE** sowie die **Gebäude der Hochschule Mannheim**. Das Werksgelände ist hochgradig versiegelt und mit großflächigen Hallen bebaut. Auch die angrenzenden Flächen weisen nur wenige Grünstrukturen auf.

Der Wirkraum tritt auf der Isothermenkarte vom 22.07.2019 sowie bei den Modellrechnungen als thermisch belastet hervor. Die lang andauernde Wärmeabstrahlung der asphaltierten Stellflächen führt nach Sonnenuntergang zu einem deutlich verzögerten Lufttemperaturrückgang und zur Ausbildung eines örtlichen Wärmepools. Die das Werksgelände umschließende Mauer verstärkt diesen Effekt, da sie kleinräumige Luftaustauschprozesse zwischen Werksgelände und angrenzenden Straßenzügen erschwert. Insgesamt ergibt sich auf dem Werksgelände und in seiner Nachbarschaft eine hohe bis sehr hohe Wärmebelastung.

Wärmebelastung Siedlungsraum W31



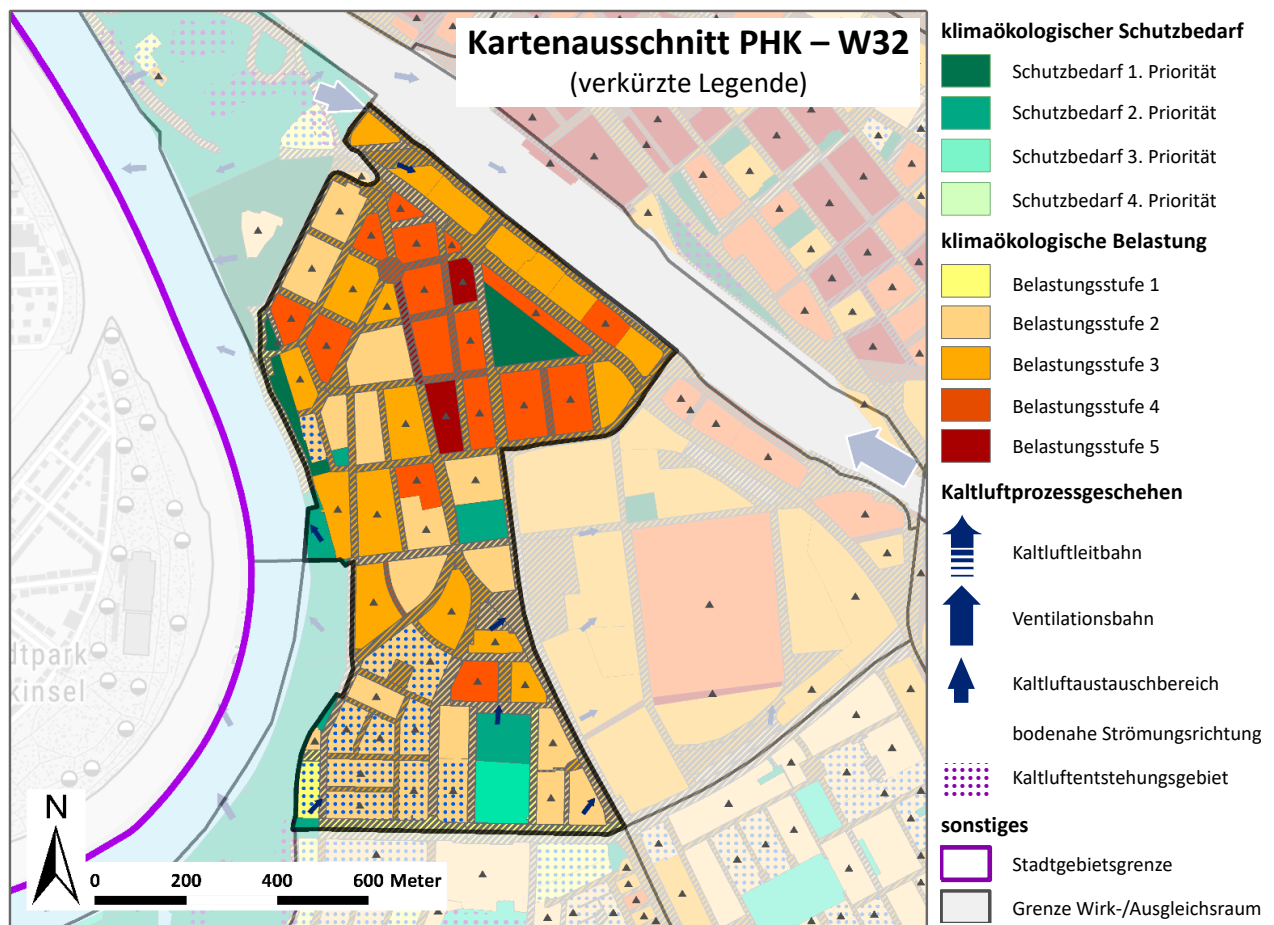
Nutzungsstruktur W31



Maßnahmenempfehlungen

Auf dem Gelände der JOHN-DEERE-WERKE können durch die erforderlichen Stellplatzflächen und die hohe Bebauungsdichte nur freiwillige flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen die lokalklimatische Situation verbessern (Planungsmaßnahmen **M03 - Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten**, **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**, **M15 - Dachbegrünung**, **M16 – Fassadenbegrünung** und **M17 - Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen**).

WIRKRAUM: W32 – LINDENHOF



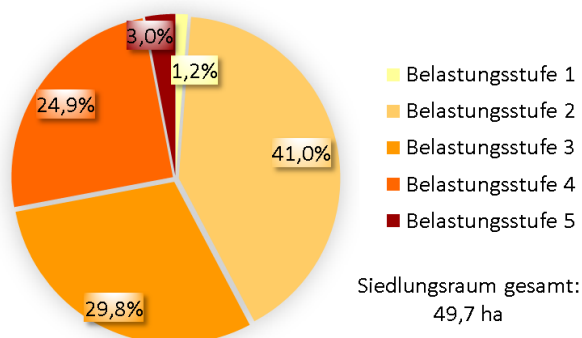
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W32 (Lindenhof)** umfasst neben der bestehenden Bebauung auch das neue Glückstein-Quartier mit seinen neuen Wohn- und Bürogebäuden unmittelbar südwestlich der B36.

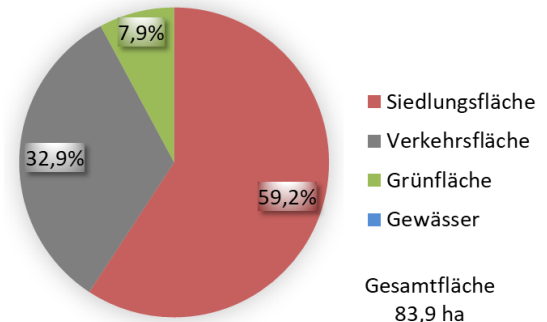
Die Wärmebelastung ist im nordöstlichen Teilgebiet des Wirkraums hoch bis sehr hoch, da der Hanns-Glückstein-Platz mit seinen Grünflächen keine weitreichenden Abkühlungseffekte bewirkt.

Im Stadtteilzentrum zwischen Meerfeldstraße und Bellenstraße ist ebenfalls eine sehr stark erhöhte Wärmebelastung festzustellen. Die thermische Gunstwirkung des Schlossparks (A25) und des Rheinufer (A59) bleibt in windschwachen Strahlungs Nächten auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt. Die räumlich eng begrenzte thermische Positivwirkung der Grünflächen am Rhein ist zum einen auf ihre relative Tieflage zur angrenzenden Bebauung zurückzuführen, zum anderen bewirken die nach längerer Hitzeperiode stark erwärm-

Wärmebelastung Siedlungsraum W32



Nutzungsstruktur W32



ten Wassermassen des Rheins in deren unmittelbarer Nähe einen gedämpften nächtlichen Temperaturrückgang. Die niedrigsten Werte finden sich im Schlosspark dementsprechend im Bereich zwischen der Helene-Lange-Schule und der Lindenhofbrücke.

In etwas schwächerem Maß kühlt sich die Luft über den Grünflächen am Hanns-Glückstein-Platz ab (Temperaturdifferenz zum Ortskern Lindenhof etwa 1,5 K). Gleichzeitig wirkt die thermische Gunst kaum über die Grünflächen hinaus, wobei die blockartige Bebauung entlang der Lindenhofstraße als Strömungshindernis wirkt und der Minderung des Wärmeinseleffektes im Ortskern entgegensteht. Weitere inselartige lokalklimatische Gunsträume bilden der Lanz-Park und der Pfalzplatz.

Südlich der Donnersbergstraße lockert sich die Bebauung deutlich auf und gleicht sich jener des Wirkraums W30 (Niederfeld) an. Die thermische Belastung ist dementsprechend deutlich reduziert (Belastungsstufe 2).

Maßnahmenempfehlungen

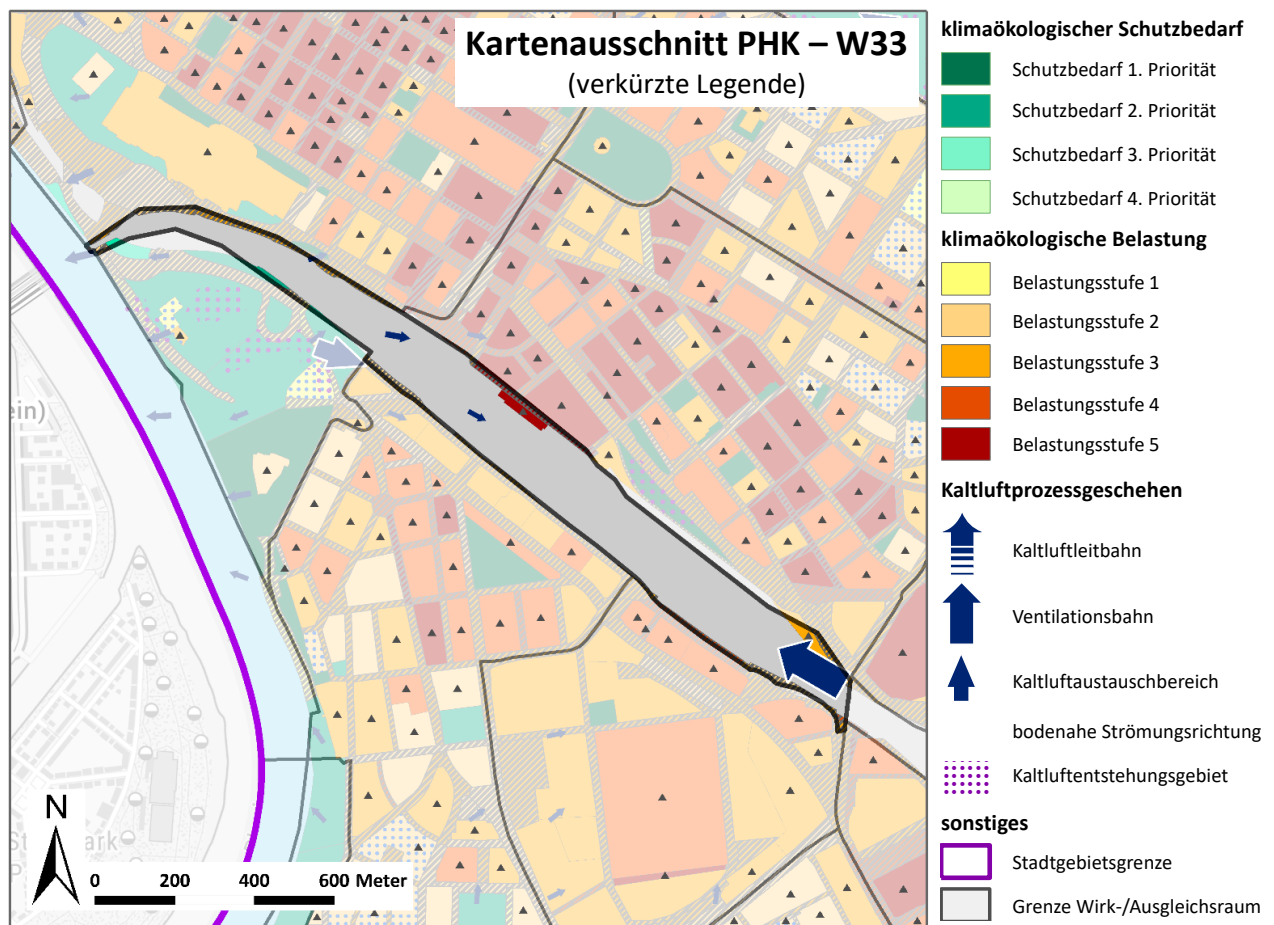
Voraussetzung für die Entwicklung des Quartiers war die Verlegung eines Teilabschnitts der Südtangente (B 36) direkt an die Bahngleise. Durch die Verlegung ist der Durchgangsverkehr von der Wohnbebauung im Lindenhof abgerückt. Die geplanten Bürogebäude schirmen die Wohnungen gegen den Verkehrslärm ab.

Der Hanns-Glückstein-Platz bildet zusammen mit dem Lanz-Park und dem Pfalzplatz bebauungsinterne Erholungsflächen, die mit ihren Baumbeständen auch an heißen Sommertagen Aufenthaltsqualitäten besitzen. Sie sind daher langfristig zu sichern und ihre Attraktivität aufrecht zu erhalten (Maßnahmen **M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Im Bereich der bioklimatisch sehr stark belasteten Baublöcke zwischen Meerfeldstraße und Bellenstrasse bietet sich die bauliche Entkernung und vermehrte Begrünung der Blockinnenbereiche als klimaökologische Ausgleichsmaßnahme an (**M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**). Auch die Grünausstattung der Meerfeldstraße sollte – wo möglich – noch weiter optimiert werden (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

Durch den Klimawandel mit erhöhter sommerlicher Wärmebelastung steigt der Bedarf an innerstädtischen Erholungsflächen. So ist neben dem Erhalt der Grünflächen entlang des Rheins bei sich bietender Gelegenheit eine Schaffung zusätzlicher bebauungsinterner Grünflächen anzustreben (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

WIRKRAUM: W33 – BAHNGLEISE HAUPTBAHNHOF

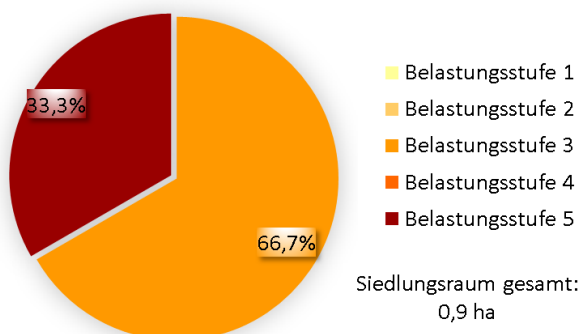


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

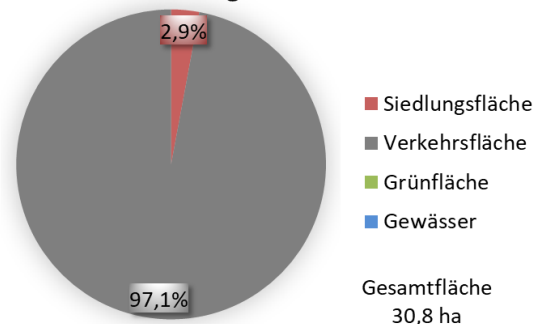
Die **Bahngleise im Bereich des Mannheimer Hauptbahnhofs (W33)** bilden eine Ventilationsachse zwischen den Stadtteilen Lindenhof und Schwetzingenstadt/Innenstadt. Durch die geringe Oberflächenrauigkeit des Geländes kann der großwetterlagenbedingte Gradientwind bodennah durchgreifen. Die Breite von ca. 120 – 150 m ermöglicht auch in Querrichtung bodennahe Belüftungseffekte.

In HELBIG ET AL. (1999) wird für eine stadtklimarelevante Luftleitbahn eine Breite von mindestens 50 m angegeben.

Wärmebelastung Siedlungsraum W33



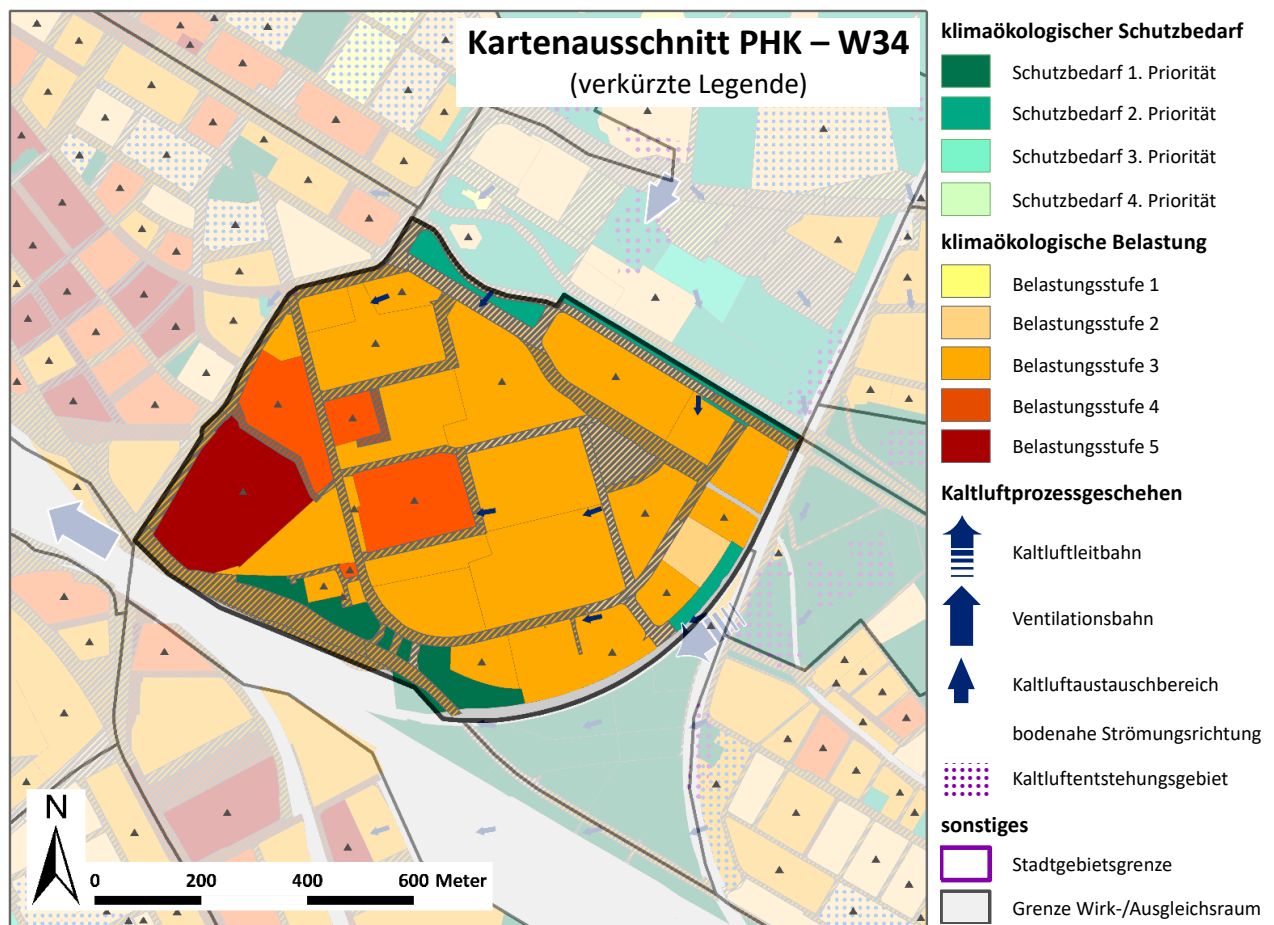
Nutzungsstruktur W33



Maßnahmenempfehlungen

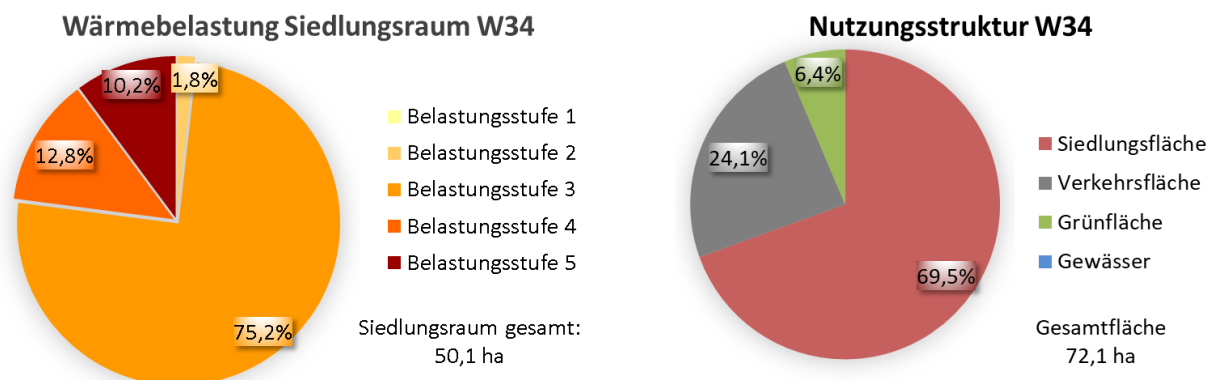
Die sehr geringe Oberflächenrauigkeit der Gleisflächen führt insbesondere während Windwetterlagen zur Aufnahme und Kanalisierung von übergeordneten Luftströmungen, kann also wesentlich zur Stadtbelüftung beitragen. Vergleichbar mit der Situation in Teilbereichen entlang der Reichskanzler-Müller-Straße sollten die Bahnanlagen von Grünstreifen (Wiesen, Sträucher, Bäume) gesäumt werden, um u.a. der Feinstaubausbreitung entgegen zu wirken (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

WIRKRAUM: W34 – GEWERBEGEBIET FAHRLACH



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Das **Gewerbegebiet Fahrlach (W34)** befindet sich am Übergang zum Freiraumgefüge A15/A16. Zwischen Ausgleichs- und Wirkraum können sich nach Sonnenuntergang bei windschwachen Strahlungswetterlagen sogartige Lokalströmungen entwickeln, die in den Randbereichen der Bebauung (Fahrlachstraße) zu thermischer Entlastung führen. Aufgrund der ausgedehnten befestigten Flächen und der großen Gewerbebauten stellen sich an Strahlungstagen dennoch stark bis sehr stark erhöhte Wärmebelastungen ein. Auch die Trasse der Riedbahn am Übergang zum östlichen Freiraum A16, die eine mäßige bis starke Barrierewirkung bedingt, unterbindet günstigere Klimabedingungen.

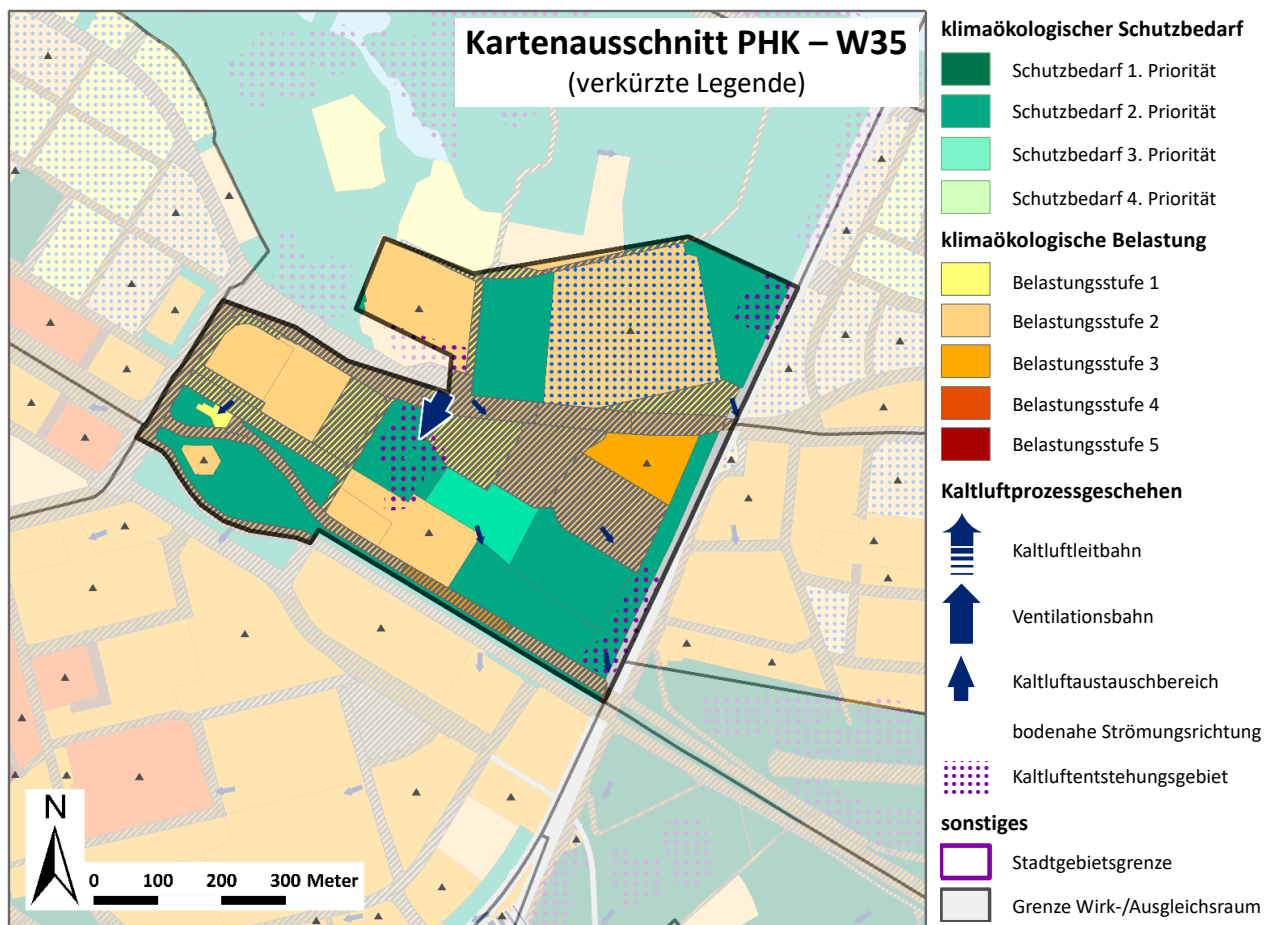


Maßnahmenempfehlungen

Durch das hohe thermische Ausgleichsdefizit im Gewerbegebiet Fahrlach ist auch im nordwestlich angrenzenden Stadtteil Schwetzingenstadt eine erhöhte bis stark erhöhte Wärmebelastung zu bilanzieren. Mit den häufig vorherrschenden lokalen Südostwinden wird die Warmluft auch zum Fahrlachgebiet in Richtung Mannheimer Innenstadt verfrachtet. Flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen könnten die thermische Ungunstwirkung verringern (Maßnahmen **M03 - Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten**, **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**, **M15 – Dachbegrünung**, **M16 – Fassadenbegrünung** und **M17 - Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen**). Die mittel- bis langfristige Entwicklung von bebauungsinternen Grün-/Freiraumachsen (z.B. im Zuge von größeren baulichen Veränderungen durch Nutzungsmodifikationen) in Nord-Süd und/oder Südost-Nordwest-Richtung wäre vorteilhaft (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

Die verbliebenen Freiflächen A16 (Harrlachgärten, Lochgärten) und A17 (Kleingärten Hintergereute) sind entsprechend der Maßnahmenempfehlung **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** als siedlungsnahen Freiräume zu sichern.

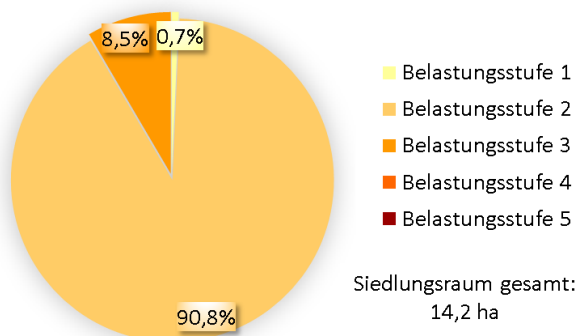
WIRKRAUM: W35 – EUROPAPLATZ/TECHNOSEUM/CARL-BENZ-STADION



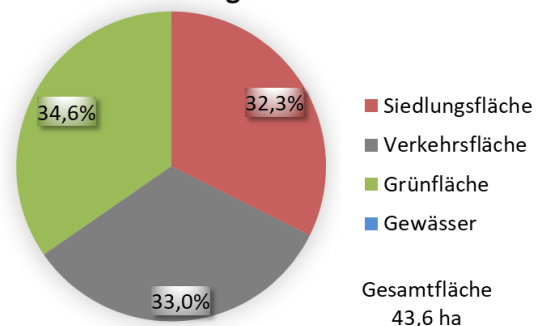
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W35 (Europaplatz, Friedensplatz, Technoseum, Carl-Benz-Stadion)** zeigt durch die heterogene Flächennutzung (Parkplätze, großvolumige Bauten, Sportanlagen, Grünflächen) auch eine differenzierte Verteilung der Wärmebelastung (Belastungsstufe 1 bis 3). Neben den gebietsinternen Ausgleichsleistungen vegetationsbedeckter Freiflächen ergeben sich bei passender Anströmung auch thermische Gunstwirkungen über den angrenzenden Regionalen Grünzug Südost/Flugplatz Neuostheim. Bei vorherrschenden Winden aus nördlichen Richtungssektoren wird zudem Kaltluft aus dem Luisenpark herangeführt, die über die Freiflächen des Friedensplatzes hinweg bis zum Gewerbegebiet Fahrlach verlagert wird.

Wärmebelastung Siedlungsraum W35



Nutzungsstruktur W35

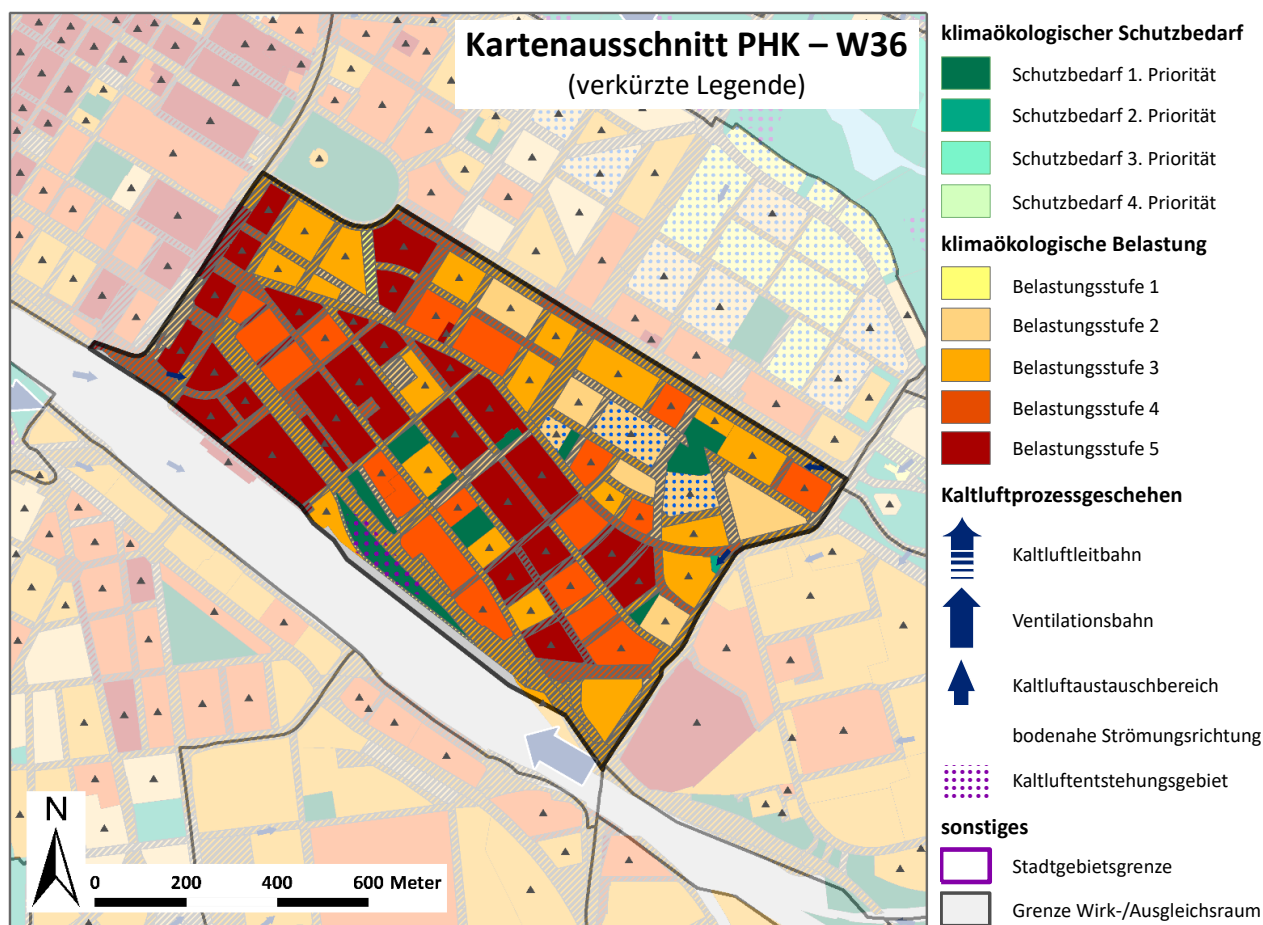


Maßnahmenempfehlungen

Die Grünanlagen/Parkierungsflächen im Umfeld des Technoseums bilden eine klimaökologisch wirksame Verbindungsachse zwischen den klimatischen Gunstpotenzialen des Grünzugs Südost und dem Luisenpark. Eine weitere bauliche Verdichtung sollte daher zwischen der Wilhelm-Varnholt-Allee und der Theodor-Heuss-Anlage nicht angestrebt werden. Das Grünpotenzial ist demnach entsprechend der Planungsmaßnahme **M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** zu sichern.

Bei angestrebten Veränderungen bei der Gestaltung des Europaplatzes ist dessen Funktion als Kaltluftproduktionsfläche und Teil der Ventilationsachse B37 / Augustaanlage zu beachten. Eine bauliche Ergänzung am Planetarium ist daher aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen. Hier bietet sich eine parkartig gestaltete Grünfläche mit einem Wechsel von Wiesenflächen und locker platzierten Baumgruppen an. Auch eine Veränderung der Verkehrsführung wäre denkbar, um eine barrierefreie Grünanlage zwischen dem Planetarium und der Technoseum bzw. dem Friedensplatz zu schaffen (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren, M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren** und **M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

WIRKRAUM: W36 – SCHWETZINGERSTADT/OSTSTADT-SÜD

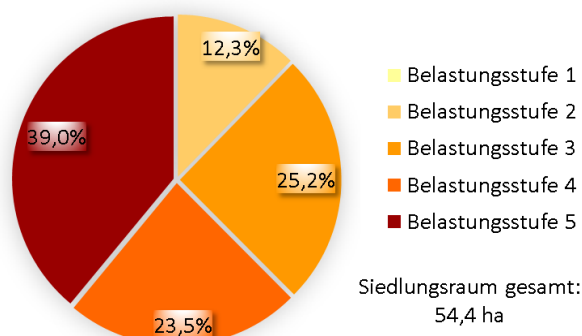


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

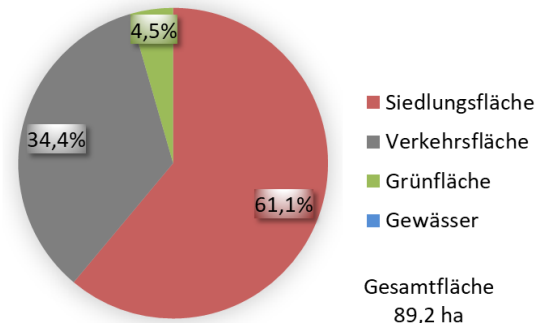
Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen von 2019 und der numerischen Modellrechnungen dokumentieren, dass der Wirkungsraum **W36 (Schwetzingenstadt)** Teil der innerstädtischen Wärmeinsel ist. Durch die z.T. dicht bebauten Innenhöfe der Blockbebauung (→ intensive Wärmeabstrahlung) sowie den fehlenden direkten räumlichen Bezug zu größeren klimaökologischen Ausgleichsräumen ist nach Sonnenuntergang nur ein stark verzögerter Temperaturrückgang zu verzeichnen. Die Wärmebelastung ist daher in großen Teilen als sehr hoch einzustufen.

Die klimatischen Ausgleichsleistungen des Grünzugs Südost und des Luisenparks kommen nur deutlich abgeschwächt zum Tragen. Wichtige Bausteine zur Gestaltung bebauungsinterner Temperatursenken sind begrünte Plätze (Georg-Lechleiter-Platz, Kopernikusplatz, Schwetzingen-Platz, Carl-Reiß-Platz) und Straßenzüge (Augustaanlage). Auf Grund ihrer begrenzten Flächengröße bleiben die Kühleffekte allerdings auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt.

Wärmebelastung Siedlungsraum W36



Nutzungsstruktur W36



Maßnahmenempfehlungen

Die Erkenntnisse aus den vorliegenden Klimaanalysen zeigen, dass während sommerlicher Strahlungstage die klimaökologischen Ausgleichsleistungen des Grünzugs Südost und des Luisenparks nicht ausreichen, um erhebliche bioklimatische Belastungen zu vermeiden.

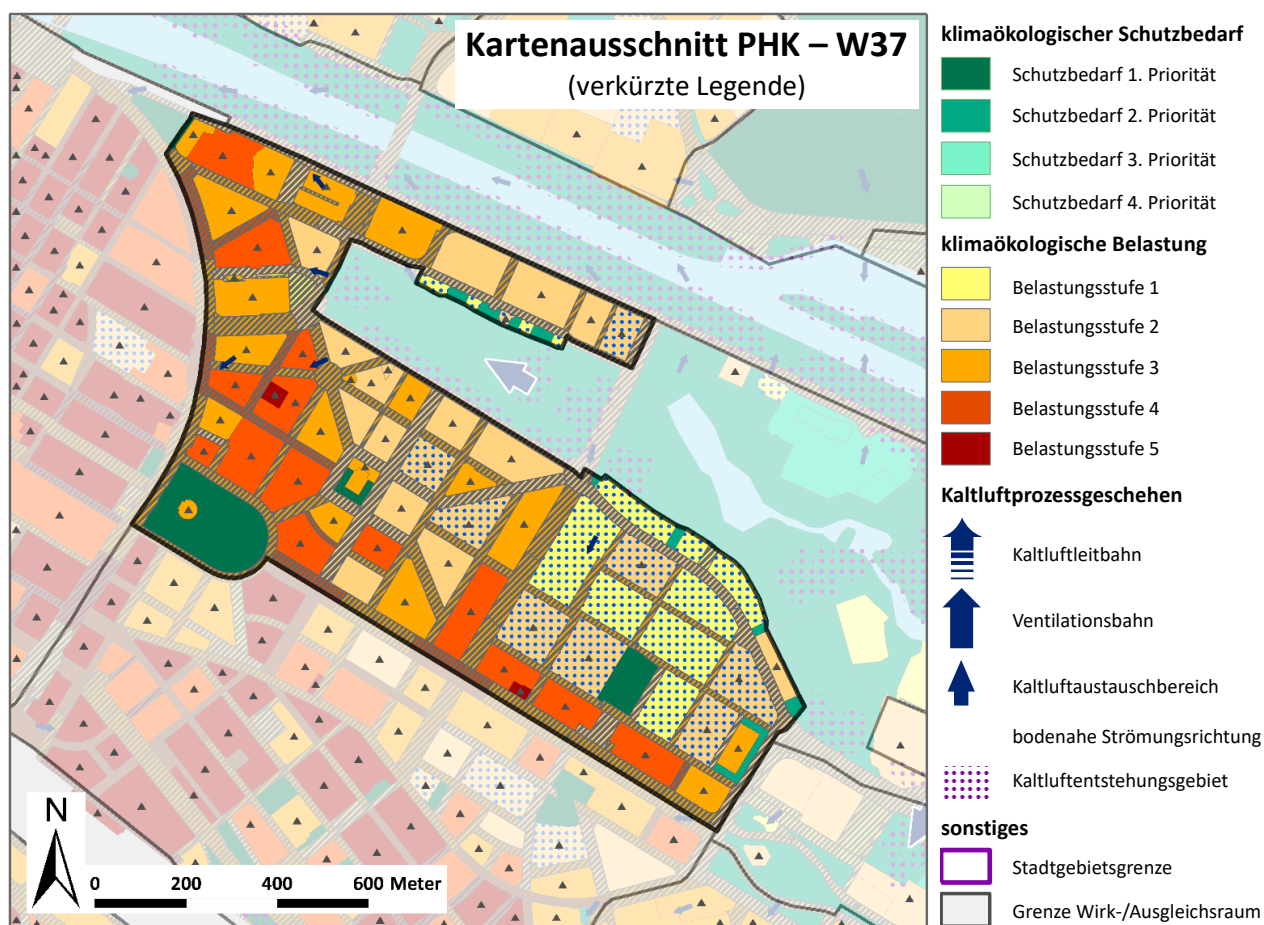
Ergebnisse des Forschungsprojektes KLIMES (KATZSCHNER, A. 2008) weisen darauf hin, dass das subjektive Wärmempfinden des Menschen maßgeblich vom Wind und der Wärmeabstrahlung der Oberflächen abhängig ist. Zudem spielt die „Optik“ der Umgebung eine nicht unerhebliche Rolle. In begrünten, verkehrsberuhigten Straßenräumen (z.B. Teile der Rheinhäuser Straße, Otto-Beck-Straße, Traitteurstraße) wird Hitze angenehmer empfunden als in verkehrsreichen, spärlich begrünten Straßenzügen.

Zur Verbesserung der örtlichen Klimasituation in der Schwetzingenstadt sollten daher die Wohnhöfe der Blockbebauung grünordnerisch aufgewertet werden (**M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**). Auch Straßenräume, die noch keine Grünausstattung besitzen, sollten mit Hilfe von Bäumen, Pflanzbeeten, Wandbegrünungen etc. klimatisch/optisch weiter aufgewertet werden (**M03 - Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten, M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung, M16 – Fassadenbegrünung**).

Grünstrukturen wie im Bereich der Helene-Lange-Schule (Carl-Reiß-Platz) oder am Georg-Lechleiter-Platz sind als „bioklimatische Erholungsoasen“ langfristig zu sichern und ihre Aufenthaltsqualität aufrecht zu erhalten bzw. fortzuentwickeln (z.B. ergänzende Wasserflächen/Wasserspiele, attraktive Möblierung). Dies entspricht den Maßnahmen **M07 (Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren), M08 (Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung) und M09 (Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)** des Maßnahmenkatalogs.

Im Bereich des Willy-Brandt-Platzes am Hauptbahnhof wird mit Umgestaltungen gestartet. Die Planungen sehen u.a. die Anlage zusätzlicher beschatteter Bauminselfor, die erheblich zur Steigerung der Aufenthaltsqualität an heißen Sommertagen beitragen werden (**M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**).

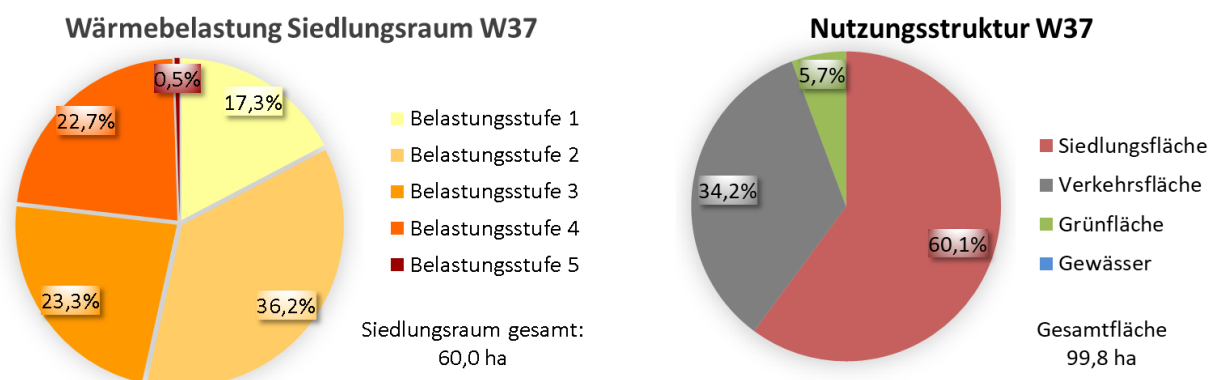
WIRKRAUM: W37 – OSTSTADT



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **Oststadt (W37)** wird im Süden von der Augustaanlage begrenzt. Im Norden reicht das Gebiet bis an den Luisenpark (A26) bzw. bis an das Neckarvorland (A27). Die Bebauung ist geprägt von durchgrünter, offener Blockrandbebauung.

Aus der Karte der abendlichen Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Mannheim (22.07.2019) und den Modellrechnungen geht hervor, dass sich die Oststadt am Rande einer NW-SO-gerichteten „Wärmezone“ befindet, die von der Innenstadt ausgeht und bis ins Gewerbegebiet Fahrlach reicht. Sehr hohe Wärmebelastungen stellen sich vor allem entlang der Augustaanlage ein. Hier werden in Strahlungsnächten gegenüber dem Luisenpark (Entfernung ca. 500 m) um ca. 5 – 6 K höhere Lufttemperaturen gemessen. Die Überhitzungstendenzen sind somit recht stark ausgeprägt und erreichen das Innenstadtniveau.



In Richtung Luisenpark nimmt die Wärmebelastung erheblich ab. Neben der vermehrten Durchgrünung der Bebauung machen sich auch flurwindartige Kaltluftbewegungen aus dem Luisenpark thermisch positiv bemerkbar. Die Parkanlage fungiert im städtischen Grünzugsystem während austauscharmer Schwachwindsituationen als Dreh- und Angelpunkt für die sowohl über den Grünzug Nordost als auch über den Grünzug Südost in Richtung Innenstadt strömende Frischluft bzw. Kaltluft.

Zudem wird Kaltluft im Luisenpark selbst erzeugt (→ Aktivwirkung). Die von außen heranströmende Luft sowie die über dem Luisenpark erzeugte Kaltluft bewirken, dass die thermischen Gunsteffekte in weiten Teilen der Oststadt wirksam werden.

Im Bereich der Kolpingstraße liegen die Temperaturen nach Sonnenuntergang bereits 4 K unter denen des Stadtzentrums. Hier scheinen sich die locker durchgrünte Bebauungsstruktur und die rechtwinkelig vom Park abzweigenden Straßenfluchten positiv auszuwirken. Dadurch wird es den abendlichen und nächtlichen Flurwinden ermöglicht, vom Luisenpark ausgehend, mehrere hundert Meter weit in den benachbarten Siedlungskörper (Oststadt) einzudringen.

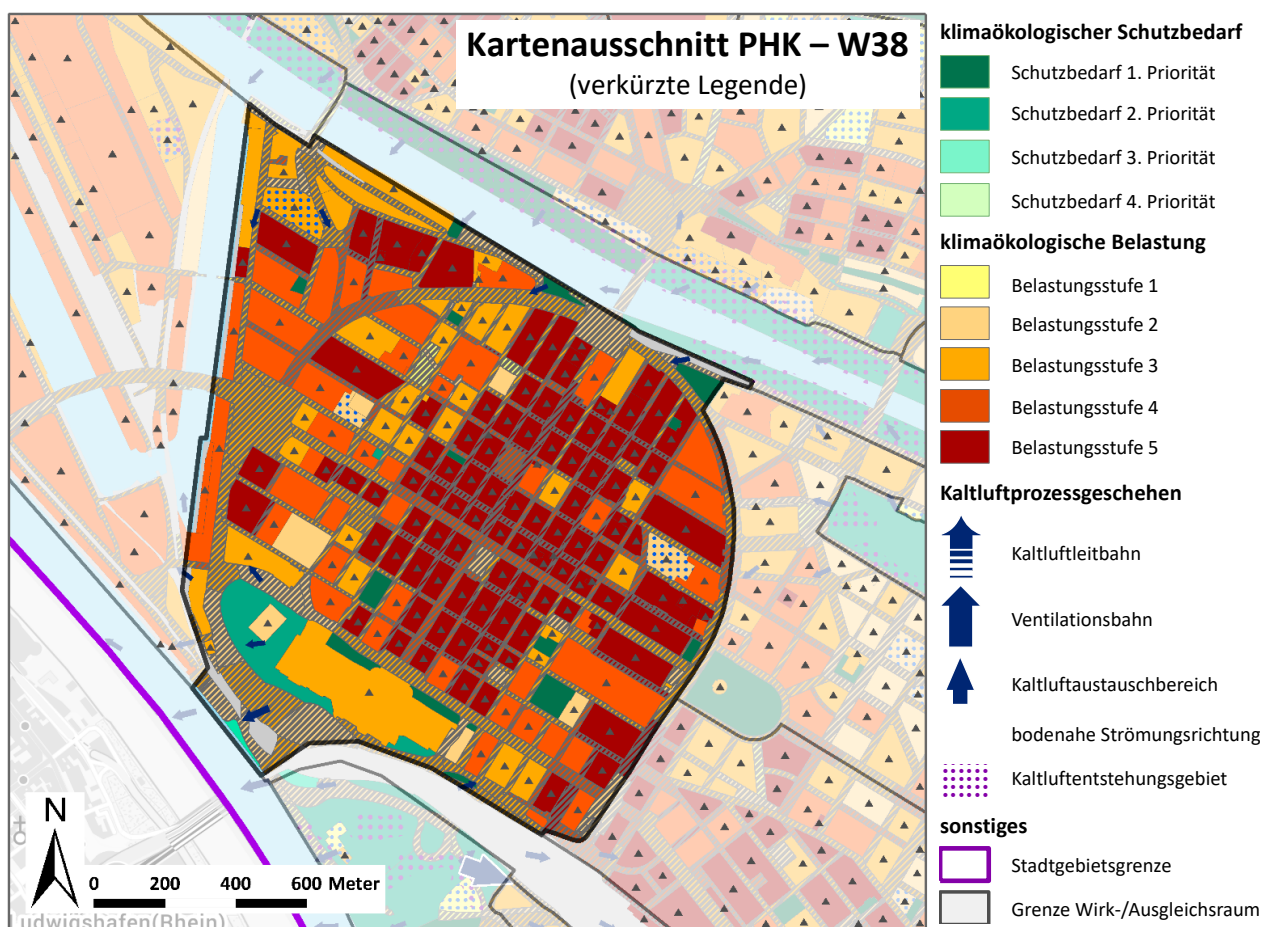
Maßnahmenempfehlungen

Entlang der Linie Kolpingstraße-Am Oberen Luisenpark sollte die Entwicklung geschlossener Baublockstrukturen vermieden werden, um weiterhin ein Einsickern bodennaher Kaltluft aus dem Bereich des Luisenparks in die Oststadtbebauung zu ermöglichen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Begrünte Plätze wie der Philosophenplatz / Carl-Reiß-Platz im Bereich der Nietzschestraße sind weiterhin zu pflegen und zu sichern (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung, M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Sie dienen sowohl aktiv als lokale Kaltluftentstehungsflächen als auch passiv als Ventilationsflächen, über welchen der Höhenwind bodennah in die Stadtatmosphäre eingreifen kann.

Die Parkanlage am Wasserturm (Rasen, Wasserspiele, locker angeordnete Bäume) weist ein sog. „Parkklima“ auf, dessen wesentliche Kennzeichen nächtliche Kaltluftproduktion, hohe Verdunstungsraten und Filterfunktion (Aerosolbindung) sind. Die Reichweite der klimaökologischen Positivwirkungen ist aufgrund der geringen Größe und der z.T. relativen Tieflage des Geländes zwar auf die unmittelbar angrenzende Bebauung am Friedrichsplatz begrenzt, als klimatische „Erholungsoase“ ist sie für die Stadtbevölkerung jedoch von nicht zu unterschätzender Bedeutung und ist somit vor Versiegelungsmaßnahmen zu schützen .

WIRKRAUM: W38 – INNENSTADT/JUNGBUSCH

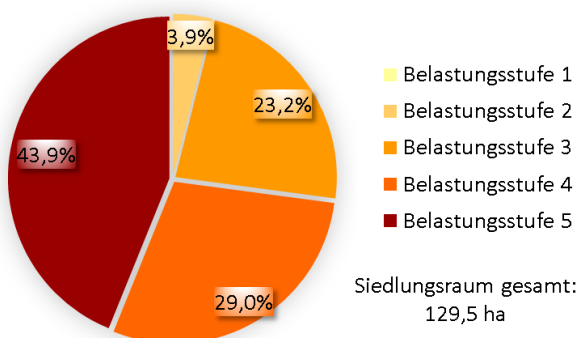


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

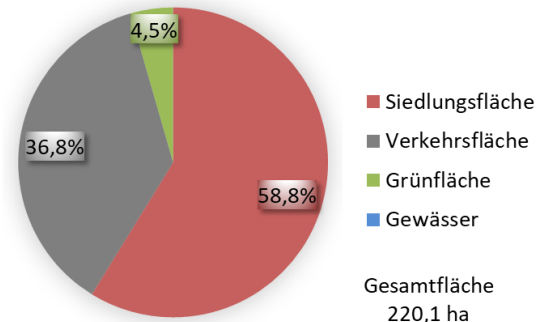
Der Wirkraum **Innenstadt/Jungbusch (W38)** mit seiner hochverdichteten Blockrandbebauung grenzt nur im Süden (Schlossgarten) und im Norden (Neckarvorland) an klimaökologische Ausgleichsräume an. Durch die starke bis sehr starke Barrierewirkung bleiben die hiervon ausgehenden klimatischen Positivwirkungen jedoch räumlich eng begrenzt.

Den aktuellen Klimamessungen und Klimamodellierungen ist zu entnehmen, dass sich die Mannheimer Quadrate als stark ausgeprägte Wärmeinsel darstellen. Im Sommerhalbjahr ergeben sich im Zeitraum 2010 – 2013 zwischen Stadtrand (Mannheim-Vogelstang) und Stadtzentrum (Friedrichsring) in ca. 40,5% der Strahlungsnächte bzgl. der Temperaturminima Differenzen von mehr als 4,5 K. Die Überwärmung des Stadtzentrums wird offenbar.

Wärmebelastung Siedlungsraum W38



Nutzungsstruktur W38



Der Vergleich von Windgeschwindigkeitsmessungen von 2019 im Bereich der Blumenauer Straße (im Norden von Mannheim) und im Stadtzentrum (Toulonplatz) dokumentiert, dass die bodennahe Windgeschwindigkeit gegenüber dem Freiland um über 40% reduziert ist (→ erhöhte Wärmebelastung).

Die Wärmebelastung ist demnach im Stadtzentrum von Mannheim großflächig als sehr stark erhöht zu bezeichnen. Nur im Bereich von größeren Plätzen (z.B. Paradeplatz) oder Grünanlagen (z.B. Lauergärten, Schillerplatz, Lameygarten, Scipiogarten) führen intensivere Ventilationseffekte und/oder lokale Kaltluftbildung/Schattenwurf zu günstigeren thermischen Umgebungsbedingungen. Dort werden in den Nachtstunden inselartig verstärkte Abkühlungsraten ermittelt.

Klimameliorierende Eigenschaften mit Fernwirkung, als über den unmittelbaren Nahbereich hinaus, können allerdings nur Grünflächen mit einer Mindestgröße von ca. 40 – 50 ha (z.B. Luisenpark) zugesprochen (HORBERT 2000).

Maßnahmenempfehlungen

Wie o.a. grenzt der Wirkraum W38 nur in kleineren Teilbereichen direkt an klimaökologische Ausgleichsräume an. Deren Gunstwirkungen bleiben aufgrund der bebauungsbedingten Barrierewirkung jedoch auf den unmittelbaren Übergangsbereich beschränkt.

Im Stadtzentrum von Mannheim sind daher die bereits vorhandenen klimaökologischen Gunsträume (Plätze, öffentliche Grünflächen, baublockinterne Grünflächen) zu schützen und ggf. grünordnerisch zu optimieren (Maßnahmen **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Die Schaffung zusätzlicher Grünflächen (z.B. durch bauliche Entkernung von Blockinnenbereichen, Bau von Tiefgaragen) ist ebenso ins Auge zu fassen wie auch weiterhin die Förderung der Begrünung von Hausfassaden und Dachflächen (Maßnahmen **M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**, **M15 – Dachbegrünung** und **M16 - Fassadenbegrünung**).

Durch Öffnung von bislang geschlossenen Baublöcken könnten blockinterne Grünflächen verknüpft und in ihrer klimatischen Wirksamkeit aufgewertet werden. Voraussetzung wäre allerdings eine gezielte Verkehrsberuhigung in den betroffenen Bereichen (**M12 – Entdichtung/Rückbau**).

Aus klimaökologischer Sicht ist die Schaffung weiterer geschlossener Baublockstrukturen nur bedingt wünschenswert. Innerhalb des Wohnblocks können durch Realisierung begrünter Innenhöfe zwar günstige Wohnklimata geschaffen werden, die Wärmebelastung in den Straßenzügen nimmt durch die Horizonteingang jedoch nicht ab. Sind durch Verkehrslenkungsmaßnahmen erhöhte Luftschadstoff- und Lärmbelastungen zu vermeiden, so sollte der Bau allseitig geschlossener Wohnblöcke vermieden werden. Sind diese Voraussetzungen nicht zu realisieren, sind die Straßenzüge grünordnerisch aufzuwerten (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**). In Kreuzungsbereichen könnten kleinere begrünte Plätze entstehen (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

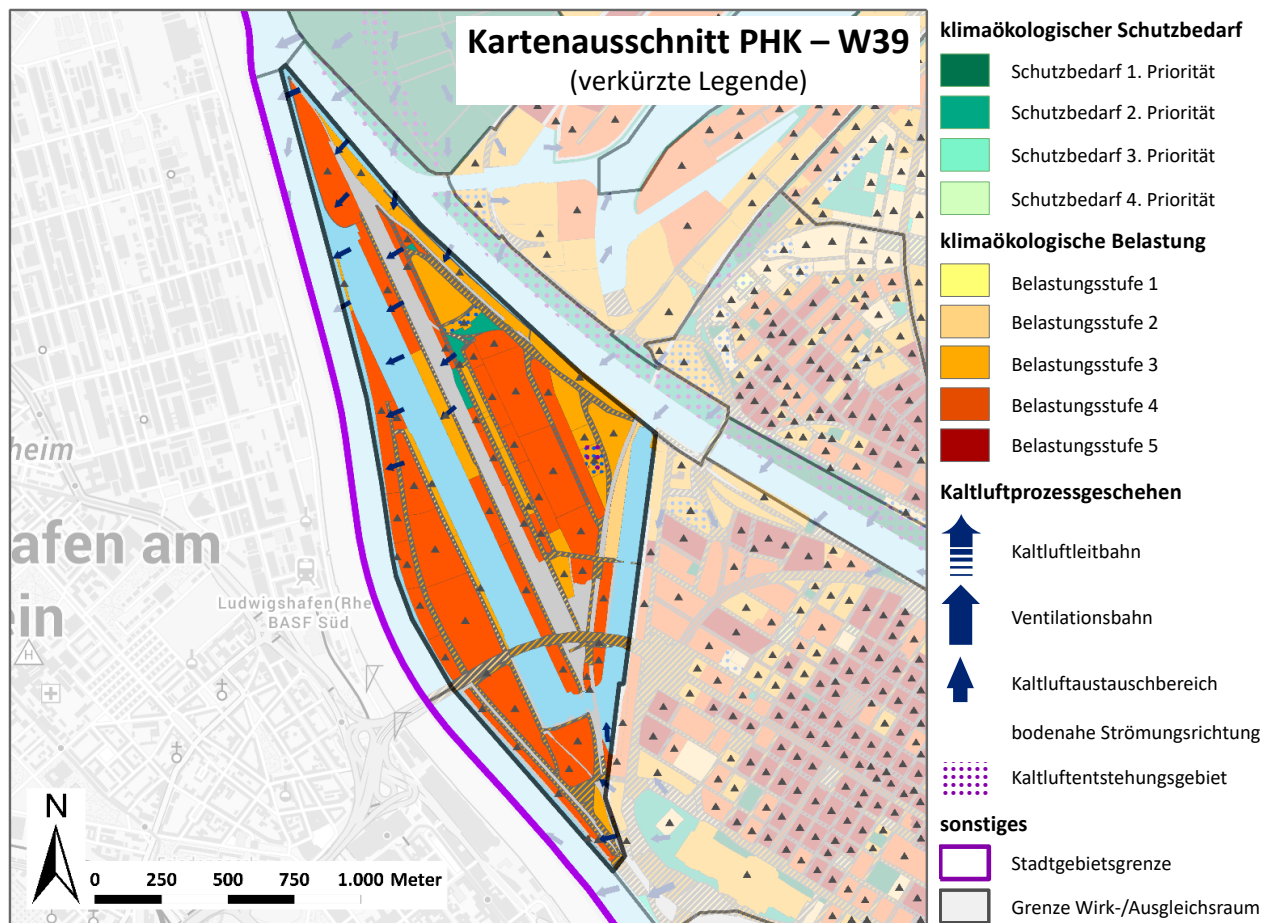
Bei baulichen Verdichtungen im Stadtzentrum sind neben den kleinklimatischen Verhältnissen (Bioklima, Belüftungssituation) auch die resultierenden Besonnungs-/Verschattungsverhältnisse zu berücksichtigen. Vor allem in den Wintermonaten erhöhen direkte Besonnungsmöglichkeiten die Wohnqualität. Zudem sollte wo umsetzbar das Raumnutzungskonzept so ausgelegt werden, dass Schlafräume möglichst nicht nach Süden ausgerichtet sind (**M20 - Anpassung des Raumnutzungskonzeptes**). Alternativ bietet sich eine **Verschattung von Gebäuden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen (M17)** an. In diesem Zusammenhang sind Laubbäume Nadelbäumen vorzuziehen, um eine Besonnung im Winter zu ermöglichen.

Begrünungsmaßnahmen im öffentlichen Raum sind auch im Stadtteil Jungbusch anzustreben (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen** und **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

Bei angedachten städtebaulichen Modifikationen im Stadtteil Jungbusch sind die aufgeführten klimaökologischen Planungsmaßnahmen ebenfalls zu berücksichtigen. Entlang der Hafenstraße bieten sich hierzu noch zahlreiche Flächen an.

Der Verbindungskanal bildet eine bebauungsinterne Ventilationsachse in N-S-Richtung. Um die hiervon ausgehenden Belüftungseffekte zur Vermeidung von Wärmestaus und Luftschadstoffakkumulationen zu sichern, ist unmittelbar entlang des Kanals keine linienhaft geschlossene Baustruktur vorzusehen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Östlich der Hafenstraße kann durch eine Entkernung und Begrünung der Blockinnenbereiche ein angenehmeres Wohnklima geschaffen werden (**M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**).

WIRKRAUM: W39 – HANDELSHAFFEN

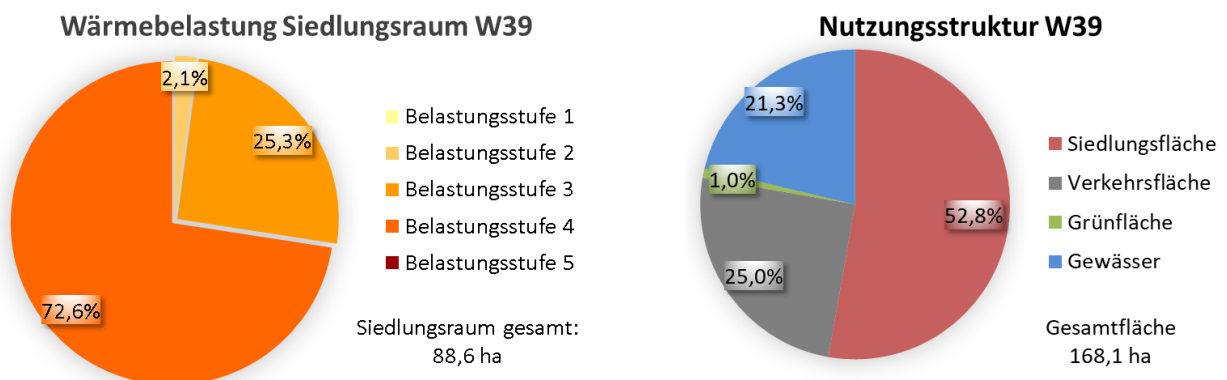


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Mannheimer **Handelshafen (W39)** ist Teil der innerstädtischen Wärmeinsel. Wie die Isothermenkarten und die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen, werden hier nahezu ähnlich hohe Lufttemperaturen gemessen wie im Mannheimer Stadtzentrum.

Die großvolumigen Gewerbebauten sowie die großflächig versiegelten Stellflächen heizen sich tagsüber intensiv auf und geben ihre Wärme nach Sonnenuntergang nur langsam wieder ab. Da auch westlich des Rheins (Ludwigshafen a. Rh.) hochgradig versiegelte Flächen die Flächennutzung prägen, sind im Wirkraum W39 keine thermischen Entlastungsleistungen von außen zu erwarten.

Durch das hohe thermische Ausgleichsdefizit im Bereich des Handelshafens ist auch im östlich benachbarten Stadtteil Jungbusch eine sehr stark erhöhte Wärmebelastung zu bilanzieren. Mit den häufig vorherrschenden



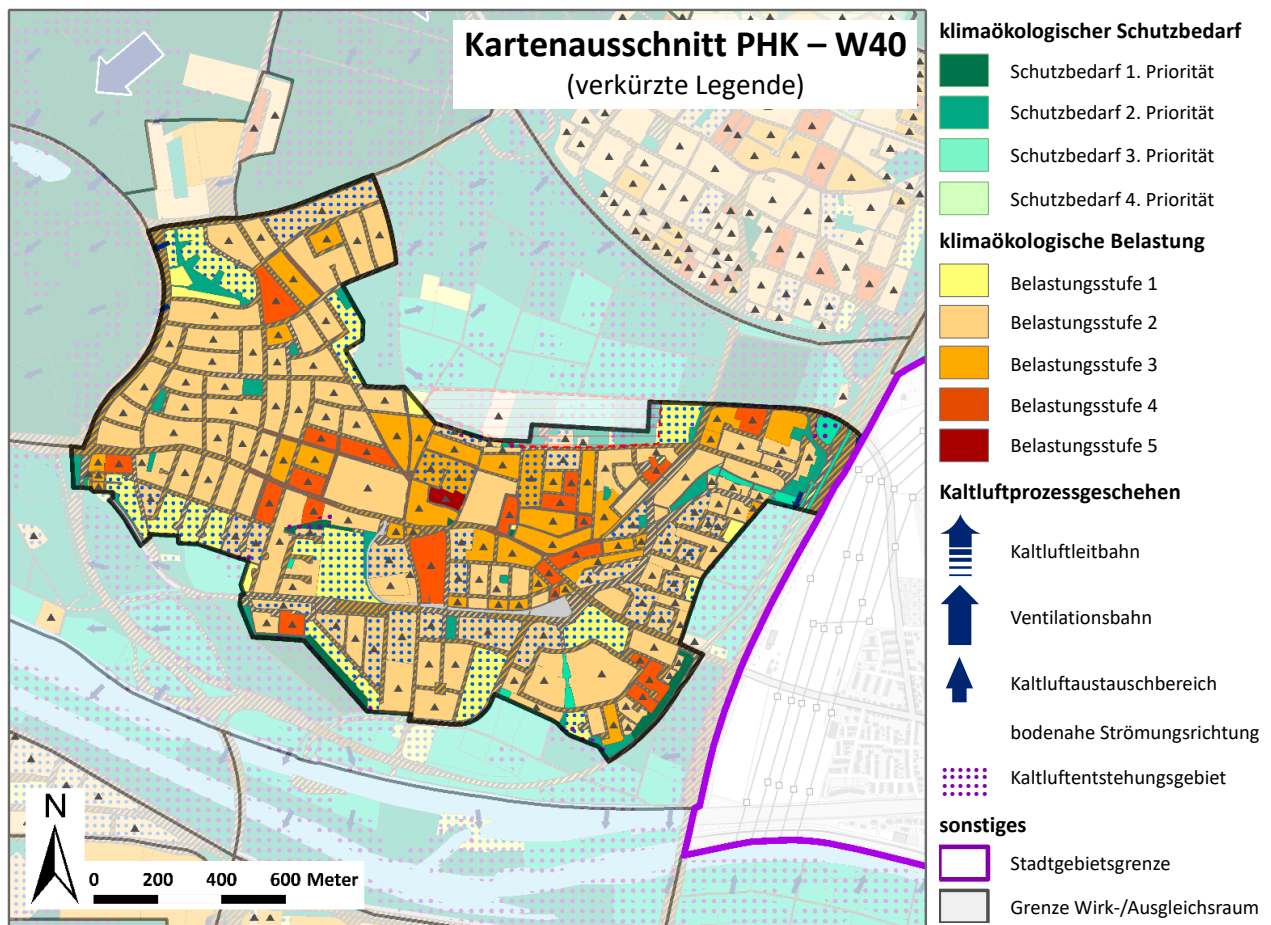
regionalen Winden aus nördlichen Richtungssektoren gelangt zwar Kaltluft aus dem Bereich der Friesenheimer Insel in den Handelshafen, die thermische Ausgleichsleistung ist vor allem in der ersten Nachthälfte allerdings noch zu gering, um örtlich eine rasche Abkühlung zu bewirken.

Maßnahmenempfehlungen

Flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen könnten die thermische Ungunswirkung der hochgradig versiegelten Flächen verringern (**M03 - Oberflächen im Außenraum klimaoptimiert gestalten**, **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**, **M15 – Dachbegrünung** und **M16 - Fassadenbegrünung**).

Bei sich bietender Gelegenheit ist die Schaffung zumindest kleinräumiger Grünflächen mit Aufenthaltsqualität anzustreben (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

WIRKRAUM: W40 – FEUDENHEIM

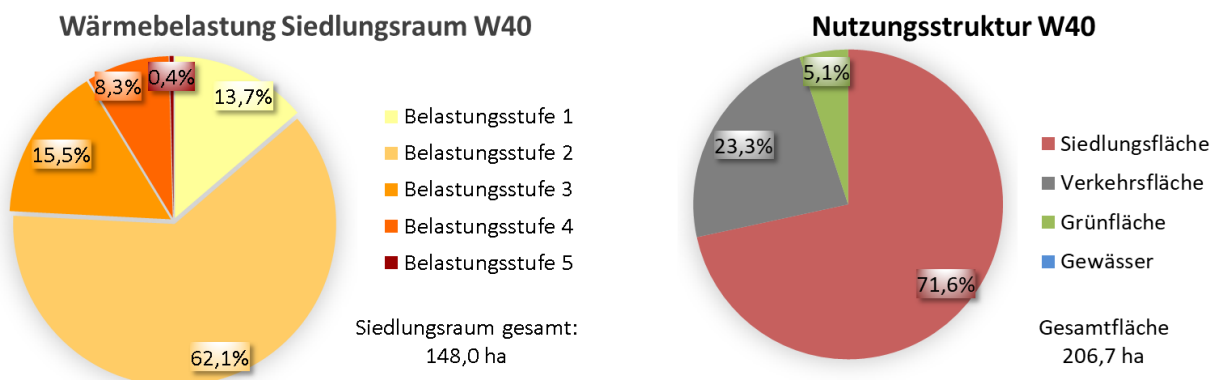


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Grünzug Nordost bestimmt als klimaökologischer Ausgleichsraum und als ein Glied des städtischen radialen Grünzugsystems wesentlich das Klimageschehen im Stadtteil **Feudenheim (W40)**.

Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und Modellrechnungen zeigen, bildet sich im Ortskern und entlang der Hauptstraße eine Zone stärkerer Überwärmung, wobei vom Zentrum der Bebauung bis zu den benachbarten Freiräumen (z.B. Egelwasser) Lufttemperaturunterschiede bis über 5,0 K auftreten.

Die raschen Übergänge von kühlen zu wärmeren Bereichen im Norden und Süden von Feudenheim weisen auf deutliche Stagnationstendenzen der bodennahen Luft im angrenzenden Freiland hin, die durch die verstärkte Kammerung des Geländes (Süden - Dämme und Verkehrsstrassen, Norden - Bebauung Feudenheim/Wallstadt) hervorgerufen werden.



Die Wärmebelastung ist entsprechend der unterschiedlichen Bebauungsstruktur (dichte Ortskernbebauung, offene Blockrandbebauung, lockere Einzelhausbebauung) sehr heterogen. Sie reicht von stark erhöhter Belastung im Ortszentrum (St. Peter-und-Paul-Kirche) bis zu geringer bioklimatischer Belastung im Süden, Nordwesten und Osten des Stadtteils.

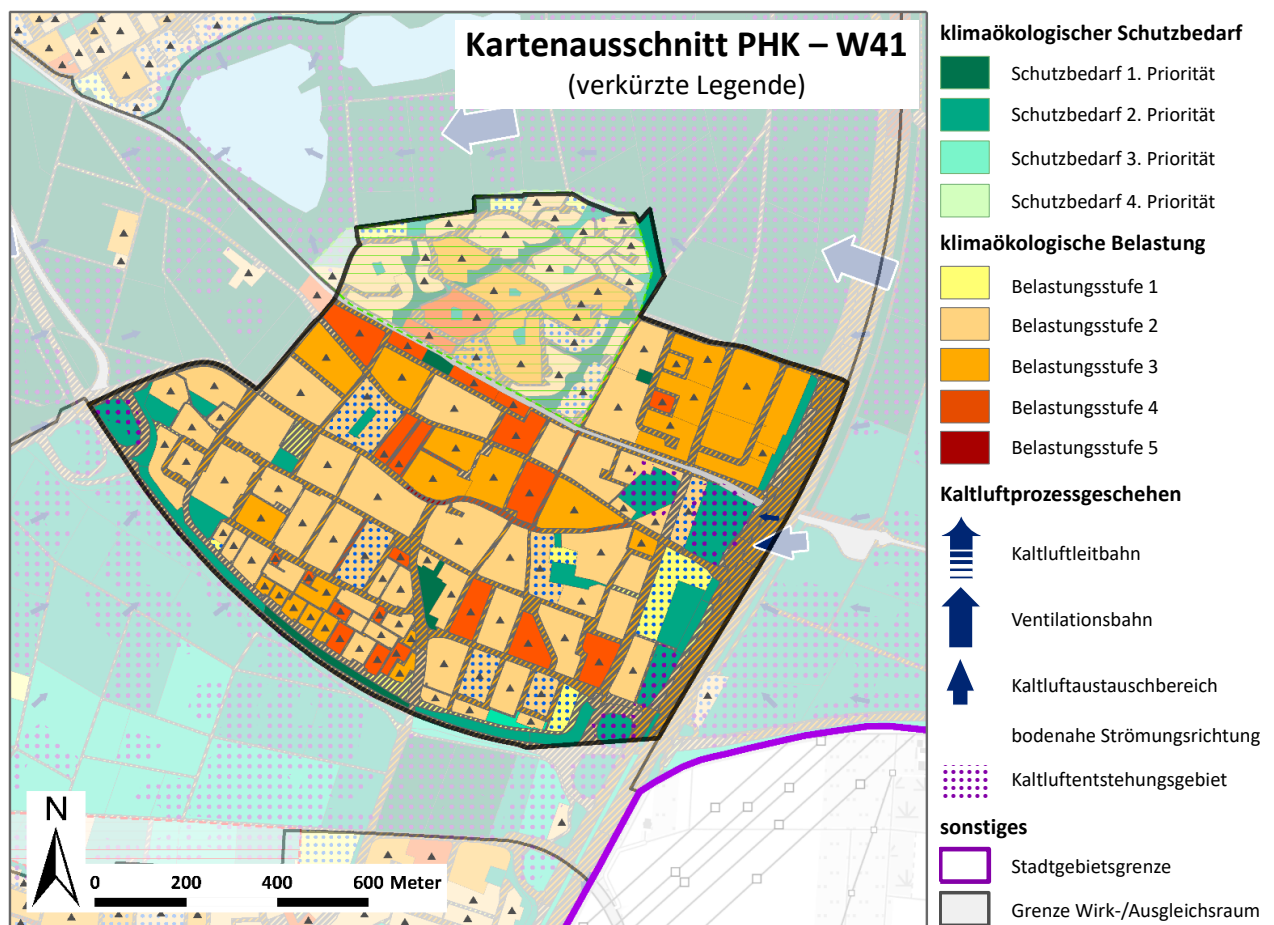
Maßnahmenempfehlungen

Innerhalb der bioklimatisch belasteten Ortskernbebauung lassen sich die thermischen Verhältnisse nur durch flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung und bauliche Entkernung von Blockinnenbereichen verbessern (Maßnahmen **M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**, **M15 - Dachbegrünung** und **M16 - Fassadenbegrünung**). Vorhandene Grünflächen (z.B. im Umfeld der Brüder-Grimm-Schule, Eberbacher Platz, Grünanlage an der Epiphaniaskirche) sind zu erhalten und zu pflegen, um klimatische Zusatzbelastungen zu vermeiden (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Eine Ausdehnung der Bebauung Feudenheims nach Norden (A30) ist möglichst zu vermeiden, um die Aktiv- und Passivwirkung des Freiraumgefüges zwischen Feudenheim und Wallstadt nicht nachhaltig zu schwächen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Bauliche Erweiterungen nach Norden hätten verstärkte Störungen des bodennahen Luftaustauschs im älteren Ortsteil (hier herrscht gegenwärtig bereits ein klimaökologisches Leistungsdefizit vor) zur Folge. Falls dennoch angedacht sollte die bauliche Erschließung nur in sehr aufgelockerter und strömungsangepasster Form geschehen (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Die zu erwartenden Auswirkungen sollten dabei durch ein vertiefendes Klimagutachten begleitet werden.

Entlang der Feudenheimer Hauptstraße ist der Baumbestand zu sichern und, wo möglich, zu ergänzen (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**). Dies gilt ebenfalls für die Hauptverkehrsachsen Wingertsbuckel und Am Aubuckel (z.B. zusätzliche Grünstreifen zwischen Fahrbahnen und Fußwegen).

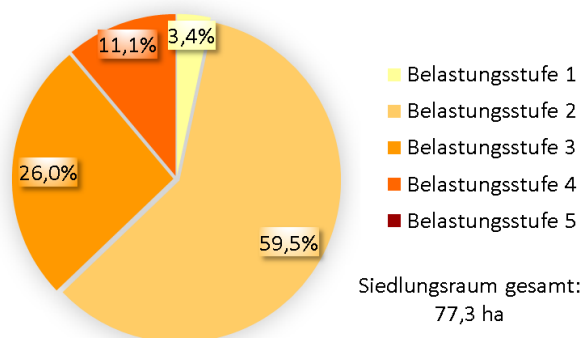
WIRKRAUM: W41 – WALLSTADT



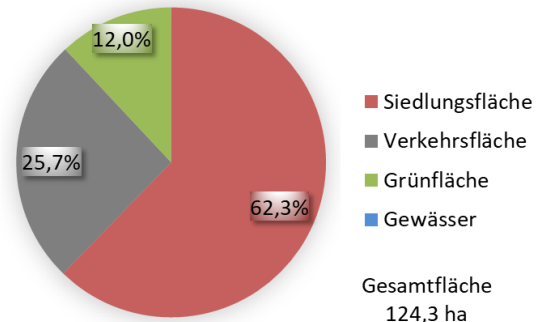
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Im Stadtteil **Wallstadt (W41)** ist die sommerliche Wärmebelastung in Strahlungsnächten im Ortszentrum (Römerstraße, Mosbacher Straße) etwas geringer als in Feudenheim. Derartige Verhältnisse konnten bereits bei der letzten Stadtklimaanalyse von 2010 (ÖKOPLANA 2010) ermittelt werden. In Wallstadt machen sich u.a. die Grünflächen innerhalb der offenen Blockrandbebauung als auch die direkte Lagebeziehung zu den Ausgleichsräumen A30 – A33 positiv bemerkbar. Auch bebauungsinterne Grünanlagen wie die an der Keltenstraße, Petruskirche und Osterburker Straße bilden bedeutsame thermische Ausgleichsflächen / Erholungsflächen. Die durchgeführten Windfeldsimulationen dokumentieren, dass in den Nachtstunden bei Strahlungswetterlagen vermehrt kühle Luftmassen aus Nordosten und Osten in die Bebauung geführt werden, die die Ausbildung einer deutlicheren Wärmeinsel unterbinden.

Wärmebelastung Siedlungsraum W41



Nutzungsstruktur W41



Klimatisch günstig stellt sich das Wohngebiet Wallstadt-Nord dar. Die locker durchgrünte Bebauung weist zahlreiche Öffnungen zum Freiraum A32 auf, wodurch bodennahe Kaltluft einsickern kann und nach Sonnenuntergang einen raschen Temperaturrückgang bewirkt.

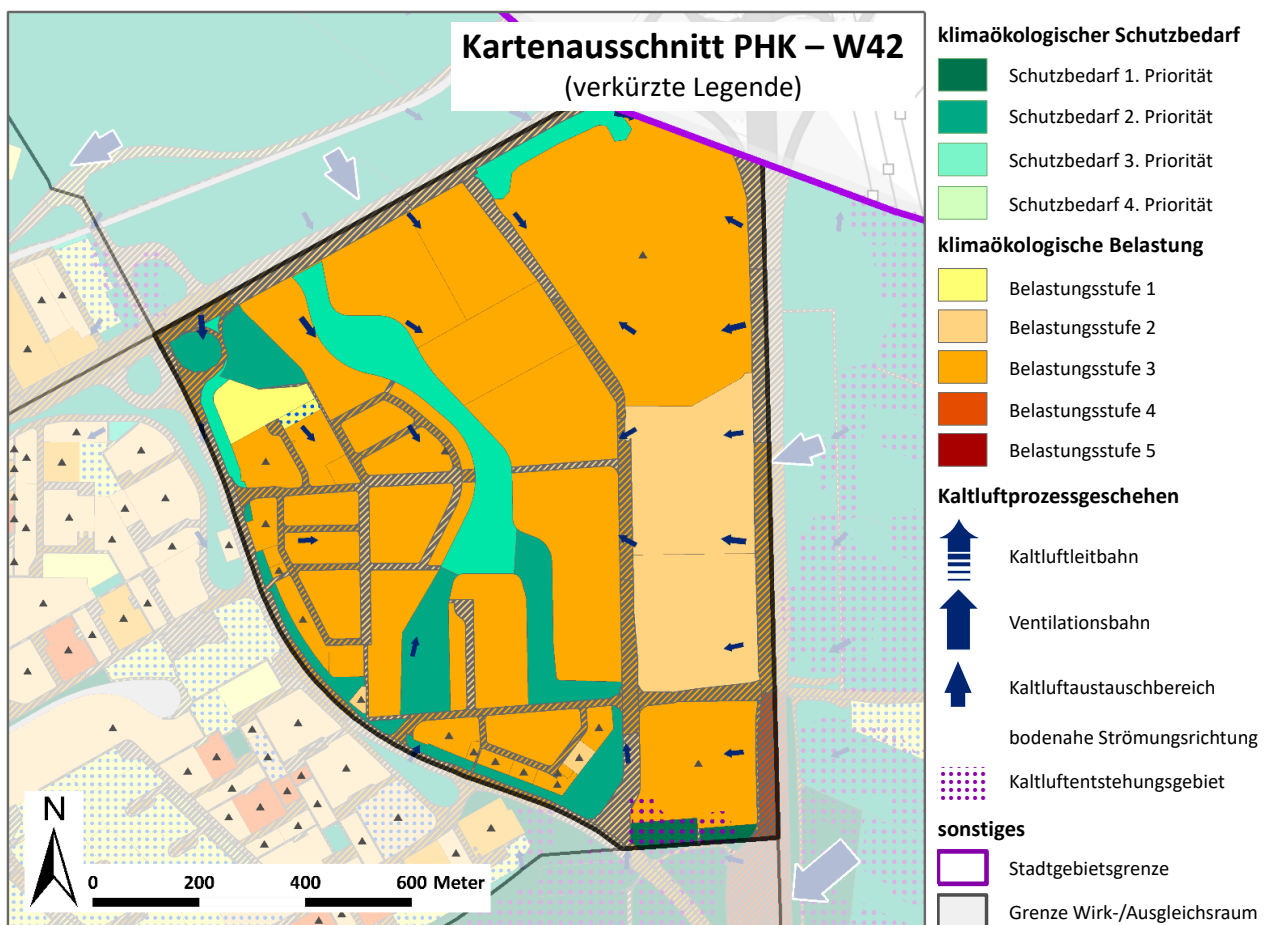
Maßnahmenempfehlungen

Aus regionalplanerischer Sicht sind für Kaltlufttransportbahnen, die als lokale Grünzüge festgesetzt werden, Mindestbreiten von 400 - 500 m zu fordern (BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU 1979). Diese Breite wird zwischen den Stadtteilen Wallstadt und Vogelstang noch erreicht. Die vorhandene trichterförmige Aufweitung nach Osten unterstützt den Leitbahncharakter, wobei die Autobahntrasse der A 6 eine auffällige Strömungsbarriere bildet. Neue Baugebietsausweisungen im Norden von Wallstadt in Richtung Vogelstang sind aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen. Dagegen ist eine punktuelle Nachverdichtung bei Einhaltung der aktuellen Bebauungsstruktur möglich.

Der geplante Standort für ein neues Kultur- und Sportzentrum mit Gerätehaus für die Feuerwehr nördlich der Normannenstraße ist aus klimaökologischer Sicht möglich. Zwar gehen durch die Überbauung von Landwirtschaftsflächen Kaltluftproduktionsflächen verloren, durch die Friedhofsfläche und die verbleibenden Freiflächen im Norden werden die planungsbedingten thermischen Negativeffekte auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt bleiben. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei der Planung klimarelevante Ausgleichsmaßnahmen wie **Dach- und Fassadenbegrünung (M15/M16)**, **Baumpflanzungen** im Bereich von Parkierungsflächen(**M05**), **auf das örtliche Windfeld ausgerichtete Gebäudeausrichtungen (M11 und M13)** Berücksichtigung finden.

Die bebauungsinternen öffentlichen Grünanlagen/Spielplätze sind von Überbauung auszuschließen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

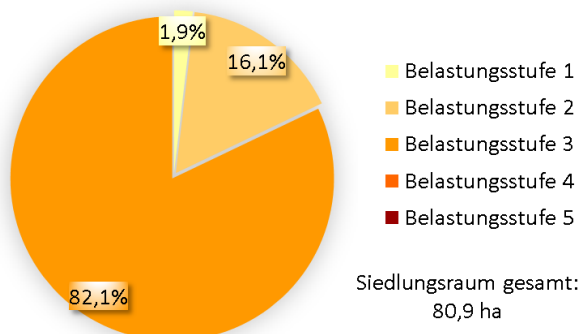
WIRKRAUM: W42 – TAYLOR PARK, VOGELSTANG



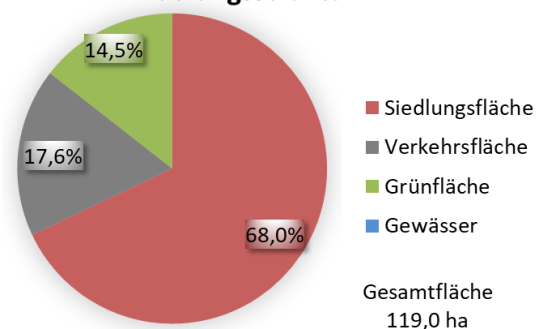
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

An den Stadtteil **Vogelstang** grenzen im Osten zwischen Magdeburger Straße und A 6 die Gewerbeflächen des Einkaufszentrum Kurpfalz Center / XXXLutz / Bauhaus bzw. der noch in Entstehung begriffene, teilweise durchgrünte **Taylor Gewerbepark** an. Vor allem im Bereich des flächig versiegelten Einkaufszentrums sowie über den Gewerbeblocks entlang der Spreewaldallee werden trotz Nachbarschaft zum östlich der A 6 angrenzenden Freiraum um 23:00 Uhr mit Werten bis 22,5 °C höhere Temperaturen als im Ortszentrum Vogelstang verzeichnet. Der bandförmig von der Havellandstraße bis zur Chemnitzer Straße führende Taylor Park hebt sich nicht signifikant hervor. Mit Temperaturen bis 21,8 °C ist der abkühlende Einfluss der relativ schmalen Grünfläche mit bewegtem Relief auf die unmittelbar angrenzenden Gewerbeflächen begrenzt. Kleinere Grünflächen wie das Wäldchen am Schafteckweg und die Biotopfläche nördlich der Chemnitzer Straße sind weitere Bausteine, um den Wärmeinseleffekt der Gewerbeflächen räumlich eng zu begrenzen.

Wärmebelastung Siedlungsraum W42



Nutzungsstruktur W42

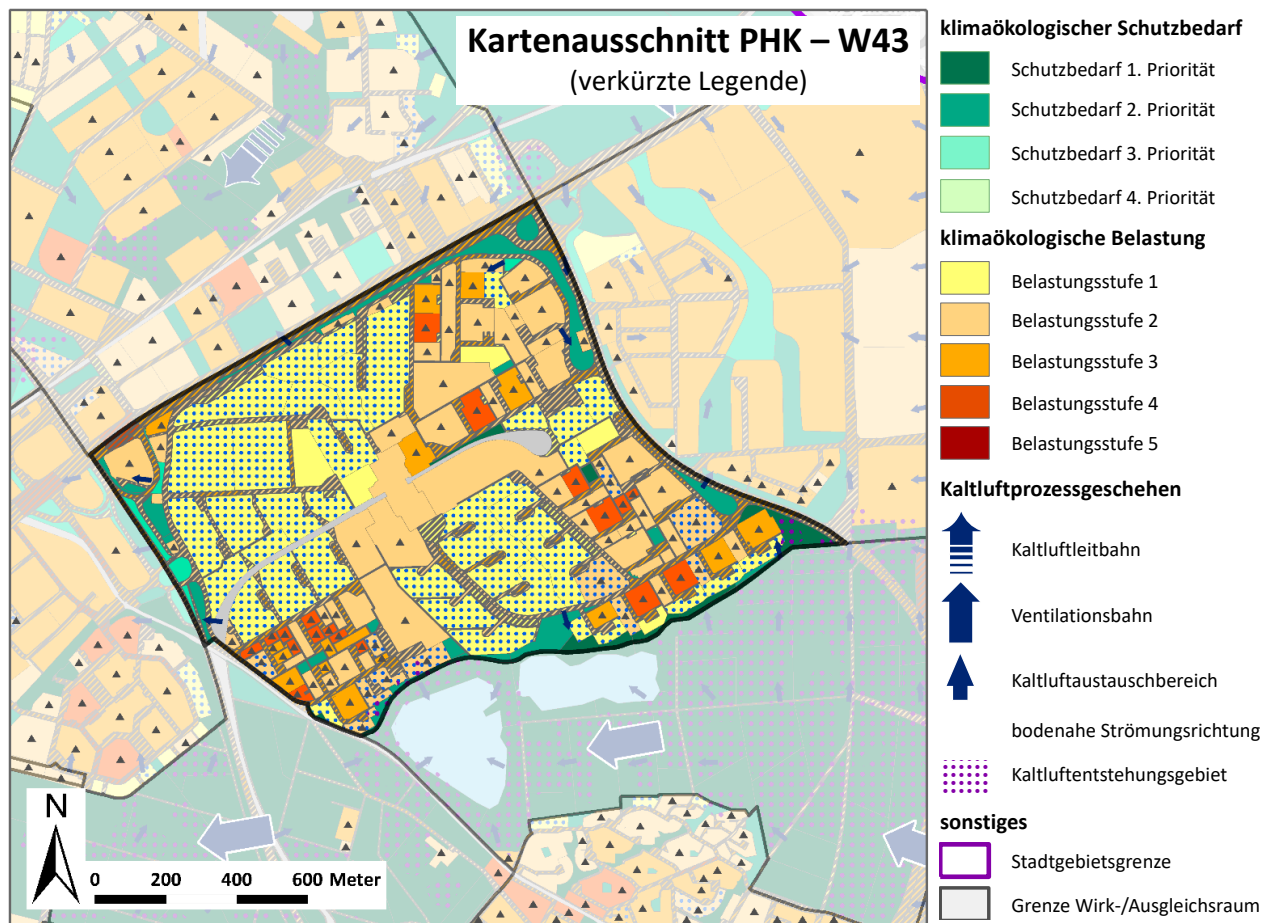


Maßnahmenempfehlungen

Östlich der Spreewaldstraße sind die noch vorhandenen Abstandsflächen zwischen den Gewerbebauten zu sichern (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Durch den Ausbau der Autobahn A6 sind diese bebauungsinternen Freiräume in ihrer Bedeutung gewachsen. Sie unterstützen den Kaltlufttransport aus Osten in Richtung Taylor-Park.

Die Entwicklung des Taylor-Parks sichert erforderliche Ventilationseffekte und die kleinräumige Bildung örtlicher Kaltluft, um den Wärmeinseleffekte der Gewerbebebauung eng zu begrenzen. Er ist daher in seiner Flächengröße langfristig zu sichern. Auch das Wäldchen am Schafeckweg sowie das Gehölzbiotop nördlich der Chemnitzer Straße stellen aus klimaökologischer Sicht schützenswerte Grünflächen dar (= Planungsmaßnahme **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

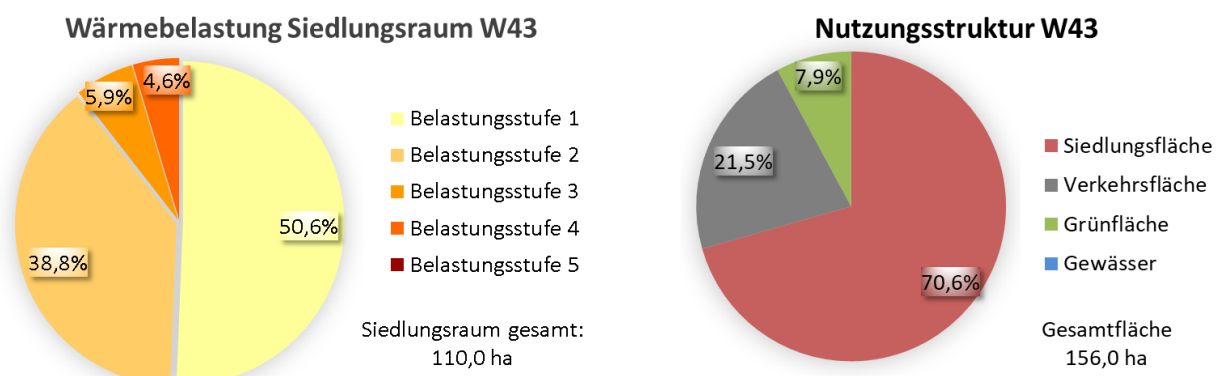
WIRKRAUM: W43 – VOGELSTANG



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W43** umfasst den **Stadtteil Vogelstang**, der durch seine lockere und durchgrünte Bebauung charakterisiert ist. Ähnlich wie bei einer Gartenstadt nimmt die Lufttemperatur zum Zentrum hin kaum zu. So zeigt der Stadtteil Vogelstang in Strahlungsnächten eine deutlich homogenere Temperaturdifferenzierung als die Stadtteile Feudenheim und Seckenheim. Positiv macht sich die geringe Barrierewirkung der Bebauung zum Freiraum A32 um die Vogelstang Seen bemerkbar.

Die Wärmebelastung ist sowohl am Tag als auch in der Nacht zumeist gering. Kleineräumig zeigen die Modellergebnisse erhöhte Wärmebelastungen in Bereichen vergleichsweise dichter Bebauung bzw. erhöhter Versiegelung.

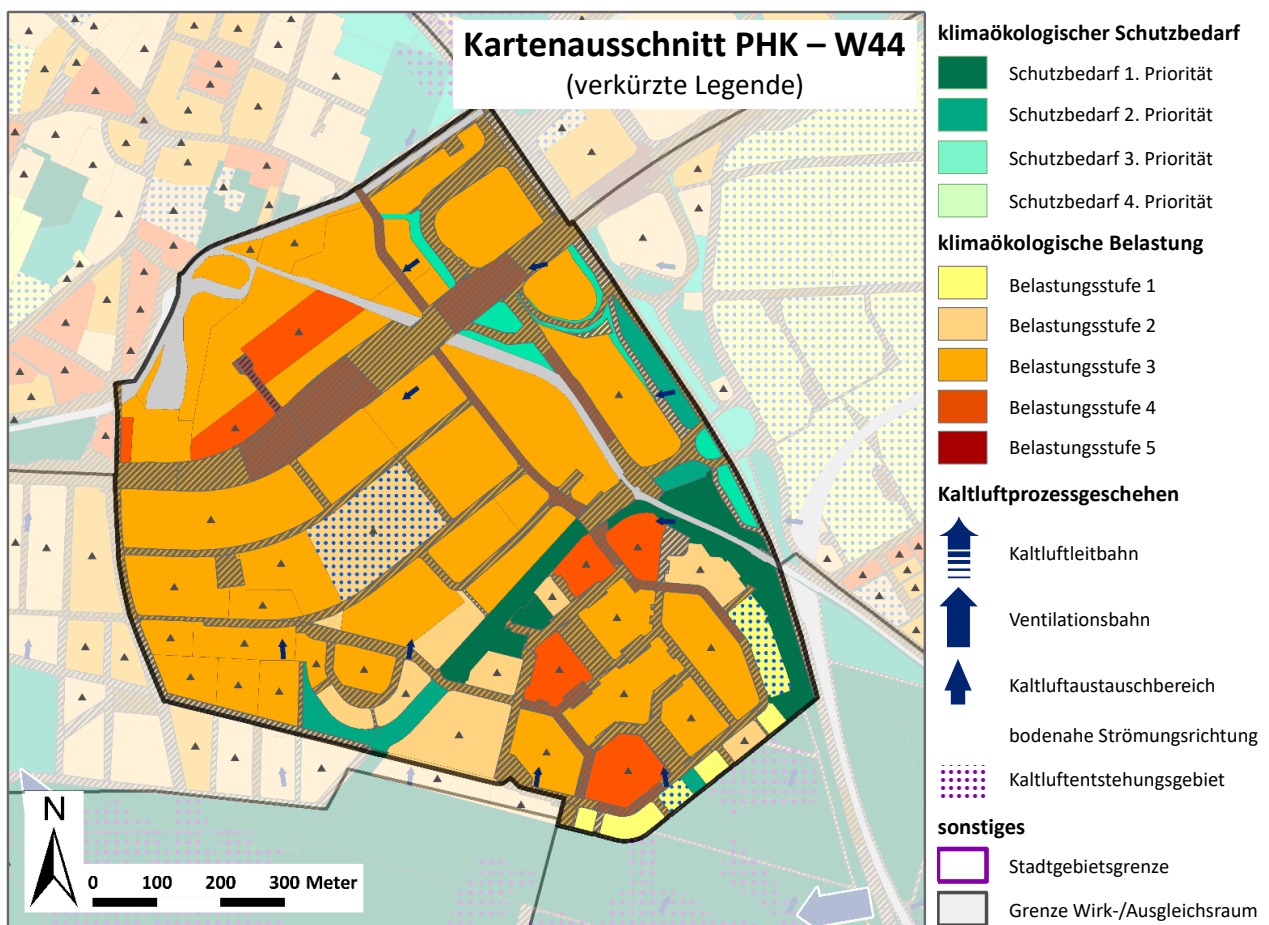


Maßnahmenempfehlungen

Zur Sicherung der günstigen bioklimatischen Verhältnisse ist die durchgrünte lockere Bebauungsstruktur zu bewahren. Interne bauliche Verdichtungen sind möglichst eng zu begrenzen. Bei baulichen Neustrukturierungen (Abriss und Neubau) sind geschlossene Baublockstrukturen zu vermeiden (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Im Bereich des Oberen Vogelstangsees ist die Einrichtung eines Cafés angedacht. Aus klimaökologischer Sicht kann der solitäre Bau eines Cafés mit Terrasse zwar kleinklimatisch verträglich (begrenzte Flächengröße, umfangreiche Begrünungsmaßnahmen) gestaltet werden, es ist jedoch anzunehmen, dass zur Andienung zusätzliche befestigte Fahrwege sowie Parkplätze für Besucher erforderlich werden. Derartige Infrastrukturen würden zu einer Minderung des klimaökologischen Ausgleichspotenzials am See führen. Sollte die Idee weiterverfolgt werden, sind die klimaökologischen Folgeerscheinungen der Planung dezidiert zu analysieren und zu bewerten.

WIRKRAUM: W44 – GEWERBEGEBIET KÄFERTAL-SÜD, IM ROTT

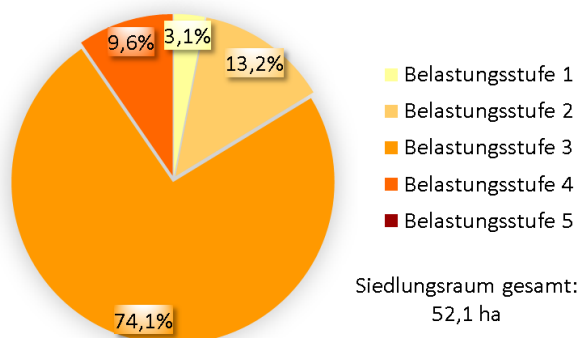


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

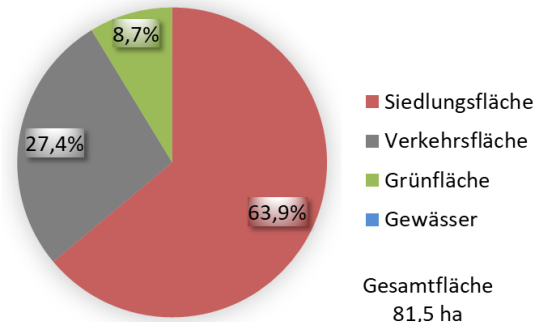
Im **Wohngebiet Im Rott (W44)** zeigt sich in sommerlichen Strahlungsnächten ein ähnliches Temperaturniveau wie im Ortskern Käfertal bzw. etwas höhere Temperaturen als im östlich angrenzenden Stadtteil Vogelstang. Die relativ dichten blockartigen Baustrukturen führen zu einer tendenziellen Überwärmung, wenn der potenzielle thermische Einfluss aus dem südlich angrenzenden Freilandbereich des Grünzuges Nordost ventilationsbedingt nicht hinreichend wirken kann. Die dicht gedrängte große Temperaturdifferenz von etwa 4,0 K zum angrenzenden Gewann „Auf den Sand und auf das Ried“ (bis 18,3 °C) verdeutlicht dies.

Im Gewerbegebiet Käfertal-Süd steigt die Wärmebelastung trotz z.T. hoher Versiegelungsgrade nur unwesentlich an. Hier macht sie die Grünachse „Im Rott“ sowie noch vorhandene Grünflächen nördlich der Bad Kreuznacher Straße thermisch positiv bemerkbar. Als lufthygienischer und thermischer Störfaktor wirkt die vielbefahrene B38.

Wärmebelastung Siedlungsraum W44



Nutzungsstruktur W44



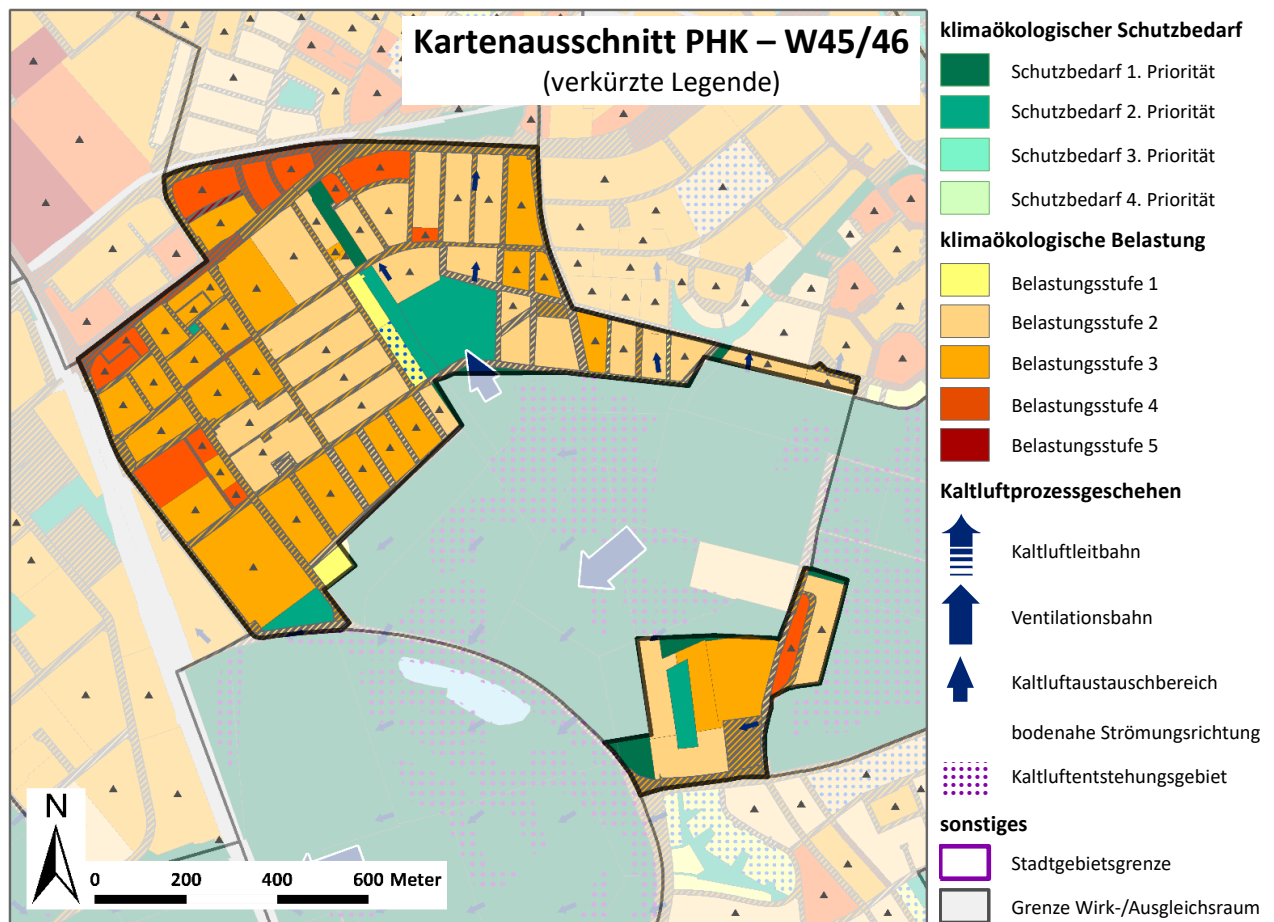
Maßnahmenempfehlungen

Das Gewerbegebiet Käfertal-Süd ist durch großflächig versiegelte Stellflächen und Gewerbebauten gekennzeichnet. Zur klimatischen Aufwertung des Gebietes könnten zusätzliche Baumpflanzungen und Dachbegrünungen beitragen (Maßnahmen **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung** und **M15 – Dachbegrünung**).

Durch den geplanten Umbau der B38 bietet sich u.U. die Möglichkeit die Fahrbahnbreite zu reduzieren, um so Platz für zusätzliche Grünstreifen mit schattenwerfenden Bäumen zu gewinnen (**M04 - Entsiegelung / Versiegelungsanteil minimieren** und **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**).

Die thermische Ausgleichsleistung im Wohngebiet Im Rott über den Grünzug Nordost bleibt durch dessen Neugestaltung im Bereich Spinelli langfristig gesichert (siehe ÖKOPLANA 2018: Analyse der klimaökologischen Modifikationen durch die städtebauliche Entwicklung in den Bereichen Käfertal-Süd und Spinelli Barracks).

WIRKRAUM: W45/46 – KÄFERTAL-SÜD UND SPINELLI

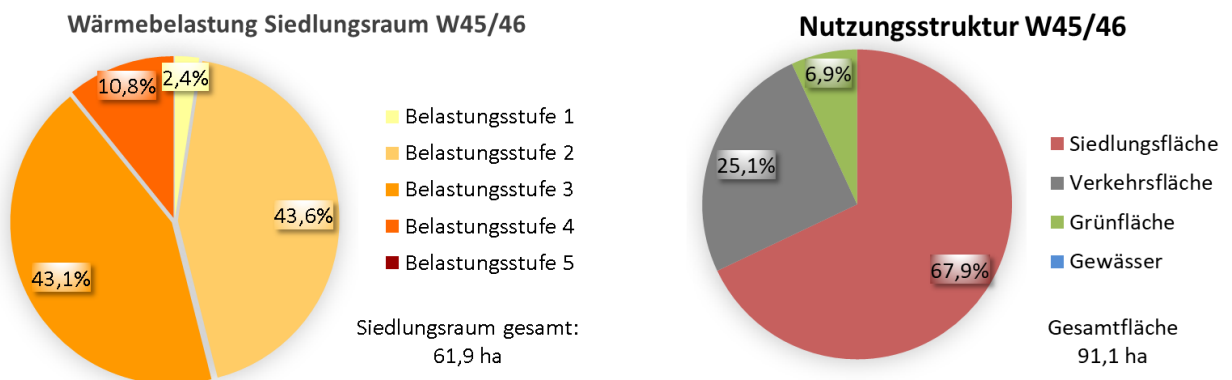


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Wirkräume **W45/46** umfassen neben der Bestandsbebauung (locker durchgrünte Wohnbebauung und Gewerbegebietsflächen im Südwesten auch die geplante Bebauung entlang des Grünzugs Nordost, die mittels Parkschale an den neugestalteten Grünzug Nordost angrenzt.

Der Planungsprozess zur Entwicklung der Neubebauung **Käfertal-Süd** wurde von ÖKOPLANA und dem KIT klimaökologisch begleitet, um trotz vorgelagerter Bebauung in der Bestandsbebauung Käfertal-Süd ein möglichst ausgewogenes Kleinklima zu sichern.

Wie die Modellrechnungen bestätigen, können die Kaltluftfließbewegungen entlang des Grünzugs Nordost durch den Abriss von Kasernenhallen im nördlichen Teilbereich der **Spinelli-Barracks** intensiviert werden. Auch die bauliche Fragmentierung der U-Halle macht sich strömungsdynamisch positiv bemerkbar.



Der Intensivierung der Kaltluftfließgeschwindigkeit stehen an der potenziellen Siedlungsergänzung Käfertal-Süd Geschwindigkeitsreduzierungen entgegen. Eine zunehmende großflächige Neigung zu Kaltluftstagnation (Kaltluft-Fließgeschwindigkeit $\leq 0,1$ m/s) wird innerhalb der geplanten Bebauung jedoch nicht bilanziert. Dies weist auf eine strömungsgünstige Bau- und Grünstruktur hin.

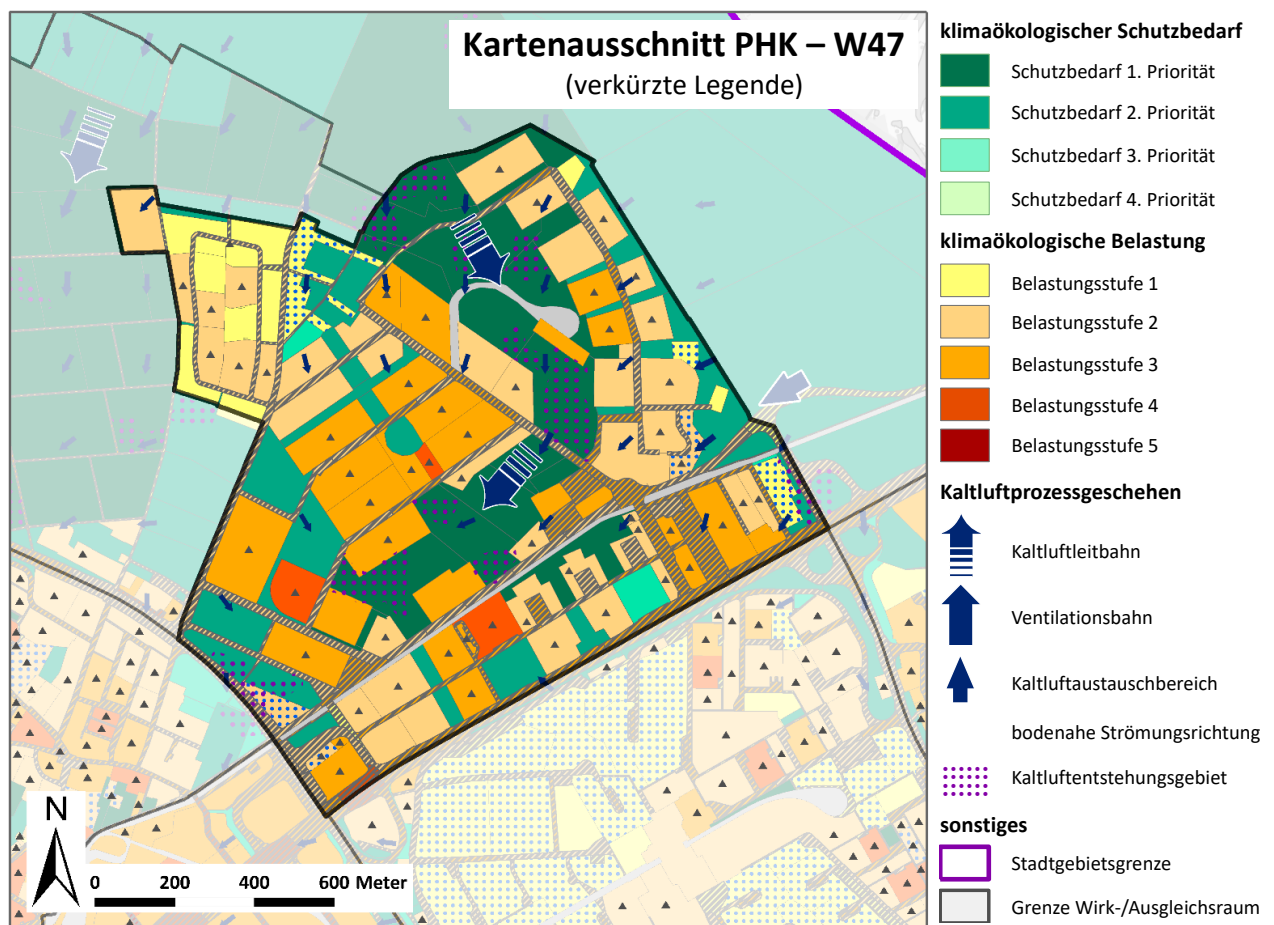
Die geplanten Baustrukturen sichern ein Einsickern der Kaltluft aus dem neuen Freiraumgefüge „Spinelli“, so dass in der Bestandsbebauung keine gravierenden Veränderungen zu bilanzieren sind. Von hoher Bedeutung ist dabei, dass die Freizone (Sportgelände) südlich des Joseph-Bauer-Hauses auch langfristig als Grünfläche erhalten bleibt. Sie bildet eine klimatisch wirksame Verknüpfung zum klimaökologischen Gunstpotenzial des Grünzugs Nordost.

Maßnahmenempfehlungen

Im Rahmen des Planungsprozesses „Spinelli / BUGA 2023“ wurden von Seiten der Klimaökologie vielfältige Planungsempfehlungen formuliert (vgl. ÖKOPANA 2019, KIT 2018: Projekt KomKlim), die weitgehend Eingang in die Planungen fanden. Auch für den Teilbereich Talstraße und das westlich anschließende ehemalige Kasernenareal liegen Planungsentwürfe vor, die noch weiter diskutiert werden (z.B. Betriebshof). Diese zielen entsprechend der Planungsmaßnahmen **M13 (Vermeidung von Austauschbarrieren)** und **M14 (Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)** vor allem auf eine möglichst allseitige Durchströmbarkeit ab.

Es ist von Bedeutung, dass die Planungen im Zuge der fortschreitenden Konkretisierung weiterhin klimaökologisch begleitet werden, um mögliche Fehlentwicklungen frühzeitig zu unterbinden.

WIRKRAUM: W47 –FRANKLIN

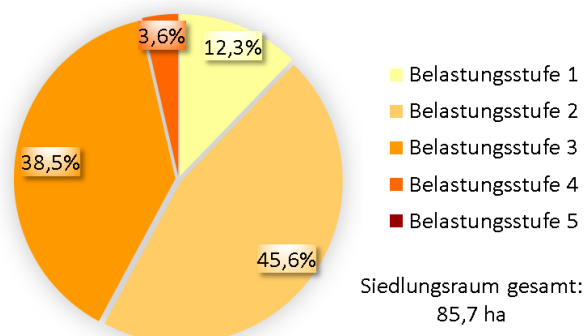


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

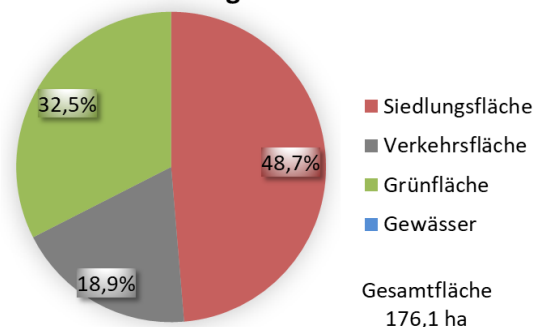
Der Wirkraum **W47 Franklin** setzt sich aus den ehemaligen Kasernenarealen nördlich der B38 zusammen. Der Entwurf für das Planungsgebiet „Franklin“ sieht die Entwicklung einer großzügigen Grünspanne vor, der eine klimaökologisch wirksame Grünverbindung zum Käfertaler Wald und zur Feldflur vorsieht. Dort sind auch Nutzgärten und Spielflächen vorgesehen. Die Grünspanne bildet zudem den Übergang zu den zukünftigen Gewerbeflächen „Columbus“ entlang der B38.

Durch die Lage am Übergang zum Käfertaler Wald (A40) profitiert das Gelände klimatisch unmittelbar von dessen Gunsteffekten (Kalt- und Frischluftproduktion). Während sommerlicher Strahlungswetterlagen, die bioklimatisch von besonderer Bedeutung sind, herrschen nach Sonnenuntergang meist nordöstliche bis östliche Lokal-/Regionalströmungen vor. Anhand der durchgeführten Modellrechnungen wird erkennbar, dass mit der zugeführten Kaltluft die Ausbildung einer ausgeprägten Wärmeinsel über dem neugestalteten Stadtteil Franklin unterbunden wird. Die Wärmebelastung bleibt moderat.

Wärmebelastung Siedlungsraum W47



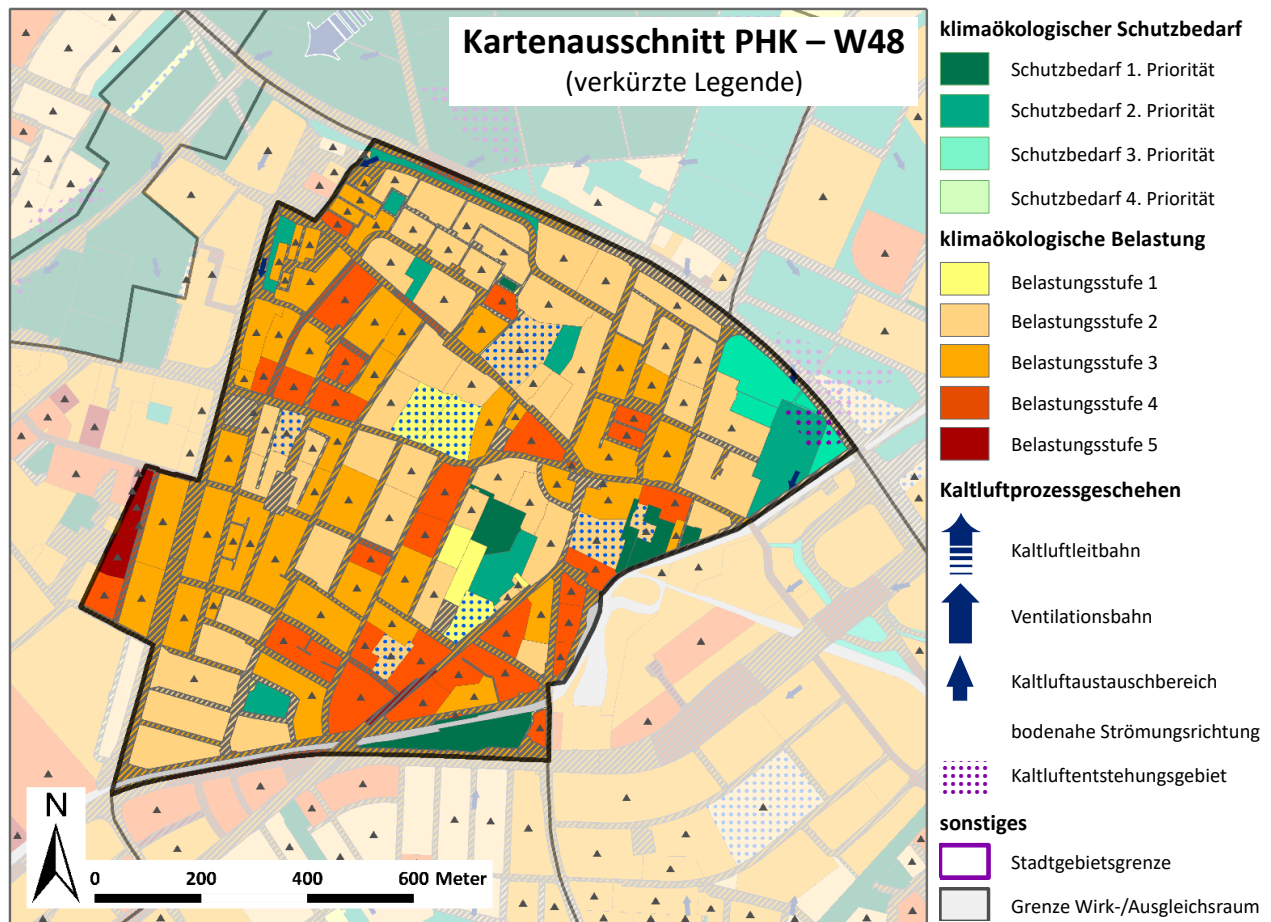
Nutzungsstruktur W47



Maßnahmenempfehlungen

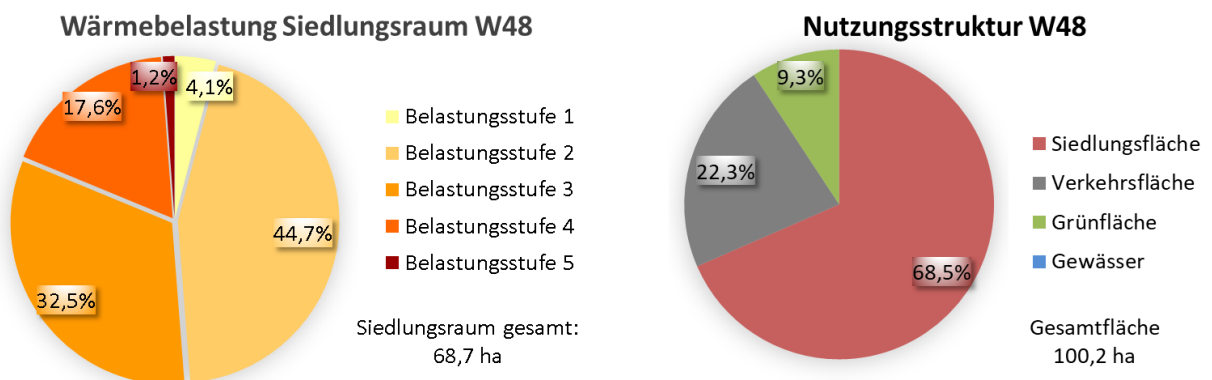
Die Planungen zur Entwicklung des neuen Stadtteils Franklin wurden bzgl. der Klimaökologie fachlich begleitet. In allen Teilgebieten (Franklin-Mitte, Sullivan, Funari, Columbus) wurden, aufbauend auf Klimaexpertisen (ÖKOPLANA 2015 -2020), im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen Festsetzungen getroffen, um möglichst günstige stadtklimatische Verhältnisse zu sichern und Zusatzbelastungen im Planungsumfeld zu minimieren. Neben der **Entwicklung großzügiger Grünflächen (M02/M07)** finden auch auf die Bebauung abgestimmte interne **Ventilationsachsen (M13)** sowie **Dach- und Fassadenbegrünungen (M15/M16)** Beachtung. Zusätzlich erfolgen Festsetzungen bzgl. der **Gestaltung versiegelter Oberflächen (M03)**.

WIRKRAUM: W48 – KÄFERTAL



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Stadtteil **Käfertal (W48)** grenzt mit seiner Wohnbebauung im Norden an den Ausgleichsraum A39 an, der die Verbindung mit dem klimatischen Gunstpotenzial des Käfertaler Walds herstellt. Dies ermöglicht an Strahlungstagen die Zufuhr kühlerer Luftmassen aus nordöstlichen Richtungen über den Freiraum zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße. Folge ist, dass der alte Ortskern nördlich des Stempelparks nur verhältnismäßig gering wärmebelastet ist. Die klimatische Effektivität der zuströmenden Kaltluftmassen zeigt sich daran, dass die Gunstwirkung trotz einer starken Barrierewirkung (Zeilen-/Hochhausbebauung) entlang der Waldstraße nach Süden hin wirksam wird. Erhöhte Wärmebelastungen stellen sich dagegen vor allem im Südosten aufgrund der vorherrschenden meist blockartigen Bebauung sowie in meist relativ kleinräumig stärker versiegelten bzw. dichter bebauten Bebauungsstrukturen ein.



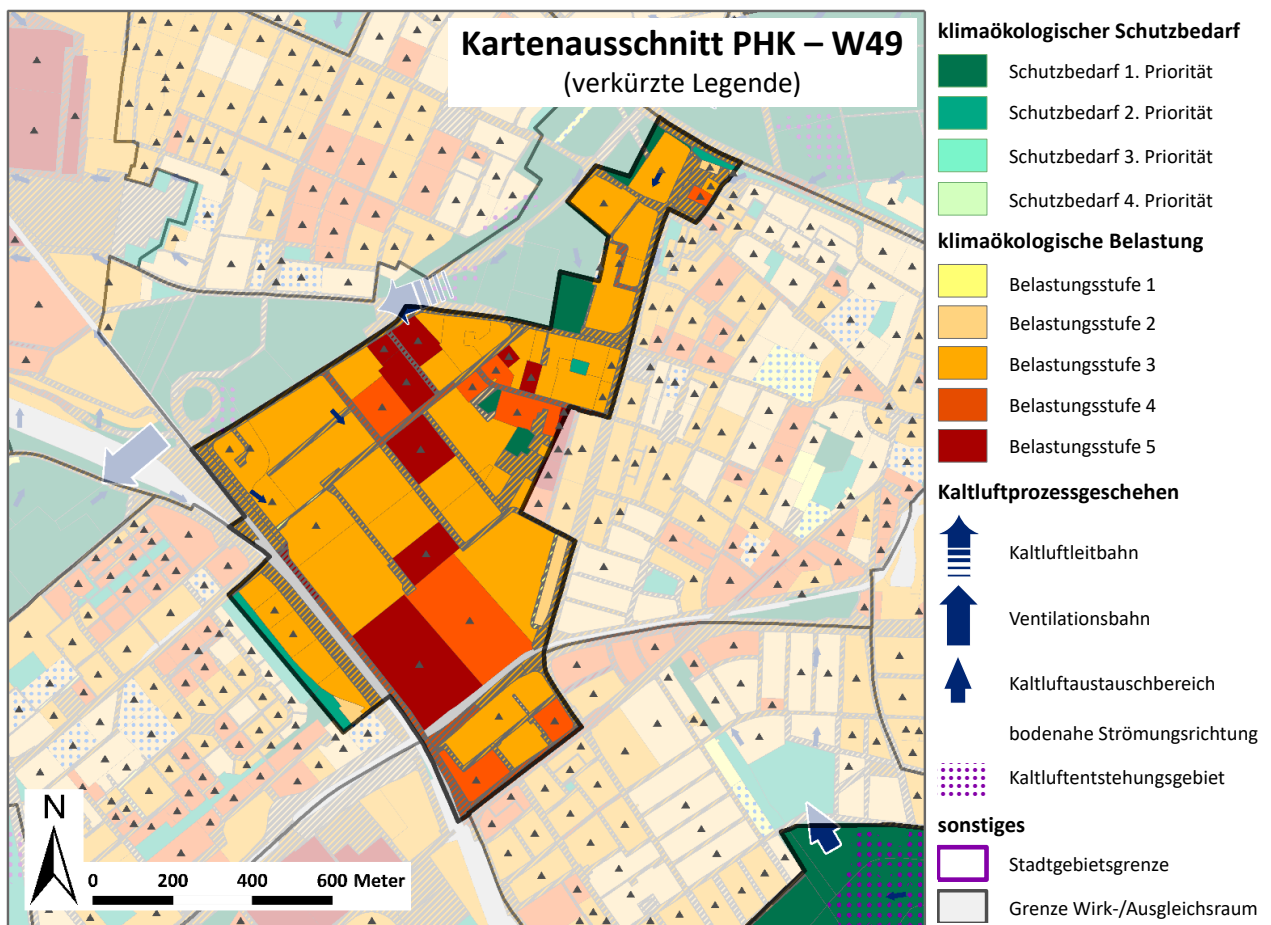
Im Ortszentrum von Käfertal bildet der Stempelpark eine interne Kaltluftoase, deren Gunstwirkung jedoch auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt bleibt. Dies wird durch die Ergebnisse der Temperaturmessungen von 2019 und die Modellrechnungen offenbar.

Maßnahmenempfehlungen

Innerhalb der dichten Ortskernbebauung von Käfertal (W48) können vor allem durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen (z.B. Begrünung von Garagendächern etc.) oder bauliche Entkernungen in den Blockinnenbereichen zusätzliche thermische Gunsteffekte erzielt werden (Maßnahmen **M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung**, **M15 - Dachbegrünung** und **M16 – Fassadenbegrünung**).

Bauliche Ergänzungen im Bereich noch vorhandener Freiräume (z.B. im Bereich der Freiflächen zwischen Wasserwerkstraße, Waldstraße und Bensheimer Straße) sind nicht zu empfehlen. Sie bilden lokale Kaltluftentstehungsgebiete, von denen die benachbarte Wohnbebauung profitiert (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

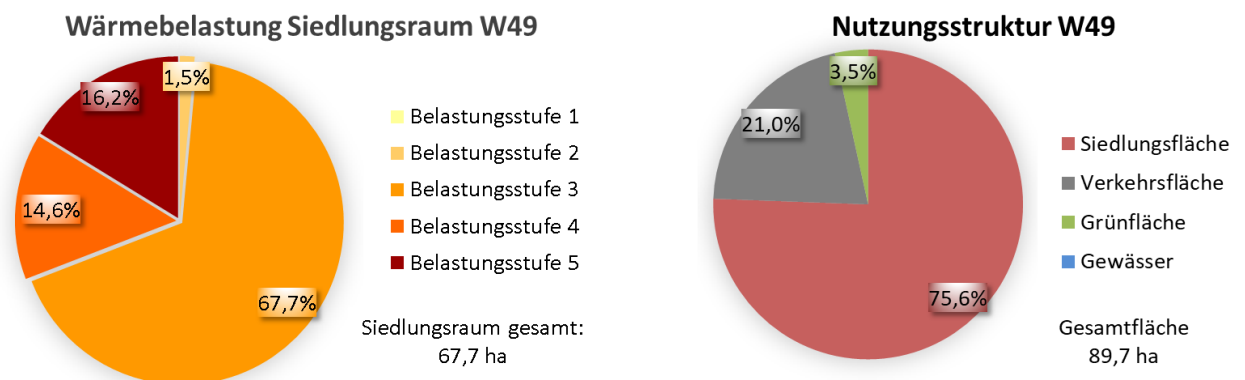
WIRKRAUM: W49 – GEWERBEGEBIET KÄFERTAL



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum W49 umfasst die Gewerbeflächen zwischen Auf dem Sand, Oskar-v.-Miller-Straße und Riedbahn.

Über den hochgradig versiegelten Flächen (→ sehr hohes Wärmepotenzial) bildet sich an Sommertagen eine deutliche Wärmeinsel aus (Belastungsstufe 3 bis 5). Das klimaökologische Ausgleichsvermögen der rudimentären Freiraumradiale entlang der Sibylla-Merian-Straße reicht nicht aus, die thermischen Defizite der Gewerbeflächen abzubauen. Die Wärmebelastung ist insgesamt als erhöht zu bezeichnen.



Maßnahmenempfehlungen

Flankierende Maßnahmen wie **Dach-/Wandbegrünung (M15/M16)**, **Baumpflanzungen (M05/M17)** oder möglichst **helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen (M03)** könnten die thermische Ungunstwirkung verringern. Eine weitere bauliche Einengung der Freiraumradiale entlang der Sibylla-Merian-Straße ist zu unterbinden.

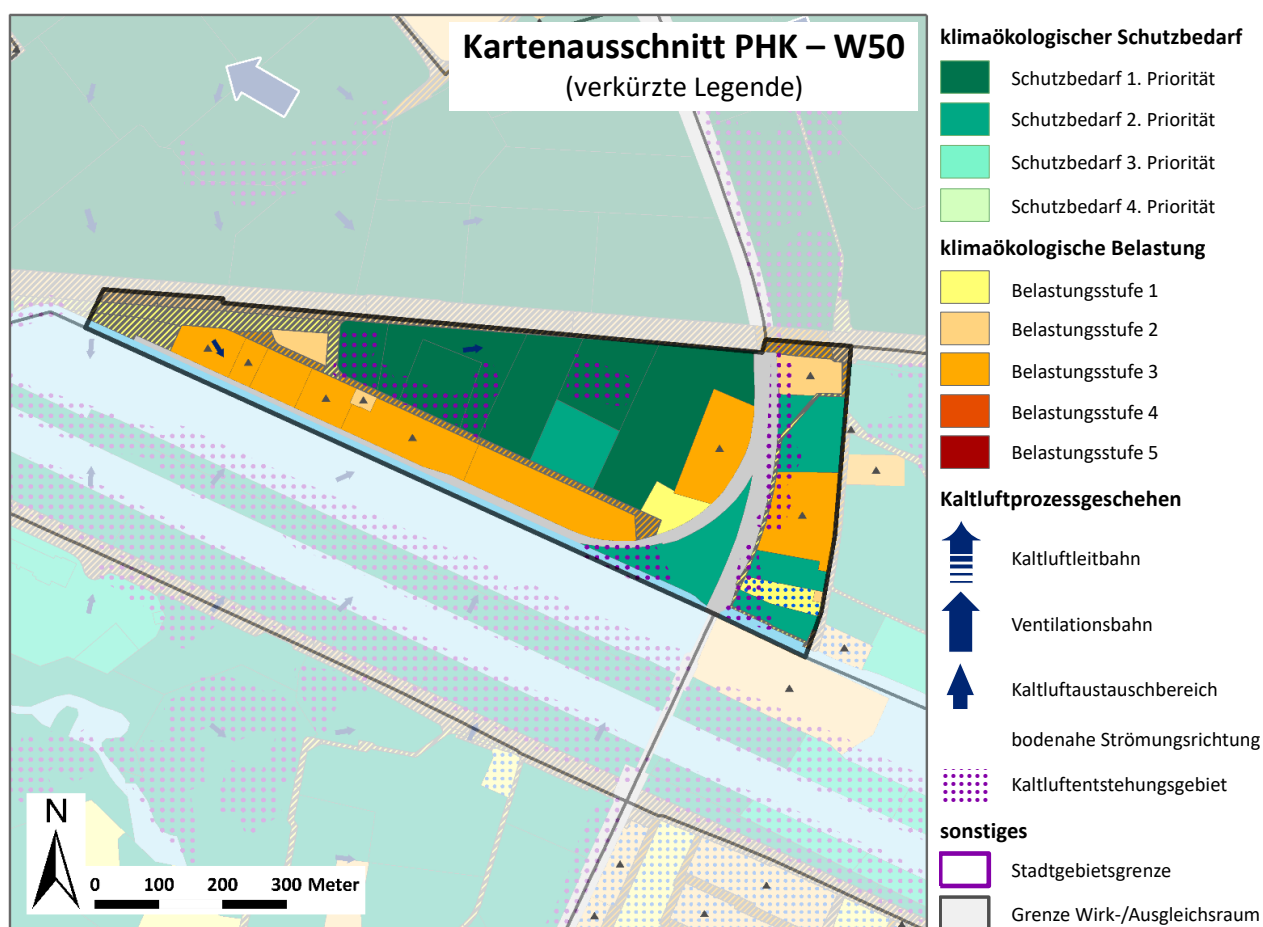
Im Bereich der ehemaligen Turbinenfabrik westlich des Straßenzugs Auf dem Sand ist aktuell eine Neugestaltung vorgesehen. Die Planungen sehen weiterhin eine gewerbliche Nutzung vor, die jedoch kleinteiliger sein soll. Neben dem Erhalt vorhandener Hallen / Gebäude sind auch Neubauten (u.a. Hallenmodule mit zusätzlichen Büros, ein zentrales Parkhaus, Mobilitätsstationen) vorgesehen, die Etappenweise entwickelt werden können. Die innere Erschließung ist mit Hilfe alleeartig begrünter Straßenzüge mit Grünflächenanteilen vorgesehen. Größere Grünflächen sind im nordöstlichen Teilbereich entlang der repräsentativen Erschließungsachse und parallel zur Rollbühlstraße (Werksachse) geplant.

Die planungsbegleitende Klimaexpertise (ÖKOPLANA 2020) dokumentiert, dass am Tag bei Realisierung der neuen Flächennutzungsstrukturen der Flächenanteil mit hohen Lufttemperaturen deutlich abnimmt. Insbesondere durch die Gebäude- und Baumschatten werden die versiegelten Straßenzüge und Grünflächen weniger stark aufgeheizt. Bioklimatische Zusatzbelastungen sind gegenüber dem Ist-Zustand nicht festzustellen.

Im Planungsumfeld profitiert die Wohnbebauung Auf dem Sand 3 – 11 von den thermischen Gunsteffekten der Planung. Die Lufttemperatur nimmt kleinräumig etwas ab.

Weitreichende thermische Positiveffekte gehen von der neuen Bau- und Freiraumstruktur allerdings nicht aus.

WIRKRAUM: W50 – SPORTPARK NECKARPLATT / PFEIFFERSWÖRTH



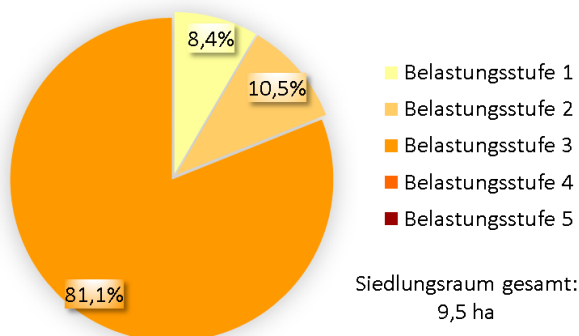
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Gewerbeflächen zwischen Im Pfeifferswörth und Neckarkanal, die nördlich anschließenden Sportplatzflächen sowie die Gärtnereiflächen zwischen Neckarplatt und Riedbahntrasse bilden den Wirkraum W50.

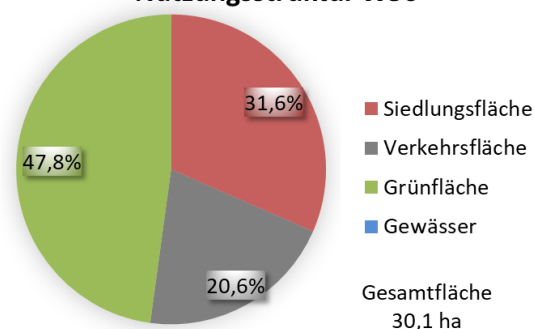
Aufgrund ihrer geringen flächenhaften Ausdehnung bilden sie bislang einen nur relativ geringen Störfaktor im stadtklimatischen Wirkungsgefüge. Die Riedbahntrasse fungiert innerhalb des Wirkraumes als eine auffallende Strömungsbarriere und stört somit die Verknüpfung des Grünzugs Nordost mit dem südlich des Neckars gelegenen Luisenpark (A26).

Der Wirkraum W50 profitiert von den strömungsdynamischen Positiveffekten des Neckars. Über den Wasserflächen und den begleitenden Vegetationsflächen kann der Wind bodennah durchgreifen, wird durch die relativ hohe Uferböschung allerdings abschwächend beeinflusst. Der bei entsprechender Anströmung meist

Wärmebelastung Siedlungsraum W50



Nutzungsstruktur W50

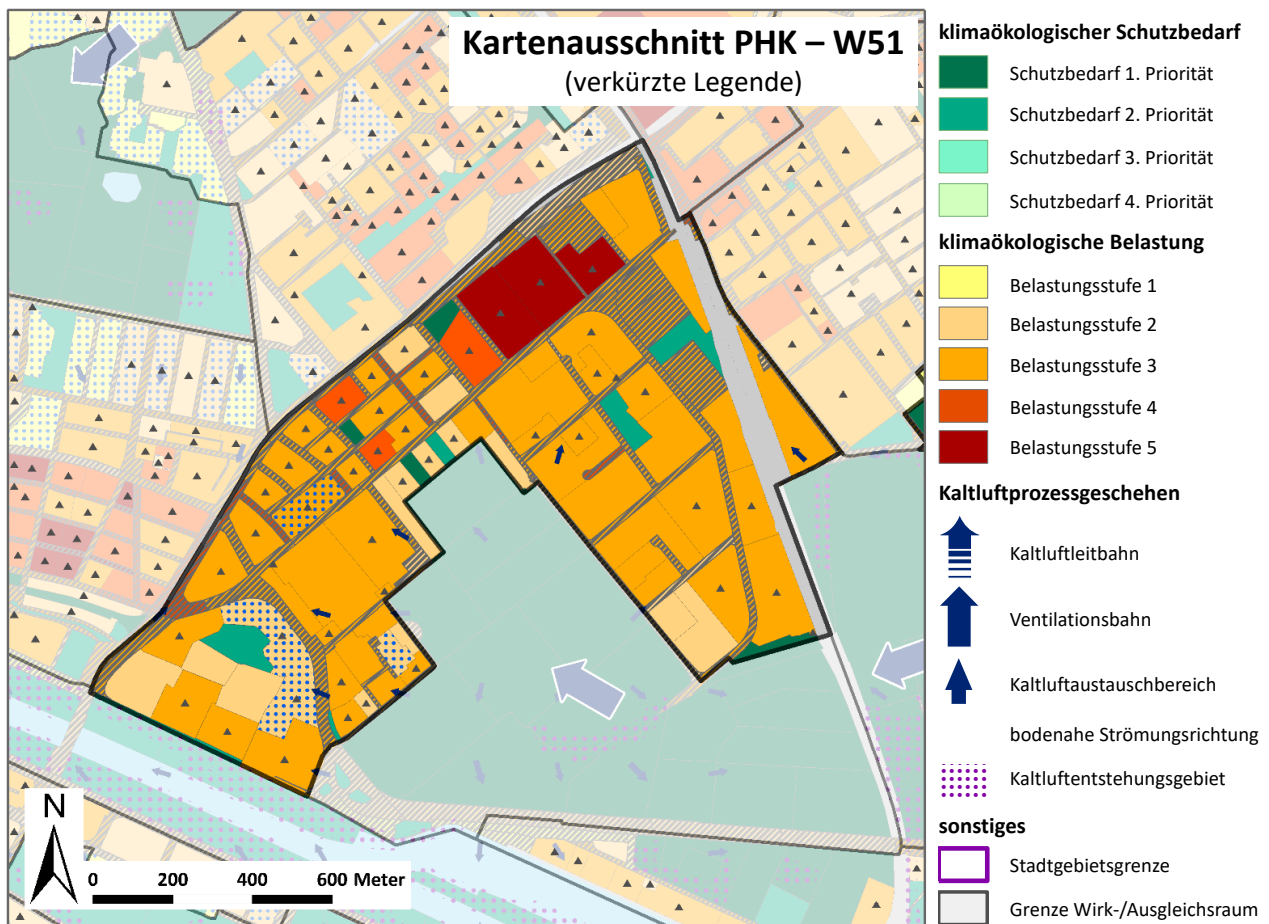


dennoch relativ intensive Luftaustausch verhindert Wärme-/Kaltluftstaus und Luftschadstoffakkumulationen.

Maßnahmenempfehlungen

Die Gewerbebebauung am Neckarkanal weist eine kleinräumige aber dennoch auffallende Barrierewirkung in Nord-Süd-Richtung auf. Damit die klimaökologisch funktionierende räumliche Verknüpfung der Ausgleichsräume Luisenpark südlich des Neckars und Grünzug Nordost (Sellweiden/Friedhof/Au) gesichert bleibt, sind im Wirkraum W50 möglichst keine weiteren baulichen Verdichtung anzustreben (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Sind Flächennutzungsänderungen vorgesehen, ist die nord-süd-gerichtete Durchströmbarkeit des Gebietes möglichst nicht zusätzlich einzuschränken bzw. idealerweise zu verbessern.

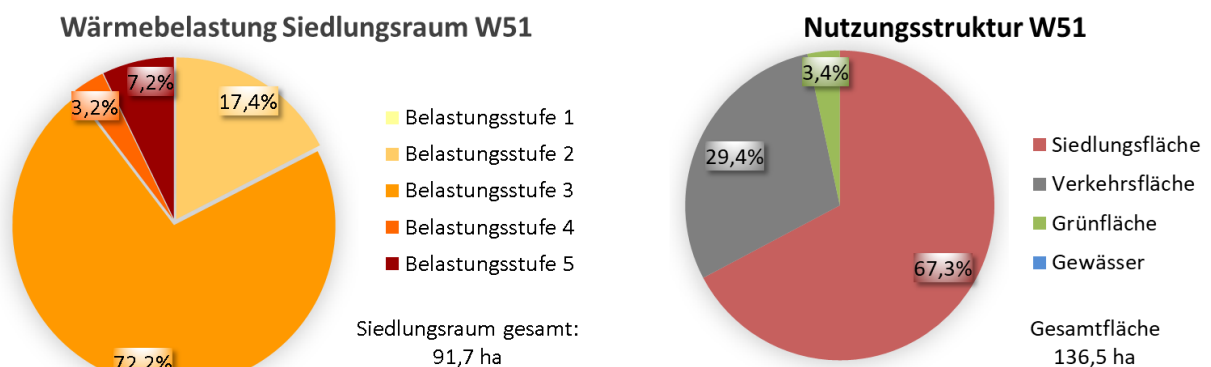
WIRKRAUM: W51 – UNIVERSITÄTSKLINIKUM, WOHLGELEGEN



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum W51 setzt sich aus dem Uniklinikum und dem Stadtteil Wohlgelegen zusammen und befindet sich am nordöstlichen Rand der innerstädtischen Wärmeinsel. Positiv machen sich die Lagebeziehung zur Strömungsleitbahn des Grünzugs Nordost, des Neckars sowie die parkartige Begrünung auf Teilflächen des Uniklinikums bemerkbar. Durch Ventilationseffekte und örtliche Kaltluftbildung wird die stark erhöhte Wärmebelastung an heißen Sommertagen nach Sonnenuntergang verstärkt abgebaut.

Im Stadtteil Wohlgelegen führt besonders die großflächige Bodenversiegelung in der Gewerbebebauung zwischen Riedbahn und Gutenbergstraße zu hoher thermischer Belastung (überwiegend Belastungsstufe 5). Die Ausgleichsleistung des Hauptfriedhofs und der Kleingärten Sellweiden bleiben auf deren Nahbereich beschränkt. Dies wird anhand des deutlichen Temperaturanstiegs im Übergangsbereich Freiraum-Bebauung deutlich.



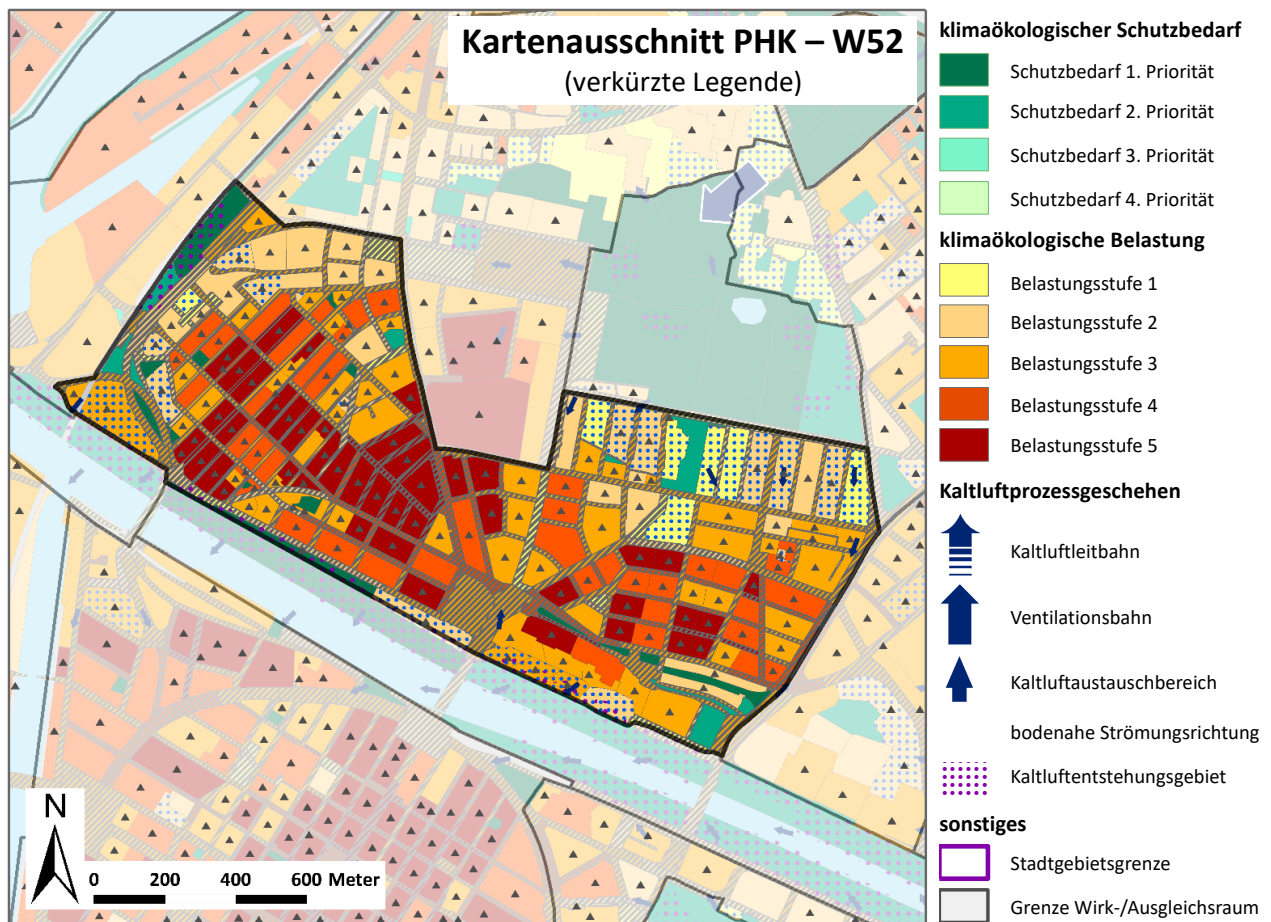
Maßnahmenempfehlungen

Im Bereich der Gewerbebebauung können nur flankierende Maßnahmen wie **Dach-/Wandbegrünung (M15/M16)**, **Baumpflanzungen (M05/M17)** oder möglichst **helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen (M03)** die thermische Ungunstwirkung verringern.

Zwischen Friedrich-Ebert-Straße und Käfertaler Straße ist der **Grünbestand** in den Wohnhöfen **zu sichern und zu optimieren (M07/M09)**. Südöstlich der Käfertaler Straße bieten Zeilenhausbauten einen recht offenen Übergang zum klimaökologischen Ausgleichspotenzial des Hauptfriedhofs. Werden in diesem Teilbereich bauliche Neustrukturierungen angedacht, ist die offene räumliche Verknüpfung zwischen Ausgleichs- und Wirkraum zu erhalten (Maßnahmen **M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten** und **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Der Eisenlohrplatz ist als Erholungs-/Spielfläche und als lokale Lufttemperatursenke zu sichern und in seiner Aufenthaltsqualität zu verbessern (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W52 – NECKARSTADT

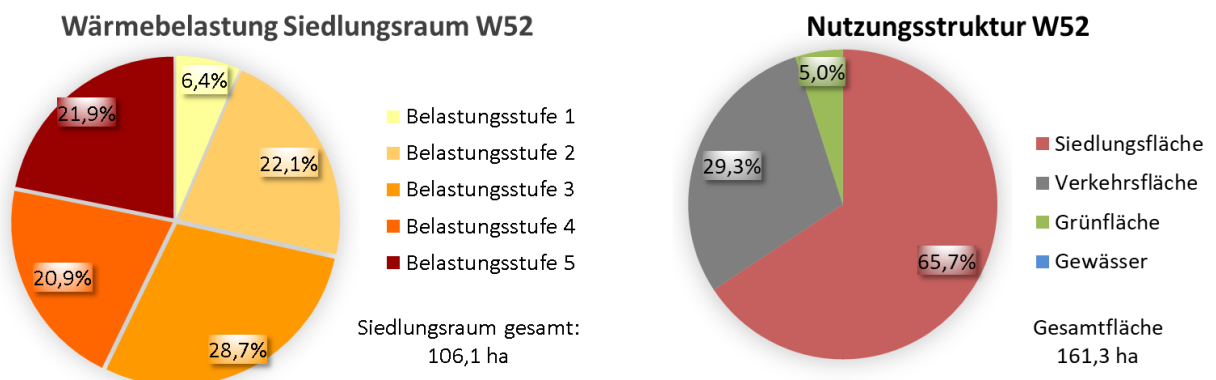


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Das klimaökologische Wirkungsgefüge im Stadtteil **Neckarstadt (W52)** wird sowohl von der angrenzenden dichten städtischen Bebauung der Mannheimer Quadrate als auch durch die direkte Lagebeziehung zur innerstädtischen Ventilations- und Strömungsleitbahn „Neckar/Neckarvorland“ bestimmt.

Die vorliegenden ortsspezifischen Grundlagendaten belegen, dass sich im Wirkraum W52 ein kleinräumig differenziertes Klimageschehen einstellt, das sich sowohl in der thermischen Situation als auch in der Ventilation ausdrückt. Typisch sind die am Tag stärkere Erwärmung innerhalb dichter Bebauung (z.B. Mittelstraße, Schimperstraße) und die etwas intensivere nächtliche Abkühlung im Bereich des Neckarvorlandes. Insgesamt liegt eine recht hohe Wärmebelastung vor.

Neckar und Neckarvorland fungieren zusammen als breit angelegte Ventilationsbahn, über welcher Luftmassen der höheren Atmosphäre bis in Bodennähe durchgreifen können. Dabei ermöglicht der ca. 250 m breite



Strömungskorridor auch bei einer Queranströmung aus nordöstlichen und südwestlichen Richtungen wesentliche Belüftungseffekte für die angrenzende Bebauung.

Der von Verkehrsflächen bestimmte Alte Messplatz weist kein wesentliches thermisches Gunstpotenzial auf. Positiveffekte ergeben sich allein aus der klimaökologischen Passivwirkung des Platzes als weitgehend barrierefreie Übergangszone zum Neckar. Vor allem bei häufig vorherrschenden Winden aus südlichen Richtungssektoren wird eine intensive bodennahe Ventilation ermöglicht. Durch diese werden sowohl am Tag als auch in der Nacht bioklimatische Belastungen reduziert und lufthygienische Belastungen durch raschen Abtransport und Diffusion von Luftschadstoffemissionen abgeschwächt.

Wie die Ergebnisse der Temperaturmessfahrten und der Modellrechnungen dokumentieren, führt die dichte Blockrandbebauung der Neckarstadt an bioklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungstagen nach Sonnenuntergang zu einem deutlich verzögerten Lufttemperaturrückgang und zur Ausbildung eines örtlichen Wärmepols. Die weitgehend geschlossenen Blockrandstrukturen verstärken diesen Effekt, da sie kleinräumige Luftaustauschprozesse zwischen Innenhöfen und angrenzenden Straßenzügen unterbinden.

Im Norden des Wirkraums zeigt sich die klimaökologische Ausgleichsleistung des Herzogenriedparks. Bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren zeigen sich im Wirkraum W52 thermische Positiveffekte bis zur Carl-Benz-Straße.

Maßnahmenempfehlungen

Die Funktion des Neckarvorlandes als klimaökologischer Ausgleichsraum ist zu sichern. Eine Bebauung der Freiflächen südlich der Dammstraße ist zu unterbinden (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

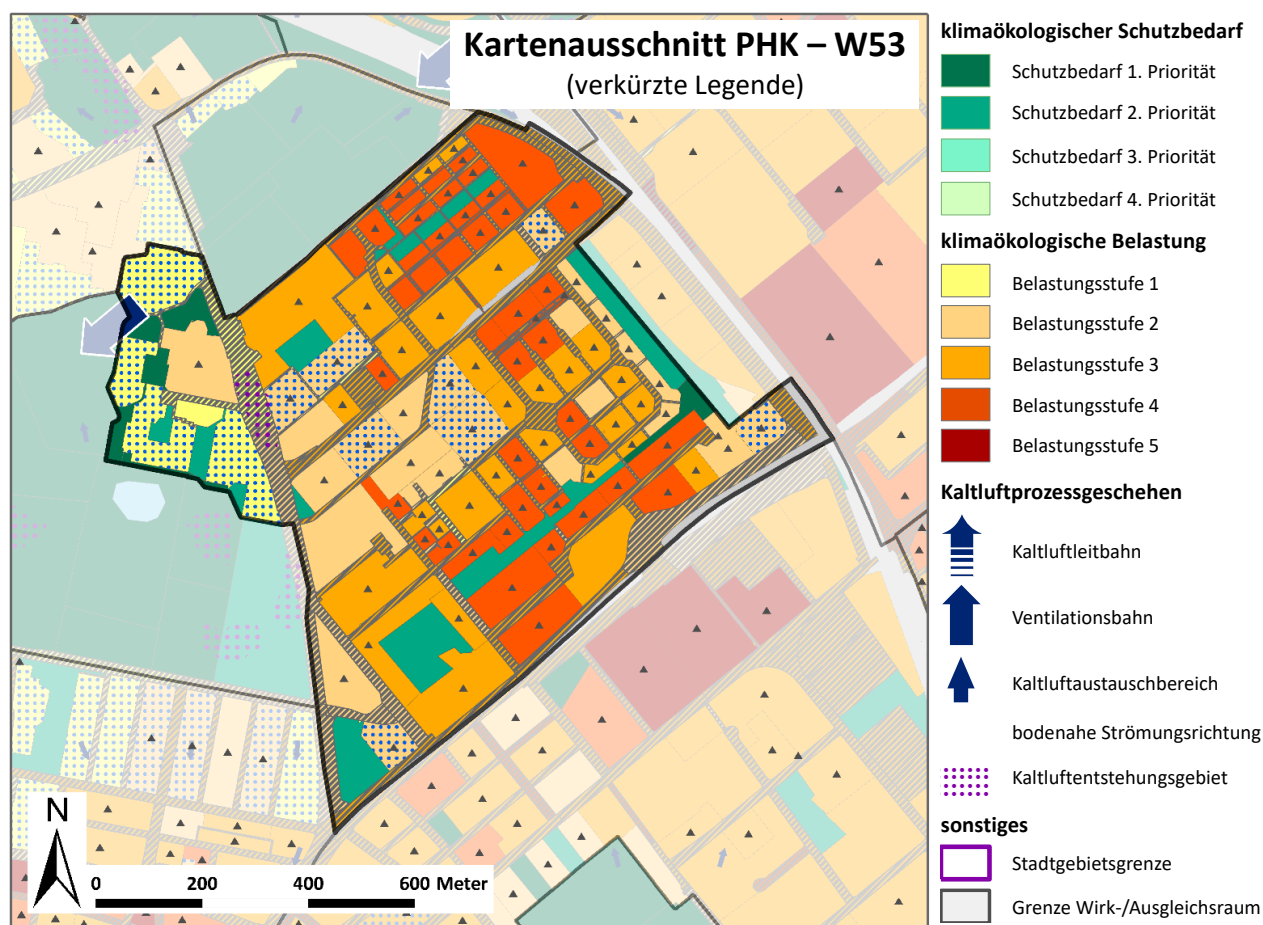
Innerhalb der Blockbebauung der Neckarstadt bieten sich bauliche Entkernungs- und Begrünungsmaßnahmen zur Aufwertung des ortsspezifischen Eigenklimas an (**M01 - Innen-/Hinterhofbegrünung** und **M12 – Entdichtung/Rückbau**). Die Schaffung zusätzlicher kleinräumiger Grünflächen (z.B. Pocket-Parks, Spielplätze) würde zwar nur zu einer punktuellen thermischen Entlastung führen, aber für die Anwohner wertvolle „Klimaoasen“ darstellen (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

Im Bereich des Alten Messplatzes, der sich aufgrund des hohen Versiegelungsgrads sowohl am Tag als auch in den Nachtstunden als stark wärmebelastet darstellt, sollten zusätzliche Begrünungsmaßnahmen angestrebt werden. Neben der Begrünung vorhandener Gebäude wäre auch an Teilentsiegelungen und die Neuanlage von Grünflächen mit beschatteten Sitzgelegenheiten zu denken (Planungsmaßnahmen **M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung** und **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**). Neben einer erhöhten Aufenthaltsqualität würde dies darüber hinaus die Wasserversorgung des vorhandenen Baumbestands verbessern. Die Bäume sollten ergänzend hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz geprüft und ggf. durch eine passendere Baumart ersetzt werden.

Entlang der August-Kühn-Straße ist die recht lockere Bebauungsstruktur zu erhalten. Grünflächen wie im Bereich der Murgstraße sind zu erhalten. Sie bilden fußläufige Erholungsflächen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

Der Grünstreifen nordwestlich der Untermühlaustraße fungiert als wichtige kleinräumig kaltluftproduzierende Ausgleichsfläche und dient gemeinsam mit der stark durchgrünzten Zeilenbebauung auf der östlichen Straßenseite gleichzeitig als Puffer zum thermisch stark belasteten Industriehafen (W61). Er ist demnach von einer baulichen Inanspruchnahme abzusehen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**) und stattdessen eine Erhöhung der Aufenthaltsqualität anzustreben (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**).

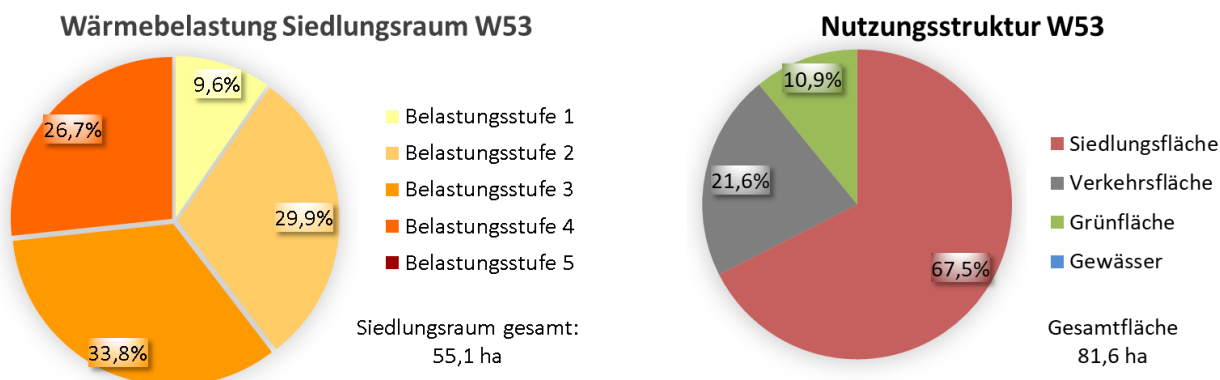
WIRKRAUM: W53 – NECKARSTADT-NORDOST/TURLEY



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkungsraum **W53** östlich des Herzogenriedparks umfasst u.a. die neugestaltete Bebauung **Turley** zwischen Zielstraße im Osten und Hochuferstraße im Westen.

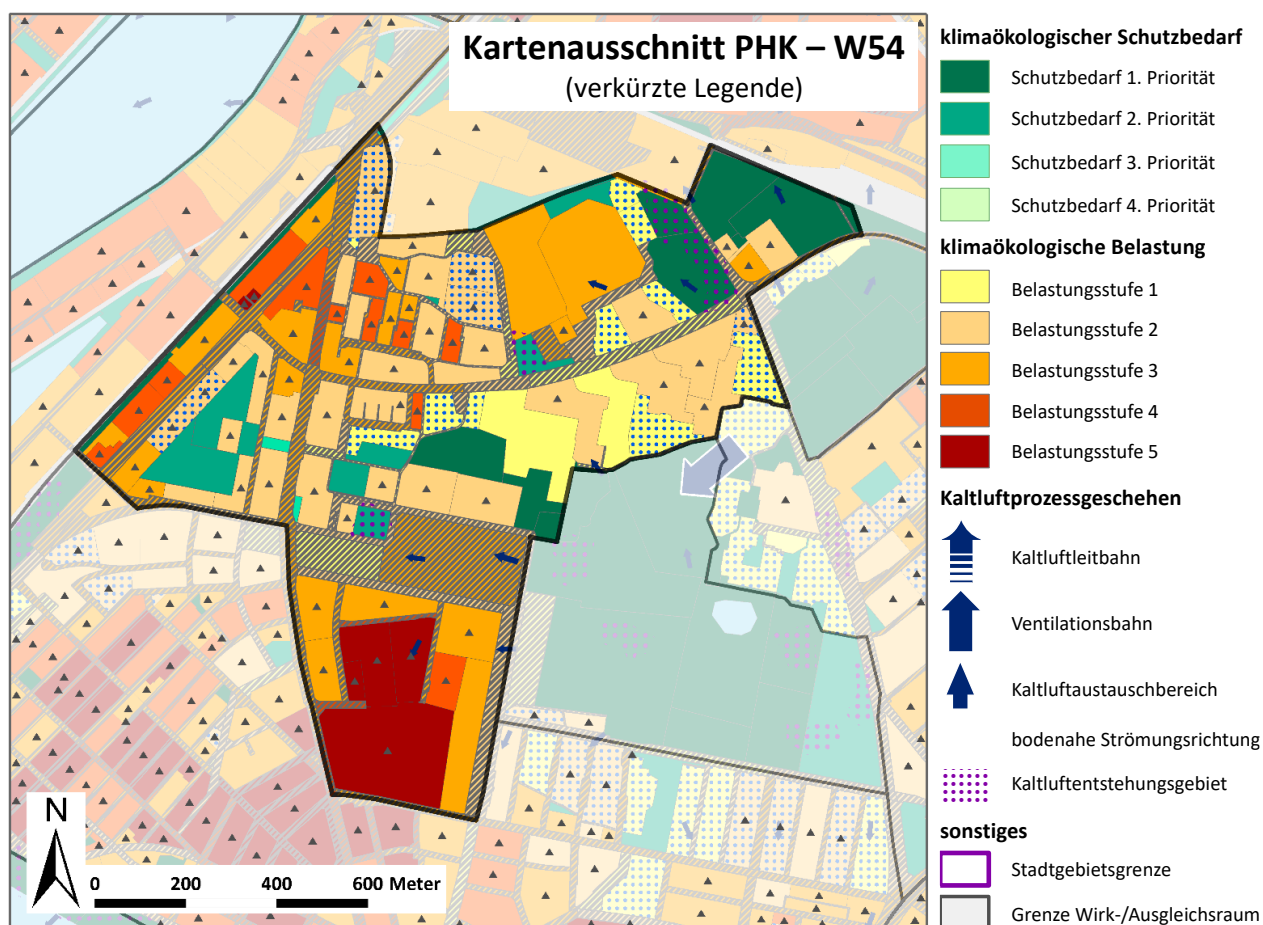
Entlang der Friedrich-Ebert-Straße ist sowohl die thermische als auch lufthygienische Belastung als erhöht zu bewerten. Das hohe Verkehrsaufkommen sowie großflächig versiegelte Areale machen sich negativ bemerkbar. In Richtung Ulmenweg zeigt sich dagegen zunehmend der thermisch positive Einfluss der Ausgleichsräume Herzogenriedpark (A36) und Radrennbahn (A37), die als Teil eines rudimentären Grünzugs zwischen Käfertaler Wald und Innenstadt zu betrachten sind. Hier unterliegt die Bebauung nur einer abgeschwächten thermischen Belastung. Bebauungsinterne Grünflächen wie die Windsoranlage, der Turleyplatz und die Grünanlage nordöstlich des Roteichenrings bilden lokalklimatisch bedeutsame Ausgleichsräume.



Maßnahmenempfehlungen

Im Bereich der Turley wurde in den letzten Jahren durch Flächenumwidmungen bzw. bauliche Neustrukturierungen die Möglichkeit aufgenommen, das gebietsinterne Eigenklima zu verbessern. Neben den Hausgärten stellen u.a. die Windsoranlage, der Turleyplatz und die Grünanlage nordöstlich des Roteichenrings klimatisch begünstigte Aufenthaltsbereiche dar. Diese sind langfristig zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**) und in sommerlichen Trockenphasen ausreichend zu bewässern, um ihre Funktion als Kaltluftproduktionsflächen aufrecht zu erhalten (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

WIRKRAUM: W54 – HERZOGENRIED

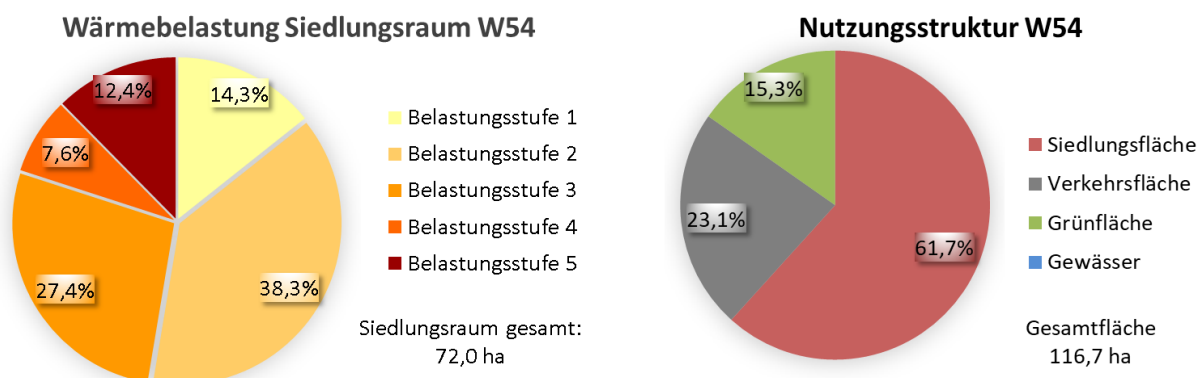


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W54 (Herzogenried)** befindet sich südöstlich der Untermühlaustraße zwischen MOTORENWERKE MANNHEIM AG und der Justizvollzugsanstalt Mannheim. Am Neuen Messplatz und im Bereich Zum Herrenried grenzt der Wirkraum an die klimaökologischen Ausgleichsräume Herzogenriedpark (A36) und Radrennbahn (A37). Die Barrierewirkung zwischen Bebauung und Freiraum ist meist gering bis stark.

Wie die Messfahrtergebnisse von 2019 und die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen, profitiert die Bebauung im Umfeld der Ausgleichsräume vom dortigen thermischen Gunstpotenzial. Die Wärmeinsel „Neckarstadt“ wird hier unterbrochen, was die Ausgleichsleistung der Freiraumkette A36-A37-A38-A39-A40 unterstreicht.

Die Wärmebelastung nördlich der Maybachstraße ist vergleichsweise mäßig, wohingegen südlich der Maybachstraße die Belastung durch die Wärmeabstrahlung der großflächig versiegelten Gewerbeflächen deutlich erhöht ist.

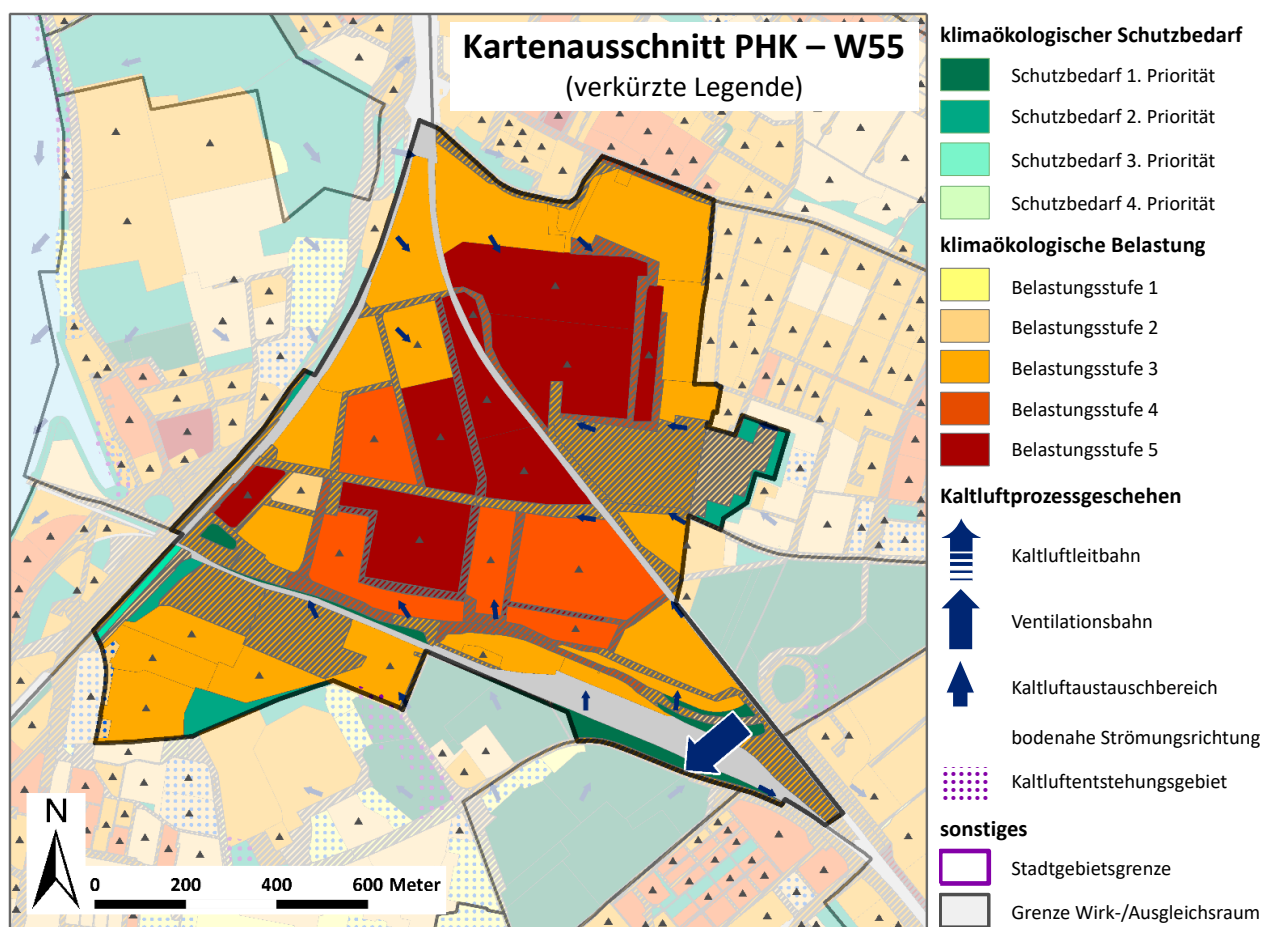


Maßnahmenempfehlungen

Die noch vorhandenen Grünpotenziale im Wirkraum W54 (u.a. Grünflächen westlich der Integrierten Gesamtschule Herzogenried, im Umfeld der JVA, Jugendhaus und Abenteuerspielplatz Erlenhof, Umfeld Zum Herrenried 16, Urban-Gardening-Flächen westlich des Neuen Messplatzes) sind zu sichern und zu pflegen (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung** und **M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Bei baulichen Nachverdichtungen oder Neustrukturierungen sind die örtlichen Ventilationsverhältnisse während autochthoner Wetterlagen (südliche Winde am Tag, nördliche bis nordöstliche Richtungskomponenten in der Nacht) zu berücksichtigen (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Bauliche Verdichtungen entlang der angrenzenden Ausgleichsräume sind zu vermeiden (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Im Bereich der MOTORENWERKE MANNHEIM AG könnten flankierende Maßnahmen wie **Dach-/Wandbegrünung (M15/M16)**, **Baumpflanzungen (M05/M17)** oder möglichst **helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen (M03)** die thermische Ungunstwirkung verringern.

WIRKRAUM: W55 – DAIMLER AG, BETRIEBSHOF HAFENBAHNSTRASSE



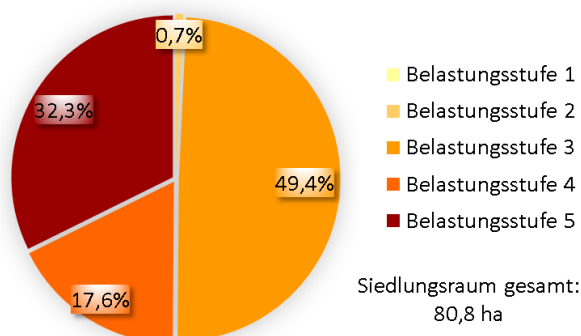
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der **Betriebshof südlich der Hafenbahnstraße** sowie das **Werksgelände der DAIMLER AG** bilden den Wirkraum **W55**. Einziger Ausgleichsraum, der an den Wirkraum direkt angrenzt, ist das Sandgewann (A38).

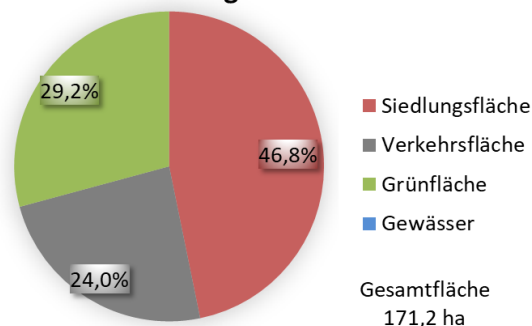
Wie die Messfahrendergebnisse von 2019 und die Modellrechnungen aufzeigen, bildet sich vom Industriehafen über das Werksgelände der DAIMLER AG eine Warmluftzunge aus. Die Wärmebelastung ist entsprechend als stark erhöht zu bezeichnen.

Windmessungen im Bereich des Betriebshofes zeigen, dass an Strahlungstagen der Wind bereits vor Sonnenuntergang abflaut und sich zunehmend ein ortsspezifisches Lokal- bzw. Regionalwindsystem ausbildet. In der ersten Nachthälfte dominieren bis in ca. 50 m Höhe nordöstliche Richtungen, wobei mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 0,5 und 1,5 m/s zu registrieren sind. Die von einer lokalspezifischen Ausgleichsströmung zwischen nordöstlichem Freiland (u.a. Käfertaler Wald/Sandhofer Wald) und dem nördlichen Stadtgebiet von

Wärmebelastung Siedlungsraum W55



Nutzungsstruktur W55



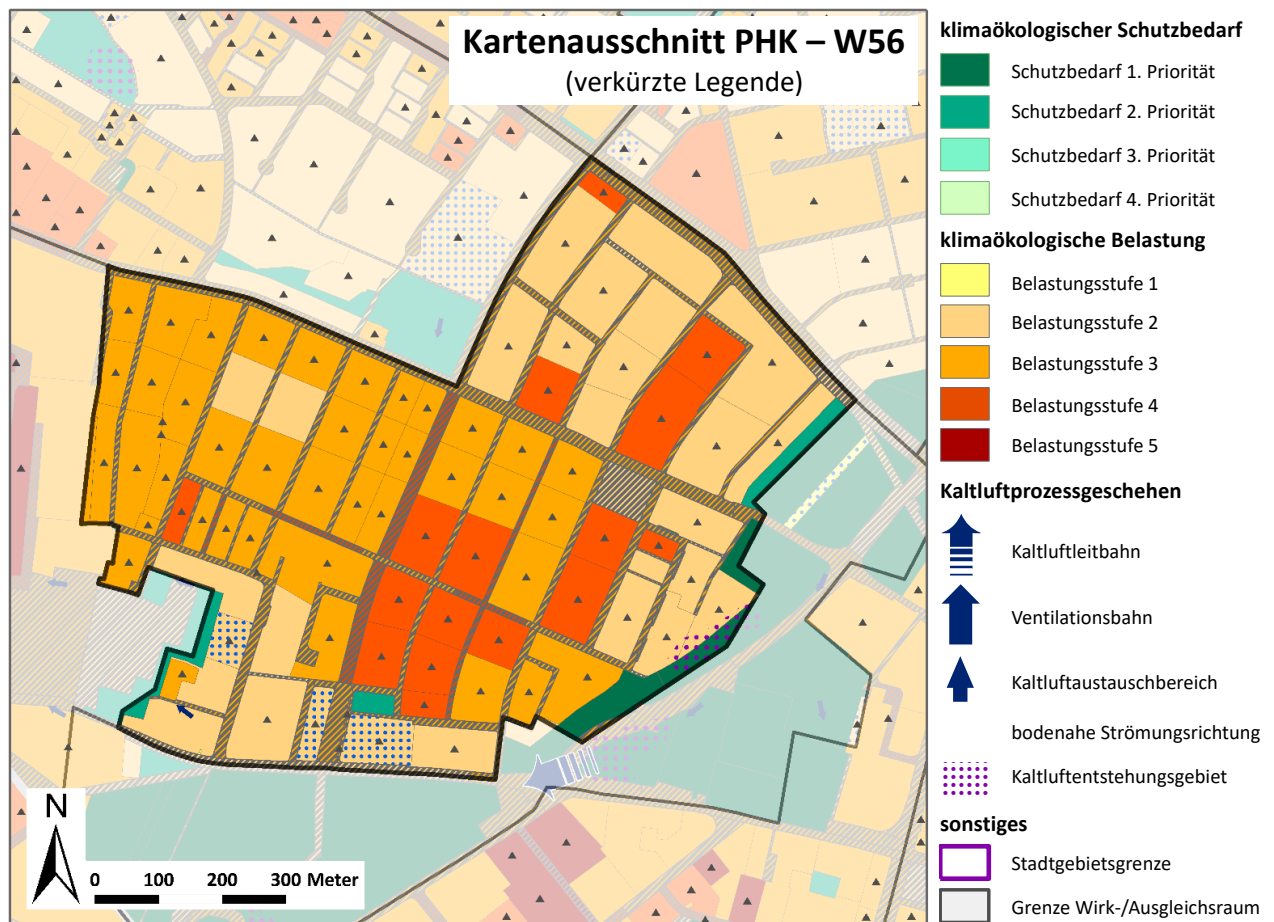
Mannheim initiierten Winde sind im Wirkraum W55 während der gesamten ersten Nachthälfte zu beobachten. In extrem windschwachen Nächten stellen sich auf das Werksgelände der Daimler AG zugerichtete Flurwinde ein.

Im Laufe der zweiten Nachthälfte dreht der Wind zunehmend zu regional angelegten nordwestlichen Richtungssektoren, wobei der Altrhein als Zugbahn fungiert.

Maßnahmenempfehlungen

Wie in allen hoch verdichteten Industrie- und Gewerbegebieten bieten sich im Bestand nur wenige Maßnahmen an, die zu einer grundlegenden Verbesserung der bioklimatischen Verhältnisse beitragen können. Dazu zählen Maßnahmen wie **Dach-/Wandbegrünung (M15/16)**, **Baumpflanzungen (M05/M17)** oder möglichst **helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen (M03)**. Es ist daher von Bedeutung, dass bestehende klimaökologische Gunsträume im näheren Umfeld gesichert werden, um die Wärmeaura der Bebauung zu begrenzen. Im Falle des Wirkraums W55 bedeutet dies, dass der Freiraum A38 (Sandgewann) als Bestandteil einer Grünachse in Richtung Nordosten einen hohen Sicherungsgrad aufweist.

WIRKRAUM: W56 – SPECKWEGGEBIET

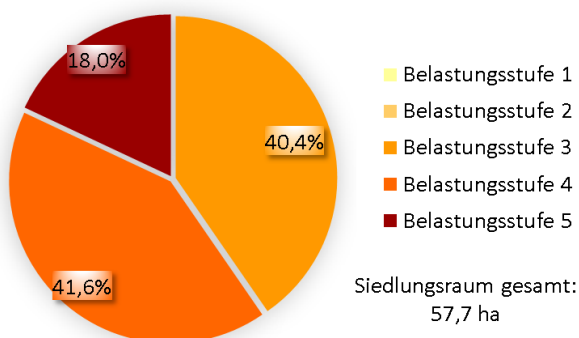


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

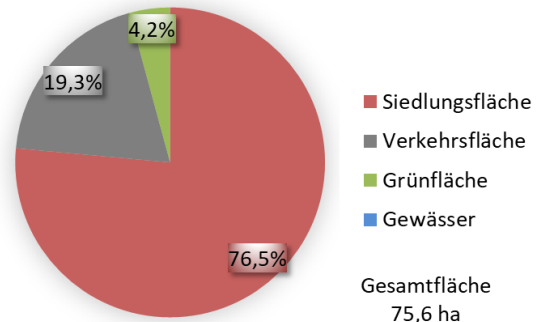
Der Wirkraum **W56 (Speckweggebiet)** zwischen Obere Riedstraße im Süden und Waldstraße im Norden grenzt an die Grünachse A38 an.

Während windschwacher Strahlungswetterlagen macht sich die Lagebeziehung zu den Freiräumen A38 und A39 positiv bemerkbar. Mit häufig vorherrschenden nördlichen bis nordöstlichen Windbewegungen gelangt Kaltluft aus dem Bereich des Käfertaler Waldes in die Bebauung und beschleunigt somit nach Sonnenuntergang den Abbau thermischer Belastungen vor allem in den östlichen und südlichen Randbereichen.

Wärmebelastung Siedlungsraum W56



Nutzungsstruktur W56



Maßnahmenempfehlungen

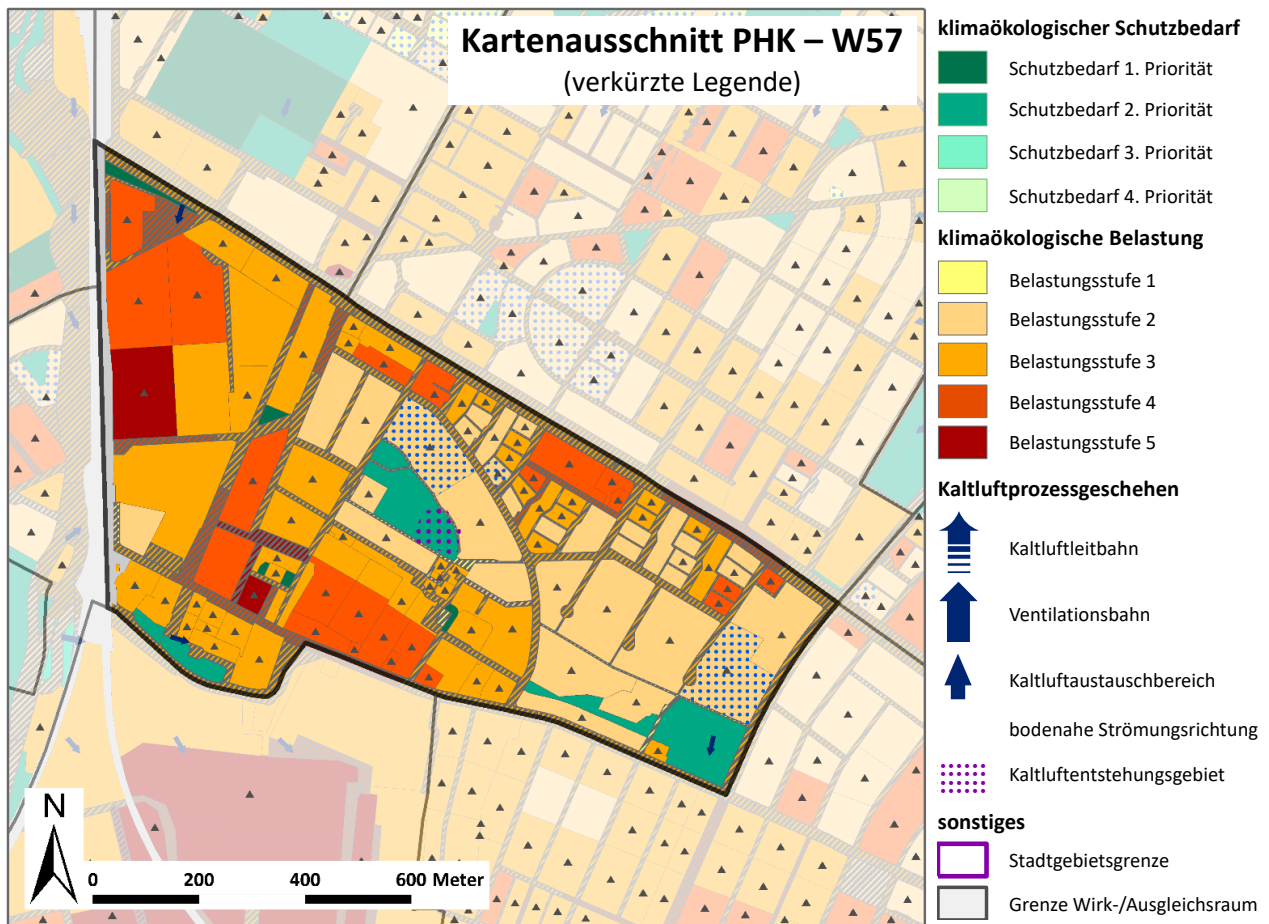
Die Übergangsbereiche zwischen dem Wirkraum W56 und den angrenzenden Freiräumen sind baulich nicht weiter nachzuverdichten (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Die nur schwachen Ausgleichsströmungen zwischen benachbarten Kaltluftproduktionsflächen und der Bebauung sind abhängig von einer möglichst geringen Barrierewirkung.

Innerhalb der Bebauung sollten bei baulichen Veränderungen keine geschlossenen Blockstrukturen entstehen, um die Vernetzung der Hausgärten zu großflächig wirksamen Gunsträumen nicht zu behindern.

Der Spiel- und Bolzplatz am Speckweg ist als Freifläche zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Bei Änderungen des Spielgeräte-/Spielflächenangebots ist auf eine naturnahe Gestaltung, d.h. ohne versiegelte Flächen, zu achten. Das Thema „Wasser“ sollte mit aufgenommen werden, um an heißen Sommertagen den Kindern „Kühleffekte“ bieten zu können (**M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**).

Die Grünflächen entlang der Sybille-Merian-Straße sind als Übergangsbereich zum Ausgleichsraum A38 langfristig zu sichern und bzgl. ihrer Aufenthaltsqualität zu optimieren (ergänzende Spielmöglichkeiten, Treffpunkte mit baumüberstellten Platzbereichen – Planungsmaßnahmen **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**, **M07 - Öffentliche Grünflächen entwickeln und optimieren**).

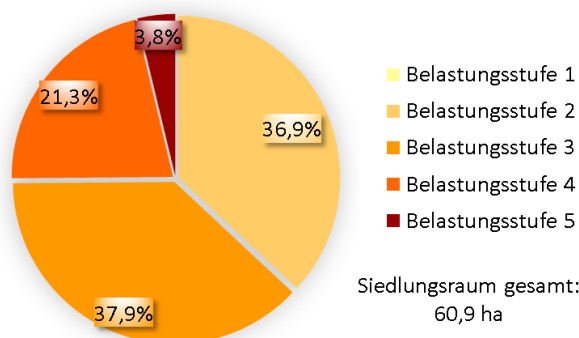
WIRKRAUM: W57 – WALDHOF/HESSISCHE SIEDLUNG



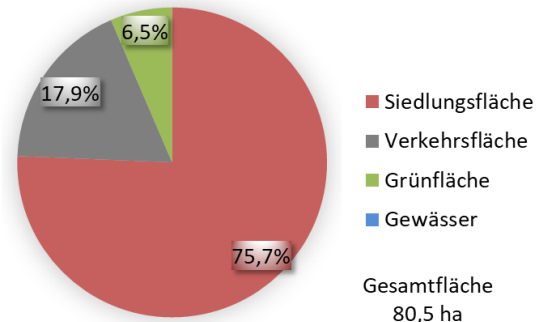
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W57 (Waldhof/Hessische Siedlung)** südlich der Waldstraße zwischen der BOPP & REUTHER AG und der Hessische Straße profitiert nur noch in deutlich abgeschwächter Form von der klimaökologischen Ausgleichsleistung (Kaltluftlieferung) des Käfertaler Waldes. Die z.T. dichte Bebauung entlang der Waldstraße blockiert vermehrt den Kaltluftzustrom aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung. Nur entlang strömungspareller Straßenzüge (z.B. Hanauer Straße) und in südlicher Verlängerung der „Grünachse“ Carl-Benz-Bad/Ed.-Spranger-Schule ist ein klimatisch wirksames Vordringen der bodennahen Kaltluft nach Süden möglich. Südlich der Waldstraße gewinnen daher örtliche Grünflächen als bebauungsinterne Ausgleichsräume an klimaökologischer Bedeutung.

Wärmebelastung Siedlungsraum W57



Nutzungsstruktur W57

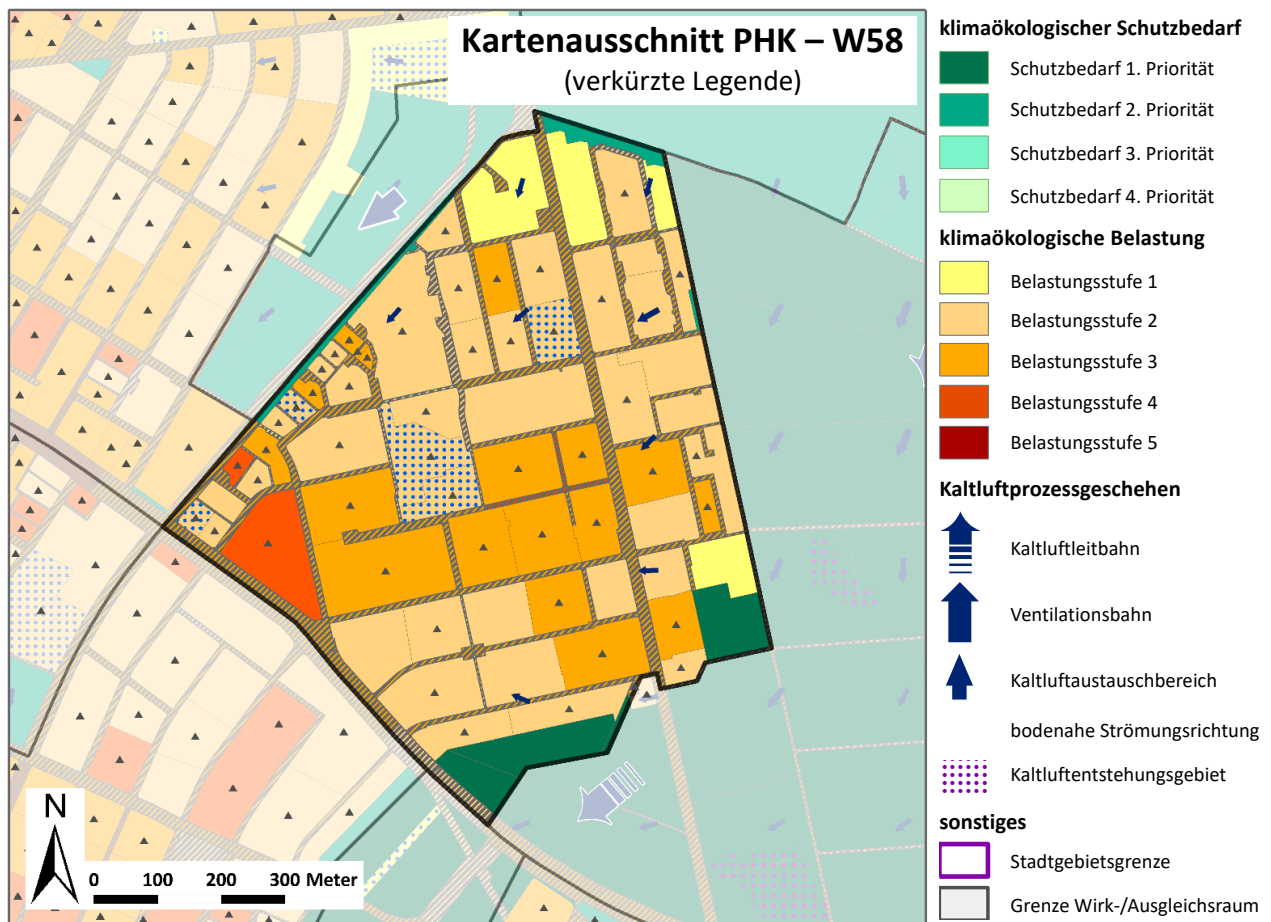


Maßnahmenempfehlungen

Wie bereits o.a. sind im Wirkraum W57 die bebauungsinternen Grünflächen/Hausgärten/Plätze von hoher klimatischer Bedeutung. Sie tragen aktiv zur örtlichen Kaltluftbildung bei.

Die Grünanlage im Umfeld des Hallenbads Waldhof-Ost aber auch die Sportplatzfläche an der Ecke Speckweg / Hessische Straße sind daher langfristig als Erholungs- und Freizeitfläche zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Wird die Sportplatzfläche nicht mehr benötigt, sollte zumindest ein Teilbereich zur Gestaltung einer öffentlichen Grünanlage gesichert werden. Die Funktion als klimaökologischer Ausgleichsraum sollte weitgehend fortbestehen.

WIRKRAUM: W58 – SONNENSCHNEN

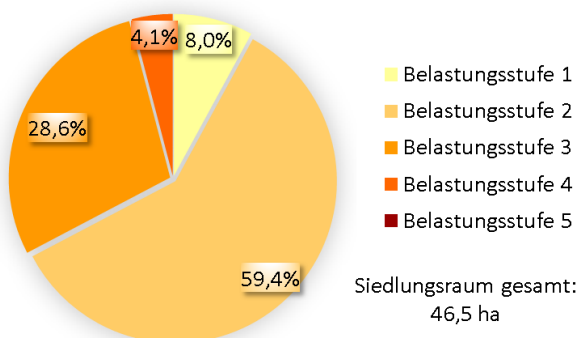


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

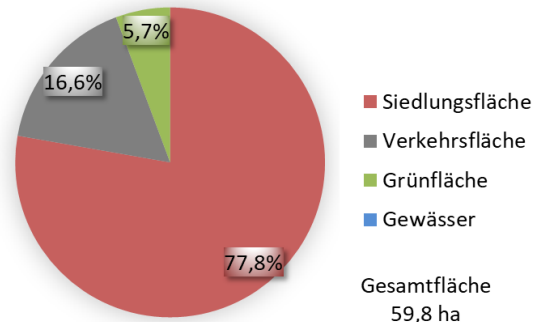
Die locker durchgrünte Wohnbebauung zwischen Am Carl-Benz-Bad und Am Weidenbergel (**W58 Sonnenschein**) grenzt mit nur mäßiger Barrierewirkung an die Ausgleichsräume A39 und A40 an. Infolge der hohen thermischen Ausgleichsleistung dieser Freiräume und der nur mäßigen Bebauungsdichte ist die örtliche Wärmebelastung insbesondere in den Randbereichen vergleichsweise gering.

Am Tag herrschen an Strahlungstagen meist südöstliche bis südwestliche Winde vor, wobei sich recht günstige Belüftungsverhältnisse ergeben. Nach Sonnenuntergang kommt es zu einem auffallenden Windrichtungswechsel mit vermehrt nordöstlichen bis nordwestlichen Richtungssektoren, die auf regional-/lokal angelegte Ausgleichsströmungen zwischen dem kühleren nördlichen Freiraumgefüge (u.a. Käfertaler Wald) und der wärmeren städtischen Bebauung zurückzuführen sind (siehe Ergebnisse der Modellrechnungen). Sie er-

Wärmebelastung Siedlungsraum W58



Nutzungsstruktur W58

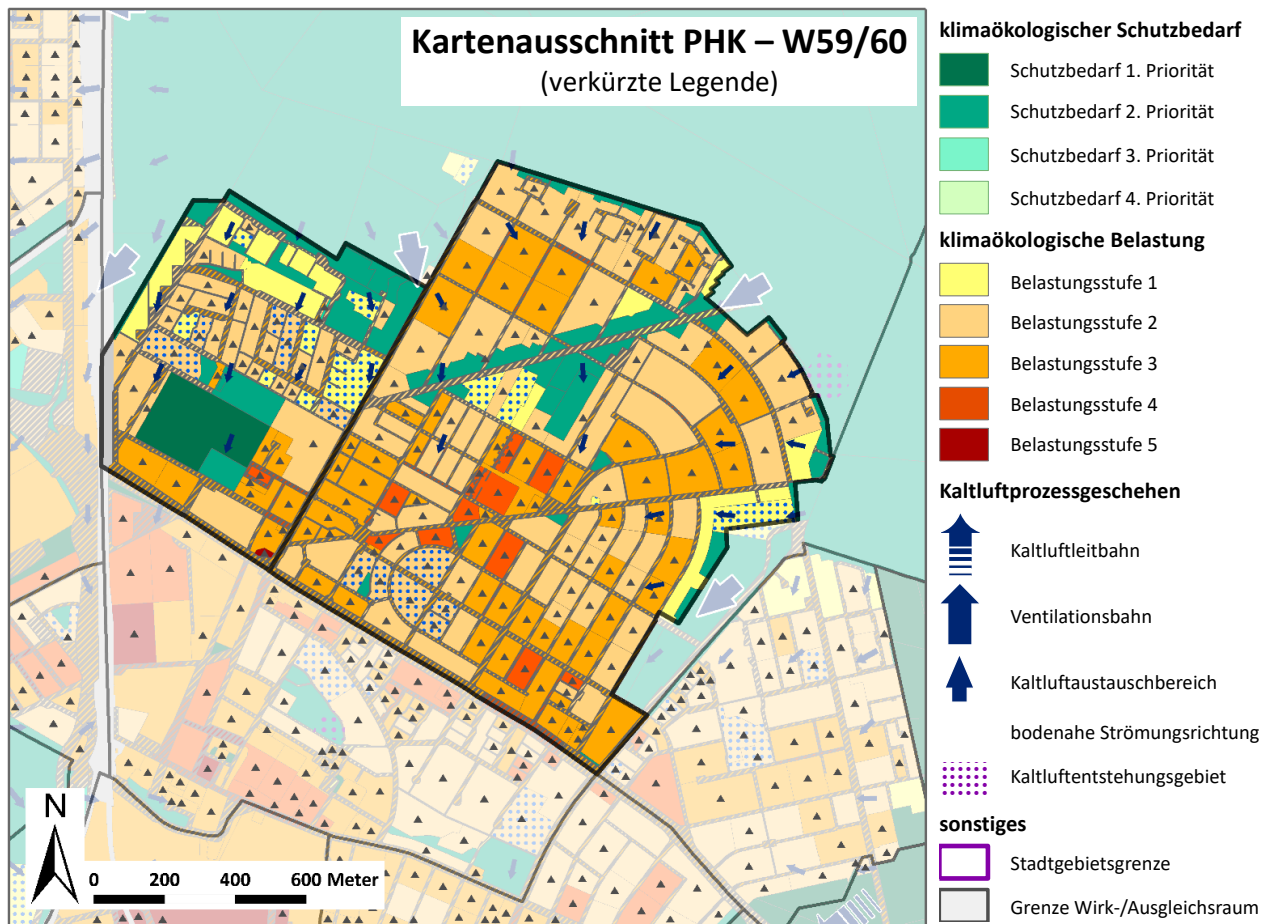


reichen nur mittlere Windgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s, was die Anfälligkeit der resultierenden Belüftungseffekte gegenüber Strömungshindernissen in Form von langgestreckten Gebäudereihen, dichten Gehölzriegeln oder Lärmschutzanlagen unterstreicht.

Maßnahmenempfehlungen

Eine Ausdehnung der Bebauung in die angrenzenden Ausgleichsräume A39/A40 ist nicht zu empfehlen, um die klimaökologische Wirksamkeit der Grünachsen in Richtung Innenstadt zu erhalten. Bauliche Nachverdichtungen sind in begrenztem Umfang jedoch möglich. Dabei sollte die aktuelle Bebauungsstruktur möglichst erhalten bleiben (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**).

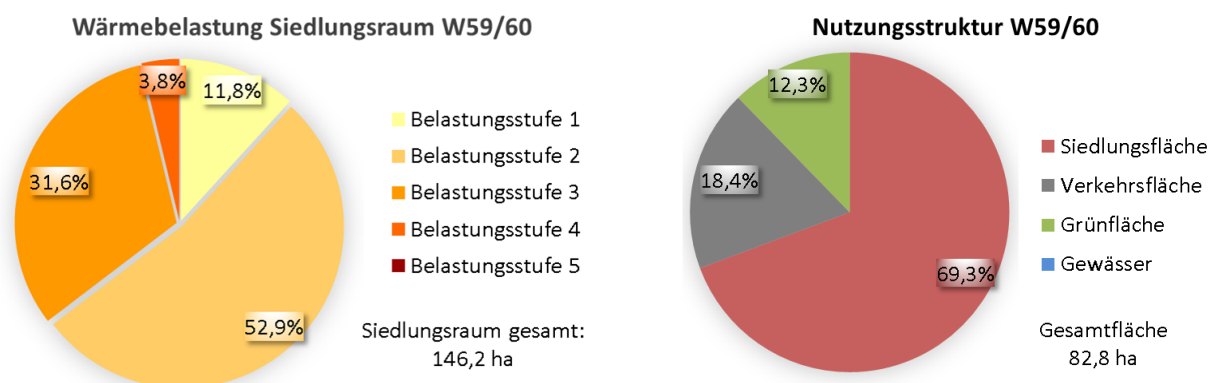
WIRKRAUM: W59/60 – GARTENSTADT



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Wirkräume **W59/W60 (Gartenstadt)** befinden sich in der Übergangszone Freiland – Bebauung und somit in einem klimaökologisch sensiblen Teilbereich des Stadtgebietes. Die Waldpforte, der Bereich um die Karlsternstraße und die Sportflächen zwischen Anemonenweg und Am Carl-Benz-Bad bilden dabei bebauungsinterne Ventilationsbahnen/Luftleitbahnen, über welchen die aus dem Käfertaler Wald zuströmende Kaltluft (Fließgeschwindigkeit unter 1,0 m/s) bodennah durchgreifen und bioklimatisch positiv wirksam werden kann. Dies wird anhand der Lufttemperaturverteilung (Isothermenkarte von 2019) deutlich.

Auch die Ergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen belegen, dass im Norden von Mannheim bebauungsinterne Ventilationsbahnen und Frischluftkorridore für die Funktion des Luftaustausches zwischen Käfertaler/Sandhofer Wald und städtischer Bebauung von hoher Bedeutung sind. Bei zu stadtklimatischer bzw.



bioklimatischer Belastung neigenden windschwachen Strahlungswetterlagen entwickeln sich aus der Kaltluftentstehung im Bereich der Wald- und Ackerflächen nächtliche Lokalströmungen, deren Ventilationseffekte aufgrund zusätzlicher Bewegungsimpulse durch mächtigere Regionalströmungen in der Summenwirkung zu beachtlichen klimaökologischen Positivwirkungen in der angrenzenden Bebauung (Gartenstadt, Käfertal, Schönau) führen. Da derartige Regional-/Lokalströmungen häufig wesentliche Träger der Belüftung bzw. Durchlüftung in bioklimatisch und/oder lufthygienisch belasteten Gebieten sind, ist darauf zu achten, dass deren Funktionsfähigkeit dauerhaft erhalten bleibt.

Klimatische Nachteile, die durch zu massive Bebauung entstehen können, sind durch klimaökologische Ausgleichsmaßnahmen an anderer Stelle im Stadtgebiet nur bedingt auszugleichen.

Maßnahmenempfehlungen

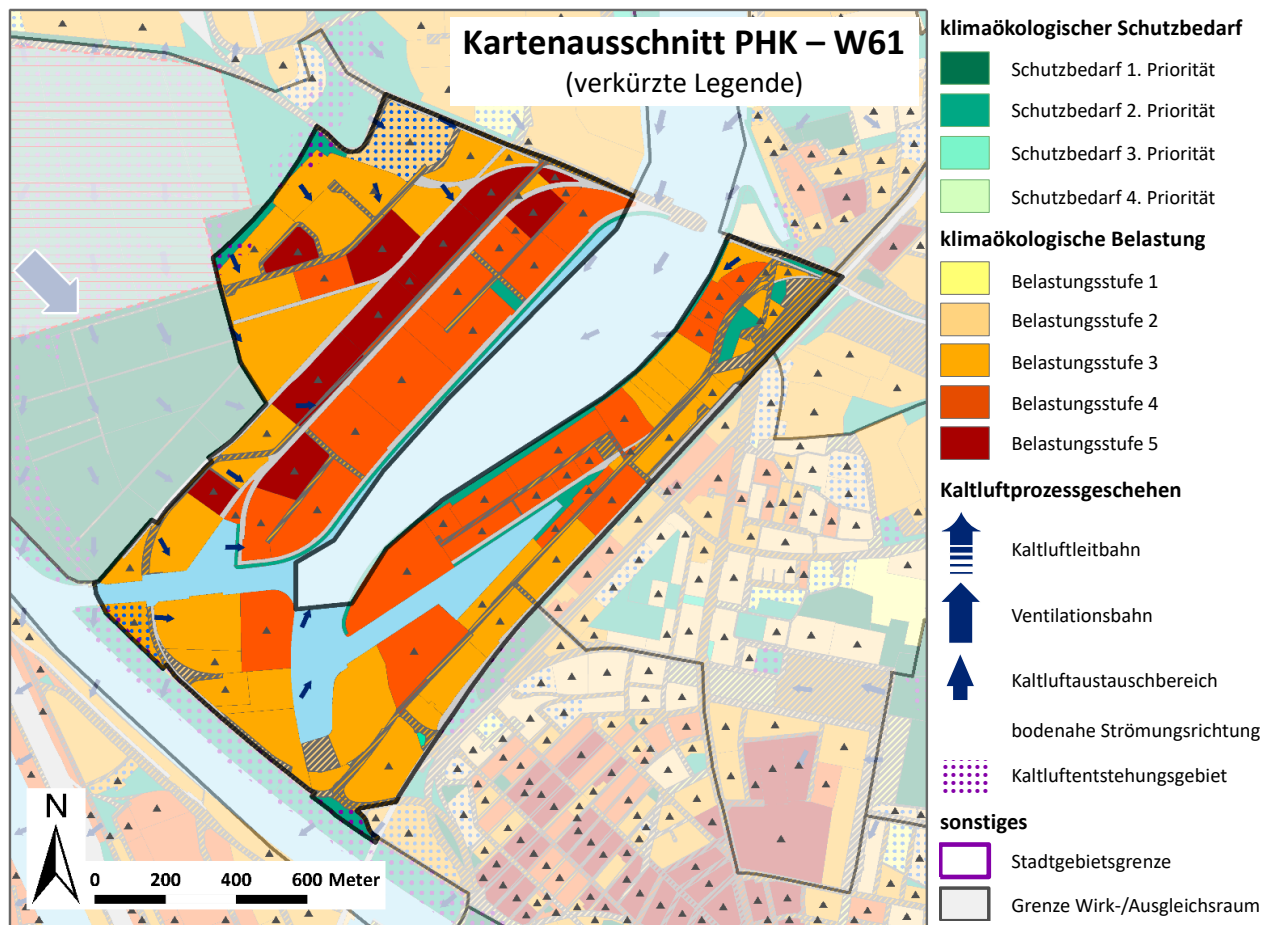
Wie den o.a. Ausführungen zu entnehmen ist, muss der Sicherung des noch vorhandenen Zustroms bodennaher Kaltluft aus dem nördlichen Freiraumgefüge bei baulichen Maßnahmen erhöhte Bedeutung beigemessen werden (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Eine kleinräumige bauliche Verengung der bebauungsinternen Ventilationsachsen ist nur dann zu akzeptieren, wenn durch ein Klimagutachten nachgewiesen wird, dass die klimatischen Folgeerscheinungen durch die beabsichtigte Bebauung unerheblich sind. Summationseffekte sind hierbei zu berücksichtigen.

Nördlich des Carl-Benz-Bades wird in südlicher Verlängerung des Rottannenwegs eine bauliche Neustrukturierung diskutiert. Das Viktor-Lenel-Heim soll abgerissen werden und einer Wohnbebauung, bestehend aus freistehenden Einfamilienhäusern, ggf. auch Doppel- und Kettenhäusern, weichen.

Die geplanten baulichen Modifikationen erfolgen am Übergang der bebauungsinternen Ventilationsachse/Luftleitbahn „Carl-Benz-Bad/Sportanlagen“ zum Ausgleichsraum Käfertaler Wald. Die Gebäudestellungen und Gebäudeabstände müssen derart gewählt werden, dass im Kreuzungsbereich Lampertheimer Straße/Am Carl-Benz-Bad das bodennahe Einsickern von Kaltluft aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung gewährleistet bleibt (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Ein Einströmbereich von mind. 100 m Breite in nordöstlicher/östlicher Richtung sollte gewährleistet bleiben. Ähnliches gilt für eine mögliche Nachverdichtung im Bereich der Kleingärten am Staudenweg. Diese sollte wenn überhaupt nur in aufgelockerter Form stattfinden und sich an der Ausrichtung der Gebäude entlang des Staudenwegs orientieren. Das Einsickern von Kaltluft aus nordöstlicher Richtung sollte durch das Einhalten eines mindestens 50 m breiten Grünkorridders (z.B. Hausgärten oder großzügig begrünter Straßenzug) gesichert bleiben. Die bioklimatischen Auswirkungen sollten ggf. gutachterlich begleitet werden.

WIRKRAUM: W61 – INDUSTRIEHAFEN

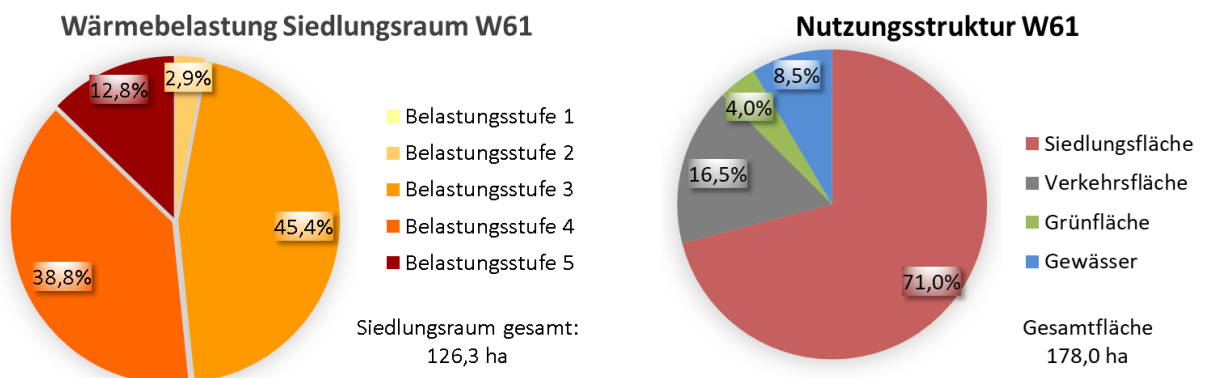


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Das Ventilationsgeschehen im **Industriehafen (W61)** wird durch die Leitlinienwirkung des Altrheins/Hafen 4 (A47) und des Rheins/Neckars (A28) geprägt. Auffallend ist auch hier der tagesperiodische Wechsel der Windrichtung, vor allem an Tagen mit erhöhtem Strahlungseinfluss.

Während am Tag häufig Winde aus südlichen Richtungen vorherrschen, häufen sich nach Sonnenuntergang regional angelegte nordnordwestliche bis nordnordöstliche Luftströmungen, die Luftschadstoffe aus dem Industriehafen in Richtung Innenstadt transportieren (→ lufthygienischer Negativeffekt).

Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der Modellrechnungen zeigen, ergeben sich zwischen dem Ausgleichsraum A44 und dem Wirkraum W61 auf kurzer Distanz (60 m) erhebliche Temperaturgegensätze von ca. 4 K. Das sehr hohe Wärmepotenzial des Industriegebiets (großvolumige Gewerbebauten,



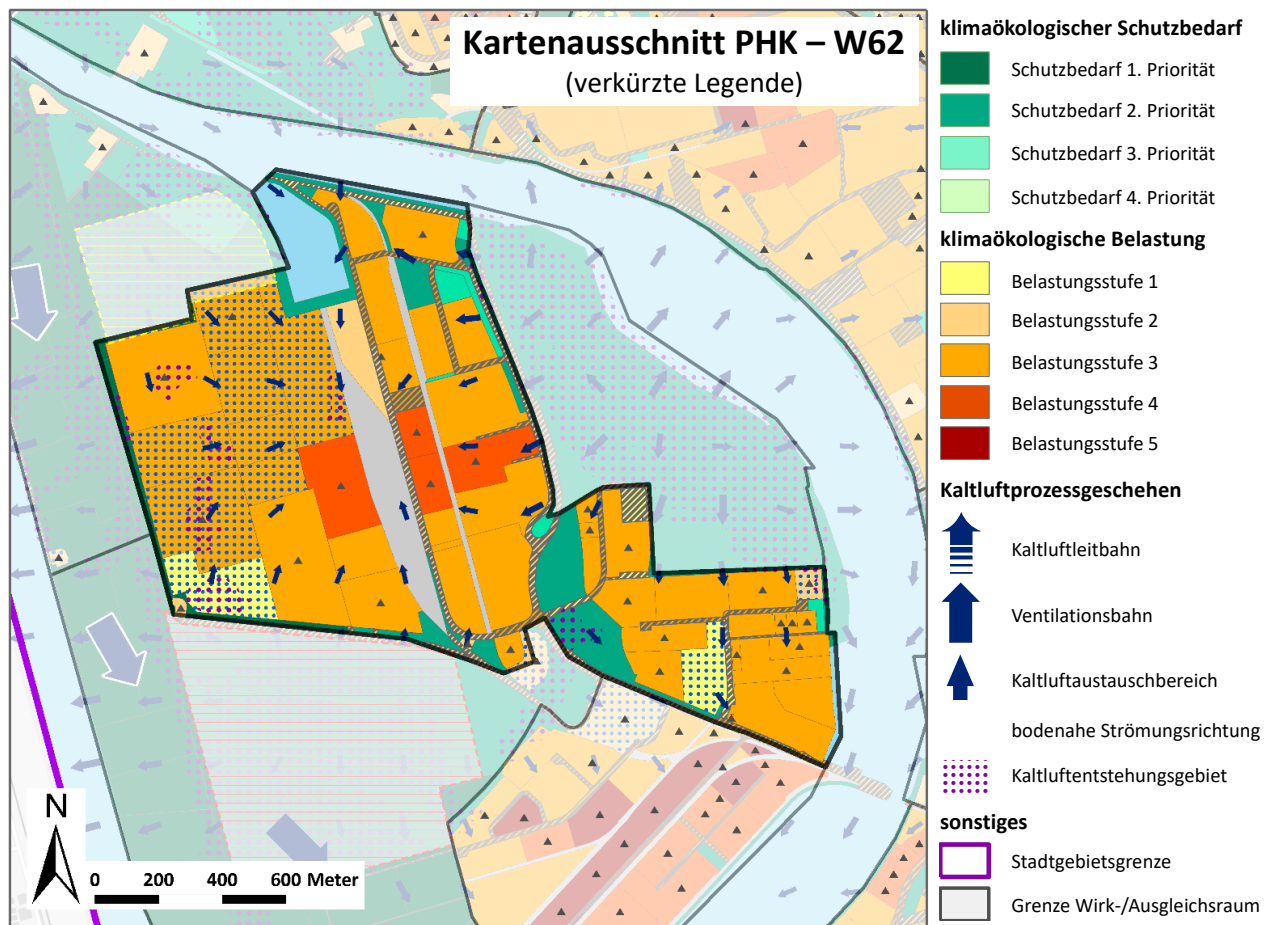
versiegelte Stellplatzareale) wird offenbar. Der Industriehafen ist daher Teil der innerstädtischen Wärmeinsel, die sich von der Innenstadt über den Industriehafen bis zu den Roche-Werken im Stadtteil Waldhof nach Norden erstreckt.

Die angrenzenden Wasserflächen wirken in den Sommermonaten vorwiegend passiv als Luftleitbahnen. Eine nennenswerte Kaltluftbildung findet nicht statt, da die Wassertemperaturen in den Nachtstunden meist höher sind als die nächtlichen Lufttemperaturen.

Maßnahmenempfehlungen

Innerhalb des Industriehafens ergeben sich derzeit keine grundlegenden Möglichkeiten, die thermische Belastung abzubauen. Nur durch Schaffung interner Grünflächen (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**) und Begrünungsmaßnahmen entlang der Straßenzüge (alleeartige Baumpflanzungen) wäre dies möglich (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung**). Umso wichtiger ist der Bestandsschutz für die noch verbliebenen Freiflächen im Wirkraum W61 (Grünflächen am Hafen 4) und auf der Friesenheimer Insel (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Die Ausgleichsräume A44 und A45 bilden eine wichtige Temperatursenke zwischen den Industriearealen auf der Friesenheimer Insel und auf Ludwigshafener Gemarkung (BASF). Ein weiterer Verlust an aktiv wirkenden Freiflächen würde den Wärmeinseleffekt im Bereich Neckarstadt/Stadtzentrum/Jungbusch weiter verstärken. Dies ist unter Annahme des prognostizierten Klimawandels zu unterbinden.

WIRKRAUM: W62 – FRIESENHEIMER INSEL

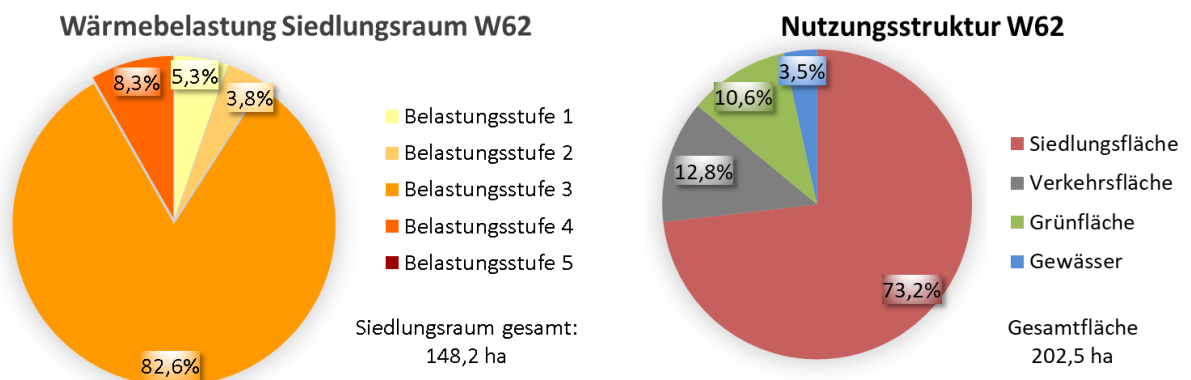


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W62** auf der **Friesenheimer Insel** umfasst Tanklager, die Müllverbrennungsanlage, den Recyclinghof sowie die Gewerbeflächen entlang der Otto-Hahn-Straße.

Auch hier ist der Einfluss nordwestlicher bis nordöstlicher Regionalströmungen zu bestimmen.

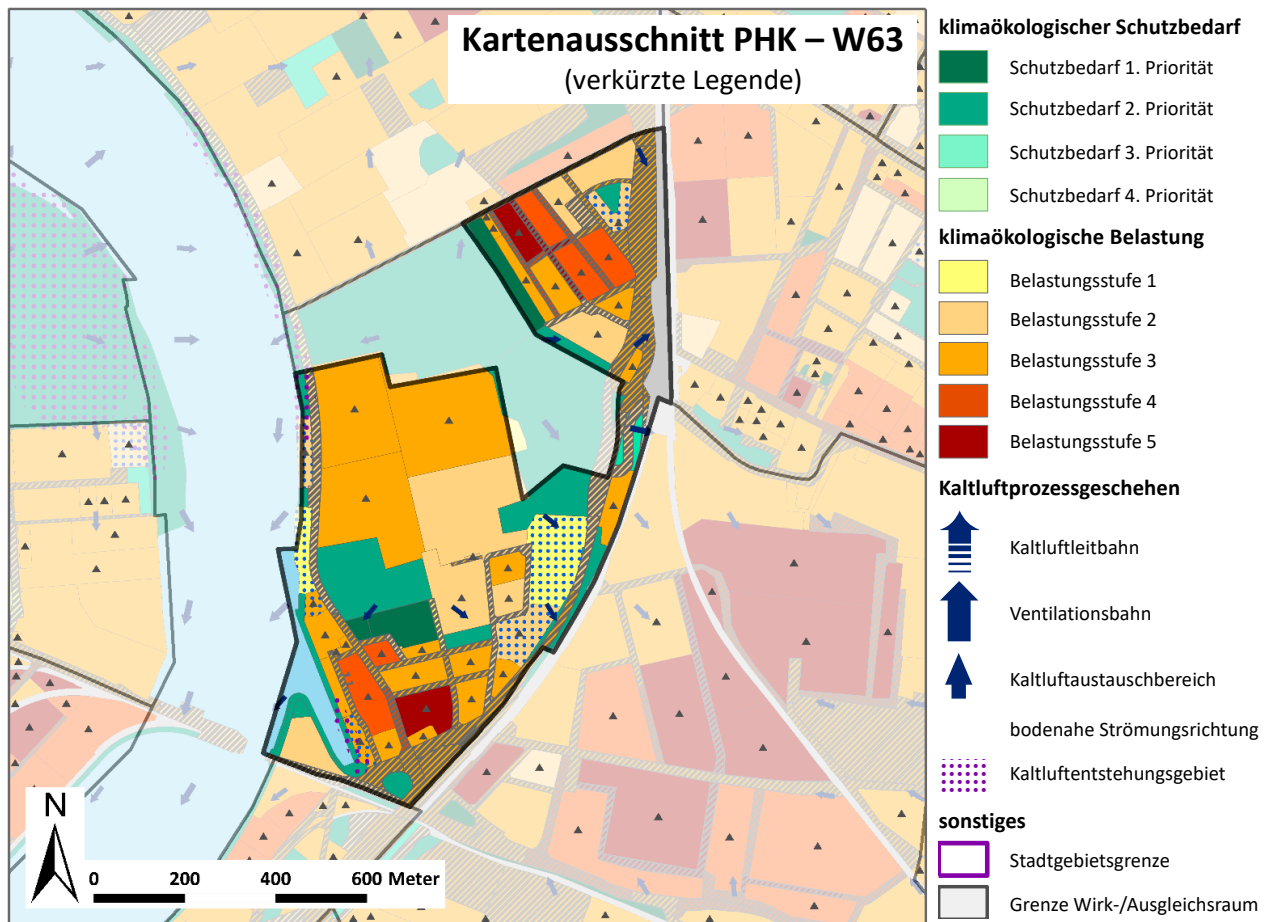
Die Wärmebelastung erreicht nicht ganz die Stärke des Industriehafens, was im Wesentlichen auf die Ausgleichsleistung des Freiraums Wilhelmswörth/Fohlenwiese (A50/A51) im Norden zurückzuführen ist. Zudem ergeben sich kleinräumige thermische Positiveffekte über die begrünten Teilbereichen der Deponie.



Maßnahmenempfehlungen

Vergleichbar mit den Planungsempfehlungen zum Wirkraum W61 ist auch hier festzuhalten, dass sich innerhalb des Wirkraums derzeit keine grundlegenden Möglichkeiten ergeben, die thermische Belastung abzubauen. Hauptaugenmerk ist auf den Bestandsschutz der noch verbliebenen Freiflächen auf der Friesenheimer Insel zu legen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W63 – LUZENBERG

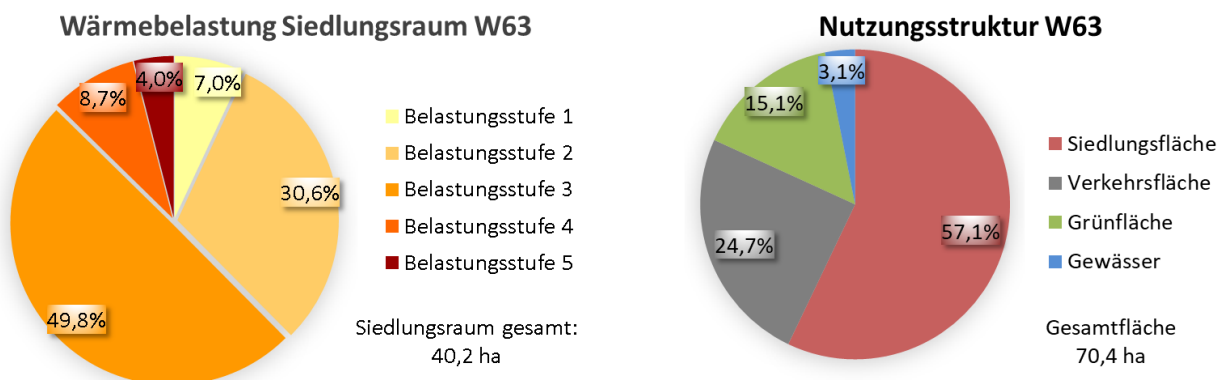


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Durch die unterschiedliche Flächennutzung (Industrie-/Wohnbebauung) und der Lagebeziehung zur Ventilationsbahn "Altrhein" (A47) ergeben sich innerhalb des Wirkraums **W63 (Luzenberg)** Teilgebiete, die sich hinsichtlich des Ventilationsgeschehens unterscheiden, bzw. dieses in unterschiedlichem Maße modifizieren. So ist in der Spiegelstraße innerhalb der Bebauung des Stadtteils Luzenberg die mittlere Windgeschwindigkeit sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber den Lagen am Altrhein/Waldhofbecken um über 45% reduziert (ÖKOPLANA 1998).

Die Wasserflächen funktionieren als Ventilationsbahn, so dass der Wind stellenweise bodennah stärker durchgreifen kann und dadurch einen intensiveren horizontalen und vertikalen Luftaustausch bewirkt.

Die Ergebnisse der Temperaturmessfahrten von 2019 weisen darauf hin, dass sich im Wirkraum W63 auch deutliche thermische Differenzierungen ergeben. Typisch sind relativ hohe Temperaturen in Teilbereichen



des Firmengeländes St. Gobain sowie im Bereich der Luzenberg-Schule. Hier machen sich hohe Versiegelungsgrade negativ bemerkbar. Die Wasserflächen des Altrheins wirken aufgrund ihrer thermischen Trägheit in Sommernächten nicht als Kaltluftreservoir. Hier bilden allein die Grünflächen auf der Musikinsel kleinräumige thermische Gunstflächen.

Die größtenteils gehölzüberstellten Vegetationsflächen auf dem St. Gobain-Gelände bilden sowohl am Tag als auch in der Nacht eine örtliche Temperatursenke. Gegenüber den vermehrt versiegelten Flächen auf dem Werksgelände und den Ortslagen Waldhof-West sowie Luzenberg werden bereits in der ersten Nachthälfte um ca. 3 bis 5 K niedrigere Lufttemperaturen gemessen (Isothermenkarte 2019 von 23:00 Uhr). Von diesem thermischen Gunstpotenzial profitiert in der ersten Nachthälfte insbesondere die unmittelbar angrenzende Bebauung der Stadtteile Waldhof-West (Wachtstraße) und Luzenberg (nördlich der Glasstraße).

Im Laufe der zweiten Nachthälfte (siehe Isothermenkarte 2019 von 05:00 Uhr) dehnt sich die Kühlwirkung der Grünflächen im Planungsgebiet allseitig aus. Da in Strahlungsnächten zumeist Winde aus nördlichen Richtungssektoren vorherrschen, profitiert vor allem die südlich angrenzende Luzenberg-Bebauung von der thermischen Ausgleichsleistung der Grünflächen.

Im Bereich der Wohnbebauung östlich der Sandhofer Straße bilden die Parkanlage nördlich der Stolberger Straße sowie die Grünflächen im Bereich der Wohnhäuser an der Spiegelstraße zusätzliche lokale thermische Gunsträume.

Maßnahmenempfehlungen

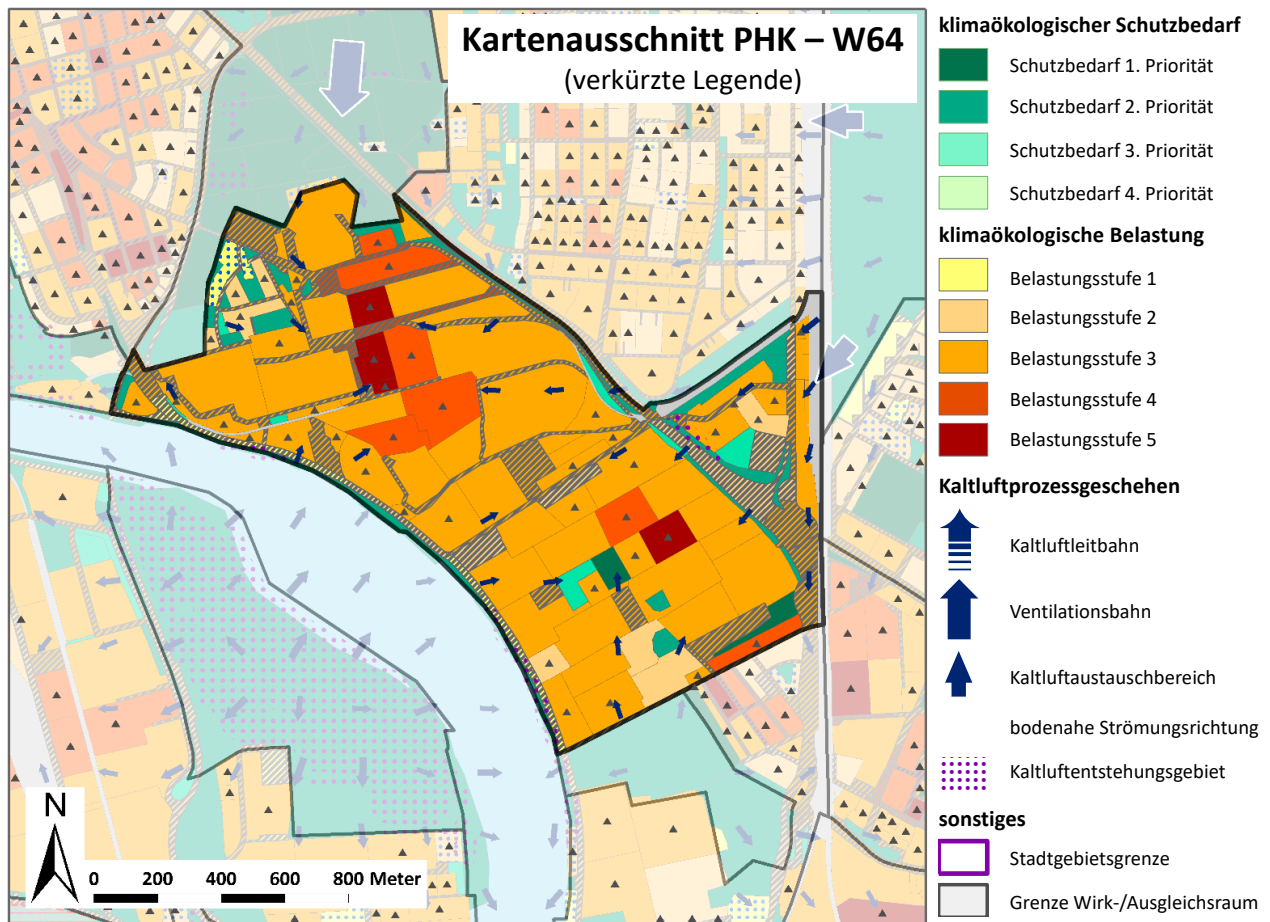
Auf dem ca. 40 ha großen Gelände „Spiegelfabrik“ (B-Plangebiet Nr. 57.11) zwischen den Stadtteilen Waldhof und Luzenberg ist eine städtebauliche Neuordnung geplant. Ziel der Planungen „Spiegelfabrik“ muss es sein, bei der Flächenentwicklung ein Mindestmaß an kaltluftproduzierenden Grünflächen zu sichern (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**), die den zukünftigen „Wärmeinseleffekt“ der geplanten Neubebauung minimiert.

Der Planungshinweiskarte weist auf die klimatische Bedeutung der Einzelflächen im Planungsgebiet hin. Die Gehölzflächen und das Sportplatzgelände im Norden und Osten weisen bzgl. des örtlichen Lokalklimas einen hohen Schutzbedarf auf (= 2. Priorität). Klimatische Negativeffekte durch bauliche Eingriffe an dieser Stelle sind ggf. durch klimawirksame Ausgleichsmaßnahmen zu minimieren. Die bebauten Flächen des Saint-Gobain-Geländes sind bzgl. der Wärmebelastung den Stufen 2 und 3 zuzuordnen. Den Rasenflächen im Bereich der Wohnhauszeilen unmittelbar westlich der Luzenbergstraße sind klimarelevante Gunsteffekte in Form von Kaltluftbildung und Belüftung beizumessen. Die Gehölzflächen südlich des Firmengeländes KHB MASCHINEN- UND ANLAGENBAU fungieren zusammen mit dem Spiegelpark ebenfalls als klimaökologisch wirksame Ausgleichsräume (2. und 1. Priorität).

Aus den genannten Planungshinweisen kann abgeleitet werden, dass bei der städtebaulichen Neuordnung des Geländes den Funktionen Kaltluftbildung, Verschattung zur Vermeidung hoher Wärmebelastung am Tag und Belüftung eine hohe Bedeutung zukommt. Auf dieser Einstufung aufbauend ist im Planungsgebiet allein die Entwicklung eines gut durchgrünten Siedlungsbereichs vorstellbar. Im Rahmen einer Klimaexpertise (ÖKOPLANA 2021) wurden hierzu dezidierte Planungshinweise formuliert. Diese beinhalten im Wesentlichen einen weitestgehenden Erhalt der Wald- und Gehölzstrukturen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**), eine vorwiegend lockere Bebauungsstruktur (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**) sowie eine Nord-Süd gerichtete Ventilationsachse (**M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

Sind im Wirkraum W63 weitere Planungsvorhaben angedacht, sollten die ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe Beachtung finden.

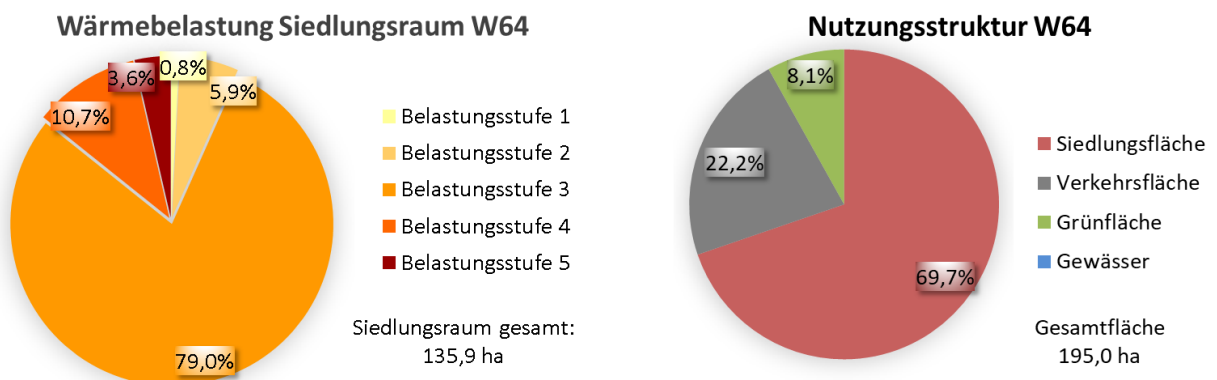
WIRKRAUM: W64 – WALDHOF-WEST



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W64 Waldhof-West** ist von den Industrieanlagen der Firmen ROCHE DIAGNOSTICS und SCA HYGIENE PRODUCTS geprägt. Innerhalb des Gebietes gibt es nur kleinere Grünflächen, die weitgehend von der Wärmeaura der angrenzenden Bebauung überprägt werden. Insgesamt ist das Gebiet als hoch bis sehr hoch wärmebelastet einzustufen. Nur in den Übergangsbereichen zu den Ausgleichsräumen A49 und A41 ist Belastung geringer einzustufen.

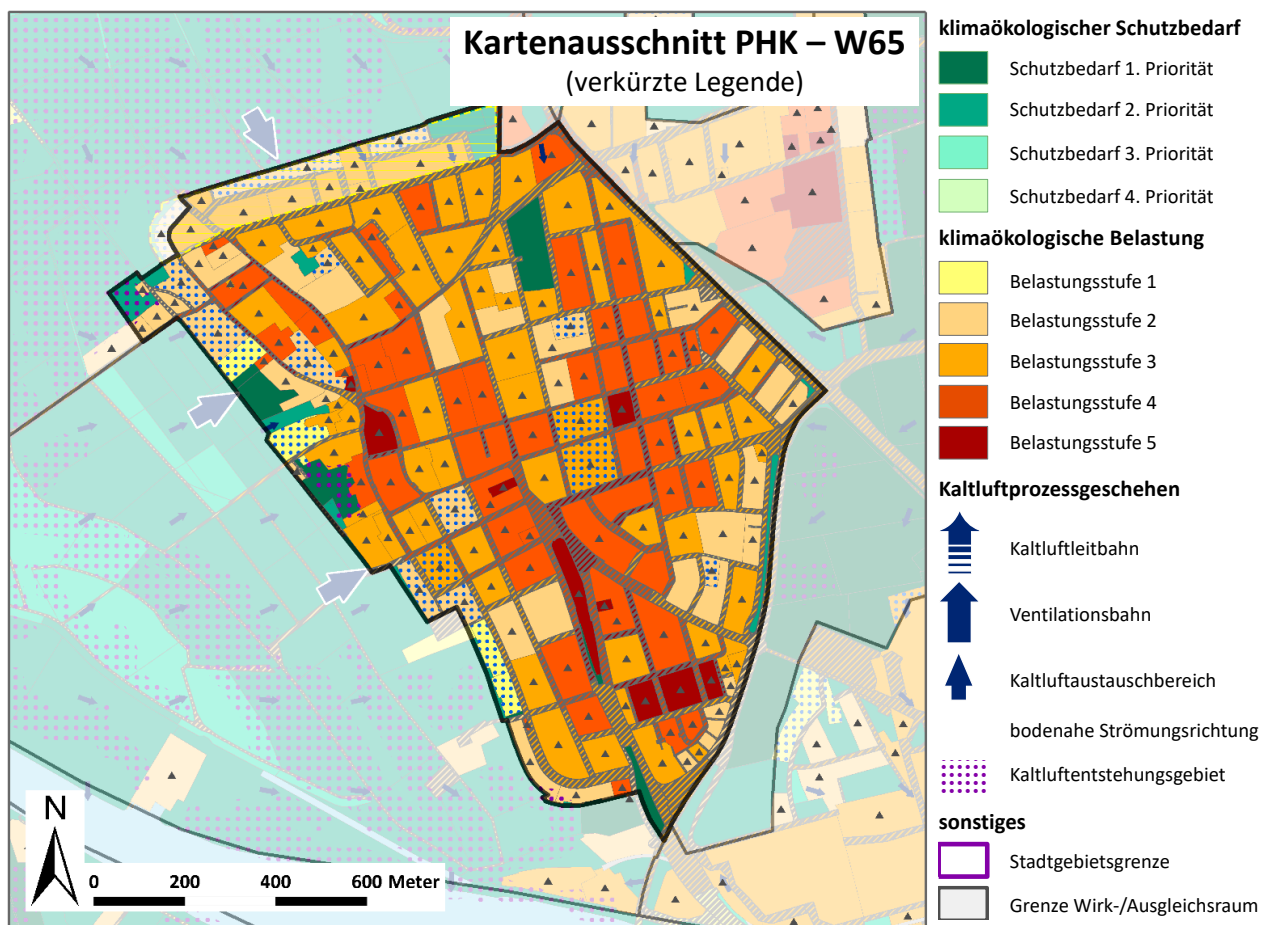
Die Isothermenkarten von 2019 sowie die durchgeführten Modellrechnungen zeigen, dass der Wirkraum W64 die nördliche Zunge der innerstädtischen Wärmeinsel bildet.



Maßnahmenempfehlungen

Auf dem Gelände der Firma ROCHE DIAGNOSTICS gliedern nur wenige kleine Grünflächen das Gelände (z.B. entlang der Zellstoffstraße). Zur Dämpfung mittäglicher Temperaturspitzen könnten auf Flachdachbauten intensive **Dachbegrünungen (M15)** und im Bereich von Stellplatzflächen ergänzende **Baumpflanzungen** (Stichwort: Schattenbildung) beitragen (**M05/M06**). Gleiches gilt auch für das Werksgelände der Firma SCA HYGIENE PRODUCTS.

WIRKRAUM: W65 – SANDHOFEN

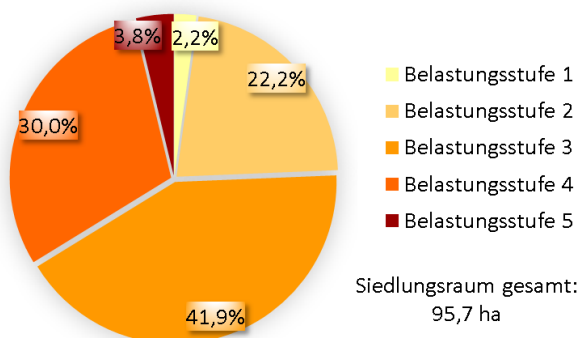


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

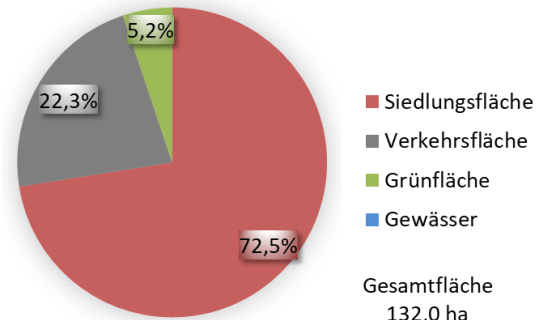
Der **Stadtteil Sandhofen (W65)** weist im Ortszentrum eine erhöhte Wärmebelastung auf. Dies wird durch die Ausbildung einer örtlichen Wärmeinsel (siehe Isothermenkarte 2019 und Ergebnisse der Modellrechnungen) deutlich. Sie dehnt sich vorrangig über den mittleren, östlichen und südlichen Bereich von Sandhofen aus. Vor allem im nordwestlichen Ortsbereich sinkt die Temperatur bereits innerhalb der Bebauung kontinuierlich, während sich über der übrigen Ortsfläche das Temperaturfeld bis nahe an die Bebauungsgrenze noch relativ homogen zeigt. Dies vermittelt die Gunstwirkung der Freiräume A51 und A54 im Nordwesten von Mannheim.

Die Barrierewirkung entlang der Frankenthaler Straße (B44) ist stark, so dass sich zwischen dem Freiraum Krähenflügel und der östlichen Randbebauung von Sandhofen nur geringe Luftaustauschbewegungen ergeben.

Wärmebelastung Siedlungsraum W65



Nutzungsstruktur W65



Maßnahmenempfehlungen

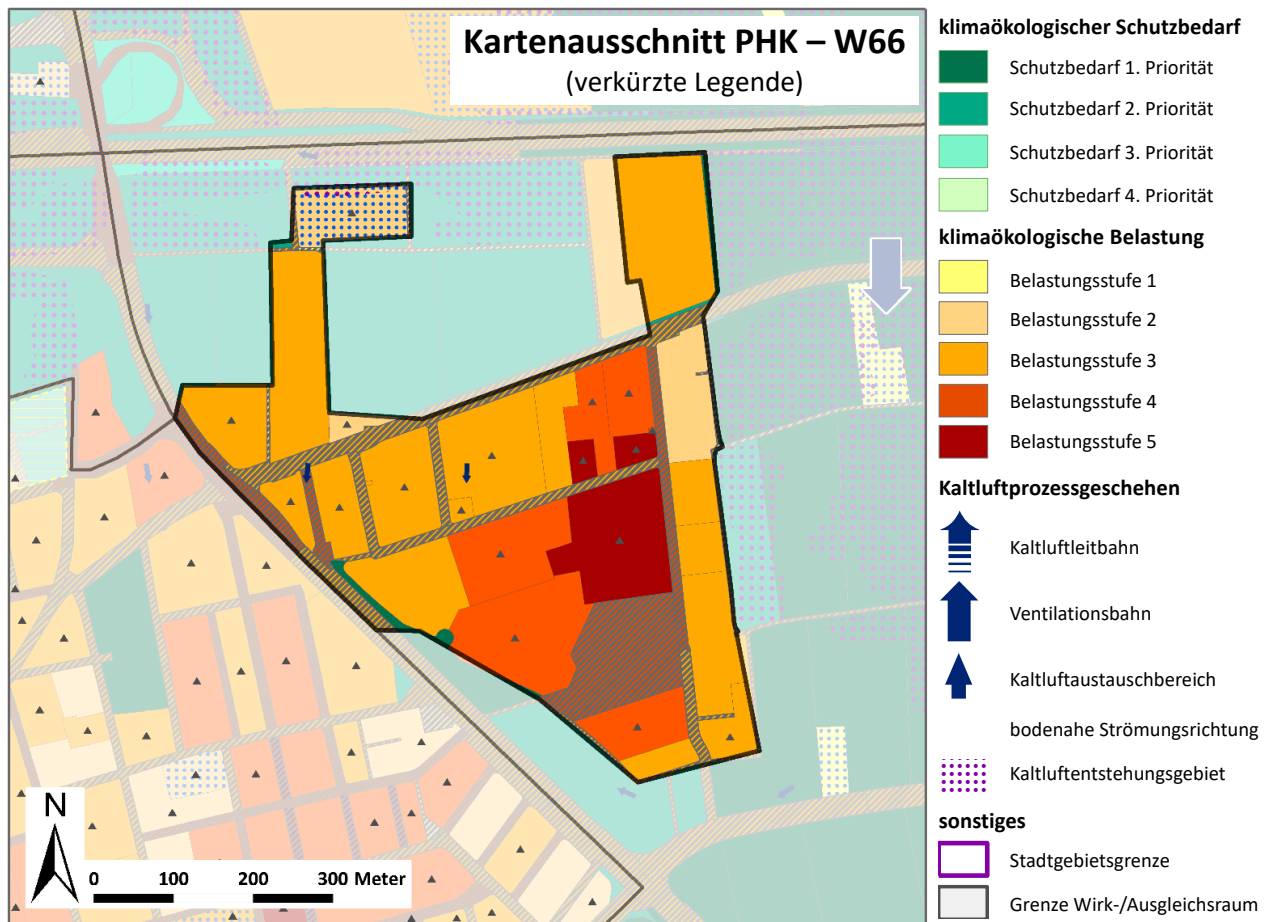
In den letzten Jahren erfolgte im Norden von Sandhofen eine Neubebauung (Wohnbebauung nördlich der Groß-Gerauer-Straße). Eine weitere Ausdehnung in Richtung A 6 ist nicht zu empfehlen. In Strahlungs Nächten dominieren in Sandhofen nordwestliche bis nordöstliche Regionalströmungen das ortsspezifische Luftaustauschgeschehen. Im Lee des Autobahndammes kommt es verstärkt zu Luftstagnationserscheinungen mit verstärkten Feuchte- und Luftschadstoffakkumulationen. Um diesen Effekt nicht zu verschärfen ist der Restfreiraum zu sichern. Dies ermöglicht dem Höhenwind ein bodennahes Durchgreifen und den Abtransport klimaökologisch belasteter Luftmassen.

Innerhalb der Ortslage Sandhofen bilden der Karl-Schweitzer-Park zwischen Oppauer Kreuzweg und Sonnenstraße sowie der Spielplatz Zwerchgasse schützenswerte Grünflächen. Sie tragen als grüne Trittsteine zur Dämpfung der örtlichen Wärmebelastung bei und sind demnach zu erhalten (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**) und während sommerliche Hitzeperioden ausreichend zu bewässern (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

Als Strömungsleitbahn in Richtung Süden und als Kaltluftentstehungsgebiet zwischen Sandhofen und Rhein besitzt der Freiraum A50 zusammen mit dem Ausgleichsraum A51 als „Tor“ zum Freiraumgefüge nördlich der A 6 einen hohen Schutzbedarf (2. Priorität). Bauliche Maßnahmen am westlichen Ortsrand von Sandhofen, die in das Freiraumgefüge eingreifen sind daher möglichst zu vermeiden. Denkbar wären allenfalls bauliche Ergänzungen im Bereich des Sportplatzes nördlich des Freischwimmbads. Die Kleingärten sollten als Kaltluftentstehungsflächen gesichert bleiben. Auch die bislang nur mäßige Barrierewirkung zwischen dem westlichen Siedlungsrand von Sandhofen und dem Ausgleichsraum A50 ist nicht durch großflächige zusätzliche bauliche Verdichtungen zu erhöhen (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Innerhalb der Bestandbebauung bieten sich im Straßenraum sowie auf öffentlichen Plätzen ergänzende Baumpflanzungen an, welche der Aufheizung am Tag entgegenwirken (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung** und **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**). Bei baulichen Umstrukturierungen sollte insbesondere in den stark belasteten Siedlungsbereichen die Möglichkeit der Schaffung zusätzlicher (bebauungsinterner) Grünflächen geprüft werden (**M02 – Öffentliche Grünräume im Wohn- und Arbeitsumfeld schaffen**).

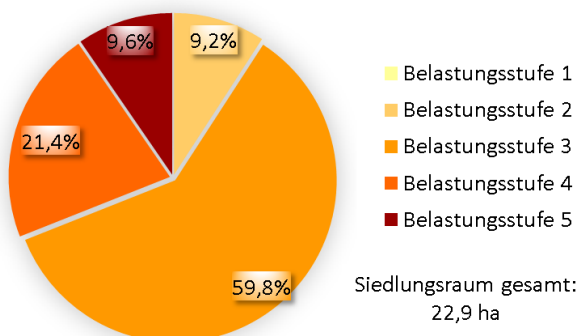
WIRKRAUM: W66 – GEWERBEGEBIET SANDHOFEN-OST



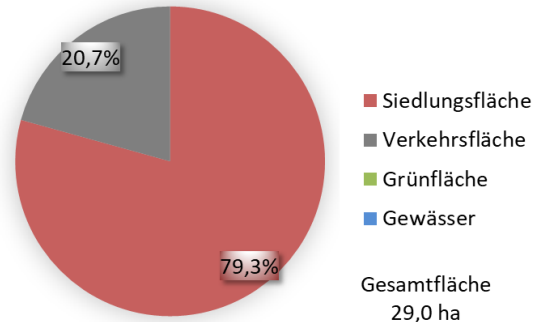
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Wirkraum **W66** umfasst das **Gewerbegebiet Sandhofen-Ost** südlich des Viernheimer Wegs, das durch großflächig versiegelte Areale gekennzeichnet ist. Begünstigt wird die thermische Situation durch den unmittelbaren Lagebezug zum Freiraum „Krähenflügel“ (A49), der als wichtige Kaltluftzugbahn in Richtung Süden fungiert. Die thermische Belastung ist einem Gewerbegebiet entsprechend dennoch zumeist hoch bis sehr hoch, was insbesondere südlich der Rebhuhnstraße auf das sehr geringe Grünvolumen zurückzuführen ist.

Wärmebelastung Siedlungsraum W66



Nutzungsstruktur W66

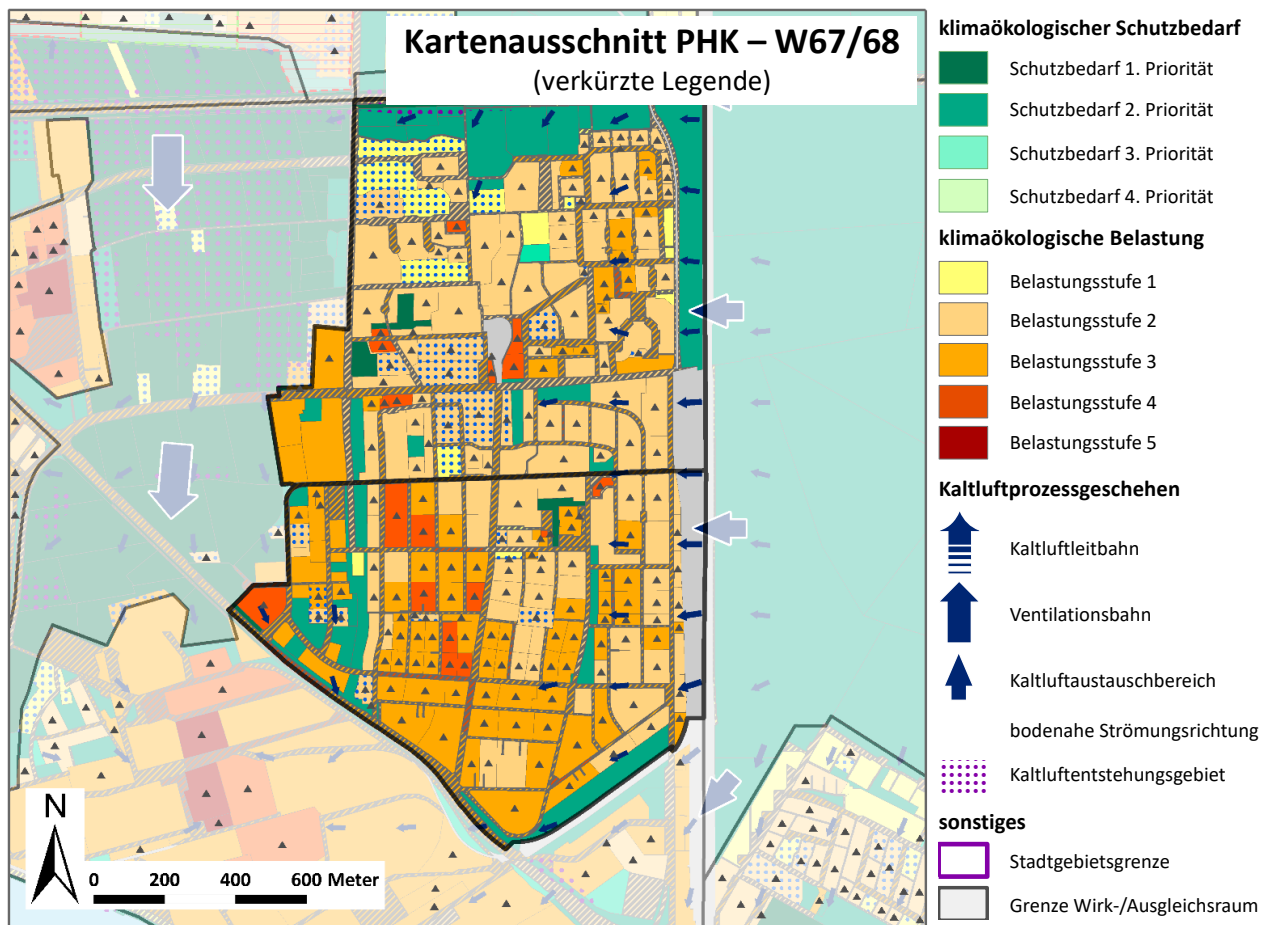


Maßnahmenempfehlungen

Eine Ausdehnung der Bebauung in den angrenzenden Freiraum A49 ist aus klimaökologischer Sicht nicht zu befürworten, um die Aktiv- und Passivwirkung im Bereich „Krähenflügel“ nicht weiter zu reduzieren.

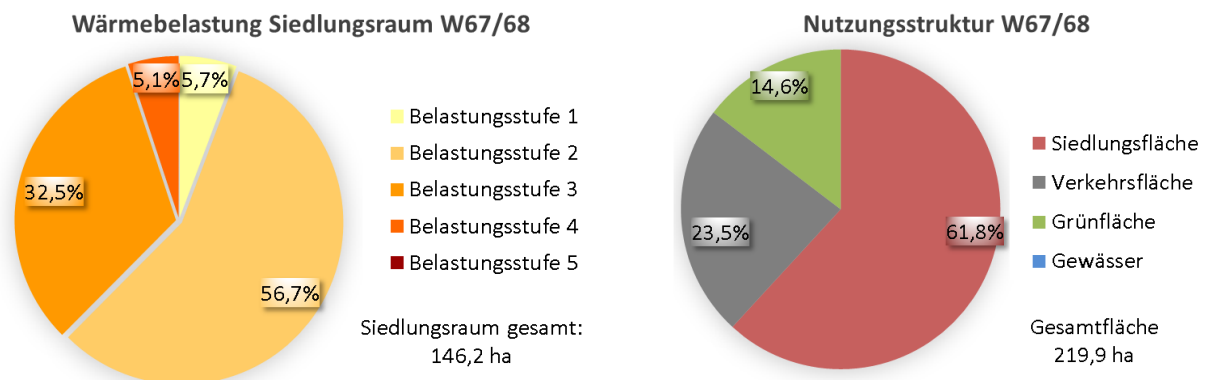
Im Bereich des Straßenraums und der Parkierungsflächen sollte zur Reduktion der Wärmebelastung am Tag die Möglichkeit zusätzlicher Baumpflanzungen geprüft werden (**M05 - Blau-grüne Verkehrsraumgestaltung** und **M06 - Verschattung von Aufenthaltsbereichen im Freien**).

WIRKRAUM: W67/68 – SCHÖNAU



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Stadtteil **Schönau (W67/W68)** ist durch seine lockere, gartenstadtähnlich angelegte Bebauungsstruktur gekennzeichnet. Infolge der starken Durchgrünung und des thermischen Ausgleichspotenzials der benachbarten Freiräume A41 (Sandhofer/Käfertaler Wald) und A49 (Krähenflügel) ist die Wärmebelastung vergleichsweise gering. Zusätzliche klimaökologische Gunsteffekte ergeben sich über das nördliche Freiraumgefüge (Sandtorfer Bruch), wobei die Trasse der Autobahn A 6 und die Bebauung Coleman-Barracks als Störfaktoren wirken.



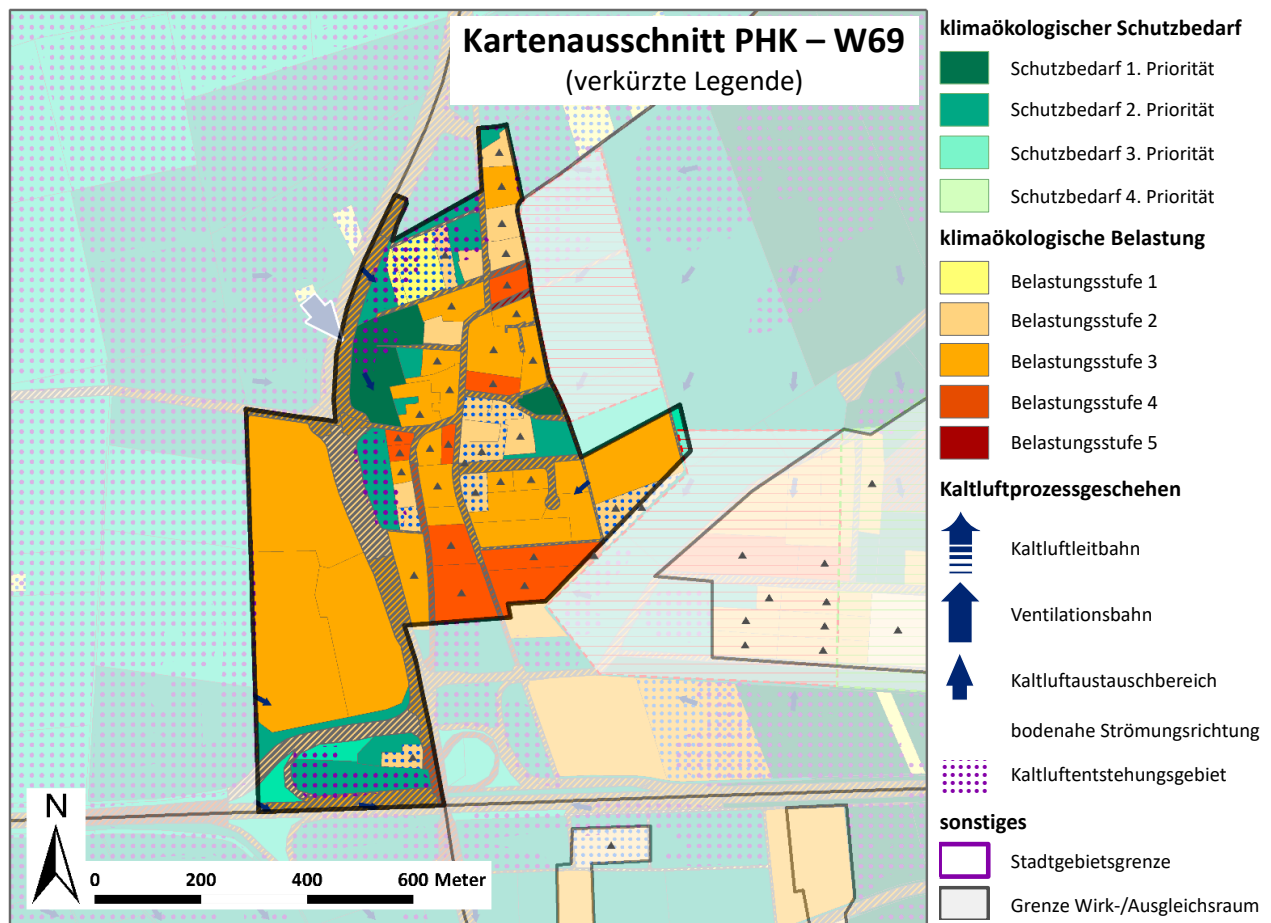
Maßnahmenempfehlungen

Die lockere Bebauungsstruktur im Stadtteil Schönau sollte auf Dauer erhalten bleiben. Bauliche Verdichtungen mit blockartigen Baustrukturen sind zu vermeiden, um günstige Belüftungseffekte zu gewährleisten (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Bebauungsinterne Grün-/Spielflächen (Bromberger Baumgang, Posener Platz, Loslauer Weg, Danziger Baumgang) sind langfristig als Erholungs-/Spielflächen zu sichern und zu pflegen (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**). Zur Aufrechterhaltung ihrer Kühlwirkung ist für eine Wasserversorgung der Grünflächen während sommerlicher Trockenperioden zu sorgen (**M08 - Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung**).

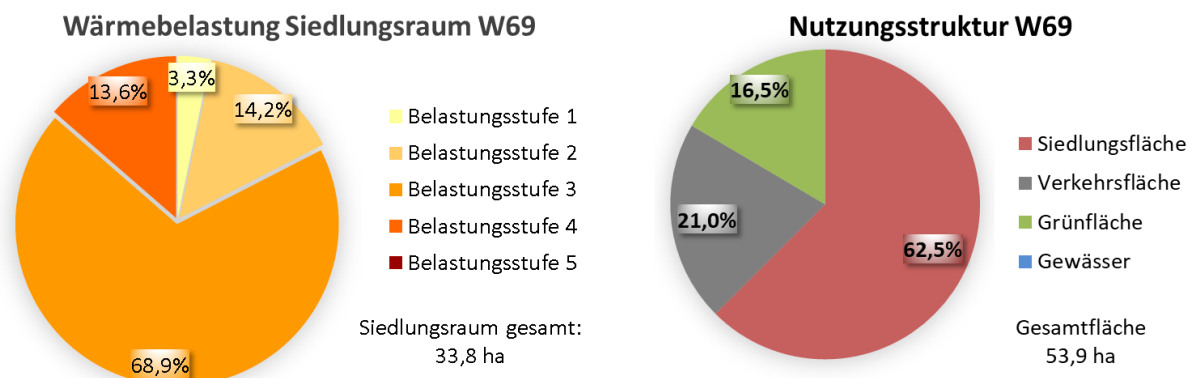
Am Westrand von Schönau sind im Bereich der Gewerbebebauung Königsberger Allee allenfalls bauliche Verdichtungen im Bestand oder Aufstockungen möglich. Eine flächenhafte Ausdehnung der Bebauung nach Westen, die den Grünzug Nordwest II weiter einengen würde, ist aus klimaökologischer Sicht als kritisch einzustufen. Eine trichterförmige Einengung des Grünzugs in Richtung Frankenthaler Straße würde die klimaökologische Leistungsfähigkeit des Freiraumgefüges weiter schwächen. Bei nur solitären Erweiterungsmaßnahmen ist ggf. eine vertiefende klimaökologische Analyse erforderlich, um die Reichweite und Intensität möglicher strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Negativeffekte zu bilanzieren und zu bewerten.

WIRKRAUM: W69 – SCHARHOF



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Gewerbebebauung nördlich der AS Mannheim-Sandhofen bildet zusammen mit der Siedlung **Scharhof** einen nur kleinflächigen Störfaktor im Ausgleichsraum **A54**. Wie die Isothermenkarten 2019 und die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen, bleibt die „Wärmeaura“ des Geländes auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt.

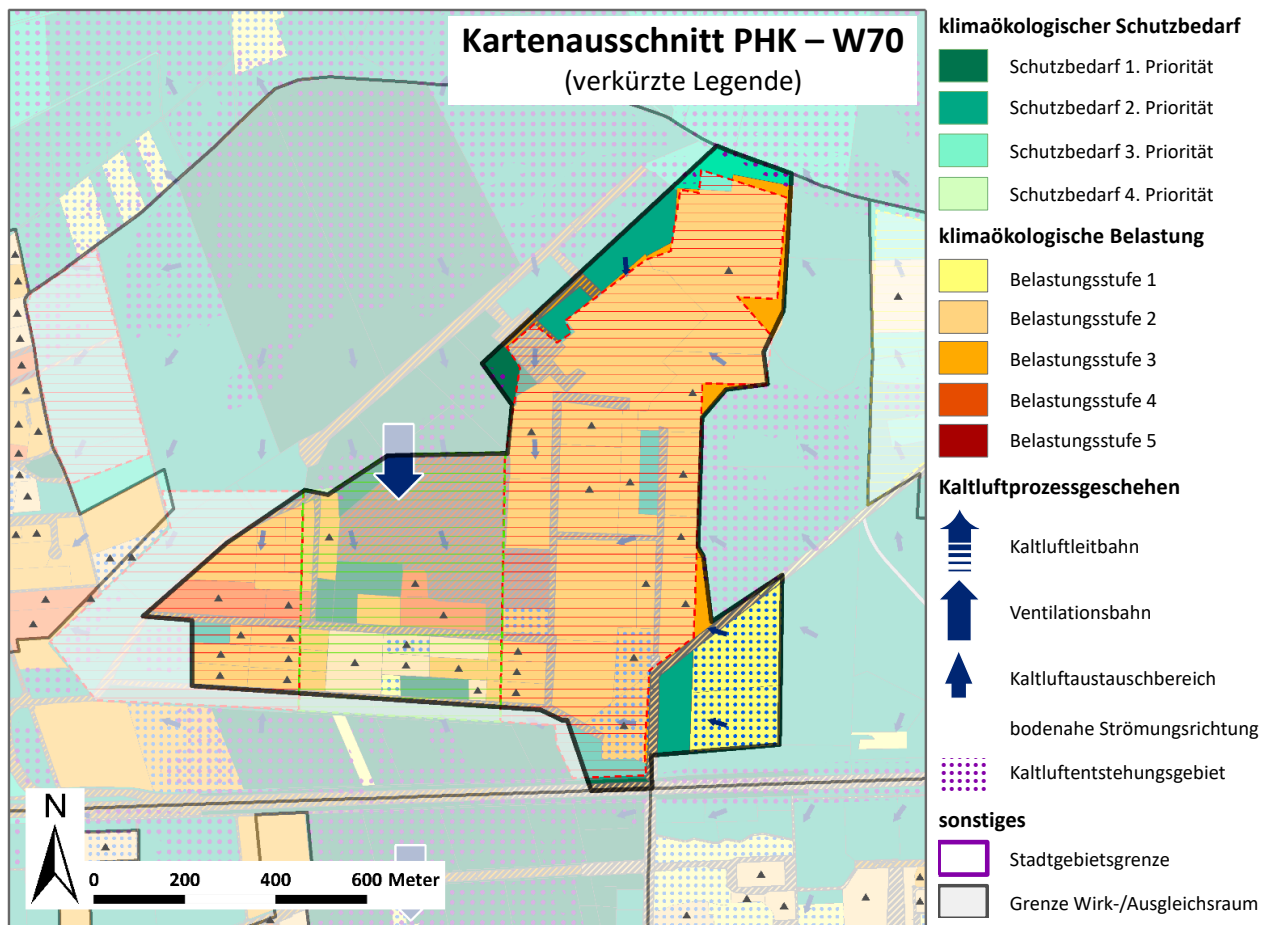


Maßnahmenempfehlungen

Eine weitere Ausdehnung des Gewerbegebiets nach Norden und Westen ist zu vermeiden, um die stadtklimatisch hoch bedeutsamen Freiflächen (Aktiv- und Passiveistung) entlang des Rheins langfristig zu sichern **(M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen)**.

Inwieweit eine bauliche Ergänzung im Bereich Scharhof möglich ist, sollte erst dann diskutiert werden, wenn über die weitere Flächennutzung im Bereich der Coleman Barracks Klarheit herrscht. Zwischen den Wirkungsräumen W69 und W70 ist die Schaffung einer weiteren Freiraumradialen in nördlicher Verlängerung der Grünachse „Krähenflügel“ anzustreben. Um für bodennahe Kaltluftbewegungen ein Übergleiten der Autobahntrasse zu gewährleisten, ist eine gewisse Mindestbreite erforderlich, da in eng kanalisierten Luftleitbahnen die Kaltluft vermehrt zu Stagnation neigt. Der Grünzug sollte entlang der Autobahntrasse eine Breite mind. 400 – 500 m aufweisen und sich möglichst in Richtung Norden trichterförmig öffnen **(M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen)**.

WIRKRAUM: W70 – COLEMAN-BARRACKS



Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

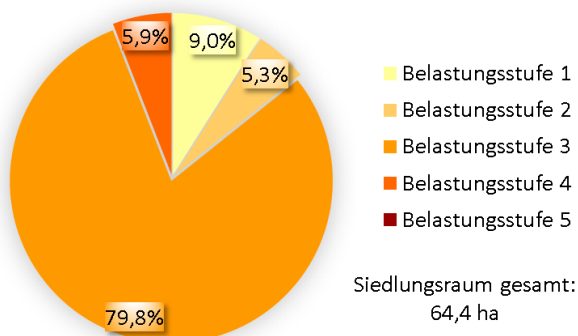
Der Wirkraum **W70** umfasst im Wesentlichen die bebauten Teilbereiche der **Coleman-Barracks**.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten 2019 und der Modellrechnungen belegen, dass das Kasernengelände im Freiraumgefüge nördlich der A 6 eine Wärmeinsel ausbildet. Im Vergleich zum angrenzenden Sandtorfer Bruch werden bis zu 5,0 K höhere Lufttemperaturen gemessen. Vor allem die versiegelten Stellflächen zwischen Kasernenzeilen und Flugfeld treten auffallend überwärmt hervor.

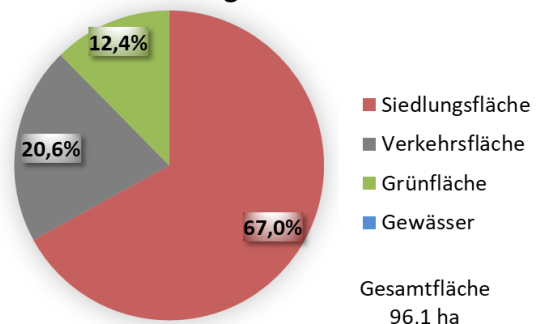
Anhand der Windmessungen an der Station *Blumenauer Weg* wird offenbar, dass tagsüber bei häufig vorherrschenden Südwestwinden eine intensive Belüftung des Geländes gegeben ist.

In Strahlungs Nächten dominieren regionale Ausgleichsströmungen aus nördlichen Richtungen, die bodennahe Kaltluft über die A 6 hinweg nach Süden transportieren. Die bioklimatische Entlastung in den

Wärmebelastung Siedlungsraum W70



Nutzungsstruktur W70



Stadtteilen Sandhofen, Schönau und Waldhof wird dadurch in den Nachtstunden forciert. Bislang bildet das Kasernengelände dabei aufgrund der begrenzten baulichen Ausdehnung nur einen mäßig wirksamen Störfaktor.

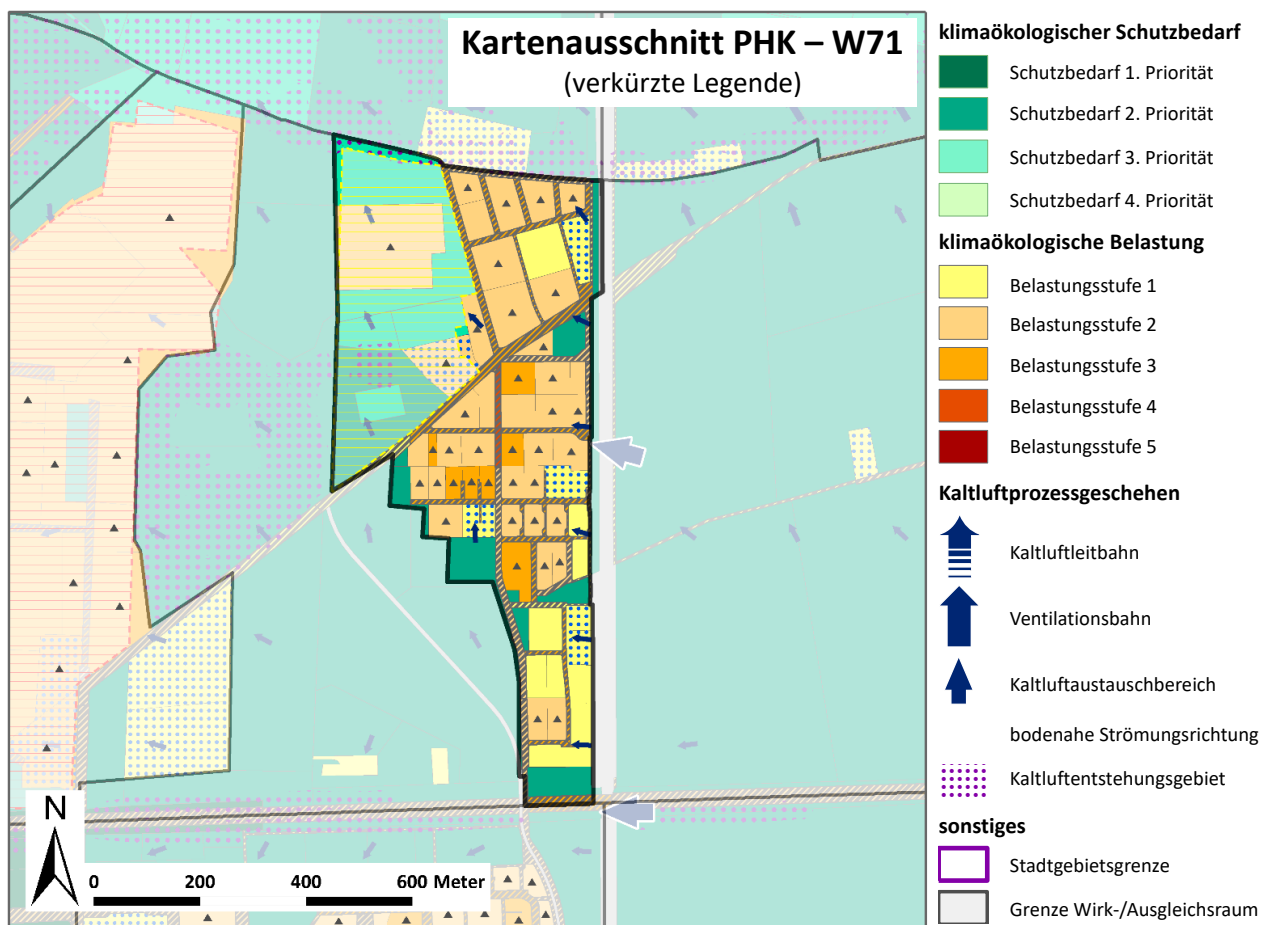
Maßnahmenempfehlungen

Sollte es zu einer Aufgabe des Kasernengeländes kommen, wäre eine neue Überplanung der Coleman Barracks möglich. Wie die Ergebnisse der Modellrechnungen und die vielfältigen Messungen aufzeigen, prägen die regionalen Nordost- bis Nordwestwinde im Norden von Mannheim das stadtklimatische Wirkungsgefüge. Sie werden ihrer Rolle als Kalt- und Frischluftlieferanten allerdings nur dann gerecht, wenn sie über siedlungsnah und siedlungsinterne Freiräume möglichst weit nach Süden durchgreifen können. Großflächige Strömungsbarrieren in Form dichter Bebauung sind kontraproduktiv (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Bei der Erstellung städtebaulicher Konzepte für das derzeitige Militärgelände sind den stadtklimatischen Belangen erhöhter Bedeutung beizumessen. Die Sicherung eines klimaökologisch wirksamen Grünzugs zwischen dem Sandtofer Bruch und dem Stadtgebiet südlich der Autobahntrasse A6 ist zusätzlich relevant (**M14 - Schutz und Vernetzung für den Kaltlufthaushalt relevanter Flächen**).

Bei baulichen Arrondierungen am Ostrand sind in Nord-Süd-Richtung ggf. bebauungsinterne Ventilationsachsen zu berücksichtigen, die an Erschließungsstraßen und/oder Gebäudeabstandsflächen geknüpft sein können (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten** und **M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**). Detaillierte Planungen sollten möglichst in einem iterativen Planungsprozess unter Beteiligung von Klimatologen entwickelt werden.

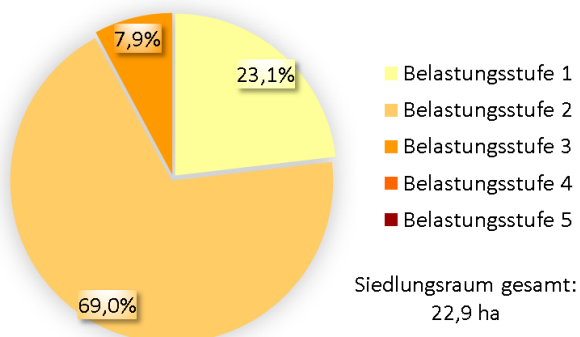
WIRKRAUM: W71 – BLUMENAU



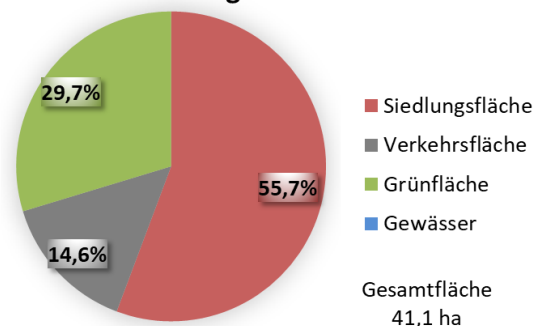
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Der Stadtteil **Blumenau (W71)** befindet sich zwischen der Riedbahntrasse und den Coleman-Barracks. Der Stadtteil ist von locker durchgrünter Einzel- und Reihenhausbauung geprägt und bildet daher ein recht günstiges Eigenklima aus. Klimaökologische Positiveffekte ergeben sich zudem über den östlich angrenzenden Sandhofer Wald und das Sandtorfer Bruch. Die Wärmebelastung ist im Vergleich zum übrigen Stadtgebiet als sehr gering zu bewerten.

Wärmebelastung Siedlungsraum W71



Nutzungsstruktur W71

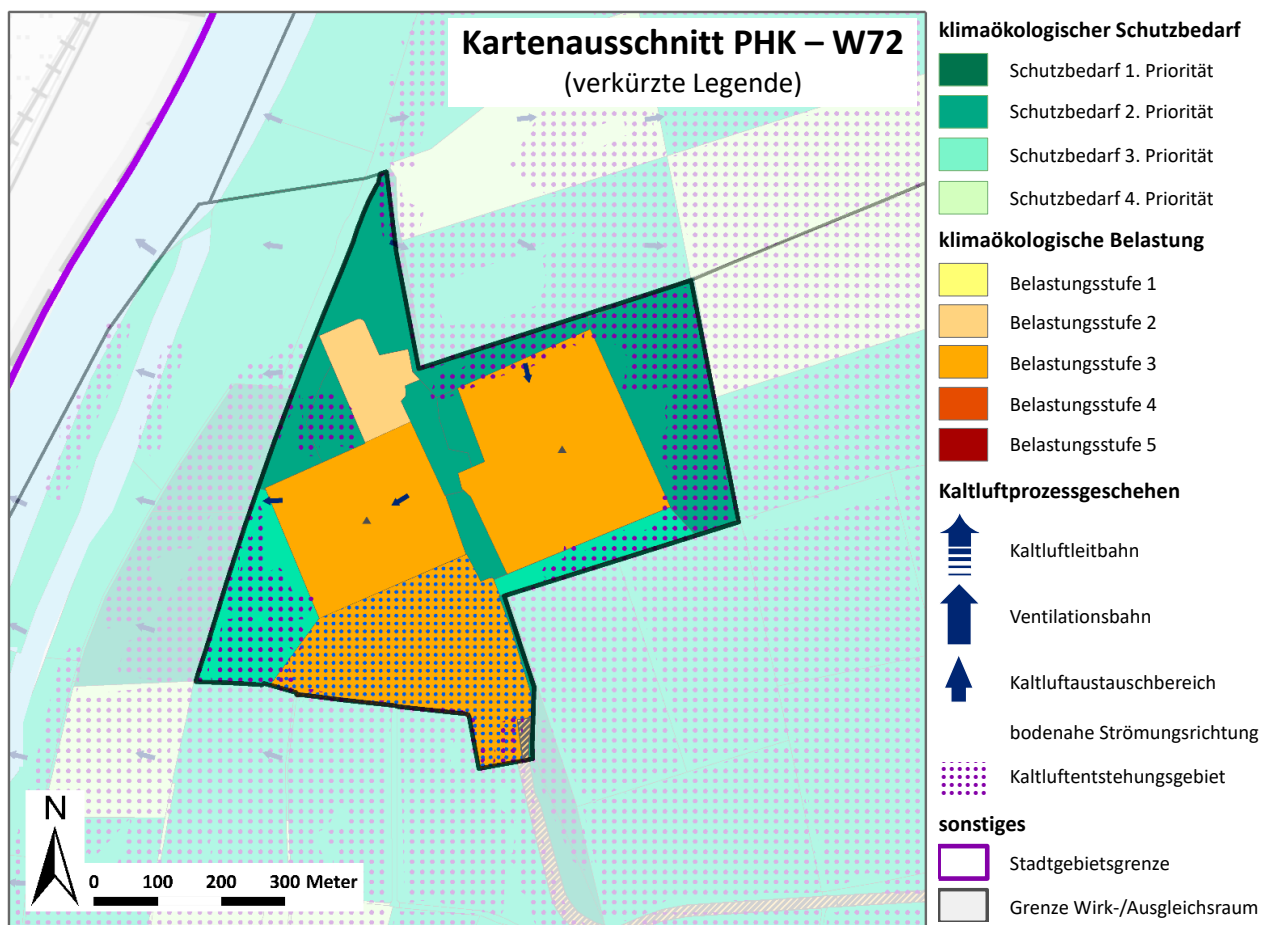


Maßnahmenempfehlungen

Die lockere Bebauungsstruktur im Stadtteil Blumenau sollte auf Dauer erhalten bleiben. Bauliche Verdichtungen mit blockartigen Baustrukturen sind zu vermeiden, um weiterhin günstige Belüftungseffekte zu gewährleisten (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

Hinsichtlich einer baulichen Umstrukturierung/Erschließung des Kasernengeländes östlich der Straße „Auf der Blumenau“ sollte die lockere Bebauungsstruktur der angrenzenden Wohnbebauung von Blumenau aufgegriffen werden (**M11 - Baukörperstellung und Abstandsflächen beachten**). Um das Eindringen von Kaltluft aus nördlicher Richtung zu begünstigen sollten zudem die Abstandsflächen bzw. Hausgärten nach Norden hin geöffnet sein (siehe Wohnbebauung Nordhäuser Weg/Halberstadter Weg). Ebenso sollte nach Möglichkeit die Durchlüftungsachse aus östlicher Richtung (Blankenburger Straße) nach Westen hin fortgeführt werden um einen Luftaustausch mit dem Sandhofer Wald bzw. Sandtorfer Bruch zu fördern (**M13 - Vermeidung von Austauschbarrieren**).

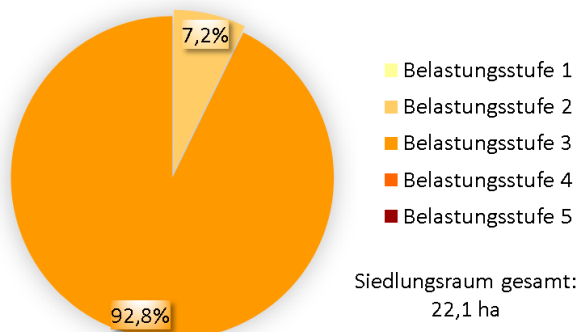
WIRKRAUM: W72 – KLÄRANLAGE



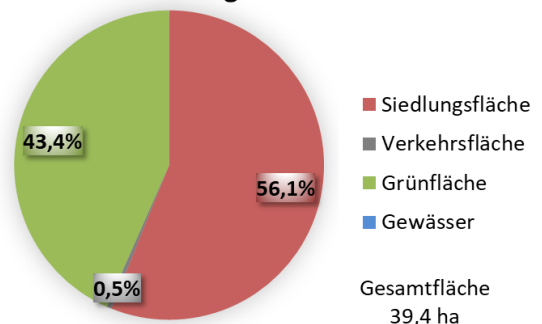
Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

Die Kläranlage (W72) im Norden von Mannheim bildet im Ausgleichsraumgefüge A54/A55 (Markgrafentack, Ballauf-Wilhelmswörth) nur einen kleinflächigen Störfaktor. Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen und der Modellrechnungen belegen, entwickelt sich über der Bebauung kein gravierender „Wärmeineffekt“. Auch die Barrierewirkung der Bebauung für lokale bis überregionale Luftströmungen ist gering. Die vergleichsweise hohe Belastungsstufe 3 ist im Wesentlichen auf die recht hohe Wärmebelastung am Tag zurückzuführen, welche sich anhand des Fehlens schattenspendender Bäume begründen lässt.

Wärmebelastung Siedlungsraum W72



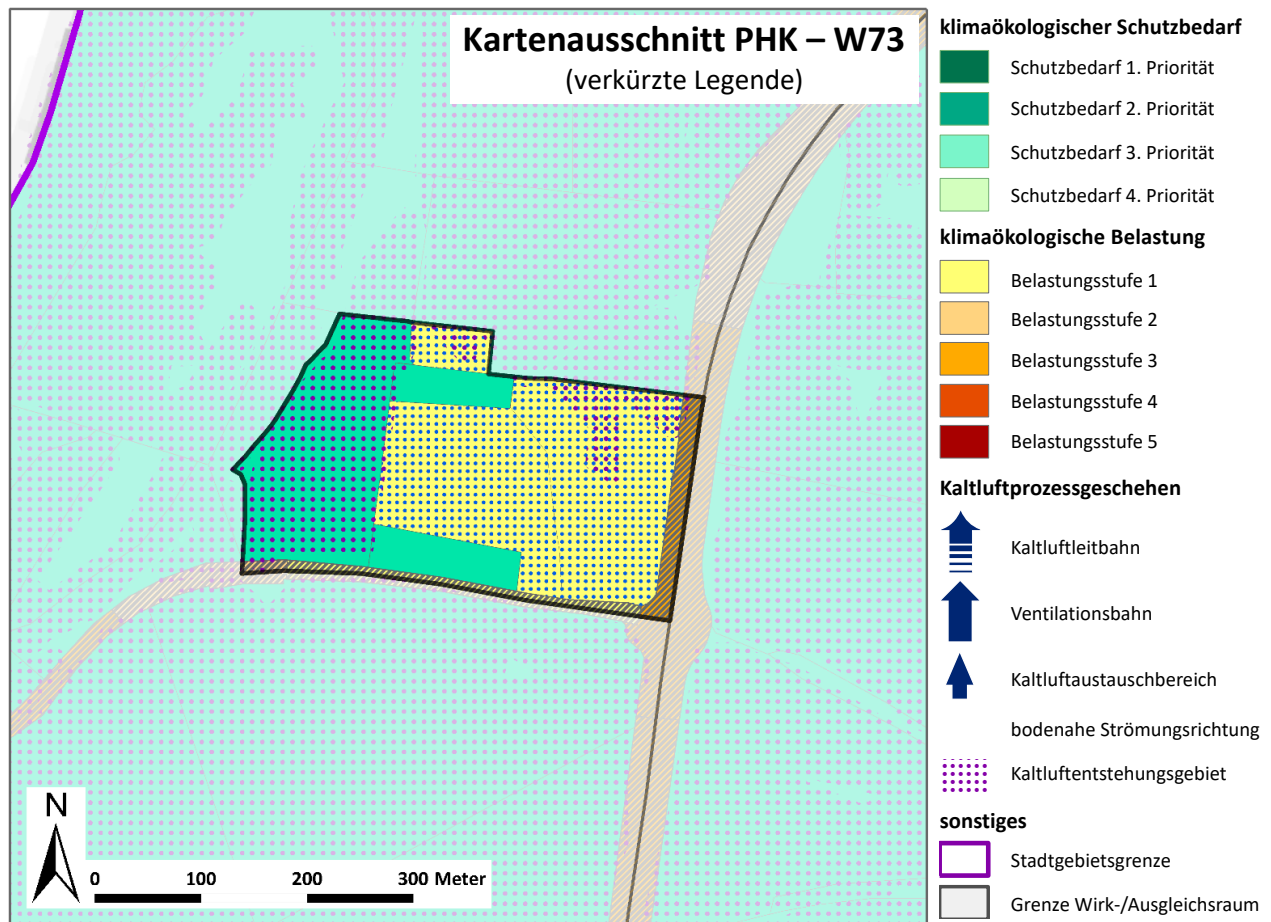
Nutzungsstruktur W72



Maßnahmenempfehlungen

Die angrenzenden Freiflächen (Wiesen, Ackerflächen) bilden ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Norden von Mannheim. Eine Ausdehnung der Bebauung im Wirkraum W72 sollte daher möglichst vermieden werden bzw. lediglich räumlich begrenzt stattfinden (**M09 - Schutz bestehender Parks, Grün- und Waldflächen**).

WIRKRAUM: W73 – KIRSCHGARTSHAUSEN

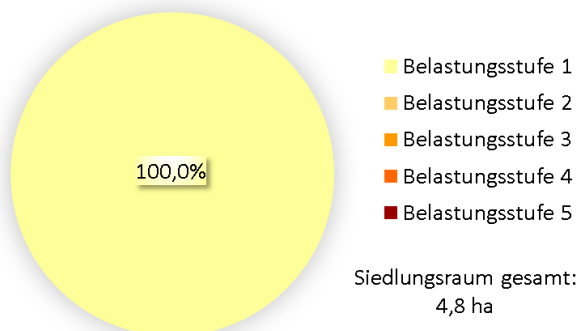


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

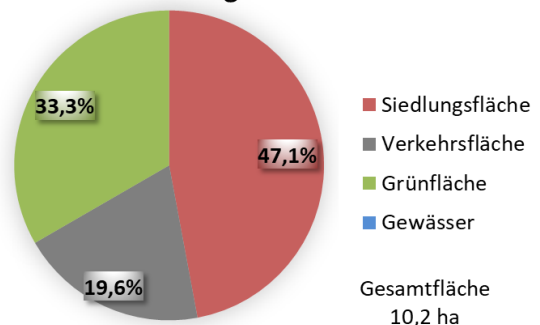
Der Wirkraum **W73 Kirschgartshausen** bildet im nördlichen Freiraumgefüge von Mannheim (A53/A55) einen nur geringen klimatischen Störfaktor.

Die Wärmebelastung in Kirschgartshausen ist vergleichsweise sehr gering.

Wärmebelastung Siedlungsraum W73



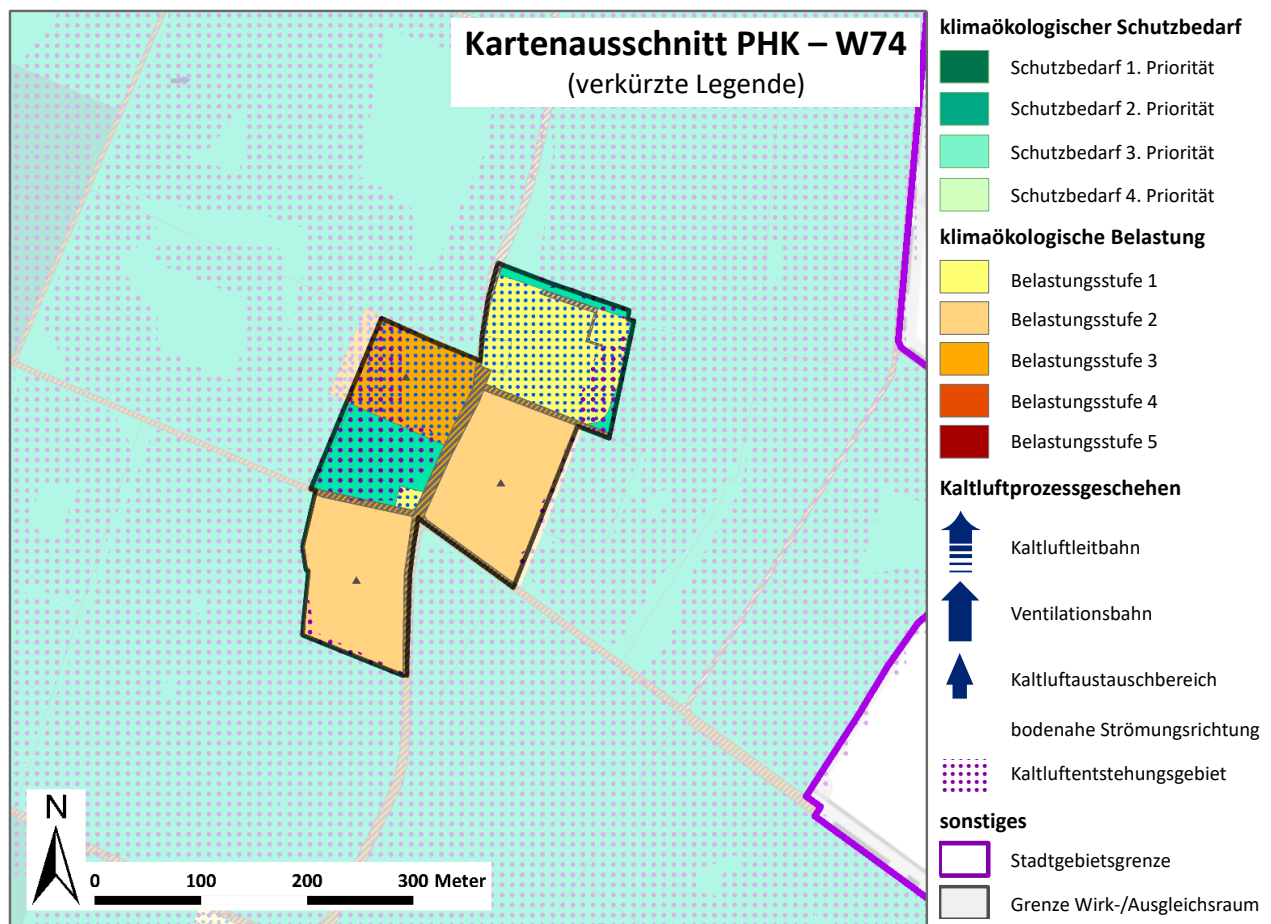
Nutzungsstruktur W73



Maßnahmenempfehlungen

Die Ausgleichsräume A52, A53, A54 und A55 entwickeln stadtklimatisch hoch bedeutsame Gunsteffekte. Sie initiieren Flurwindeffekte, die den nördlichen Stadtteilen Kalt-/Frischluft zuführen. Größere flächenhafte Baumaßnahmen sind aus klimaökologischer Sicht möglichst auszuschließen. Gegen einzelne bauliche Ergänzungen (z.B. Anbauten, Umbauten) sind keine Einwände zu erheben.

WIRKRAUM: W74 – STRASSENHEIM

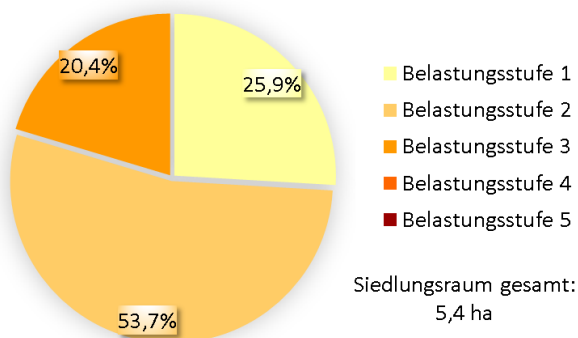


Beschreibung der Lage, Nutzungsstruktur und bioklimatischen Situation

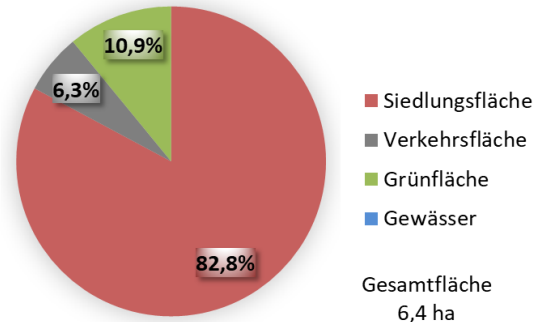
Der Wirkraum **W74 Straßenheim** bildet im nordöstlichen Freiraumgefüge von Mannheim (A31) einen nur geringen klimatischen Störfaktor.

Die bioklimatische Belastung in Straßenheim ist gering.

Wärmebelastung Siedlungsraum W74



Nutzungsstruktur W74



Maßnahmenempfehlungen

Der Ausgleichsraum A31 entwickelt stadtklimatisch hoch bedeutsame Gunsteffekte. Sie initiieren Flurwind-effekte, die trotz der Autobahntrasse der A6 den Stadtteilen Vogelstang, Wallstadt, Feudenheim Kalt-/Frisch-luft zuführen. Die Baugrenzen in Straßenheim sind möglichst einzuhalten. Gegen einzelne bauliche Ergänzungen (z.B. Anbauten, Umbauten) sind keine Einwände zu erheben.

8. Zusammenfassung

Die „Stadtklimaanalyse Mannheim 2020“ stellt die erste modellgestützte Klimaanalyse für das gesamte Stadtgebiet von Mannheim dar. Die vorangegangene „Stadtklimaanalyse Mannheim 2010“ beruhte dagegen auf einer umfassenden Messkampagne, welche mittels Klimamessstationen sowie Messfahrten durchgeführt wurde. Diese wurde hinsichtlich einer Fortschreibung der Klimaanalyse aus dem Jahr 2010 sowie einer Unterstützung und Validierung der Modellergebnisse im Zuge der aktuellen Stadtklimaanalyse ebenfalls durchgeführt. Die modellgestützte Analyse des Mannheimer Stadtklimas wurde entsprechend dem Stand der Technik mit dem Stadtklimamodell FITNAH 3D durchgeführt, um hochaufgelöste, flächendeckende Ergebnisse für das gesamte Stadtgebiet für die heutige Zeit sowie für ein zukünftiges Szenario in 2050 zu erhalten. Entsprechend den Klimopass-Förderrichtlinien wurde zusätzlich mittels einer Auswertung von EURO-CORDEX-Daten eine Prognose für den Zeithorizont 2100 erstellt.

Zentrale Ergebnisse

Bei Betrachtung der bodennahen Lufttemperatur zeigt sich eine deutliche nächtliche Überwärmung der städtischen Bereiche – so weisen die Mannheimer Innenstadt sowie die hochversiegelten Gewerbeflächen aktuell um bis zu 6,1 K höhere Temperaturen als das natürliche, weitgehend unbebaute Umland auf. Im Durchschnitt beträgt die nächtliche Temperaturdifferenz zwischen Wirk- und Ausgleichsraum 2,9 K. Dieser für Städte typische „Wärmeinseleffekt“ kommt vor allem nachts zum Tragen und geht u.a. auf den höheren Versiegelungsgrad bzw. geringeren Grünanteil in der Stadt, die Beeinträchtigung der Strömung durch Hindernisse sowie Emissionen aus Verkehr, Industrie und Haushalten zurück.

Infolge des Klimawandels ist im Raum Mannheim bis 2050 von einer Temperaturzunahme von rund 2 K (entsprechend RCP 8.5 Szenario) und vermehrten Hitzeperioden auszugehen. Diese Zunahmen sind in den (kern)städtisch geprägten Räumen besonders relevant, da dort aufgrund des Wärmeinseleffekts bereits heute ein höheres Belastungsniveau vorliegt. In der Zukunftssituation um 2050 ist in Mannheim von einem leicht erhöhten durchschnittlichen Wärmeinseleffekt 3,1 K (zuvor 2,9 K) auszugehen, wobei der maximale Wärmeinseleffekt mit weiterhin 6,12 K (gegenüber 6,09 K im Ist-Zustand) in etwa konstant bleibt. Der Grund für den relativ konstant bleibenden Wärmeinseleffekt ist die insgesamt recht gleichmäßige Erwärmung der verschiedenen Flächennutzungen des Mannheimer Stadtgebiets. So steigt die Lufttemperatur über offenem Freiland ähnlich stark wie in hochversiegelten Innenstadtbereichen, weswegen auch bis 2100 von keiner wesentlichen Erhöhung des Wärmeinseleffektes auszugehen ist. Gleichwohl wird die Wärmebelastung insgesamt allerdings stark zunehmen.

Für den fernen Zeithorizont 2100 wurde aufgrund der großen Prognoseunsicherheit kein konkretes Zukunftsszenario festgelegt, sondern die Spannweite der aktuell verfügbaren Klimamodelle aufgezeigt. Diese beträgt allein für das Szenario RCP 8.5 in Bezug auf die gesamtstädtische Jahresmitteltemperatur +3 bis +4,8 K. Die damit einhergehende stark zunehmende Wärmebelastung unterstreicht die Notwendigkeit einer klimaangepassten städtebaulichen Planung.

Die Modellrechnung beruht auf der Annahme einer sommerlichen Strahlungswetterlage (d.h. ohne Bewölkung), die typischerweise zu den höchsten Belastungen führt. In solch einer „autochthonen Sommernacht“ ist der Wärmeinseleffekt besonders stark ausgeprägt und kein übergeordneter Luftaustausch vorhanden („die Luft steht“). Lokal können sich jedoch Ausgleichsströmungen bilden und für Entlastung im Stadtgebiet sorgen. In Mannheim handelt es sich bei diesen Ausgleichsströmungen in erster Linie um Flurwinde, wohingegen Hangabwinde entsprechend der Reliefsituation praktisch keine Rolle spielen. Flurwinde werden durch

Temperaturunterschiede angetrieben und sind vom kühleren Umland auf die überwärmten Stadtgebiete ausgerichtet. Im besten Fall kann damit Kaltluft (und ggf. Frischluft) über zusammenhängende Grünzüge bzw. Freiflächen bis weit in den Stadtkörper fließen. Die Ergebnisse der Messkampagne zeigen darüber hinaus, dass neben Flurwinden auch regionale Strömungssysteme das Mannheimer Stadtklima beeinflussen. Diese können abseits besonders windschwacher (autochthoner) Wetterlagen lokale Flurwinde überlagern oder deren Strömungsdynamik z.B. im Bereich der Kaltluft- und Ventilationsbahnen verstärken und somit den Luftaustausch insgesamt verstärken.

Besonders wichtige bioklimatische Ausgleichsfunktionen übernehmen die sieben Mannheimer Grünzüge, da diese als jeweils zusammenhängendes Freiraumgefüge weit in den Stadtkörper hineingreifen und so Kaltluft bis in die Mannheimer Innenstadt oder andere innenstadtnahe Bereiche transportieren kann. Insgesamt wurden für Mannheim drei Kaltluftleitbahnen (Grünzug Nord, Franklin und Grünzug Südost) sowie sechs Ventilationsbahnen (Grünzug Nordwest I und II, Grünzug Nord, Grünzug Nordost, Grünzug Südost und südlich Gewerbegebiet Mallau) identifiziert. Ventilationsbahnen unterschieden sich dabei dahingehend von Kaltluftleitbahnen, dass diese nur bei übergeordneter Anströmung Kaltluft effektiv transportieren können. Relevante Anstromsituationen wurden in diesem Zusammenhang von den Ergebnissen der Messkampagne abgeleitet. Darüber hinaus treten in starker Abhängigkeit zur Barrierewirkung der Siedlungsränder flächenhafte Kaltluftaustauschbereiche auf. Dabei ist ein wirksamer Kaltluftaustausch insbesondere dort möglich, wo eine vergleichsweise geringe Barrierewirkung vorherrscht. Beispiele hierfür sind u.a. die an der Käfertaler Wald angrenzenden Stadtteile Blumenau, Schönau und Gartenstadt sowie der östliche Siedlungsrand vom Stadtteil Rheinau.

Planungshinweiskarte

Die hochaufgelösten Ergebnisse der Modellrechnung sind die Basis der Stadtklimaanalyse Mannheim und erlauben genaue Aussagen zu den Klimaparametern verschiedener Flächen. Für die tägliche Arbeit in der Planungspraxis noch wichtiger ist das Inwertsetzen der Ergebnisse, etwa in Form der Planungshinweiskarte. In dieser wird eine Bewertung der Siedlungs- und Straßenflächen bzw. Plätze als „Wirkungsraum“ sowie der Grünflächen als „Ausgleichsraum“ hinsichtlich ihrer bioklimatischen Situation vorgenommen und mit allgemeinen Planungshinweisen verbunden. Die Bewertungen beruhen auf den klimaökologischen Funktionen ohne die Belange weiterer Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. die Planungshinweiskarte stellt das aus klimafachlicher Sicht gewonnene Abwägungsmaterial dar. Für Mannheim wurde eine hoch aggregierte Planungshinweiskarte, welche die Tag- und Nachtsituation des Ist-Zustandes sowie des Zukunfts-Szenarios 2050 berücksichtigt.

In der Nachtsituation orientiert sich die Bewertung der Grünflächen an ihrer Funktion für den Kaltfluthaushalt des Stadtgebiets, sodass den genannten Kaltluftleitbahnen und Ventilationsbahnen bzw. den für das Kaltluftprozessgeschehen wichtigen Grünflächen die höchsten bioklimatischen Bedeutungen zugeschrieben werden. Insgesamt wurden auf diese Weise rund 20 % der Mannheimer Grünflächen dem höchsten bioklimatischen Schutzbedarf zugewiesen. Die Bewertung des bewohnten Siedlungsraums spiegelt primär die nächtliche Überwärmung wider. Entsprechend weisen vor allem die Stadtteile Innenstadt, Jungbusch, Neckarstadt-West/Ost, Schwetzingenstadt, der östliche Luzenberg und Teile von Lindenhof die ungünstigsten Bedingungen auf. Auch in den hochversiegelten Gewerbe- und Hafengebieten fällt die Belastung hoch aus, doch liegt der Fokus in der Nachtsituation auf der Möglichkeit eines erholsamen Schlafs und damit auf der Wohnbebauung.

Bei der Bewertung der Tagsituation wird die Wärmebelastung außerhalb von Gebäuden betrachtet. Dabei sind Wohn- und Gewerbegebiete gleichermaßen von Bedeutung, um die Auswirkungen auf die Wohn- sowie arbeitende Bevölkerung abzubilden. In den Vordergrund rückt zudem der Straßenraum für Wegebeziehungen und Pendlerströme sowie die Aufenthaltsqualität auf Plätzen und die Erreichbarkeit von (möglichst öffentlichen und kühlen) Grünflächen.

Stadtklimatische Maßnahmen

Anhand der Bewertungsstufen der Planungshinweiskarte, der Beschreibung der klimaökologischen Funktionen der sieben Mannheimer Grünzüge sowie den Ergebnissen der Messkampagne können eine Reihe von weitestgehend allgemeingültigen Maßnahmenempfehlungen abgeleitet. Um diese Maßnahmenempfehlungen zu präzisieren wurde für Mannheim ein Katalog aus 20 klimaökologisch wirksamen Maßnahmen identifiziert, die als Planungsempfehlungen und Ergänzung zur Planungshinweiskarte bzw. den allgemeingültigen Maßnahmenempfehlungen zu verstehen sind. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen geeignet, den thermischen Stress für die Stadtbevölkerung direkt oder indirekt zu verringern und damit zur Erreichung eines gesunden Stadtklimas in Mannheim beizutragen – werden die Maßnahmen kombiniert, verstärken sich in der Regel die positiven stadtklimatischen Effekte der einzelnen Maßnahmen. Beispielhafte Hinweise bzw. Vorschläge zur Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen wurden in Form von umfassenden Steckbriefen zu den zusammengekommen 138 Wirk- und Ausgleichsräumen verfasst. So enthalten die Steckbriefe neben einer Beschreibung der Lage, Klimafunktion und Belastungssituation auch eine Ausformulierung konkreter und z.T. vorhabenbezogener Maßnahmenempfehlungen.

Ausblick

Primäres Anwendungsfeld der Klimaanalyse im Allgemeinen sowie der Planungshinweiskarte bzw. der Steckbriefe im Speziellen ist die Bereitstellung von hochwertigem Abwägungsmaterial für Planungs- und Entscheidungsprozesse im Rahmen der Stadt- und Freiraumplanung. Aufgrund des erreichten Detaillierungsgrades der Analyse kann hier neben der vorbereitenden auch die verbindliche Bauleitplanung hinreichend gut bedient werden. Über dieses klassische Anwendungsfeld hinaus können die Ergebnisse der Klimaanalyse aber auch in weiteren formellen und informellen Planungen der Stadt zur Anwendung kommen. Hierzu zählen u.a. die Sanierung des öffentlichen Raums, die Verkehrswegeplanung sowie die Grünflächenentwicklung.

Um diesen Eigenanspruch der Klimaanalyse sowie die insgesamt weiter steigende gesellschaftliche und damit politische Bedeutung eines gesunden Mannheimer Stadtklimas auch in der Zukunft adäquat bedienen zu können, ist ein regelmäßiger Fortschreibungsturnus für die Analyse von weiterhin ca. 10 Jahren anzustreben. Dabei sollte dann auch die explizite Berücksichtigung weiterer sich zukünftig ergebender Themen anvisiert werden.

Quellenverzeichnis

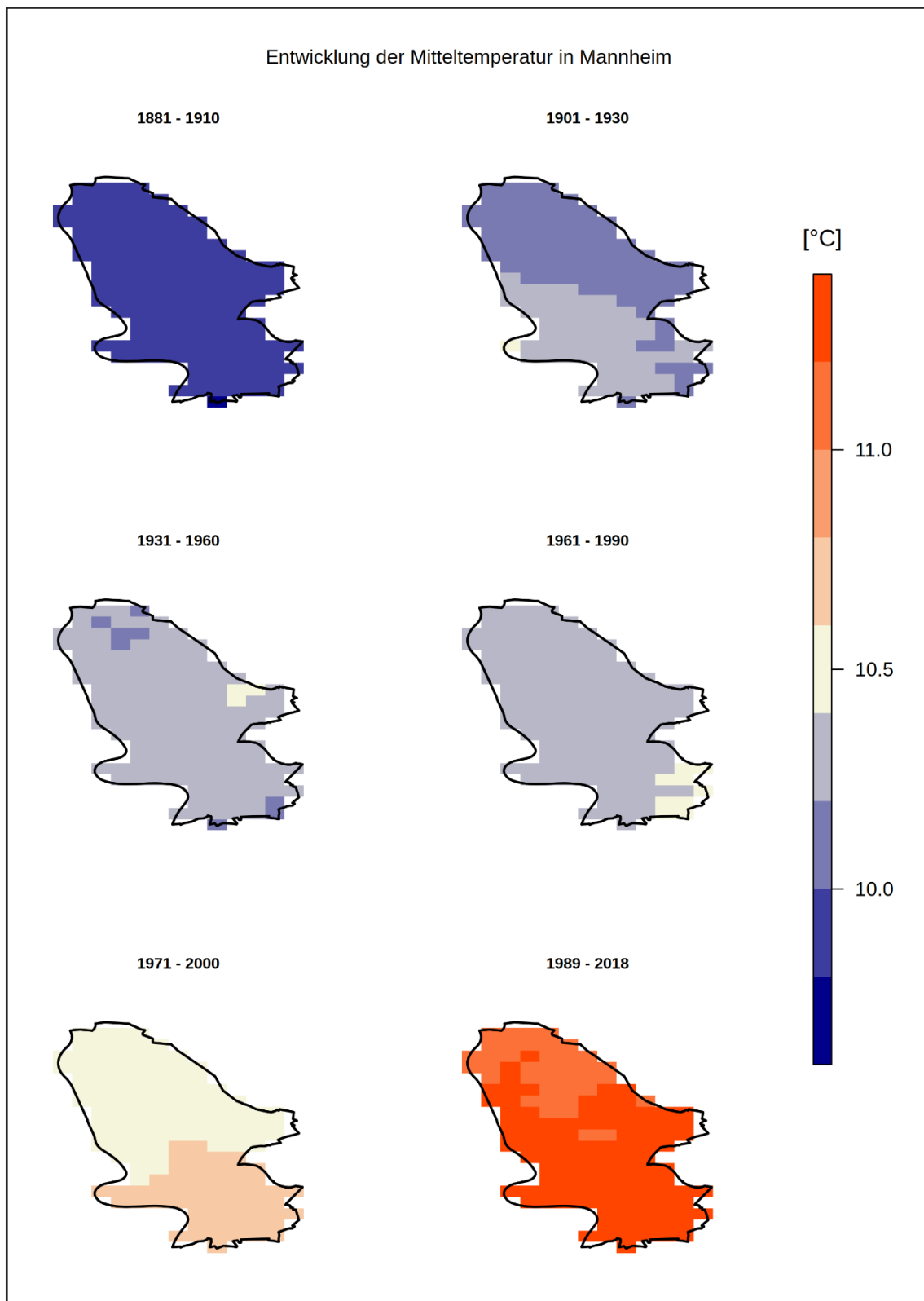
- BfN (2016) – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (HRSG.):** Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. BfN-Skripten 444.
- BODEN T.A., MARLAND G., ANDRES R.J. (2017):** Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- CUBASCH U., WUEBBLES D., CHEN D., FACCHINI M.C., FRAME D., MAHOWALD N., WINTHER J.-G. (2013):** Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- DWD (2016):** Nationaler Klimareport 2016, Klima – gestern, heute und in der Zukunft. 44 S.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2020):** Historische stündliche Stationsmessungen der Lufttemperatur und Luftfeuchte, des Bedeckungsgrades und der Windgeschwindigkeit für Deutschland, Version v006.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2020):** Jahresmittel der Raster der monatlich gemittelten Lufttemperatur (2m), des Niederschlages und der meteorologischen Kenntage für Deutschland, Version v1.0.
- DWD (2021) – DEUTSCHER WETTERDIENST:** Stadtklima - die städtische Wärmeinsel. https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html
- FLOHN, H. (1954):** Witterung und Klima in Mitteleuropa. 2. Auflage, Forschungen zur deutschen Landeskunde, 78 S., Hinzl Verlag Stuttgart.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA (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.
- GERICS CLIMATE SERVICE CENTER GERMANY (2019):** Schlecht-Schlaf-Index (Homepage). Online: https://gerics.de/products_and_publications/publications/IPCC/detail/078103/index.php.de (Abruf 04.09.2020).
- GIORGI F., JONES C., ASRAR G. R. (2009):** Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework, WMO Bulletin, 58(3):175-183.
- GROMKE, C. (2020):** Laboruntersuchungen zu Kaltluftströmungen im Baugebiet Käfertal Süd / Spinelli Barracks in Mannheim. Karlsruhe.
- GROß, G. (1992):** Results of supercomputer simulations of meteorological mesoscale phenomena. Fluid Dynamics Research (10): 483-498.
- HÄCKEL, H. (2012):** Meteorologie. 7. Auflage. Stuttgart.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014):** Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.
- JENDRITZKY, G., ET AL. 1990.** Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan. Nr. 114.

- KASPAR, F., G. MÜLLER-WESTERMEIER, E. PENDA, H. MÄCHEL, K. ZIMMERMANN, A. KAISER-WEISS, T. DEUTSCHLÄNDER (2013):** Monitoring of climate change in Germany – data, products and services of Germany's National Climate Data Centre. Adv. Sci. Res., 10, 99–106.
- KÖPPEN, W. (1936):** Das geographische System der Klimate, Handbuch der Klimatologie [The Geographical System of the Climate, Handbook of Climatology]. Borntraeger, Berlin, Bd. 1, Teil. C.
- KUTTLER, W. (1999):** Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig. Band 13.
- LINKE C. ET AL. (2016):** Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgespräches „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“, Potsdam, 56 S.
- MALBERG, H. (2002):** Meteorologie und Klimatologie- Eine Einführung. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg.
- MATZARAKIS, A. UND H. MAYER (1996):** Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.
- MAYER, H., W. BECKRÖGE UND A. MATZARAKIS (1994):** Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen. UVP-report 5/94, S. 265-268.
- MOSS R. H., EDMONDS J. A., HIBBARD K. A., MANNING M. R., ROSE S. K., VAN VUUREN D. P., CARTER T. R., EMORI S., KAINUMA M., KRAM T., MEEHL G. A., MITCHELL J. F. B., NAKICENOVIC N., RIAHI K., SMITH S. J., STOUFFER R. J., THOMSON A. M., WEYANT J. P., WILBANKS T. J. (2010):** The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756.
- NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM (2002):** Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim. Mannheim.
- OKE, T. R. (1973):** City size and the urban heat island. Atmospheric Environment (1967), Volume 7, Issue 8: S. 769-779.
- ÖKOPLANA (2010):** Stadtklima Mannheim 2010. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2010):** Klima- und lufthygienische Stellungnahme zum geplanten Trassenverlauf der Stadtbahn Mannheim-Nord. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2013A):** Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost / Spinelli Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2013B):** Klima- und Luftschadstoffgutachten zum B-Plan 83.50 „ehem. Vögele-Areal“ in Mannheim
- ÖKOPLANA (2014A):** Klimaökologische Expertise zur Untersuchungsvariante „Bahnparallele“ im Rahmen der Variantenprüfung zur Verlegung der Straße „Am Aubuckel“ in Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2014B):** Klimagutachten Neubebauung Sportplatz Rheingoldstraße. Mannheim
- ÖKOPLANA (2014C):** Klimagutachten zum Wohnbauprojekt „Am Rheinauer See“ in Mannheim. Mannheim
- ÖKOPLANA (2016A):** Ergänzendes Klimagutachten Mannheim – Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2016B):** Variantenprüfung - Ergänzendes Klimagutachten Mannheim – Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2017A):** Klimagutachten zum aktuellen Planungsentwurf Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023 in Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2017B):** Aktualisierung der Klimagutachtens zum Bebauungsplan „Franklin Mitte“ in Mannheim-Käfertal. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2017C):** Klimagutachten zum Bebauungsplan „Sullivan“ in Mannheim-Käfertal. Mannheim.

- ÖKOPLANA (2017D):** Klimagutachten zum Bebauungsplan „Funari-Traumhaus“ in Mannheim-Käfertal. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2018):** Analyse der klimaökologischen Modifikationen durch die städtebauliche Entwicklung in den Bereichen Käfertal-Süd und Spinelli Barracks. Mannheim
- ÖKOPLANA (2019):** Klimagutachten im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens zur baulichen Entwicklung der Universität Mannheim und des Friedrichparks. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2020):** Ergänzende Stellungnahme - Klimagutachten zum Bebauungsplan „Franklin-Mitte“ in Mannheim-Käfertal. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2020):** Klimagutachten zum Bebauungsplan Nr. 71.50 „Columbus“ in Mannheim-Käfertal. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2021):** Klimaexpertise zum Planungsvorhaben „Spiegelfabrik“ in Mannheim.
- PIANI C., HAERTER J.O., COPPOLA E. (2010):** Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theor Appl Climatol* 99:187–192.
- REKLIES-DE (2017):** Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland - Nutzer-handbuch. doi: 10.2312/WDCC/ReKliEsDe_Nutzerhandbuch.
- SCHÖNWIESE, C.- D. (2008):** Klimatologie. 3. Auflage. Stuttgart.
- THEMEBL M.J., GOBIET A., LEUPRECHT A. (2011):** Empirical-statistical downscaling and error correction of daily precipitation from regional climate models. *Int J Climatol* 31(10):1530–1544.
- UBA (2016)** - Umweltbundesamt: Heizen, Raumtemperatur. Online: www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur (Abruf: 04.09.2020)
- VOGT, J.; BÖHNKE, D.; NORRA, S. (2018):** Umsetzung der kommunalen Klimaanpassung in die Bauleitplanung im Pilotprojekt der Entwicklung des Geländes der Spinelli Barracks / Grünzug Nordost in Mannheim – KomKlim. Reihe KLIMOPASSS-Berichte. Projektnr.: 4500493328/23. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- VDI (2008A):** VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1. Umweltmeteorologie. Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima.
- VDI (2008B):** VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.
- VDI (2014):** VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Entwurf.
- VDI (2015):** VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen.

Anhang

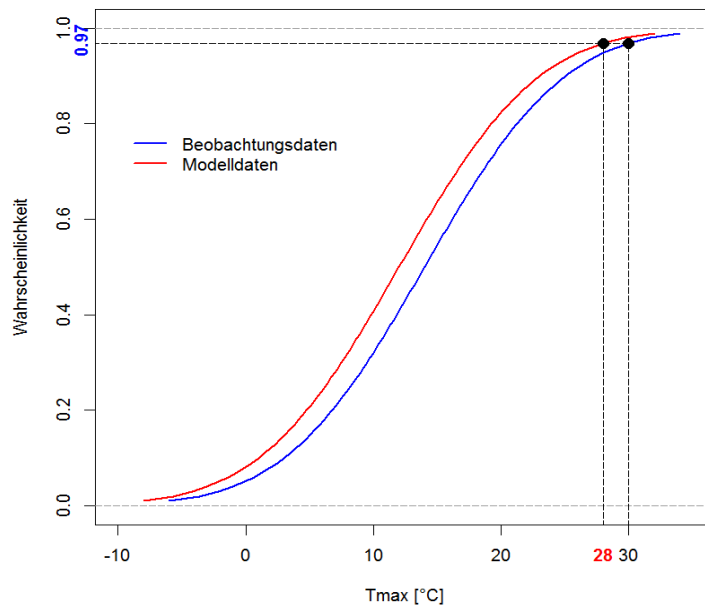
Anhang A 1: Periodische Darstellung der Jahresmitteltemperatur für das Stadtgebiet von Mannheim anhand von DWD-Stationsdaten in der Auflösung 1x1 km.



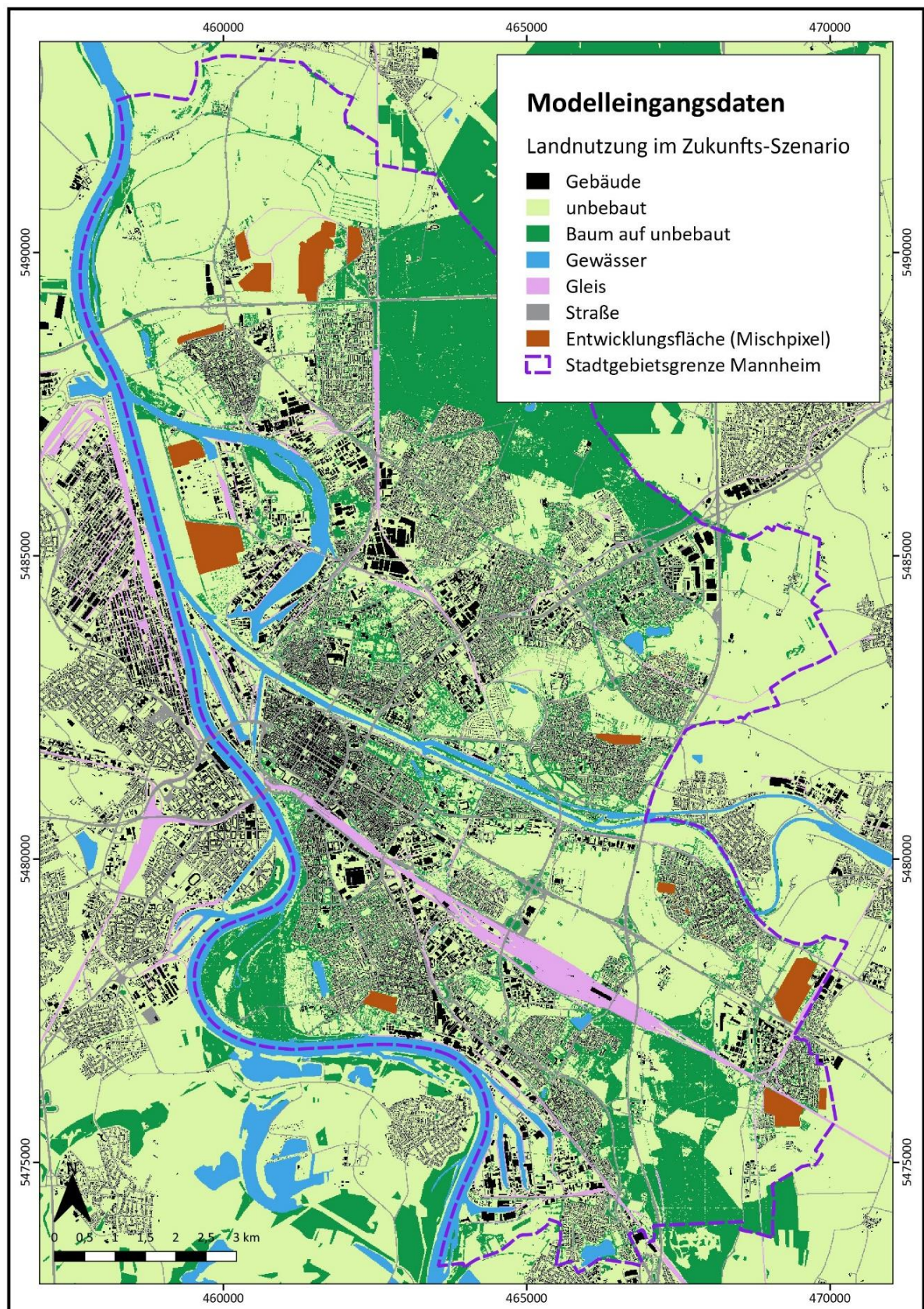
Anhang A 2: Regionalmodellensemble (GCM = Globales Klimamodell, RCM = Regionales Klimamodell)

GCM	RCM	historical	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CanESM2	CCLM	✓	✗	✗	✓
EC-EARTH	CCLM	✓	✓	✓	✓
EC-EARTH	RACMO22E	✓	✓	✓	✓
EC-EARTH	RACMO22E	✓	✗	✓	✓
EC-EARTH	RCA4	✓	✓	✓	✓
IPSL-CM5A	RCA4	✓	✗	✓	✓
MIROC5	CCLM	✓	✓	✗	✗
MIROC5	REMO2015	✓	✗	✗	✓
HadGEM2-ES	WETTREG2013	✓	✗	✗	✓
HadGEM2-ES	CCLM	✓	✗	✓	✓
HadGEM2-ES	RACMO22E	✓	✓	✓	✓
HadGEM2-ES	STARS3	✓	✓	✗	✗
HadGEM2-ES	RCA4	✓	✓	✓	✓
MPI-ESM	WETTREG2013	✓	✓	✗	✗
MPI-ESM	CCLM	✓	✗	✓	✓
MPI-ESM	REMO2009	✓	✓	✓	✓
MPI-ESM	REMO2009	✓	✓	✓	✓
MPI-ESM	STARS3	✓	✓	✗	✗
MPI-ESM	RCA4	✓	✓	✓	✓

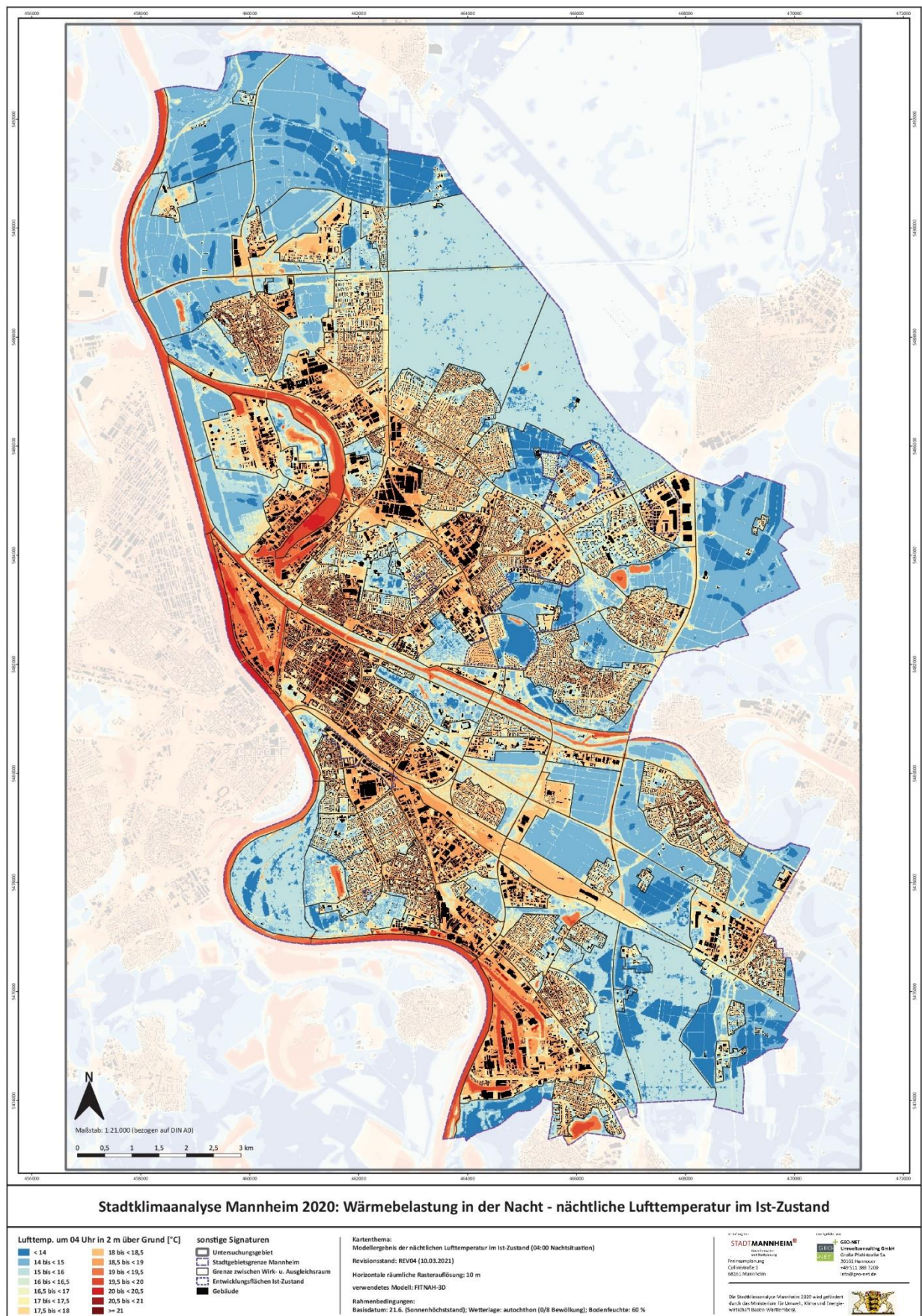
Anhang A 3: Methode der Adjustierung von Schwellenwerten für Kenntage. Die blaue Zahl auf der y-Achse zeigt das berechnete Perzentil des Schwellenwertes und die rote Zahl auf der x-Achse zeigt den adjustierten Schwellenwert



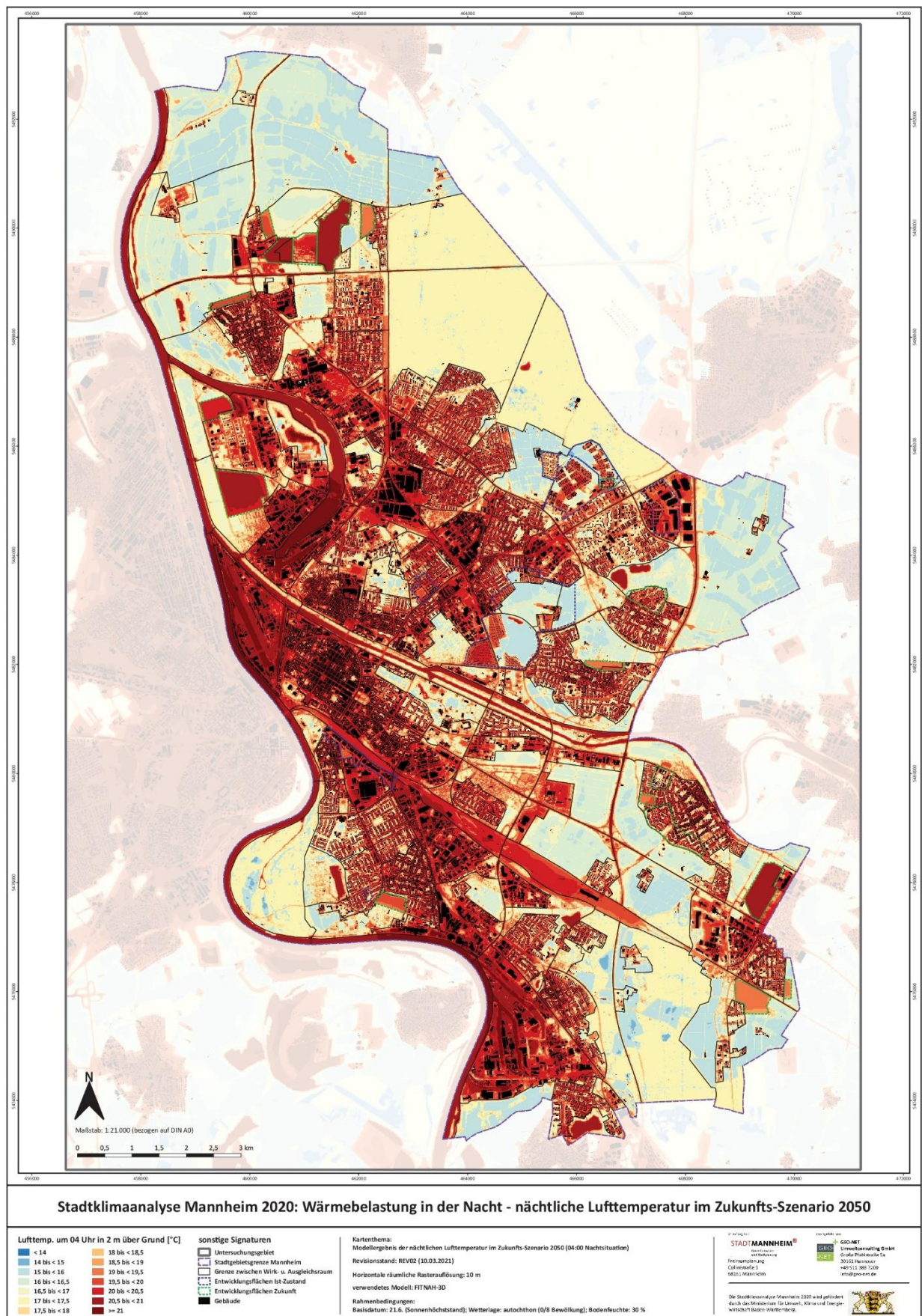
Anhang A 4: Rasterhafte Landnutzungsklassifizierung des Zukunfts-Szenarios 2050 in 6 Klassen mit zusätzlichen Mischpixeln der Entwicklungsflächen.



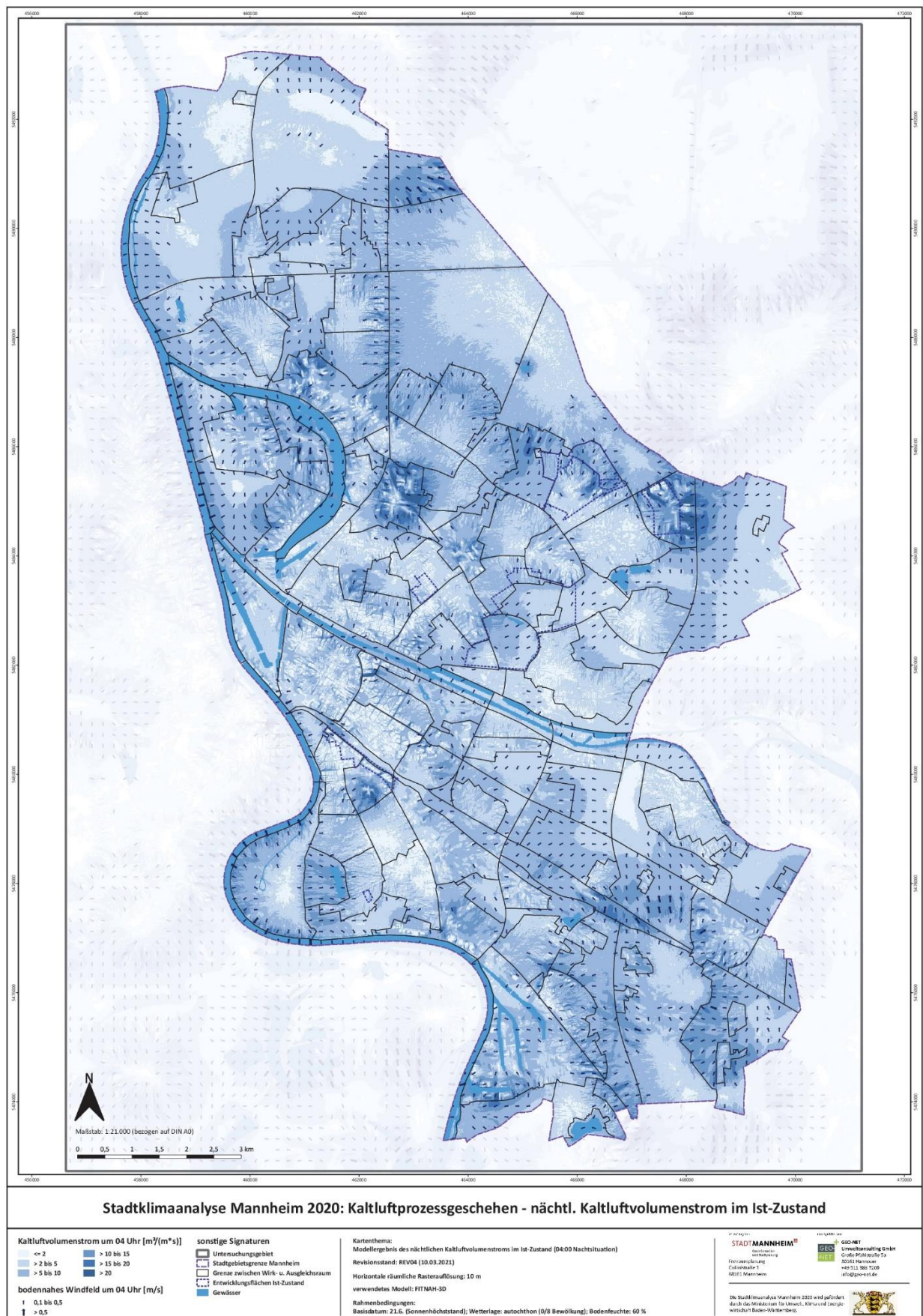
Anhang A 5: Rasterhafte Darstellung der modellierten Lufttemperatur um 4 Uhr des Ist-Zustandes.



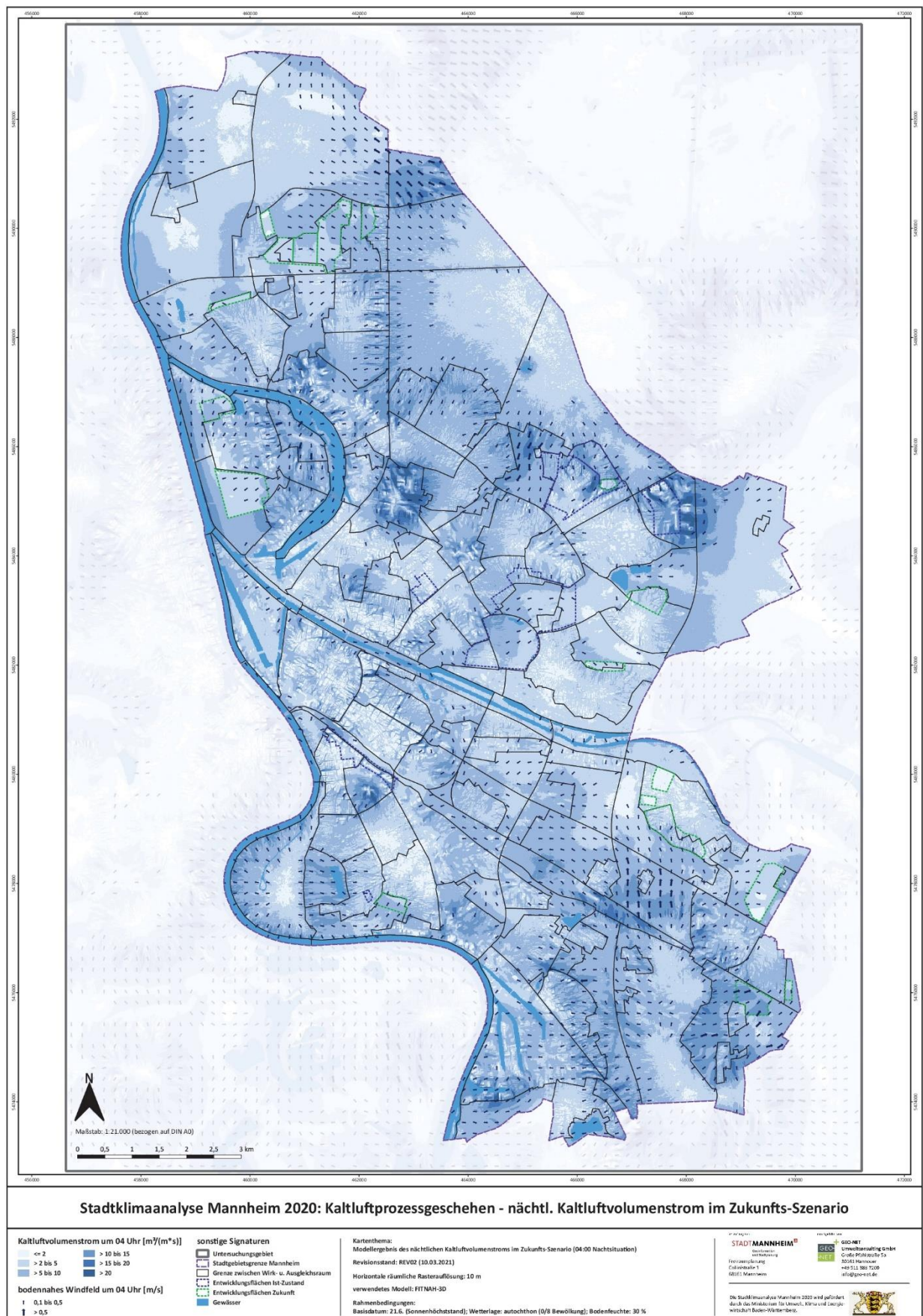
Anhang A 6: Rasterhafte Darstellung der modellierten Lufttemperatur um 4 Uhr des Zukunfts-Szenarios 2050.



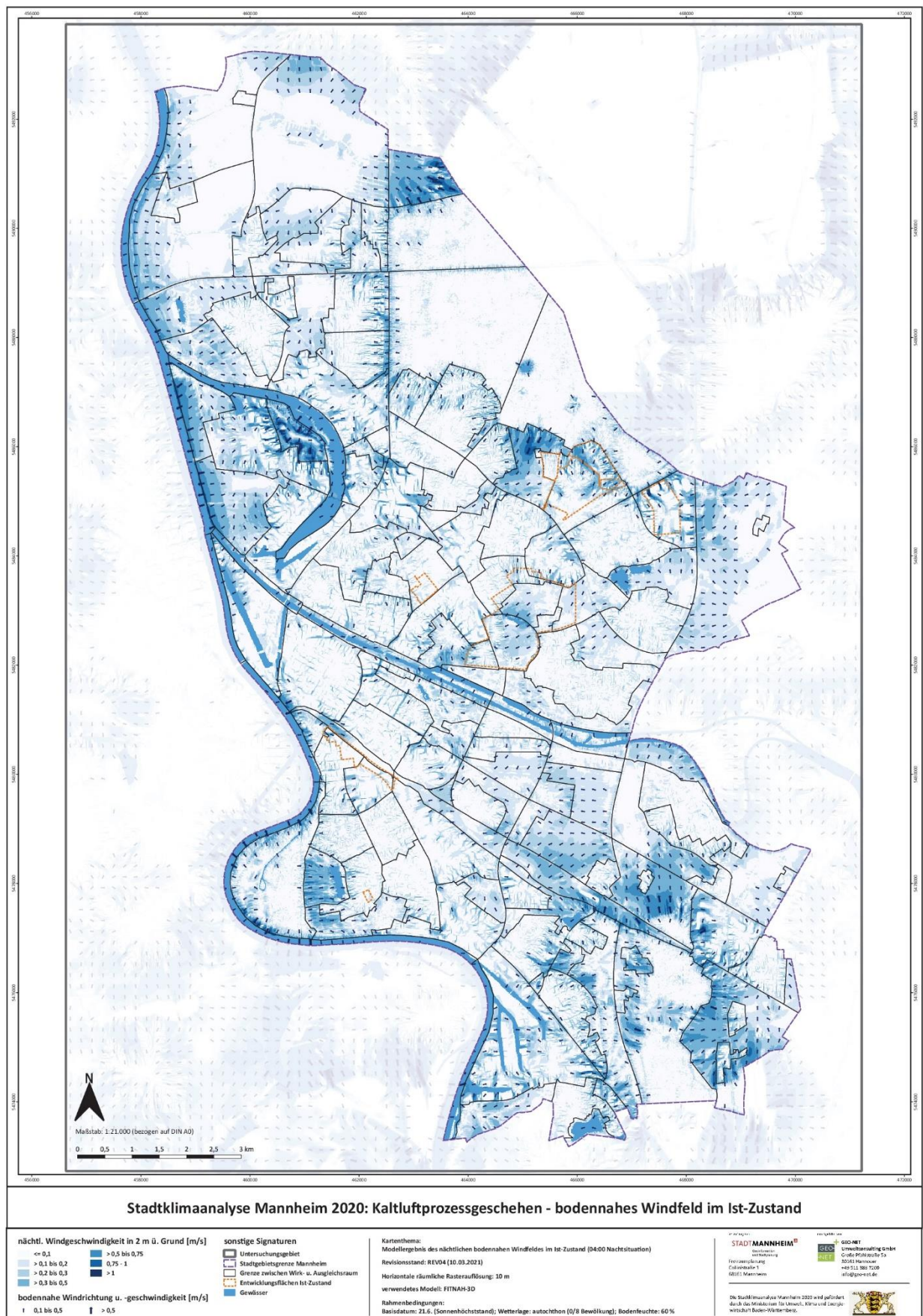
Anhang A 7: Rasterhafte Darstellung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Ist-Zustand.



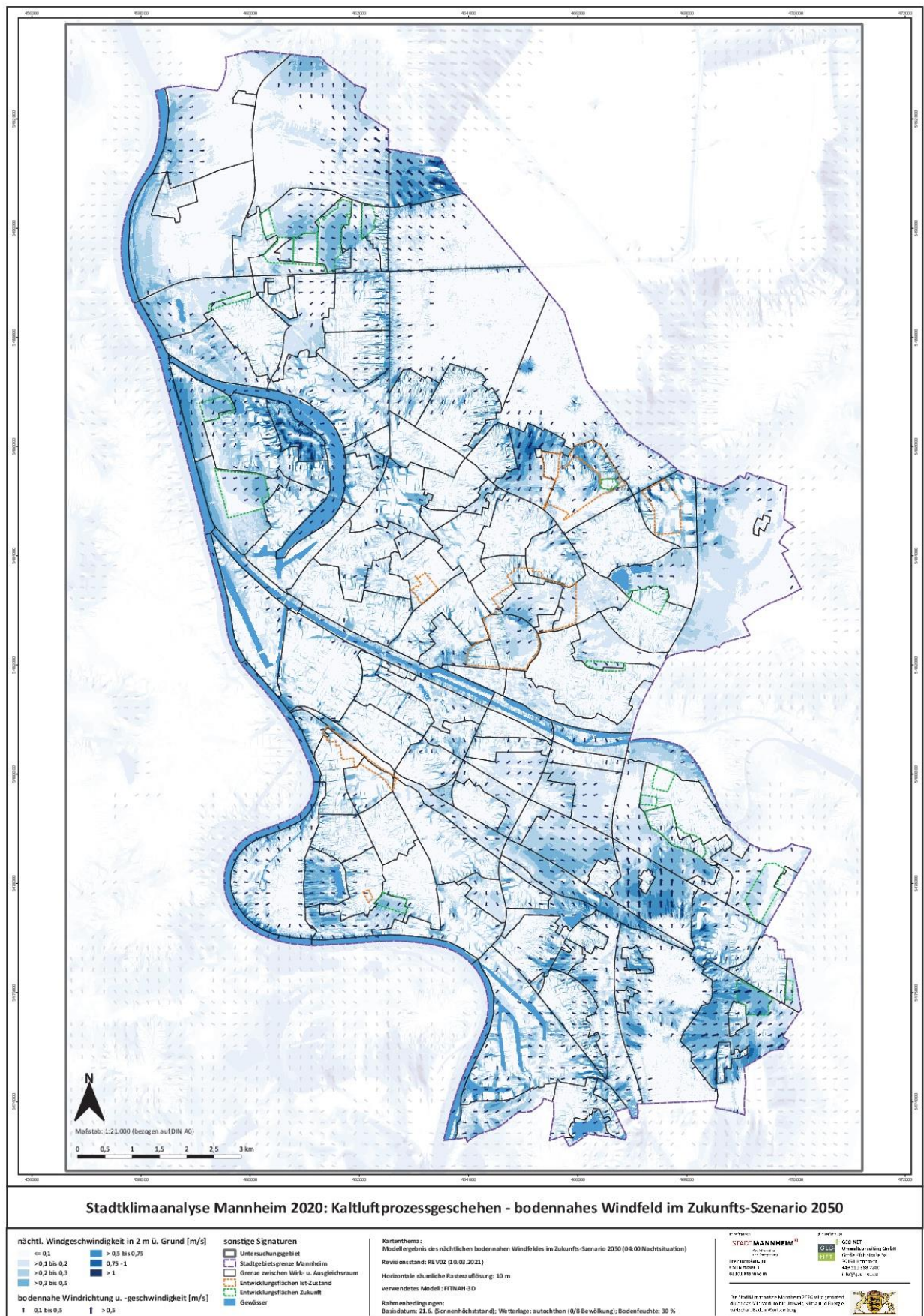
Anhang A 8: Rasterhafte Darstellung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms im Zukunfts-Szenario 2050.



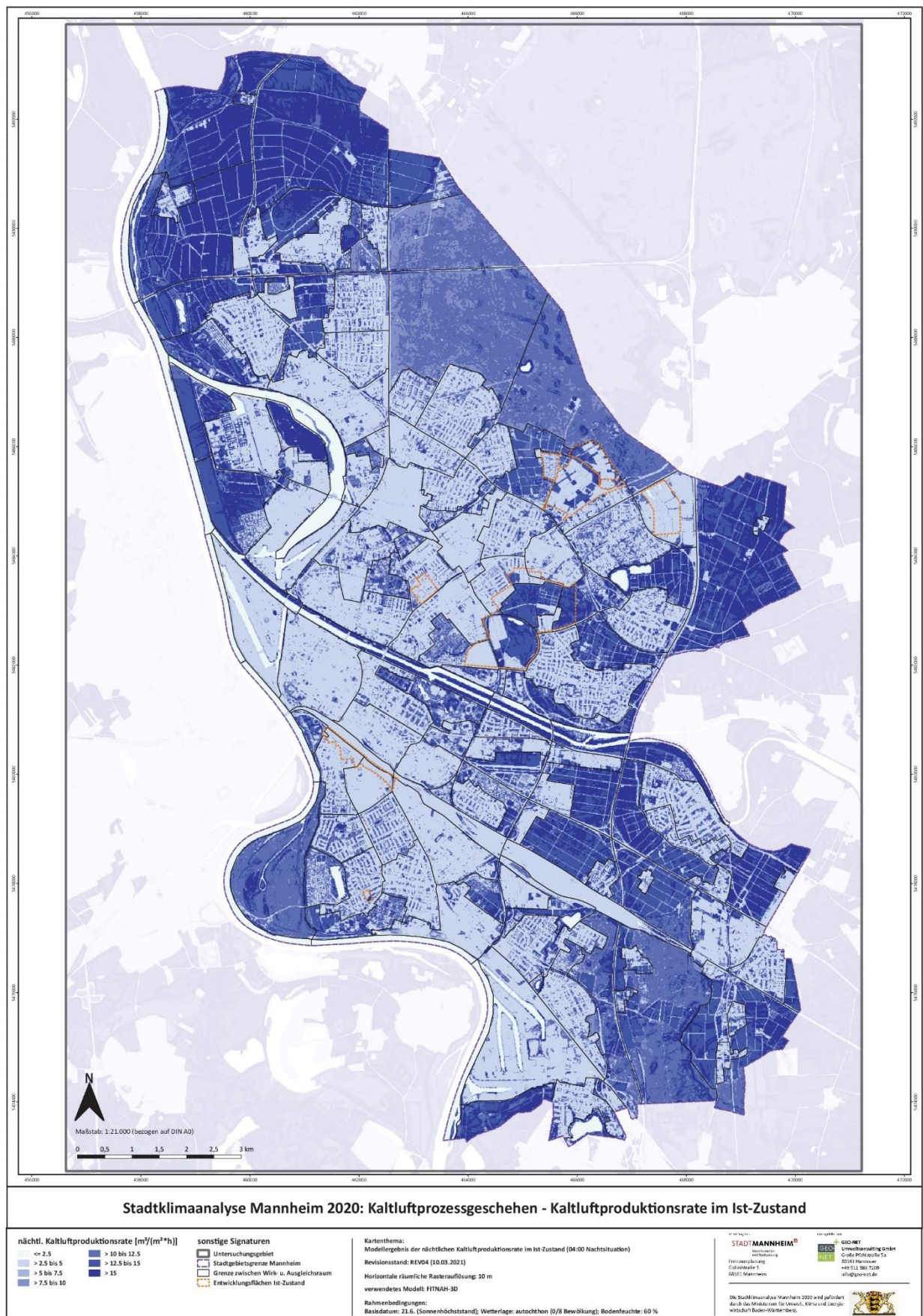
Anhang A 9: Rasterhafte Darstellung des nächtlichen Windfeldes im Ist-Zustand.



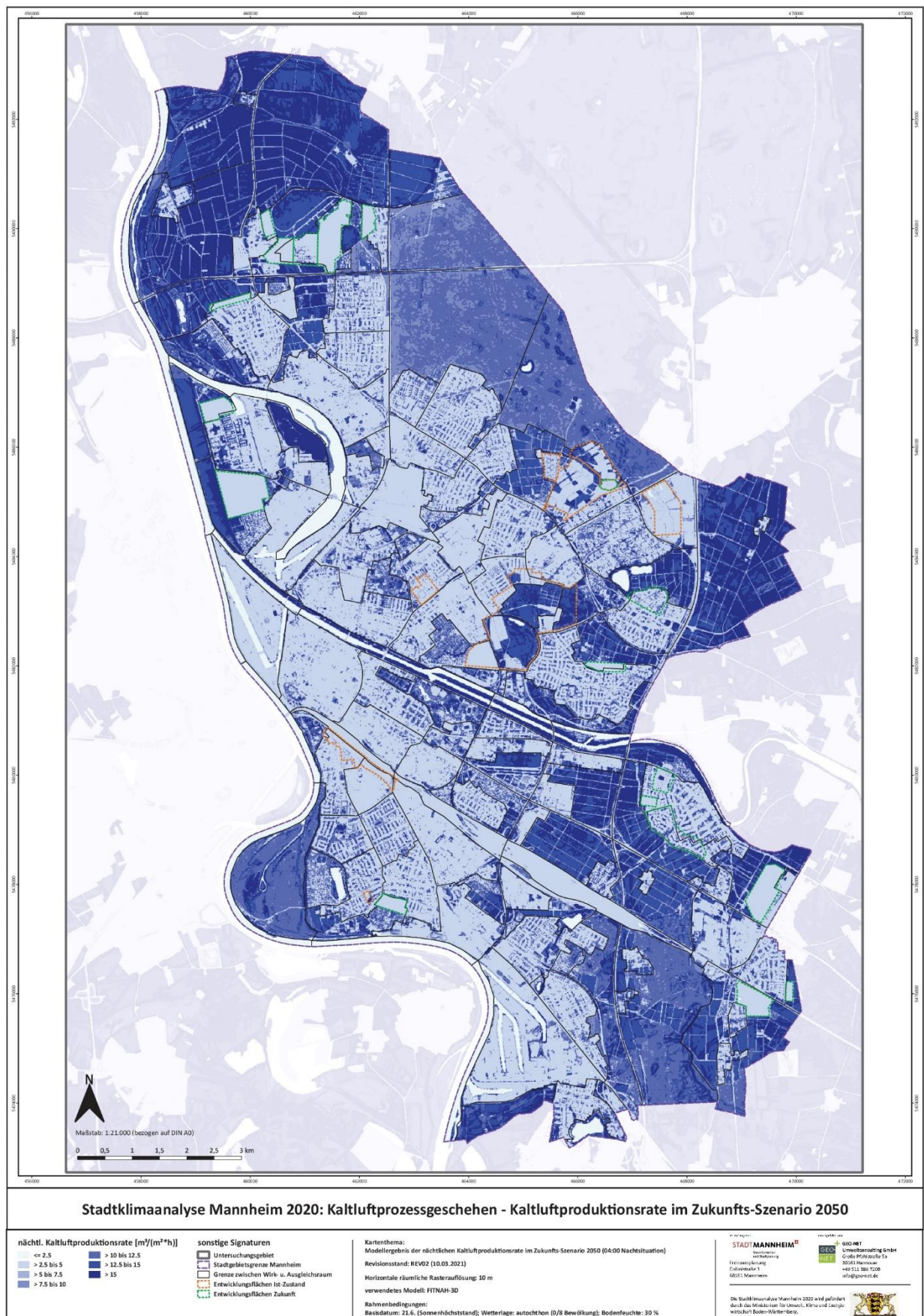
Anhang A 10: Rasterhafte Darstellung des nächtlichen Windfeldes im Zukunfts-Szenario 2050.



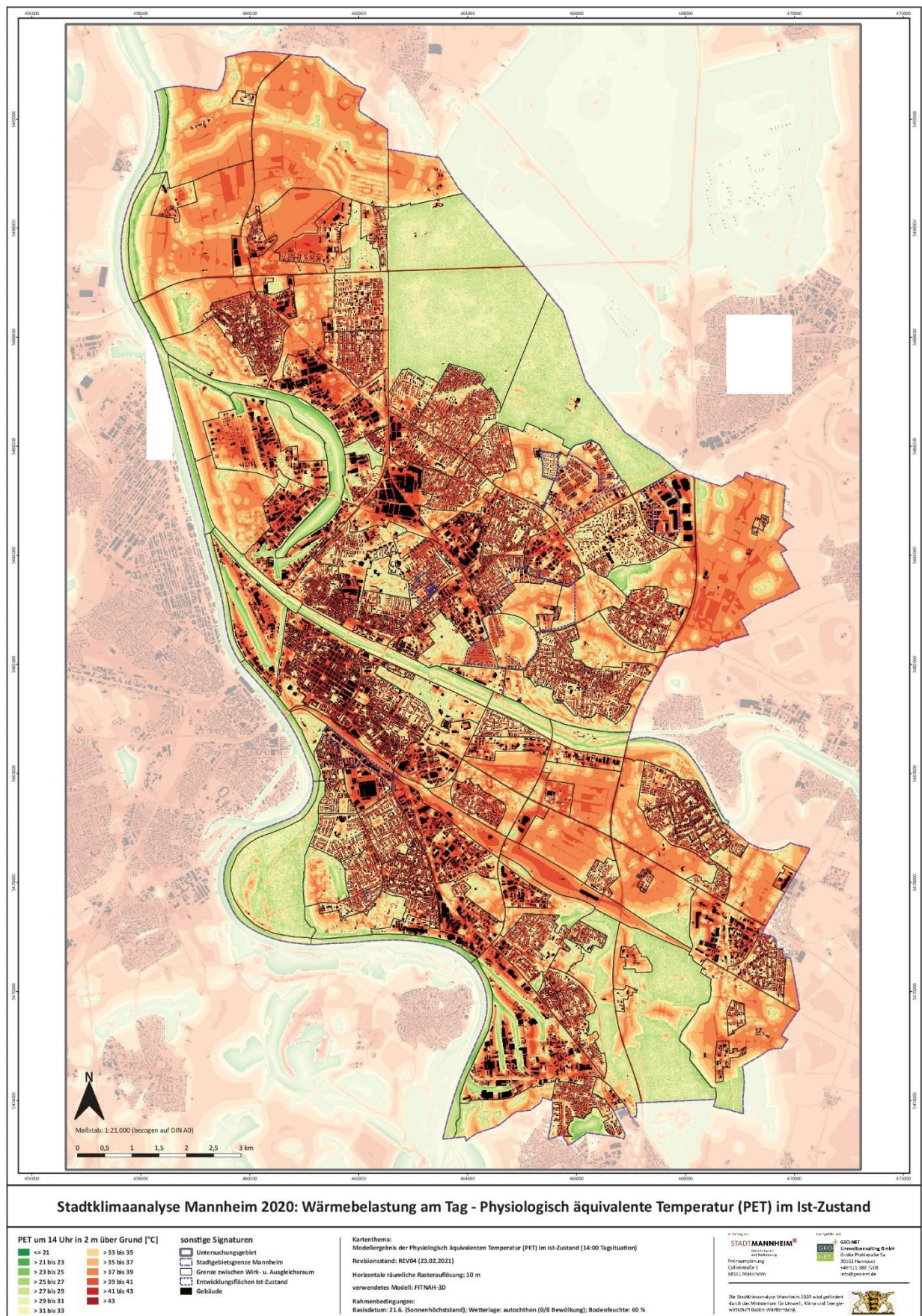
Anhang A 11: Rasterhafte Darstellung der nächtlichen Kaltluftproduktionsrate im Ist-Zustand.



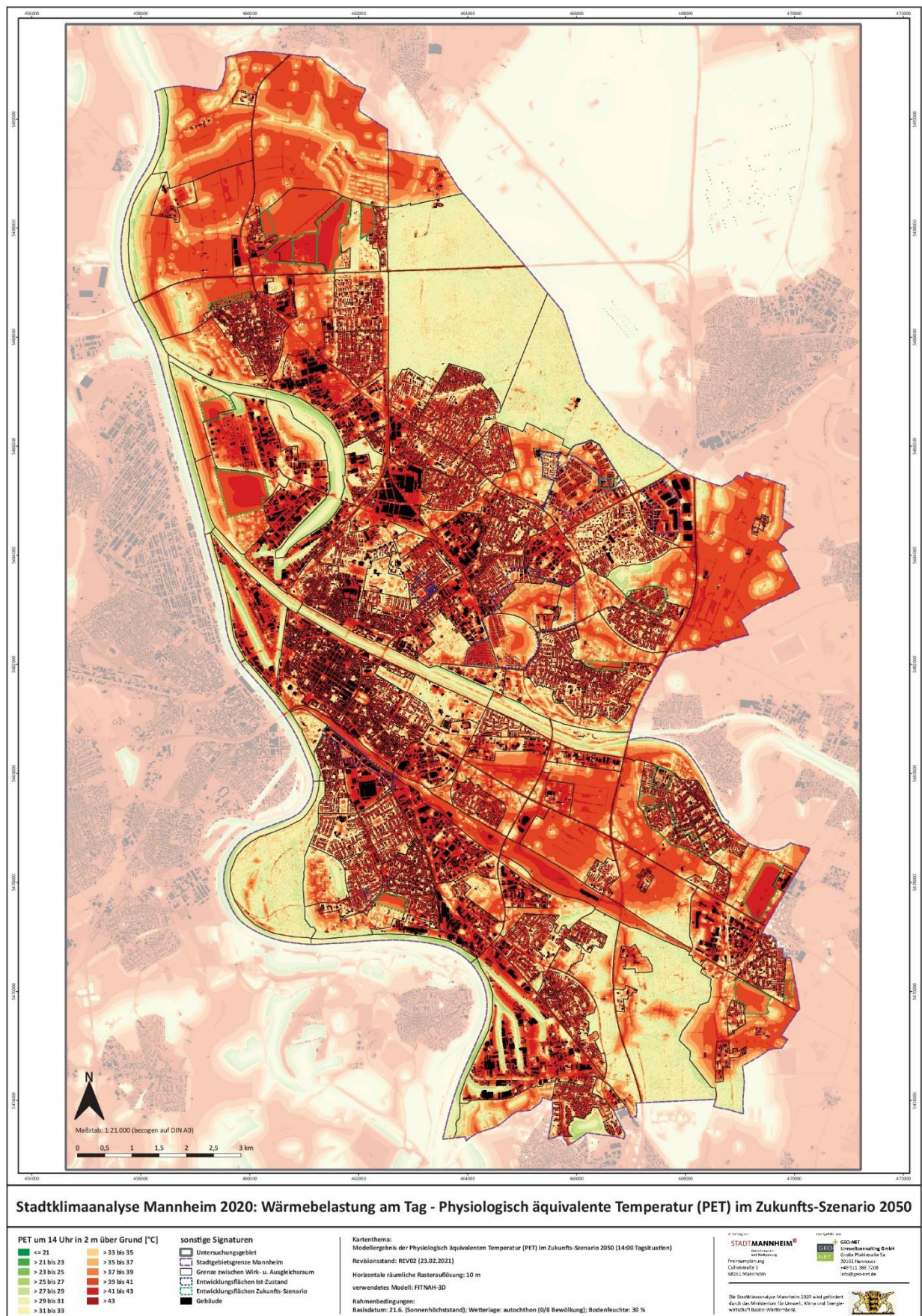
Anhang A 12: Rasterhafte Darstellung der nächtlichen Kaltluftproduktionsrate im Zukunfts-Szenario 2050.



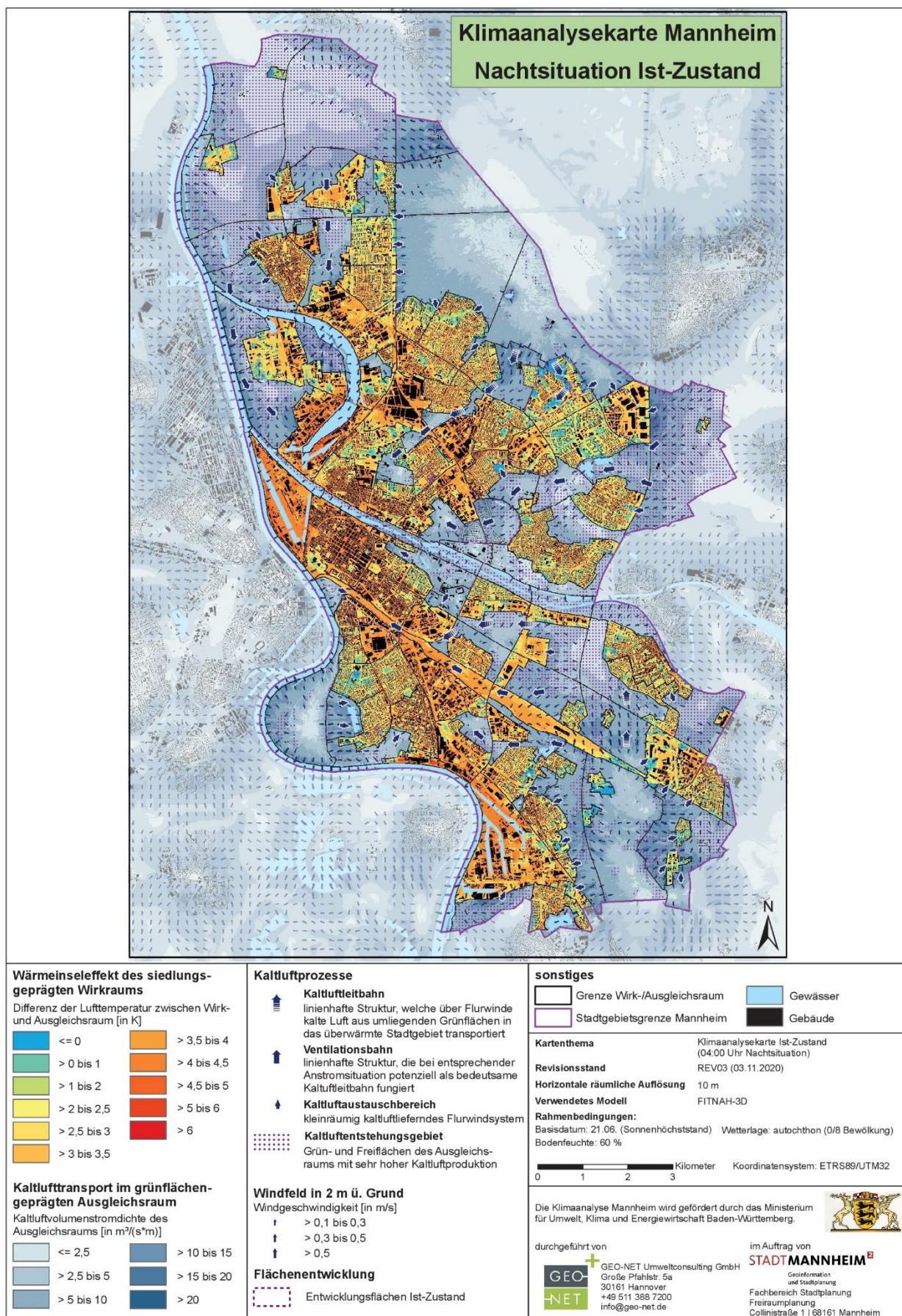
Anhang A 13: Rasterhafte Darstellung der Physiologisch Äquivalenten Temperatur im Ist-Zustand.



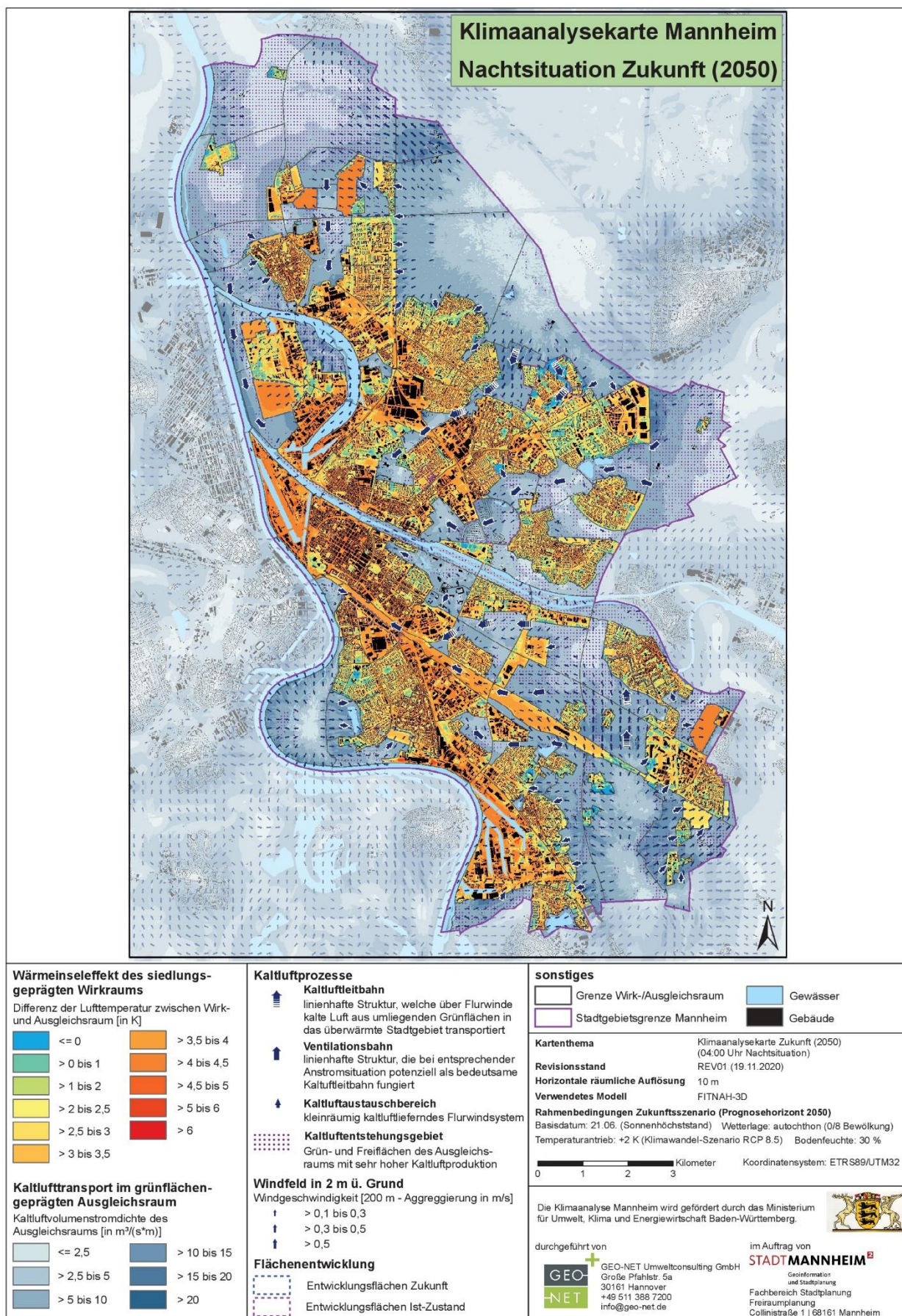
Anhang A 14: Rasterhafte Darstellung der Physiologisch Äquivalenten Temperatur im Zukunfts-Szenario 2050.



Anhang A 15: Klimaanalysekarte des Ist-Zustandes.



Anhang A 16: Klimaanalysekarte des Zukunfts-Szenarios 2050.



Anhang A 17: Ergebnisse der Temperaturmessfahrten vom 22.07.2019 –23:00 Uhr

Bei den Messfahrten am 22.07.2019 stellt sich im Stadtteil **Seckenheim** gegen 23:00 Uhr zwischen dem überwärmten Ortszentrum (23.7°C) und den kühlen Gewannen zwischen der Ortsranderschließungsstraße und der A 656 im Süden sowie der A 6 im Westen (18.2°C) ein Temperaturgefälle bis 5.5 °C ein. Ähnlich niedrige Werte werden im Niederfeld westlich der A 6 gemessen. Die nur schwachen vorherrschenden Winde wirken einerseits nicht effektiv der Wärmeinselbildung über der dichten Bebauung entgegen, andererseits begünstigen sie die intensive bodennahe Kaltluftproduktion über den landwirtschaftlichen Flächen in den klimaökologischen Ausgleichsräumen westlich und östlich der A 6 sowie der A 656. Entlang der A 6 macht sich zudem der Autobahndamm als Strömungshindernis bemerkbar. Die schwache östliche bis südöstliche Luftströmung reicht in Lee-Lage nicht mehr aus, die bodennahe Kaltluft auszuräumen und verstärkt in die benachbarten klimaökologischen Wirkungsräume zu verschieben.

Bei der vorherrschenden Schwachwindwetterlage reicht der thermische Einfluss der Bebauung von Seckenheim nicht über die Randerschließungsstraße nach Westen bzw. Südwesten hinaus.

Mit Werten um 17,5 °C hebt sich in Seckenheim die thermische Positivwirkung der vegetationsbedeckten Uferzone (**LSG Wörth/Gänsweide**) in besonderem Maß hervor. Die eingetieft, sich bis westlich der Autobahnbrücke erstreckende Niederterrasse des Neckars fungiert nicht nur als Kaltluftentstehungs- und Kaltluftsammelbereich, sondern besitzt auch als Ventilationsbahn eine nicht zu unterschätzende klimaökologische Bedeutung. Sie unterbindet ein Zusammenwachsen der „Wärmeinseln“ Seckenheim und Ilvesheim.

In der älteren **Ortskernbebauung von Seckenheim** heben sich die zusammenhängenden Garten- und Grünflächen zwischen Seckenheimer Hauptstraße, Zähringer Straße und Badener Straße als kühle Inseln hervor. Abgeschattet durch die teilweise geschlossenen Hausfronten kann sich die stagnierende Luft hier stärker abkühlen. In analoger Weise zeigen sich diese Effekte auch in den anderen Stadtteilen bzw. Stadtstrukturen, wobei die Größenordnung stets von den Ausdehnungen der Garten- und Grünflächen sowie der Hausfronten abhängig ist.

Die thermische Situation wird im Südosten von Mannheim in der ersten Nachthälfte (23:00 Uhr) wesentlich von schwachen nordöstlichen bis südöstlichen Winden bestimmt. Infolge ungehinderter Ausstrahlung (wolkenlos) ist im Bereich des **Grünzugs Südost** intensive Abkühlung zu erkennen, so dass sich beispielsweise zwischen dem Niederfeld sowie dem Kloppenheimer Feld (jeweils 18.3 °C) und der Bebauung Neuhermsheim (22.3 °C) bzw. der Bebauung Neuostheim (22.7 °C) Temperaturunterschiede bis ca. 4.0 °C bzw. 4.4 °C einstellen.

Im Bereich des „**Messe- und Sportparks Mannheim**“, zwischen Gewerbegebiet Mühlfeld und Rangierbahnhof, werden maximale Temperaturunterschiede bis nahe 3.0 °C registriert (niedrigste Werte in den Gewannen Niederfeld und Kloppenheimer Feld westlich der A 6, höchste Werte im Eingangsbereich des Maimarktgelände 21.4 °C und im Bereich der SAP-Arena mit etwa 21.2 °C). Während über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen nach Sonnenuntergang rasche Abkühlung einsetzt, ist diese im Bereich des Maimarktgeländes infolge der Bebauung und der befestigten Oberflächen (Stellflächen) gedämpft. Nahezu identische Unterschiede zeigen sich zwischen Messe-/Sportpark Mannheim sowie dem Gewann Kloppenheimer Feld (Minimum 18.3 °C), da sich bei gleich schwacher Ventilation die ähnlich strukturierten landwirtschaftlichen Flächen in analoger Weise bodennah abkühlen.

Im Stadtteil **Hochstätt** ergibt sich, trotz der vergleichsweise kleinflächigen Ausdehnung der Bebauung, eine deutliche Ausprägung der Wärmeinsel. Die Temperaturdifferenzen zum benachbarten Freiland des Kloppenheimer Feldes liegen bei nahe 4.0 °C und sind Folge der schwachen Ventilation. So können sich die benachbarten landwirtschaftlichen Flächen bodennah effektiv abkühlen, während die Temperatur über den verdich-

teten Bebauungen bei reduziertem Luftaustausch nicht in gleichem Maß abnehmen. Ein vergleichbares Temperaturgefälle stellt sich zum südöstlich angrenzenden Gewann Am Bahnhof ein. Umgrenzt vom Damm der A 6, dem Rangierbahnhof und der Bebauung Hochstätt kommt es hier über den landwirtschaftlichen Flächen durch Leeeffekte zu verstärkter Stagnation mit Bildung eines lokalen Kaltluftsees. Über den Freiflächen östlich der A 6 ist dieser Effekt in den Muldenlagen im Bereich der Gewanne Rheinschalle, Hecken und Schulten besonders deutlich ausgeprägt (Minimum 17.7 °C).

In **Friedrichsfeld** wird gegen 23:00 Uhr ein mit dem Stadtteil Seckenheim vergleichbares Temperaturniveau erfasst. Die Wärmeinseln sind mit Werten bis 23.5 °C im Gewerbegebiet westlich der Bahnlinie und im Ortszentrum jeweils etwa gleich stark ausgeprägt. Innerhalb der Gewerbebebauung hat sich die thermische Differenzierung westlich der B43 (Industriegebiet Friedrichsfeld-West) zwischen FRIATEC und der Elsa-Brändström-Straße gegenüber den Messfahrten 2010 zunehmend nivelliert. Die mittlerweile überwiegend überbauten Gewerbeflächen können sich weniger stark abkühlen als die vormals noch vorhandenen Grün- und Brachflächen, die noch ein intensiveres Abkühlungspotenzial aufwiesen.

In Richtung Pferderennbahn (westlich des Holzwegs) nimmt die Lufttemperatur über den landwirtschaftlichen Flächen (Gewanne Rheinschalle, Hecken und Schulten) deutlich ab. Der Temperaturunterschied zur Wärmeinsel Friedrichsfeld erreicht Werte bis nahe 6.0 °C.

Von Friedrichsfeld in Richtung Alteichwald ist während der 23:00 Uhr-Messfahrt ebenfalls eine deutliche Temperaturabnahme zu verzeichnen. Sie ist besonders markant über den landwirtschaftlichen Flächen im südlichen Ortsrandbereich von Friedrichsfeld bzw. westlich Alteichwald zwischen der L 597 und dem Unteren Dossenwald ausgeprägt, was die klimaökologische Gunstwirkung dieser Ausgleichsräume belegt. Das Temperaturminimum liegt hier um 23:00 Uhr bei etwa 17.2 °C. Die Differenzen zur Bebauung Friedrichsfeld erreichen Werte bis 6.3 °C.

Die lockere Bebauung **Alteichwald** (bis etwa 19.3 °C) zeigt gegenüber den landwirtschaftlich genutzten Flächen trotz der schwachen Ventilation nur eine leichte Überwärmung (etwa 2.0 °C).

Die Lufttemperaturen im Gebiet des **Unteren Dossenwalds** sind mit den registrierten Werten im Bereich des Mittelfeldes vergleichbar, wobei sich örtliche Differenzierungen aufgrund der Orografie und Nutzung einstellen. Die bewaldeten Dünenzüge im östlichen Bereich treten mit Werten um 19 °C gegenüber den Lichtungen mit 17.5 bis 18.0 °C (Wasserwerk Rheinau, Brunnenfeld) hervor. Infolge des waldbedingten Windschutzes und der ungehinderten Ausstrahlung weisen derartige Flächen intensive nächtliche Abkühlung auf. Bei der vorliegenden Situation um 23:00 Uhr herrschen im Süden und im Norden von Mannheim weitgehend kongruente Ventilationsintensitäten, so dass sich im Bereich Unterer Dossenwald im Vergleich zum Sandhofer und Käfertaler Wald ein ähnliches Temperaturniveau einstellt.

Die thermische Situation im Stadtteil **Rheinau** wird zum einen vom Freiraumgefüge Rheinauer Wald - Rhein/Rheinauer See - Riedwiesen und zum anderen von der Bebauung Rheinauer Hafen beeinflusst.

Zum Zeitpunkt der ersten Messfahrt (23:00 Uhr) sind die Riedwiesen an der südwestlichen Stadtgrenze von Mannheim bereits intensiv abgekühlt (ca. 17.5 °C). In Richtung Hafengelände steigt die Lufttemperatur auf relativ kurzer Distanz (Antwerpener Straße - Essener Straße) um ca. 5.0°C an. Hier machen sich die z.T. großflächig versiegelten Stellflächen und die Strahlungswärme der Industriebauten thermisch negativ bemerkbar.

Innerhalb des **Hafengebiets** zeigt sich jedoch auch eine auffallende thermische Differenzierung in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte. So werden im Bereich der Rotterdamer Straße und der Müllheimer Straße Werte bis 23.5 °C gemessen (Differenz zu den Riedwiesen 6.0 °C) und über den Grün- und Brachflächen an der Ruhrorter Straße sowie zwischen der Th. GOLDSCHMIDT AG und der Rhenaniastraße bis 21.4 °C.

Ein auffallendes Temperaturgefälle stellt sich auch zwischen den Riedwiesen und der Bebauung **Rheinauer See** ein. Bedingt durch die aufgelockerte und stärker durchgrünte Bebauung ist der Temperaturgradient hier

jedoch deutlich geringer als zum Rheinauer Hafen. Die Bebauungsergänzung an der Atterseestraße zeigt im Vergleich zur nördlich anschließenden älteren Bestandsbebauung keine signifikante relative Temperaturzunahme zur Situation 2009.

Im Bereich Rhenaniastraße - Relaisstraße – St. Antonius Kirche/Nachbarschaftshaus/Kinderheim ist nach Osten eine Temperaturabnahme zu beobachten. Hier zeigt sich bei der vorherrschenden schwachen Ventilationssituation mit östlicher Windrichtungskomponente ein abkühlender Einfluss der nahen Waldflächen, der durch die lokal aufgelockerte und durchgrünte Bebauung zusätzlich gefördert wird. Ein ähnlicher Effekt ist auch im Osten von Rheinau im Bereich des Rheinauer Rings zu beobachten, wobei die Trasse der B 36 mit begleitendem Lärmschutz einen noch intensiveren Einfluss des östlichen Freiraumgefüges auf die thermische Situation in Rheinau unterbindet. Eine potenzielle thermische Wirkung der Bebauungsarrondierung nördlich des Nachbarschaftshauses (Lidl Markt) lässt sich infolge des im Vergleich zur Situation 2009 variierenden lokalen Strömungsgeschehens nicht sicher quantifizieren.

Gegen 23:00 Uhr stellt sich zwischen dem Stadtteilzentrum Rheinau (bis 23.5 °C) und dem östlichen Bebauungsrand ein Temperaturgefälle von ca. 3.0 bis 3.5 °C ein. Zu den sich östlich an die B 36 anschließenden Freiland- und Waldflächen beträgt der Temperaturunterschied bis nahe 6.0 °C.

Mäßig überwärmt zeigt sich das **Gewerbegebiet Mallau** (bis 22.4 °C). Gegenüber dem Industriegebiet Rheinau Hafen werden während des ersten Messfahrttermins um ca. 1.0 - 1.5 °C niedrigere Lufttemperaturen gemessen. Die Temperaturdifferenz zum nördlich des Rangierbahnhofes gelegenen Gewanns Kloppenheimer Feld beträgt etwa 3.5 bis 4.0 °C. Ähnlich wie im Bereich des Stadtteils Hochstätt führt das allgemein reduzierte Ventilationsgeschehen im Vergleich zur Situation 2009 hier zu etwas deutlicheren nutzungsspezifischen Differenzierungen, wobei einzelne noch vorhandene gebietsinterne Brachflächen im Gewerbegebiet Mallau die nächtliche Abkühlung sowie den Luftaustausch zwischen Freiland (z.B. Atzelaue) und Bebauung begünstigen.

Verhältnismäßig geringe Überwärmungstendenzen zeigt die **Wohnbebauung Pfingstberg** (bis 20.2 °C um 23:00 Uhr). Bedingt durch die geringe Ausdehnung des Stadtteils in Kombination mit intensiver Durchgrünung und der klimaökologischen Wirkung der angrenzenden Waldflächen (um 18.5 °C) kühlt sich die Bebauung am Abend relativ schnell ab → Temperaturdifferenz zu den benachbarten Waldflächen etwa 1.5 °C. Nur geringfügig wärmer stellt sich die benachbarte **Wohnbebauung Casterfeld** dar. Die Temperatur steigt nur langsam bis auf ca. 21.5 °C zur Casterfeldstraße an. Auch hier bewirkt die intensive Durchgrünung eine Forcierung der nächtlichen Abkühlung. Im gleichen Maß zeigt sich dies auch in der Bebauung südlich der Casterfeldstraße bis Beim Johankirchhof, während über den angrenzenden, teilweise hochverdichteten Industrieflächen zwischen Rhenaniastraße und Rheinauhafen sowie Großkraftwerk die Werte deutlicher ansteigen.

Im **Stadtteil Neckarau** bildet sich auf der Isothermenkarte von 23:00 Uhr der Bereich vom Ortszentrum über das Seilwolff-Center bis zum Großkraftwerk Mannheim als Wärminsel ab. Mit Werten bis etwa 24.5 °C (Stadtteilzentrum und Großkraftwerk) werden nur etwas niedrigere Lufttemperaturen als in der Mannheimer Innenstadt gemessen. Als Folge der hohen Bebauungsdichte und der vorherrschenden schwachen Luftströmung wird der Wärmeinseleffekt um 23:00 Uhr nur in vermindertem Maß reduziert. Besonders deutlich illustrieren dies die westlich und südwestlich angrenzenden Ausgleichsräume (Waldpark/Reihsinsel, Aufeld, Rottfeld), deren potenziell abkühlende klimaökologische Wohlfahrtswirkung sich nicht bis zum Ortskern durchsetzen kann. Auffällig ist der markante Temperaturrückgang vom Ortszentrum zum Gewann Aufeld (ca. 18.5 °C) um etwa 6.0 °C. Vor allem am Bebauungsrand vollzieht sich dieses Temperaturgefälle auf kurze Distanz. Verstärkend wirkt hier die Muldenlage der Gartenflächen des Aufeldes. Bei schwacher Ventilation bildet sich ein bodennaher Kaltluftsee aus und die Kaltluft kann kaum flurwindartig in die etwas höher liegende Bebauung vordringen (Im Wörtel, Rosenstraße, Schwingstraße, Wilhelm-Wundt-Straße).

Folgt man der Rheingoldstraße vom Ortszentrum nach Westen, nimmt die Lufttemperatur in der dichten Bebauung bis zum Rheingoldplatz zunächst relativ wenig ab (etwa 2.0 °C). Erst westlich des Platzes ist bis zum Rottfeld ein stärkerer Temperaturrückgang (ca. 4.0 °C) zu verzeichnen. Vor allem innerhalb der Wohnbebauungen Niederfeld und Rheingoldstraße/Neckarauer Waldweg macht sich die direkte Lagebeziehung zu den klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen (Rottfeld/Beim Mühlweg/Aufeld) positiv bemerkbar. Im Vergleich zu den angrenzenden ist der Überwärmungsgrad mit Werten bis zu 2.0 °C gering ausgeprägt.

Im **Stadtteil Almenhof** östlich der Steubenstraße bewegen sich die Messwerte gegen 23:00 Uhr relativ homogen zwischen ca. 22.5 °C und nahe 24.0 °C. Kleinere bebauungsinterne Grünflächen (z.B. August-Bebel-Park und 48er Platz) heben sich zwar teilweise von der Umgebung ab (ca. 21,0 °C bis 21,5 °C), ihre abkühlende Wirkung und thermischen Gunsteffekte bleiben aber bei derartigen Schwachwindwetterlagen lokal auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt.

Westlich der Steubenstraße zeigt sich in Richtung Rhein zunehmend der Einfluss der locker durchgrünt Wohnbebauung sowie des Waldparks/Rottfeldes. Am westlichen Bebauungsrand werden im Vergleich zur Steubenstraße etwa 3.0 bis 3.5 °C niedrigere Temperaturen gemessen. Darüber hinaus belegen die Grünflächen in den Bereichen Feldbergstraße/Belchenstraße, Sonnige Au und Hans-Sachs-Ring/Tannhäuser Ring ihre thermische Ausgleichsfunktion.

Im **Stadtteil Lindenhof** tritt der Bereich vom Werksgelände der Fa. John Deere über die Hochschule Mannheim und die Wohnbebauung im Ortskern (Feuerwache Mitte, Bellen-, Landteil-, Rheindammstraße) mit Werten bis 24.6 °C als thermisch belastet hervor. Hier bewirken die großflächige Bodenversiegelung bzw. die dichte Bebauung einen gedämpften Temperaturrückgang.

Thermisch günstiger stellen sich der Bereich um den Hanns-Glückstein-Platz und der Schlossgarten dar. Die **Schlossparkanlage** (mit Werten bis 21.6°C etwa 3.0 °C kühler als das Ortszentrum Lindenhof) funktioniert als klimaökologischer Ausgleichsraum, dessen thermische Gunstwirkung bei der vorherrschenden Wetterlage auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt bleibt. Die räumlich eng begrenzte thermische Positivwirkung der Parkanlage ist zum einen auf ihre relative Tieflage zur angrenzenden Bebauung zurückzuführen, zum anderen bewirken die nach längerer Hitzeperiode stark erwärmten Wassermassen des Rheins in deren unmittelbarer Nähe einen gedämpften nächtlichen Temperaturrückgang. Die niedrigsten Werte finden sich im Schlosspark dementsprechend im Bereich zwischen der Fachschule für Sozialpädagogik und der Lindenhofbrücke.

In etwas schwächerem Maß kühlt sich die Luft über den Grünflächen am Hanns-Glückstein-Platz ab (Temperaturdifferenz zum Ortskern Lindenhof etwa 1.5 °C). Gleichzeitig wirkt die thermische Gunst kaum über die Grünflächen hinaus, wobei die blockartige Bebauung entlang der Lindenhofstraße sowie die zunehmende bauliche Verdichtung zwischen Glücksteinallee und Helmut-Kohl-Straße als Strömungshindernis wirkt und der Minderung des Wärmeinseleffektes im Ortskern entgegensteht.

Die Innenstadt von Mannheim, der Stadtteil Jungbusch, der überwiegende Teil des Handelshafens, große Bereiche der Schwetzingenstadt bis zum Großmarkt sowie Teilbereiche der Oststadt um den Wasserturm über das Nationaltheater bis zum Collini-Center heben sich als „Wärmeinsel“ von ihrer Umgebung ab und nehmen im Gebiet des Hauptbahnhofes Verbindung mit der Wärmeinsel Lindenhof auf.

Die **Mannheimer Quadrate** sind überaus dicht bebaut. Durch die Horizontüberhöhung, die hohe Wärmekapazität der befestigten Oberflächen sowie den fehlenden direkten räumlichen Bezug zu größeren klimaökologischen Ausgleichsräumen ist nach Sonnenuntergang nur ein stark verzögerter Temperaturrückgang zu verzeichnen. Höchste Lufttemperaturen werden in einem Bereich von der Jungbuschstraße, überwiegende Teile der E- bis H- sowie N- bis S-Quadrate sowie über den Kaiserring bis zur Schwetzingenstadt mit Werten bis

25.7°C registriert. In der Schwetzingenstadt erreichen sie im Bereich zwischen Wasserturm und Hauptbahnhof bis 25.4°C.

Als kühlere Bereiche treten in der innerstädtischen Wärmeinsel größere Grünflächen und Parkanlagen in unterschiedlichem Maß hervor. Am markantesten zeigt sich der Friedrichsplatz am Wasserturm. Hier werden bei schwacher Luftbewegung über den gegenüber dem Umfeld eingetieften Rasenflächen mit 22.8 °C etwa 1.5 bis 2.0 °C niedrigere Werte als in der nördlich und südlich angrenzenden Bebauung gemessen. Die Reichweite der thermischen Positivwirkung ist allerdings weitgehend auf den Nahbereich des Friedrichsplatzes beschränkt und verliert sich in der dichten Bebauung nach wenigen Metern. Folgt man beispielsweise dem Profil Wasserturm - Planken (Heidelberger Straße) wird auf Höhe der Bebauung O7 und P7 bereits das innerstädtische Temperaturniveau erreicht. Die Temperaturwerte liegen hier ca. 2.5 °C höher.

Als kühlere Bereiche zeichnen sich innerhalb der Quadrate auch die Lauerschen Gärten (gegen 23:00 Uhr Temperaturunterschied zur angrenzenden Bebauung ca. 1.0 bis 1.5 °C), der Schillerplatz (ca. 0.5 bis 1.0 °C) und der Lameygarten (ca. 0.5 bis 1.0 °C) ab. Auch dort ist deren thermische Gunstwirkung zwar im Wesentlichen auf die Grünzonen selbst begrenzt, die unmittelbar angrenzende Bebauung profitiert jedoch vor allem im Bereich der Lauerschen Gärten und des Schillerplatzes noch von der leicht abkühlenden Wirkung der vegetationsbedeckten Flächen. Wetterlagenspezifisch kann deren Positiveffekt noch etwas stärker hervortreten als während der hier vorliegenden Situation.

Zwischen Mannheimer Schloss und Parkring zeigt sich im Bereich der Quadrate A5 und B6 ebenfalls ein Bereich mit etwas niedrigeren Lufttemperaturen. Hier kann zwar kühlere Luft aus den Parkflächen zwischen den Brückenauffahrten zur Konrad-Adenauer-Brücke (bis etwa 1.5 °C kühler als der Einmündungsbereich Kurpfalzstraße/Bismarckstraße/Ehrenhof Schloss) und der Bismarckstraße bis in die Bebauung vordringen. Als Folge der baulichen Verdichtungen im Quadrat B6 ist der Einfluss der Grünflächen allerdings zunehmend reduziert.

Eine weitere Zone niedrigerer Lufttemperaturen bildet der Hans-Böckler-Platz zwischen Kurpfalzkreisel und Collini-Center. Bedingt durch lokale Bildung kühlerer Luft über Grünflächen und stagnierende Luftbewegung liegen die Werte hier um 23:00 Uhr etwa 1.5 bis 2.0 °C niedriger als in den Innenstadtquadraten im Bereich Herschelplatz-Herschelbad bzw. bis zu 1.5 °C niedriger als in der Collinistraße.

Die Temperaturverteilung in der **Oststadt** dokumentiert den positiven Einfluss des Luisenparks auf das Stadtklima. Dank der thermischen Positiveffekte der Grünanlage (Kaltluftentstehung) liegt die Lufttemperatur im Parkbereich (Unterer Luisenpark 19.8 °C) und der angrenzenden Bebauung etwa 4.5 °C unter den Werten des Bereiches Rosengarten/Tullaschule/Nationaltheater (24.2 bis 24.5 °C). Vor allem im Bereich aufgelockerter Bebauung (Otto-Beck-Straße; Nietzschestrasse, Oberer Luisenpark) reicht die Abkühlung weit in die Oststadt hinein, wobei die Durchgrünung mit Gärten die nächtliche Abkühlung unterstützt. Erst mit zunehmender Entfernung vom Luisenpark und baulicher Verdichtung steigt die Lufttemperatur zur Augusta-Anlage hin an, wobei der weitflächigere Obere Luisenpark (relativ homogen 18.8 bis 19.4 °C) mit seinem größeren Kaltluftbildungsvolumen einen noch umfassenderen Wirkungsradius in Richtung Oststadt entfalten kann.

Die **Schwetzingenstadt** zeigt demgegenüber, bedingt durch die Bebauungsdichte, ein homogeneres Bild mit einem der Innenstadt vergleichbar hohem Temperaturniveau. Der Bereich mit Temperaturen bis etwas über 24 °C erstreckt sich zungenförmig nach Osten über die Möhlstraße in das Gewerbegebiet Fahrlach bis zum Großmarkt.

Als etwas kühlere Zonen zeigen sich die Grünflächen zwischen Reichskanzler-Müller-Straße und den Bahnflächen sowie im Umfeld der Helene-Lange-Schule.

Der **Neckar/Neckarkanal**, der die Neckarstadt von der Mannheimer City trennt, erbringt in Innenstadtnähe vorwiegend passive klimaökologische Leistungen. Die passive Wirkung der Flächen des Neckarvorlandes und

der Wasserflächen besteht darin, dass Luftströmungen (großräumige, regionale und lokale Luftströmungen) über den Freiflächen zum Boden hin durchgreifen können und dort in der angrenzenden Bebauung eine Intensivierung der Ventilation bewirken. Besondere Bedeutung kommt hierbei den südlichen bis südöstlichen Luftströmungen zu, da diese sowohl bioklimatisch als auch lufthygienisch entlastend wirken. Zwar bildet sich über den Grünflächen des Neckarvorlandes bodennah eine kühlere Luftschicht aus. Gedämpft durch das hohe Wärmepotenzial der Wasserflächen und bedingt durch die tiefe Lage des Neckarvorlandes kann das Kaltluftpotenzial jedoch keine weiterreichende thermische Wirkung entfalten, sondern ist vielmehr auf aktive Transporteffekte des übergeordneten regionalen Strömungsgeschehens angewiesen.

In der **Neckarstadt** bildet sich zwischen Friedrich-Ebert-Straße und Pumpwerkstraße eine eigenständige Wärmeinsel aus. Hier werden gegen 23:00 Uhr Lufttemperaturen bis 24.7 °C registriert. Von Norden wird sie räumlich durch die aufgelockerte Bebauung zwischen Carl-Benz-Straße und August-Kuhn-Straße/Jakob-Trumpheller-Straße sowie im weiteren Verlauf durch den Herzogenriedpark begrenzt. Analog zum Luisenpark bzw. zur Situation in der Oststadt sinken die Werte über den Parkflächen bis auf 19.5 °C. Insbesondere bei nordöstlichen Anströmrichtungen können die sich südwestlich anschließende Grünflächen im Bereich des Ida-Scipio-Heimes eine funktionelle Aufgabe als Endpunkt der Ventilationsbahn des Grünzuges Nord einnehmen. Fingerartig reicht die abkühlende Wirkung bis über die Uhlandschule bzw. der Melanchthonkirche hinaus zur Langen Rötterstraße. Die Temperaturdifferenz zwischen Herzogenriedpark und dem Stadtteilzentrum Neckarstadt erreicht etwa 5.0 °C.

Durch die Grünflächen des Herzogenriedparks sowie die Freiräume im Bereich der Radrennbahn (20.5 bis 21.0 °C) wird vor allem der nordöstliche Teilbereich der Neckarstadt thermisch begünstigt, wobei die aufgelockerte Bebauung mit teilweise hohem Grünanteil zusätzliche positive Effekte herbeiführt. So liegen die Temperaturen um 23:00 Uhr in der Herzogenriedbebauung etwa 2.5 °C niedriger als im Stadtteilzentrum Neckarstadt. Ein analoges Geschehen lässt sich auch im Bereich Exerzierplatz-Ulmenweg-Am Brunnenpfad erkennen. Infolge der zunehmenden baulichen Verdichtung bzw. baulichen Ergänzungen weist der Bereich jedoch nur noch um etwa 1.5 bis 2.0 °C niedrigere Temperaturen auf (Isothermenkarte 2010 noch etwa 2.0 bis 2.5 °C). Ein weiteres Beispiel für die Gunstwirkung stärkerer Durchgrünung zeigt sich in der Bebauung zwischen Untermühlaustraße/Waldhofstraße sowie zwischen Zeppelinstraße und Pumpwerkstraße (etwa 2.0 bis 2.5 °C kühler als der Stadtteilkern).

In Bezug zum weiteren Umfeld (Waldhof/Gartenstadt/Käfertal) stehen die Freiräume an der Radrennbahn sowie der Herzogenriedpark nicht isoliert zwischen den Bebauungen, sondern in Verbindung mit dem sich nordöstlich der Riedbahn entlang Oskar-von-Miller-Straße, Sybilla-Merian-Straße und Maria-Kirch-Straße bis zum Freiraum zwischen Gartenstadt und Benjamin-Franklin-Village fortsetzenden Grünzug Nordost. Trotz baulicher Unterbrechungen und Einengungen dient er bei nordöstlichen Luftströmungen noch als Luftleitbahn bis zur Neckarstadt.

Ausgehend vom Stadtzentrum und der Neckarstadt setzt sich die Wärmeinsel über den Industriehafen bis zu den **Stadtteilen Luzenberg und Waldhof** fort. Die höchsten Temperaturen werden großflächig vor allem über den hoch verdichteten Industriearealen mit Werten über 24.0 °C gemessen und reichen im Industriehafen in den Bereichen Industriestraße/Lagerstraße und Friesenheimer Straße/Franzosenstraße mit 24.5 °C bis an das Niveau im Zentrum der Neckarstadt. Der stark gedämpfte Temperaturrückgang ist auch eine Folge der warmen Wasserflächen im Altrhein/Industriehafen. Ihnen kommt hier eine vorwiegend passive klimaökologische Leistung zu.

Werte bis 24.5 °C werden auch im Bereich **Luzenberg/Werksgelände der Daimler AG** verzeichnet. Gegen 23:00 Uhr beträgt hier der Temperaturunterschied zum Freiraum „Radrennbahn“ bis 4.0 °C. Die direkte Nachbarschaft zu dem großflächig versiegelten Werksareal der Daimler AG und der fehlende räumliche Bezug zu

klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen bewirkt bei vorwiegend schwachen Winden eine deutlich reduzierte Abkühlung, insbesondere während der ersten Nachthälfte. Kühlere Luft aus den Freiräumen in Bereich des Grünzuges Nord (Radrennbahn, Kleingärtnerverein Mannheim Waldhof e.V.) sowie dem Herzogenriedpark kann kaum wirksam werden.

In Richtung Altrhein westlich der Luzenbergstraße nimmt die Lufttemperatur, bedingt durch das Wärmepotenzial der Wasserflächen, nur wenig ab. Das Temperaturfeld ist hier relativ homogen. Ein deutlicher Rückgang ist jedoch nach Norden zu den großflächig vegetationsbedeckten Reserveflächen um das Werksgelände der Fa. Saint-Gobain-Glass GmbH (Vereinigte Glaswerke) zu beobachten. Hier werden generell mehr als 3.5 °C niedrigere Lufttemperaturen (lokal bis 4.5 °C) gemessen als im Zentrum der Bebauung Luzenberg (24.3 °C). Noch ausgeprägter ist der thermische Gegensatz im Bereich des Sportplatzes Harmonia südlich der Altrheinstraße: Im Vergleich zur Bebauung Luzenberg-West ist die Lufttemperatur hier sogar bis 5.5 °C niedriger.

Der positive thermische Effekt der Freifläche entfaltet sich in den benachbarten Bebauungen in unterschiedlichem Maß. Im Bereich der Grünflächen südlich der Altrheinstraße bleibt er aufgrund der relativen Tieflage des Geländes und der nahezu geschlossenen Häuserfront entlang der Wachtstraße (**Waldhof-West**) bei der vorliegenden Wetterlage auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt. Im Osten, entlang der Luzenbergstraße, wirkt der Bahndamm der westlichen Riedbahneinführung als Strömungshindernis und im Westen, entlang der Sandhofer Straße, kompensiert die Wärmeabgabe der Wasserflächen des Altrheins das Kaltluftpotenzial der Freiflächen.

Im Bereich **Waldhof** findet die Wärmeinsel ihre Fortsetzung, insbesondere über den Industrieflächen der Bopp & Reuter GmbH, der Roche Diagnostics bis zur SCA Hygiene. Die Lufttemperaturen erreichen hier in Abhängigkeit vom Überbauungsgrad bis über 23.5 °C. Weiter nach Norden, Nordosten und Osten nimmt die Temperatur zu den angrenzenden Freiräumen (nördlich der SCA Hygiene) bzw. Wohnbebauungen Waldhof-Ost und Gartenstadt (nordöstlich Roche Diagnostics und östlich Bopp & Reuter und Daimler AG) stellenweise deutlich ab. Im Bereich der Bopp & Reuter GmbH beträgt die Temperaturdifferenz zwischen dem Werksgelände und der Bebauung nordöstlich der Waldstraße und östlich der Alten Frankfurter Straße auf relativ kurze Distanz (250 m) 2.0 - 3.0 °C. Das deutlich niedrigere Temperaturniveau resultiert aus der Gunstwirkung der benachbarten locker durchgrünter Wohnbebauung.

Etwas weiter östlich lässt sich der thermische Positiveffekt anhand der relativ kühlen Bereiche über den Grünflächen, die sich bandartig vom Hallenbad Waldhof-Ost über die Friedrich-Ebert-Schule bis zur Gretje-Ahlrichs-Schule (21.0 bis 22.0 °C) ziehen, verfolgen. Unterbrochen von der Waldstraße hebt sich der bandartige Grünzug besonders ausgeprägt am Carl-Benz-Bad (um 19.0 °C) ab, wo er schließlich im weiteren Verlauf Anschluss an den Freiraum Käfertaler Wald (18.0 bis 19.0 °C) bzw. in den freilandwärtigen Zweig des Grünzuges Nord findet. Hier werden über den landwirtschaftlich genutzten Flächen (Gewanne Scharpfad und Weidenbergel) Werte bis 17.6 °C gemessen.

Der **Stadtteil Gartenstadt** zeichnet sich generell durch ein relativ niedriges Temperaturniveau aus. Hier wirken die lockere und durchgrünte Bebauung und der angrenzende Käfertaler Wald, über den auch bei schwacher Anströmung aus nördlichen bis östlichen Richtungen kühle Luftmassen relativ ungehindert in der Bebauung wirksam werden können, positiv auf das thermische Geschehen. Verdeutlicht wird dies auch anhand der vom Waldrand in die angrenzende Bebauung relativ sanft und allmählich ansteigenden Temperatur (Differenz vom Waldrand nordöstlich Am Herrschaftswald bis zum Mündungsbereich der Kasseler Straße in die Waldstraße auf 1.5 km horizontale Distanz etwa 3.5 °C). Etwas ausgeprägter ist das Temperaturgefälle zu der etwas dichteren Bebauung im Bereich Waldpforte/Waldstraße bzw. der sich weiter südwestlich anschließenden dicht überbauten Industrieflächen.

Am östlichen Ortsrand beeinflusst kühlere Luft aus dem Freiraum zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße (bis 17.5 °C) die Bebauung.

Nördlich der Gartenstadt ist der **Stadtteil Schönau** ebenfalls durch eine lockere, gartenstadtähnlich angelegte Bebauungsstruktur gekennzeichnet. Infolge der starken Durchgrünung ist die Wärmeinsel (bis 21.4 °C) - analog zur Gartenstadt - weniger markant ausgeprägt. Bei vorherrschenden Schwachwinden wird das Temperaturfeld noch zusätzlich von den kühlen Luftmassen aus dem Freiraum Käfertaler Wald beeinflusst (→ Flurwindeffekt). Deutlich wird dies im weniger kontrastreichen Temperaturgegensatz zwischen Freiraum und Bebauung (etwa 3.0 °C) und in der leichten Verschiebung bzw. Ausdehnung der Wärmeinsel zu den Gewerbegebieten am westlichen Bebauungsrand, die durch die vermehrte Verdichtung noch zusätzlich gefördert wird.

Die Siedlungen **Blumenau, Scharhof und Kirschgartshausen** sind in das nördliche Freiraumgefüge von Mannheim eingebettet. Das hohe klimaökologische Ausgleichsvermögen der Wiesen und landwirtschaftlich genutzten Flächen (Temperaturniveau um 23:00 Uhr bei 16.7 – 18.0 °C) nördlich der A 6 hat zur Folge, dass die Siedlungen bereits in der ersten Nachthälfte nur noch mäßig überwärmt sind. So werden in Blumenau bis 19.3 °C und in Kirschgartshausen bis 19.2 °C gemessen. Etwas wärmer bilden sich die Wohnbebauung Scharhof und vor allem das sich westlich der Frankenthaler Straße anschließende Gewerbegebiet am IKEA-Center (bis 22.3 °C) ab. Noch weiter westlich stellt sich zu den tiefer gelegenen, angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen auf kurzer Distanz eine abrupte Temperaturabnahme um 4.5 °C ein. Bedingt durch die riegelartige Bebauung kann die kühle Luft aus dem Freiraum ihre thermische Wirkung kaum entfalten.

Die Wärmeinsel über den Militärflächen des **Coleman Airfield** ist aufgrund des hohen Wärmepotenzial des flächig versiegelten Flugfeldes und der zugehörigen Bebauung zwar deutlich markanter ausgeprägt als im benachbarten Stadtteil Blumenau (Temperaturdifferenz ca. 2.0 °C), im Vergleich zur Bebauung Scharhof liegen die Temperaturen jedoch teilweise etwas niedriger (bis ca. 1.0 °C), da bei der gegebenen Ventilationssituation die mit nördlichen bis nordöstlichen Windrichtungen aus dem angrenzenden Freiland zuströmenden Luftmassen einen abkühlenden Effekt ausüben können. Mit Werten bis 21.3 °C um 23:00 Uhr werden hier bis etwa 4.5 °C höhere Werte als im Sandtorfer Bruch gemessen. Stagnationsbedingt weisen die vegetationsbedeckten muldenartigen Areale sehr niedrige Lufttemperaturen auf.

Der Damm der A 6 wirkt vor allem bei schwacher Luftbewegung als Strömungshindernis und hebt sich thermisch vor allem gegenüber den bodennah kühlen Freiräumen als Bereich mit höheren Temperaturen hervor.

Im **Stadtteil Sandhofen** werden - vergleichbar mit den Stadtteilen Seckenheim und Friedrichsfeld im Südosten von Mannheim - im Bereich der dichteren Ortskernbebauung die höchsten Lufttemperaturen gemessen (bis 23.6 °C). Über den innerörtlichen Gartenflächen liegen die Werte etwa 1 °C niedriger als über den benachbarten Straßenräumen.

Die Wärmeinsel dehnt sich vorrangig über den mittleren, östlichen und südlichen Bereich von Sandhofen aus. Vor allem im nordwestlichen und nördlichen Ortsbereich sinkt die Temperatur bereits innerhalb der Bebauung kontinuierlich, wobei sich der überwärmt Bereich im Zuge der Ortsarrondierungen nördlich der Groß-Gerauer-Straße noch etwas weiter ausgeweitet hat. Über der übrigen Ortsfläche zeigt sich das Temperaturfeld bis an den Siedlungsrand recht homogen.

Über den landwirtschaftlichen Freiflächen nördlich und westlich der Bebauung Sandhofen werden die niedrigsten Werte mit etwa 17.5 bis 18.5 °C verzeichnet. Begrenzt wird dieser bodennah kühle Bereich vom Damm der A 6 im Norden sowie dem Sommerdeich des Rheins im Westen. Bei den während dieser Situation herrschenden Schwachwinden kann der Wind im Lee des Autobahndammes kaum noch bis in den bodennahen Raum vordringen. Die hiermit verbundene Stagnationsneigung begünstigt die Ausbildung flacher Kaltluftseen in Muldenlagen. Höhere Temperaturen weisen bereits wieder die Gewanne Wilhelmswörth und Förcherwörth bzw. die Freiräume in Richtung Rhein auf. Hier können die Winde in stärkerem Maße wirksam werden. Gleichzeitig dämpfen die warmen Wasserflächen des Rheins den abendlichen Temperaturrückgang.

Zwischen den Stadtteilen Sandhofen und Schönau funktioniert der von Norden auf die Fa. SCA Hygiene gerichtete **Grünzug „Krähenflügel - Weinheimer Straße links und rechts“** als Ventilationsbahn, über welche Kalt- und Frischluft aus dem nördlichen Freiraumgefüge in Richtung Waldhof/Friesenheimer Insel verfrachtet wird und dort zum Abbau bioklimatischer und lufthygienischer Belastungen beiträgt. Bei der hier gegebenen Situation mit nördlich bis nordöstlichen Windrichtungen (Stationen Blumenauer Weg und LUBW Nord 0.5 bis 1.0 m/s) kann die thermische Positivwirkung der Ventilationsbahn zum Tragen kommen. Mit Werten zwischen ca. 18.5 und 19.0 °C liegen die Temperaturen im gleichen Niveau wie im Käfertaler Wald östlich von Schönau sowie den Freilandstrukturen zwischen Sandhofen und dem Autobahndamm bzw. dem Rhein. Nach Süden wird der Grünzug durch die Bebauungen Sandhofen und Schönau sowie die Industrieflächen der SCA Hygiene Products eingegrenzt. Dies dokumentiert auch der deutliche Temperaturanstieg über den Industrieflächen der SCA Hygiene Products südlich der Frankenthaler Straße. Die Temperatur erreicht hier mit Werten bis etwa 23.5 °C das Niveau des Ortszentrums Sandhofen und liegt etwa 2.0 °C höher als in der Bebauung Schönau.

Auf der **Friesenheimer Insel** schwanken die Lufttemperaturen zwischen 18.4 °C über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen im Gewann „Kühunterhorst“ und bis 24.4 °C entlang der Friesenheimer Straße. Über den Freiflächen kühlt sich die bodennahe Luft um 22:00 Uhr in ähnlicher Intensität ab, wie über dem Grünzug zwischen Sandhofen und Schönau. Neben dem Gewann „Kühunterhorst“ werden besonders niedrige Temperaturen auch in einer stark durchgrünten Geländeeinsenkung im Anfangsbereich der Max-Planck-Straße gemessen, welche von den Industrieflächen an Einsteinstraße/Walter-Bothe-Straße im Süden, der Diffenésstraße im Osten und der Müllverbrennungsanlage MVV im Norden umgrenzt wird. Hier führen durch die Bebauung und die Schuttdeponie bedingte Leeeffekte zu verstärkter Stagnation und begünstigen die Ausbildung einer bodennahen Kaltluftschicht über den vegetationsbedeckten Flächen im Muldenbereich. Freiflächen außerhalb der Muldenbereiche (z.B. Brachflächen östlich der Diffenésstraße im Bereich von Max-Bornstraße und Rudolf-Dieselstraße) zeigen dagegen bei etwas intensiverer Ventilation kaum merkliche lokale Abkühlungseffekte.

Vergleichsweise kühl sind auch die Freiflächen nördlich des BASF Tanklagers (Gewann „Kalter Horst“) bis zum Mündungsbereich des Altrheines (Weidenschlägel) mit Lufttemperaturen zwischen 18.8 und 20.0 °C.

Als überwärmte Teilbereiche lassen sich auf der Isothermenkarte von 23:00 Uhr neben den Industrieflächen an der Friesenheimer Straße auch die Schuttdeponie (etwa 23.5 °C), der Bereich der Müllverbrennungsanlage und das sich nordwestlich anschließende Umfeld an der Ölhafenstraße erkennen (Temperaturen bis 23.5 °C).

Ausgehend von Innen- und Neckarstadt erstreckt sich die Wärmeinsel mit Temperaturen zwischen 23.0 und 23.8 °C flächig relativ gleichmäßig über die Wohnbebauungen und Industrieflächen der Stadtteile **Neckarstadt-Nordost** und **Wohlgelegen**. Bereiche mit hohem Grünanteil (nordöstlich Roteichenring, Turleyplatz) heben sich gegenüber dem Umfeld etwas kühler hervor (bis 22.7 °C). Nach Osten reicht die Wärmeinsel mit Werten bis 23.7 °C noch über die Riedbahn hinaus und überdeckt die dicht überbauten Industrieflächen um GE Power / Alstom Power bzw. südlich der Rollbühlstraße, die sich bis zur Mannheimer Straße und darüber hinaus entlang der Neustadter Straße anschließenden Gewerbe- und Industrieflächen (bis 23.4 °C) in Käfertal.

Im **Stadtteil Wohlgelegen** ist eine deutliche Temperaturabnahme im Nahbereich zum Hauptfriedhof sowie über dessen Grünflächen (19.0 bis 20.0 °C) zu beobachten. Der Temperaturgegensatz (etwa 3.5 bis 4.0 °C) stellt sich auf geringer horizontaler Distanz (etwa 150 m) ein. Bei schwacher Windbewegung reduziert die den Hauptfriedhof umfassende Mauer den Luftmassenaustausch, so dass die positive thermische Wirkung der Grünflächen nur in abgeschwächtem Maß in der angrenzenden Bebauung wirksam werden kann.

Im **Stadtteil Käfertal** nimmt die Lufttemperatur um 23:00 Uhr von den Industrieflächen im Bereich GE Power / Alstom Power zum alten Ortskern (Obere Riedstraße/Wormser Straße bis 22.3 °C) um etwa 1.0 bis 1.5 °C

ab. Die Zufuhr kühlerer Luftmassen aus nordöstlichen Richtungen über dem Freiraum zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße hat zur Folge, dass der alte Ortskern nördlich des Stempelparks nur mäßig überwärmt ist. Größere innerörtliche Grün- und Gartenflächen heben sich als kühle Inseln hervor (Stempelpark - minimale Temperatur bis 20.7 °C). Thermisch positiv wird auch der Nordwesten von Käfertal vom schmalen Grünzug beeinflusst, welcher sich von den Bereichen Radrennbahn/Herzogenriedpark entlang Oskar-von-Miller-Straße, Sybilla-Merian-Straße und Maria-Kirch-Straße bis zum Freiraum zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße erstreckt.

Der südöstliche Bereich von Käfertal wird noch vom **Grünzug Nordost**, der über die Vogelstang-Seen, die Bell, die Feudenheimer Au, Sellweiden, Neckarvorland und Luisenpark bis in die Innenstadt von Mannheim reicht, beeinflusst.

Da die Bebauung Käfertal im Südwesten zu großen Teilen nahtlos an das während der Isothermenmessfahrten weitgehend noch nicht entsiegelte Kasernengelände der ehemaligen **Spinelli Barracks** angrenzt, ist dort der Einfluss des Grünzuges Nordost deutlich abgeschwächt wirksam. Größere, durch die Bebauungen eingekammerte Grünflächen, wie im Bereich der Sankt-Hildegard-Kirche südlich der Dürkheimer Straße, zeigen hierbei ein thermisches Eigenleben (minimale Temperatur 18.7 °C). Ihre Positivwirkung strahlt nur stellenweise bis in die benachbarte Bebauung aus, wie das niedrige Temperaturniveau im Umfeld Deidesheimer Straße/Philippuskirche belegt.

Im **Wohngebiet Im Rott** zeigt sich mit Werten bis 22.3 °C ein ähnliches Temperaturniveau wie im Ortskern Käfertal bzw. etwas höhere Temperaturen als im östlich angrenzenden Stadtteil Vogelstang. Die relativ dichten blockartigen Baustrukturen führen zu einer tendenziellen Überwärmung, wenn der potenzielle thermische Einfluss aus dem südlich angrenzenden Freilandbereich des Grünzuges Nordost ventilationbedingt nicht hinreichend wirken kann. Die dicht gedrängte große Temperaturdifferenz von etwa 4.0 °C zum angrenzenden Gewann 'Auf den Sand und auf das Ried' (bis 18.3 °C) verdeutlicht dies.

Relativ warm hebt sich über weite Bereiche das ehemalige Kasernengelände der **Spinelli Barracks** zwischen Käfertal und Feudenheim hervor. Die höchsten Lufttemperaturen werden mit bis zu 22.2 °C über den überbauten Arealen entlang des Wingertsbuckels zwischen Talstraße und Am Aubuckel gemessen und im Niveau des Ortskerns Käfertal. Im Bereich der Bebauung gestaltet sich das Temperaturfeld (21.0 bis 22.0 °C) weitgehend homogen und nimmt nach Norden zur U-Halle langsam ab. Hier werden um 23:00 Uhr um 21.0 °C gemessen. Etwas niedrigere Werte (19.0 bis 20.0 °C) werden über den unbauten Brachflächen südlich der Wachenheimer Straße und der Anna-Sammet-Straße verzeichnet. Hier kann sich die Luft bodennah etwas stärker abkühlen bzw. können noch Luftmassen aus dem Grünzug Nordost wirksam werden. Insgesamt erfährt der Grünzug Nordost jedoch im Bereich des Kasernengeländes eine deutliche Zäsur. So beträgt der Temperaturgegensatz zwischen den überbauten Flächen und dem östlich angrenzenden Freiraum (Gewann Die Bell bis 17.8 °C) etwa 3.0 bis 4.0 °C.

Intensive Abkühlung stellt sich in der Feudenheimer Au, im Bereich Sellweiden und im Neckarvorland (Egelwasser) ein. Die Temperatur sinkt gegen 23:00 Uhr teilweise bis auf 17.7 °C. Aufgrund ihrer relativen Tieflage neigen Teilbereiche zwar vermehrt zu Kaltluftstagnation, bei häufig vorherrschenden nordöstlichen bis östlichen Regionalwinden wird die Kaltluft jedoch teilweise auch über den Neckar bis in den Bereich Oststadt/Luisenpark verfrachtet und erbringt dann dort thermische Wohlfahrtswirkungen.

In **Feudenheim** bildet sich um 23:00 Uhr im Ortskern und entlang der Hauptstraße eine Zone stärkster Überwärmung mit Werten bis 23.5 °C. Während im Westen die Wärmeinsel mit Temperaturen über 22.0 °C bis an den Ortsrand reicht (Hochterrassengrenze „Am Aubuckel“), nimmt die Temperatur vor allem im Osten und Süden unter dem Einfluss kühlerer Luftmassen aus den angrenzenden Freiräumen bei nordöstlicher bis südöstlicher Anströmung relativ kontinuierlich zum Bebauungsrand ab. Zwischen Ortszentrum und den benachbarten Freiräumen im Norden (Grünzug zwischen Wallstadt und Feudenheim) und im Süden (Egelwasser)

treten Lufttemperaturunterschiede bis über 5 °C auf. Der relativ rasche Übergang von kühlen zu wärmeren Bereichen am Nordrand von Feudenheim weist auf deutliche Stagnationstendenzen der bodennahen Luft im angrenzenden Freiland hin. Gleichzeitig ist dies auch eine Folge der sehr dichten Baustrukturen und der Geländeneiveaunterschiede: Der alte, auf Dünenresten gelegene Ortsbereich liegt deutlich höher (bis über 10 m) als der angrenzende Freiraum, so dass die schwerere bodennahe Kaltluft nicht aktiv in die Bebauung vordringen kann. Im Freiraum südlich Feudenheim können bei schwacher Luftbewegung ebenfalls deutliche Stagnationstendenzen als Folge der verstärkten Kammerung des Geländes (Süden - Dämme und Verkehrsstrassen, Norden - Bebauung Feudenheim/Wallstadt) auftreten. Bei solchen Stagnationssituationen werden in der angrenzenden Bebauung im Vergleich zum Nordrand von Feudenheim auch weiterhin etwas niedrigere Werte als Folge der aufgelockerteren und stärker durchgrünter Struktur beobachtet. Der Übergang von der Bebauung zum Freiland ist dann allerdings etwas markanter ausgeprägt.

In **Wallstadt** ist der Wärmeinseleffekt im Vergleich zum größeren Stadtteil Feudenheim etwas weniger stark ausgeprägt. Gegen 23:00 Uhr werden Werte bis 22.7 °C gemessen. Der Bereich mit den höchsten Lufttemperaturen (über 21.0 °C) umfasst eine recht große Fläche. Sie wird grob im Norden von der Straßenbahnlinie 4, im Osten von der Alemannenstraße und im Süden und Westen von einer Linie Kührsheimer Straße, Seckacher-, Schefflenzer- und Buchener Straße bis zum Kreuzungsbereich Klingenberger Straße/Römerstraße begrenzt. Zum Bebauungsrand im Osten und Westen zeigt sich teilweise ein vergleichsweise scharfer Temperaturgegensatz im Zusammenspiel kleinräumiger Geländeunterschiede mit Grünräumen und der Bebauungsstruktur. So behindert die blockartige Bebauung entlang der Alemannenstraße die Belüftung im östlichen Ortsrandbereich. Gleichzeitig führen der Damm und die Lärmschutzwand der A 6 bei östlicher Anströmung zu Stagnationseffekten im Leebereich westlich der Autobahn. Als eng begrenzt sehr kühler Bereich hebt sich der in einer Einsenkung gelegene Park zwischen Taubergrund und Alemannenstraße hervor. Stagnationsbedingt kann sich hier ein flacher Kaltluftsee ausbilden (Temperaturgegensatz zur angrenzenden Bebauung bis über 2.5 °C). Bedingt durch die Muldenlage ist sein thermisches Wirkungspotential jedoch stark eingeschränkt.

Im Bereich Wallstadt-Nord stellt sich ein kontinuierliches Temperaturgefälle zum angrenzenden Grünzug Nordost ein. Hier macht sich der direkte Freiraumbezug bemerkbar. Ausgehend vom Bahnhof Wallstadt (21.9 °C) nach Norden bis zu den Gewannen „Rechts des Brunnenpfades / Am großen Stein“ bzw. „Hinter dem Friedhof / Steinäcker“ (17.6 bis 18.0 °C) beträgt der Temperaturgegensatz um 23:00 Uhr über 4.0 °C.

Der **Stadtteil Vogelstang** ist durch seine lockere und durchgrünte Bebauung charakterisiert. Ähnlich wie bei einer Gartenstadt nimmt die Lufttemperatur zum Zentrum kaum zu. So zeigt der Stadtteil Vogelstang in Strahlungsnächten ein deutlich homogeneres Temperaturfeld als der benachbarte Stadtteil Wallstadt. In Vogelstang liegen die Lufttemperaturen gegen 22:00 Uhr überwiegend zwischen 20.8 °C und 22.1 °C.

Im Bereich des ehemaligen Kasernenareals **Benjamin Franklin Village** wird zum Zeitpunkt der Temperaturmessfahrten eine stadtklimatologische Ausnahmesituation erfasst. Als Folge der großflächigen Umwidmungen ist der neu entstehende **Stadtteil Franklin** durch Gebäudeabrisse und beginnende Neubebauungen geprägt. Vormalig bestehende Hauszeilen mit großen, stark durchgrünter Abstandsflächen werden durch neue Baustrukturen ersetzt. Entsprechend dem Baufortschritt bestehen vor allem nordwestlich der Birkennauer Straße temporär größere unbebaute Bereiche, die sich deutlich im Temperaturfeld ausprägen. Im der noch angetroffenen früheren Bestandsbebauung werden Werte zwischen etwa 20.8 und 21.4 °C im Bereich der B 38 und etwa 20.5 bis 21.0 °C an der Birkenauer Straße verzeichnet. Nordwestlich anschließend nehmen die Temperaturen bis zur Wasserwerkstraße bzw. der Andrew-Jackson-Straße auf Werte um 20.0 °C (im Bereich der Freiflächen um die früheren Sportanlagen auch unter 20 °C) und über der stark durchgrünter Bauweise der ehemaligen Offizierssiedlung auf 18.5 bis 19.5 °C ab. Bei nördlichen bis östlichen Anströmungen können die kühlen Luftmassen aus dem Käfertaler Wald bzw. aus dem Freiraum zwischen Wasserwerkstraße und Lampertheimer Straße (bis 17.5 °C) thermisch positiv wirken.

An den Stadtteil Vogelstang grenzen im Osten die Gewerbeflächen des Einkaufszentrum Kurpfalz Center / XXXLutz / Bauhaus bzw. der noch in Entstehung begriffene, teilweise durchgrünte Taylor Gewerbepark an. Vor allem im Bereich des flächig versiegelten Einkaufszentrums sowie über den Gewerbeblocks entlang der Spreewaldallee werden trotz Nachbarschaft zum östlich der A 6 angrenzenden Freiraum um 23:00 Uhr mit Werten bis 22.5 °C höhere Temperaturen als im Ortszentrum Vogelstang verzeichnet. Der sich bandförmig von der Havellandstraße bis zur Chemnitzer Straße führende Taylor Park hebt sich nicht signifikant hervor. Mit Temperaturen bis 21.8 °C ist der abkühlende Einfluss der relativ schmalen Grünfläche auf die unmittelbar angrenzenden Gewerbeflächen begrenzt.

Anhang A 18: Ergebnisse der Temperaturmessfahrten vom 23.07.2019 –05:00 Uhr

Die Isothermenkarte von 05:00 Uhr dokumentiert, dass sich in der zweiten Nachthälfte in weiten Bereichen eine mit der ersten Nachthälfte vergleichbare Temperaturverteilung einstellt. Die thermischen Gegensätze zwischen Bebauung und Freiraum sind, bedingt durch die landnutzungsspezifisch individuellen Temperaturverläufe, teilweise etwas weniger deutlich ausgeprägt. In **Seckenheim** zeigt sich dies beispielsweise anhand des Temperaturgefälles zwischen Ortszentrum, Ortsrand und den angrenzenden Freilandräumen. Während die Temperatur um 23:00 Uhr von der Ortsmitte bis nahe an die Ortsrandbereiche im Westen und Süden nur wenig abnimmt (etwa 1.5 bis 2.0 °C), stellt sich im Übergang zum Freiland ein scharfer Kontrast von etwa 3.0 °C auf kurzer Distanz ein. Um 05:00 Uhr hat sich das Temperaturgefälle nivelliert. So ist der Ortsrandbereich nun etwa 2.5 kühler als das Zentrum (21.2 °C) und der Temperaturunterschied zum etwa 2.0 °C kühleren Freiland verläuft deutlich flacher, d.h. die Unterschiede verteilen sich ohne markante Gegensätze auf größerer horizontaler Distanz.

Die abkühlende Wirkung und die thermischen Gunsteffekte der Ausgleichsräume Niederfeld und Mittelfeld (bis 15.8 °C) entfalten bei derartigen Schwachwindwetterlagen mit dem Voranschreiten der Nacht zunehmend ihre Wirkung, so dass sich der Wärmeinseleffekt Seckenheim reduzieren kann. Gleichzeitig verschiebt sich der Bereich der stärksten Überwärmung entlang der Seckenheimer Hauptstraße etwas nach Nordwesten. Als Folge der aus Osten und Südosten über den Neckar zuströmenden Freilandluft kann sich die Bebauung vom Rathaus bis zum OEG-Bahnhof, trotz allgemein schwacher Ventilation, intensiver abkühlen, während die innerörtlichen Differenzierungen zwischen dichter bebauten Arealen sowie Grün- und Gartenflächen erhalten bleibt.

Zwischen den Ortsteilen Seckenheim, Neuostheim, Hochstädt und Suebenheim/Friedrichsfeld heben sich im 05:00 Uhr die Verkehrsflächen der A 6 sowie der A 656 wiederum deutlich hervor. Die Temperaturen liegen hier um etwa 1.5 bis 2.5 °C höher als über den landwirtschaftlich genutzten Freilandbereichen. Die teilweise auf Dämmen verlaufenden Verkehrswege führen in Kombination mit Leewirkungen zu bodennahen Kaltluftstagnationen und bewirken eine auffällige Kammerung. Westlich der A 6 wird dieser Effekt im Bereich Niederfeld/Kloppenheimer Feld / Hermsheimer Bösfeld (bis 16.3 °C) von den Flächen der B 38a sowie dem Sport- und Messepark begrenzt. B 38, das Kleeblatt des Anschlusses Mannheim-Neckarau und Teile der Parkplatzen an der SAP-Arena weisen das gleiche Temperaturniveau wie die Wohnbebauungen bzw. stark versiegelten Gewerbeflächen in den Stadtteilen **Neuhermsheim** (19.5 °C), **Neuostheim** und **Hochstädt** (jeweils 19.3 °C) auf.

Etwas gedämpft ist die nächtliche Abkühlung im **Bereich des Flugplatzes**. Während südlich der A 656 die Zonen intensiver Abkühlung (17.5 bis 18.0 °C) über die Harrlach-Gärten bis nahe an das Gewerbegebiet Fahrach reichen, stellen sich die teilversiegelten Flächen des Freiraumes Flugplatz zwar tendenziell etwas wärmer dar (bis 17.7 °C), bewahren jedoch ihre Funktion als eine in Richtung Stadtzentrum gerichtete Ventilationsachse.

Die niedrigsten Lufttemperaturen (15.7 °C) im Bereich des **Grünzuges Südost** werden im Mittelfeld über den landwirtschaftlichen Flächen westlich der Pferderennbahn Seckenheim gemessen. Bei südlicher bis südöstlicher Anströmung bildet sich hier im Lee der einiger Meter höher liegenden angrenzenden Waldflächen ein Stagnationsraum aus. Er fördert die Ausbildung eines bodennahen Kaltluftsees. Mit zunehmender Distanz zum Waldrand (nach Westen und Nordwesten) kann die Strömung jedoch vermehrt bis zum Boden durchgreifen und begrenzt demzufolge die räumliche Ausdehnung des Stagnationsbereiches.

Die thermische Positivwirkung (Kaltluftentstehung) der südöstlichen Freiräume wirkt sich auch auf die Lufttemperaturverteilung von **Friedrichsfeld** aus. Die über die angrenzenden klimaökologischen Ausgleichsräume zuströmende Kaltluft sorgt innerhalb der Bebauung für eine Intensivierung der nächtlichen Abküh-

lung, so dass gegen 05:00 Uhr die innerörtliche Wärmeinsel (21.0 °C-Isotherme) einen kleineren Raum einnimmt und sich vermehrt über der Wohnbebauung konzentriert. Mit Maximalwerten bis 21.2 °C liegen die Werte auf gleichem Niveau wie im Ortskern Seckenheim.

Auch in den **Stadtteilen Rheinau und Neckarau** zeigt sich anhand der flächenhaften Verteilung der Lufttemperatur die thermische Positivwirkung größerer klimaökologischer Ausgleichsräume. Die großen Wärmeinseln der ersten Nachthälfte sind in ihrer Intensität deutlich reduziert, was vor allem dem Zustrom von Kaltluft über die Freiräume im Bereich der Altripper Seen, des NSG Riedwiesen sowie über die vegetationsbedeckten Flächen Aufeld, Rottfeld, Waldpark und Reißinsel zu verdanken ist. Die höchsten Werte mit Temperaturen jeweils etwas über 21.0°C werden nur noch über kleineren Arealen im Zentrum Rheinau, im Hafen Rheinau (im Bereich der Th. Goldschmidt GmbH) und etwas flächiger im Bereich vom Großkraftwerk Mannheim bis zum Ortszentrum Neckarau verzeichnet (21.4 °C). Im Bereich des **Rheinau-Hafens** bzw. in Nachbarschaft zum Rhein dämpfen allerdings die hohen Wassertemperaturen die thermische Positivwirkung der Freiräume.

Insgesamt ist das durch Überwärmungstendenzen gekennzeichnete innerörtliche Temperaturfeld (repräsentiert durch die 20.0 °C-Isotherme) homogener ausgestaltet als um 23:00 Uhr. Auch die Temperaturgegensätze zwischen Bebauung und Freilandbereichen sind schwächer ausgeprägt. In Neckarau erreicht das Temperaturgefälle um 05:00 Uhr zwischen dem Ortszentrum an der Rheingoldstraße (21.4 °C) und dem Freiraum westlich der Bebauung Niederfeld (16.3 °C) etwa 5.0 °C.

Im **Stadtteil Almenhof** heben sich wiederum die Grünflächen des 48-Platzes und des August-Bebel-Parks (bis nahe 2.0 °C Differenz) als kühlere Inseln hervor. Die thermische Positivwirkung ist jedoch auch hier auf die unmittelbar angrenzende Bebauung beschränkt. Besonders markant zeigt sich die abkühlende Wirkung der Freifläche zwischen Mollgymnasium und Diakonissenkrankenhaus. Die Temperatur liegt hier mit bis zu 16.6 °C im Niveau des Waldparks bzw. vom Rottfeld.

Überwärmungstendenzen sind im Bereich der JOHN-DEERE-WERKE über die Hochschule Mannheim bis zur Bebauung östlich der Neckarauer Straße festzustellen. Hier werden über den großflächig versiegelten Flächen gegen 05:00 Uhr mit 21.2 °C ähnliche Temperaturen wie im Bereich Neckarau-Großkraftwerk gemessen. In der Wohnbebauung Almenhof (z.B. zwischen Niederfeldstraße und Brentanostraße) macht sich dagegen die Durchgrünung positiv bemerkbar.

Im **Stadtteil Lindenhof** gehen thermische Positiveffekte vor allem vom Schlossgarten entlang des Rheins (19.7 °C) und von den Grünflächen am Hanns-Glückstein-Platz (20.8 °C) aus. Sie bewirken jedoch nur in der unmittelbar angrenzenden Bebauung einen intensivierten Abbau bioklimatischer Belastungen wobei die neuen Baustrukturen im Glückstein-Quartier limitierend wirken. Bedingt durch die riegelartige und dichte Wohnbebauung Lindenhof ist die Überwärmung im Bereich zwischen der Feuerwache Mitte und der Landteilstraße mit Temperaturen bis 21.6 °C noch relativ ausgeprägt. Erst südlich der Landteilstraße macht sich die thermische Positivwirkung stärkerer Durchgrünung gepaart mit der Zufuhr kühlerer Luftmassen aus dem Freiraum Waldpark bei südlicher Anströmung verstärkt bemerkbar.

Wie bereits erwähnt, wird kurz vor Sonnenaufgang in den **Quadraten Mannheims** die höchste Lufttemperatur im Gesamtstadtgebiet registriert. Bedingt durch den flächenhaft hohen Versiegelungsgrad (hohe Oberflächenrauigkeit der Bebauung) bzw. der Wärmeabstrahlung der befestigten Flächen und Gebäude ist der Temperaturrückgang spürbar gedämpft.

Infolge der allgemein verstärkten Ventilation zu Beginn der zweiten Nachthälfte, welche zu einer stärkeren Angleichung des gesamtstädtischen Temperaturfeldes führt, ist die nächtliche Temperaturabnahmerate bei der gegebenen Situation weniger prägnant. Ähnlich den Verhältnissen in den anderen Stadtteilen ist zwischen erster und zweiter Messfahrt ein Temperaturrückgang von ca. 3.0 °C zu verzeichnen.

Als kühlere Inseln heben sich wiederum die Grünflächen am Wasserturm, die Lauerschen Gärten und der Hans-Böckler-Platz hervor.

In der **Oststadt** profitiert auch um 05:00 Uhr die Bebauung von der thermischen Gunstwirkung des Luisenparks (Oberer Luisenpark bis 17.8 °C, Unterer Luisenpark bis 16.7 °C). Ausgehend vom Friedrichsring bzw von der Augustaanlage geht die Lufttemperatur in Richtung Parkfläche deutlich zurück. Kurz vor Sonnenaufgang beträgt der Temperaturgegensatz etwa 4.5 bis 5.0 °C.

Das Temperaturgeschehen in der **Neckarstadt** wird - wie bereits in der ersten Nachthälfte - thermisch positiv vom Herzogenriedpark beeinflusst. Zusammen mit den Freiräumen im Bereich der Radrennbahn, den Kleingärten im Bereich 12. Sandgewann sowie den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße ist der Herzogenriedpark Teil einer Kette klimaökologischer wirksamer Gunsträume (Grünzug Nord), die vom Käfertaler Wald bis zur Neckarstadt reichen. Gegen Morgen beträgt der Temperaturunterschied zwischen dem Zentrum Neckarstadt (22.2 °C) und dem Herzogenriedpark (17.3 °C) etwa 5.0 °C. Allerdings kann der abkühlende Effekt nur in begrenztem Maß bis in die Kernbereiche der Neckarstadt, die nur wenig kühler als die City-Quadrate sind, hineinreichen. Die hohen Wassertemperaturen des Neckars dämpfen die thermische Positivwirkung des Grünzuges Nord.

In den **Stadtteilen Luzenberg und Waldhof** sowie auf der **Friesenheimer Insel** ergibt sich gegen 05:00 Uhr eine mit der ersten Messfahrt vergleichbare Temperaturverteilung. Als überwärmte Bereiche (repräsentiert durch die 21.0 °C-Isotherme) heben sich insbesondere die hoch verdichteten Industrieflächen von Neckarstadt über den Industriehafen (Friesenheimer Straße, Industriestraße), der Bereich Luzenberg-DAIMLER AG sowie die Schuttdeponie auf der Friesenheimer Insel hervor. Mit 20.0 °C bis 20.5 °C sind die Areale der FA. SAINT-GOBAIN GLASS GMBH und ROCHE AG sowie SCA Hygiene Products etwas kühler. Sie profitieren bei nördlichen Anströmrichtungen von der Ventilationswirkung des **Grünzuges Nordwest**, über den aus dem Freiraum nördlich der A 6 kühle Luftmassen zugeführt werden. Auffallend niedrige Temperaturen weisen wiederum die Freiflächen im Bereich der Spiegelfabrik auf. Mit Werten bis 16.6 °C herrscht hier ein mit dem Käfertaler Wald vergleichbares Temperaturniveau.

Intensive Abkühlung wird auf der Friesenheimer Insel über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen südlich der Max-Planck-Straße sowie am Tierheim festgestellt (17.0 bis 18.0 °C). Besonders kühl zeigt sich der Stagnationsraum im Dreieck Max-Planck-Straße – Dffenéstraße – Einsteinstraße (bis 16.6 °C).

Vom positiven thermischen Gunsteffekt des Freiraumes nördlich der A 6 profitieren auch die Stadtteile **Sandhofen** (Temperaturrückgang zwischen 23:00 Uhr und 05:00 Uhr bis ca. 3.0 bis 3.5 °C) und **Schönau** (etwa 3.0 °C), wo sich vor allem die Zone nördlich der Graudenzer Linie nochmals deutlich abkühlen kann. Bereits bei der Messfahrt um 23:00 Uhr zeigen die Stadtteile **Blumenau** und Schönau ein niedrigeres Temperaturniveau. Die gartenstadtähnliche Bebauungsstruktur ermöglicht eine intensive Abkühlung der Wohnbebauung, so dass gegenüber dem alten Ortskern von Sandhofen um ca. 1.5 - 2.5 K niedrigere Lufttemperaturen registriert werden. Neben der lockeren, durchgrüntem Bebauung macht sich hier auch die großflächige Anbindung an klimaökologische Ausgleichsräume (Sandhofer Wald, Sandtorfer Bruch, Gewann „Krähenflügel“) klimaökologisch positiv bemerkbar. Um 05:00 Uhr beträgt hier die Temperaturdifferenz zur Bebauung Schönau etwa 2.0 °C, während um 23:00 Uhr noch bei etwa 3.0 °C liegt.

Nördlich der A 6 zeigt der Bereich **Coleman Barracks / Coleman Airfield** um 05:00 Uhr mit Werten bis 19.4 °C eine ähnliche Überwärmung wie der Stadtteil **Scharhof** mit den versiegelten Flächen im Gewerbegebiet „IKEA“, während der großflächiger überbaute Stadtteil Sandhofen etwas höhere Temperaturen aufweist. Der stark durchgrünte kleine Ortsteil Blumenau (bis 18.3 °C) zeigt sich erwartungsgemäß relativ kühl.

Der Stadtteil **Waldhof-Ost/Gartenstadt** weist gegen Morgen im Vergleich zur Situation um 23:00 Uhr im Wesentlichen die gleiche thermische Differenzierung auf. So sind beispielsweise die Bereiche entlang des Speckwegs und der Waldstraße jeweils um etwa 1.5 bis 2.5 °C kühler als die Industrieflächen im angrenzenden Stadtteil Luzenberg. Etwas weniger markant ist um 05:00 Uhr das Temperaturgefälle zum Käfertaler Wald bzw. zum Freiraum zwischen Lampertheimer Straße und Wasserwerkstraße ausgeprägt (2.0 bis 3.0 °C). Hier macht sich vor allem im Bereich Gartenstadt bei nördlichen bis östlichen Winden der direkte Freiraumbezug bemerkbar. Darüber hinaus bewirkt die starke Durchgrünung einen zusätzlichen thermischen Positiveffekt.

Auch in den Stadtteilen **Käfertal** und **Vogelstang** hat sich während der 05:00 Uhr-Messfahrt der Charakter der Temperaturverteilung gegenüber der 23:00 Uhr-Messfahrt kaum verändert. Im Bereich Käfertal-Ost / Rott / Vogelstang / Taylor ist die thermische Differenzierung etwas schwächer ausgeprägt. Ein eindeutiges Überwärmungszentrum ist hier gegen Morgen nicht mehr zu erkennen. Vielmehr überdeckt das Gebiet mit der höchsten Temperatur (18.0 bis 19.0 °C) nahezu flächig die Stadtteile - inselhaft unterbrochen von geringfügig kühleren Bereichen über ausgedehnten innerörtlichen Grünzonen.

Im Bereich **Franklin** macht sich wiederum der Situationsstatus während der Umstrukturierungsphase mit abgerissenen Gebäudeblocks, Baulücken bzw. großen Brachflächen bemerkbar. Vor allem die Bereiche zum nordwestlich und nördlich angrenzenden Freiraum zeigen kaum merkliche Überwärmungstendenzen.

Im Gewerbegebiet Vogelstang / Taylor / Kurpfalz Center-XXXLutz-Bauhaus zeigen sich das flächig versiegelte Einkaufszentrum sowie die Gewerbeblocks entlang der Spreewaldallee (bis 19.4 °C) trotz Nachbarschaft zum östlich der A 6 angrenzenden Freiraum überwärmt. Die Temperaturdifferenz zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen beträgt etwa 3.0 bis 3.5 °C.

Im Zentrum der stark durchgrünten Bebauung **Vogelstang** werden bis 19.2 °C verzeichnet. Obwohl hier im Vergleich zum Bereich an der Spreewaldallee eine etwas größere Distanz zu den benachbarten Freiräumen besteht, bleibt der Überwärmungsgrad verhältnismäßig niedrig. Zur Innenstadt von Mannheim stellen sich über Vogelstang und etwa 3.0 bis 4.0 °C niedrigere Lufttemperaturen und zum östlich angrenzenden Freiraum um Straßenheim bzw. dem Grünzug Nordost etwa 2.5 bis 3.5 °C höhere Temperaturen ein. Gegen 23:00 Uhr werden insbesondere zum Freiraum Nordost mit Werten über 4.0 °C größere Differenzen gemessen, was die nächtliche positive thermische Gunstwirkung des angrenzenden Ausgleichsraumes bei östlichen Strömungsrichtungen verdeutlicht.

Im Stadtteil Käfertal ist eine deutlichere Temperaturzunahme erst westlich des Ortskerns im Bereich der stark versiegelten Industrieflächen nördlich der Mannheimer Straße bzw. GE Power / Alstom Power AG gegeben (Temperaturen > 20.0 °C). Dieser Bereich ist als Fortsetzung der sich aus der Neckarstadt über den Stadtteil Wohlgelegen nach Osten erstreckenden Zone stärkerer Überwärmung zu sehen. Auffällig ist jedoch, dass um 05:00 Uhr eine größere Temperaturdifferenz zum Ortskern Neckarstadt (etwa 2.0 °C) gemessen wird als um 23:00 Uhr (etwa 1.0 °C). Im Gegenzug zeigt sich im Vergleich zu den Grünzügen Nord und Nordost um 05:00 Uhr eine geringere Überwärmung (Herzogenriedpark und Hauptfriedhof etwa 3.0 °C kühler, Sellweiden etwa 3.5 bis 4.0 °C kühler) als um 23:00 Uhr (bis etwa 4.0 °C bzw. 5.0 °C). Analog zur Situation im Bereich Vogelstang/Franklin wirkt hier ebenfalls die positive thermische Gunstwirkung des angrenzenden Ausgleichsraumes.

Innerhalb des **Grünzugs Nordost** zeigt sich auch am Morgen gebietsweise eine Kammerung des thermischen Geschehens. So wird die Funktion des Grünzuges im Bereich des Geländes der zukünftigen BUGA 23 durch die noch vorhandenen Bestandsbebauungen unterbrochen. Mit Temperaturen bis 19.6 °C wird hier ein ähnliches Temperaturniveau wie in den Stadtteilen Vogelstang / verzeichnet.

Etwas wärmer hebt sich der Stadtteil **Feudenheim** hervor. Bedingt durch die dichtere Bebauung im Ortskern werden hier vor Sonnenaufgang noch Werte bis 21.2 °C gemessen. Gegenüber den angrenzenden Freiräumen zwischen Wallstadt und Feudenheim im Norden sowie der Feudenheimer Au (bis 15.8 °C) im Westen und zum Neckarvorland im Süden (Gewann „Egelwasser“) ergeben sich Temperaturgefälle von etwa 4.0 bis 5.4 °C. Insbesondere der Ausgleichsraum Au neigt aufgrund seiner Tieflage zwar zu Kaltluftstagnation, bildet jedoch innerhalb des Grünzuges Nordost ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial.

Der Stadtteil **Wallstadt** zeigt mit Werten bis 20.3 °C um 05:00 Uhr eine geringere Überwärmung als der Stadtteil Feudenheim. Die thermische Differenzierung ist schwächer ausgeprägt. Im Osten des Stadtteils hebt sich die Kälteinsel über der tiefliegenden Parkfläche zwischen Taubergrund und Alemannenstraße hervor. Nördlich der Straßenbahntrasse fällt im ökologischen Neubaugebiet Wallstadt-Nord der relativ gleichmäßige Temperaturrückgang zum Grünzug Nordost auf.



