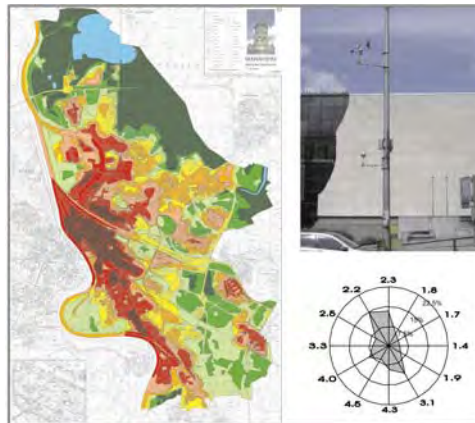


ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

STADTKLIMAANALYSE MANNHEIM 2010



Auftraggeber:

Stadtverwaltung Mannheim



FB Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim

Projektleitung ÖKOPLANA:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Mitarbeiter:

Dr. Sonja Burst
Dr. Wolfgang Lähne
Ingrid Lähne
Nalihan Yeter
Fatih Yeter

Mannheim, den 05.07.2010

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

Geschäftsführer:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

www.oekoplana.de

Deutsche Bank Mannheim
Kto.-Nr. 0 460 600
BLZ 670 700 24

Inhalt	Seite
1 Aufgabenstellung.....	1
2 Allgemeine Anmerkungen zum Begriff „Stadtklima“.....	3
3 Geographische Lage, Flächennutzung und die allgemeine klimatische Situation in Mannheim.....	5
4 Arbeitsmethodik.....	8
5 Ergebnisse der stationären Klimamessungen im Sommer 2009.....	10
5.2 Strömungsgeschehen und Ventilation.....	12
5.3 Thermische Situation.....	14
6 Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten von 2009.....	16
6.1 Messtermine.....	16
6.2 Verteilung der Lufttemperatur nach Messfahrten am 31.08. – 01.09.2009.....	18
6.2.1 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten – 22:00 Uhr.....	19
6.2.2 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten – 05:00 Uhr.....	36
6.3 Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse in Mannheim.....	43
7 Analyse der lokalen Windverhältnisse in Mannheim auf Grundlage ortsspezifischer Messungen.....	46
8 Flächennutzungsspezifische Bewertung der klimatischen Verhältnisse in Mannheim.....	56
8.1 Freiräume – Kalt- und Frischluftentstehungsflächen, Luftleit- Bahnen.....	56
8.2 Überbaute Bereiche – bioklimatisch belastete Wirkungsräume.....	63

9	Klimaökologische Ausgleichs- und Wirkungsräume – Planungsempfehlungen zur weiteren Stadtentwicklung.....	66
9.1	Klimaökologische Ausgleichsräume	70
9.2	Klimaökologische Wirkungsräume und zugeordnete Ausgleichsräume	91
10	Schlussbemerkungen.....	146
	Literatur-/Quellenverzeichnis	148
	Anhang	152

Abbildungs- / Kartenverzeichnis

- Abb. 1:** Stadtgebiet Mannheim - Geländehöhen
- Abb. 2:** Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim. Mittlere jährliche Anzahl an Sommertagen (1971 – 2000) und Frosttagen (1971 – 2000)
- Abb. 3:** Mittlere Anzahl der Tage mit Wärmebelastung im Sommerhalbjahr (1971 – 2000)
- Abb. 4:** Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim. Mittlere jährliche Niederschlagshöhe (1971 – 2000) und mittlere jährliche Sonnenscheindauer (1971 – 2000)
- Abb. 5:** Ausbreitungsklassenstatistik – Station DWD-Mannheim (1992)
- Abb. 6:** Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim. Mittlere Windgeschwindigkeit (1981 – 2000) und Inversionshäufigkeit (1981 – 2000)
- Abb. 7:** Messequipment - Lufttemperaturmessfahrten
- Abb. 8.1 – 8.5:** Standorte temporärer Klimamessstationen
- Abb. 8.6:** Standorte der LUBW-Luftmessstationen in Mannheim
- Abb. 9:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit an der LUBW Station Mannheim-Nord. Vergleich des mehrjährigen Mittels mit dem Kurzmesszeitraum: 10.07. – 22.09.2009
- Abb. 10.1, 10.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Zeitraum: 10.07. – 22.09.2009, alle Tage
- Abb. 11.1, 11.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Zeitraum: 10.07. – 22.09.2009, Strahlungstage
- Abb. 12:** Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur. Datenintervall: 10.07. – 22.09.2009, Strahlungstage
- Abb. 13:** Großwetterlage am 31.08. – 01.09.2009
- Abb. 14:** Tagesgang der Lufttemperatur, der Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 31.08. – 01.09.2009

- Abb. 15.1 – 15.3:** Baustrukturen im Stadtgebiet von Mannheim
- Abb. 16:** IR-Thermalbild eines Testfeldes mit unterschiedlichen Belägen für Parkplätze
- Abb. 17:** Klimabewertungskarte / Kaltluftbewegung. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
-

- Karte 1:** Klimauntersuchungen im Stadtgebiet Mannheim durch ÖKOPLANA (1977 – 2009)
- Karte 2:** Isothermenkarte vom 31.08.2009, 22:00 Uhr MEZ
- Karte 3a:** Isothermenkarte vom 01.09.2009, 05:00 Uhr MEZ
- Karte 3b:** Isothermenkarte vom 01.09.2009, 05:00 Uhr MEZ
(Farbskala entsprechend der 22:00 Uhr Isothermenkarte)
- Karte 4:** Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse nach Messfahrten am 31.08./01.09.2009 (Z-Transformation)
- Karte 5:** Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse nach Messfahrten am 24./25.08.2001 (Z-Transformation)
- Karte 6:** Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse nach Messfahrten am 21./22.08.1985 (Z-Transformation)
- Karte 7:** Bewertung – Differenz der Lufttemperaturverhältnisse zwischen 2009 und 2001 (Z-Transformation)
- Karte 8:** Bewertung – Differenz der Lufttemperaturverhältnisse zwischen 2001 und 1985 (Z-Transformation)
- Karte 9:** Windrichtungsverteilung an Strahlungstagen sowie örtliche Hauptrichtung der Kaltluftbewegung
- Karte 9_**
Abb. A – K: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Mit Hyperlinks verknüpfte Datenblätter
- Karte 10:** Schutzgebiete im Stadtgebiet von Mannheim, Stand 2007
- Karte 11:** Klimaökologische Ausgleichsräume und deren Nutzung
- Karte 12:** Thermisches Ausgleichsvermögen der Freiräume auf Grundlage des potenziellen Kaltluftproduktionsvermögens
- Karte 13:** Effektivität des thermischen Ausgleichsvermögens der Freiräume
- Karte 14:** Leitbahncharakter größerer klimaökologischer Ausgleichsräume

- Karte 15:** Bioklimatische Belastung innerhalb von klimaökologischen Wirkungsräumen und Hauptlinienquellen der Luftschadstoffbelastung
- Karte 16:** Zusammenfassende Darstellung der bioklimatischen Belastung innerhalb von klimaökologischen Wirkungsräumen und Effektivität des thermischen Ausgleichsvermögens der Freiräume
- Karte 17:** Klimaökologische Ausgleichs- und Wirkungsräume / Strömungsbarrieren - Planungshinweise

1 Aufgabenstellung

Die heterogene Flächennutzungsstruktur im Stadtgebiet von Mannheim (u.a. dichte Citybebauung, lockere Gartenstadtbebauung, Wald- und Ackerflächen) führt zu einem kleinräumig stark variierenden Stadtklima.

Wie bereits vorliegende flächendeckende und teilräumliche Klimauntersuchungen (STEINICKE & STREIFENEDER 2000, ÖKOPLANA 2002¹ - **Karte 1**²) in Mannheim belegen, wird das Windfeld der Stadt und somit die bioklimatische/lufthygienische Situation durch regionale und lokale Luftzirkulationen wie z.B. Luftaustausch zwischen Freiräumen (klimaökologische Ausgleichsräume) und Bebauung (klimaökologische Wirkungsräume) bestimmt.

Diese als klimaökologische Positiveffekte zu bewertenden Erscheinungen treten vorwiegend bei windschwachen Strahlungswetterlagen auf, die im Rheingraben häufig zu bioklimatischer/lufthygienischer Belastung führen. Da diese Lokalströmungen in großen Teilbereichen des Stadtgebietes zu einer auffallenden Dämpfung stadtklimatischer Negativeffekte beitragen, gehören Kenntnisse der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionszusammenhänge zwischen Flächennutzung und Entstehung sowie Auswirkung klimatischer Gunstwirkungen zur Grundlage der Bauleit- und Landschaftsplanung. Das Vorliegen flächenbezogener Fachinformationen ist somit ein wichtiges Hilfsmittel zur sachgerechten Beurteilung des Schutzgutes Klima/Luft und zur Ableitung entsprechender Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen. Dieser Leitgedanke gilt der Sicherung, Entwicklung und Wiederherstellung klima- und immissionsökologisch wichtiger Oberflächenstrukturen und zielt somit ab auf die Erhaltung und Verbesserung günstiger bioklimatischer Verhältnisse, die Unterstützung gesundheitlich unbedenklicher Luftqualität und das Angebot besonderer Lokalklimate.

Besonders der heiße Sommer 2003 hat die negativen Seiten des Stadtklimas in zahlreichen Städten Europas durch hohe und lang andauernde thermische Belastungen, die kaum durch die natürliche nächtliche Abkühlung gemindert werden konnten, deutlich vor Augen geführt. Auch wenn es sich für die mittleren Breiten hierbei klimatologisch eher um ein seltenes Ereignis handelt, dürften sich unter der Annahme des globalen Temperaturanstiegs auch in Mannheim die Stadtklimaeffekte weiter verschärfen.

¹ STEINICKE & STREIFENEDER (2000): Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.

ÖKOPLANA (2002): Flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur in Mannheim - Temperaturmessungen am 24.-25.08.2001. Mannheim.

² Alle mit der Bezeichnung „Karte“ benannten Abbildungen sind Bestandteil des ArcGIS-Projektes. **Zur Darstellung der Karte 1 im ArcGIS-Projekt sind die Ebenen Stadtkarte und Klimauntersuchungen zu öffnen.**

Entsprechend den Prognosen des am POTSDAM INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (PIK) (2009)³ entwickelten regionalen Klimamodells „STAR“ ist in Mannheim im Zeitraum 2025-2055 mit 11 bis 15 zusätzlichen heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und 25 bis 30 zusätzlichen Sommertagen ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) zu rechnen. Den Projektionen liegt das globale Atmosphären-Zirkulationsmodell „ECHAM5“ und das Emissionsszenario A1B des Weltklimarates zugrunde. Für das Bundesgebiet ergibt das bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Erwärmung um etwa 2.1°C . Für Mannheim wird bezüglich der Monatsmittelwerte im Winter eine Erwärmung um etwa 1.9 bis 2.5°C und für die Sommermonate eine Erwärmung um etwa 1.7 bis 2.1°C prognostiziert.

Zusammen mit Informationen zum bodennahen Luftaustausch (Windfeld) haben sich in den letzten Jahren Karten zur Verteilung der Lufttemperatur und Oberflächenstrahlungstemperatur als wichtige Grundlagen zur Beurteilung stadtklimatischer Fragestellungen bewährt.

Das Büro ÖKOPLANA wurde daher von der Stadtverwaltung Mannheim (FB Städtebau) beauftragt, zusammen mit dem Büro STEINICKE & STREIFENDEDER die vorliegenden Fachinformationen zum Schutzgut Klima zu aktualisieren und zu ergänzen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der flächendeckenden Erfassung der Luft- und Oberflächenstrahlungstemperaturen.

Mit Hilfe des Geografischen Informationssystems ArcGIS 9.2 der Firma ESRI sollen die erarbeiteten Klimainformationen in mehreren Karten aufbereitet und bereitgestellt werden:

- Isothermenkarte – Abendmessfahrt.
- Isothermenkarte – Morgenmessfahrt.
- Vergleich der Ergebnisse mit den Messfahrten von 1985 und 2001 - Kennzeichnung von Bereichen mit ausgeprägter Lufttemperaturänderung gegenüber 1985 und 2001 (abends und morgens).
- Windrosenkarte – Darstellung von Windrosen aus früheren Untersuchungen, Datenkollektiv: Strahlungstage.
- Gliederung des Untersuchungsraums in klimaökologische Ausgleichsräume und Wirkungsräume sowie die dazwischen vermittelnden Strukturen (= Qualität des bodennahen Luftaustauschs, Barrierewirkung von Strömungshindernissen).
- Bewertungskarte des thermischen Niveaus (Wirkungsräume) – Klassifizierung anhand der IR-Thermalbildbefliegung und der Lufttemperaturmessfahrten.

³ [HTTP://WWW.PIK-POTSDAM.DE/~WROBEL/SG-KLIMA-3/NAV_BL.HTML](http://www.pik-potsdam.de/~wrobelsg-klima-3/nav_bl.html)

- Klimapotenzialkarte (Ausgleichsräume). Darstellung und Klassifizierung klimarelevanter Freiräume → u.a. regionale und lokale Grünzüge, Grünzäsuren, Waldflächen, Landwirtschaftsflächen, innerstädtische Grünanlagen, Friedhöfe, Sport- und Freizeitanlagen, Kleingärten, Wasserflächen > 1 ha etc. Die Ausgleichsräume werden hinsichtlich ihrer Eignung zur Kaltluftentstehung und zum Kaltlufttransport gekennzeichnet.
- Karte „Vorhandene Detailgutachten“ mit Kennzeichnung des Untersuchungsbereiches.

2 Allgemeine Anmerkungen zum Begriff „Stadtklima“

Die WMO (World Meteorological Organisation) definiert das Stadtklima als „das durch Wechselwirkungen mit der Bebauung und deren Auswirkungen modifizierte Klima“. Dabei setzt sich das einen Siedlungsraum charakterisierende Stadtklima aus einer Vielzahl eigenständiger Mikroklimata zusammen, die durch die unterschiedliche Flächennutzung verursacht werden und in ihrer Gesamtheit letztlich das Klima im Lebensumfeld des Menschen bilden.

Die sich vom unbebauten Umland abhebenden stadtklimatischen Besonderheiten können ganzjährig beobachtet werden. Sie bilden sich jedoch am ausgeprägtesten während autochthoner, d.h. windschwacher sonnenscheinreicher Wetterlagen heraus (KUTTLER 2004).

Die wichtigsten klimatischen Unterschiede zwischen Stadt und Umland können beispielhaft aus **Tabelle 1** entnommen werden.

Tabelle 1: Veränderungen des Stadtklimas einer Großstadt in den mittleren Breiten gegenüber dem nicht bebauten Umland. Modifiziert nach HUPFER, KUTTLER (1998):

Einflussgrößen	Veränderungen	Einflussgrößen	Veränderungen
Globalstrahlung	bis -10%	Dauer der Frostperiode	bis -30%
Sonnenscheindauer		Nebel	
Im Sommer	bis -8%	- Großstadt	weniger
Im Winter	bis -10%	- Kleinstadt	mehr
Wärmespeicherung im Untergrund und in Bauwerken	bis +40%	Vegetationsperiode	bis zu 10 Tage länger
Lufttemperatur		Wind	
- Jahresmittel	+ 2K	- Geschwindigkeit	- bis – 20%
- Winterminima	bis + 10K	- Richtungsböigkeit	- stark variierend
- In Einzelfällen	bis +15 K	- Böigkeit	- erhöht

Die reduzierte *Globalstrahlung* in der Stadt ist auf die erhöhte atmosphärische Belastung mit anthropogenen Spurenstoffen („Dunstglocke“) zurückzuführen.

Die *Sonnenscheindauer* ist über der städtischen Bebauung generell wegen der durch die Bebauung verursachten größeren Verschattung verkürzt, wobei Extremwerte durch ungünstige Ausrichtung, Höhe und Bestandsdichte der Gebäude erreicht werden können.

Die tagsüber in den Baumaterialien von Gebäuden, Straße und Plätzen *gespeicherte Wärme* stellt aufgrund der überwiegend hohen Werte ein bedeutsames Glied in der städtischen Energiebilanz dar. Im Vergleich zum Umland ergeben sich hieraus im Jahresmittel im Allgemeinen um 1 – 2 K erhöhte städtische *Lufttemperaturen*. Abhängig von Stadtgröße und Stadtstruktur sowie Wetterlage und Jahreszeit können sich zu diesen Werten jedoch erhebliche Abweichungen einstellen, die in Einzelfällen und über kurze Zeiträume nachts durchaus 10 – 15 K betragen können.

Die *Windgeschwindigkeit* ist in Städten gegenüber dem Umland im Durchschnitt geringer. Ursache hierfür ist, dass die durch die Bebauung verursachte Erhöhung der Bodenrauigkeit die Windgeschwindigkeit reduziert. Dadurch nimmt der atmosphärische Austauschkoeffizient niedrigere Werte an, wodurch sich die Luftqualität verschlechtert und die nächtliche Überwärmung in den Straßenschluchten kaum abgeführt werden kann. Allerdings ist die Geschwindigkeitsböigkeit an Gebäudekanten sowie in Nachlaufwirbeln hinter Gebäuden erhöht, während die Richtungsböigkeit stark variiert.

Nebel ist in Großstädten meist seltener anzutreffen als im Umland, was auf die höheren Lufttemperaturen und die geringere Luftfeuchtigkeit zurückzuführen ist.

Die o.a. Aspekte des Stadtklimas verdeutlichen, dass dessen Berücksichtigung in der Stadtplanung eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungsprozesse zwischen städtischen Faktoren und der Atmosphäre erfordert. Erst hierdurch können lokale Potenziale zur Verbesserung der bioklimatischen Umgebungsbedingungen erkannt, gesichert und gestärkt werden.

Laut VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 (2008) soll die planungsbezogene Stadtklimatologie dazu beitragen,

- den Grad der städtischen Wärmeinsel als Indiz für den thermischen Komfort/Diskomfort zu minimieren,
- die städtische Belüftung zu sichern und zu optimieren,
- die Barrierewirkungen auf den bodennahen Luftaustausch zu erkennen und zu beseitigen bzw. zu minimieren,
- die Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete zu sichern und ggf. zu optimieren.

Steuerungs- und Sicherungsinstrumente können u.a. das Baugesetzbuch (BauGB), das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) sowie verschiedenste Fachpläne (z.B. Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Landschaftsplan und Grünordnungsplan) sein.

3 Geographische Lage, Flächennutzung und die allgemeine klimatische Situation in Mannheim

Die Stadt Mannheim erfüllt in der Metropolregion Rhein-Neckar die Funktion eines Oberzentrums, das u.a. durch eine Vielzahl überregional bedeutsamer Industrie- und Gewerbebetriebe gekennzeichnet ist.

Naturräumlich ist das Stadtgebiet von Mannheim der Oberrheinischen Tiefebene zuzuordnen, die im Osten vom Odenwald und im Westen vom Pfälzer Wald begrenzt wird.

Wie der **Abbildung 1** zu entnehmen ist, wird das örtliche Landschaftsbild wesentlich von den Flussläufen des Rheins und des Neckars geprägt. Die tiefsten Geländepunkte (< 95 m ü.NN) befinden sich im Nahbereich des Rheins.

Der höchsten Geländepunkte (ca. 105 m ü.NN) liegen im Bereich von Flugsanddünen (u.a. im Bereich Feudenheim, Unterer Dossenwald). Damit ergibt sich im Stadtgebiet von Mannheim, ausgehend vom Rhein, eine max. Höhendifferenz von ca. 15 m.

Die Markungsfläche beträgt nach Angaben des STATISTISCHEN LANDESAMTES BADEN-WÜRTTEMBERG (2008) insgesamt 14.497 ha, wovon im Jahr 2008 ca. 57% den Siedlungs- und Verkehrsflächen zuzuordnen waren. Dieser Wert liegt deutlich über dem Landesdurchschnitt (14%). Die Landwirtschaftsfläche nimmt einen Flächenanteil von 25% ein.

Die Waldflächen (Käfertaler Wald, Dossenwald, Waldpark/Reiðinsel) weisen einen Flächenanteil von ca. 13% auf. Die Wasserflächen beanspruchen ca. 5% des städtischen Gebietes.

Laut einer Veröffentlichung im Internet (www.mannheim.de - 2009) leben auf der Markungsfläche von Mannheim 323.787 Einwohner, wobei die Anteile an über 65-jährigen und unter 6-jährigen, die häufig besonders sensibel auf bioklimatische/lufthygienische Belastungen reagieren, ca. 19% bzw. 5% betragen.

Das Stadtgebiet von Mannheim befindet sich nach der Systematik von KÖPPEN in der warmgemäßigten Klimazone, die im Oberrheingraben bei Mannheim durch eine hohe Anzahl an Sommertagen (Temperaturmaximum mindestens 25°C → 50 Tage im Jahr) und eine geringe Anzahl an Frosttagen (70 Tage im Jahr), d. h. der Tage, an denen das Temperaturminimum unter 0 °C liegt, charakterisiert ist (**Abbildung 2**). Die Jahresmitteltemperatur beträgt ca. 10°C. Der wärmste Monat ist der Juli mit einer durchschnittlichen Lufttemperatur von ca. 20°C.

Die mittlere Anzahl der Tage mit Wärmebelastung⁴ (**Abbildung 3**) liegt bei 35.1 – 37.5 und somit an der Spitze von Baden-Württemberg. Sie wird infolge des prognostizierten Klimawandels weiter ansteigen (vgl. Kap. 1).

Innerhalb des Mannheimer Stadtgebietes kommt es durch die differenzierte Flächennutzung vor allem an windschwachen Strahlungstagen zu deutlichen Lufttemperaturgegensätzen. Dies wird anhand der **Tabelle 2** offenbar. Sie zeigt für bioklimatisch besonders relevante Strahlungstage (getrennt für das Sommer- und Winterhalbjahr) die Differenzen der Lufttemperaturminima zwischen der DWD Station Mannheim-Vogelstang (= Stadtrand) und der LUBW Station Mannheim-Mitte (Stadtzentrum).

Tabelle 2: Vergleich der Lufttemperaturminima-Differenzen (in K) zwischen der LUBW-Station Mannheim-Mitte und der DWD Station Mannheim-Vogelstang. Zeiträume: April – August 1992 bis 2009 (Strahlungstage Sommerhalbjahr) und Oktober – Februar 1992 bis 2009 (Strahlungstage Winterhalbjahr)

Sommerhalbjahr				
ΔT	0.0 bis 2.5 K	2.5 bis 3.5 K	3.5 bis 4.5 K	> 4.5 K
%-Anteil	11.3%	26.8%	30.1%	31.8%
Winterhalbjahr				
ΔT	0.0 bis 2.5 K	2.5 bis 3.5 K	3.5 bis 4.5 K	> 4.5 K
%-Anteil	24.7%	34.7%	27.0%	13.5%

⁴ LUBW (2006): Zur Charakterisierung von unterschiedlichen Landschaften nach der Stärke der biometeorologischen Anforderungen an die Thermoregulation wird die Häufigkeit des Auftretens von Wärmebelastung tagsüber trotz jeweils angepasster Bekleidung benutzt.

Im Sommerhalbjahr ergeben sich zwischen Stadtrand und Stadtzentrum in ca. 32% der Strahlungsnächte bzgl. der Temperaturminima Differenzen von mehr als 4.5 K. Das Stadtzentrum ist demnach deutlich überwärmt.

Im Winterhalbjahr ist die nächtliche Überwärmung des Stadtzentrums als Folge der kürzeren Sonnenscheindauer geringer. Es überwiegen Differenzen von 2.5 bis 3.5 K.

Die Jahressumme des Niederschlags liegt im Raum Mannheim bei ca. 550 - 650 mm, wobei die Monate Mai - Juli die größten Niederschlagshöhen aufweisen (**Abbildung 4**). In diesen Monaten kommt es durch die hohe Einstrahlungsintensität und die daraus folgende Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern.

Die mittlere Sonnenscheindauer (**Abbildung 4**) beläuft sich auf ca. 1.700 Std.

Die vorherrschende Windrichtung in Mannheim ist Süd bis Südwest (**Abbildung 5**), wobei es durch die Flächennutzung (Bebauung, Wald) lokal zu auffallenden Differenzierungen kommen kann. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel im Bereich der Mannheimer Innenstadt ca. 2.0 m/s und im Freiland nördlich von Sandhofen ca. 3.0 m/s (Datenquelle: www.lubw.de), so dass innerhalb der städtischen Bebauung von insgesamt mäßiger bis schlechter Durchlüftung⁵ 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.

⁵ Mit einer ausreichenden weiträumigen Durchlüftung innerhalb der Bebauung ist erst bei Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s zu rechnen. Luftströmungen unter 3.0 m/s dringen zwar in die Bebauung ein, greifen dort je nach Bebauungsdichte auch bis zum Boden durch, können aber die mit lokalen Eigenschaften behaftete Luft nicht ausräumen. In diesem Falle ist deshalb von Belüftung zu sprechen.

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

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

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

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 (**Abbildung 6**).

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.

4 Arbeitsmethodik

Nachdem in den Jahren 2000 und 2001 mit Hilfe von Infrarotbefliegungen und Lufttemperaturmessfahrten flächendeckende Thermal-, Klimatop- und Isothermenkarten für das Stadtgebiet von Mannheim erarbeitet wurden, steht 2009 deren Fortschreibung und Ergänzung an.

Wie bereits erwähnt, ist das Büro ÖKOPLANA u.a. mit der Erfassung des bodennahen Lufttemperaturfeldes beauftragt.

Voraussetzung für die Ermittlung der flächenhaften Verteilung des städtischen Lufttemperaturfeldes (\rightarrow 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 zwei 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.

Erstmals ist es möglich, auch die Kasernenareale der US-Army in den Nachtstunden zu befahren (u.a. Coleman-Barracks, Turley-Barracks, Spinelli-Barracks).

Für die Messfahrten stehen vier Fahrzeuge zur Verfügung, die jeweils mit einem elektrisch ventilierten Psychrometer (THERM 2286-2, Fa. Ahlborn) ausgestattet wurden (**Abbildung 7**). Das rasch auf Temperaturänderungen reagierende NTC-Widerstandsthermometer besitzt eine Auflösung von 0.01 °C. Die Messhöhe beträgt 1.8 m ü.G.

In Anbetracht der durch die Flächennutzung und das Kleinrelief bedingten komplexen klimaökologischen Situation im Stadtgebiet von Mannheim wird zur fachgerechten Ermittlung und Weiterverarbeitung der Lufttemperaturdaten aus den Messfahrten ein Messnetz temporärer Klimamessstationen aufgebaut (**Abbildungen 8.1 – 8.4**).

Um einen Vergleich mit den Erhebungen von 2001 zu ermöglichen, werden wiederholt Standorte am Maimarktgelände (Xaver-Fuhr-Straße), am Waldwegstadion in Neckarau und am Blumenauer Weg in Sandhofen gewählt.

Zusätzlich werden in der Mannheimer Innenstadt (Toulon-Platz) Messinstrumente installiert, um den Grad der städtischen Überwärmung zu dokumentieren.

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.
- 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.
- 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.

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.

Zusätzlich wird auf Klimadaten des Großkraftwerkes Mannheim (GKM) im Stadtteil Neckarau und der LUBW-Luftmessstationen zurückgegriffen (**Abbildungen 8.5 und 8.6**).

Zur Erarbeitung von Klimabewertungskarten werden zudem die Daten früherer Stadtklimauntersuchungen (siehe Quellenverzeichnis), der aktuellen IR-Thermalbildbefliegung sowie die Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen für das Verbandsgebiet der Metropolregion Rhein-Neckar (ÖKOPLANA/GEONET 2009) berücksichtigt.

Zur grafischen Aufbereitung der Daten wird das Geographische Informationssystem ArcGIS 9.2 der Firma ESRI eingesetzt (siehe auch Kap. 1).

5 Ergebnisse der stationären Klimamessungen im Sommer 2009

5.1 Repräsentativität des Messzeitraums

Die statische Auswertung der stationär erfassten Klimadaten basiert auf dem Datenmaterial des Messzeitraums 10.07. - 22.09.2009.

Um die zeitliche Repräsentanz bzw. die bioklimatische Bedeutsamkeit des Messzeitraums beurteilen zu können, wurden die im Untersuchungszeitraum auftretenden Klimaparameter mittlere Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer der Wetterstation Mannheim (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) mit den Daten eines längeren Zeitraums verglichen. Zudem wurde die im Untersuchungszeitraum aufgetretene Häufigkeit der Windrichtung und der mittleren Windgeschwindigkeit an der von Bebauung weitgehend ungestörten LUBW-Station Mannheim-Nord einer längeren Zeitreihe (2001 – 2005, Datenquelle: www.lubw.de) gegenübergestellt.

Wie ein Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung belegt, ergeben sich zwischen den beiden Zeiträumen keine gravierenden Unterschiede (**Abbildung 9**).

In beiden Zeiträumen dominieren nordnordwestliche bis westliche Windrichtungen. Als Sekundärmaximum sind südliche bis südöstliche Strömungsrichtungen zu verzeichnen. Höchste Windgeschwindigkeiten sind in beiden Messzeiträumen bei südwestlichen Winden zu messen.

Die mittlere Windgeschwindigkeit von 2.60 m/s ist gegenüber dem mehrjährigen Mittel (2.80 m/s) etwas niedriger.

Tabelle 3: Monatliche Mittelwerte 2009 und deren Abweichung vom langjährigen Mittel (1961-1990) für die Wetterstation Mannheim

Monat	Mitteltemperatur in °C u. Abweichung in K		Niederschlag in mm u. in % vom Mittel		Sonnenscheindauer in Std. u. in % vom Mittel	
2009						
Juli	19.5	+0.3	96	125%	192	82
August	21.0	+2.2	16	27%	260	121
September	16.6	+1.3	31	57%	163	97
Gesamtzeit- raum	19.1 °C	+1.3 K	143 mm	75%	415 Std.	100

Quelle: Deutscher Wetterdienst

Der Verlauf der mittleren Lufttemperatur, der Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer während des Untersuchungszeitraumes 2009 (**Tabelle 3**) zeigt im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1961-1990) des Deutschen Wetterdienst teilweise Abweichungen.

Deutlich wärmer und trockener sowie etwas sonnenscheinreicher als im langjährigen Mittel zeigten sich der August sowie die erste Dekade des Septembers (August +2.2 K). Die Ergebnisse spiegeln somit die Situation bei hoher bioklimatischer Belastung wieder. Die Tageshöchstwert im Untersuchungszeitraum lag bei 38.1°C (Station Mannheim-Mitte). Der Juli sowie die zweite und dritte Septemberdekade entsprachen dagegen thermisch weitgehend den Normalwerten.

Die Niederschlagssumme war zu gering (75% vom langjährigen Mittel). Vor allem der Monat August war deutlich zu trocken. Im Juli führten insbesondere Starkregenereignisse zu einer hohen Niederschlagssumme (125%).

Die Sonnenscheindauer (100%) entsprach hingegen weitgehend dem langjährigen Mittel.

Strahlungstage, bei denen sich lokale und regionale Klimaeffekte besonders ausgeprägt darstellen, traten im Untersuchungszeitraum 10.07. - 22.09.2009 an 30% der Tage auf. Dies entspricht weitgehend dem langjährigen Mittel von ca. 25 - 30% der Tage im Jahr.

Die Daten zeigen insgesamt verstärkt bioklimatische Belastungssituationen auf.

5.2 Strömungsgeschehen und Ventilation

Kenntnisse über das ortsspezifische Strömungsgeschehen sind zur Beurteilung der klimatischen Situation notwendig, da neben den thermischen Verhältnissen vor allem die bodennahe Ventilation die Auftretenshäufigkeit von Wärmebelastung mitbestimmt.

Wie stationäre und mobile Windmessungen unseres Büros (u.a. ÖKOPLANA 2002A) in Mannheim zeigen, wird das lokale Strömungsgeschehen im Stadtgebiet im Wesentlichen durch die örtliche Flächennutzung und die Leitlinienwirkung größerer Freiräume (regionale Grünzüge) sowie des Rheins und des Neckars geprägt.

Zur weiteren Vertiefung des lokalen Strömungsgeschehens in Mannheim werden der Gesamtmesszeitraum (10.07. – 22.09.2009) sowie als eigenständiges Datenkollektiv die Strahlungstage ausgewertet, analysiert und für die einzelnen Stationsstandorte (siehe Kap. 4) in Form von Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung (Windrosen) dargestellt.

Dazu wird aus den Halbstundenmitteln des Untersuchungszeitraumes für jede Station die prozentuale Häufigkeit der Windrichtungen berechnet und in Doppelwindrosen⁶ für jeweils 30-Grad Sektoren getrennt für Tag- und Nachtstunden dargestellt. Durch die Aufteilung in verschiedene Tagesintervalle wird das ortsspezifische, tagesperiodisch wechselnde Strömungsgeschehen verdeutlicht.

⁶ Die einzelnen Teilkreise entsprechen Häufigkeiten der Windrichtung (Halbstundenmittelwerte) von 5%, 10%, 15% usw., dabei deuten die Teilstriche der Windrose in die Richtung aus welcher der Wind weht (Teilstrich nach oben entspricht einem Nordwind, nach rechts einem Ostwind). Als weitere Information wurden die mittleren Windgeschwindigkeiten der 30-Grad-Richtungssektoren für die jeweiligen Tages- und Nachthälften aufgezeichnet.

Die Windverteilung der einzelnen Stationen verdeutlicht (**Abbildungen 10.1 und 10.2**), dass im Tagesverlauf bestimmte Vorzugsrichtungen auftreten. Während der Tagstunden 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 erreicht dabei Werte um 2.6 bzw. 2.9 m/s. Im Mannheimer Stadtzentrum (Stationen *LUBW Mannheim-Mitte*, *Mannheim-Zentrum*) beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit 1.2 m/s. Die Durchlüftung ist somit gegenüber dem Freiland um über 50% reduziert.

Die Bedeutung innerstädtischer Freiräume (Plätze, Parkanlagen etc.) für den bodennahen Luftaustausch wird hierdurch deutlich. Großflächig niedrige Windgeschwindigkeiten unter 1.0 m/s unterstützen Luftschadstoffakkumulationen und sommerliche Wärmestaus.

Nach Sonnenuntergang stellen sich vermehrt lokalspezifische Windrichtungsverteilungen ein, die auch bereits im Datenkollektiv „alle Tage“ hervortreten.

An der Station *Xaver-Fuhr-Straße* unweit des Maimarktgeländes häufen sich vor allem in der ersten Nachthälfte schwache nordöstliche bis südöstliche Strömungsrichtungen, die auf flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Grünzug Mannheim-Südost und der Stadtzentrum Mannheim zurückzuführen sind. Derartige Beobachtungen konnten auch bereits bei früheren Untersuchungen (z.B. ÖKOPLANA 2002A) gemacht werden.

Am Messstandort *Waldwegstadion* ist in der Nacht eine auffallende Häufung von Windstillen zu registrieren. Hier führen die nahe gelegene Bebauung und der Baumbestand im Stationsumfeld zu einer deutlich herabgesetzten bodennahen Belüftung.

Auch im Stadtzentrum von Mannheim (Station *Mannheim-Zentrum*) ist die mittlere Windgeschwindigkeit als Folge der dichten Citybebauung gegenüber dem Freiland deutlich herabgesetzt (-55%).

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 Flurwindsystem wird offenbar.

Im Verlauf von lokalklimatisch relevanten Wetterlagen (Häufigkeit: ca. 30% der Tage im Untersuchungszeitraum) kommt es am Tag infolge lang andauernder Sonneneinstrahlung zu auffallender Erwärmung. In der Nacht bedingt die ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen eine starke Abkühlung der bodennahen Luftschichten mit intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen. Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist behindert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Lokal- und Regionalströmungen begrenzter Reichweite bestimmt, deren Existenz in ebenem Gelände Flurwindeffekten zwischen kühlem Freiland und warmer Bebauung zu verdanken ist. Je größer der Temperaturgradient und die direkten Bezugsflächen zwischen Freiland und Bebauung sind, desto intensiver ist die „Sogwirkung“.

Flurwindeffekte können vor allem an den Stationsstandorten *Xaver-Fuhr-Straße* und *Blumenauer Weg* beobachtet werden (**Abbildungen 11.1** und **11.2**).

Die geringen Windgeschwindigkeiten (max. 1.2 m/s) weisen dabei auf die Empfindlichkeit der Strömungen gegenüber Hindernissen in Form von Hochbau, Straßendämmen oder dichten Gehölzriegeln hin.

5.3 Thermische Situation

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

Die mittleren Tagesgänge für klimaökologisch relevante Strahlungstage (Untersuchungszeitraum 10.7. – 22.09.2009) zeigt, dass die Lufterwärmung nach Sonnenaufgang beginnt und im Sommer ihr Maximum zwischen 15:00 Uhr und 17:30 Uhr erreicht (**Abbildung 12**). 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. Das höchste Temperaturmaximum zeigt erwartungsgemäß die Station *Mannheim-Zentrum* (27.6°C). An den Stationen *Blumenauer Weg*, *Xaver-Fuhr-Straße* und *Waldwegstadion* werden Höchstwerte zwischen 25.8 und 26.3°C gemessen.

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. Zum Zeitpunkt des Temperaturminimums werden am Toulon-Platz gegenüber dem Freiraum nördlich von Sandhofen (Station *Blumenauer Weg*) im Durchschnitt um ca. 3.7 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. 7 K höhere Werte.

6 Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten von 2009

6.1 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 und 2001 zu ermöglichen, wurden vergleichbare Messzeitpunkte gewählt (22:00 Uhr und 05:00 Uhr MEZ).

Um die Messfahrtinformationen möglichst kleinräumig zu erfassen, wurden im Vorfeld des gemeinsamen IR-Thermalbildflug-/Luftmessfahrttermins an zwei gesonderten Terminen (06.-07.08.2009 und 18.-19.08.2009 → windschwache sommerliche Strahlungstage) Lufttemperaturmessungen durchgeführt. Hierbei lagen die Schwerpunkte auf dem Innenstadtbereich (Schwetzingenstadt, Oststadt, Quadrate, Jungbusch, Neckarstadt) und auf den Kasernenarealen (Coleman-, Spinnelli-, Turley-Barracks). Die erhobenen Informationen fließen in die gesamtstädtischen Messfahrten mit ein.

Die flächendeckenden Temperaturmessfahrten im Gesamtstadtbereich von Mannheim wurden aufgrund vorhergesagter günstiger synoptisch-meteorologischer Bedingungen (s.o.) und der Möglichkeit zur zeitgleichen Durchführung der IR-Thermalbildbefliegung in der Nacht vom 31.08. zum 01.09.2009 an zwei Terminen durchgeführt (Bezugszeitpunkte: 22:00 Uhr und 05:00 Uhr MEZ).

Wie **Abbildung 13** dokumentiert, bestimmt am 31.08.2009 noch eine antizyklonale Westlage (Wa) das örtliche Wettergeschehen. Tagsüber ist es heiter. In den Nachtstunden und am Morgen ist es nahezu wolkenlos, so dass ideale Ausstrahlungsbedingungen vorliegen.

Aus den Tagesgängen⁷ der Lufttemperatur und des Windes der temporären Messstationen lässt sich das ortsspezifische Verhalten von Lufttemperatur und Strömungsgeschehen entnehmen (**Abbildung 14**).

Tagsüber stellen sich im Stadtzentrum von Mannheim Lufttemperaturen bis über 30°C ein (→ heißer Sommertag). Im Freiland und am Stadtrand werden noch Tageshöchstwerte von ca. 28 - 29°C registriert. Der Wind ist recht böig, wobei an der Station *Xaver-Fuhr-Straße* zeitweise mittlere Windgeschwindigkeiten bis 4.5 m/s gemessen werden.

Nach 18:00 Uhr flaut der Wind deutlich ab und während des ersten Messfahrttermins (20:30 – 22:30 Uhr) ist es sehr windschwach (Idealverhältnisse für die flächendeckende Erhebung der Lufttemperatur). Die max. Windgeschwindigkeit beträgt 1.5 m/s am *Großkraftwerk Mannheim*.

Die Lufttemperaturkurven zeigen mit Sonnenuntergang ein starkes Abfallen, was auf intensive Ausstrahlung hindeutet.

Nach Abschluss der Messungen gegen 22:30 Uhr frischt der Wind vor allem im Norden von Mannheim (Station *Blumenauer Weg*) böig auf. Die bodennahe Kaltluft wird mit Luftmassen aus höheren atmosphärischen Schichten durchsetzt, was einen auffallenden Temperaturanstieg zur Folge hat - die nächtliche Abkühlung wird unterbrochen.

Kurz vor Sonnenaufgang (Zeitpunkt des zweiten Messfahrttermins) flaut der Wind wieder etwas ab. Die Abkühlung setzt wieder ein.

Die Unterbrechung der nächtlichen Abkühlung hat zur Folge, dass die Temperaturgegensätze zwischen Freiland und Bebauung zum Zeitpunkt des zweiten Messfahrttermins etwas gedämpft sind.

⁷ (Zeichenerklärung: Die Windfahnen weisen in die Richtung, aus welcher der Wind kommt; ganzer Teilstrich = 1.0m/s, halber Teilstrich = 0.5m/s.)

6.2 Verteilung der Lufttemperatur nach Messfahrten am 31.08.-01.09.2009

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 ist 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 (**Karten 2 und 3a/b**⁸) zeigen die flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur während einer klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlage.

Da die Messfahrten zeitgleich mit der Thermalbildbefliegung 2009 stattfanden, ist eine direkte Vergleichbarkeit der Lufttemperaturverteilung mit den Oberflächen-temperaturen möglich.

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 K.

Während der vorliegenden Messfahrten wurden im Stadtgebiet von Mannheim Lufttemperaturunterschiede bis ca. 8 K gemessen.

⁸ Zur Darstellung der Karten 2 und 3a/b sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen *Stadtkarte*, *Lufttemperatur_22* und *Lufttemperatur_05(b)* zu öffnen. Karte 3b entspricht der Karte 3a, nur wurde bei der Farbgebung die 22 Uhr Karte zu Grunde gelegt.

6.2.1 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten - 22:00 Uhr

Wie die Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes dokumentieren (siehe **Abbildung 14**), entwickelt sich im Untersuchungsgebiet nach Sonnenuntergang ein räumlich differenziertes Strömungsgeschehen, das sich auch auf die Verteilung der Lufttemperatur auswirkt.

Karte 2: Auf der Isothermenkarte von 22:00 Uhr lassen sich deutlich die flächennutzungsspezifischen thermischen Unterschiede im Stadtgebiet von Mannheim erkennen.

Die durchschnittliche Lufttemperatur im Gesamtstadtgebiet von Mannheim beträgt 18.8°C. Die maximale Temperaturdifferenz beläuft sich auf 8.5 K.

Die tiefsten Werte (15.2°C bzw. 15.5°C) werden über den Wiesen und landwirtschaftlich genutzten Flächen südlich und östlich von Straßenheim gemessen. Die im Gelände eingetieften ehemaligen Mäander des Neckars bilden kleinteilige Kaltluftsammelgebiete. Vergleichbar niedrige Lufttemperaturen werden großflächiger auch im Bereich der Niederterrasse des Sandtorfer Bruchs nördlich des Flugfeldes der Coleman Barracks bzw. östlich der B 44 gemessen. Begrenzt wird dieser Bereich der niedrigsten Temperaturen nach Osten durch den Niederterrassenrand.

Bei vorherrschenden schwachen östlichen Winden (vgl. **Abbildung 14** - Station *Blumenauer Weg [4]*) neigen diese Freiräume, unterstützt durch die Muldenlagen, zu bodennahen Stagnationen, so dass sich örtliche Kaltluftseen ausbilden. Westlich der B 44 ist die Kaltluftstagnation weniger stark ausgeprägt (16.0 - 17.0°C), da die schwache östliche Strömung dort etwas stärker in den bodennahen Raum eingreifen kann. Ausgenommen sind jedoch auch hier ausgeprägte Muldenlagen, wie z.B. nordwestlich der BAB-Anschlussstelle Mannheim-Sandhofen (Hirtenwiese, Im Grund; 15.7°C). Im Lee des Autobahndammes und des Gewerbegebietes (IKEA) nördlich der BAB-Anschlussstelle kommt es zu verstärkter Stagnation (→ Ausbildung lokaler Kaltluftseen).

Rasche nächtliche Abkühlung (Lufttemperaturen zwischen 16.0 und 17.0°C) zeigt sich auch zwischen dem Autobahndamm der A 6 und der Wohnbebauung Sandhofen, flächig im Bereich des Käfertaler Waldes, im Freiraum zwischen der Gartenstadt und der Benjamin Franklin Village, über den Riedwiesen südlich des Rheinauhafens sowie über den landwirtschaftlichen Flächen zwischen dem Marktgelände 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 ($>23.0^{\circ}\text{C}$) stellt sich von der Schwetzingenstadt über die Mannheimer Innenstadt bis zum Handelshafen ein. In einem von Luisenring – Rathaus – Paradeplatz – Markplatz – Zentralinstitut umrissenen Bereich werden Lufttemperaturen bis 23.7°C registriert. Werte knapp über 23.0°C sind auch in der Neckarstadt sowie enger umgrenzt über den Industrieflächen östlich und westlich des Industriehafens, der Wohnbebauung Lindenhof (Feuerwache Mitte, Bellen-, Landteil-, Rheindammstrasse), den Industrieflächen Lindenhof (John-Deere-Werke, Hochschule Mannheim, Joseph Vögele AG) sowie in einem Bereich vom Ortskern Neckarau bis zum Großkraftwerk zu erfassen.

Im Stadtteil **Seckenheim** stellt sich zwischen dem Ortszentrum und dem Niederfeld (16.5°C) ein Temperaturgefälle bis 6.0 K ein. Die schwache Luftbewegung kann einerseits nicht effektiv der Wärmeinselbildung über der dichten Bebauung entgegentreten, andererseits begünstigt sie die intensive bodennahe Kaltluftproduktion über den landwirtschaftlichen Flächen in den klimaökologischen Ausgleichsräumen westlich und östlich der BAB A 6. Hier macht sich zudem der Autobahndamm als Strömungshindernis bemerkbar. Die schwache östliche bis südöstliche Luftströmung reicht in Lee-Lage nicht mehr aus, die bodennahe Kaltluft abzutransportieren und verstärkt in die benachbarten klimaökologischen Wirkungsräume zu verfrachten.

Bei der vorherrschenden Schwachwindwetterlage reicht der thermische Einfluss der Bebauung von Seckenheim kaum über die Randerschließungsstraße nach Westen bzw. Südwesten hinaus.

Thermisch positiv ist in Seckenheim die vegetationsbedeckte Uferzone (LSG Wörth/Gänsweide) zu bewerten. Die Niederung 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.

Bedingt durch die überdurchschnittlich warme Witterung der vorangegangenen Wochen weisen die Wasserflächen des Neckars allerdings ein relativ hohes thermisches Potenzial auf. Dies wirkt sich hier, wie auch im gesamten Verlauf des Neckars und des Rheins in einer teilweise deutlichen Temperaturerhöhung im Uferbereich aus.

In der älteren Ortskernbebauung von Seckenheim heben sich die zusammenhängenden Garten- und Grünflächen zwischen Seckenheimer Hauptstraße, Zähringer Straße und Badener Straße als Inseln hervor. Abgeschattet durch die teilweise geschlossenen Hausfronten kann sich die stagnierende Luft hier stärker abkühlen.

Wie bereits erwähnt, wird die thermische Situation im Südosten von Mannheim in der ersten Nachthälfte (22:00 Uhr) wesentlich von schwachen östlichen bis südöstlichen Winden bestimmt. Infolge ungehinderter Ausstrahlung (wolkenlos) ist im Bereich des **Grünzuges Südost** intensive Abkühlung zu erkennen, so dass sich beispielsweise zwischen dem Niederfeld (16.5 °C) und der Bebauung **Neuhermsheim** (21.2°C) bzw. der Bebauung **Neuostheim** (21.5°C) Temperaturunterschiede bis ca. 4.7 K bzw. 5.0 K einstellen.

Im Bereich des „**Messe- und Sportparks Mannheim**“ zwischen Gewerbegebiet Mühlfeld und Rangierbahnhof werden maximale Temperaturunterschiede bis nahe 3.0 K registriert (niedrigste Werte im Gewann Niederfeld westlich der BAB A6, höchste Werte im Eingangsbereich des Maimarktgeländes und im Bereich der SAP-Arena mit etwa 19.3° 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. Etwas geringer sind die Unterschiede zwischen Messe-/Sportpark Mannheim sowie dem Gewann Kloppenheimer Feld (Minimum 17.2 °C). Bedingt durch lokal intensivere Ventilationseffekte ist die bodennahe Abkühlung über den landwirtschaftlichen Flächen im Kloppenheimer Feld im Vergleich zum Mittelfeld weniger stark ausgeprägt.

Im Stadtteil **Hochstätt** führt die vergleichsweise kleinflächige Ausdehnung der Bebauung zu einer geringeren Ausprägung der Wärmeinsel. Die Temperaturdifferenzen zum benachbarten Freiland des Kloppenheimer Feldes liegen bei etwa 2.0 K. Ein deutlich größeres Temperaturgefälle (bis nahe 3.0 K) stellt sich zum südöstlich angrenzenden Gewann Am Bahnhof ein. Umgrenzt vom Damm der BAB A6, dem Rangierbahnhof und der Bebauung Hochstätt kommt es hier über den landwirtschaftlichen Flächen durch Leeeffekte zu verstärkter Stagnation mit Bildung eines lokalen Kaltluftsees.

In **Friedrichsfeld** wird gegen 22:00 Uhr ein mit dem Stadtteil Seckenheim vergleichbares Temperaturniveau erfasst. Die Wärmeinseln sind mit Werten bis 22.3°C im Gewerbegebiet westlich der Bahnlinie und im Ortszentrum jeweils etwa gleich stark ausgeprägt. Innerhalb der Gewerbebebauung zeigen sich allerdings etwas größere thermische Differenzierungen westlich der B43 (Industriegebiet Friedrichsfeld-West) zwischen FRIATEC und der Elsa-Brändström-Straße. Hier ist insbesondere über den noch vorhandenen Grün- und Brachflächen die nächtliche Abkühlung intensiviert. In Richtung Pferderennbahn (westlich des Holzwegs) nimmt die Lufttemperatur über den landwirtschaftlichen Flächen deutlich ab. Der Temperaturunterschied zur Wärmeinsel Friedrichsfeld erreicht bis zu 5.0 K.

Von Friedrichsfeld in Richtung **Alteichwald** ist während der 22:00 Uhr-Messfahrten ebenfalls eine deutliche Temperaturabnahme zu verzeichnen. Sie ist besonders markant im südlichen Ortsrandbereich von Friedrichsfeld ausgeprägt, was die klimaökologische Gunstwirkung der Ausgleichsräume belegt.

Im Bereich des Friedhofes Alteichwald sowie der umliegenden landwirtschaftlichen Flächen liegt das Temperaturminimum um 22:00 Uhr bei etwa 17.5 °C. Die Differenz zur Bebauung Friedrichsfeld erreicht nahezu 5.0 K.

Die lockere Bebauung Alteichwald (bis etwa 18.5 °C) zeigt gegenüber den landwirtschaftlich genutzten Flächen nur eine leichte Überwärmung (etwa 1.0 K).

Die Lufttemperaturen im Gebiet des **Unteren Dossenwaldes** sind mit den registrierten Werten im Bereich des Mittelfeldes vergleichbar. Niedrigste Lufttemperaturen werden über Lichtungen (Wasserwerk Rheinau 17.7 °C, Gewinn Brunnenfeld 17.5 °C, Gewinn Im Eichwald 17.2 °C) aufgezeichnet. Infolge des waldbedingten Windschutzes und der ungehinderten Ausstrahlung weisen derartige Flächen intensive nächtliche Abkühlung auf. Bei der vorliegenden Situation frischte im Süden von Mannheim der Wind während der 22:00 Uhr-Messfahrt kurzzeitig auf (mittlere Windgeschwindigkeit über 1.5 m/s), so dass hier die Abkühlungsintensität etwas geringer ist als im Mannheimer Norden. So liegt das Temperaturniveau im Mittel etwa 1.0 bis 2.0 K höher als über dem Käfertaler Wald.

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 (22:00 Uhr) sind die Riedwiesen an der südwestlichen Stadtgrenze von Mannheim bereits intensiv abgekühlt (ca. 16.5 °C). In Richtung Hafengelände steigt die Lufttemperatur auf relativ kurzer Distanz (Antwerpener Straße - Essener Straße) um ca. 5.0 K an. Hier machen sich die z.T. großflächig versiegelten Stellflächen und die Strahlungswärme der Industriebauten thermisch negativ bemerkbar.

Innerhalb des Hafengebietes 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 22.5 °C gemessen (Differenz zu den Riedwiesen 6.0 K) und über den Grün- und Brachflächen an der Ruhrorter Straße sowie zwischen der TH. GOLDSCHMIDT AG und der Rhenaniastraße bis 20.2 °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.

Zwischen der Rhenaniastraße und der Relaisstraße ist in Richtung Osten eine leichte Temperaturzunahme um etwa 0.8 K zu beobachten. Hier macht sich bereits der Einfluss der Wärmeinsel Rheinau-Zentrum bemerkbar, die in Richtung Osten bis Bruchsaler Straße reicht.

Im Osten von Rheinau zeigt sich im Bereich des Rheinauer Rings der Einfluss von Kaltluftzufuhr aus dem östlich angrenzenden Freiland. Gegen 22:00 Uhr stellt sich zwischen dem Stadtteilzentrum Rheinau und dem östlichen Bebauungsrand ein Temperaturgefälle von ca. 2.5 K ein. Ein noch intensiverer Einfluss des östlichen Freiraumgefüges auf die thermische Situation in Rheinau wird durch die Trassen der B 36 und der A 6 unterbunden.

Nur mäßig überwärmt zeigt sich das **Gewerbegebiet Mallau**. Gegenüber dem Industriegebiet Rheinau Hafen werden während des ersten Messfahrttermins um ca. 2.0 - 2.5 K niedrigere Lufttemperaturen gemessen. Die Temperaturdifferenz zum nördlich des Rangierbahnhofes gelegenen Gewanns Kloppenheimer Feld beträgt etwa 2.5 bis 3.0 K. Im Gewerbegebiet Mallau begünstigen noch gebietsinterne Brachflächen die nächtliche Abkühlung sowie den Luftaustausch zwischen Freiland (z.B. Atzelaue) und Bebauung.

Verhältnismäßig geringe Überwärmungstendenzen zeigt die Wohnbebauung **Pfingstberg**. Bedingt durch die geringe Ausdehnung des Stadtteils in Kombination mit intensiver Durchgrünung und der klimaökologischen Wirkung der angrenzenden Waldflächen kühlt sich die Bebauung am Abend relativ schnell ab → Temperaturdifferenz zu den benachbarten Waldflächen etwa 1.0 bis 1.5 K.

Im Stadtteil **Neckarau** bildet sich auf der Isothermenkarte von 22:00 Uhr der Bereich vom Ortszentrum über das Seilwolk-Center bis zum Großkraftwerk Mannheim als Wärminsel ab. Mit Werten bis etwa 23.3 °C (Stadtteilzentrum) werden nur etwas niedrigere Lufttemperaturen als in der Mannheimer Innenstadt gemessen. Als Folge der hohen Bebauungsdichte und der herrschenden schwachen süd- bis südöstlichen Luftströmung kann der Wärmeinseleffekt um 22:00 Uhr nur in vermindertem Maß reduziert werden, da sich hier in Zuströmrichtung überwiegend überbaute Flächen finden (Rheinauhafen / Rheinau). Eine abendliche Abkühlung über die Wohlfahrtswirkung der westlich und südwestlich angrenzenden klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräume (Waldpark/Reißinsel, Aufeld, Rottfeld) kann sich bei der vorherrschenden Strömungssituation im Ortskern nicht durchsetzen.

Auffällig ist der markante Temperaturrückgang vom Ortskern zum Gewann Aufeld um etwa 5.0 K. Vor allem am Bebauungsrand vollzieht sich dieses Gefälle 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 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 nur wenig ab (etwa 1.0 K). Erst westlich des Platzes ist bis zum Franzosenweg ein auffallender Temperaturrückgang (ca. 5.5 K) zu verzeichnen. Vor allem innerhalb der Wohnbebauung Niederfeld und zwischen Rheingoldstraße und Aufeld macht sich die direkte Lagebeziehung zu klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen in rascher abendlicher Abkühlung positiv bemerkbar. Die niedrigsten Werte werden über den Freiflächen zwischen Waldpark und der Rheingoldhalle in den Gewannen Große Platte/Oberes Rottfeld verzeichnet.

Im Stadtteil **Almenhof** östlich der Steubenstraße bewegen sich die Messwerte gegen 22:00 Uhr relativ homogen zwischen 22.0 °C und nahe 23.0 °C. Kleinere bebauungsinterne Grünflächen (z.B. August-Bebel-Park und 48er Platz) heben sich zwar teilweise hervor, 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 durchgrünten Wohnbebauung sowie des Waldparks/Rottfeldes. Am westlichen Bebauungsrand werden im Vergleich zur Steubenstraße etwa 2.0 bis 2.5 K niedrigere Temperaturen beobachtet. Darüber hinaus bezeugen 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 bis zur Joseph Vögele AG und die Wohnbebauung im Ortskern (Feuerwache Mitte, Bellen-, Landteil-, Rheindammstrasse) mit Werten bis 23.3°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 19.7°C etwa 3.5 K kühler als das Ortszentrum Lindenhof) funktioniert als klimaökologischer Ausgleichsraum, dessen thermische Gunstwirkung bei der vorherrschenden Wetterlage jedoch 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 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.

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 den G-, H- und I-Quadraten 2 - 7 sowie über den Luisenring bis zum angrenzenden **Jungbusch** mit Werten bis 23.8°C registriert. In der Schwetzingenstadt erreichen sie im Bereich zwischen Wasserturm und Hauptbahnhof bis 23.6°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 21.7 °C etwa 1.5 K niedrigere Werte als in der angrenzenden Bebauung (bis 23.2°C) gemessen. Die Reichweite der thermischen Positivwirkung ist allerdings weitgehend auf den Nahbereich des Friedrichsplatzes beschränkt und verliert sich in der dichten Bebauung nach wenigen Dekametern. Folgt man beispielsweise dem Profil Wasserturm - Planken (Heidelberger Straße) wird mit Beginn der Bebauung O7 und P7 bereits das innerstädtische Temperaturniveau erreicht.

Als kühlere Bereiche zeichnen sich innerhalb der Quadrate auch die Lauerschen Gärten (gegen 22:00 Uhr Temperaturunterschied zur angrenzenden Bebauung 1.2 K), der Schillerplatz (0.8 K) und der Lameygarten (0.7 K) 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 Situation⁹.

Zwischen Mannheimer Schloss und Parkring zeigt sich im Bereich der Quadrate A5 und B6 ebenfalls ein Bereich mit etwas niedrigeren Lufttemperaturen. Hier kann kühlere Luft aus den Parkflächen zwischen den Brückenauffahrten zur Konrad-Adenauer-Brücke (bis etwa 1.5 K kühler als der Einmündungsbereich Kurpfalzstraße/Bismarckstraße/Ehrenhof Schloss) und der Bismarckstraße bis in die Bebauung vordringen.

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 22:00 Uhr bis etwa 1.7 K niedriger als in den Innenstadtquadraten im Bereich Herschelplatz-Herschelbad bzw. bis zu 1.4 K 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 18.6 °C) und der angrenzenden Bebauung etwa 4.5 K unter den Werten der Augustaanlage (23.0 °C) bzw. des Bereiches Rosengarten/Tullaschule (23.2 °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.

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 23°C erstreckt sich zungenförmig nach Osten über die Möhlstraße in das Gewerbegebiet Fahrloch bis zum Großmarkt.

⁹ Kleinräumige Untersuchungen von SEITZ, R. (1975) und FRANKENBERG, P./SPITZ, M. (1991) weisen darauf hin, dass an Strahlungstagen nach Sonnenuntergang zwischen der angrenzenden Bebauung und den Lauergrärten zeitweise mit Temperaturdifferenzen bis über 2.0 °C gerechnet werden kann.

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 im bodennahen Bereich 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 Wärmepotential der Wasserflächen und bedingt durch die tiefe Lage des Neckarvorlandes kann das Kaltluftpotential jedoch keine weiterreichende thermische Wirkung entfalten.

In der **Neckarstadt** bildet sich zwischen Friedrich-Ebert-Straße und Pumpwerkstraße eine eigenständige Wärmeinsel aus. Hier werden gegen 22:00 Uhr Lufttemperaturen bis 23.3°C registriert. Von Norden wird sie räumlich durch die aufgelockerte Bebauung zwischen Carl-Benz-Straße und August-Kuhn-Straße/Jakob-Trumppheller-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 18.7°C. Die Temperaturdifferenz zum Stadtteilzentrum Neckarstadt erreicht etwa 4.5 K.

Durch die Grünflächen des Herzogenriedparks sowie die Freiräume im Bereich der Radrennbahn (19.5 bis 20.0°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 22:00 Uhr in der Herzogenriedbebauung etwa 2.0 - 2.5 K niedriger als im Stadtteilzentrum Neckarstadt. Ein analoges Geschehen lässt sich auch im Bereich Exerzierplatz-Ulmenweg-Am Brunnenpfad erkennen (im Vergleich zum Ortszentrum Neckarstadt etwa 2.0 bis 2.5 K niedrigere Temperaturen). Ein weiteres Beispiel für die Gunstwirkung stärkerer Durchgrünung zeigt sich in der Bebauung zwischen Untermühlaustraße/Waldhofstraße sowie zwischen Zeppelinstraße und Pumpwerkstraße.

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 22.0°C gemessen und reichen im Industriehafen in den Bereichen Industriestraße/Lagerstraße und Friesenheimer Straße/Franzosenstraße mit 23.2 °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 22.8°C werden im Bereich Luzenberg/Werksgelände der Daimler AG verzeichnet. Gegen 22:00 Uhr beträgt hier der Temperaturunterschied zum Freiraum „Radrennbahn“ bis 4.2 K. 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 nächtliche Abkühlung. Kühlere Luft aus dem Freiraum „Radrennbahn“ 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 etwa 3.0 K niedrigere Lufttemperaturen gemessen als im Zentrum der Bebauung Luzenberg. 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 um über 4.0 °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) 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 Kaltluftpotential 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 22.7°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 Werks- gelände und der Bebauung nordöstlich der Waldstraße und östlich der Alten Frankfurter Straße auf relativ kurze Distanz (250 m) 2.0 - 3.0 K. Das deutlich niedrigere Temperaturniveau resultiert aus der Gunstwirkung der benachbarten locker durchgrünt 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 Eduard-Spranger-Schule (19.5 bis 20.0°C) ziehen, verfolgen. Unterbrochen von der Waldstraße hebt sich der bandartige Grünzug besonders ausgeprägt am Carl-Benz-Bad (17.0 bis 18.0°C) ab, wo er schließlich im weiteren Verlauf Anschluss an den Freiraum Käfertaler Wald (16.0 bis 17.0°C) findet.

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 bis 4.0 K). 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 (16.5 bis 17.0°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 20.2°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 (→ Flurwindeneffekt).

Deutlich wird dies im weniger kontrastreichen Temperaturgegensatz zwischen Freiraum und Bebauung (etwa 3.5 bis 4.0 K) und in der leichten Verschiebung der Wärmeinsel zu den Gewerbegebieten am westlichen Bebauungsrand.

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 22:00 Uhr bei 15.5 - 16.5°C) nördlich der BAB A 6 hat zur Folge, dass die Siedlungen bereits in der ersten Nachthälfte nur noch mäßig überwärmt sind. So werden in Blumenau bis 19.2°C und in Kirschgartshausen bis 17.4°C gemessen. Etwas wärmer heben sich die Wohnbebauung Scharhof und das sich westlich der Frankenthaler Straße anschließende Gewerbegebiet am IKEA-Center (jeweils bis 20.2°C) hervor. Noch weiter westlich stellt sich zu den tiefer liegenden angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen auf kurzer Distanz eine abrupte Temperaturabnahme um 4.5 K 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 deutlich markanter ausgeprägt als in den benachbarten Stadtteilen Blumenau, Schönau und Scharhof. Das hohe Wärmepotenzial des flächig versiegelten Flugfeldes und der zugehörigen Bebauung dämpfen den abendlichen Temperaturrückgang in erheblichem Maß und überkompensieren den abkühlenden Effekt aus dem angrenzenden Freiland auch bei nördlicher bis nordöstlicher Strömungskomponente. Mit Werten bis 21.4°C um 22:00 Uhr werden hier bis etwa 6 K höhere Werte als im Sandtorfer Bruch gemessen. Stagnationsbedingt weisen die vegetationsbedeckten muldenartigen Areale sehr niedrige Lufttemperaturen auf.

Der Damm der BAB 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 22.5 °C). Über den innerörtlichen Gartenflächen liegen die Werte etwa 1 K 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 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.

Über den landwirtschaftlichen Freiflächen nördlich und westlich der Bebauung Sandhofen werden die niedrigsten Werte mit etwa 16.5°C verzeichnet. Begrenzt wird dieser bodennah kühle Bereich vom Damm der BAB 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 herrschen lokal bis gegen 22:00 Uhr vorrangig schwache östliche Windrichtungen (Station Blumenauer Weg 0.5 m/s) vor, so dass die thermische Positivwirkung der Ventilationsbahn weniger deutlich zum Tragen kommt. Dies zeigt auch der relativ rasche Temperaturanstieg über den Industrieflächen der SCA Hygiene Products südlich der Frankenthaler Straße. Die Temperatur erreicht hier mit Werten bis etwa 22.5°C annähernd das Niveau des Ortszentrums Sandhofen und liegt etwa 2.0 K höher als in der Bebauung Schönau.

Auf der **Friesenheimer Insel** schwanken die Lufttemperaturen zwischen 17.6 °C über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen im Gewann „Kühunterhorst“ und 23.2 °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 Diffenéstraße 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 Diffenéstraße im Bereich von Max-Bornstraße und Rudolf-Dieselstraße) zeigen dagegen bei etwas intensiverer Ventilation kaum merkliche lokale Abkühlungseffekte.

Relativ kühl sind auch die Freiflächen nördlich des BASF Tanklagers (Gewann „Kalter Horst“) bis zum Mündungsbereich des Altrheines (Weidenschlägel) mit Lufttemperaturen zwischen 18.0 und 19.0°C.

Als überwärmte Teilbereiche lassen sich auf der Isothermenkarte von 22:00 Uhr neben den Industrieflächen an der Friesenheimer Strasse auch die Schuttdeponie (etwa 22.5°C) und der Bereich der Müllverbrennungsanlage und das sich nordwestlich anschließende Umfeld an der Ölhafenstraße erkennen (Temperaturen bis 22.5°C).

Ausgehend von Innen- und Neckarstadt erstreckt sich die Wärmeinsel zungenförmig entlang der Friedrich-Ebert-Straße und der Mannheimer Straße über den Stadtteil Wohlgelegen (gegen 22:00 Uhr Temperaturen zwischen 22.0°C und nahe 23.0°C) bis zu den dicht überbauten Industrieflächen (Asea Brown Boveri AG, 22.0 bis 22.4 °C) in Käfertal. Relativ überwärmt zeigen sich in **Wohlgelegen** auch die Industrie- und Gewerbeflächen zwischen Gutenbergstraße und Dudenstraße.

Eine deutliche Temperaturabnahme ist im Nahbereich zum Hauptfriedhof sowie über dessen Grünflächen (19.0 bis 20.0 °C) zu beobachten. Der Temperaturgegensatz (etwa 2.0 bis 3.0 K) 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 22:00 Uhr von den Industrieflächen im Bereich der ABB AG zum alten Ortskern (Obere Riedstraße/Wormser Straße bis 21.2°C) um etwa 1.0 bis 1.5 K 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 19.7°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 Kasernengelände der Spinelli Barracks angrenzt, ist dort der Einfluss des Grünzuges Nordost nur noch 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 18.5°C). Ihre Positivwirkung strahlt nur stellenweise bis in die benachbarte Bebauung aus, wie das niedrige Temperaturniveau im Umfeld Deidesheimer Straße/Philippuskirche belegt.

Der neue Stadtteil **Im Rott** zeigt trotz der teilweise relativ dichten blockartigen Baustruktur keine markante Überwärmung. Mit Werten bis etwa 20.6°C werden etwas niedrigere Temperaturen als im Ortskern Käfertal gemessen. Dies ist einerseits durch die kleine Ausdehnung des Wohngebiets bedingt und andererseits auf den thermischen positiven Einfluss des südlich angrenzenden Grünzuges Nordost zurückzuführen.

Relativ warm hebt sich über weite Bereiche das Kasernengelände der **Spinelli Barracks** zwischen Käfertal und Feudenheim hervor. Die höchsten Lufttemperaturen werden mit bis zu 21.8°C über den überbauten Arealen nördlich des Wingersbuckels gemessen und liegen noch etwas über dem Niveau des Ortskerns Käfertal. Im Bereich der Bebauung gestaltet sich das Temperaturfeld (> 21.0°C) weitgehend homogen. Etwas niedrigere (19.0 bis 20.0°C) Werte werden über den unbebauten 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 bis 4.0 K.

Intensive Abkühlung stellt sich in der **Feudenheimer Au**, im Bereich **Sellweiden** und im **Neckarvorland** (Egelwasser) ein. Die Temperatur sinkt gegen 22:00 Uhr teilweise bis auf 17.5°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 22:00 Uhr im Ortskern und entlang der Hauptstraße eine Zone stärkster Überwärmung mit Werten bis 22.2°C. Während im Westen die Wärmeinsel mit Temperaturen über 21.0°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 4.5 K 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 Geländeneiveauunterschiede: 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.

Im Stadtteil **Wallstadt** ist der Wärmeinseleffekt im Vergleich zu Feudenheim etwas weniger stark ausgeprägt. Gegen 22:00 Uhr werden Werte bis 21.7°C gemessen. Der Bereich mit den höchsten Lufttemperaturen (über 21.0°C) umfasst eine relativ große Fläche. Sie wird grob im Norden von der Straßenbahnlinie 4, im Osten von der Alemannenstraße und im Süden und Westen von einer Linie Kühlsheimer 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 BAB A 6 bei östlicher Anströmung zu Stagnationseffekten im Leebereich westlich der Autobahn. Als 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 1.5 bis 2.0 K). Bedingt durch die Muldenlage ist sein thermisches Wirkungspotential jedoch stark begrenzt.

Im Bereich des Neubaugebietes **Wallstadt-Nord** stellt sich ein kontinuierliches Temperaturgefälle zum angrenzenden Grünzug Nordost ein. Hier macht sich der direkte Freiraumbezug bemerkbar. Ausgehend vom Bahnhof Wallstadt (21.2°C) nach Norden bis zu den Gewannen „Im mittleren Grund“ bzw. „Hinter dem Friedhof“ (17.4 bis 18.0°C) beträgt der Temperaturgegensatz um 22:00 Uhr über 3.5 K.

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 Strahlungs Nächten ein deutlich homogeneres Temperaturfeld als der benachbarte Stadtteil **Wallstadt**. In Vogelstang liegen die Lufttemperaturen gegen 22:00 Uhr überwiegend zwischen 19.7°C und 21.2°C.

Ein ähnlich homogenes Temperaturfeld zeigt auch die sich nördlich der B 38 anschließende Wohnsiedlung **Benjamin Franklin Village**. Ebenfalls bedingt durch die offene und stark durchgrünte Bauweise sowie die Nähe zum Freiraum zwischen Wasserwerkstraße und Lampertheimer Strasse bzw. den Flächen des Käpfertaler Wald liegen die Temperaturen hier zwischen 19.0 und 20.5°C.

An den Stadtteil Vogelstang grenzen im Osten Gewerbeflächen, das Militärareal der Taylor Barracks und das Einkaufszentrum Real / Mann Mobilia / Bauhaus. Vor allem im Bereich des flächig versiegelten Einkaufszentrums sowie über Teilbereichen der **Taylor Barracks** werden, trotz Nachbarschaft zum östlich der BAB A 6 angrenzenden Freiraum, um 22:00 Uhr mit Werten bis 21.5°C teilweise höhere Temperaturen als im Ortszentrum Vogelstang verzeichnet.

6.2.2 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten - 05:00 Uhr

Die **Karte 3** stellt die flächenhafte thermische Situation in Mannheim vor Sonnenaufgang gegen 05:00 Uhr dar.

Nach Ende der ersten Messfahrt frischt der Wind im gesamten Stadtgebiet wetterlagenbedingt deutlich auf → fortschreitender Abbau der noch herrschenden Hochdruckwetterlage mit Zunahme der geostrophischen Höhenströmung. Zwischen 23:00 Uhr und 04:00 Uhr werden flächig mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen etwa 1.5 und 4.0 m/s gemessen. Erst nach 04:00 Uhr nimmt die Strömungsintensität vorübergehend wieder ab (1.0 - 2.5 m/s). Entsprechend der sich intensivierenden Winde kommt der typische ausstrahlungsinduzierte nächtliche Temperaturrückgang zum Stillstand. Infolge der verstärkten Advektion von Höhenwarmluft werden insbesondere im Freiland nach 22:00 Uhr sprunghafte Temperaturzunahmen verzeichnet (Blumenauer Weg von 16.8°C auf 22.1°C), so dass sich das Temperaturfeld im Stadtgebiet nachfolgend stark nivelliert. Erst gegen Morgen können sich bei schwächerer Ventilation wieder etwas deutlichere flächennutzungsspezifische Unterschiede einstellen, ohne jedoch das typische Geschehen während schwachwindiger sommerlicher Strahlungsnächte widerzuspiegeln.

Da es Ziel ist, die Bedingungen weitgehend ungestörter Strahlungssituationen der zweiten Nachthälfte darzustellen, sind die Ergebnisse der verdichteten Teilmessfahrten vom 25./26. Juli und 08./09. August in die Darstellung der 05-Uhr-Isothermenkarte ergänzend eingeflossen und auf das Temperaturniveau des Tagesganges vom 31.08.09 – 01.09.09 extrapoliert worden.

Auf Basis dieser aus mehreren Messfahrten erstellten Isothermenkarte 05:00 Uhr ist zwischen erster und zweiter Fahrt die Lufttemperatur im Zuge der nächtlichen Abkühlung in der Mannheimer City um ca. 2.5 K und in kühleren Freiräumen um ca. 2.0 bis 3.0 K zurückgegangen.

Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen kühlpsten und wärmsten Bereichen liegen in dieser Nacht um 05.00 Uhr bei ca. 7.5°C. Die durchschnittliche Lufttemperatur im Gesamtstadtgebiet beträgt 16.8°C.

Die tiefsten Temperaturen werden im Freiraum Nordost lokal in den Mulden der früheren Neckarmäander bei Straßenheim gemessen (13.8°C). Ähnlich niedrige Werte mit etwas über 14.0°C weisen der Freiraum nördlich der BAB A 6 in den Bereichen der Landschaftsschutzgebiete östlich von Kirschgartshausen, des Sandtorfer Bruchs und westlich zwischen der B 44 und dem Hauptklärwerk auf. Bei windschwachen Strahlungsnächten neigt die über den vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen bodennah entstehende Kaltluft vor allem in leichten Senken zu Stagnation, was intensive Abkühlung bewirkt.

Lufttemperaturen zwischen 14.0 und 15.0°C stellen sich gegen 05:00 Uhr kleinräumig auch im Bereich der Feudenheimer Au, im Mittelfeld westlich der Pferderennbahn Friedrichsfeld sowie zwischen Friedrichsfeld und Rheinau in Waldlichtungen im Unteren Dossenwald (Brunnenfeld, Brunnstücker) bzw. den sich östlich des Unteren Dossenwaldes anschließenden landwirtschaftlichen Flächen im Gewann „Im Eichwald“ ein.

Die Zone niedriger Lufttemperaturen unter 16.0°C reicht im Freiland westlich der Frankenthaler Straße (B 44) bis zum Altrhein. Östlich der Frankenthaler Straße erstreckt sich das Gebiet niedriger Lufttemperaturen über den Sandhofer und Käfertaler Wald bis zur Vogelstang/Benjamin-Franklin-Village bzw östlich von Vogelstang und Wallstadt über den Grünzug Nordost zunehmend inselhaft bis zu den Bereichen Feudenheimer Au, Sellweiden, Egelwasser.

Größere zusammenhängende Gebiete niedriger Lufttemperaturen unter 16.0°C – teilweise auch inselhaft aufgelöst - sind auf der Isothermenkarte von 05:00 Uhr im südöstlichen Stadtgebiet zu erkennen. So im Bereich Seckenheim/Suebenheim/Hochstätt/Friedrichsfeld (Niederfeld, Mittelfeld, Oberfeld, Kloppenheimer Feld) und östlich Rheinau bzw. südlich/südöstlich Friedrichsfeld. Etwas kleinere Bereiche mit Werten unter 16.0°C zeigen sich noch südlich des Rheinauer Hafens über den Riedwiesen sowie westlich von Neckarau zwischen der Bebauung Niederfeld und dem Waldpark.

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 in den Quadraten von Mannheim. Die City hebt sich als deutlich erkennbare „Wärmeinsel“ vom übrigen Stadtgebiet ab. Gegen 05:00 Uhr werden hier noch Lufttemperaturen von über 21.0°C aufgezeichnet. Die Maxima liegen mit bis 21.3°C in einer Zone die sich vom Marktplatz bis zum Bereich Luisenring/Jungbusch erstreckt. Hier macht sich das große Wärmespeichungsvermögen 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, dass sich in der zweiten Nachthälfte in weiten Bereichen eine mit der ersten Nachthälfte vergleichbare Temperaturverteilung ergibt. Die bebauungsspezifischen Differenzierungen bzw. die thermischen Gegensätze zwischen Bebauung und Freiraum sind als Folge des Witterungsgeschehens jedoch etwas weniger prägnant ausgeprägt.

In **Seckenheim** zeigt sich dies beispielsweise anhand des Temperaturgefälles zwischen dem Ortszentrum (bis 19.6°C) und den Freilandräumen im Nieder- und Mittelfeld (bis 15.5°C), das bei der Situation um 05:00 Uhr nur noch etwa 4.0 K beträgt. Bedingt durch die stärkere Ventilation zu Beginn der zweiten Nachthälfte kann sich die Wärmeinsel Seckenheim verstärkt abbauen. Im Lee des Autobahndammes der BAB A6 kommt dagegen lokale Kaltluftstagnation über den muldenartigen Eintiefungen der Freiflächen weniger deutlich zur Geltung. Auch im Umfeld des Ortszentrums ist die Differenzierung zu den typischerweise kühlen Zonen über den innerörtlichen Grün- und Gartenflächen zwischen Seckenheimer und Zähringer Straße weniger auffällig.

Bedingt durch die höheren Windgeschwindigkeiten ist um 05:00 Uhr das Temperaturgefälle auch westlich der BAB A 6 zwischen den landwirtschaftlichen Flächen im Gewann „Niederfeld“ und dem Bereich um den **Sport- und Messepark** mit 1.5 bis 2.0 K schwächer ausgeprägt. Etwas gedämpft ist zudem die nächtliche Abkühlung im Bereich des Flugplatzes. Während südlich der BAB A 656 die Zonen intensiver Abkühlung (16.0 bis 17.0°C) über die Harrlach-Gärten bis nahe an das **Gewerbegebiet Fahlach** reichen, stellt sich der Freiraum Flugplatz insgesamt etwas wärmer dar. Bei lokal intensiverer Ventilation wird ein Teil der örtlich gebildeten bodennahen Kaltluft mit wärmeren Luftmassen aus der Höhe durchsetzt. Dies offenbart jedoch zeitgleich die Funktion des Flugplatzgeländes als eine in Richtung Stadtzentrum gerichtete Ventilationsachse.

Die niedrigsten Lufttemperaturen (14.7°C) im Bereich des **Grünzuges Südost** werden im Mittelfeld über den landwirtschaftlichen Flächen westlich der Pferderennbahn Friedrichsfeld 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 Abkühlung, so dass gegen 05:00 Uhr die innerörtliche Wärmeinsel (19.0°C-Isotherme) sowohl über dem Gewerbegebiet wie auch über der Wohnbebauung einen kleineren Raum einnimmt. Mit Maximalwerten bis 19.3°C ist es geringfügig kühler als in 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 20.0°C werden nur noch über kleineren Arealen im Zentrum Rheinau, im Hafen Rheinau (im Bereich der Th. Goldschmidt GmbH), beim Großkraftwerk Mannheim und im Ortszentrum Neckarau verzeichnet. Im Bereich des Rheinauhafens 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 19.0°C-Isotherme) deutlich homogener ausgestaltet als um 22:00 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 (20.2°C) und dem Freiraum westlich der Bebauung Niederfeld (15.7°C) etwa 4.5 K.

Im Stadtteil **Almenhof** heben sich wiederum die Grünflächen des 48-Platzes und des August-Bebel-Parks (bis 1.5 K Differenz) als kühlere Inseln hervor. Die thermische Positivwirkung ist jedoch auch hier auf die unmittelbar angrenzende Bebauung beschränkt.

Überwärmungstendenzen sind im Bereich der JOHN-DEERE-WERKE über die Hochschule Mannheim bis zur JOSEPH VÖGELE AG festzustellen. Hier werden über den großflächig versiegelten Industriearealen gegen 05:00 Uhr noch Lufttemperaturen bis 20.7°C 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 (18.5°C) und von den Grünflächen am Hanns-Glückstein-Platz (19.6°C) aus. Sie bewirken jedoch nur in der unmittelbar angrenzenden Bebauung einen intensivierten Abbau bioklimatischer Belastungen. Bedingt durch die riegelartige und dichte Wohnbebauung Lindenhof ist die Überwärmung im Bereich zwischen der Feuerwache Mitte und der Landteilstraße mit Temperaturen bis 20.8°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. 2.5 K 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 (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 4.0 bis 4.5 K.

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 (20.8°C) und dem Herzogenriedpark (16.8°C) auch hier als Folge der vorangehend intensiveren Ventilation etwa 4.0 K.

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 20.0°C-Isotherme) heben sich insbesondere die hoch verdichteten Industrieflächen von Neckarstadt über den Industriehafen (Friesenheimer Straße, Industriestraße), der Bereich Luzenberg-DAIMLER AG, FA. SAINT-GOBAIN GLASS GMBH und ROCHE AG sowie die Schuttdeponie auf der Friesenheimer Insel hervor.

Intensive Abkühlung wird auf der Friesenheimer Insel über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen südlich der Max-Planck-Straße sowie am Tierheim festgestellt (16.0 bis 17.0°C). Besonders kühl zeigt sich wiederum der Stagnationsraum im Dreieck Max-Planck-Straße – Diefenbachstraße – Einsteinstraße (bis 15.6°C).

Verhältnismäßig niedrige Lufttemperaturen sind weiterhin auch im Bereich des Sportplatzes Harmonia auf dem Gelände der Fa. Saint-Gobain Glass GmbH und südlich angrenzend zur Wohnbebauung Luzenberg zu verzeichnen (bis 16.2°C). Die dort entstehende bodennahe Kaltluft neigt aufgrund der muldenartigen Lage allerdings zu Stagnation und kann in der direkt angrenzenden Bebauung des Stadtteils Waldhof nur bei leicht auffrischenden Winden wirksam werden.

Im Bereich der sich nördlich an die Roche Diagnostics GmbH anschließenden Industrieflächen der SCA Hygiene Products sind die Lufttemperaturen im Zuge der nächtlichen Abkühlung im Ortszentrum etwas stärker zurückgegangen. Bei südöstlicher Anströmung können hier kühlere Luftmassen aus dem Bereich des Freiraumes Käfertaler Wald / Sandhofer Wald wirksam werden. Von diesem thermischen Gunsteffekt profitieren auch die Stadtteile **Sandhofen** (Temperaturrückgang zwischen 22:00 Uhr und 05:00 Uhr bis ca. 3.0 K) und **Schönau**, wo sich vor allem die Zone nördlich der Memeler Straße nochmals deutlich abkühlen kann. Bereits bei der Messfahrt um 22:00 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, durchgrünten Bebauung macht sich hier auch die großflächige Anbindung an klimaökologische Ausgleichsräume (Sandhofer Wald, Sandtorfer Bruch, Gewann „Krähenflügel“) klimaökologisch positiv bemerkbar.

Nördlich der BAB A 6 zeigt der Bereich **Coleman Barracks / Coleman Airfield** um 05:00 Uhr mit Werten bis 19.2°C im Vergleich zu den Stadtteilen Scharhof (bis 18.6°C) und Blumenau (bis 17.2°C) wiederum eine etwas deutlichere Überwärmung bzw. nahezu das gleiche Temperaturniveau wie das Ortszentrum Sandhofen. In **Scharhof** heben sich vor allem die versiegelten Flächen im Gewerbegebiet „IKEA“ thermisch hervor. Gleichwohl profitiert der Bereich nördlich der BAB A 6 von den Gunstfaktoren des Freiraumes Sandtorfer Bruch.

Der Stadtteil **Waldhof-Ost/Gartenstadt** weist gegen Morgen im Vergleich zur Situation um 22:00 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 2.0 K 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 (3.0 bis 3.5 K). Hier macht sich vor allem im Bereich Gartenstadt bei südöstlichen 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 22:00 Uhr-Messfahrt kaum verändert. Im Bereich Käfertal-Ost / Rott / Benjamin-Franklin-Village / Vogelstang / Taylor Barracks 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.

Zur Innenstadt von Mannheim stellen sich bis ca. 3.0 K niedrigere Lufttemperaturen und zum östlich angrenzenden Freiraum um Straßenheim bzw. dem Grünzug Nordost bis ca. 5.0 K höhere Temperaturen ein. Gegen 22:00 Uhr betragen die Differenzen zur Innenstadt bzw. zum Freiraum Nordost (Straßenheim) noch etwa 2.5 K bzw. nahe 6.0 K, was die positive thermische Gunstwirkung des angrenzenden Ausgleichsraumes bei südöstlichen bis östlichen Strömungsrichtungen verdeutlicht (Wetterstation Mannheim-Vogelstang um 05:00 Uhr Windrichtung Südost).

Im Stadtteil Käfertal ist eine deutlichere Temperaturzunahme erst westlich des Ortskernes im Bereich der stark versiegelten Industrieflächen nördlich der Mannheimer Straße bzw. der Asea Brown Boveri AG gegeben (Temperaturen >19.0°C). Dieser Bereich ist als Fortsetzung der sich aus der Neckartstadt über den Stadtteil Wohlgelegen nach Osten erstreckenden Zone stärkerer Überwärmung zu sehen.

Südlich von Käfertal zieht sich der **Grünzug Nordost** über die Feudenheimer Au, den Bereich Sellweiden/Hauptfriedhof und über den Neckar bis zum Luisenpark. Analog zur Situation um 22:00 Uhr zeigt sich auch am Morgen gebietsweise eine Kammerung des thermischen Geschehens. So wird die Funktion des Grünzuges im Bereich der Kasernen der **Spinelli Barracks** durch die Bebauung unterbrochen. Mit Temperaturen bis 18.3°C wird hier ein ähnliches Temperaturniveau wie in den Stadtteilen Vogelstang / **Benjamin-Franklin-Village** verzeichnet.

Etwas wärmer hebt sich der Stadtteil **Feudenheim** hervor. Bedingt durch die dichtere Bebauung im Ortskern werden hier vor Sonnenaufgang noch Werte bis 19.4°C gemessen. Gegenüber den angrenzenden Freiräumen zwischen Wallstadt und Feudenheim im Norden sowie der Feudenheimer Au (14.7°C) im Westen und zum Neckarvorland im Süden (Gewinn „Egelwasser“) ergeben sich Temperaturgefälle von etwa 4.0 bis 4.7 K. 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 18.6°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.

6.3 Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse in Mannheim

Die in Kap. 6.2 detailliert beschriebenen Isothermenkarten zeigen das auffallend differenzierte Temperaturfeld im Stadtgebiet von Mannheim.

In **Karte 4**¹⁰ werden die Ergebnisse der beiden Messfahrttermine zusammengefasst und einer Bewertung zugeführt.

Hierzu werden die Messfahtergebnisse (Lufttemperaturen) per Schätzung in ein 500 x 500 m Raster transformiert. Die Einstufung des innerhalb des Stadtgebietes auftretenden Temperaturniveaus pro Raster orientiert sich dann an dem in der VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1 (VDI 2008) beschriebenen Verfahren zur Z-Transformation. Dieses Vorgehen legt allgemein das lokale/regionale Wertenniveau einer Klimaanalyse zugrunde und bewertet die Abweichung eines Klimaparameters von den mittleren Verhältnissen in einem Untersuchungsraum. Diese Methode erlaubt auch eine vergleichende Betrachtung mit Messfahtergebnissen früherer Untersuchungen (1985, 2001).

Die Standardisierung der Lufttemperaturverhältnisse erfolgt nach folgender Formel:

$$Z = x - \mu / \sigma$$

Dabei ist:

- Z standardisierter Wert der Variablen X
- x Ausgangswert der Variablen x (Mittelwert der Lufttemperatur von 22:00 Uhr und 05:00 Uhr)
- μ arithmetisches Mittel (mittlere Lufttemperatur im Gesamtgebiet 22:00 Uhr und 05:00 Uhr)
- σ Standardabweichung

¹⁰ Zur Darstellung der Karte 4 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Z_Lufttemperatur_2009** zu öffnen.

Als Resultat ergeben sich mit diesem Verfahren sechs Bewertungskategorien. Positive Abweichungen >0 bedeuten neutrale bis ungünstige thermische Verhältnisse. Negative Ausprägungen von <0 bedeuten hingegen neutrale bis günstige Bedingungen. Die qualitative Einordnung der Lufttemperaturverhältnisse zeigt **Tabelle 5**.

Tabelle 5: Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse (Z-Transformation)

Z-Wert	Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse
< -1.9	Hervorragend
-1.5 bis -1.9	Sehr günstig
-0.5 bis -1.5	Günstig
0.5 bis -0.5	Neutral
0.5 – 1.5	Weniger günstig
1.5 – 2.0	Ungünstig
> 2.0	Sehr ungünstig

Die Ergebnisse der Z-Transformationen zeigen, dass während der Messfahrten von 2009 ca. 6.4% der Stadtfläche als thermisch sehr günstig bis hervorragend einzustufen sind. Diese Flächen befinden sich im vorwiegend im Norden (LSG Sandtorfer Bruch, Markgrafenacker) und im Osten (LSG Straßenheimer Hof) von Mannheim.

27% der Stadtgemarkung können als thermisch günstig bewertet werden. Hierzu zählen u.a. der Sandhofer-/Käfertaler Wald, der Untere Dossenwald, der Waldpark sowie die Landwirtschaftsflächen zwischen Messe-/Sportpark im Westen und der Linie Seckenheim-Siebenheim-Friedrichsfeld-West. Günstig stellen sich auch die Feudenheimer Au sowie die Freiflächen um die Vogelstang Seen dar.

Ungünstige bis sehr ungünstig thermische Verhältnisse (= bioklimatische Belastungsräume) ergeben sich während der Messfahrten von 2009 auf ca. 8.6% der Stadtfläche. Sehr hohe thermische Belastungen sind vor allem in den dicht bebauten Mannheimer Quadraten zu verzeichnen. Aber auch in den Bereichen Jungbusch, Handelshafen, Neckarstadt und Schwetzingen führt der hohe Anteil versiegelter Flächen und die fehlende großzügige Verbindung zu klimaökologisch hochwirksamen Ausgleichsräumen zu ungünstigen thermischen Umgebungsbedingungen. Bebauungsinterne Grünstrukturen im Bereich von Plätzen bilden nur kleinräumige Temperatursenken.

Weitere ungünstige Bereiche finden sich im Bereich der JOHN- DEERE-WERKE über die Hochschule Mannheim bis zur JOSEPH VÖGELE AG sowie im Ortszentrum von Neckarau.

Als weniger günstig sind ca. 27.0% der Stadtfläche zu bewerten. Stadtteile wie Seckenheim, Friedrichsfeld, Wallstadt und Sandhofen profitieren von den klimaökologischen Ausgleichsleistungen benachbarter Freiräume. Die dichte Bebauung der Stadtteilzentren bilden nur räumlich eng begrenzte Wärmeinseln aus. 31.0% der Stadtfläche können als thermisch neutral bezeichnet werden. In den Stadtteilen Vogelstang, Gartenstadt, Schönau und Blumenau machen sich die bebauungsinternen Grünbestände positiv bemerkbar.

In den **Karten 5** und **6**¹¹ sind die Lufttemperaturverhältnisse während der Messfahrten von 2001 und 1985 bewertet.

Vergleicht man die Verhältnisse von 2001 mit den Ergebnissen der Messfahrten von 2009 (siehe **Karte 7**¹²) so zeigt sich, dass der flächenmäßige Anteil thermisch günstiger bis sehr günstiger Flächen von zusammen 37.0% (2001) auf ca. 33.4% (2009) zurückgegangen ist. Zugleich ist der Anteil thermisch weniger günstiger bis sehr ungünstiger Flächen von 35.6% (2009) auf 32.8% gesunken. Anhand der Differenzendarstellung wird offenbar, dass für diese Unterschiede im Wesentlichen die unterschiedlichen meteorologischen Verhältnissen während der Messfahrttermine verantwortlich sind. Die intensivere Ventilation während der Messfahrten von 2009 bewirken, dass bspw. auf der Reißinsel und im Bereich des Unteren Dossenwalds ein höheres Temperaturniveau erreicht wird. Nur in ausgeprägten Stagnationsbereichen (z.B. Landwirtschaftsflächen im Bereich Straßenheim) ist eine etwas verringerte Wärmebelastung zu bilanzieren.

Die zwischen 2001 und 2009 realisierten Bauvorhaben (z.B. SAP-Arena), die von projektbezogenen Klimauntersuchungen begleitet wurden, haben nur zu kleinräumigen Klimamodifikationen geführt. Im betrachteten Untersuchungsmaßstab (500 x 500 m Raster) ergeben sich zur ursprünglichen thermischen Bewertung (2001) keine gravierenden Differenzierungen.

Die Ergebnisse der Temperaturbewertung für 1985 zeigen, dass der flächenhafte Anteil weniger günstiger bis sehr ungünstiger thermischer Umgebungsbedingungen im Stadtgebiet Mannheim zu diesem Zeitpunkt noch unter 30% (29.2%) lag. Durch die Erschließung zahlreicher neuer Baugebiete zwischen 1985 und 2001 gingen Teile der klimaökologischen Ausgleichsräume verloren (u.a. Seckenheim-West, Wallstadt-Nord, Neuhermsheim-Ost, Niederfeld, Im Rott).

¹¹ Zur Darstellung der Karten 5 und 6 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte**, **Z_Lufttemperatur_2001** und **Z_Lufttemperatur_2001** zu öffnen.

¹² Zur Darstellung der Karte 7 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Diff_Z_Lufttemperatur_2009_2001** zu öffnen.

Dies zeichnet auch die **Karte 8**¹³ (Bewertung der unterschiedlichen Lufttemperaturverhältnisse von 1985 und 2001) nach.

So nimmt bspw. in Neuhermsheim die Wärmebelastung deutlich zu. Auch im Niederfeld und im Westen von Seckenheim ist eine erhöhte Wärmebelastung festzustellen, die nicht ausschließlich auf die unterschiedlichen meteorologischen Rahmenbedingungen während der Messfahrten zurückzuführen ist.

7 Analyse der lokalen Windverhältnisse in Mannheim auf Grundlage ortsspezifischer Messungen

Zwischen 1982 und 2009 wurden in Mannheim von unserem Büro im Rahmen verschiedener Klimagutachten an zahlreichen Standorten stationäre Windmessungen durchgeführt. Ergänzt durch die Messungen an den Luftmessstationen der LUBW, am Großkraftwerk Mannheim und an der DWD Wetterwarte Mannheim-Vogelstang zeigen die Ergebnisse, dass sich an klimaökologisch besonders relevanten Strahlungstagen im Mannheimer Stadtgebiet ein komplexes lokales Strömungsgeschehen entwickelt.

In **Karte 9**¹⁴ sind die einzelnen Stationsstandorte mit den dortigen Hauptwindrichtungen der bodennahen Lokalwinde/Kaltluftströmungen dargestellt. Zusammen mit den dazugehörigen Windrosen (**Karte 9, Abbildungen A – K**) lassen sich die ortsspezifischen Windverhältnisse detailliert beschreiben.

Um die Repräsentanz der unterschiedlichen Messzeiträume bewerten zu können, werden alle Datenkollektive mit den Aufzeichnungen an der DWD-Station Mannheim-Vogelstang (Strahlungstage 04/2001 – 09/2005, Sommerhalbjahre) verglichen.

Ausgehend von den jeweiligen Datenkollektiven der kontinuierlich registrierenden Messstationen werden für alle Standorte die Windrichtungsverteilungen in Abhängigkeit von der Stationslage dargestellt.

¹³ Zur Darstellung der Karte 8 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen *Stadtkarte* und *Diff_Z_Lufttemperatur_2001_1985* zu öffnen.

¹⁴ Zur Darstellung der Karte 9 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen *Stadtkarte*, *Windrose* und *Hauptrichtung der lokalen Kaltluftbewegung* zu öffnen. Die Windrosendarstellungen können über „Hyperlinks“ angesteuert werden.

Dazu wird aus den Halbstundenmitteln des Untersuchungszeitraumes für jede Station die prozentuale Häufigkeit der Windrichtungen berechnet und in Doppelwindrosen¹⁵ für jeweils 30-Grad Sektoren getrennt für Tag- und Nachtstunden in den **Abbildungen A - K** dargestellt. Auf diese Weise lässt sich die zeitliche Zuordnung bestimmter Windrichtungshäufigkeiten und die zwischen den einzelnen Stationen unterschiedliche Verteilung beurteilen.

Die Windverteilung im Raum Mannheim ist durch die großräumige Leitlinienwirkung des Rheingrabens geprägt, wobei sich bei Betrachtung aller Wetterlagen vermehrt nördliche und insbesondere südliche Richtungen in Anlehnung an das dominierende überregionale geostrophische Strömungsgeschehen einstellen.

Im Stadtgebiet wirken sich an Strahlungstagen nach Sonnenuntergang zudem ortsspezifische Regional-/ Lokalströmungen aus, die ihre Entstehung thermischen Effekten und der Leitlinienwirkung der Bebauung verdanken.

Ausgeprägte Temperaturunterschiede zwischen Freiland und Bebauung begünstigen im Verlauf windschwacher Strahlungswetterlagen die Entstehung lokaler Luftströmungen, die sich als messbare Strömungen über kühleren Freiräumen zu den Zentren der Überwärmung gerichtet entwickeln (→ Flurwinde). Die Intensität dieser Lokalströmungen ist einerseits vom Temperaturunterschied Freiland - Bebauung (Druckausgleich zwischen höherem Luftdruck des kühleren Freilandes und niedrigerem Luftdruck der wärmeren Bebauung) und andererseits von der Oberflächenbeschaffenheit (Bodenrauigkeit) des Entstehungsgebietes abhängig.

Für das Stadtgebiet Mannheim sind derartige Lokalströmungen hinsichtlich der thermischen/lufthygienischen Gegebenheiten von besonderer Bedeutung. Die Mächtigkeit dieser Ausgleichsströmungen schwankt zwischen wenigen Metern und mehreren Dekametern. Die meist schubartigen Strömungen erreichen Geschwindigkeiten von ca. 0.5 - 1.5 m/s. Wirken diese Lokalströmungen mit Regionalströmungen größerer Reichweite oder wetterlagenbedingten Luftströmungen geringer Geschwindigkeit zusammen, so kommt es zu einer Intensivierung des Luftaustausches im Bereich der Bebauung.

¹⁵ Die einzelnen Teilkreise entsprechen Häufigkeiten der Windrichtung (Halbstundenmittelwerte) von 5%, 10%, 15% usw., dabei deuten die Teilstriche der Windrose in die Richtung aus welcher der Wind weht (Teilstrich nach oben entspricht einem Nordwind, nach rechts einem Ostwind). Als weitere Information wurden die mittleren Windgeschwindigkeiten der 30-Grad-Richtungssektoren für die jeweiligen Tages- und Nachthälften aufgezeichnet.

Im Süden Mannheims ist den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln an der **Station Riedwiesen** zu entnehmen, dass westlich von Rohrhof am Tag vorwiegend der vorherrschende Gradientwind das ortsspezifische Ventilationsgeschehen bestimmt. Im Verlauf der im Untersuchungszeitraum Juni - August 1984 aufgetretenen lokalklimatisch relevanten Strahlungstage werden am Tag vorwiegend südwestliche bis südöstliche Luftströmungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten bis 3.0 m/s aufgezeichnet. Windgeschwindigkeiten über 3.3 m/s (Durchlüftung möglich) treten zu ca. 14% der Tagstunden auf.

Innerhalb der Bebauung von Rheinau-Süd (**Stationen Walchenseeweg, Gerhart-Hauptmann-Schule**) ergeben sich vergleichbare Richtungsverteilungen. Leichte Richtungsverschiebungen sind auf die Leitlinieneffekte der Bebauung zurückzuführen.

Der gegenüber der Freilandstation *Riedwiesen* auffallend höhere Anteil an Schwachwinden unter 1.6 m/s (Station *Riedwiesen*: 24.6%, Station *Walchenseeweg*: 38.4%, Station *Gerhart-Hauptmann-Schule*: 40.7%) weist auf deutlich reduzierte bodennahe Belüftung hin, was an Sommertagen zu vermehrter bioklimatischer Belastung führt.

Nach Sonnenuntergang, wenn sich im Zuge der nächtlichen Ausstrahlung durch thermische Unterschiede zwischen Bebauung und Freiflächen ortsspezifische Strömungserscheinungen ausbilden können, werden im Bereich Rheinau-Süd zwischen östlichen Bereichen (repräsentiert durch die Stationen *Walchenseeweg, Gerhart-Hauptmann-Schule* und *Feuerwache-Süd*) und westlichen Gebieten (Station *Riedwiesen*) sich deutlich unterscheidende Richtungshäufigkeiten registriert. Während sich an der Station *Gerhart-Hauptmann-Schule* zu ca. 70% der Nachtstunden Luftströmungen aus nördlichen bis nordöstlichen und südöstlichen Richtungen einstellen, beträgt die Häufigkeit dieser Richtungssektoren im Westen nur ca. 30%. Im Bereich Riedwiesen konzentriert sich die nächtliche Richtungshäufigkeit auf westliche bis südwestliche Richtungen, die hier zu ca. 53% vertreten sind. Sie weisen darauf hin, dass sich entlang der Rheinauen ein auf das Stadtgebiet Mannheim zugerichtetes lokales/regionales Strömungssystem (flurwindartig) entwickeln kann, das die westlichen Teilbereiche von Rheinau-Süd beeinflusst.

An der Station *Walchenseeweg* werden westliche bis südwestliche Luftströmungen nur zu ca. 12% gemessen. Nördlich des Rheinauer Sees häufen sich vergleichbar mit der Station *Gerhart-Hauptmann-Schule* und *Feuerwache-Süd* Winde aus nordöstlichen, östlichen und südöstlichen Richtungen.

Im Stadtteil Rheinau zeigt die **LUBW-Luftmessstation Mannheim-Süd** bei vorherrschenden Strahlungswetterlagen einen auffallenden tagesperiodischen Windrichtungswechsel. Während am Tag großwetterlagenbedingt westliche Strömungsrichtungen vorherrschen, überwiegen nachts östliche bis ost-südöstliche Schwachwinde das örtliche Luftaustauschgeschehen, die Kalt-/Frischlufte aus dem angrenzenden Unteren Dossenswald heranzuführen (→ lufthygienischer und bioklimatischer Positiveffekt).

Im Bereich Waldwegstadion/Großkraftwerk Mannheim (Neckarau-West, Reißinsel) sind in Strahlungsnächten vorwiegend westliche und südliche Luftströmungen zu registrieren (**Stationen Waldwegstadion, Großkraftwerk**). Die recht schwachen Windbewegungen (unter 1 m/s) werden durch flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen Freiland und Bebauung initialisiert (Südostwind über den Grünzug Mannheim-Südost, Südwind über die Freiraumradiale Altripper Seen - Reißinsel/Aufeld/Niederfeld).

Im Bereich Friedrichsfeld (**Friedrichsfeld-Friedhof, Friedrichsfeld-Zentrum**) dominieren in Strahlungsnächten nördliche bis nordwestliche und südliche bis süd-östliche Winde. Während die Winde aus nördlichen Richtungssektoren vorwiegend auf den Einfluss überregionaler Luftströmungen zurückzuführen sind, weist die große Häufigkeit südöstlicher Richtungssektoren darauf hin, dass sich zwischen dem Freiraumgefüge Dossenswald/Gemeindewald Hirschacker/Alteichwald und dem Innenstadtbereich von Mannheim luftdruckgesteuerte Ausgleichsströmungen (Flurwinde) entwickeln.

Im Umfeld der Station **Friedrichsfeld-Gewerbe** östlich der L 597, das von der Flächennutzung her dem zukünftigen Industriegebiet-West entspricht, bestimmen ebenfalls die südlichen bis südöstlichen Regionalströmungen das örtliche Ventilationsgeschehen.

Auch in Seckenheim (**Stationen Seckenheim-Oberfeld, Seckenheim-Friedhof, Stockacher Straße**) dominieren in den Nachtstunden Winde aus nördlichen und südlichen Richtungssektoren. Auffallend ist jedoch die Häufung östlicher Richtungskomponenten an der Freilandstation **Seckenheim-Oberfeld**). Mit den Luftströmungen wird Kaltluft aus dem Freiraumgefüge zwischen Neckarhausen und Neu-Edingen herantransportiert, wobei das Oberfeld sowohl als Leitbahn in Richtung Seckenheim als auch als lokale Kaltluftproduktionsfläche fungiert.

Aus der Häufigkeitsverteilung des **Messstandortes Brücke-Güterbahnhof** südlich des Stadtteils Hochstätt ist zu entnehmen, dass sich auch hier bei klimakologisch relevanten Wetterlagen am Tag großwetterlagenbedingt vorwiegend süd-östliche bis südliche und nordwestliche bis nördliche Windrichtungen einstellen. Die mittlere Windgeschwindigkeit erreicht dabei Werte zwischen 1.3 und 2.3m/s.

Nach Sonnenuntergang setzen vermehrt südliche bis südöstliche Luftströmungen ein, die auf Ausgleichsströmungen zwischen Unterer Dossenwald und Mannheimer Innenstadt zurückzuführen sind.

Vergleichbare Verhältnisse zeigt die **Station Bahngleise**. Auch hier werden tagsüber vorwiegend nordwestliche und südöstliche Windrichtungen aufgezeichnet. Infolge des südlich vorgelagerten Waldbestandes (erhöhte Oberflächenrauigkeit) ist die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber dem Messstandort *Brücke-Güterbahnhof* jedoch deutlich reduziert. In der ersten und zweiten Nachthälfte überwiegen südöstliche Anströmungsrichtungen, wobei die Gleisanlagen als Leitbahn für den bodennächsten Luftaustausch funktionieren. Die über den Dossenwald zuströmende Kaltluft sammelt sich vermehrt im Bereich der tiefer gelegenen Gleisanlagen und fließt seicht nach Nordwesten ab (vergleiche Häufigkeitsverteilung der Windrichtung an der **Station Dossenwald**).

Im südöstlichen Freiraumgefüge zwischen Neuhermsheim und Neuostheim im Westen sowie Seckenheim und Hochstätt im Osten (Grünzug Mannheim-Südost - bestehend aus Flugplatz, Mühlfeld/Niederfeld, Bösfeld und Kloppenheimer Feld) - ergeben sich ganztägig klimaökologische Positiveffekte in Form von intensiverer Ventilation, Lüfterneuerung und Dämpfung bioklimatischer Belastungen (Schwüle- und Wärmebelastung), die je nach vorherrschender Strömungssituation (abhängig von der Großwetterlage) u.a. auch den Bereichen Neuhermsheim, Mallau und Casterfeld, Neckarau-Ost, Schwetzingenstadt/Oststadt, Neuostheim zugute kommen. Dabei ist die Leistungsfähigkeit des südöstlichen Freiraumes in hohem Maße auf seine Vernetzung mit den klimaökologischen Ausgleichsräumen Dossenwald und Mittelfeld/Niederfeld zurückzuführen.

Den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln an der **Station Kloppenheimer Feld** ist zu entnehmen, dass nach Sonnenuntergang die durchschnittliche Windgeschwindigkeit deutlich abnimmt und die Häufigkeit nordöstlicher und südöstlicher Richtungssektoren ansteigt, was vorwiegend auf regional/lokal angelegte Effekte zurückzuführen ist. Es dominieren durchschnittliche Windgeschwindigkeiten unter 1.5 m/s (Belüftung) - ca. 83%. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s werden nur zu ca. 2% der Nachtstunden registriert.

Im Freiraum Mühlfeld (**Station Xaver-Fuhr-Straße**) zwischen Gewerbegebiet Mühlfeld und Maimarktgelände ergibt sich am Tag ein weitgehend vergleichbares Verteilungsbild der Windrichtungshäufigkeiten. Die gegenüber der Station *Kloppenheimer Feld* größere Häufigkeit östlicher Richtungssektoren ist auf die Leitlinienwirkung der Bebauung (Gewerbegebiet Mühlfeld, Maimarktgelände) zurückzuführen.

Die mittlere Windgeschwindigkeit ist gegenüber der Freilandstation *Kloppenheimer Feld* um 12% abgeschwächt. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s, die für eine intensive Durchlüftung des Freiraums sorgen, werden zu 12% der Tagstunden registriert. Nach Sonnenuntergang dominieren zunehmend auf die Kernstadt zugerichtete südöstliche bis östliche Luftströmungen. Die regional initiierten Winde erreichen im Bereich des Gewanns "Beim Mühlfeld" mittlere Windgeschwindigkeiten bis 1.1 m/s (9 m ü.G.). Windstillen, d.h. Kaltluftstagnation, sind nur selten zu registrieren und belegen somit die hohe klimaökologische Bedeutung und Funktionsfähigkeit (Kalt- und Frischluftzufuhr, Ventilationseffekte) des Freiraums für die angrenzende Bebauung.

An der **Station Neuhermsheim-Ost** westlich der B 38a erreichen die Südostwinde in der Nacht noch mittlere Geschwindigkeiten von 0.6 bis 0.8 m/s. Die über das Bösfeld zuströmende bodennahe Kaltluft sickert nur langsam in die angrenzende Bebauung ein. Der dammartige Verlauf der B 38a bzw. die kammerartige Lagesituation zwischen Straßendamm und Bebauung führt vermehrt zu Stagnationserscheinungen, die durch den zwischenzeitlich erfolgten Bau der SAP-Arena leicht zugenommen haben.

Die vertikal mehrere Dekameter mächtige südöstliche Regionalströmung bestimmt nach Sonnenuntergang auch das Ventilationsgeschehen am **Standort Neuhermsheim-West** in nordwestlicher Verlängerung der Harrlach-Gärten. Die südwestlich vorgelagerte Bebauung von Neuhermsheim sowie die höhere Vegetation im Bereich der Kleingärten bewirken eine weitere Abschwächung der Belüftung, was auf die Empfindlichkeit des südöstlichen Strömungssystems gegenüber Strömungshindernissen in Form von höherer Vegetation und Bebauung hinweist. Mittlere Windgeschwindigkeiten über 1.5 m/s werden in der Nacht nur noch zu 5% der Nachtstunden gemessen (Station *Neuhermsheim-Ost*: 10%).

Innerhalb des Gewerbegebietes Mallau (**Station Mallau**) ist die Ventilation sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber dem Freiraum zwischen Rangierbahnhof und Gewerbegebiet Mühlfeld auffallend reduziert. Die Oberflächenrauigkeit der Bebauung bewirkt eine Windabschwächung, so dass am Tag die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber der Station *Kloppenheimer Feld* um ca. 20% reduziert ist. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s werden nur zu ca. 9% der Tagstunden gemessen (Station *Kloppenheimer Feld*: 18% der Tagstunden), so dass sich an Sommertagen vermehrt bioklimatische Belastungen einstellen können.

In den Nachtstunden ist mit abnehmender Windgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeitsmittel 0.8 m/s) eine mit dem nördlich angrenzenden Freiland vergleichbare Richtungshäufigkeit zu beobachten. Die südöstliche Regionalströmung ist auch hier zu beobachten, wobei Südost-Nordwest verlaufende Straßenzüge (z.B. Mallaustraße) als Ventilationsbahnen fungieren. Daneben werden häufig nördliche Winde aufgezeichnet, die bodennahe Kaltluft aus dem nördlichen Freiraumgefüge herantransportieren.

Aktuelle mesoskalige Kaltluftsimulationen für die Metropolregion Rhein-Neckar¹⁶ bestätigen die o.a. Ausführungen.

Nach Errichtung der SAP-Arena ist dem Freiraum zwischen Maimarktgelände und dem Gewerbegebiet Mühlfeld zunehmende klimaökologische Bedeutung beizumessen. Er bildet zusammen mit dem Flugplatzareal Neuostheim die wesentliche Kaltluftzugbahn in Richtung Mannheimer Innenstadt.

In innerstädtischen Lagen (Lindenhof, Schwetzingenstadt) ist die mittlere Windgeschwindigkeit ganztägig auf Grund der erhöhten Oberflächenrauigkeit deutlich reduziert. So werden auf dem Dach des **Karl-Friedrich-Gymnasiums** gegenüber der **Station Flugplatz** sowohl am Tag als auch in der Nacht um ca. 30 - 35% niedrigere mittlere Windgeschwindigkeiten registriert.

An sommerlichen Strahlungstagen kommt es auch in den o.g. Bereichen im Tagesverlauf zu auffälligen Windrichtungswechseln, die den klimaökologischen Stellenwert lokaler/regionaler Luftströmungen im Mannheimer Stadtgebiet unterstreichen. Herrschen bspw. am Tag großwetterlagenbedingt südliche bis südwestliche Luftströmungen vor, vollzieht sich die nächtliche Belüftung vorwiegend über südöstliche bis südliche und nordwestliche Richtungen (vgl. Stationen **Mee-räckerstraße, Bahninsel, Gontardstraße, LUBW Mannheim-Mitte**), wobei die Bahnanlagen sowie strömungsparallele Straßenzüge (z.B. Lindenhofstraße) als Strömungsleitlinien fungieren.

Während die Winde aus südöstlichen und südlichen Richtungen durch flurwindartige lokale/regionale Ausgleichsströmungen zwischen Freiland und Bebauung initialisiert werden (Südostwind über den Grünzug Mannheim-Südost, Südwind über die Freiraumradiale Altripper Seen - Reißinsel/Aufeld/Niederfeld), sind die Nordwestwinde auf rheingrabenspezifische Regionalströmungen zurückzuführen, die bereits in früheren Untersuchungen¹⁷ beobachtet wurden.

¹⁶ **ÖKOPLANA/GEONET (2009E)**: Analyse der klima- und immissionsökologische 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.

¹⁷ **ÖKOPLANA (1994B)**: Klimaökologische Untersuchung und Ableitung von planerischen Maßnahmen im Rahmen des BMBau-Forschungsprojektes "Ökologische Stadterneuerung des Altbauquartiers Karolina-Burger-Straße". Mannheim.

Die regional initiierten Winde erreichen im Bereich der Bahninsel mittlere Windgeschwindigkeiten bis ca. 0.9 m/s (9 m ü.G.). Windstillen treten nur kurzzeitig auf (ca. 6% der Nachtstunden) und belegen somit die hohe klimaökologische Bedeutung und Funktionsfähigkeit der Ventilationsbahn „Bahnanlagen“.

An der Station *Gontardstraße* erreichen die nächtlichen Lokal-/Regionalwinde aus südlichen bis südöstlichen und nordwestlichen Richtungssektoren noch mittlere Windgeschwindigkeiten von 0.4 - 0.5 m/s. Aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten kommen örtlich wirksamen klimaökologischen Gunsträumen wie dem Hanns-Glückstein-Platz erhöhte klimaökologische Bedeutung zu. Dies findet aktuell auch in den Planungen zum Projekt „Mannheim 21“ Beachtung.

Im Stadtzentrum von Mannheim (**Station Mannheim-Zentrum**) ist die mittlere Windgeschwindigkeit durch die Oberflächenrauigkeit der dichten Stadtkernbebauung auffallend reduziert. Während der vorherrschenden Strahlungswetterlagen zwischen Juli und September 2009 wurden mittlere Windgeschwindigkeiten über 2.0 m/s nur an ca. 5% der Tagesstunden erreicht. Zum Vergleich: Im selben Messzeitraum betrug der Häufigkeitsanteil an Windgeschwindigkeiten über 2.0 m/s an der Station *Xaver-Fuhr-Straße* ca. 34%.

Der Einfluss lokaler Strömungssysteme ist in der Innenstadt nicht mehr nachweisbar. Die Führungseffekte der Straßenzüge bestimmen die Windrichtungsverteilung.

Im nordöstlichen Stadtgebiet (Stadtteile Feudenheim, Wallstadt und Vogelstang) häufen sich in Strahlungsnächten nordöstliche bis östliche Windrichtungen (**Stationen DWD-Mannheim-Vogelstang, Wallstadt-Kirche, Brunnenpfad, Mudauer-Ring, Wallstadt-Schule**). Auch hier machen sich lokale Ausgleichsströmungen zwischen kühlem Freiland (östlich der BAB A 6) und warmer Bebauung bemerkbar, wobei die Freizonen zwischen Wallstadt und Vogelstang (Vogelstang Seen) und zwischen Feudenheim und Wallstadt wichtige Kaltluftleitbahnen darstellen (Grünzug Nordost). Sie bilden klimaökologisch bedeutsame Verbindungsachsen in Richtung Feudenheimer Au/Sellweiden/Neckarvorland – unterbrochen durch die Bebauung der Spinelli-Barracks. Durch den Autobahnausbau mit begleitenden Lärmschutzanlagen dürfte seit Erfassung der Winddaten (1988/1989) der bodennahe Kaltluftzustrom aus Osten jedoch nachhaltig geschwächt worden sein.

ÖKOPLANA (1998): Analyse klimaökologischer Funktionsabläufe im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens "Waldhofbecken (Nr. 57/8)" in Mannheim-Luzenberg. Mannheim.

Im Stadtgebiet von Mannheim durchgeführte Untersuchungen (u.a. ÖKOPLANA 2002A/2007) 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 durch zusätzliche Bewegungsimpulse vertikal mächtigerer Regionalströmungen zu beachtlichen klimaökologischen Positivwirkungen in der angrenzenden Bebauung (Gartenstadt, Käfertal, Schönau) führen.

Den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln an den **Stationen Waldpforte, Karlsternstraße und Hanauer Platz** und **Lampertheimer Straße** ist zu entnehmen, dass im Verlauf lokalklimatisch relevanter Strahlungstage am Tag vorwiegend südwestliche und nordwestliche Luftströmungen auftreten.

Nach Sonnenuntergang ist vor allem an den Messpunkten *Waldpforte, Karlsternstraße und Lampertheimer Straße* eine prägnante Zunahme nordöstlicher bis nordwestlicher Winde zu verzeichnen, was auf den Einfluss regionaler- und lokaler Luftströmungen über den Käfertaler Wald zurückzuführen ist. Die Straßenzüge Waldpforte und Karlsternstraße sowie der Freiraum östlich der Lampertheimer Straße funktionieren dabei als Strömungskorridore, über welche die bodennah zuströmende Kaltluft in die Bebauung einsickern kann. Dies ist vor allem an heißen Sommertagen mit einem beschleunigten und intensivierten abendlichen Temperaturrückgang verbunden (→ bioklimatischer Gunsteffekt).

Die Strömungsgeschwindigkeiten liegen im Mittel unter 1,0 m/s, was ihre Empfindlichkeit gegenüber von Strömungshindernissen in Form von Hochbau oder dichten Baum- und Strauchbeständen unterstreicht.

Das Ventilationsgeschehen im Bereich Luzenberg/Waldhof/Industriehafen wird durch die im Verdichtungsraum Mannheim/Ludwigshafen sich ausbildende nordwestliche bis nordöstliche Regionalströmung und die Leitlinienwirkung des Altrheins zwischen Friesenheimer Insel und den Stadtteilen Waldhof und Luzenberg sowie durch die Bebauung geprägt. Auffallend ist auch hier der tagesperiodische Wechsel der Windrichtung, vor allem an Tagen mit erhöhtem Strahlungseinfluss. Aufgrund der unterschiedlichen Flächennutzung und der Lagebeziehung zur Ventilationsbahn "Altrhein" ergeben sich hinsichtlich des Ventilationsgeschehens unterschiedlich zu bewertende Teilbereiche.

Aus der Windrichtungsverteilung im Verlauf von Strahlungstagen ist zu entnehmen, dass im Messzeitraum 1998 an der freixponiert liegenden **Station Diffe-
nébrücke** gantztägig vorwiegend nördliche bis nordöstliche Winde auftraten. Ein Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung an der **LUB-Station
Mannheim-Nord** verdeutlicht dabei die Leitlinienwirkung des Altrheins zwischen Friesenheimer Insel und dem Stadtteil Luzenberg.

Auch durch den Einfluss der Bebauung ergeben sich zum Teil erhebliche Abweichungen, die sich beispielsweise in der Windrichtungsverteilung an den **Stationen Waldhofbecken** und **Sandhofer Straße** sehr auffällig darstellen.

Nach Sonnenuntergang häufen sich regional angelegte nordnordwestliche bis nordnordöstliche Luftströmungen.

Die Windrichtungsverteilungen an den Stationen *Waldhofbecken* und *Sandhofer Straße* weisen darauf hin, dass sich am westlichen Bebauungsrand des Stadtteils Luzenberg vor allem in der ersten Nachthälfte entlang des Altrheins/Waldhofbecken bebauungsspezifische Richtungsverschiebungen um ca. 60 bis 90 Grad gegenüber der Station *Diffenébrücke* ergeben. Vergleichbare Beobachtungen lassen sich auch am **Messstandort Luzenberg-Schule** in südöstlicher Verlängerung des Waldhofbeckens machen. Während in der ersten Nachthälfte Winde aus östlichen Richtungssektoren mit mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 0.9 und 1.5 m/s überwiegen, häufen sich nach Mitternacht nordwestliche Richtungskomponenten. Das Waldhofbecken funktioniert dabei als Ventilationsbahn.

Auch am Betriebshof der MVG (**Station Betriebshof**) ist im Laufe der Nacht eine vermehrte Drehung von östlichen Richtungssektoren auf nordwestliche Windrichtungen zu erkennen. Die Lage im Lee der Luzenbergstraße (Brücke) bewirkt gegenüber der Station **Luzenberg-Schule** in der 2. Nachthälfte einen Anstieg extremer Schwachwinde unter 0.5 m/s.

Im Bereich der **Station Herzogenriedstraße** bestimmen in der ersten und zweiten Nachthälfte Schwachwinde aus nordöstlichen Richtungen das bodennahe Luftaustauschgeschehen. Hierbei bilden die Freiflächen Sandgewann und entlang der Sibylla-Merian-Straße eine wichtige Kaltlufttransportbahn.

Auf der Friesenheimer Insel (**Stationen Friesenheimer, Insel, Ölhafen, Deponie, Max-Born-Straße** und **R.-Diesel-Straße**) wird das Strömungsgeschehen nach Sonnenuntergang ebenfalls von den regionalen Luftströmungen aus nördlichen Richtungssektoren bestimmt, wobei die Lage an den Ventilationsachsen Altrhein und Rhein vorteilhaft ist. Windstillen sind nur selten zu registrieren.

Die **Stationen Hauptklärwerk** und **Blumenauer Weg** beschreiben das Windfeld an Strahlungstagen im Norden von Mannheim.

Die Messergebnisse belegen die klimatische Bedeutsamkeit des nördlichen Freiraumgefüges. Nach Sonnenuntergang dominieren regionale Ausgleichsströmungen aus nördlichen Richtungen, die bodennahe Kaltluft über die BAB A 6 hinweg nach Süden transportieren. Die bioklimatische Entlastung in den Stadtteilen Sandhofen, Schönau und Waldhof wird dadurch in den Nachtstunden forciert.

8 Flächennutzungsspezifische Bewertung der klimatischen Verhältnisse in Mannheim

Neben der messtechnischen Erfassung der bodennahen Lufttemperaturverhältnisse und der Oberflächenstrahlungstemperaturen bietet als zusätzliche Datengrundlage eine Nutzungstypisierung im Stadtgebiet die Möglichkeit, die lokalen bioklimatischen Umgebungsbedingungen zu bewerten und planerische Maßnahmen zur Sicherung klimaökologischer Gunsteffekte abzuleiten.

Die Nutzungstypisierung beschreibt ausgehend von der Realnutzung die thermische Grundbedeutung, d. h. es ergibt sich eine flächenbezogene Differenzierung in potenzielle Klimatope → Kalt-/Frischluftentstehungsgebiete, Misch-/Übergangsklimate, Überwärmungsgebiete unterschiedlicher Ausprägung etc.

Im Folgenden werden anhand der Nutzungstypisierung, die im Wesentlichen auf Grundlage von Luftbildauswertungen erfolgte, die klimatischen Gunst- und Ungunspotenziale im Mannheimer Stadtgebiet identifiziert.

8.1 Freiräume – Kalt- und Frischluftentstehungsflächen, Luftleitbahnen

Wie der **Karte 10**¹⁸ zu entnehmen ist, sind im Stadtgebiet von Mannheim bereits zahlreiche Freiräume durch ihren Status als Naturschutzgebiet (NSG), Landschaftsschutzgebiet (LSG) oder als flächenhaftes Naturdenkmal (fND) verstärkt vor Überbauung geschützt.

Die Schutzflächen (inkl. Planung) besitzen zusammen eine Größe von ca. 5.243,00 ha, siehe **Tabelle 6**. Ihr Anteil an der Gesamtstadtfläche (ca. 14.496 ha) beträgt somit 36%.

¹⁸ Zur Darstellung der Karte 10 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Schutzgebiete_2007** zu öffnen. Die Daten wurden von der Stadt Mannheim zur Verfügung gestellt.

Tabelle 6: Schutzflächen im Stadtgebiet von Mannheim, Stand 2007

Schutzart	Flächengröße [ha]	%-Anteil an der Gesamtstadtfläche
Flächenhaftes Naturdenkmal	1,30	0,01
Landschaftsschutzgebiet	4.249,57	29,31
Landschaftsschutzgebiet – Planung	295,53	2,04
Naturschutzgebiet	696,60	4,81
Gesamt	5.243,00	36,17

Die größten Schutzgebiete sind die Landschaftsschutzgebiete Käfertaler Wald (1.271 ha) und Unterer Dossenwald (772 ha), die wichtige Frischluftentstehungsgebiete darstellen.

Das größte Naturschutzgebiet befindet sich im Norden von Mannheim – NSG Ballauf-Wilhelmswörth mit einer Fläche von ca. 340 ha.

Karte 10 verdeutlicht, dass sich die großen Schutzgebiete weitgehend am Stadtrand befinden. In Innenstadt Nähe sind nur die Mannheimer Neckaraue, die Maulbeerinsel sowie die Freiräume Egelwasser und Feudenheimer Au geschützt.

In **Karte 11**¹⁹ sind anhand von Luftbildern und Grundlageninformationen der Stadt Mannheim die klimaökologischen Ausgleichsräume (Freiräume) nutzungsspezifisch klassifiziert.

Das erfasste Freiraumpotenzial weist demnach eine Flächengröße von ca. 8.072 ha (ca. 57% der Stadtfläche) auf. In **Tabelle 7** sind die einzelnen Nutzungsarten und ihre Flächengröße dokumentiert.

Tabelle 7: Klimaökologische Ausgleichsflächen im Stadtgebiet von Mannheim, Nutzung und Flächengröße

Nutzung	Flächengröße [ha]	%-Anteil an der Gesamtstadtfläche
Forstwirtschaftsfläche	1.974,75	13,62
Landwirtschaftsfläche	3.367,18	23,23
Grünfläche	789,60	2,83
Parkfläche	267,90	5,44
Kleingärten	425,73	2,93
Friedhofsfläche	86,90	0,60
Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen	90,88	0,63
Sport-/Freizeitfläche	343,46	2,37
Wasserfläche	726,00	5,01
Gesamt	8.072,4	56,66

¹⁹ Zur Darstellung der Karte 11 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Ausgleichsräume_Nutzung** zu öffnen.

In **Karte 12**²⁰ („thermisches Ausgleichsvermögen“) wird die Nutzungsstruktur der Freiflächen hinsichtlich ihrer potenziellen Kaltluftproduktivität klassifiziert. Hierbei sind auch Erkenntnisse der Thermalbildbefliegung und der Lufttemperaturmessungen mit eingeflossen.

Als Kaltluft produzierende Bereiche gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie z.B. Ackerflächen, Waldflächen, Parkareale, Kleingärten und Friedhofsanlagen. Für die Charakterisierung der Ausgleichsleistung wird ihre potenzielle Kaltluftproduktion (Volumen) in $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ herangezogen. In der Literatur sind die Informationen zur Kaltluftproduktivität verschiedener Landnutzungsformen allerdings sehr spärlich (siehe VDI-Richtlinie 3787, Bl. 5, S.13).

Nach Angaben des DWD (2005) kann für Landwirtschaftsflächen und Grünflächen eine durchschnittliche Kaltluftproduktionsrate²¹ von ca. 12 - 15 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ angenommen werden (siehe **Tabelle 8**). Sehr hohe Kaltluftproduktionsraten (15 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$) werden nachfolgend Gebieten zugeordnet, die auf den Thermalbildaufnahmen als auffallende Kaltluftentstehungs- und Kaltluftstagnationsbereiche zu definieren sind.

Die Klimafunktion „Kaltluftproduktion“ ist während nächtlicher Ausstrahlungsbedingungen über Flächen mit guten Abkühlmöglichkeiten (= geringe Horizontüberhöhung, hohe Verdunstungsleistung) besonders ausgeprägt. Somit stellen beispielsweise gerade landwirtschaftlich genutzte Flächen und Wiesen/Grünflächen mit geringem Gehölzbestand hoch aktive Kaltluftentstehungsgebiete dar. Durch ihre geringe Oberflächenrauigkeit ist auch ihre Eignung als Kaltlufttransportbahn als sehr gut zu bewerten.

Die Klimafunktion „Frischlufentstehung“ trifft in erster Linie auf Waldflächen oder größere zusammenhängende dichte Gehölzbestände zu. In Waldbeständen kann sich insbesondere während windschwacher Strahlungsnächte Kaltluft entwickeln, die aufgrund der Filterwirkung gegenüber Staub Frischluftqualität besitzt. Im Vergleich zu den offenen Flächen zeigt der Wald allerdings eine starke Dämpfung sämtlicher Klimaelemente. Ursächlich dafür ist die Einstrahlungsreduktion tags und die verminderte Ausstrahlung während der Nacht.

²⁰ Zur Darstellung der Karte 12 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Kaltluft_Volumen** zu öffnen.

²¹ Bei der Entstehung eines Kaltluftvolumens von 12 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ steigt bei fehlendem Kaltluftabfluss bzw. bei fehlender Kaltluftverlagerung durch übergeordnete Luftströmungen die Mächtigkeit der Kaltluft um 0,2 m/Min. an. Entsprechend kann sich in einer Stunde eine 12 m hohe Kaltluftschicht bilden.

Es bildet sich also ein Klima mit einer recht geringen Temperaturamplitude, das – sowohl thermisch als auch lufthygienisch abgerundet – von hohem bioklimatischen Wert ist. Die Angaben zur Kaltluftproduktionsrate von Waldflächen schwankt in der Fachliteratur sehr stark ($5 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$).

Auf Grundlage eigener Erfahrungswerte im Stadtgebiet von Mannheim, wird in der vorliegenden Klimaanalyse für Waldflächen eine Produktionsrate von $9 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ vorgegeben.

Etwas geringere Kaltluftproduktionsraten weisen Parkanlagen, Kleingärten und Friedhöfe auf. Wie die Thermalbildaufnahmen und die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten zeigen, bilden die o.a. Flächennutzungstypen in der städtischen Bebauung zwar Temperatursenken, durch ihren teilweise hohen Anteil an versiegelten Flächen ist die Kaltluftproduktivität jedoch deutlich geringer als über Landwirtschaftsflächen. Ihnen kann ein durchschnittlicher Wert von $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ zugeordnet werden. Ihre Bedeutung als Kaltluftleitbahn kann als „mittel“ bewertet werden.

Vergleichbare Kaltluftmengen sind auch im Bereich von Sport- und Freizeitanlagen zu erwarten. Hier entwickelt sich ein Kaltluftvolumen von ca. $3 - 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{Std.}$ Bei der klimaökologischen Bewertung von rasenbedeckten Fußballplätzen ist zu beachten, dass eine zunehmende Tendenz besteht, den Rasen durch Kunstrasen zu ersetzen. Dieser trägt nicht mehr zur lokalen Kaltluftproduktion bei.

Über Wasserflächen (stehende und fließende Gewässer) entwickeln sich i. d. R. eigene Klimate, die insbesondere während des Sommerhalbjahres aufgrund der spezifischen Wärmespeicherkapazität temperaturnausgleichende Wirkungen haben. Während sich am Tag die Luft meist stärker erwärmt als der Wasserkörper, zeigen Wasserflächen in Sommernächten meist höhere Temperaturwerte als die Luft (vgl. Ergebnisse der Thermalbildbefliegung und der Lufttemperaturmessfahrten). Sie leisten demnach keinen aktiven Beitrag zur bodennahen Kaltluftbildung und sind als Kaltlufttransportbahn nur mäßig geeignet, da über den vergleichsweise „warmen“ Wasserflächen die nächtliche Kaltluft vermehrt labilisiert wird.

Die Schienenverkehrsflächen werden nicht den klimaökologischen Ausgleichsräumen zugeordnet, da sie sich materialbedingt (dunkler Schotter) am Tag sehr stark aufheizen können. Die sehr geringe Oberflächenrauigkeit von Gleiskörpern führt innerhalb von bebauten Bereichen insbesondere während Windwetterlagen jedoch zur Aufnahme und Kanalisierung von übergeordneten Luftströmungen. Schienenverkehrsflächen können somit als Luftleitbahn wesentlich zur Stadtbelüftung beitragen.

Tabelle 8: Klimaökologische Ausgleichsflächen und die Bewertung ihres thermischen Ausgleichsvermögens

Nutzung	Flächengröße [ha]	Kaltluftproduktionsrate in m³/m²-Std.	Bewertung
Forstwirtschaftsfläche	1.974,75	9	mittel
Landwirtschaftsfläche	3.367,18	12 - 15	hoch – sehr hoch
Grünfläche	789,60	9 - 15	mittel – sehr hoch
Parkfläche	267,90	6	mäßig
Kleingärten	425,73	6	mäßig
Friedhofsfläche	86,90	6	mäßig
Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen	90,88	3	gering
Sport-/Freizeitfläche	343,46	3 - 6	gering – mäßig
Wasserfläche	726,00	0	gering

Bilanziert man, wie groß der Anteil der jeweiligen Nutzung an der potenziell möglichen Kaltluftproduktivität im Stadtgebiet ist, so ergibt sich folgendes Bild.

56.9% der Kaltluft wird über den Landwirtschaftsflächen produziert. Auch die Waldflächen tragen mit 22.4% einen erheblichen Anteil zum Gesamtkaltluftvolumen in Mannheim bei. Grünflächen leisten einen Beitrag in Höhe von 13.0%.

Einen wichtigen Anteil liefern auch Kleingärten (3.2%) und Parkanlagen (2.0%), da sie sich häufig in Innenstadtlagen befinden.

Von eher untergeordneter Bedeutung bleiben in der Gesamtbilanz Sport- und Freizeitanlagen (1.5%). Friedhöfe (0.7%) und Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen (0.3%).

Hinsichtlich der Bewertung des klimaökologischen Ausgleichsvermögens von Freiräumen ist auch die Möglichkeit des Kaltlufttransports von Bedeutung.

In reliefiertem Gelände ist die Hangneigung der wesentlich Antrieb für die Kaltluftbewegung. In ebenem Gelände ergeben sich schwache Kaltluftbewegungen über „Flurwindeffekte“ zwischen unbebaute und bebauten Arealen. Da die Flurwinde meist sehr schwach sind, reagieren sie sehr empfindlich gegenüber Strömungshindernissen. D.h. die Oberflächenrauigkeit der Freiflächen steuert maßgeblich die Effektivität des Kaltlufttransports. Geringe Oberflächenrauigkeiten erlauben es auch, dass schwache regionale und überregionale Luftströmungen bodennah durchgreifen können und die örtlichen Kaltluftmassen verlagern.

In **Tabelle 9** sind die verschiedenen Freiraumtypen hinsichtlich ihrer Eignung als Kaltlufttransportbahn aufgelistet.

Tabelle 9: Eignung der Freiraumtypen (Nutzung) zum Kaltlufttransport

Nutzung	Flächengröße [ha]	Eignung zum Kaltlufttransport
Forstwirtschaftsfläche	1.974,75	gering
Landwirtschaftsfläche	3.367,18	hoch
Grünfläche	789,60	hoch
Parkfläche	267,90	mittel
Kleingärten	425,73	mittel
Friedhofsfläche	86,90	mittel
Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen	90,88	gering
Sport-/Freizeitfläche	343,46	mittel
Wasserfläche	726,00	mittel

In **Karte 13**²² ist die Effektivität des thermischen Ausgleichsvermögens der Freiflächen dargestellt. Die Wertung fußt auf dem thermischen Ausgleichsvermögen und der Eignung der Freiflächen als Kaltlufttransportbahnen.

Demnach sind u.a. folgende Freiräume klimaökologisch äußerst effektiv:

- Freiraumgefüge nördlich der BAB A 6 (LSG Sandtorfer Bruch, LSG Markgrafenacker)
- Freiraum Krähenflügel zwischen Sandhofen und Schönau
- Wilhelmswörth westlich von Sandhofen
- LSG Friesenheimer Insel
- LSG Weidenbergel östlich der Lampertheimer Straße
- LSG Straßenheimer Hof
- Freiraum im Bereich der Vogelstang Seen
- LSG Langgewann zwischen Wallstadt und Feudenheim
- LSG Feudenheimer Au
- LSG Egelwasser bei Feudenheim
- Grünzug Mannheim Südost
- Riedwiesen in Rheinau
- Freiraumgefüge Alteichwald

²² Zur Darstellung der Karte 13 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Effektivität der Kaltluftleistung** zu öffnen.

Karte 14²³ beschreibt den Leitbahncharakter der größeren klimaökologischen Ausgleichsräume.

Regionale Grünzüge, die Schnittstellen zu den Ausgleichspotenzialen benachbarter Städte und Gemeinden haben, sollten Mindestbreiten von 1.000 m aufweisen.

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).

Dementsprechend werden Freiräume mit einer Breite von unter 500 m als Grünzäsuren definiert. Besitzen sie eine räumliche Verbindung zu größeren Freiräumen, bilden sie im innerstädtischen Wirkungsgefüge noch wesentliche Kaltluftzugbahnen (Passivwirkung). Ihre Aktivwirkung (Kaltluftproduktion) ist begrenzt, da teilweise die Wärmeaura der angrenzenden Wirkungsräume die Kaltluftproduktion schwächt.

Als regionale Grünzüge können im Stadtgebiet von Mannheim folgende Bereiche bezeichnet werden:

- Sandhofer-/Käfertaler Wald, Sandtorfer Bruch, Markgrafenacker, Ballauf-Wilhelmswörth
- Freiraumgefüge Straßenheimer Hof
- Kloppenheimer Feld, Niederfeld, Mittelfeld
- Unterer Dossenwald, Freiraumgefüge Alteichwald
- Reißinsel, Waldpark, Rottfeld
- Riedwiesen

Von den Freiräumen im Mannheimer Stadtgebiet können ca. 59% (ca. 4.750 ha) der Flächengröße den regionalen Grünzügen zugeordnet werden.

Lokale Grünzüge umfassen eine Fläche von ca. 1.798 ha (22% der Freiflächen). Hierzu zählen z.B.:

- Wilhelmswörth, Fohlenweide westlich von Sandhofen
- LSG Friesenheimer Insel
- Feudenheimer Au, Sellweiden, Egelwasser
- Oberfeld östlich von Seckenheim
- Freiraumgefüge Vogelstang Seen, LSG Langgewann
- LSG Weidenbergel
- Aufeld bei Neckarau

²³ Zur Darstellung der Karte 14 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **Leitbahncharakter** zu öffnen.

Wichtige Grünzäsuren (Flächenanteil am Freiraumgefüge ca. 8%) sind z.B.:

- Freizone südlich des Gewerbegebiets Mallau
- Gewann Riemen südlich von Pfingstberg
- Freiräume entlang der Sibylla-Merian-Straße , Sandgewann bei Käfertal
- Schlossgarten

8.2 Überbaute Bereiche – bioklimatisch belastete Wirkungsräume

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der Thermalbildbefliegung ermöglichen zusammen mit der Klassifizierung der baulichen Nutzungstypen eine Bewertung der bioklimatischen Verhältnisse innerhalb der Bebauung (**Karte 15²⁴**).

Das Stadtgebiet von Mannheim setzt sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Baustrukturen (beispielhaft in den **Abbildungen 15.1 – 15.3** dargestellt) zusammen. Als Folge der unterschiedlichen Oberflächenrauigkeit und Bodenversiegelungsgrade sowie der differenzierten gebietsinternen Grünstrukturen ergeben sich kleinräumig stark variierende Kleinklimate (= Klimatope).

Die der bioklimatischen Belastungskarte zu Grunde gelegte klimatische Bewertung der unterschiedlichen Baustrukturen kann teilweise der **Tabelle 10** entnommen werden.

Tabelle 10: Baustrukturen – Bewertung des immanenten Wärmepotenzials

Nutzung	Wärmepotenzial (Wertigkeit)
Reihen-/Einzelhausbebauung	gering - mittel (1 – 2)
Zeilenhausbebauung	gering – hoch (1 – 3)
Hochhausbebauung	gering – hoch (1 – 3)
Blockrandbebauung	mittel – hoch (2 – 3)
Blockbebauung, Ortskernbebauung	hoch – sehr hoch (3 – 4)
Citybebauung	sehr hoch (4)
Industrie-/Gewerbeflächen	mittel – sehr hoch (2 – 4)
Schienenverkehrsfläche	mittel (2)
Versiegelte Platzflächen	mittel (2)
Große Verkehrsknotenbereiche	hoch (3)

²⁴ Zur Darstellung der Karte 15 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen **Stadtkarte** und **bioklimatische Belastung** zu öffnen. Der Layer **Wärmepotenzial** ist Bestandteil dieser Karte.

Zusammen nimmt die Bebauung ca. 43% der Stadtfläche ein.

Um die bioklimatische Belastung zu bestimmen, wurden nachfolgend den Baustrukturen auf Grundlage der Lufttemperaturmessfahrten (22:00 Uhr) eine thermische Belastungszone zugeordnet (siehe **Tabelle 11**).

Tabelle 11: Bewertung der Lufttemperaturverhältnisse (22:00 Uhr)

Lufttemperaturbereiche	Bewertung (Wertigkeit)
15 – 17°C	geringe Belastung (1)
17 – 19°C	mäßige Belastung (2)
19 – 21°C	mittlere Belastung (3)
21 – 23°C	hohe Belastung (4)
> 23°C	sehr hohe Belastung (5)

Durch die Mittelbildung der Wertigkeiten Wärmepotenzial²⁵ und Lufttemperaturverhältnisse erhält man die bioklimatische Belastung.

Die Auswertung in Karte 15 verdeutlicht, dass sich die Bereiche mit sehr stark erhöhter bioklimatischer Belastung weitgehend auf das Stadtzentrum von Mannheim beschränken. Betroffen sind:

- Mannheimer Quadrate
- Neckarstadt
- Schwetzingenstadt
- Jungbusch
- Handelshafen
- Gewerbe-/Industrieflächen im Lindenhof

Stark erhöhte bioklimatische Belastungen ergeben sich in folgenden Bereichen:

- Rheinau-Hafen
- Industrie-/Gewerbeflächen entlang der Rhenaniastraße
- Teile der Industrie-/Gewerbeflächen in Friedrichsfeld
- Ortszentrum Neckarau, Gewerbegebiet Casterfeld
- GE Neckarau südwestlich des Rangierbahnhofs
- GE Fahrlach, Umfeld des Großmarktgeländes
- Lindenhof
- GE Wohlgelegen
- GE/GI Luzenberg, Waldhof
- Industriehafen

²⁵ Das Wärmepotenzial ist als Bewertung der Oberflächenstrahlungstemperaturen zu verstehen

Die z.T. dicht bebauten Ortszentren von Rheinau, Friedrichsfeld, Seckenheim, und Feudenheim sind bioklimatisch erhöht belastet.

Günstiger stellt sich die Situation in Sandhofen dar. Hier macht sich die thermische Gunstwirkung der angrenzenden Freiräume im Westen, Norden und Osten positiv bemerkbar.

Auch im Stadtteil Wallstadt zeigt sich das Ortszentrum nur leicht erhöht belastet.

Bioklimatisch günstig stellen sich die Stadtteile Vogelstang, Gartenstadt, Schönau und Blumenau dar. Hier sorgt die locker durchgrünte Wohnbebauung für gebietsinterne klimaökologische Ausgleichsleistungen.

Bilanziert man die bioklimatische Belastung in Mannheim , so ergeben sich folgende Ergebnisse:

- bioklimatisch sehr gering – gering belastet sind 20.7% der bebauten Fläche
- bioklimatisch mäßig – mittel belastet sind 25.5% der bebauten Fläche
- bioklimatisch leicht erhöht – erhöht belastet sind 28.5% der bebauten Fläche
- bioklimatisch stark erhöht – sehr stark erhöht belastet sind 25.3% der bebauten Fläche

Auf die Gesamtstadtfläche bezogen sind ca. 11% des Stadtgebietes bioklimatisch stark erhöht - sehr stark erhöht belastet.

In **Karte 16**²⁶ ist die bioklimatische Belastung zusammen mit der Effektivität der Kaltluftleistung dargestellt. Die Darstellung verdeutlicht, inwiefern bioklimatisch hoch belasteten Teilbereichen effektive Ausgleichsräume gegenüberstehen.

²⁶ Zur Darstellung der Karte 16 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen *Stadtkarte*, *bioklimatische Belastung* und *Leitbahncharakter* zu öffnen.

9 Klimaökologische Ausgleichs- und Wirkungsräume – Planungsempfehlungen zur weiteren Stadtentwicklung

In **Karte 17**²⁷ ist das Stadtgebiet in klimaökologische Ausgleichs- und Wirkungsräume gegliedert. Mit Hilfe dieser Abgrenzung sowie der verbindenden Strukturen (= Strömungsbarrieren) lassen sich die ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe detailliert beschreiben.

Als klimaökologischer Wirkungsraum (W) wird dabei ein bebauter oder zur Bebauung vorgesehener Raum bezeichnet, dem ein oder mehrere Ausgleichsräume zugeordnet sind und in welchem die in den Ausgleichsräumen erzeugten klimaökologischen Leistungen zum Abbau von klimaökologischen Belastungen führen.

Dementsprechend wird ein Freiraum, der einem benachbarten, zur Belastung neigenden Wirkungsraum zugeordnet ist, als klimaökologischer Ausgleichsraum (A) bezeichnet.

Wie in den o.a. Kapiteln bereits ausführlich erläutert, stehen die klimaökologischen Ausgleichs- und Wirkungsräume über das Luftaustauschgeschehen funktional in Beziehung, wobei vor allem auch lokal begrenzte, bodennah ablaufende Wirkungsmechanismen von Bedeutung sind.

Die klimaökologische Leistung der Ausgleichsräume besteht zum einen in ihrem Beitrag zur Intensivierung der Ventilation und zum anderen in der Verbesserung der Luftqualität sowohl in thermischer als auch in lufthygienischer Hinsicht, wobei diese sowohl passiv als auch aktiv wirken.

- **Aktive Wirkung**
Die aktive Wirkung besteht darin, dass durch Temperaturunterschiede zwischen vegetationsbedecktem Freiräumen und angrenzender Bebauung Luftaustauschbewegungen entstehen, die in Form von Flurwindeffekten besonders bei windschwachen Wetterlagen das Ventilationsgeschehen wesentlich mitbestimmen.

²⁷ Zur Darstellung der Karte 17 sind im ArcGIS-Projekt die Ebenen *Stadtkarte*, *Militärflächen*, *Strömungsbarriere*, *Planungshinweis*, *Planungshinweise_b* und *Ausgleichs-/Wirkungsraum* zu öffnen.

- Passive Wirkung

Die passive Wirkung der Ausgleichsräume besteht darin, dass die im weiteren Umland entstehende Kalt-/Frischlufte auch bei Schwachwindsituationen, durch den Bewegungsimpuls des großräumigen bzw. regionalen Windes unterstützt, über diese stadtnahen Freiräume im bodennäheren Luftraum weitgehend ungehindert zur Kernstadt gelangen kann. Ein weiterer Positiveffekt ist darin zu sehen, dass über Bebauung in einen Ausgleichsraum zuströmende Luft, die über dieser Bebauung erwärmt wird oder sich mit emissionsbelasteter Luft mischt, durch Einbeziehen hier lagernder Frischluft (bei entsprechend dimensioniertem Ausgleichsraum) abgekühlt und erneuert wird. Hierdurch kann sie weiteren Wirkungsräumen zugute kommen.

Die Unterteilung des Stadtgebietes in einzelne Ausgleichs- und Wirkungsräume orientiert sich an den Klimagutachten von 1986 und 1992 (ÖKOPLANA 1986, 1992).

Im Gegensatz zur parzellenscharfen Grenzziehung in der Bauleit- und Verkehrsplanung lassen sich im klimaökologischen Bereich nur schwer exakte Grenzen ziehen, da sich die physikalischen Funktionsabläufe dynamisch vollziehen. Entsprechend der Definition Wirkungsraum ergibt sich die Grenze vom Wirkungsraum zum Ausgleichsraum relativ exakt durch die Bebauungsgrenze. Wirkungsräume untereinander oder Ausgleichsräume untereinander lassen sich hingegen nur schwer parzellenscharf abgrenzen. Sie orientieren sich daher an Hauptverkehrsachsen oder einzelnen Flächennutzungsstrukturen.

Die Nummerierung (z.B. W11 oder A04) ist keine Wertung oder Rangfolge.

Wie bereits erwähnt, sind in Karte 17 auch die verbindenden Strukturen zwischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen in Form klassifizierter Strömungsbarrieren gekennzeichnet. Die klimaökologischen Ausgleichsleistungen kommen in den benachbarten Wirkungsräumen nur dann in optimaler Weise zum Tragen, wenn die Hinderniswirkung an den Nahtstellen gering ist. Hindernisse in Form von dichter Bebauung oder hohen Straßendämmen können zu einer massiven Störung der Ausgleichsleistung führen.

Die Barrierewirkung wird in Karte 16 in fünf Stufen unterteilt:

- Geringe Barrierewirkung (1), z.B.: Sport- und Parkanlagen, Bahngleise, Stellflächen, extrem lockere Wohn-/Gewerbebebauung
- Mäßige Barrierewirkung (2), z.B.: Einzel-/Reihenhausbebauung, Zeilenhausbebauung, Lärmschutzanlagen $H < 10$ m
- Starke Barrierewirkung (3), z.B.: Gewerbebebauung, Blockrandbebauung, Blockbebauung
- Sehr starke Barrierewirkung (4), z.B.: Dichte Gewerbebebauung, Zeilenhausbebauung und zusätzlicher Lärmschutzwand, große Einzelbauten, Blockbebauung mit zusätzlichen Hindernissen in Form von Dämmen $H < 10$ m
- Sehr starke Barrierewirkung innerhalb von Ausgleichsräumen (5): Dammgeführte Autobahn

Da in Mannheim in den nächsten Jahren der Abzug der amerikanischen Militärverbände geplant ist, stehen die Militärf Flächen verstärkt im Fokus der Stadtentwicklung. Sie sind daher in Karte 17 zusätzlich gekennzeichnet.

Anhand der detaillierten Beschreibung der klimaökologischen Funktionsabläufe in den einzelnen klimaökologischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen können Planungshinweise abgeleitet werden, die lokal zur Verbesserung der stadtklimatischen Situation beitragen.

Im Allgemeinen sind innerhalb der Bebauung u.a. folgende Maßnahmen denkbar:

- *Öffentliche Straßenräume*
Rückbau von Straßen zur Schaffung von Raum für Begrünungsmaßnahmen, Ausgestaltung von verkehrsfreien/verkehrsberuhigten Zonen, Nutzung möglichst heller und wasserdurchlässiger Straßenbeläge.
Nutzung von Rasengittersteinen bei Parkierungsflächen. Die thermische Gunstwirkung wird anhand **Abbildung 17** offenbar.
- *Blockinnenbereiche, Höfe*
Entkernung dicht bebauter Blockinnenbereich, Anlage von Grünflächen, Begrünung von Dächern und Wänden, Verlagerung von störenden Nutzungen (Stellplätze, Lagerflächen etc.).
- *Ungenutzte Freiflächen innerhalb der Bebauung (Baulücken, Brachflächen)*
Erhöhung des ökologisch wirksamen Freiflächenanteils innerhalb eines Quartiers durch Optimierung der Grünausstattung, Sicherung der Freiflächen vor Bebauung zur Verbesserung der Besonnungs- und Belüftungsverhältnisse.

Zur Sicherung und funktionalen Optimierung der klimaökologischen Ausgleichsräume bieten sich folgende Maßnahmen an:

- Sicherung klimaökologisch hochaktiver Freiräume durch Ausweisung von Schutzgebieten.
- Erhöhung der Kalt- und Frischluftproduktion in den Freiräumen durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen (Aufforstung, Extensivierung von Landwirtschaftsflächen).
- Vermeidung einer weiteren Kammerung großer Freiräume durch Neuausweisung von Gewerbe- und Wohngebieten oder Bau neuer Verkehrstrassen (mit Dammführung und/oder Lärmschutzanlagen).
- Verbesserung der räumlichen Vernetzung zwischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen durch Schaffung bzw. Optimierung von Luftleitbahnen.
- Vermeidung dichter Baustrukturen an den Übergängen Freiraum - Bebauung.

In **Karte 17** sind mit Hilfe von Piktogrammen wesentliche Planungshinweise dargestellt. Detaillierte Planungshinweise, die alle bebauten bzw. zu Bebauung vorgesehenen Bereiche abdecken, sind den Ausführungen in Kap. 9.2 zu entnehmen. Piktogramme in **Karte 17**:

- **Freiraum sichern:** *Großflächiger Erhalt des Ausgleichsraums, zur Sicherung der klimaökologischen Positiveffekte.*
- **Grünflächen sichern:** *Sicherung stadtinterner Grünflächen/Parks als „klimatische Erholungsoasen“.*
- **Erhalt von Kälteinseln:** *Flächige Sicherung von Freiräumen, die als besonders intensive Temperatursenken identifiziert wurden und einen wesentlichen Beitrag zur Klimamelioration liefern.*
- **Keine bauliche Nachverdichtung:** *Vermeidung zu dichter Bebauung, um thermische Ungunsteffekte zu unterbinden.*
- **Baugrenzen einhalten:** *Vermeidung weiterer Bebauung im Umfeld, um die angrenzenden Ausgleichsräume zu sichern.*
- **Zusammenwachsen von Wärmeinseln vermeiden:** *Vermeidung großflächiger bioklimatischer Belastung.*
- **Freihalten von Ventilationsbahnen:** *Sicherung von Freiräumen, die für die Stadtbelüftung von hoher Bedeutung sind.*
- **Flächen mit städtebaulichem Entwicklungspotenzial:** *Teilbereiche, die durch Flächennutzungsänderung einer klimaökologisch optimierten Bebauung zugeführt werden können.*
- **Entkernung von Blockinnenbereichen:** *Klimaökologische Optimierung der Bebauungsstruktur.*
- **Grünzug/Ventilationsbahn entwickeln:** *Schaffung neuer Kaltluftentstehungsgebiete sowie Kalt-/Frischluftachsen durch Flächennutzungsänderung.*

9.1 Klimaökologische Ausgleichsräume

Nachfolgend wird auf die klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen zusammenfassend eingegangen.

• A01:

Der Ausgleichsraum **Riedwiesen** stellt aufgrund seiner Ausdehnung und Lagebeziehung zu den Industrieflächen des Rheinau-Hafen (Wirkungsraum W02) sowie der Wohnbebauung Rheinau-Süd (W01) ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotential 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 zu bezeichnen.

• A02:

Der Ausgleichsraum **Rheinauer See** beeinflusst aufgrund seiner kleinen Ausdehnung im Wesentlichen nur die lokal angrenzende Bebauung Rheinau-Süd (Wirkungsraum W01). Seine thermische Gunst weist ein jahreszeiten- und witterungsspezifisch variierendes Wirkungspotential 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 zugehörige Grünfläche tiefer als die angrenzende Bebauung liegt, kann die Frischluft aus dem Ausgleichsraum kaum aktiv in W02 zur Geltung kommen. Sie wirkt vielmehr passiv bei Situationen mit südwestlichen bis südöstlichen Lokalströmungen. Die thermische Ausgleichswirkung ist zusammenfassen als mäßig zu bewerten.

• **A03/A04:**

Der **Dossenwald**, der eine mittlere bis sehr hohe thermische Ausgleichswirkung aufweist, lässt sich in die Ausgleichsräume A03 (westlich der BAB A 6) und A04 (östlich der BAB A 6) untergliedern. 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 A03/A04 aufgrund seiner Ausdehnung und Lagebeziehung zur Bebauung ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotential im südöstlichen Stadtgebiet dar. Der dichte Baumbestand 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 über den Teilraum A03 in den angrenzenden Wirkungsraum 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.

• **A05/A06:**

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 Dossenwald und der Bebauung Friedrichsfeld-Süd. Weiter nördlich schließt sich der Ausgleichsraum **A06 (Lange Liese, Schwarzwegmann)** an. Er grenzt östlich an die Bebauung Friedrichsfeld an und geht ebenfalls den ausgedehnten, landwirtschaftlich genutzten Freiraum über.

In den Freiflächen A05/A06 wirkt sich bei lokalklimatisch relevanten Wetterlagen nach Sonnenuntergang eine östliche Regionalströmung aus, die auf Ausgleichsströmungen zwischen der Odenwaldhochfläche und dem Rheingraben zurückzuführen ist.

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

Bei vorherrschend südlicher bis östlicher Anströmung entfalten A05 und A06 ihre thermischen Positiveffekte in den Bebauungen Alteichwald (W07) sowie Friedrichsfeld (W08, W09).

• **A07:**

Der Ausgleichsraum **Oberfeld/Wörthfeld (A07)** befindet sich nur noch mit dem Teilbereich Oberfeld auf Mannheimer Gemarkung. Wie in A06 wirkt sich auch in A07 noch eine östliche 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.

Im tiefer liegenden Teilbereich Wörthfeld kommt es nördlich der B37 und im Umfeld des Hochwasserdammes zur Stagnation bodennaher Kaltluft.

Das thermische Ausgleichsvermögen ist als hoch bis sehr hoch einzustufen.

• **A08/A09:**

Die Ausgleichsräume **A08/09 (Mittelfeld und „östliches“ Niederfeld)** stellen mit ihren landwirtschaftlich genutzten Flächen, ihrer Ausdehnung und Verbindung mit dem Dossenwald, dem Niederfeld, Kloppenheimer Feld, Bösfeld und Flugplatz ein wesentliches klimaökologisches Gunspotenzial dar, das sowohl für die Wirkungsräume im Nahbereich als auch für die Kernstadt von Bedeutung ist (hohes thermisches Ausgleichsvermögen). Die Freiflächen werden von der BAB A656 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 BAB 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 BAB A 6 in verstärkter Kaltluftstagnation und starken thermischen Kontrasten zur Bebauung Seckenheim aus.

• **A10:**

Der Ausgleichsraum **Neckarvorland A10 (Waidstücke, Wörth)** neigt aufgrund seiner Tieflage (analog dem Wörthfeld in 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 den 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 und Seckenheim.

• **A11:**

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 zu Stagnationen. 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 vorherrschend 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 hoch bis sehr hoch zu bezeichnen.

• **A12/A13:**

Die **Ausgleichsräume A12/A13 (Niederfeld, Morchfeld sowie Kloppenheimer Feld, Hermsheimer Bösfeld)** bilden 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 stellen sie ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Stadtgebiet von Mannheim dar (hohes thermisches Ausgleichsvermögen). In windschwachen Strahlungsnächten entwickeln sich hier häufig südöstliche 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 durchschneidende Trasse der BAB A 656 stellt aufgrund der überwiegend ebenerdigen Trassenführung und der geringen nächtlichen Verkehrsbelastung (keine wesentliche verkehrsbedingte Verwirbelung der Luftströmungen) keine wesentliche Strömungsbarriere dar. Jedoch ist der Ausgleichsraum insgesamt durch die Verkehrsanlagen der BAB A6, des Rangierbahnhofs und der Bauungen Neuostheim sowie und des Sport- und Messeparks gekammert. Speziell der Damm und der Lärmschutzwall der BAB A 6 behindern bei nordöstlicher bis südöstlicher Anströmung das Ventilationsgeschehen. Dies drückt sich im Umfeld des Dammes der BAB A 6 in verstärkter Kaltluftstagnation über den landwirtschaftlich genutzten Flächen vor allem in Muldenlagen und entsprechenden thermischen Gegensätzen zu den nördlich, westlich und südlich der angrenzenden Bebauungen der Wirkungsräume (W14 bis W17 und W21/22) aus. Bedingt durch die offenere bzw. strömungsspezifisch durchlässigere Bebauungsstruktur weist der Bereich um den Sport- und Messepark (W15/16) geringere thermische Belastungen auf als W14 (Gewerbegebiet Neuostheim).

• **A15/A16:**

Die Ausgleichsräume **A15 (Flugplatz)** und **A16 (Harrlachgärten)** werden durch die Verkehrsanlagen der BAB A 656 unterteilt. Die Autobahn stellt hier jedoch kein durchgängiges Strömungshindernis dar, so dass die Ausgleichsräume trotz der thermischen Störungen der Verkehrsanlagen noch ein gemeinsames Funktionsgefüge darstellen. So kühlen sich über den vegetationsbedeckten Flächen der Harrlachgärten (mäßiges bis hohes thermisches Ausgleichsvermögen) und über den Grasflächen des Flugplatzes (hohes bis sehr hohes thermisches Ausgleichsvermögen) die Luftmassen im Sommer rasch ab, erreichen aber durch ihre innenstadtnahe Lage nicht ganz das niedrige Lufttemperaturniveau von Bösfeld, Kloppenheimer Feld (A13) und Niederfeld (A12).

Eine starke Barrierewirkung ist im südöstlichen Bereich des Freiraumes durch den Damm des Rhein-Neckar-Schnellwegs (Brückenauffahrt zur Querung des Rangierbahnhofes) zu erkennen, 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 Ventilationsleitbahn innerhalb des Grünzuges Südost entfalten.

Im Norden begrenzt die Bebauung Neuostheim (W18,19) 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 Gunstpotential der Harrlachgärten nur abgeschwächt im Fahrlachgebiet (W34) entfalten kann. Dies wird durch den markanten Temperaturgegensatz auf kurzer Distanz belegt.

• **A17:**

Der Ausgleichsraum **A17 (Kleingärten Hintergereute)** nordwestlich von Neuhermsheim wird von den Bahnanlagen gekammert. Vor allem die Dämme der Riedbahn unterbinden Wechselwirkungen mit den angrenzenden Wirkungsräumen (W20, W24, W34). Das thermische Ausgleichsvermögen ist als mäßig zu bewerten.

• **A18:**

Zwischen dem Gewerbegebiet Mallau (W22) und der Bebauung Casterfeld/Pfingstberg (W23) befindet sich der relativ schmale Ausgleichsraum **A18 („Atzelaue“)**. Er wird durch die angrenzenden Bebauungen 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.

• **A19:**

Der Ausgleichsraum **A19 („Riemen“)** ist als westlicher Teilraum des deutlich größeren Ausgleichsraum A03/A04 zu betrachten. Die kühlen Luftmassen aus dem Dossenwald können bei südöstlichen und östlichen Luftströmungen über A19 in der Bebauung Pfingstberg ihre klimaökologischen Positiveffekte entfalten. Der Bebauungsrand weist hier nur geringe bis mäßige Barrierewirkung auf und die Wachenburgstraße kann relativ ungehindert nach Westen und Nordwesten überströmt werden.

• **A20:**

Der sehr klein dimensionierte Ausgleichsraum am **Weiher zwischen Stengelhofstraße und „Vor dem Teich“** ist vollständig von den Bebauungen der Wirkungsräume W02, W04 und W23 umgeben. Aufgrund seiner kleinen Ausdehnung, 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 Ausgleichspotential (mäßig) wird noch 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.

• **A21:**

Der Ausgleichsraum **Morchfeld/Casterfeld (A21)** wird durch den teilweise auf einem Damm verlaufenden Rhein-Neckar-Schnellweg und das Gewerbegebiet Mallau stark gekammert. Verstärkt wird dieser Effekt am Bebauungsrand noch durch die leichten Geländestufen im Bereich von Mallaustraße und Morchfeldstraße.

Die sich über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen bzw. den Grünflächen des Friedhofs Neckarau bildenden kühlen Luftmassen können nur abgeschwächt aktiv in die Wirkungsräume W22, W25 und W26 eindringen. Zusammen mit ihrer hohen Passivwirkung als Ventilationsfläche bilden sie jedoch einen stadtklimatisch noch wichtigen Freiraum. Die thermische Gunstwirkung unterbindet den Anschluss des Gewerbegebietes Mallau an die „Wärmeschiene“ Rheinauer Hafen – Casterfeld – Neckarau - Lindenhof.

• **A22, A23 und A24:**

Die westlich von Neckarau, Niederfeld und Almenhof gelegenen Ausgleichsräume **A22 (Rottfeld/Aufeld)**, **A23 (Stollenwörthweiher, Große Platte, Dahllache)** und **A24 (Waldpark/Reißinsel)** stellen 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 den Rheinhauptdeich begleitenden Waldstreifen sowie im Norden und Osten durch die Bebauung bzw. durch das teilweise in der Bebauung ansteigende Gelände (z.B. in A22 Höhendifferenz Aufeld – Friedrichstraße etwa 5 m). Neben diesen überwiegend mäßig wirksamen Barrierewirkungen bewirken die Gliederungen durch die Kleingärten und die Bebauung entlang der Rheingoldstraße eine Kammerung des Ausgleichsraums. Die Flächennutzungsstruktur (Kleingärten, höhere Vegetation in Form von Baumbeständen) reduziert zusätzlich die mittlere Windgeschwindigkeit im bodennäheren Luftraum. Über dem Waldpark (A24) führen die Waldflächen zwar zu einer Abschwächung der bodennahen Luftströmungen und ebenfalls zu Stagnationseffekten. Insgesamt können sie aber in den stadtnahen Freiräumen klimatische und lufthygienische Positiveffekte erbringen.

Im Ausgleichsraum A22-A24 (repräsentiert durch die Station Waldstadion) bildet sich bei Strahlungswetterlagen unabhängig von der vorherrschenden, wetterlagenbedingten Höhenströmung nach Sonnenuntergang häufig eine westliche Lokalströmung aus, die in der zweiten Nachthälfte am stärksten ausgeprägt ist. Wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung dieser Lokalströmungen sowohl in den westlichen als auch in den östlichen Freiräumen ist die Ausbildung einer Bodeninversion und eine ausgedehnte Berührungsfläche zwischen wärmerer Bebauung und kühlen Flächen über entsprechend dimensionierten stadtnahen Freiräumen.

Während in den östlichen Ausgleichsräumen südöstliche bis nordöstliche Luftströmungen vorherrschen, stellen sich in den Ausgleichsräumen A22 – A24 vermehrt westliche Luftströmungen ein, so dass sich von den westlichen und östlichen Ausgleichsräumen zur Stadt (Innenstadt, Schwetzingenstadt und Neckarau/Almenhof) gerichtete konvergente Luftströmungen ergeben. In den westlichen Ausgleichsräumen bewirkt diese Ausgleichsströmung für die angrenzende Bebauung in den Wirkungsräumen W26 (Bereich Großkraftwerk), W27, W28, W30 und W32 trotz der tendenziellen Kaltluftstagnationsneigung im bodennahen Raum thermische Positiveffekte und intensivere Ventilation. Sie können sich vor allem in der Wohnbebauung Niederfeld und im südlichen Bereich des Lindenhofs (südlich der Speyerer Straße) entfalten, während sie im Bereich der dichteren Bebauung am Übergang vom Aufeld nach Neckarau bzw. zum Großkraftwerk auch als Folge des ansteigenden Geländes weniger deutlich wirksam werden können.

• **A25:**

Zwischen Lindenhof und Innenstadt/Schloss befindet sich der relativ klein dimensionierte Ausgleichsraum **A25 Schlosspark**. Stadtseitig umschließend ihn die Bebauungen Lindenhof (Wirkungsraum W32), die Bahnanlagen und Auffahrten zur Konrad-Adenauer-Brücke (W33) und die Schlossfront zum Stadtzentrum (W38). Infolge der eingetieften Lage des Schlossgartens ist die Barrierewirkung zu den Wirkungsräumen teilweise stark ausgeprägt und der Ausgleichsraum deutlich gekammert. Nach Westen grenzt er barrierefrei an den Rhein (A59). 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 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 Stadtklimaefekte beitragen. Das thermische Ausgleichsvermögen ist zusammenfassend als mäßig zu bewerten.

• **A26**

Der Ausgleichsraum **A26 Luisenpark** 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 durch die dammartig erhöhte Ludwig-Ratzel-Straße durchschnitten. Sie bildet eine interne Strömungsbarriere.

Die Umschließung durch Bebauung an drei Seiten, die eingetieftete 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 neigt zu Stagnation, wenn sie nicht durch eine kräftigere Höhenströmung (großwetterlagenbedingter Gradientwind 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 thermisch positiv bis zur Innenstadt, Schwetzingenstadt oder südlichen Neckarstadt auswirken kann. Dies ist vor allem bei nördlichen bis östlichen Windrichtungen gegeben.

Im Allgemeinen bleibt die thermische Positivwirkung jedoch im Bereich des Oberen Luisenparks auf eine Entfernung bis ca. 100 m und im Bereich des Unteren Luisenparks auf eine Entfernung bis ca. 400 m begrenzt.

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

• A27/A28

Der Ausgleichsraum **Neckarvorland** lässt sich in mehrere Unterabschnitte unterteilen. Die Grünflächen entlang des Neckars erstrecken sich als schmales Band (ca. 170 - 300 m Breite) aus südöstlicher 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, W39, W61) ein eigenständiger Luftaustausch entwickeln.

Die Hauptfunktion des Ausgleichsraums Neckarvorland (A27/A28 sowie flussaufwärts A14, A11) besteht daher in seiner Wirkung als Strömungsleitbahn: Bei Winden aus südöstlichen bis östlichen Richtungen kann Frischluft aus dem Freiraum Südost bis in die Neckarstadt und in die Innenstadt transportiert werden und die thermische Ungunst der großflächig versiegelten Bebauungen reduzieren.

Bei nördlichen bis nordöstlichen Windrichtungen bildet der Grünzug Nordost (u.a. Ausgleichsräume A35 - Sellweiden/Hauptfriedhof, A34 -Au und A29 - Egelwasser) die „Kaltluftquelle“.

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 Luftmasse wird jedoch durch die zahlreichen Industrieanlagen entlang des Rheins (u.a. BASF) stark reduziert.

• A29

Nördlich des Neckarvorlandes befindet sich zwischen dem Neckarkanal und der Bebauung Feudenheim (Wirkungsraum 40) der Ausgleichsraum **A29 Egelwasser**. Im Osten wird er vom Damm der BAB 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.

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

• **A30**

Der Ausgleichsraum **A30 (Langgewann/Heckremis)** befindet sich zwischen den Stadtteilen Feudenheim (Wirkungsraum W40) und Wallstadt (W41) und ist Bestandteil des Grünzuges Nordost, der östlich der BAB A6 in den großflächigen Ausgleichsraum A31 übergeht.

Getrennt durch die Verbindungsstraße K 9753 findet der A30 relativ barrierefrei nach Nordwesten Anschluss an den Ausgleichsraum A33. Nach Osten verengt er sich nördlich des Gewerbegebietes Feudenheim deutlich auf etwa 210 m. Hier stellt insbesondere die BAB 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 Gunsteffekten.

Im Norden des Ausgleichsraumes beeinträchtigt die tiefliegende L597 mit Lärmschutzwand 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 frühere verdichtende Untersuchungen im Bereich Mudauer Ring/Osterburker Straße (LÄHNE 1992).

Neben der lokalen Wechselwirkung mit den Bebauungen Feudenheim und Wallstadt liegt die Bedeutung von A30 auch in seiner Funktion als Strömungsleitbahn innerhalb des Grünzuges Nordost: Bei nordöstlichen bis östlichen Windrichtungen kann im Zuge von Lokal- und Regionalströmungen über den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen Kalt-/Frischlufte bis in die Kernstadt verfrachtet werden.

• **A31**

Östlich der BAB A6 erstreckt sich über die Gemarkungsgrenze hinaus der großflächige Ausgleichsraum „**Freiraum Nordost - 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 Grünzuges Nordost. Die Grenze zwischen diesen Teilräumen bildet die Autobahn BAB A6. 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 Mannheim Nordost – trotz Strömungsbarriere Autobahntrasse – von großer Bedeutung für das Stadtklima von Mannheim.

• **A32/A33**

Der Ausgleichsraum **A32 (Vogelstang-Seen, Gewanne „Hackbaum“, „Am Großen Stein“, „Streitacker“)** befindet sich zwischen den Stadtteilen Wallstadt (W 41) und Vogelstang (W 42, W 43) und ist Bestandteil des Grünzuges Nordost. Östlich der BAB A6 geht er in den großflächigen Ausgleichsraum „Freiraum Nordost - Straßenheim“ (A31) über. Im Westen bildet die Trasse der Straßenbahn die Grenze. Hier geht A32 barrierefrei in den Ausgleichsraum **A33 (Auf den Ried, Auf den Sand, Bell)** über. Er wird im Norden von den Stadtteilen Vogelstang (W 42, W 43) und Im Rott (W 44), im Westen vom Kasernengelände der Spinelli Barracks (W 45) und im Süden von den Stadtteilen Feudenheim (W 40) und Wallstadt (W 41) begrenzt. Zwischen W 40 und W 41 geht er in den Ausgleichsraum A 30 über.

Beide Ausgleichsräume weisen, bedingt durch die sie umfassenden, verwinkelten Bebauungen und der Lärmschutzanlagen der BAB A 6, eine deutliche Kammerung auf, die sich in lokalen Kaltluftstagnationsflächen widerspiegelt. Eine zusätzliche Störung im lokalen Strömungsgeschehen bewirkt in A33 die Trasse der L 597, die im nördlichen Abschnitt als Damm und im südlichen Abschnitt als Eintiefung den Raum durchschneidet. Am Übergang zu den benachbarten Wirkungsräumen ist die Barrierewirkung zumeist gering bis mäßig. Geländestufen wie am südlichen Ortsrand des Stadtteils Vogelstang (Eintiefung im Zuge eines früheren Neckarmäanders) führen teilweise zu einer reduzierten lokalen Wechselwirkung zwischen Wirkungs- und Ausgleichsraum, wie der deutliche Temperaturkontrast auf geringer horizontaler Distanz belegt. Bei ebenerdigem Übergang, wie im Bereich des ökologischen Neubaugebietes Wallstadt-Nord, zeigen sich dagegen fließende Übergänge als Folge funktionierender Wechselwirkung zwischen Wirkungs- und Ausgleichsraum.

Eine deutliche Zäsur bildet im Osten die Trasse der BAB A 6. Die teilweise auf einem Damm verlaufende, von Lärmschutzwänden begleitete sechsspurige Autobahntrasse stört das bodennahe Luftaustauschgeschehen im Grünzug Nordost. Das Gunstpotenzial des Grünzuges Nordost mit seiner Leitlinienwirkung bei nordöstlicher bis südöstlicher Anströmung und seinem bis in den Innenstadtraum reichenden Wirkungsbereich wird reduziert.

Eine zusätzliche Einschränkung der Leitlinienfunktion des Grünzuges Nordost ist durch den neuen Autobahnparkplatz im Dreieck zwischen Siebenbürger Straße, der HM Interdrink GmbH und der BAB A 6 gegeben.

Im Westen bildet die Bebauung der Spinelli Barracks eine markante Zäsur in der Fortsetzung des Grünzuges Nordost über die Ausgleichsräume Au (A34) und Sellweiden (A35).

Die Effektivität der Kaltluftleistung in den Ausgleichsräumen A32 und A33 ist insgesamt als mäßig bis sehr hoch zu bewerten.

• **A34**

Der Ausgleichsraum **Au (A34)** befindet sich in relativer Tieflage (Niederterasse 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 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 durch übergeordnete Windströmungen (großwetterlagenbedingter Gradientwind oder intensivere Regional- bzw. Lokalströmung) verfrachtet wird. Zeichen der Kaltluftstagnation sind die markanten Temperaturunterschiede zwischen Au und der Bebauungen Feudenheim und Spinelli Barracks.

Als Teil des Grünzuges Nordost – unterbrochen durch die Bebauung der Spinelli Barracks - kommt dem Ausgleichsraum A34 erhebliche stadtklimatische Bedeutung zu. Als Teil der Freiraumradiale leistet die Aktiv- und Passivwirkung der Au einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung großflächig hoher bioklimatischer Belastungen.

• **A35**

Der Ausgleichsraum **A35 (Sellweiden/Hauptfriedhof)** grenzt im Westen an den Ausgleichsraum A34 und bildet den innenstadtnächsten Teilraum des Grünzuges Nordost. Ähnlich der Au zeigt er eine Kammerung durch die ihn umgebenden Bebauungen der Wirkungsraume W51 (Wohlgelegen), W50 (Im Pfeifferswörth), dem Damm des Neckarkanals und der Riedbahn sowie durch die ihn durchschneidende 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 zur Hochterrasse markiert und als Strömungsbarriere fungiert. Am Hauptfriedhof stört die umfassende Friedhofsmauer den Luftaustausch zwischen den parkartigen Grünflächen und den Wohn- bzw. Gewerbegebieten und reduziert den potentiellen thermischen Gunstfaktor Hauptfriedhof.

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 Zugbahn nordöstlicher Winde besondere Bedeutung zu.

Die Effektivität der Kaltluftleistung ist insgesamt als mittel einzustufen.

• **A36**

Der Ausgleichsraum **A36 (Herzogenriedpark)** befindet sich im Osten des Stadtteils Neckarstadt und ist nahezu vollständig von den Bebauungen der Wirkungsräume W52-54 umgeben. In Kombination mit der eingetieften Lage des Ausgleichsraum führen sie im Randbereich der Parkflächen zu meist mäßiger Barrierewirkung. Ähnlich dem Luisenpark erschwert der teilweise dichte Baumbestand im bodennäheren Luftraum die Bodenluftzufuhr aus dem Park, wobei sich dennoch im unmittelbaren Parkrandbereich kleinräumige Austauschbewegungen zwischen Park und Bebauung ergeben. 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 zur 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.

• **A37-38**

Der zwischen Luzenberg, Herzogenriedbebauung und der Bebauung Ulmenweg/Exerzierplatz gelegene Ausgleichsraum **A37 (Radrennbahn)** 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 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. Eine weitere räumliche Einengung der Freiräume ist zu vermeiden.

• **A39**

Der Ausgleichsraum **A39** befindet sich **zwischen der Lampertheimer Straße (Gartenstadt, W58) und der Wasserwerkstraße (Benjamin-Franklin-Village, W47)** 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.

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 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 Gunspotential über die „rudimentäre“ Freiraumradiale A38 - A37 - A36 bis zum Zentrum der Neckarstadt wirken kann.

• **A40, A41 und A42**

Die Ausgleichsräume **A40, A41 und A42 (Käfertaler Wald, Sandhofer Wald)** bilden gemeinsam den großflächigen Freiraum Nordost. Sie sind weitgehend barrierefrei miteinander vernetzt. Im Norden trennt die in West-Ost-Richtung verlaufende Trasse der BAB A 6 den Käfertaler Wald in die Teilräume A41 und A42. Im westlichen Bereich quert die Trasse dammartig erhöht die Riedbahn. Sie wirkt hier funktionell zwar als lokale Strömungsbarriere, wird jedoch in der sehr homogenen Temperaturverteilung des Sandhofer und Käfertaler Waldes nicht als zusätzliche Störung wahrgenommen, da sich der Stammraum der Waldflächen aufgrund seiner strömungsreduzierenden Rauigkeit tendenziell als Kaltluftstagnationsbereich darstellt. Trotz der relativen Luftruhe im bodennahen Raum kommt den Freiräumen des Käfertaler und Sandhofer Waldes 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 und die hier lagernde Kaltluft in den Strömungstransport einbeziehen. Insbesondere die zum Wald orientierten Bebauungen Waldhof-Ost/Gartenstadt, Schönau und Blumenau profitieren von der thermischen Gunst, wie die niedrigen Temperaturen im Übergangsbereich verdeutlichen. Vor allem bei schwach ausgeprägter Barrierewirkung am Bebauungsrand und lockerer Bebauungsdichte (Gartenstadt) zeigt sich ein fließendes Temperaturgefälle mit einer relativ weit in die Bebauung reichenden Wirkung der thermischen Positiveffekte.

• **A43**

Der Ausgleichsraum **A43 (Sandtorf)** befindet sich nördlich des Sandhofer Waldes 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 Frischlufttransportbahn für den Stadtkörper Mannheim bzw. die Bebauungen der Wirkungsräume W70 (Coleman Barracks) und W71 (Blumenau) zu.

Bei nordöstlichen Strömungen, welche sich in Strahlungsnächten 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 insbesondere in der aufgelockerten Bebauung Blumenau gegeben. Die Effektivität der Kaltluftleistung ist insgesamt als sehr hoch zu bewerten.

• **A 44/A45**

Die Ausgleichsräume **A44 (Kühunterhorst, Hemshofer Weid)** und **A45 (Rheingewann/Weidenschlägel)** nehmen den westlichen Teil der **Friesenheimer Insel** ein. Nach Süden, Westen und Norden besteht Anbindung an die benachbarten „Flussausgleichsräume“ Rhein, Neckar/Neckarvorland und Altrhein (A 61, A28). 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.

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 östlichen Bereich von A44 zu beobachten. Wechselwirkungen zwischen dem 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).

• **A46**

Der Ausgleichsraum **A46** umfasst die an den Hangflächen aufgeforstete **Deponie im Nordosten der Friesenheimer Insel**. Sie grenzt an den Ausgleichsraum A47 (Altrhein) sowie an die Industrieflächen des Wirkungsräumtes W62. Die Deponie ragt an ihrer Spitze in Strahlungsnächten aus der bodennahen Luftschicht heraus, so dass hier ähnlich hohe Lufttemperaturen gemessen werden wie im Stadtzentrum 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.

• **A47**

Der Ausgleichsraum **A47** wird von den **Wasserflächen des Altrheines** gebildet. Nach Norden findet er insbesondere über den Ausgleichsraum A 50 und in eingeschränktem Maß über den Ausgleichsraum A 49 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 VEREINIGTE GLASWERKE 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 in Zusammenhang mit der Wassertemperatur und ist im Frühsommer tendenziell stärker ausgeprägt.

• **A48**

Der Ausgleichsraum **A48 (Sportanlage Harmonia, Grünflächen nördlich der VEREINIGTEN GLASWERKE)** befindet sich zwischen den Industrieflächen der Vereinigten Glaswerke sowie Roche Diagnostics 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 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.

• **A 49**

Der Ausgleichsraum **A49 (Gewann 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 BAB A 6 eine sehr starke Strömungsbarriere zum Ausgleichsraum A52 und im Süden die Wirkungsräume W65 und W64 eine 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“ eine stadtklimatisch bedeutsame Luftleitbahn in Richtung Süden.

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 Frischluft bis in Richtung Stadtzentrum geführt werden.

• **A 50/A51**

Die Ausgleichsräume **A50 (Wilhelmswörth, Förchenwörth)** und **A51 (Wilhelmswörth/Fohlenweide/Steinäcker)** befinden sich westlich des Stadtteils Sandhofen (W65) und werden vom Rhein bzw. Altrhein, der Trasse der BAB A 6 und der Wohnbebauung Sandhofen begrenzt. Beide Ausgleichsräume gehen barrierefrei ineinander über und sind Teil des Grünzuges Nord, der sich vom Freiraum Nord (Sandtorfer Bruch/Markgrafenaacker) in Richtung Neckarmündung erstreckt.

Die Barrierewirkung am Ortsrand von Sandhofen ist nur mäßig ausgeprägt. Dagegen stellen der Damm sowie die Lärmschutzanlagen der BAB A 6 ein sehr starkes Strömungshindernis dar und begünstigen, 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 BAB A 6 ausgebildet. Im korrespondierenden Lokal- und Regionalwindsystem wirkt der Autobahndamm im bodennahen Raum somit als Zäsur und mindert die Funktion des Ausgleichsraums A50/51 als Strömungsleitbahn innerhalb des Grünzuges Nordwest.

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.

• **A52**

Der Ausgleichsraum **A52** umfasst den **Bereich zwischen dem Stadtteil Scharhof, der Trasse der BAB A 6, den Coleman Barracks sowie den Freiflächen auf dem Coleman Airfield**. Nach Norden geht A52 barrierefrei in den Freiraum Nord (Sandtorfer Bruch/Markgrafenacker) über. Topographisch 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 Ausgleichsraumes 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 großflächige aktive thermische Gunstfunktion ausüben. Dies wird durch den auffallenden Temperaturkontrast zwischen den Coleman Barracks und den Freiflächen im Gewann „Hinter der Autobahn“ (zwischen Blumennauer Straße und BAB A 6) offenbar. Als Verbindungsglied zwischen dem Sandtorfer Bruch und dem Freiraum „Krähenflügel“ südlich der Autobahntrasse besitzt der Ausgleichsraum A52 hohe stadtklimatische Bedeutung.

• **A53, A54 und A55**

Die nördlich der BAB A 6 gelegenen Ausgleichsräume **A53 (Sandtorfer Bruch), A54 (Markgrafenacker) und A55 (Ballauf-Wilhelmswörth)** bilden, barrierefrei miteinander vernetzt, Bestandteile des ausgedehnten Freiraums Nord. Er setzt sich über die Stadtgrenze 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.

In die Ausgleichsräume A54 und A55 sind die kleinen Wirkungsräume W72 (Hauptklärwerk) und W73 (Kirschgartshausen) eingebettet. Im südlichen Bereich grenzen die Bebauungen Scharhof/Gewerbegebiet IKEA (W69), Coleman Barracks und Blumenau an. Die Barrierewirkung ist hier überwiegend gering. Nur im Übergangsbereich zum Gewerbegebiet westlich der Frankenthaler Straße ist eine starke Hinderniswirkung gegeben. Dies wird durch den großen Temperaturgradienten verdeutlicht.

Die Ausgleichsräume A53, A54 und A55 befinden sich im Bereich der Niederterrasse. Aufgrund der relativen Tieflage und der großflächigen landwirtschaftlichen Nutzung mit geringem Baumbestand kommt es ausstrahlungsbedingt zu einer intensiven Kaltluftproduktion.

Die flachen Dämme entlang der Entwässerungsgräben, der Niederterrasseneffekt und die Hochwasserdämme des Rheins begünstigen, in Kombination mit der schweren Kaltluft im bodennahen Bereich Stagnationseffekte, die zu einer Ausbildung flacher Kaltluftseen führt. Verstärkt wird dieses Geschehen im Nahbereich des Dammes der BAB A 6 (Gewanne Hirtenwiese, Im Grund). Nach Westen zum Rhein ist der Kaltluftstagnationsprozess, bedingt durch die etwas intensivere Ventilation über dem Fluss und der Wärmeabgabe der Wasserflächen, weniger stark ausgeprägt.

• **A56, A57, A58, A59, A60, A61 und A62**

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 10 mal soviel Wärme aufnehmen wie das gleiche Volumen Erdboden, bis seine Temperatur um 1°C ansteigt.

Während der IR-Abendaufnahme werden über den Wasseroberflächen des Rheins Oberflächenstrahlungstemperaturen von ca. 17 – 20°C aufgezeichnet.

Eine klimaökologische Aktivwirkung in Form von Kaltluftbildung geht vom Rhein in den Sommermonaten nicht aus. Seine Funktion beschränkt sich auf die Passivwirkung als Luftleitbahn.

9.2 Klimaökologische Wirkungsräume und zugeordnete Ausgleichsräume

• W01 ↔ A01 und A02:

Die Flächennutzung im Wirkungsraum **W1 (Rheinau-Süd)** ist geprägt von Einzel-/Reihenhausbebauung und Zeilenhausbebauung mit lockerer Durchgrünung.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der IR-Thermalbildbefliegung dokumentieren, dass die bioklimatische Belastung als gering bis mäßig zu bewerten ist (vgl. Karte 15).

Am Tag bildet der Rheinauer See (A02) für den Wirkungsraum 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.

Nach Sonnenuntergang macht sich die lockere Durchgrünung des Wohngebietes thermisch 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 Positiveffekt). Die Seefläche wirkt in den Sommermonaten nach Sonnenuntergang aufgrund ihrer thermischen Trägheit nicht aktiv als Kaltluftproduktionsfläche (vgl. IR-Thermalbilder).

Der östliche Teilbereich des Wirkungsraums W01 profitiert in eingeschränkter Form auch von der Kalt- und Frischluftzufuhr über den Unteren Dossenwald. Windaufzeichnungen im Bereich der Gerhart-Hauptmann-Schule belegen, dass sich hier in Strahlungsnächten häufig nordöstliche Luftströmungen einstellen. Die vielbefahrene B 36 und die Gewerbebebauung im Wirkungsraum W03/Zündholzstraße auf Schwetzinger Gemarkung) schränken den bodennahen Luftaustauschprozess jedoch ein.

Planungsempfehlungen:

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 Reihenhausbebauung bzw. eine offene Blockrandbebauung ist geschlossenen Baublockstrukturen zu bevorzugen.

Bei Realisierung einer Wohnbebauung auf den Flächen der ehemaligen Tennisanlage östlich der Rohrhofer Straße sollten die verbleibenden Freiflächen entlang des Rheinauer Sees vor weiterer Überbauung geschützt werden.

Dies betrifft vor allem den östlichen Uferbereich (u.a. Sportplätze), der kaum vom klimaökologischen Ausgleichspotenzial der Riedwiesen profitiert.

• **W02 ↔ A01, A20 und A56:**

Der Wirkungsraum **W02 (Rheinau-Hafen)** ist geprägt von großflächigen Gewerbebauten und versiegelten Stellplatzarealen. Stellenweise finden sich jedoch auch noch größere Brachflächen. Dies hat zur Folge, dass sich in Strahlungsnächten innerhalb des Hafengebietes eine auffallende thermische Differenzierung in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte ergibt. So wurden am 31.08.2009 (22:00 Uhr) im Bereich der Rotterdamer Straße und der Müllheimer Straße Lufttemperaturen bis 22.5°C gemessen und über den Grün- und Brachflächen an der Ruhrorter Straße sowie zwischen der TH. GOLDSCHMIDT AG und der Rhenaniastraße bis 20.2 °C.

Die bioklimatische Belastung im Wirkungsraum W02 kann insgesamt als mittel bis stark erhöht bewertet werden. Durch die relative Tieflage des Ausgleichsraums A01 (Riedwiesen) und die Gewerbehallen entlang der Antwerpener Straße profitiert das Hafengelände nur in geringem Umfang von dessen thermischem Gunstpotenzial.

Klimaökologische Positiveffekte gehen vorwiegend von den Ventilationsachsen Rhein und Hafenbecken sowie vom Freiraumgefüge auf Altripper Gemarkung aus (Flurwinde aus südwestlichen Richtungen). Sie unterbinden lokale Luftstagnationserscheinungen und somit eine weitere Zunahme der bioklimatischen Belastung.

Eine nennenswerte klimaökologische Ausgleichsleistung über den Freiraum A20 (Weiher an der Stengelhofstraße) ist aufgrund der starken Barrierewirkung (Rhenaniastraße) nicht zu erwarten.

Planungsempfehlungen:

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. Auch grünordnerische Maßnahmen im Straßenraum (z.B. Baumpflanzungen entlang der Ruhrorter Straße) könnten an Sommertagen einer übermäßigen Aufheizung der Straßenflächen entgegenwirken.

• **W03 ↔ A03 und A04:**

Der Wirkungsraum W03 umfasst das Gewerbegebiet im Bereich der Marie-Curie-Straße sowie das ehemalige Kasernengelände Rheinau östlich der Bahntrasse Mannheim-Karlsruhe.

Die bioklimatische Belastung im Gewerbegebiet ist als leicht erhöht zu bezeichnen. Zwar überwiegen im Gewerbegebiet versiegelte Stellflächen, im südlichen Übergangsbereich zum Gewerbegebiet entlang der Zündholzstraße (Schwetzingen) bildet ein baumüberstandenes Gartengrundstück jedoch noch eine lokal wirksame klimaökologische Ausgleichsfläche.

Zusätzliche Gunstwirkungen ergeben sich über die räumliche Verknüpfung mit dem Ausgleichsraum Unterer Dossenwald. Das aktuell unbebaute ehem. Kasernengelände (→ sehr geringe bioklimatische Belastung) bildet dabei keine Barriere, sondern fungiert vielmehr als Ventilationsbahn und Bindeglied zu den östlichen Ausgleichsräumen, die bzgl. der Effektivität des thermischen Ausgleichsvermögens als hoch bis sehr hoch zu bewerten sind.

Planungsempfehlungen:

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

Das ehemalige Kasernenareal östlich der Bahntrasse weist als Übergangsbereich zwischen Dossenwald und der Bebauung Rheinau-Süd eine nicht zu unterschätzende Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen in Form von Flächenversiegelung und Hochbau auf. Aus klimaökologischer Sicht sollte daher der Wirkungsraum W03 grünordnerisch (z.B. Entwicklung einer offenen Wiesenlandschaft) aufgewertet und von Bebauung freigehalten werden.

• **W04 ↔ A03, A19 und A20:**

Im Stadtteil **Rheinau (W04)** zeigt die LUBW-Luftmessstation *Mannheim-Süd* bei vorherrschenden Strahlungswetterlagen einen auffallenden tagesperiodischen Windrichtungswechsel. Während am Tag großwetterlagenbedingt westliche Strömungsrichtungen vorherrschen, überwiegen nachts östliche bis ostsüdöstliche 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 2009 belegt. Gegen 22:00 Uhr stellt sich zwischen dem Stadtteilzentrum Rheinau und dem östlichen Bebauungsrand ein Temperaturgefälle von ca. 2.5 K ein. Ein noch intensiverer Einfluss des östlichen Freiraumgefüges auf die thermische Situation in Rheinau wird durch die Trassen der B 36 und der A 6 unterbunden.

Westlich des Stadtteilzentrums (Relaisstraße → Rhenaniastraße) geht die Lufttemperatur wieder zurück.

Die thermische Gunstwirkung des klimaökologischen Ausgleichsraums A 20 (Weiher an der Stengelhofstraße) bleibt örtlich eng begrenzt. Die Bebauung östlich der Stengelhofstraße bildet eine deutliche Barriere.

Die Bebauung Rheinau (W04) zwischen der Bahntrasse Mannheim-Karlsruhe und der B 36 zeigt zusammenfassend eine mittlere bis erhöhte bioklimatische Belastung.

Planungsempfehlungen:

Der Wirkungsraum W04 profitiert trotz der Strömungsbarrieren B 36 und A 6 in erheblichem Maße von der klimaökologischen Ausgleichswirkung des Unteren Dossenwaldes. Die östlichen Übergangsbereiche sind daher vor weiterer Bebauung zu schützen. 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.

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.

Bei baulichen Neustrukturierungen sind diese klimatischen Positivwirkungen zu berücksichtigen. Eine potenzielle Neubebauung westlich der Stengelhofstraße sollte sich daher nach Westen zur Seefläche hin öffnen.

Damit auch die Bebauung östlich der Stengelhofstraße noch von der klimaökologischen Ausgleichsleistung des Weihergeländes profitiert, sind zwischen Stengelhofstraße und Weiher kleinräumige Luftaustauschachsen zu sichern.

Ihre Breite und grünordnerische Ausgestaltung müssen strömungsdynamische aber auch lufthygienische Aspekte berücksichtigen.

• W05 ↔ A03 und A04:

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

Planungsempfehlungen:

Der Untere Dossenwald mit den gebietsinternen landwirtschaftlichen Nutzflächen bildet ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Südosten von Mannheim. Eine Ausdehnung der Bebauung im Wirkungsraum W05 sollte daher möglichst unterbleiben.

• W06 ↔ A04:

Die **Bebauung im Bereich der Forschungsgemeinschaft für Hochstromtechnik e.V. (W06)** bildet ebenso wie das Wasserwerk Rheinau keinen relevanten klimaökologischen Störfaktor im Ausgleichsraum A04 (Unterer Dossenwald). Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der IR-Thermalbildbefliegung belegen, entwickelt sich über der Bebauung kein nennenswerter „Wärmeinseleffekt“. Auch die Barrierewirkung der Bebauung für lokale bis überregionale Luftströmungen ist gering.

Planungsempfehlungen:

Der Untere Dossenwald mit den gebietsinternen landwirtschaftlichen Nutzflächen bildet ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Südosten von Mannheim. Eine Ausdehnung der Bebauung im Wirkungsraum W06 sollte daher möglichst unterbleiben.

• W07 ↔ A05:

Die **Bebauung Alteichwald (W07)** ist durch locker durchgrünte Einzelhausbebauung geprägt. Da der Wirkungsraum allseitig von Landwirtschaftsflächen mit sehr hoch effektiven klimatischen Ausgleichsvermögen umgeben ist, stellt sich auch in warmen Sommernächten nur eine sehr geringe bioklimatische Belastung ein.

Planungsempfehlungen:

Zusammen mit dem Unteren Dossenwald (A03/A04) bilden die Landwirtschaftsflächen im Südosten von Mannheim 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 hinausgehen, sind im Umfeld des Wirkungsraums W07 aus klimaökologischer Sicht abzulehnen.

• W08 ↔ A05 und A06:

Der Wirkungsraum **W08 (Stadtteil Friedrichsfeld)** ist zum Großteil als bioklimatisch mäßig bis leicht erhöht belastet einzustufen. 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.

Wie aus der Windrichtungsverteilung der Messstationen Oberfeld und Friedrichsfeld-Friedhof zu entnehmen ist, stellen sich in Strahlungsnächten in Friedrichsfeld auch häufig 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 Oberfeld jedoch begrenzt. Folge ist, dass sich im Ortszentrum eine „Wärmeinsel“ ausbilden kann, die westlich der Bahntrasse Mannheim-Weinheim in der Gewerbebebauung (W09) ihre Fortsetzung findet.

Planungsempfehlungen:

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.

Südlich der Bahntrasse Heidelberg-Mannheim wurde bis 2005 die Entwicklung eines neuen Wohnbauschwerpunktes diskutiert. Im Bereich der Gewanne Im Hanfstück, Langgewann, Spitzköpf und Grund wäre auf einer Fläche von ca. 28 ha der Bau von ca. 1.000 Wohneinheiten denkbar (STADT MANNHEIM 2005).

Das Planungsgebiet ist Bestandteil des Ausgleichsraums A05, der zusammen mit den Ausgleichsräumen A03/A04 (Dossenwald) hohe klimaökologische Bedeutung für den Südosten von Mannheim hat. Über das Freiraumgefüge und den Regionalen Grünzug Mannheim-Südost entwickeln sich in windschwachen Strahlungsnächten kaltauftbedingte 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 Siedlungsbereiches ändert sich die klimatische Situation in Friedrichsfeld (W08), da 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 auf die klimaökologischen Belange anzupassen (u.a. Berücksichtigung interner Durchlüftungssachsen).

Im Ortszentrum von Friedrichsfeld ist am Bischweiler Ring an eine bauliche Neustrukturierung gedacht. An Stelle der bestehenden 3-geschossigen Zeilenhausbebauung werden Reihenhauserzeilen vorgeschlagen. Sie ermöglichen die Sicherstellung einer lockeren Durchgrünung. Dies kann aus klimaökologischer Sicht unterstützt werden.

• **W09** ↔ A04, A05, A07 und A08:

Der Wirkungsraum **W09 (Stadtteil Friedrichsfeld)** umfasst die Gewerbeflächen westlich und östlich der L 597. Während das Gebiet im Osten bereits dicht bebaut ist, befinden sich im Westteil noch größere Brachflächen. Dies macht sich auch in der bioklimatischen Bewertung bemerkbar. Während dicht bebaute Teilbereiche (z.B. Bebauung am Langlachweg) bioklimatisch als stark erhöht belastet zu bewerten sind, werden die noch weitgehend unbebauten Areale entlang des Holzwegs als bioklimatisch nur wenig belastet eingestuft.

Hier macht sich neben der Flächennutzung auch die direkte Lagebeziehung zum Ausgleichsraum A08 positiv bemerkbar.

Örtlichen Windmessungen (Station *Friedrichsfeld-Gewerbe*) ist zu entnehmen, dass in Strahlungs Nächten nach Sonnenuntergang die Häufigkeit südöstlicher Windrichtungen ansteigt. Dies ist vorwiegend auf regional angelegte Ausgleichsströmungen zwischen dem Freiraumgefüge Dossenwald/Gemeindewald, Hirschacker/Alteichwald und dem Innenstadtbereich von Mannheim zurückzuführen. Der Grünzug Mannheim-Südost dient dabei als Kalt-/Frischluftleitbahn und Kalt-/Frischlufterneuerungsfläche.

Das Gewerbegebiet westlich der L 587 wird dadurch von Kaltluft aus dem südlichen Freiraumgefüge durchsetzt. Die Intensität der lokalen Wärmeinsel bleibt begrenzt.

Planungsempfehlungen:

Die Stadt Mannheim hat im Jahr 2009 zum Bebauungsplan Nr. 66.26 „Industriegebiet Friedrichsfeld-West“ ein Aufstellungsverfahren eingeleitet. Konkretes Ziel ist es, das Planungsgebiet durch Maßnahmen der Stadterneuerung aufzuwerten. Die städtischen Ziele können u.a. wie folgt zusammengefasst werden:

- Revitalisierung einer Militärbrache
- Neuausweisung gewerblich-industrieller Flächen
- Nachfrageorientierte Planung für die Erweiterungsabsichten der Firma Dachser

Wie bereits o.a. befindet sich das Planungsgebiet 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 südöstlichen Grünzugs 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 die bioklimatisch negativen Folgeerscheinungen im Planungsumfeld bewerten und ggf. abfedern zu können, wurde vom Büro ÖKOPLANA (2009c) ein Klima- und Luftschadstoffgutachten erstellt.

Es zeigt Maßnahmen auf, wie mit Hilfe grünordnerischer Maßnahmen und durch Sicherung bebauungsinterner Abstandsflächen, bioklimatische und lufthygienische Zusatzbelastungen wirkungsvoll reduziert werden können.

Eine weitere Ausdehnung der Bebauung in die angrenzenden Freiräume ist auch langfristig abzulehnen.

• **W10 ↔ A07:**

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

Der direkt anschließende Ausgleichsraum A07 Oberfeld/Wörthfeld befindet sich nur mit dem Teilbereich Oberfeld auf Mannheimer Gemarkung. Wie örtliche Windmessungen dokumentieren, können in Strahlungsnächten vermehrt östliche Luftströmungen gemessen werden, die Kaltluft in Richtung Seckenheim verfrachten und dort den Abbau thermischer Belastungen unterstützt. Aber auch im Wirkungsraum W10 bleibt die bioklimatische Belastung durch die Kaltluftbildung über den Ackerflächen mäßig.

Im tiefer liegenden Teilbereich Wörthfeld kommt es nördlich der B 37 und im Umfeld des Hochwasserdammes zur Stagnation bodennaher Kaltluft.

Am Tag fungieren die Ackerflächen als Ventilationsbahn.

Planungsempfehlungen:

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.

Durch die L 597, die den gesamten Ausgleichsraum A07 durchzieht, die Seckenheimer Randerschließungsstraße und die südlich angrenzende A 656 ergeben sich jedoch bereits heute lufthygienische Negativeffekte, die bei austauscharmen Wetterlagen nur schwer abgebaut werden können. Im Interesse einer dauerhaft guten Wohnumfeldqualität in Suebenheim und am Ostrand von Seckenheim ist eine Ausdehnung der Gewerbebebauung im Gewann Oberfeld nicht zu empfehlen. Der Verlust an klimaökologischer Ausgleichsleistung würde die lufthygienische aber auch bioklimatische Situation in Suebenheim/Seckenheim nachhaltig verschlechtern.

• W11 ↔ A07, A08 und A09:

Die Bebauung **Suebenheim (W11)** ist von locker durchgrünter Einzelhausbebauung geprägt. Nur entlang der A 656 sind Gewerbe- und Militärf Flächen mit höheren Bodenversiegelungsgraden vorhanden.

Die interne Begrünung sowie der direkte räumliche Anschluss an die Ausgleichsräume A07 im Osten und A08 im Westen hat zur Folge, dass die bioklimatische Belastung in Suebenheim insgesamt als gering bis mäßig eingestuft werden kann.

Planungsempfehlungen:

Bei baulichen Modifikationen im Stadtteil Suebenheim sollte der Siedlungscharakter beibehalten werden. Werden die örtlichen Militärf Flächen aufgegeben, ist eine Bebauung in Form von locker durchgrünter Einzel- und Reihenhausbauung zu bevorzugen. Immissionsschutz gegenüber Lärm und Schadgasen aus dem Bereich der A 656 kann mittels Lärmschutzwänden/-wällen erfolgen.

Mit der Realisierung des Logistikzentrums Mannheim der Firma Dachser im Industrie- und Gewerbegebiet Friedrichsfeld-West ist Ende 2009 die Verlagerung des Vereinsgeländes der Schützengesellschaft 1898 Seckenheim e.V. am Holzweg notwendig geworden.

Als neuer Standort wurde eine Ackerfläche (Gewann Unter dem Holzweg) westlich von Suebenheim gewählt. Die geplante Anlage befindet sich im klimaökologisch hochwirksamen Ausgleichsraum (A08), der vor allem am Tag bei westlichen Windrichtungen als eine auf die Bebauung Suebenheim gerichtete Luftleitbahn fungiert.

Die solitäre Bebauung (Schießanlagen, die von Baumreihen und einem 6 m hohen Schutzwall umgeben sind sowie dazugehörige Gebäude – GH zwischen ca. 6.6 m und 10.1 m) ist sowohl für großwetterlagenbedingte Höhenströmungen als auch für kaltluftinduzierte Lokal- und Regionalströmungen nicht als gravierendes Strömungshindernis zu bewerten. Die mehrere Dekameter mächtigen Strömungen ermöglichen ein Um- und Überströmen der Anlage. Da die Freianlage zum größten Teil vegetationsbedeckt ist (Rasenfläche), sind auch keine erheblichen thermischen Zusatzbelastungen zu erwarten.

• W12/W13 ↔ A07, A08 und A10:

Das Klimageschehen in den außerhalb der Kernstadt liegenden Stadtteilen wird wesentlich durch Wirkungen zwischen Freiräumen (klimaökologische Ausgleichsräume) und Bebauung bestimmt. Setzt man das komplexe Strömungs- und Ventilationsgeschehen im Stadtgebiet Mannheim zu den einzelnen Ausgleichsräumen in Beziehung, so ist festzustellen, dass die Ausgleichsräume vor allem in der unmittelbar angrenzenden Bebauung positiv wirken, jedoch in ihrer Summenwirkung auch weiter entfernte Bereiche beeinflussen.

Der **Stadtteil Seckenheim (W12/W13)** weist entsprechend der heterogenen Bebauungsstrukturen unterschiedlich bioklimatisch belastete Teilräume auf. Während sich im Bereich der recht dichten Blockbebauung zwischen Zähringer Straße und Neckar im Sommer leicht erhöhte bis erhöhte bioklimatische Belastungen einstellen, zeigt die westliche Wohnbebauung und das Umfeld der Hammond Barracks eine nur gering bis mittlere Bewertungsstufe. Die Bebauung profitiert hier von der lockeren Gebietsdurchgrünung (→ positives Eigenklima) und dem klimaökologischen Ausgleichsvermögen des westlichen Freiraumgefüges (Niederfeld, Mittelfeld). Die Lärmschutzwand entlang der Randerschließungsstraße bildet nur eine mäßige Strömungsbarriere.

Östlich der Zähringer Straße überwiegen Blockstrukturen mit größeren begrünten Innenbereichen. Die davon ausgehenden thermischen Positiveffekte bleiben auf die Blockinnenbereiche beschränkt (siehe Karte 2 und 3).

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.

Im Bereich Seckenheim-Süd ist der Luftaustausch zwischen den Ausgleichsräumen Oberfeld und Mittelfeld aufgrund der bereits vorhandenen baulichen Verengung Suebenheim/Wohngebiet „Lämmertränk“ bereits gestört, was sich hier bei windschwächeren Wetterlagen z.B. in geringeren Windgeschwindigkeiten, d.h. in verminderter Ventilation, ausdrückt. Das klimaökologische Gunstpotenzial des Freiraumgefüges reicht jedoch noch aus, um ein bandartiges Zusammenwachsen der Wärmepole GE/GI Friedrichsfeld-West/Suebenheim/Seckenheim zu unterbinden.

Planungsempfehlungen:

Die zwischen den Ausgleichsräumen A07 und A09 bestehende Verbindung im Bereich Friedhof/Siebenheim 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 (→ hohe Luftfeuchtigkeit) 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).

Westlich der Badener Straße befinden sich die Hammond Barracks. Bei Aufgabe des Kasernengeländes bietet sich eine Umwandlung der Flächen zu einem Wohnstandort an. Durch seine Nähe zu den klimaökologischen Ausgleichsräumen A09 (Niederfeld) und A10 (Neckarvorland) ist die bioklimatische Belastung nur mäßig bis mittel.

Aus klimaökologischer Sicht ist in diesem Bereich eine Wohnbebauung in Form von Einzel-, Reihen- und Doppelhäusern zu favorisieren. Sie ermöglicht weiterhin eine lockere Durchgrünung (z.B. mit platzartigen Freiraumstrukturen) und somit eine Sicherung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen. Ist aus Lärmschutzgründen und aufgrund städtebaulicher Aspekte entlang der Seckenheimer Hauptstraße eine dichtere Baustruktur erforderlich, so sollte dennoch über eine begrenzte bauliche Öffnung der Raumbezug zum Neckar (A10) gesichert werden. Ein detailliertes Bebauungskonzept ist mit den klimaökologischen Erfordernissen abzustimmen.

• W14 ↔ A11, A12 und A15:

Das **Gewerbegebiet im Mühlfeld (W14)** bildet zwischen der Autobahntrasse A 6 und der B 38a auf eine Länge von ca. 1.3 km eine Barriere zwischen dem Ausgleichsraum Neckar (A11) und dem südöstlichen Freiraum Mühlfeld/Niederfeld (A12). Durch die lang gezogene 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. Daher ist trotz z.T. großflächiger Überbauung die bioklimatische Belastung nur leicht erhöht.

Planungsempfehlungen:

Der Ausgleichsraum A 12 hat wesentliche Bedeutung für das städtische Ventilationsgeschehen (Innenstadt und Randbereiche). Er ist Bestandteil des regionalen Grünzugs Mannheim-Südost, der klimaökologische Positiveffekte in Form von intensiverer Ventilation, Lüfterneuerung und Dämpfung bioklimatischer Belastungen erbringt. Je nach vorherrschender Strömungssituation kommen die klimaökologischen Gunstwirkungen den Bereichen Neuhermsheim, Mallau, Casterfeld, Schwetzingen/Oststadt und Neuostheim zugute.

Der im Flächennutzungsplan noch ca. 250 m breite Freiraum zwischen dem Gewerbegebiet Mühlfeld und dem Maimarktgelände ist laut Einstufung in Karte 14 nur noch als Grünzäsur (Breite < 500 m) zu bewerten. Eine weitere bauliche Eingengung des Korridors über das Maß des Flächennutzungsplans hinaus ist abzulehnen. Bei der Neuausweisung von Stellflächen im Gewerbegebiet sollten möglichst wasserdurchlässige Beläge festgesetzt werden. Wie **Abbildung 16** veranschaulicht, heizen sie sich deutlich weniger auf als Asphaltflächen.

• W15 ↔ A12 und A15:

Das **Maimarktgelände (W15)** nördlich der A 656 umfasst die Messeanlagen, das Reitstadion sowie einen Fertighauscenter. Aufgrund des bislang recht geringen Flächenanteils dauerhafter Hochbauten geht vom Messegelände eine nur geringe bis mäßige bioklimatische Zusatzbelastung aus.

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 zugerichteten Belüftungsbahnen (u.a. regionale Grünzüge und Grünzäsuren) ist daher besondere Beachtung zu schenken.

Planungsempfehlungen:

Im Bereich des Maimarktgeländes sind Nutzungsänderungen vorgesehen. Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens 61.5.1 soll die zukünftige Nutzung festgesetzt werden. Laut einem Konzeptentwurf vom 28.11.2008 sind auf dem Areal vier Sondergebiete (SO) mit folgenden Nutzungsstrukturen vorgesehen:

- Teil-SO Messe, GRZ 0.8/max. Gebäudehöhe OK = 16 m im Osten und 7.5 m im Westen
- Teil-SO Reitsportanlage, GRZ 0.8/max. Gebäudehöhe OK = 16 m
- Teil-SO Fertighaus-Center, GRZ 0.5
- Teil-SO Erschließung Maimarktgelände

Neben dem bereits realisierten Parkplatz P8 ist nördlich des Messegeländes ein neuer Parkplatz (P12) angedacht.

Aus Sicht der Klimaökologie weist der B-Planentwurf Nr. 61.5.1 bereits die max. mögliche Ausdehnung des Messeparks im Mühlfeld auf (vgl. ÖKOPLANA 2009A). Aus klimaökologischer Sicht ist zukünftig eine weitere Ausdehnung des Sondergebiets mit festen Baukörpern nicht mehr zu akzeptieren. Das verbleibende Freiraumpotenzial östlich der B 38a bildet das Mindestmaß, damit der Grünzug Südost seine klimaökologische Ausgleichsfunktion für die Mannheimer Innenstadt noch zu leisten vermag.

Wie in unserem Gutachten zum Messe-/Sportpark Mannheim (ÖKOPLANA 2001) bereits erläutert, sind zum Erhalt wesentlicher klimaökologischer Gunsteffekte (Frisch- und Kaltluftproduktion, Ventilationseffekte) für das südöstliche Stadtgebiet von Mannheim (Flugplatz, Niederfeld westlich der A 6, Kloppenheimer Feld, Bösfeld) klimaökologisch wirksame Ausgleichsräume in einem Flächenumfang von ca. 300 ha zu sichern. Berücksichtigt man im Umfeld des Maimarktgeländes die zukünftig geplanten Flächeninanspruchnahmen (z.B. P12, Feuerwache auf dem Flugplatzgelände, Erweiterung des Sportparks und der Bebauung Hochstätt) so verbleiben noch ca. 304 ha klimawirksame Freiräume. Hiervon sind ca. 190 ha als hochwirksam und ca. 109 ha als wirksam zu bezeichnen. Ca. 5 ha müssen als klimaökologisch gering wirksam eingestuft werden. Eine weitere Flächeninanspruchnahme hochwirksamer Ausgleichsräume für Hochbau ist möglichst zu vermeiden.

Die vom Parkplatz P12 ausgehenden thermischen Zusatzbelastungen sind durch Pflanzung großkroniger Bäume weiter zu minimieren. Zur Sicherung der bodennahen Belüftung sollte der Pflanzabstand derart bemessen sein, dass zwischen zwei ausgewachsenen Baumkronen der Abstand (=Kronendurchmesser) von ca. 1.5 Baumkronen Platz findet. Mögliche Hecken und Sträucher zur Gliederung der Parkplätze sollten eine Wuchshöhe von ca. 1.5 m nicht wesentlich überschreiten. Bei der Befestigung von Parkierungsflächen ist – wo möglich – die Verwendung von Rasengittersteinen zu empfehlen, da gegenüber Asphaltdecken die Aufheizung an heißen Sommertagen deutlich geringer ist (vgl. **Abbildung 16**).

Sind weitere Parkplatzkapazitäten erforderlich wäre an ein Parkdeck entlang der Xaver-Fuhr-Straße zu denken. Als Standorte kämen die Parkierungsflächen P5 und P6 in Frage. Vergleichbar mit dem Parkdeck im Bereich der SAP-Arena wäre eine extensive Dachbegrünung zu empfehlen.

Im Bereich des Messegeländes und der Reitsportanlage sollten zur Verminderung der Oberflächenaufheizung die vorhandenen Baumbestände gesichert und wenn möglich ergänzt werden.

Flachdächer sind als flankierende Ausgleichsmaßnahme zu begrünen. Sie bewirken folgende Gunsteffekte:

Reduzierung der Luftschadstoffbelastung – insbesondere von Feinstaub – durch Erhöhung der schadstoffspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten partikel- und gasförmiger Spurenstoffe. Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Staubaufwirbelung geringer. Darüber hinaus bilden die Pflanzen einen Filter, in dem sich der in der Luft enthaltene Staub absetzt. Letzteres gilt vor allem für intensiv begrünte Dächer.

Dämpfung von Extremwerten der Oberflächentemperaturen.

Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit nach Starkregen mit der dadurch bedingten Vermeidung von Abflussspitzen in der Kanalisation. Bei Extensivbegrünung beträgt der jährliche Wasserrückhalt im Mittel ca. 60% vom Niederschlag, bei Intensivbegrünung sogar bis 85%.

• **W16↔ A13 und A16:**

Wie der Karte 2 zu entnehmen ist, bildet der Wirkungsraum **W16 (SAP-Arena)** zusammen mit dem Maimarktgelände und der B 38a zwischen den Ausgleichsräumen A12/A13 und A15/A16 ein Band mit leicht 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-/Frischluftezufuhr über den Grünzug Mannheim-Südost wirksam wird.

Planungsempfehlungen:

Der Flächennutzungsplan ermöglicht östlich der Xaver-Fuhr-Straße die Ausdehnung des Sportparks (Bösfeld) um ca. 165 – 190 m. Bereits im Jahr 2001 (ÖKOPLANA 2001) wurde hierzu eine Klimastudie erstellt.

Eine begrenzte bauliche Ausdehnung des Sportparks ist aus klimaökologischer Sicht nur dann zu unterstützen, wenn notwendige Ventilationsbahnen und Strömungsleitlinien in ausreichendem Maße (abhängig von der geplanten Baustruktur) Berücksichtigung finden und zusätzlich notwendige Infrastrukturmaßnahmen (z.B. Parkierungsflächen) nicht weiter das Klimapotenzial des Bösfelds einschränken. Zudem ist zu beachten, inwiefern der Freiraum Flugplatz Neuostheim langfristig gesichert werden kann.

Detaillierte Planungsempfehlungen sind daher erst bei Vorlage von Konzeptentwürfen zu erarbeiten, die den gesamten Freiraum Mannheim-Südost umfassen.

• W17↔ A08 und A13:

Die Wohnbebauung des Stadtteils **Hochstätt (W17)** ist durch ihre Lagegunst zu klimaökologischen Ausgleichsräumen (A08 und A13) und zur Ventilationsbahn „Güterbahnhof“ bioklimatisch nur gering belastet.

Aufgrund der Störung durch den Damm der Autobahn A 6 ist der bodennahe Luftaustausch von Südosten her 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.

Planungsempfehlungen:

Wie bereits in unserem Gutachten von 2001 (ÖKOPLANA 2001) dargelegt wurde, sollte das klimaaktive Freiraumgefüge Mannheim-Südost (Flugplatz, Mühlfeld/Niederfeld, Freiräume um Neuhermsheim, Bösfeld/Kloppenheimer Feld) eine Flächengröße von 300 ha nicht wesentlich unterschreiten. Bei einer baulichen Gesamtausdehnung des Sportparks wäre eine Erweiterung des Stadtteils Hochstätt um 23 ha (ursprüngliche Maximallösung) nicht mehr zu akzeptieren. Für den Stadtteil Hochstätt sind dann allenfalls noch bauliche Arrondierungsmaßnahmen (max. 8 ha) vorzusehen.

Ende 2008 wurde von der MVV ENERGIEDIENSTLEISTUNGEN GMBH REGIOPLAN ein Planungskonzept für ein Gewerbegebiet Hochstätt zwischen BAB A 6 und L 542 vorgelegt (Teilfläche des Ausgleichsraumes A08). Es sieht einen baulichen Entwicklungsbereich von ca. 7.8 ha (4.9 ha Gewerbeflächen, 1.3 ha Verkehrsflächen und 1.6 ha öffentliche Grünflächen) vor. Die o.a. 8 ha für bauliche Arrondierungsmaßnahmen sind damit nahezu ausgeschöpft.

Durch die zunehmende Inanspruchnahme von Freiflächen im Südosten von Mannheim kommen den Verknüpfungspunkten zwischen dem Freiraumgefüge Unterer Dossenwald/Kloppenheimer Feld zunehmend Bedeutung zu.

Zwar bildet das potenzielle Gewerbegebiet aufgrund der leichten Tieflage des Geländes und der Einbettung zwischen L 542 und A 6 nur einen kleinflächigen Störfaktor im thermischen und strömungsdynamischen Wirkungsgefüge, wie jedoch bereits o.a., bildet eine derartige Bebauung einen weiteren Mosaikstein zur Reduzierung der klimaökologischen Leistungsfähigkeit des Grünzugs Mannheim-Südost.

Eine Bebauung des Geländes südöstlich von Hochstätt kann daher aus klimaökologischer Sicht nur dann Unterstützung finden, wenn u.a. folgende Gesichtspunkte beachtet werden:

- Begrenzung der Bebauungsdichte (GRZ max. 0.6)
- Festsetzung von Dachbegrünung (z.B. 50%-iger Flächenanteil)
- Festsetzung von Grünflächenanteilen (z.B. 20 oder 30%)
- Begrenzung der max. Gebäudehöhe auf ca. 10 m
- Sicherung einer ca. 50 m breiten Freizone als Ventilationsbahn entlang der BAB A 6

• W18 ↔ A14, A15 und A26:

Die Bebauung von Neuostheim nördlich der Seckenheimer Landstraße zeigt sich in warmen Sommernächten bioklimatisch nur mäßig bis mittel belastet. Neben der lockeren Durchgrünung (Gärten, begrünte Plätze) der Bebauung macht sich auch die Lage am Neckar (lokaler Grünzug) und die klimaökologischen Positivwirkungen über den Grünzug Mannheim-Südost günstig bemerkbar.

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

Planungsempfehlungen:

Zur Sicherung des positiven Eigenklimas im Stadtteil Neuostheim ist besonders im Norden die lockere Bebauungsstruktur zu sichern. Geschlossene Baublockstrukturen sind zu vermeiden.

Öffentliche Grünflächen (z.B. Böcklin-Platz) sind ebenfalls zu erhalten.

• W19 ↔ A15:

Der Wirkungsraum W19 umfasst die Flugplatzgebäude, FH- und Verwaltungsgebäude, die Wohnanlage Eastsite sowie die Gewerbebauten Am Schäferstock. Wie aus Karte 15 hervorgeht, ist die bioklimatische Belastung als mittel bis leicht erhöht einzustufen. Positiv macht sich die direkte Lagebeziehung zum Ausgleichsraum A15 bemerkbar, dessen thermische Effektivität 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.

Planungsempfehlungen:

Die großzügigen Grünflächen im Bereich der Fachhochschule 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 sollte daher 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.

• W20↔ A16 und A17:

Der Stadtteil **Neuhermsheim (W20)** stellt sich aufgrund der lockeren Bebauung und starken Durchgrünung thermisch günstig dar. Die gartenstadtähnliche Bebauung (starke Durchgrünung durch Hausgärten) erzeugt ein günstiges Eigenklima, das sich in rascher abendlicher Abkühlung ausdrückt. Zusätzliche thermische Positiveffekte ergeben sich über die Harrlachgärten. Die bioklimatische Belastung ist als gering bis mäßig einzuordnen.

Ein Vergleich der Messfahtergebnisse von 2001 und 2009 dokumentiert, dass sich die bioklimatische Situation in Neuhermsheim durch den Bau der SAP-Arena nicht auffallend verschlechtert hat. Der leicht verstärkte Wärmeinseleffekt im Bereich der Hermsheimer Straße ist vorwiegend auf die baulichen Ergänzungen im Osten von Neuhermsheim (3-geschossige Wohnblöcke) zurückzuführen.

Planungsempfehlungen:

Wie bereits erwähnt, weist die Bebauung von Neuhermsheim ein hohes gebietsinternes thermisches Gunstpotenzial auf, das durch die Harrlachgärten ergänzt wird. Gebietsinterne Abstandsflächen/Ventilationsachsen ermöglichen trotz der starken Kammerung des Geländes zwischen B 38a und Riedbahn noch ausreichende Belüftungseffekte. Bauliche Nachverdichtungen sollten nur behutsam vorgenommen werden.

Die noch vorhandene Abstandsfläche zur B 38a sollte im Interesse eines funktionierenden Luftaustauschs und günstiger lufthygienischer Umgebungsbedingungen als Vegetationsfläche gesichert bleiben (Breite ca. 120 bis 240 m).

• **W21/W24** ↔ **A03, A04, A08, A13 und A18:**

Der Wirkungsraum **Rangierbahnhof (W21)** nimmt eine Sonderstellung ein. Die Gleisanlagen und Güterwaggons wirken zwar thermisch negativ (siehe **Tabelle 12**), 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 Wirkungsraum **W 24** ergeben sich Belüftungseffekte bis in den Bereich Lindenhof. Die bioklimatische Belastung im Bereich der Gleiskörper ist als gering bis mittel einzustufen.

Tabelle 12: Temperaturverhalten verschiedener Oberflächen am 23.09.1994
(aus: ÖKOPLANA 1994A)

Oberflächenart	Merkmale	T[°C] - 14:00 Uhr	T[°C] - 22:00 Uhr
Ackerflächen	Klee, ca. 30cm hoch	22	10
Ackerflächen	ohne Bewuchs, trocken	34	13
Baumkronen	Laubwald	26-27	17
Gartenerde	wenig Bewuchs	37	12
Gartenerde	dichter Bewuchs	31	11
Grünflächen zwischen den Gleisanlagen	Gräser	27	15
Grasflächen	feuchter Boden	24-26	11
Schotterflächen	mit Gräsern bewachsen	32	17
Gleisschotter		38-42	16
Asphalt	Hallenweg	24(•)	18
Asphalt	Hallenweg	39	24
Beton	Autobahnbrücke	30	20
Gleisschwellen	Holz	41-46	19
Güterwaggon	heller Anstrich	30(•)	18
Güterwaggon	heller Anstrich	40	20
Güterwaggon	dunkler Anstrich	32(•)	19
Güterwaggon	dunkler Anstrich	45-50	21
PKW	Karosserie, rot/blau	38	20
Eternitdach		46	15
Dachziegel	dunkelbraun	56	24
Dachziegel	dunkelbraun	28(•)	21
kiesbedeckte Dachfläche		39	17

(•) = Meßstandort beschattet

Planungsempfehlungen:

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 Wirkungsräumen W21/W24 die strömungsdynamischen Prozesse zu berücksichtigen.

• W22 ↔ A18 und A21:

Das **Gewerbegebiet Mallau (W22)** zeigt sich während der Lufttemperaturmessfahrten nur leicht überwärmt. Die bioklimatische Belastung ist insgesamt nur leicht erhöht, was wesentlich auf das hohe thermische Ausgleichsvermögens des Freiraums A18 („Atzelaue“ - Wiesen, Ackerflächen) zurückzuführen ist. Im Gewerbegebiet Mallau begünstigen zudem noch gebietsinterne Brachflächen die nächtliche Abkühlung. Dies wird durch die Ergebnisse der IR-Thermalbildbefliegung offenbar.

Die klimaökologischen Ausgleichsleistungen des Freiraums A21 kommen durch die Strömungsbarriere B38a nur in deutlich abgeschwächter Form zum Tragen.

Planungsempfehlungen:

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 eine verbesserte klimaökologische Ausgleichsleistung zu erzielen.

• W23 ↔ A18 und A19:

Der **Pfingstberg/Casterfeld (W23)** wird von den Ausgleichsräumen A18 und A19 direkt 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 bioklimatische Belastung sehr gering bis mäßig ist. Im südwestlichen Teilbereich des Wirkungsraums W23 wirkt sich das Industriegebiet Rheinau-Hafen klimatisch negativ aus. Bei häufig vorherrschenden Südwest-Winden wird wärmebelastete Luft herantransportiert.

Planungsempfehlungen:

Wie bereits o.a., profitiert der Wirkungsraum W23 klimatisch 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.

• W25 ↔ A21:

Der Wirkungsraum **W25** umfasst das **Gewerbegebiet Neckarau**, das bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen häufig vom Ausgleichsraumgefüge A13/A16 positiv beeinflusst wird. 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 zu einer leicht bis sehr stark erhöhten bioklimatischen Belastung. Sehr hohe Belastungen stellen sich vor allem auf dem hochgradig versiegelten Werksgelände der Firma JOSEPH VÖGELE AG ein. Die hiervon ausgehenden thermischen Belastungen machen sich auch in den benachbarten Wirkungsräumen negativ bemerkbar.

Planungsempfehlungen:

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 Schaffung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen.

Thermische Ausgleichsleistungen von Dachbegrünungen sind auf niedrigen Dächern (Garagen, ein- bis zweigeschossige Gebäude) am effektivsten, da die Gunstwirkung dann noch im Straßenraum wirksam werden kann. Zudem ist zu beachten, dass die klimatische Effizienz nur dann nachhaltig gewährleistet ist, wenn das aufgetragene Substrat eine Begrünung auch während längerer sommerlicher Trockenperioden sicherstellt. Die Dachbegrünung ist ein Instrument, um die örtlichen klimatischen Belastungen abzufedern. Eine Fernwirkung ist von ihr nicht zu erwarten.

Chancen für eine klimaökologische Aufwertung sind meist an Flächenstilllegungen oder an bauliche Umstrukturierungen geknüpft.

Derzeit gibt es planerische Überlegungen zum Werksgelände der Firma JOSEPH VÖGELE AG. Da sich das Gelände unmittelbar an der Luftleitbahn W24 befindet, ergeben sich bei einer baulichen Neuausrichtung des Geländes Möglichkeiten, die thermischen und strömungsdynamischen Verhältnisse grundlegend zu verbessern. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen im Bebauungsplan können eine begrenzte Flächeninanspruchnahme, eine ausreichende Durchgrünung, eine durch geeignete Anordnung der Baukörper und Bauhöhenbeschränkungen optimierte Belüftung erreicht werden.

Auch entlang der viel befahrenen Neckarauer Straße bestehen durch die Schaffung großzügiger Abstandsflächen und durch grünordnerische Maßnahmen Chancen, die lokalen lufthygienischen Verhältnisse zu verbessern.

Konkrete Planungsempfehlungen sollten ggf. in einem iterativen Verfahren entwickelt werden. Hierbei sind u.a. Fragen des Lärmschutzes, der Luftreinhaltung und des Bioklimas aufeinander abzustimmen.

• **W26 ↔ A21:**

Durch das konvergente Strömungsgeschehen, das im südwestlichen Stadtgebiet zu vermehrt südlichen bis westlichen Lokalströmungen führt, stellen sich für den Wirkungsraum **W26 (Gewerbegebiet Casterfeld, Großkraftwerk Mannheim)** klimaökologische Positiveffekte über das 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 31.08.2009 wurden hier gegen 22:00 Uhr ähnlich hohe Lufttemperaturen gemessen wie in den Mannheimer Quadraten. Hier macht sich der hohe Versiegelungsgrad der Industrie-/Gewerbebebauung negativ bemerkbar.

Planungsempfehlungen:

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. Wie der Karte 15 zu entnehmen ist, ist westlich der Angelstraße eine erhöhte bis stark erhöhte bioklimatische Belastung zu verzeichnen.

Werden im Wirkungsraum W26 bauliche Veränderungen angestrebt (z.B. im Zuge von baulichen Umstrukturierungen durch veränderte Nutzeransprüche), so sollten vor allem entlang der Angelstraße klimaökologische Ausgleichsmaßnahmen in Form von Baumpflanzungen (Schattenwurf, Staubbindung) und Teilsiegelungen getroffen werden.

• **W27 ↔ A22:**

Im **Ortszentrum von Neckarau (W27)** besteht eine erhöhte bis stark erhöhte bioklimatische Belastung. Neben der z.T. dichten Blockrandbebauung 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).

Planungsempfehlungen:

Im Ortszentrum von Neckarau können durch bauliche Entkernung der Blockinnenbereiche, Teilentsiegelung von versiegelten Hofflächen und Begrünung von Garagendächern kleinräumige Klimaverbesserungen erreicht werden.

Von 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.

• **W28 ↔ A22 und A23:**

Im Wirkungsraum **W28 (Niederfeld/Aufeld)** werden im mehrjährigen Mittel 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 Wirkungsraum von der thermischen Ausgleichsleistung der Freiräume Stollenwörthweiher/Rottfeld/Waldpark/Aufeld profitiert. Positiv wirkt dabei die lockere Bebauungsstruktur am Übergang Freiraum/Bebauung. Die bioklimatische Belastung ist insgesamt als gering bis mäßig zu bewerten.

Planungsempfehlungen:

Wie die Windmessungen am Waldwegstadion und mesoskalige Kaltluftsimulationen (ÖKOPLANA/GEONET 2009E) dokumentieren, stellen sich in Strahlungsnächten zwischen dem Freiraumgefüge Stollenwörthweiher/Rottfeld/Waldpark/Aufeld und der Bebauung Niederfeld/Aufeld auffallend häufig Winde aus südwestlichen bis westlichen Richtungssektoren ein, die auf thermisch bedingte Ausgleichsströmungen (Flurwinde) zwischen kühlem Freiland und warmer Bebauung zurückzuführen sind.

Wesentliche Zugbahnen der bodennahen Kaltluft sind in Strömungsrichtung verlaufende Grünzüge (z.B. Sonnige Au), Straßen, großzügige Gebäudeabstandsflächen und Gärten.

Durch langfristige Sicherung der lockeren Bebauungsstruktur am Übergang Freiland/Bebauung - z.B. entlang des Stollenwörthweihers - können die recht günstigen klimatischen Verhältnisse im W28 erhalten werden.

• **W29:**

Im Wirkungsraum **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 Lufttemperaturmessfahrten vom 31.08./01.09.2009 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 und 48er Platz) heben sich zwar teilweise hervor, ihre thermischen Gunsteffekte bleiben aber bei Schwachwindwetterlagen lokal auf den unmittelbaren Nahbereich beschränkt.

Die bioklimatische Belastung ist als mittel bis leicht erhöht zu bezeichnen und erreicht somit nicht die klimatische Qualität des Niederfelds.

Planungsempfehlungen:

Durch die fehlende Anbindung an größere Ausgleichsräume ist den gebietsinternen Frei-/Grünflächen erhöhte klimaökologische Bedeutung beizumessen. Begrünte Plätze wie der August-Bebel-Park sind langfristig als „Frisch-/Kaltluftoasen“ zu erhalten.

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.

Wird an eine Überbauung des Sportgeländes gedacht, so sind die klimaökologischen Belange zu berücksichtigen. Neben einer strömungsgünstigen Anordnung von Baukörpern (→ geeignete Abstandsflächen, begrenzte Bauhöhen) sollte auch der Sicherung eines ausreichenden Grünvolumens (z.B. Schaffung neuer begrünter Quartiersplätze) Beachtung geschenkt werden.

• W30 ↔ A23 und A24:

Der Wirkungsraum **W30 im Nordwesten des Stadtteils Neckarau** profitiert klimatisch von der Lagegunst zu den klimaökologischen Ausgleichsräumen Rott (A23) und Reißinsel/Waldpark (A24) und der lockeren Durchgrünung des Wohngebiets (siehe auch W28). Die bioklimatische Belastung ist daher im westlichen Teilbereich nur gering. Eine leicht erhöhte bioklimatische Belastung ergibt sich nur zwischen Parkau und Feldbergstraße. Im Bereich der zeilenartigen Mehrgeschossbauten ist die bodennahe Ventilation reduziert.

Planungsempfehlungen:

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.

• W31:

Der Wirkungsraum **W31** umfasst im Wesentlichen das **Werksgelände der JOHN-DEERE-WERKE** sowie die **Gebäude der Hochschule Mannheim**.

Der Wirkungsraum tritt auf der Isothermenkarte vom 31.08.2009 als thermisch belastet hervor. Die lang andauernde Wärmeabstrahlung der asphaltierten Stellflächen führt nach Sonnenuntergang zu einem deutlich verzögerten Lufttemperaturrückgang und zur Ausbildung eines örtlichen Wärmepols. Die das Werksgelände umschließende Mauer verstärkt diesen Effekt, da sie kleinräumige Luftaustauschprozesse zwischen Werksgelände und angrenzenden Straßenzügen erschwert. Insgesamt ergibt sich eine sehr stark erhöhte bioklimatische Belastung.

Planungsempfehlungen:

Auf dem Gelände der JOHN-DEERE-WERKE können durch die hohe Bebauungsdichte nur freiwillige flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen die bioklimatische Situation verbessern.

Auch entlang der Windeckstraße und im Bereich der Hochschule Mannheim sind aus Platzgründen keine größeren Begrünungsmaßnahmen realisierbar.

Die Schaffung kleinräumiger klimatischer Gunsteffekte muss daher auf das Umfeld verlagert werden (z.B. klimaökologische Optimierung des Hanns-Glückstein-Platzes).

• W32 ↔ A24, A25 und A59:

Der Wirkungsraum **W32 (Lindenhof)** umfasst neben der bestehenden Bebauung auch das Planungsgebiet Mannheim 21.

Die bioklimatische Belastung ist im Bereich des Bahngeländes und des Heinrich-Lanz-Carrés erhöht. Im Stadtteilzentrum zwischen Meerfeldstraße und Belenstraße ist sogar eine sehr stark erhöhte bioklimatische Belastung zu bilanzieren. Die thermische Gunstwirkung des Schlossparks (A25), des Rheinufer (A59) und des Hanns-Glückstein-Platzes 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 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 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.

Planungsempfehlungen:

Im Bereich des Bahngeländes ist das Projekt Mannheim 21 geplant. Als Übergangsbereich zwischen der Ventilations- und Strömungsleitbahn „Bahnanlagen“ und der bestehenden Bebauung des Stadtteils Lindenhof weist das Planungsgebiet bezüglich seiner klimaökologischen Leistungsfähigkeit eine nicht zu unterschätzende Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen in Form von Flächenversiegelung und Hochbau auf.

Im Zuge der Projektentwicklung wurde daher die Planung auf die klimaökologischen Belange derart abgestimmt, dass die gegenwärtig vorhandenen klimaökologischen Gunstpotenziale weiterhin erhalten bleiben.

Aus Sicht der Klimaökologie waren für das Planungsgebiet „Mannheim 21“ folgende Faktoren von entscheidender Bedeutung:

- Die potenzielle Bebauung ist derart anzuordnen, dass sich bspw. durch die Schaffung großzügiger Platzsituationen bebauungsintern Möglichkeiten zur bodennahen Durch- bzw. Belüftung ergeben.

- Zum Erhalt günstiger Luftaustauschbedingungen innerhalb und außerhalb des Planungsgebietes ist eine strömungsgünstige Verzahnung mit der Ventilations- und Strömungsleitbahn „Bahnanlagen“ und dem Schlossgarten anzustreben. Dabei sind allerdings die lufthygienischen Verhältnisse zu beachten.
- Die gebietsinterne Flächennutzung ist derart aufeinander abzustimmen, dass verbleibende Freiflächen/Abstandsflächen die Möglichkeit bieten, stadtklimatisch relevante Ausgleichsmaßnahmen zu realisieren, die sich nicht nur auf das Eigenklima und die klimaökologische Qualität der Neubebauung positiv auswirken, sondern auch dazu beitragen, dass die klimaökologische Qualität in der bestehenden Bebauung des Stadtteils Lindenhof trotz der geplanten Neubebauung nicht weiter vermindert wird.

Die aktuelle Planung hat diese Vorgaben aufgegriffen. Durch die Verlegung der Südtangente nach Nordosten an die Bahngleise der Deutschen Bahn AG bietet sich nun zudem die Möglichkeit, den Hanns-Glückstein-Platz in seiner Bedeutung als klimaökologischer Ausgleichsraum fortzuentwickeln.

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.

• **W33 ↔ A25:**

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. 130 – 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.

Planungsempfehlungen:

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 am Rande der Gleisanlagen) die strömungsdynamischen Prozesse zu berücksichtigen.

• **W34 ↔ A16 und A17:**

Das **Gewerbegebiet Fahrlach (W34)** befindet sich am Übergang zum Freiraumgefüge A15/A16. Zwischen Ausgleichs- und Wirkungsraum 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 erhöhte bis sehr stark erhöhte bioklimatische Belastungen ein. Auch die Trasse der Riedbahn am Übergang zum östlichen Freiraum A16, die eine mäßige bis starke Barrierewirkung bedingt, verhindert günstigere Klimabedingungen.

Planungsempfehlungen:

Durch das hohe thermische Ausgleichsdefizit im Gewerbegebiet Fahrlach ist auch im nordwestlich angrenzenden Stadtteil Schwetzingenstadt eine erhöhte bis stark erhöhte bioklimatische Belastung 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 Ungunswirkung verringern. 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.

Die verbliebenen Freiflächen A16 (Harrlachgärten, Lochgärten) und A17 (Kleingärten Hintergereute) sind als siedlungsnah Freiräume zu sichern.

• **W35 ↔ A15 und A26:**

Der Wirkungsraum **W35 (Europaplatz, Friedensplatz, Technoseum, Carl-Benz-Stadion)** zeigt durch die heterogene Flächennutzung (Parkplätze, großvolumige Bauten, Sportanlagen, Grünflächen) auch eine differenzierte bioklimatische Belastung (→ mäßig bis leicht erhöht). Neben den gebietsinternen Ausgleichsleistungen vegetationsbedeckter Freiflächen ergeben sich auch thermische Gunstwirkungen über den angrenzenden Regionalen Grünzug Südost/Flugplatz Neuostheim. Bei vorherrschenden Winden aus nördlichen Richtungen wird zudem Kaltluft aus dem Luisenpark herangeführt, die über die Freiflächen des Friedensplatzes hinweg bis zum Gewerbegebiet Fahrlach verschoben wird.

Planungsempfehlungen:

Die Grünanlagen/Parkierungsflächen im Umfeld des Technoseums bilden eine klimaökologisch wirksame Verbindungsachse zwischen den klimatischen Gunstpotenzialen des Grünzugs Mannheim-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 zu sichern.

• W36:

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten vom 31.8./01.09.2009 dokumentieren, dass der Wirkungsraum **W36 (Schwetzingerstadt)** 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 bioklimatische Belastung ist daher als stark bis sehr stark erhöht zu bewerten.

Die klimatischen Ausgleichsleistungen des Grünzugs Südost und des Luisenparks kommen nur deutlich abgeschwächt zum Tragen.

Planungsempfehlungen:

Die Erkenntnisse aus der vorliegenden Klimaanalyse zeigen, dass während sommerlicher Strahlungstage die klimaökologischen Ausgleichsleistungen des Grünzugs Mannheim-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 begrün-ten, verkehrsberuhigten Straßenräumen wird Hitze angenehmer empfunden als in verkehrsreichen Straßenzügen.

Zur Verbesserung der örtlichen Klimasituation in der Schwetzingerstadt sollten daher die Wohnhöfe der Blockbebauung grünordnerisch aufgewertet werden. Auch Straßenräume, die noch keine Grünausstattung besitzen, sollten mit Hilfe von Bäumen, Pflanzbeeten, Wandbegrünungen etc. klimatisch/optisch aufgewertet werden.

Grünstrukturen wie im Bereich der Helene-Lange-Schule oder am Georg-Lechleitner-Platz sind als „bioklimatische Erholungsoasen“ langfristig zu sichern.

• **W37 ↔ A26:**

Der Wirkungsraum **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).

Aus der Karte der abendlichen Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Mannheim (31.08.2009) ist ersichtlich, dass sich die Oststadt am Rande einer großen NW-SO-gerichteten „Wärmezunge“ befindet, die von der Innenstadt ausgeht und bis ins Gewerbegebiet Fahrlach reicht. Sehr hohe bioklimatische Belastungen 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 bioklimatische Belastung erheblich ab. Dieser fungiert im städtischen Grünzugsystem während austauscharmer Schwachwind-situationen 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 Luft bewirken, dass die bioklimatischen Gunsteffekte in weiten Teilen der Oststadt wirksam werden. Dies zeigt sich eindrucksvoll an der Lage der Isothermen. 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.

Planungsempfehlungen:

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.

Begrünte Plätze wie der Philosophenplatz sind weiterhin zu pflegen und zu sichern. 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 „Erholungs-oase“ ist sie für die Stadtbevölkerung jedoch von nicht zu unterschätzender Bedeutung und ist somit vor Versiegelungsmaßnahmen zu schützen.

• W38 ↔ A25 und A27/A28:

Das **Stadtzentrum von Mannheim (W38)** 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 Klimamessungen des Jahres 2009 ist zu entnehmen, dass sich die Mannheimer Quadrate als ausgeprägte Wärmeinsel darstellen. Im Sommerhalbjahr ergeben sich zwischen Stadtrand (Mannheim-Vogelstang) und Stadtzentrum (Friedrichsring) in ca. 32% der Strahlungsnächte bzgl. der Temperaturminima Differenzen von mehr als 4.5 K. Die Überwärmung des Stadtzentrums wird offenbar.

Der Vergleich von Windgeschwindigkeitsmessungen im Bereich der Blumenauer Straße (im Norden von Mannheim) und im Stadtzentrum (Friedrichsring, Toulonplatz) dokumentiert, dass die bodennahe Windgeschwindigkeit gegenüber dem Freiland um über 50% reduziert ist (→ erhöhte bioklimatische und lufthygienische Belastung).

Die bioklimatische Belastung 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) führen intensivere Ventilationseffekte und/oder lokale Kaltluftbildung/Schattenwurf zu günstigeren bioklimatischen Umgebungsbedingungen.

Klimameliorierende Eigenschaften mit Fernwirkung werden allerdings nur Grünflächen mit einer Mindestgröße von ca. 40 – 50 ha (z.B. Luisenpark) zugesprochen (HORBERT 2000).

Planungsempfehlungen:

Wie o.a. grenzt der Wirkungsraum 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.

Die Schaffung zusätzlicher Grünflächen (z.B. durch bauliche Entkernung von Blockinnenbereichen, Bau von Tiefgaragen) ist ebenso ins Auge zu fassen wie auch die Möglichkeit der Begrünung von Hausfassaden und Dachflächen.

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.

In den Quadraten T4-T5 – Sickingen Schule wird die Schaffung eines zukunftsfähigen Wohnstandortes diskutiert. Städtebauliche Themen sind dabei: Blockränder schließen, öffentliche Grün- und Platzflächen schaffen.

Wie bereits erwähnt, ist aus klimaökologischer Sicht 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 Horizonteinengung jedoch weiter zu. 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. In Kreuzungsbereichen könnten kleinere Plätze entstehen.

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.

Als ausbaufähiger Wohnstandort wird auch die Bebauung im Bereich F6-F7 erachtet. Die Wohnqualität in den z.T. recht schmucklosen 5- bis 6-geschossigen Wohnzeilen und Baublöcken könnte durch städtebauliche Maßnahmen erheblich aufgewertet werden. Die Luftschadstoff- und Lärmbelastung durch den benachbarten Luisenring/Auffahrt zur Kurt-Schumacher-Brücke ist bei einer neuen baulichen Gestaltung zu berücksichtigen. Offene Baustrukturen bilden hier vermutlich keine optimale Lösung. Die Schließung der Blockränder sichert günstigere luft-hygienische Verhältnisse.

Städtebauliche Modifikationen sind auch im Stadtteil Jungbusch angedacht. Entlang der Hafenstraße (Kauffmannmühle) wird eine Mischnutzung (z.B. Büros, Läden, Gastronomie) vorgeschlagen. Für das Thema „Wohnen“ bietet der östlich angrenzende Baublock in der Böckstraße höheres Potenzial.

Das Planungsgebiet befindet sich in einem Stadtbereich mit sehr stark erhöhter bioklimatischer Belastung.

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. Die Gebäudeabstandsflächen müssen sich dabei an den Gebäudehöhen orientieren (Breite der Abstandsfläche mind. 1- bis 1.5-fache Gebäudehöhe).

Östlich der Hafenstraße kann durch eine Entkernung und Begrünung des Blockinnenbereichs ein angenehmeres Wohnklima geschaffen werden.

• **W39 ↔ A28 und A59:**

Der Mannheimer **Handelshafen (W39)** ist Teil der innerstädtischen Wärmeinsel. Wie die Isothermenkarten 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 (vgl. Ergebnisse der IR-Thermalbildbefliegung). Da auch westlich des Rheins (Ludwigshafen a. Rh.) hochgradig versiegelte Flächen die Flächennutzung prägen, sind im Wirkungsraum 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 bioklimatische Belastung 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 allerdings vor allem in der ersten Nachthälfte noch zu gering, um örtlich eine rasche Abkühlung zu bewirken. Erst gegen Morgen werden im Vergleich zum Mannheimer Stadtzentrum auffallend geringere Lufttemperaturen erreicht.

Planungsempfehlungen:

Flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen könnten die thermische Ungünstwirkung verringern.

• **W40 ↔ A29, A30, A33 und A34:**

Der Grünzug Nord-Ost bestimmt als klimaökologischer Ausgleichsraum und als ein Glied des städtischen radialen Grünsystems wesentlich das Klimageschehen im Stadtteil **Feudenheim (W40)**.

Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten zeigen, bildet sich im Ortskern und entlang der Hauptstraße eine Zone stärkster Überwärmung, wobei vom Zentrum der Bebauung bis zu den benachbarten Freiräumen (z.B. Egelwasser) Lufttemperaturunterschiede bis über 4.0 °C 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 Verkehrstrassen, Norden - Bebauung Feudenheim/Wallstadt) hervorgerufen werden.

Die bioklimatische Belastung 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 und Osten des Stadtteils.

Im Bereich Feudenheim häufen sich in Strahlungsnächten nordöstliche bis östliche Windrichtungen, die auf lokale Ausgleichsströmungen zwischen kühlem Freiland (östlich der BAB A 6) und warmer Bebauung zurückzuführen sind. Durch den Autobahnausbau mit begleitenden Lärmschutzanlagen dürfte seit Erfassung der Winddaten (1988/1989) der bodennahe Kaltluftzustrom aus Osten jedoch nachhaltig geschwächt worden sein.

Im Stadtgebiet von Mannheim durchgeführte Untersuchungen (u.a. ÖKOPLANA 2002A/2007) 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 durch zusätzliche Bewegungsimpulse vertikal mächtigerer Regionalströmungen zu beachtlichen klimaökologischen Positivwirkungen in der angrenzenden Bebauung (Gartenstadt, Käfertal, Schönau) führen.

Planungsempfehlungen:

Innerhalb der bioklimatisch belasteten Ortskernbebauung lassen sich die thermischen Verhältnisse nur durch flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung und bauliche Entkernung von Blockinnenbereichen verbessern. Vorhandene Grünflächen (z.B. im Umfeld der Brüder-Grimm-Schule) sind zu erhalten, um klimatische Zusatzbelastungen zu vermeiden.

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. Bauliche Erweiterungen nach Norden hätten verstärkte Störungen des bodennahen Luftaustauschs im älteren Ortsteil (hier herrscht gegenwärtig bereits ein klimaökologisches Leistungsdefizit vor) zur Folge.

• **W41 ↔ A30, A31, A32 und A33:**

Im Stadtteil **Wallstadt (W41)** ist die bioklimatische Belastung mittel bis erhöht und erreicht somit nicht die stark erhöhte Belastungsstufe wie im Ortszentrum von Feudenheim. Diese Einstufung entspricht auch den Erkenntnissen aus der Klimaanalyse von 2002 (ÖKOPLANA 2002A). Auch 2002 fiel im Vergleich zum Stadtteil Feudenheim die geringere thermische Differenzierung innerhalb der Bebauung auf. Hier machen sich u.a. die Grünflächen innerhalb der offenen Blockrandbebauung als auch die direkte Lagebeziehung zu den Ausgleichsräumen A30 – A33 positiv bemerkbar. Windmessungen in Wallstadt dokumentieren, dass insbesondere in den Nachtstunden bei Strahlungswetterlagen kühle und feuchte Luftmassen aus Nordosten und Osten in die Bebauung geführt werden, die die Ausbildung einer deutlicheren Wärmeinsel unterbinden.

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 raschen Temperaturrückgang bewirkt.

Planungsempfehlungen:

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 sind aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen. Bauliche Modifikationen sollten sich auf den Bestand beschränken.

• **W42 ↔ A31 und A40:**

Der Wirkungsraum **W42** zwischen Magdeburger Straße und BAB A6 umfasst im Wesentlichen die **Gewerbeflächen entlang der Spreewaldstraße und die Taylor-Barracks**. Beide Flächennutzungen sind durch großflächig versiegelte Flächen gekennzeichnet, die sich tagsüber intensiv aufheizen. Nur aufgrund der Anbindung an klimaökologisch hoch wirksame Ausgleichsräume (Käfertaler Wald – A40 im Norden und Freiraumgefüge Straßenheim im Osten – A31) wird eine stark erhöhte bioklimatische Belastung unterbunden, die auch Auswirkungen auf den Stadtteil Vogelstang hätte.

Planungsempfehlungen:

Östlich der Spreewaldstraße sind die vorhandenen Abstandsflächen zwischen den Gewerbebauten zu sichern. Durch den Ausbau der Autobahn A 6 sind diese bebauungsinternen Freiräume in ihrer Bedeutung gewachsen. Sie unterstützen den Kaltlufttransport aus Osten in Richtung Taylor-Barracks. In welcher Konzentration Kfz-bedingte Schadgase von der Autobahntrasse eingebracht werden, müsste allerdings noch näher analysiert werden. Dies betrifft auch die Bereiche Wallstadt und Feudenheim.

Durch die Neustrukturierung der US-Army werden bis ca. 2015 alle Kasernenareale frei, die u.U. einer städtischen Bebauung (Wohnbebauung / Gewerbebebauung) zugeführt werden können.

Bei der Überplanung der Taylor-Barracks sollten die ortsspezifischen Strömungsverhältnisse bei der Ausarbeitung eines städtebaulichen Rahmenplans Berücksichtigung finden. Das Gebiet könnte durch interne Grünachsen (diese können auch an Straßenzüge geknüpft sein) derart gegliedert werden, dass zum einen eine möglichst intensive bodennahe Belüftung gewährleistet wird und zum anderen die verstärkte Ausbildung einer großflächigen Wärmeinsel unterbunden wird. Die Breite derartiger Achsen ist abhängig von der Höhe der begleitenden Bebauung. Der Schadgaseintrag durch die Hauptverkehrsachsen BAB A 6 und B 38 ist dringend zu beachten.

• **W43** ↔ A32 und A33:

Der Wirkungsraum **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 bioklimatische Belastung ist insgesamt als sehr gering bis mittel zu bewerten. Nur im Bereich der Geschwister-Scholl-Schule ergibt sich eine leicht erhöhte Belastung.

Planungsempfehlungen:

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.

Die Ergebnisse von Windmessungen an der DWD Station Mannheim-Vogelstang zeigen, dass bei besonders klimarelevanten Strahlungswetterlagen häufig nord-nordwestliche bis nordnordöstliche Windrichtungen vorherrschen. Die Bebauung Vogelstangs befindet sich dann im Lee der Wirkungsräume W42 und W47. Sind in diesen benachbarten Wirkungsräumen bauliche Veränderungen vorgesehen, müssen die klimatischen Auswirkungen auf den Stadtteil Vogelstang Beachtung finden.

• **W44 ↔ A33:**

Das **Gewerbegebiet Käfertal-Süd** und die **Wohnbebauung Im Rott (W44)** grenzen nur im Südosten mit mäßiger Barrierewirkung unmittelbar an einen Ausgleichsraum (A33) an. In diesem Teilbereich (Wohnbebauung Im Rott) ist die bioklimatische Belastung als mäßig zu bezeichnen. Neben der Ausgleichswirkung des angrenzenden Freiraums machen sich auch die interne Durchgrünung und die Grünachse „Im Rott“ (Breite ca. 35 – 40 m) thermisch positiv bemerkbar. Im Gewerbegebiet Käfertal-Süd steigt die bioklimatische Belastung durch den hohen Versiegelungsgrad. Als lufthygienischer Störfaktor wirkt die viel befahrene B38.

Planungsempfehlungen:

Das Gewerbegebiet Käfertal-Süd ist durch großflächig versiegelte Stellflächen und Gewerbebauten gekennzeichnet. Zur klimatischen Aufwertung des Gebietes könnten zusätzliche Baumpflanzungen und Dachbegrünungen beitragen. Zusätzliche Möglichkeiten klimaökologische Gunsteffekte zu entwickeln ergeben sich, wenn die Spinelli-Barracks (W45) von der US-Army geräumt werden. Zwischen der Grünachse Im Rott und der Feudenheimer Au (A34) könnte der Grünzug Nordost ergänzt bzw. ausgedehnt werden.

• **W45 ↔ A33 und A34:**

Die **Spinelli-Barracks (W45)** bilden im Grünzug Nordost einen erheblichen Störfaktor. Die Messfahtergebnisse von 2009 belegen, dass die Kaltluftzunge des Grünzugs Nordost im Bereich der Militärflächen unterbrochen wird. Zwischen Bürgerpark im Osten und dem Kasernengelände steigt die Lufttemperatur auf kurzer Distanz um ca. 3.0 K an. Eine direkte Anbindung an das innerstädtische Freiraumgefüge Au (A34) und Sellweiden/Hauptfriedhof (A35) ist nicht gegeben.

Planungsempfehlungen:

Durch die Aufgabe der Spinelli-Barracks durch die US-Army ergeben sich Chancen, den Grünzug Nordost klimatisch wirksam an das innenstadtnahe Freiraumgefüge Au/Sellweiden/Hauptfriedhof anzubinden.

Ansätze bietet bereits der Bürgerpark zwischen Wingertsbuckel und Talstraße. Die großflächige Entwicklung eines „neuen“ Freiraums zwischen den Ausgleichsräumen A33 und A34 würde den Grünzug Nordost in seiner klimaökologischen Wirksamkeit erheblich aufwerten.

Bei Entwicklung eines grünordnerischen/städtebaulichen Rahmenkonzepts sind die klimatischen Erfordernisse zu berücksichtigen.

• **W46 ↔ A33 und A34:**

Die Bebauung **Käfertal-Süd (W46)** zwischen den Spinelli-Barracks und der Rollbühlstraße ist locker durchgrünt und weist größtenteils eine geringe bis mäßige bioklimatische Belastung auf. Thermisch günstig wirken die Grünflächen/Sportflächen südöstlich der St.-Hildegard-Kirche, die eine mäßige bis sehr hohe Kaltlufteffektivität aufweisen.

Erhöhte bioklimatische Belastungen weisen die Gewerbeflächen im Wirkungsraum W46 auf (z.B. zwischen Mannheimer Straße und Rollbühlstraße – ABB-Gelände). Hier macht sich der größere Anteil versiegelter Flächen thermisch negativ bemerkbar.

Planungsempfehlungen:

Die Grünflächen südöstlich der St.-Hildegard-Kirche besitzen Anschluss an die Grünachse Im Rott, wodurch die Effektivität der klimatischen Ausgleichsleistung erhöht wird. Die Freiflächen sind zu sichern und bei einer Überplanung der Spinelli-Barracks mit einzubeziehen.

• **W47 ↔ A39 und A40:**

Der Wirkungsraum **W47** setzt sich aus den Kasernenarealen **Benjamin-Franklin-Village** (ca. 8.9 ha), **Sullivan-Barracks** (ca. 4.4 ha) und **Funari-Barracks** (ca. 1.1 ha) zusammen.

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 Isothermenkarte von 2009 wird erkennbar, dass mit der zugeführten Kaltluft die Ausbildung einer ausgeprägten Wärmeinsel über dem Kasernenareal unterbunden wird.

Die bioklimatische Belastung ist größtenteils als sehr gering bis mäßig zu bewerten.

Planungsempfehlungen:

Bei einer potenziellen städtebaulichen Neustrukturierung des Kasernenareals W47 ergeben sich Chancen zur Entwicklung neuer Wohn-/Misch- und Gewerbegebiete. Als mögliche Gewerbestandorte bieten sich die Flächen entlang der B38 an, die aus Lärmschutzgründen und aufgrund der lufthygienischen Belastung entlang der Hauptverkehrsachse nur bedingt für Wohnflächen geeignet sind. Der Übergang zu den Waldgebieten bieten sich als hochwertige Wohnstandorte an. Hier sind lockere Baustrukturen (Einzel-, Reihenhausbauung) vorzusehen, um eine enge Verzahnung mit dem klimaökologischen Gunstpotenzial des Käfertaler Waldes zu ermöglichen.

Verdichtete Bebauung ist in zentralen Lagen des W47 denkbar, wobei ein Netz von Freiraumachsen die klimatische Situation begünstigen sollte.

Bei Entwicklung eines städtebaulichen Rahmenkonzepts sollte der Fachbeitrag der Klimaökologie frühzeitig Berücksichtigung finden.

• W48 ↔ A39:

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 gering bis mittel bioklimatisch belastet 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.

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 Temperaturmessfahrten von 2009 offenbar.

Planungsempfehlungen:

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.

Bauliche Ergänzungen im Bereich noch vorhandener Freiräume (z.B. im Bereich der Freiflächen zwischen Wasserwerkstraße, Waldstraße und Ladenburger-/Birkenauer-Straße) sind nicht zu empfehlen. Sie bilden lokale Schädgassen und Kaltluftentstehungsgebiete, von denen die benachbarte Wohnbebauung profitiert.

• **W49 ↔ A39:**

Der Wirkungsraum 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. Das klimaökologische Ausgleichsvermögen der rudimentären Freiraumradiale entlang der Sibylla-Merian-Straße reicht nicht aus, die thermischen Defizite der Gewerbeflächen abzubauen. Die bioklimatische Belastung ist insgesamt als erhöht zu bezeichnen.

Planungsempfehlungen:

Flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen könnten die thermische Ungunstwirkung verringern. Eine weitere bauliche Einengung der Freiraumradiale entlang der Sibylla-Merian-Straße ist zu unterbinden.

• **W50 ↔ A14, A27, A34 und A35:**

Die **Gewerbeflächen zwischen Im Pfeifferswörth und Neckarkanal** sowie die **Gärtnerereiflächen zwischen Neckarplatt und Riedbahntrasse** bilden den Wirkungsraum **W50**.

Aufgrund ihrer geringen flächenhafte Ausdehnung bilden sie bislang einen nur geringen Störfaktor im stadtklimatischen Wirkungsgefüge. Die Riedbahntrasse fungiert innerhalb des Wirkungsraumes als eine auffallende Strömungsbarriere.

Der Wirkungsraum W50 profitiert von den strömungsdynamischen Positiveffekten des Neckars. Über den Wasserflächen und den begleitenden Vegetationsflächen kann der Wind bodennah durchgreifen. Der intensive Luftaustausch verhindert Wärme-/Kaltluftstaus und Luftschadstoffakkumulationen.

Planungsempfehlungen:

Die Gewerbebebauung am Neckarkanal weist eine auffallende Barrierewirkung in Nord-Süd-Richtung auf, die durch die baulichen Anlagen des Olympiastützpunktes für Leichtathletik noch verstärkt werden. Damit die klimaökologisch funktionierende räumliche Verknüpfung der Ausgleichsräume Luisenpark südlich des Neckars und Grünzug Nordost (Sellweiden/Freidhof/Au) gesichert bleibt, sind im Wirkungsraum W50 keine weiteren baulichen Verdichtung anzustreben.

• W51 ↔ A27, A34 und A35:

Der Wirkungsraum W51 setzt sich aus dem Uniklinikum und dem Stadtteil Wohlgelegen zusammen.

Die bioklimatische Belastung am nordöstlichen Rand der innerstädtischen Wärmeinsel ist mittel bis stark erhöht.

Positiv machen sich die Lagebeziehung zur Strömungsleitbahn Neckar und die parkartige Begrünung auf Teilflächen des Uniklinikums bemerkbar. Durch Ventilationseffekte und örtliche Kaltluftbildung wird die stark erhöhte bioklimatische Belastung an Sommertagen nach Sonnenuntergang verstärkt abgebaut.

Im Stadtteil Wohlgelegen führt besonders die großflächige Bodenversiegelung in der Gewerbebauung zwischen Riedbahn und Gutenbergstraße zu hoher thermischer Belastung. Die Ausgleichsleistung des Hauptfriedhofs und der Kleingärten Sellweiden bleiben auf deren Nahbereich beschränkt. Dies wird anhand des deutlichen Temperaturanstiegs im Übergangsbereich Freiraum-Bebauung deutlich.

Erhöhte bis stark erhöhte bioklimatische Belastungen sind auch im Bereich der Wohnbebauung zwischen Friedrich-Ebert-Straße und Käfertaler Straße gegeben. Die baublockinternen Grünflächen sind daher von hoher Bedeutung.

Planungsempfehlungen:

Im Bereich der Gewerbebauung können nur flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen die thermische Ungunswirkung verringern.

Zwischen Friedrich-Ebert-Straße und Käfertaler Straße ist der Grünbestand in den Wohnhöfen zu sichern und zu optimieren. 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 Wirkungsraum zu erhalten.

• W52 ↔ A27, A28 und A36:

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 Wirkungsraum W52 ein kleinräumig differenziertes Klimageschehen einstellt, das sich sowohl in der thermischen Situation als auch in der Ventilation ausdrückt. Typisch ist die am Tag stärkere Erwärmung innerhalb dichter Bebauung (z.B. Mittelstraße, Schimperstraße) und die etwas intensivere nächtliche Abkühlung im Bereich des Neckarvorlandes. Insgesamt ist die bioklimatische Belastung in der Neckarstadt als mittel bis sehr stark erhöht zu bewerten.

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 IR-Thermalaufnahmen 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 Wirkungsraums zeigt sich die klimaökologische Ausgleichsleistung des Herzogenriedparks. Bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren zeigen sich im Wirkungsraum W52 thermische Positiveffekte bis zur Carl-Benz-Straße.

Planungsempfehlungen:

Die Funktion des Neckarvorlandes als klimaökologischer Ausgleichsraum ist zu sichern. Eine Bebauung der Freiflächen südlich der Dammstraße ist zu unterbinden.

Innerhalb der Blockbebauung der Neckarstadt bieten sich bauliche Entkernungs- und Begrünungsmaßnahmen zur Aufwertung des ortsspezifischen Eigenklimas an.

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.

• W53 ↔ A36 und A37:

Der Wirkungsraum W53 östlich des Herzogenriedparks umfasst u.a. die Turley Barracks sowie die Zeilenhausbebauung An den Kasernen.

Entlang der Friedrich-Ebert-Straße ist sowohl die bioklimatische als auch lufthygienische Belastung als erhöht zu bewerten. Das hohe Verkehrsaufkommen sowie großflächig versiegelte Areale machen sich negativ bemerkbar.

In Richtung Ulmenweg zeigt sich 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 mäßigen bis mittleren bioklimatischen Belastung.

Planungsempfehlungen:

Im Bereich der Turley Barracks besteht bei Flächenumwidmungen bzw. baulichen Neustrukturierungen die Möglichkeit, das gebietsinterne Eigenklima zu verbessern. Während entlang der Hauptverkehrsachse Friedrich-Ebert-Straße aus lärmschutztechnischen und lufthygienischen Gründen eher geschlossene Baustrukturen (Mischnutzung - Büros/Gewerbe/Wohnen) zu bevorzugen sind, bietet sich in Richtung Nordwesten eine aufgelockerte Wohnbebauung an.

Im Bereich An den Kasernen gibt es Überlegungen das denkmalgeschützte Gebäudeensemble zu sanieren und für das Wohnen zu nutzen. Durch seine Lage am Übergang zum Herzogenriedpark sind verhältnismäßig günstige bioklimatische Verhältnisse gegeben. Zur klimatischen Aufwertung des Geländes müssten die großflächig versiegelten Flächen nordöstlich der Gebäudeanlage einer anderen Nutzung zugeführt werden (z.B. lockere Bebauung mit Hausgärten, Bebauung mit kleineren öffentlichen Grünanlagen/Spielplätzen o.ä.).

Detaillierte Planungsempfehlungen können erst nach Vorlage von Flächennutzungskonzepten erarbeitet werden.

• W54 ↔ A36 und A37:

Der Wirkungsraum **W54 (Neckarstadt-Nordwest)** befindet sich südöstlich der Untermühlastraße zwischen MOTORENWERKE MANNHEIM AG und der Vollzugsanstalt Mannheim. Am Neuen Messplatz und im Bereich Zum Herrenried grenzt der Wirkungsraum an die klimaökologischen Ausgleichsräume Herzogenriedpark (A36) und Radrennbahn (A37). Die Barrierewirkung zwischen Bebauung und Freiraum ist meist gering bis stark.

Wie die Messfahrtergebnisse von 2009 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 bioklimatische Belastung ist nördlich der Maybachstraße als mittel bis leicht erhöht zu bewerten. Südlich der Maybachstraße ist die Belastung durch die Wärmeabstrahlung der großflächig versiegelten Gewerbeflächen sehr stark erhöht.

Planungsempfehlungen:

Die noch vorhandenen Grünpotenziale im Wirkungsraum W54 (u.a. südlich der Herzogenriedstraße) sind zu sichern. Bei baulichen Nachverdichtungen oder Neustrukturierungen sind die örtlichen Ventilationsverhältnisse (Südwestwinde am Tag, nördliche bis nordöstliche Richtungskomponenten in der Nacht) zu berücksichtigen. Bauliche Verdichtungen entlang der angrenzenden Ausgleichsräume sind zu vermeiden.

Im Bereich der MOTORENWERKE MANNHEIM AG könnten flankierende Maßnahmen wie Dach-/Wandbegrünung, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen die thermische Ungunstwirkung verringern.

• W55 ↔ A38:

Der **Betriebshof südlich der Hafenbahnstraße** sowie das **Werksgelände der DAIMLER AG** bilden den Wirkungsraum **W55**. Einziger Ausgleichsraum, der an den Wirkungsraum direkt angrenzt ist das Sandgewann (A38).

Wie die Messfahrtergebnisse von 2009 aufzeigen, bildet sich vom Industriehafen über das Werksgelände der DAIMLER AG eine Warmluftzunge aus. Die bioklimatische Belastung 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 Mannheim initiierten Winde sind im Wirkungsraum W55 während der gesamten ersten Nachthälfte zu beobachten.

Im Laufe der zweiten Nachthälfte dreht der Wind zunehmend zu regional angelegten nordwestlichen Richtungssektoren, wobei der Altrhein als Zugbahn fungiert.

Planungsempfehlungen:

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, Baumpflanzungen oder möglichst helle Farbgebung bei Oberflächenbelägen. Es ist daher von Bedeutung dass bestehende klimaökologische Gunsträume im näheren Umfeld gesichert werden, um die Wärmeaura der Bebauung zu begrenzen. Im Falle des Wirkungsraums W55 bedeutet dies, dass der Freiraum A38 (Sandgewann) als Bestandteil einer Grünachse in Richtung Nordosten einen hohen Sicherungsgrad aufweist.

Sind im Bereich des Betriebshofes Nutzungsänderungen vorgesehen, könnten an dessen Südrand (Übergang zur Wohnbebauung Carl-Zuckmayer-Straße) bebauungsinterne Grünzäsuren die ortsspezifischen thermischen Verhältnisse aufwerten. Die Breite derartiger Grünzäsuren sollte eine Breite von mindestens 30 – 50 m aufweisen.

• **W56 ↔ A38:**

Der Wirkungsraum **W56 (Waldhof-Südost)** zwischen Obere Riedstraße im Süden und Waldstraße im Norden grenzt an die Grünachse A38 an.

Die bioklimatische Belastung in der meist locker durchgrünten Wohnbebauung ist als gering bis mäßig zu bewerten. 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.

Planungsempfehlungen:

Die Übergangsbereiche zwischen dem Wirkungsraum W56 und den angrenzenden Freiräumen sind baulich nicht weiter nachzuverdichten. 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.

• **W57:**

Der Wirkungsraum **W57 (Waldhof)** 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 strömungsparalleler 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.

Die bioklimatische Belastung ist als gering bis leicht erhöht zu bezeichnen. Eine stark erhöhte Belastung ist nur im Bereich des Werksgeländes der Firma BOPP & REUTHER AG zu bilanzieren.

Planungsempfehlungen:

Wie bereits o.a. sind im Wirkungsraum W57 die bebauungsinternen Grünflächen/Hausgärten/Plätze von hoher klimatischer Bedeutung. Sie tragen aktiv zur örtlichen Kaltluftbildung bei.

Es gibt planerische Überlegungen, das Gelände im Bereich der Waldhof-Klinik baulich neu zu strukturieren. Bislang dominieren hier Mehrgeschossbauten mit großzügigen Grünflächen. Sie bilden einen wirksamen thermischen Puffer gegenüber den hochgradig versiegelten Flächen der DAIMLER AG im Süden.

Dieses thermische Ausgleichspotenzial sollte auch in Zukunft gesichert werden, so dass aus klimaökologischer Sicht eine locker durchgrünte Einzel- und Reihenhausbauung zu bevorzugen wäre. Auch die lockere Anordnung neuer Zeilenhäuser wäre denkbar.

• W58 ↔ A39 und A40:

Die locker durchgrünte **Wohnbebauung zwischen Am Carl-Benz-Weg und Am Weidenbergel (W58)** 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 bioklimatische Belastung sehr gering bis gering.

Die Windaufzeichnungen an der Lampertheimer Straße dokumentieren, dass an Strahlungstagen am Tag meist südöstliche bis südwestliche Winde vorherrschen, wobei sich recht günstige Belüftungsverhältnisse ergeben. Nach Sonnenuntergang kommt es zu einem auffallenden Windrichtungswechsel zu vermehrt nordöstlichen bis nordwestlichen Richtungssektoren, die auf regional-/lokal angelegte Ausgleichsströmungen zwischen dem kühleren nördlichen Freiraumgefüge (u.a. KäfertalerWald) und der wärmeren städtischen Bebauung zurückzuführen sind. Sie erreichen nur mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 0.6 und 1.1 m/s, was die Anfälligkeit der resultierenden Belüftungseffekte gegenüber Strömungshindernissen in Form von lang gestreckten Gebäudereihen, dichten Gehölzriegeln oder Lärmschutzanlagen unterstreicht.

Planungsempfehlungen:

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.

• **W59/60 ↔ A40 und A41:**

Im Stadtgebiet von Mannheim durchgeführte Untersuchungen (u.a. ÖKOPLANA 2002A/2007) 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.

Die Wirkungsräume **W59 (Gartenstadt)** und **W60 (Waldhof-Ost)** 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-Weg 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 2009) deutlich. Die bioklimatische Belastung ist in diesen Bereichen sehr gering bis gering.

Planungsempfehlungen:

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.

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 ab-

gerissen 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 gewählten Gebäudestellungen und Gebäudeabstände müssen derart gewählt werden, dass im Kreuzungsbereich Lampertheimer Straße/Am Carl-Benz-Weg das bodennahe Einsickern von Kaltluft aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung gewährleistet bleibt. Ein Einströmbereich von mind. 100 m Breite in nordöstlicher/östlicher Richtung sollte gewährleistet bleiben.

• **W61 ↔ A28, A44 und A47:**

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 zeigen, ergeben sich zwischen dem Ausgleichsraum A44 und dem Wirkungsraum W61 auf kurzer Distanz (60 m) erhebliche Temperaturoegensätze von ca. 4 K. Das potenziell 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 Lufttemperaturen (siehe Ergebnisse der IR-Thermalbildbefliegung).

Planungsempfehlungen:

Innerhalb des Industriehafens ergeben sich derzeit keine grundlegenden Möglichkeiten, die thermische Belastung abzubauen. Nur durch Schaffung interner Grünflächen wäre dies möglich. Umso wichtiger ist der Bestandsschutz für die noch verbliebenen Freiflächen auf der Friesenheimer Insel. 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.

• **W62 ↔ A44, A45, A46 und A47:**

Der Wirkungsraum **W62** auf der **Friesenheimer Insel** umfasst Tanklager, die Müllverbrennungsanlage, den Recyclinghof sowie Gewerbeflächen entlang der Otto-Hahn-Straße.

Auch hier ist der Einfluss nordwestlicher bis nordöstlicher Regionalströmungen zu beobachten.

Die bioklimatische Belastung 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 Teilbereich der Deponie.

Planungsempfehlungen:

Vergleichbar mit den Planungsempfehlungen zum Wirkungsraum W61 ist auch hier festzuhalten, dass sich innerhalb des Wirkungsraums derzeit keine grundlegenden Möglichkeiten ergeben, die thermische Belastung abzubauen. Hauptaugenmerk ist auf den Bestandsschutz der noch verbliebenen Freiflächen auf der Friesenheimer Insel zu legen.

• **W63 ↔ A47 und A48:**

Durch die unterschiedliche Flächennutzung (Industrie-/Wohnbebauung) und der Lagebeziehung zur Ventilationsbahn "Altrhein" (A47) ergeben sich innerhalb des Wirkungsraums **W63 (Luzenberg/Vereinigte Glaswerke)** 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% (bezogen auf das Datenkollektiv „Alle Tage“) reduziert.

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 2009 weisen darauf hin, dass sich im Wirkungsraum W63 auch deutliche thermische Differenzierungen ergeben. Typisch sind relativ hohe Temperaturen im Bereich der Vereinigten Glaswerke 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.

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 lokale thermische Gunsträume. Die bioklimatische Belastung ist hier als mäßig bis mittel zu bewerten.

Planungsempfehlungen:

Zu einer möglichen baulichen Neuordnung im Gebiet zwischen Gerwigstraße und Sandhofer Straße wurde bereits in unserem Gutachten von 1998 (ÖKOPLANA 1998) Stellung bezogen.

Demnach behindert die bislang bestehende Bebauung mit Gewerbebauten und versiegelten Stellplatzflächen eine klimaökologisch sinnvolle Verknüpfung mit dem klimatischen Gunstpotential der Grünflächen östlich der Sandhofer Straße sowie die Ausgestaltung eines günstigen Eigenklimas.

Nördlich der Rheinwiesenstraße sollten zu den Grünflächen östlich der Sandhofer Straße hin geschlossene, riegelartige Gebäudestrukturen vermieden werden, um sowohl für die bestehende als auch für eine mögliche Neubebauung die sich über bodennahe Luftaustauschbewegungen zwischen Parkanlage und Waldhofbecken ergebenden klimaökologischen Positiveffekte zu erhalten bzw. zu optimieren. Es sollten hier durch geeignete baulich-gestalterische und grünordnerische Maßnahmen Verknüpfungspunkte zwischen bestehenden Grünanlagen und der geplanten bzw. bestehenden Bebauung geschaffen werden.

Um eine klimaökologisch funktionsfähige Verknüpfung der Grün-/Freiflächen zu sichern, sollte eine „Grünachse“ - am Waldhofbecken beginnend - eine Mindestbreite von ca. 40 m aufweisen und zur Sandhofer Straße aufgeweitet werden. Die Rheinwiesenstraße kann dabei als Ventilationsbahn miteinbezogen werden. Vegetation in Form dichter Baum- und Strauchgruppen ist in diesen Bereichen zur Sicherstellung der bodennahen Be- bzw. Durchlüftung zu vermeiden. Bei der grünordnerischen Gestaltung der Gebäudeabstandsflächen ist ebenfalls auf bodennahe Durchströmbbarkeit zu achten, so dass sich die nur schwach ausbildenden Ausgleichsströmungen bis zur Gerwigstraße hin entwickeln können. Ein überschlägiges Maß für aufgelockerte, durchströmbare Baumstellungen ergibt sich aus der Distanz benachbarter ausgewachsener Baumkronen. Der Pflanzabstand sollte so bemessen sein, dass zwischen zwei ausgewachsenen Baumkronen ein Kronendurchmesser frei bleibt.

Südlich der Rheinwiesenstraße ist zum Erhalt der Ventilationsfunktion des Waldhofbeckens/Gerwigstraße eine Südost-Nordwest-Ausrichtung der Bebauung vorteilhaft, wobei zur Querbelüftung auch großzügige Durchlässe zwischen Gerwigstraße und Waldhofbecken zu sichern sind, die Raum für grünordnerische Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Zur Sicherstellung der Querbelüftung zwischen Waldhofbecken und der bestehenden Bebauung östlich der Gerwigstraße sind südlich der Rheinwiesenstraße großzügige Durchlässe zu sichern. Die Gesamtbreite der Durchlässe sollte, abzüglich der Grünachse im Bereich Rheinwiesenstraße und verteilt auf mindestens 3 Öffnungen, 25% der Strecke zwischen Rheinwiesenstraße und Dffenéstraße betragen.

Zur Reduzierung thermischer Negativeffekte sind im allgemeinen Dach- und/oder Wandbegrünungen vorzusehen sowie großräumig versiegelte Flächen zu vermeiden.

Östlich der Sandhofer Straße sind die Parkanlage sowie die lockere Durchgrünung der Bebauung zu sichern.

• **W64 ↔ A41, A47, A48, A49 und A50:**

Der Wirkungsraum **W64** ist von den **Industrieanlagen der FIRMEN ROCHE DIAGNOSTICS und SCA HYGIENE PRODUCTS** geprägt. Innerhalb des Gebietes gibt es nur kleinere Grünflächen, die von der Wärmeaura der angrenzenden Bebauung überprägt werden. Insgesamt stellt sich das Gebiet als bioklimatisch erhöht bis stark erhöht belastet dar. Nur in den Übergangsbereichen zu den Ausgleichsräumen A49 und A41 ist die bioklimatische Belastung geringer einzustufen.

Die Isothermenkarten von 2009 zeigen, dass der Wirkungsraum W64 die nördliche Zunge der innerstädtischen Wärmeinsel bildet.

Planungsempfehlungen:

Auf dem Gelände der Firma ROCHE DIAGNOSTICS gliedern nur wenige kleine Grünflächen das Gelände. Zur Dämpfung mittäglicher Temperaturstützen können auf Flachdachbauten intensive Dachbegrünungen beitragen. Gleiches gilt auch für das Werksgelände der Firma SCA HYGIENE PRODUCTS.

Die Entwicklung bzw. grünordnerische Aufwertung klimaökologischer Ausgleichsräume zwischen Bürstadter Straße und Frankenthaler Straße (Teilbereich des Ausgleichsraums A49) ist zu begrüßen.

• **W65 ↔ A49, A50 und A51:**

Der **Stadtteil Sandhofen (W65)** weist im Ortszentrum eine leicht erhöhte bioklimatische Belastung auf. Dies wird durch die Ausbildung einer örtlichen Wärmeinsel (siehe Isothermenkarte vom 31.08.2009) 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.

Planungsempfehlungen:

Derzeit erfolgt im Norden von Sandhofen eine Neubebauung (Wohnbebauung nördlich der Groß-Gerauer-Straße). Eine weitere Ausdehnung über den bereits beplanten Bereich hinaus 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 zwischen Autobahn und südlich angrenzender Bebauung ein unbebauter Streifen von mind. 200 – 250 m Breite zu sichern. Dies ermöglicht dem Höhenwind ein bodennahes Durchgreifen und den Abtransport klimaökologisch belasteter Luftmassen.

Eine zusätzliche Bebauung im Westen von Sandhofen ist nicht zu akzeptieren.

• W66 ↔ A49, A50 und A51:

Der Wirkungsraum **W66** umfasst das Gewerbegebiet Sandhofen-Ost südlich des Viernheimer Wegs, das sich durch einen hohen Versiegelungsgrad auszeichnet. Die bioklimatische Belastung ist dennoch nur als mittel zu bewerten. Begünstigt wird die Situation durch den unmittelbaren Lagebezug zum Freiraum „Krähenflügel“ (A49), der als wichtige Kaltluftzugbahn in Richtung Süden fungiert.

Planungsempfehlungen:

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.

• W67/68 ↔ A41 und A49:

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 bioklimatische Gesamtbelastung als sehr gering bis gering zu bewerten. 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.

Planungsempfehlungen:

Die lockere Bebauungsstruktur im Stadtteil Schönau sollte auf Dauer erhalten bleiben. Bauliche Verdichtungen mit blockartigen Baustrukturen sind zu vermeiden, um günstige Belüftungseffekte zu gewährleisten.

• W69 ↔ A41 und A49:

Die **Gewerbebebauung nördlich der AS Mannheim-Sandhofen** bildet zusammen mit der **Siedlung Scharhof** einen nur kleinflächigen Störfaktor im Ausgleichsraum **A54**. Wie die Isothermenkarten für die Messungen von 2009 belegen, bleibt die „Wärmeaura“ des Geländes auf den unmittelbaren Nahbereich begrenzt. Die bioklimatische Belastung ist als gering (Scharhof) und mittel (Gewerbegebiet) zu bezeichnen.

Planungsempfehlungen:

Eine weitere Ausdehnung des Gewerbegebiets nach Norden und Westen ist unbedingt zu vermeiden, um die stadtklimatisch hoch bedeutsamen Freiflächen (Aktiv- und Passivleistung) entlang des Rheins langfristig zu sichern.

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 großflächigen 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 die Breite des Freiraums „Krähenflügel“ aufnehmen und sich möglichst in Richtung Norden trichterförmig öffnen.

• W70 ↔ A52 und A53:

Der Wirkungsraum **W70** umfasst im Wesentlichen die **bebauten Teilbereiche der Coleman-Barracks**.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten 2009 belegen, dass das Kasernengelände im Freiraumgefüge nördlich der BAB A6 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.

Nach Sonnenuntergang dominieren regionale Ausgleichsströmungen aus nördlichen Richtungen, die bodennahe Kaltluft über die BAB A 6 hinweg nach Süden transportieren. Die bioklimatische Entlastung in den 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.

Planungsempfehlungen:

Durch den Abzug der US-Army aus Mannheim ist eine neue Überplanung der Coleman Barracks möglich. Wie im vorliegenden Gutachten bereits mehrfach erwähnt, spielen im stadtklimatischen Wirkungsgefüge von Mannheim die regionalen Nordwest- bis Nordostwinde eine herausragende Rolle. Sie werden ihrer Rolle als Kalt- und Frischluftlieferanten nur dann gerecht, wenn sie über siedlungsnah und siedlungsinterne Freiräume möglichst weit nach Süden durchgreifen können. Großflächige Strömungsbarrieren in Form dichter Bebauung sind kontraproduktiv.

Bei der Erstellung städtebaulicher/grünordnerischer Konzepte für das derzeitige Militärgelände sind den stadtklimatischen Belangen erhöhte Bedeutung beizumessen. Die Sicherung eines klimaökologisch wirksamen Grünzugs zwischen dem Sandtofer Bruch und dem Stadtgebiet südlich der Autobahntrasse A 6 ist zusätzlich höchst relevant (siehe Planungsempfehlungen zu W69).

• W71 ↔ A42 und A53:

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 bioklimatische Belastung ist im Vergleich zum übrigen Stadtgebiet als sehr gering zu bewerten.

Planungsempfehlungen:

Die lockere Bebauungsstruktur im Stadtteil Blumenau sollte auf Dauer erhalten bleiben. Bauliche Verdichtungen mit blockartigen Baustrukturen sind zu vermeiden, um günstige Belüftungseffekte zu gewährleisten.

• W72 ↔ A54 und A55:

Die **Kläranlage (W72)** im Norden von Mannheim bildet im Ausgleichsraumgefüge A54/A55 (Markgrafenacker, Ballauf-Wilhelmswörth) nur einen kleinflächigen Störfaktor. Wie die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten und der IR-Thermalbildbefliegung belegen, entwickelt sich über der Bebauung kein gravierender „Wärmeinseleffekt“. Auch die Barrierewirkung der Bebauung für lokale bis überregionale Luftströmungen ist gering.

Planungsempfehlungen:

Die angrenzenden Freiflächen (Wiesen, Ackerflächen) bilden ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial im Norden von Mannheim. Eine Ausdehnung der Bebauung im Wirkungsraum W72 sollte daher möglichst unterbleiben.

• **W73 ↔ A53 und A55:**

Der Wirkungsraum **W73 Kirschgartshausen** bildet im nördlichen Freiraumgefüge von Mannheim (A53/A55) einen nur geringen klimatischen Störfaktor.

Die bioklimatische Belastung in Kirschgartshausen ist sehr gering.

Planungsempfehlungen:

Die Ausgleichsräume A52, A53, A54 und A55 entwickeln stadtklimatisch hoch bedeutsame Gunsteffekte. Sie initiieren Flurwindeffekte, die den nördlichen Stadtteilen Kalt-/Frischlufte zuführen. Größere flächenhafte Baumaßnahmen sind aus klimaökologischer Sicht nicht zu akzeptieren. Gegen einzelne bauliche Ergänzungen (z.B. Anbauten, Umbauten) sind keine Einwände zu erheben.

• **W74 ↔ A31:**

Der Wirkungsraum **W74 Straßenheim** bildet im nordöstlichen Freiraumgefüge von Mannheim (A31) einen nur geringen klimatischen Störfaktor.

Die bioklimatische Belastung in Straßenheim ist sehr gering.

Planungsempfehlungen:

Der Ausgleichsraum A31 entwickelt stadtklimatisch hoch bedeutsame Gunsteffekte. Sie initiieren Flurwindeffekte, die trotz der Autobahntrasse der A 6 den Stadtteilen Vogelstang, Wallstadt, Feudenheim Kalt-/Frischlufte zuführen. Die Baugrenzen in Straßenheim sind möglichst einzuhalten. Gegen einzelne bauliche Ergänzungen (z.B. Anbauten, Umbauten) sind keine Einwände zu erheben.

10 Schlussbemerkungen

Im Rahmen der Fortschreibung klimaökologischer Grundlagenkarten für das Stadtgebiet von Mannheim wurden mittels Lufttemperaturmessfahrten und Befliegungen die flächendeckenden Isothermenkarten und die IR-Thermalbilder von 2001 aktualisiert.

Bei wolkenarmer Strahlungswetterlage wurden am 31.08./01.09.2009 in der ersten und zweiten Nachthälfte die ortsspezifische Lufttemperaturverteilung und die Oberflächenstrahlungstemperaturen ermittelt.

Zur notwendigen Reduktion der Messdaten auf jeweils einen Messzeitpunkt (22:00 Uhr und 05:00 Uhr) sowie zur Erfassung des aktuellen Ventilationsgeschehens wurden temporäre Messstationen betrieben.

Die Ergebnisse der aktuellen Messungen wurden zusammen mit bereits vorliegenden Erkenntnissen aus früheren Untersuchungen mit Hilfe des GIS-Systems ArcGIS aufbereitet, so dass nun vielfältige Informationen zum Stadtklima von Mannheim abrufbar sind.

Die Messergebnisse dokumentieren u.a die komplexen klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen den Ausgleichs- und Wirkungsräumen. Es wird deutlich, dass klimaökologische Ausgleichsräume vor allem dort positiv wirken können, wo ausgedehnte Berührungsflächen mit der Bebauung vorhanden sind. Dabei hängen die Intensität und die Reichweite der bioklimatischen und lufthygienischen Positivwirkungen von der Größe des Ausgleichsraumes bzw. der Vernetzung mit weiteren Ausgleichsräumen ab.

Ein für die Gesamtstadt klimaökologisch optimal funktionsfähiges Freiraumgefüge muss entsprechend des komplexen Strömungs- und Austauschgeschehens aus Freiraumradialen bestehen, die aus dem Umland zur Kernstadt ziehen. Diese Radialen sollen sich in sinnvoller Anordnung sowohl aus nördlichen, östlichen als auch aus südlichen Richtungen ergeben.

Die gegenwärtige Stadtstruktur bietet noch diese Möglichkeiten:

- **Südwestliche Freiraumradiale:** Waldpark/Reißinsel - Schlossgarten
- **Südliche Freiraumradiale:** Dossenwald – Kloppenheimer Feld
- **Südöstliche Freiraumradiale:** Oberfeld - Niederfeld - Kloppenheimer Feld – Mühlfeld – Harrlachgärten – Flugplatz Neuostheim
- **Östliche Freiraumradiale:** Neckar/Neckarvorland – Luisenpark

- **Ostnordöstliche Freiraumradiale:** Freiraumgefüge Straßenheim – Vogelsang Seen – Au – Sellweiden - Hauptfriedhof
- **Rudimentäre nordöstliche Freiraumradiale:** Käfertaler Wald – Weidenbergel – Sandgewann – Radrennbahn – Herzogenriedpark
- **Nördliche Freiraumradialen:** Sandtorfer Bruch – Krähenflügel und Markgrafenacker - Wihelmswörth/Fohlenweide – Rhein/Friesenheimer Insel

Basierend auf den Empfindlichkeiten von Siedlungsbereichen einerseits und Kaltluft produzierenden Freiflächen andererseits lassen sich planungsbezogene Aussagen treffen. Im Hinblick auf weitere Nutzungsintensivierungen im Stadtgebiet Mannheim sollten die Funktionen der klimaökologisch wichtigen Freiraumstrukturen möglichst wenig beeinträchtigt werden.

Als klimaökologisches Qualitätsziel ergibt sich die Sicherung, Entwicklung und Wiederherstellung wichtiger Oberflächenstrukturen zur Verbesserung bzw. Erhaltung bioklimatisch günstiger Verhältnisse sowie der Luftqualität. Durch die Kenntnis der wichtigen, das klimaökologische Prozessgeschehen steuernden Strukturelementen wie Kaltluftentstehungsflächen, Luftleitbahnen und Komforträumen sowie ihrer qualitativen Einordnung steht mit der vorliegenden Untersuchung eine wichtige Grundlage zur Umsetzung dieser Ziele bereit.



gez. Achim Burst

Mannheim, den 05.07.2010



ÖKOPLANA
KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

Literatur

- BAUMÜLLER, J. (2008):** Stadtklima und Stadtplanung im Klimawandel. In: UVP-Report 22, Ausgabe 5. Hamm.
- BLÜTHGEN, J. (1966):** Allgemeine Klimageographie. Berlin.
- BOCHNIG, S., SELLE, K. (1992):** Freiräume für die Stadt. Bd. 1. Bauverlag GmbH. Wiesbaden. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn
- BMVBS BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2010):** Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. Dokumentation der 2. MORO-Fachkonferenz am 2. und 3. Juli 2009 in Berlin. Berlin.
- DEUTSCHER WETTERDIENST DWD (2005):** Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227. Offenbach a. M.
- DEUTSCHER WETTERDIENST DWD (2009):** Monatliche Witterungsberichte. Offenbach a. M.
- ECOPLAN (1998):** Bericht über die Durchführung von Immissionsmessungen am Standort Waldhofbecken in Mannheim bezüglich der Komponente Geruch. Heppenheim.
- FRANKENBERG, P., SPITZ, M. (1991):** Zu Stadtklima und Lufthygiene in Mannheim. Mannheimer Geogr. Arbeiten Nr. 32. Mannheim.
- HELBIG ET AL. (1999):** Stadtklima und Luftreinhaltung. 2. Aufl. Berlin. Heidelberg.
- HORBERT, M. (2000):** Klimatologische Aspekte der Stadt- und Landschaftsplanung. Schriftenreihe Fachbereich Umwelt und Gesellschaft. Berlin.
- HUPFER, P.; KUTTLER, W. (1998):** Witterung und Klima. 10. Aufl. Stuttgart, Leipzig.
- KATZSCHNER, A. (2008):** Thermische Belastungen und Gesundheit im stadtplanerischen Kontext. In: UVP-Report 22, Ausgabe 5. Hamm.
- KING, E. (1973):** Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).
- KLIPPER, G. ET AL. (1985):** Wohnumfeldverbesserung. Analyse, Planung und Durchführung nach Wohngebietstypen. Bauverlag GmbH. Wiesbaden. Berlin.
- KUTTLER, W. (2004):** Stadtklima. Klimawandel – vom Menschen verursacht? 8. Umweltsymposium der Akademie gem. Wiss zu Erfurt. Erfurt.

- LÄHNE, W. (1992):** Klimawirkungen verschiedener Flächennutzungsstrukturen in Mannheim-Vogelstang und Mannheim-Wallstadt. Magisterarbeit am Geogr. Institut der Universität Mannheim. Mannheim.
- METROPOLREGION RHEIN-NECKAR. DER VERBAND (2008):** Regionalmonitoring Rhein-Neckar. Nr. 2. Flächennutzung. Mannheim.
- NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM (2002):** Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1977):** Gutachten über die klimatischen Folgeerscheinungen durch das potenzielle Baugebiet „Die Bell“. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1981):** Beurteilung der klimaökologischen Folgeerscheinungen einer Bebauungsänderung im Bereich "Alter Messplatz". Mannheim.
- ÖKOPLANA (1982):** Erfassung der Geruchsimmissionen im Stadtgebiet Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1984):** Klimaökologische Kurzanalyse im Bereich Mannheim, Rheinau-Süd. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1985):** Isothermenkarte der Stadt Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1986):** Klimaökologische Untersuchung Mannheim-Südost. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1987A):** Klimaökologische Analyse im Bereich der Schuttdeponie Friesenheimer Insel und in den Nachbarbereichen unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1987B):** Analyse des Strömungsgeschehens im Bereich Mannheim-Fettschmelze zur Beurteilung von Geruchsemissionen. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1989):** B-Plan "Wiederverwertung von Industriebrache und Erweiterung der Schuttdeponie auf der Friesenheimer Insel" - Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1990):** Gutachterliche Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zur baulichen Entwicklung im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim - große Erweiterung Hochstätt und Erweiterung Neuhermsheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1991A):** Kurzdarstellung der Ergebnisse einer vertiefenden klimaökologischen Untersuchung zur Stadtentwicklung Mannheim-Südost. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1991B):** Gutachterliche Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zu einem potentiellen Sportpark Bösfeld. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1991C):** Stellungnahme zur Entwicklungs- und Machbarkeitsstudie "Grünzug Nord-Ost" aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.

- ÖKOPLANA (1991D):** Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zum Bebauungsplanentwurf Nr. 63/30 "Seckenheim-Süd". Mannheim.
- ÖKOPLANA (1992A):** Klimaökologische Analyse im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1992B):** Stellungnahme zu Trassenvarianten der Randerschließungsstraße Umgehung Seckenheim-Süd aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1992C):** Stellungnahme zu baulichen Erweiterungen in Feudenheim-Nord und Beurteilung alternativer Standorte für ein Alten- und Pflegeheim aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1993A):** Gutachterliche Stellungnahme zur baulichen Entwicklung im Bereich Brühl und Rheinau-Süd - Bebauungsentwurf im Bereich südlich Mohr und Federhaff (Diringer & Scheidel-Areal) und städtebaulicher Entwurf der Gemeinde Brühl (Grenzhöferweg Äcker). Mannheim.
- ÖKOPLANA (1993B):** Gutachterliche Stellungnahme zum sechsstreifigen Ausbau der Autobahn A6 zwischen AK-Viernheim und AK-Mannheim aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1994A):** Klimaökologische Studie im Bereich des Rangierbahnhofs Mannheim zur Beurteilung möglicher klimatischer Folgeerscheinungen eines geplanten DB-Frachtzentrums. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1994B):** Klimaökologische Untersuchung und Ableitung von planerischen Maßnahmen im Rahmen des BMBau-Forschungsprojektes "Ökologische Stadterneuerung des Altbauquartiers Karolina-Burger-Straße". Mannheim.
- ÖKOPLANA (1998):** Analyse klimaökologischer Funktionsabläufe im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens "Waldhofbecken (Nr. 57/8)" in Mannheim-Luzenberg. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2001):** Klimastudie Messe- und Sportpark Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2002A):** Flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur in Mannheim – Temperaturmessfahrten am 24.-25.08.2001. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2002B):** Klimauntersuchung im Rahmen des Stadtentwicklungsprojektes „Mannheim 21“. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2006):** Klima- und Luftschadstoffgutachten zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 43.20 „Heinrich-Lanz-Carré“ in Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2007):** Klima- und Luftschadstoffgutachten zum B-Plan Nr. 58.3c „Waldpforte Kirchwaldstraße“ in Mannheim-Gartenstadt. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2009A):** Klima- und Luftschadstoffgutachten zum B-Plan Nr. 61.5.1 „Messepark im Mühlfeld“. Mannheim.

ÖKOPLANA (2009B): Fachgutachten Klima/Lufthygiene zum B-Plan Nr. 43.19 „Neues Stadtquartier am Hauptbahnhof / Mannheim 21“. Mannheim.

ÖKOPLANA (2009C): Klima- und Luftschadstoffgutachten zum B-Plan Nr. 66.26 „Industriegebiet Friedrichsfeld-West“, Mannheim.

ÖKOPLANA (2009D): Klimagutachten zur geplanten Umgestaltung des Areals des ehemaligen Heinrich-Lanz-Krankenhauses in Mannheim-Niederfeld. Mannheim.

ÖKOPLANA/GEONET (2009E): 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.

STEINICKE UND STREIFENER (2000): Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.

STEINICKE UND STREIFENER (2009): Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.

SEITZ, R. (1975): Klimatologie und Stadtplanung, Stadtklima Mannheim - Ludwigshafen. Dissertation am Geogr. Institut der Universität Heidelberg. Mannheim.

STADT MANNHEIM: Überarbeiteter Beschluss der Vorlage Nr. 419 / 2005 vom 12.09.2005. Dezernat IV. Mannheim.

TARAXACUM (1999): Fortschreibung und vertiefende Klimauntersuchung für den Zweckverband Raum Kassel. Kassel.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1994): VDI 3787, Bl. 1. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003): VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2008): VDI 3785, Bl. 1. Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Düsseldorf.

Internetinformationen: www.lubw.de
www.mannheim.de

Anhang:

Räumliche Referenz des ArcGIS-Projektes

Projiziertes Koordinatensystem: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3
Projektion: Gauss_Kruger
False_Easting: 3500000,00000000
False_Northing: 0,00000000
Central_Meridian: 9,00000000
Scale_Factor: 1,00000000
Latitude_Of_Origin: 0,00000000
Lineare Einheit: Meter

Geographisches Koordinatensystem: GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz
Datum: D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz
Nullmeridian: Greenwich
Winkeleinheit: Degree

Datensatzbeschreibung

\GIS_MA

Klima_Ma09.mxd

[Isoth_Bewert]

Luft.shp (Karten 4 – 8)

[Isothermen}

Lufttemperatur_22.shp (Karte 2)

Lufttemperatur_05.shp (Karte 3a)

Lufttemperatur_05b.shp (Karte 3b)

[Klimapotenzial]

Klimapotenzial.shp (Karten 11 – 14/16)

[Klimaschutzflächen]

Militärflächen.shp (Karte 17)

Schutzgebiete2007.shp [Karte 10]

[Klimauntersuchungen]

Klimauntersuchungen.shp (Karte 1)

[Legende]

[Linienquelle]

Linienquelle.shp (Karte 15)

[Planungshinweise]

Planungshinweis.shp (Karte 17)

[Planungshinweise_b]

Planungshinweise_b.shp (Karte 17)

[Raumstruktur]

Strömungsbarriere.shp (Karte 17)

AW_Raum.shp (Karte 17)

[Stadtkarte]

Stadtk_15000 Grau 254dpi_georef.tif (alle Karten)

[Windfeld]

Windrose.shp (Karte 9)

Windrichtung.shp (Karte 9)

[pdf]

windro1 – windro10.pdf (Karte 9, Hyperlinks)

[Wirkungsraum]

(Karte 15/16)

Beschreibung der Abkürzungen in den Attributtabeln

aea	Fläche in ha
therm_85	Z-Wert der Lufttemperatur nach Messfahrten von 1985
therm_01	Z-Wert der Lufttemperatur nach Messfahrten von 2001
therm_09	Z-Wert der Lufttemperatur nach Messfahrten von 2009
Diff_85_01	Differenz der Z-Werte von 1985 und 2001
Diff_01_09	Differenz der Z-Werte von 2001 und 2009
Kaltluft_P	Kaltluft-Potenzial, Bewertung auf Grundlage des Kaltluftproduktionsvermögens
Kaltluft_T	Kaltluft-Transportvermögen, Bewertung auf Grundlage der Oberflächenrauigkeit und der Oberflächenstrahlungstemperatur
Kaltluft_V	Kaltluft-Volumen, potenzielles Kaltluftproduktionsvermögen in m ³ /m ² ·Std.
T_P	Bewertung der Kaltlufteffektivität, $([Kaltluft_P \times 2] + Kaltluft_T)/2$
Wärme_P	Wärme-Potenzial auf Grundlage der Flächennutzung
Wärme_Be	Wärme-Belastung auf Grundlage der 22:00 Uhr Messfahrten
Biokl_Bel	Bioklimatische Belastung, $(Wärme_P + Wärme_Be)/2$
length	Länge in m

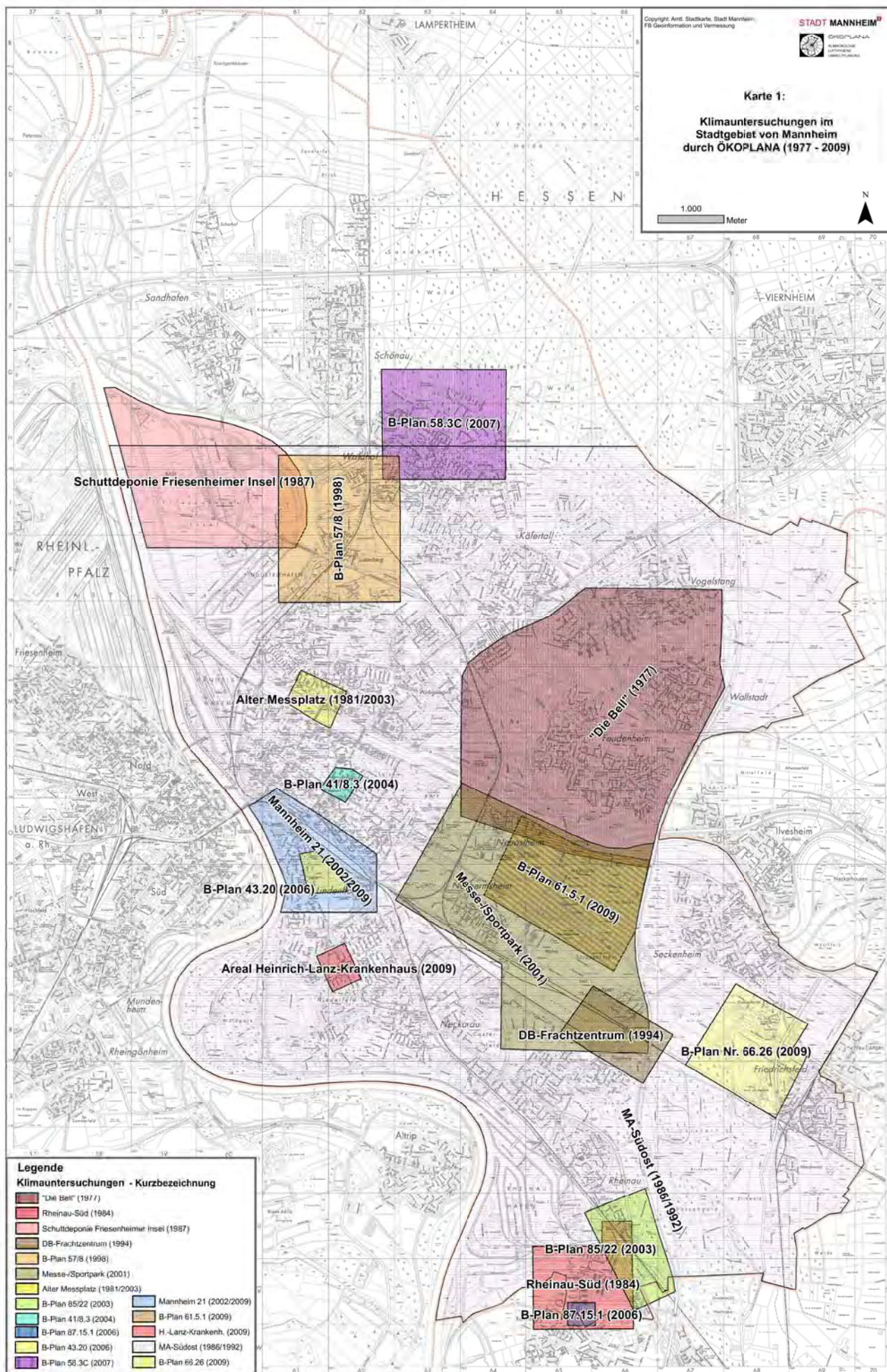
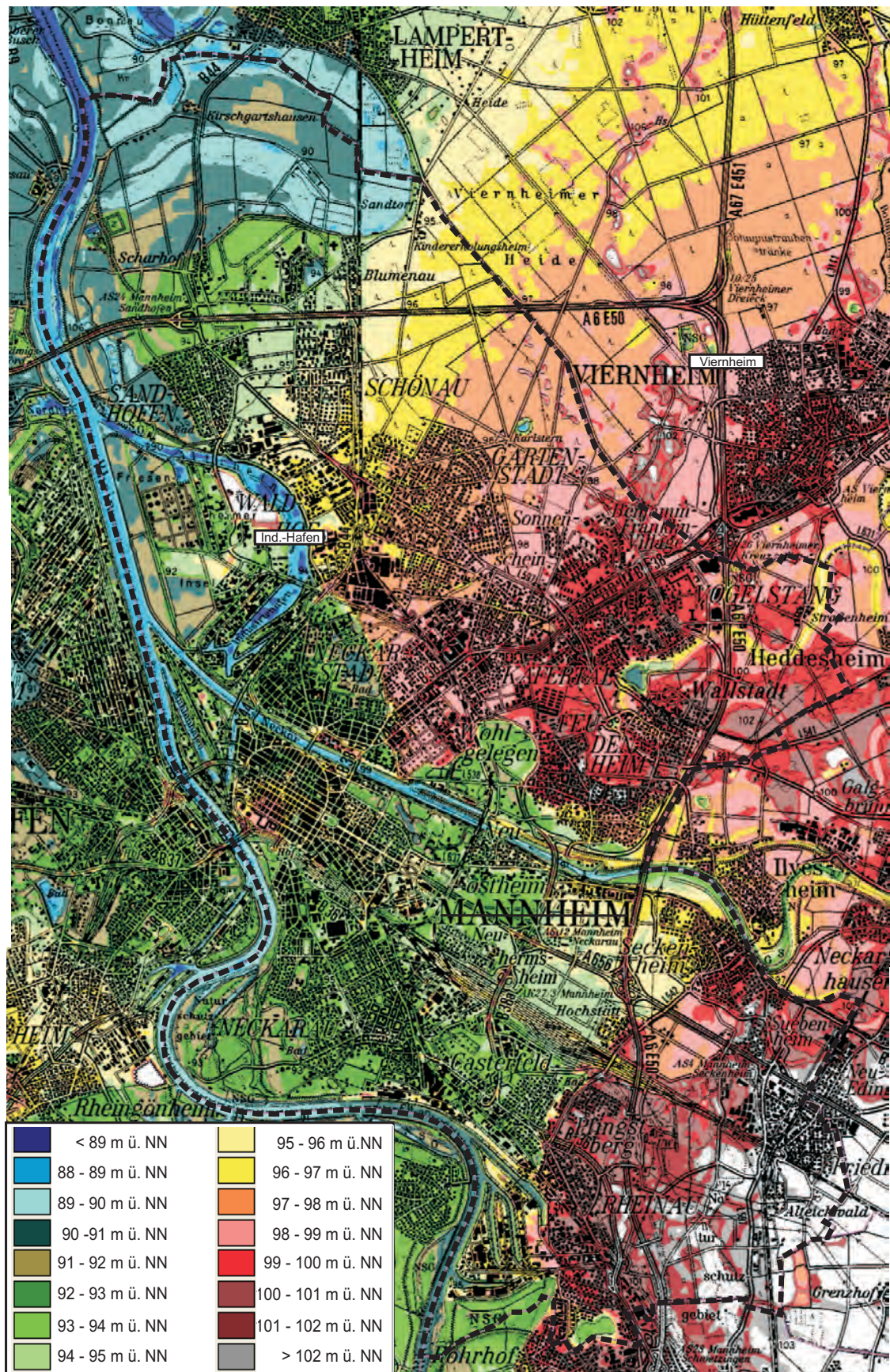


Abb. 1 Stadtgebiet Mannheim - Geländehöhen

Kartengrundlage:
LV Baden-Württemberg 2007



Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

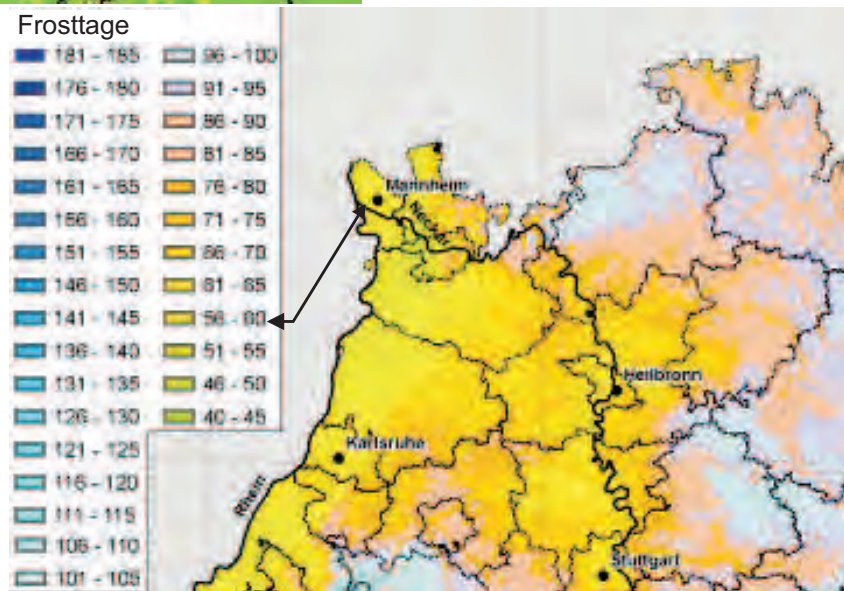
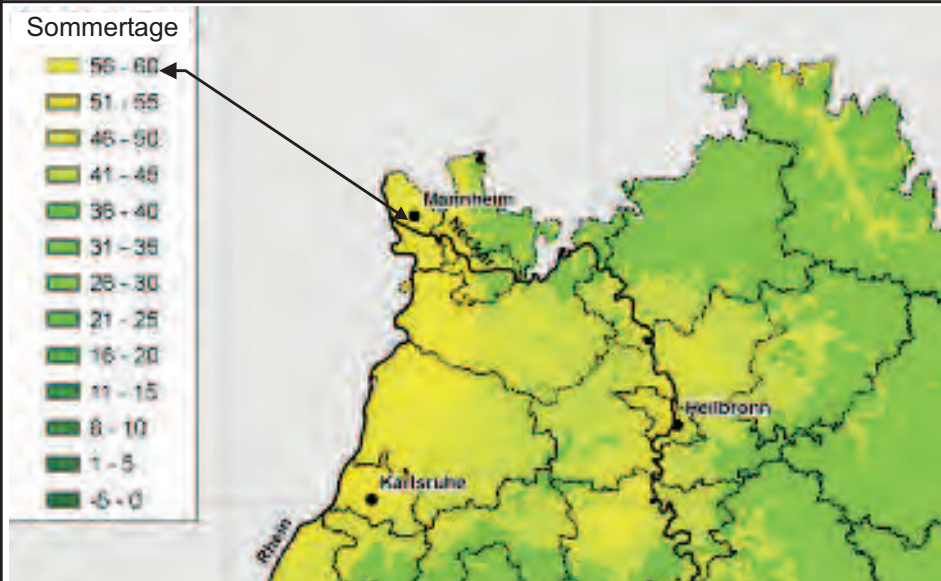
Auftraggeber:
Stadtverwaltung Mannheim
FB Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



M.:
0 500 2000 m

ÖKOPLANA

Abb. 2 Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim
Mittlere jährliche Anzahl an Sommertagen (1971 - 2000) und Frosttagen (1971 - 2000)



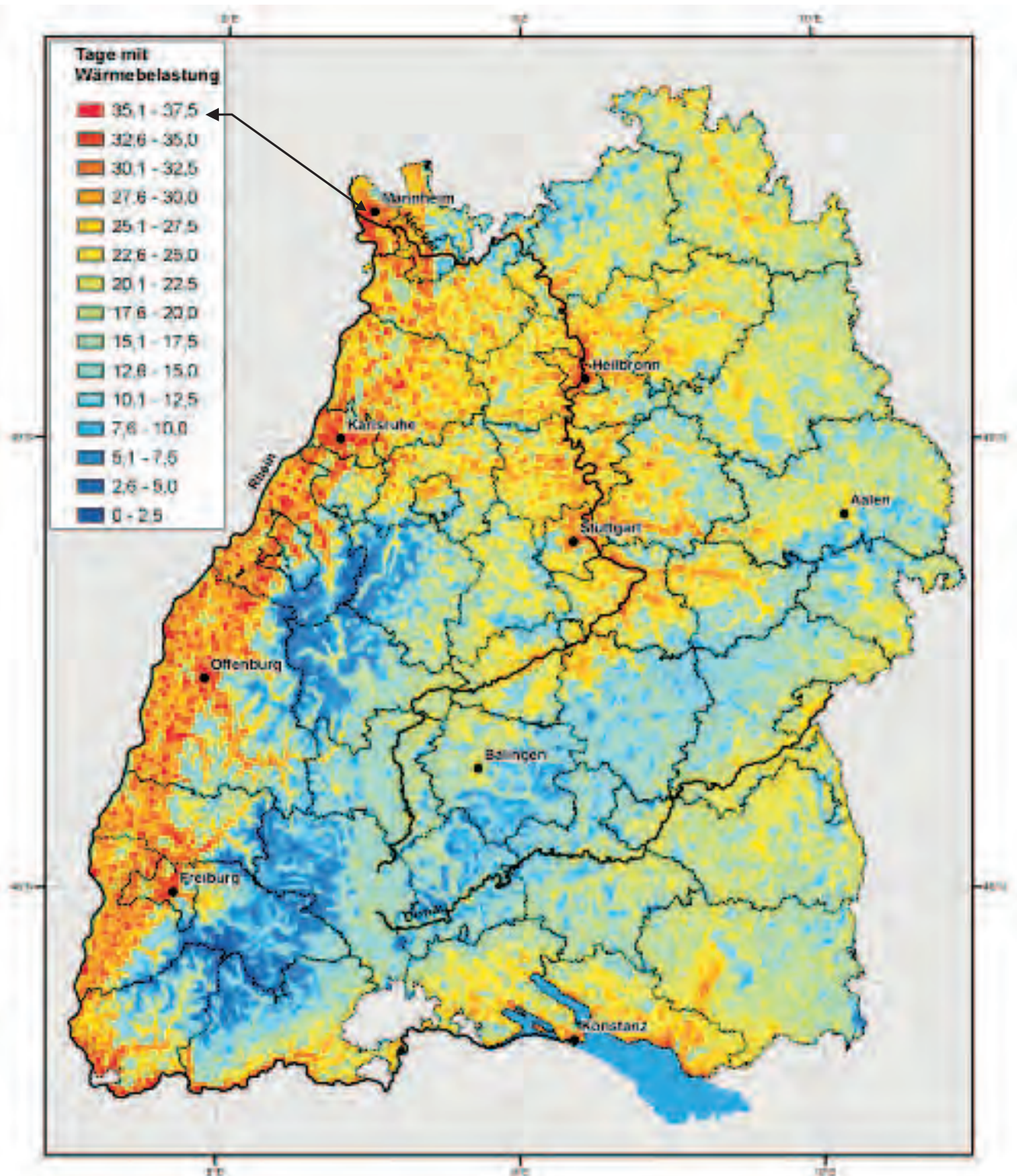
Datenquelle:
 Klimaatlas Baden-Württemberg
 der LUBW (2006)

Projekt:
 Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
 Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau
 Collinstraße 1
 68161 Mannheim



Abb. 3 Mittlere Anzahl der Tage mit Wärmebelastung im Sommerhalbjahr (1971 - 2000)



Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

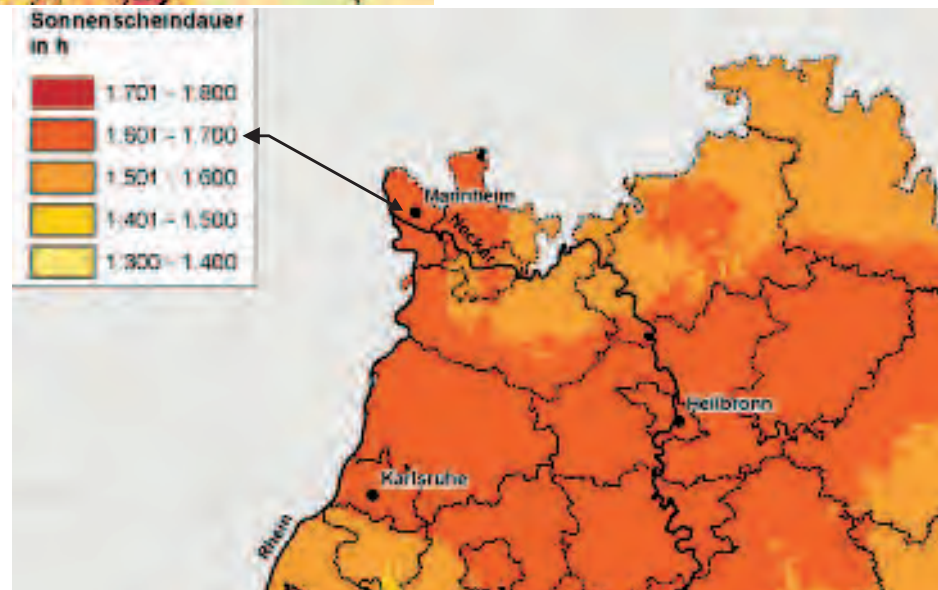
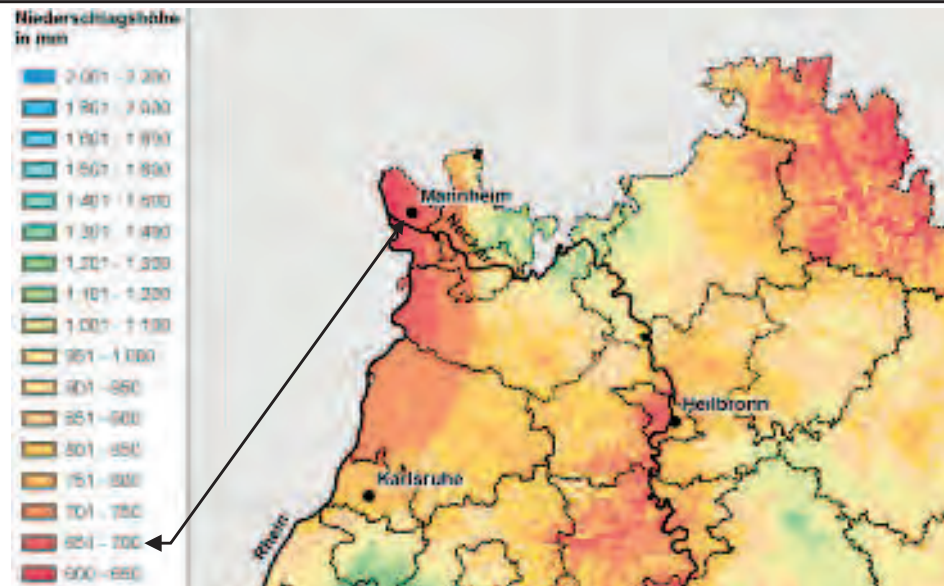
Auftraggeber:
Stadtverwaltung Mannheim
FB Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



M.:
0 500 2000 m

ÖKOPLANA

Abb. 4 Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim
Mittlere jährliche Niederschlagshöhe (1971 - 2000) und mittlere jährliche Sonnenscheindauer (1971 - 2000)



Datenquelle:
 Klimaatlas Baden-Württemberg
 der LUBW (2006)

Projekt:
 Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

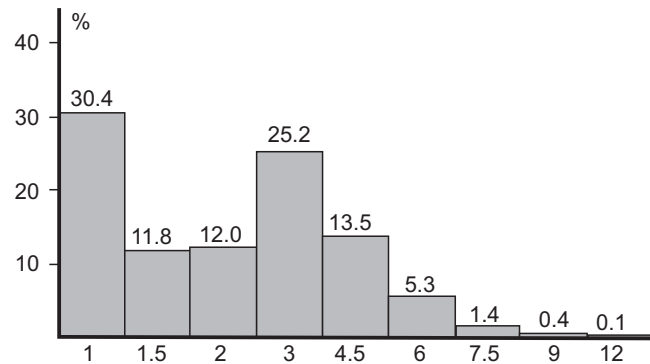
Auftraggeber:
 Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau
 Collinstraße 1
 68161 Mannheim



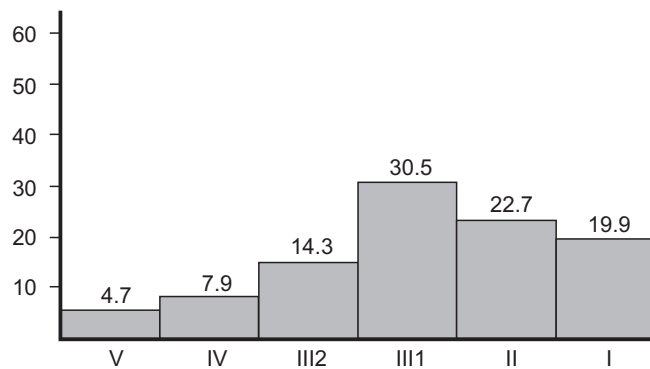
Abb. 5 Ausbreitungsklassenstatistik - Station DWD-Mannheim

Zeitraum: Januar - Dezember 1992

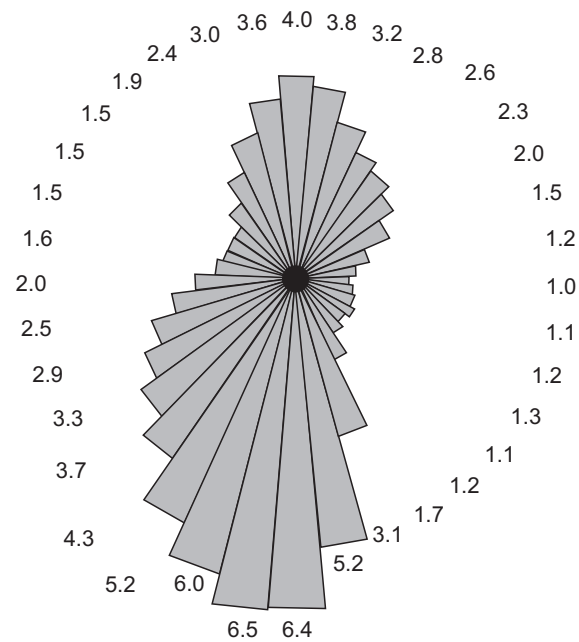
Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen in %



Häufigkeit der Ausbreitungsklassen in %



Häufigkeit der Windrichtung in %



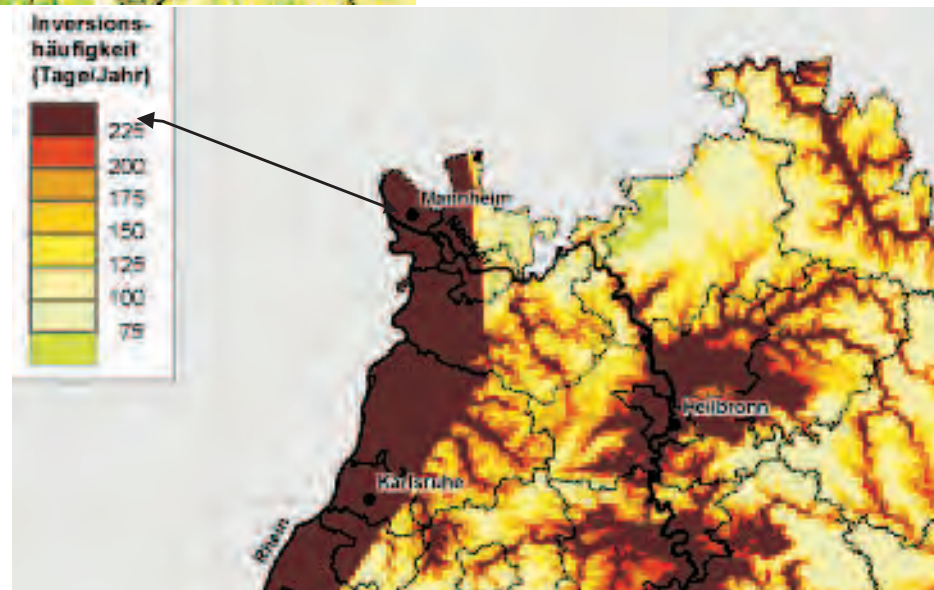
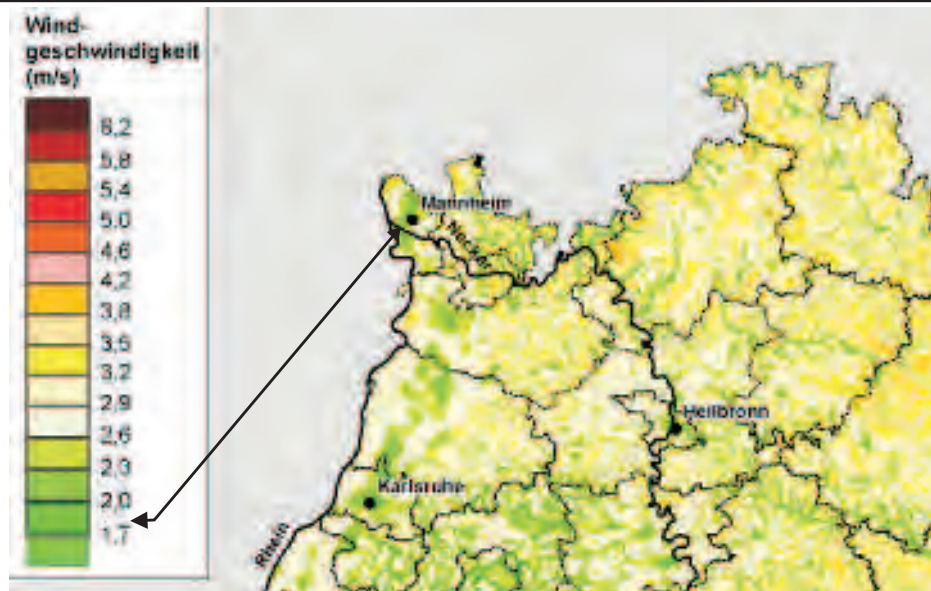
Anmerkung:
Die Station DWD-Mannheim befindet
sich im Stadtteil Vogelstang

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



Abb. 6 Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Mannheim
Mittlere Windgeschwindigkeit (1981 - 2000) und Inversionshäufigkeit (1981 - 2000)



Datenquelle:
 Klimaatlas Baden-Württemberg
 der LUBW (2006)

Projekt:
 Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
 Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau
 Collinstraße 1
 68161 Mannheim



Abb. 7 Messequipment - Lufttemperaturmessfahrten



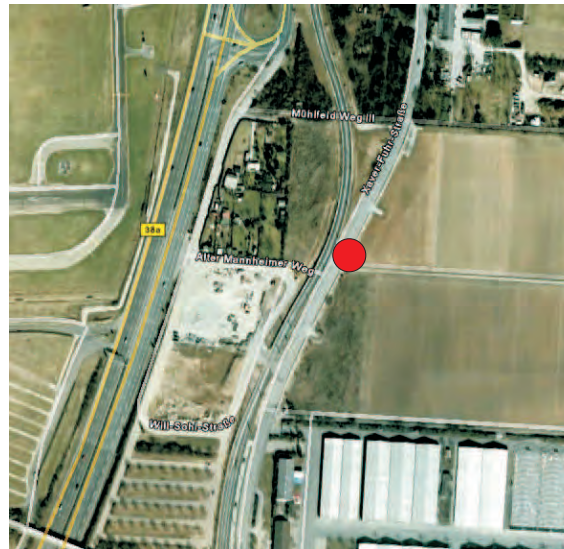
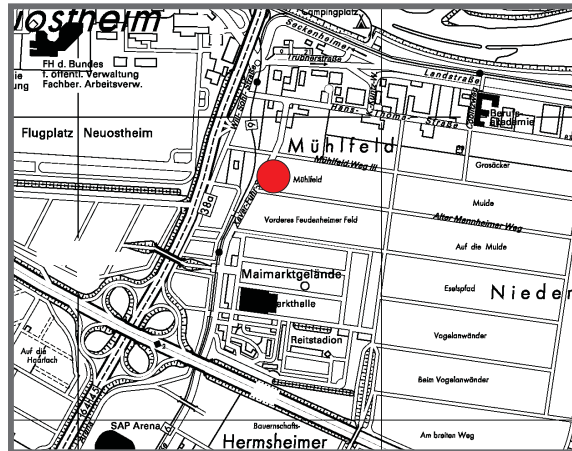
Fotos: ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Abb. 8.1 Standorte temporärer Klimamessstationen - Xaver-Fuhr-Straße

Standort 1:
Xaver-Fuhr-Str.



Standort 1: Xaver-Fuhr-Str.
RW 3465615 / HW 5481777

Lagesituation:
Freiland - Ackerflächen

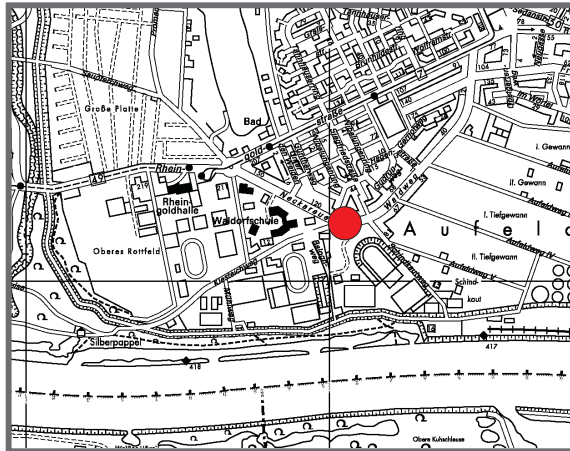
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim



Abb. 8.2 Standorte temporärer Klimamessstationen - Waldwegstadion

Standort 2:
Waldwegstadion



Standort 2: Waldwegstadion
RW 3462059 / HW 5479185

Lagesituation:
Ortsrand - Sportanlagen

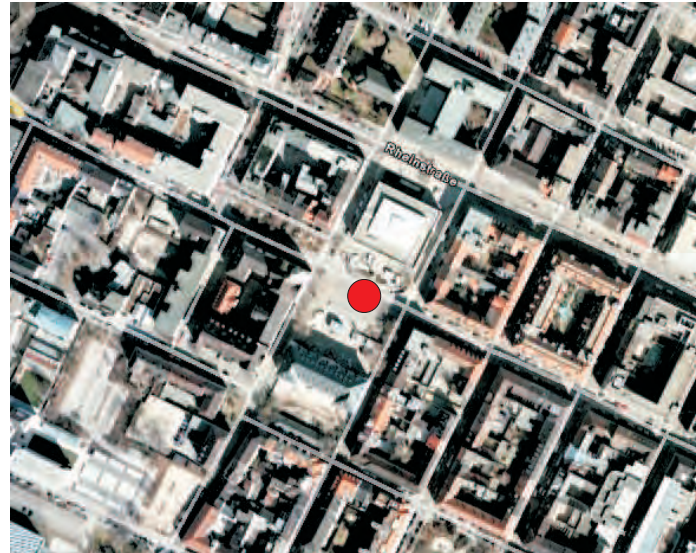
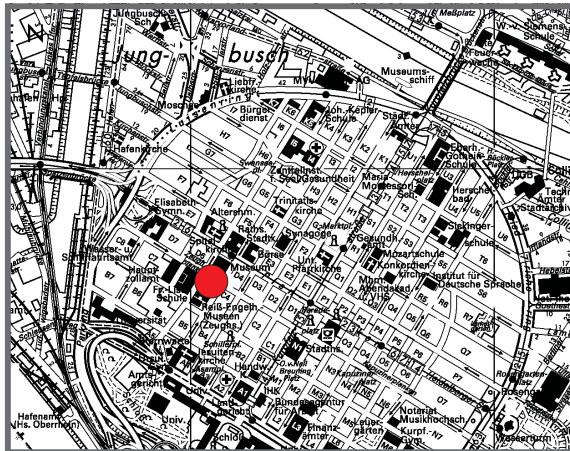
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim



Abb. 8.3 Standorte temporärer Klimamessstationen - Mannheim-Zentrum

Standort 2:
Mannheim-Zentrum



Standort 3: Mannheim-Zentrum
RW 3461073 / HW 5483624

Lagesituation:
Stadtzentrum - innerstädtischer Platz
Umfeld mit dichter Blockrand-
bebauung

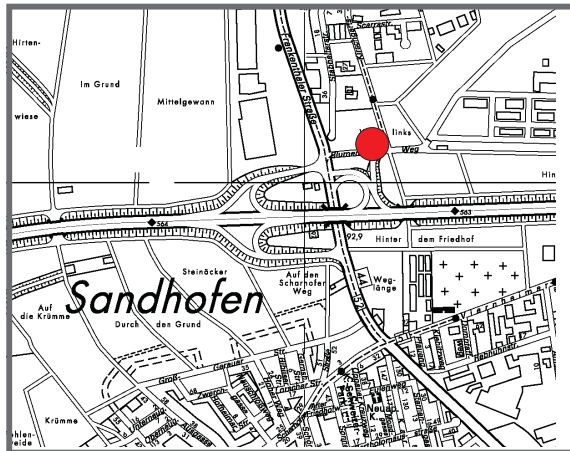
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim



Abb. 8.4 Standorte temporärer Klimamessstationen - Blumenauer Weg

Standort 4:
Blumenauer Weg



Standort 4: Blumenauer Weg
RW 3460244 / HW 5491119

Lagesituation:
Freiland - Ackerflächen

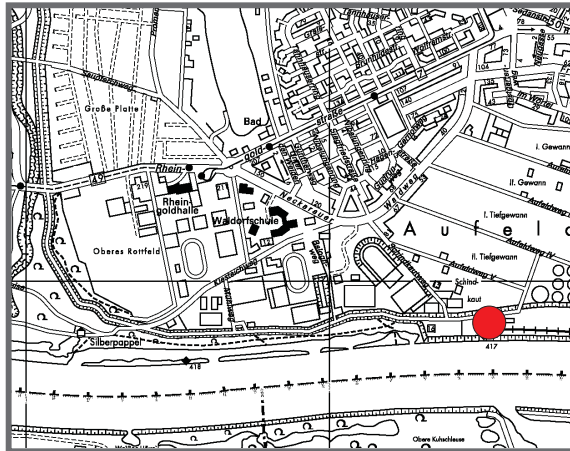
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



Abb. 8.5 Standorte temporärer Klimamessstationen - Großkraftwerk MA

Standort 2:
Waldwegstadion



Standort 5: Großkraftwerk MA
RW 3462059 / HW 5479185

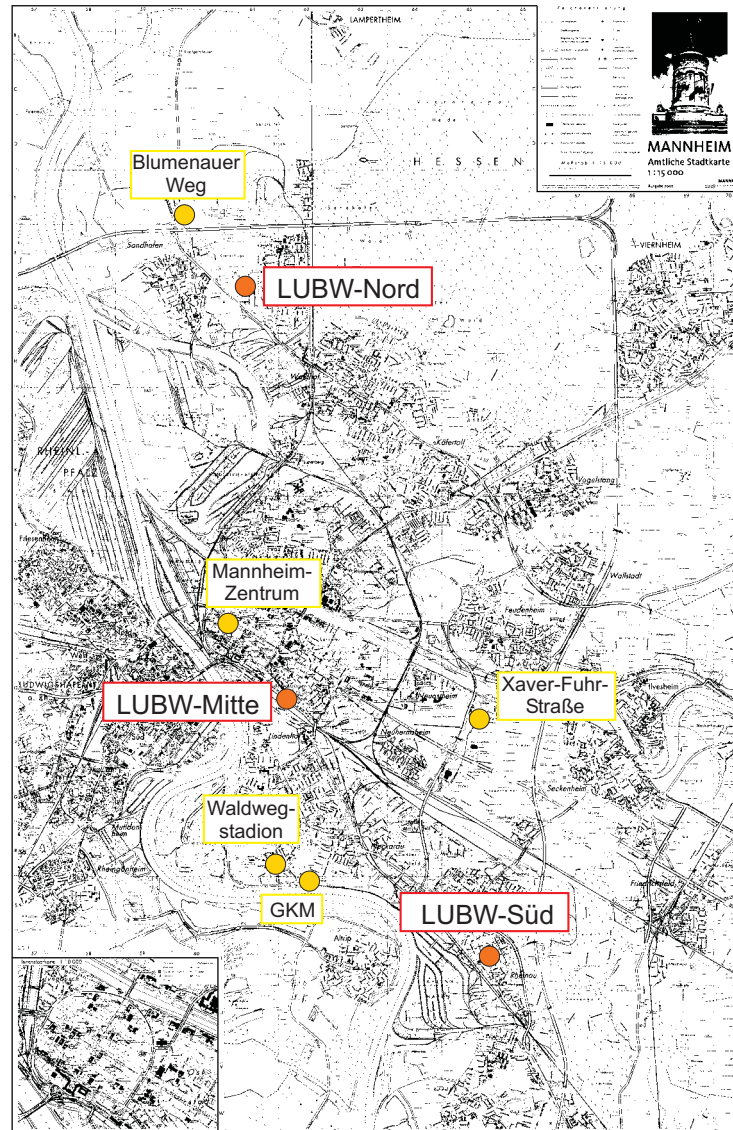
Lagesituation:
Rheinufer, Industrieanlage

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



Abb. 8.6 Standorte der LUBW-Luftmessstationen in Mannheim



Standort 6: LUBW-Süd
RW 3465660 / HW 5477375
Lagesituation:
MA-Rheinau, Blockbebauung

Standort 7: LUBW-Mitte
RW 3462259 / 5482225
Lagesituation:
Stadtzentrum, Nähe Bahnanlagen

Standort 8: LUBW-Nord
RW 3461425 / HW 5489825
Lagesituation:
MA-Schönau, Ackerflächen

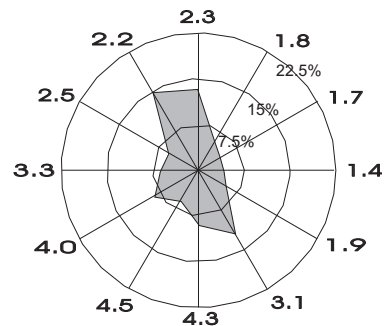
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim



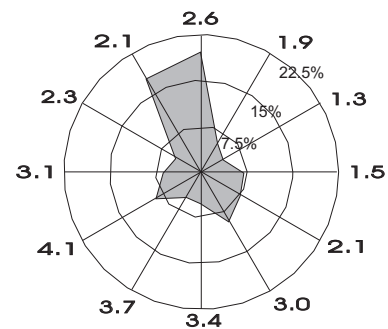
**Abb. 9 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit an der LUBW Station Mannheim-Nord
Vergleich des mehrjährigen Mittels mit dem Kurzmesszeitraum: 10.07. - 22.09.2009**

Messzeitraum 01.2001 - 09.2005



Mittlere Windgeschwindigkeit: 2.80 m/s

Messzeitraum 10.07. - 22.09.2009



Mittlere Windgeschwindigkeit: 2.60 m/s

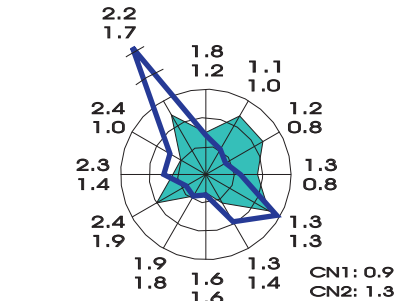
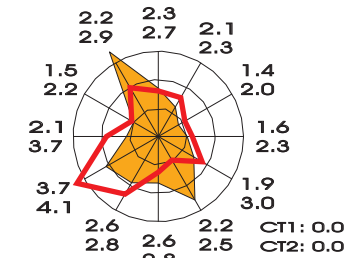
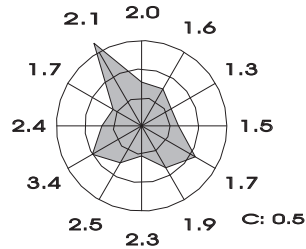
Datenquelle: www.lubw.de

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

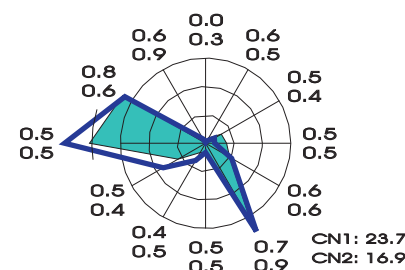
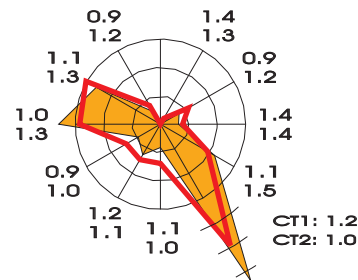
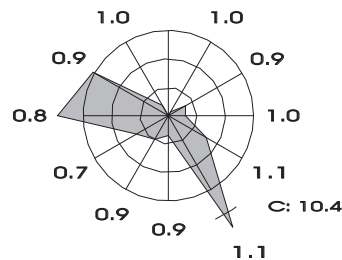
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

**Abb. 10.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 10.07. - 22.09.2009, alle Tage**

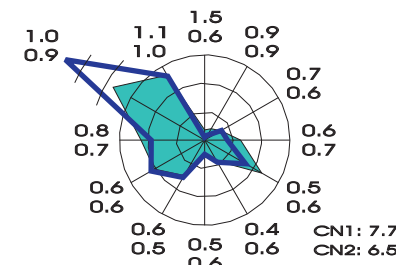
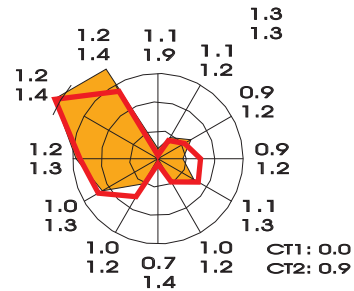
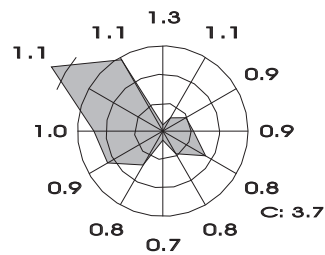
Xaver-Fuhr-Straße



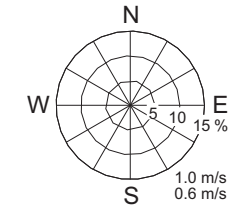
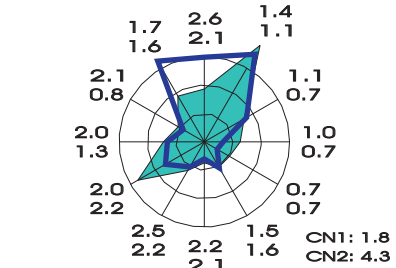
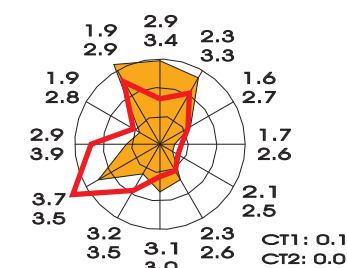
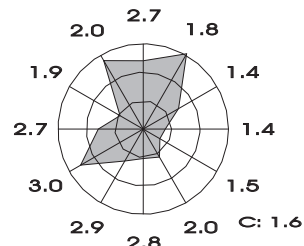
Waldwegstadion



Mannheim-Zentrum



Blumenauer Weg



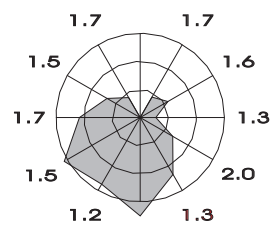
Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

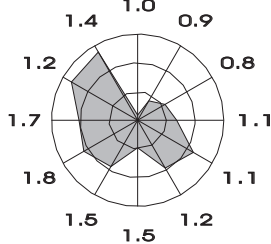
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

**Abb. 10.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 10.07. - 22.09.2009, alle Tage**

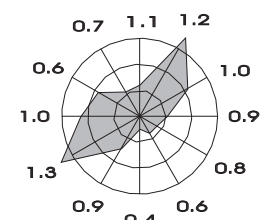
Großkraftwerk MA



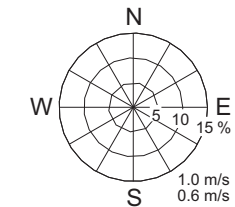
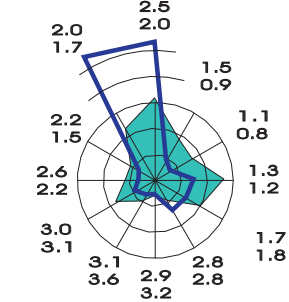
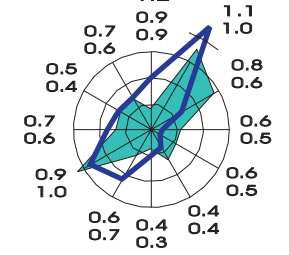
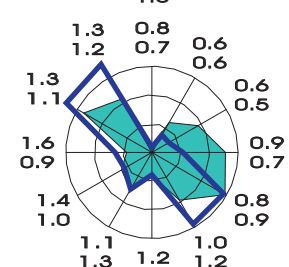
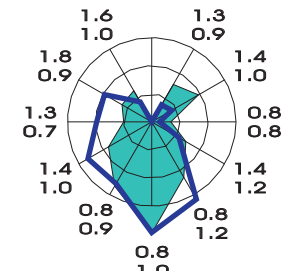
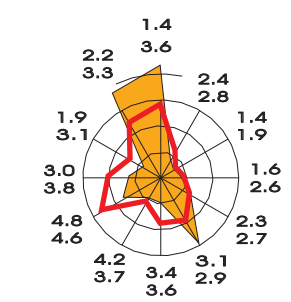
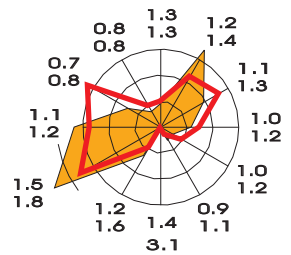
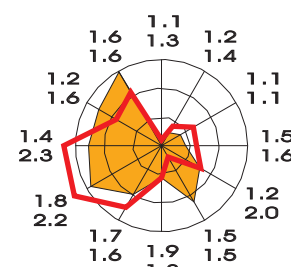
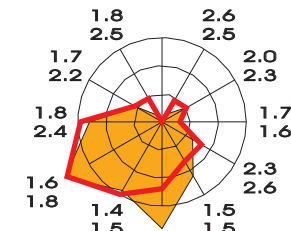
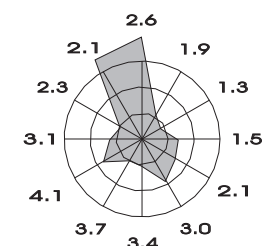
LUBW-Süd



LUBW-Mitte



LUBW-Nord



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr



00-06 Uhr

CT: Windstillen

CN: Windstillen



00-23 Uhr

C: Windstillen

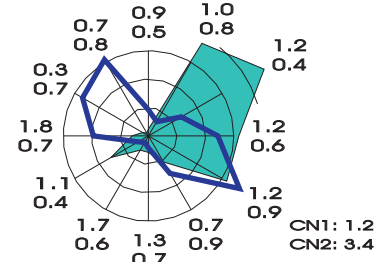
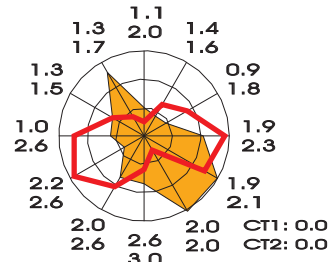
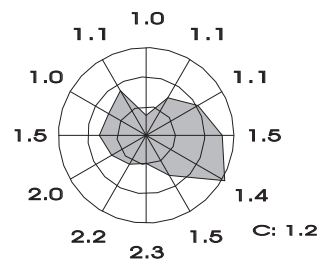
Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

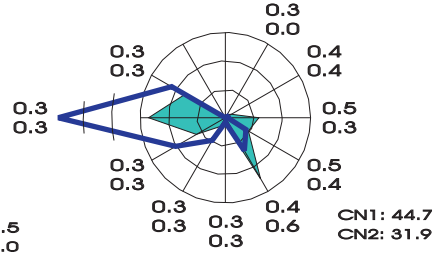
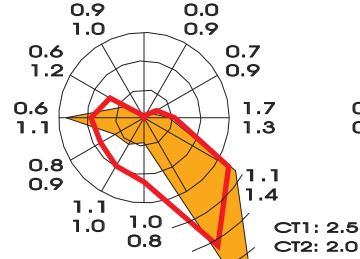
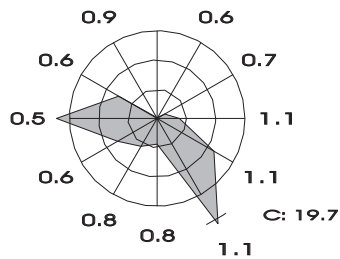
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

**Abb. 11.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 10.07. - 22.09.2009, Strahlungstage**

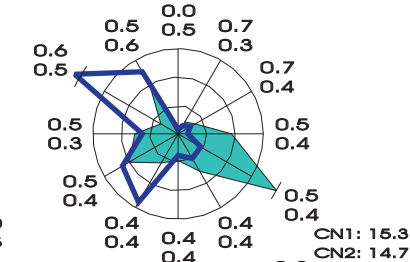
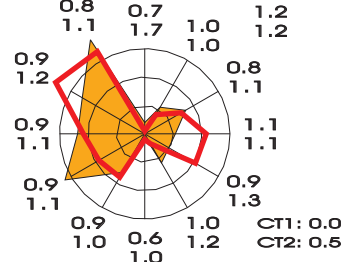
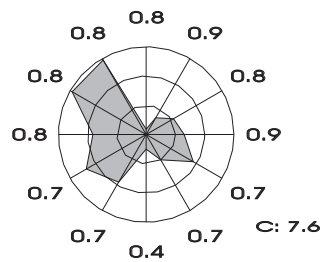
Xaver-Fuhr-Straße



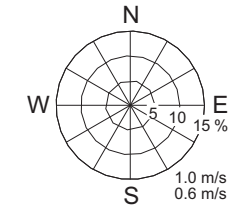
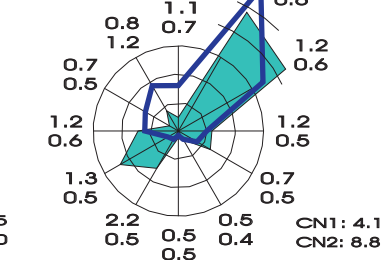
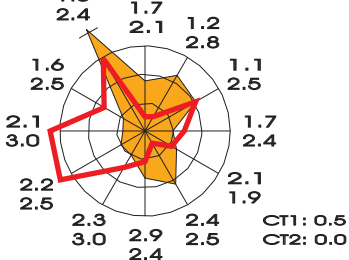
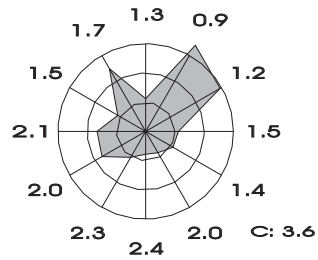
Waldwegstadion



Mannheim-Zentrum



Blumenauer Weg



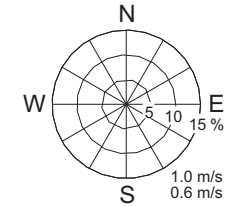
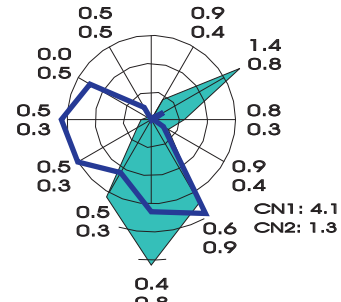
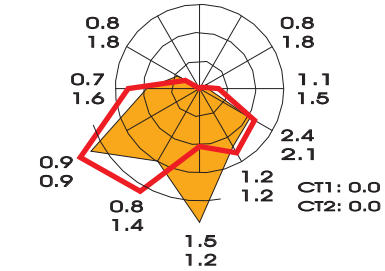
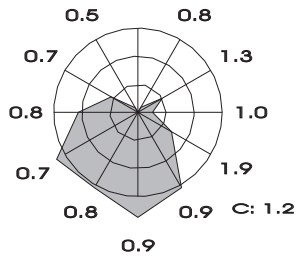
Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

**Abb. 11.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 10.07. - 22.09.2009, Strahlungstage**

Großkraftwerk MA



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr



00-06 Uhr

CT: Windstillen

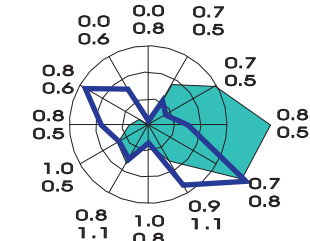
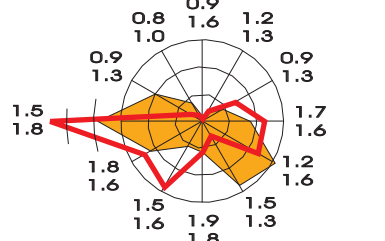
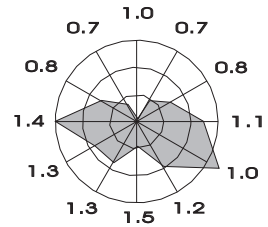
CN: Windstillen



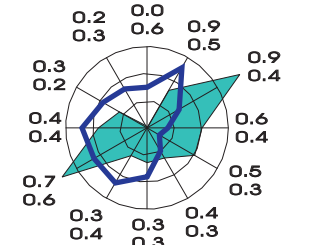
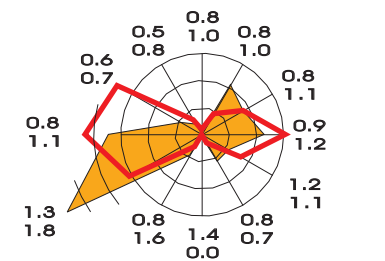
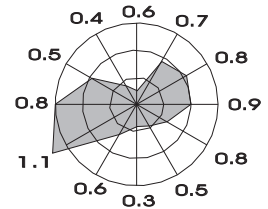
00-23 Uhr

C: Windstillen

LUBW-Süd



LUBW-Mitte



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim

LUBW-Nord

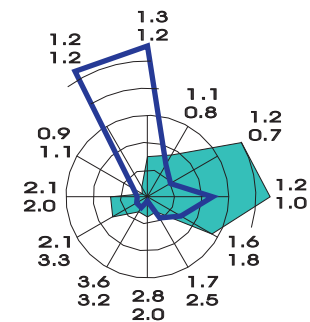
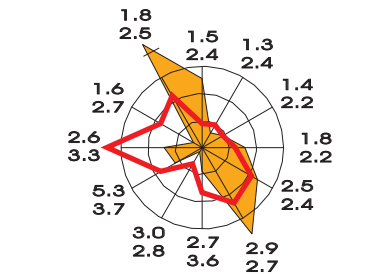
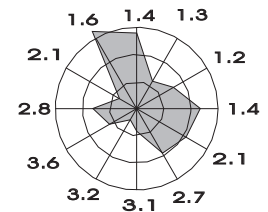
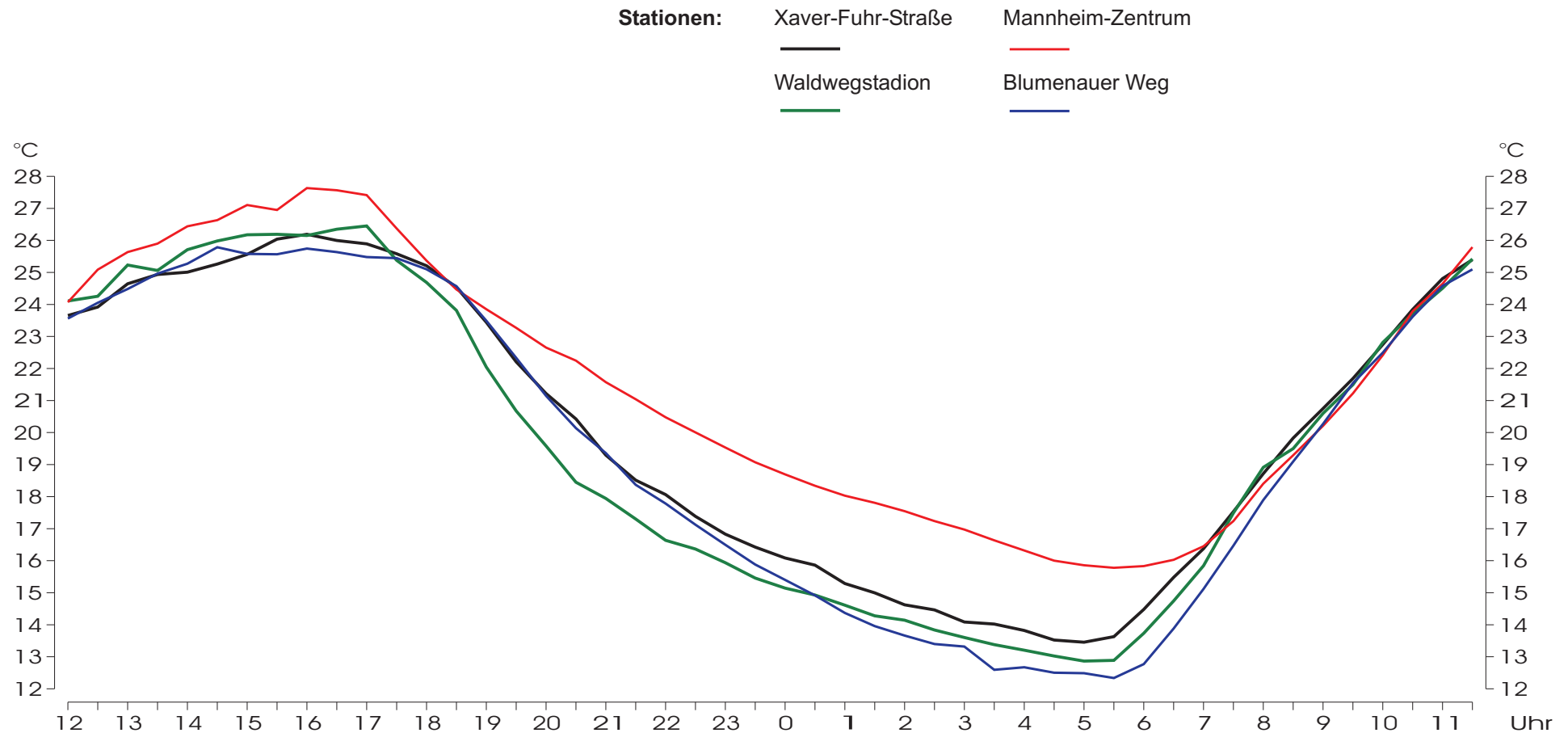


Abb. 12 Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur
Datenintervall: 10.07. - 22.09.2009, Strahlungstage



Projekt:
 Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

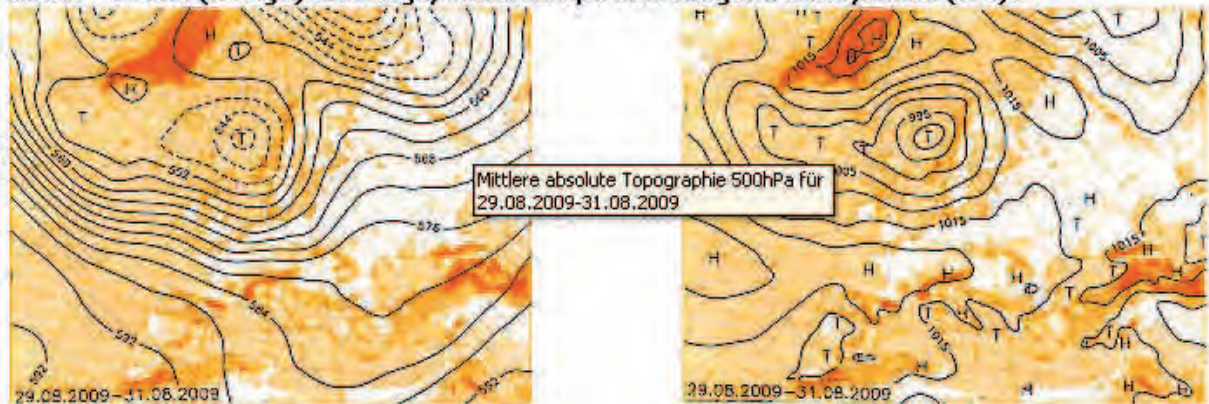
Auftraggeber:
 Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau
 Collinistraße 1
 68161 Mannheim

Datenerfassung durch:
 ÖKOPLANA

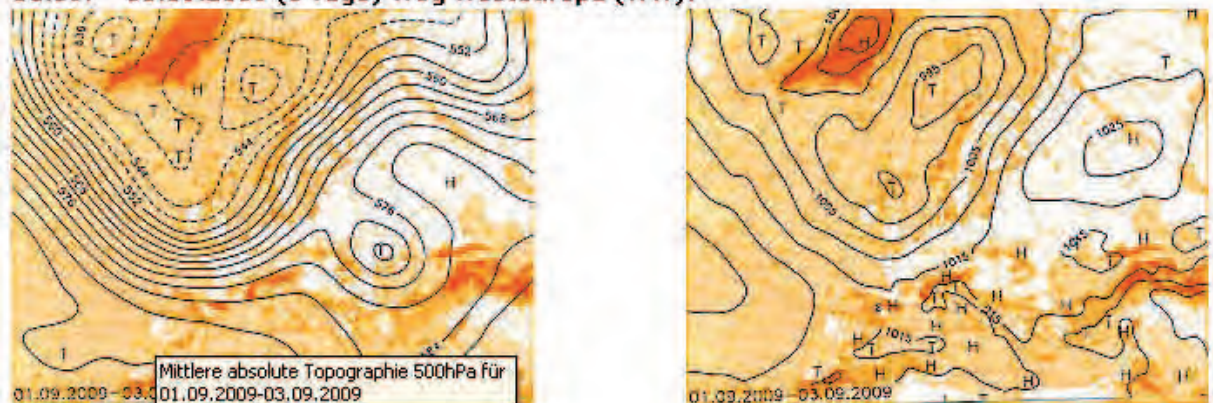
Abb. 13 Großwetterlage am 31.08. - 01.09.2009

Datenquelle: www.dwd.de/GWL

29.08 – 31.08. (3 Tage) Westlage, Mitteleuropa überwiegend antizyklonal (Wa). –



01.09. – 03.09.2009 (3 Tage) Trog Westeuropa (TrW). –



Mit westlicher Grundströmung zieht ein Trog von den Britischen Inseln über Skandinavien hinweg zum Baltikum. Nach Süden hin überwiegt der Einfluss eines sich vom Azorenhochs absplittenden Keils.

Am 29. fällt an den bayerischen Alpen anfangs noch Regen. Im Tagesverlauf kommen zunächst im Nordwesten, später im Norden und Osten teils kräftige Gewitter auf. Sonst ist es wolkgig, teils heiter und trocken. An der Nordsee werden schwere Sturmböen registriert. Der 30. zeigt sich die Nordhälfte Deutschlands wolkgig mit einzelnen Schauern oder etwas Regen, örtlich auch mit Gewittern. Im Süden ist es vielfach heiter oder sonnig und trocken. Am 31. ziehen über den Norden ein paar dichtere Wolken mit örtlich etwas Regen, ansonsten ist es sonnig oder heiter und trocken.

Die Höchstwerte liegen meist zwischen 17 und 24 °C, am 31. wird es deutlich wärmer mit 20 °C im Norden und 29 °C im Südwesten. Die nächtlichen Minima liegen zwischen 15 und gebietsweise nur 4°C, in der Nacht zum 30. tritt dabei stellenweise Bodenfrost auf, so an der Station Nürnberg-Netzstall mit -2 °C.

Über dem Ostatlantik stößt Kaltluft weit nach Süden vor. Der verursachende Trog wird in der Folge nochmals von einer kurzweiligen, sich von Neufundland aus rasch verlagernden Störung regeneriert. Dabei fließt zunächst subtropische Luft, später nur noch erwärmte Meeresluft nach Mitteleuropa.

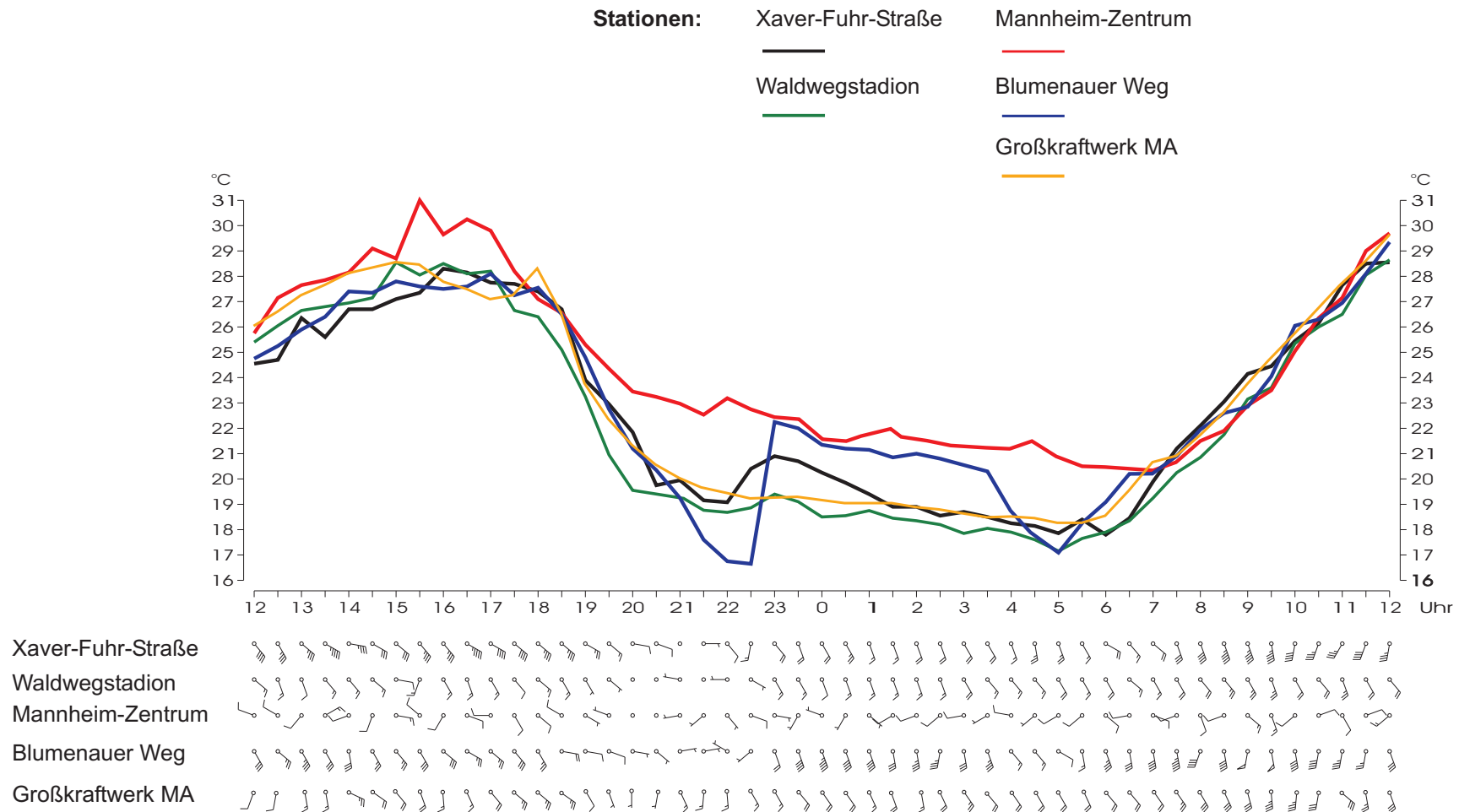
Der 1. beginnt zunächst verbreitet sonnig. Im Tagesverlauf ziehen Wolken mit teils kräftigem Regen in die Westhälfte, vorlaufend treten einzelne, teils heftige Gewitter auf. In der Nacht verlagern sich die Schauer und Gewitter nach Osten und Südosten, wobei örtlich unwetterartige Erscheinungen verzeichnet werden. Am 2. gibt es aus wechselnder Bewölkung einzelne Schauer, im Südosten zum Abend hin auch heftige Gewitter mit Unwettercharakter. Am 3. zieht zunächst starke Bewölkung mit schauerartigem, vereinzelt gewittrigem Regen ab. Nachmittags entwickeln sich einzelne, teils kräftige Schauer und Gewitter, im Norden mit schweren Sturmböen, vereinzelt orkanartige Böen.

Zu Beginn liegen die Höchstwerte noch zwischen 27 und 33°C, lediglich im Westen ist es bereits am 1. mit 24°C kühler. Die Abkühlung setzt sich dann fort; am 3. werden noch 18 bis 25°C erreicht. Die Tiefstwerte liegen meist zwischen 18 und 7 °C.

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

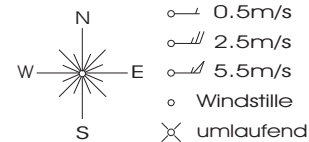
Auftraggeber:
Stadtverwaltung Mannheim
FB Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

**Abb. 14 Tagesgänge der Lufttemperatur, der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
am 31.08. - 01.09.2009**



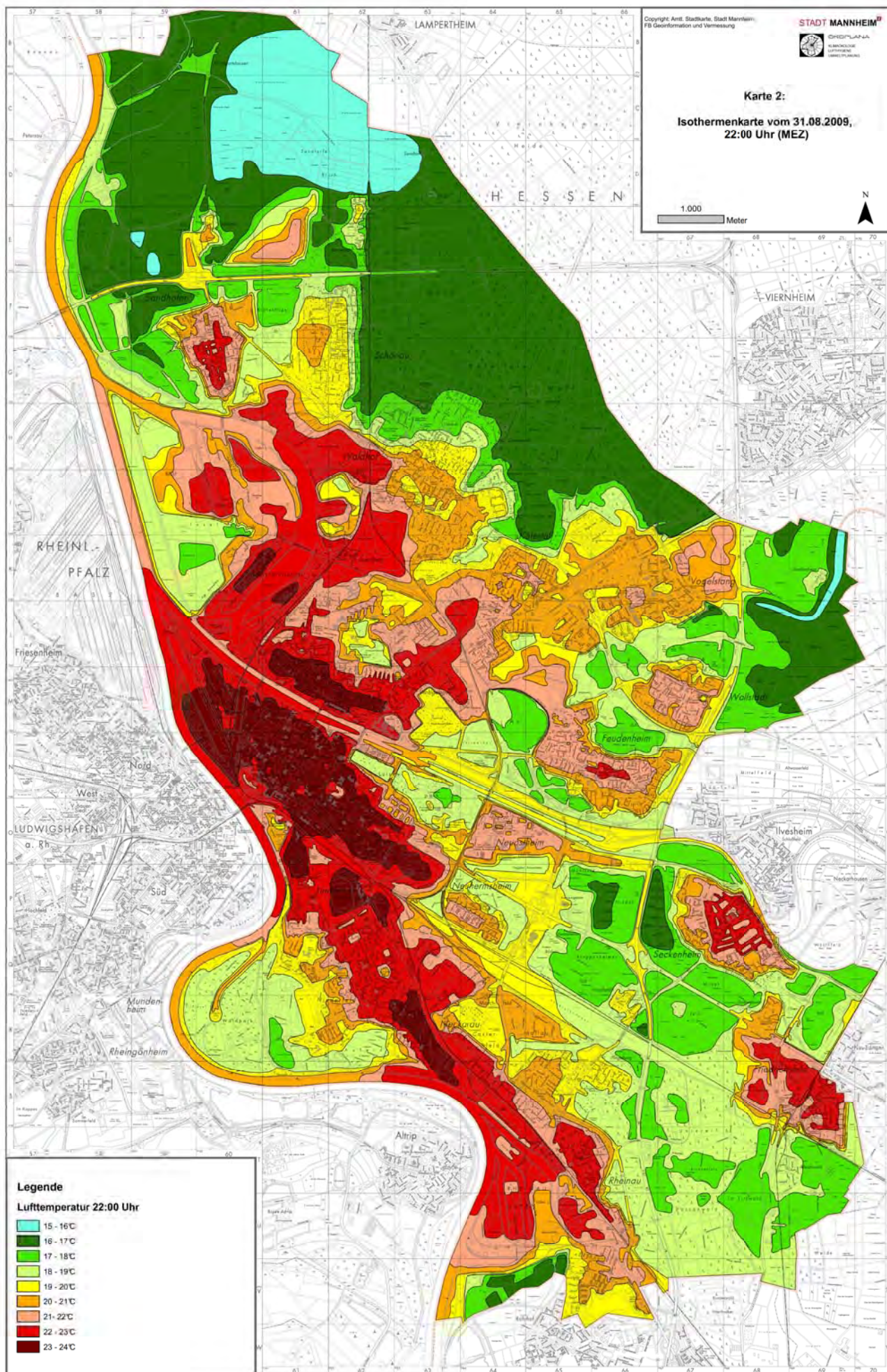
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

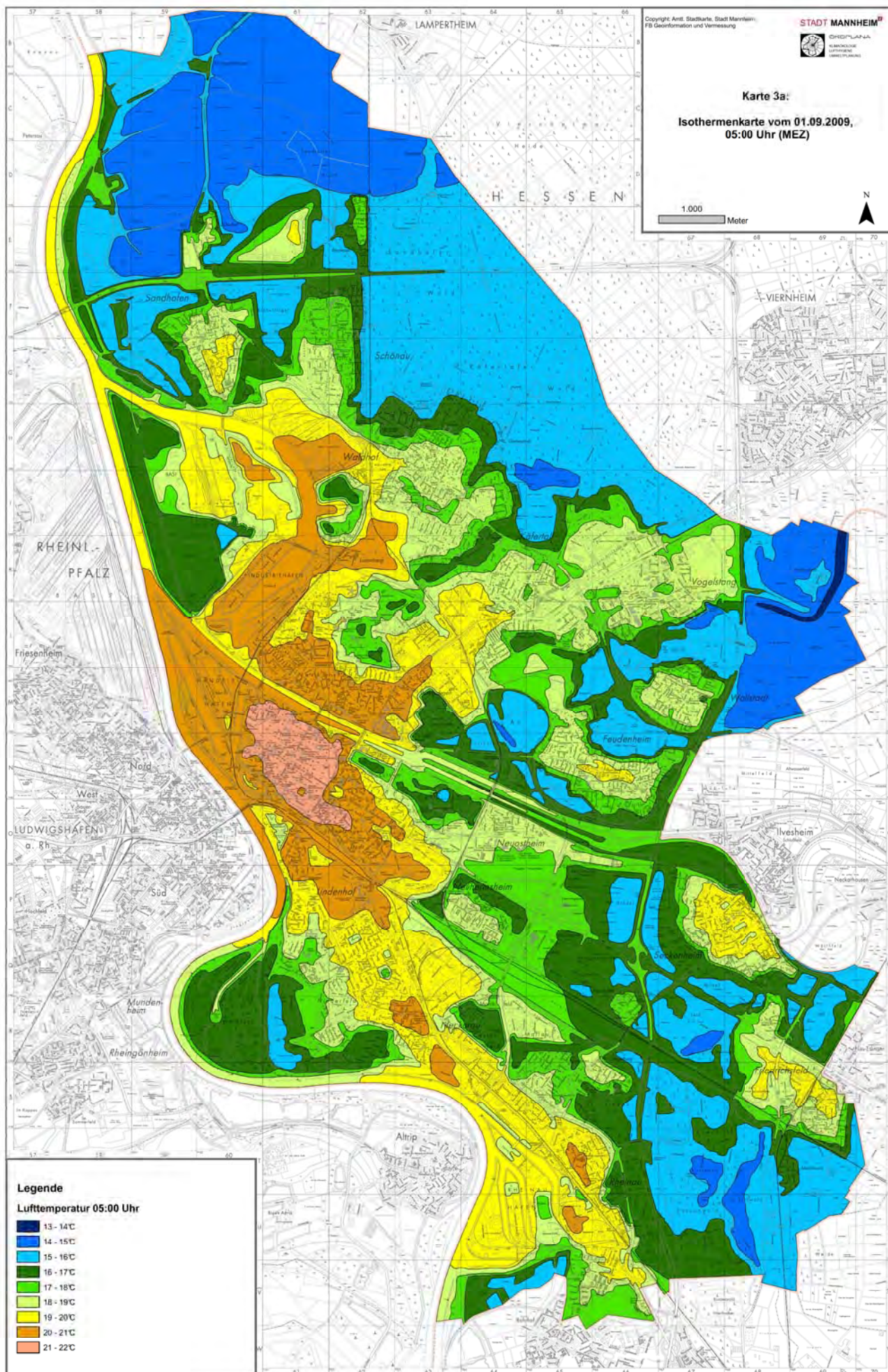
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

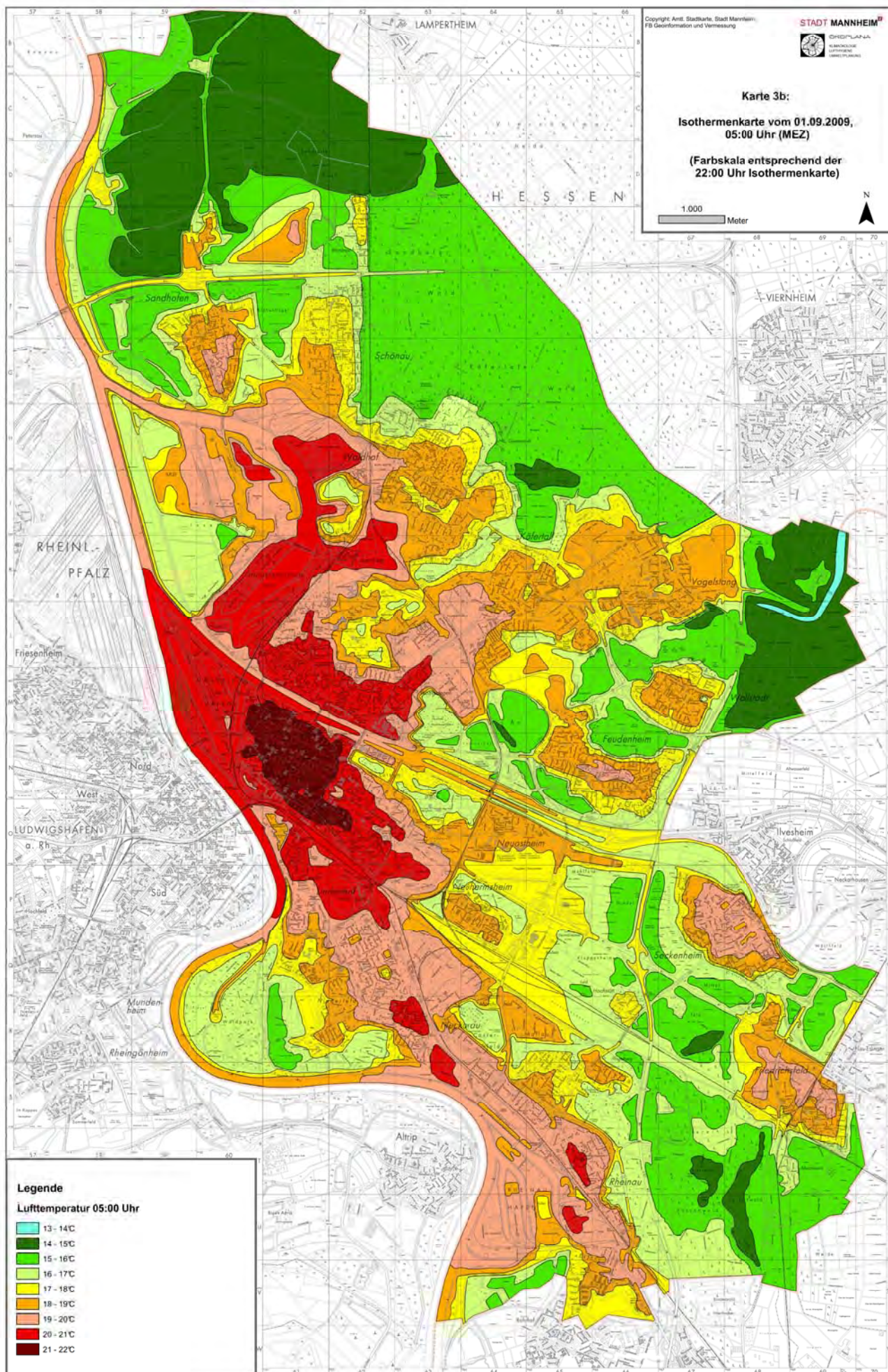


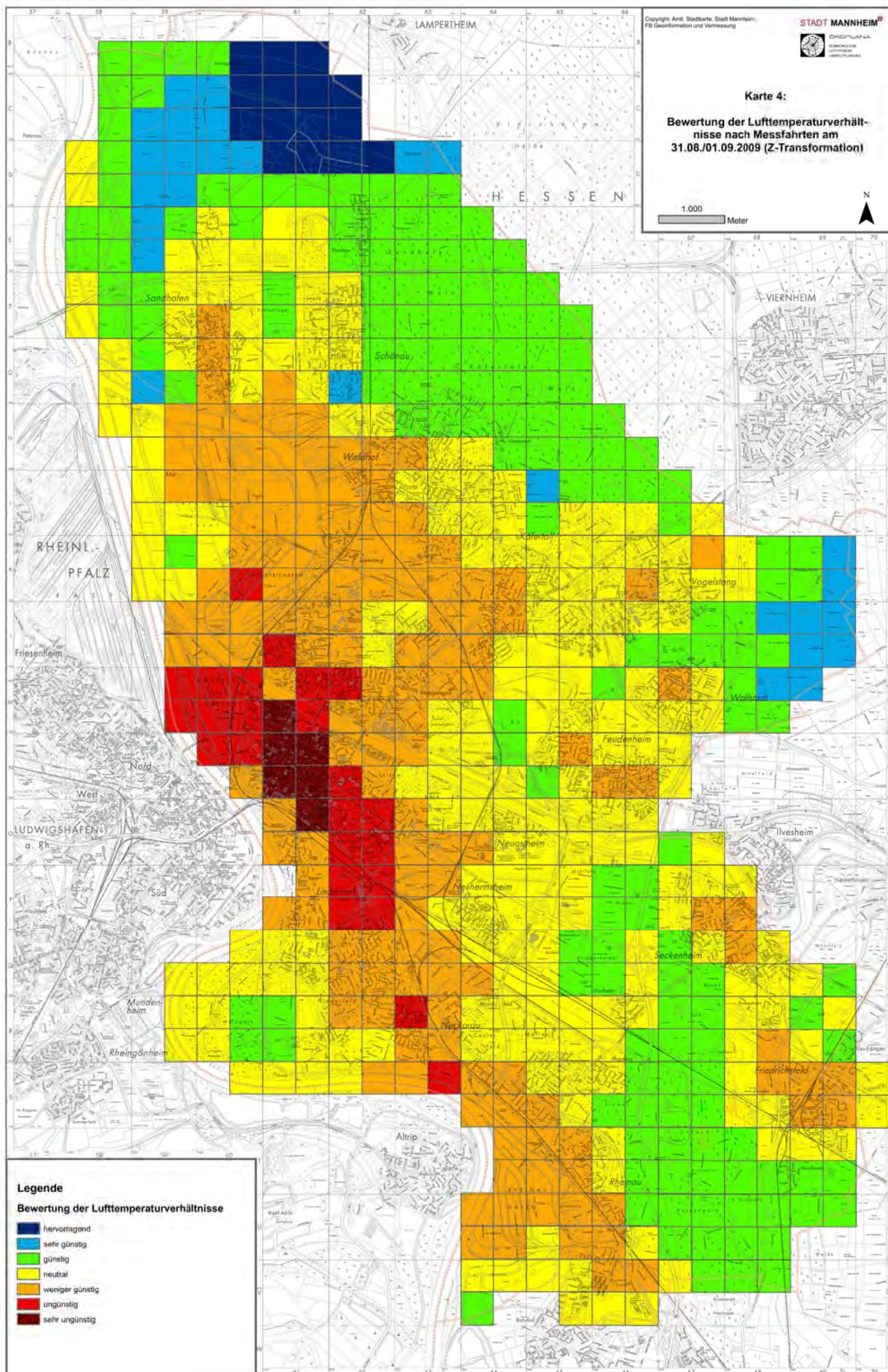
Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

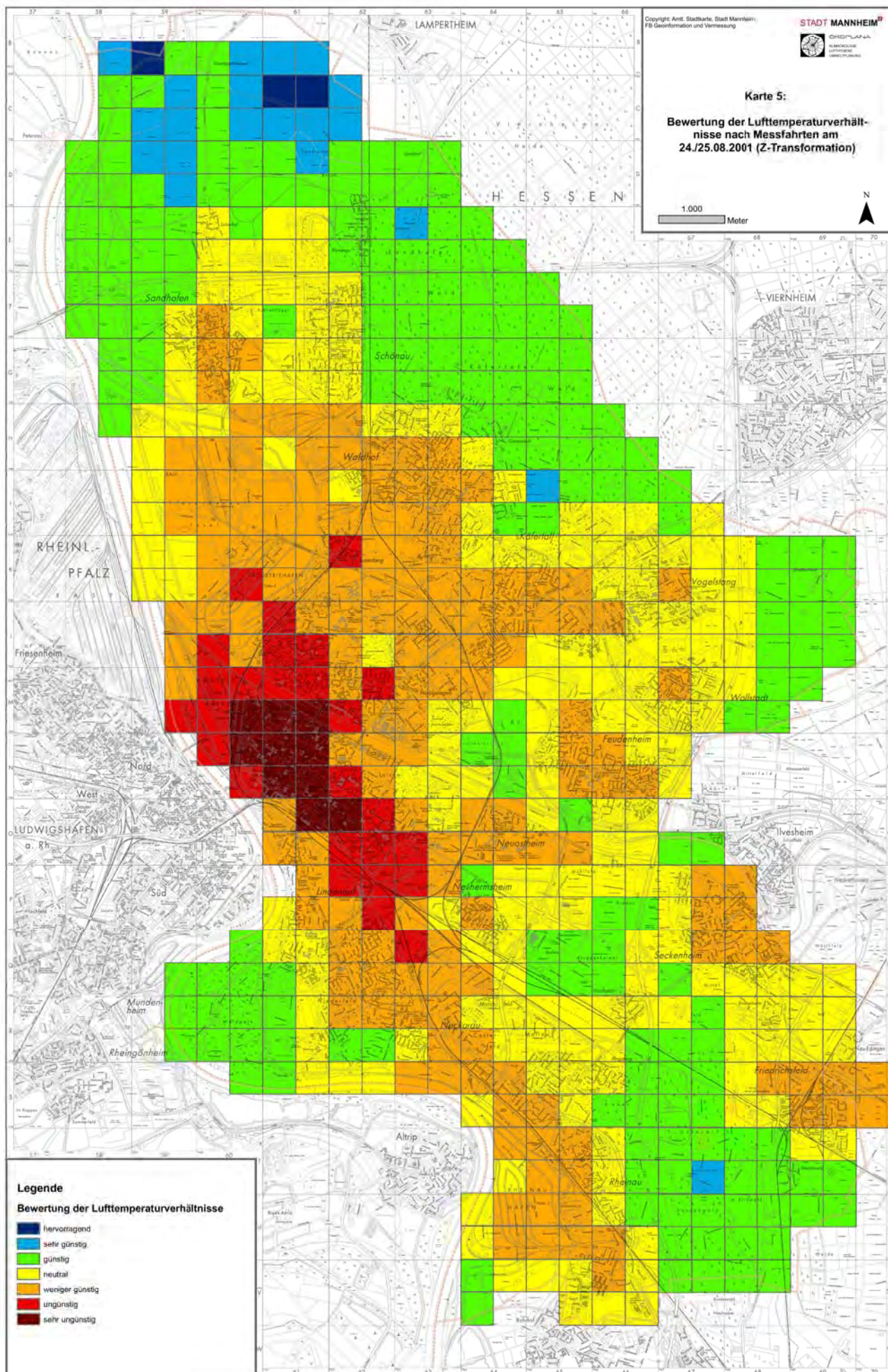
ÖKOPLANA

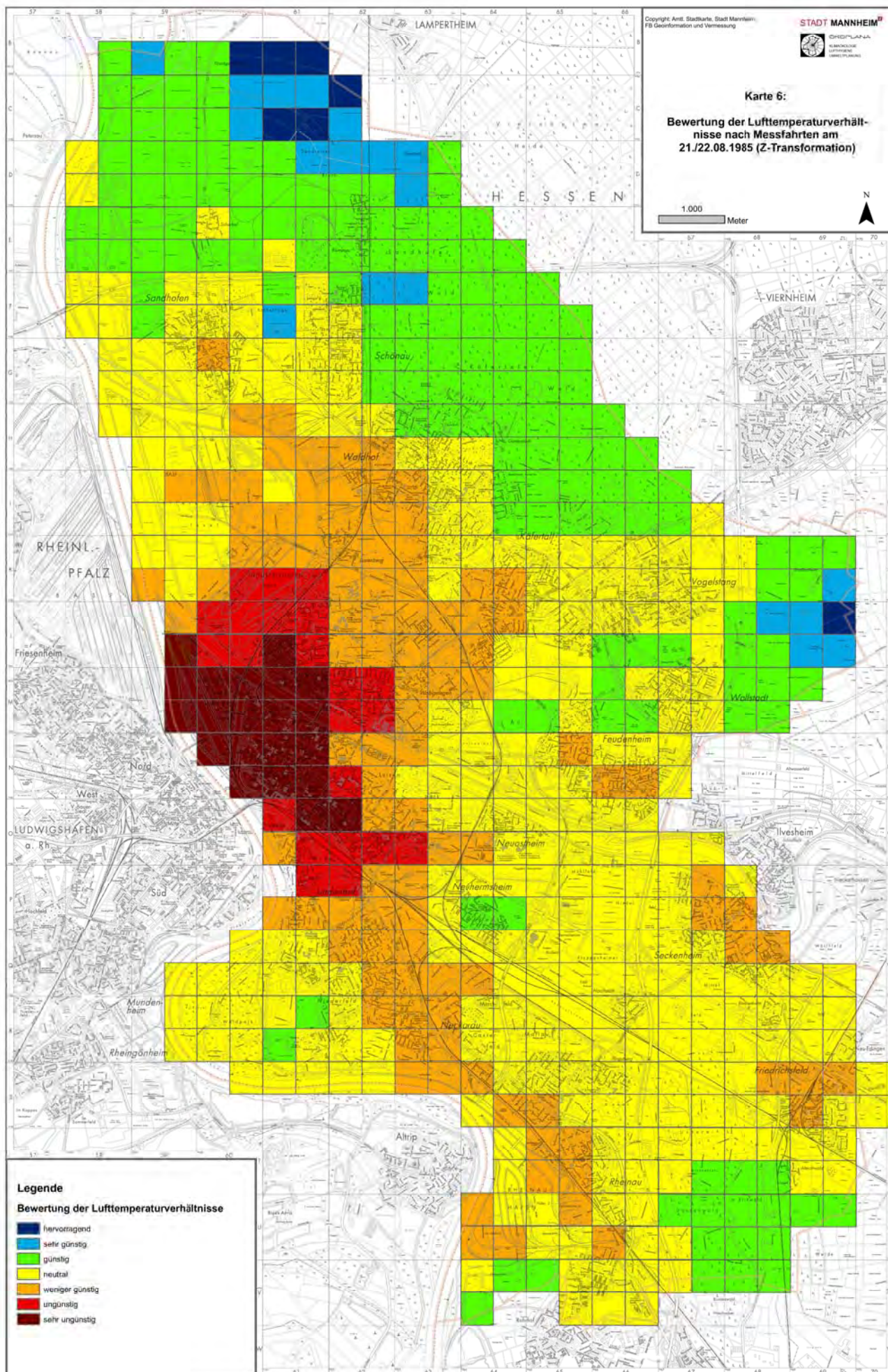


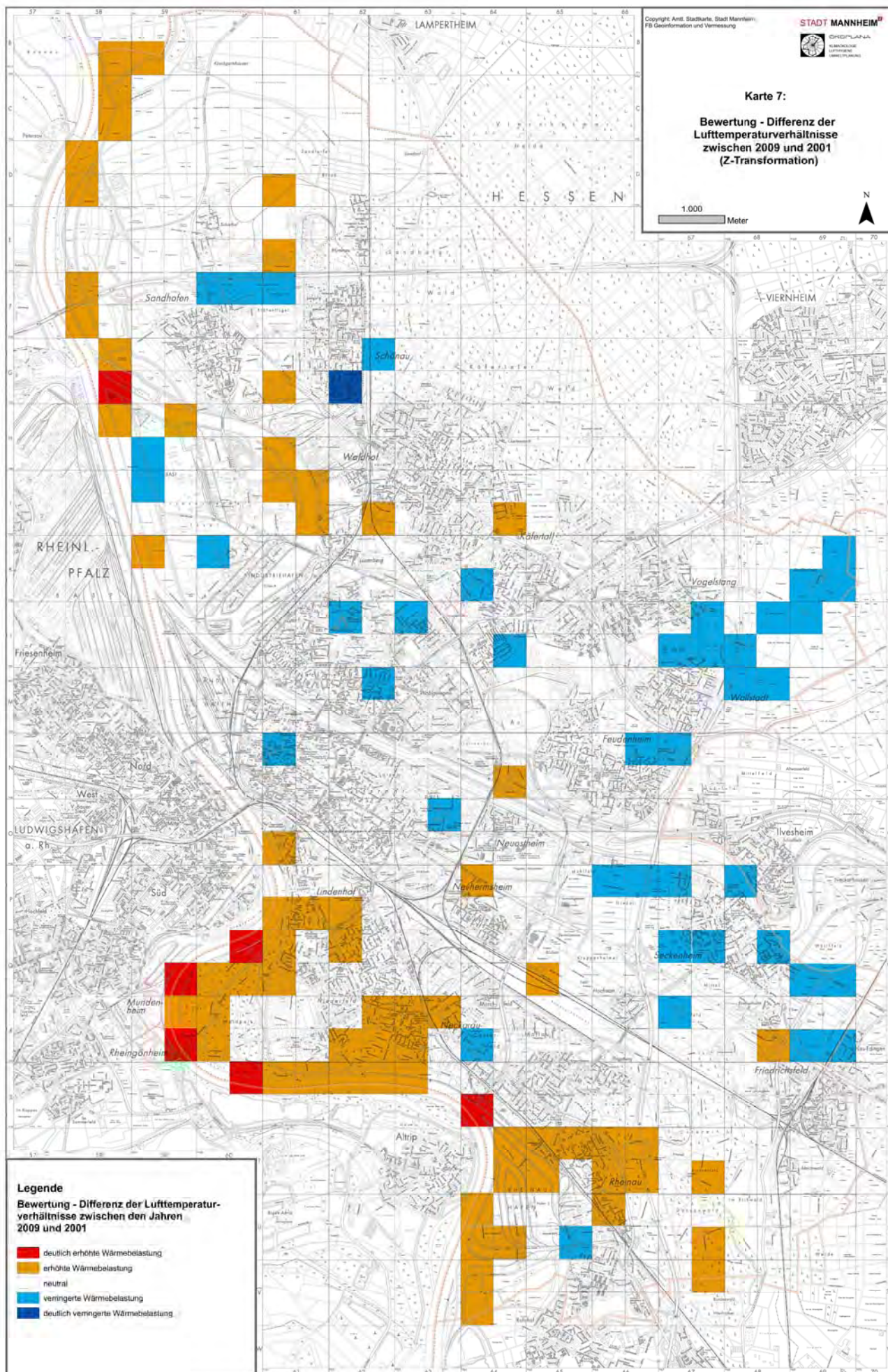


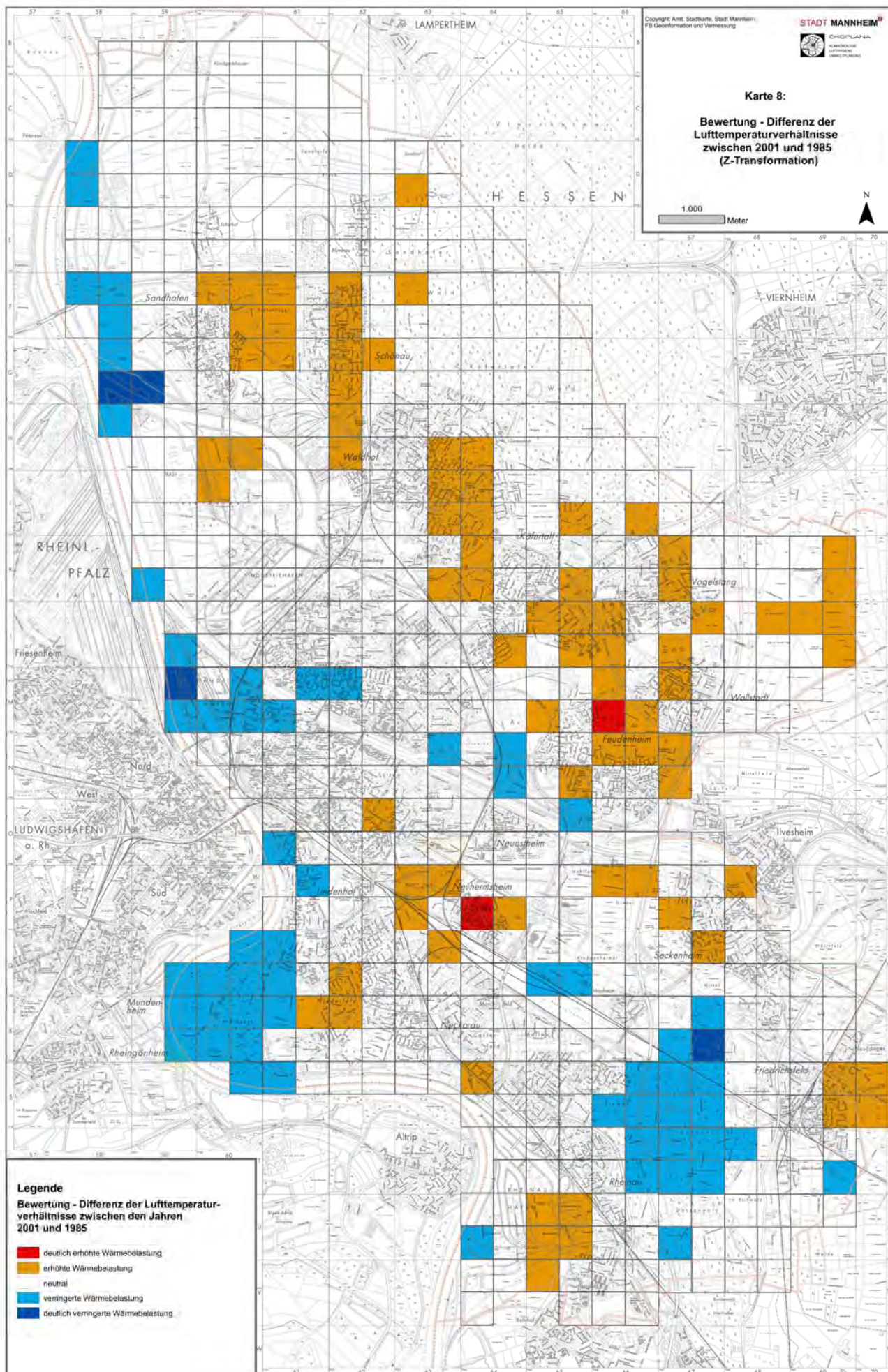


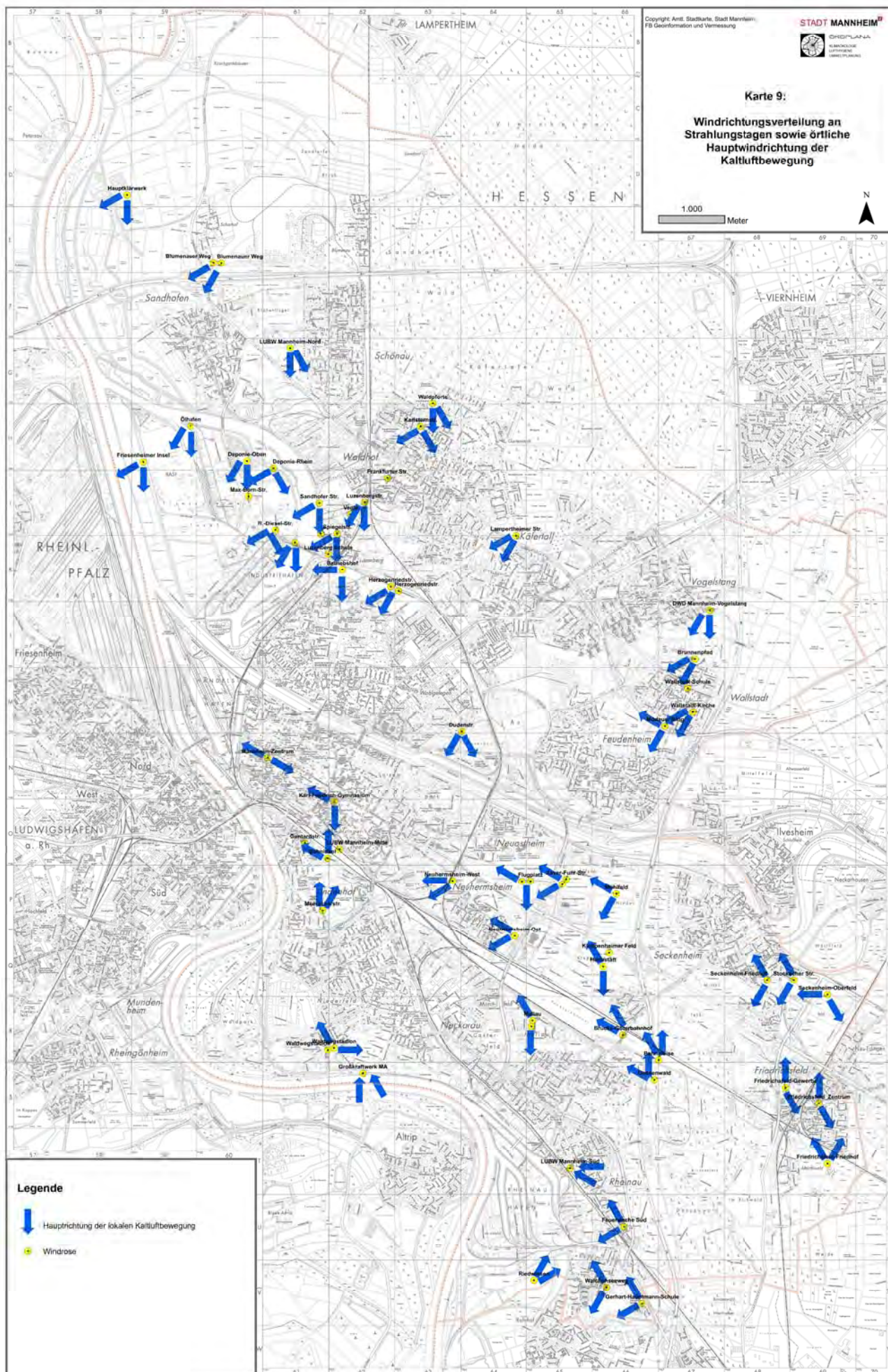










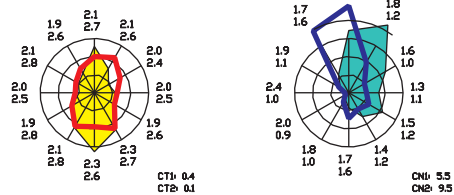


Karte 9_Abb. A: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 06/1986 - 09/1986, Strahlungstage

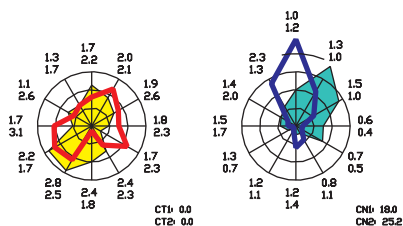
DWD-Mannheim-Vogelstang

Strahlungstage 04/2001 - 09/2005

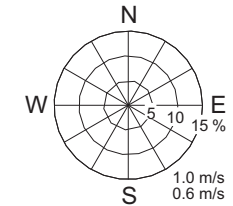
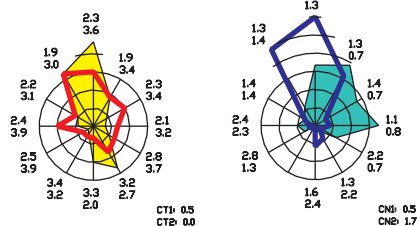
Sommerhalbjahre



DWD-Mannheim-Vogelstang



Sandhofen-Ost



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr

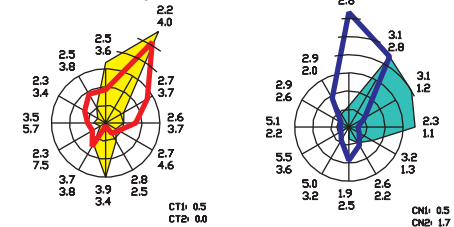


00-06 Uhr

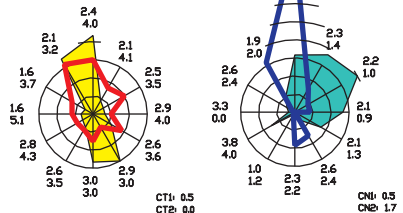
CT: Windstillen

CN: Windstillen

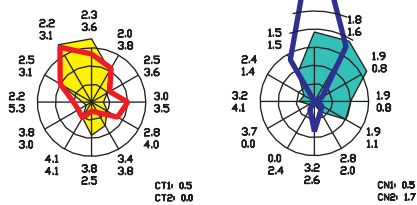
Deponie-Oben



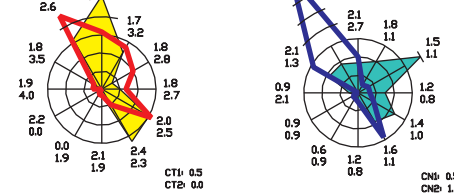
Friesenheimer Insel



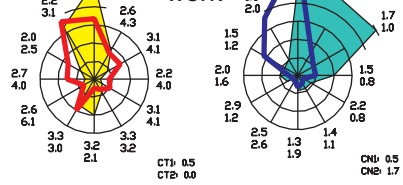
Ölhafen



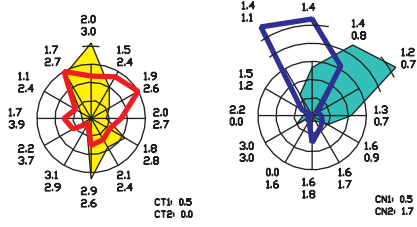
Deponie-Rhein



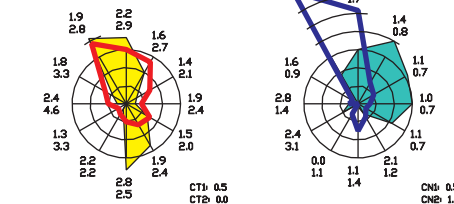
Hauptklärwerk



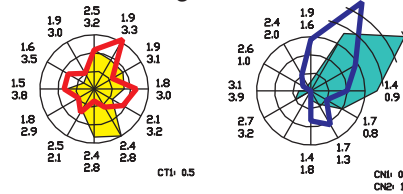
R.-Diesel-Str.



Max-Born-Str.



Herzogenriedstr.



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

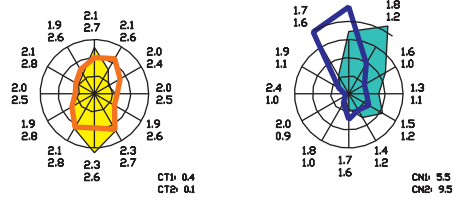
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

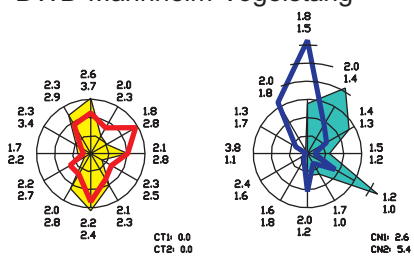
Karte 9_Abb. B: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 09/1988 - 10/1989, Strahlungstage- Sommerhalbjahr

DWD-Mannheim-Vogelstang

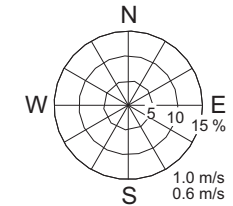
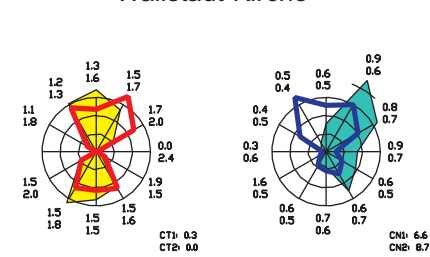
Strahlungstage 04/2001 - 09/2005
Sommerhalbjahre



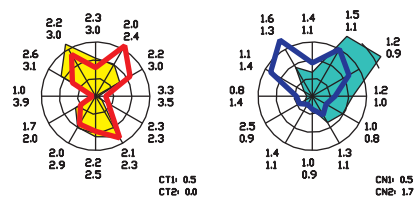
DWD-Mannheim-Vogelstang



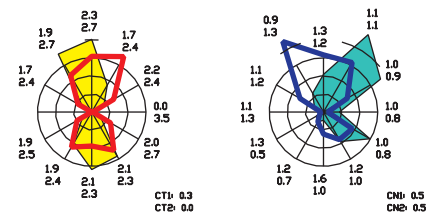
Wallstadt-Kirche



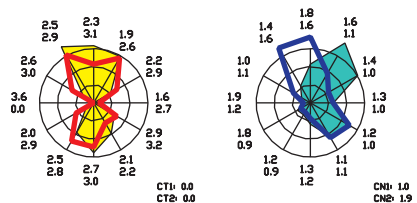
Brunnenpfad



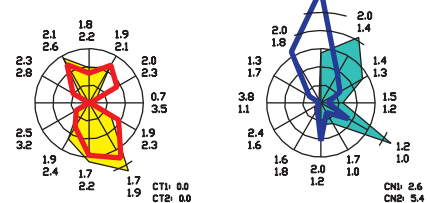
Mudauer Ring



Flugplatz



Wallstadt-Schule



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

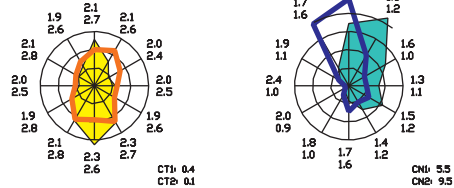
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

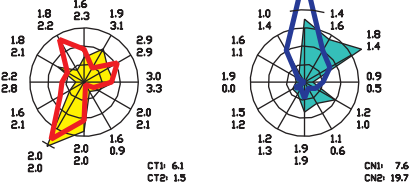
Karte 9_Abb. C: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 10/1990 - 10/1991, Strahlungstage - Sommerhalbjahr

DWD-Mannheim-Vogelstang

Strahlungstage 04/2001 - 09/2005
Sommerhalbjahre

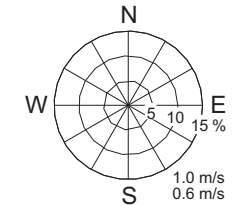
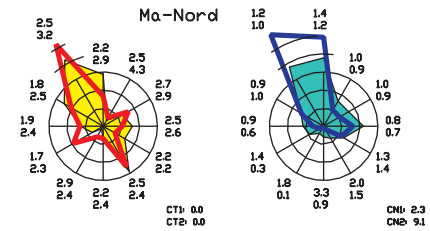


DWD-Mannheim-Vogelstang



LUBW Mannheim-Nord

Ma-Nord



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr

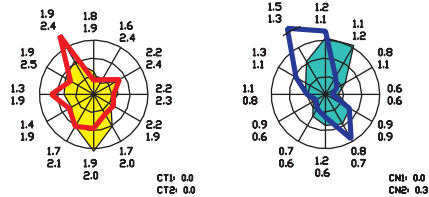


00-06 Uhr

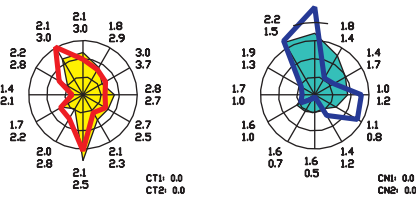
CT: Windstillen

CN: Windstillen

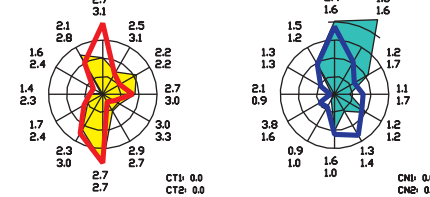
LUBW Mannheim-Mitte



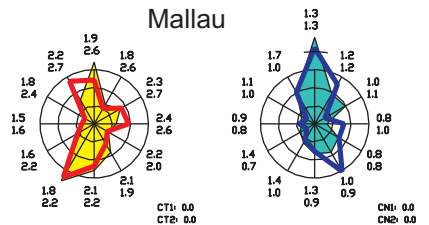
Flugplatz



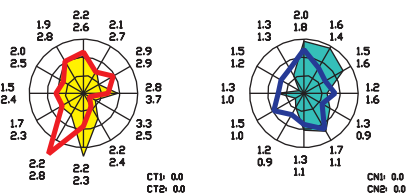
Hochstätt



Mallau

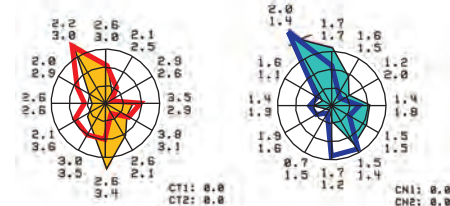


Seckenheim-Friedhof



Seckenheim-Oberfeld

(06/1991 - 10/1991)



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

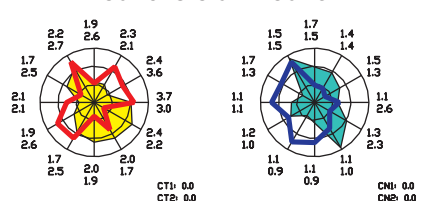
Projekt:

Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

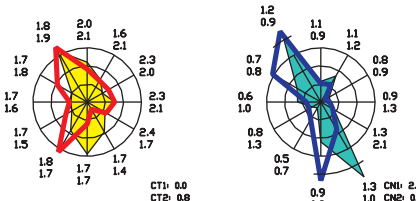
Auftraggeber:

Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

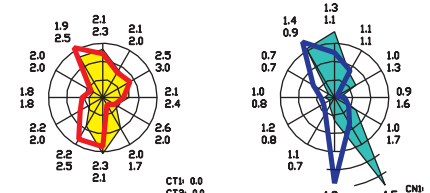
Friedrichsfeld-Friedhof



Friedrichsfeld-Zentrum



Friedrichsfeld-Gewerbe

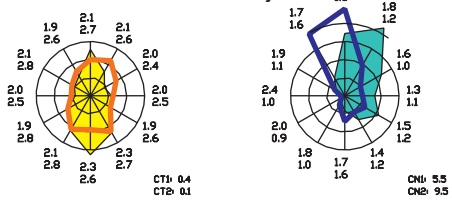


Karte 9_Abb. D: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 10/1994 - 12/1994, Strahlungstage

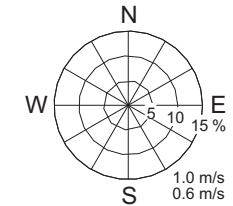
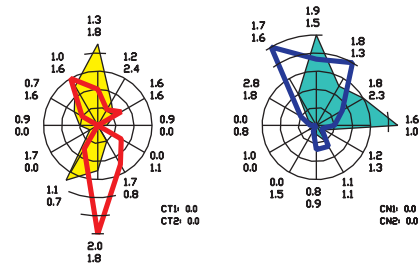
DWD-Mannheim-Vogelstang

Strahlungstage 04/2001 - 09/2005

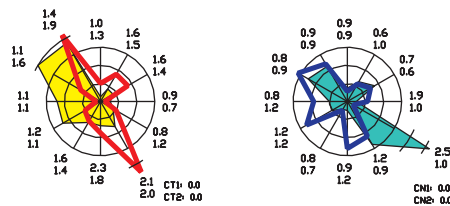
Sommerhalbjahre



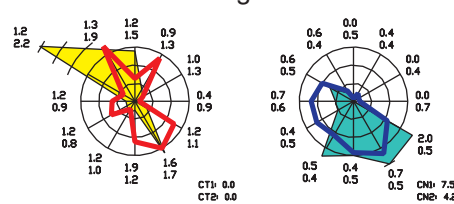
DWD-Mannheim-Vogelstang



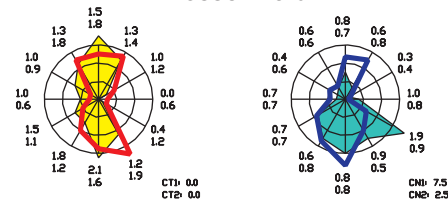
Brücke-Güterbahnhof



Bahngleise



Dossenwald



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

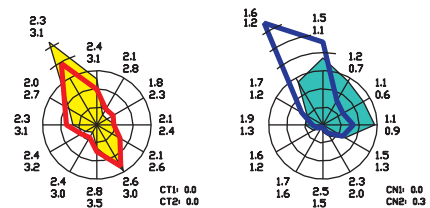
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

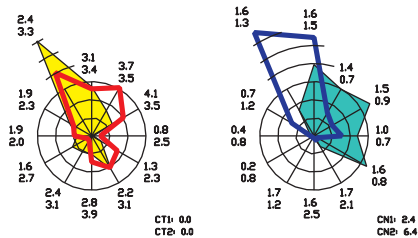
Karte 9_Abb. E: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 04/1998 - 08/1998, Strahlungstage

LUBW Mannheim-Nord

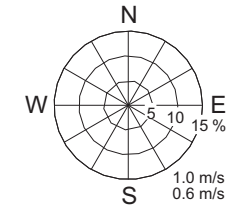
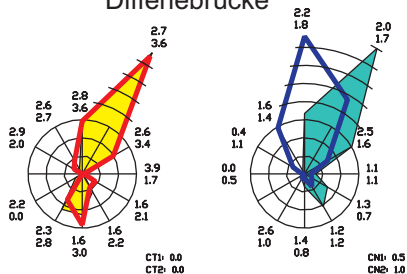
Strahlungstage 04/2001 - 09/2005
Sommerhalbjahre



LUBW Mannheim-Nord



Diffenébrücke



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr

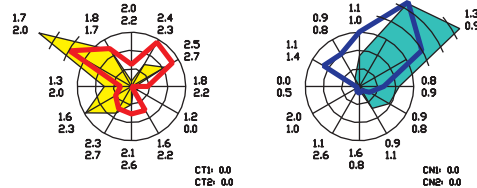


00-06 Uhr

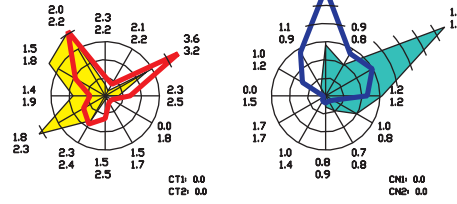
CT: Windstillen

CN: Windstillen

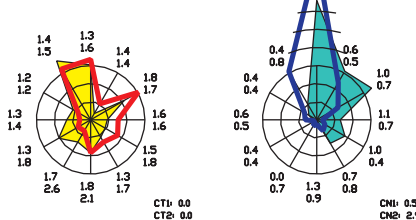
Waldhofbecken



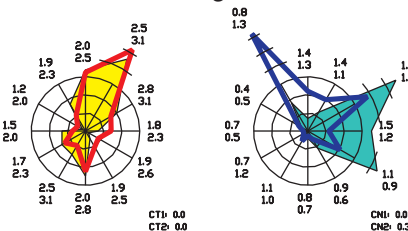
Sandhofer Str.



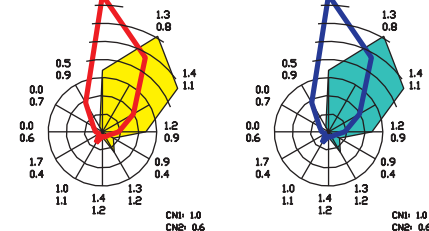
Spiegel Str.



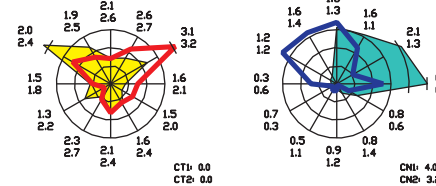
Luzenberg Schule



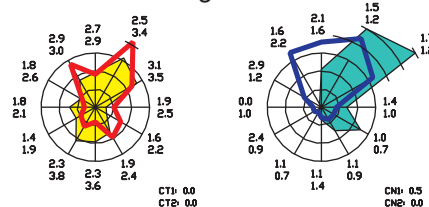
Luzenbergstr.



Betriebshof



Herzogenriedstr.



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

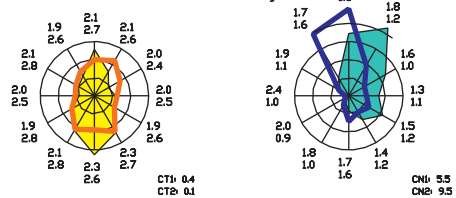
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Karte 9_Abb. F: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 08/2001 - 11/2001, Strahlungstage

DWD-Mannheim-Vogelstang

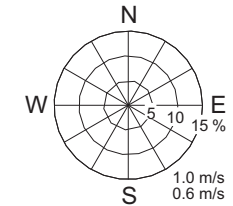
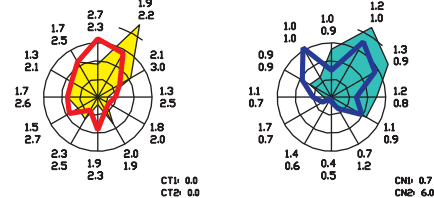
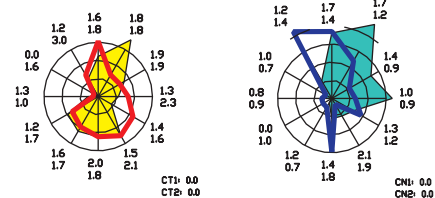
Strahlungstage 04/2001 - 09/2005

Sommerhalbjahre



DWD-Mannheim-Vogelstang

Blumenauer Weg



07-12 Uhr



19-23 Uhr



13-18 Uhr

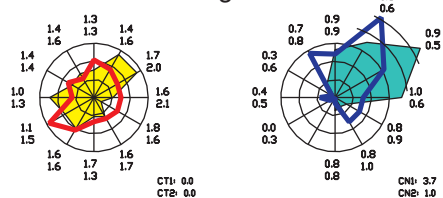


00-06 Uhr

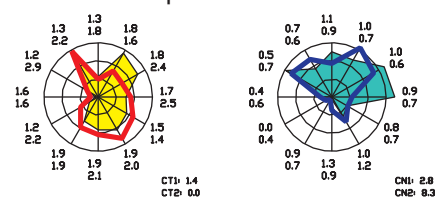
CT: Windstillen

CN: Windstillen

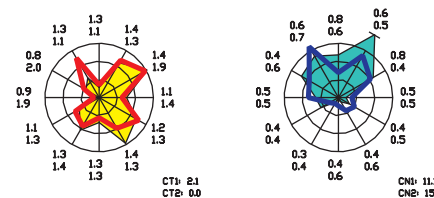
Vegla



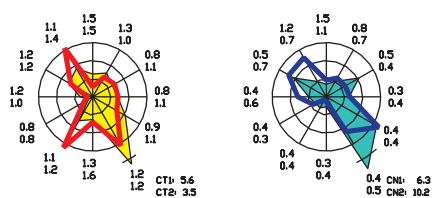
Lampertheimer Str.



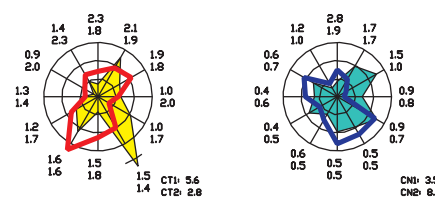
Dudenstr.



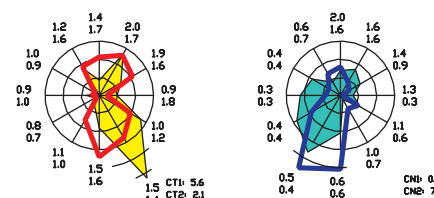
Gontardstr.



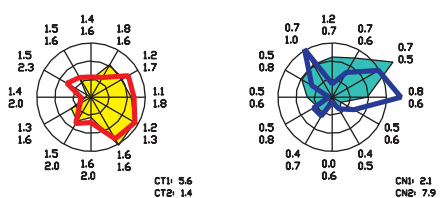
Bahninsel



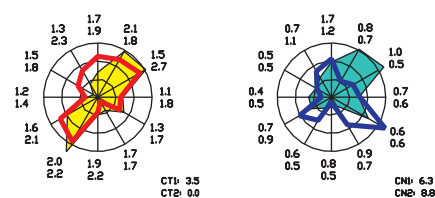
Meeräckerstr.



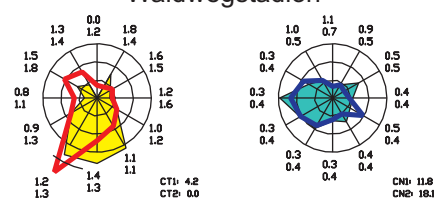
Neuhermsheim-West



Neuhermsheim-Ost



Waldwegstadion



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

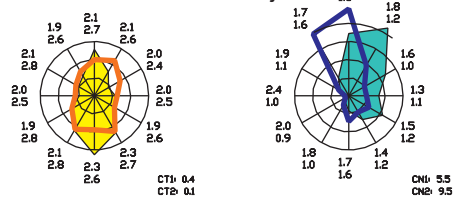
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Karte 9_Abb. H: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 10/2006 - 03/2007, Strahlungstage

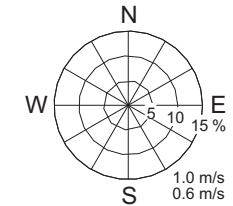
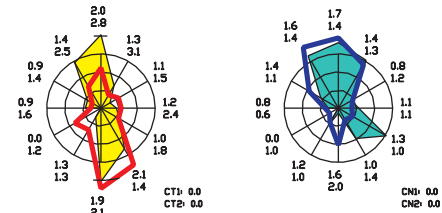
DWD-Mannheim-Vogelstang

Strahlungstage 04/2001 - 09/2005

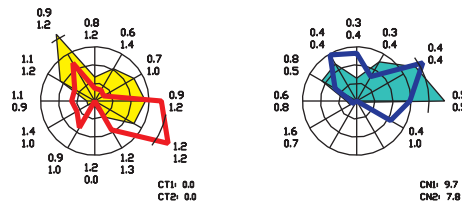
Sommerhalbjahre



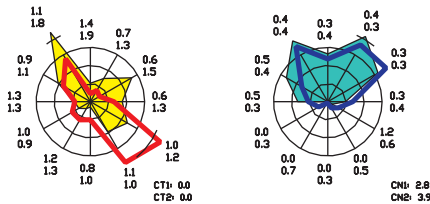
DWD-Mannheim-Vogelstang



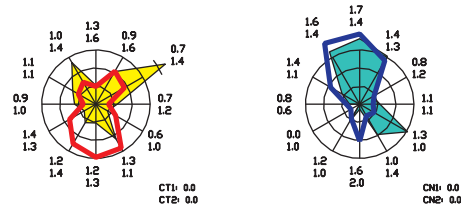
Frankfurter Straße



Karlsternstr.



Waldpforte



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

Projekt:

Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:

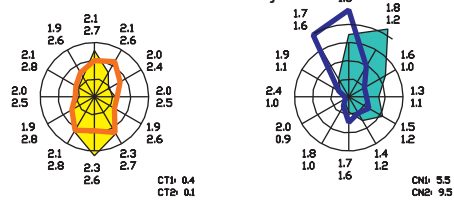
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Karte 9_Abb. G: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 08/2001 - 11/2001, Strahlungstage

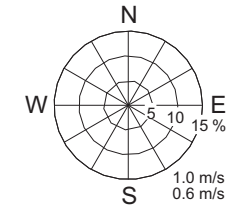
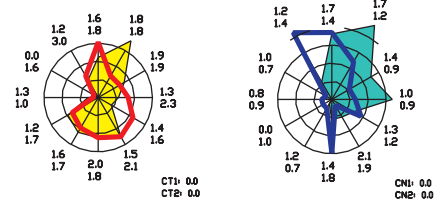
DWD-Mannheim-Vogelstang

Strahlungstage 04/2001 - 09/2005

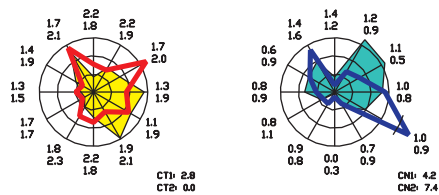
Sommerhalbjahre



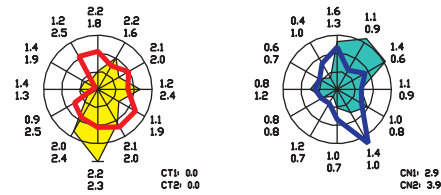
DWD-Mannheim-Vogelstang



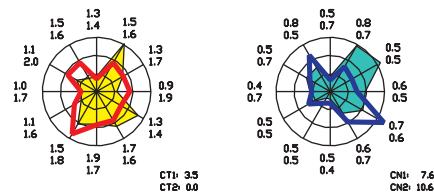
Xaver-Fuhr-Str.



Kloppenheimer Feld



Soldnerstr.

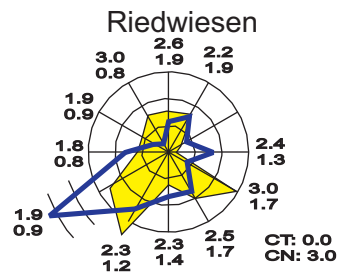


Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

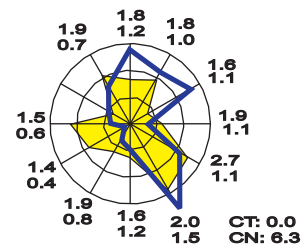
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

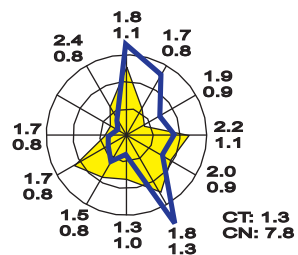
Karte 9_Abb. I: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit
Zeitraum: 06/1984 - 08/1984, Strahlungstage



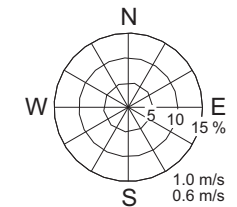
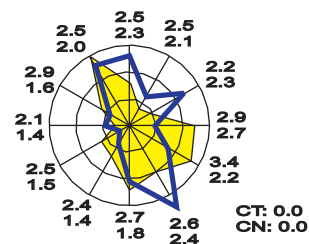
Gerhart-Hauptmann-Schule



Walchenseeweg



Feuerwache Süd



▲ 06-19 Uhr
 ▲ 20-05 Uhr
 CT: Windstillen
 CN: Windstillen

Datenerfassung durch:
 ÖKOPLANA

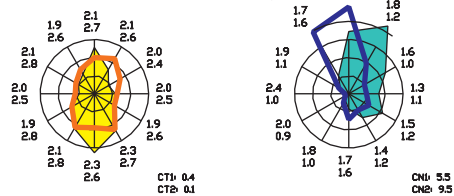
Projekt:
 Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
 Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
 Collinstraße 1
 68161 Mannheim

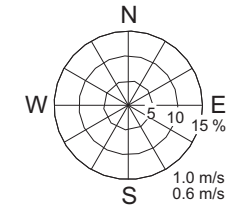
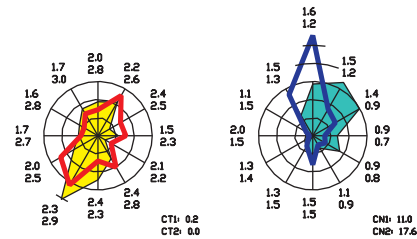
Karte 9_Abb. J: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 08/1982 - 11/1984, Strahlungstage

DWD-Mannheim-Vogelstang

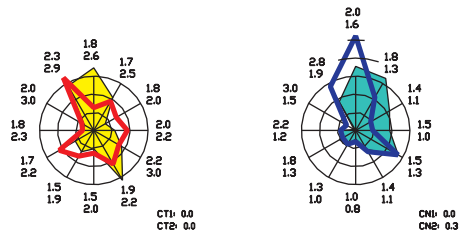
Strahlungstage 04/2001 - 09/2005
Sommerhalbjahre



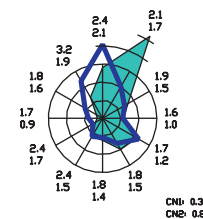
DWD-Mannheim-Vogelstang



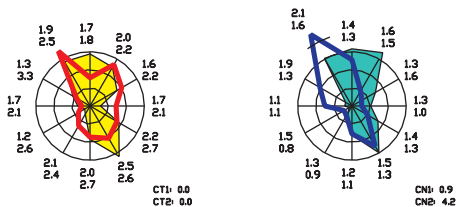
Karl-Friedrich-Gymnasium



Mühlfeld



Stockacher Str.



Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

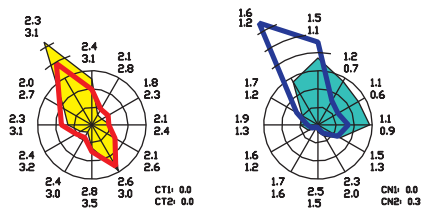
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

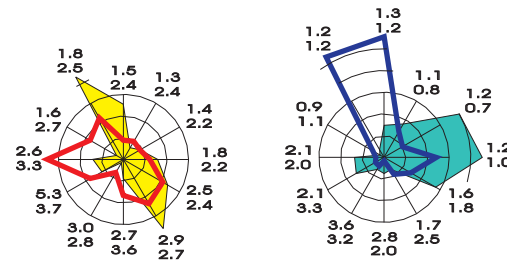
Karte 9_Abb. K: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit Zeitraum: 07/2009 - 09/2009, Strahlungstage

LUBW Mannheim-Nord

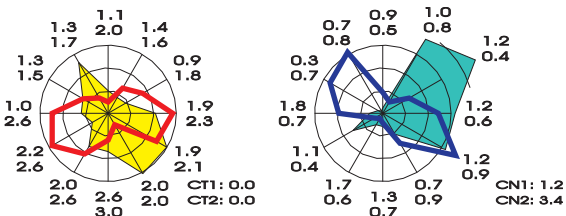
Strahlungstage 04/2001 - 09/2005
Sommerhalbjahre



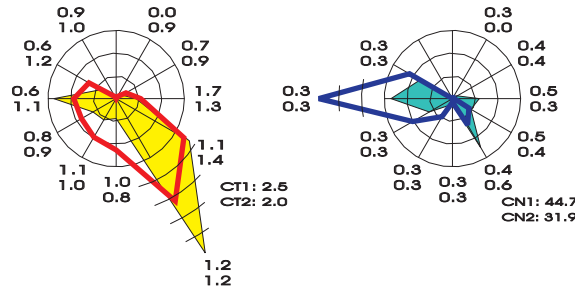
LUBW Mannheim-Nord



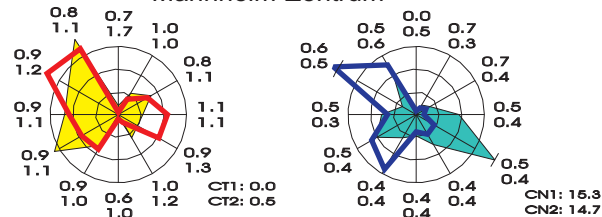
Xaver-Fuhr-Str.



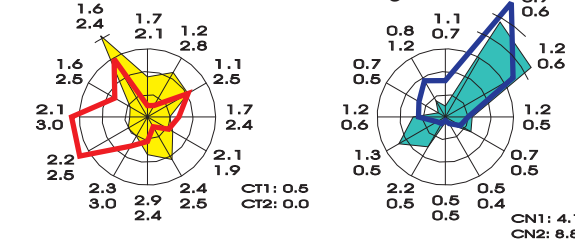
Waldwegstadion



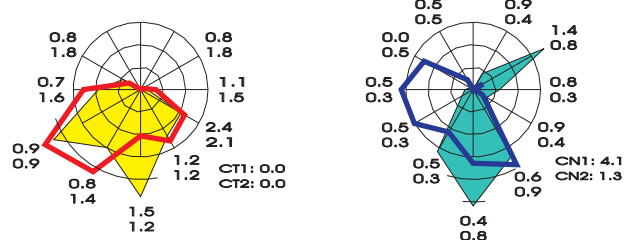
Mannheim-Zentrum



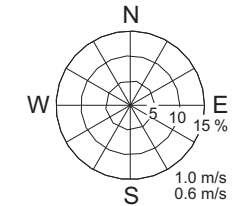
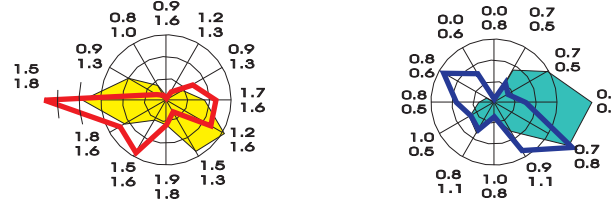
Blumenauer Weg



Großkraftwerk-MA



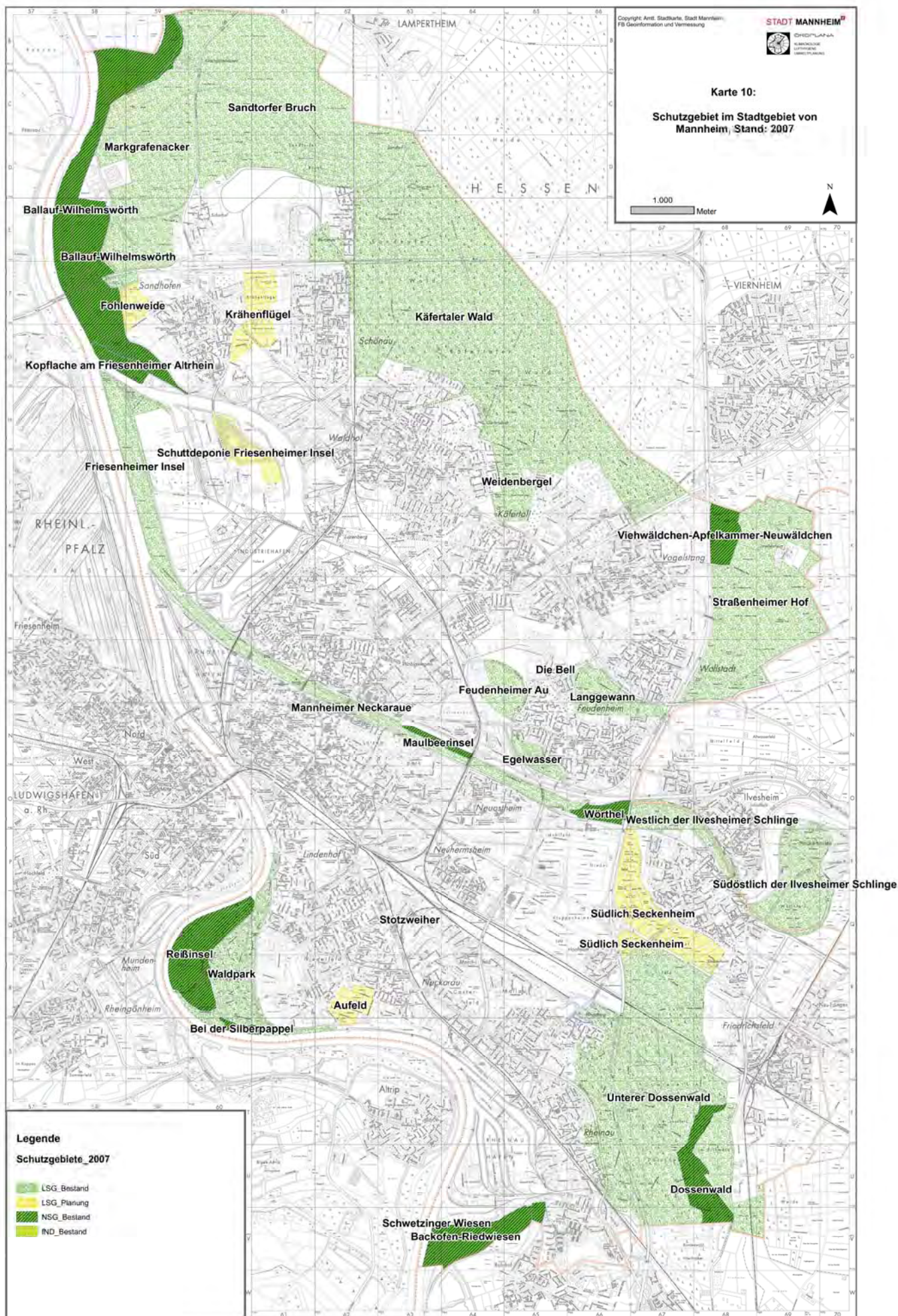
LUBW Mannheim-Süd

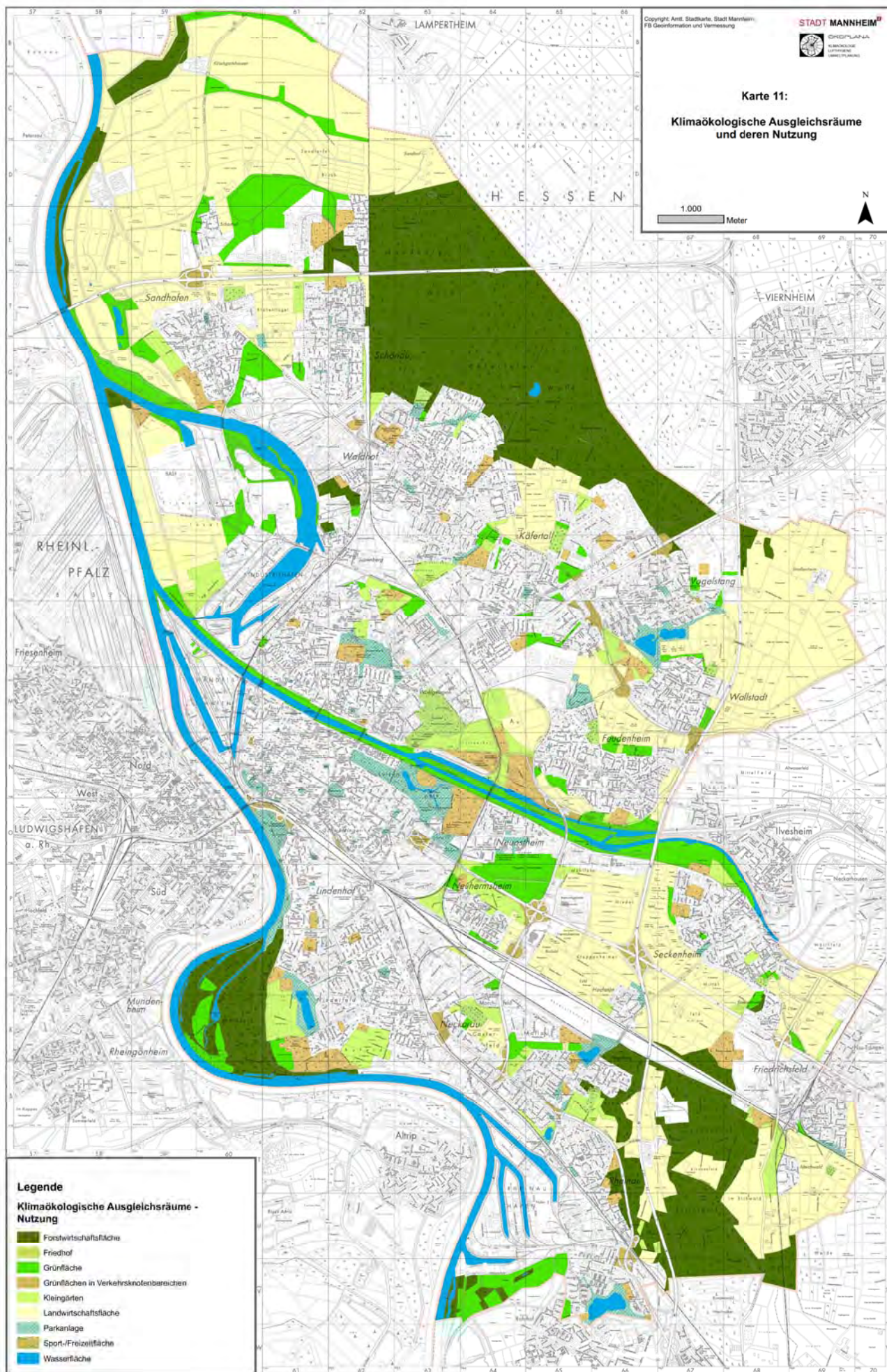


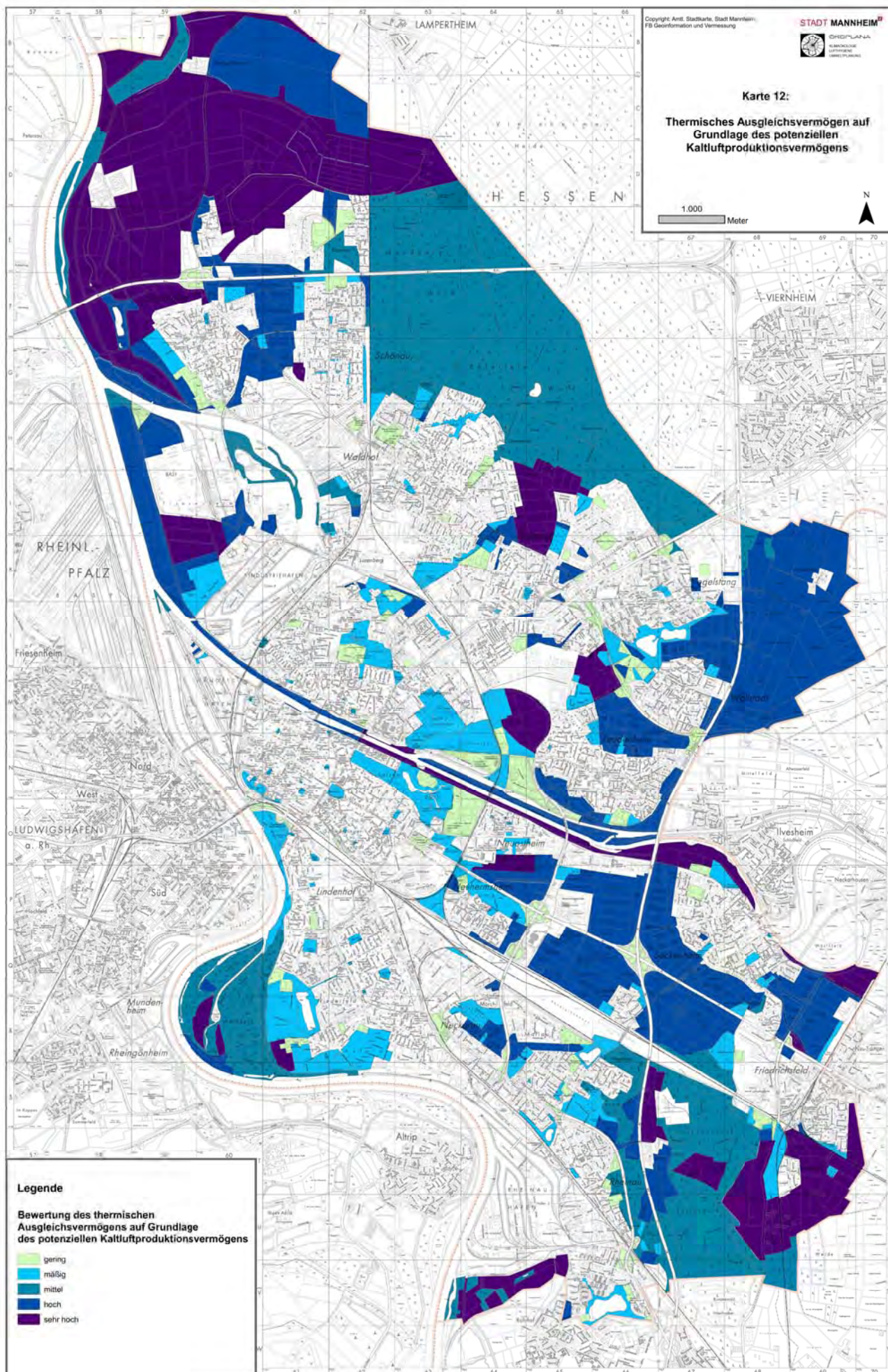
Datenerfassung durch:
ÖKOPLANA

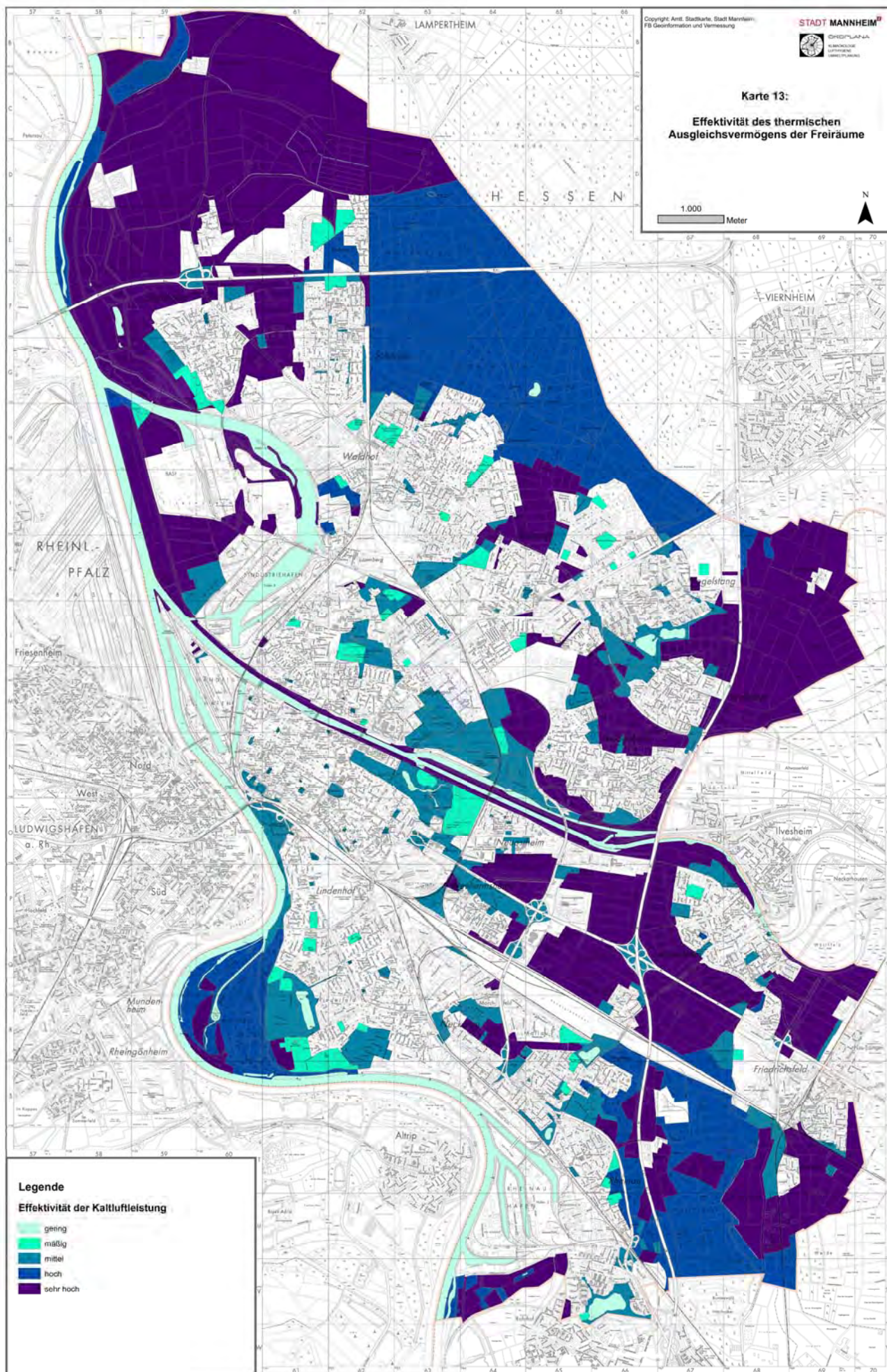
Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

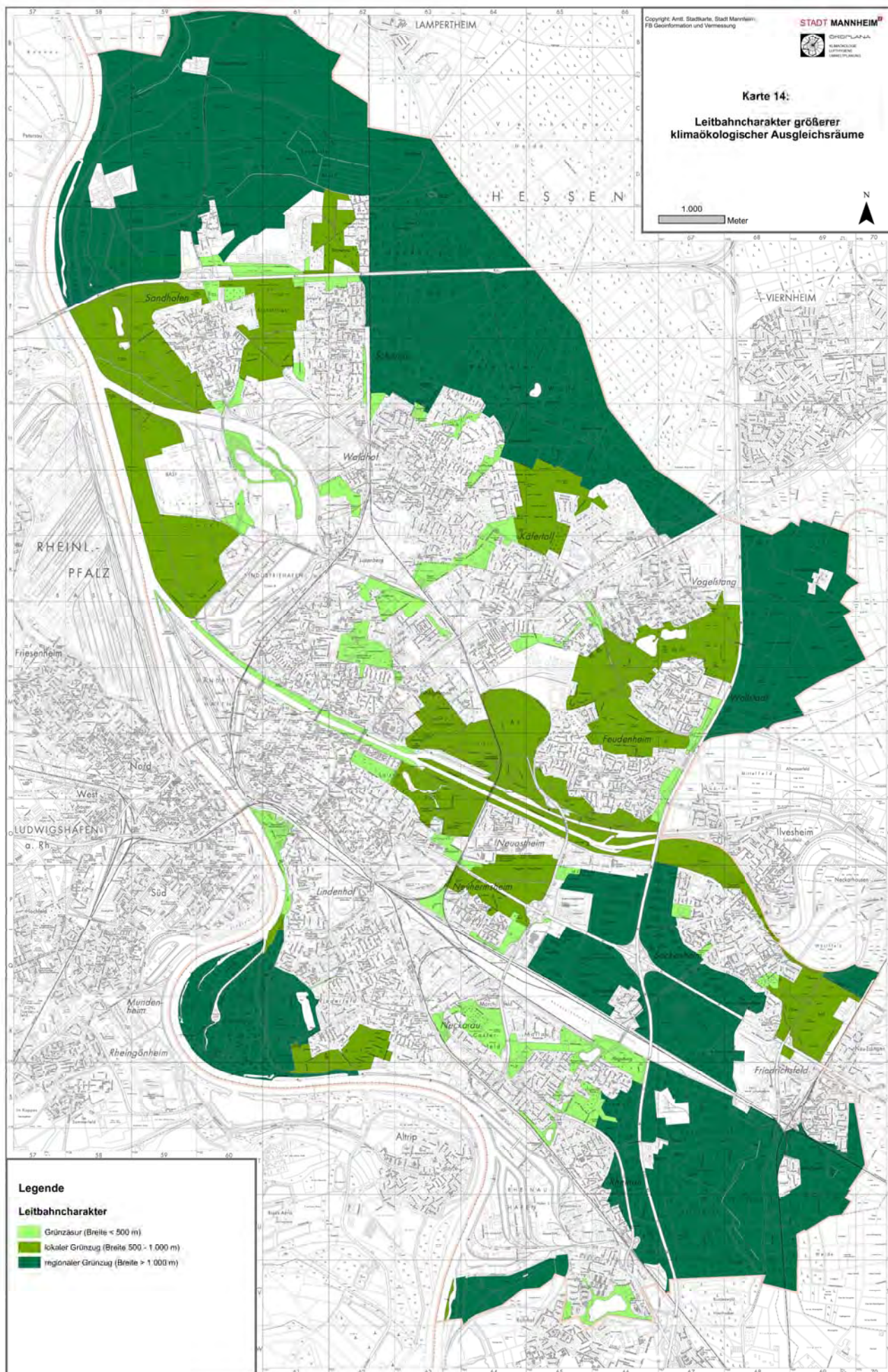
Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau, Abt. 61.1.3
Collinstraße 1
68161 Mannheim

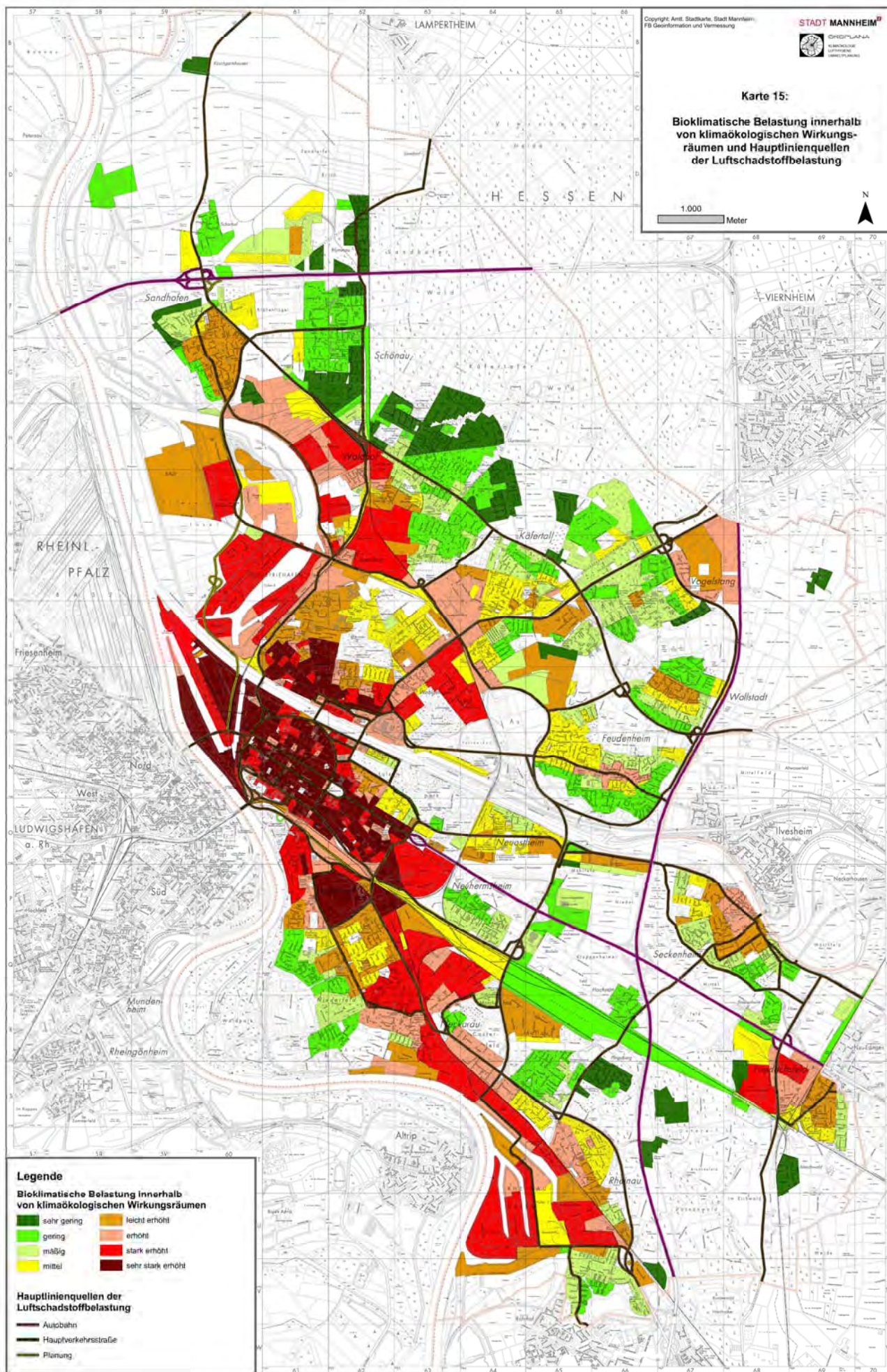


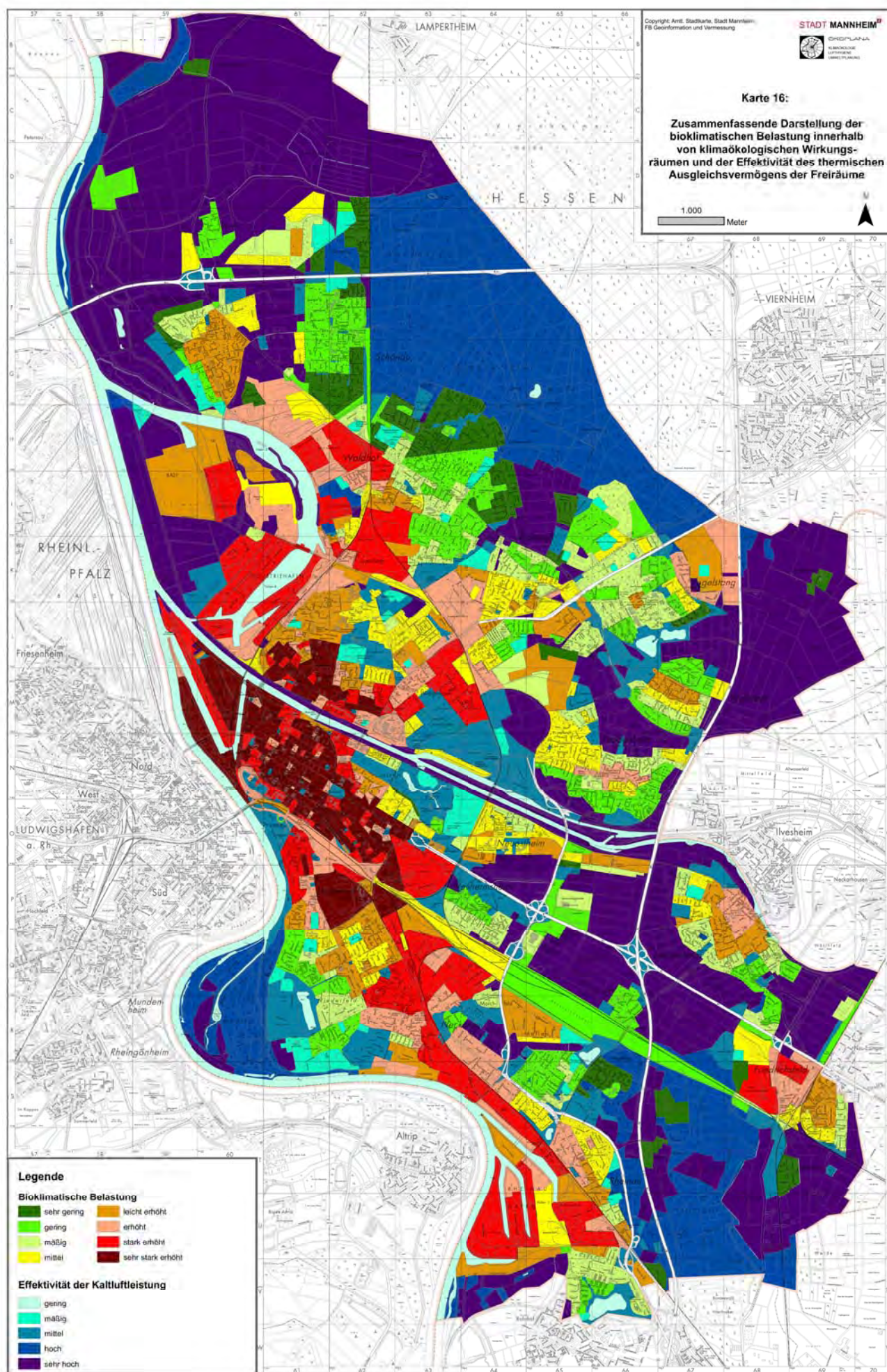












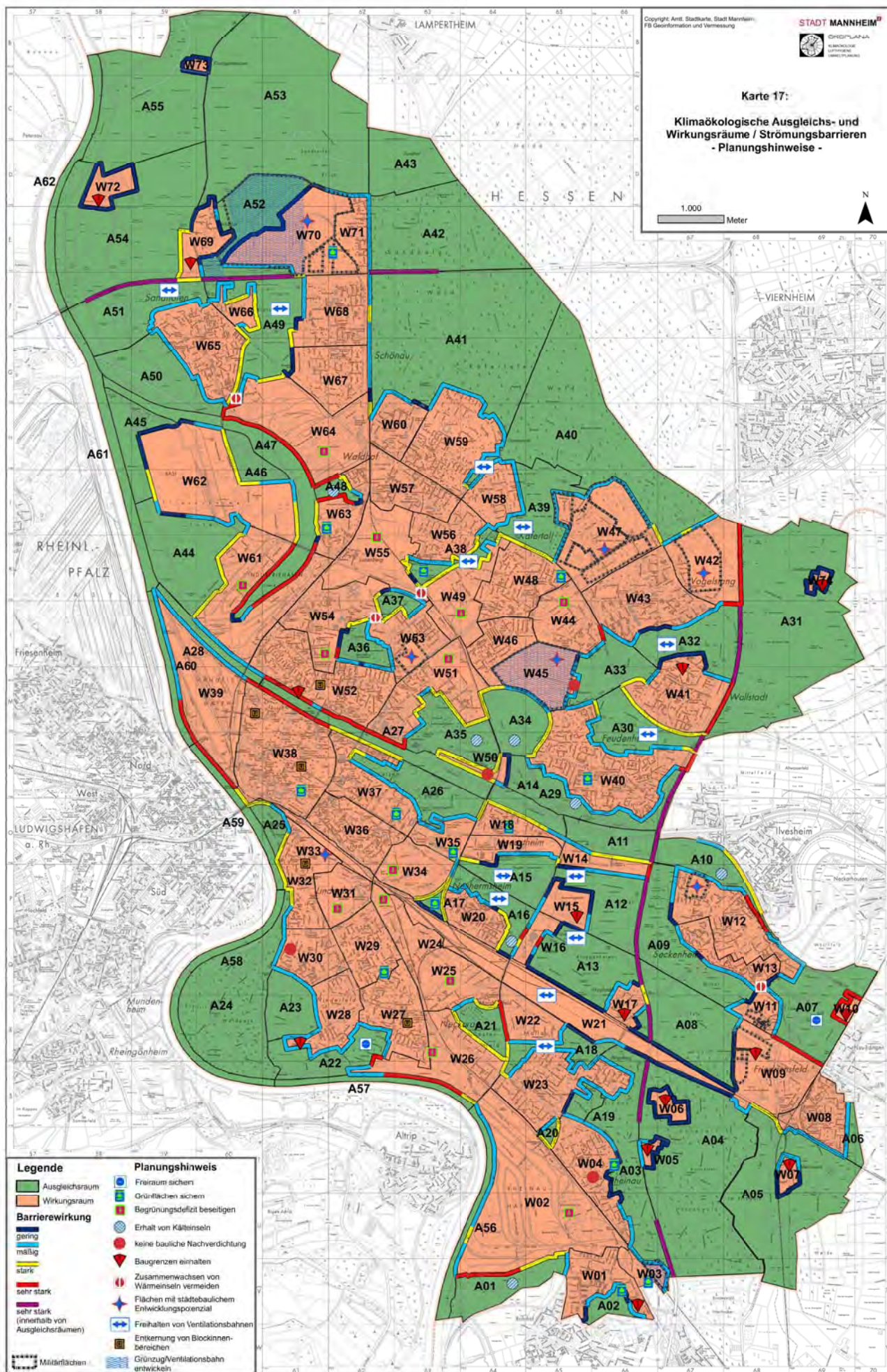
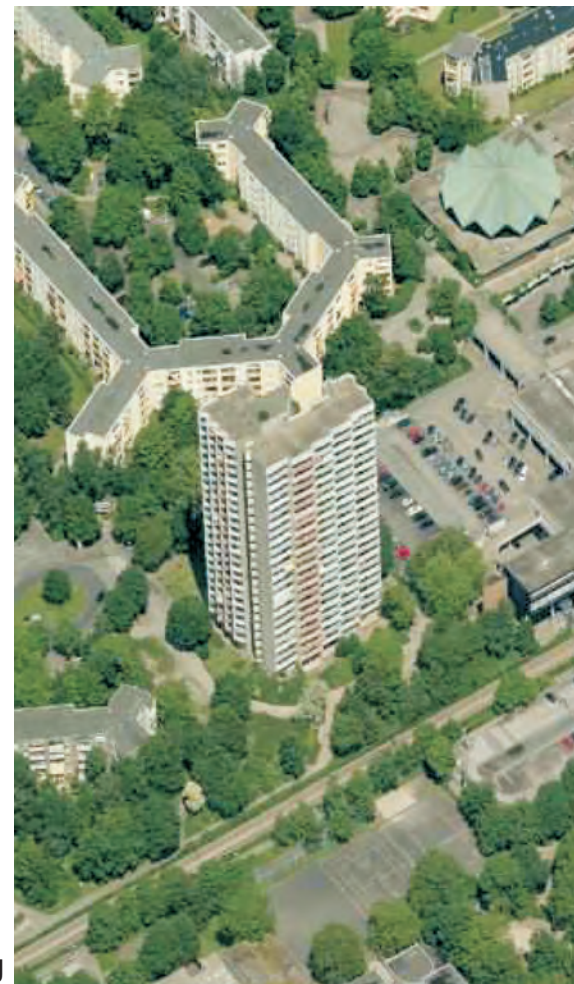


Abb. 15.1 Baustrukturen im Stadtgebiet von Mannheim
Einzel-, Reihen-, Zeilen- und Hochhausbebauung



**Einzel-, Reihen-
und Zeilennhausbebauung**



Hochhausbebauung

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim

Aufnahmen: www.mannheim.de

Abb. 15.2 Baustrukturen im Stadtgebiet von Mannheim
Dichte Blockbebauung, Industrie-/Gewerbeflächen



**Dichte Blockbebauung,
Citybebauung**



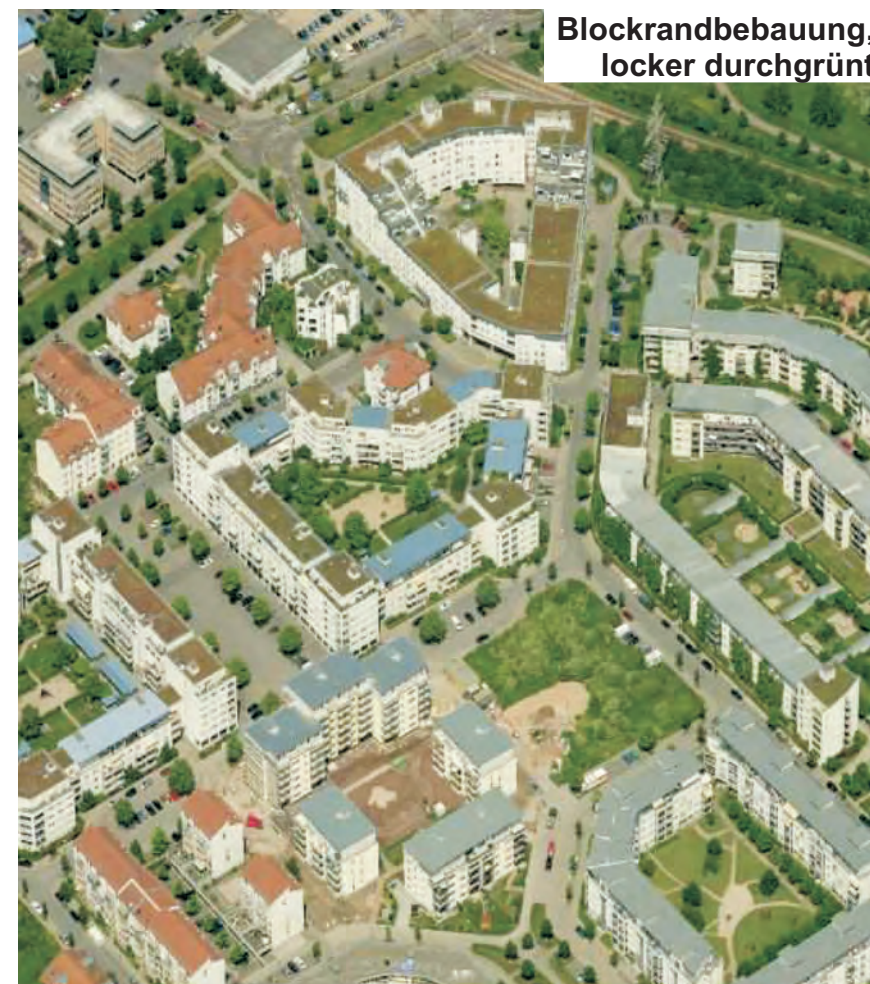
**Industrie-/
Gewerbeflächen**

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim

Aufnahmen: www.mannheim.de

Abb. 15.3 Baustrukturen im Stadtgebiet von Mannheim
Ortskernbebauung, Blockrandbebauung locker durchgrünt

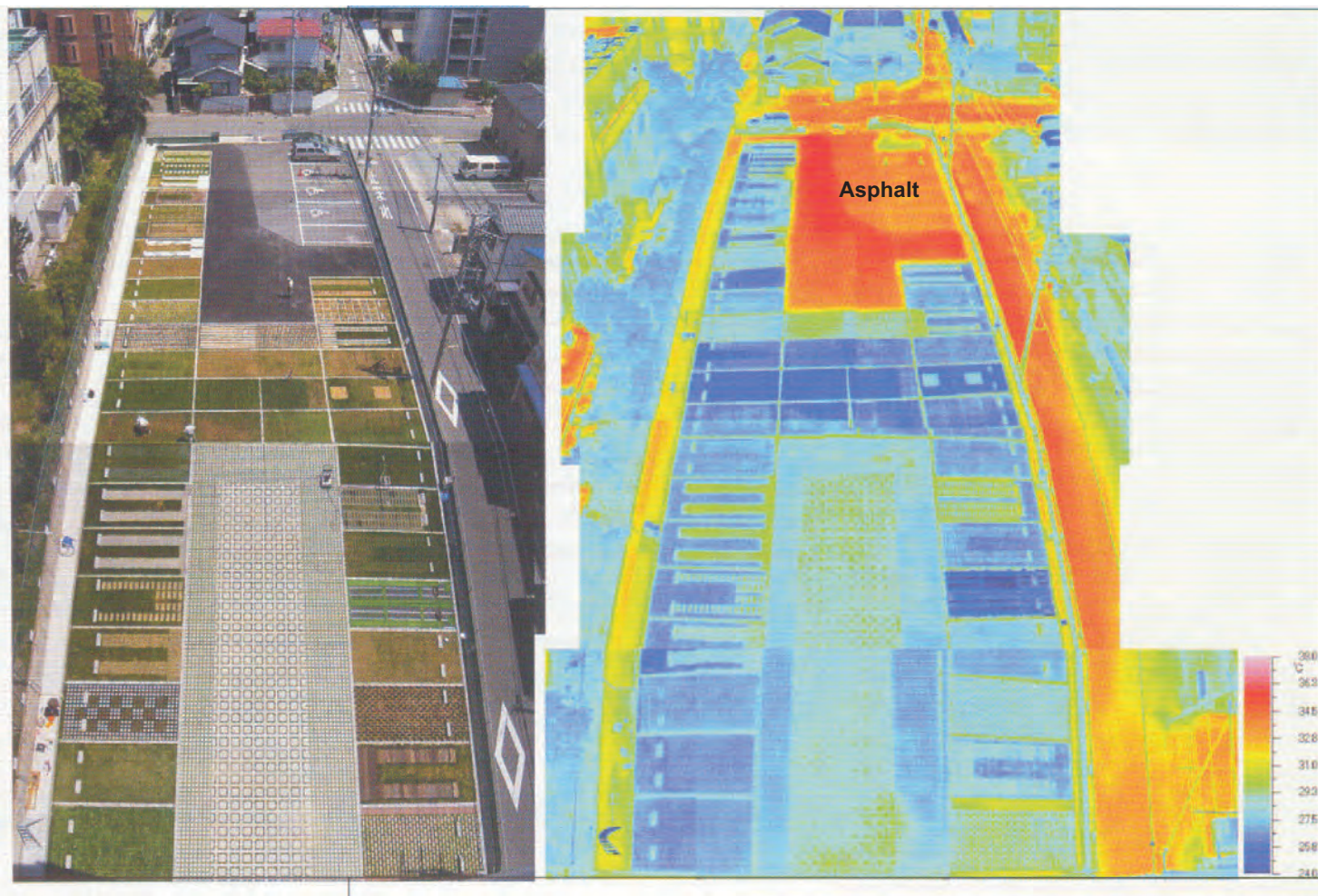


Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinistraße 1
68161 Mannheim

Aufnahmen: www.mannheim.de

Abb. 16 IR-Thermalbild eines Testfeldes mit unterschiedlichen Belägen für Parkplätze

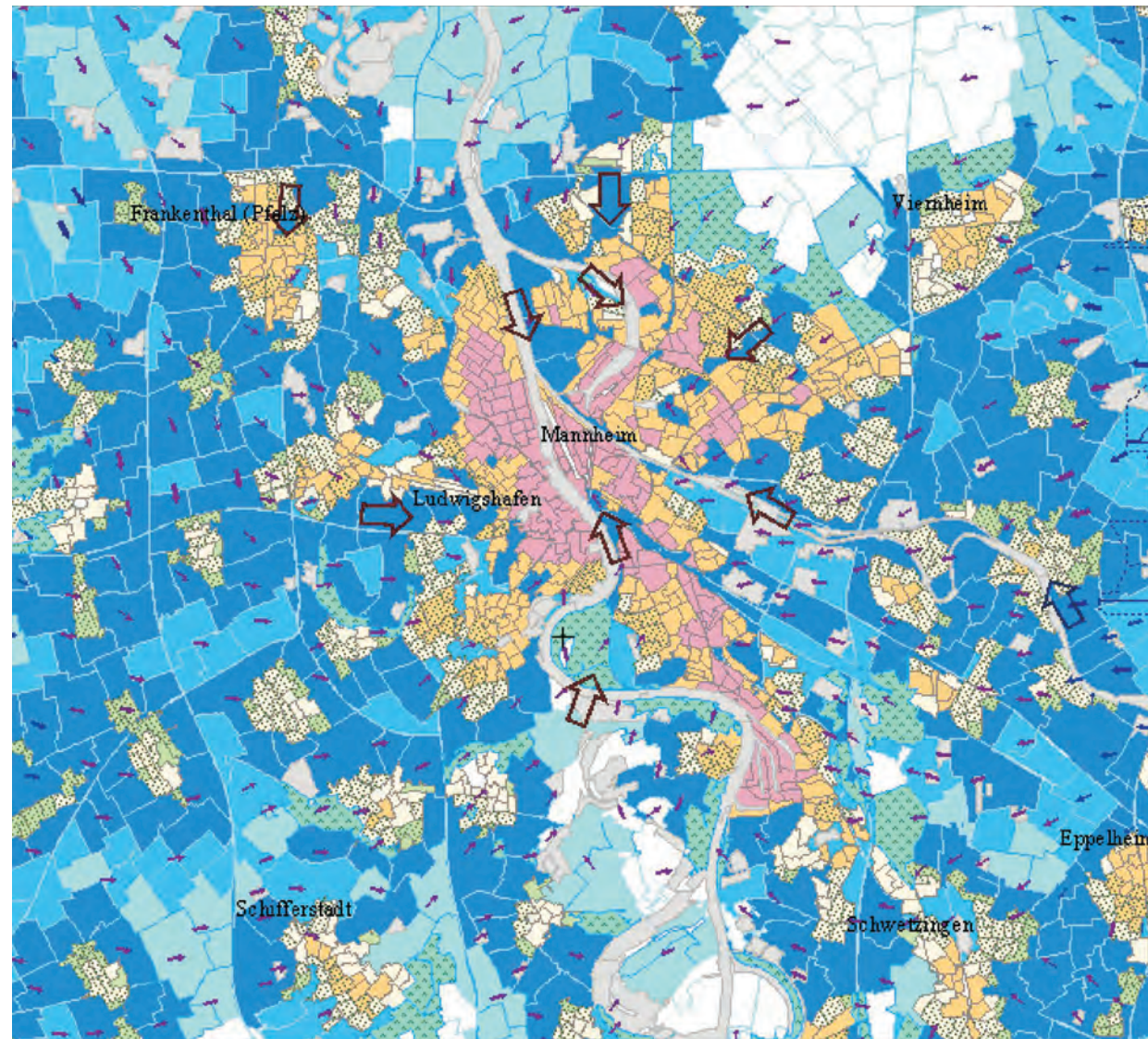


aus: Baumüller, J. (2008)

Projekt:
Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:
Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Abb. 17 Klimabewertungskarte / Kaltluftbewegung
Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Grün- und Freiflächen

- Geringe bis mittlere klimaökologische Bedeutung
- Mittlere bis hohe klimaökologische Bedeutung
- Hohe bis sehr hohe klimaökologische Bedeutung
- Klimaökologisch bedeutsame Waldflächen in Siedlungsnähe

Siedlungsräume

- Ungünstige bioklimatische Verhältnisse
- Weniger günstige bioklimatische Verhältnisse
- Günstige bioklimatische Verhältnisse
- Sehr günstige bioklimatische Verhältnisse
- Einwirkungsbereich der autochthonen Strömungssysteme innerhalb der Bebauung



Luftleitbahnen

Strömungsrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen

aus: ÖKOPLANA/GEONET (2009E)

Projekt:

Stadtklimaanalyse Mannheim 2009

Auftraggeber:

Stadt Mannheim
 Fachbereich Städtebau
 Collinstraße 1
 68161 Mannheim

