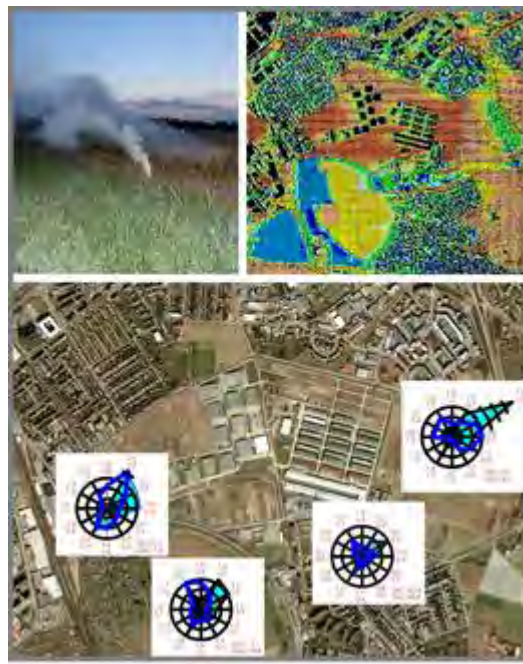


ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN MANNHEIM GRÜNZUG NORDOST / SPINELLI-BARRACKS + BUNDESGARTENSCHAU 2023



Auftraggeber:

STADT MANNHEIM

FB Stadtplanung
Postfach 10 00 35
D-68133 Mannheim

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
Dr. Wolfgang Lähne

Mannheim, den 25. Oktober 2013

ÖKOPLANA
Seckenheimer Hauptstraße 98
68239 Mannheim
Telefon: 0621/474626 · Telefax 475277
E-Mail: info.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 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Planungsgebiet Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks und erste Planungsentwürfe	5
3 Untersuchungsmethodik	7
4 Allgemeine Anmerkungen zu den Begriffen Stadtklima, Kaltluft und Flurwind	8
5 Klimaökologische Funktionsabläufe	11
5.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Mannheim	11
5.2 Ergebnisse ortsspezifischer Klimaaufnahmen	14
5.2.1 Strömungsgeschehen und Ventilation	17
5.2.1.1 Ergebnisse stationärer Messungen	17
5.2.1.2 Ergebnisse mobiler Messungen	21
5.2.1.3 Ergebnisse von Kaltluftsimulationsrechnungen	22
5.2.2 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen	24
5.2.2.1 Ergebnisse der IR-Thermalkartierung von 2009	24
5.2.2.2 Verteilung der Lufttemperatur im Bereich des Grünzugs Nordost und in dessen Umfeld – Ergebnisse mobiler Messungen von 2009	27
5.2.2.3 Verteilung der Lufttemperatur im Bereich des Grünzugs Nordost und in dessen Umfeld – Ergebnisse mobiler und stationärer Messungen von 2013	30
5.3 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Bereich des Grünzugs Nordost / Spinelli-Barracks	31
6 Numerische Modellrechnungen als Grundlage zur klimaökologischen Bewertung möglicher Flächennutzungsänderungen im Bereich der Spinelli-Barracks	35

6.1	Ergebnisse von Kaltluftströmungsberechnungen	36
6.2	Ergebnisse von mikroskaligen Windfeldberechnungen	37
6.2.1	Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen	38
6.2.2	Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen	40
6.2.3	Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen	41
6.3	Ergebnisse von mikroskaligen Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen	42
7	Zusammenfassende klimaökologische Bewertung des vorgelegten Planungskonzepts sowie Planungsempfehlungen zur Gestaltung des Grünzugs Nordost	45
	Quellenverzeichnis / weiterführende Literatur	51

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Grünzuges Nordost im Mannheimer Stadtgebiet - Freiraumstruktur
- Abb. 2.1:** Auszug aus dem Flächennutzungsplan 2015/2020 des Nachbarschaftsverbandes Heidelberg-Mannheim
- Abb. 2.2:** Legende - Flächennutzungsplan 2015/2020 des Nachbarschaftsverbandes Heidelberg-Mannheim
- Abb. 3:** Luftbild – Spinelli-Barracks
- Abb. 4:** Topografie im Untersuchungsgebiet Grünzug Nordost / Feudenheimer Au und in dessen Umfeld
- Abb. 5.1:** Potenzieller Freiraumring Mannheim Nord – Nordost
- Abb. 5.2:** Potenzielle Parkfolge bei Entwicklung eines durchgängigen Grünzuges Nordost (= Teil des „Konversionsgrünzuges“)
- Abb. 5.3:** Klimaökologisch optimierte Zielvorstellung zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzuges Nordost
- Abb. 6:** Das Bioklima der Bundesrepublik Deutschland. Zeitraum 1971 – 2000
- Abb. 7:** Repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik für den Raum Mannheim. DWD-Station Mannheim-Vogelstang
- Abb. 8:** Standorte temporärer Klimamessstationen 2013
- Abb. 9.1:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, alle Tage
- Abb. 9.2:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, 1. und 2. Tageshälfte
- Abb. 9.3:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, 1. und 2. Nachthälfte
- Abb. 10.1:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, Strahlungstage

- Abb. 10.2:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, Strahlungstage / 1. und 2. Tageshälfte
- Abb. 10.3:** Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai – September 2013, Strahlungstage / 1. und 2. Nachthälfte
- Abb. 10.4:** Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeitsstufen. Zeitraum Mai – September 2013, Strahlungstage
- Abb. 11:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum: Mitte August – Ende November 2001, Strahlungstage
- Abb. 12:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Zeitraum: Oktober 1988 – Oktober 1989, Strahlungstage
- Abb. 13:** Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 15./16.07.2013
- Abb. 14:** Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 07.07. und 15./16.07.2013
- Abb. 15.1:** Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 – fotografische Dokumentation. Standort: Feudenheimer Au
- Abb. 15.2:** Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 – fotografische Dokumentation. Standort: Talstraße
- Abb. 15.3:** Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 – fotografische Dokumentation. Standort: Grünzug Nordost / Stationsstandort
- Abb. 16.1:** Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (2 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 16.2:** Kaltluftvolumenstrom (02:00 Uhr) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 17:** IR-Thermalbildaufnahme vom 31.08.2009 – Abendsituation (20:00 – 21:00 Uhr)

- Abb. 18.1:** Isothermenkarte vom 31.08.2009, 22:00 Uhr
- Abb. 18.2:** Isothermenkarte vom 01.09.2009, 05:00 Uhr
- Abb. 19:** Profile der Lufttemperatur nach Messfahrten am 31.08./01.09.2009
- Abb. 20.1:** Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrten am 15.07.2013, 22:30 Uhr
- Abb. 20.2:** Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrten am 15.07.2013, 00:00 Uhr
- Abb. 21:** Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur. Datenkollektiv: Strahlungstage im Zeitraum Mai – September 2013
- Abb. 22:** Bioklimatische Belastungsstufen innerhalb der Bebauung und Effektivität der Kaltluftentstehung über Freiflächen
- Abb. 23.1:** Plan-Zustand, Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) – Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (2 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 23.2:** Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) zwischen Plan- und Ist-Zustand (02:00 Uhr) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 23.3:** Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Plan- und Ist-Zustand (02:00 Uhr) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen
- Abb. 24.1:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 24.2:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 25.1:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 25.2:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 26.1:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 26.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 27.1:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 27.2:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 28.1:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 28.2:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 29.1:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 29.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.1:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.2:** Ist-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 31.1:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 31.2:** Plan-Zustand – Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.1:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.2:** Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 33:** Beispielhaft modifizierte Thermalbildaufnahme entsprechend der geplanten Flächennutzung. Bezugsaufnahme vom 31.08.2009 – Abendsituation (20:00 – 21:00 Uhr)
- Abb. 34:** Ist-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 35:** Plan-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 36:** Ist-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 37:** Plan-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 38:** Ist-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 39:** Plan-Zustand – Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 40:** Planungsempfehlungen zur Abstandstiefe Spinelli-Bebauung / Käfertal – Im Rott
- Abb. 41:** Beispiele klimaökologisch vorteilhafter Grün- und Geländestructuren im bereits bestehenden Grünzug Nordost
- Abb. 42:** BUGA Flächenplanung, Teilfläche Spinelli-Barracks Süd
- Abb. 43:** Geplantes BUGA-Gelände - Teilräume

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Stadt Mannheim befasst sich derzeit mit der Planung für eine Bundesgartenschau im Jahr 2023. Mit Hilfe der Bundesgartenschau soll die Konversionsfläche „Spinelli-Barracks“ neu überplant werden und in den Grünzug Nordost, der sich von den Vogelstang-Seen/Freiraum zwischen Feudenheim und Wallstadt über die Au, das Kleingartengelände Sellweiden, den Sportpark Pfeiferswörth, den Neckar/Maulbeerinsel und den Luisenpark bis in die Innenstadt von Mannheim erstreckt, integriert werden (**Abbildung 1**).

Im Rahmen des anstehenden Planungsverfahrens sind neben städteplanerischen und ökologischen Aspekten auch stadtklimatische Belange zu berücksichtigen. Wie zuletzt die Stadtklimaanalyse Mannheim 2010 (ÖKOPLANA 2010) dokumentiert hat, bilden die Spinelli-Barracks derzeit eine thermische und strömungsdynamische Barriere zwischen dem Freiraumgefüge Feudenheim/Wallstadt - Vogelstang/Käfertal und den innenstadtnahen Vegetationsflächen Au / Sellweiden.

Kann die Barriere („Missing Link“) in klimaökologisch vorteilhafter Art und Weise aufgebrochen werden, wie im Rahmen einer Klimastudie von DR. SEITZ / ÖKOPLANA (1977)¹ bereits angeregt, ist in den angrenzenden Stadtteilbereichen mit einer langfristigen Stabilisierung günstiger bioklimatischer (z.B. rasche abendliche Abkühlung, Frischluftentstehung) und strömungsdynamischer (z.B. intensiverer Luftmassenwechsel mit Reduktion von Luftschadstoffanreicherungen) Umgebungsbedingungen zu rechnen.

Neben der Entwicklung neuer vegetationsbedeckter Freiräume mit dem Spinelli-Gelände als zentraler Freifläche sind im Zuge der Planungen zur Bundesgartenschau 2023, die das Spinelli-Areal und Teile der Au umfassen, aber auch städtebauliche Fortentwicklungen (Käfertal-Süd, Fortentwicklung des Gewerbegebietes entlang der Talstraße, Kunstpark / Betriebshof im Bereich der Spinelli-Barracks) angedacht, deren klimatische Auswirkungen den Positiveffekten der neu entwickelten Freiräume gegenüberstehen.

¹ **DR. SEITZ/ÖKOPLANA (1977):** Gutachten über die klimatischen Folgeerscheinungen durch das potentielle Baugebiet „Die Bell“. Mannheim.

Von klimaökologischer Bedeutung wird auch die zukünftige Lage des Straßenzugs Am Aubuckel sein, der laut Planungsüberlegungen zur BUGA 2023 an der Geländekante zur Au einem „Panoramapark“ weichen könnte.

Mit einem projektbezogenen vertiefenden Klimagutachten, das zunächst die ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe kleinräumig analysiert, sollen daher folgende Fragen geklärt werden:

- Wie sollte eine klimaökologisch wirksame funktionale Verknüpfung der Freiraumpotenziale östlich der Spinelli-Barracks mit den innenstadtnahen Freiräumen Au / Sellweiden / Luisenpark im Westen ausgebildet sein (Freiraumdimensionen, Flächennutzung / Vegetationstypen).
- Wie wirken sich unterschiedliche Flächennutzungstypen (z.B. Wasserflächen, Gehölzriegel, Erschließungswege, unterschiedlich dichte Bebauungsstrukturen in den Bereichen Talstraße, Käfertal-Süd/Im Rott, BUGA-Gelände) auf die Funktionalität des Freiraumgefüges aus.

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der derzeitigen klimaökologischen Situation im Planungsumfeld des potenziellen BUGA-Geländes sowie zur Abschätzung des Einflusses vorgesehener Flächennutzungsänderungen auf das örtliche klimatische Wirkungsgefüge erfolgt zunächst eine kleinräumige Bestandsaufnahme der örtlichen Situation. Dabei wird zum einen auf vorhandene Klimadaten früherer Klimauntersuchungen zurückgegriffen (u.a. Stadtklimaanalyse Mannheim 2010), zum anderen werden mit Hilfe stationärer Messungen (vier Klimamessstationen – Lufttemperatur/Wind - in den Bereichen LSG Feudenheimer Au, Am Aubuckel, Talstraße und Grünzug Nordost) und Rauchschwadenbeobachtungen / mobile Temperaturmessungen die kleinklimatischen Kenntnisse aktualisiert und vertieft.

Zur Erarbeitung von Planungsempfehlungen werden auf Grundlage vorgelegter Planungskonzepte mit Hilfe von Modellrechnungen die kleinklimatischen Folgeerscheinungen einer potenziellen Flächennutzungsänderung (z.B. Grünflächen und Kunstpark im Bereich der Spinelli-Barracks, potenzielle bauliche Arrondierung Käfertal-Süd, BUGA-spezifische Anlagen/Wasserflächen) auf die Gunstwirkung des Grünzugs bilanziert.

Wie Veröffentlichungen der LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) – siehe www.lubw.baden-wuerttemberg.de - dokumentieren, muss im Zuge des prognostizierten Klimawandels, der in Deutschland und somit auch in der Region Rhein-Neckar u.a. mit einem Anstieg bioklimatisch belastender Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) einhergehen wird, den stadtklimatischen Verhältnissen verstärkte Beachtung geschenkt werden.

Dies schlägt sich bereits in den Forderungen des BauGB und des BNatSchG Rechnung nieder.

So wurde am 30.07.2011 das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ (BauGB-Klimaschutznovelle) in Kraft gesetzt. § 1 Abs. 5 BauGB Satz 2 wurde wie folgt neu gefasst:

Sie (= Bauleitpläne) sollen dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern sowie die städtebauliche Gestalt und das Orts- und Landschaftsbild baukulturell zu erhalten und zu entwickeln.

Dem § 1a BauGB wurde zudem folgender Abs. 5 zugefügt:

Der Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden (= klimagerechte Stadtentwicklung). Der Grundsatz nach Satz 1 ist in der Abwägung nach § 1 Abs. 7 zu berücksichtigen.

Ebenso weist Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) dem Klimaschutz hohe Bedeutung zu. § 1 Abs. 3 (4) formuliert:

Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sind insbesondere (...) Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen;.....

Bezüglich des Stadtklimas hat auch der DEUTSCHE STÄDTETAG (2012) in seinem Positionspapier „*Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte*“ in Anbetracht der prognostizierten stadtklimatischen und wasserhaushaltlichen Veränderungen im Lebensraum Stadt gegensteuernde Maßnahmen vorgeschlagen.

Zum Beispiel:

- Im gesamten Stadtgebiet sollten die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen ermittelt, erhalten und in ihrer Funktionsfähigkeit entwickelt und verbessert werden.
- Die innerstädtischen Grün- und Freiflächen sollten über „grüne Strahlen und Speichen“ als Biotopverbindungen mit dem Umland verbunden werden.
- Neue Parkanlagen (z.B. auf Konversionsflächen) schaffen Erholungsflächen und verbessern das lokale Klima im Stadtquartier.

Im Rahmen des Klimagutachtens werden somit nachfolgende Schwerpunkte gesetzt:

- Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens.
- Qualitative und quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen Freiflächen und Bebauung sowie der zu erwartenden thermischen/bioklimatischen Veränderungen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld mit Hilfe meso- und mikroskaliger Modellrechnungen.
- Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer, bioklimatischer/thermischer Umgebungsbedingungen.

2 Planungsgebiet Grünzug Nordost / Spinelli-Barracks und erste Planungsentwürfe

Durch die Aufgabe des ca. 80.9 ha großen Kasernenareals „Spinelli Barracks“ (**Abbildung 1**) besteht die Möglichkeit, den Grünzug Nordost, der sich von den Vogelstang-Seen/Freiraum zwischen Feudenheim und Wallstadt über die Au, das Kleingartengelände Sellweiden, den Sportpark Pfeifferswörth, den Neckar/Maulbeerinsel und den Luisenpark bis in die Innenstadt von Mannheim erstreckt, als durchgängiges „Grünband“ fortzuentwickeln.

Wie der aktuelle Flächennutzungsplan des NV Heidelberg-Mannheim (**Abbildungen 2.1, 2.2**) verdeutlicht, grenzen an den Grünzug Nordost überwiegend Wohnbauflächen an, die von der klimaökologischen Gunstwirkung der Grünflächen profitieren. Die Spinelli-Barracks (siehe auch **Abbildung 3**), die innerhalb des Grünzugs Nordost derzeit eine strömungsdynamisch (erhöhte Oberflächenrauigkeit) und thermisch („kleinräumige Wärmeinsel“) negativ wirkende Barriere darstellen (Breite in Süd-Nord-Richtung ca. 865 m), sind bzgl. ihrer Flächennutzung von größeren Hallenbauten und großflächigen Stellplatzarealen gekennzeichnet. Die Stellflächen sind betoniert/asphaltiert oder mit Schotterrasen (ansatzweise begrünt) bedeckt. In Teilbereichen liegen Magerrasenflächen vor. Die Hallen sind 1-geschossig. Die Kasernengebäude im südlichen Teilbereich sind überwiegend 2- bis 3-geschossig (+ Dachgeschoss).

Wie anhand der **Abbildung 4** verdeutlicht wird, ist das Gelände im Bereich der Spinelli-Barracks weitgehend eben.

Nördlich der Spinelli-Barracks schließen die Wohngebiete Käfertal-Süd und Im Rott an. An der Südostgrenze des Kasernengeländes befindet sich das kleingliedrig gestaltete Gewerbegebiet Talstraße.

Die südliche Begrenzung bildet die Verkehrsachse Wingertsbuckel mit der Wohnbebauung Feudenheim.

Im Bereich Am Aubuckel südwestlich der Spinelli-Barracks besteht ein auffällender Geländesprung (von ca. 98 m ü.NN auf ca. 90 – 94 m ü. NN) in Richtung LSG Feudenheimer Au.

Die *Machbarkeitsstudie Freiraum Rhein-Neckar, Bundesgartenschau 2023* des Büros SINAI (2012) zeigt auf, dass sich u.a. mit Hilfe der BUGA 2023 (Kerngebiet der BUGA ca. 55 ha) im Nordosten und Norden von Mannheim ein „Freiraumring“ entwickeln ließe, von welchem aus der Grünzug Nordost als durchgängige Freiraumachse bis in die Mannheimer Innenstadt abzweigen würde (**Abbildungen 5.1 und 5.2**).

Mit diesem Konzept könnten die vom DEUTSCHEN STÄDTETAG (2012) vorgeschlagenen Maßnahmen (u.a. Kaltluftschneisen in ihrer Funktionsfähigkeit entwickeln und verbessern, innerstädtischen Grün- und Freiflächen über „grüne Strahlen und Speichen“ als Biotopverbindungen mit dem Umland verbinden) zur langfristigen Sicherung günstiger stadtklimatischer Bedingungen umgesetzt werden.

Im Zuge der Fortentwicklung des Grünzugs Nordost sind neben großflächigen Begrünungsmaßnahmen aber auch städtebauliche Ergänzungen vorgesehen. So zeigen Studien des Büros SINAI (**Abbildung 5.3**), dass bauliche Arrondierungen im Bereich Käfertal-Süd zusätzliches qualitativ hochwertiges Wohnen erlauben würde. Im Bereich des Kasernengeländes bieten sich bestehende Gebäude an, u.U. einen Kunstpark, eine Indoor-Skateranlage etc. zu realisieren. Der Grünzug würde zwischen Kunstpark und Arrondierung Käfertal-Süd eine Breite von ca. 400 m aufweisen.

Inwiefern diese baulichen Maßnahmen einem klimaökologisch optimierten Grünzug mit einer Breite von 600 m (Zielgröße) entgegenstehen und diesen in seiner klimaökologischen Wirksamkeit einschränkt, ist nachfolgend zu analysieren und zu bewerten.

In der Feudenheimer Au wird im Planungskonzept des Büros SINAI im Bereich der ehemaligen Neckarschleife die Anlage eines naturnahen Augewässers vorgeschlagen, um die Biotopfunktion des Landschaftsschutzgebietes weiter aufzuwerten.

3 Untersuchungsmethodik

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

Dabei wird zum einen auf Erkenntnisse aus vorliegenden Stadtklimauntersuchungen zurückgegriffen (u.a. ÖKOPLANA 2002/2010, ÖKOPLANA / GEONET-UMWELCONSULTING GMBH 2009), zum anderen werden Ergebnisse zusätzlicher stationärer und mobiler Messungen (Windfeld, Lufttemperatur) analysiert.

Vertiefende Kaltluftsimulationen mit dem Modell KLAM_21² dienen zur Aktualisierung und Vertiefung der Datenlage.

In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen (Modellpakete MISKAM und ENVI-met)³ die kleinräumigen Strömungsverhältnisse und die thermischen Umgebungsbedingungen im Planungsgebiet analysiert, um die vorhandenen klimatischen Positiv- bzw. Negativeffekte aufzuzeigen. Grundlagen bilden der Ist-Zustand sowie ein potenzieller Plan-Zustand (**Abbildung 5.3**).

Die eingesetzten Modelle KLAM_21, MISKAM und ENVI-met entsprechen dem Stand der Technik, sind langjährig geprüft und von der VDI anerkannt.

² **DEUTSCHER WETTERDIENST (2005):** Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 277. Offenbach a. M.

³ **GIESE-EICHHORN (2009/2012):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.
Das Rechenmodell MISKAM ist ein dreidimensionales, nichthydrostatisches Strömungsmodell, das laut eines Forschungsberichtes des Landes Baden-Württemberg die Charakteristika der Strömungs- und Konzentrationsverteilung sehr gut wiedergibt.

BRUSE, M. (2002/2012): ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

4 Allgemeine Anmerkungen zu den Begriffen Stadtklima, Kaltluft und Flurwind

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 tagsüber in den Baumaterialien von Gebäuden, Straßen 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°C 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°C 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.

In wolkenlosen, windschwachen Nächten kühlt sich der Erdboden und die darüber liegende bodennahe Luft aufgrund der ungehinderten langwelligen Ausstrahlung und der abgeschwächten vertikalen Durchmischung der bodennahen Luftschichten verstärkt ab. Es kommt, abhängig von der Flächennutzung, zu sog. Kaltluftbildung unterschiedlicher Intensität (siehe **Tabelle 1**).

Tabelle 1: Kaltluftproduktionsraten unterschiedlicher Flächennutzungstypen
 (ÖKOPLANA 2010)

Nutzung	Kaltluftproduktionsrate in m ³ /m ² -Std.
Forstwirtschaftsfläche	9
Landwirtschaftsfläche	12 - 15
Grünfläche	9 - 15
Parkfläche	6
Kleingärten	6
Friedhofsfläche	6
Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen	3
Sport-/Freizeitfläche	3 - 6
Wasserfläche	0

Während die Kaltluft in reliefiertem Gelände infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes dem Gefälle (Hangneigung > 1 – 2°) folgend abfließt, stagniert Kaltluft in ebenem Gelände.

Allein durch den zusätzlichen Bewegungsimpuls über regionale Luftströmungen und / oder durch die Druckdifferenz zwischen warmen Siedlungskörpern (tiefer Luftdruck) und kühlen Freiräumen (hoher Luftdruck), die sog. Flurwinde initiiert, kann sich die Kaltluft in Bewegung setzen.

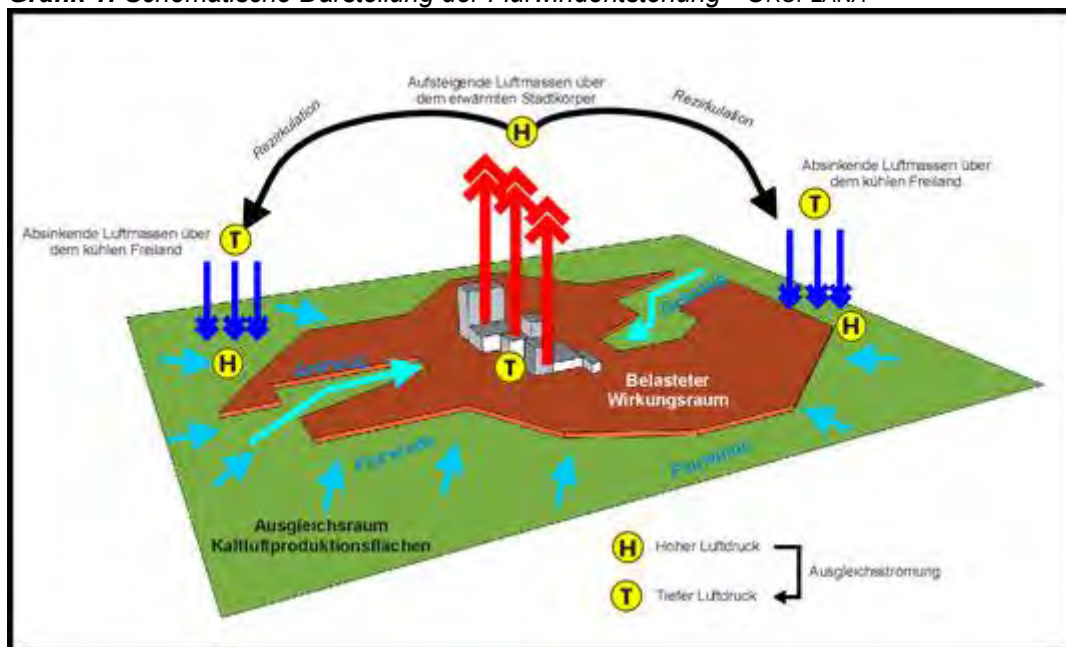
Flurwindartige Luftaustauschbewegungen vollziehen sich schon bei Lufttemperaturunterschieden von 3°C (ÖKOPLANA 1977). Die absolute Temperatur der Luft spielt dabei keine wesentliche Rolle. D.h. ob sich ein Unterschied von 10 K zwischen +30°C und +20°C warmer Luft oder zwischen 10° und 0°C einstellt ist nur wenig relevant. Aus diesem Grund können sich Kaltluftbewegungen und Kaltluftströmungssysteme das gesamte Jahr über in ähnlicher Struktur und in nur leicht variierender Intensität ausbilden (IMA 2013).

Die Ausbildung siedlungsklimatisch relevanter Flurwinde (mittlere Windgeschwindigkeit unter 1.0 m/s) ist an hindernisarmen Leitbahnen geknüpft, die in Stadträumen idealerweise radial auf das überwärmte Zentrum gerichtet sind (**Grafik 1**). Laut REGIONALVERBAND RUHR (2010) sollten die Ventilationsbahnen eine areodynamische Rauigkeit von $z_0 \leq 0.5$ m aufweisen.

Die Breite dieser Kaltlufttransportbahnen soll laut BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979) wenigstens 400 bis 500 m betragen. Erst eine Breite in dieser Größenordnung macht es möglich, dass sich in weitgehend ebenem Gelände ein Kaltluftvolumenstrom von über 10.000 m³/s entwickelt. Dieser ist laut VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (2003) erforderlich, damit die Kaltluft in die Zentren der Stadt- und Siedlungskörper einzudringen vermag⁴.

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.

Grafik 1: Schematische Darstellung der Flurwindentstehung - ÖKOPLANA



⁴ Ein Kaltluftvolumenstrom von 10.000 m³/s ergibt sich bspw., wenn ein 20 m mächtiges Kaltluftpaket mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/s über eine Strömungsbreite von 500 m in die Siedlung vordringt.

5 Klimaökologische Funktionsabläufe

5.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Mannheim

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 → durchschnittlich 61 Tage im Jahr/Zeitraum 1981 - 2010) und eine geringe Anzahl an Frosttagen (67 Tage im Jahr), d. h. der Tage, an denen das Temperaturminimum unter 0 °C liegt, charakterisiert ist. Die Jahresmitteltemperatur beträgt ca. 11°C. Der wärmste Monat ist der Juli mit einer durchschnittlichen Lufttemperatur von ca. 20°C.

Die mittlere Anzahl der Tage mit Wärmebelastung⁵ (**Abbildung 6**) liegt bei 35.1 – 37.5 und somit an der Spitze von Baden-Württemberg. Sie wird infolge des prognostizierten Klimawandels weiter ansteigen. Entsprechend den Prognosen des am POTSDAM INSTITUT FÜR KLIMAFOLGEN-FORSCHUNG (PIK) (2009)⁶ 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.

Aktuell liegen für Mannheim folgende Erkenntnisse vor. Im Zeitraum 1981 – 2010 lag das Temperaturmittel ca. 0.7°C über dem Mittel des Zeitraums 1961 – 1990, der als Referenzzeitraum für die Klimaentwicklung international vereinbart ist (STADT STUTTGART 2010). Für die Wintermonate Dezember – Februar ist eine Zunahme der Lufttemperatur von 0.5°C zu verzeichnen. In den Sommermonaten Juni – August sogar von 0.9°C, was die Tendenz zu verstärkter Wärmebelastung dokumentiert (**Tabelle 2**)⁷.

⁵ 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.

⁶ [HTTP://WWW.PIK-POTSDAM.DE/~WROBEL/SG-KLIMA-3/NAV_BL.HTML](http://www.pik-potsdam.de/~wrobels/sg-klima-3/nav_bl.html)

⁷ Eine mögliche Änderung des Stationsstandortes oder der Messtechnik zwischen 1961 und 2010 wurde im Rahmen der vorliegenden Datenauswertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Vergleich der langjährigen Mittelwerte der Lufttemperatur in °C 1961 – 1990 und 1981 – 2010, Wetterwarte Mannheim-Vogelstang (www.dwd.de)

1961- 1990												
Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Ø
1.2	2.5	5.9	9.9	14.4	17.6	19.5	18.8	15.3	10.4	5.2	2.2	10.2
1981- 2010												
1.8	2.8	6.7	10.7	15.2	18.2	20.3	19.9	15.6	10.7	5.7	2.8	10.9

Innerhalb des Mannheimer Stadtgebietes kommt es durch die differenzierte Flächennutzung vor allem an windschwachen Strahlungstagen zu deutlichen Lufttemperaturgegensätzen. Dies wird anhand der **Tabelle 3** offenbar. Sie zeigt für bioklimatisch besonders relevante Strahlungstage (getrennt für das Sommer- und Winterhalbjahr) die Differenzen der Lufttemperaturminima zwischen der DWD Station Mannheim-Vogelstang (= Grünzug Nordost) und der LUBW Station Mannheim-Mitte (Stadtzentrum).

Tabelle 3: Vergleich der Lufttemperaturminima-Differenzen (in K) zwischen der 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%	34.8%	27.0%	13.5%

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 vorherrschende Windrichtung in Mannheim ist Süd bis Südwest (**Abbildung 7**), 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 Durchlüftung⁸ gesprochen werden kann.

Die vorliegenden Winddaten aus Mannheim dokumentieren, dass mittlere Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s, die eine intensive bodennahe Durchlüftung ermöglichen, vorwiegend in den Wintermonaten bzw. in den Übergangsjahreszeiten auftreten. Im Sommer schwächt sich die Intensität der bodennahen Ventilation deutlich ab, was zusammen mit hohen Lufttemperaturen (Sommertage mit Lufttemperaturen $\geq 25^{\circ}\text{C}$) vermehrt zu bioklimatischen Belastungen führt.

Die niedrigen Windgeschwindigkeiten im Raum Mannheim sind mit ein Grund, weshalb sich häufig Inversionen (> 225 Tage im Jahr) einstellen. Für die Luftbelastung und die Luftfeuchtigkeit sind Inversionen von großer Bedeutung, da der vertikale Luftaustausch nahezu zum Erliegen kommt. Eine verstärkte Luftschadstoffakkumulation und vermehrte Nebelbildung sind die Folgen. Eine Frischluftzufuhr erfolgt dann nur noch über die Grünzüge.

⁸ 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).

5.2 Ortsspezifische Klimamessungen

Zur Aktualisierung der Datenlage in den bioklimatisch besonders relevanten Sommermonaten wurden im Rahmen des Klimagutachtens stationäre und mobile Messungen durchgeführt.

Im Umfeld der Spinelli-Barracks wurden vier kontinuierlich registrierende Klimamessstationen installiert, die zwischen Mai und September 2013 die Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur aufzeichneten. Die Lage der Messstationen kann der **Abbildung 8** entnommen werden.

Messstationen:

- Station 1 Grünzug Nordost** [101 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 5.5 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Die Station befindet sich östlich der Spinelli-Barracks im zentralen Bereich des Grünzugs Nordost und beschreibt die Klimaverhältnisse in offener Feldlage.
- Station 2 Talstraße** [100 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 5.0 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Die Messstation befindet sich in der Talstraße auf Höhe des Parkplatzes Bürgerpark. Die erfassten Daten zeigen das Klimageschehen im Nahbereich der Spinelli-Barracks und des GE Talstraße.
- Station 3 Aubuckel** [99 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 5 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Die Station befindet sich westlich der Spinelli-Barracks am Straßenrand der Verkehrsachse Am Aubuckel. Die Messdaten geben Auskunft über die Klimaverhältnisse am Westrand der Spinelli-Barracks.
- Station 4 Feudenheimer Au** [94 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 5.5 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Die Station wurde im LSG Au auf einer Wiese installiert und spiegelt das dortige Windfeld und die thermische Situation wider.

Profilmessfahrten zur Erfassung der bodennahen Lufttemperatur und Rauchschwadenbeobachtungen geben vertiefend Aufschlüsse über mögliche Flurwindeffekte entlang des Grünzugs Nordost.

Die nachfolgende statische Auswertung der stationär erfassten Klimadaten basiert auf dem Datenmaterial des Messzeitraums Mai – September 2013.

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 (1981 - 2010).

Wie ein Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung belegt, ergeben sich zwischen den beiden Zeiträumen keine gravierenden Unterschiede (**Abbildung 7, Abbildung 9.1**).

In beiden Zeiträumen dominieren südliche bis südwestliche und nordwestliche bis nördliche Windrichtungen. Höchste Windgeschwindigkeiten sind in beiden Messzeiträumen bei südwestlichen Winden zu messen.

Der Verlauf der mittleren Lufttemperatur, der Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer während des Untersuchungszeitraumes 2013 (**Tabelle 4**) zeigt im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1981-2010) des Deutschen Wetterdienst teilweise Abweichungen.

Deutlich wärmer (+2.1°C) und trockener (20%) sowie sonnenscheinreicher (135%) als im langjährigen Mittel zeigte sich der Monat Juli.

Demgegenüber war insbesondere der Monat Mai zu kühl (-2.3°C), zu nass (230%) und zu sonnenarm (54%). Die Monate Juni und August entsprachen näherungsweise den langjährigen Mittelwerten. Auch der Monat September zeigte bzgl. der Lufttemperatur einen mit dem langjährigen Monatsmittel vergleichbaren Wert.

Die Ergebnisse spiegeln somit insgesamt die Situation bei durchschnittlicher bioklimatischer Belastung wieder.

Der Tageshöchstwert an der Station *Grünzug Nordost* lag im Untersuchungszeitraum bei 36.3°C (27.07.2013).

Tage, bei denen sich lokale und regionale Klimateffekte ausgeprägt darstellen, traten im Untersuchungszeitraum Mai - September an ca. 28% der Tage auf. Dies entspricht weitgehend dem langjährigen Mittel von ca. 25 - 30% der Tage im Jahr.

Tabelle 4: *Monatliche Mittelwerte 2013 und deren Abweichung vom langjährigen Mittel (1981-2010) für die Wetterstation Mannheim*

Monat	Mitteltemperatur in °C		Niederschlag in mm		Sonnenscheindauer in Std.	
	u. Abweichung in °C		u. in % vom Mittel		u. in % vom Mittel	
2013						
Mai	12.9	-2.3	168	230	115	54
Juni	17.8	-0.4	93	139	213	97
Juli	22.4	+2.1	15	20	318	135
August	19.8	-0.1	58	0	225	101
September	15.6	±0.0	77	143	140	85
Gesamtzeit- raum	17.7 °C	-0.7 °C	411 mm	106%	1011 Std.	94%

Quelle: Deutscher Wetterdienst

5.2.1 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 bioklimatischer Belastungen mitbestimmt.

Wie Windmessungen u.a. von LÄHNE (1992) und ÖKOPLANA (2001) in Mannheim dokumentieren, wird das Strömungsgeschehen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch

- die Leitlinienwirkung des Oberrheingrabens
- die sich zwischen Stadtbebauung und umliegendem Freiraumgefüge ausbildenden Lokal- und Regionalströmungen (u.a. Flurwindeffekte entlang von Grünzügen)
- die örtliche Flächennutzung

geprägt.

5.2.1.1 Ergebnisse stationärer Messungen

Zur Dokumentation des lokalen Strömungsgeschehens entlang des Grünzugs Nordost werden der Gesamtmesszeitraum (Mai – September 2013) sowie als eigenständiges Datenkollektiv die Strahlungstage ausgewertet, analysiert und für die einzelnen Stationsstandorte 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 Doppelwindrosen⁹ für jeweils 30-Grad Sektoren getrennt für Tag- und Nachtstunden dargestellt. Durch die Aufteilung in verschiedene Tagesintervalle wird das ortsspezifische, tagesperiodisch wechselnde Strömungsgeschehen verdeutlicht.

⁹ 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 an den einzelnen Stationen für das Datenkollektiv „alle Tage“ (**Abbildungen 9.1** und **9.2**) verdeutlicht, 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 an allen Stationsstandorten südwestliche und nordwestliche bis nordöstliche Windrichtungen überwiegen. Die mittlere Windgeschwindigkeit erreicht dabei in freien Lagen (Stationsstandorte *Grünzug Nordost*, *Feudenheimer Au*) Werte von 2.7 bzw. 2.8 m/s. Am Aubuckel macht sich insbesondere bei Südwestwinden die windabbremsende Wirkung der Bäume entlang des Straßenzugs bemerkbar. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt am Tag 1.7 m/s. Auch am Stationsstandort *Talstraße* wirken der Baumbestand des östlich angrenzenden Bürgerparks und die Oberflächenrauigkeit der Spinelli-Barracks einer intensiven bodennahen Belüftung entgegen. Im Messzeitraum Mai – September 2013 liegt das Windgeschwindigkeitsmittel am Tag bei 1.7 m/s. Die Intensität der Belüftung ist gegenüber freixponierten Lagen um ca. 40% reduziert. Die Barrierewirkungen von Bebauung und dichten Gehölzen für den bodennahen Luftaustausch werden deutlich.

Großflächig niedrige Windgeschwindigkeiten führen u.U. zu erhöhten Luftschadstoffakkumulationen und sommerlichen Wärmestaus.

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

An der Station *Grünzug Nordost*, im zentralen Teilbereich des Freiraums, häufen sich in der ersten Nachthälfte schwache ostnordöstliche Strömungsrichtungen, die auf flurwindartige Ausgleichsströmungen entlang des Grünzugs zwischen dem Freiraumgefüge östlich der BAB A6 und der Stadtbebauung zurückzuführen sind. Derartige Beobachtungen konnten auch bereits bei früheren Untersuchungen (z.B. ÖKOPLANA 1977) gemacht werden.

Auch an den Messstandorten *Talstraße*, *Aubuckel* und *Feudenheimer Au* ist in der ersten Nachthälfte eine leichte Häufung nordöstlicher Richtungskomponenten zu erkennen, die nicht allein auf die großwetterlagenbedingte Grundströmung zurückzuführen ist.

Auffallend ist die große Häufigkeit an Windstillen am Messstandort *Talstraße* (ca. 21% der Nachtstunden). Die Bäume des Bürgerparks und die westlich vorgelagerte Bebauung der Spinelli-Barracks führen zu ausgeprägten Windschatteneffekten.

Bei stadtklimatisch besonders relevanten austauscharmen Hochdruckwetterlagen wird das Ventilationsgeschehen in deutlicher Art und Weise durch lokal- und regional angelegte Luftströmungen bestimmt. Markanteste Erscheinung ist dabei der tagesperiodische Wechsel der Windrichtung, der vor allem an Tagen mit erhöhtem Strahlungseinfluss zu beobachten ist.

Im Verlauf von Strahlungstagen (**Abbildungen 10.1 – 10.4**) kommt es am Tag infolge intensiver Sonneneinstrahlung zu starker Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu starker 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 reduziert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Regional- und Lokalströmungen bestimmt, deren Existenz im Raum Mannheim den Luftaustauschbewegungen zwischen kühlerem Freiland und wärmerer Bebauung (→ Flurwindeffekte) zu verdanken ist.

Das mesoskalige (regionale) Strömungsgeschehen wird durch die sich zwischen Odenwald bzw. Haardt und Rheingraben bildenden Ausgleichsströmungen initiiert und abseits der näheren Hang- und Talmündungsbereiche zunehmend von den klimaökologischen Wechselbeziehungen zwischen größeren Freiräumen und der Bebauung modifiziert.

Den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln (siehe auch **Tabelle 3**) an den einzelnen Stationen ist zu entnehmen, dass am Tag vorwiegend der vorherrschende Gradientwind das ortsspezifische Ventilationsgeschehen bestimmt. Im Verlauf der im Untersuchungszeitraum Mai bis September 2013 aufgetretenen lokalklimatisch relevanten Strahlungstage werden am Tag vorwiegend südwestliche bis südöstliche Luftströmungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten bis 3.2 m/s (Stationen *Grünzug Nordost* und *Feudenheimer Au*) aufgezeichnet. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s (Durchlüftung möglich) treten zu ca. 6 - 8% der Stunden auf. Als Sekundärmaximum sind nordwestliche bis nordöstliche Strömungsrichtungen zu verzeichnen.

Deutlich windschwächer stellen sich die Stationsstandorte *Talstraße* und *Aubuckel* dar. Dort werden im Vergleich zu den Freilandstationen *Grünzug Nordost* und *Au* tagsüber um ca. 33 – 43% niedrigere Durchschnittsgeschwindigkeiten gemessen. Die bremsende Wirkung von dichten Vegetationsbeständen und von Bebauung im Stationsumfeld wird offenbar.

Wie **Tabelle 5** zeigt, nimmt nach Sonnenuntergang an allen Stationsstandorten die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ab und die Häufigkeit nordöstlicher bis östlicher Windrichtungssektoren steigt auffallend an, was vorwiegend auf regional/lokal angelegte Effekte (u.a. Flurwinde) zurückzuführen ist. Es dominieren durchschnittliche Windgeschwindigkeiten unter 1.5 m/s (Belüftung).

Tabelle 5: *Mittlere Windgeschwindigkeiten (m/s) für die Stationsstandorte getrennt nach 1. und 2. Tageshälfte sowie 1. und 2. Nachthälfte - Strahlungstage*

Station	1. TH, 7-12 Uhr	2. TH, 13-18 Uhr	1. NH, 19-23 Uhr	2. NH, 0-6 Uhr	Mittel, 0-23 Uhr
Grünzug Nordost	1.7	2.5	1.4	0.9	1.6
Talstraße	1.2	1.6	0.5	0.3	0.9
Aubuckel	1.1	1.5	0.8	0.6	1.0
Feudenheimer Au	1.9	2.6	1.2	0.7	1.6

Am Stationsstandort *Grünzug Nordost*, ca. 350 m östlich der Spinelli-Barracks, werden zu ca. 49% der Nachtstunden ostnordöstliche bis ostsüdöstliche Luftströmungen registriert, die bodennah Kaltluft in Richtung Spinelli-Barracks transportieren. Sie sind im Wesentlichen auf flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Freiraumgefüge östlich der BAB 6 und der Stadtbebauung zurückzuführen. Mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von nur 0.7 – 1.4 m/s weisen dabei auf die Empfindlichkeit der Strömungen gegenüber Hindernissen in Form von Hochbau, Straßendämmen oder dichten Gehölzriegeln hin. Zeitweise sind auch südliche und nördliche Richtungskomponenten zu registrieren. Die Freiflächen des Grünzugs Nordost ermöglichen dann eine Querbelüftung des Grünzugs in Richtung Käfertal und Feudenheim.

An der Station *Talstraße* häufen sich in Strahlungsnächten ebenfalls ostnordöstliche bis östliche Windrichtungen, allerdings ist die Strömungsgeschwindigkeit deutlich herabgesetzt, was durch die große Häufigkeit an Windstillen (ca. 45% der Nachtstunden) offenbar wird. Der Baumbestand des Bürgerparks sowie die westlich angrenzenden Spinelli-Barracks wirken als Barriere auf die bodennahe Kaltluftbewegung.

Am Messstandort *Aubuckel* zeigt sich ebenfalls deutlich der Einfluss der nordöstlichen bis östlichen Kaltluftströmung entlang des Grünzugs Nordost. Die Strömungsgeschwindigkeit ist gegenüber dem Messstandort *Grünzug Nordost* allerdings um ca. 29% reduziert. Das Kasernenareal mit seiner erhöhten Oberflächenrauigkeit sorgt für eine deutliche Abschwächung der Strömungsintensität.

Im LSG Feudenheimer Au (Station *Feudenheimer Au*) führt die relative Tieflage des Geländes zwischen den Straßenzügen Am Aubuckel, Feudenheimer Straße und Riedbahntrasse zu vermehrter Ausbildung eines bodennahen Kaltluftsees, was durch die Barrierewirkung der Spinelli-Barracks gegenüber den nordöstlichen Flurwinden verstärkt wird. Die Häufigkeit der Windstillen beläuft sich daher in Strahlungsnächten trotz freier Lage auf ca. 11%.

Die auffallende Häufung nordöstlicher bis östlicher Windrichtungen, die die Bedeutung des Grünzugs Nordost als stadtinterne Ventilations- und Kaltflutleitbahn hervorhebt, ist auch anhand von Windaufzeichnungen aus den Jahren 2001 (**Abbildung 11**) und 1988 - 1989 (**Abbildung 12**) zu erkennen.

5.2.1.2 Ergebnisse mobiler Messungen

Zur Erfassung bodennaher Kaltluftbewegungen (Flurwinde) wurden am 07.07. und 15./16.07.2013 bodennahe Windmessungen und Rauschschwadenbeobachtungen durchgeführt.

Dargestellt werden im Wesentlichen die Verhältnisse am 15./16.07.2013, da am 07.07.2013 im Laufe der 1. Nachthälfte der nordöstliche Höhenwind zunehmend auffrischte und die Abgrenzung bodennaher Lokalströmungen nicht mehr erlaubte.

Die **Abbildung 13** zeigt für den Messtermin 15./16.07.2013 den Verlauf der Lufttemperatur, der Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Bei den Messungen in der Nacht vom 15. auf den 16.07.2013 ist nach 20:00 Uhr aufgrund ungehinderter Ausstrahlung (wolkenloser Himmel) ein rascher Lufttemperaturrückgang zu verzeichnen. Gleichzeitig nimmt die mittlere Windgeschwindigkeit an allen Stationsstandorten mit stabiler werdender Luftschichtung (= kaltluftbedingt) ab, wobei vermehrt Winde aus nordöstlichen bis östlichen Richtungen registriert werden. Dies kennzeichnet eine typische Situation mit Flurwindeffekten entlang des Grünzugs Nordost.

Wie die Rauchschwadenbeobachtungen dokumentieren (**Abbildungen 14 – 15.3**), sind die bodennah erfassten Kaltluftbewegungen mit einer laminaren Luftschichtung verbunden. Die Rauschschwaden breiten sich nahezu ausschließlich horizontal aus, vertikale Auftriebsströmungen, wie sie innerhalb dichter Bebauung zu beobachten sind, treten zurück. Besonders deutlich wird dies anhand der **Abbildung 15.1**.

Im Bereich des LSG Feudenheimer Au sinkt die Kaltluft nach leichter Auftriebsströmung über dem noch warmen Asphaltweg im Bereich der kühlen Wiesen und Landwirtschaftsflächen wieder ab. Fehlen zusätzliche Bewegungsimpulse über Regionalströmungen oder Lokalwinde (Flurwinde), entwickelt sich ein nahezu ortsfester Kaltluftsee.

Die Ergebnisse der Rauschschwadenbeobachtungen bestätigen nochmals eindrucksvoll die Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost.

5.2.1.3 Ergebnisse von Kaltluftsimulationsrechnungen

Zur Gewinnung flächenhafter Informationen zum nächtlichen Kaltluftgeschehen im Bereich des Grünzugs Nordost wurden mit dem Kaltluftmodell KLAM_21, Vers. 2.010 des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2005) zusätzliche Berechnungen durchgeführt. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Das betrachtete Rechengebiet weist eine Gebietsgröße von 5.0 x 3.0 km (15 km², inkl. Rechenrandbereich) auf.

Vorausgesetzt wurde die für Kaltluftbewegungen optimale Situation, d.h. eine klare und windschwache Nacht mit einer schwachen nordöstlichen Regionalströmung (1.0 m/s), die die Kaltluftbewegungen von den östlichen Freiräumen in Richtung Grünzug Nordost unterstützt.

Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, versiegelte Flächen, unversiegelte Freiflächen, Eisenbahnflächen, Gehölzflächen/Wald, Buschflächen, Wasser.

Die digitalen Geländedaten basieren auf einem digitalen Reliefmodell mit einer Rasterweite von 10 m, das vom LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG BADEN-WÜRTTEMBERG bereitgestellt wurde. Die Informationen der Landnutzung sind vorliegenden Luftbildern entnommen.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung, Höhe und Geschwindigkeit des Kaltluftstroms sowie die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte in $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ (= Kaltluftvolumen, das pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt).

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen für den Zeitpunkt zwei Stunden nach Mitternacht sind in den **Abbildungen 16.1** und **16.2** dargestellt.

Zu Beginn der 2. Nachthälfte zeigen sich deutlich die kaltluftbedingten Flurwindeffekte im Freiraumgefüge zwischen den Vogelstang-Seen und der Au, wobei die Grünflächen die wesentlichen Zugbahnen der ca. 20 – 25 m mächtigen Kaltluftschicht darstellen. Im Bereich der Bebauung wird die Kaltluft vermehrt angehoben, wodurch die Kaltluft in wärmere Luftschichten gelangt und vermehrt aufgezehrt wird.

In Bodennähe sind die reinen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten sehr gering. Sie schwanken in 2 m ü.G. zwischen ca. 0.1 – 1.0 m/s, was sehr gut mit den Feldmessungen übereinstimmt. Im Bereich der Spinelli-Barracks bilden die Stellflächen die wesentlichen Zugbahnen für die Kaltluftbewegungen. Im Bereich der Kasernenbauten sinken die Strömungsgeschwindigkeiten auf unter 0.5 m/s.

Im Bereich des LSG Feudenheimer Au neigt die Kaltluft in Bodennähe vermehrt zu Stagnation, Austauschbewegungen in Richtung Sellweiden/Luisenpark sind jedoch nachweisbar (siehe Windvektoren).

Von den Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost profitieren die angrenzenden Bebauungsstrukturen über Zustrom von Kalt- und Frischluft (z.B. Käfertal, Wallstadt, Feudenheim).

Auffallende Strömungshindernisse entlang der Grünzugs Nordost sind neben den Spinelli-Barracks auch die dichten Gehölzriegel im Bereich Vogelstang-Seen und im Bürgerpark an der Talstraße. Gegenüber bebauten Gebieten weisen diese Flächen jedoch tagsüber eine bedeutende thermische Wohlfahrtswirkung auf und tragen in den Nachtstunden auch zur Kaltluftbildung bei.

Ermittelt man anhand der Kaltluftsimulationen den Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich auf Höhe der Spinelli-Barracks über einen ca. 900 m breiten Streifen (siehe **Abbildung 16.2**) ein Wert von ca. $9.030 \text{ m}^3/\text{s}$. Dieser Wert liegt knapp unterhalb des Zielwertes der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 von $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mit der Aufgabe des Kasernengeländes besteht nun die Möglichkeit, den Kaltluftvolumenstrom und damit die klimaökologische Ausgleichswirkung des Grünzugs Nordost in Richtung Mannheim Innenstadt nachhaltig zu intensivieren.

5.2.2 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen

5.2.2.1 Ergebnisse der IR-Thermalkartierung von 2009

Abbildung 17: Am 31.08./01.09.2009 fanden im Rahmen der Stadtklimaanalyse Mannheim 2010 während einer spätsommerlichen Strahlungsnacht IR-Thermalscannerbefliegungen statt (STEINICKE UND STREIFENEDER 2009). Dabei wurden die Oberflächentemperaturen nicht direkt, sondern über die von ihr ausgehende langwellige Strahlung gemessen. Die Temperatur der einzelnen Farbflächen der Thermalbilder ist damit nicht mit der Lufttemperatur in 2 m Höhe gleichzusetzen.

Die Befliegung wurde in den Nachtstunden durchgeführt, weil dann die Siedlungen gegenüber dem Freiland am stärksten überwärmt und die Lokalströmungen messbar sind. Nachts sind weder Schlagschatten noch Reflexion der Sonnenstrahlung zu berücksichtigen.

Die Interpretation der IR-Thermalbilder erlaubt es, bestimmten Raumeinheiten (z.B. Gewerbegebieten, Wohngebieten, Vegetationsflächen) ein thermisches Verhalten zuzuordnen, um Aussagen über deren Klimafunktion zu treffen. Ein Vorteil dieser Fernerkundungsmethode ist die flächenhafte Darstellung des thermischen Gesamtgefüges eines Raumes.

Zur Erklärung des thermischen Verhaltens der Oberflächenelemente (z.B. unbewachsener Boden, befestigte Flächen) sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- Höhe, Dichte und Zusammensetzung der Pflanzendecke oder Gebäude
- Strahlungshaushalt (je nach Tages- und Jahreszeit) und Lufttemperatur
- Windverhältnisse
- Wärmehaushalt des Bodens
- Wasserhaushalt des Bodens

Im Allgemeinen sind Temperaturanomalien (vom Mittel abweichendes Temperaturverhalten) an bestimmte Flächennutzungsstrukturen gebunden, die mit ihrem spezifischen thermischen Verhalten den Wärmegehalt der unteren Luftmassen ändern.

Eine entscheidende Bedeutung kommt auch der Größe einer Fläche mit einem ihr eigenen Oberflächentemperaturverhalten zu. Ausgedehnte Areale mit hohen Oberflächentemperaturen besitzen einen entsprechend stärkeren Einfluss auf das Lokalklima als punkthafte "Wärmequellen".

Die Oberflächenstrahlungstemperatur wird nach Sonnenuntergang dadurch bestimmt, wie viel Tageswärme im Boden oder im Pflanzenbestand gespeichert ist und wie schnell sie an die Oberfläche geleitet wird, um die ausgestrahlte Energie zu ersetzen. Während beispielsweise in einer Straßendecke die in tieferen Schichten gespeicherte Wärme rasch an die Oberfläche nachgeleitet wird, wirkt ein Wiesenteppich isolierend. Die stark ausstrahlenden Grashalme kühlen die darüber lagernde Luft besonders rasch ab, so dass auf solchen Flächen nachts deutlich niedrigere Temperaturen erreicht werden. Sie stellen also eine günstige Nutzungsform für Flächen mit der Klimafunktion "Kaltluftbildung" dar.

Während der Abendbefliegung werden die niedrigsten Oberflächentemperaturen (ca. 15.1 - 16.0°C – hellblau) großflächig über Wiesen und Ackerflächen registriert, was ihre Funktion als Kaltluftproduktionsflächen unterstreicht. Die Kaltluftproduktionsrate von Wiesen und vegetationsbedeckten Landwirtschaftsflächen (z.B. Zuckerrüben- und Maisfelder) liegt bei ca. 12 – 15 m³/m²·Std. und kann unter optimalen nächtlichen Ausstrahlungsbedingungen sogar Werte bis ca. 32 m³/m² Std. erreichen. Ein weiterer klimaökologischer Positiveffekt ist die Windoffenheit. Sie ermöglicht eine Intensivierung der bodennahen Belüftung. Beispiele finden sich im Bereich des Bürgerparks bzw. im Freiraumgefüge östlich der Spinelli-Barracks, in der Au und östlich der St. Hildegard-Kirche in Käferthal.

Gehölzüberstellte Flächen (z.B. Teilbereiche des Bürgerparks an der Talstraße und gehölzüberstellte Freiflächen in der Vogelstang-Siedlung) weisen Oberflächentemperaturen von ca. 19.3 – 21.0 °C auf. Die höheren Temperaturwerte sind darauf zurückzuführen, dass bei der IR-Messung der Baumkronenbereich abgetastet wird. Die im Kronendach abgekühlten Luftmassen sinken in den Stammraum ab und werden durch wärmere Luft aus höheren Luftschichten ersetzt. Daher bleibt der Kronenraum vergleichsweise warm, während der kühle Stammraum bei der IR-Thermalbildbefliegung verborgen bleibt.

Im Allgemeinen ergibt sich in den flächenhaft gehölzüberstellten Bereichen folgendes thermisches Bild. Tagsüber stellt sich im Bestand infolge Absorption der Sonnenstrahlung im oberen Kronenraum sowie auf Grund der Beschattung des Stammraumes ein vertikaler Temperatureaufbau ein.

Die aktive Austauschfläche liegt im Kronenraum, der Stammraum ist kühler und feuchter als die Umgebung, so dass sich zwischen baumüberstellten kühlen Flächen und benachbarten besonnten und damit wärmeren Freiräumen (Wiesen, Sportanlagen etc.) und Bebauung Mikrozirkulationen einstellen (positiv zu wertender Luftaustausch). Nach Sonnenuntergang, wenn die freien vegetationsbedeckten Oberflächen rasch abkühlen, erfolgt die Abkühlung im Stammraum vergleichsweise langsam, da die Ausstrahlung durch das Kronendach reduziert ist. Die Kaltluftproduktionsrate von Waldflächen kann durchschnittlich mit ca. $9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std.}$ angegeben werden.

Die Kleingärten in den Bereichen Au und Sellweiden treten im Thermalbild ebenfalls als klimaökologisch wirksame Kaltluftproduktionsflächen (Kaltluftproduktionsrate ca. $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std.}$) hervor.

Recht hohe Oberflächenstrahlungstemperaturen weisen Wasserflächen auf. Die Vogelstang-Seen zeigen Temperaturen von ca. 21.0°C . Wasserflächen haben eine temperatenausgleichende Wirkung. An heißen Sommertagen heizen sie sich am Tag deutlich weniger auf als andere Freiflächen (z.B. Wiesen). In den Nachtstunden bleiben die Wasserflächen aufgrund ihrer thermischen Trägheit vergleichsweise warm. Die Wasserflächen tragen daher nicht zur örtlichen Kaltluftbildung bei, vielmehr erwärmt sich die Luft beim Überstreichen der Wasseroberfläche. Strömt ca. 10°C kältere Luft über eine Wasserfläche, so erwärmt sich die Kaltluft bei einer Strömungsgeschwindigkeit 0.5 m/s und einer überstrichenen Wasserfläche von 100 m um ca. 1°C (KUTTLER 1998). Umsäumen Feuchtwiesen, Schilfflächen die Wasserfläche, kann die dort erhöhte Kaltluftproduktionsrate die Lufterwärmung über der Wasseroberfläche teilweise kompensieren.

Größere asphaltierte/betonierte Flächen (Straßenzüge, Stellplatzflächen im Bereich der Spinelli-Barracks) zeigen sich überwärmt. Sie weisen Oberflächenstrahlungstemperaturen von über 21.0°C auf. Etwas günstiger stellen sich die Schotterrasenflächen auf dem Spinelli-Gelände dar (Oberflächenstrahlungstemperaturen zwischen $18.0 - 21.0^\circ\text{C}$), die teilweise mit Gräsern durchsetzt sind. Die Schotterflächen heizen sich tagsüber an der Oberfläche zwar nahezu genauso stark auf wie eine asphaltierte Fläche, sie können jedoch durch die zwischen den Schottern eingeschlossene Luft die Wärme schlechter weiterleiten und speichern als Asphalt. Daher kühlen Schotterflächen rascher aus.

Die Wohnbauflächen in Nachbarschaft zum Grünzug Nordost (z.B. Feudenheim, Käfertal, Vogelstang) sind häufig locker durchgrünt. Infolge der unterschiedlichen Flächennutzung (Baukörper, versiegelte Hofflächen, Gärten) zeichnen sich die Wohngebiete durch eine Vielfalt von Mikroklimaten auf engstem Raum aus. Die Klimadifferenzierung reicht von den stark erwärmten versiegelten Flächen (rötliche/orange Farbgebung) bis zu kühleren Rasenflächen mit Baumbeständen (grüne bis gelbe Farbgebung).

Auf gewerblichen Flächen (z.B. im Bereich Wohlgelegen) überwiegen großflächige Hallen- und Gewerbebauten mit angrenzenden Stellflächen, die größtenteils asphaltiert sind und sich tagsüber intensiv aufheizen. In den Nachtstunden führt die Wärmeabgabe zusammen mit der verringerten Ausstrahlung (durch die Horizontüberhöhung der Bebauung) zur Wärmeinselbildung mit Oberflächentemperaturen von über 20.5°C.

Die Ergebnisse der Thermalkartierung zeigen zusammenfassend, dass der Grünzug Nordost bzgl. der Kaltluftproduktion ein wesentliches Element im Mannheimer Stadtgefüge darstellt. Die „Wärmeabstrahlung“ der Spinelli-Barracks bildet dabei einen auffallenden Störfaktor, der örtlich zur „Kaltluftvernichtung“ führt.

5.2.2.2 Verteilung der Lufttemperatur im Bereich des Grünzugs Nordost und in dessen Umfeld – Ergebnisse mobiler Messungen von 2009

Zur Beurteilung der stadtklimatischen Bedeutung des Grünzugs Nordost werden nachfolgend die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen vom 31.08. / 01.09.2009 (ÖKOPLANA 2010) dargestellt und erläutert.

Bei den Messfahrten war es erstmals möglich, auch Messungen innerhalb der Spinelli-Barracks durchzuführen.

Während der nächtlichen Messfahrten (22:00 Uhr und 05:00 Uhr) wurden im Stadtgebiet von Mannheim Lufttemperaturunterschiede bis ca. 8.5°C gemessen.

Abbildung 18.1: Auf der Isothermenkarte von 22:00 Uhr lassen sich deutlich die flächennutzungsspezifischen thermischen Unterschiede erkennen.

Der Grünzug Nordost, der über die Vogelstang-Seen, die Bell, die Feudenheimer Au, Sellweiden, Neckarvorland und Luisenpark bis in die Innenstadt von Mannheim reicht, hebt sich thermisch deutlich von der angrenzenden Bebauung ab.

Über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen werden Lufttemperaturen zwischen ca. 16.5 und 19°C gemessen.

Als den Grünzug querende Wärmebrücke zeigt sich das Kasernengelände der Spinelli-Barracks und das Gewerbegebiet Talstraße zwischen Käfertal und Feudenheim. Die höchsten Lufttemperaturen werden mit bis zu 21.8°C über den überbauten Arealen nördlich des Wingertsbuckels gemessen und liegen noch etwas über dem Niveau des Ortskerns Käfertal. Im Kasernengelände 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°C.

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 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.

Im Wohngebiet Im Rott zeigt sich 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.

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.

In Richtung Nordwesten setzt sich die „Wärmeinsel“ Feudenheim über die Spinelli-Barracks bis in den Grünzug Nordost fort.

Im Bereich des Wohnbaugebietes 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.

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 im Laufe der Nacht auch über den Neckar bis in den Bereich Oststadt/Luisenpark verfrachtet und erbringt dann dort thermische Wohlfahrtswirkungen.

Abbildung 18.2 stellt die flächenhafte thermische Situation in Mannheim vor Sonnenaufgang gegen 05:00 Uhr dar.

Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen kühlfsten und wärmsten Bereichen liegen in dieser Nacht in Mannheim um 05.00 Uhr bei ca. 7.5°C.

Die Isothermenkarte zeigt, dass sich in der zweiten Nachthälfte in weiten Bereichen eine mit der ersten Nachthälfte vergleichbare Temperaturverteilung ergibt.

Analog zur Situation um 22:00 Uhr zeigt sich auch am Morgen gebietsweise eine Kammerung des thermischen Geschehens. So wird die Funktion des Grünzuges als thermisch wirksamer Ausgleichsraum im Bereich der Spinelli Barracks unterbrochen. Mit Temperaturen bis 18.3°C wird hier ein ähnliches Temperaturniveau wie im Stadtteil Vogelstang verzeichnet.

Etwas wärmer tritt 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°C. Insbesondere der Ausgleichsraum Feudenheimer Au neigt aufgrund seiner Tieflage zwar zur Kaltluftstagnation, bildet jedoch innerhalb des Grünzuges Nordost ein wesentliches klimaökologisches Gunstpotenzial.

Anhand der **Abbildung 19**, die ein Temperaturprofil entlang des Grünzuges Nordost zwischen Luisenpark im Westen und Sudetenstraße im Osten zeigt, wird nochmals die Wirkung der Spinelli-Barracks als „thermische Barriere“ verdeutlicht. Zwischen Feudenheimer Au und Spinelli-Barracks bzw. zwischen Spinelli-Barracks und östlich angrenzendem Freiraum sind deutlich Temperaturdifferenzen (ca. 3.5 – 4.0°C) auf kurzer Distanz zu registrieren.

5.2.2.3 Verteilung der Lufttemperatur im Bereich des Grünzuges Nordost und in dessen Umfeld – Ergebnisse mobiler und stationärer Messungen von 2013

Zur Aktualisierung der Datengrundlage wurden am 15.07.2013 im Umfeld des Spinelli-Barracks zusätzliche Temperatur-Profilmessfahrten durchgeführt. Eine Befahrung des Kasernengeländes war zu diesem Zeitpunkt leider nicht gestattet.

Bei vorherrschenden Ost- bis Ostnordostwinden (siehe **Abbildung 13**) werden zu Beginn der 1. Nachthälfte (22:30 Uhr, **Abbildung 20.1**) im Umfeld der Spinelli-Barracks Lufttemperaturunterschiede zwischen ca. 16.5 und 22.0°C gemessen.

Höchste Lufttemperaturen mit 21.5 – 22.0°C zeigen sich im Gewerbegebiet Wohlgelegen (Dudenstraße) sowie entlang der Neustadter Straße, wo die Gewerbebebauung mit ihren großflächig versiegelten Arealen nur langsam abkühlt.

Östlich der Spinelli-Barracks werden im Grünzug Nordost über kaltluftproduzierenden Grünflächen Lufttemperaturen von ca. 16.5 – 18.5°C gemessen. Am Aubuckel westlich der Spinelli-Barracks sind hingegen Lufttemperaturen von ca. 20.5 - 21.5°C zu erfassen. Die über den Grünzug Nordost zuströmende Kaltluft wird demnach über dem Gelände der Spinelli-Barracks um ca. 2.0 – 5.0°C erwärmt. Die thermische Ungunswirkung des Kasernengeländes und des Gewerbegebietes Talstraße wird hiermit bestätigt.

Im Bereich des LSG Feudenheimer Au, das als lokaler intensiv kaltluftproduzierender Ausgleichsraum fungiert, zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 17.0 – 19.0°C.

Gegen 00:00 Uhr (**Abbildung 20.2**) zeigen sich nochmals vergleichbare Temperaturverteilungen.

Die mobilen Messungen von 2013 bestätigen somit die Ergebnisse der Messfahrten von 2009.

Die thermische Negativwirkung der Spinelli-Barracks und des Gewerbegebietes Talstraße im klimaökologischen Wirkungsgefüge des Grünzugs Nordost unterstreichen auch die stationären Lufttemperaturmessungen.

Berechnet man für die sommerlichen Strahlungstage 2013 den mittleren Tagesgang der Lufttemperatur (**Abbildung 21**), so ergibt sich zwischen den Stationsstandorten Grünzug Nordost östlich der Spinelli-Barracks und Aubuckel westlich des Kasernengeländes in den Nachtstunden ein mittlerer Temperaturunterschied bis ca. 1.1°C.

5.3 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Bereich des Grünzugs Nordost / Spinelli-Barracks

Wie sich aus den vorliegenden Darstellungen der Klimamessungen und Klimasimulationen entnehmen lässt, bilden sich im Grünzug Nordost und in dessen Umfeld durch die Flächennutzung (Bebauung, Ackerflächen, Wiesen) charakteristische Lokalklimaerscheinungen aus. Dies dokumentiert sich einerseits in der von der Flächennutzung abhängigen Verteilung der Lufttemperatur und andererseits im Strömungsgeschehen des Raumes, das bei klimarelevanten Strahlungswetterlagen nach Sonnenuntergang sowohl durch überregionale und regionale Luftströmungen als auch durch lokale Kaltluftbewegungen (Flurwinde) bestimmt wird.

Im Allgemeinen ist die vorherrschende Windrichtung in Mannheim Süd bis Südwest, wobei es durch die Flächennutzung (Bebauung, Freiflächen/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 Durchlüftung gesprochen werden kann (ÖKOPLANA 2010).

Die vorliegenden Winddaten aus Mannheim dokumentieren, dass mittlere Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s, die eine intensive bodennahe Durchlüftung ermöglichen, vorwiegend in den Wintermonaten bzw. in den Übergangsjahreszeiten auftreten. Im Sommer schwächt sich die Intensität der bodennahen Ventilation deutlich ab, was zusammen mit hohen Lufttemperaturen (Sommertage mit Lufttemperaturen $\geq 25^{\circ}\text{C}$) vermehrt zu bioklimatischen Belastungen führt.

Die stationären Messungen entlang des Grünzugs Nordost im Zeitraum Mai – September 2013 (Sommerzeitraum) dokumentieren, dass in freien Lagen (Stationsstandorte *Grünzug-Nordost*, *Feudenheimer Au*) mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.7 bzw. 2.8 m/s erreicht werden. *Am Aubuckel* macht sich insbesondere bei Südwestwinden die windabbremsende Wirkung der Bäume entlang des Straßenzugs bemerkbar. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt am Tag 1.7 m/s. Auch am Stationsstandort *Talstraße* wirken der Baumbestand des östlich angrenzenden Bürgerparks und die Oberflächenrauigkeit der Spinelli-Barracks einer intensiven bodennahen Belüftung entgegen. Im Messzeitraum Mai - September liegt das Windgeschwindigkeitsmittel am Tag bei 1.7 m/s. Die Intensität der Belüftung ist gegenüber freixponierten Lagen um ca. 40% reduziert.

Die Barrierewirkungen von Bebauung und dichten Gehölzen für den bodennahen Luftaustausch werden deutlich. Großflächig niedrige Windgeschwindigkeiten führen u.U. zu erhöhten Luftschadstoffakkumulationen und sommerlichen Wärmestaus.

Insbesondere in Strahlungs Nächten, die stadtklimatisch von besonderer Relevanz sind, nimmt an allen Stationsstandorten die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ab und die Häufigkeit nordöstlicher bis östlicher Windrichtungssektoren steigt auffallend an. Dies ist vorwiegend auf regional/lokal angelegte Effekte (u.a. Flurwinde) zurückzuführen ist. Es dominieren durchschnittliche Windgeschwindigkeiten unter 1.5 m/s (Belüftung).

Am Stationsstandort *Grünzug Nordost*, ca. 350 m östlich der Spinelli-Barracks, werden zu ca. 49% der Nachtstunden ostnordöstliche bis ostsüdöstliche Luftströmungen registriert, die bodennah Kalt-/Frischlufte in Richtung Spinelli-Barracks transportieren. Sie sind im Wesentlichen auf flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Freiraumgefüge östlich der BAB 6 und der Stadtbebauung zurückzuführen. Mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von nur 0.7 – 1.4 m/s weisen dabei auf die Empfindlichkeit der Strömungen gegenüber Hindernissen in Form von Hochbau, Straßendämmen oder großflächig dichten Gehölzriegeln hin.

Zeitweise sind auch südliche und nördliche Richtungskomponenten zu registrieren. Die Freiflächen des Grünzugs Nordost ermöglichen dann eine Querbelüftung in Richtung Käfertal und Feudenheim.

An der Station *Talstraße* ist die Strömungsgeschwindigkeit der Flurwinde deutlich herabgesetzt, was durch die große Häufigkeit an Windstillen (ca. 45% der Nachtstunden) offenbar wird. Der Baumbestand des Bürgerparks sowie die westlich angrenzenden Spinelli-Barracks wirken in den Nachtstunden als Barriere auf die bodennahe Kaltluftbewegung.

Am Messstandort *Aubuckel* zeigt sich deutlich der Einfluss der nordöstlichen bis östlichen Flurwinde entlang des Grünzugs Nordost, die Strömungsgeschwindigkeit ist gegenüber dem Messstandort *Grünzug Nordost* allerdings um ca. 29% reduziert. Das Kasernenareal mit seiner erhöhten Oberflächenrauigkeit sorgt für eine deutliche Abschwächung der Strömungsintensität.

Im LSG Feudenheimer Au (Station *Feudenheimer Au*) führt die relative Tieflage des Geländes zwischen den Straßenzügen Am Aubuckel, Feudenheimer Straße und Riedbahntrasse zu vermehrter Ausbildung eines bodennahen Kaltluftsees, was durch die Barrierewirkung der Spinelli-Barracks gegenüber den nordöstlichen Flurwinden verstärkt wird. Die Häufigkeit der Windstillen beläuft sich daher in Strahlungs Nächten trotz freier Lage auf ca. 11%.

Die Ergebnisse von Kaltluftströmungsberechnungen im Bereich des Grünzugs Nordost zeigen, dass sich in Strahlungsnächten entlang des Grünzugs Nordost ca. 20 – 25 m mächtige Kaltluftbewegungen (Flurwinde) einstellen. Eine exakte Abgrenzung gegenüber nördlichen bis nordöstlichen Regionalströmungen ist kaum möglich.

In Bodennähe sind die reinen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten sehr gering. Sie schwanken in 2 m ü.G. zwischen ca. 0.1 – 1.0 m/s, was sehr gut mit den Feldmessungen übereinstimmt. Im Bereich der Spinelli-Barracks bilden die Stellflächen die wesentlichen Zugbahnen für die Kaltluftbewegungen. Im Bereich der Kasernenbauten sinken die Strömungsgeschwindigkeiten auf unter 0.5 m/s. Zudem wird im Bereich der Bebauung die Kaltluft vermehrt angehoben, wodurch die Kaltluft in wärmere Luftschichten gelangt und teilweise aufgezehrt wird.

Im Bereich des LSG Feudenheimer Au neigt die Kaltluft in Bodennähe vermehrt zu Stagnation, Austauschbewegungen in Richtung Sellweiden/Luisenpark sind jedoch nachweisbar (siehe Windvektoren).

Von den Kaltluftbewegungen entlang des Grünzugs Nordost profitieren die angrenzenden Bebauungsstrukturen über Zustrom von Kalt- und Frischluft (z.B. Käfertal, Wallstadt, Feudenheim).

Auffallende Strömungshindernisse entlang der Grünzugs Nordost sind neben den Spinelli-Barracks auch die dichten Gehölzriegel im Bereich Vogelstang-Seen und im Bürgerpark an der Talstraße. Gegenüber bebauten Gebieten weisen diese Flächen jedoch tagsüber eine bedeutende thermische Wohlfahrtswirkung auf und tragen in den Nachtstunden auch zur Kaltluftbildung bei.

Ermittelt man anhand der Kaltluftsimulationen den Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich auf Höhe der Spinelli-Barracks über einen ca. 900 m breiten Streifen ein Wert von ca. 9.030 m³/s. Dieser Wert liegt knapp unterhalb des Zielwertes der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 von 10.000 m³/s, der als stadtklimatisch besonders wirksam eingestuft wird.

Der unterschiedliche Einfluss bodennaher Kaltluftbewegungen über den Grünzug Nordost macht sich auch im thermischen Wirkungsgefüge bemerkbar.

Zwischen den Wiesen und Landwirtschaftsflächen des Grünzugs Nordost östlich der Spinelli-Barracks und dem Kasernengelände werden Temperaturanstiege von ca. 3 – 4°C gemessen. Dies führt dazu, dass sich auf Höhe der Spinelli-Barracks die „Wärmeinseln“ Feudenheim und Käfertal verbinden und dadurch für die Flurwinde eine thermische Barriere darstellen. Die über die Spinelli-Barracks hinwegstreichende Kaltluft wird erwärmt und teilweise aufgezehrt. Erst im LSG Feudenheimer Au erfolgt eine Regeneration der Kaltluftwirkung.

Abbildung 22 veranschaulicht anhand bioklimatischer Belastungsstufen innerhalb der Bebauung (= klimaökologische Wirkungsräume) und der Effektivität der Kaltluftentstehung über Freiräumen (= klimaökologische Ausgleichsräume) nochmals die stadtklimatische Bedeutung des Grünzugs Nordost.

Die Kaltluftbildungseffektivität ist in Großteilen des Grünzugs Nordost, zu dem auch die Freiflächen zwischen Feudenheim und Wallstadt hinzu gezählt werden müssen, hoch bis sehr hoch. Hiervon profitieren insbesondere die unmittelbar angrenzenden Siedlungsbereiche (Vogelstang, Käfertal, Wallstadt, Feudenheim), die am Rande durch die Kaltluftzufuhr aus dem Freiraum Grünzug Nordost meist nur gering bis mäßig bioklimatisch belastet sind. Mittel - leicht erhöht ist dagegen die bioklimatische Belastung in Teilbereichen der Spinelli-Barracks und des Gewerbegebietes Talstraße, wo der hohe Oberflächenversiegelungsgrad einer verstärkten nächtlichen Abkühlung entgegensteht.

Durch die Aufgabe des Kasernengeländes kann der Grünzug Nordost bis zum LSG Feudenheimer Au als durchgängiger klimaökologischer Ausgleichsraum gestaltet werden, was den Flurwindeffekt in Richtung Mannheimer Innenstadt (bioklimatisch stark bis sehr stark belastet) langfristig stabilisieren und intensivieren würde.

6 Numerische Modellrechnungen als Grundlage zur klimaökologischen Bewertung möglicher Flächennutzungsänderungen im Bereich der Spinelli-Barracks

Wie **Abbildung 5.3** zeigt, sind im Zuge der Fortentwicklung des Grünzugs Nordost, die mit Hilfe einer Bundesgartenschau (BUGA) 2023 realisiert werden soll, neben großflächigen Begrünungsmaßnahmen im Bereich des derzeitigen Kasernengeländes „Spinelli-Barracks“ auch städtebauliche Ergänzungen vorgesehen. Die Studie des Büros SINAI veranschaulicht, dass bauliche Arrondierungen im Bereich Käfertal-Süd zusätzliches qualitativ hochwertiges Wohnen erlauben würde. Im Bereich des Kasernengeländes bieten sich bestehende Gebäude an, u.U. einen Kunst- und Kulturhof, eine Indoor-Skateranlage etc. zu realisieren.

Für die Breite des Grünzugs im Bereich der Spinelli-Barracks ist eine Zielgröße von 600 m in Diskussion. Wie den Erläuterungen des BUNDESMINISTERIUMS FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979) zu entnehmen ist, sollten regionale Grünzüge bzw. stadtklimatisch besonders relevante Kaltlufttransportbahnen Breiten von wenigstens 400 bis 500 m aufweisen.

Inwiefern die in der Machbarkeitsstudie des Büros SINAI dargestellten baulichen Maßnahmen, die zwischen Kunstpark und Arrondierung Käfertal-Süd noch einen durchgängigen Grünzug in einer Breite von ca. 400 m möglich machen würden, einem klimaökologisch optimierten Grünzug mit einer Breite von 600 m (Zielgröße) entgegenstehen, wird nachfolgend analysiert und bewertet.

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage von Kaltluftsimulationen mit dem Modell KLAM_21 die Auswirkungen des Planungsentwurfs (**Abbildung 5.3**) auf die lokalen Kaltluftströmungen bilanziert.

In einem zweiten Schritt werden mit Hilfe der mikroskaligen Klimamodelle MISKAM und Envi-MET die strömungsdynamischen und thermischen Folgeerscheinungen untersucht.

6.1 Ergebnisse von Kaltluftströmungsberechnungen

Zur Abschätzung der klimaökologischen Folgeerscheinungen des vorgelegten Planungsentwurfs (**Abbildung 5.3**) werden nachfolgend zunächst numerische Modellrechnungen zu den bodennahen Kaltluftbewegungen durchgeführt.

Wie ein Vergleich der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit zwischen Plan-Zustand (**Abbildung 23.1**) und Ist-Zustand (**Abbildung 16.1**) anhand einer Differenzendarstellung (**Abbildung 23.2**) zeigt, können die Kaltluftfließbewegungen durch den Abriss von Kasernenhallen im nördlichen Teilbereich der Spinelli-Barracks intensiviert werden. Dem stehen an der potenziellen Siedlungsergänzung Käfertal-Süd auffallende Geschwindigkeitsreduzierungen entgegen. Für die zusätzliche Randbebauung Käfertal-Süd wurde dabei von einer 4-geschossigen Blockrandbebauung (GH = 14 m) ausgegangen.

Auch im Bereich des angedachten Kunstparks ist durch die veränderten Gebäudestellungen mit einer leichten Abschwächung der Kaltluftdurchströmung zu rechnen.

Ermittelt man mit Hilfe der Kaltluftsimulationen den veränderten Kaltluftvolumenstrom, der in das teilweise „freigeräumte“ Spinelli-Gelände einströmen kann (**Abbildung 23.3**), so ergibt sich ein zusätzlicher Kaltluftvolumenstrom von ca. 350 – 710 m³/s (abhängig von der Oberflächenrauigkeit der Freizone – Wiese mit lockeren Gehölzen, nur Wiese). Insgesamt ergäbe sich somit zwischen Straßenzug Wingertsbuckel im Süden und aktuellem Südrand von Käfertal ein max. Kaltluftvolumenstrom von ca. 9.740 m³/s (+ 8% gegenüber dem Ist-Zustand). Der Zielwert nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 von 10.000 m³/s wäre noch knapp unterschritten.

Könnte die in **Abbildung 5.3** angedachte Aufweitung des Grünzugs auf 600 m realisiert werden, würde der Kaltluftvolumenstrom zwischen Wingerstbuckel im Süden und aktuellem Südrand von Käfertal auf ca. 10.120 m³/s ansteigen (+12% gegenüber dem Ist-Zustand). Der Zielwert nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 von 10.000 m³/s wäre erreicht und leicht überschritten.

Zur klimaökologischen Bewertung der o.a. Zahlen kann eine Einstufung der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (S. 53) herangezogen werden. Erfolgt in stadtklimatisch relevanten Kaltluftzugbahnen durch Flächennutzungsänderungen eine Beeinträchtigung des Kaltluftvolumenstroms um mehr als 10%, so ist dieser Eingriff als großer Eingriff mit weitreichenden klimatischen Auswirkungen zu bewerten. Bei Einbußen zwischen 5% und 10% ist der Eingriff als mäßig zu bewerten.

Im Umkehrschluss ist ein Gewinn an Kaltluftvolumen von über 10%, der mit einer Aufweitung des Grünzugs im Bereich der Spinelli-Barracks auf 600 m zu erzielen wäre, als hohe Gunstwirkung und von 5 – 10% als mäßige Gunstwirkung einzuordnen.

Im Bereich Am Aubuckel sorgt der Wegfall eines Großteils der Hallenbauten und die Umgestaltung des Kasenenareals in eine Grünfläche für einen weiteren Anstieg des Kaltluftvolumenstroms in Richtung Feudenheimer Au um ca. 530 m³/s.

Die angedachten Teiche im LSG Feudenheimer Au zeigen auf die lokalen Kaltluftbewegungen keine gravierenden Einflüsse, was u.a. damit zusammenhängt, dass sich die Wasserfläche bei vorherrschenden Nordostwinden im Lee der Geländekante befindet. Bei den Berechnungen wurde zudem davon ausgegangen, dass die Teiche naturnah gestaltet (z.B. schmaler Schilfgürtel) sind und ohne größere versiegelte Randflächen in die Aue-Landschaft eingebunden werden.

6.2 Ergebnisse von mikroskaligen Windfeldberechnungen

Ziel der mikroskaligen Windfeldberechnungen ist es, nochmals die kleinräumigen Strömungsmodifikationen durch die geplanten Flächennutzungsänderungen aufzuzeigen.

Die Modellrechnungen¹⁰ beschränken sich auf solche Situationen, bei denen mit den größten Auswirkungen auf die nähere Umgebung des Planungsgebietes zu rechnen ist.

Die Modellrechnungen werden jeweils (Ist- und Plan-Zustand) für einen Gebietsausschnitt von 2.600 m in West-Ost-Richtung und 2.500 m in Süd-Nord-Richtung (inkl. Randzellen) durchgeführt. Die Modellhöhe beträgt 70 m. Als Gebäudehöhe für die potenzielle Randbebauung Käfertal-Süd wird 14 m zu Grunde gelegt.

Für jeweils relevante Situationen werden die Windfelder in Horizontalschnitten mittels Isotachen (= Linien gleicher Windgeschwindigkeit) und Windvektoren dargestellt.

¹⁰ Die Modellrechnungen für das Ventilationsgeschehen wurden mit dem mikroskaligen, prognostischen Rechenprogramm MISKAM durchgeführt.

Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 1 m mächtige Luftschicht (Höhe ± 0.5 m) wieder. Während aus der flächigen Isotachendarstellung Bereiche bestimmter Windgeschwindigkeiten¹¹ zu entnehmen sind, geben die Pfeile der Vektordarstellung die Strömungsrichtung wieder.

6.2.1 Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungen

Als konstante Randbedingung wird zunächst eine Luftströmung aus Südsüdwesten gewählt, um den Einfluss des Grünzugs Nordost und der potenziellen Randbebauung Käfertal-Süd auf die Belüftung von Käfertal/Im Rott zu bestimmen. Als Strömungsgeschwindigkeit wird für eine windschwache Situation ein Wert von 2.0 m/s (10 m ü.G.) gewählt. Laut der mehrjährigen Windrichtungsverteilung (**Abbildung 7**) ist im Jahresverlauf an ca. 10% der Stunden mit Luftströmungen aus südsüdwestlichen Richtungssektoren zu rechnen.

Ist-Zustand (Abbildungen 24.1, 24.2):

Die **Abbildungen 24.1** und **24.2** zeigen die berechneten Windfelder in einer Höhe von 2 m ü.G. bzw. 5 m ü.G. Die Einfriedung der Spinelli-Barracks fand keinen Eingang in die Berechnungen.

Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Leeeffekte von Gebäuden im Planungsumfeld sowie die windabbremsende von größeren Gehölzflächen.

Die im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) durch die Oberflächenrauigkeit des Bodens und der Vegetation von ca. 2.0 m/s (10 m ü.G.) in freien Lagen auf Werte zwischen 1.4 und 1.6 m/s reduzierte Windgeschwindigkeit wird durch höhere Vegetationsbestände und bauliche Strömungshindernisse weiter abgeschwächt. So wird die mittlere Windgeschwindigkeit über dem Kleingartengelände Sellweiden / Feudenheimer Au durch die Oberflächenrauigkeit der Gartenhäuser und Vegetationsbestände auf unter 0.5 m/s reduziert. Auch im Bürgerpark östlich der Talstraße führt der Baumbestand kleinräumig zu einer Abschwächung der Durchlüftung. Im Bereich der Spinelli-Barracks wird die Windgeschwindigkeit in Bodennähe (2 m ü.G.) durch die Kasernenbauten und –hallen punktuell herabgesetzt. Die Lee-Wirkung der einstöckigen Hallen reicht nur unwesentlich über das Kasernengelände hinaus, so dass die Belüftungssituation am Südrand von Käfertal insgesamt als günstig zu bezeichnen ist.

¹¹ Die Windgeschwindigkeiten werden in Geschwindigkeitsklassen eingeteilt, welchen bestimmte Farben entsprechen - Rot für höhere Geschwindigkeiten bis Blau/Lila für niedrige Werte.

Die Randbebauung ist überwiegend durchströmbar gestaltet, so dass bei Süd-südwestwinden insbesondere zwischen Deidesheimer Straße / St.-Hildegard-Kirche und Ida-Dehmel-Ring / Wohngebiet Im Rott Belüftungseffekte weit in die Bebauung hinein wirken können. In den Sommermonaten wird hierdurch am Tag die Neigung zu Wärmestaus mit erhöhter bioklimatischer Belastung deutlich abgeschwächt.

Plan-Zustand (Abbildungen 25.1 – 26.2):

Die prognostischen Strömungssimulationen für den Plan-Zustand dokumentieren die Veränderung des bodennahen Windfeldes durch eine Flächennutzungsänderung, wie sie in **Abbildung 5.3** dargestellt ist. Zwischen der verbleibenden Kasernenhalle und der baulichen Arrondierung Käfertal-Süd verbleibt ein freier Strömungsquerschnitt von ca. 400 m.

Wie anhand der Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand verdeutlicht wird (**Abbildungen 26.1, 26.2**), nimmt die Intensität der Belüftung im „freigeräumten“ Kasernengelände großflächig deutlich zu, was sowohl bioklimatisch als auch lufthygienisch positiv zu bewerten ist.

Im Bereich der angedachten „Kunst- und Kutturhöfe“ stehen durch leicht modifizierte Bebauungsstrukturen kleinräumigen Windabschwächungen Windbeschleunigungen in vergleichbarer Größenordnung gegenüber, so dass sich hieraus insgesamt keine wesentlichen Veränderungen bzgl. der bodennahen Belüftungsintensität ergeben.

Die baulichen Arrondierungen Käfertal-Süd in Form von offener Blockrandbebauung und Zeilenhausbebauung führen lokal zu deutlichen Windgeschwindigkeitsminderungen. Zwischen Völklinger Straße im Westen und Ida-Dehmel-Ring im Osten ist zwar an eine Verlängerung der Grünachse „Im Rott“ (Breite ca. 30 m) gedacht, sie vermag jedoch nicht, die von der potenziellen Neubebauung ausgehende Barrierewirkung völlig aufzufangen. Die Belüftung in der bestehenden Bebauung wird trotz des aufgeweiteten Grünzugs Nordost geschwächt.

Als günstig ist hingegen der Verzicht auf eine Randbebauung auf Höhe der Grünfläche/Sportfläche südöstlich der St.-Hildegard-Kirche zu bewerten.

Die etwas offenere Baublockstruktur südöstlich der Wachenheimer Straße führt bei häufig vorherrschenden Südsüdwestwinden in der bestehenden Wohnbebauung zwischen Wachenheimer Straße und Dürkheimer Straße zu keiner gravierenden Abschwächung der Belüftung gegenüber dem Ist-Zustand.

6.2.2 Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen

Laut der mehrjährigen Windrichtungsverteilung (**Abbildung 7**) ist im Jahresverlauf entlang des Grünzugs Nordost an ca. 9% der Stunden mit Luftströmungen aus nordnordwestlichen Richtungen zu rechnen.

Ist-Zustand (Abbildungen 27.1, 27.2):

Die **Abbildungen 27.1** und **27.2** veranschaulichen, dass im Bereich der Spinelli-Barracks die bodennahe Windgeschwindigkeit bei vorherrschenden Nordnordwestwinden von ca. 1.2 m/s in freien Lagen (2 m ü.G.) auf ca. 0.6 m/s (= 50%ige Reduktion) abgesenkt ist. In der Höhenschicht 5 m ü.G. beträgt die Windgeschwindigkeitsreduktion über dem bebauten Kasernengelände ebenfalls noch ca. 50%. Die Abstandsfläche des Kasernengeländes mit Bebauung zur Wohnbebauung Käfertal von min. 100 m ermöglicht eine ausreichende Entlüftung der Wohnbauflächen nach Süden. Stauwirkungen sind nicht zu bilanzieren.

Plan-Zustand (Abbildungen 28.1 – 29.2):

Durch die potenzielle bauliche Arrondierung Käfertal-Süd verschiebt sich der Übergang Wohnbebauung – Freiraum zwischen Ida-Dehmel-Ring und Völklinger Straße um ca. 50 – 125 m nach Süden.

Bei Berücksichtigung möglicher Gebäudehöhen von ca. 14 m (4-geschossige Bauweise), reicht deren Lee-Effekt ca. 90 – 140 m in den Grünzug Nordost hinein. Im verbleibenden Freiraum des neu gestalteten Grünzugs Nordost - „Spinelli-Park“ - steigt die mittlere Windgeschwindigkeit großflächig deutlich an.

Klimaökologisch vorteilhaft ist die Beibehaltung der Grünzäsur zwischen Völklinger Straße und Deidesheimer Straße. Sie fungiert strömungsdynamisch als Bindeglied zwischen Bebauung Käfertal und Grünzug Nordost.

Die städtebauliche Ergänzung südöstlich der Wachenheimer Straße zeigt Lee-Effekte, die ca. 60 – 120 m nach Südosten reichen. Die Breite des Grünzugs Nordost von ca. 600 m ist ausreichend dimensioniert, um diese Negativeffekte aufzufangen. Eine stadtklimatisch relevante Beeinträchtigung der Be- und Durchlüftungsfunktion des Grünzugs Nordost tritt nicht ein.

6.2.3 Luftströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen

Mit Winden aus ostnordöstlichen Richtungssektoren ist im Untersuchungsgebiet an ca. 7% der Stunden zu rechnen, wobei mittlere Windgeschwindigkeiten unter 2.5 m/s überwiegen (**Abbildung 7**).

Ist-Zustand (Abbildungen 30.1, 30.2):

Die Strömungssimulationen zeigen die Verhältnisse für eine windschwache Tagessituation, bei welcher der Höhenwind im Bereich der Spinelli-Barracks nahezu parallel zum Grünzug Nordost weht.

Die strömungsdynamischen Auswirkungen der Kasernenbauten/-hallen bleiben bei der vorgegebenen Situation weitgehend auf das Kasernengelände selbst begrenzt. In den Lee-Lagen der Gebäude sinkt die mittlere Windgeschwindigkeit von ca. 1.5 m/s auf unter 1.0 m/s. Günstig wirken sich die Stellflächen aus, die eine geringe aerodynamische Rauigkeit aufweisen, sofern sie nicht mit Fahrzeugen überstellt sind.

Am Aubuckel bremsen die begleitenden Gehölzriegel den bodennahen Wind ab. Wenige Meter von der Hangkante entfernt steigen die mittleren Windgeschwindigkeiten über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen jedoch wieder deutlich an.

Plan-Zustand (Abbildungen 31.1 – 32.2):

Durch die Schaffung eines durchgehenden Grünzugs Nordost, entsprechend der **Abbildung 5.3**, wird zwischen Käfertal und dem Straßenzug Wingertsbuckel großflächig die bodennahe Be- und Durchlüftung intensiviert. Dies wird anhand der Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand verdeutlicht.

Diesen Gunsteffekten stehen Windabschwächungen im Bereich der angedachten baulichen Arrondierung Käfertal-Süd entgegen.

Wie die Strömungssimulationen zeigen, nimmt die Windgeschwindigkeit im Bereich der offenen Blockrandbebauung deutlich ab. Es zeigen sich vermehrt Bereiche mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s. Gravierende negative Auswirkungen auf die Belüftung innerhalb der bestehenden Bebauung von Käfertal sind jedoch nicht zu bilanzieren. Vorteilhaft ist dabei insbesondere die Sicherung der Freirauminsel südöstlich der St.-Hildegard-Kirche.

6.3 Ergebnisse von mikroskaligen Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen

Zur Bewertung einer potenziellen Flächennutzungsänderung in den Bereichen Spinelli-Barracks und Käfertal-Süd werden nachfolgend für ausgewählte Situationen die thermischen Umgebungsbedingungen simuliert, um daraus den Grad der möglichen thermischen Entlastung bzw. Zusatzbelastung im Planungsumfeld abzuleiten.

Bei den 3-dimensionalen Modellrechnungen wird über die Berechnung des Windfeldes und des Strahlungshaushaltes der Einfluss der Bebauung, versiegelter Oberflächen und unterschiedlicher Vegetationsstrukturen die potenzielle Lufttemperatur (2 m ü.G.) bestimmt. Da sich die deutlichsten thermischen Differenzierungen im Allgemeinen in Strahlungsnächten einstellen, werden nachfolgend derartige Situationen geprüft und bewertet.

Wie die modifizierte IR-Thermalbildaufnahme (**Abbildung 33**) beispielhaft zeigt, kann durch die Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost zwischen Feudenheimer Au und Vogelstang-Seen ein neues Potenzial kaltluftproduzierender Grünflächen entwickelt werden. Vorteilhaft sind dabei insbesondere Wiesen mit deutlich aufgelockertem Gehölzbestand.

Wird eine Arrondierung im Bereich Käfertal-Süd in Betracht gezogen, so muss es Ziel sein, den davon ausgehenden Wärmeinseleffekt durch geeignete Bauungsstrukturen und grünordnerische Maßnahmen zu minimieren.

Im Sinne von worst-case-Szenarien werden Nachtsituationen mit Windanströmungen untersucht, bei denen die geplante Arrondierung Käfertal-Süd frontal angeströmt wird und mit deutlichsten thermischen Differenzierungen zwischen Freiräumen und Bebauung zu rechnen ist. Zudem wird eine typische Flurwind-situation analysiert.

Abbildung 34: Die Grafik zeigt die berechnete Lufttemperaturverteilung für den Ist-Zustand während einer windschwachen sommerlichen Strahlungsnacht (23:00 Uhr) mit Südsüdwest-Wind.

Im östlichen Teilbereich der Spinelli-Barracks, wo die Überbauung und Oberflächenversiegelung vergleichsweise großflächig ist, werden Lufttemperaturen zwischen ca. 21°C und 23°C simuliert. Vergleichbare Werte zeigen sich in der Bebauung Feudenheim und Käfertal.

Im Wohngebiet Im Rott werden in größeren Teilbereichen auch Lufttemperaturen von ca. 19 – 21°C bestimmt, so dass dort insgesamt ein etwas niedrigeres Lufttemperaturniveau zu bilanzieren ist. Dies entspricht auch den Messungen von 2009 (siehe **Abbildung 18.1**).

Östlich der Spinelli-Barracks und dem Gewerbegebiet Talstraße sinkt die Lufttemperatur über den Grünflächen auf unter 18°C. Zwischen östlichem Freiraumgefüge und Spinelli-Barracks werden max. Temperaturdifferenzen von ca. 5 – 6°C bestimmt. Im Flächendurchschnitt ergeben sich Unterschiede von ca. 3 – 4°C, was ebenfalls sehr gut mit den Messfahrtergebnissen übereinstimmt.

Im Westteil der Spinelli-Barracks ist die Wärmeinselbildung abgeschwächt. Mit den südsüdwestlichen Winden wird Kaltluft aus der Au in Richtung Kasernenareal verfrachtet, wo sie zur Intensivierung der nächtlichen Abkühlung und damit zur Einengung der „Wärmeinsel“ Spinelli-Barracks beiträgt.

Abbildungen 35: Durch Schaffung einer Grünfläche auf dem Gelände der Spinelli-Barracks ergeben sich neue Kaltluftproduktionsflächen, die bei vorherrschenden Südsüdwestwinden einen bedeutsamen Beitrag zur bioklimatischen Entlastung im Bereich Käfertal-Im Rott leisten. Trotz potenzieller Randbebauung Käfertal-Süd ist nördlich der Anna-Sammet-Straße gegenüber dem Ist-Zustand mit einem Temperaturrückgang von ca. 1 – 3°C zu rechnen.

Die Warmlufftlinie der verbleibenden Spinelli-Bebauung und des Gewerbegebietes Talstraße reicht bei der vorgegebenen Situation ca. 180 – 250 m nach Nordnordosten. Die verbleibende Abstandsfläche zur Wohnbebauung Käfertal-Süd von ca. 400 m ist ausreichend, um eine Beaufschlagung der Wohnbebauung durch Warmluft aus dem Gewerbegebiet Talstraße/Spinelli-Gelände zu vermeiden.

Die angedachte Wasserfläche führt nur in geringem Maße zu einer verzögerten Abkühlung im unmittelbaren Nahbereich (< 0.5°C) und schmälert somit nur unwesentlich das Kaltluftentstehungspotenzial im LSG Au.

Die **Abbildungen 36** (Ist-Zustand) und **37** (Plan-Zustand) zeigen die Ergebnisse der Modellrechnungen bei einer Anströmung aus nordnordwestlichen Richtungen. Der Vergleich der Rechenergebnisse verdeutlicht, dass bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren, wie sie in Strahlungs Nächten auch häufig in der 2. Nachthälfte zu registrieren sind (oberrheingrabenspezifische Regionalströmungen), die Warmluft aus dem Bereich Käfertal / Im Rott den kühlen Grünzug Nordost überprägt.

Die im vorgegebenen Planungsentwurf verbleibende Breite des Grünzugs (min. ca. 400 m zwischen GE Talstraße und Arrondierung Käfertal-Süd) muss bei derartigen Strömungsverhältnissen als Mindestmaß zur Sicherung einer ausreichenden klimaökologischen Ausgleichsfunktion des Grünzugs eingestuft werden. Eine Aufweitung an der Engstelle GE-Talstraße/Spinelli-Bebauung – Käfertal-Süd wäre zu empfehlen. Dies kann einerseits durch den Verzicht auf den Fortbestand des Hallenkomplexes (z.B. Indoor-Sportanlagen) erzielt werden oder durch einen Verzicht auf die zusätzliche Randbebauung Käfertal-Süd zwischen Ida-Ehre-Weg und Grünzug Im Rott (= potenzielle Straßenbahntrasse).

Die Schaffung des Grünzugs Nordost zeigt positive Auswirkungen auf die thermischen Umgebungsbedingungen im Norden von Feudenheim. So nimmt bspw. am Damaschke-Ring die Lufttemperatur gegenüber dem Ist-Zustand um ca. 1°C ab.

Anhand der **Abbildungen 38** (Ist-Zustand) und **39** (Plan-Zustand) zeigt sich die Veränderung des Lufttemperaturfeldes bei vorherrschenden Flurwinden aus ostnordöstlichen Richtungen.

Durch Schaffung eines durchgängigen Grünzugs kann das lokale Kaltluftentstehungspotenzial und die Kaltlufttransporteigenschaft des derzeitigen Spinelli-Geländes erheblich aufgewertet werden. Je größer und innenstadtnäher großflächige Kaltluftproduktionsareale und Kaltlufttransportbahnen angesiedelt sind, desto intensiver können Flurwinde in die überwärmten Zentren der Bebauung gelangen und ihre thermischen/lufthygienischen Wohlfahrtswirkungen entfalten.

Durch die potenziellen großflächigen Grün- und Freiflächen (Plan-Zustand) im Spinelli-Areal sinkt die Lufttemperatur vor Ort um ca. 3 – 4°C. Dies ermöglicht, dass trotz potenzieller baulicher Arrondierungen im Bereich Käfertal-Süd in der bestehenden Bebauung kaum thermische Zusatzbelastungen zu erwarten sind. Bei Berücksichtigung „klimaverträglicher“ Neubaustrukturen kann insgesamt sogar eine bioklimatische Entlastung erzielt werden.

Das Gewerbegebiet Talstraße bildet zusammen mit dem im vorgelegten Plan-Entwurf verbleibenden Hallenkomplex im Norden des Kasernengeländes eine thermische Barriere, die eine Schwächung des kaltluftbedingten Flurwindes bewirkt. Hier wären ggf. gegensteuernde Maßnahmen in Form von Dach- und Wandbegrünungen etc. zu diskutieren.

7 Zusammenfassende klimaökologische Bewertung des vorgelegten Planungskonzepts sowie Planungsempfehlungen zur Gestaltung des Grünzugs Nordost

Gegenstand des Klimagutachtens ist die geplante Flächennutzungsänderung im Bereich der Spinelli-Barracks und in dessen Umfeld.

Der Stadt Mannheim bietet sich durch die Aufgabe des US-Militärgeländes Spinelli-Barracks die Möglichkeit den Grünzug Nordost, der sich von den Vogelstang-Seen/Freiraum zwischen Feudenheim und Wallstadt über die Au, das Kleingartengelände Sellweiden, den Sportpark Pfeifferswörth, den Neckar / Maulbeerinsel und den Luisenpark bis in die Innenstadt von Mannheim erstreckt, als stadtklimatisch hoch wirksame Ausgleichsfläche und Kalt-/Frischluftleitbahn durchgängig zu entwickeln. Dieses Ziel soll u.a. mit Hilfe einer Bundesgartenschau (BUGA) 2023 erreicht werden.

Kann die strömungsdynamische und thermische Barriere „Spinelli-Barracks“ in klimaökologisch vorteilhafter Art und Weise aufgebrochen werden, ist in den angrenzenden Stadtteilbereichen mit einer langfristigen Stabilisierung günstiger bioklimatischer (z.B. rasche abendliche Abkühlung, Frischluftentstehung) und strömungsdynamischer (z.B. intensivierter Luftmassenwechsel mit Reduktion von Luftschadstoffanreicherungen) Umgebungsbedingungen zu rechnen. Zudem wird erreicht, dass sich die Flurwinde, die entlang des Grünzugs Nordost bis in innenstadtnahe Bereiche Wirkung zeigen, intensiviert werden.

Damit wird den Empfehlungen des DEUTSCHEN STÄDTETAG (2012) gefolgt, der in seinem Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“ in Anbetracht der prognostizierten stadtklimatischen und wasserhaushaltlichen Veränderungen im Lebensraum Stadt (Stichwort: *Globaler Klimawandel*) gegensteuernde Maßnahmen vorgeschlagen hat:

- Im gesamten Stadtgebiet sollten die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen ermittelt, erhalten und in ihrer Funktionsfähigkeit entwickelt und verbessert werden.
- Die innerstädtischen Grün- und Freiflächen sollten über „grüne Strahlen und Speichen“ als Biotopverbindungen mit dem Umland verbunden werden.
- Neue Parkanlagen (z.B. auf Konversionsflächen) schaffen Erholungsflächen und verbessern das lokale Klima im Stadtquartier.

Im Rahmen des vorliegenden Klimagutachtens wird die bereits vorhandene klimaökologische Datenbasis mit Hilfe stationärer und mobiler Messungen aktualisiert und vertieft. Daneben dienen die Daten als Grundlage für numerische Klimasimulationen, mit denen die stadtklimatischen Folgeerscheinungen vorgelegter Planungen quantifiziert werden können.

Die Messungen und Modellrechnungen belegen, dass der vorhandene Grünzug Nordost am Tag bei häufig vorherrschenden Winden aus nördlichen und südlichen Richtungssektoren wesentlich zur Belüftung der angrenzenden Stadtteile Käfertal, Vogelstang, Wallstadt und Feudenheim beiträgt. Über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen kann der großwetterlagenbedingte Höhenwind bodennah durchgreifen, wodurch die Be- und Durchlüftungsintensität gesteigert wird. Gleiches gilt für das LSG Feudenheimer Au, das mit seiner Windoffenheit intensive Ventilationseffekte in Richtung Mannheimer Innenstadt zu initiieren vermag.

In sogenannten Strahlungs Nächten (wolkenarm) zeigen sich entlang des Grünzugs Nordost deutlich kaltluftbedingte Flurwindeffekte (vertikale Mächtigkeit ca. 20 - 25 m). Auffallende Strömungshindernisse bilden bislang vor allem die Spinelli-Barracks zwischen Feudenheim im Süden und Käfertal / Im Rott im Norden.

Ermittelt man anhand der Kaltluftsimulationen den Kaltluftvolumenstrom, so ergibt sich auf Höhe der Spinelli-Barracks über einen ca. 900 m breiten Streifen ein Wert von ca. 9.030 m³/s. Dieser Wert liegt knapp unterhalb des Zielwertes der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 von 10.000 m³/s.

Wird beispielhaft der vorgelegte Planungsentwurf (**Abbildung 5.3**) realisiert, können die Kaltluftfließbewegungen durch den Abriss von Kasernenhallen im nördlichen Teilbereich der Spinelli-Barracks intensiviert werden. Dem stehen an der potenziellen Siedlungsergänzung Käfertal-Süd auffallende Geschwindigkeitsreduzierungen entgegen. Auch im Bereich des angedachten Kunstparks ist durch die veränderten Gebäudestellungen mit einer leichten Abschwächung der Kaltluftdurchströmung zu rechnen.

Ermittelt man mit Hilfe der Kaltluftsimulationen den veränderten Kaltluftvolumenstrom, der in das teilweise „freigeräumte“ Spinelli-Gelände einströmen kann, so ergibt sich ein zusätzlicher Kaltluftvolumenstrom von ca. 350 – 710 m³/s (abhängig von der Oberflächenrauigkeit der Freizone). Insgesamt ergäbe sich somit zwischen Straßenzug Wingertsbuckel im Süden und aktuellem Südrand von Käfertal ein max. Kaltluftvolumenstrom von ca. 9.740 m³/s (+ 8% gegenüber dem Ist-Zustand).

Der Zielwert nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 von 10.000 m³/s wäre noch knapp unterschritten.

Könnte die in **Abbildung 5.3** angedachte Aufweitung des Grünzugs auf 600 m realisiert werden, würde der Kaltluftvolumenstrom zwischen Wingertsbuckel im Süden und aktuellem Südrand von Käfertal auf ca. 10.120 m³/s ansteigen (+12% gegenüber dem Ist-Zustand). Aus klimaökologischer Sicht wäre somit eine Abstandsfläche zwischen Käfertal / Im Rott und der verbleibenden Spinelli-Bebauung von min. 450 m zu empfehlen.

Für dieses Mindestmaß sprechen auch die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen.

Bei Winden aus nördlichen Richtungssektoren, wie sie in Strahlungs Nächten häufig in der 2. Nachthälfte zu registrieren sind (oberrheingrabenspezifische Regionalströmungen), überprägt die Warmluft aus dem Bereich Käfertal / Im Rott den kühlen Grünzug Nordost. Die im vorgegebenen Planungsentwurf verbleibende Breite des Grünzugs (min. ca. 400 m zwischen GE Talstraße und Arrondierung Käfertal-Süd) ist nur bedingt ausreichend, um ein nahezu geschlossenes Wärmeband zwischen Käfertal-Süd / Im Rott und Gewerbegebiet Talstraße / verbleibende Spinelli-Bebauung zu unterbinden.

Dies könnte einerseits durch den Verzicht auf den Fortbestand des Hallenkomplexes (z.B. Indoor-Sportanlagen) erzielt werden oder andererseits durch einen Verzicht auf eine zusätzliche Randbebauung Käfertal-Süd zwischen Ida-Ehreweg und Grünzug Im Rott (= potenzielle Straßenbahntrasse) – **Abbildung 40**. An Stelle eines Verzichts auf eine Arrondierung Käfertal – Im Rott wäre auch eine extrem aufgelockerte und durchgrünte Wohnbebauung vorstellbar.

Westlich dieser Engstelle sollte der Grünzug, wie in **Abbildung 5.3** dargestellt, eine Breite von 600 m aufweisen. Dies ermöglicht eine Vielzahl grüngestalterischer Möglichkeiten (z.B. Wechsel von Wiesen, kleineren Landwirtschaftsflächen mit Gehölzelementen (Gehölzinseln, Streuobstwiesen etc. – siehe **Abbildung 41**) ohne die Flurwindbewegungen gravierend zu beeinträchtigen. Auch kleinere Aufschüttungen oder kleinere flache Mulden ohne zusätzliche dichte Gehölzpflanzungen zur interessanten Landschaftsgestaltung sind aus klimaökologischer Sicht vorstellbar.

Auf langgestreckte geschlossene Strauch-/Baumriegel quer zum Grünzugverlauf ist hingegen zu verzichten, um Kaltluftstagnation zu unterbinden.

Zur Erschließung des Geländes sind möglichst schmale befestigte Rad- / Fußwege geeignet, wie sie bereits im Parkgelände östlich der Spinelli-Barracks vorzufinden sind. Die davon ausgehenden thermischen Negativeffekte sind bei geringer Wegenetzdichte gering. Nebenwege sollten hingegen unversiegelt gestaltet werden.

Innerhalb des Grünzugs „Spinelli“ sind neben Wiesen und Landwirtschaftsflächen auch Spielflächen oder naturnah gestaltete Sportflächen vorstellbar. Zu beachten ist dabei, dass der gesamte Grünzug autofrei bleibt. D.h. Parkierungsflächen und breitere Straßenzüge, die den o.a. Nutzungen zugeordnet sein könnten, sind nicht innerhalb des Grünzugs zu realisieren.

Größere Gebäude sollten innerhalb des zentralen Teilbereichs des Grünzugs ebenfalls tabu sein. Klimaökologisch verträglich erscheinen vereinzelt kleinere Pavillons, die bspw. als Regenschutz, als Informationsstand etc. genutzt werden können. Sie stellen in der Regel kein gravierendes Strömungshindernis dar.

Größere Baukörper sind bei Bedarf möglichst im Arrondierungsbereich Käfertal-Süd zu platzieren.

Naturnahe kleinere Wasserflächen, wie sie in **Abbildung 5.3** angedacht sind, zeigen klimaökologisch keine gravierenden Negativeffekte. Sie tragen zwar nicht zur örtlichen Kaltluftbildung bei, fungieren an heißen Sommertagen am Tag jedoch als lokale Lufttemperatursenke.

Neben der Entwicklung neuer Grünflächen ist aber auch der Erhalt und der Neubau von Gebäuden und Wohnbauflächen in Diskussion.

Wie in **Abbildung 42** dargestellt, ist an der Talstraße die Ansiedlung des Betriebshofes Mannheim angedacht. Die Fläche schließt unmittelbar an das Gewerbegebiet Talstraße an. Durch die Lage im Lee zum Gewerbegebiet Talstraße und zur Strömungsbarriere Bürgerpark wirkt das Vorhaben gegenüber den Flurwinden aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen kaum als zusätzliches Strömungshindernis. Die geringste Barrierewirkung geht dabei von Variante 4 aus.

Die von der Bebauung ausgehende Wärmeabstrahlung kann mit Hilfe von extensiver Dachbegrünung reduziert werden. Zudem sollten zur Minimierung thermischer Zusatzbelastungen im Planungsgebiet Pkw-Stellplätze möglichst mit versickerungsfähigen Oberflächenbelägen befestigt werden. Rasengittersteine oder Paddockplatten heizen sich an Sommertagen in deutlich geringerem Maße auf als Asphalt oder Betonflächen.

Werden die o.a. Aspekten berücksichtigt, sind gegenüber dem Ist-Zustand keine gravierenden thermischen Zusatzbelastungen zu erwarten.

Bezüglich einer baulichen Arrondierung Käfertal-Süd sind von Seiten der Klimaökologie folgende Empfehlungen zu geben:

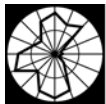
- Zwischen Ida-Ehre-Weg und begrünter Freihaltetrasse Im Rott ist eine bauliche Arrondierung allenfalls (abhängig von der zukünftigen Nutzung bestehender Hallen auf dem Spinelli-Gelände) in Form einer Fortsetzung der locker durchgrünten Randbebauung, wie sie zwischen Ida-Ehre-Weg und Esther-Charlotte-Brandes-Weg bereits besteht, zu empfehlen.
- Zwischen Grünzug Im Rott und Völklinger Straße ist eine bauliche Arrondierung ebenfalls nur in baulich deutlich aufgelockerter Form zu realisieren. Nahezu geschlossene Baublockstrukturen sind möglichst zu vermeiden, um die klimatische Gunstwirkung des Grünzugs auch nördlich der Anna-Sammet-Straße zu sichern.
- Die Grünfläche/Sportfläche (ca. 7 ha) westlich der Völklinger Straße ist aktuell als klimaökologischer Ausgleichsraum mit den Gunstfunktionen Kaltluftbildung und Ventilationsfläche zu definieren. Wird der Grünzug Nordost im Bereich des Spinelli-Geländes realisiert kann eine bauliche Fassung der Grünfläche, wie in **Abbildung 5.3** beispielhaft skizziert, auf ca. 30 – 40% der Fläche akzeptiert werden. Die bestehende bebauungsinterne Grünachse östlich der Deidesheimer Straße sollte mit Hilfe des verbleibenden Freiraumgefüges weiterhin Anschluss an den Grünzug Nordost besitzen.
- Südöstlich der Wachenheimer Straße ist ebenfalls ein baulich möglichst aufgelockerter Übergang zum Grünzug Nordost zu planen, um dessen thermische / strömungsdynamische Gunstwirkungen am neuen Bebauungsrand nicht zu blockieren. Neben einer geringen Bebauungsdichte wäre auch eine beschränkte Gebäudehöhe (max. 3-geschossige Bauweise) zu berücksichtigen.
- Eine neue bauliche Abrundung des Gewerbebebauung zwischen Rüdeshheimer Straße und Neustadter Straße kann aus klimaökologischer Sicht akzeptiert werden. Vorstellbar wäre dieser Bereich auch als Standort für den im Bereich Talstraße angedachten Betriebshof Mannheim.

Insgesamt bietet das Planungskonzept Spinelli-Barracks / BUGA 2023 (siehe auch **Abbildung 43**) die Chance, mit Hilfe der vorgesehenen grünordnerischen Fortentwicklung des Grünzugs Mannheim Nordost das stadtklimatische Ausgleichspotenzial zu steigern und somit die bioklimatische und lufthygienische Belastung in dessen Wirkungsbereichen, die bis in innenstadtnahe Lagen reichen, weiter zu begrenzen.

Werden im Zuge des anstehenden Planungsprozesses die grünordnerischen und baulichen Zielvorstellungen konkretisiert, sollten die klimaökologischen Belange einen möglichst hohen Stellenwert einnehmen.



gez. A. Burst



ÖKOPLANA
KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

Mannheim, den 25. Oktober 2013

Quellenverzeichnis / weiterführende 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.
- BRUSE, M. (2002/2012):** ENVI-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.
- 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.
- BMVBS BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013):** Modellgestützte Klimaanalysen und –bewertungen für die Regionalplanung. Berlin.
- DEUTSCHER STÄDTETAG (2012):** Positionspapier Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte. Köln
- DEUTSCHER WETTERDIENST DWD (2005):** Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227. Offenbach a. M.
- DR.SEITZ - ÖKOPLANA (1977):** Gutachten über die klimatischen Folgeerscheinungen durch das potenzielle Baugebiet „Die Bell“. Mannheim.
- EICHHORN, J. (2009/2012):** Miskam - Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell. Mainz.
- FEZER, F. (1995):** Das Klima der Städte. 1. Aufl. Gotha.
- 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.
- IMA (2013):** Modellgestützte Klimaanalyse und –bewertung für die Regionalplanung in Hessen. Grundlagen am Bsp. Marburg. Stuttgart.

- 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.
- KUTTLER, W. (1998):** Lokale Kaltluft. In: Umweltmeteorologie – Workshop des Fachbereichs II der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft. Bd. 25. Darmstadt.
- LÄHNE, W. (1992):** Klimawirkungen verschiedener Flächennutzungsstrukturen in Mannheim-Vogelstang und Mannheim-Wallstadt. Magisterarbeit am Geogr. Institut der Universität Mannheim. Mannheim.
- MANN ET AL. (2000):** Wasserhaushalt begrünter Dächer. In: Dach + Grün. 1/2000
- METROPOLREGION RHEIN-NECKAR. DER VERBAND (2008):** Regionalmonitoring Rhein-Neckar. Nr. 2. Flächennutzung. Mannheim.
- NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM (2002):** Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1985):** Isothermenkarte der Stadt Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1986):** Klimaökologische Untersuchung Mannheim-Südost. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1991A):** Gutachterliche Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zu einem potentiellen Sportpark Bösfeld. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1991B):** Stellungnahme zur Entwicklungs- und Machbarkeitsstudie "Grünzug Nord-Ost" aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1992A):** Klimaökologische Analyse im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1992B):** Stellungnahme zu baulichen Erweiterungen in Feudenheim-Nord und Beurteilung alternativer Standorte für ein Alten- und Pflegeheim aus klimaökologischer Sicht. Mannheim.

- ÖKOPLANA (1993):** Gutachterliche Stellungnahme zum sechsstreifigen Ausbau der Autobahn A6 zwischen AK-Viernheim und AK-Mannheim aus klima-ökologischer Sicht. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2001):** Klimastudie Messe- und Sportpark Mannheim. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2002):** Flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur in Mannheim – Temperaturmessfahrten am 24.-25.08.2001. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2007):** Klima- und Luftschadstoffgutachten zum B-Plan Nr. 58.3c „Waldpforte Kirchwaldstraße“ in Mannheim-Gartenstadt. Mannheim.
- ÖKOPLANA/GEONET (2009):** Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar auf Basis einer GIS-gestützten Modellierung von stadtklimatisch und lufthygienisch relevanten Kenngrößen mit dem 3D-Klimamodell FITNAH. Mannheim. Hannover.
- ÖKOPLANA (2010):** Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Mannheim.
- PORTZ, N (2011):** Die BauGB-Klimaschutznovelle 2011: Eine Darstellung der Schwerpunkte. In: Niedersächsischer Städtetag Nachrichten 10/2011. Hannover.
- REGIONALVERBAND RUHR (2010):** Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Essen.
- SEITZ, R. (1975):** Klimatologie und Stadtplanung, Stadtklima Mannheim - Ludwigshafen. Dissertation am Geogr. Institut der Universität Heidelberg. Mannheim.
- SINAI (2012):** Machbarkeitsstudie Freiraum Rhein-Neckar, Bundesgartenschau 2023. Präsentation 25.10.2012.
- STADT MANNHEIM (2013):** BUGA 2023. Mannheim verbindet. Bewerbung für die Bundegartenschau 2023. Mannheim.
- STADT STUTTGART (2010):** Der Klimawandel – Herausforderung für die Stadtklimatologie. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz – Heft 3/2010. Stuttgart.
- STEINICKE UND STREIFENER (2000):** Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.
- STEINICKE UND STREIFENER (2009):** Thermalscannerbefliegung Mannheim. Freiburg i. Br.

UMWELTBUNDESAMT: Monetarisierete Bewertung der Kriterien der Standortwertigkeit. <http://www.umweltbundesamt.de/atlast/web1/Berichte/gwiese/gewiese44.htm>.

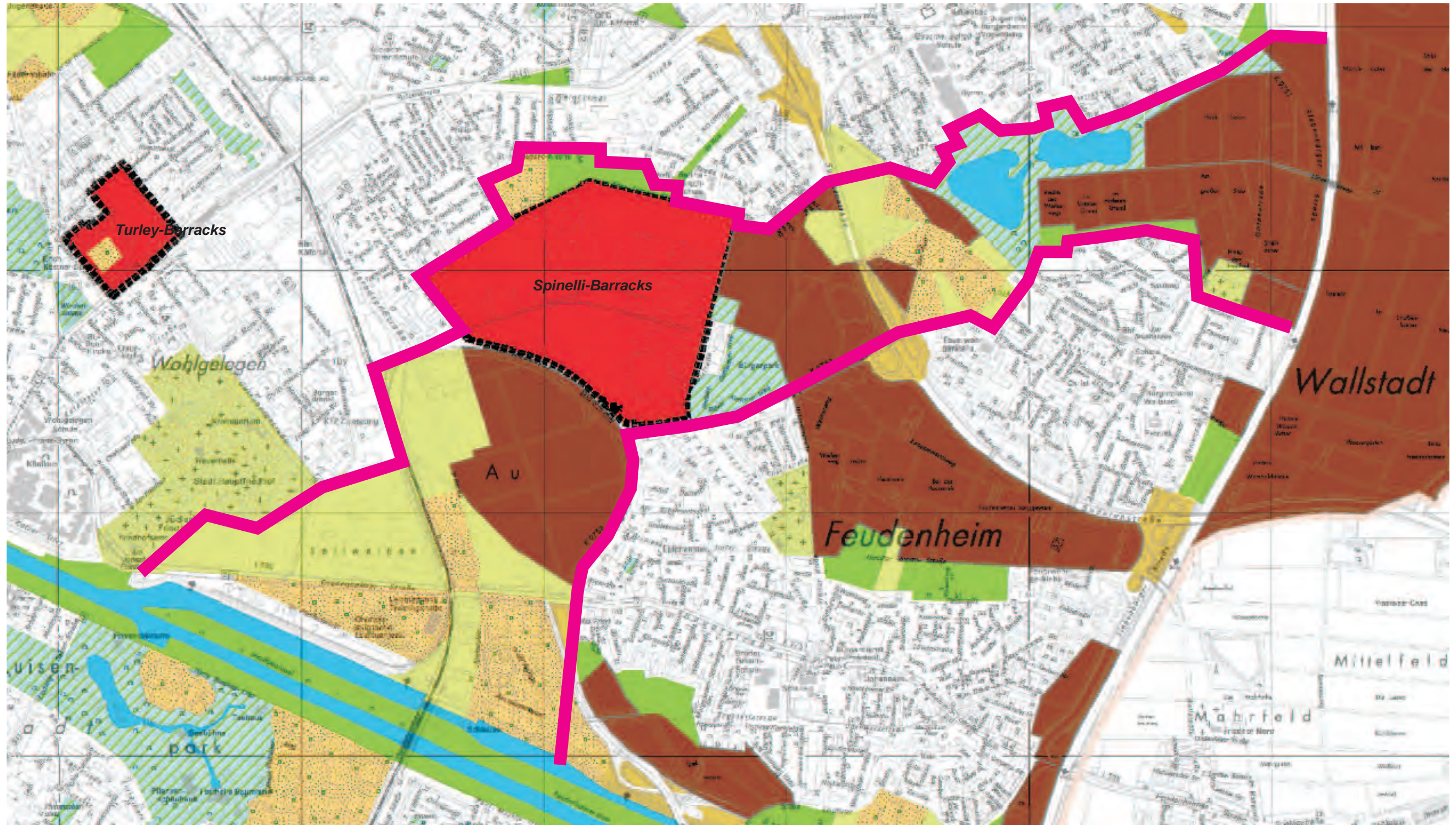
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1994): VDI 3787, Bl. 1. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf.

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

Abb. 1 Lage des Grünzuges Nordost im Mannheimer Stadtgebiet - Freiraumstrukturen



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------------|
|  | Forstwirtschaftsfläche |  | Wasserfläche |
|  | Friedhof |  | Konversionsfläche |
|  | Grünfläche |  | Grünzug Nordost |
|  | Grünfläche in Verkehrsknoten | | |
|  | Kleingärten | | |
|  | Landwirtschaftsfläche | | |
|  | Parkanlage | | |
|  | Sport- und Freizeitfläche | | |

Aus: ÖKOPLANA (2010), Stadtklimaanalyse Mannheim 2010

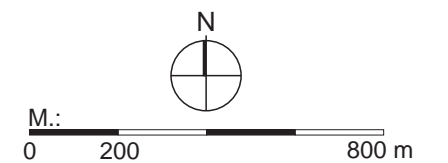
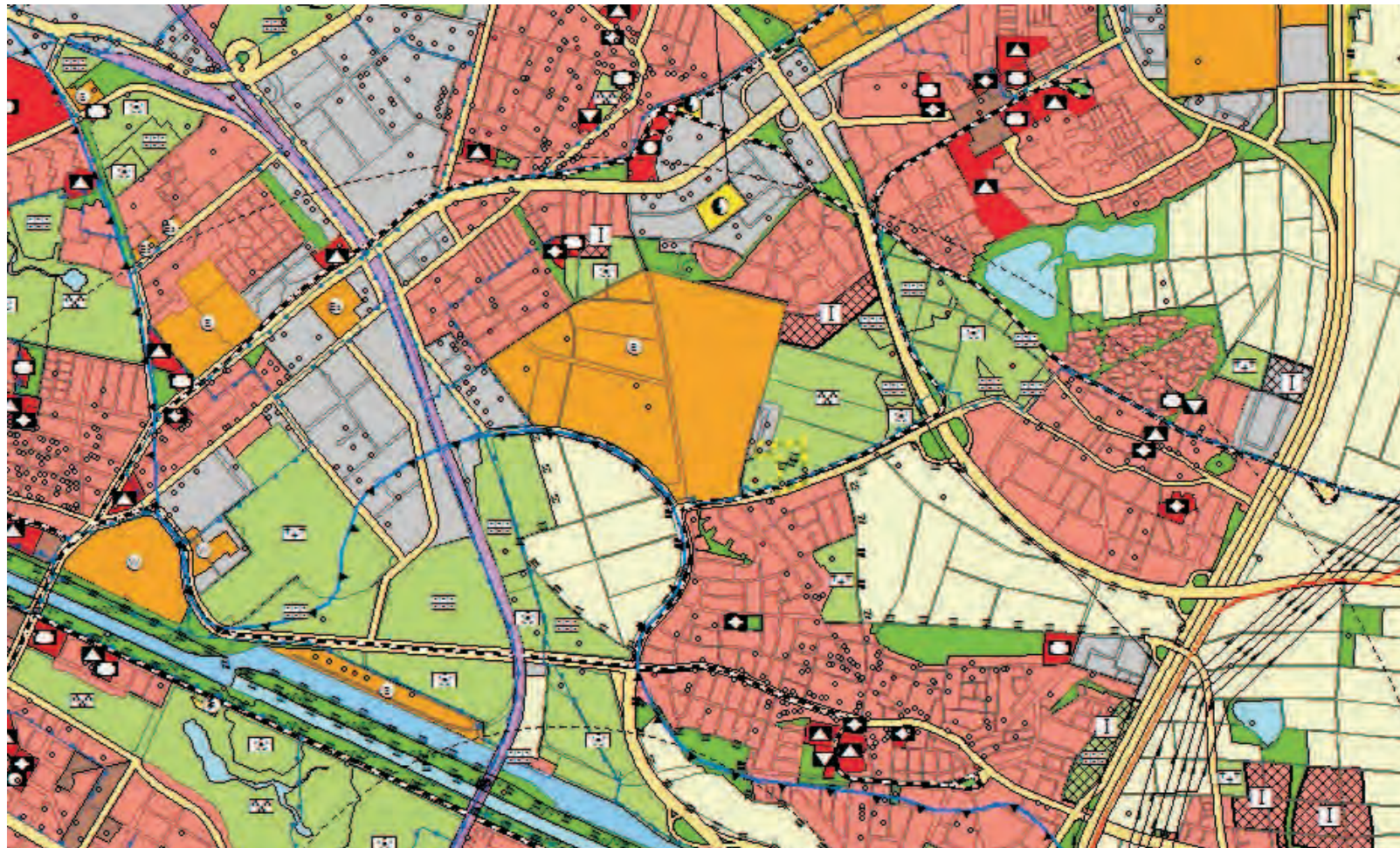


Abb. 2.1 Auszug aus dem Flächennutzungsplan 2015/2020 des Nachbarschaftsverbandes Heidelberg-Mannheim



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.:
0 200 800 m












ÖKOPLANA

Abb. 2.2 Legende - Flächennutzungsplan 2015/2020 des Nachbarschaftsverbandes Heidelberg-Mannheim

Wohnen

-  Wohnbaufläche
-  Gemeinbedarfsflächen
-  Öffentliche Ordnung und Sicherheit
-  Bildung
-  Soziales und Gesundheit
-  Kultur
-  Seelsorge












Nachrichtliche Übernahmen

-  Entwicklungsfläche
-  Zeitstufe I - bis 2015
-  Zeitstufe II - 2016 bis 2020
-  Altlast
-  Altlastverdachtsfläche
-  Natur- / Landschaftsschutzgebiet
-  FFH-Gebiet (Fauna-Flora-Habitat)
-  Wasserschutzgebiet
-  Überschwemmungsgebiet
-  Überschwemmungsgefährdetes Gebiet
-  Bau- und Bauüberwachungsbereich nach Luftverkehrsgesetz
-  Bemerkungsgrenzen

Arbeiten

-  Gewerbliche Baufläche
-  Gewerbliche Baufläche mit ergänzenden textlichen Bestimmungen
-  Gemischte Baufläche
-  Dorfgebiet
-  Sonderbauflächen
-  Militärische Einrichtung
-  Flugplatz
-  Hafenanlage
-  Verkehrswirtschaft
-  Wissenschaftliche Einrichtung
-  Großflächige Handelsanlage zentrenrelevant
-  Großflächige Handelsanlage nicht zentrenrelevant
-  Großflächige Handelsanlage mit ergänzenden textlichen Bestimmungen
-  Sport- und Freizeitanlage
-  Anlage mit sehr hohen Emissionen

Freiraum

-  Fläche für die Landwirtschaft
-  A=Aussiedlerschwerpunkt / M=Schwerpunkt für Massentierhaltung
-  Wald
-  Grünfläche
-  Parkanlage
-  Sport und Freizeittfläche
-  Kleingarten- und Kleintierzuchtanlage
-  Friedhof
-  Fläche zur Landschaftsentwicklung §5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB
-  Sondergebiet Landschaftsbau
-  Abbaufäche
-  Gewässer / Fließgewässer

Infrastruktur

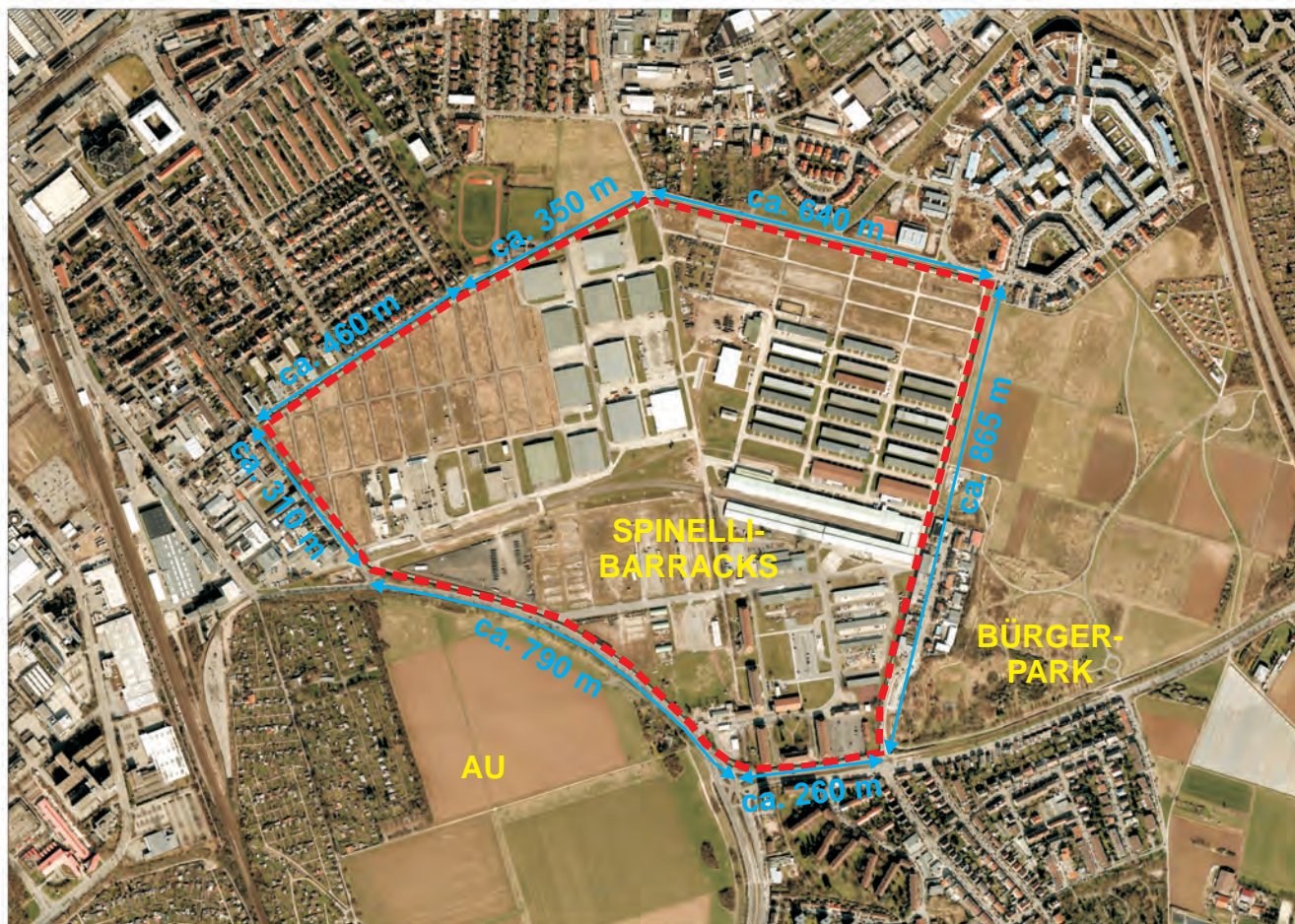
-  Wasserversorgung
-  Abwasserentsorgung
-  Abfallentsorgung
-  Energieversorgung
-  Telekommunikation
-  wichtige Straße / Verkehrsfläche
-  Straßentunnel / Querung
-  Fernbahn
-  S-Bahn und Fernbahn
-  Bahntunnel
-  Stadtbahn
-  Schifffahrtsweg
-  Produktleitung (Gas, Fernwärme, Dampf, Seilbahn)
-  Hochspannungsfreileitung

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 3 Luftbild - Spinelli-Barracks



SPINELLI-BARRACKS



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Luftbild: Stadt Mannheim



M.:
0 100 400 m

ÖKOPLANA

Abb. 4 Topografie im Untersuchungsgebiet Grünzug Nordost / Feudenheimer Au und in dessen Umfeld



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg



M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

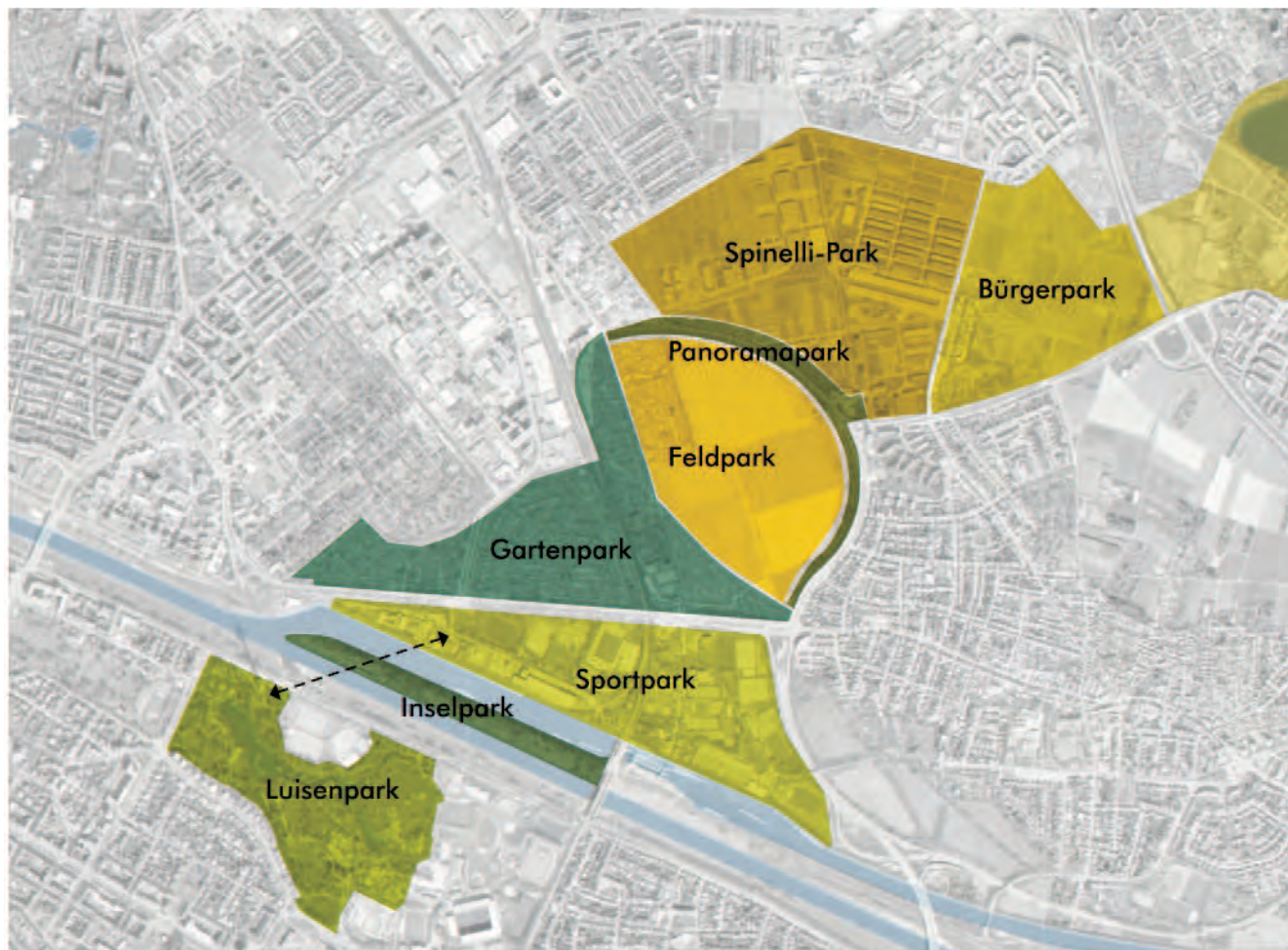
Abb. 5.1 Potenzieller Freiraumring Mannheim Nord - Nordost



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Grafik: Büro sinai

Abb. 5.2 Potenzielle Parkfolge bei Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost
(= Teil des “Konversionsgrünzuges”)



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

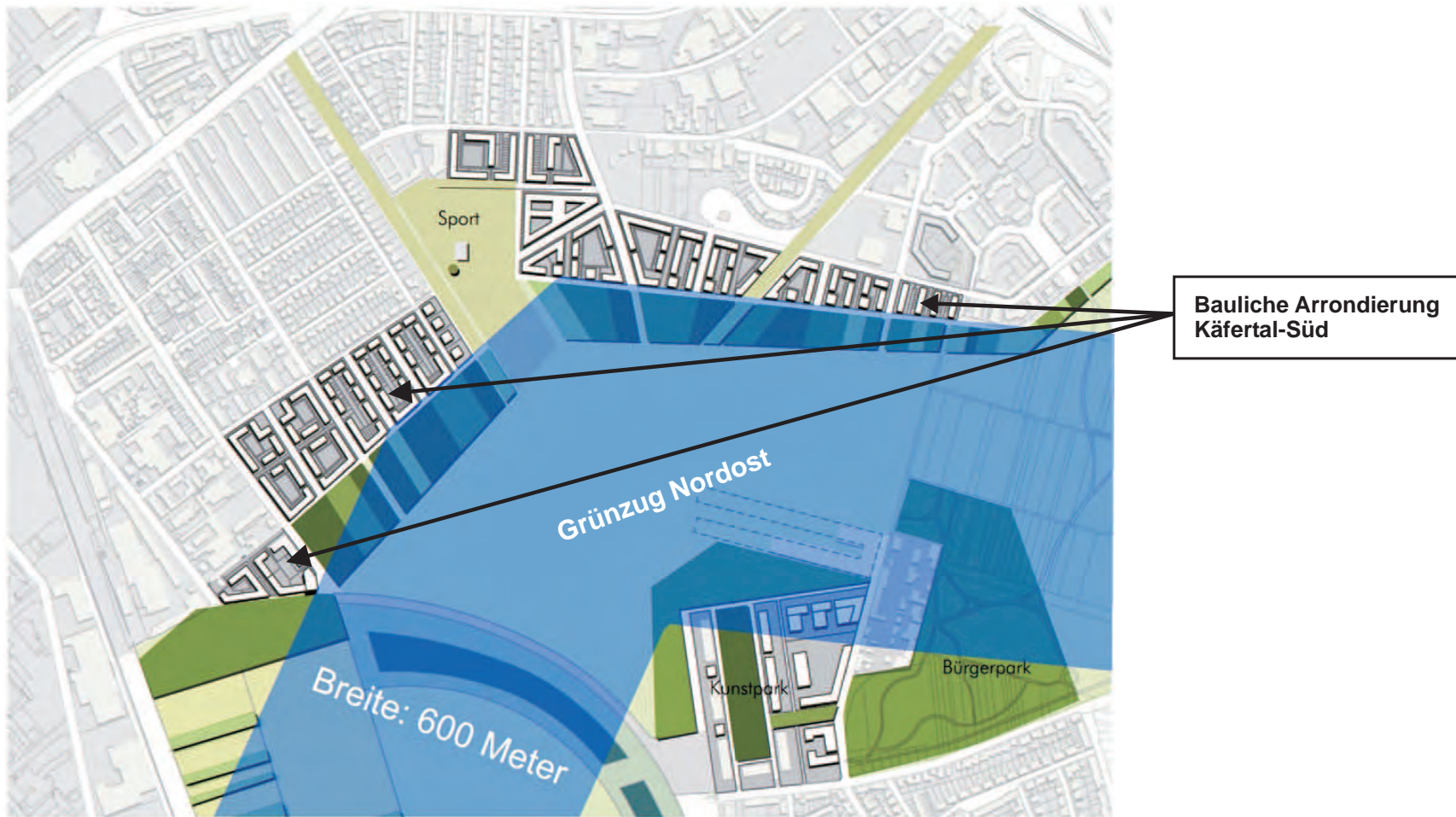
Grafik: Büro sinai



M.:
0 250 1000 m

ÖKOPLANA

Abb. 5.3 Klimaökologisch optimierte Zielvorstellung zur Entwicklung eines durchgängigen Grünzugs Nordost



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Grafik: Stadt Mannheim

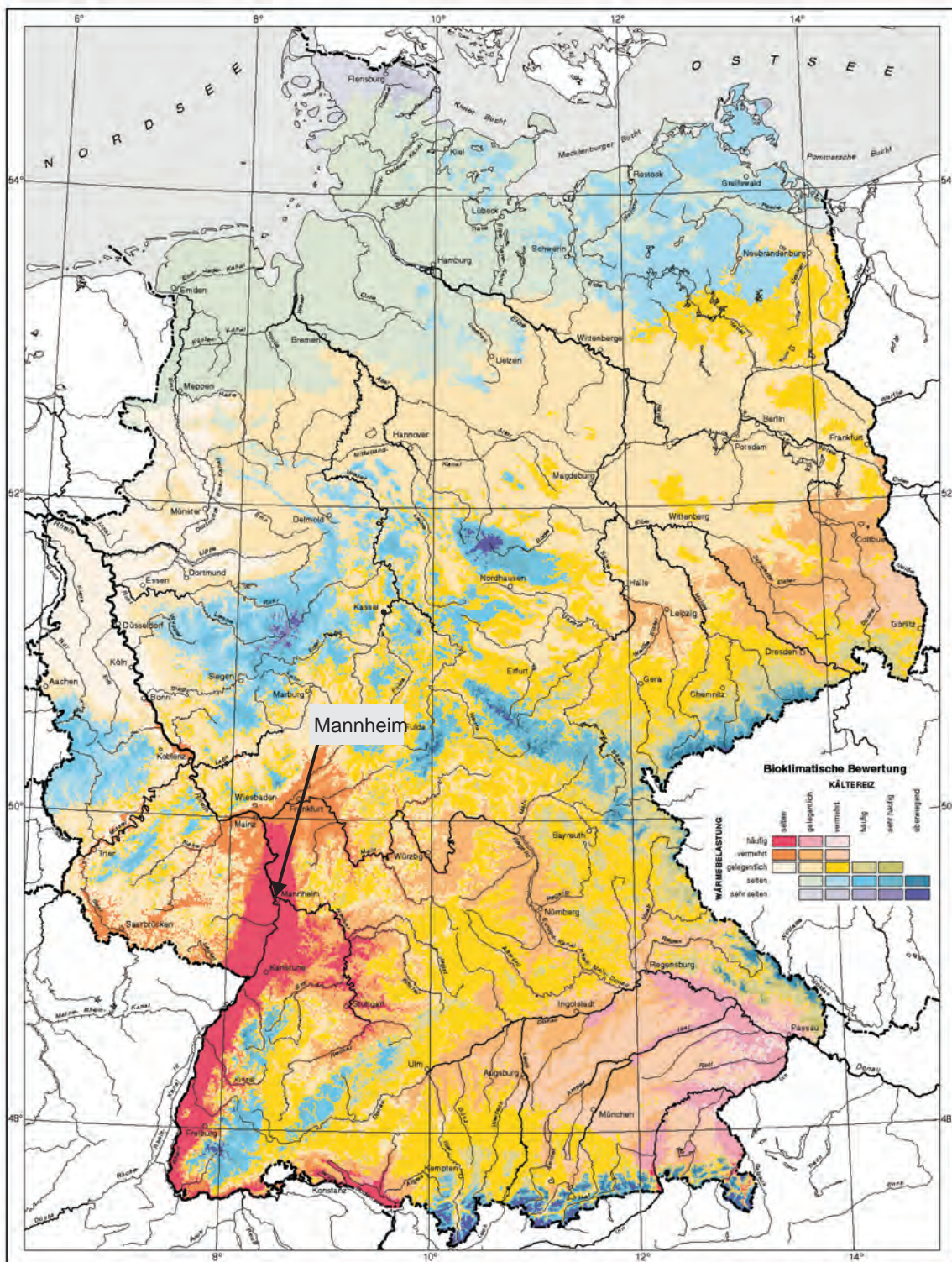


M.:
0 100 400 m

ÖKOPLANA

**Abb. 6 Das Bioklima der Bundesrepublik Deutschland
Zeitraum 1971 - 2000**

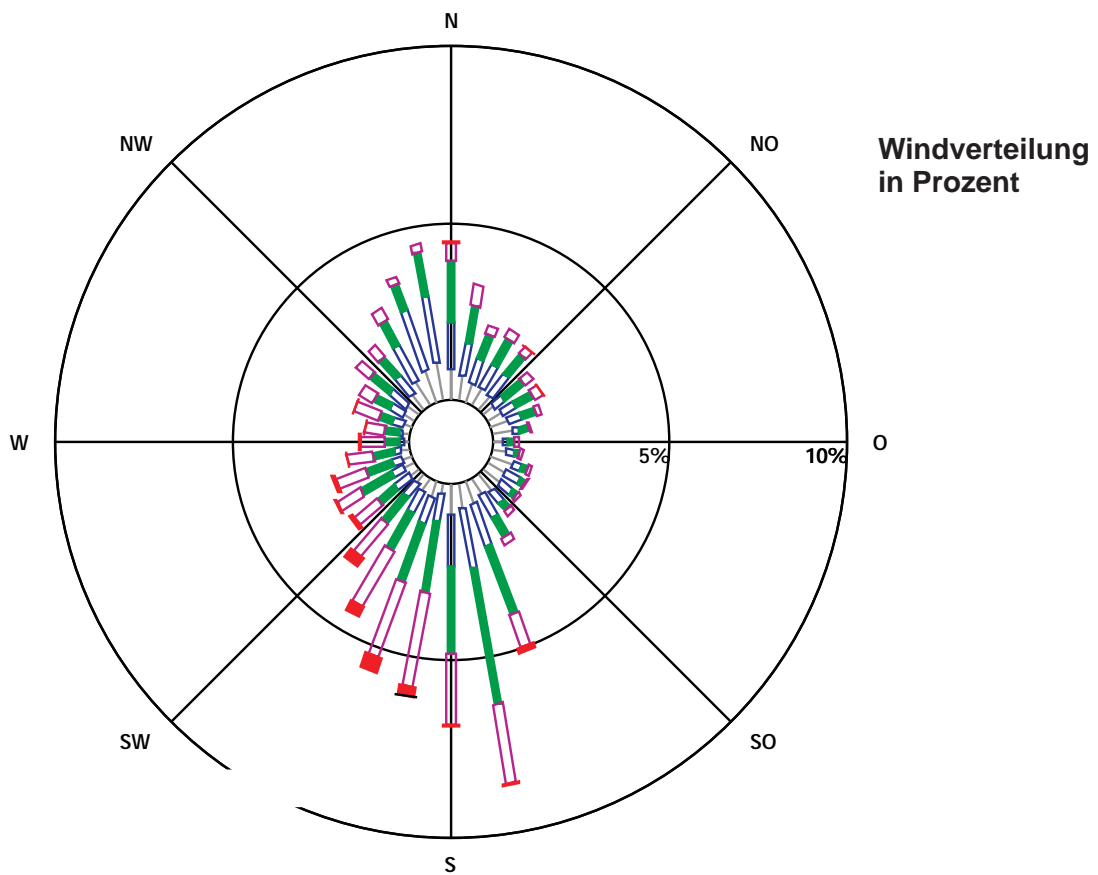
Kartenentwurf: DWD, Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie Freiburg i. Br.



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



**Abb. 7 Repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik für den Raum Mannheim
DWD-Station Mannheim-Vogelstang**



Station	: AKS	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Rechtswert	:	I : 15.0 %	—	1.4 bis 2.3 m/s
Hochwert	:	II : 21.6 %	—	2.4 bis 3.8 m/s
Meßhöhe	: 10.0 m	III/1 : 37.5 %	—	3.9 bis 6.9 m/s
Wind.Geschw.	: 2.9 m/s	III/2 : 14.9 %	—	7.0 bis 10 m/s
		IV : 6.9 %	—	größer 10 m/s
		V : 4.2 %	—	

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 8 Standorte temporärer Klimamessstationen 2013



Grünzug Nordost



Talstraße



Aubuckel



Feudenheimer Au

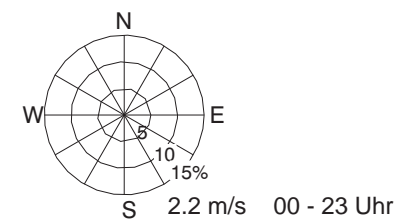
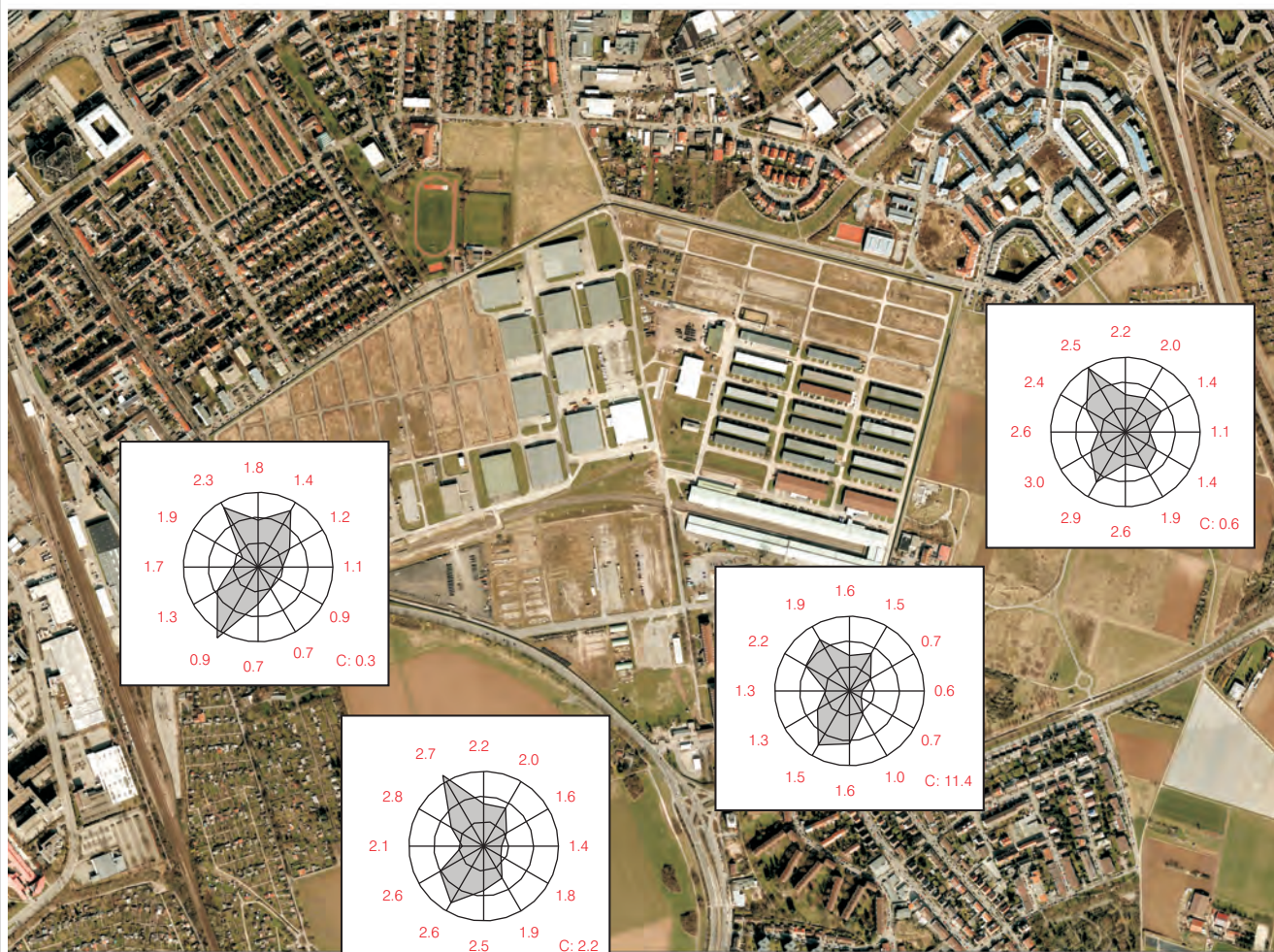
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.:
0 100 400 m

ÖKOPLANA

**Abb. 9.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, alle Tage**



▲ 00 - 23 Uhr

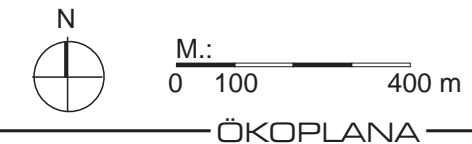
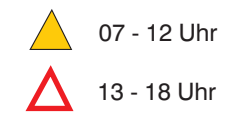
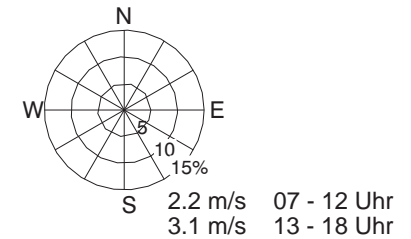
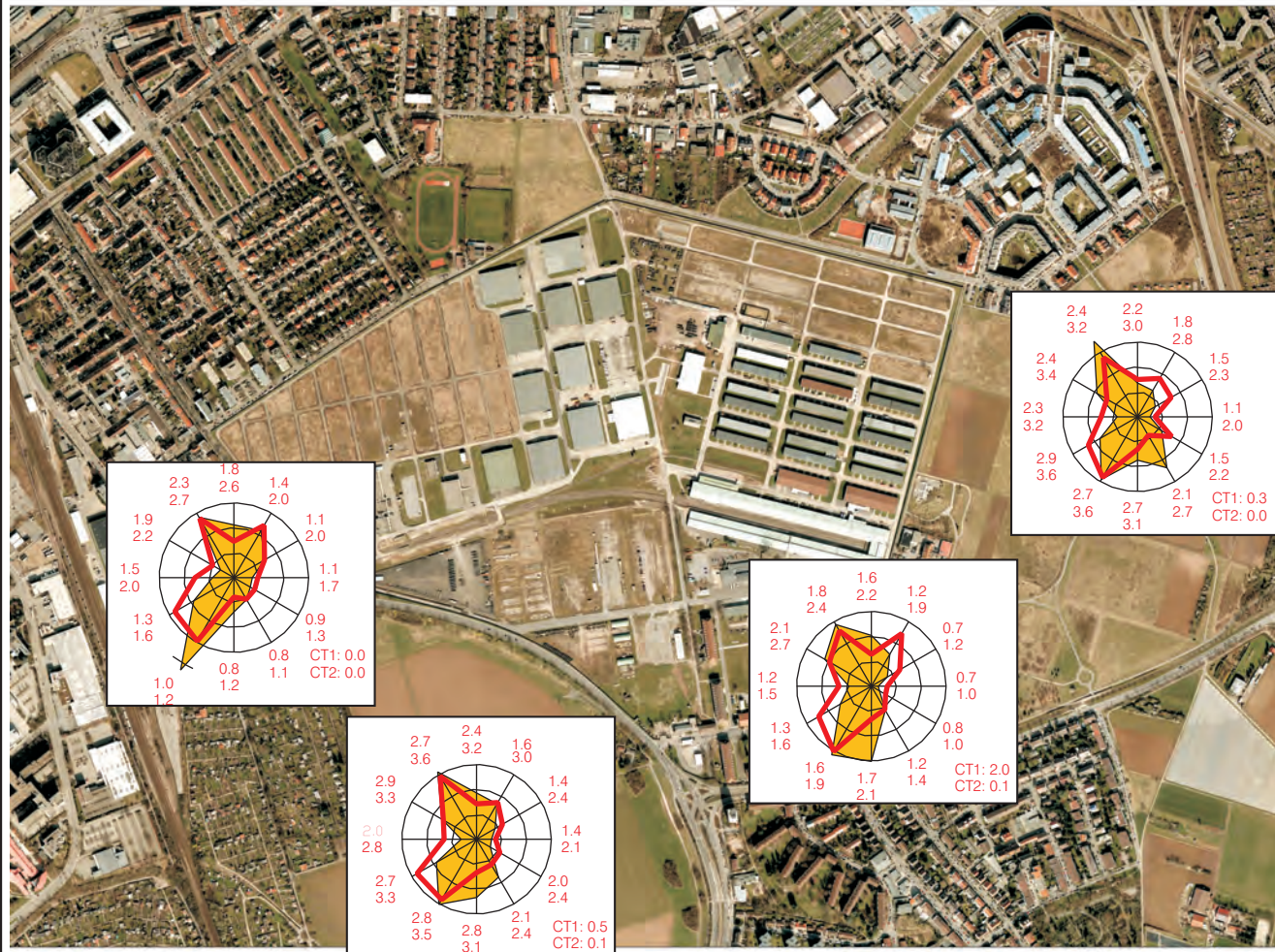
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.: 0 100 400 m

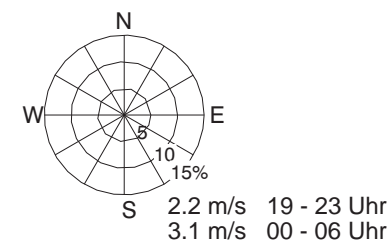
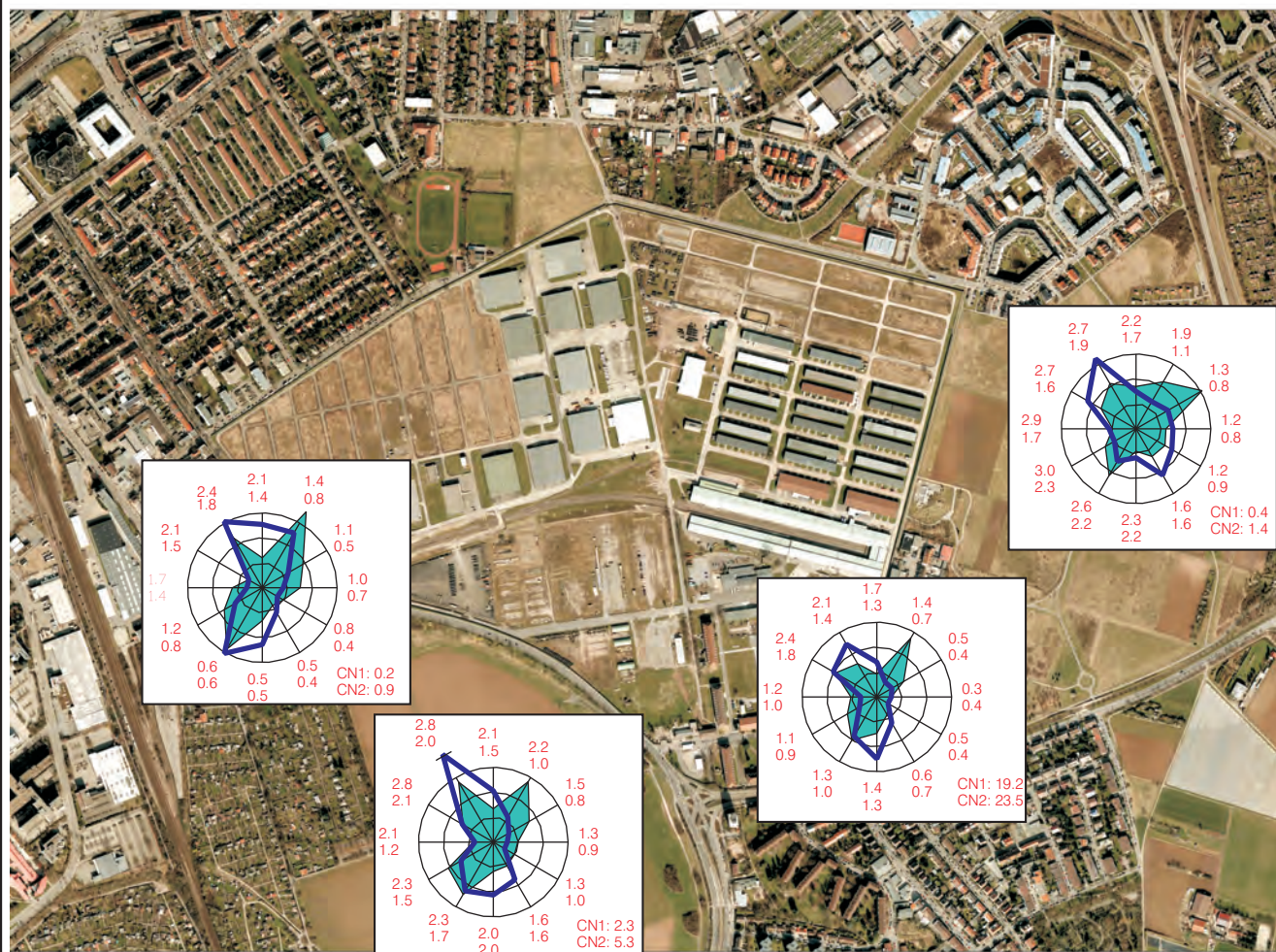
ÖKOPLANA

**Abb. 9.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, 1. und 2. Tageshälfte**



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

**Abb. 9.3 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, 1. und 2. Nachthälfte**



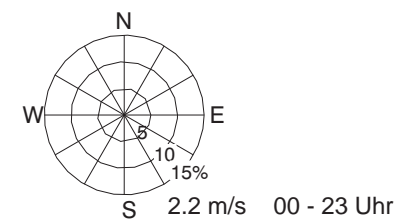
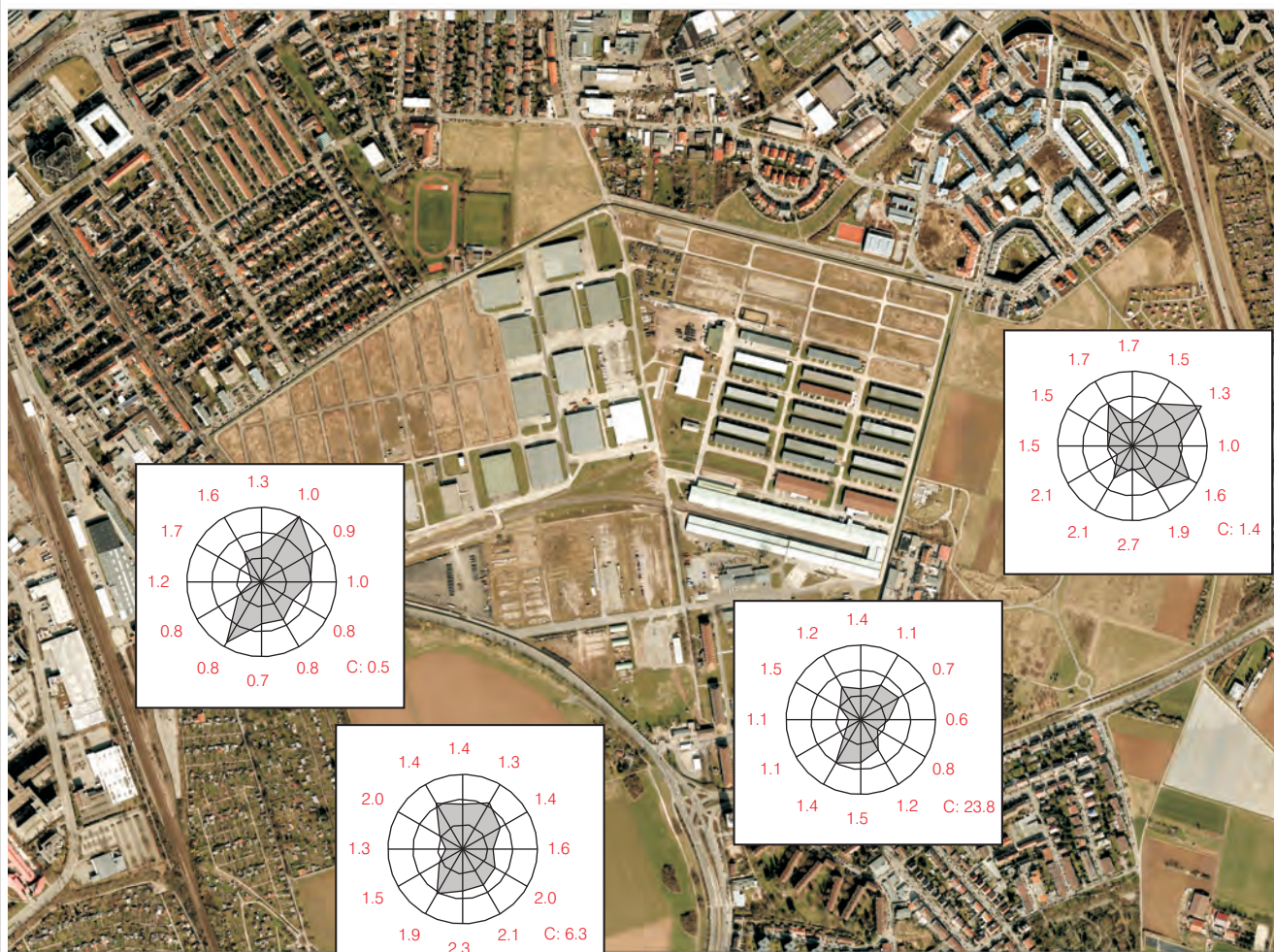
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.:
0 100 400 m

ÖKOPLANA

**Abb. 10.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, Strahlungstage**



▲ 00 - 23 Uhr

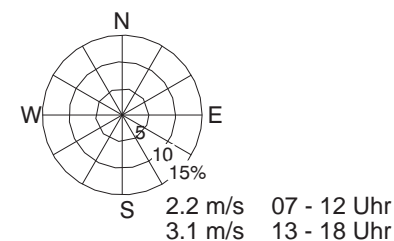
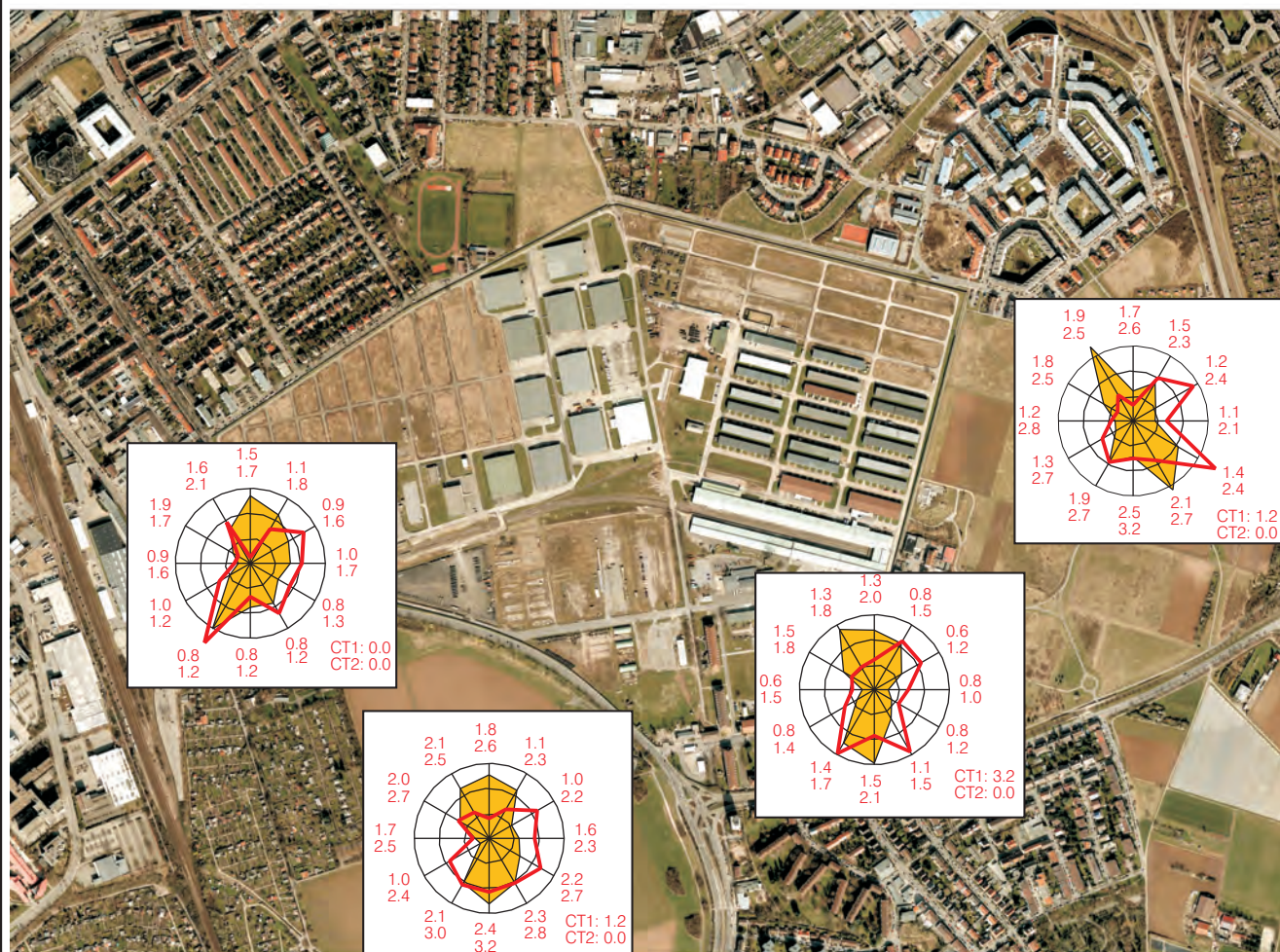
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



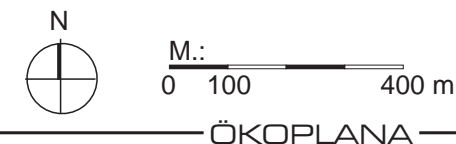
M.: 0 100 400 m

ÖKOPLANA

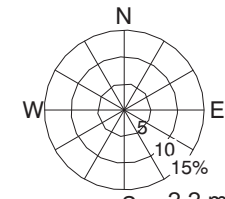
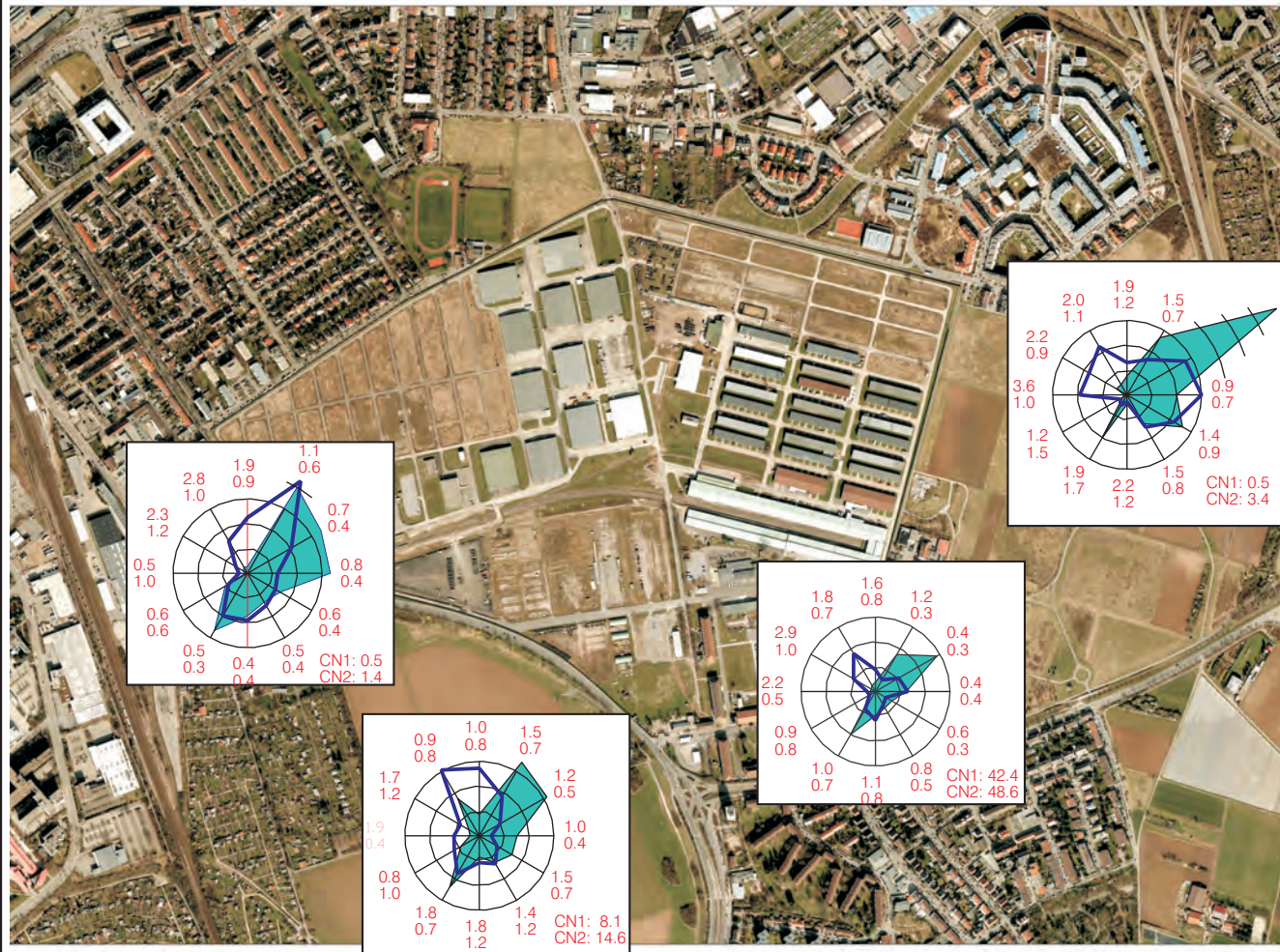
**Abb. 10.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, Strahlungstage / 1. und 2. Tageshälfte**



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



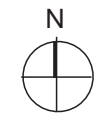
**Abb. 10.3 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mai - September 2013, Strahlungstage / 1. und 2. Nachthälfte**



S 2.2 m/s 19 - 23 Uhr
3.1 m/s 00 - 06 Uhr

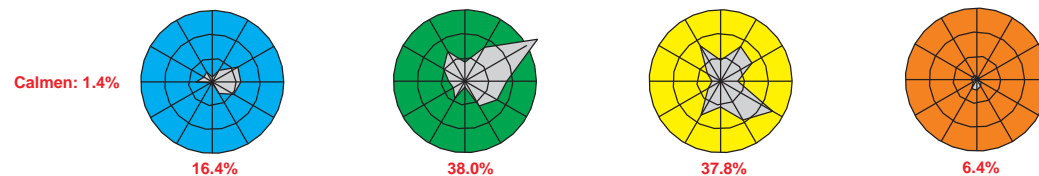
▲ 19 - 23 Uhr
△ 00 - 06 Uhr

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

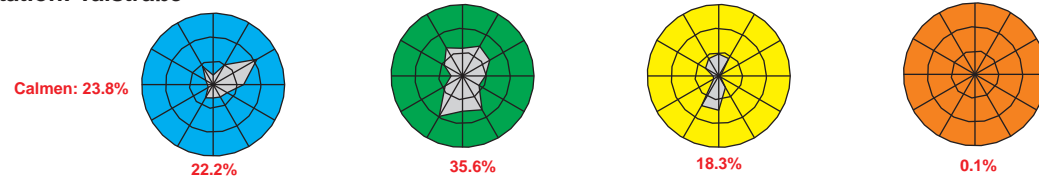


**Abb. 10.4 Windrichtungsverteilung mit Windgeschwindigkeitsstufen
Zeitraum: Mai - September 2013, Strahlungstage**

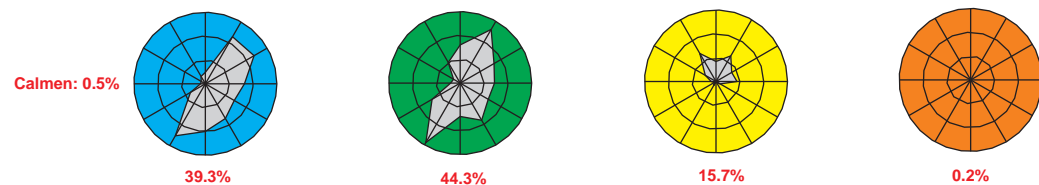
Station: Grünzug Nordost



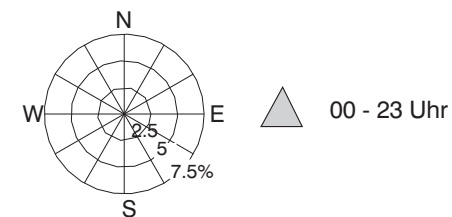
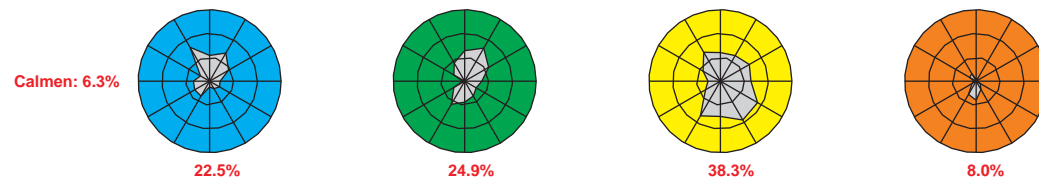
Station: Talstraße



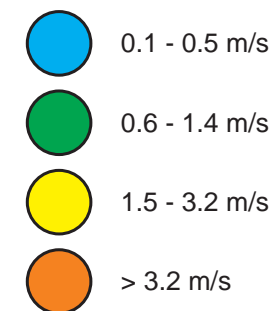
Station: Aubuckel



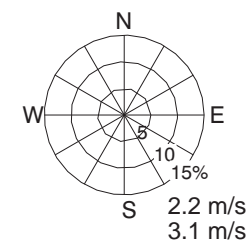
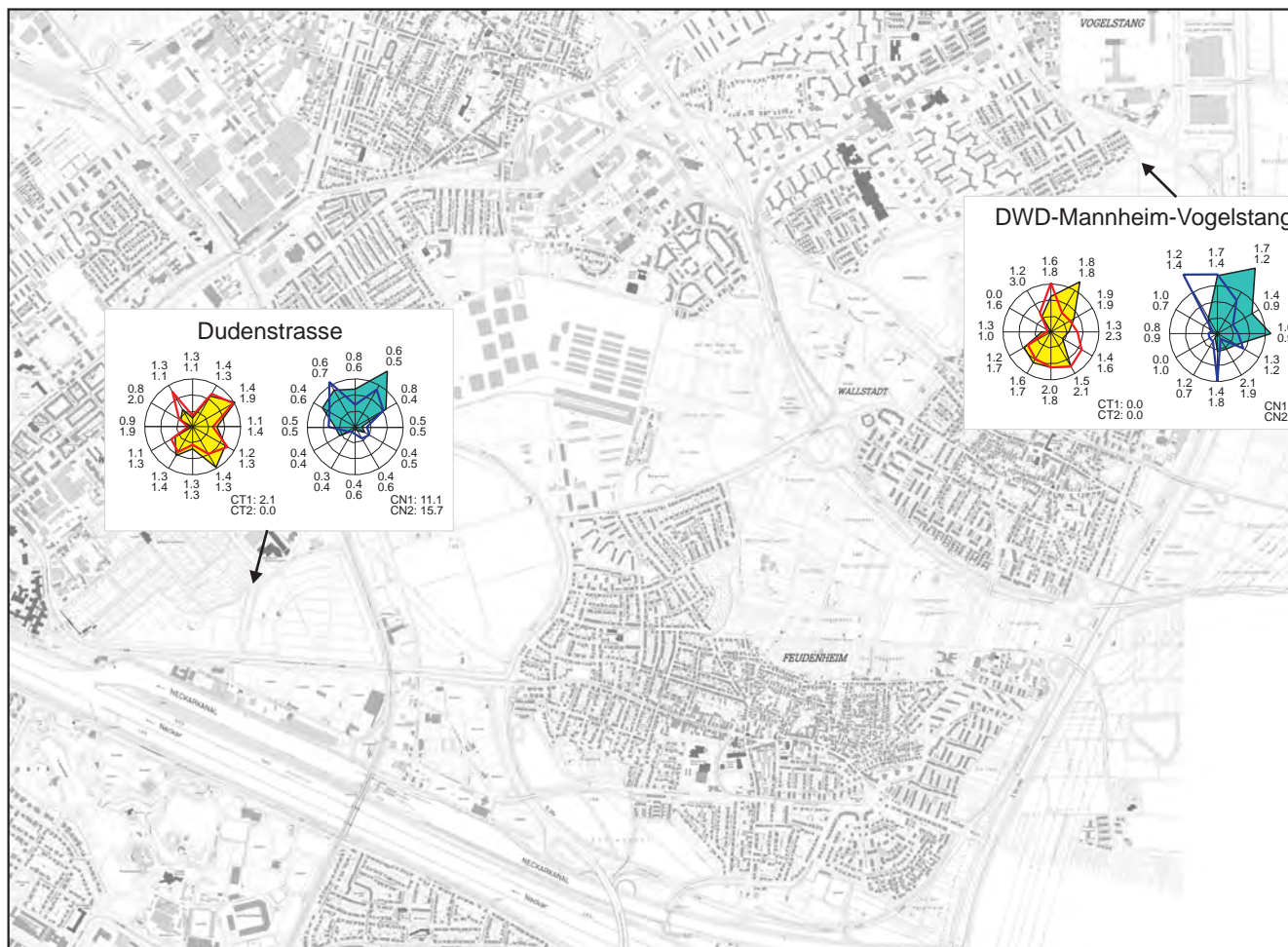
Station: Feudenheimer Au



Windgeschwindigkeitsklassen



**Abb. 11 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Mitte August - Ende November 2001, Strahlungstage**



- ▲ 07 - 12 Uhr
- ▲ 13 - 18 Uhr
- ▲ 19 - 23 Uhr
- ▲ 00 - 06 Uhr

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.: 0 200 800 m

ÖKOPLANA

**Abb. 12 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Zeitraum: Oktober 1988 - Oktober 1989, Strahlungstage**



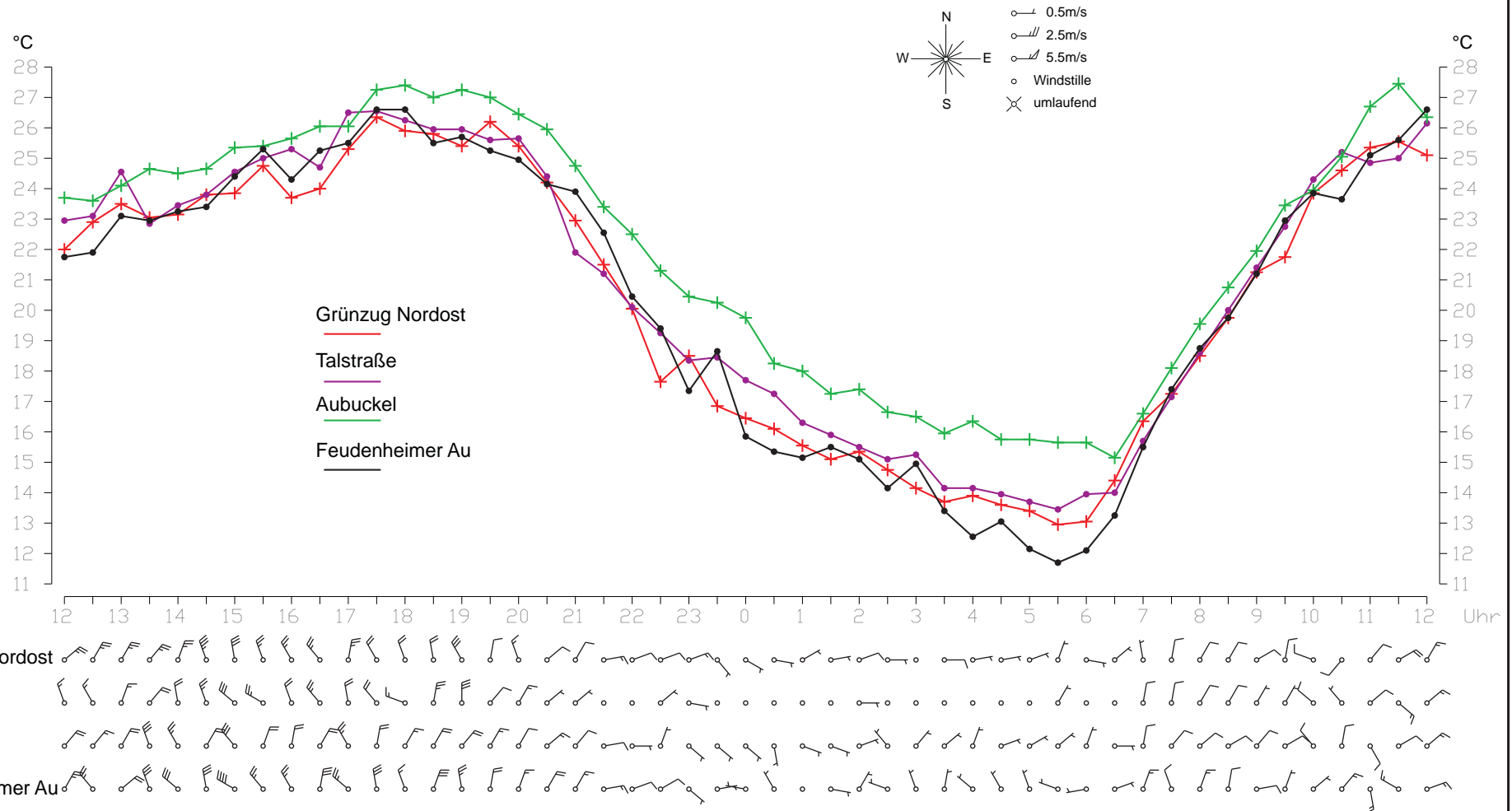
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.: 0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 13 Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 15./16.07.2013



Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 14 Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 07.07. Und 15./16.07.2013



G Standort und Ausbreitungsverhalten der Rauchschwade

- A 0.9 m/s - 20:50 Uhr / 15.07.2013
- B 1.3 m/s - 21:00 Uhr / 15.07.2013
- C 1.0 m/s - 22:15 Uhr / 07.07.2013
- D 1.2 m/s - 22:30 Uhr / 07.07.2013
- E 0.6 m/s - 02:00 Uhr / 16.07.2013
- F 0.4 m/s - 21:20 Uhr / 15.07.2013
- G 1.3 m/s - 22:45 Uhr / 07.07.2013
- H 1.2 m/s - 21:45 Uhr / 15.07.2013
- I 1.4 m/s - 23:00 Uhr / 15.07.2013
- J 1.0 m/s - 21:50 Uhr / 15.07.2013
- K 0.8 m/s - 22:10 Uhr / 15.07.2013
- L 0.6 m/s - 01:40 Uhr / 16.07.2013

Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.: 0 100 400 m

ÖKOPLANA

Abb. 15.1 Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 - fotografische Dokumentation,
Standort: Feudenheimer Au

20:50 Uhr - Rauch driftet zunächst nach Westen und knickt dann nach Nordwesten ab. Deutlich wird die kaltluftbedingte laminare Strömung.



21:00 Uhr - Rauch driftet nach Südwesten ab



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 15.2 Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 - fotografische Dokumentation,
Standort: Talstraße

21:20 Uhr - Rauch driftet nach Westen. Die nur schwache Verwirbelung lässt auf eine schwache laminare Kaltluftströmung schließen, die über den Grünzug Nordost in Richtung Spinelli-Barracks fließt

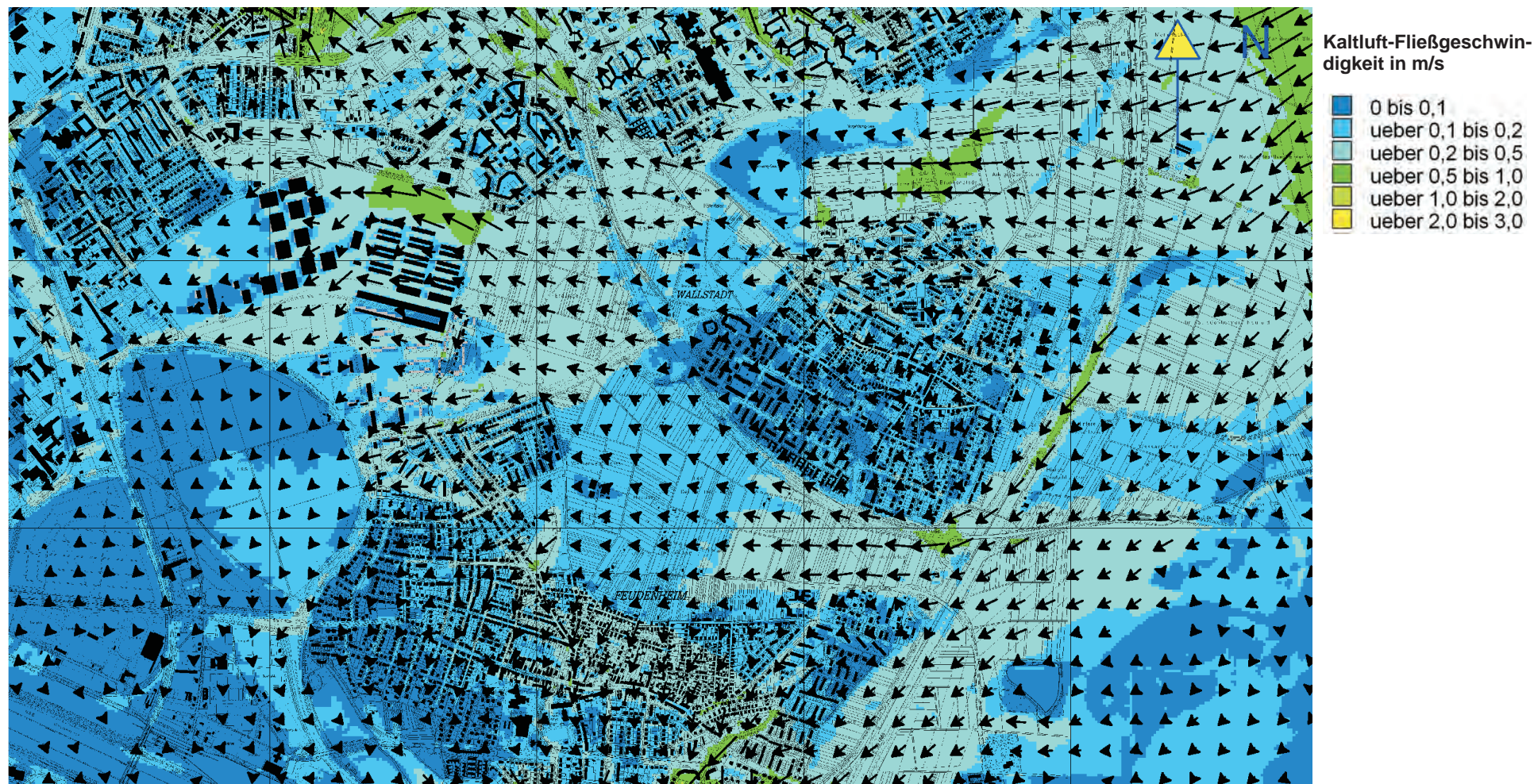


Abb. 15.3 Rauchschwadenbeobachtungen am 15.07.2013 - fotografische Dokumentation,
Standort: Grünzug Nordost / Stationsstandort

23:00 Uhr - Rauch driftet nach Westsüdwesten.
Die örtliche Kaltluft ist deutlich laminar geschichtet,
was auf intensive Kaltluftbildung schließen lässt.



Abb. 16.1 Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (2 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg



M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 16.2 Kaltluftvolumenstrom (02:00 Uhr) in einer windschwachen Strahlungsnacht
Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Kaltluftvolumenstrom
in $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$

- 0 bis 1
- ueber 1 bis 2
- ueber 2 bis 5
- ueber 5 bis 10
- ueber 10 bis 20
- ueber 20 bis 30
- ueber 30 bis 50

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

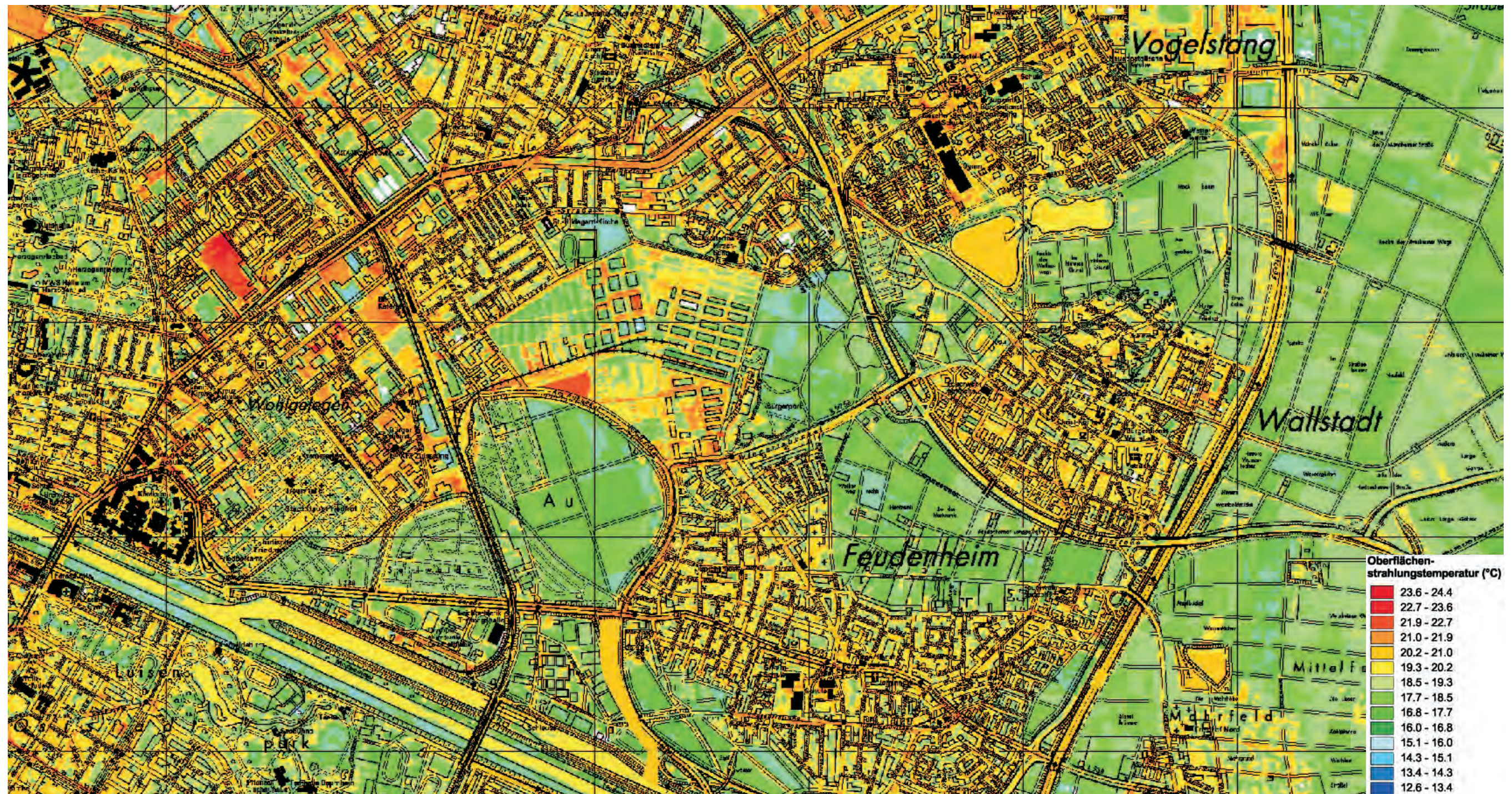
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg



M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 17 IR Thermalbildaufnahme vom 31.08.2009 - Abendsituation (20:00 - 21:00 Uhr)



Karte: Steinicke & Streifeneder 2009

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

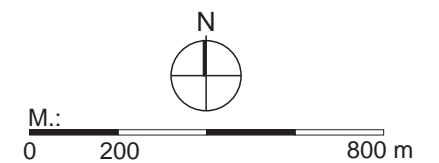
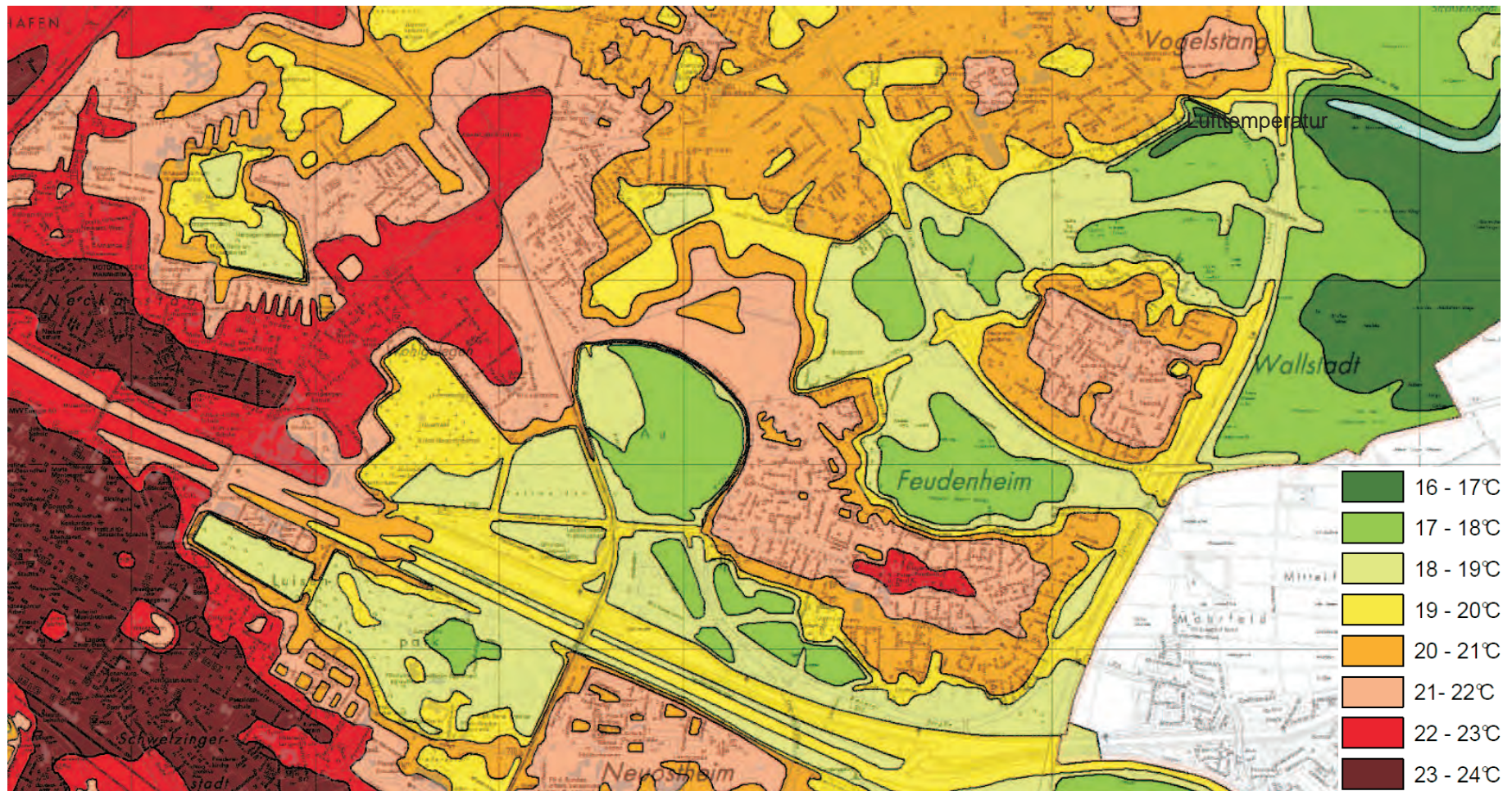


Abb. 18.1 Isothermenkarte vom 31.08.2009, 22:00 Uhr



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

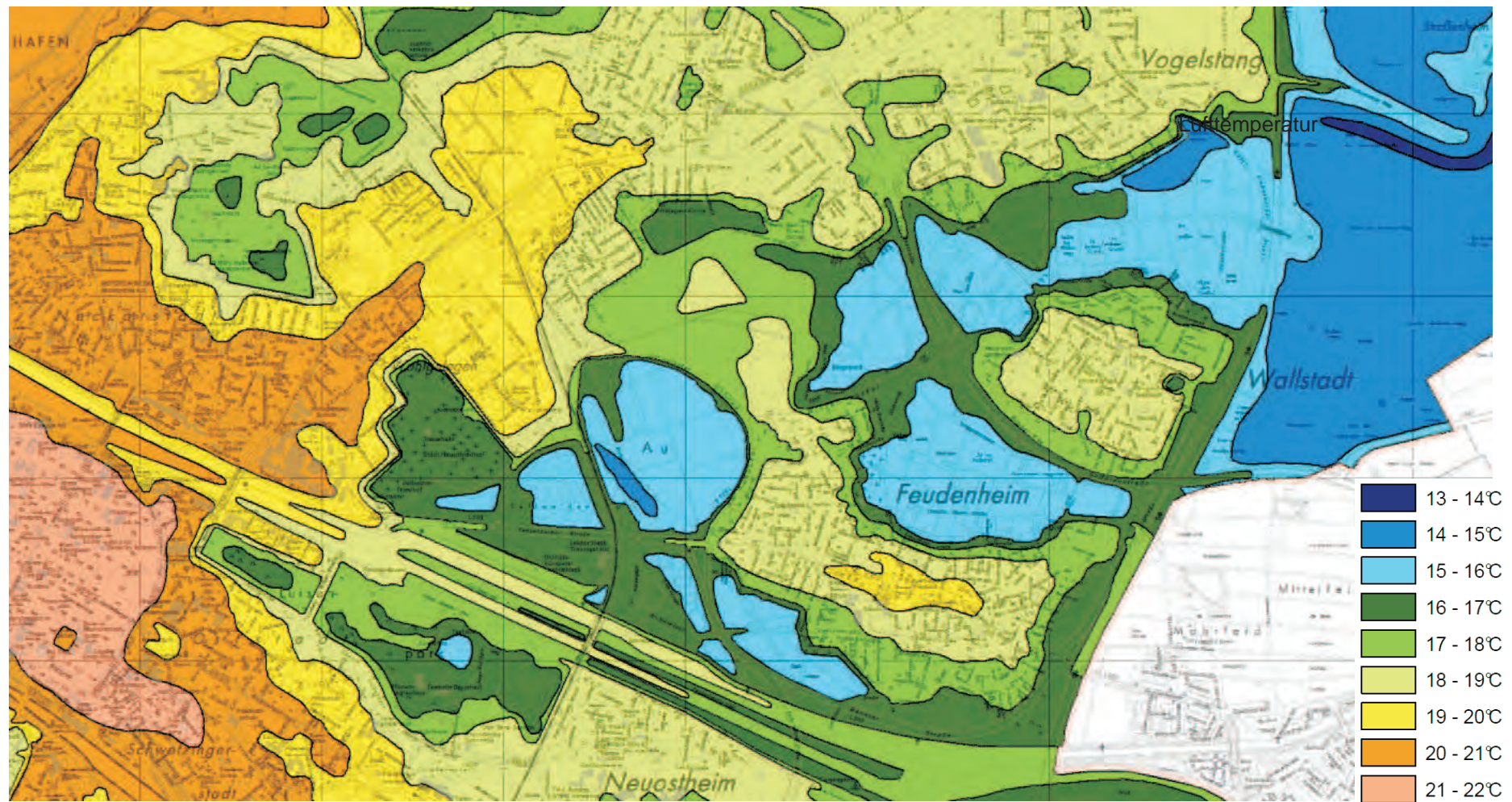
Datenaufnahme:
ÖKOPLANA



M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 18.2 Isothermenkarte vom 01.09.2009, 05:00 Uhr



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

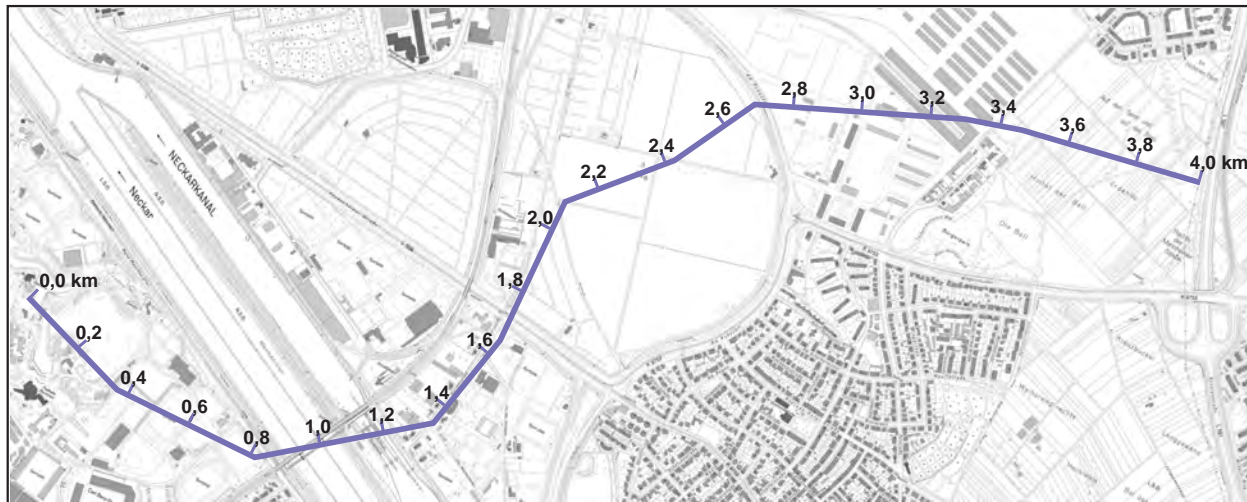
Datenaufnahme:
ÖKOPLANA



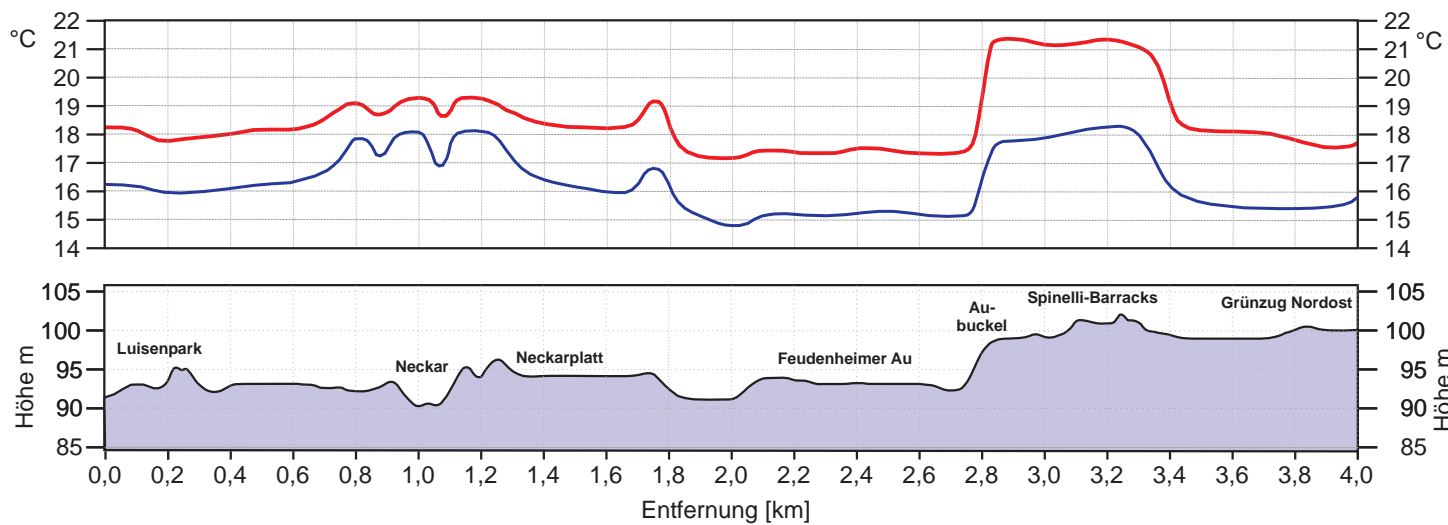
M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 19 Profile der Lufttemperatur nach Messfahrten am 31.08./01.09.2009



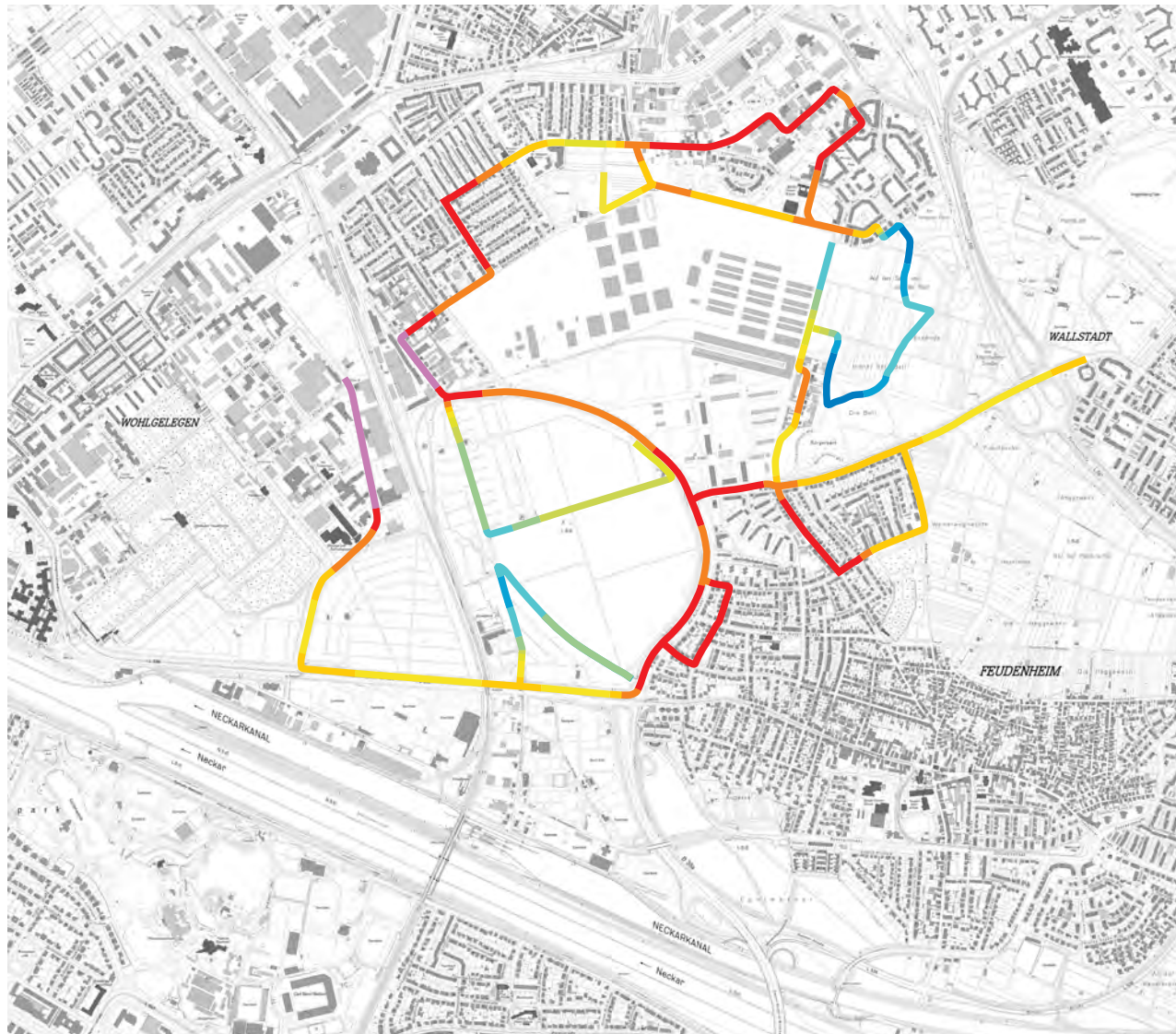
Temperaturprofil 22 Uhr ———
 Temperaturprofil 05 Uhr ———

















Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



Abb. 20.1 Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrt am 15.07.2013, 22:30 Uhr



Lufttemperatur

- 15,0 - 15,5°C 
- 15,5 - 16,0°C 
- 16,0 - 16,5°C 
- 16,5 - 17,0°C 
- 17,0 - 17,5°C 
- 17,5 - 18,0°C 
- 18,0 - 18,5°C 
- 18,5 - 19,0°C 
- 19,0 - 19,5°C 
- 19,5 - 20,0°C 
- 20,0 - 20,5°C 
- 20,5 - 21,0°C 
- 21,0 - 21,5°C 
- 21,5 - 22,0°C 

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

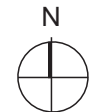
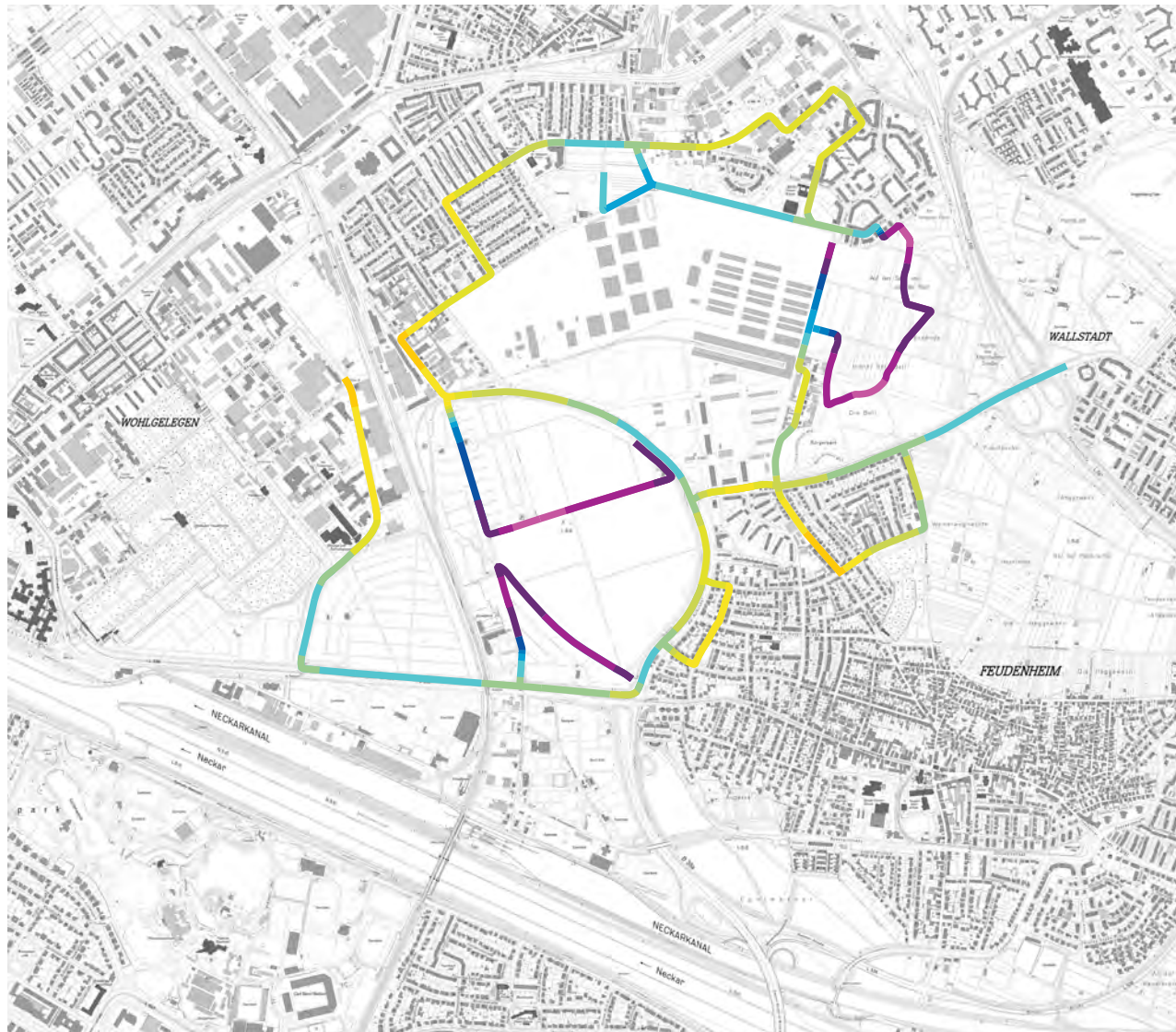
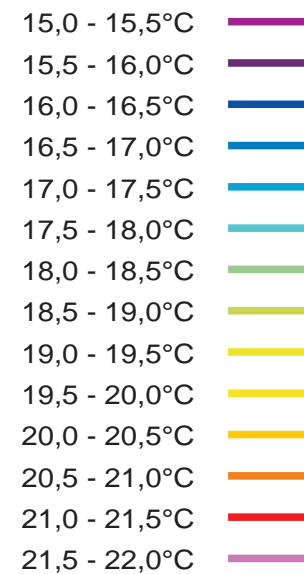


Abb. 20.2 Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrt am 15.07.2013, 00:00 Uhr



Lufttemperatur

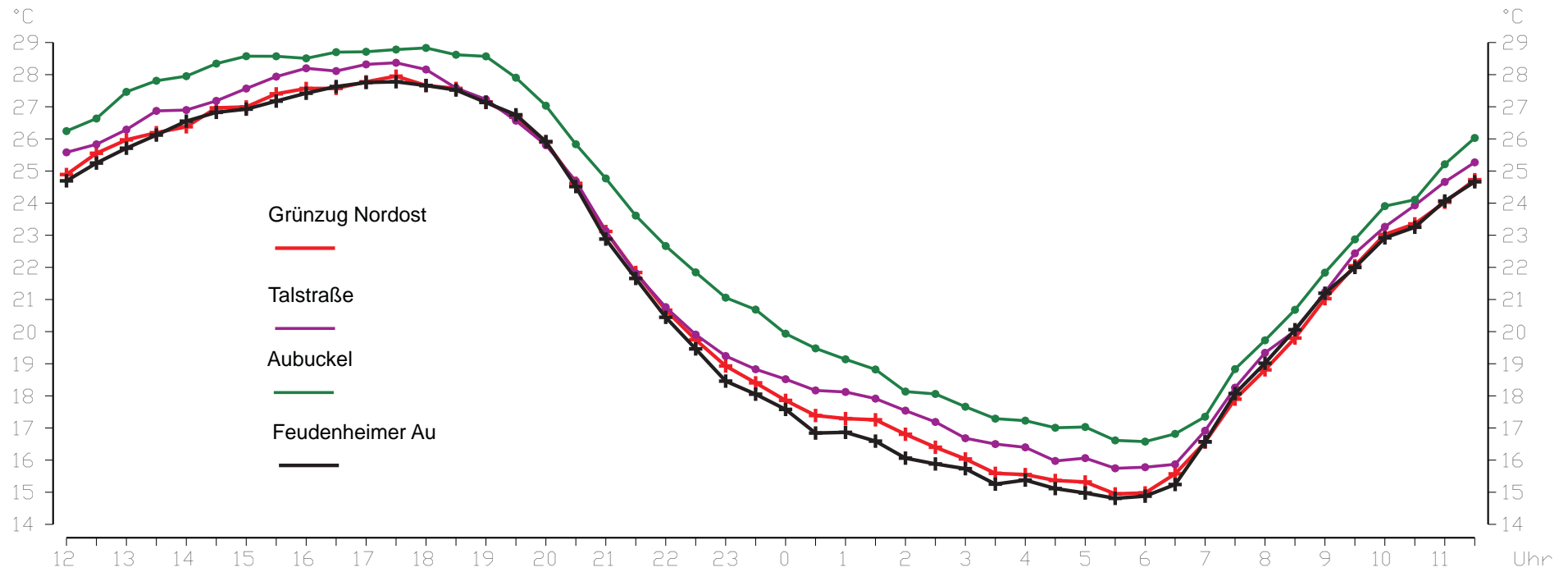


Projekt:

Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

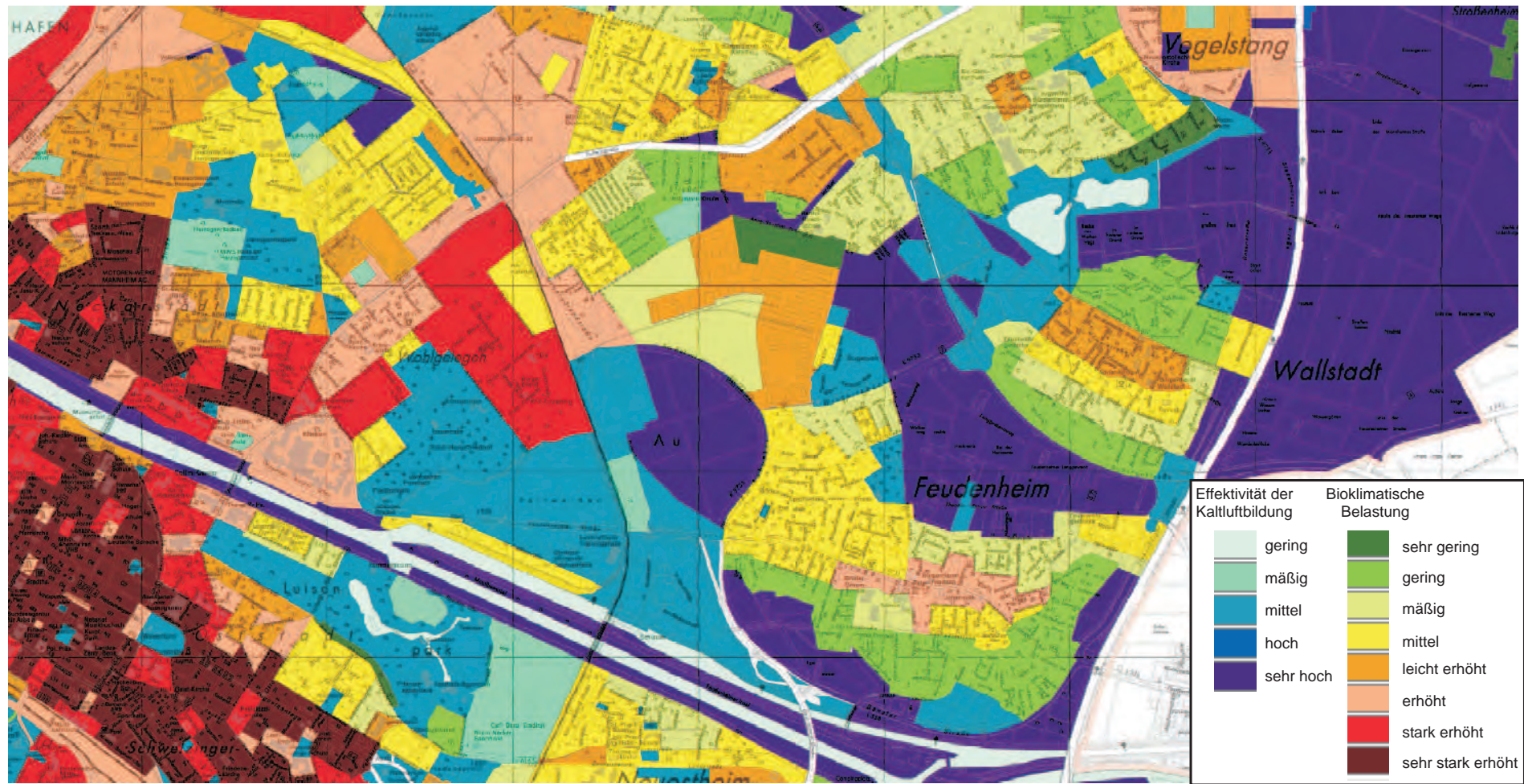


Abb. 21 Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur
Datenkollektiv: Strahlungstage im Zeitraum Mai - September 2013



Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 22 Bioklimatische Belastungsstufen innerhalb der Bebauung und Effektivität der Kaltluftentstehung über Freiflächen



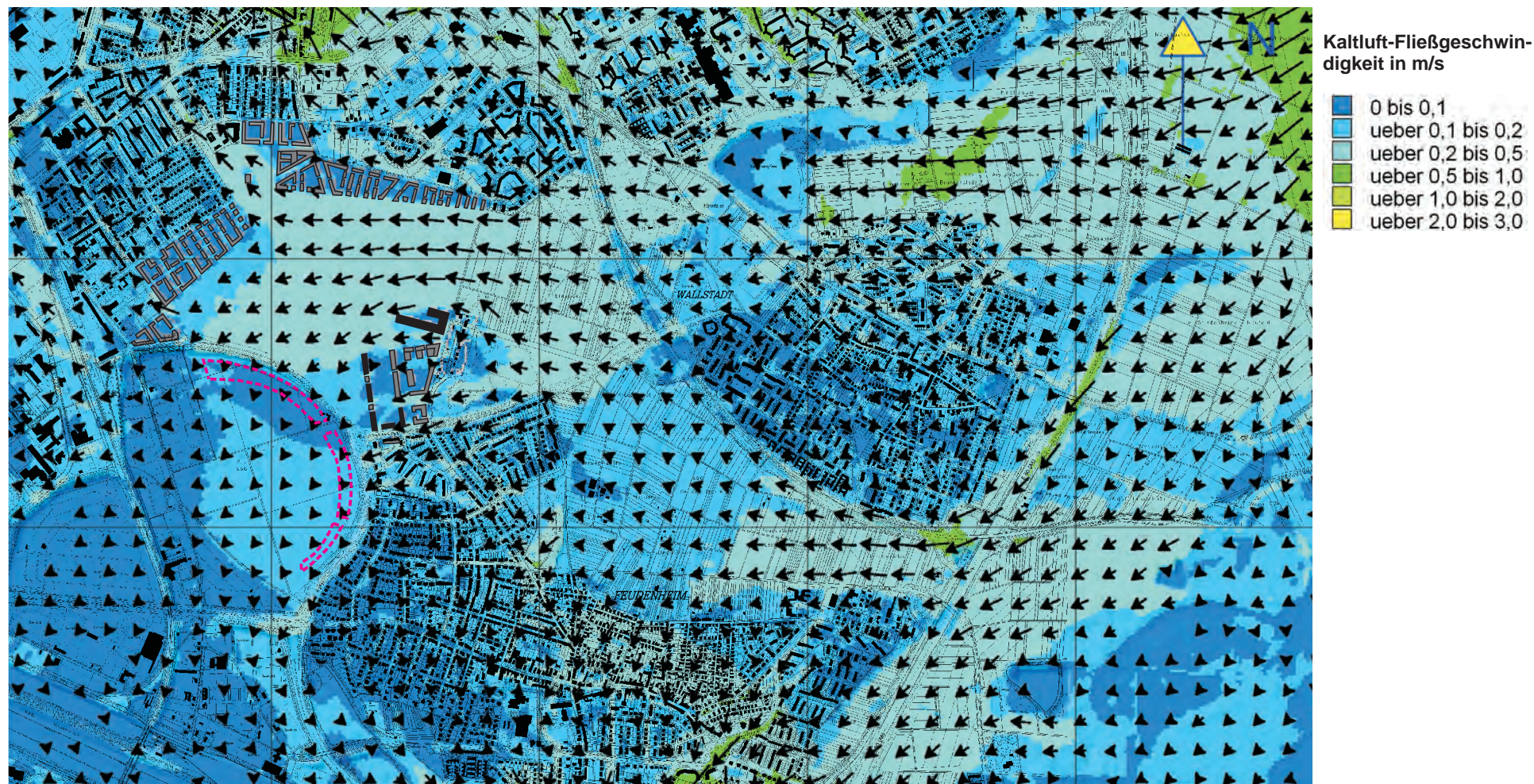
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 23.1 Plan-Zustand, Kaltluftbewegungen (02:00 Uhr) - Kaltluft-Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung (2 m ü.G.) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Potenzielle Bebauung
⋯ Potenzielle Wasserfläche



M.: 0 200 800 m

ÖKOPLANA

Abb. 23.2 Differenz der Kaltluft-Fließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) zwischen Plan- und Ist-Zustand (02:00 Uhr) in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

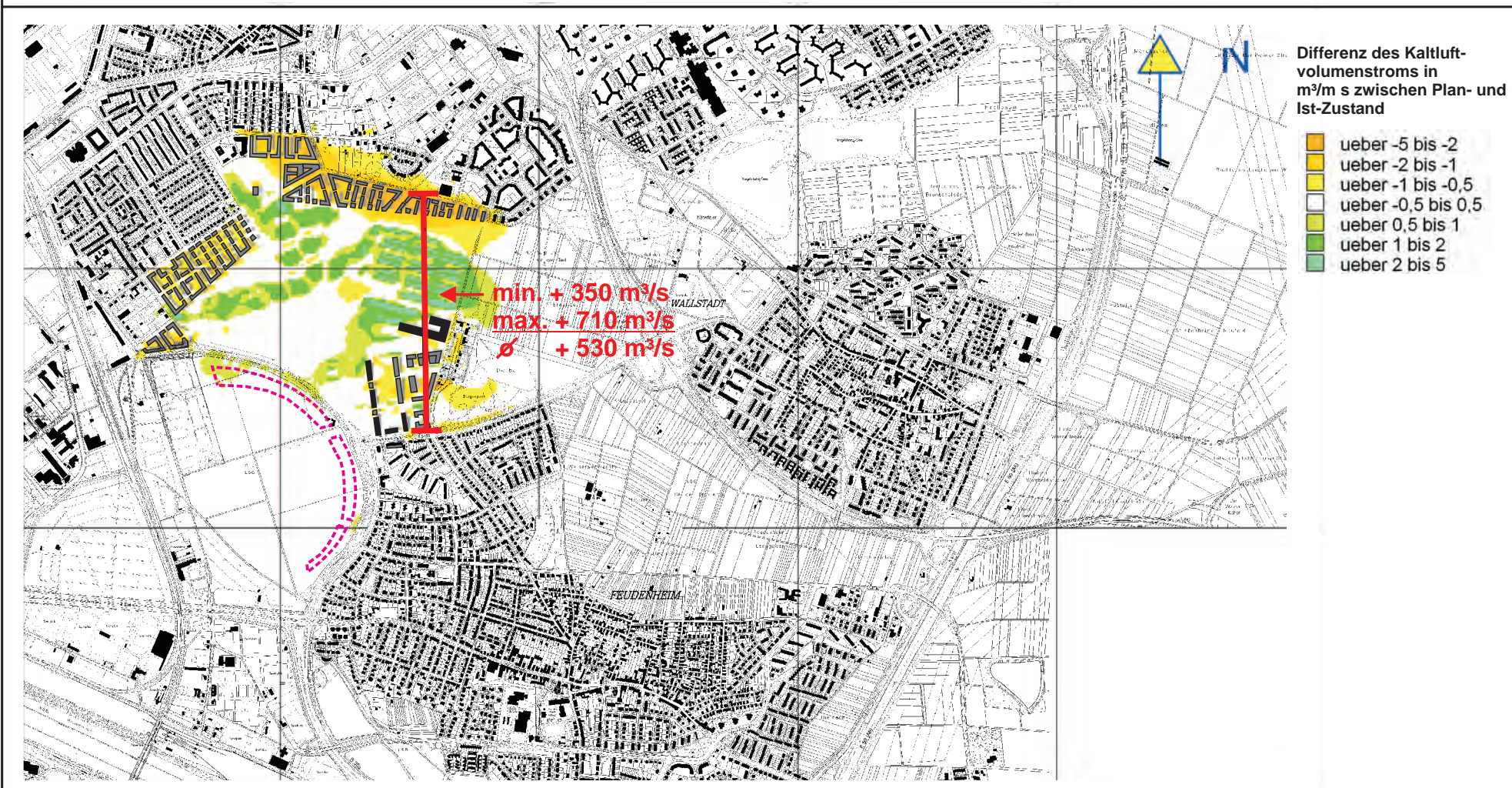
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Potenzielle Bebauung
- - - Potenzielle Wasserfläche



M.: 0 200 800 m

Abb. 23.3 Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Plan- und Ist-Zustand (02:00 Uhr)
in einer windschwachen Strahlungsnacht. Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

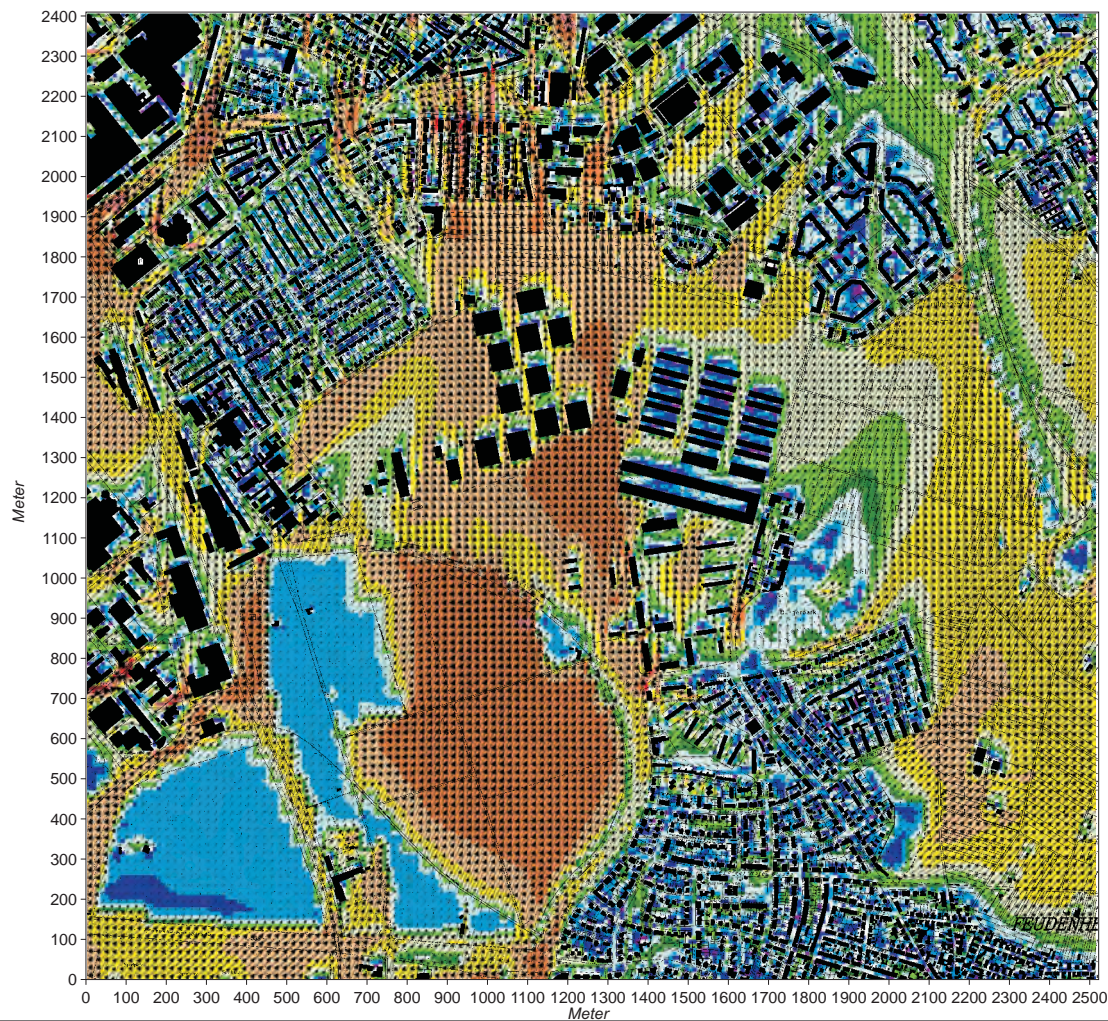
Geobasisdaten, Landesamt für Geoinformation
und Landentwicklung Baden-Württemberg

■ Potenzielle Bebauung
- - - Potenzielle Wasserfläche



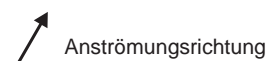
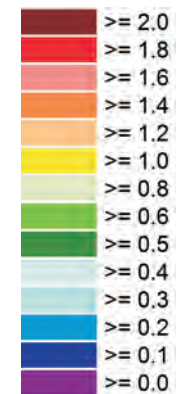
M.: 0 200 800 m

Abb. 24.1 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



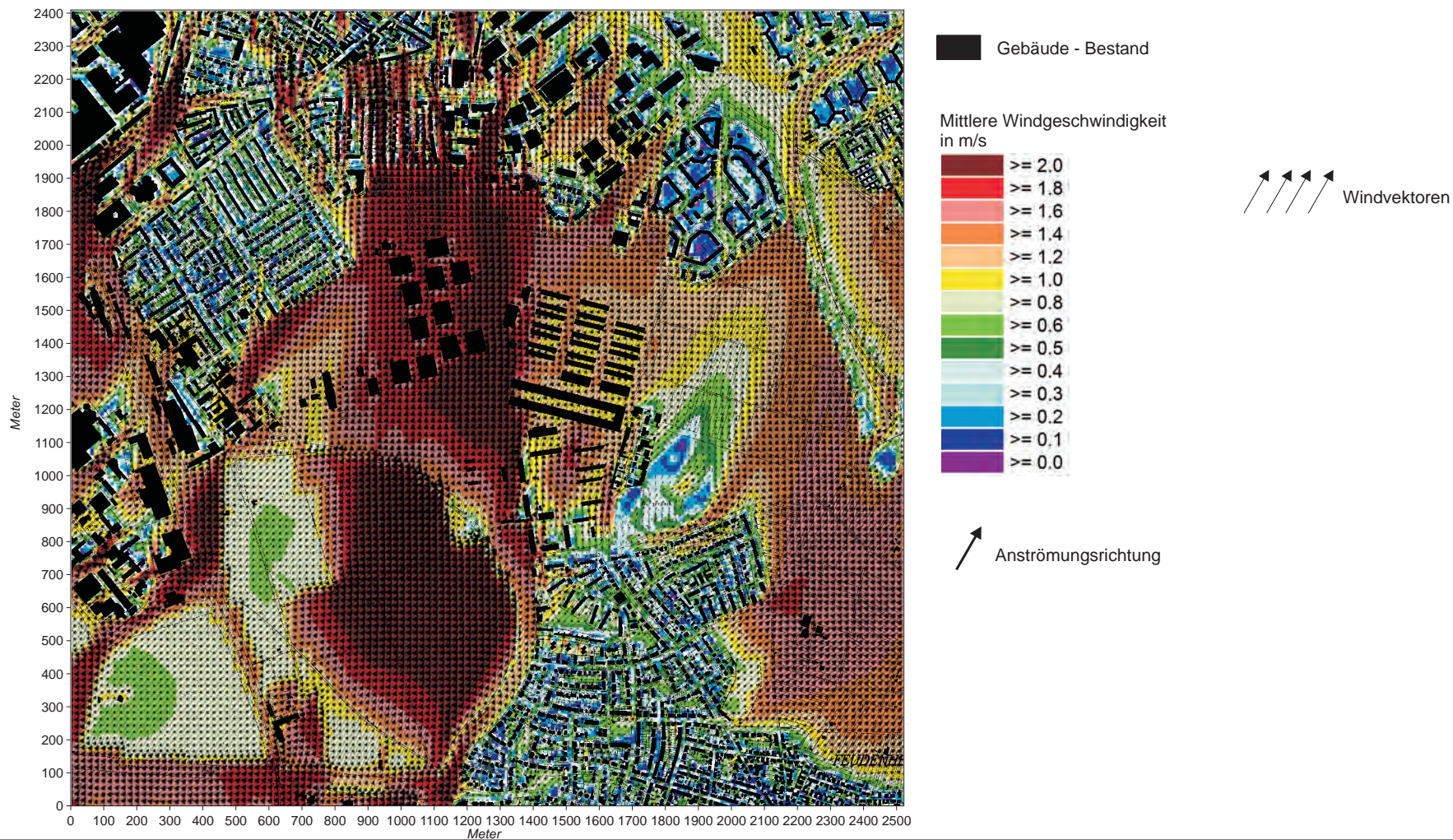
■ Gebäude - Bestand

Mittlere Windgeschwindigkeit
in m/s



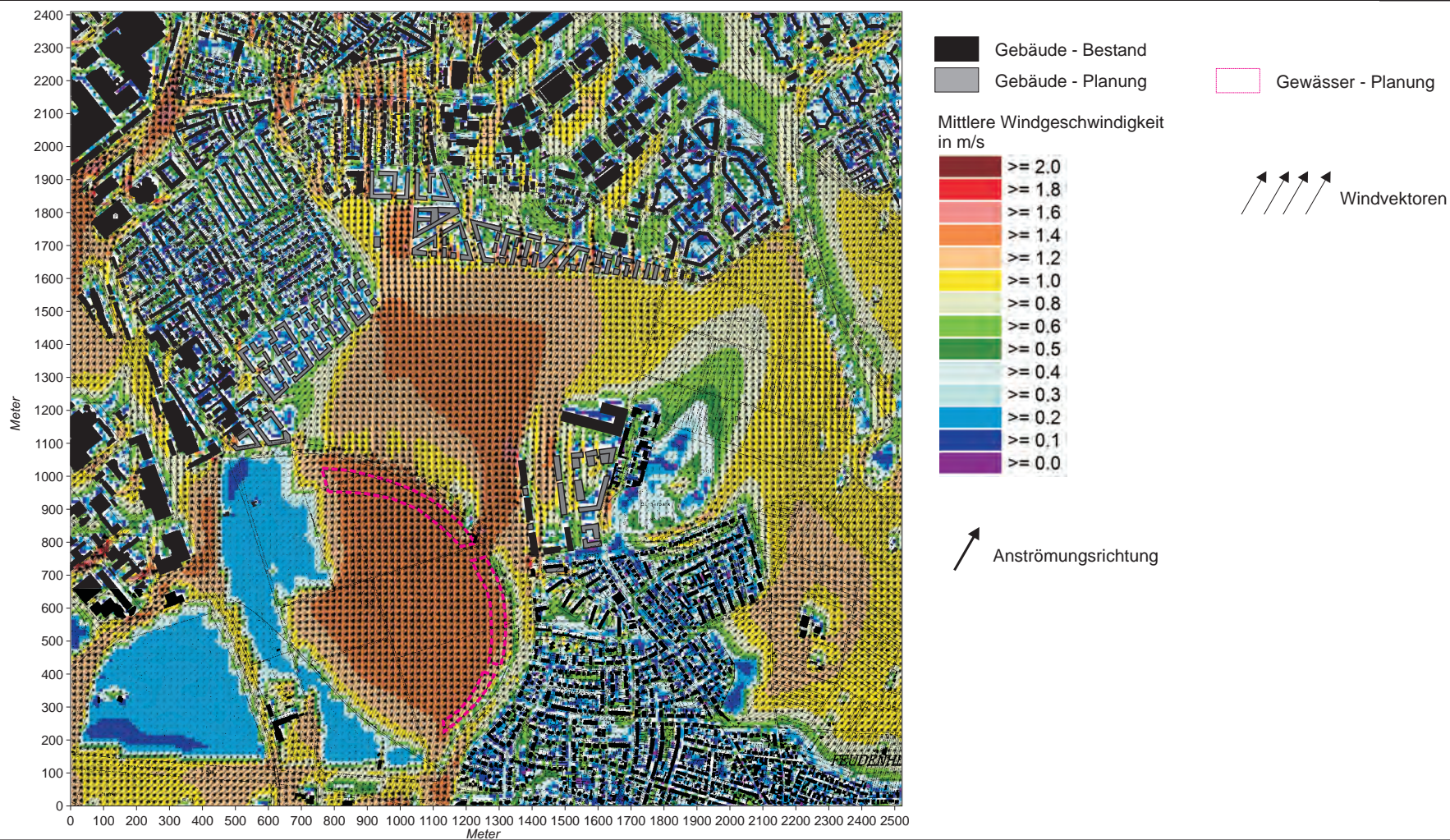
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 24.2 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



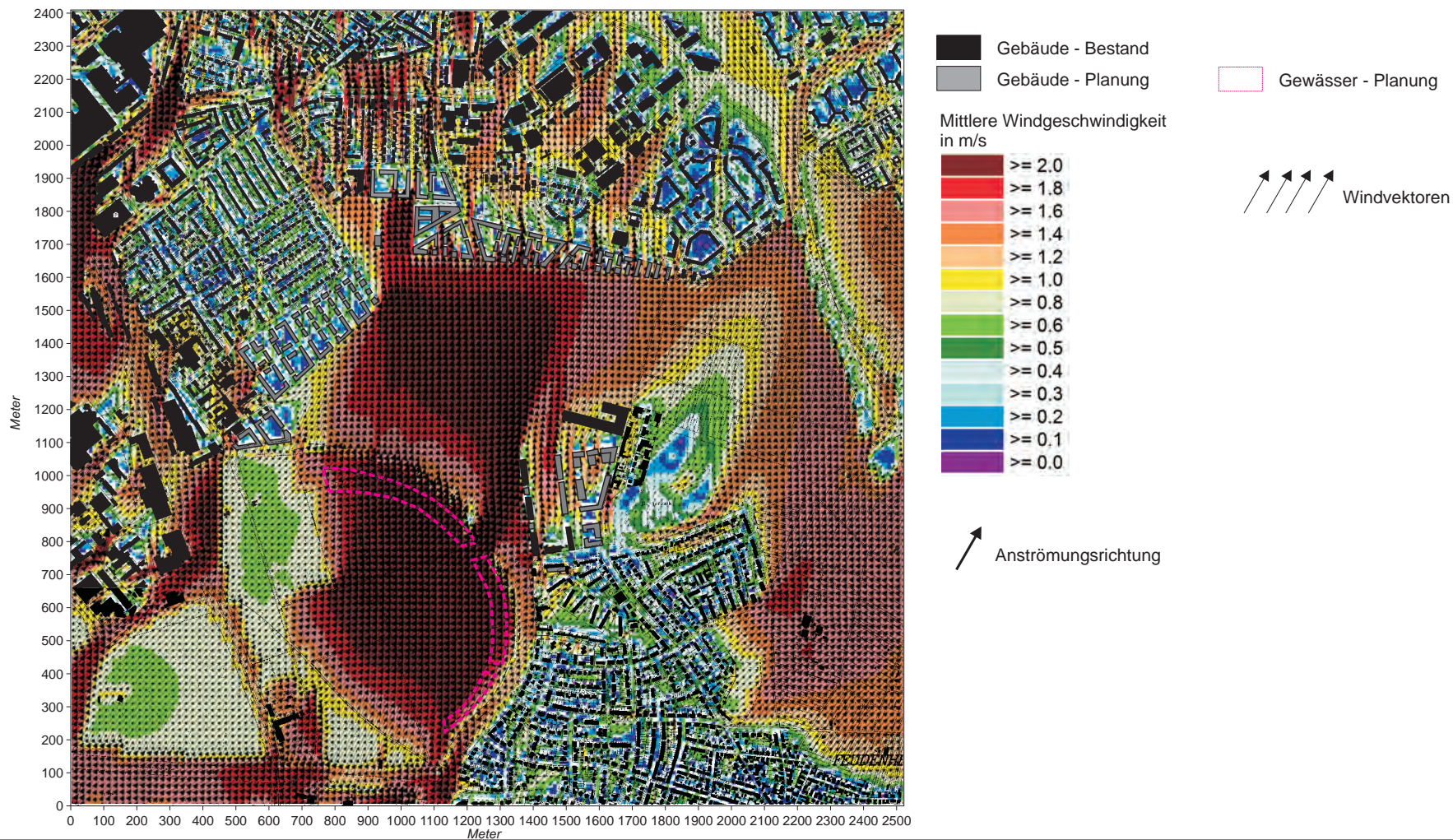
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 25.1 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



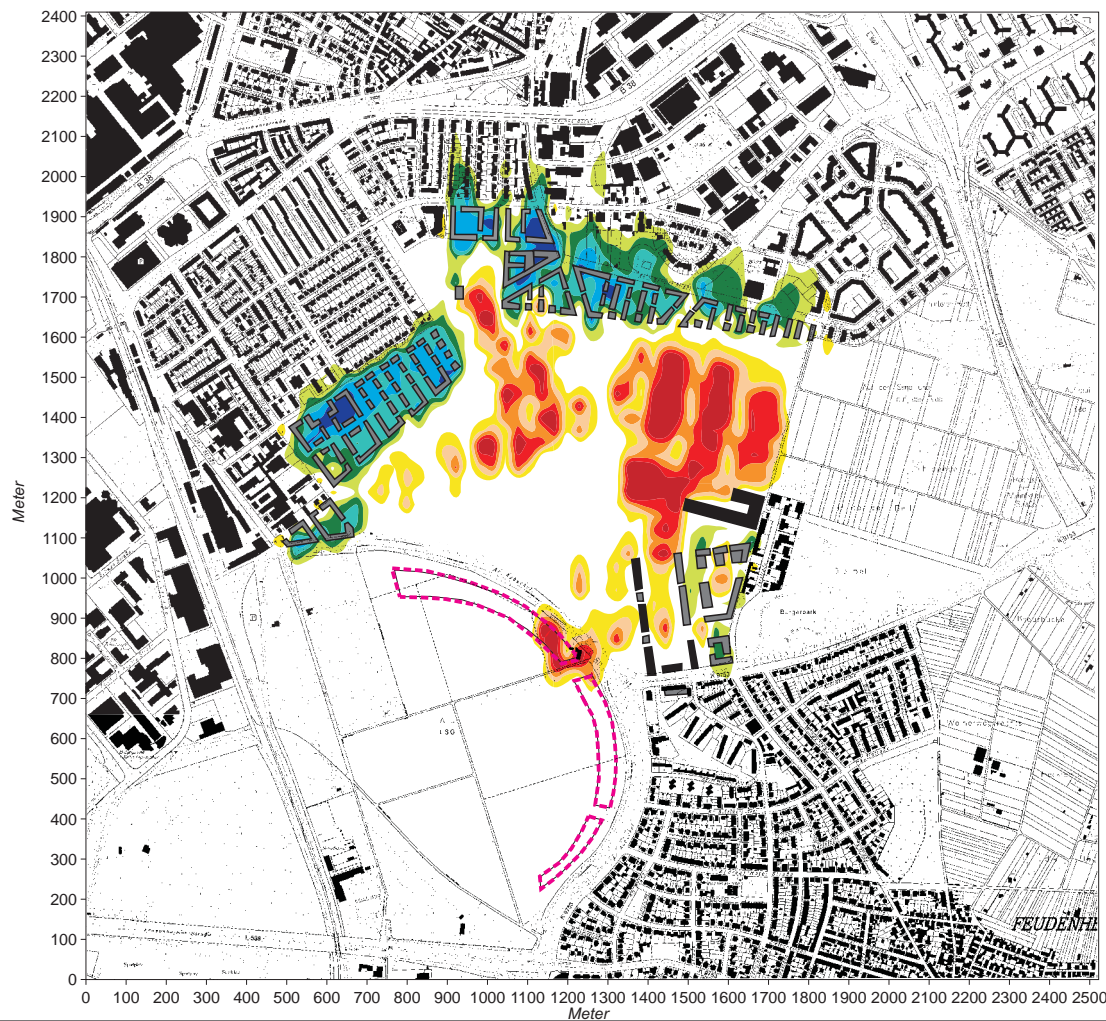
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 25.2 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



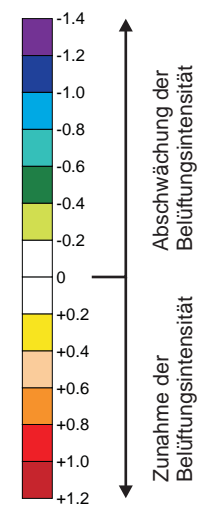
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 26.1 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

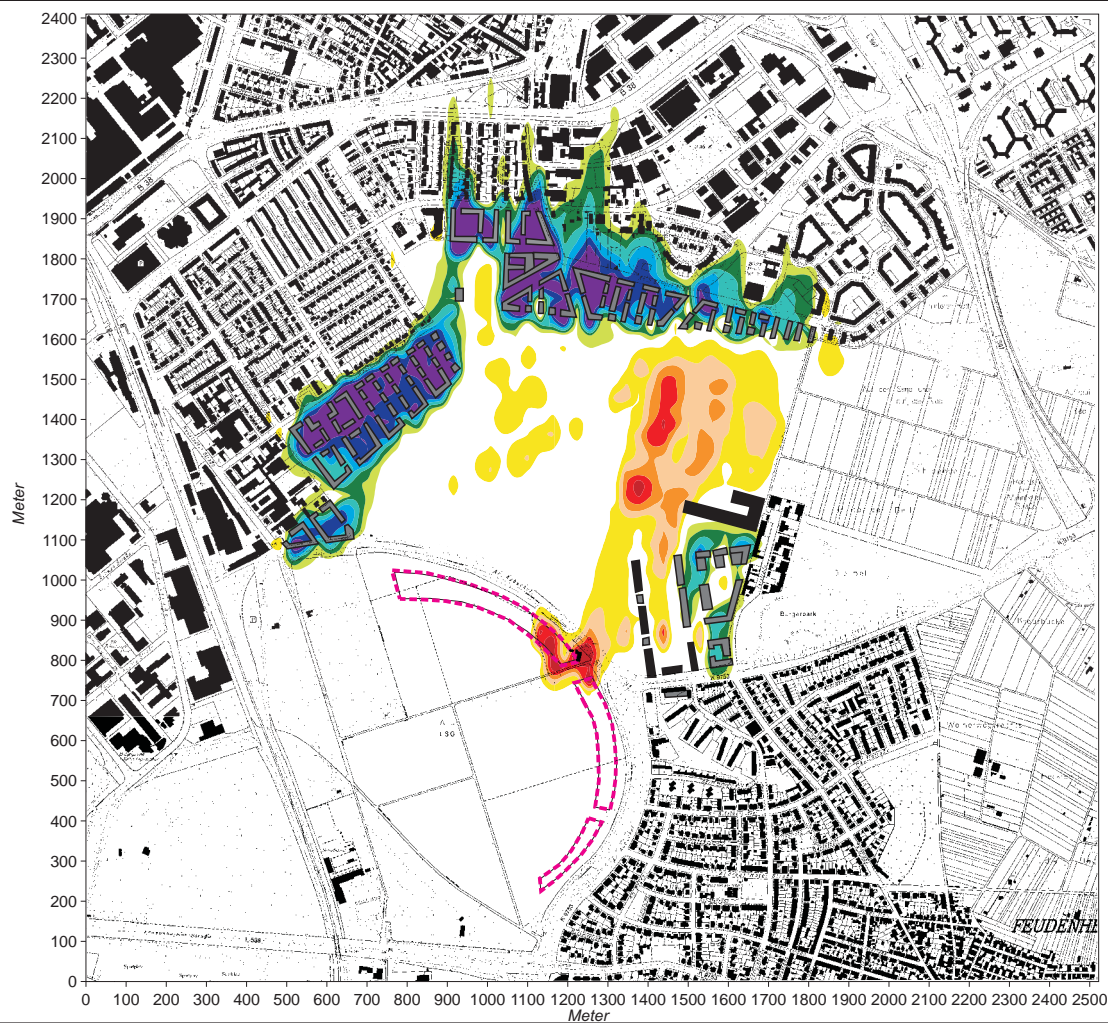
Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



Anströmungsrichtung

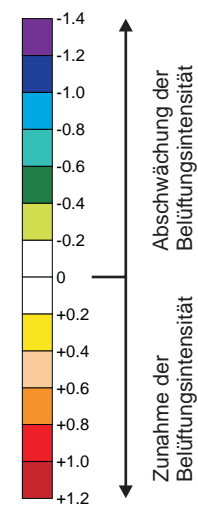
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 26.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

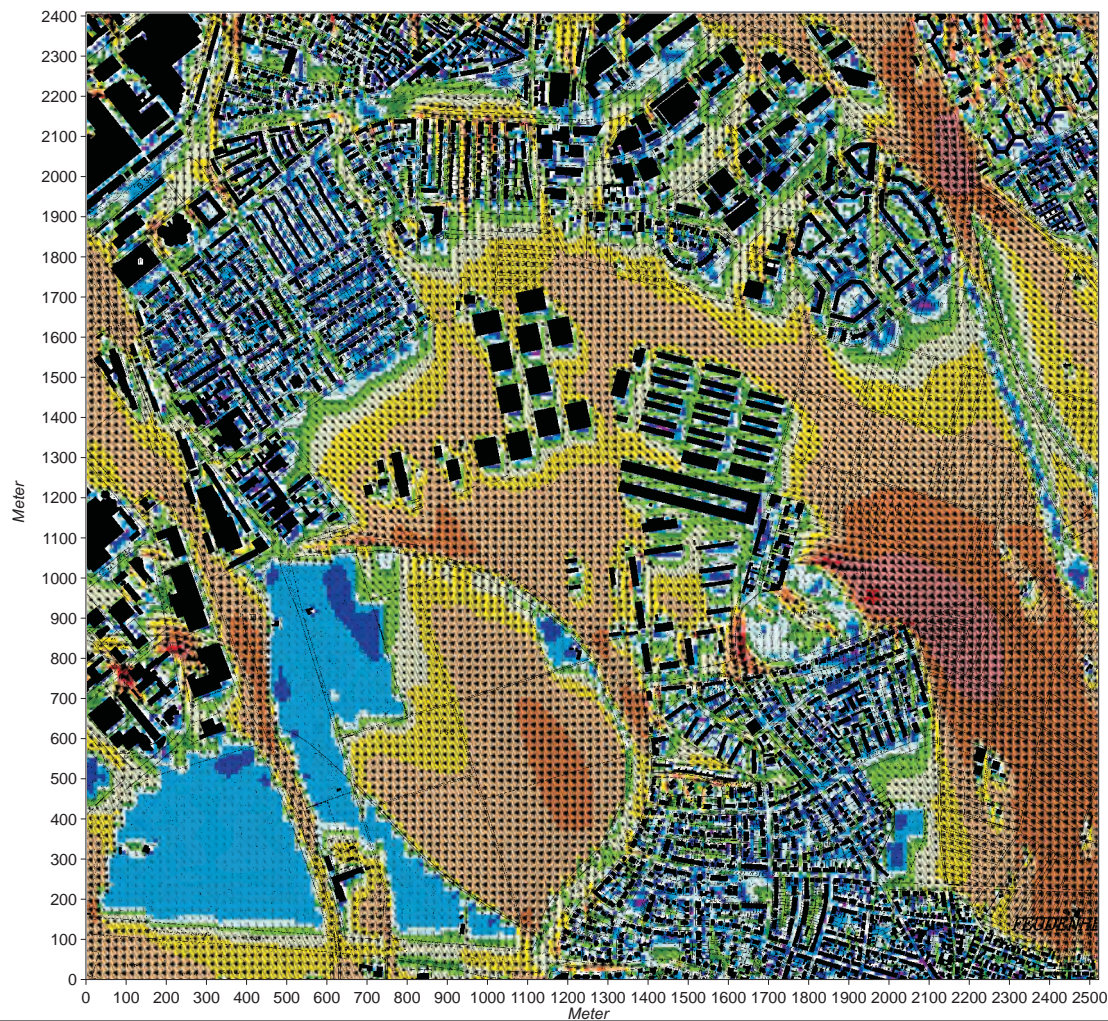
Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



Anströmungsrichtung

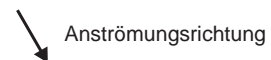
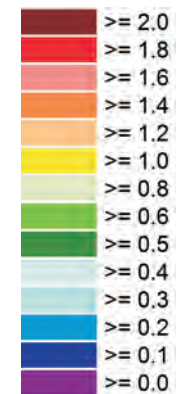
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 27.1 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



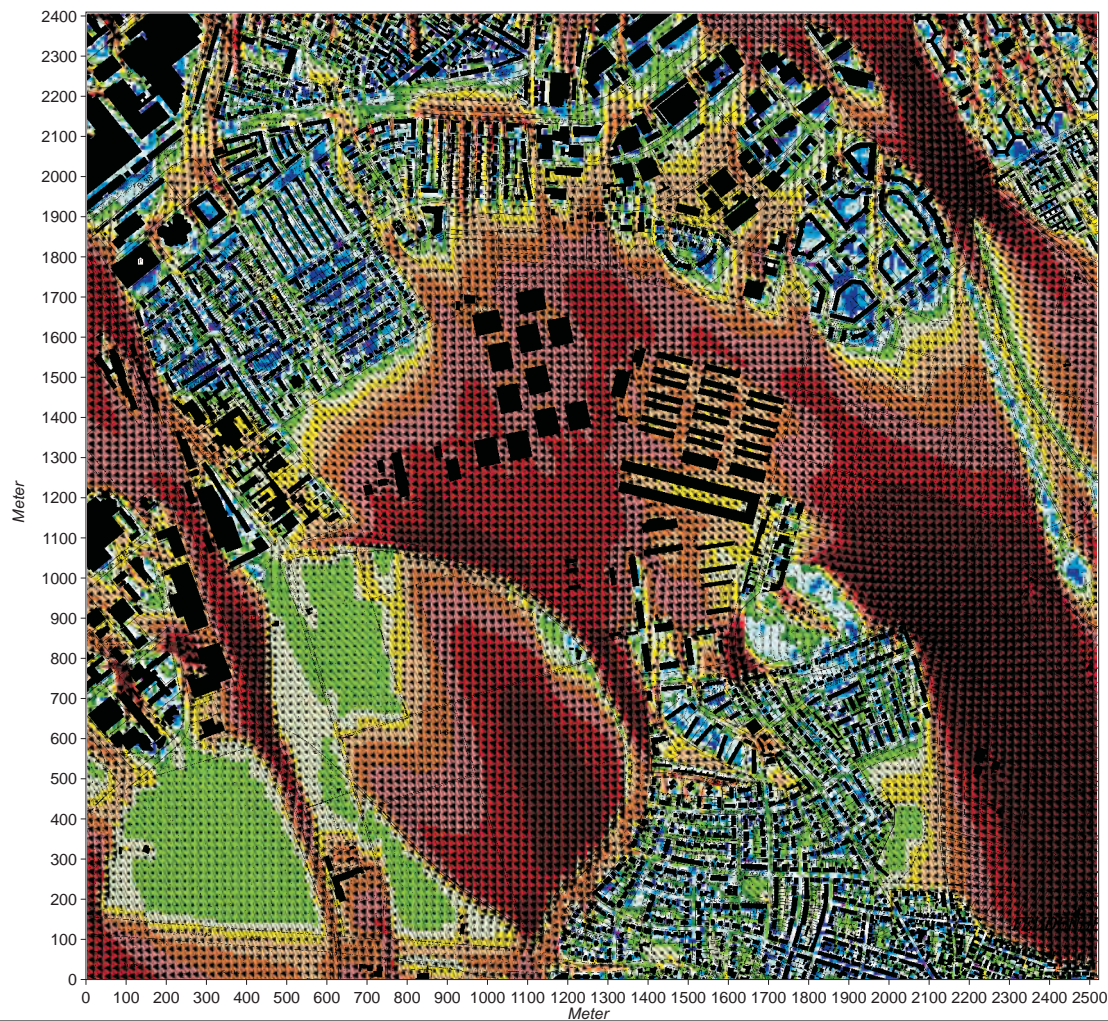
■ Gebäude - Bestand

Mittlere Windgeschwindigkeit
in m/s



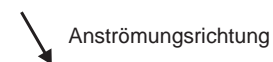
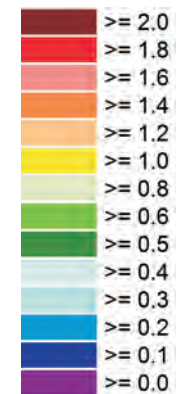
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 27.2 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



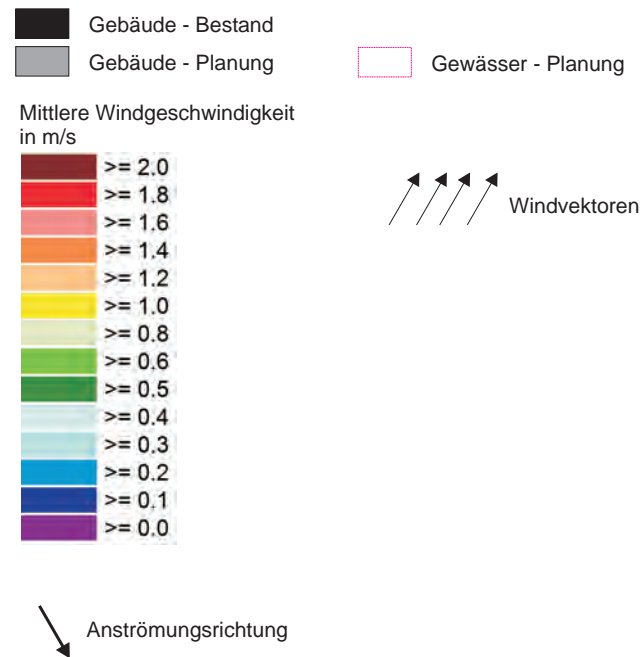
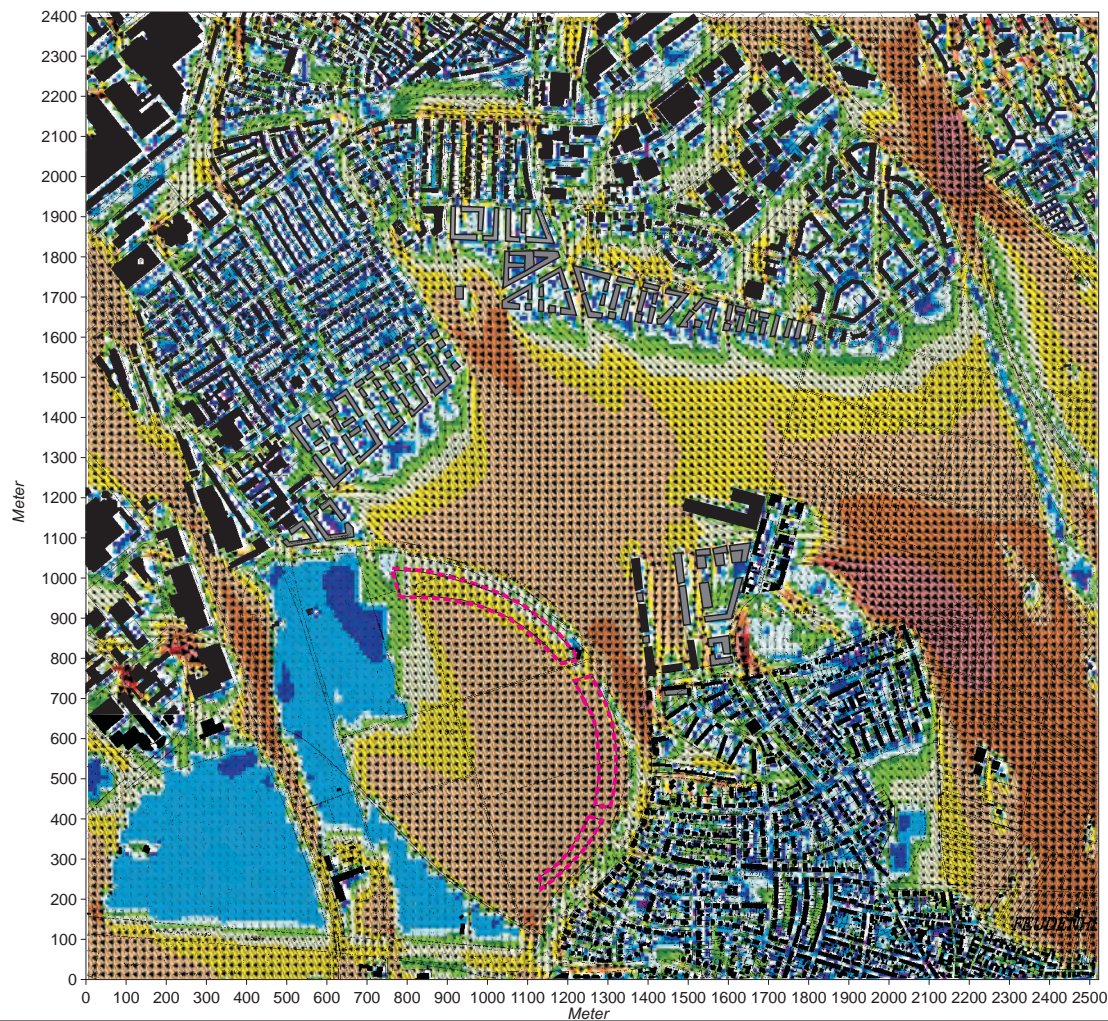
■ Gebäude - Bestand

Mittlere Windgeschwindigkeit in m/s



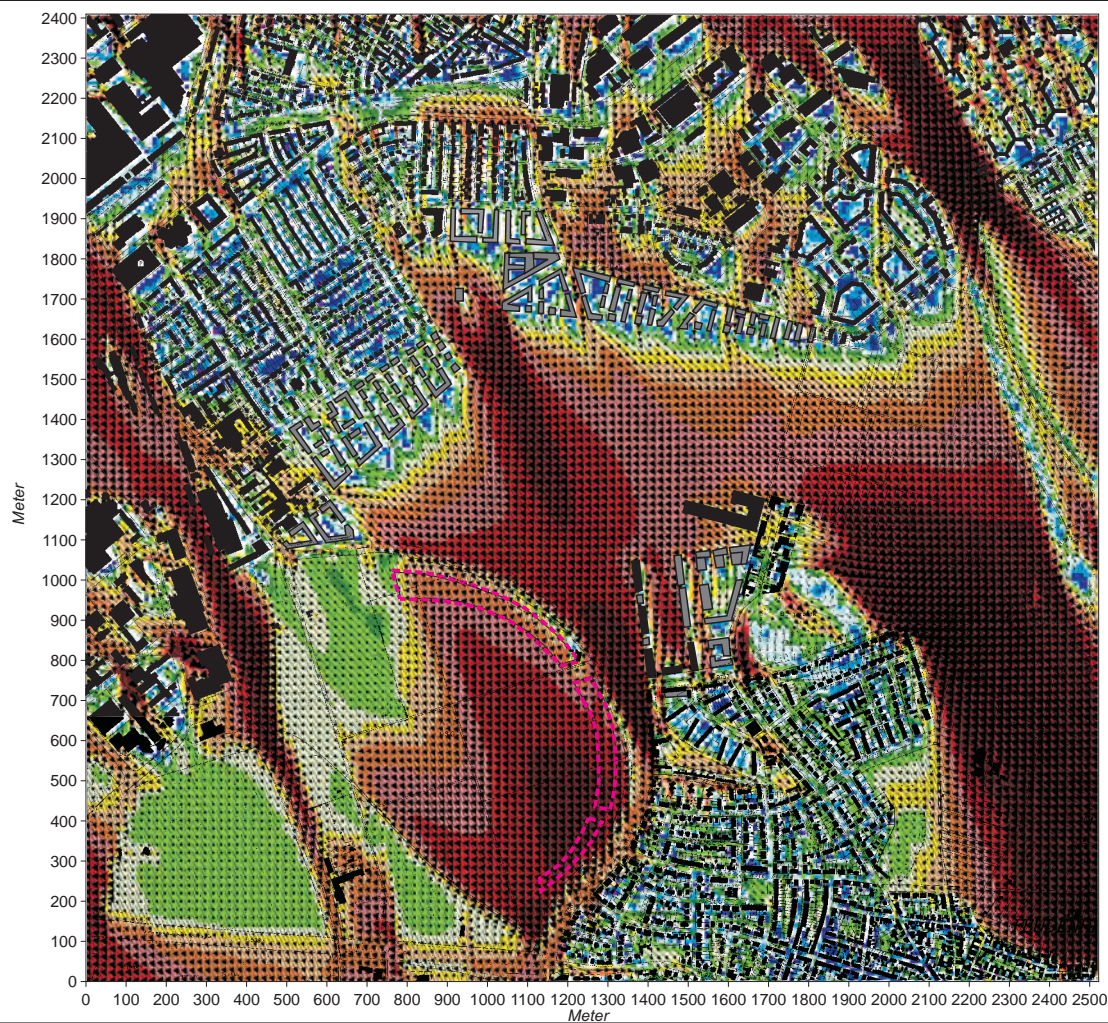
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 28.1 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 28.2 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Gebäude - Bestand
 Gebäude - Planung
 Gewässer - Planung

Mittlere Windgeschwindigkeit in m/s

	>= 2.0
	>= 1.8
	>= 1.6
	>= 1.4
	>= 1.2
	>= 1.0
	>= 0.8
	>= 0.6
	>= 0.5
	>= 0.4
	>= 0.3
	>= 0.2
	>= 0.1
	>= 0.0

Windvektoren

Anströmungsrichtung

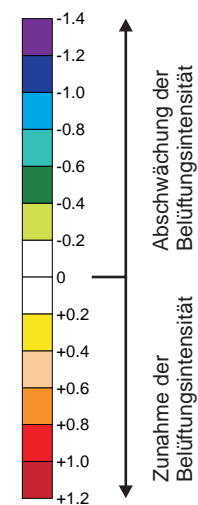
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 29.1 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

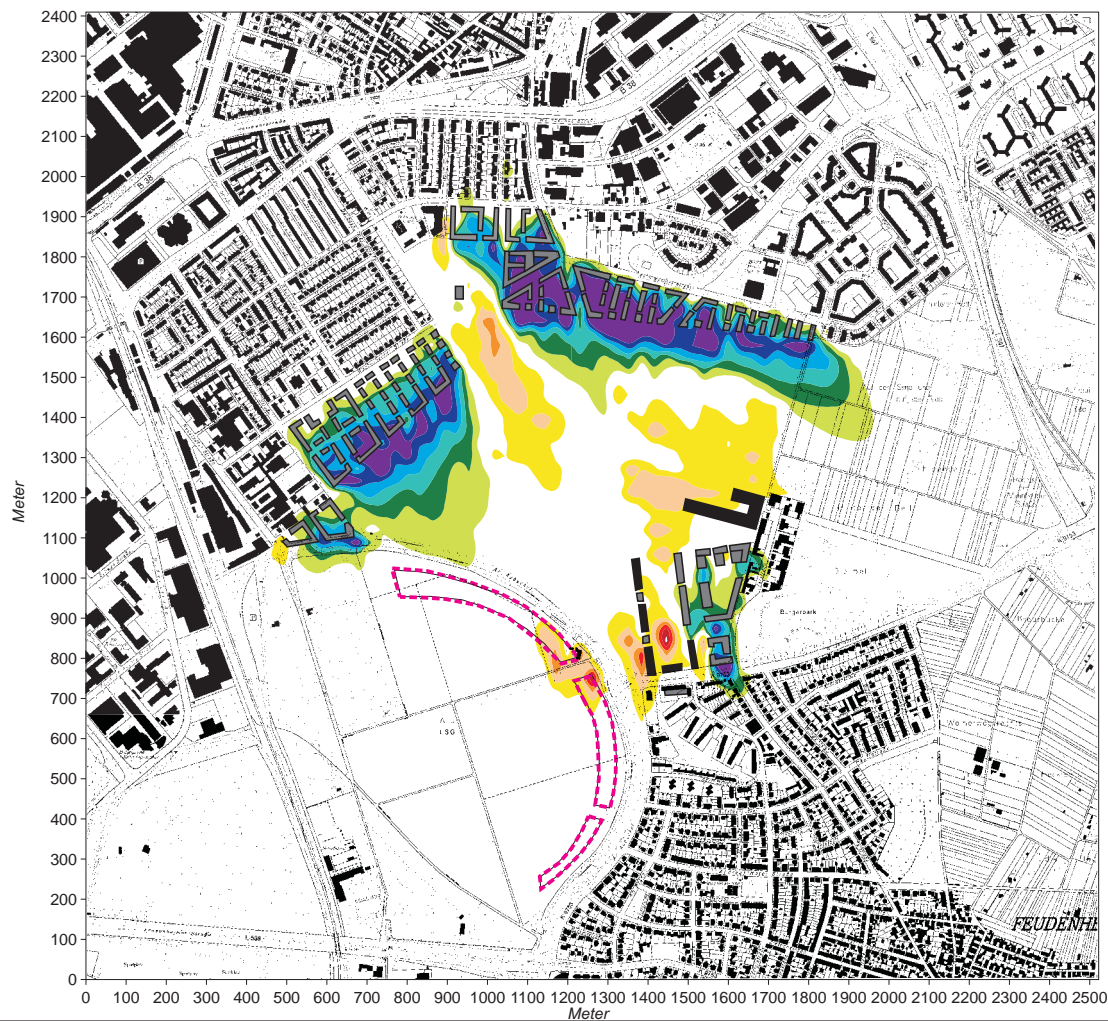
Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



Anströmungsrichtung

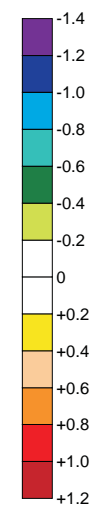
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 29.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



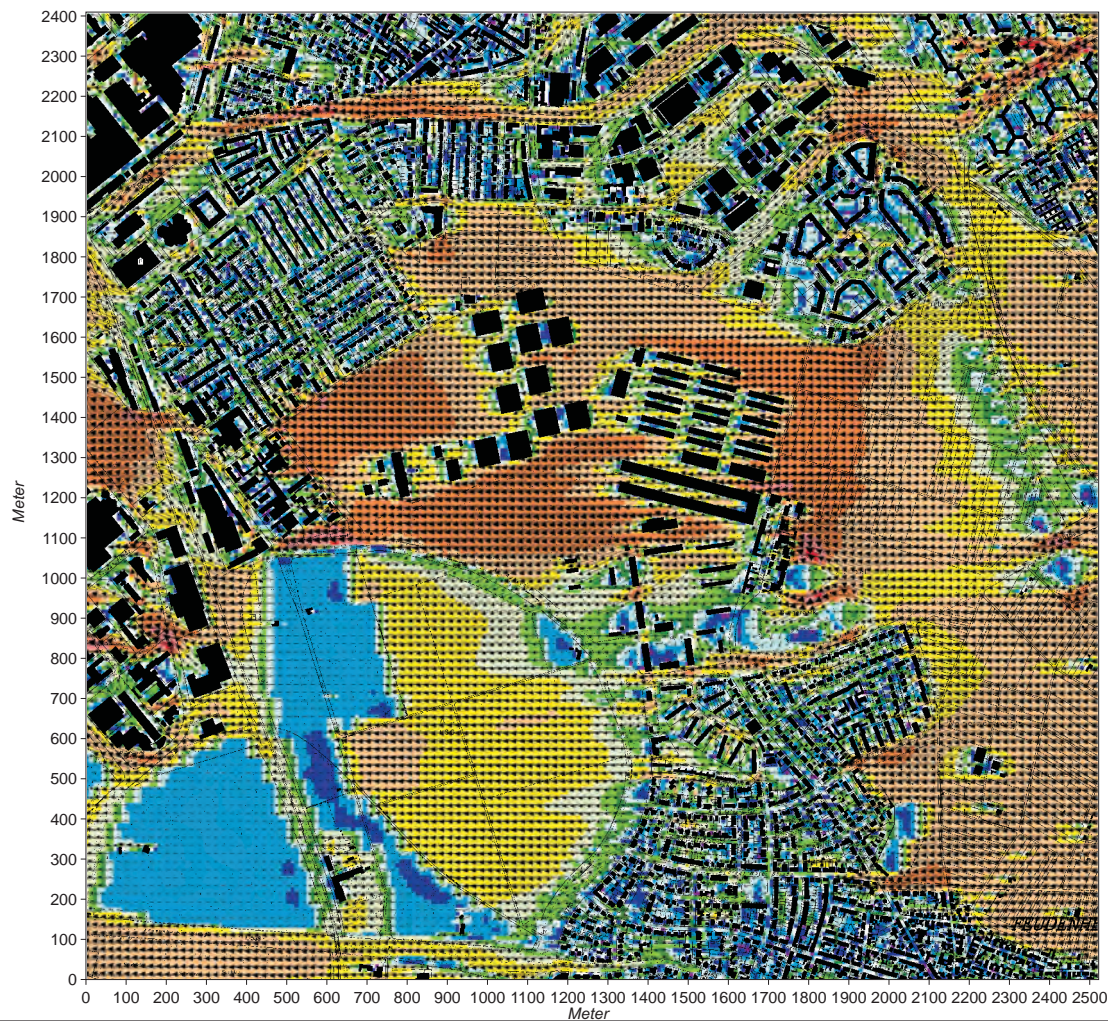
Abschwächung der Belüftungsintensität

Zunahme der Belüftungsintensität

Anströmungsrichtung

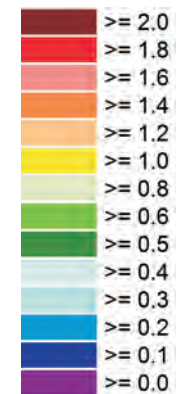
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 30.1 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



■ Gebäude - Bestand

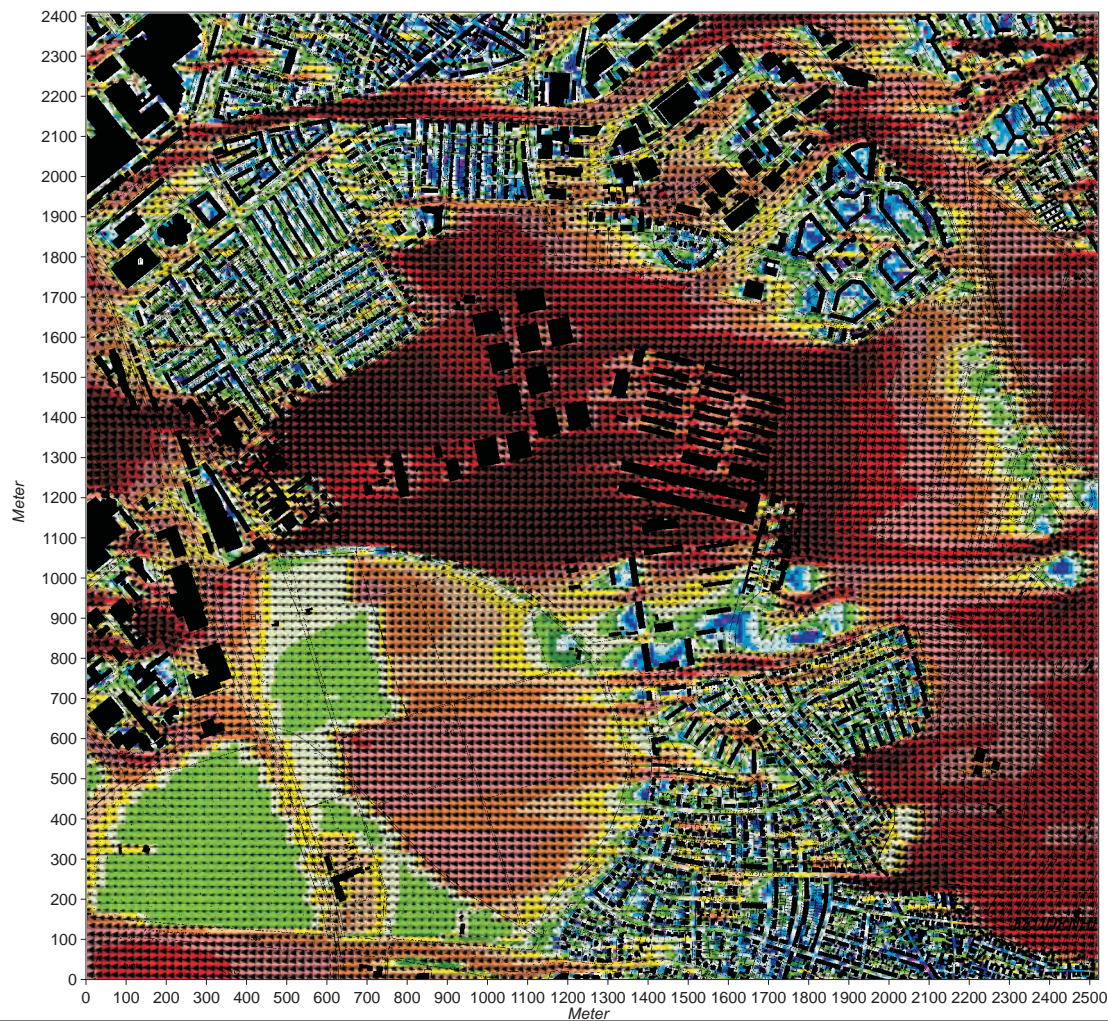
Mittlere Windgeschwindigkeit
in m/s



← Anströmungsrichtung

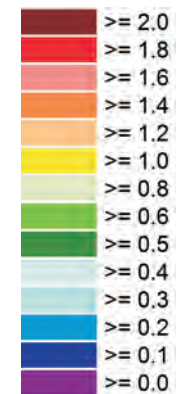
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 30.2 Ist-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



■ Gebäude - Bestand

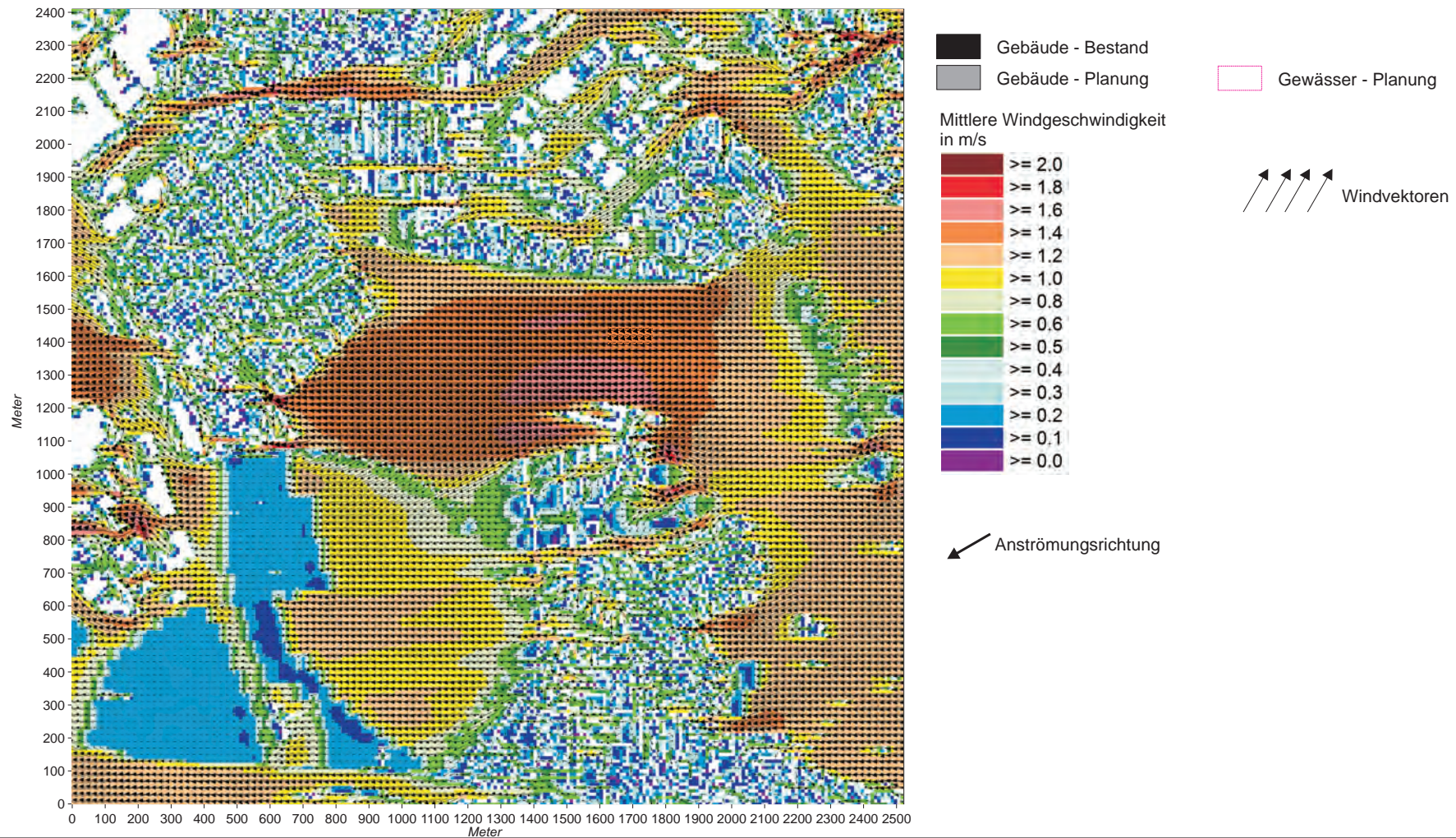
Mittlere Windgeschwindigkeit
in m/s



← Anströmungsrichtung

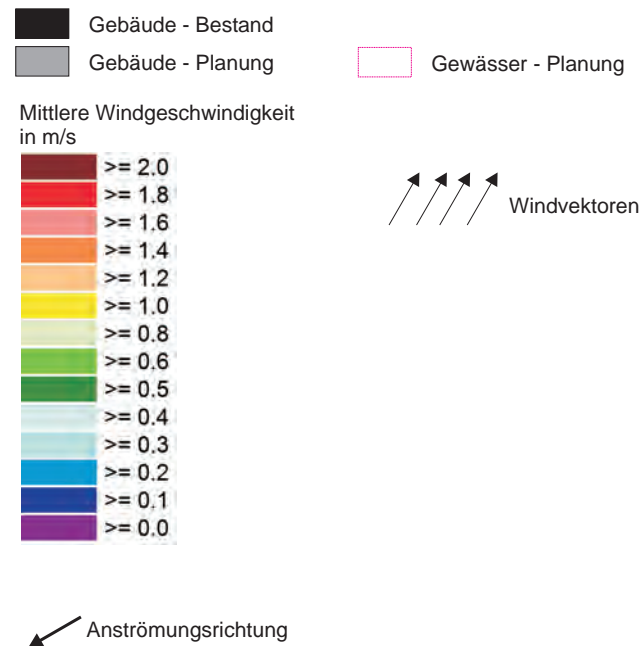
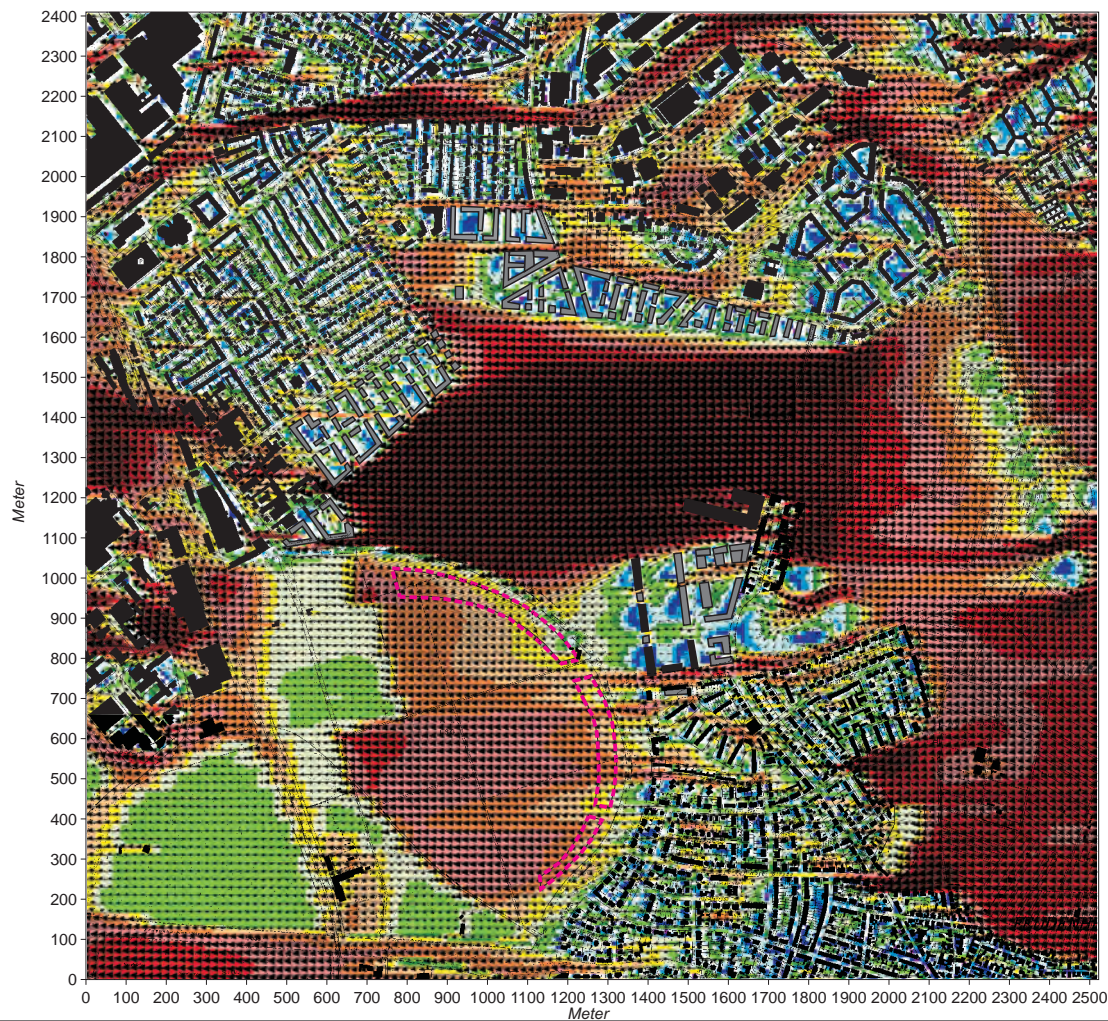
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 31.1 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



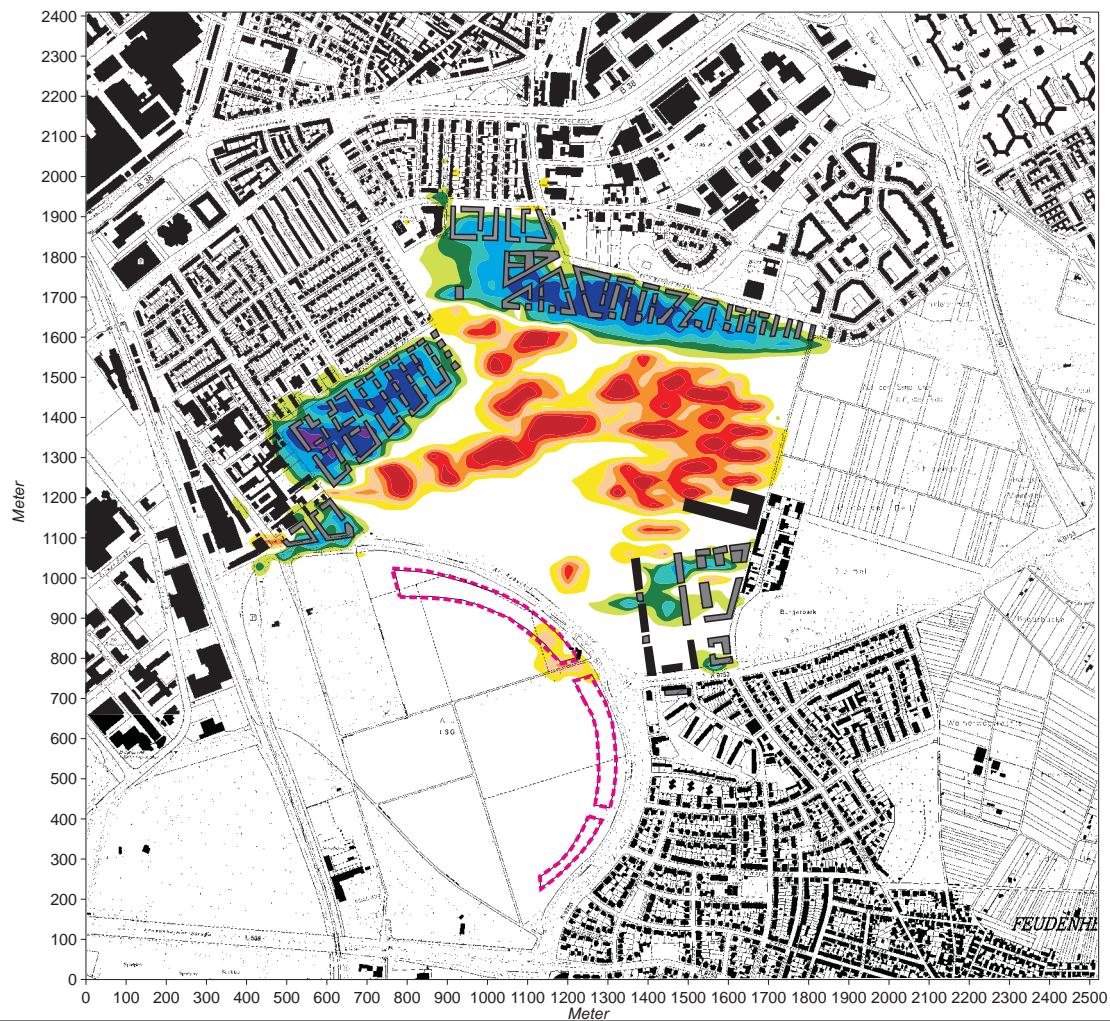
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 31.2 Plan-Zustand - Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



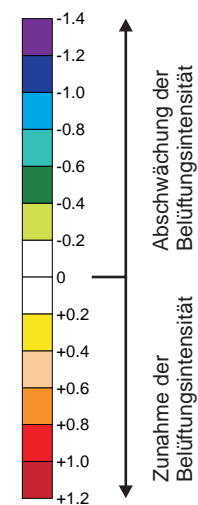
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 32.1 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 2 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



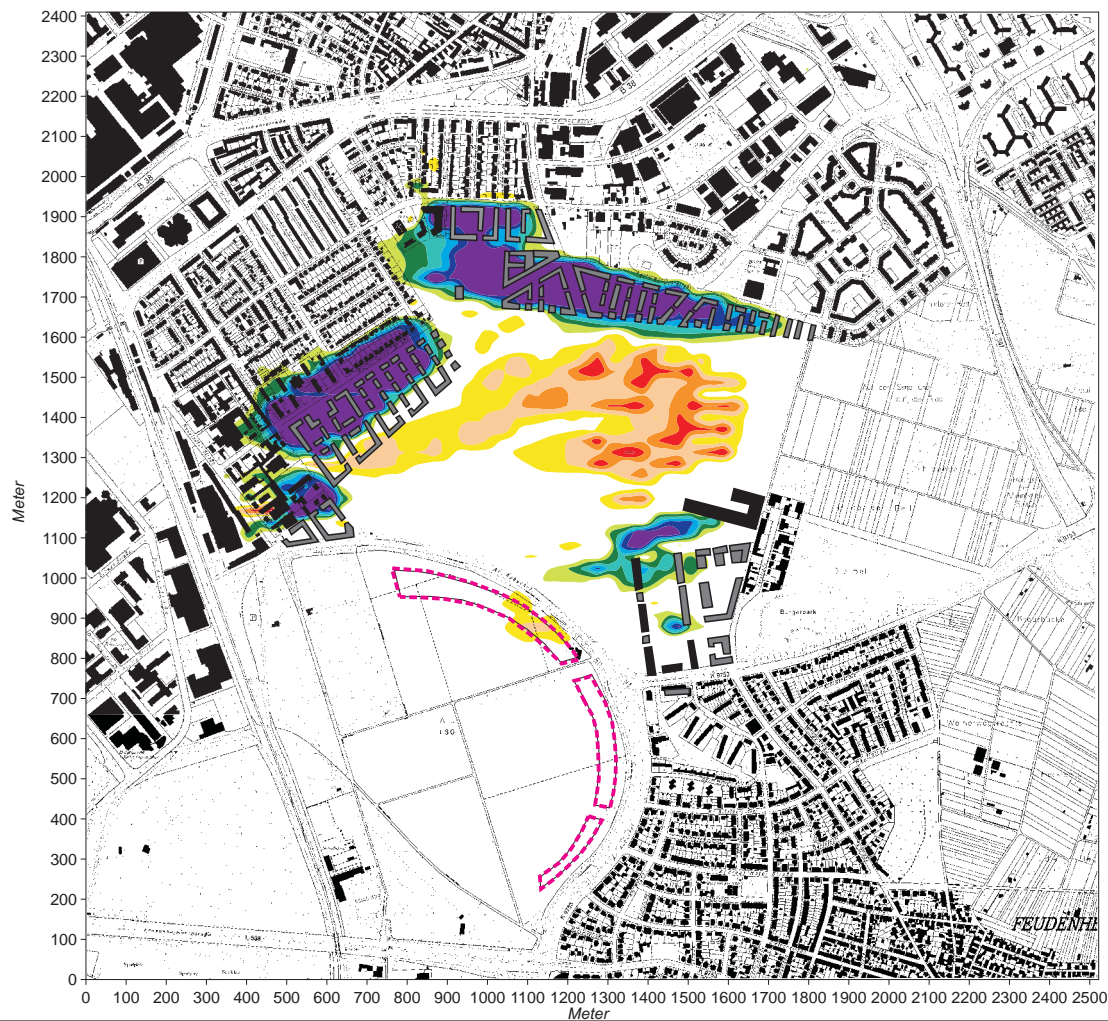
Abschwächung der Belüftungsintensität

Zunahme der Belüftungsintensität

← Anströmungsrichtung

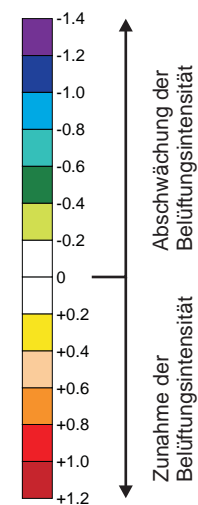
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 32.2 Veränderung der Belüftungsverhältnisse 5 m ü.G. durch den Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



- Gebäude - Bestand
- Gebäude - Planung
- Gewässer - Planung

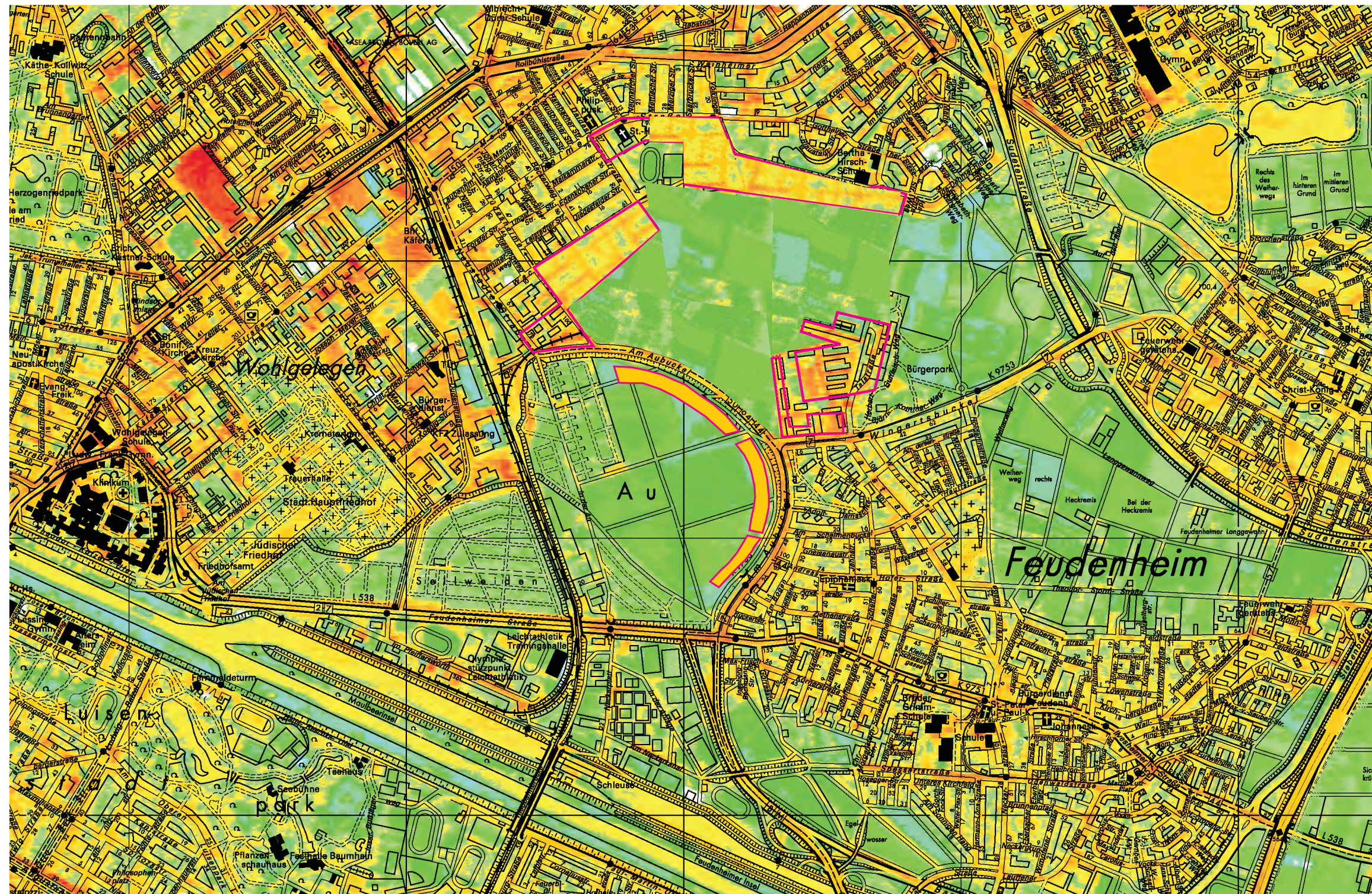
Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Plan- und Ist-Zustand in m/s



← Anströmungsrichtung

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 33 Beispielhaft modifizierte IR-Thermalbildaufnahme entsprechend der geplanten Flächennutzung
 Bezugsaufnahme vom 31.08.2009 - Abendsituation (20:00 - 21:00 Uhr)




Oberflächenstrahlungstemperatur (°C)

23.6 - 24.4
22.7 - 23.6
21.9 - 22.7
21.0 - 21.9
20.2 - 21.0
19.3 - 20.2
18.5 - 19.3
17.7 - 18.5
16.8 - 17.7
16.0 - 16.8
15.1 - 16.0
14.3 - 15.1
13.4 - 14.3
12.6 - 13.4

Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

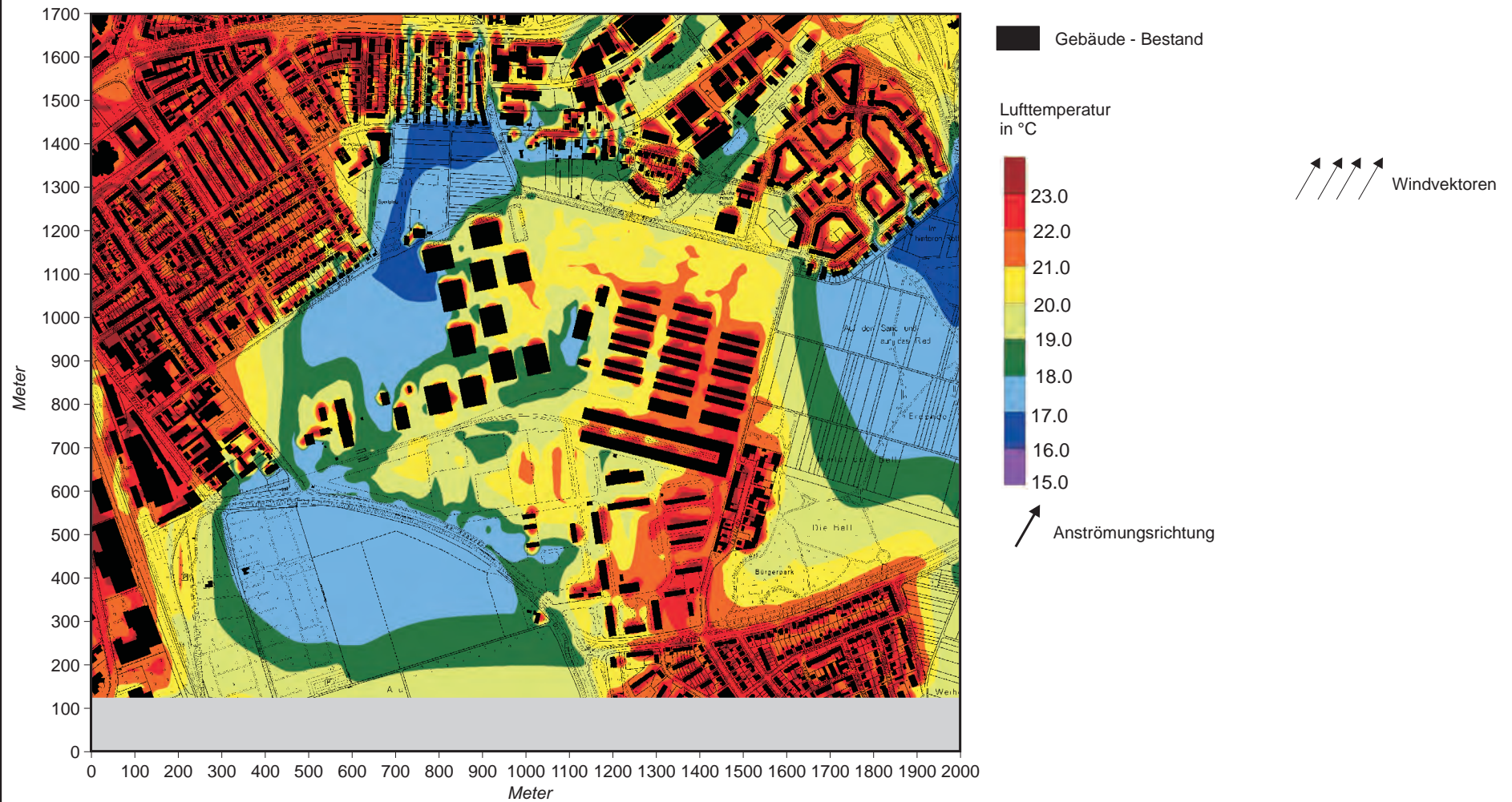
Grundlagenkarte: Steinicke & Streifeneder 2009

 neue Bebauung / neue Wasserflächen



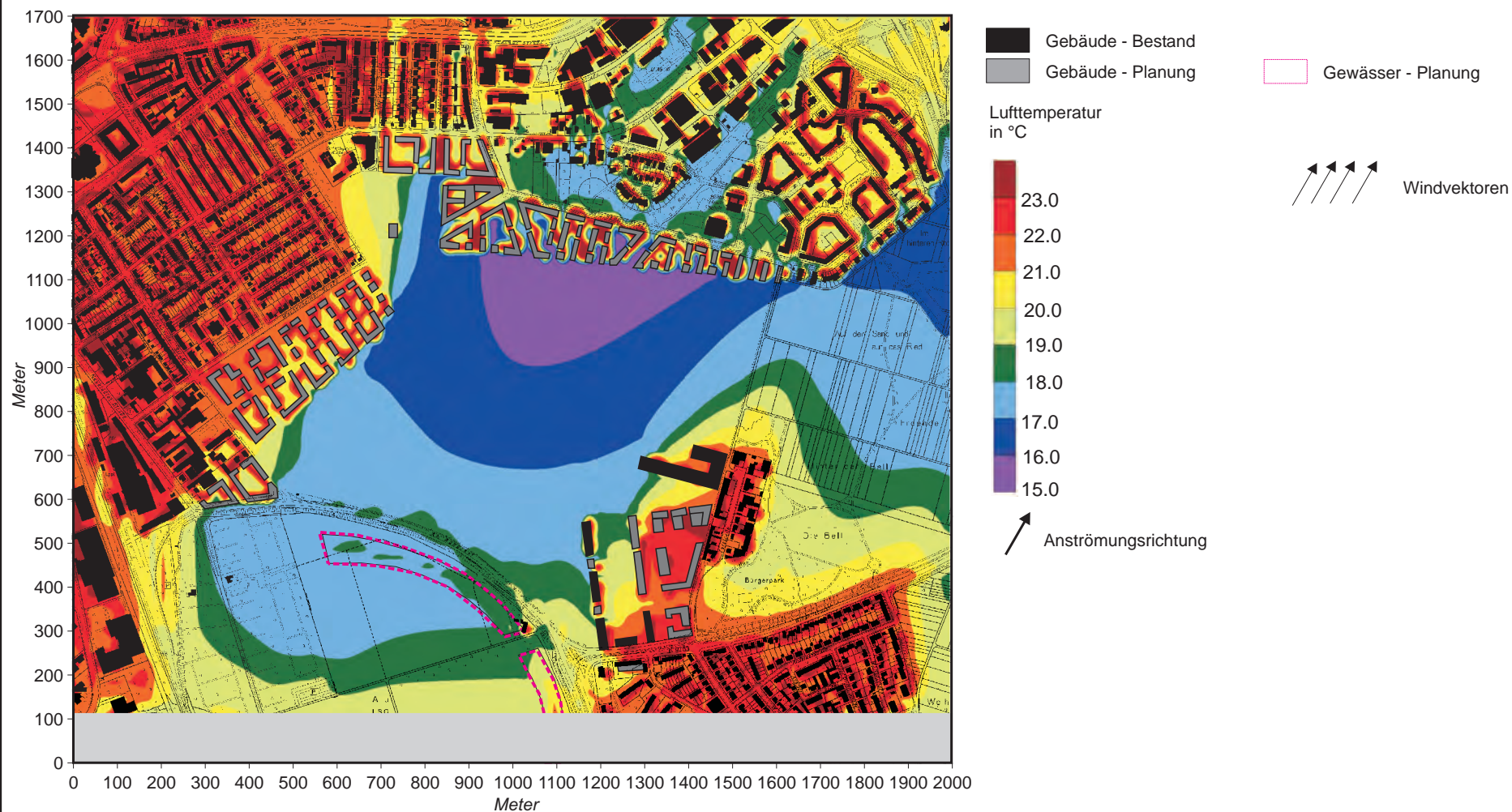
M.:
 0 100 400 m

Abb. 34 Ist-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



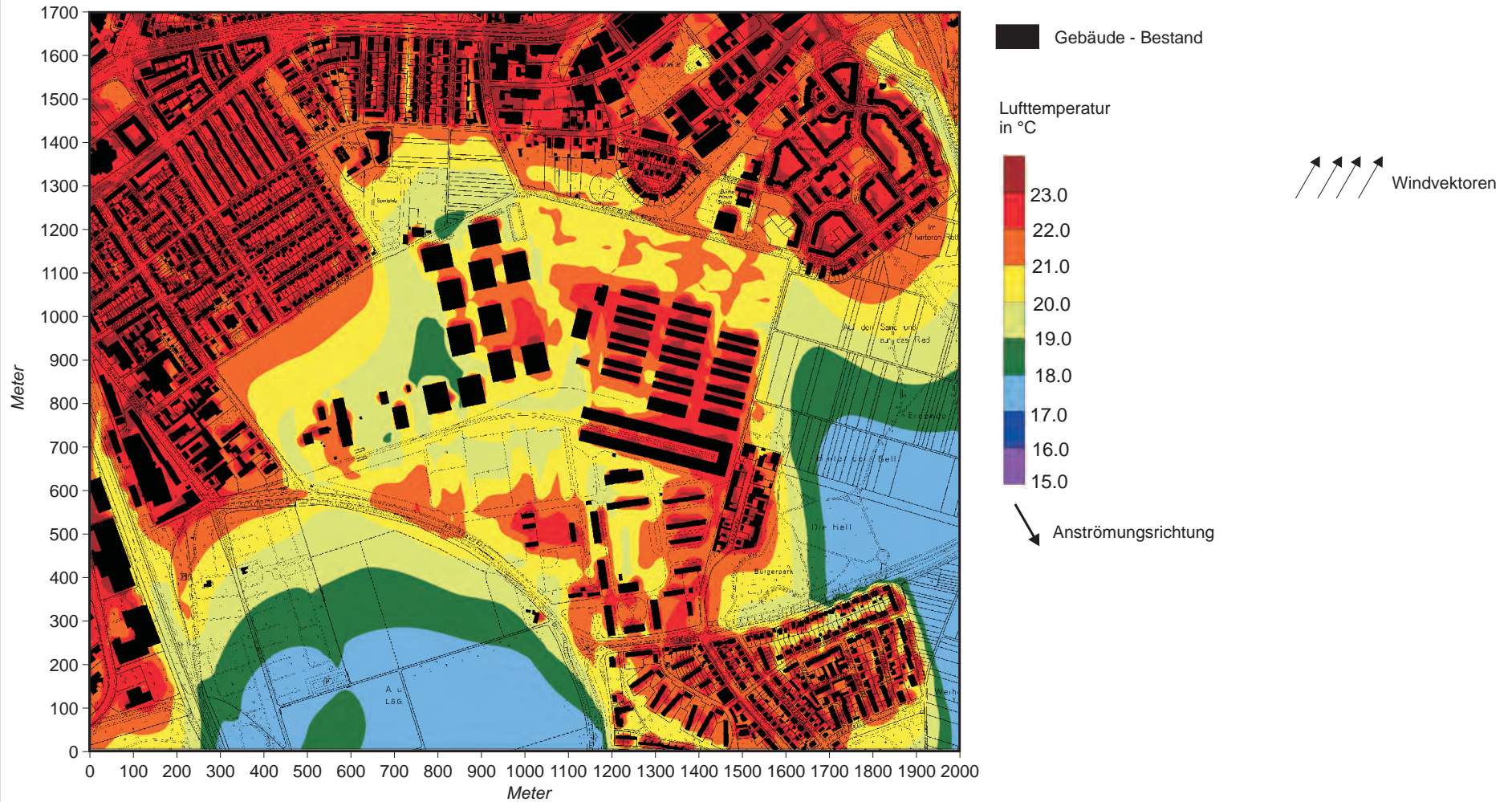
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 35 Plan-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Südsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



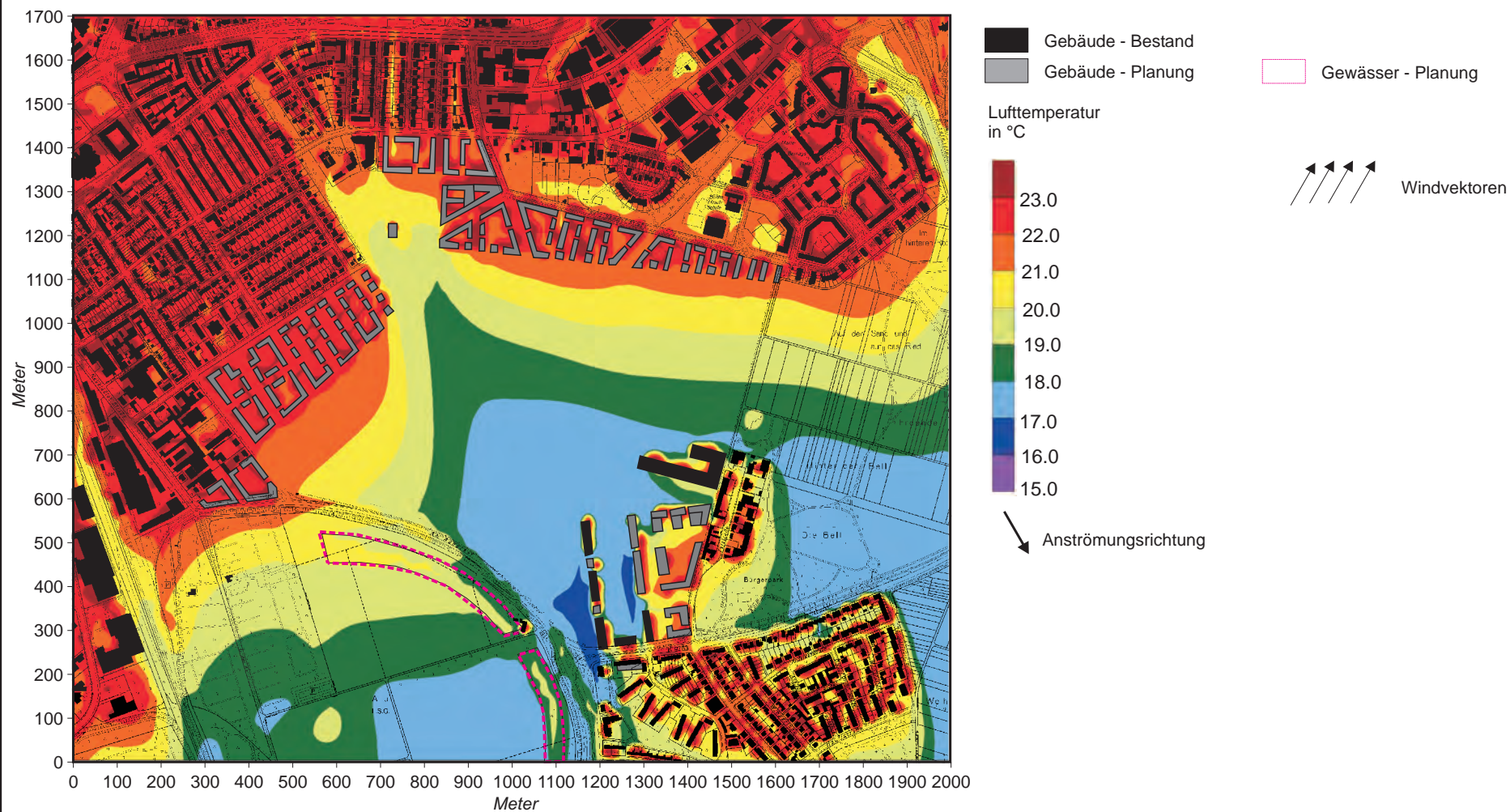
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 36 Ist-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



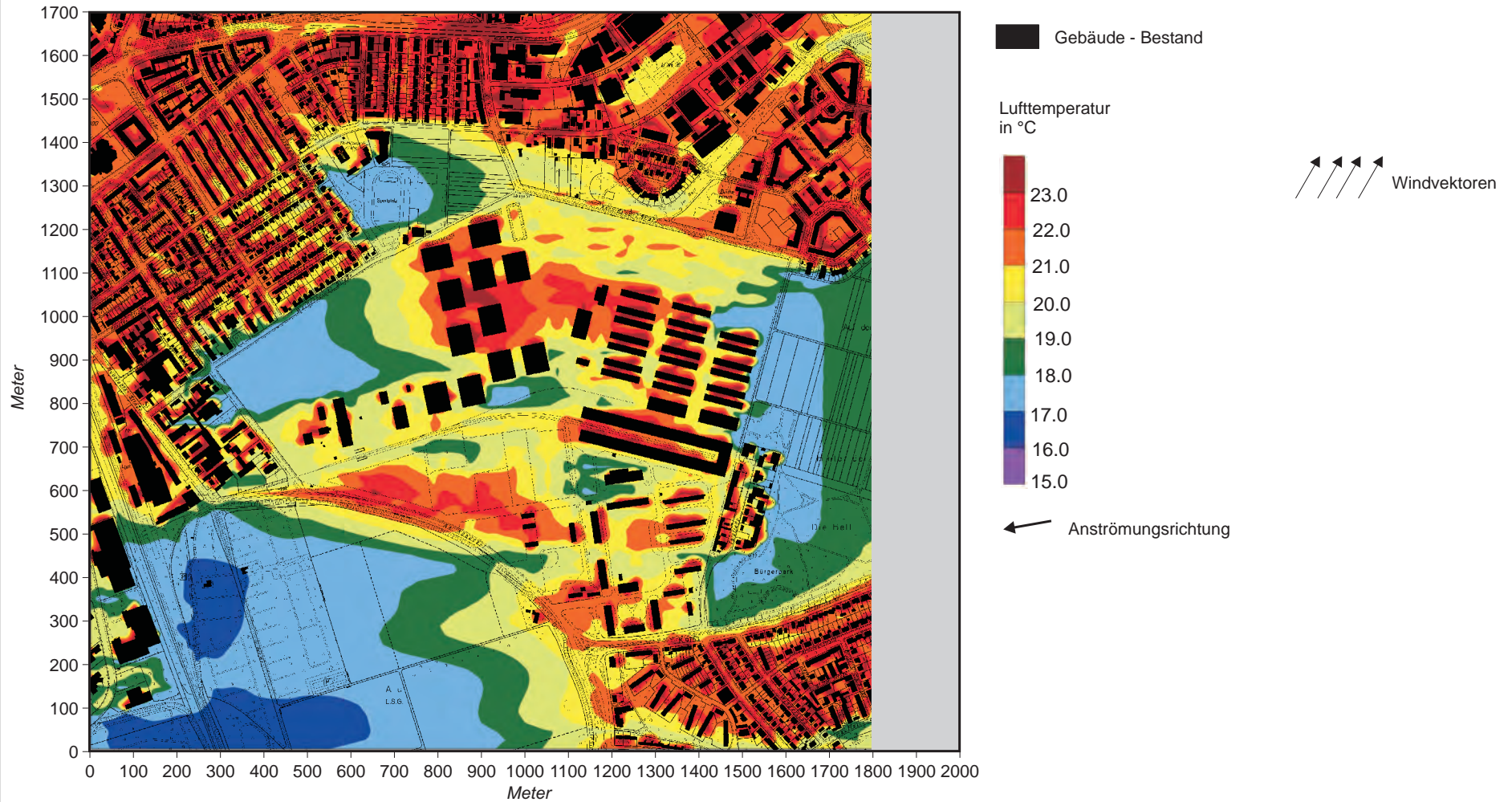
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 37 Plan-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



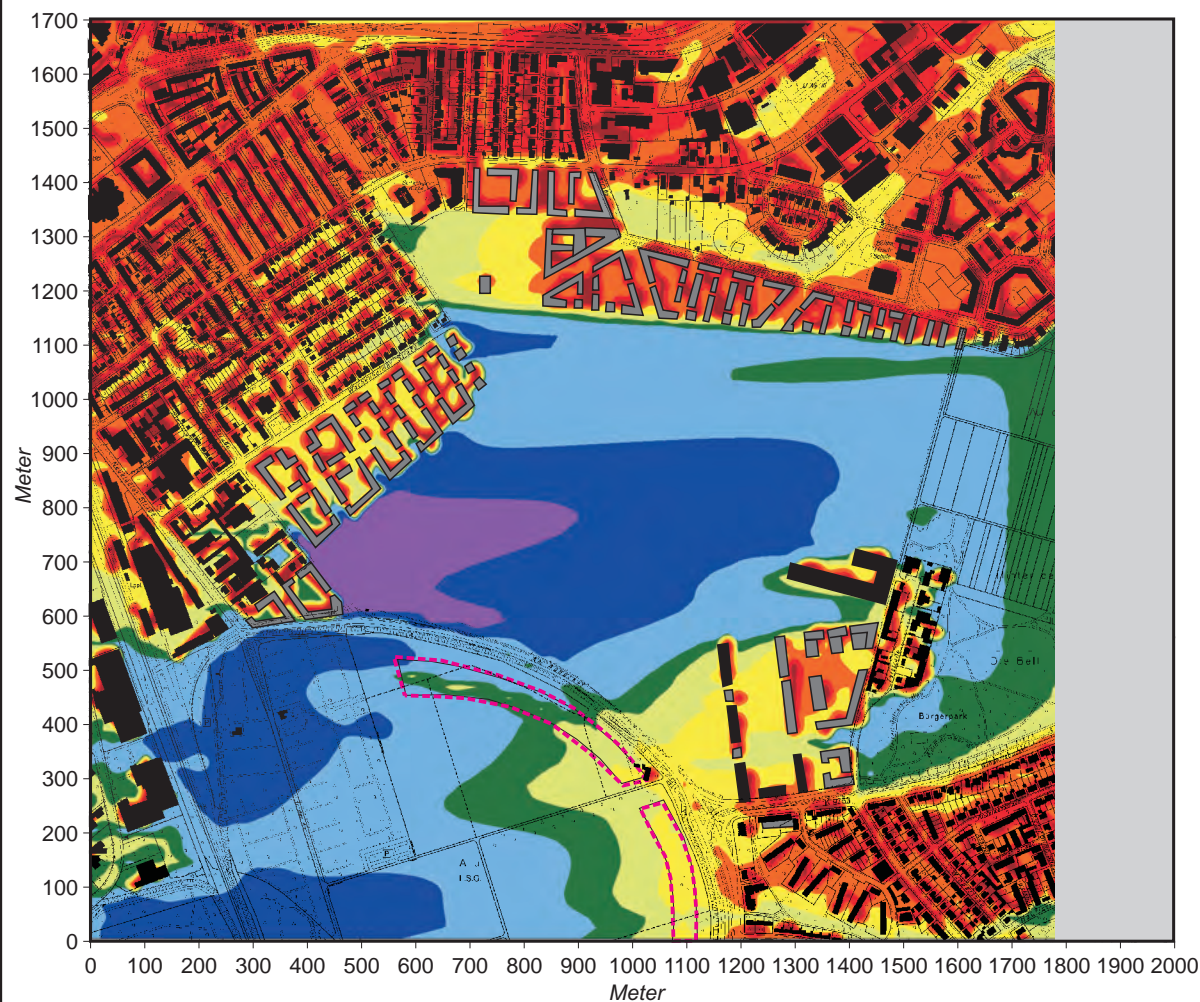
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Abb. 38 Ist-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

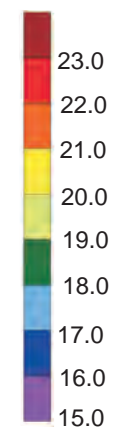
Abb. 39 Plan-Zustand - Lufttemperatur 2 m ü.G., Windanströmung aus Ostnordosten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Gebäude - Bestand
 Gebäude - Planung

Gewässer - Planung

Lufttemperatur
in °C



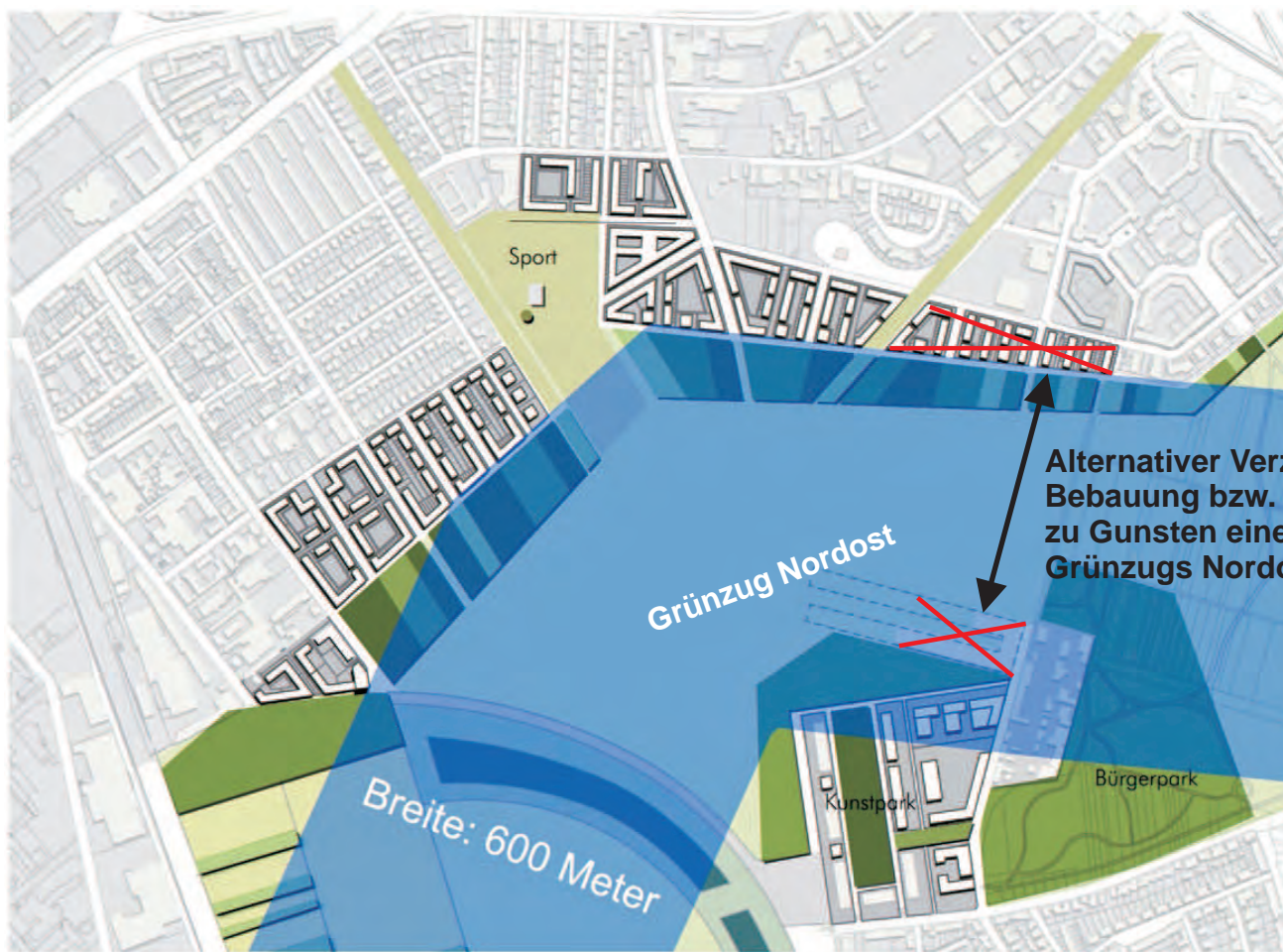
Windvektoren

Anströmungsrichtung

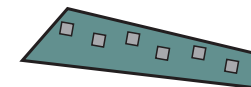
Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



Abb. 40 Planungsempfehlung zur Abstandstiefe Spinelli-Bebauung / Käfertal - Im Rott



Alternative zum Verzicht der Arrondierung
Im Rott - deutlich aufgelockerte und
durchgrünte Bebauungsstruktur



Alternativer Verzicht auf eine
Bebauung bzw. Bestandserhaltung
zu Gunsten einer Aufweitung des
Grünzugs Nordost

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Grafik: Stadt Mannheim



M.: 0 100 400 m

ÖKOPLANA

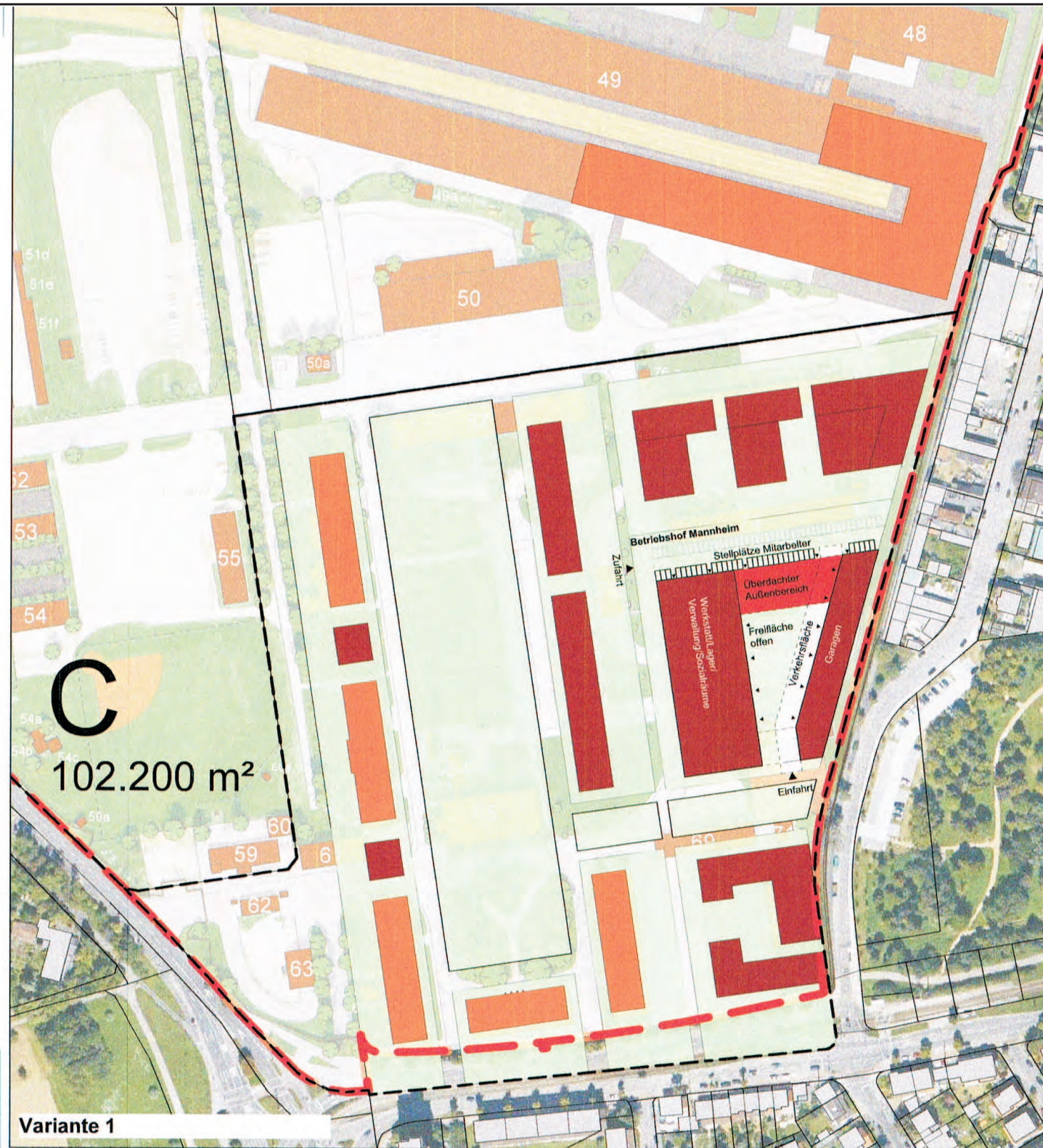
Abb. 41 Beispiele klimaökologisch vorteilhafter Grün- und Geländestructuren im bereits bestehenden Grünzug Nordost



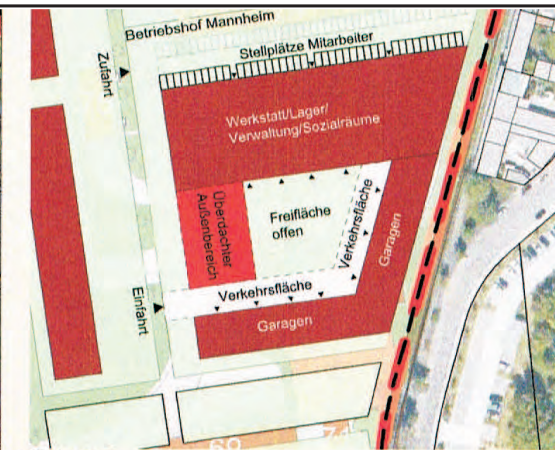
Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Fotos:
ÖKOPLANA 2013

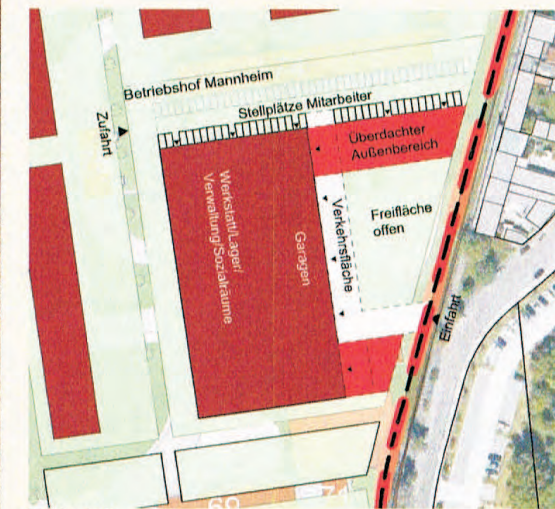
Abb. 42 BUGA Flächenplanung, Teilfläche Spinelli Barracks Süd



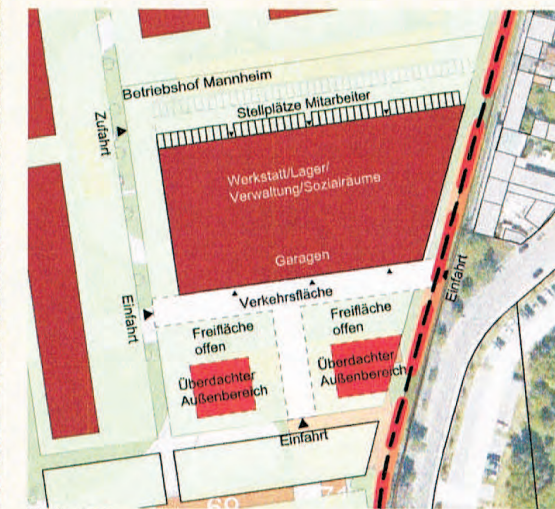
Variante 1



Variante 2



Variante 3



Variante 4

LEGENDE

- Grenze Barracks
- Grenze Baufelder
- Baufelder
- Gebäude Planung
- Gebäude Planung Überdachter Außenbe
- Gebäude Bestand Ert
- Gebäude Bestand Ur
- Parzellierung der Bau

Planung Gesamtkonzeption:

sinai
 Prof. Dr. Schell, Scherer
 Raumplanung + Projektberatung
 Lehrter Straße 57
 10557 Berlin
 Tel. 030 / 66 77 67 4 40
 Fax. 030 / 66 77 67 4 50

Machleidt GmbH
 Städtebau | Stadtplanung
 Leuscherdamm 31
 10999 Berlin
 Fon +49 30 609777-14
 Fax +49 30 609777-29

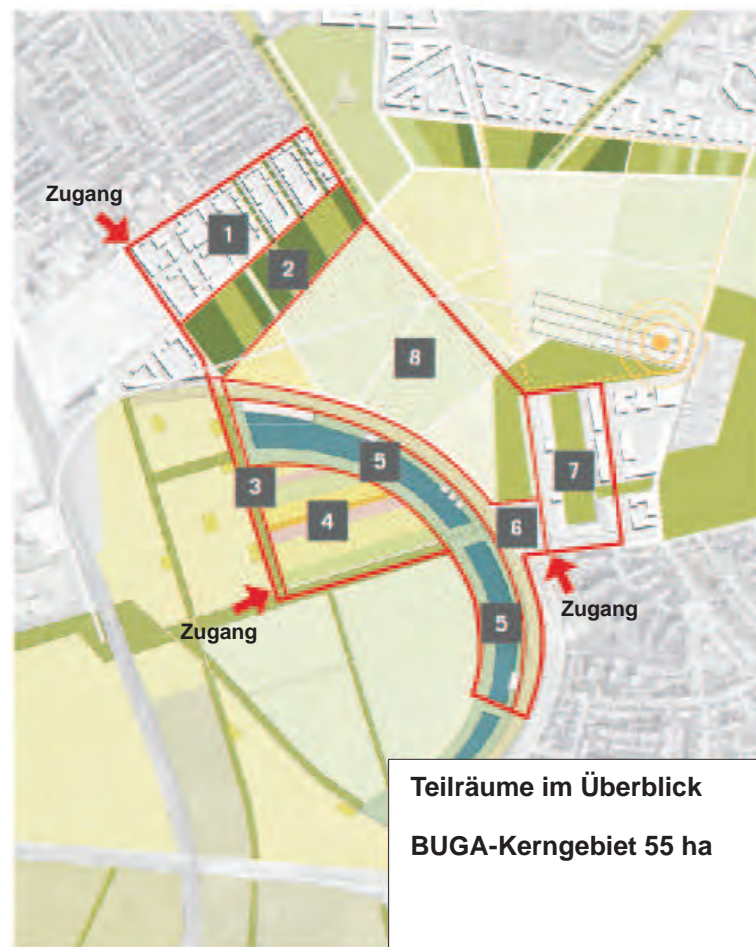
DREES & SOMMER
 Infra Consult und
 Entwicklungsmanagement GmbH
 Liebknechtstraße 33
 70565 Stuttgart
 Telefon: +49 (0) 711 222 833 - 0
 Telefax: +49 (0) 711 222 833 - 4191
 www.dreso.com

Grafik bereitgestellt von: Stadt Mannheim

Projekt:
 Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
 Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023



Abb. 43 Geplantes BUGA-Gelände - Teilräume



- 1 Neues Wohnen
- 2 Parkschale
- 3 Gärtnern in der Au
- 4 Landwirtschaft in der Au
- 5 Augewässer, naturnah mit
Umweltpädagogik
- 6 Panoramapark
- 7 Kunst- und Arbeitshöfe
- 8 Spinelli-Park

Projekt:
Klimagutachten Mannheim - Grünzug Nordost /
Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023

Grafik:
www.mannheim.de

M.:
0 100 400 m



ÖKOPLANA