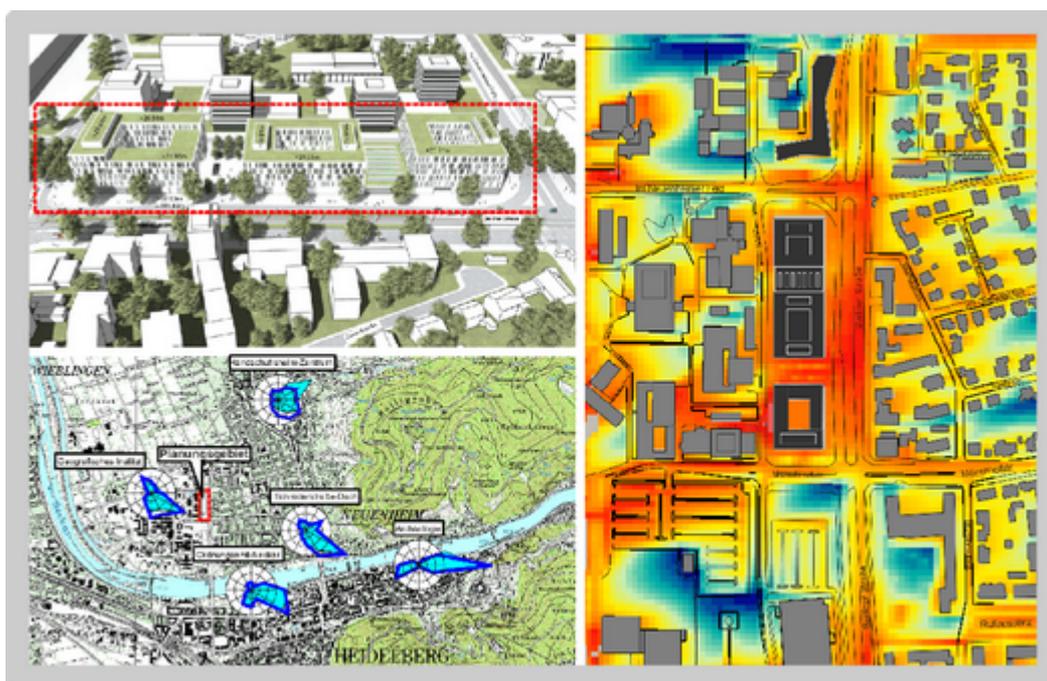


ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN ZUM PROJEKT „MUH MATHEMATIKON UNIVERSITÄT HEIDELBERG“



Auftraggeber:

Mathematikon Heidelberg GmbH
(Gesellschaft nach Schweizer Recht) & Co. KG
Vangerowstraße 2
69115 Heidelberg

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Dr. Sonja Burst

Mannheim, den 23. Februar 2012

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

Geschäftsführer:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

www.oekoplana.de

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

Inhalt	Seite
1 Aufgabenstellung	1
2 Planungsstandort und Planungsentwurf	3
3 Allgemeine Anmerkungen zum Begriff „Stadtklima“	5
4 Untersuchungsmethodik	7
5 Klimaökologische Funktionsabläufe	8
5.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Heidelberg	8
5.2 Ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation	10
5.3 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen	14
5.3.1 Ergebnisse der Thermalkartierung von 1999	15
5.3.2 Ergebnisse von mobilen Messungen zur flächendeckenden Erfassung der Lufttemperatur	18
6 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Planungsgebiet und in dessen Umfeld	20
7 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umfeld	24
7.1 Modellrechnungen zu strömungsdynamischen Aspekten der Planung	26
7.1.1 Luftströmungen aus ostsüdöstlichen Richtungen	27
7.1.2 Luftströmungen aus südlichen Richtungen	29
7.1.3 Luftströmungen aus westsüdwestlichen Richtungen	30
7.1.4 Luftströmungen aus westlichen Richtungen	32
7.1.5 Luftströmungen aus westnordwestlichen Richtungen	33
7.1.6 Kurzzusammenfassung	34
7.2 Modellrechnungen – Thermische Situation	35

8	Abschätzung der lufthygienischen Verhältnisse entlang der Berliner Straße	37
8.1	Grundlagen	37
8.1.1	Verkehrsbedingte Luftschadstoffe und Bewertungsmaßstäbe	37
8.1.2	Grundbelastung durch Luftschadstoffe	41
8.1.3	Verkehrsaufkommen	43
8.1.4	Verkehrsbedingte Emissionen	44
8.2	Immissionsverhältnisse – Bewertung	46
9	Zusammenfassung, Beurteilung und Planungsempfehlungen	48
	Literaturverzeichnis/weiterführende Schriften	55

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Planungsgebietes „MUH Mathematikon Universität Heidelberg“ im Stadtgebiet, Geländehöhen
- Abb. 2:** Flächennutzungsplan 2015/2020, Stand 31.05.2011
- Abb. 3:** Luftbild vom Planungsstandort und dessen Umfeld. Blickrichtung von Südosten nach Nordwesten
- Abb. 4:** Planungsgebiet – fotografische Dokumentation
- Abb. 5:** Vorhabenbezogener Bebauungsplan „Mathematikon“ - Vorentwurf
- Abb. 6:** Planungsentwurf „Mathematikon“ - Perspektive
- Abb. 7:** Planungsentwurf „Mathematikon“ – Entwicklungskonzept / Dachaufsicht
- Abb. 8:** Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Heidelberg. Anzahl der Sommertage und Anzahl der Tage mit Wärmebelastung. Datenzeitraum: 1971 - 2000
- Abb. 9:** Allgemeine klimatische Verhältnisse im Raum Heidelberg. Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit und Anzahl der Tage mit Minimumtemperaturinversion. Datenzeitraum: 1981 - 2000
- Abb. 10:** Windrichtungsverteilung und Windstärke an der LUBW-Station Berliner Straße
- Abb. 11:** Windrichtungsverteilung und Windstärke an der Station Physikalisches Institut. Messzeitraum: 2000 - 2009
- Abb. 12:** Stationsstandorte – Stadtklimaanalyse Heidelberg 1995
- Abb. 13:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, alle Tage
- Abb. 14.1:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit - Tagsituation. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, alle Tage
- Abb. 14.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit - Nachtsituation. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, alle Tage
- Abb. 15:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, Strahlungstage, Sommerhalbjahre

- Abb. 16.1:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit - Tagsituation. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, Strahlungstage, Sommerhalbjahre
- Abb. 16.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit - Nachtsituation. Zeitraum Mai 1989 – Mai 1992, Strahlungstage, Sommerhalbjahre
- Abb. 17:** Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen. Vektoren der Kaltluftbewegung und Kaltluftproduktionsrate
- Abb. 18:** Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen. Vektoren der Kaltluftbewegung und Kaltluftvolumenstrom
- Abb. 19:** Thermalbildaufnahme vom 03.09.1999 – 20:35 – 22.15 Uhr (MEZ), Abendbefliegung
- Abb. 20:** Isothermenkarte, Ergebnis von Lufttemperaturmessfahrten am 15.05.1989, 22:00 Uhr
- Abb. 21:** Isothermenkarte, Ergebnis von Lufttemperaturmessfahrten am 16.05.1989, 01:00 Uhr
- Abb. 22:** Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen. Lufttemperaturverteilung in einer windschwachen Strahlungsnacht
- Abb. 23:** Ergebnisse mesoskaliger Modellrechnungen. Bioklimatische Belastung in bebauten Bereichen
- Abb. 24:** Modellgebiet – Ist-Zustand
- Abb. 25:** Modellgebiet – Plan-Zustand
- Abb. 26.1:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 26.2:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 26.3:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 27.1:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 27.2:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 27.3:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 28.1:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (2 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 28.2:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (8 m ü.G.). Windanströmung aus Ostsüdosten (120°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 29.1:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 29.2:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 29.3:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.1:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.2:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 30.3:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 31.1:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (2 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 31.2:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (8 m ü.G.). Windanströmung aus Süden (180°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.1:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.2:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 32.3:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 33.1:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 33.2:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 33.3:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 34.1:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (2 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 34.2:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (8 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 35.1:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 35.2:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. – Windvektoren

- Abb. 35.3:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 36.1:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 36.2:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 36.3:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 37.1:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (2 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 37.2:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (8 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 38.1:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 38.2:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. – Windvektoren
- Abb. 38.3:** Strömungssimulation – Ist-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 39.1:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 39.2:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 2 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Windvektoren
- Abb. 39.3:** Strömungssimulation – Plan-Zustand (Horizontalschnitt 8 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 40.1:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (2 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 40.2:** Strömungssimulation – Differenz der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen Ist- und Plan-Zustand 1 (8 m ü.G.). Windanströmung aus Westnordwesten (300°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 41:** Simulation der Lufttemperatur – Ist-Zustand (Horizontal-schnitt 1.5 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 42:** Simulation der Lufttemperatur – Plan-Zustand (Horizontal-schnitt 1.5 m ü.G.). Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 43:** Simulation der Lufttemperatur – Ist-Zustand (Horizontal-schnitt 1.5 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 44:** Simulation der Lufttemperatur – Plan-Zustand (Horizontal-schnitt 1.5 m ü.G.). Windanströmung aus Westen (270°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 45:** Tägliches Verkehrsaufkommen – Ist-Zustand
- Abb. 46:** Tägliches Verkehrsaufkommen – Plan-Zustand
- Abb. 47:** Mittlere Emissionsdichte – Ist-Zustand / Plan-Zustand. Stickstoffoxid (NO_x)
- Abb. 48:** Mittlere Emissionsdichte – Ist-Zustand / Plan-Zustand. Feinstaub (PM10)
- Abb. 49:** Immissionssituation – Ist-Zustand / Plan-Zustand. Stickstoffdioxid (NO₂) - Jahresmittelwert
- Abb. 50:** Immissionssituation – Ist-Zustand / Plan-Zustand. Feinstaub (PM10) - Jahresmittelwert

1 Aufgabenstellung

Im Bereich des Heidelberger Universitätscampus im Neuenheimer Feld wurden in den letzten Jahren zahlreiche neue Institute und Klinikgebäude erstellt. Eine weitere bauliche Verdichtung des Universitätsgeländes ist aufgrund der begrenzten Flächenverfügbarkeit nur noch in geringem Umfang möglich.

Die Stadt Heidelberg strebt daher eine bauliche Fortentwicklung entlang der Berliner Straße an. Sie soll eine „Visitenkarte“ des Wissenschaftsstadt Heidelberg werden (STADT HEIDELBERG 2008)

Eingebunden in die städtebauliche Gesamtplanung „Berliner Straße“ ist in einem ersten Entwicklungsschritt der Bau des „Mathematikons“ vorgesehen (Lage siehe **Abbildung 1**).

Das Unternehmen MATHEMATIKON HEIDELBERG GMBH (GESELLSCHAFT NACH SCHWEIZER RECHT) & Co. KG plant südlich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld den Bau von drei neuen Gebäudekomplexen, die neben Universitäts-/Forschungseinrichtungen auch Versorgungseinrichtungen (Lebensmittelmarkt, Gastrobetrieb) und einer Tiefgarage Platz bieten sollen.

Im derzeit rechtskräftigen Bebauungsplan ist der Planungsstandort als äußere Freifläche und öffentliche Grünfläche ausschließlich Sportflächen festgesetzt. Er wird jedoch schon seit langer Zeit als Parkierungsfläche genutzt.

Im Flächennutzungsplan 2015/2020 (**Abbildung 2**) ist das Planungsgebiet bereits als Standort für wissenschaftliche Einrichtungen ausgewiesen.

Im Zuge der geplanten baulichen Umsetzung des „Mathematikons“ erfolgt die Anpassung des Planungsrechts über die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans. Hierbei wird die Analyse und Bewertung umweltrelevanter Faktoren und somit auch der klimaökologischen Gegebenheiten erforderlich.

Im Rahmen des anstehenden Planverfahrens sind somit die aus der Flächenutzungsänderung sich ergebenden Auswirkungen auf die lokalen klimaökologischen Verhältnisse zu untersuchen und zu bewerten sowie Planungsvorgaben zur Optimierung der lokalklimatischen Umgebungsbedingungen zu erarbeiten.

Eine wesentliche Aufgabe des Fachgebietes Klimaökologie besteht darin, die in einem bestimmten Bereich auftretenden strömungsdynamischen, thermischen/bioklimatischen und lufthygienischen Verhältnisse projektbezogen zu analysieren und die aus den vorgesehenen Planungen resultierenden Modifikationen zu beurteilen.

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der klimaökologischen Situation bei Realisierung des „Mathematikons“ sind auf Grundlage vorhandener Klimadaten (u.a. GEOGR. INSTITUT DER UNIV. HEIDELBERG/ÖKOPLANA 1995: Stadtklima Heidelberg, ÖKOPLANA/GEO-NET UMWELTCONSULTING 2009: Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar) über mikroskalige Modellstudien die klimaökologische Positiv- und Negativeffekte zu bilanzieren. Hierbei wird ein Vergleich zwischen dem Ist-Zustand und Plan-Zustand vorgenommen.

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

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

2 Planungsstandort und Planungsentwurf

Der Planungsstandort für das Projekt „Mathematikon“ wird im Norden durch die Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld begrenzt. Im Süden bildet die Mönchhofstraße den Abschluss (**Abbildung 3**). Das Planungsgebiet erstreckt sich somit in N-S-Richtung über eine Länge von ca. 290 m und in O-W-Richtung über eine Breite von ca. 80 m. Insgesamt weist der Geltungsbereich des Planungsgebietes eine Flächengröße von 22.459 m² auf (STADT HEIDELBERG 2011B).

Wie den Fotoaufnahmen der **Abbildung 4** zu entnehmen ist, befinden sich im Geltungsbereich des Planungsgebietes derzeit ca. 475 Pkw-Stellplätze. Die Fläche ist weitgehend asphaltiert. Nur an den Parkplatzrändern befinden sich kleinere Rasenflächen. Die Untergliederung der Parkierungsflächen erfolgt mit niedrigen Heckenpflanzungen.

Über 100 Bäume, die sich größtenteils auf dem Parkplatz befinden, bilden ein weiteres Merkmal der Planungsfläche (FAKTORGRÜN 2011).

Der Planungsentwurf für das Projekt „Mathematikon“ (**Abbildungen 5 – 7**) sieht im Süden (Bauteil A) ein Seminar- und Institutsgebäude für Forschung, Lehre, Studium und Weiterbildung für die Fakultäten Mathematik und Informatik sowie dem Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen vor (STADT HEIDELBERG 2011B). Der Gebäudekomplex weist Bauhöhen von 21.95 m, 25.91 m und max. 29.84 m auf (5- bis 6-geschossig). Die im Entwicklungskonzept der Stadt Heidelberg empfohlene Maximalhöhe von 28.60 m wird lediglich durch die technischen Aufbauten überschritten.

Nördlich des Seminar- und Institutsgebäudes schließt ein Freiraum mit einer Breite von ca. 27 m an, der als Verbindungsglied mit hoher Aufenthaltsqualität zwischen dem südlichen und nördlichen Bauteil fungieren soll.

In den nördlich anschließenden Baukörpern (Bauteil B) sind im Erdgeschoss (0.00 m – 6.26 m ü.G.) Läden, Geschäfte und Dienstleistungen zur Nahversorgung geplant. Das Erdgeschoss erstreckt sich auch über die Gebäudefuge östlich des Geologischen Instituts.

In den Obergeschossen ist Büronutzung vorgesehen (STADT HEIDELBERG 2011B).

Die Gebäudehöhen betragen max. 21.95 – 28.54 m.

Die Nord- und Südseiten des Planungsgebietes sind im aktuellen Planentwurf als Platzflächen ausgebildet.

Die am Standort vorhandenen Stellplätze werden auf eine temporäre Ersatzstellfläche westlich des Heizkraftwerks verlagert.

Die für das Bauteil B erforderlichen Stellflächen (ca. 291 Pkw-Stellplätze) können durch eine 2-geschossige Tiefgarage im nördlichen Gebäudekomplex bereitgestellt werden, die über die westlich angrenzende Erschließungsstraße angebunden ist.

Der Vorentwurf zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan „Mathematikon“ lässt eine Grundstücksversiegelung von nahezu 100% zu. Die GRZ beläuft sich auf 0.59. Die GFZ beträgt 2.56.

Im Zuge der vorliegenden Klimaanalyse wird auch das angedachte Campushotel nördlich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld berücksichtigt.

3 Allgemeine Anmerkungen zum Begriff „Stadtklima“

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4 Untersuchungsmethodik

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

Hierbei wird auf Erkenntnisse aus vorliegenden Klimauntersuchungen zurückgegriffen (**GEOGR. INSTITUT DER UNIV. HEIDELBERG/ÖKOPLANA 1995**: Stadtklima Heidelberg; **NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM 2002**: Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim; **ÖKOPLANA/GEO-NET UMWELTCONSULTING 2009**: Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar). Weitere klimatische Grundlagen können dem Klimaatlas Baden-Württemberg der LUBW (www.lubw.baden-wuerttemberg.de) entnommen werden.

In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen die kleinräumigen Strömungsverhältnisse und die thermischen Umgebungsbedingungen im Planungsgebiet analysiert, um die vorhandenen bzw. aus der Planung resultierenden klimatischen Positiv- bzw. Negativeffekte aufzuzeigen. Hierbei wird der Ist-Zustand dem Plan-Zustand gegenübergestellt.

Die Modellrechnungen werden mit den allgemein anerkannten Klimamodellen MISKAM (Strömungsdynamik) und EnviMet (thermische Verhältnisse)¹ durchgeführt.

Die Beurteilung der Kfz-bedingten lufthygienischen Verhältnisse basiert auf vorgelegten Verkehrszahlen und den Luftmesswerten des landesweiten Immissionsmessnetzes.

¹ **GIESE-EICHHORN (1998/2009)**: 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. (2002/2005): Envi-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

5 Klimaökologische Funktionsabläufe

5.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Heidelberg

Das Stadtgebiet von Heidelberg befindet sich nach der Systematik von KÖPPEN² in der warmgemäßigten Klimazone, die im Oberrheingraben bei Heidelberg durch eine hohe Anzahl an Sommertagen (Temperaturmaximum mindestens 25°C → 50 – 55 Tage im Jahr) und eine geringe Anzahl an Frosttagen (70 Tage im Jahr), d. h. der Tage, an denen das Temperaturminimum unter 0 °C liegt, charakterisiert ist (**Abbildung 8**).

Die Jahresmitteltemperatur beträgt ca. 11°C (1971 – 2000). Der wärmste Monat ist der Juli mit einer durchschnittlichen Lufttemperatur von ca. 20°C. Die mittleren Januartemperaturen belaufen sich auf ca. 2.0°C.

Die mittlere Anzahl der Tage mit Wärmebelastung³ (**Abbildung 8**) liegt bei 35.1 – 37.5 und somit an der Spitze von Baden-Württemberg. Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Raum Heidelberg zunehmen wird⁴.

Die vorherrschende Windrichtung in Heidelberg ist am Planungsstandort Süd-südost bis Südsüdwest sowie Nordnordwest (**Abbildung 10**), wobei es in Bodennähe durch die Flächennutzung (Bebauung, Gehölzbestände) lokal zu auffallenden Differenzierungen kommen kann.

² IN: BLÜTHGEN, J. (1966): Allgemeine Klimageographie. 2. Aufl. Berlin

³ 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.

⁴ Entsprechend den Prognosen des am POTSDAM INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (PIK) (2009) entwickelten regionalen Klimamodells „STAR“ ist im Rhein-Neckar-Raum 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 zu Grunde. Für das Bundesgebiet ergibt das bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Erwärmung um etwa 2.1°C. Für den Rhein-Neckar-Raum 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.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt im mehrjährigen Mittel im Bereich des Planungsgebietes ca. 1.6 m/s (10 m ü.G.), so dass in Bodennähe von insgesamt mäßiger bis schlechter Durchlüftung⁵ gesprochen werden kann. Erst über Dachniveau ergeben sich günstigere Werte (3.0 m/s in einer Höhe von 31 m ü.G.) – **Abbildungen 10** und **11**. Zum Vergleich: Auf dem Königstuhl belüftet sich das Jahresmittel der mittleren Windgeschwindigkeit im Zeitraum 1989 – 1992) auf ca. 4.2 m/s (20 m ü.G.).

Die niedrigen Windgeschwindigkeiten im Raum Heidelberg sind mit ein Grund, weshalb sich häufig Inversionen (> 225 Tage im Jahr) einstellen (**Abbildung 9**). 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.

Bei vorherrschenden Strahlungswetterlagen (ca. 26% der Tage im Sommerhalbjahr und ca. 22% der Tage im Winterhalbjahr – nach: GEOGR. INSTITUT, ÖKOPLANA 1995) können sich lokale und regionale Zirkulationssysteme ausbilden. So sind im Planungsgebiet während der Nachtstunden Ausläufer des Neckartalabwindes zu beobachten.

Die Jahressumme des Niederschlags liegt in Heidelberg bei ca. 700 - 750 mm (1971 – 2000)⁶, wobei die Monate Juni und Juli die größten Niederschlagshöhen aufweisen. In diesen Monaten kommt es durch hohe Einstrahlungsintensität und die daraus folgende Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern.

Zum Vergleich: In Wilhelmsfeld (Odenwald) beträgt die Jahressumme des Niederschlags ca. 1000 mm.

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

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

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

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

⁶ **LUBW (2006):** Klimaatlas Baden-Württemberg. Karlsruhe.

5.2 Ortsspezifisches 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 vorliegende Windmessungen (LUBW / ÖKOPLANA 1989 - 1992) dokumentieren, wird das Strömungsgeschehen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch

- die Leitlinienwirkung des Oberrheingrabens
- die sich über die Hänge und Täler des Odenwaldes entwickelnden Lokal- und Regionalströmungen
- rheingrabenspezifische Regionalströmungen
- und die örtliche Flächennutzung

geprägt.

Die Windverteilung im Stadtgebiet von Heidelberg (**Abbildungen 12 – 16.2**) zeigt, dass die in der freien Atmosphäre – repräsentiert durch die Höhenstation *Königstuhl*⁷ - vorherrschenden westsüdwestlichen bis westnordwestlichen Winde im Oberrheingraben durch die Topographie vermehrt zu südöstlichen bis südwestlichen Richtung (Station *Geografisches Institut*) abgelenkt werden.

Neben der Häufigkeit der Windrichtung ist im Planungsgebiet gegenüber der Höhenstation *Königstuhl* auch die mittlere Windgeschwindigkeit deutlich modifiziert. Während am Standort *Königstuhl* im Jahresmittel mittlere Windgeschwindigkeiten um 4.2 m/s aufgezeichnet werden, sind im Bereich des Universitäts-campus im Neuenheimer Feld nur noch mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten von ca. 1.6 – 2.0 m/s zu erwarten.

Während auf dem *Königstuhl* in den Nachtstunden zwischen Winden aus westlichen und östlichen Richtungen nahezu eine Gleichverteilung besteht, treten im Neckartal aber auch im Planungsgebiet am Übergang in die Rhein-Neckar-Ebene Südwest- und Nordwestwinde zugunsten von Südostwinden deutlich zurück.

⁷ Die Station *Königstuhl* befindet sich in einer Höhe von 555 m ü.NN auf dem Dach des Max-Planck-Instituts für Astronomie.

An den Stationen *Archäologie* und *Ordnungsamt-Neckar* werden in der Nacht (Zeitraum: Mai 1989 – Mai 1992, alle Tage) zu ca. 63 bzw. 53% der Stunden Winde aus östlichen Richtungssektoren aufgezeichnet, die wesentlich auf den bis ca. 200 m mächtigen Neckartalabwind zurückzuführen sind. Die Ostwinde erreichen in Bodennähe (10 m ü.G.) mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.9 – 2.2 m/s. Über Dachniveau (Station *Archäologie*) sind mittlere Geschwindigkeiten zwischen 2.9 und 3.8 m/s zu erwarten.

Im Umfeld des Planungsgebietes, repräsentiert durch die Station *Geografisches Institut*, zeigt sich ebenfalls noch deutlich des Einfluss des Neckartalabwindes. Zu ca. 45% der Nachtstunden werden südliche bis südöstliche Strömungsrichtungen registriert. Dabei treten mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1.9 und 2.3 m/s auf.

Die Windmessungen in Heidelberg (GEOGR. INSTITUT, ÖKOPLANA 1995) zeigen zudem, 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. Bebauungsinternen Ventilationsbahnen in Form von breiten Straßenzügen und Platzstrukturen sowie begrünten Freiräumen kommt dann eine besondere Bedeutung zu.

An Strahlungstagen mit geringer Bewölkung (ca. 24% der Tage im Jahr) wird das Ventilationsgeschehen zunehmend durch lokal und regional angelegte Luftströmungen bestimmt, die im Planungsgebiet und in dessen Umfeld einen markanten tagesperiodischen Windrichtungswechsel bewirken.

Wie die **Abbildungen 14.1** und **15** dokumentieren, werden an sommerlichen Strahlungstagen tagsüber im Bereich des Universitätscampus im Neuenheimer Feld (Stationen *Geografisches Institut*) häufig nordwestliche und östliche bis ost-südöstliche Windrichtungen gemessen.

Im Bereich der Altstadt (Stationen *Archäologie*) und am Neckarufer sind entsprechend der Ausrichtung des Neckartals vorwiegend westliche und östliche Luftströmungen zu verzeichnen.

Nach Sonnenuntergang kommt es zu einer markanten Häufung von östlichen (Altstadt) bzw. östlichen bis südöstlichen (Neuenheim, Universitätscampus im Neuenheimer Feld) Strömungsrichtungen (Häufigkeit: ca. 40 - 90% der Nachtstunden), die auf den einsetzenden Neckartalabwind (= kaltluftinduzierte Lokal- / Regionalströmung) zurückzuführen sind.

Infolge der düsenartigen Beschleunigung des Talabwindes am Ausgang des Neckartals in die Neckar-Rhein-Ebene erreicht der bis ca. 200 m mächtige Talabwind an der Station *Archäologie* mittlere Windgeschwindigkeiten bis ca. 5.0 m/s. Somit ist im Bereich der Heidelberger Altstadt mit einer intensiven bodennahen Durchlüftung zu rechnen.

Die Station *Ordnungsamt-Neckar* befindet sich in Nähe der Ernst-Walz-Brücke. Die im Vergleich zur Station *Marstallhof* bis zu ca. 50% niedrigeren mittleren Windgeschwindigkeiten sind mit dem Auffächern des Neckartalabwindes im Talmündungsbereich und der Oberflächenrauigkeit der Bebauung (→ Verlust an Bewegungsenergie) zu erklären.

Auch im Umfeld des Planungsstandortes „Mathematikon“ ist durch die Oberflächenrauigkeit der Bebauung und die nachlassende Bewegungsenergie des Neckartalabwindes am Übergang in die Neckar-Rhein-Ebene gegenüber der Heidelberger Altstadt mit deutlich geringeren Durchlüftungseffekten zu rechnen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt an der Station *Geografisches Institut* meist ca. 1.7 – 2.0 m/s. Nur in windoffeneren Lagen (entlang der Berliner Straße) können mittlere Windgeschwindigkeiten von über 2.0 m/s erwartet werden. Die Bedeutung der Berliner Straße als bebauungsinterne Ventilationsachse wird offenbar.

Im Rahmen der Stadtklimauntersuchung Heidelberg (1995) wurden am Übergang Universitätsgelände/Handschuhsheimer Feld (Gewann Saubad/Pfädelsacker) vor allem in der zweiten Nachthälfte bodennah auch schwache nördliche bis nordwestliche Luftströmungen gemessen. Durch sie gelangt Kalt-/Frischlufte zusätzlich in das Universitätsgebiet sowie über die Berliner Straße hinweg nach Neuenheim (Bereich Langgewann) – vgl. GEOGR. INSTITUT, ÖKOPLANA 1995, S. 127). Durch die zwischenzeitlich fortentwickelte Bebauung entlang der Berliner Straße (Technologiepark) dürfte die flurwindartige Luftaustauschbeziehung⁸ zwischen Handschuhsheimer Feld und Neuenheim jedoch nachhaltig geschwächt sein.

⁸ Flurwinde werden durch den Temperaturunterschied zwischen kühlem Freiland (= hoher Luftdruck) und warmer Bebauung (= niedriger Luftdruck) initiiert. Sie stellen somit thermische Ausgleichsströmungen dar. Da sie nur eine schwache Bewegungsenergie aufweisen, bilden bereits kleinere Strömungshindernisse in Form von Bebauung unüberwindbare Barrieren.

Mesoskalige Kaltluftsimulationen (ÖKOPLANA/GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH 2009) bestätigen weitgehend die Messungen von 1989 – 1992.

Die **Abbildungen 17** und **18** zeigen die lokale Kaltluftsituation kurz vor Sonnenaufgang. Entsprechend der Messungen werden im Bereich des geplanten Standortes „Mathematikon“ südöstliche Luftströmungen berechnet. Zusätzliche Belüftungseffekte ergeben sich über regionale östliche Ausgleichsströmungen zwischen Odenwald und Oberrheingraben, die jedoch nur weiter nördlich (außerhalb des Einwirkungsbereichs des Neckartalabwindes) messtechnisch nachweisbar sind.

Die Kaltluftsimulationen offenbaren, dass das Planungsgebiet und dessen direkt angrenzendes Umfeld eine nur mäßige bis geringe Kaltluftproduktionsrate aufweisen ($< 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$). Die Ackerflächen und Wiesen im Bereich des Handschuhsheimer Feldes stellen bzgl. der Kaltluftproduktion hingegen Optimalflächen dar (Kaltluftproduktionsraten $> 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$).

Durch den fehlenden direkte Lagebezug zum Freiraumgefüge Handschuhsheimer Feld weist das Planungsgebiet und dessen Umfeld als Kaltlufttransportbahnen somit nur eine mäßige Wertung auf (siehe **Abbildung 18**).

5.3 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen

Für den Planungsstandort „Mathematikon“ liegen Untersuchungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen vor. Neben Ergebnissen von Lufttemperaturmessfahrten (u.a. GEOGR. INSTITUT / ÖKOPLANA 1995, BURST, S. 1997) kann auf mesoskalige Modellrechnungen (ÖKOPLANA/GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH 2009) und auf IR-Thermalbildaufnahmen VON 1999 (NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM 2002) zurückgegriffen werden.

Das Verhalten der Lufttemperatur in Abhängigkeit von Relief, Flächennutzung und Strömungsgeschehen ist ein Indiz für die Funktion des horizontalen und vertikalen Luftaustausches.

An hochdruckbeeinflussten Strahlungstagen (im langjährigen Mittel ca. 24% der Tage im Jahr) ergeben sich im Untersuchungsgebiet und in dessen Umfeld lokalklimatische Differenzierungen. Bereits vor Sonnenuntergang setzt die Abkühlung ein und ist allgemein in der ersten Nachthälfte am stärksten. Die thermische Situation im Bereich Neuenheim/Universitätscampus wird dabei vermehrt durch die Flächennutzung und durch die innerhalb der Bebauung graduell unterschiedlich wirksamen Ventilationseffekte des Neckartalabwindes beeinflusst.

In den Nachtstunden kühlen die Oberflächen aufgrund fortdauernder Ausstrahlung und fehlender Einstrahlung zunehmend ab und demzufolge die darüber liegenden Luftschichten. Intensive Abkühlung erfolgt im Bereich vegetationsbedeckter Flächen (Gärten, Parkanlagen), während sich innerhalb dichter Bebauung mit hohem Versiegelungsgrad Wärmeinseln ausbilden. Dabei ist anzumerken, dass die stärkste Abkühlung meist zu allen Jahreszeiten in den gleichen Lagen auftritt.

Zur Verdeutlichung der thermischen Situation im Planungsumfeld wird zunächst ein Ausschnitt aus der Thermalkartierung Heidelberg von 1999 dargestellt. Er vermittelt einen Eindruck vom thermischen Verhalten der unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen im Planungsumfeld.

Anschließend erfolgt eine Diskussion der flächenhaften Lufttemperaturverteilung, die auf Ergebnissen von mobilen Messungen und mesoskaligen Simulationsrechnungen basiert.

5.3.1 Ergebnisse der Thermalkartierung von 1999

Im September 1999 fanden während einer spätsommerlichen Strahlungsnacht zwei Thermalscannerbefliegungen⁹ zur Aufzeichnung der Oberflächenstrahlungstemperaturen statt. Die Messergebnisse der Abendbefliegung kurz nach Sonnenuntergang sind in **Abbildung 19** dargestellt. Die geometrische Auflösung der Thermalbilder beträgt 8 m.

Die Temperaturspanne der Oberflächen reicht von dunkelrot (> 23 °C) über gelb und grün bis dunkelblau/schwarz (< 10°C).

Bei der IR-Thermalbefliegung wird flächenhaft die Oberflächenstrahlungstemperatur aufgenommen. Die Oberflächentemperatur wird somit nicht direkt, sondern über die von ihr ausgehenden langwelligigen Strahlung gemessen, wobei diese eine Funktion der Oberflächentemperatur ist. Unter dem Begriff Oberflächentemperatur wird diejenige Temperatur verstanden, die ein Körper unmittelbar an seiner Oberfläche annimmt. Die Temperatur der einzelnen Farbflächen der Thermalbilder ist nicht mit der Lufttemperatur gleichzusetzen.

Die Befliegung wird 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. Dies ermöglicht eine Verallgemeinerung der punktuell bzw. linienhaft erfassten Messwerte des stationären Klimamessnetzes und der Messfahrten (→ Isothermenkarte).

⁹ NACHBARSCHAFTSVERBAND HEIDELBERG-MANNHEIM 2002: Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim

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,
- Hanggestalt, Neigung und Exposition.

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 Oberflächenstrahlungstemperaturen besitzen einen entsprechend stärkeren Einfluss auf das Lokalklima als punkthafte „Wärmequellen“.

Im Umfeld des Planungsgebietes an der Berliner Straße lassen sich im Wesentlichen folgende Flächennutzungstypen unterscheiden:

Locker durchgrünte Wohnbebauung in Neuenheim:

In bebauten Gebieten hängt das thermische Erscheinungsbild stark von der Dichte, Höhe und Anordnung der Häuser, von der Durchgrünung und von der Lage des Gebietes zu klimaökologischen Ausgleichsräumen ab.

Östlich der Linie Gundolfstraße/Humboldtstraße überwiegt eine locker durchgrünte offene Blockrandbebauung. Entsprechend der differenzierten kleingliedrigten Flächennutzung (Straßen, Hauszufahrten, Gärten, Plätze) ist auch die Verteilung der Oberflächenstrahlungstemperatur unterschiedlich. Während im Bereich der begrünnten Blockinnenbereiche Temperaturen von ca. 17 – 18°C gemessen werden, bilden sich die Straßenzüge als warme Bänder ab (Oberflächentemperatur > 20°C). Eine großflächig ausgeprägte „Wärmeinsel“ bildet sich daher nicht aus.

Stark versiegelte Verkehrsanlagen - Berliner Straße mit begleitender Bebauung:

Das weitgehend versiegelte Planungsgebiet (Parkierungsfläche) sowie die Berliner Straße treten nach Sonnenuntergang als deutlich ausgeprägte Wärmeinsel hervor (Oberflächenstrahlungstemperaturen großflächig über 20°C). Besonders ausgeprägt zeigt sich die Überwärmung entlang der Berliner Straße unmittelbar nördlich der Mönchhofstraße.

Die Asphaltflächen heizen sich durch ihre dunkle Farbe in den Tagstunden stark auf. Nachts wird die gespeicherte Wärme dann wieder an die Luft abgegeben. Die Luftabkühlung bleibt dementsprechend reduziert.

Die Bäume auf der bestehenden Parkierungsanlage sind insgesamt noch zu kleinkronig, um die Aufheizung am Tag effektiv großflächig zu minimieren. Auch der PH-Parkplatz zeichnet sich im Thermalbild als „Wärmeinsel“ ab.

Universitätscampus:

Der Universitätscampus im Neuenheimer Feld zeichnet sich durch den Wechsel zwischen kleineren Rasenflächen, gehölzüberstülpten Flächen (z.B. westlich des Geologischen Instituts), versiegelten Zugangswegen und großflächiger Überbauung aus.

Vergleichbar mit der Situation im Wohngebiet Neuenheim ergeben sich daher bzgl. der Oberflächenstrahlungstemperaturen auffallende Differenzierungen. Über den Rasenflächen sind Temperaturen zwischen 14 und 16°C zu registrieren (z.B. Bereich des Hubschrauberlandeplatzes). Im weitgehend versiegelten Bereich des Theoretikums überwiegen Oberflächenstrahlungstemperaturen zwischen 20 und 23°C. Während in einer Straßendecke/Wegdecke die in tieferen Schichten gespeicherte Wärme rasch an die Oberfläche nachgeleitet wird, wirkt ein Rasenteppich 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 für die Klimafunktion „Kaltluftbildung“ eine Optimalfläche dar.

Die Ergebnisse der Thermalkartierung zeigen zusammenfassend, dass das „Mathematikon“ in einem Bereich geplant ist, der derzeit als thermisch belastet eingestuft werden muss. Negativ macht sich der hohe Versiegelungsgrad bemerkbar, der durch den derzeitigen Baumbestand thermisch nicht kompensiert werden kann.

5.3.2 Ergebnisse von mobilen Messungen zur flächendeckenden Erfassung der Lufttemperatur

Zur Beurteilung der Bedeutung der Flächennutzung für die Ausbildung des lokalen Klimas sowie zur flächenhaften Analyse der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe wird nachfolgend die räumliche Verteilung der Lufttemperatur dargestellt.

Die **Abbildungen 20** und **21** dokumentieren die mittlere räumliche Verteilung der Lufttemperatur in Heidelberg während einer Strahlungsnacht im Mai 1989.

Die Darstellung basiert auf Lufttemperaturmessfahrten, die vom GEOGRAFISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT HEIDELBERG durchgeführt wurden (BURST, A. 1990 HUPFER, P. 1991).

Während der Messfahrt gegen 22:00 Uhr dominieren an der Station *Archäologie* Ostwinde mit Geschwindigkeiten von ca. 2.7 – 3.0 m/s, die dem Neckartalabwind zuzuordnen sind. Er fächert am Talausgang auf Höhe der Theodor-Heuss-Brücke auf, so dass in Neuenheim und im Bereich des Universitätsgeländes im Neuenheimer Feld südöstliche bis ost-südöstliche Windrichtungen vorherrschen. Die mittleren Windgeschwindigkeiten betragen im Planungsumfeld an der Berliner Straße ca. 1.8 – 2.0 m/s (HUPFER, P. 1991).

Die Lufttemperaturverteilung gegen 22:00 Uhr dokumentiert, dass sich in der ersten Nachthälfte von der Weststadt über Bergheim bis an den Universitätscampus entlang der Berliner Straße eine ausgeprägte Wärmeinsel entwickelt (Lufttemperaturen über 17°C). Demgegenüber bildet sich die dicht bebaute Altstadt relativ kühl ab. Im Bereich des Universitätsplatzes werden Lufttemperaturen zwischen 15 und 16°C gemessen. Entlang der Hauptstraße reichen die Werte von ca. 14° im Osten bis ca. 17°C im Westen. In Neuenheim bewegt sich das Lufttemperaturniveau zwischen ca. 15 und 17°C.

Es wird deutlich, dass mit dem Neckartalabwind die über der Altstadt und dem Osten von Neuenheim (Bereich Brückenstraße) lagernde Warmluft nach Nordwesten (in Richtung Neuenheimer Feld = Planungsgebiet) und Südwesten (Weststadt) verschoben wird (→ allochthone Wärmeinsel). Dort bewirkt sie zusammen mit der ortsspezifischen Wärmeabstrahlung versiegelter Flächen eine deutlich verzögerte nächtlichen Abkühlung. Im Bereich der locker durchgrünter Wohnbebauung von Neuenheim bilden die Hausgärten wirksame Temperatursenken, so dass die Überwärmung gegenüber dem Wärmeband Berliner Straße örtlich reduziert ist.

Zu Beginn der zweiten Nachthälfte (01:00 Uhr) herrschen im Stadtgebiet von Heidelberg weiterhin östliche Richtungskomponenten vor, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit allgemein auf Werte von über 3.0 m/s angestiegen ist (Station *Geografisches Institut*: 3.1 m/s). Neben dem Neckartalabwind werden an den Hangzonen auch kräftige Fallwinde¹⁰ beobachtet, die örtlich die lokale Abkühlung verzögern. So entwickelt sich zwischen Rohrbach im Süden und Handschuhsheim im Norden ein nahezu durchgehendes hangnahes Wärmeband mit Lufttemperaturen von über 15.0°C.

Nach Westen nimmt der Einfluss der Fallwinde rasch ab, so dass im Planungsgebiet an der Berliner Straße gegen 01:00 Uhr nur noch Lufttemperaturen von ca. 13.0 – 15.0°C zu registrieren sind. Im Bereich der Handschuhsheimer Felder sind Temperaturen unter 12.0°C zu verzeichnen.

Die Messfahrtergebnisse dokumentieren, dass sich das Planungsgebiet in den Nachtstunden bei klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlagen meist im Lee der Bebauung von Neuenheim befindet. Eine Luftzufuhr vom Planungsgebiet in Richtung Wohnbebauung Neuenheim findet meist nur kurzzeitig bei abflauendem Neckartalabwind statt.

Die Sicherung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen im Bereich des Planungsgebietes ist dennoch von stadtklimatischer Bedeutung, da sich häufig bereits kurz vor Sonnenaufgang ein Windrichtungswechsel auf vermehrt südwestliche bis nordwestliche Richtungen einstellt. Dann liegt die Wohnbebauung im Lee und somit im thermischen Einflussbereich des Planungsgebietes.

Die berechnete Lufttemperaturverteilung (**Abbildung 22**) entspricht weitgehend den Ergebnisse der 22:00 Uhr-Messfahrt und bestätigt somit die Repräsentativität der Messungen. Das Planungsgebiet ist im Allgemeinen Bestandteil einer lokalen „Wärmeinsel“ entlang der Berliner Straße.

¹⁰ Die Fallwinde an der östlichen Hangzone von Heidelberg führen zu einer adiabatischen Erwärmung der Luft. Durch das Absinken der Luft erhöht sich der Druck und das Luftquantum wird komprimiert. Hierdurch erhöht sich die innere Energie und damit die Temperatur.

6 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe im Planungsgebiet und in dessen Umfeld

Wie sich aus den vorliegenden Darstellungen der Messdaten temporärer Klimamessstationen und Ergebnissen mesoskaliger Modellrechnungen entnehmen lässt, bilden sich im Planungsgebiet und in dessen weiterem Umfeld durch die Flächennutzung (Wohnbebauung, Universitätsgelände, Hauptverkehrsachsen, Rasenflächen etc.) 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 Kaltluftströme bestimmt wird.

Anhand der Lufttemperaturverteilung während durch Hochdruck beeinflusster Wetterlagen werden die Auswirkungen lokaler Faktoren auf das Klima deutlich erkennbar (siehe Kap. 5.3.2). Schwache Windbewegung und länger anhaltende Einstrahlung am Tag führen zu intensiver Erwärmung, ungehinderte Ausstrahlung bei Nacht hingegen zu intensiver Abkühlung der unteren Luftschichten. Bei diesen Wetterlagen bilden sich durch unterschiedliche Exposition und Oberflächenart wärmere und kühlere Bereiche aus.

Nach Sonnenuntergang, im Laufe der Abkühlungsphase, stellen sich durch die Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung induzierte lokale Strömungserscheinungen ein (z.B. Neckartalabwind, Flurwinde), die bei Strahlungswetterlagen in meist gleicher Weise auftreten und die Intensität der Be- und Durchlüftung in der Bebauung wesentlich bestimmen.

Die Ergebnisse aus den vorliegenden Klimauntersuchungen dokumentieren, dass am Planungsstandort „Mathematikon“ tagsüber im Allgemeinen südöstliche bis südwestliche sowie nordwestliche Windrichtungen vorherrschen. Mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.6 m/s (Mittelwert: 1997 – 2006) weisen auf eine nur geringe bis mäßige Durchlüftung hin. Die Berliner Straße sowie die westlich angrenzenden Freiflächen/Parkierungsflächen fungieren dabei als bebauungsinterne Ventilationsflächen, über denen der Höhenwind bodennah durchgreifen kann und die mit verkehrsbedingten Luftschadstoffen belastete bodennahe Luft durchmischt bzw. ausräumt. Auch die thermische Belastung wird durch verstärkte Ventilationseffekte reduziert.

In den Nachtstunden treten im Planungsgebiet, am Übergang in die Rhein-Neckar-Ebene, Südwest- und Nordwestwinde zugunsten von Südostwinden deutlich zurück.

Wie Messungen in der Heidelberger Altstadt belegen, setzen zu ca. 63 % der Nachtstunden Winde aus östlichen Richtungssektoren ein, die im Wesentlichen auf den bis ca. 200 m mächtigen Neckartalabwind zurückzuführen sind. In sog. Strahlungsnächten beträgt die Auftretenshäufigkeit sogar 90%. Die Strömungsgeschwindigkeit liegt hier bei ca. 3.0 – 5.0 m/s.

Im Umfeld des Planungsgebietes, repräsentiert durch die Station *Geografisches Institut*, zeigt sich zu ca. 45 – 50% der Nachtstunden ebenfalls noch deutlich des Einfluss des Neckartalabwindes. Messungen auf dem Institut für Umweltphysik belegen dabei, dass die vertikale Mächtigkeit noch mehr als 30 m beträgt. In klimaökologisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten ist der Einfluss des Neckartalabwindes am Planungsstandort mit mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 1.7 und 2.3 m/s verbunden.

Im Rahmen der Stadtklimauntersuchung Heidelberg (1995) wurden am Übergang Universitätsgelände/Handschuhsheimer Feld (Gewann Saubad/Pfädelsäcker) vor allem in der zweiten Nachthälfte bodennah auch schwache nördliche bis nordwestliche Luftströmungen gemessen. Durch sie gelangt Kalt-/Frischlufte zusätzlich in das Universitätsgebiet sowie über die Berliner Straße hinweg nach Neuenheim (Bereich Langgewann) – vgl. GEOGR. INSTITUT, ÖKOPLANA 1995, S. 127). Durch die zwischenzeitlich fortentwickelte Bebauung entlang der Berliner Straße (Technologiepark) dürfte die flurwindartige Luftaustauschbeziehung¹¹ zwischen Handschuhsheimer Feld und Neuenheim jedoch nachhaltig geschwächt sein.

Mesoskalige Kaltluftsimulationen offenbaren, dass das Planungsgebiet und dessen direkt angrenzendes Umfeld eine nur mäßige bis geringe Kaltluftproduktionsrate aufweist ($< 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$). Die Ackerflächen und Wiesen im Bereich des Handschuhsheimer Feldes stellen bzgl. der Kaltluftproduktion hingegen Optimalflächen dar (Kaltluftproduktionsraten $> 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$).

Durch den fehlenden direkte Lagebezug zum Freiraumgefüge Handschuhsheimer Feld weist das Planungsgebiet und dessen Umfeld als Kaltlufttransportbahn somit nur eine mäßige Wertung auf.

¹¹ Flurwinde werden durch den Temperaturunterschied zwischen kühlem Freiland (= hoher Luftdruck) und warmer Bebauung (= niedriger Luftdruck) initiiert. Sie stellen somit thermische Ausgleichsströmungen dar. Da sie nur eine schwache Bewegungsenergie aufweisen, bilden bereits kleinere Strömungshindernisse in Form von Bebauung unüberwindbare Barrieren.

Anhand der Verteilung der Oberflächenstrahlungstemperatur und Lufttemperatur im Planungsgebiet und in dessen Umfeld werden die Auswirkungen lokaler Faktoren auf das Klima deutlich erkennbar.

Die Thermalbildaufnahmen von 1999 zeigen, dass das weitgehend versiegelte Planungsgebiet (Parkierungsfläche) sowie die Berliner Straße nach Sonnenuntergang als deutlich ausgeprägte Wärmeinsel hervortreten. Die Asphaltflächen heizen sich durch ihre dunkle Farbe in den Tagstunden stark auf. Nachts wird die gespeicherte Wärme dann wieder an die Luft abgegeben. Die Luftabkühlung bleibt dementsprechend reduziert. Die Bäume auf der bestehenden Parkierungsanlage sind insgesamt noch zu kleinkronig, um die Aufheizung am Tag effektiv großflächig zu minimieren. Auch der PH-Parkplatz zeichnet sich im Thermalbild als „Wärmeinsel“ ab.

Günstiger stellt sich die locker durchgrünte Wohnbebauung in Neuenheim dar. Dort überwiegt eine locker durchgrünte offene Blockrandbebauung. Entsprechend der differenzierten kleingliedrigen Flächennutzung (Straßen, Hauszufahrten, Gärten, Plätze) ist auch die Verteilung der Oberflächenstrahlungstemperatur unterschiedlich. Während im Bereich der begrünten Blockinnenbereiche Temperaturen von ca. 17 – 18°C gemessen werden, zeichnen sich die Straßenzüge als warme Bänder ab (Oberflächentemperatur > 20°C). Eine großflächig ausgeprägte „Wärmeinsel“ bildet sich daher nicht aus.

Der Universitätscampus westlich des Planungsgebietes zeichnet sich durch den Wechsel zwischen kleineren Rasenflächen, gehölzüberstellten Flächen (z.B. westlich des Geologischen Instituts), versiegelten Zugangswegen und großflächiger Überbauung aus. Vergleichbar mit der Situation im Wohngebiet Neuenheim ergeben sich daher bzgl. der Oberflächenstrahlungstemperaturen ebenfalls auffallende Differenzierungen. Kühle Rasenflächen wechseln sich mit hohen Oberflächentemperaturen versiegelter/überbauter Flächen ab.

Die Ergebnisse von Lufttemperaturmessfahrten und mesoskaligen Modellrechnungen dokumentieren, dass sich in sommerlichen Strahlungsächten insbesondere in der ersten Nachthälfte von der Weststadt über Bergheim bis an den Universitätscampus entlang der Berliner Straße eine ausgeprägte Wärmeinsel entwickelt. Gegenüber der locker durchgrünten Wohnbebauung von Neuenheim und dem Westrand des Universitätscampus stellen sich um ca. 1 – 2 K höhere Lufttemperaturen ein. Die thermische Ungunst der Hauptverkehrsachse Berliner Straße und der angrenzenden Parkierungsflächen werden offenbar.

Zusammenfassend ist die bioklimatische Qualität am Planungsstandort als weniger günstig einzustufen (**Abbildung 23**), was auf folgende Aspekte zurückzuführen ist:

- Die hochgradig versiegelten Flächen am Planungsstandort heizen sich an Sommertagen trotz der lockeren Baumüberstellung intensiv auf. Es entwickelt sich ein hohes thermisches Belastungspotenzial.
- Die nächtliche Überwärmung wird durch den Einfluss des Neckartalabwindes erst im Laufe der zweiten Nachthälfte vermehrt abgebaut. In der ersten Nachthälfte wird durch den Ostwind noch Warmluft aus der Altstadt/Neuenheim herantransportiert.
- Die benachbarte Berliner Straße bildet zwar eine bebauungsinterne Ventilationsbahn, die hohe Verkehrsbelastung mindert jedoch ihre Positivwirkung bzgl. der ortsspezifischen klimaökologischen Ausgleichsfunktion.
- Die klimatischen Positiveffekte (Kalt- und Frischluftzufuhr) über flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Handschuhsheimer Feld und dem Planungsgebiet bzw. Neuenheim sind durch die bereits fortgeschrittene Bebauung entlang der Berliner Straße (Technologiepark) reduziert.

Bei den geplanten baulichen Maßnahmen an der Berliner Straße („Mathematikon“) ist somit darauf zu achten, dass eine weitere Intensivierung des Wärmeineffektes im Planungsgebiet und in dessen Umfeld weitgehend vermieden wird. Zudem ist darauf zu achten, dass die Barrierewirkung der Bebauung bzgl. der bodennahen Be- und Durchlüftung eng begrenzt bleibt und im Bereich der Wohnbebauung Neuenheim nicht zu einem Anstieg der bioklimatischen Belastung führt.

7 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umfeld

Die Erkenntnisse aus der Klimaanalyse dokumentieren, dass sich das Planungsgebiet zwischen den Universitätszufahrten Im Neuenheimer Feld im Norden und Mönchhofstraße im Süden in einem bioklimatisch bereits vorbelasteten Bereich befindet.

Zur Vermeidung zusätzlicher strömungsdynamischer und thermischer Negativeffekte ist aus Sicht der Klimaökologie bei den geplanten Baumaßnahmen bedeutsam, dass zum einen weiterhin eine möglichst intensive Belüftung der benachbarten Bebauung (insbesondere im Wohngebiet Neuenheim) gewährleistet ist und zum anderen der von der Neubebauung ausgehende „Wärmeineffekt“ die derzeitige Intensität und räumlichen Ausdehnung nicht wesentlich überschreitet.

Im gegenwärtigen Zustand ergibt sich aus der Flächennutzung im Planungsgebiet kein wesentliches thermisch wirksames Gunstpotenzial. Zwar tragen die Straßenbäume entlang der Berliner Straße und auf den Parkierungsflächen durch ihren Schattenwurf zur Begrenzung der örtlichen thermischen Belastung bei, dem stehen jedoch hochgradig versiegelte Flächen mit großem Aufheizungspotenzial entgegen.

Dass das Wärmeempfinden des Menschen neben den Strahlungsflüssen und der Lufttemperatur wesentlich von der Windgeschwindigkeit abhängig ist, wird anhand der nachfolgenden **Tabelle 2** verdeutlicht.

Die Bewertungsgröße PET^{12} (Physiologisch Äquivalente Temperatur) berücksichtigt neben den Strahlungsflüssen und der Lufttemperatur auch die mittlere Windgeschwindigkeit und bildet somit ein realistisches Maß für das Wärmeempfinden des Menschen.

¹² Die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) ist für eine beliebige Stelle im Freien definiert als diejenige Lufttemperatur, bei der in einem Innenraum die Wärmebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist wie bei den Bedingungen im Freien (VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2).

Tabelle 2: *Beispielhafter Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und dem Wärmeempfinden des Menschen anhand der Physiologisch Äquivalenten Temperatur - PET.
Lufttemperatur 25 °C, mittlere Strahlungstemperatur 35°C*

Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)	PET (°C)
0.2	29.73
0.4	28.73
0.6	27.99
0.8	27.39
1.0	26.87
1.2	26.43
1.4	26.03
1.6	25.67
1.8	25.36
2.0	25.05
2.2	24.79
2.4	24.54
2.6	24.30
2.8	24.07
3.0	23.85

Messungen nach: ÖKOPLANA (1997)

Reduziert sich bei den angeführten klimatischen Verhältnissen die mittlere Windgeschwindigkeit um 1.0 m/s (von 2.0 auf 1.0 m/s), so empfindet man dies wie eine Steigerung der Lufttemperatur um ca. 1.8°C.

Nachfolgend wird mit Hilfe mikroskaliger Modellrechnungen zu strömungsmechanischen und thermischen Aspekten der Ist- und Plan-Zustand analysiert, um hieraus eine klimaökologische Bewertung der Planung ableiten zu können. Bei der Betrachtung findet auch das geplante Campushotel nördlich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld Beachtung.

7.1 Modellrechnungen zu strömungsdynamischen Aspekten der Planung

Die Modellrechnungen zu den strömungsdynamischen Effekten der Bebauung erfolgen mit der aktuellen Version 6.0 des mikroskaligen, prognostischen Rechenmodells MISKAM.

Das betrachtete Modellgebiet umfasst eine Ausdehnung von 500 m in West-Ost-Richtung und 700 m in Süd-Nord-Richtung. Die Modellhöhe beträgt 70 m. Die räumliche Auflösung in x-y-Richtung liegt äquidistant bei 2 m. In z-Richtung ist der Gitterabstand nicht-äquidistant und steigt von 1 m bis zur Modelloberkante auf 6 m an.

Neben dem Planungsfall (**Abbildung 25**) wird vergleichend der Ist-Zustand (**Abbildung 24**) geprüft und bewertet.

Die Modellrechnungen zur Bestimmung der bodennahen Durchlüftung/Belüftung werden für fünf klimatisch besonders relevante Strömungsrichtungen durchgeführt (120°, 180°, 240°, 270° und 300°).

Zur besseren Vergleichbarkeit wird jeweils eine Strömungsgeschwindigkeit von 2.0 m/s in 10 m Höhe über Grund angenommen.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Horizontalschnitten (2 bzw. 8 m ü.G.). Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 1 m mächtige Luftschicht (Höhe ± 0.5 m) wieder. Windvektoren geben Aufschluss über die kleinräumigen Richtungsänderungen.

Zur Verdeutlichung der Strömungsmodifikationen durch einen potenziellen Plan-Zustand erfolgt eine Differenzendarstellung zwischen Ist- und Plan-Zustand.

Höhere Vegetation (z.B. Straßenbäume) wird bei den Windfeldberechnungen nicht berücksichtigt, um allein die gebäudebedingten Strömungseffekte bewerten zu können. Vegetationsstrukturen können im Gegensatz zu Gebäudekörpern bei Bedarf relativ problemlos modifiziert werden.

7.1.1 Luftströmungen aus ost-südöstlichen Richtungen

Als konstante Randbedingung zur Bewertung der ortsspezifischen Durchlüftung/Belüftung wird zunächst eine Luftströmung aus ost-südöstlicher Richtung (120°) mit einer Windgeschwindigkeit von 2.0 m/s (10 m ü. G.) gewählt. Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung an der zum Planungsgebiet nächstgelegenen und frei exponierten Dachstation *Physikalisches Institut* (**Abbildung 11**) dokumentiert, dass im Planungsgebiet und in dessen Umfeld an ca. 16% der Jahresstunden mit Winden aus ost-südöstlichen Richtungen zu rechnen ist. Die Situation ergibt sich insbesondere bei vorherrschenden Neckartalabwind. Das Planungsgebiet befindet sich dann im Lee der Bebauung Neuenheims.

Ist-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 26.1 – 26.3:

Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Lee-Effekte der Bebauung, die abhängig von ihrer Höhe, Dichte und Stellung zu einer mehr oder weniger großflächigen Windgeschwindigkeitsminderung führen. Bei mittleren Anströmgeschwindigkeiten von 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. zeigen sich vor allem die großflächigen Parkieranlagen sowie der Hubschrauberlandeplatz südlich der Universitätszufahrt Mönchhofstraße intensiv belüftet. Über den Freiflächen kann der Wind bodennah durchgreifen, so dass in 2 m ü.G. mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1.2 und über 1.6 m/s berechnet werden.

Im Planungsgebiet ist die Belüftung durch die intensiveren Lee-Effekte der Straßenrandbebauung östlich der Berliner Straße etwas abgeschwächt. Bereiche mit sehr niedrigen mittleren Windgeschwindigkeiten (< 0.5 m/s) wechseln jedoch insbesondere im Norden und Süden mit Teilgebieten ab, die noch vergleichsweise hohe Windgeschwindigkeiten (> 0.8 m/s) aufweisen. Hierdurch wird die Ausbildung von keinen großflächigen Stagnationsflächen unterbunden. Bioklimatische und lufthygienische Belastungen bleiben dadurch begrenzt.

Im Bereich der Wohnbebauung Neuenheims ist eine kleinräumiger Wechsel der bodennahen Windgeschwindigkeiten zu verzeichnen. Intensivere Ventilation mit mittleren Windgeschwindigkeiten über 1.0 m/s im Bereich von Plätzen (Rufinusplatz) und weitgehend strömungsparallelen Straßenzügen (Mönchhofstraße, Seitzstraße) stehen deutliche Windabschwächungen in den Blockinnenbereichen gegenüber. Dort wird die bioklimatische Belastung durch die lockere Durchgrünung jedoch abgeschwächt.

Bereits in der Höhenschicht 8 m ü.G. sind im Untersuchungsgebiet Stagnationsbereiche mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s nur noch kleinräumig zu verzeichnen. Dies deutet auf insgesamt noch recht günstige Belüftungsverhältnisse hin.

Plan-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 27.1 – 27.3:

Die prognostischen Strömungssimulationen für den Plan-Zustand dokumentieren die Veränderung des bodennahen Windfeldes bei vorherrschenden Neckartalabwind durch die geplante Modifikation der Flächennutzungsstruktur zwischen den Universitätszufahrten Im Neuenheimer Feld und Mönchhofstraße.

Wie vor allem die Darstellung der Windvektoren verdeutlicht (**Abbildung 27.2**), treten Staueffekte an den Gebäudekomplexen des Mathematikons, gekennzeichnet durch extreme Wirbelbildung und rückläufige Windbewegungen, nur kleinflächig auf. Im Bereich der westlichen Fahrspuren der Berliner Straße nimmt die Windgeschwindigkeit entlang des Mathematikons/Campushotels zwischen 0 und 10 m ü.G. um ca. 20% ab (**Abbildungen 28.1, 28.2**). Deutlichere Windabschwächungen werden durch die gewählten Gebäudeabstandsflächen unterbunden.

Auf der Ostseite der Berliner Straße sind die aus der Bebauung resultierenden Strömungsmodifikationen vernachlässigbar gering. Die Be- und Durchlüftung der Wohnbebauung im Stadtteil Neuenheim erfährt somit keine nennenswerten Modifikationen.

Im Lee (Westen) des Mathematikons ergeben sich allein im Bereich der Freiflächen universitärer Einrichtungen (Linie Mineralogisches Institut im Norden – Institut für Umweltphysik im Süden) bodennahe Windabschwächungen. Empfindlichen Nutzungen (z.B. Wohnbereiche) sind somit nicht betroffen. Die z.T. baumüberstandenen Grünflächen im Umfeld der Chemie-Hörsäle unterbinden zudem die Ausbildung von Wärmestaus, da sich in heißen Tagen zwischen den beschatteten und besonnten Flächen Mikrozirkulationen ausbilden.

Auffallend abgeschwächt wird das Ventilationsgeschehen im Bereich der Studierendenwohnanlage nördlich des Straßenzugs Im Neuenheimer Feld. Durch den Gebäuderiegel des angedachten Campushotels (ein abschließend konkretisierter Planungsentwurf wurde noch nicht vorgelegt) stellen sich in Bodennähe 0 – 10 m ü.G. großflächig extrem geringe Windgeschwindigkeiten ein, die in warmen Sommernächten bei vorherrschendem Neckartalabwind (Ostsüdostwind) die bioklimatische Belastung ansteigen lässt. Im Zuge des weiteren Planungsverfahrens sind bei der Ausformung des Gebäudes die Barrierewirkungen möglichst gering zu halten.

7.1.2 Luftströmungen aus südlichen Richtungen

Luftströmungen aus südlichen Richtungen werden an der im Planungsumfeld an ca. 12.5% der Jahresstunden registriert (**Abbildung 11**). Derartige Strömungsrichtungen treten mit vergleichbarer Häufigkeit sowohl am Tag als auch in der Nacht auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt dabei zumeist (50%) zwischen 1.0 und 2.0 m/s (LUBW-Luftmessstation Berliner Straße).

Ist-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 29.1 – 29.3:

Die **Abbildungen 29.1 – 29.2** zeigen das berechnete Windfeld des Ist-Zustandes in den Strömungsschichten 2 m ü.G. und 8 m ü.G. Wiederum sind die Lee- und Luv-Effekte von Gebäudekörpern deutlich erkennbar. Die Luft wird bei südlicher Anströmung an den Hindernissen (Gebäude) nach oben abgedrängt bzw. umströmt die Baukörper, während sich vor den Hindernissen turbulente Zonen (Stauwirbel) ausbilden.

Die Berliner Straße bildet zusammen mit den westlich angrenzenden Parkplätzen bei Winden aus südlicher Richtung eine bebauungsinterne Ventilationsbahn. Durch den recht breiten Freiraumquerschnitt (auf Höhe des Planungsgebietes ca. 120 m in O-W-Richtung) wird vor allem eine unzulässige Anreicherung von Kfz-Immissionen unterbunden. Wie den Daten der LUBW-Luftmessstation in Nachbarschaft zur Kreuzung Berliner Straße/Im Neuenheimer Feld zu entnehmen ist, wurden trotz hohem Verkehrsaufkommen (ca. 25.000 Kfz/24 Std.) die aktuellen Jahresmittelgrenzwerte von jeweils $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 und PM_{10} in den letzten zehn Jahren nur zu max. 80% bzw. 65% erreicht. 2010 lag der NO_2 -Jahresmittelwert mit $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ca. 30% unter dem Grenzwert der 39. BImSchV. Für das PM_{10} -Jahresmittel wurde 2010 ein Wert von $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt \rightarrow 55% des Grenzwertes.

Im Bereich des Universitätsgeländes und im Wohngebiet Neuenheim bilden die N-S-orientierten Straßenzüge, Erschließungswege und Gebäudeabstandsflächen effektive Freiräume, um die Ausbildung großflächiger Luftstagnationsräume zu unterbinden.

Plan-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 30.1 – 30.3:

Durch den Bau des Mathematikons und des potenziellen Campushotels wird der freie Strömungsquerschnitt entlang der Berliner Straße deutlich eingeengt. Durch den engeren Querschnitt kommt es gegenüber dem Ist-Zustand entlang der Berliner Straße zwar stellenweise zu leichten Beschleunigungseffekten (siehe **Abbildungen 31.1** und **31.2**), insgesamt nimmt die Durchlüftungsintensität in Richtung Norden im bodennahen Luftraum (0 – 10 m ü.G.) aber um ca. 20% (auf Höhe des Straßenzugs Im Neuenheimer Feld) ab.

Betroffen von der Windabschwächung ist vor allem das potenzielle Campushotel bzw. die bestehende Studierendenwohnanlage nördlich des Mathematikons.

Entlang der Berliner Straße ist somit bei häufig vorherrschenden Winden aus südlichen Richtungen mit keinen zusätzlichen Schadstoffakkumulationen zu rechnen. Die bioklimatische Belastung im Umfeld der Studierendenwohnanlage wird jedoch leicht ansteigen.

Die Wohnbebauung von Neuenheim ist bei vorherrschenden Südwinden von keinen gravierenden strömungsdynamischen Zusatzbelastungen betroffen (siehe **Abbildungen 31.1** und **31.2**).

7.1.3 Luftströmungen aus westsüdwestlichen Richtungen

Bei westsüdwestlichen Winden befinden sich Teile der Bebauung von Neuenheim im Lee des geplanten Mathematikons. Es ist zu analysieren, ob durch die entstehende Strömungsbarriere die Belüftung im Bereich der Wohnbebauung in gravierendem Umfang abnimmt. Umfassen zusätzlich generierte windschwache Zonen (< 0.5 m/s) eine Flächengröße von mehr als 1 ha, so sind lokal nachhaltige klimatische Negativeffekte zu erwarten (vermehrte Schwüle, über versiegelten Flächen erhöhte thermische Belastung, u.U. erhöhte Luftschadstoffbelastung).

Wie den vorliegenden Windstatistiken zu entnehmen ist, kann Planungsstandort an ca. 7% der Jahresstunden mit Westsüdwestwinden gerechnet werden.

Ist-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 32.1 – 32.3:

Bei Winden aus westsüdwestlichen Richtungen ermöglicht die Berliner Straße zusammen mit den parallel angeordneten Parkierungsflächen eine breitflächige bodennahe Belüftung. Über der ca. 125 m breiten Freifläche kann der Höhenwind auch bei Queranströmung bodennah durchgreifen und die mit negativen thermischen und lufthygienischen Eigenschaften belasteten Luftmassen ausräumen.

Mittlere Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s, die Stagnationsbereiche kennzeichnen, bleiben auf die unmittelbaren Lee-Lagen von Gebäuden beschränkt (2 und 8 m ü.G.). Sowohl im Bereich des Universitätscampus westlich des Planungsgebietes als auch im Wohngebiet Neuenheim östlich der Berliner Straße ermöglicht die vorhandene Bebauungsstruktur eine ausreichende Be- bzw. Durchlüftung.

Die Darstellung der Windvektoren verdeutlicht, dass die Baukörper und offenen Baublockstrukturen eine allseitige Umströmung erlauben, so dass zusammenhängende Stagnationsbereiche mit einer Flächengröße von über 1 ha auch im Bereich der bodennächsten Luftschichten (2 m ü.G.) nicht auftreten.

Plan-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 33.1 – 33.3:

Die strömungsdynamischen Folgeerscheinungen des Mathematikons sind durch die gewählte Bebauungsstruktur mit zwei Durchlässen in West-Ost-Richtung räumlich eng begrenzt. Bei vorherrschenden Westsüdwest-Winden stehen kleinräumigen Windabschwächungen in unmittelbarer Leelage des Mathematikons Beschleunigungseffekte an den windzugewandten Gebäudekanten gegenüber, so dass im Mittel entlang der Berliner Straße keine auffallende Windabschwächung zu verzeichnen ist (vgl. **Abbildungen 34.1, 34.2**). Zusätzliche Wärmestaus bzw. Luftschadstoffakkumulationen sind daher nicht zu erwarten.

In Neuenheim resultieren aus den prognostizierten Windgeschwindigkeitsreduzierungen keine neuen Stagnationsbereiche, so dass die strömungsdynamischen Folgeerscheinungen der Planung aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren sind.

7.1.4 Luftströmungen aus westlichen Richtungen

Luftströmungen aus westlichen Richtungen (270°) bei denen das Mathematikon frontal angeströmt wird treten im Planungsumfeld zu ca. 5% der Jahresstunden auf. Sie bestimmen vor allem am Tag das ortsspezifische Strömungsgeschehen.

Ist-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 35.1 – 35.3:

Die **Abbildungen 35.1 – 35.3** zeigen das Windfeld des Ist-Zustandes in 2 m ü.G. bzw. 8 m ü.G. bei Anströmungen aus 270°.

Höchste Windgeschwindigkeiten (über 1.2 m/s) werden westlich der Berliner Straße in strömungsparallelen Straßenzügen (Mönchhofstraße, Im Neuenheimer Feld) simuliert, was ihre klimatische Bedeutung als Strömungsleitbahnen unterstreicht.

Im Bereich der Parkierungsflächen des Planungsgebietes ist die mittlere Windgeschwindigkeit durch die Lee-Effekte der Universitätsinstitute (Umwelphysik, Biologie, Geologie) reduziert. Die vorhandenen Gebäudeabstandsflächen unterbinden jedoch wirksam die Ausbildung großflächiger Windstagnationsinseln.

Auch die Bebauung von Neuenheim zeigt sich bei Westwinden recht gut belüftet. Zwar werden in Teilbereichen extrem geringe Windgeschwindigkeiten simuliert (z.B. östlich der Humboldtstraße), sie wechseln jedoch kleinräumig mit gut belüfteten Gebieten ab. Die Ausbildung großflächiger Wärmestaus mit hoher bioklimatischer Belastung ist jedoch nicht zu verzeichnen.

Plan-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 36.1 – 36.3:

Bei Westwinden führt der geplante Bau des Mathematikons im untersuchten Umfeld zu keinen wesentlichen strömungsdynamischen Negativeffekten. Windabschwächungen in direkten Lee-Lagen der Neubebauung stehen Windbeschleunigungen an den Gebäudekanten entgegen.

Sowohl in Neuenheim als auch entlang der Berliner Straße wird das örtliche Windfeld durch die Planung nicht nachhaltig gestört. Dies wird durch die Differenzendarstellung (Plan-Zustand – Ist-Zustand) verdeutlicht – **Abbildungen 37.1, 37.2**. Zwar kommt es im Lee des Mathematikons bis zu einem Abstand von ca. 150 m (→ 5- bis 6-fache Gebäudehöhe) zu Windfeldmodifikationen, die zusätzliche Ausbildung großflächiger Schwachwindzonen (> 1 ha) ist jedoch nicht zu erwarten. Das Straßennetz und die Bebauungsstruktur in Neuenheim ermöglichen weiterhin recht günstige Belüftungsverhältnisse.

Auch östlich des Campushotels bewirken die resultierenden Lee-Effekte in der Wohnbebauung Neuenheim nur kleinräumige Windabschwächungen.

7.1.5 Luftströmungen aus westnordwestlichen Richtungen

Winde aus westnordwestlichen Richtungen treten im Planungsgebiet und in dessen Umfeld im mehrjährigen Mittel zu ca. 10 - 15% der Jahresstunden auf. Dabei dominieren mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 2.0 und 3.0 m/s.

Ist-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 38.1 – 38.3:

Die Modellrechnungen für den Ist-Zustand **Abbildungen 38.1** und **38.2** zeigen, dass bei Westnordwestwinden die Lee-Effekte der bestehenden Universitätsgebäude westlich des Planungsgebietes (Umweltphysik, Biologie, Geologie) fingerförmig bis an die Berliner Straße reichen. Die Wirbelbildung mit rückläufigen Strömungen und mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s bleibt jedoch auf die dazwischen liegenden Parkierungsflächen begrenzt (siehe **Abbildung 38.3**).

In Neuenheim östlich der Berliner Straße bilden wiederum West-Ost-orientierte Straßenzüge und Gebäudeabstandsflächen die wesentlichen bebauungsinternen Ventilationsachsen.

Auffallend sind großflächig windschwache Bereiche zwischen Mönchhofstraße und Im Gabelacker sowie östlich der Humboldtstraße. Hier macht sich die Barrierewirkung der unmittelbar westlich angrenzenden Bebauung (u.a. Gebäuderiegel des Bunsen-Gymnasiums) negativ bemerkbar.

Plan-Zustand (2 m ü.G., 8 m ü.G.) – Abbildungen 39.1 – 39.3:

Durch den potenziellen Bau des Mathematikons und des Campushotels kommt es bei vorherrschenden Winden aus westnordwestlichen Richtungen insbesondere entlang der Berliner Straße zu Windgeschwindigkeitsreduzierungen, die den bodennahen Luftaustausch minimieren. Nur auf Höhe der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld und nördlich des angedachten Campushotels kommt es durch Düseneffekte zwischen Gebäudekörpern zu lokalen Windbeschleunigungen.

In warmen Nächten ohne Einfluss des Neckartalabwindes (Nichtstrahlungstag) ist somit entlang der Berliner Straße mit einem leichten Anstieg der bioklimatischen Belastung zu rechnen.

Im Bereich der Wohnbebauung Neuenheim bleiben die aus der Planung resultierenden Windfeldmodifikationen räumlich eng begrenzt. Östlich der Linie Gundolfstraße – Humboldtstraße bleibt die derzeitige Qualität der bodennahen Belüftung erhalten.

7.1.6 Kurzzusammenfassung

Die durchgeführten prognostischen Strömungssimulationen für den Ist- und Plan-Zustand dokumentieren die Veränderung des bodennahen Windfeldes durch den geplanten Bau des Mathematikons und durch das angedachten Campushotel nördlich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld.

Bei tagsüber meist vorherrschenden Winden aus westlichen Richtungssektoren bleiben die aus der Planung resultierenden Windfeldmodifikationen weitgehend auf die Berliner Straße beschränkt. Weiterreichende Effekte im Lee des Mathematikons werden durch die gewählte Bebauungsstruktur mit zwei Durchlässen in West-Ost-Richtung unterbunden. Die zusätzliche Ausbildung großflächiger Schwachwindzonen (> 1 ha) ist im Bereich der Wohnbebauung östlich der Berliner Straße nicht zu erwarten. Das Straßennetz und die Bebauungsstruktur in Neuenheim ermöglichen weiterhin recht günstige Belüftungsverhältnisse.

In den Nachtstunden bestimmt während klimaökologisch besonders relevanter Strahlungswetterlagen zumeist der südöstliche Neckartalabwind das ortsspezifische Luftaustauschgeschehen. Bei derartigen Situationen treten zusätzliche Staueffekte an den Gebäudekomplexen des Mathematikons, gekennzeichnet durch extreme Wirbelbildung und rückläufige Windbewegungen, nur kleinflächig auf. Im Bereich der westlichen Fahrspuren der Berliner Straße nimmt die Windgeschwindigkeit entlang des Mathematikons/Campushotel zwischen 0 und 10 m ü.G. um ca. 20% ab. Deutlichere Windabschwächungen werden durch die gewählten Gebäudeabstandsflächen unterbunden. Auf der Ostseite der Berliner Straße sind die aus der Bebauung resultierenden Strömungsmodifikationen vernachlässigbar gering. Die Be- und Durchlüftung der Wohnbebauung im Stadtteil Neuenheim erfährt somit keine nennenswerten Modifikationen.

Im Lee (Westen) des Mathematikons ergeben sich allein im Bereich der Freiflächen universitärer Einrichtungen (Linie Mineralogisches Institut im Norden – Institut für Umweltphysik im Süden) bodennahe Windabschwächungen. Empfindlichen Nutzungen (z.B. Wohnbereiche) sind somit nicht betroffen.

Auffallend abgeschwächt wird das Ventilationsgeschehen im Bereich der Studierendenwohnanlage nördlich des Straßenzugs im Neuenheimer Feld. Durch den Gebäuderiegel des angedachten Campushotels (ein abschließend konkretisierter Planungsentwurf wurde noch nicht vorgelegt) stellen sich in Bodennähe 0 – 10 m ü.G. großflächig extrem geringe Windgeschwindigkeiten ein, die in warmen Sommernächten bei vorherrschendem Neckartalabwind (Ostsüdostwind) die bioklimatische Belastung ansteigen lassen. Im Zuge des weiteren Planungsverfahrens sind bei der Ausformung des Gebäudes die Barrierewirkungen möglichst gering zu halten.

7.2 Modellrechnungen - Thermische Situation

Die Auswertung der Lufttemperaturmessfahrten belegt, dass sich das Planungsgebiet am Rande eines thermischen Belastungsbereichs von Heidelberg befindet. Der hohe Anteil versiegelter Bereiche (Berliner Straße, Parkplatzareale) sowie der fehlende direkte Bezug zu klimaökologischen Ausgleichsflächen (= vegetationsbedeckte Freiräume) führt in der Nacht zu einer abgeschwächten Abkühlung. So konnten bei Temperaturmessfahrten im Mai 1989 zwischen der Altstadt und dem Planungsgebiet gegen 22:00 Uhr Temperaturunterschiede bis über 2.0 K (→ Planungsgebiet auffallend wärmer) registriert werden, was aus Sicht der Humanbioklimatologie durchaus bemerkenswert ist.

Zur Bewertung der geplanten Baumaßnahmen an der Berliner Straße zwischen den Universitätszufahrten Mönchhofstraße und Im Neuenheimer Feld werden nachfolgend ausgewählte Situationen diskutiert, um daraus den Grad der potenziellen thermischen Veränderung 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 auf die potenzielle Lufttemperatur (1.5 m ü.G.) für die besonders relevanten Nachtstunden (22:00 Uhr) bestimmt. Am Tag sind die Temperaturunterschiede im Stadtgebiet in der Regel geringer, da die labile Luftschichtung einen intensiveren horizontalen und vertikalen Luftaustausch ermöglicht.

Im Sinne eines Worst-Case-Szenarios für die Bebauung von Neuenheim werden Situationen mit Westsüdwestwind und Westwind simuliert. Die Wohnbebauung befindet sich dann in unmittelbarer Lee-Lage zum Mathematikon.

Für versiegelte Flächen werden schwarz asphaltierte Oberflächen angenommen. Die Gebäudewände des Mathematikons zeigen das Wärmeemissionsverhalten einer dunkelgrauen Betonfassade. Dachbegrünungen finden keine Berücksichtigung.

Bei vorherrschenden **Winden aus Westsüdwesten** stellen sich im **Ist-Zustand - Abbildung 41** zwischen kühlestem und wärmstem Bereichen Lufttemperaturunterschiede bis ca. 4.0 K ein. Niedrigste Lufttemperaturen ($< 16.5 \text{ }^\circ\text{C}$) ergeben sich westlich der Berliner Straße über den vegetationsbedeckten Flächen im Umfeld des Hubschrauberlandeplatzes sowie im Bereich der Brachflächen zwischen Max-Planck-Institut und Technologiepark. Östlich der Berliner Straße heben sich begrünte Blockinnenbereiche (z.B. zwischen Mönchhofstraße und Seitzstraße) sowie der „Schulpark“ des Bunsen-Gymnasiums als „Kälteinseln“ von ihrer Umgebung ab.

Auffallend warm stellen sich die Berliner Straße auf Höhe des geplanten Mathematikons sowie die asphaltierten Parkierungsflächen westlich der Berliner Straße dar. Hier werden großflächig Lufttemperaturen von über $19.0 \text{ }^\circ\text{C}$ bestimmt.

Im **Plan-Zustand (Abbildung 42)** stellen sich gegenüber dem Ist-Zustand keine grundlegende Veränderungen bezüglich der thermischen Umgebungsbedingungen ein. In der Berliner Straße ist durch die Verengung des unbebauten Querschnitts auf Höhe des Mathematikons und des Campushotels ein leichter Lufttemperaturanstieg von ca. 0.5 – 1.5 K zu bestimmen, der im Wesentlichen auf die reduzierte Windgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Östlich der Berliner Straße (Wohngebiet Neuenheim) bleiben die Veränderungen bzgl. der Lufttemperaturverteilung sehr gering. Nur stellenweise ist westlich der Gundolfstraße und des Langgewanns mit einem ca. 0.5 K höheren Lufttemperaturniveau zu rechnen. Die Kleinräumigkeit der thermischen Zusatzbelastung lässt nicht erwarten, dass die bioklimatische Gesamtqualität in Neuenheim nachhaltig negativ belastet wird.

Die Modellrechnungen für **westliche Anströmungen (Abbildungen 43 und 44)** zeigen vergleichbare Ergebnisse. Auch bei frontaler Anströmung auf das Mathematikon/Campushotel bleiben die thermischen Zusatzbelastungen gering und im Wesentlichen auf die Berliner Straße begrenzt.

Auf Höhe der Gundolfstraße/Langgewann ergeben sich im Plan-Zustand nur in Teilbereichen um ca. 0.5 K höhere Lufttemperaturen. Diese können bei Beachtung klimaökologisch wirksamer Ausgleichsmaßnahmen (s. Kap. 9) noch gesenkt werden.

Insgesamt ist im Wohngebiet Neuenheim östlich der Berliner Straße mit keiner grundlegenden Änderung der thermischen Umgebungsbedingungen zu rechnen. Die thermischen Zusatzbelastungen durch die geplanten Neubaumaßnahmen (Mathematikon) übertreffen nur in geringem Maße die Belastung durch die locker gehölzüberstellten Parkierungsflächen.

8 Abschätzung der lufthygienischen Verhältnisse entlang der Berliner Straße

Die Wohnqualität in Neuenheim ist in unmittelbarer Nachbarschaft zur Hauptverkehrsachse Berliner Straße eng mit den lufthygienischen Umgebungsbedingungen verknüpft.

Mit der geplanten baulichen Verdichtung entlang der Berliner Straße geht auch eine Änderung des örtlichen Kfz-Aufkommens und somit der lufthygienischen Verhältnisse einher. Daher werden nachfolgend die Auswirkungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen überschlägig geprüft und bewertet.

8.1 Grundlagen

8.1.1 Verkehrsbedingte Luftschadstoffe und Bewertungsmaßstäbe

Zu den typischen kraftfahrzeugbedingten Schadstoffkomponenten zählen besonders Stickstoffoxide (NO, NO₂) als Vorläufersubstanzen von Ozon und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}).

Eine bedeutende Gruppe der Kfz-Schadstoffe stellen die Stickstoffoxide dar. Sie entstehen im Wesentlichen durch Oxidation des Luftstickstoffs bei hohen Verbrennungstemperaturen und zum geringen Teil durch im Treibstoff vorhandene Stickstoffverbindungen. Stickstoffoxide entstehen bevorzugt bei höherer thermischer Belastung, d.h. beim Beschleunigen und bei schneller Fahrweise.

Von den Motoren wird fast ausschließlich Stickstoffmonoxid ausgestoßen, woraus sich **Stickstoffdioxid (NO₂)** als Folgeprodukt durch Umwandlung mit Sauerstoff und Ozon bildet. Die Umwandlungsrate ist u.a. von den Wetterbedingungen und der Verweilzeit der Gase in der Atmosphäre abhängig.

Da mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn die Verweildauer und somit die Umwandlungsrate von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid zunimmt, verringert sich die Konzentration von NO₂ nicht in dem Maße, wie es auf Grund des Verdünnungsvorganges im Luftraum zu erwarten wäre. Insgesamt ist die NO–NO₂-Umwandlung ein sehr komplexer Vorgang.

Neben direkten Wirkungen im näheren Fahrbahnbereich haben Stickstoffoxide die Eigenschaft, mit Kohlenwasserstoffen bei starker Sonneneinstrahlung fotochemische Umwandlungen einzugehen.

Bei diesem Prozess entstehen großräumig Ozon, freie Radikale, Aldehyde oder andere Kohlenwasserstoffe, die als fotochemischer Smog (Los Angeles Smog) bekannt geworden sind.

Klinische Kurzzeitstudien haben ergeben, dass Stickstoffdioxidkonzentrationen, die üblicherweise in der Außenluft gemessen werden, keine bzw. nur minimale Auswirkungen auf die Lunge oder andere Systeme haben. Allerdings kann Stickstoffdioxid in der Atemluft bei Allergikern die Effekte der Allergie auslösenden Substanzen verstärken. Deutlich höhere als üblicherweise vorhandene Konzentrationen lösen leichte entzündliche Reaktionen der Atemwege aus und zeigen Auswirkungen auf die Bronchien. Betroffen sind besonders Kinder und Jugendliche. Daneben wird mit steigenden NO_2 -Werten eine Zunahme von Herz- und Kreislaufbeschwerden beobachtet.

Da Stickstoffdioxid sich in belasteten Bereichen immer in einem Luftschadstoffgemisch befindet, ist die Wirkung zwar nicht direkt auf diese Verbindung allein zurückzuführen, Stickstoffdioxid kann aber als mess- und beurteilbare Schlüsselkomponente angesehen werden (vgl. STAATLICHES UMWELTAMT ITZEHOE 2006).

Eine weitere Schadstoffgruppe stellen die partikelförmigen Emissionen (**PM10**, **PM2.5**) dar.

Bei der Untersuchung des Verkehrsanteils an den PM10-/PM2.5-Feinstaubimmissionen hat sich gezeigt, dass neben den Auspuffemissionen auch die Partikelfreisetzung in Folge der fahrzeuginduzierten Aufwirbelung eine wesentliche Rolle einnimmt. Die aufgewirbelten Partikel resultieren aus akkumuliertem Straßenstaub, der sich im Wesentlichen aus Abrieben (Reifen-, Bremsen-, Kupplungs-, Karosserie- und Straßenbelagsabrieb), aus Einträgen von straßennahen Bereichen (Bäume, Fußwege, Grünanlagen etc.) sowie saisonal auch durch Streueinträge des Winterdienstes zusammensetzt (UMEG 2004).

Partikelbestandteile sind u.a. deshalb zu betrachten, weil es offenbar keine genaue Konzentrationsschwelle gibt, unter der sie als harmlos einzustufen sind. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass lungengängige Feinstaubpartikel (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner $10 \mu\text{m}$) gesundheitsgefährdend sind und zu Erkrankungen der Atemwege führen können. Dabei hängen die Auswirkungen von der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Merkmalen der Partikel ab.

Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte werden in der 39. BImSchV¹³ (2010) – **Tabelle 3** – definiert. Die Grenzwerte dienen gemäß EU-Richtlinie und nationalem Recht dem Schutz der menschlichen Gesundheit.

Nach geltendem Recht sind durch die Grenzwerte alle Personen geschützt, die sich nicht nur vorübergehend innerhalb des Mittelungszeitraums des Grenzwertes im Einwirkungsbereich der Emissionsquelle aufhalten (Regierungspräsidium Karlsruhe 2006, S. 25).

Die Grenzwerte müssen auch in unmittelbarer Straßennähe sehr kleinräumig eingehalten werden, wenn in den anliegenden Häusern Menschen wohnen oder arbeiten. Dabei gelten nach Informationen des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (www.um.baden-wuerttemberg.de) Überschreitungen auf einer Fläche von mindestens 200 m² bereits als Grenzwertverletzung.

Tabelle 3: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Luftschadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m ³	
		Jahresmittel	Kurzzeitwert
NO ₂	Grenzwert	40	200 (Stundenwert, max. 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert	40	50 (Tagesmittel, max. 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Zielwert ab 2010	25	
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	

¹³ Am 06.08.2010 trat die 39. BImSchV in Kraft. Die 39. BImSchV beinhaltet die bisherige 22. und die 33. BImSchV, die damit außer Kraft getreten sind. Erstmals werden Luftqualitätswerte für die besonders gesundheitsschädlichen Feinstäube – Durchmesser <2.5 µg/m³ (PM2.5) – festgesetzt. Die 39. BImSchV dient zur Umsetzung der EU-Richtlinie 2008/50/EG vom 21.05.2008

Die Bewertung der Immissionsbelastung orientiert sich nachfolgend an der Einstufung von Schadstoffimmissionen durch die LUBW Baden-Württemberg (vgl. **Tabelle 4**).

Tabelle 4: Bewertung von Immissionen nach LUBW Baden-Württemberg (1993)

Immissionen in % der jeweiligen Grenzwerte	Bewertung
bis 10%	sehr niedrige Konzentration
> 10% bis 25%	niedrige Konzentration
> 25% bis 50%	mittlere Konzentration
> 50% bis 75%	leicht erhöhte Konzentration
> 75% bis 90%	erhöhte Konzentration
> 90% bis 100%	hohe Konzentration
> 100% bis 110%	geringfügige Überschreitungen
> 110% bis 150%	deutliche Überschreitungen
> 150%	hohe Überschreitungen

8.1.2 Grundbelastung durch Luftschadstoffe

Die Immission eines Luftschadstoffes im Nahbereich von Verkehrswegen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Vorbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Vorbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen.

Aktuelle Informationen über die Luftschadstoffbelastungen in Heidelberg liegen durch das Luftmessnetz der LUBW vor. Der Messstandort Berliner Straße befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft zum Planungsgebiet (siehe www.lubw.baden-wuerttemberg.de).

In **Tabelle 5** sind für NO₂ die Jahresmittelwerte der letzten Jahre an der LUBW-Messstation in Heidelberg zusammengestellt.

Tabelle 5: NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ und Überschreitungshäufigkeiten von Kurzzeitgrenzwerten (in Klammer) an der Luftmessstation Berliner Straße 2006 – 2011.
Aus: www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Station	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Berliner Straße	30 (0)	32 (0)	28 (0)	28 (5)	28 (0)	25 (0)

An der Station *Berliner Straße* werden in den letzten Jahren (2006 – 2011) keine Grenzwertüberschreitungen gemessen. Die NO₂-Jahresmittelwerte erreichen ca. 70 – 80% des Grenzwertes von 40.0 µg/m³. Ein prägnanter Belastungsrückgang durch die Einführung der Umweltzone Heidelberg (die Berliner Straße und das Neuenheimer Feld befinden sich nicht in der Umweltzone) ist in den letzten Jahren nicht zu verzeichnen.

In **Tabelle 6** sind für PM₁₀ die Jahresmittelwerte an der LUBW-Messstation zusammengestellt.

Tabelle 6: PM₁₀-Jahresmittelwerte in µg/m³ und Überschreitungshäufigkeiten von Kurzzeitgrenzwerten (in Klammer) an der Luftmessstation Berliner Straße 2006 – 2011.
Aus: www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Station	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Berliner Straße	26 (21)	22 (13)	19 (6)	22 (15)	22 (20)	20 (13)

Die Messwerte zeigen, dass im Planungsumfeld zwischen 2006 und 2011 der Grenzwert von $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten wird. Der Grenzwert wurde in den letzten Jahren zu max. 65% erreicht.

Der Kurzzeitgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird 2011 13-mal überschritten. Erlaubt sind 35 Überschreitungen im Kalenderjahr.

PM2.5-Messungen werden am Messstandort Berliner Straße nicht durchgeführt.

Nach CAFE (2004) zeigen europaweite Messungen jedoch ein relativ einheitliches Bild für das Verhältnis von PM2.5 zu PM10. Dieses liegt in städtischen Bereichen bei ca. 0.7.

Für den Bereich des Planungsgebiets ist somit auf Grundlage der PM10-Messungen für das Jahr 2011 von einer max. PM2.5-Belastung von ca. $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 70\%$ von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) auszugehen. Der Grenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab 2015 wird sicher eingehalten. Bei den nachfolgenden Immissionsbetrachtungen wird daher dieser Luftschadstoff nicht näher analysiert

Benzol wird im vorliegenden Gutachten ebenfalls nicht näher untersucht, da die Immissionsbelastung in den letzten Jahren durch den technischen Fortschritt deutlich gesunken ist und somit keine problematischen Immissionskonzentrationen zu erwarten sind.

8.1.3 Verkehrsaufkommen

Vom Büro FICHTNER WATER & TRANSPORTATION GMBH wurden für das Planungsumfeld berechnete Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt.

Die **Abbildung 45** zeigt den DTV-Wert (durchschnittlicher täglicher Verkehr) sowie den prozentualen Anteil des Schwerverkehrs > 3.5 t für den Ist-Zustand.

Höchste Werte werden im Bereich der Berliner Straße südlich der Einmündung Mönchhofstraße ermittelt. Hier stellt sich unter Berücksichtigung von baulichen Erweiterungen im Neuenheimer Feld und der Umsetzung des Campushotels (= Ist-Zustand) ein DTV-Wert von 30.000 Kfz/24 Std. ein. Der SV-Anteil > 3.5 t liegt bei ca. 3%.

Auf Höhe des Planungsstandortes Mathematikon sind noch ca. 24.700 Kfz/24 Std. zu erwarten. Der SV-Anteil beläuft sich ebenfalls auf ca. 3%.

Die Universitätszufahrten Mönchhofstraße und Im Neuenheimer Feld sind mit 4.700 Kfz/24 Std. bzw. 18.200 Kfz/24 Std. belastet.

Laut Auskunft von FICHTNER WATER & TRANSPORTATION GMBH steigt das Verkehrsaufkommen durch Erweiterungen im Neuenheimer Feld, den Bau des Campushotels und durch den geplanten Bau des Mathematikons entlang der Berliner Straße südlich der Mönchhofstraße um ca. 2.100 Kfz/24 Std. an. Auf Höhe des Mathematikons ist ein Zuwachs von ca. 1.100 Kfz/24 Std. zu erwarten. Der prozentuale Anteil des SV-Verkehrs steigt nicht an.

Im Bereich der Universitätszufahrten Mönchhofstraße und Im Neuenheimer Feld ist ein Zuwachs des täglichen Verkehrsaufkommens um ca. 1.400 Kfz/24 Std. bzw. 2.400 Kfz/24 Std. zu bilanzieren.

8.1.4 Verkehrsbedingte Emissionen

Maßgeblicher Faktor für die Schadstoffemissionen im Fahrbahnbereich ist die Schadstoffemission. Die Schadstoffemission ist proportional zum Verkehrsaufkommen und zu der spezifischen Emission je Kraftfahrzeug und zurückgelegter Wegstrecke. Diese spezifische Emission (Dimension g/km) hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab. Zu diesen Faktoren zählen u.a. die Fahrleistung der einzelnen Fahrzeugschichten (PKW, LKW etc.) auf dem untersuchten Streckenabschnitt, das Prognosejahr, die Fahrweise sowie spezielle Faktoren wie Anstieg, Gefälle und Kaltstart.

Auf Grundlage der vorgelegten Straßennetzbelastungen werden für den Ist-Zustand auf den Streckenabschnitten die Kfz-spezifischen Schadstoffemissionen (Bezugsjahr 2013) bestimmt.

Zur Bestimmung der Emissionen werden den betrachteten Straßenzügen in überschlägiger Form sogenannte Verkehrssituationen zugeordnet.

- **Berliner Straße:** IOS_HVS50 (Hauptverkehrsstraße)
- **Sonstige Straßen:** IOS_NS30 (Nebenstraße)

Die mittleren spezifischen Emissionen der Kfz einer Fahrzeugkategorie (PKW, LNF und SNF etc.) werden anhand des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ (INFRAS 2010) ermittelt - **Tabelle 6**.

Analysen der verkehrsbedingten Partikelmissionen dokumentieren, dass neben den Abgaspartikeln auch Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, die durch Straßen-, Kupplungs- und Bremsabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. entstehen.

Diese Emissionen sind in der HBEFA-Datenbank nicht ausgewiesen. Sie sind bisher durch die komplexen Einflussgrößen auch noch nicht systematisch parametrisiert.

Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt daher auf Grundlage aktueller Forschungsvorhaben (DÜRING et. al 2004, BAST 2005), die für nicht-motorbedingte Feinstaubemissionen die in **Tabelle 7** aufgelisteten Werte anführen.

Die Bildung von sog. sekundären Partikeln aus heißen Abgasen während der Abkühlung und Ausbreitung wird nicht berücksichtigt, da dieser Prozess nur in größeren Entfernungen (ca. 10 – 50 km) von den Schadstoffquellen überwiegt (STAATL. GEWERBEAUF SICHTSAMT HILDESHEIM 2006).

Tabelle 7: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz – Bezugsjahr 2013

Straßenparameter	Emissionsfaktoren je Kfz (g/km)							
	Verkehrssituation	Steigung/ Gefälle	NO _x		PM10 (Abgase)		PM10 (Abrieb/Aufwirbelung)	
			PKW	LNF/SNF	PKW	LNF/SNF	PKW	LNF/SNF
IOS_HVS50	± 0	0.270	2.326	0.006	0.048	0.03	0.3	
IOS_NS30	± 0	0.347	3.804	0.008	0.092	0.045	0.45	

Die aus dem Verkehrsaufkommen und den Emissionsfaktoren resultierenden Emissionsdichten für Stickstoffoxid (NO_x) und Feinstaub (PM10) sind in den **Abbildungen 47** und **48** dargestellt.

Bei den Stickstoffoxiden sind im Ist-Zustand erwartungsgemäß entlang der Berliner Straße und der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld die höchste Emissionsdichte zu registrieren. Sie betragen zwischen ca. 0.064 und 0.115 mg/m·s. Entlang der Erschließungsstraße am Biologischen/Geologischen Institut werden NO_x-Emissionsdichten von 0.025 – 0.026 mg/m·s berechnet.

Im Plan-Zustand ist entsprechend dem Verkehrszuwachs auch ein Anstieg der NO_x-Emissionen zu erwarten. Im Bereich der Berliner Straße beträgt dieser ca. 4 – 7%. Im Straßenzug Im Neuenheimer Feld beträgt die Steigerung ca. 10 – 11%. Entlang der Erschließungsstraße am Biologischen/Geologischen Institut ist im südlichen Teilbereich ein NO_x-Anstieg von ca. 24% zu bilanzieren.

Die PM10-Emissionsdichte in der Berliner Straße zeigt im Ist-Zustand Werte zwischen 0.008 und 0.016 mg/m·s. Im Straßenzug Im Neuenheimer Feld sind Werte zwischen 0.015 und 0.016 mg/m·s zu erwarten. Die PM10-Emissionsdichte entlang der Erschließungsstraße am Biologischen/Geologischen Institut beträgt ca. 0.004 mg/m·s.

Im Plan-Zustand steigt die PM10-Emissionsdichte entlang der Berliner Straße um ca. 6 – 10% an. In den Straßenzügen Im Neuenheimer Feld und entlang des Biologischen/Geologischen Institut beläuft sich der Zuwachs auf ca. 11 – 12% bzw. ca. 20%.

8.2 Immissionsverhältnisse - Bewertung

Auf Grundlage der o.a. Analysen werden mit Hilfe eines Screening-Modells (MLuS 02, Vers. 6.0) die Immissionen im Planungsumfeld grob abgeschätzt. Hierbei wird eine durchschnittliche Jahreswindgeschwindigkeit von 1.6 m/s (siehe **Abbildung 10**) zu Grunde gelegt.

Die Immissionswerte sind auf Grund der Unsicherheiten des Screening-Verfahrens als Orientierungswerte zu verstehen. Zur Kalibrierung des Modells wurden die Daten der Luftmessstation Berliner Straße herangezogen.

Bei der Beurteilung der Immissionssituation für NO₂ und PM10 ist die Hintergrundbelastung bereits berücksichtigt.

Abbildung 49 dokumentiert die **NO₂-Immissionsbelastung** am Fahrbahnrand im Ist-Zustand und Plan-Zustand.

Entlang der Berliner Straße werden im **Ist-Zustand** NO₂-Jahresmittelwerte von 30.8 – 34.2 µg/m³ ermittelt. Der Grenzwert wird somit zu ca.77 - 86% erreicht. Laut Bewertungsmaßstab der LUBW (**Tabelle 4**) sind derartige Werte als „erhöhte Konzentration“ einzuordnen.

Im Bereich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld sind vergleichbare Konzentrationswerte zu bestimmen (33.4 – 33.8 µg/m³).

Im Bereich der sonstigen Straßenzüge im Bereich des Universitätscampus liegen die NO₂-Jahresmittelwerte unter 30.0 µg/m³.

Im **Plan-Zustand** (**Abbildung** ist nur ein leichter NO₂-Anstieg zu verzeichnen. Max. Werte werden im Bereich der Ecke Im Neuenheimer Feld / Berliner Straße bestimmt. Dort wird mit max. 34.6 µg/m³ der Grenzwert von 40.0 µg/m³ zu ca. 87% erreicht. Grenzwertüberschreitungen sind nicht zu befürchten.

Der Kurzzeitgrenzwert von 200 µg/m³ (Stundenwert, max. 18 Überschreitungen/Jahr) wird bei den vorliegenden NO₂-Jahresmittelwerten überall sicher eingehalten (Ergebnis eines Abschätzverfahrens nach MLuS02 / BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESSEN 2005A).

In **Abbildung 50** sind die aus dem Verkehrsaufkommen resultierenden PM10-Jahresmittelwerte dargestellt. Die Werte beziehen sich wiederum auf den Fahrbahnrand.

Die orientierenden Rechenwerte für den Ist- und Plan-Zustand zeigen, dass im gesamten Untersuchungsgebiet der Grenzwert für das Jahresmittel von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten wird.

Im **Ist-Zustand** wird an der Berliner Straße ein Maximalwert von ca. $26.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (67% des Grenzwertes) bestimmt. Eine derartige Konzentration ist laut Bewertungsmaßstab der LUBW (**Tabelle 4**) als „leicht erhöhte Konzentration“ einzuordnen.

Ähnliche Größenordnungen werden im Neuenheimer Feld berechnet.

Die PM10-Jahresmittelwerte entlang der Erschließungsstraße am Biologischen/Geologischen Institut betragen ca. $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 56% des Grenzwertes).

Durch den prognostizierten Verkehrsanstieg im **Plan-Zustand** ergeben sich keine gravierenden PM10-Immissionszusatzbelastungen. Die max. Belastung wird mit $27.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entlang der Berliner Straße und im Bereich des Straßenzugs im Neuenheimer Feld bestimmt.

Grenzwertüberschreitungen bzw. Grenzwertannäherungen sind nicht zu befürchten.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Belastungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kann auf die Erkenntnisse einer Studie der BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (2005B) zurückgegriffen werden. In der Studie wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet. Demnach kann tendenziell erst ab einem Jahresmittelwert $\geq 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes erwartet werden. Dieser Wert wird im Planungsgebiet und in dessen Umfeld deutlich unterschritten.

Die Ergebnisse der PM10-Berechnungen offenbaren somit, dass der PM10-Kurzzeitgrenzwert sowohl gegenwärtig als auch bei Realisierung der Planung sicher eingehalten wird.

9 Zusammenfassung, Beurteilung und Planungsempfehlungen

Im Bereich des Heidelberger Universitätscampus im Neuenheimer Feld wurden in den letzten Jahren zahlreiche neue Institute und Klinikgebäude erstellt. Eine weitere bauliche Verdichtung des Universitätsgeländes ist aufgrund der begrenzten Flächenverfügbarkeit nur noch in geringem Umfang möglich. Die Stadt Heidelberg strebt daher eine bauliche Fortentwicklung entlang der Berliner Straße an.

In einem ersten Entwicklungsschritt ist südlich der Universitätszufahrt Im Neuenheimer Feld der Bau des „Mathematikons“ vorgesehen.

Das Planungsgebiet, das derzeit als Parkierungsfläche (475 Stellplätze) genutzt wird, erstreckt sich in N-S-Richtung über eine Länge von ca. 290 m und in O-W-Richtung über eine Breite von ca. 80 m. Insgesamt weist der Geltungsbereich des Planungsgebietes eine Flächengröße von 22.459 m² auf.

Der Planungsentwurf für das Projekt „Mathematikon“ sieht im Süden ein Seminar- und Institutsgebäude vor. Der Gebäudekomplex weist Bauhöhen von 21.95 m, 25.91 und max. 29.84 m auf (5- bis 6-geschossig). Die im Entwicklungskonzept der Stadt Heidelberg empfohlene Maximalhöhe von 28.60 m wird lediglich durch die technischen Aufbauten überschritten.

Nördlich des Seminar- und Institutsgebäudes schließt ein Freiraum mit einer Breite von ca. 27 m an, der als Verbindungsglied mit hoher Aufenthaltsqualität zwischen dem südlichen und nördlichen Bauteil fungieren soll.

In den nördlich anschließenden Baukörpern sind im Erdgeschoss (0.00 m – 6.26 m ü.G.) Läden, Geschäfte und Dienstleistungen zur Nahversorgung geplant. Das Erdgeschoss erstreckt sich auch über die Gebäudefuge östlich des Geologischen Instituts.

In den Obergeschossen ist Büronutzung vorgesehen. Die Gebäudehöhen betragen max. 21.95 – 28.54 m.

Die Nord- und Südseiten des Planungsgebietes sind im aktuellen Planentwurf als Platzflächen ausgebildet.

Die für das Bauteil B erforderlichen Stellflächen (ca. 291 Pkw-Stellplätze) können durch eine 2-geschossige Tiefgarage bereitgestellt werden, die über die westlich angrenzende Erschließungsstraße angebunden ist.

Der Vorentwurf zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan „Mathematikon“ lässt eine Grundstücksversiegelung von nahezu 100% zu. Die GRZ beläuft sich auf 0.59. Die GFZ beträgt 2.56.

Die am Standort vorhandenen Stellplätze werden auf eine temporäre Ersatzstellfläche westlich des Heizkraftwerks verlagert.

Im Zuge der geplanten baulichen Umsetzung des „Mathematikons“ erfolgt die Anpassung des Planungsrechts über die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans. Hierbei wird die Analyse und Bewertung umweltrelevanter Faktoren und somit auch der klimaökologischen Gegebenheiten erforderlich.

Gegenstand des vorliegenden Klimagutachtens ist die Analyse der ortsspezifischen Belüftungsverhältnisse, der thermischen Situation sowie der lufthygienischen Umgebungsbedingungen im Nahbereich des geplanten Mathematikons.

Die Ergebnisse aus den vorliegenden Klimauntersuchungen dokumentieren, dass am Planungsstandort „Mathematikon“ tagsüber im Allgemeinen südöstliche bis südwestliche sowie nordwestliche Windrichtungen vorherrschen. Mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.6 m/s (Mittelwert: 1997 – 2006) weisen auf eine nur geringe bis mäßige Durchlüftung hin. Die Berliner Straße sowie die westlich angrenzenden Freiflächen/Parkierungsflächen fungieren dabei als bebauungsinterne Ventilationsflächen, über denen der Höhenwind bodennah durchgreifen kann und die mit verkehrsbedingten Luftschadstoffen belastete bodennahe Luft durchmischt bzw. ausräumt. Auch die thermische Belastung wird durch verstärkte Ventilationseffekte reduziert.

In den Nachtstunden treten im Planungsgebiet, am Übergang in die Rhein-Neckar-Ebene, Südwest- und Nordwestwinde zugunsten von Südostwinden deutlich zurück.

Wie Messungen in der Heidelberger Altstadt belegen, setzen zu ca. 63 % der Nachtstunden Winde aus östlichen Richtungssektoren ein, die im Wesentlichen auf den bis ca. 200 m mächtigen Neckartalabwind zurückzuführen sind. In sog. Strahlungsnächten beträgt die Auftretenshäufigkeit sogar 90%. Die Strömungsgeschwindigkeit liegt hier bei ca. 3.0 – 5.0 m/s.

Im Umfeld des Planungsgebietes, repräsentiert durch die Station *Geografisches Institut*, zeigt sich zu ca. 45 – 50% der Nachtstunden ebenfalls noch deutlich der Einfluss des Neckartalabwindes. Messungen auf dem Institut für Umweltphysik belegen dabei, dass die vertikale Mächtigkeit noch mehr als 30 m beträgt. In klimaökologisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungs Nächten ist der Einfluss des Neckartalabwindes am Planungsstandort mit mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 1.7 und 2.3 m/s verbunden.

Im Rahmen der Stadtklimauntersuchung Heidelberg (1995) wurden am Übergang Universitätsgelände/Handschuhsheimer Feld (Gewann Saubad/Pfädelsäcker) vor allem in der zweiten Nachthälfte bodennah auch schwache nördliche bis nordwestliche Luftströmungen gemessen. Durch sie gelangt Kalt-/Frischlufte zusätzlich in das Universitätsgebiet sowie über die Berliner Straße hinweg nach Neuenheim (Bereich Langgewann) – vgl. GEOGR. INSTITUT, ÖKOPLANA 1995, S. 127). Durch die zwischenzeitlich fortentwickelte Bebauung entlang der Berliner Straße (Technologiepark) dürfte die flurwindartige Luftaustauschbeziehung zwischen Handschuhsheimer Feld und Neuenheim jedoch nachhaltig geschwächt sein.

Mesoskalige Kaltluftsimulationen offenbaren, dass das Planungsgebiet und dessen direkt angrenzendes Umfeld eine nur mäßige bis geringe Kaltluftproduktionsrate aufweist ($< 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$). Die Ackerflächen und Wiesen im Bereich des Handschuhsheimer Feldes stellen bzgl. der Kaltluftproduktion hingegen Optimalflächen dar (Kaltluftproduktionsraten $> 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Std}$).

Durch den fehlenden direkte Lagebezug zum Freiraumgefüge Handschuhsheimer Feld weist das Planungsgebiet und dessen Umfeld als Kaltlufttransportbahn somit nur eine mäßige Wertung auf.

Ergebnisse von IR-Thermalbildaufnahmen (1999) und Lufttemperaturmessfahrten (1989) zeichnen vom Planungsgebiet folgendes klimaökologisches Bild:

- Die hochgradig versiegelten Flächen am Planungsstandort heizen sich an Sommertagen trotz der lockeren Baumüberstellung intensiv auf. Es entwickelt sich ein hohes thermisches Belastungspotenzial.
- Die nächtliche Überwärmung wird durch den Einfluss des Neckartalabwindes erst im Laufe der zweiten Nachthälfte vermehrt abgebaut. In der ersten Nachthälfte wird durch den Ostwind noch Warmlufte aus der Altstadt/Neuenheim herantransportiert.

- Die benachbarte Berliner Straße bildet zwar eine bebauungsinterne Ventilationsbahn, die hohe Verkehrsbelastung mindert jedoch ihre Positivwirkung bzgl. der ortsspezifischen klimaökologischen Ausgleichsfunktion.
- Die klimatischen Positiveffekte (Kalt- und Frischluftzufuhr) über flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen dem Handschuhsheimer Feld und dem Planungsgebiet bzw. Neuenheim sind durch die bereits fortgeschrittene Bebauung entlang der Berliner Straße (Technologiepark) reduziert.

Bei den geplanten baulichen Maßnahmen an der Berliner Straße („Mathematikon“) ist somit darauf zu achten, dass eine weitere Intensivierung des Wärmeineffektes im Planungsgebiet und in dessen Umfeld weitgehend vermieden wird. Zudem ist darauf zu achten, dass die Barrierewirkung der Bebauung bzgl. der bodennahen Be- und Durchlüftung eng begrenzt bleibt und im Bereich der Wohnbebauung Neuenheim nicht zu einem Anstieg der bioklimatischen Belastung führt.

Die durchgeführten prognostischen Strömungssimulationen belegen, dass bei tagsüber meist vorherrschenden Winden aus westlichen Richtungssektoren die aus der Planung resultierenden Windfeldmodifikationen weitgehend auf die Berliner Straße beschränkt bleiben. Weiterreichende Effekte im Lee des Mathematikons werden durch die gewählte Bebauungsstruktur mit zwei Durchlässen in West-Ost-Richtung unterbunden. Die zusätzliche Ausbildung großflächiger Schwachwindzonen (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.5 m/s) ist im Bereich der Wohnbebauung östlich der Berliner Straße nicht zu erwarten. Das Straßennetz und die Bebauungsstruktur in Neuenheim ermöglichen weiterhin recht günstige Belüftungsverhältnisse.

In den Nachtstunden bestimmt während klimaökologisch besonders relevanter Strahlungswetterlagen zumeist der südöstliche Neckartalabwind das ortsspezifische Luftaustauschgeschehen. Bei derartigen Situationen treten zusätzliche Staueffekte an den Gebäudekomplexen des Mathematikons, gekennzeichnet durch extreme Wirbelbildung und rückläufige Windbewegungen, nur kleinflächig auf. Im Bereich der westlichen Fahrspuren der Berliner Straße nimmt die Windgeschwindigkeit entlang des Mathematikons/Campushotel zwischen 0 und 10 m ü.G. um ca. 20% ab. Deutlichere Windabschwächungen werden durch die gewählten Gebäudeabstandsflächen unterbunden. Auf der Ostseite der Berliner Straße sind die aus der Bebauung resultierenden Strömungsmodifikationen vernachlässigbar gering. Die Be- und Durchlüftung der Wohnbebauung im Stadtteil Neuenheim erfährt somit keine nennenswerten Modifikationen.

Im Lee (Westen) des Mathematikons ergeben sich allein im Bereich der Freiflächen universitärer Einrichtungen (Linie Mineralogisches Institut im Norden – Institut für Umweltphysik im Süden) bodennahe Windabschwächungen. Empfindlichen Nutzungen (z.B. Wohnbereiche) sind somit nicht betroffen.

Die numerischen Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen rund um das Planungsgebiet dokumentieren, dass sich im Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand keine grundlegende Veränderungen bezüglich der thermischen Umgebungsbedingungen einstellen. In der Berliner Straße ist durch die Verengung des unbebauten Querschnitts auf Höhe des Mathematikons ein leichter Lufttemperaturanstieg von ca. 0.5 – 1.5 K zu bestimmen, der im Wesentlichen auf die reduzierte Windgeschwindigkeit zurückzuführen ist.

Auf Höhe der Gundolfstraße/Langgewann ergeben sich im Plan-Zustand nur in kleinen Teilbereichen um ca. 0.5 K höhere Lufttemperaturen. Die Kleinräumigkeit der thermischen Zusatzbelastung lässt nicht erwarten, dass die bioklimatische Gesamtqualität in Neuenheim nachhaltig negativ belastet wird.

Die Untersuchungsergebnisse zu den Kfz-bedingten lufthygienischen Verhältnissen offenbaren, dass auch nach Realisierung der Planungen die in der 39. BImSchV aufgeführten Grenzwerte für NO₂ und PM₁₀/PM_{2.5} im Planungsumfeld sicher eingehalten werden.

Trotz der nur kleinräumigen Modifikationen der klimatischen Verhältnisse sollten im Zuge der Planungen klimatisch wirksame Ausgleichsmaßnahmen Berücksichtigung finden, da mittelfristig bei der angedachten baulichen Fortentwicklung des Universitätscampus entlang der Berliner Straße in Richtung Ernst-Walz-Brücke weitere Freiräume verloren gehen.

Wie dem vorgelegten Planungskonzept zu entnehmen ist, werden zur Sicherstellung günstiger thermischer Umgebungsbedingungen vorhandene Bäume – wo möglich – erhalten (z.B. am Haupteingang zum Mathematikon, entlang der Berliner Straße). Sie reduzieren vor allem im Sommer durch Schattenwürfe wirksam die übermäßige Aufheizung der befestigten Platzflächen.

Zur Minimierung der Wärmeabstrahlung der Platz- und Gehwegflächen sollten zudem möglichst helle Oberflächenbeläge (z.B. hellgrauer Belag – Beton, Granit) herangezogen werden. Zudem sind – wo möglich – Raseninseln einzuplanen.

Helle Oberflächenbeläge bewirken eine hohe Reflektion der einwirkenden kurzwelligeren Strahlung. Messungen (ÖKOPLANA 1994) zeigen, dass sich an warmen Sommertagen (Lufttemperatur = 25°C) zwischen besonnten schwarzen Asphaltflächen (37°C) und grauen Betonoberflächen (30°C) Temperaturunterschiede bis ca. 7 K einstellen. Rasenflächen heizen sich mit ca. 27°C noch weniger auf.

Auch durch die Wahl heller Fassadenfarben (insbesondere im EG-Bereich) kann die bioklimatische Belastung im Nahbereich der Gebäude herabgesetzt werden. So führt die hohe Absorptionsfähigkeit dunkler Fassadenanstriche gegenüber weißen Fassaden zu nahezu doppelt so hohen Oberflächentemperaturen.

Zur weiteren Minimierung thermischer Negativeffekte sind auf allen Flachdächern Dachbegrünungen vorzusehen. Sie weisen folgende klimaökologischen Positiveffekte auf:

- Reduzierung der Luftschadstoffbelastung – insbesondere von Feinstaub – durch Erhöhung der schadstoffspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten partikel- und gasförmiger Spurenstoffe. Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Staubaufwirbelung geringer. Darüber hinaus bilden die Pflanzen einen Filter, in dem sich Teile des in der Luft enthaltenen Staubs absetzt. Letzteres gilt vor allem für intensiv begrünte Dächer
- Dämpfung von Extremwerten der Oberflächentemperaturen
- Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit nach Starkregen mit der dadurch bedingten Vermeidung von Abflussspitzen in der Kanalisation. Bei Extensivbegrünung beträgt der jährliche Wasserrückhalt im Mittel ca. 60% vom Niederschlag, bei Intensivbegrünung sogar bis 85%.

Die genannten kleinräumig wirksamen klimatischen Ausgleichsmaßnahmen mögen bei isolierter Betrachtung keine gravierenden klimaökologischen Positiveffekte erwarten lassen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass durch eine Vernetzung klimatisch wirksamer Ausgleichspotenziale die Chance besteht, über Summationseffekte auch im Planungsumfeld die klimatische Gesamtsituation aufzuwerten.

Insgesamt lassen die Ergebnisse der zur Beurteilung des Planentwurfs „Mathematikon“ durchgeführten Untersuchungen keine Auswirkungen erwarten, die aufgrund ihrer Qualität und Intensität eine grundlegende Änderung der vorgelegten Planung notwendig machen. Unvermeidbare Beeinträchtigungen, die sich aus der vorgelegten Bebauungsstruktur ergeben, überschreiten nicht die gebietstypische Belastung und können durch die vorgesehenen bzw. angeregten Ausgleichsmaßnahmen (z.B. Dachbegrünungen, helle Fassadenfarben) gemindert werden.

Burst

A. Burst



ÖKOPLANA

Mannheim, den 23.02.2012

Literaturverzeichnis/weiterführende Schriften

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (1999): Richtlinie 1999/30/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 22.04.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft.

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2000): Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft.

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa.

22. BIMSCHV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes – Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft. Bundesgesetzblatt.

23. BIMSCHV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes – Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten. Bundesgesetzblatt.

39. BIMSCHV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen. Bundesgesetzblatt.

BLÜTTGEN, J. (1966): Allgemeine Klimageographie. 2. Aufl. Berlin.

BRUSE, M. (2002/2005): Envi-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.

BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (2005A): MLus-02 - Stand 2005, PC-Berechnungsverfahren zum Merkblatt über Luftverunreinigungen. Bergisch- Gladbach.

BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (2005B): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der BAST, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach.

BURST, A. (1990): Stadtklimatologische Untersuchungen in Heidelberg. Fallstudien Altstadt und Neuenheim. Diplomarbeit am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg. Heidelberg.

BURST, S. (1997): Untersuchungen zum sommerlichen Humanbioklima von Heidelberg. Dissertation am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg. Heidelberg.

- CAFE (2004):** Second Position Paper on Particulate Matter. CAFE Working Group on Particulate Matter.
- DÜRING; I.; MOLDENHAUER, A.; STOCKHAUSE, M.; LOHMEYER, A. (2004):** Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen. Radebeul.
- EICHHORN, J. (1998):** MISKAM - Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell. Mainz.
- FAKTORGRÜN (2011):** Bebauungsplan „Mathematikon“ Heidelberg. Vorschlag zu Umfang und Detaillierungsgrad der Umweltprüfung (Scoping). Freiburg. i. Br., Rottweil.
- FEZER, F.; SEITZ, R. (1977):** Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Heidelberger Geographische Arbeiten 47. Heidelberg.
- FLASSAK ET AL. (1996):** Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase – Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150. Forschungszentrum Karlsruhe.
- GEOGR. INSTITUT DER UNIV. HEIDELBERG; ÖKOPLANA (1995):** Stadtklima Heidelberg. Heidelberg, Mannheim.
- HUPFER P. (1991):** Der Energiehaushalt Heidelbergs unter besonderer Berücksichtigung der städtischen Wärmeinselstruktur. Dissertation am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg. Heidelberg.
- INFRAS (2010):** Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.1 - HBEFA. Bern/Zürich.
- INGENIEURBÜRO LOHMEYER GMBH & CO. KG (2007):** Berechnung der immissionsseitigen Auswirkungen von verkehrlichen Maßnahmen des Aktionsplans Heidelberg. Hrsg.: Regierungspräsidium Karlsruhe. Karlsruhe.
- KLAUS TSCHIRA STIFTUNG GEMEINNÜTZIGE GMBH (2011):** Mathematikon Uni Heidelberg – Präsentation zur Bürgerinformationsveranstaltung am 01.12.2011. Heidelberg.
- KLINGLER, R. (1990):** Das Windfeld Heidelbergs. Diplomarbeit am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg. Heidelberg.
- KRAMER, S. (1991):** Stadtklimatologische Untersuchungen in Heidelberg. Fallstudien Weststadt und Altstadt. Diplomarbeit am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg. Heidelberg.
- LUBW (2006):** Klimaatlas Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- MANN ET AL. (2000):** Wasserhaushalt begrünter Dächer. In: Dach + Grün. 1/2000

- NATOUR, M. (1992):** Stadtklimatologische Untersuchungen in Heidelberg: Fallstudie Handschuhsheim. Diplomarbeit am Geogr. Institut der Univ. Heidelberg.
- ÖKOPLANA (1993):** Klimaökologische Analyse im Stadtgebiet Heidelberg unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1994):** Klimaökologische Studie im Bereich des Rangierbahnhofs Mannheim zur Beurteilung möglicher klimatischer Folgeerscheinungen eines geplanten DB-Frachtzentrums. Mannheim.
- ÖKOPLANA (1997):** Klimaökologische Untersuchungen in Bad Salzung und Ableitung von planerischen Maßnahmen im Rahmen der Sanierung des Wohngebietes Allendorf. Mannheim.
- PREGGER, T. ET AL. (2003):** Ermittlung von Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schussbericht BWPLUS Projekt, Förderkennzeichen BWE 20005, Inst. für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung. Univ. Stuttgart.
- PREGGER, T. ET AL. (2004):** Feinstaubemissionen in Deutschland. Quellen, zukünftige Entwicklung, Minderungspotenziale. KRdL-Schriftenreihe Bd. 33. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Düsseldorf.
- PREGGER, T. (2006):** Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland. Dissertation, Inst. für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung. Univ. Stuttgart.
- RABL, P. (2003):** Ergebnisse des Projektes WIME – Wirksamkeit von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Emissionen von Partikeln, Benzol und Stickstoffdioxid. In: Luftreinhaltepläne in Bayern. Bayerische LfU.
- STAATLICHES UMWELTAMT ITZEHÖE (2006):** Luftreinhalteplan Itzehoe. Itzehoe.
- STADT HEIDELBERG (2008):** Entwicklungskonzept Berliner Straße zwischen Technologiepark und Ernst-Walz-Brücke. Heidelberg.
- STADT HEIDELBERG (2011A):** Planungsbrief Nr. 30. Vorhabenbezogener Bebauungsplan Heidelberg-Neuenheim „Mathematikon“. Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen der Bauleitplanung. Heidelberg.
- STADT HEIDELBERG (2011B):** Vorhabenbezogener Bebauungsplan mit Erlass örtlicher Bauvorschriften. Neuenheim „Mathematikon“ Nr. 61.32.11.32.00. Begründung nach § 9 Abs. 8 BauGB. Fassung vom 16.11.2011 - Vorentwurf. Heidelberg.
- STEINICKE & STREIFENEDER (2002):** Klimauntersuchung Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim. Freiburg i. Br.

UMWELTBUNDESAMT (2005): Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM). Berlin.

UMWELTBUNDESAMT (2006): Verkehrsbedingte Stäube in der Stadt. UBA Texte 18/06. Berlin.

UMWELTBUNDESAMT (2007A): Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid. UBA-Texte 22/07. Dessau.

UMWELTBUNDESAMT (2007B): Emissionen und Maßnahmenanalyse Feinstaub 2000 – 2020. UBA-Texte 38/07. Dessau/Rosslau.

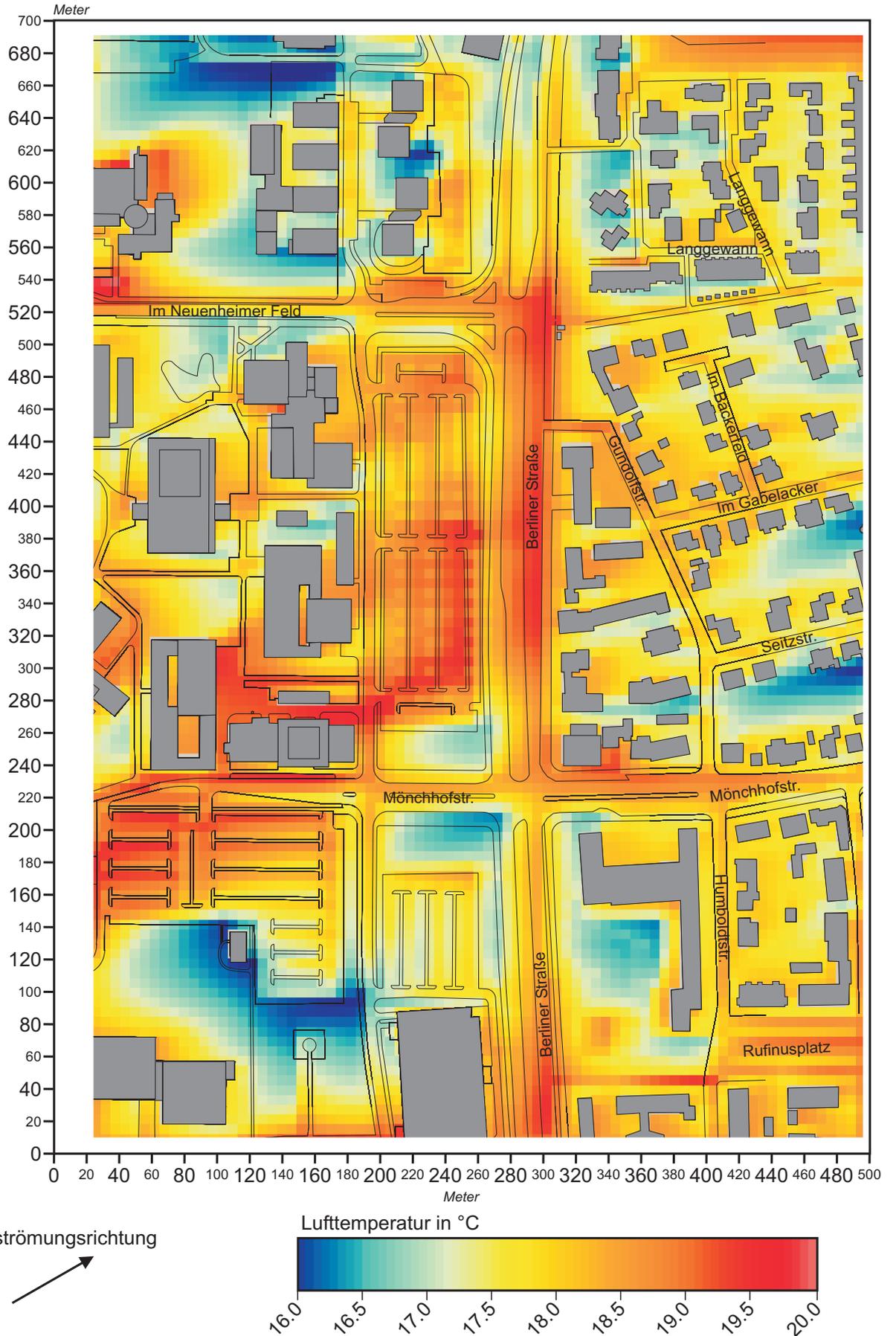
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1996): VDI 3787, Bl. 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima. Düsseldorf.

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

Internetinformationen:

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> , <http://www.heidelberg.de>

**Abb. 41 Simulation der Lufttemperatur - Ist-Zustand (Horizontalschnitt 1.5 m ü.G.)
 Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe
 von 10 m ü.G.**

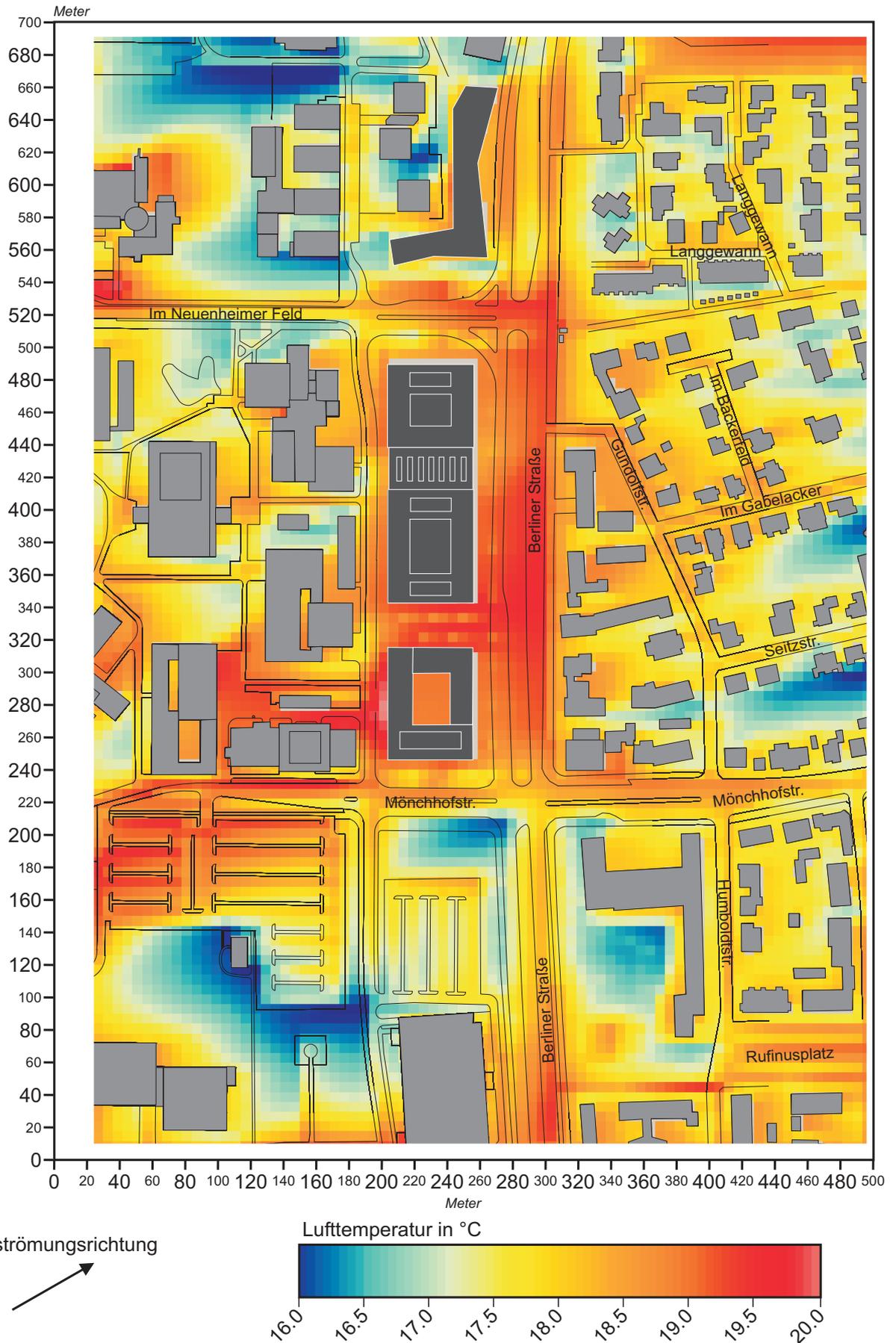


Projekt:
 Klimagutachten zum Projekt
 "MUH Mathematik Universität
 Heidelberg"

 Baukörper - Bestand



Abb. 42 Simulation der Lufttemperatur - Plan-Zustand (Horizontalschnitt 1.5 m ü.G.)
 Windanströmung aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.



Projekt:
 Klimagutachten zum Projekt
 "MUH Mathematikon Universität
 Heidelberg"

- Baukörper - Bestand
- Baukörper - Planung